

# ESTIMAÇÃO DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO PELA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NAS REGIÕES DA CHAPADA DO APODI E DO BAIXO AÇU, RIO GRANDE DO NORTE

[ESTIMATE OF SOME CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE  
IRRIGATION WATER USING ELECTRIC CONDUCTIVITY IN THE  
REGIONS OF THE CHAPADA DO APODI AND BAIXO AÇU, RIO  
GRANDE DO NORTE]

CELSEMY ELEUTÉRIO MAIA

*Estudante de pós-graduação, Universidade Federal de Viçosa,  
Rua Miro Felipe de Mendonça, 130, Pto. 13 de Maio - 59633-010 Mossoró-RN*

ELÍS REGINA COSTA DE MORAIS

*Estudante de pós-graduação, Universidade Federal de Viçosa,  
Rua Miro Felipe de Mendonça, 130, Pto. 13 de Maio - 59633-010 Mossoró-RN*

MAURÍCIO DE OLIVEIRA

*Prof. Adjunto, ESAM, Caixa Postal 137, 59600-970 Mossoró-RN*

[Recebido em 16.06.1998]

**SINOPSE** - Com o objetivo de ajustar algumas características físico-químicas da água de irrigação através de regressão linear levando-se em consideração a localidade e a origem das águas, 500 amostras de águas da Chapada do Apodi e 100 do Baixo Açu, Rio Grande do Norte, pertencentes ao banco de dados da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, foram analisadas através de regressão linear. Através das análises de regressão feitas para as duas regiões, verificou-se que, para uma mesma relação, a equação e o coeficiente de determinação mudam significativamente de acordo com a região e a origem das águas, sendo que as águas da região do Baixo Açu apresentaram melhores ajustes, quando comparadas com as da região da Chapada do Apodi.

→ Termos adicionais de indexação: regressão, águas subterrânea, águas superficiais

**ABSTRACT** - In order to adjust some physical-chemical characteristics of the irrigation water through linear regression considering the place and the origin of the waters, 500 water samples from Chapada of Apodi and 100 from Baixo Açu, Rio Grande do Norte, belonging to the database of the Escola Superior de Agricultura de Mossoró were analyzed through linear regression. It was verified through regression analyses for both regions that, for a same relationship, the equation and the determination coefficient change significantly in accordance with the region and the water source. The waters from Baixo Açu were better fitted as compared to waters from Chapada do Apodi.

→ Additional keywords: regression, groundwater

## INTRODUÇÃO

Existe a necessidade de se obter formas mais simplificadas de estimativas de algumas características físico-químicas a partir de análises de rotina em um laboratório de análises de águas para fins de irrigação. Empregando-se métodos computacionais essa tarefa pode ser obtida a partir de grande massa de dados analíticos em laboratório de análises de rotina para as regiões as quais os mesmos prestam serviço (OLIVEIRA & MAIA, 1998).

Nos últimos anos vários estudos foram realizados para avaliar a qualidade da água de irrigação na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Em muitos desses estudos, os autores ajustaram algumas características físico-químicas como cálcio, magnésio, sódio e cloreto, em função da condutividade elétrica (CE), levando em consideração todos os dados obtidos, independentes da origem das águas e em algumas vezes apenas separando em águas superficiais e subterrâneas.

Trabalhando com a qualidade da água de irri-

gação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo programa GAT (Geração e Adaptação de Tecnologia) nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará, MEDEIROS (1992) encontrou bons ajustes através da análise de regressão linear para algumas características químicas em função da condutividade elétrica, destacando os bons ajustes para as águas de rio. O mesmo resultado foi obtido por MAIA (1996), trabalhando com a qualidade da água para fertirrigação na região oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Já MARTINS *et alii* (1997), trabalhando com águas superficiais disponíveis para irrigação na mesma região, concluíram que há um forte relacionamento entre a condutividade elétrica da água de irrigação e outras características químicas e que a partir da condutividade elétrica seria possível estimar, com boa precisão, as concentrações de cloreto, cálcio, magnésio e sódio. NUNES FILHO *et alii* (1997), que trabalharam com águas superficiais e subterrâneas do sertão de Pernambuco, concluíram que os íons de sódio, cálcio, magnésio e cloreto podem ser estimados por meio de equação de regressão tendo como variável independente a condutividade elétrica.

Citado por MEDEIROS (1992), Leprun sugere utilizar equações diferentes para cada fonte e que, para as condições do Nordeste, em termos médios, as fontes variam na seguinte ordem: açude < rio < poço amazonas < poço raso.

O objetivo deste trabalho foi ajustar algumas características físico-químicas da água de irrigação através de regressão linear levando-se em consideração a localidade e a origem das águas nas regiões da Chapada do Apodi e do Baixo Açu, Rio Grande do Norte.

## MATERIAL E MÉTODO

### Base de dados

Os dados utilizados no presente estudo foram provenientes do banco de dados do Laboratório de Análises de Água e Fertilidade do Solo da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (LAAFS/ESAM), correspondente ao período de 1990-1995. Para a região da Chapada do Apodi foram utilizadas 500 análises de águas de diferentes mananciais, sendo 311 análises de poços tubulares, 98 de poços amazonas, 79 de rio, 5 de açudes e 7 de lagoas. As águas foram provenientes dos municípios de

Apodi, Baraúna, Governador Dix-Sept Rosado, Grossos, Mossoró, Caraúbas e Upanema. Para a região do Baixo Açu foram utilizadas 100 análises, sendo 30 águas de poços tubulares, 51 de poços amazonas, 15 de rio, 3 de açudes e apenas 1 de lagoa. As águas foram provenientes dos municípios de Assu, Ipanguassu e Carnaubais. O banco de dados foi estruturado empregando-se o software SCASA (MAIA & MORAIS, 1996).

### Fisiografia da área de abrangência

As regiões da Chapada do Apodi e do Baixo Assu se localizam no extremo noroeste do Estado do Rio Grande do Norte, na quadrícula geográfica entre os Paralelos 4° 48' e 5° 41'S e os Meridianos 37° 30' e 38° 5' WGr. Pelo regime térmico e pluviométrico, as regiões apresentam clima do tipo BSw'h', segundo Köppen, ou seja, clima muito quente e semi-árido, onde a estação chuvosa se atrasa para o outono, sendo a maior incidência de chuvas no verão para o outono. As chuvas têm distribuição bastante irregular no tempo e no espaço, aumentando sobremaneira o risco climático. A média anual de precipitação é de aproximadamente 679mm. Devido à baixa latitude e à ausência de fatores geográficos influenciadores, a temperatura apresenta-se sem grande variação anual. A média anual de temperatura é de aproximadamente 27,5°C, sendo que o mês mais quente é dezembro, com média de 28,5°C, e o mais frio, julho, com média de 26,5°C. As temperaturas máximas e mínimas do ar têm valores médios iguais a 33,3°C e 22,7°C, respectivamente (CARMO FILHO *et alii*, 1991).

### Análise da água

Nas análises de água realizadas pelo LAAFS/ESAM, são determinadas as seguintes características físico-químicas: pH, condutividade elétrica (CE), cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) e ânions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ ). Utiliza-se para a determinação dessas características a metodologia proposta por RICHARDS (1954).

### Análise estatística

Os cálculos das regressões lineares foram efetuadas por meio de processamento eletrônico dos dados, empregando-se o software SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Região da Chapada do Apodi

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os resultados das análises de regressão linear efetuadas com todas as águas da região e separadas por origem, respectivamente, evidenciando que os valores dos ajustes ( $R^2$ ) mudam significativamente. Isso indica que na estimação de algumas características químicas pela condutividade elétrica da água de irrigação devem ser levadas em conta a origem (fonte), o local e a época de coleta da amostra, pois, na estação seca, há uma concentração de sais na água de irrigação (MEDEIROS, 1992).

No trabalho realizado por MARTINS *et alii* (1997), os autores encontraram coeficiente de de-

terminação ( $R^2$ ) de 0,878 para a relação  $Cl^-$  x CE, 0,824 para  $Na^+$  x CE, 0,779 para  $Mg^{2+}$  x CE e 0,649 para  $Ca^{2+}$  x CE para águas superficiais disponíveis para irrigação na zona oeste potiguar (Tabela 3). Esses valores se aproximam dos obtidos no presente trabalho quando não se levou em consideração a origem das águas (Tabela 1).

Quando comparados com os dados da regressão por origem, verifica-se que, em média, os ajustes ( $R^2$ ) começam a diferir, destacando o ajuste para  $Na^+$  x CE, que superou os obtidos por MARTINS *et alii* (1997); como esses autores trabalharam com águas superficiais, a comparação com as águas de rio também mostra que, com exceção da relação  $Ca^{2+}$  x CE, as demais relações ajustaram-se melhor que as obtidas por aqueles autores.

TABELA 1 - Parâmetros das equações de regressão linear ( $Y = a + bX$ ) e coeficientes de determinação para algumas relações das águas da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte, independentes da origem das águas.

Relação <sup>1</sup>	a	b	$R^2$
$Ca^{2+}$ x CE	1,94	1,88**	0,6479
$Mg^{2+}$ x CE	0,31	2,23**	0,8177
$Na^+$ x CE	-2,47	5,03**	0,8783
$Cl^-$ x CE	-3,75	7,82**	0,8646

<sup>1</sup> CE em dS/m e Ca, Mg, Na e Cl em mmol/L; o intervalo da CE foi de 0,13 a 15,39 dS/m;.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 2 - Parâmetros das equações da regressão linear ( $Y = a + bX$ ) e coeficientes de determinação para algumas relações das águas da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte, por origem.

Relação <sup>1</sup>	a	b	$R^2$
Poço tubular			
$Ca^{2+}$ x CE	2,29	1,99**	0,7034
$Mg^{2+}$ x CE	0,43	2,20**	0,8342
$Na^+$ x CE	-2,74	4,82**	0,8763
$Cl^-$ x CE	-4,74	7,84**	0,8599
Poço amazonas			
$Ca^{2+}$ x CE	1,57	1,63**	0,5336
$Mg^{2+}$ x CE	0,24	2,08**	0,7418
$Na^+$ x CE	-2,33	5,73**	0,9142
$Cl^-$ x CE	-2,22	7,87**	0,8384
Rio			
$Ca^{2+}$ x CE	1,81	1,40**	0,4776
$Mg^{2+}$ x CE	0,18	2,46**	0,7906
$Na^+$ x CE	-3,56	6,21**	0,9112
$Cl^-$ x CE	-2,19	7,49**	0,9432
RAS x CE	0,21	1,63**	0,8233

<sup>1</sup> CE em dS/m e Ca, Mg, Na e Cl em mmol/L; o intervalo da CE para poço tubular foi de 0,13 a 15,39, para poço amazonas de 0,53 a 12,64 e para rio de 0,27 a 10,07 dS/m; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 3 - Parâmetros das equações de regressão linear ( $Y = a + bX$ ) e coeficientes de determinação para algumas relações das águas do sertão de pernambuco e da região oeste do Rio Grande do Norte.

Relação	a	b	R <sup>2</sup>
Dados do sertão de Pernambuco <sup>1</sup>			
Águas subterrâneas			
Na <sup>+</sup> x CE	-0,385	4,758	0,903
Cl <sup>-</sup> x CE	1,775	3,525	0,548
Águas superficiais			
Na <sup>+</sup> x CE	-0,672	5,070	0,941
Cl <sup>-</sup> x CE	-0,976	6,971	0,960
Dados obtidos para águas superficiais da região Oeste do Rio Grande do Norte			
Ca <sup>2+</sup> x CE	0,229	2,10	0,649
Mg <sup>2+</sup> x CE	-0,013	1,94	0,779
Na <sup>+</sup> x CE	-0,630	5,43	0,824
Cl <sup>-</sup> x CE	-1,000	6,52	0,878

<sup>1</sup> Adaptados de NUNES FILHO *et alii* (1997) e MARTINS *et alii* (1997).

TABELA 4 - Parâmetros das equações de regressão linear ( $Y = a + bX$ ) e coeficientes de determinação para algumas relações das águas do Baixo Açu, Rio Grande do Norte, independentes da origem.

Relação <sup>1</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
Ca <sup>2+</sup> x CE	0,64	1,55**	0,8320
Mg <sup>2+</sup> x CE	-0,25	2,13**	0,9399
Na <sup>+</sup> x CE	-1,04	5,75**	0,9645
Cl <sup>-</sup> x CE	1,77	1,31**	0,6792

<sup>1</sup> CE em dS/m e Ca, Mg, Na e Cl em mmol<sub>c</sub>/L; o intervalo da CE foi de 0,16 a 12,44 dS/m. \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 5 - Parâmetros das equações da regressão linear ( $Y = a + bX$ ) e coeficiente de determinação para algumas relações das águas do Baixo Açu, Rio Grande do Norte, por origem.

Relação <sup>1</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
Poço tubular			
Ca <sup>2+</sup> x CE	0,38	1,55**	0,9298
Mg <sup>2+</sup> x CE	-0,34	2,30**	0,9470
Na <sup>+</sup> x CE	-0,90	5,78**	0,9880
Cl <sup>-</sup> x CE	-1,85	7,83**	0,9921
Poço amazonas			
Ca <sup>2+</sup> x CE	0,25	2,16**	0,7640
Mg <sup>2+</sup> x CE	0,09	1,75**	0,8772
Na <sup>+</sup> x CE	-0,08	4,45**	0,8910
Cl <sup>-</sup> x CE	-1,88	7,68**	0,9354
Rio			
Ca <sup>2+</sup> x CE	0,68	1,05**	0,9857
Mg <sup>2+</sup> x CE	0,13	1,68**	0,9907
Na <sup>+</sup> x CE	-0,88	6,54**	0,9985
Cl <sup>-</sup> x CE	-1,84	10,16**	0,9952

<sup>1</sup> CE em dS/m e Ca, Mg, Na e Cl em mmol<sub>c</sub>/L; o intervalo da CE para poço tubular foi de 0,18 a 12,24, para poço amazonas de 0,25 a 3,91 e para rio de 0,20 a 3,55dS/m. \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

NUNES FILHO *et alii* (1997), trabalhando com águas superficiais e subterrâneas do sertão de Pernambuco, encontraram alguns ajustes para águas subterrâneas (Tabela 3), com valores que se aproximam dos obtidos no presente trabalho tanto para águas superficiais (rio) como para águas subterrâneas (poço tubular e amazonas), com exceção da relação  $Cl^-$  x CE para águas subterrâneas.

### Região do Baixo Açu

Os valores obtidos para os coeficientes de determinação através dos ajustes de regressão linear simples para as águas do Baixo Açu (Tabela 4) indicam que todas as relações apresentaram bons ajustes. Quando comparados esses valores com os ajustes feitos por origem (Tabela 5), verifica-se um aumento no coeficiente de determinação para as relações envolvidas, com exceção das águas de poços amazonas, onde apenas a relação  $Cl^-$  x CE apresentou melhor ajuste quando comparada com a regressão feita com as águas independentes da origem. Isso mostra mais uma vez que na estimativa das características químicas da água de irrigação deve ser levada em consideração a origem das águas, pois o ajuste da regressão varia na mesma relação.

Para reforçar ainda mais essa idéia, comparando-se esses resultados com os obtidos na região da Chapada do Apodi, verifica-se que os ajustes para essas mesmas relações foram superiores para as águas do Baixo Açu. Quando comparados os ajustes para águas subterrâneas com os obtidos por MARTINS *et alii* (1997) e NUNES FILHO *et alii* (1997), verifica-se que os melhores ajustes também foram para a região do Baixo Açu, só sendo inferior para a relação  $Cl^-$  x CE para águas de poços amazonas. Para as águas superficiais, os dados do Baixo Açu apresentaram também melhores ajustes que os obtidos por NUNES FILHO *et alii* (1997). Quando comparados os valores obtidos para as águas de rio com os valores obtidos para as águas superficiais por MARTINS *et alii* (1997), verifica-se os melhores ajustes também para as águas do Baixo Açu.

### CONCLUSÕES

Na estimação de sódio, cloreto, cálcio e magnésio pela CE nas águas para irrigação, devem ser levados em consideração a fonte e o local de amos-

tagem.

As águas da região do Baixo Açu apresentaram os melhores ajustes que a região da Chapada do Apodi. Para a região da Chapada do Apodi, os melhores ajustes foram para águas de poços tubulares e, para a região do Baixo Açu, os melhores ajustes foram para águas de rio.

### LITERATURA CITADA

- CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBR<sup>o</sup>., J. & MAIA NETO, J. M. (1991). **Dados meteorológico de Mossoró (jan. de 1988 a dez. de 1990)**. Mossoró: ESAM/FGD. (Coleção Mossoroense, C, 30).
- MAIA, C. E. & MORAIS, E. R. C. de (1996). SCASA: sistema de cadastramento de análises de solo e água. *In*: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, Águas de Lindóia, 1996, **Resumos ...**, Campinas, SBCS. (CDROM).
- MAIA, C. E. (1996). Qualidade da água para fertirrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Assu, RN. Mossoró: ESAM. (Dissertação de especialização).
- MARTINS, L. H.; AMORIM, J. R. A. de; MEDEIROS, J. F. de & HOLANDA, J. S. de (1997). Correlações entre características químicas da água para irrigação na zona oeste potiguar. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Campina Grande, 1997. (CDROM).
- MEDEIROS, J. F. de. (1992). Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande: UFPB. (Dissertação de mestrado).
- NUNES FILHO, J.; SILVA, S. R. da & SOARES, M. J. C. do C. (1997). Correlações entre íons de águas subterrâneas e superficiais visando a irrigação, no sertão de Pernambuco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Campina Grande, **Resumos ...**, Campina Grande: UFPB, 1977. (CDROM).
- OLIVEIRA, M. & MAIA, C. E. (1998). Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 3(1):17-21.