

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.4, n.1, p.27-34, jan.-mar., 2009

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 213 - 01/09/2007 • Aprovado em 08/10/2008

Josimar G. Fernandes¹

Maria B. G. dos S. Freire²

Jailson C. Cunha³

Josiclêda D. Galvêncio⁴

Marcelo M. Correia⁵

Patrícia R. dos Santos⁶

Qualidade físico-química das águas utilizadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada, Pernambuco¹

RESUMO

Com os objetivos de avaliar as características das águas utilizadas para irrigação no Perímetro Irrigado Cachoeira II e fazer um levantamento da variação da qualidade dessas águas durante o ano, foram coletadas quatro amostras de água das principais fontes (riacho Cachoeira, rio Pajeú e poços), espaçadas a cada três meses. Foram realizadas análises físico-químicas dessas águas (condutividade elétrica, pH, cátions e ânions), por meio de estatística descritiva. Houve predominância de águas cloretadas sódicas, independentemente do nível de salinidade, dos locais e das fontes de origem. As águas utilizadas para irrigação apresentaram risco crescente de salinização e sodificação por conterem elevados níveis de Na⁺ e Cl⁻. Os valores de pH estiveram dentro dos limites normais (6,5 a 8,4), contudo os teores de Cl⁻ nas águas de poços foram superiores a 3,0 mmol_c L⁻¹, alcançando valores médios de 19,53 mmol_c L⁻¹. Os maiores valores médios da RAS foram verificados na terceira coleta, final da estação seca, nas três fontes de água analisadas. As águas dos poços apresentaram os valores de CE mais elevados em todas as coletas e mantiveram-se dentro da faixa de risco para muitas culturas de valor econômico.

Palavras-chave: salinidade, sodicidade, variabilidade espacial

Quality of the water for irrigation in the Irrigated Perimeter Cachoeira II in the municipality of Serra Talhada/PE

ABSTRACT

Aiming to characterize the waters used for irrigation in Cachoeira II Irrigation Perimeter, as well as to evaluate the variation of the water quality along the year, water samples were collected from the main irrigation water sources (Cachoeira river, Pajeú river and wells), at each three months during one year. Physical and chemical analyses (electric conductivity, pH, cations and anions) were carried out and the results, analyzed by descriptive statistics. The waters showed sodium-chlorine predominance, independently of the salinity level, places and sources of origin. The waters used for irrigation showed high risk of salinization and sodification, due to the high levels of sodium and chloride. pH values were within the normal limits (6.5 to 8.4), however, the waters from wells presented Cl⁻ concentrations higher than 3 mmol_c L⁻¹, with average values of 19.53 mmol_c L⁻¹. The highest average values of RAS were observed in the third sampling time, at the end of the dry season, in all analyzed water sources. The waters from wells presented high CE values at all sampling times, representing a risk for many crops of economic value.

Key words: salinity, sodicity, space variability

¹ Bolsista/CNPq - CT-HIDRO, Mestrando em Ciência do Solo/UFRPE. Rua Aristides Lobo, 629, Natal/RN. CEP:59022-210. Tel.: 084 3211-6389 e-mail: josimargurgel@yahoo.com.br

² Professor Adjunto DEPA/UFRPE

³ Estudante de Agronomia e Bolsista/CNPq /CT-HIDRO, UFRPE

⁴ Professor Adjunto UFPE

⁵ Professor Adjunto UFRPE/UAG

⁶ Doutoranda em Ciência do Solo da UFRPE

INTRODUÇÃO

A região semi-árida nordestina, embora apresente alto potencial para a agricultura, é prejudicada pelo regime irregular das chuvas e pelas elevadas taxas de evaporação, que contribuem para a salinização e sodificação dos solos em perímetros irrigados. Esse risco está relacionado aos sais naturalmente presentes no perfil do solo ou veiculados pela água utilizada na irrigação, bem como pela ascensão capilar de água salina do lençol subterrâneo para a superfície do solo. O desenvolvimento da irrigação nessas áreas está, geralmente, associado ao elevado risco de salinização e/ou sodificação e compromete muitas vezes as reservas hídricas disponíveis. Desse modo, alternativas de manejo que atenuem a evaporação da água do solo e que reduzam as lâminas totais aplicadas durante o cultivo são desejáveis (Lima et al., 2006).

A existência de sais nas águas está relacionada às características do substrato (natureza e tipo das rochas e solos) com o qual elas têm contato, de modo que suas concentrações dependem da evaporação existente. Durante o processo de intemperismo, os sais são solubilizados e transportados naturalmente pela água para os lençóis freáticos subterrâneos (Santos, 2000).

A importância da água subterrânea no processo de salinização é ressaltada por Bernstein et al. (2006), que demonstraram que, quando estas águas se acumulam no subsolo das áreas de baixada, ocorre concentração dos sais provenientes do intemperismo das rochas, que são carregados e depositados nesses reservatórios. O uso e a exploração desordenada dessas águas podem causar sérios danos às culturas e ao solo, dependendo do manejo e da qualidade da água utilizada.

Considerando que a água é fundamental na produção vegetal e que, em regiões semiáridas, a concentração de sais nas águas de irrigação varia de acordo com a taxa de evaporação e com a composição química das rochas e/ou dos solos onde essas águas circulam, a falta de informação sobre sua qualidade pode conduzir ao uso de águas inapropriadas, com consequentes efeitos prejudiciais sobre as propriedades físico-químicas do solo (Gurgel, 2001).

A qualidade da água de irrigação, principalmente em regiões semiáridas, pode ocasionar a degradação do solo, alterando seu comportamento hidráulico. Em experimentos com solos de referência do estado de Pernambuco, Freire et al. (2003) verificaram que o aumento da relação de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação resultou em diminuição da condutividade hidráulica (K_o), principalmente nos casos em que a água de irrigação tem condutividade elétrica baixa e relação de adsorção de sódio elevada, favorecendo a dispersão dos colóides no solo.

Segundo Ayers & Westcot (1999), a lixiviação é um método prático para controlar a acumulação de sais na zona radicular e pode ser utilizada para prevenir ou corrigir o acúmulo dos sais provenientes da água de irrigação. Para o manejo efetivo da salinidade, são necessárias a drenagem, de forma a controlar e estabilizar o nível do lençol freático, e a lixiviação, para evitar acúmulo excessivo de sais no perfil do solo,

sobretudo nas áreas de aluvião das regiões áridas e semiáridas, com ocorrência do lençol freático superficial.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as características das águas utilizadas para irrigação no Perímetro Irrigado Cachoeira II ao longo de um ano.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Perímetro Irrigado Cachoeira II, composto por 37 lotes, localizado no município de Serra Talhada, no semiárido de Pernambuco, mesorregião do Sertão do Alto Pajeú. O perímetro está situado nas coordenadas geográficas de 38° 17' 54" de Longitude Oeste, e 7° 59' 31" Latitude Sul, a jusante do açude Cachoeira II, que semiperegrina o riacho Cachoeira, um dos afluentes do Rio Pajeú.

Segundo a classificação de Köppen, a área está situada no domínio do clima Bsw'h', muito quente e semiárido, que se caracteriza por estação chuvosa do verão ao outono, precipitação média anual de 876 mm e temperatura anual média de 27,0°C (DNOCS, 1999).

Foram acompanhados os dados de precipitação durante o ano de desenvolvimento do trabalho, coletados na estação climatológica do IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária), na área do município, e repassados pelo ITEP (Instituto de Tecnologia e Pesquisa do Estado de Pernambuco).

Amostragens trimestrais foram realizadas no período de junho de 2006 a março de 2007, perfazendo quatro coletas. Foram avaliadas as diferentes fontes de águas usadas para irrigação no Perímetro Cachoeira II. As coletas foram realizadas ao longo do rio Pajeú, do riacho Cachoeira e nos principais poços e reservatórios utilizados no perímetro. Ao todo, foram coletadas 76 amostras de água e suas análises foram agregadas em três grupos: 1 (águas coletadas no riacho Cachoeira), 2 (águas coletadas nos poços) e 3 (águas coletadas no rio Pajeú).

Nessas amostras foram medidos pH e CE, determinando-se também os teores dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} , por espectrofotometria de absorção atômica, e Na^+ e K^+ , por fotometria de chama. Os ânions Cl^- , HCO_3^- e CO_3^{2-} foram determinados por titulometria, de acordo com recomendações de Richards (1954). Calculou-se, também, a RAS, para a classificação das águas e avaliação de sua variação ao longo do período estudado.

Foi adotada a classificação da água proposta pelo Laboratório de Salinidade do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USSL), que utiliza a CE como indicadora da salinidade e a RAS como indicadora de sodicidade (Richards, 1954).

Os dados obtidos foram inicialmente analisados por meio de técnicas de estatística descritiva, com valores da média, o desvio-padrão (DP) e valores máximo e mínimo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As águas dos poços utilizadas na irrigação são provenientes de aquíferos caracterizados pela forma descontínua de

Tabela 1. Coeficiente de variação, desvio-padrão e valores médios, máximos e mínimos das análises nas amostragens de água coletadas no Riacho Cachoeira - Perímetro Irrigado Cachoeira II no município de Serra Talhada, PE**Table 1.** Coefficient of variation, standard deviation and medium, maximum and minimum values of the analyses in the water samplings collected at Cachoeira Stream - Irrigated Perimeter Cachoeira II in the municipality of Serra Talhada, PE

	pH	CE S cm ⁻¹	Ca ²⁺ mmol _c L ⁻¹	Mg ²⁺ mmol _c L ⁻¹	Na ²⁺ mmol _c L ⁻¹	K ⁺ mmol _c L ⁻¹	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	Cl ⁻ mmol _c L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mmol _c L ⁻¹	CO ₃ ²⁻ mmol _c L ⁻¹
Riacho Coleta - 1										
Média	7,4	534,3	1,47	3,06	2,44	0,16	1,70	6,49	0,01	0,01
MAX	7,6	740,0	2,10	4,06	3,50	0,20	2,21	9,75	0,02	0,06
MIN	7,2	320,0	0,50	0,30	1,40	0,10	1,26	2,35	0,01	0,00
DP	0,2	178,5	0,50	1,62	0,38	0,05	0,35	2,83	0,00	0,02
CV	2,3	33,4	34,14	53,88	35,99	34,02	20,69	43,70	37,95	264,58
Riacho Coleta - 2										
Média	7,5	600,0	40,06	3,84	5,21	0,20	2,54	11,48	0,02	0,02
MAX	7,8	800,0	5,70	4,70	7,40	0,30	3,47	15,90	0,03	0,04
MIN	7,0	200,0	2,20	2,40	1,50	0,10	0,93	6,00	0,01	0,00
DP	0,3	264,6	1,31	0,88	2,37	0,08	0,95	3,91	0,01	0,02
CV	3,7	44,1	32,26	22,78	45,52	40,82	37,43	34,05	37,16	100,00
Riacho Coleta - 3										
Média	7,4	1325,0	1,53	0,28	6,80	0,38	7,04	7,93	0,03	0,00
MAX	7,6	1620,0	1,80	0,30	9,30	0,50	9,08	10,90	0,04	0,00
MIN	7,1	780,0	1,00	0,20	3,40	0,20	4,39	3,15	0,02	0,00
DP	0,30	376,4	0,36	0,05	2,48	0,15	1,96	3,33	0,01	0,00
CV	3,9	28,4	23,57	18,18	36,48	40,00	27,81	42,06	34,82	0,00
Riacho Coleta - 4										
Média	7,18	779,8	1,70	0,32	3,56	0,20	3,50	4,17	0,02	0,00
MAX	7,3	988,0	2,10	0,40	4,70	0,20	4,20	5,65	0,02	0,00
MIN	7,1	526	1,30	0,20	2,20	0,20	2,54	2,50	0,01	0,00
DP	0,1	205,4	0,38	0,08	0,06	0,00	0,68	1,36	0,00	0,00
CV	1,2	26,3	22,40	26,15	29,70	0,00	19,30	32,66	15,90	0,00

armazenamento. A água é armazenada em lençol freático suspenso, nos solos aluviais onde se formam pequenos reservatórios, de qualidade inferior, sujeitos à exaustão decorrente de evaporação e constantes utilizações ao longo do ano, como

é possível observar pelas características físico-químicas das águas coletadas no decorrer do trabalho (Tabelas 1; 2 e 3), com tendência de variação na concentração de sais entre as coletas.

Tabela 2. Coeficiente de variação, desvio-padrão, valores médios, máximos e mínimos das análises nas amostragens de água coletadas nos poços do Perímetro Irrigado Cachoeira II no município de Serra Talhada, PE**Table 2.** Coefficient of variation, standard deviation and medium, maximum and minimum values of the analyses in the water samplings collected at the wells in the Irrigated Perimeter Cachoeira II in the municipality of Serra Talhada, PE

	pH	CE S cm ⁻¹	Ca ²⁺ mmol _c L ⁻¹	Mg ²⁺ mmol _c L ⁻¹	Na ²⁺ mmol _c L ⁻¹	K ⁺ mmol _c L ⁻¹	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	Cl ⁻ mmol _c L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mmol _c L ⁻¹	CO ₃ ²⁻ mmol _c L ⁻¹
Poço Coleta - 1										
Média	7,6	1420,0	2,48	5,75	11,15	0,20	5,79	18,23	0,02	0,00
MAX	0,8	2660,0	2,20	13,90	20,10	0,40	9,53	35,35	0,04	0,00
MIN	7,3	520,0	1,10	0,70	4,10	0,10	2,12	5,90	0,01	0,00
DP	0,3	9118,0	1,38	5,59	7,34	0,13	3,07	12,58	0,01	0,00
CV	4,0	64,6	55,68	97,17	65,87	67,26	53,01	69,05	80,99	0,00
Poço Coleta - 2										
Média	7,9	1260,0	3,88	4,38	14,06	0,32	66,6	17,31	0,03	0,03
MAX	8,8	2100,0	7,20	5,70	31,50	0,40	13,75	23,10	0,05	0,06
MIN	7,5	500,0	2,30	2,10	4,60	0,10	3,00	8,25	0,01	0,00
DP	0,5	634,8	2,12	1,51	10,36	0,13	4,15	6,25	0,02	0,03
CV	6,5	50,4	54,53	34,83	73,69	40,75	62,30	36,10	63,89	94,79
Poço Coleta - 3										
Média	7,7	1762,0	1,38	0,28	10,16	0,42	11,27	11,37	0,03	0,00
MAX	7,9	2630,0	2,60	0,50	14,80	0,60	18,36	15,85	0,04	0,00
MIN	7,4	940,0	0,90	0,10	5,10	0,10	7,21	6,30	0,02	0,00
DP	0,2	783,4	0,73	0,18	4,58	0,19	4,46	4,68	0,01	0,00
CV	2,8	44,5	52,60	63,98	45,04	45,80	39,55	41,14	26,15	0,00
Poço Coleta - 4										
Média	7,7	3276,0	2,95	0,80	23,10	0,25	16,72	19,53	0,05	0,00
MAX	7,7	4580,0	3,00	1,00	33,80	0,30	24,20	30,05	0,05	0,00
MIN	7,7	1972,0	2,90	0,60	12,40	0,20	9,24	9,00	0,04	0,00
DP	0,0	1844,1	0,07	0,28	15,13	0,07	10,58	14,88	0,01	0,00
CV	0,0	56,3	2,40	35,36	65,51	28,28	63,26	76,23	24,60	0,00

Tabela 3. Coeficiente de variação, desvio-padrão, valores médios, máximos e mínimos das análises nas amostragens de água coletadas no Rio Pajeú - Perímetro Irrigado Cachoeira II no município de Serra Talhada, PE

Table 3. Coefficient of variation, standard deviation and medium, maximum and minimum values of the analyses in the water samplings collected at the Pajeú river - Irrigated Perimeter Cachoeira II in the municipality of Serra Talhada, PE

	pH	CE S cm ⁻¹	Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	Na ⁺ mmolc L ⁻¹	K ⁺ mmolc L ⁻¹	RAS (mmolc L ⁻¹) ^{0,5}	Cl ⁻ mmolc L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mmolc L ⁻¹	CO ₃ ²⁻ mmolc L ⁻¹
Rio Coleta - 1										
Média	7,5	389,0	1,1	1,8	1,8	0,1	1,46	4,15	0,0	0,00
MAX	7,7	990,0	2,20	5,30	3,90	0,20	2,06	10,65	0,02	0,00
MIN	7,2	260,0	0,90	1,30	0,20	0,10	0,18	2,30	0,01	0,00
DP	0,1	213,4	0,38	1,24	0,91	0,04	0,51	2,35	0,01	0,00
CV	2,0	54,8	33,39	69,56	51,58	35,14	34,93	56,71	35,14	0,00
Rio Coleta - 2										
Média	7,7	500,0	3,25	2,87	4,60	0,33	2,76	9,91	0,01	0,00
MAX	8,1	500,0	7,40	5,60	5,10	0,40	3,46	13,20	0,02	0,00
MIN	7,5	500,0	1,90	1,50	4,30	0,30	2,06	7,30	0,01	0,00
DP	0,2	0,0	2,05	1,55	0,33	0,05	0,59	2,33	0,01	0,00
CV	2,7	0,0	63,23	53,98	7,14	15,49	21,37	23,50	38,73	0,00
Rio Coleta - 3										
Média	7,9	1162,9	1,00	0,19	7,07	0,64	9,14	8,01	0,02	0,01
MAX	55,2	8140,0	7,00	1,30	49,50	4,50	63,96	56,10	0,15	0,06
MIN	7,3	520,0	0,60	0,10	2,20	0,20	3,72	3,00	0,01	0,00
DP	0,5	573,2	0,45	0,16	4,75	0,66	5,61	5,22	0,01	0,02
CV	6,3	49,3	45,46	84,73	67,16	102,34	61,37	65,17	73,26	264,58
Rio Coleta - 4										
Média	7,1	1202,3	2,13	0,43	6,63	0,20	5,61	6,67	0,02	0,00
MAX	7,8	2780,0	5,50	1,20	14,50	0,40	12,48	14,15	0,04	0,00
MIN	6,0	456,0	0,90	0,20	2,20	0,10	2,97	2,20	0,01	0,00
DP	0,6	907,4	1,63	0,36	5,25	0,10	3,43	5,05	0,01	0,00
CV	8,2	75,5	76,56	83,82	79,14	50,00	61,05	75,76	73,26	0,00

As características físico-químicas das águas utilizadas na irrigação no Perímetro Irrigado Cachoeira II coletadas na primeira amostragem, em junho de 2006, apresentaram variação principalmente nos valores de CE e teores de Na⁺ (Tabelas 1; 2 e 3). Essa variação na qualidade da água pode afetar a produção, como demonstrar Uyeda et al. (2005) em cultivo de melão na região de Mossoró, Rio Grande do Norte, utilizando águas de irrigação de diferentes classes.

No trecho do rio Pajeú e de seu afluente, o riacho Cachoeira, verificou-se comportamento hidroquímico bastante homogêneo, seja entre estações de mesma coleta, seja entre estações de coleta sob condições climáticas diferentes. Para o afluente, observou-se uniformidade entre as amostras coletadas em épocas diferentes em mesma estação, mas não houve homogeneidade nas características hidroquímicas entre as diferentes estações. Em geral, a concentração de sais no afluente é mais alta que no rio (Tabelas 1 e 3). Essas informações confirmam observações de Melo Júnior et al. (2003), que, em estudo realizado em um trecho do Rio Açu (RN) e em dois de seus efluentes, encontraram resultados e comportamentos semelhantes aos do rio Pajeú e riacho Cachoeira.

Na análise dos dados das águas dos poços (Tabela 2), observaram-se diferentes regiões homogêneas, cada uma com valores de salinidade e composição específica da água, o que confirma os dados encontrados por Medeiros et al. (2003), em estudo com águas de poços, visando caracterizar as águas subterrâneas utilizadas na irrigação na Chapada do Apodi (RN).

Outro fator importante em relação à salinização é a toxidez de íons específicos (principalmente sódio e o cloreto) contidos no solo ou na água, os quais, acumulados nas plantas

em concentrações suficientemente altas, podem causar danos e reduzir os rendimentos das culturas sensíveis.

Segundo Leprun (1983), a qualidade das águas superficiais no Nordeste brasileiro está diretamente relacionada, de um lado, à natureza do substrato local, especificamente à natureza da rocha e ao tipo de solo e, de outro, com o seu modo de jazimento, de modo que as águas dos lençóis são notadamente mais concentradas que as de superfície (rios, riachos e açudes). Nesta pesquisa, os valores de médias, máximos e mínimos encontrados (Tabelas 1; 2 e 3) mostram a variação média da concentração dos elementos (cátions e ânions), o que confirma relatos de Leprun (1983) de que o tipo de solo e subsolo é o principal fator para as variações de qualidade das águas dos riachos.

As águas de irrigação provenientes dos poços apresentam nítida diferença em suas características físico-químicas se comparadas àquelas provenientes do rio Pajeú e do riacho Cachoeira (Tabelas 1; 2 e 3). Essas águas apresentam maiores valores médios de CE, assim como maiores teores médios de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, HCO₃⁻, Cl⁻. O pH e os teores de CO₃²⁻ não apresentaram diferenças significativas entre as fontes de água. Acredita-se que exista relação entre a precipitação e a composição físico-química das águas utilizadas, como observado nas análises sequenciais ao longo do ano nas fontes de captação para irrigação.

Com base na classificação das águas para irrigação (Tabela 4), nota-se a variação na classificação das águas ao longo do ano, que podem ser classificadas como cloretadas sódicas. Esses sais também propiciam a corrosão excessiva dos equipamentos, aumentando os custos de manutenção e reparos, como observado por Ayers & Westcot (1999).

Tabela 4. Classificação das águas utilizadas para irrigação no Perímetro Irrigado Cachoeira II, no município de Serra Talhada, PE**Table 4.** Classification of the irrigation waters at Cachoeira II Irrigated Perimeter in the municipality of Serra Talhada, PE

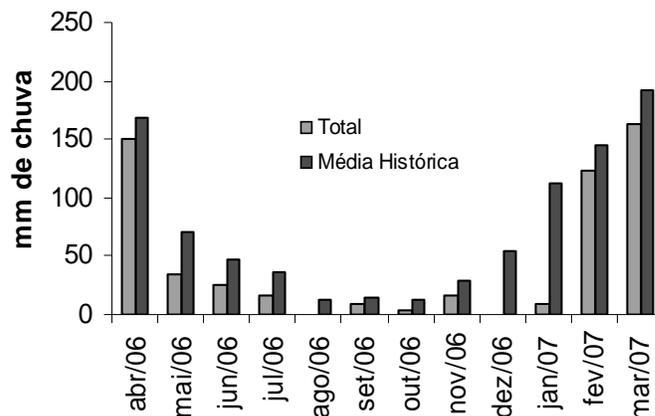
Local e Coleta	Classe	Local e Coleta	Classe	Local e Coleta	Classe
Riacho 1ª Coleta	C2S1	Poço 1ª Coleta	C3S1	Rio 1ª Coleta	C2S1
Riacho 2ª Coleta	C2S1	Poço 2ª Coleta	C3S1	Rio 2ª Coleta	C2S1
Riacho 3ª Coleta	C3S1	Poço 3ª Coleta	C3S2	Rio 3ª Coleta	C3S2
Riacho 4ª Coleta	C3S1	Poço 4ª Coleta	C4S3	Rio 4ª Coleta	C3S1

Os resultados referentes à variabilidade média das características físico-químicas das águas permitem enquadrá-las na classe C3, de alta salinidade (Tabela 4). Desse modo, não é recomendável para irrigar plantas sensíveis e em solos com drenagem deficiente. A Condutividade Elétrica da água de irrigação variou de 200 a 4.580 $\mu\text{S cm}^{-1}$ nas três fontes de captação e as quatro coletas (Tabelas 1, 2 e 3), que podem consideradas, segundo Califórnia University (1975), como águas de risco crescente de salinização. A condutividade elétrica representa uma medida da quantidade total de sais solúveis. Em princípio, todas as águas e os solos contêm sais e até mesmo quando as áreas utilizadas para irrigação apresentam reduzidas concentrações salinas, existe um potencial de salinização. Portanto, a prevenção da salinização é mais importante que as ações corretivas após sua constatação.

Acredita-se que a forma como um reservatório recebe suas águas pode influir na qualidade da água a ser utilizada. Se no período chuvoso o reservatório recebe água de escoamentos superficiais, a água represada provavelmente terá baixos teores salinos, enquanto, se ele recebe apenas água da drenagem natural do solo, após ter passado por camadas mais profundas de substrato, a situação se torna completamente diferente da anterior, com maior probabilidade de carreamento de sais e maior risco de salinização, conforme destacado por Molinier et al. (1989). Isso explica parte das variações dos dados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, bem como as informações verificadas por Ribeiro et al. (2005) de que a CE das águas varia com a época de amostragem e o tipo da fonte e solo do local.

A demanda evaporativa no semiárido nordestino atinge patamares médios anuais da ordem de 2.000 mm (DNOCS, 1999). Isso indica que, diariamente, são evaporados em torno de 6 mm de água, correspondentes a 500 mm ou 0,5 m em 3 meses, o que pode provocar, em áreas com manejo inadequado da irrigação, ascensão capilar e acumulação de sais na superfície, promovendo a degradação do solo e impossibilitando o cultivo de muitas espécies agrícolas.

A precipitação pluvial no Sertão de Pernambuco é bastante irregular, como pode ser observado pelos dados da precipitação mensal durante o ano em estudo, em confronto com a média histórica do município (Figura 1), o que auxilia assim no entendimento dos processos que promovem alterações na qualidade das águas. A precipitação ocorrida entre os meses de abril e dezembro de 2006 e nos primeiros três meses do ano de 2007 foi inferior à média histórica do município e pode ter influenciando a disponibilidade hídrica das reservas subterrâneas no perímetro, uma vez que as recargas anuais são irregulares e podem elevar ainda mais a concentração de sais nos poços.

**Figura 1.** Precipitação pluvial do município de Serra Talhada, ano base abril 2006 a março 2007, comparada com a média histórica. Fonte: ITEP/PE**Figure 1.** Annual rainfall in the municipality of Serra Talhada from April, 2006 to March, 2007, compared to the recorded average. Source: ITEP/PE

Houve variação natural dos valores de pH entre as quatro amostragens e as três diferentes fontes de água. Os maiores valores médios de pH (7,84) foram encontrados na segunda coleta para as águas do riacho (Figura 2A). As águas de poço também apresentaram o maior valor médio na segunda coleta (7,92) e, que para as águas do rio Pajeú, o maior valor médio de pH (7,8) ocorreu na terceira coleta. O menor valor médio de pH no riacho Cachoeira e no rio Pajeú foi obtido na quarta coleta, provavelmente em virtude das chuvas ocorridas nos primeiros meses de 2007 (Figura 1), que propiciaram fluxo mínimo de água no talvegue.

Os valores de pH da água de irrigação mantiveram-se dentro dos limites normais (6,5 a 8,4) estabelecidos por Ayers (1977), assim, não há necessidade de se investigar problemas afins. Todavia, de acordo com Nakayama (1982), não existe restrição para águas com pH abaixo de 7,0; há restrição moderada para águas com pH entre 7,0 e 8,0; e severa restrição para pH acima de 8,0, em relação à obstrução de emissores para irrigação localizada.

As águas dos poços foram as que apresentaram CE mais elevada em todas as coletas (Figura 2B), com maiores valores médios na quarta coleta (3.276,00 $\mu\text{S cm}^{-1}$), enquanto, nas águas do Rio Pajeú e do Riacho Cachoeira, as maiores concentrações médias de CE foram observadas na terceira coleta. Isto deve ter ocorrido em razão da elevada taxa de evaporação dos reservatórios e da constante utilização das águas, com conseqüente rebaixamento do volume e concentração dos sais. No caso dos poços, é provável que as primeiras chuvas tenham carregado parte dos sais solúveis do solo para o lençol freático, não reduzindo a salinidade das águas.

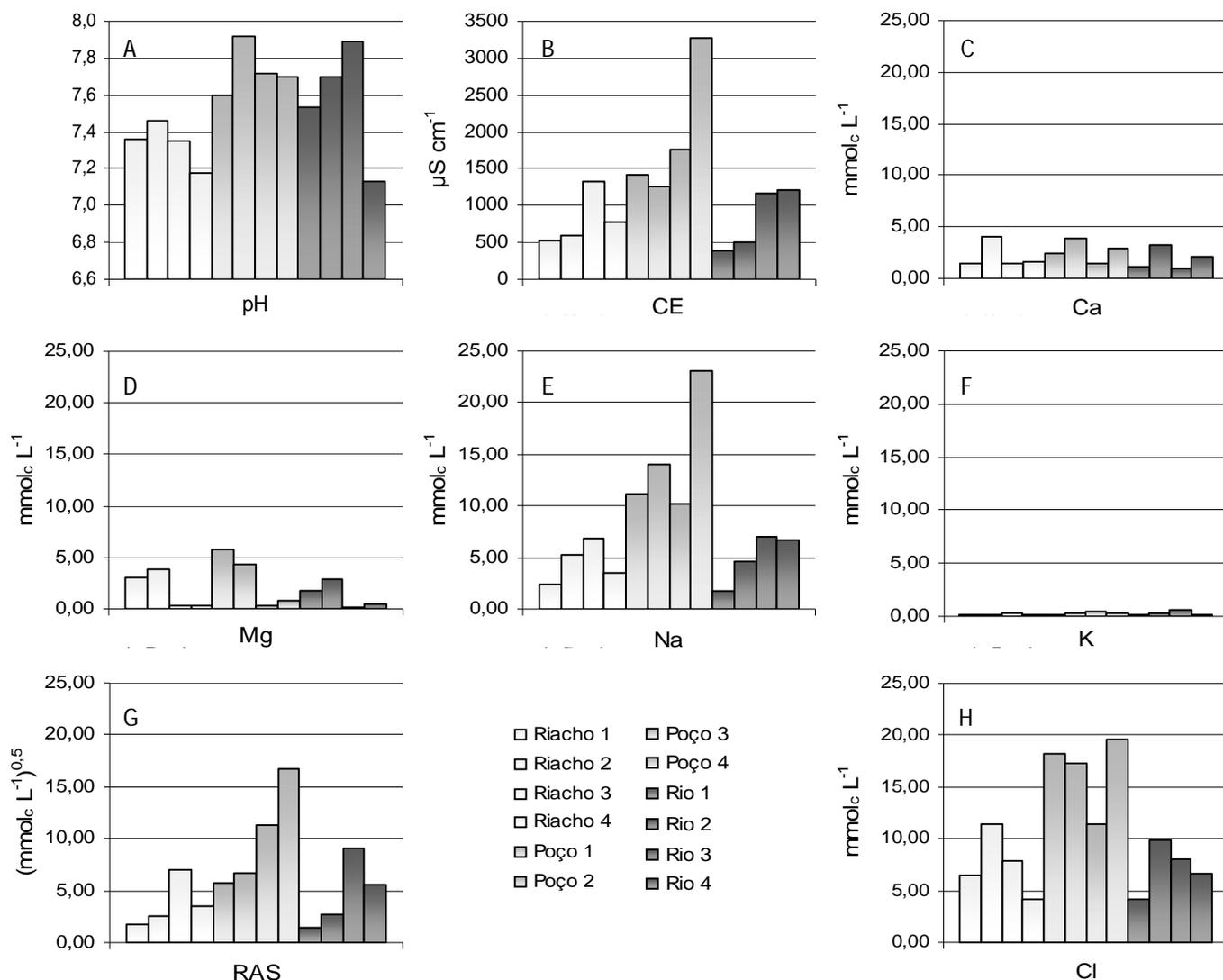


Figura 2. Valores médios das propriedades físico-químicas das águas utilizadas no perímetro irrigado Cachoeira II em Serra Talhada, PE, nas três fontes hídricas e quatro épocas de coleta.

Figure 2. Mean values of the physical and chemical properties of waters used in the irrigated perimeter Cachoeira II, in the municipality of Serra Talhada, PE, from the three water sources and four sampling times

Assim, a condutividade elétrica dessas águas encontra-se na faixa de risco para muitas culturas de valor econômico, conforme destacado por Campos (2001), em tomateiro, e por Gurgel (2001), em aceroleira. Esses autores concluíram que águas salinas com CE entre 0,5 e 5,5 dS m^{-1} prejudicam a germinação dessas espécies. Em cultura de mamona, Cavalcanti et al. (2005) verificaram que o estresse salino provocado pela água de condutividade elétrica de até 4,7 dS m^{-1} não influencia na porcentagem de germinação da mamoneira. Dessa forma, deve-se observar quais as culturas serão exploradas e quais as fontes de água serão utilizadas para que estas culturas não apresentem problemas futuros.

Os teores de Ca^{2+} (Figura 2C) apresentaram os maiores e menores valores médios na segunda e terceira coletas, respectivamente, para as fontes de água estudadas. Nas águas de poço, foram observados sempre os maiores teores de Ca^{2+} em todas as coletas. Para a variável Mg^{2+} (Figura 2D), os menores teores médios foram encontrados na terceira coleta

para as diferentes fontes de água. Entre as três fontes, as águas de poços foram as que apresentaram os maiores valores em todas as coletas, com teor máximo de 5,8 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de Mg^{2+} na primeira coleta. Os teores de Ca^{2+} encontrados superaram os limites preconizados por Ayers & Westcot (1999), de 2,0 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Para o Mg^{2+} , o máximo de 5,0 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ foi superado apenas na primeira coleta das águas de poços.

De acordo com Ayers & Westcot (1999), as plantas têm melhor desempenho quando há aumento da proporção de Ca^{2+} e decréscimo do Na^+ na água de irrigação. Como representado na Figura 2, ocorre o inverso (aumento da proporção de Na^+ e decréscimo do teor de Ca^{2+}). Esse fato é constatado na prática por agricultores, que observam que, nos meses mais secos do ano, quando essa proporção aumenta, as plantas não se desenvolvem.

O Na^+ foi o cátion dominante nas águas. As águas de poços se sobressaíram, especialmente na quarta coleta, com teor de 23,1 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ (Figura 2E). Ayers & Westcot (1999)

destacaram o limite de $3,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de Na^+ , referente à irrigação por aspersão, a partir da qual a toxidez passa a ser potencializada pelo aumento na absorção deste elemento via folhas.

Acredita-se que as chuvas do início do ano tenham ocasionado diminuição da concentração do elemento nas águas do rio e riacho e também lixiviado os sais solúveis, acumulando-os no lençol freático e sendo disponibilizadas nas águas dos poços. Em contrapartida, as concentrações de K^+ foram as menores em todas as amostragens e fontes hídricas avaliadas (Figura 2F).

A relação de adsorção de sódio (RAS), por refletir a proporção de Na^+ em relação aos cátions bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} , tem resultados aproximados aos de Na^+ (Figura 2E e 2G), com valores médios mais altos na terceira coleta para as águas do riacho e do rio, e na quarta, para as de poços, alcançando $(16,72 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1})^{0.5}$. Como a RAS é uma relação entre o teor de Na^+ e a raiz quadrada da soma dos valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , apenas o aumento de Na^+ não acarretaria RAS mais elevada, pois depende da concentração de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, mas reflete o risco de sodificação de solos irrigados com águas de elevados valores de RAS, pela potencialização de Na^+ em detrimento a Ca^{2+} e Mg^{2+} . Esse risco não pode ser avaliado apenas pela concentração de Na^+ presente na água, mas sim na observação da RAS. Além disso, outros fatores podem interferir no processo, como a concentração de ânions capazes de reagir com o Ca^{2+} , formando sais de baixa solubilidade, precipitando o Ca^{2+} e alterando a RAS.

Outro aspecto importante e que deve ser considerado é o fato de que, quanto maior a salinidade da água, menor o efeito dispersante do sódio, uma vez que os sais atuam no solo de maneira oposta ao sódio, ou seja, os sais presentes na solução do solo têm efeito floculante, aumentando a infiltração e reduzindo o risco de sodificação (Freire et al., 2003). Maia et al. (1999), trabalhando com recuperação de solos salino-sódicos no perímetro irrigado de Itans-Sabugi, no Rio Grande do Norte, também observaram este processo com relação à RAS.

Quanto ao Cl^- , observou-se que nenhuma das três fontes de água apresentou valores inferiores a $3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, limite definido por Ayers & Westcot (1999). O maior teor médio encontrado na quarta coleta de água nos poços correspondeu a $19,53 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Macêdo & Menino (1998), trabalhando com o monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande (PB), constataram que teores de Na^+ e Cl^- superiores a $3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ podem limitar a absorção de água pelos vegetais, através do xilema (seiva bruta) e do floema (seiva elaborada) de maneira sempre crescente, principalmente em virtude do tipo de sistema de irrigação utilizado (aspersão). Assim, é possível que as perdas de produtividade relacionadas pelos irrigantes do Perímetro Cachoeira II estejam, em parte, relacionadas a estes fatores.

Fernandes et al. (2005) constataram que o íon K^+ , proveniente do KCl utilizado como fertilizante na agricultura da Chapada do Apodi (CE), é facilmente assimilado pelo sistema solo-planta, enquanto o íon Cl^- , que é conservativo, é carregado para o aquífero, tornando-se fonte de salinização das águas. No perímetro em estudo, existem inúmeros cultivos de cebola para produção de semente nos quais se utilizam formulações de NPK, sem análise de solo, e isso se repete para todas as cul-

turas exploradas comercialmente, o que aparentemente pode estar contribuindo para esse elevado valor de Cl^- na água. Desta forma, somente com um sistema racional de aplicação de fertilizantes baseado em análise de solo, associado a monitoramento contínuo das águas do aquífero, seria possível evitar o aumento na salinização do perímetro.

As concentrações de CO_3^{2-} e HCO_3^- nas águas de irrigação também são importantes na avaliação do risco de sodificação do solo, visto que esses ânions, quando combinados com o elemento Ca^{2+} , formam o carbonato de cálcio, sal de baixa solubilidade (Yaron, 1973). Desta forma, a precipitação do carbonato de cálcio retira da solução parte do Ca^{2+} , interferindo na RAS. Entretanto, na área estudada, nenhuma das fontes de água apresentou restrição por estes íons quanto ao uso da água para irrigação, com valores de CO_3^{2-} inferiores a $0,1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Tabelas 1, 2 e 3).

Conforme destacado por Andrade Júnior et al. (2006), apenas águas com teores de CO_3^{2-} e de HCO_3^- superiores ao mencionado podem representar risco no uso em irrigação, pela precipitação do Ca^{2+} e Mg^{2+} , o que pode levar a obstrução ou mal funcionamento do sistema de irrigação. Dessa forma, as águas usadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II não apresentam restrição quanto aos teores de CO_3^{2-} e de HCO_3^- .

CONCLUSÕES

A água utilizada para irrigação no Perímetro Irrigado Cachoeira II apresenta risco de salinização e sodificação em determinada época do ano.

Há predominância de águas cloretadas sódicas, independentemente do nível de salinidade, dos pontos de coleta e das fontes de origem.

As águas dos poços apresentam os maiores valores de condutividade elétrica e os teores mais elevados de sais, o que indica maiores riscos ao seu uso em irrigação em todas as épocas de coleta.

Os teores de carbonato são inferiores a $0,1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, o que não representa restrição ao uso da água para irrigação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela ajuda financeira, à UFRPE, DNOCS e aos irrigantes, pela valiosa colaboração a esta pesquisa.

LITERATURA CITADA

- Andrade Júnior, A.S. de; Silva, E.F. de F.E; Bastos, E.A; Melo, F. de E.B.; Leal, C.M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.4, p.873-880, 2006.
- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura. Trad. H. R. Gheyri; J. F. Medeiros; F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).

- Ayers, R.S. Quality of water for irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage*, v.103, p.135-154, 1977.
- Bernstein, N.; Bar Tal, A.; Friedman, H.; Snir, P.; Rot, E.; Chazan, A.; Ioffe, M. Application of treated wastewater for cultivation of roses (*Roza hybrida*) in soil-less culture. *Scientia Horticulturae*, v. 108, p. 185-193, 2006.
- California University. Committee of Consultants. Guidelines for interpretation of quality of water for irrigation. Davis: California University, 1975. 13 p.
- Campos, C.A.B. Germinação, desenvolvimento e produção do tomateiro industrial, sob estresse salino. Campina Grande: UFPB, 2001. 144p. Dissertação Mestrado.
- Cavalcanti, M.L.F; Fernandes, P.D; Gheyi, H.R; Barros Júnior, G; Soares, F.A.L.; Siqueira, E. da C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.57-61, 2005.
- Departamento de Obras Contra as Secas - DNOCS. Estudos para avaliação da disponibilidade hídrica do Açude Público Cachoeira II – Município de Serra Talhada – PE. Relatório apresentado ao DNOCS em julho de 1999.
- Fernandes, M.A.B.; Santiago, M.M.F.; Gomes, D.F.; Mendes Filho, J.; Frischkorn, H.; Lima, J. O. G. de. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. *Águas Subterrâneas*, v. 19, n. 1, p. 25-34. 2005.
- Freire, M.B.G. dos S.; Ruiz, H.A.; Ribeiro, M.R.; Ferreira, P.A.; Alvarez, V.H.; Freire, J.F. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 1, 45-52, 2003.
- Gurgel, M.T. Produção de mudas de aceroleira sob diferentes condições de salinidade da água de irrigação. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 2001. 117p. Dissertação Mestrado.
- Leprun, J.C. Primeira Avaliação das Águas Superficiais do Nordeste: Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE-DRN, 1983, p. 91-141 (Convênio SUDENE/ORSTOM)
- Lima, P.A.; Montenegro, A.A.A.; Lira Júnior, M. de. A.; Santos, F.X.; Pedrosa, E.M.R. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.1, n.único, p.73-80, 2006.
- Macêdo, L. de S.; Menino, I.B. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, p.47-51, 1998.
- Maia, C.E; Morais, E.R.C. de; Oliveira, M. de. Uso de gesso de salina, cloreto de cálcio e húmus de minhocas combinado com manejo da água na recuperação de um solo salinosódico do Perímetro Irrigado do Itans-Sabugi, Rio Grande do Norte. *Revista Caatinga*, v. 12, p. 41-48, 1999.
- Medeiros, J.F. de; Lisboa, R. de A; Oliveira, M. de; Silva Júnior, M.J. da; Alves, L.P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.469-472, 2003
- Melo Júnior, G; Costa, C.E.F. de S; Cabral Neto, I. Avaliação hidroquímica e da qualidade das águas de um trecho do Rio Açú, Rio Grande do Norte. *Revista de Geologia*, v. 16, n. 2, p.27-36, 2003.
- Molinier, M; Audry, P; Desconnets, J.C.; Leprun, J.C. Dinâmica da Água e das Matérias num Ecossistema Representativo do Nordeste Brasileiro: Condições de Extrapolação Espacial à Escala Regional. Recife: ORSTOM, 1989.
- Nakayama, F. S. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. In: Pro. Irrigation Association Conference, Portland, Oregon, 1982.
- Ribeiro, G. M; Maia, C.E.; Medeiros, J.F. de. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.1, p.15-22, 2005.
- Richards, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory/United States Department of Agriculture, 1954. 160p. (Handbook 60).
- Santos, J.G.R. de A. Salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática. 1.ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 171 p.
- Uyeda, C.A; Gurgel, M.T; Gheyi, H.R; Oliveira, F.H.T. de; Fernandes, P.D. Produtividade de duas cultivares de meloeiro irrigado com água de alta e baixa salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.318-321, 2005.
- Yaron, B. Water suitability for irrigation. In: Yaron, E.; Danfors, E.; Vaadid, Y. (ed.). *Arid zone irrigation*. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.71-85. (Ecological Studies, 5).