

MODELOS DA CONCENTRAÇÃO IÔNICA EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO BAIXO ACARAÚ

JOSEILSON O. RODRIGUES¹, EUNICE M. ANDRADE², LINDBERGUE A. CRISOSTOMO³, JOSÉ F. B. LOPES⁴, ADUNIAS S. TEIXEIRA⁵.

¹Estudante do curso de Agronomia, Bolsista PIBIC – CNPq, Depto. de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, UFC, Fortaleza – CE, Fone: (085) – 40089762, wilson_agronomia@hotmail.com

²Eng^o. Agr^o. Prof^o Ph.D., Depto. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza – CE.

³Eng^o. Agr^o. Ph.D. Pesquisador da EMBRAPA/CNPq, Fortaleza - CE

⁴Estudante do Curso de Agronomia, Bolsista do PET, Depto. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza – CE.

⁵Eng^o. Agr^o. Prof^o Ph.D. do Depto. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza – CE.

**Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB**

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo calibrar e validar modelos empíricos para estimar as concentrações do Cl^- e Na^+ , onde a condutividade elétrica (CE) fosse a variável independente nas águas do lençol freático no Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (DIBAU) com uma área aproximada de 8.440 ha, localizado na parte baixa da bacia do Acaraú, Ceará. As campanhas de coleta da água foram realizadas mensalmente de jan/04 a set/05, exceto abril e julho/2004, em 10 poços amazonas perfazendo um total de 190 amostras. As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de água e solos da EMBRAPA/CNPAT. Os resultados mostraram que os modelos desenvolvidos para os elementos químicos cloreto e sódio apresentam excelente índice de desempenho ($c > 0,90$) e índice de Willmontt de 0,97 e 0,99 respectivamente, indicando que esses elementos podem ser estimados com confiabilidade através dos valores da condutividade elétrica.

PALAVRAS-CHAVES: Qualidade de água, salinidade, análise de regressão.

IONIC CONCENTRATION MODEL TO UNDERGRUND WATER AT THE DISTRITO DE IRRIGAÇÃO BAIXO ACARAÚ, CEARÁ, BRASIL

ABSTRACT: The main aim of this work is focused on calibration and validation of empirical models to predict Cl^- and Na^+ concentration, where electrical conductivity (EC) was independent variable. Data set used in this study were sampled in the Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (DIBAU), with an area around 8,440 ha, sited in down part of Acaraú basin, Ceará State, Brazil. Water samples were collected at ten wells, monthly from jan/04 to sept/05, except april and july/2004, pooled a total of 190 samples. The physical chemical analyses were realized at EMBRAPA/CNPAT water and soil laboratory. The Cl^- and Na^+ predict models showed an excellent performance index ($c > 0,90$) and Willmontt index equal to 0,97 e 0,99, respectively. This suggesting that the developed equations are good for prediction of Cl^- and Na^+ concentrations.

KEY-WORDS: Water quality, sodicity, salinity, regression analysis

INTRODUÇÃO: No Nordeste brasileiro existem milhares de poços cujas águas são utilizadas para consumo humano e irrigação, representando um importante insumo na cadeia produtiva; no entanto, o uso

de água de má qualidade pode trazer danos à saúde humana e ao meio ambiente com sérios reflexos sócio econômicos (Ouyang, 2005 ; Medeiros, et. al., 2003). A adoção de técnicas de irrigação nas regiões áridas e semi-áridas do globo tem promovido além de altas taxas de evaporação as quais tem contribuído para salinização dessas áreas, aumento na concentração de íons nas águas superficiais e subterrâneas. Tal fato pode gerar o comprometimento da qualidade das águas, quer para consumo humano quer para a irrigação. Autores como SILVA JUNIOR et. al. (1999); MARTINS et. al. (1997); NUNES FILHO et. al. (2000), encontraram correlações significativas entre a condutividade elétrica da água e diferentes íons analisados em águas subterrâneas na região semi-árido do Rio Grande do Norte, mostrando dessa forma a possibilidade de estimar por um procedimento simples, rápido e econômico a concentração de determinados íons solúveis nas águas. Considerando-se a importância de se conhecer a concentração do cátion sódio (Na^+) e do ânion cloreto das águas do lençol freático dos perímetros irrigados, esse trabalho teve como objetivo desenvolver e validar modelos empíricos de modo que as concentrações dos íons Na^+ e Cl^- fossem estimadas com um bom grau de confiabilidade através de um condutivímetro portátil.

MATERIAL E MÉTODOS: A área objeto de nosso estudo está localizada na porção norte do estado do Ceará entre as coordenadas geográficas $03^{\circ}11'00''$ e $03^{\circ}22'00''$ de latitude S e $40^{\circ}01'00''$ – $40^{\circ}09'00''$ de longitude W; situada no Distrito Irrigado Baixo Acaraú (DIBAU) com uma área aproximada de 8.440 ha, abrangendo áreas dos municípios de Acaraú, Marco e Bela Cruz. O clima da região é classificado como Aw' tropical chuvoso segundo a classificação de Köepper, com precipitação média anual de 900 mm, temperatura média de $28,1^{\circ}\text{C}$. As amostras foram coletadas e acondicionadas em garrafas plásticas de 1,0 L; em seguida foram conduzidas ao laboratório água e solo EMBRAPA/CNPAT, para determinação dos parâmetros químicos. As campanhas de coleta da água foram realizadas mensalmente no período de janeiro de 2004 a setembro de 2005, em 10 poços amazonas perfazendo, portanto, um total de 190 amostras. Não foram realizadas coletas para os meses de abril e julho de 2004. Em uma primeira etapa, com resultado das análises referentes aos íons (Na^+ , Cl^-) e a CE (condutividade elétrica), no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2004 calibrou-se as equações de regressões de acordo com a seguinte expressão:

$$Y = a + bCE \quad (1)$$

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 fase foi feita a validação dos modelos empregando-se dados referentes aos meses de janeiro de 2005 a setembro de 2005, evitando com isso falhas promovidas pela autocorrelação dos dados. Para se validar o modelo empregou-se índices estatísticos que correlacionam os valores estimados (gerados a partir do modelo) com valores medidos em laboratório. Os índices adotados foram: coeficiente de correlação (r), índice de willmontt e o índice de confiança ou desempenho (c), obtido do produto entre o coeficiente de correlação e índice de willmontt (CAMARGO E SENTELHAS, 1997).

$$d = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)}{\sum(|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (2)$$

onde:

d é o índice de concordância de willmontt; P_i expressa o valor estimado da variável; O_i representa o valor observado e \bar{O} define a média dos valores observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 encontram-se os indicadores dos modelos desenvolvidos para quantificar as concentrações de sódio e cloreto nas águas do lençol freático do DIBAU. Verifica-se

através dos altos valores do coeficiente de determinação e dos valores de F que os íons cloreto e sódio podem ser estimados com elevado grau de confiabilidade a partir da condutividade elétrica. MARTINS et al. (1997), e FILHO et al. (2000) em estudos sobre correlação de características químicas de águas subterrâneas na zona oeste de Potiguar e sertão de Pernambuco respectivamente, encontraram também bons ajustes para o cloreto e sódio, porém inferiores aos do presente trabalho.

Pelos valores de F, a um nível de significância de 1%, a hipótese de que a variação dos elementos estudados não pode ser explicada por um modelo linear foi rejeitada, indicando que os parâmetros desse trabalho podem, sim, ser estudados com base em um modelo linear. O alto valor do coeficiente angular (Tabela 1) para a equação do sódio (6,18) e do cloreto (8,23), sugere que existe uma predominância desses elementos em detrimento dos demais. Tal fato pode estar associado às condições litológicas do local com solos ricos em cloreto e sódio, o que significa uma maior tendência de sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) nessas águas; SILVA JUNIOR et. al (1999) em estudo sobre a composição química das água do cristalino do Nordeste Brasileiro verificaram também predominância de águas cloradas e sódicas independentemente da fonte (poço natural, poço amazona ou açude).

TABELA 1 – Regressão linear, valor do teste F e intervalo de confiança para os elementos sódio e cloreto no DIBA.

Relação	Modelo de Equação	a	b	r^2	F	Sig.	Intervalo
$\text{Cl}^- \times \text{CE}$	$\text{Cl}^- = 0,017 + 8,237\text{CE}$	0,017	8,23	0,96	2783,00	0,000	$7,826 \leq \text{CE} \leq 8,647$
$\text{Na}^+ \times \text{CE}$	$\text{Na}^+ = - 0,100 + 6,182\text{CE}$	-0,100	6,18	0,92	1271,14	0,000	$5,726 \leq \text{CE} \leq 6,638$

Através da Figura 1 pode-se observar o grau de relacionamento entre as concentrações medidas e as estimadas a partir do modelo desenvolvido para o elemento cloreto. Essa comparação é de extrema importância para fornecer suporte na estimativa da acuracidade da simulação do modelo. Um grau de relacionamento perfeito é encontrado quando os pares de pontos (estimados e medidos) coincidem com a reta 1:1; nessa situação têm-se os valores simulados pelo modelo exatamente iguais aos observados representando excelente desempenho do modelo em estimar a variável dependente.

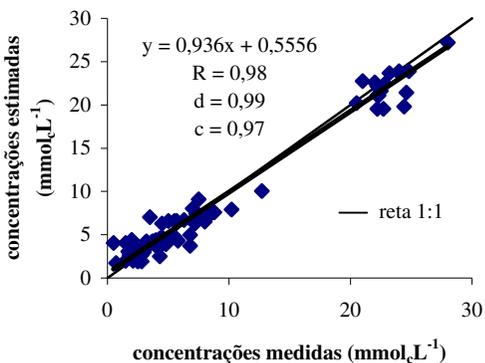


FIGURA 1 – (Relação entre as concentrações do íon cloreto medidas e estimadas pelo modelo para águas subterrâneas do DIBA.

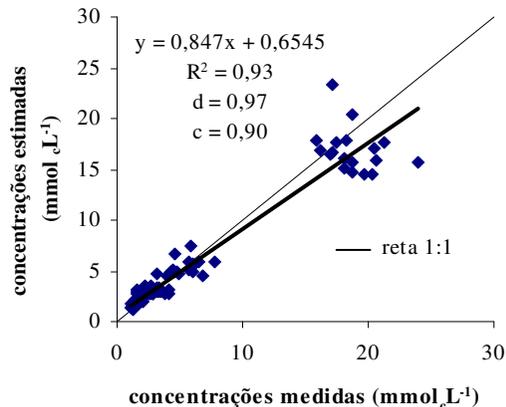


FIGURA 2 – Relação entre as concentrações do íon sódio medidas e estimadas para águas subterrâneas do DIBA

Percebe-se pelo índice de willmontt (0,99) e pelo índice de desempenho (0,97), que o modelo desenvolvido para o parâmetro químico cloreto mostrou-se altamente confiável, indicando que a concentração do cloreto para as águas do lençol freático pode ser estimado pelo modelo calibrado com

elevado grau de confiabilidade. Apesar de todos os índices avaliativos do modelo terem apresentado valores bem próximo do máximo (1), pode-se observar uma pequena tendência do modelo em subestimar a concentração do cloreto nas águas do lençol freático do DIBAU para valores superiores a $20 \text{ mmol}_c\text{L}^{-1}$. Comportamento semelhante foi verificado em estudos sobre modelagem de concentração de íons na Chapada do Apodi, (ANDRADE et. al., 2002).

A Figura 2 apresenta a relação entre as concentrações medidas em laboratório e aquelas estimadas pelo modelo para o sódio existente nas águas do lençol freático do DIBAU. Observa-se pela análise do índice de concordância (0,97), coeficiente de correlação r (0,93) e pelo índice de desempenho c (0,90), que o modelo desenvolvido para o elemento sódio é bastante confiável para a simulação desse parâmetro. A Figura 2 mostra através da reta 1:1, que existe uma tendência do modelo em subestimar os valores de sódio quando esses se encontram em concentrações superiores a $15 \text{ (mmol}_c\text{L}^{-1})$.

CONCLUSÕES:

1. O íon cloreto e sódio podem ser determinados indiretamente usando-se valores da CE determinadas em campo com ótima adequacidade.
2. O modelo desenvolvido para estimativa do cloreto, tendo como base a CE, apresentou índice de willmontt ($c > 0,9$) excelente, podendo o mesmo ser usado sem restrição.
3. A validação do modelo para estimativa da concentração do íon sódio, também, apresentou índice de willmontt ($c > 0,9$). No entanto este modelo deve ser usado com certa cautela para valores superiores a $15 \text{ mmol}_c\text{L}^{-1}$, uma vez que o mesmo passa a subestimar as concentrações do referido íon.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro para a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; NESS, R. L.; CRUZ, M. G. M. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na Região da Chapada do Apodi. Revista Ciência Agronômica, v.33, n.2, p.25-32, 2002.

.CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

FILHO, J. N.; SOUZA, A. R. de.; SÁ, V. A.L. de. LIMA, B. P. Relação entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais visando a irrigação, no sertão de Pernambuco. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.4, n.2 p.189-193, 2000.

MEDEIROS, J. F. de. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão na Chapada do Apodi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. de. OLIVEIRA, M. de. Classificação da Composição iônica na água de irrigação usando regressão linear múltipla. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.5, n.1, p.55-59, 2001

MARTINS, L. H.; AMORIM, J. R. A. de; MEDEIROS, J. F. de (1997). Correlação entre características químicas da água para irrigação na zona oeste de Potiguar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Campina Grande, 1997. (CD ROM).

YING OUYANG Evaluation of river water quality monitoringstations by principal component analysis. Water Research, v.39, p.2621–2635, 2005