

Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará¹

Seasonality of the irrigated water quality at the Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, Brazil

Francisco Antônio de Oliveira Lobato², Eunice Maia de Andrade³, Ana Célia Maia Meireles⁴ e Lindbergue Araújo Crisostomo⁵

Resumo - A influência do regime pluviométrico na classificação da água usada para irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú (DIBAU) foi estudada tomando-se por base os íons principais, a condutividade elétrica (CEa) e a razão de adsorção de sódio (RAS). As coletas foram realizadas mensalmente de abril a dezembro/2003, exceto no mês de junho e bimestralmente de janeiro/2004 a setembro/2005. O ponto de coleta foi na barragem Santa Rosa, ponto de captação da água usada na irrigação do DIBAU. Foram analisados os seguintes parâmetros: CEa, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ e SO₄²⁻. Em seguida efetuou-se a classificação da água pelos métodos do diagrama de Piper e do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos aos dados correspondentes ao período seco e ao chuvoso. Aplicou-se o teste de Wilcoxon para verificar se as concentrações dos íons analisados, a RAS e a CEa apresentavam diferenças significativas entre os dois períodos estudados. Os resultados mostraram que a água não apresentou limitações para uso na irrigação quanto aos íons sódio e cloreto. De acordo com a classificação do diagrama de Piper, houve predomínio da classe bicarbonatada sódica nos dois períodos. Já pelo método do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, a água apresentou uma predominância da classe C₂S₁, médio perigo de salinização e baixo perigo de sodificação. Pelo teste de Wilcoxon, observou-se que CEa, RAS, Na²⁺, K⁺, Mg²⁺ e HCO₃⁻ se diferenciaram significativamente ao nível de 5% entre os períodos estudados, enquanto que Ca²⁺, Cl⁻ e SO₄²⁻ não apresentaram diferenças significativas.

Palavras-chave: Águas superficiais. Qualidade de água. Composição iônica. Diagrama de Piper.

Abstract – Seasonality of the irrigated water quality due to rainfall was investigated at Baixo Acaraú Irrigated District (DIBAU), Ceará, Brazil. This study considered the ions, the Electric Conductivity (EC) and the Sodium Adsorption Ratio (SAR). Sample waters were taken monthly from April/03 to Dec./03, except Jun., and each two month from Jan./04 to Sept./05. Water was sampled at Santa Rosa Station, place where water was conducted to the DIBAU. It was analyzed the following parameters: EC, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ e SO₄²⁻. Besides, the Piper's triangle and USDA Salinity Lab were used to define water classes. The Wilcoxon test to paired data was applied to identify if there are significant difference among the values of ion concentrations, EC and SAR to wet and dry season. Results shown that water does not preset irrigation use limitation in relation to Na⁺ and Cl⁻ ions. According to USDA Salinity Lab irrigated water presented low to medium salinity risk and low risk of sodicity. Piper's Diagram indicated that the predominant water class was bicarbonated sodium in both seasons. The Wilcoxon test pointed out significant difference (level of 5%) between the registered values of EC, SAR, Na²⁺, K⁺, Mg²⁺ e HCO₃⁻ in wet and dry season.

Key words: Surface water. Water quality. Ionic composition. Piper's Diagram.

¹Recebido para publicação em 06/02/2007; aprovado em 29/10/2007

²Estudante de Agronomia, bolsista do CNPq, Dep. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, lobatto18@yahoo.com.br

³Eng. Agrônoma, Ph.D., Profa do Dep. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC, Caixa Postal 12.168, CEP 60.455-970, Fortaleza, Ceará, eandrade@ufc.br

⁴Eng. Agrônoma, D. Sc., Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, amireles2003@yahoo.com.br

⁵Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, lindberg@cnpat.embrapa.br

Introdução

No Nordeste do Brasil, assim como nas demais regiões semi-áridas do globo, o regime pluviométrico se caracteriza por alta variabilidade espacial e temporal, com verões longos e secos, alternados por estações úmidas de curta duração com chuvas de alta intensidade (PALÁCIO et al., 2004). Por outro lado, a certeza da produção agrícola dessas regiões depende da dotação artificial da água, ou seja, irrigação. Pelo fato da irrigação ser concebida como a alternativa para o desenvolvimento sócio-econômico das regiões semi-áridas, esta deve ser manejada racionalmente, visto que as condições climáticas dessas zonas são extremamente favoráveis à salinização dos recursos água e solo (SOUZA, 2000).

A qualidade da água dos reservatórios em regiões Semi-Áridas, como o estado do Ceará, é fortemente influenciada por fatores climáticos. As águas superficiais são verdadeiros depósitos de elementos químicos que circulam nos ecossistemas e nos sedimentos, cuja fonte é representada pela água de drenagem resultante da precipitação sobre a área da bacia. A concentração química dessas águas está sujeita a grandes mudanças sob a influência da evaporação.

Na região, existem milhares de poços e açudes cujas águas são usadas para irrigação, representando um importante insumo na cadeia produtiva; no entanto, sua qualidade varia no espaço e no tempo. O uso de água de má qualidade pode causar danos ao meio ambiente, provocando sérios danos socioeconômicos (SILVA JÚNIOR et al., 1999). A baixa eficiência na aplicação da água de irrigação, aliado à baixa pluviosidade do Semi-Árido nordestino, o inadequado manejo dos solos e o uso excessivo de fertilizantes, têm contribuído significativamente para o aumento da salinidade das fontes hídricas da região (BRITO et al., 2005).

A avaliação da água para irrigação fundamenta-se na identificação de suas características químicas e de possíveis problemas relativos ao risco de salinização dos solos, de infiltração e de toxicidade de íons, indicando se a água pode ou não ser utilizada para irrigação (SANTOS, 2000).

O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto nos projetos novos como nos antigos que requerem águas adicionais, é importante que se recorra às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade (AYERS; WESTCOT, 1999).

Diante disso, o presente trabalho objetivou verificar o efeito da sazonalidade climática sobre a qualidade da

água da barragem Santa Rosa, fonte hídrica responsável pelo abastecimento do Distrito Irrigado Baixo Acaraú (DIBAU) e suas possíveis limitações de uso para irrigação.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no Distrito Irrigado Baixo Acaraú (DIBAU), localizado na parte baixa da bacia do Acaraú, região norte do estado do Ceará, situado entre as coordenadas geográficas 03°01' e 03°22' de latitude sul e 40°01' e 40°09' de longitude oeste, abrangendo os municípios de Acaraú (74% da área total), Marco (18%) e 8% da área do município de Bela Cruz (Figura 1).

O clima da região, segundo a classificação de Köpper, é do tipo Aw' tropical chuvoso, com precipitação média anual de 900 mm e evaporação anual no tanque classe A de 1.600 mm ano⁻¹. Possui temperatura média anual de 28,1 °C, sendo a mínima e a máxima anuais de 22,8 e 34,7 °C, respectivamente, insolação de 2.650 h ano⁻¹,

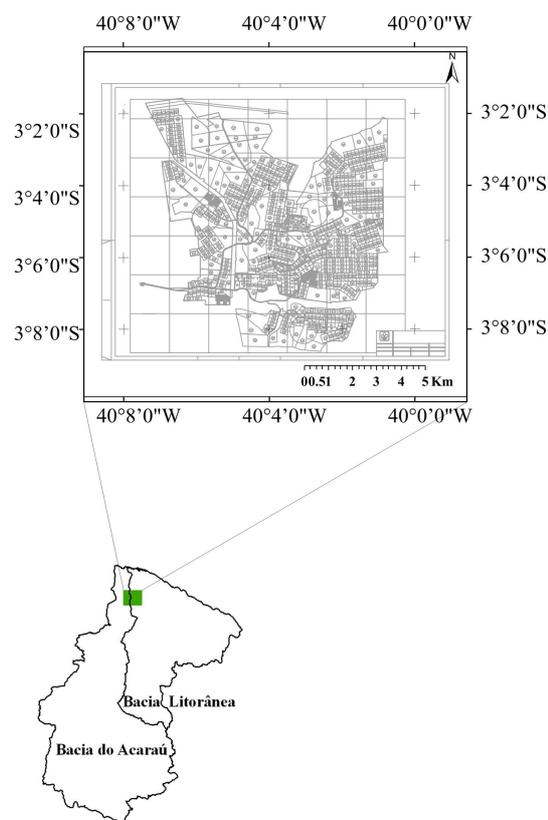


Figura 1 - Localização do Distrito Irrigado Baixo Acaraú (DIBAU) em relação à bacia do Acaraú

umidade relativa média anual de 70% e velocidade média dos ventos de 3 m s⁻¹. Em geral possui solos profundos, bem drenados, de textura média ou média/leve e muito permeáveis. Apresenta relevo plano com suaves ondulações e com forte declividade longitudinal (DNOCS, 2005).

Ainda de acordo com DNOCS (2005), o DIBAU produz atualmente: abacaxi, banana, melão, melancia, feijão e milho. O sistema de irrigação adotado é do tipo localizado: micro-aspersão e gotejamento e a captação de água é feita através da barragem Santa Rosa, localizada no município de Marco.

As amostras de água foram coletadas na barragem Santa Rosa, mensalmente, no período de abril a dezembro/2003, exceto no mês de junho e a cada dois meses de janeiro/2004 a setembro/2005. O motivo da escolha desse ponto foi a sua importância para o DIBAU, visto que é nesta barragem que se encontra a tomada d'água para abastecimento do mesmo. As amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas de 1000 mL e posteriormente enviadas ao Laboratório de Água e Solo da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram efetuadas as análises dos seguintes parâmetros: CEa, cátions (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺) e ânions (Cl⁻, HCO₃⁻ e SO₄²⁻) de acordo com a metodologia descrita por Richards (1954). De posse dos dados verificou-se as possíveis limitações de uso da água para irrigação quanto aos íons sódio e cloreto de acordo com os limites estabelecidos por Ayers e Westcot (1999), apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de classificação de toxicidade para águas de irrigação

Identificação	Elementos	
	Cloreto (Cl ⁻)	Sódio (Na ⁺)
	mmol _c L ⁻¹	
Sem restrições	<3	<3
Restrições moderadas	3 - 9	3 - 9
Restrições severas	>9	>9

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1999)

A partir dos valores de Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foi calculada a RAS através da seguinte expressão:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Com a utilização do software QUALIGRAF (FUNCEME, 2006), foi construído o diagrama de Piper para os meses representativos das estações chuvosa e seca, com o intuito de se classificar as águas do rio Acaraú na Barragem Santa Rosa, e identificar a variação sazonal da concentração dos íons na água. Também com o auxílio do QUALIGRAF, foi feita a classificação do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, que leva em consideração a CEa e a RAS, para verificar se a água apresentava algum perigo de salinização e/ou sodificação nos períodos estudados.

A identificação da existência ou não de variações estatisticamente significativas nas concentrações dos íons, da CEa e da RAS entre as estações seca e chuvosa foi realizada pelo emprego do teste de Wilcoxon (MILTON, 1992). O referido teste foi aplicado a um nível de 5% de significância. O teste de Wilcoxon é adequado para identificar se a resposta de uma determinada variável submetida a condições diferenciadas é significativa ou não. O referido teste se fundamenta no somatório da diferença absoluta entre o par de observações; sendo a hipótese de nulidade (H₀) não rejeitada quando esta diferença tende para zero. Este teste é comumente empregado em ciências naturais e área de saúde (HALL, 1992; JINREN; PENG, 2005; RAHMAN et al., 2006)

Resultados e Discussão

Os valores das concentrações dos íons na água para o período chuvoso e seco podem ser vistos nas Tabelas 2 e 3. De acordo com as referidas tabelas, as águas do rio Acaraú, na barragem Santa Rosa, são pobres em sais de sulfato e potássio, em ambos os períodos, como uma decorrência da origem dos solos. Esses resultados confirmam aqueles obtidos por Leprun (1983), em que as águas da região semi-árida do Nordeste brasileiro, geralmente, apresentam baixas concentrações de sulfato e potássio.

Para a maioria dos parâmetros analisados, as concentrações para a estação chuvosa (Tabela 2) foram inferiores às registradas na estação seca (Tabela 3). A CEa, a RAS, o Na²⁺, o K⁺, o Mg²⁺ e o HCO₃⁻ apresentaram diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso ao nível de 5% de significância de acordo com o teste de Wilcoxon, ou seja, a hipótese de nulidade foi rejeitada. Essas diferenças se devem à diminuição do nível dos reservatórios que perenizam o rio Acaraú na estação seca, o que confirma os resultados obtidos por Oliveira et al. (2000). Esses autores verificaram o mesmo comportamento para a salinidade das águas do rio Mossoró, RN. Já Brito et al.

Tabela 2 – Concentrações dos íons principais presentes na água do rio Acaraú (barragem Santa Rosa) durante o período chuvoso

Mês	CEa dS m ⁻¹	RAS	mmol _e L ⁻¹						
			Na ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
abr/03	0,20	1,75	1,09	0,11	0,37	0,41	0,60	1,27	0,10
mai/03	0,25	1,98	1,40	0,11	0,42	0,58	1,13	1,47	0,09
jan/04	0,12	2,17	0,77	0,14	0,11	0,14	0,40	0,70	0,20
mar/04	0,24	1,50	1,15	0,12	0,68	0,49	0,95	1,33	0,21
mai/04	0,30	1,40	1,37	0,12	1,25	0,66	1,30	1,40	0,18
jan/05	0,55	2,16	1,34	0,15	0,34	0,43	3,70	1,50	0,18
mar/05	0,21	1,29	1,06	0,12	0,76	0,59	1,50	1,01	0,14
mai/05	0,27	1,48	1,10	0,13	0,51	0,59	2,00	1,34	0,09
Média	0,27	1,72	1,16	0,13	0,55	0,49	1,45	1,25	0,15

Tabela 3 – Concentrações dos íons principais presentes na água do rio Acaraú (barragem Santa Rosa) durante o período seco

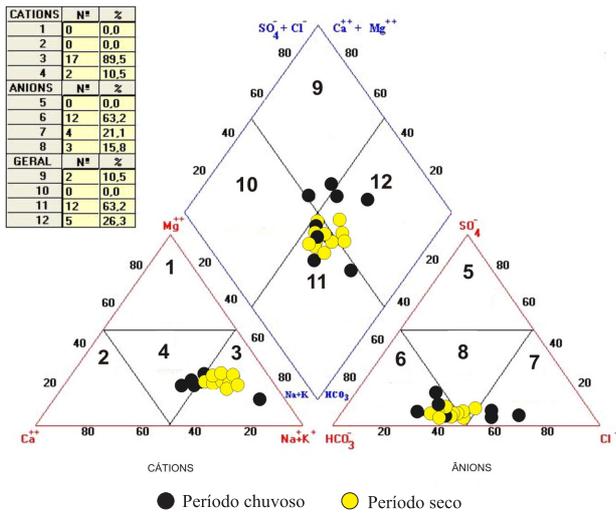
Mês	CEa dS m ⁻¹	RAS	mmol _e L ⁻¹						
			Na ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
jul/03	0,31	2,40	1,78	0,13	0,43	0,67	1,42	1,71	0,07
ago/03	0,29	1,85	1,46	0,13	0,51	0,73	1,12	1,81	0,05
set/03	0,28	2,15	1,75	0,14	0,52	0,81	1,07	1,64	0,10
out/03	0,26	2,09	1,64	0,14	0,49	0,74	1,05	1,67	0,10
nov/03	0,29	2,24	1,61	0,14	0,33	0,70	1,05	1,60	0,07
dez/03	0,29	1,59	1,19	0,14	0,56	0,56	1,40	1,60	0,13
jul/04	0,35	3,17	2,91	0,22	0,92	0,76	1,63	1,60	0,18
set/04	0,29	2,11	1,64	0,14	0,57	0,64	1,15	1,59	0,27
nov/04	0,44	2,33	1,93	0,17	0,56	0,81	2,05	1,78	0,24
jul/05	0,28	1,99	1,43	0,14	0,46	0,57	1,00	1,19	0,10
set/05	0,28	2,25	1,74	0,71	0,46	0,74	1,50	1,53	0,05
Média	0,30	2,20	1,73	0,20	0,53	0,70	1,31	1,61	0,12

(2005), estudando as águas da bacia hidrográfica do Salitre, BA, não observaram variações significativas nas variáveis de qualidade das águas entre os períodos seco e chuvoso. Já o Ca²⁺, o Cl⁻ e o SO₄²⁻ não apresentaram diferenças significativas entre os dois períodos. Observa-se que a água não apresentou limitações de uso para irrigação quanto aos íons sódio e cloreto de acordo com os limites estabelecidos por Ayers e Westcot (1999), os quais estão apresentados na Tabela 1. Com exceção do mês de janeiro de 2005 em que o cloreto se apresentou com concentração de 3,7 mmol_e L⁻¹, apresentando restrições moderadas.

A Figura 2 apresenta o Diagrama de Piper para os períodos chuvoso e seco. De acordo com a referida figura, tanto no período chuvoso quanto no seco, a água se apresentou com predominância da classe bicarbonatada sódica,

seguida da cloretada sódica. Quando se considera os cátions e os ânions separadamente, observa-se que para o período chuvoso, 10,5% das amostras se apresentaram como mistas com relação aos cátions e 21,1% como cloretadas quanto aos ânions. Já para o período seco, considerando a concentração dos ânions, 15,8% das amostras foram classificadas como águas mistas.

Em estudos da qualidade das águas da parte baixa da bacia do Acaraú, Mesquita (2004) identificou uma predominância da classe cloretada seguida da bicarbonatada, indo de encontro aos resultados obtidos neste estudo. Verifica-se que houve uma diferença na ordem de predominância de classes entre este estudo e o do autor citado anteriormente. Acredita-se que essa diferença seja devido ao período estudado e ao número de pontos de cole-



1 – Águas Magnesianas; 2 – Águas Cálcicas; 3 – Águas Sódicas; 4 – Águas Mistas; 5 – Águas Sulfetadas; 6 – Águas Bicarbonatadas; 7 – Águas Cloretadas; 8 – Águas Mistas; 9 – Águas Sulfatadas (Cálcicas ou Magnesianas) ou Cloretadas (Cálcicas ou Magnesianas); 10 – Águas Bicarbonatadas (Cálcicas ou Magnesianas); 11 – Águas Bicarbonatadas Sódicas; 12 – Águas Sulfatadas Sódicas ou Cloretadas Sódicas

Figura 2 - Diagrama de Piper para a água do rio Acaraú (barragem Santa Rosa)

ta, visto que o autor citado coletou água por 12 meses em cinco pontos distribuídos na parte baixa da bacia. Já neste estudo, as coletas foram realizadas por 2 anos e 6 meses e em apenas um ponto de coleta (barragem Santa Rosa). Observa-se também que no período chuvoso houve uma maior

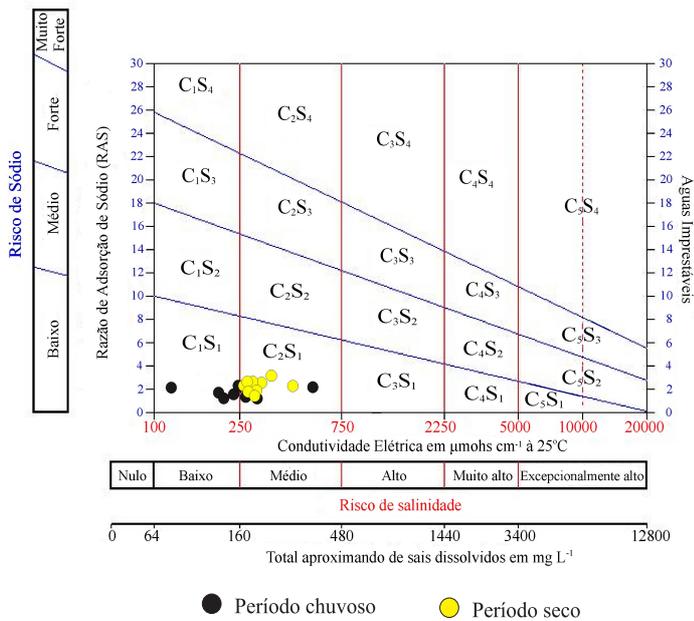


Figura 3 – Classificação da água de irrigação na barragem Santa Rosa

dispersão das amostras em comparação com o período seco, indicando uma maior variação na concentração dos elementos analisados. Esse comportamento se deve ao fato de que no período seco a água é proveniente apenas dos reservatórios e no período chuvoso, passa a existir o escoamento superficial promovendo a lavagem de solos das proximidades, o que acarreta a adição de sais provenientes de outros locais.

A Figura 3 apresenta a classificação da água para irrigação de acordo com a metodologia do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos. Observa-se que no período chuvoso as águas variaram entre as classes C_1S_1 (baixo risco de salinidade e sodicidade) e C_2S_1 (médio risco de salinidade e baixo risco de sodicidade). Essa variação pode ser atribuída ao regime irregular das chuvas, característica muito comum no semi-árido nordestino. No período seco, ao contrário do chuvoso, não se observou nenhuma variação, visto que todas as amostras ficaram inseridas na classe C_2S_1 .

Conclusões

Tomando-se por bases os resultados obtidos neste trabalho conclui-se que:

1. A qualidade das águas da barragem Santa Rosa apresentou sazonalidade;
2. Houve predomínio da classe bicarbonatada sódica em ambos os períodos;
3. A água não apresenta limitações de uso para irrigação, havendo uma predominância da classe C_2S_1 , com médio perigo de salinização e baixo perigo de sodificação;
4. A CEA, a RAS e as concentrações dos íons: Na^{2+} , K^+ , Mg^{2+} e HCO_3^- apresentaram diferenças significativas entre os períodos estudados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil pelas bolsas de iniciação científica e pesquisador concedidas aos primeiro e segundo autores respectivamente, e ao Ministério da Agricultura/PRODETAB-16 pelo suporte financeiro dado a essa pesquisa.

Referências

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**, Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1)
- BRITO, L. T. L. et al. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, n. 04, p. 596-602, out./dez. 2005
- DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Perímetro Irrigado Baixo Acaraú. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html> Acesso em: 26 out. 2005
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Qualigraf. Disponível em: <http://www.funceme.br/dehid/index.htm>. Acesso em: 23 nov. 2006.
- HALL, D. W. Effects of Nutrient Management on Nitrate Levels in Ground Water Near Ephrata, Pennsylvania. **Ground Water**, v. 30, n. 05, p. 720-730, set./out. 1992.
- JINREN, N.; PENG, H. Grain-size variation in the Middle Yellow River attributed to soil conservation. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 60, n. 2, p. 99-110, mar./abr. 2005.
- LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: RELATÓRIO de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife, PE: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, 1983, p. 91-141.
- MESQUITA, T. B. **Caracterização da qualidade das águas empregadas nos distritos irrigados da bacia do Acaraú**. 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- MILTON, J. S. **Statistical methods in the biological and health sciences**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1992. 526 p.
- OLIVEIRA, M.; SILVA, F. N.; MAIA, C. E. Variação nas características físico químicas da água do rio Mossoró em diferentes épocas do ano. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ABRH. 1 CD.
- PALÁCIO, H. A. Q. et al. Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu – CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35, n. 02, p. 326-334, jul./dez. 2004.
- RAHMAN, A. F. M. A; HIURA, H; SHINO, K. Trends of bulk precipitation and streamwater chemistry in a small mountainous watershed on the shikoku island of Japan. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 175, n. 1-4, p. 257-273, set. 2006
- RICHARDS, L. A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. USDA Agricultural handbook 60. Washington: U.S: Department of Agriculture, 1954. 160 p.
- SANTOS, J. R. G. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática**. Campina Grande, PB: UFPB, 2000. 171 p.
- SILVA JÚNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 03, n. 01, p. 11-17, jan./abr, 1999.
- SOUZA, F. **Irrigação desenvolvimento e tecnologia**. Fortaleza, CE: Imprensa Universitária. UFC, 2000. 94 p.