

QUALIDADE DA ÁGUA EM BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO

Sylvana Melo dos Santos¹, Anderson Luiz Ribeiro de Paiva², Valdemir Ferreira da Silva³

RESUMO

A região semiárida de Pernambuco tem baixa intensidade pluviométrica e elevada evapotranspiração. Barragens subterrâneas possibilitam as práticas de agricultura familiar irrigada e criação de animais com finalidade de subsistência e comercial. Esta água, após constantes períodos de estiagem, pode apresentar elevada concentração de sais, reduzindo a produtividade das culturas, além de salinizar e sodificar o solo tornando-se imprópria para irrigação ou consumo animal. Nesse trabalho avaliou-se as características físico-químicas da água de uma barragem subterrânea e comparou-as com referências científicas. Investigou-se: condutividade elétrica da água e do extrato de solo, temperatura da água, pH, sólidos dissolvidos totais, salinidade, e sódio, cálcio, magnésio para determinação da Razão de Adsorção de Sódio. Desses resultados classificou-se a água como C4S1 (muito alto risco de salinidade e baixo risco de sodicidade), cujo uso na irrigação pode provocar redução de produtividade, acima de 25 e 50%, nas culturas de milho e feijão, respectivamente. Sobre o cultivo de outras culturas, identificou-se que a beterraba e o tomate podem ser utilizadas na região com perdas menores que outras culturas analisadas. Para dessedentação animal, esta água encontra-se dentro dos limites aceitáveis para as principais espécies criadas na região e boa qualidade para consumo bovino, principal renda da propriedade.

Palavras-chaves: salinidade, condutividade elétrica, agricultura, pecuária.

WATER QUALITY IN UNDERGROUND DAMS IN SEMI-ARID

ABSTRACT

Semi-arid region of Pernambuco has low intensity level of rainfall and high evapotranspiration rates. Underground dam makes possible the practice of family farming and irrigated livestock for commercial purposes. This water, after constant dry periods, can have a high concentration of

¹ Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Civil, Doutora em Engenharia Civil UFPE. Professora Associada na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901. Fone: (81) 2126-7216. E-mail: sylvana.santos@ufpe.br

² Professor Adjunto, UFPE - CTG, Recife-PE. E-mail: anderson.paiva@ufpe.br

³ Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, UFPE-CAA, Caruaru-PE. E-mail: valdemir-ferreira@hotmail.com

salts which can reduce crop yields, concentration of the salts and sodium in the soil besides becoming unfit for irrigation use or for consumption animal. In this work evaluated the physical-chemical characteristics of water from an underground dam as well as compares the values obtained with scientific references. We investigated: electrical conductivity of water and soil extract, temperature, pH, total dissolved solids, salinity, sodium, calcium and magnesium for sodium adsorption ratio determination. According to the results, the water was classified as class C4S1 (very high risk of salinity and low risk sodicity) that can lead to reduction of productivity, above 25 and 50%, in corn and beans respectively. About growing other crops, it was identified that the beets and tomatoes can be used in the region with smaller losses than other crops analyzed. For consumption animal, this water is within the acceptable limits for the main species created in the area as well was ranked good quality for beef consumption, which is the main income of the property.

Keywords: salinity, electrical conductivity, agriculture, livestock.

INTRODUÇÃO

No Brasil, as regiões semiáridas ocupam uma área aproximada de 969.589,4 km², o que corresponde a 60% do Nordeste. Cirilo (2008) destaca que as características climáticas e socioeconômicas destas regiões requerem tecnologias específicas de utilização e conservação dos recursos hídricos, em que é preciso analisar as alternativas de obtenção de água para usos diversos. Dentro dessa realidade, as comunidades rurais, em sua grande maioria, realizam a agricultura de sequeiro, sujeito à ocorrência de chuvas irregulares no tempo e no espaço.

De acordo com Melo et al. (2009), estudos realizados no Nordeste pernambucano apontaram que a tecnologia de captação de água da chuva, através de barragens subterrâneas (BS), é uma das alternativas viáveis para o fornecimento de água para consumo humano e animal e para a produção de alimentos nas comunidades rurais. De acordo com Onder e Yilmaz (2005), o conceito de armazenamento de água no subsolo é uma importante solução para o problema da escassez de água. Por outro lado, um estudo de Oliveira et al. (2007), em que foram monitoradas oito BS, no período chuvoso de novembro 2006 a março de 2007, empregando-se índices clássicos da literatura como condutividade elétrica (CE) e Razão de

Adsorção de Sódio (RAS), mostraram que duas delas tinha problemas de salinidade.

De acordo com Cirilo et al. (2003), a utilização de BS no Estado da Paraíba permitiu a colheita de até duas safras por ano, o que é incomum de acontecer em regiões semiáridas. Isso evidencia o quanto é importante intensificar a captação de água de chuva não só para reduzir os prejuízos por perdas de safra, como também, para elevar ainda mais a renda das comunidades rurais. De uma forma geral, as BS, muitas vezes, por si só, propiciam boa condição de cultivo em solos, mas, além disso, trazem outras vantagens como reduzida perda por evaporação da água acumulada e a não ocupação das superfícies de áreas agricultáveis.

Neste contexto, além das adversidades climáticas ambientais, susceptibilidade ao processo de desertificação e sistemas super explorados dos recursos naturais, a agricultura familiar é praticada de forma empírica, utilizando escassos recursos hídricos existentes de forma degradante. Segundo Cirilo et al. (2003), com a agricultura familiar, intensificam-se os processos de contaminação do solo e da água devido ao acúmulo de sais, excesso de nutrientes oriundos de fertilizantes e uso indiscriminado de defensivos agrícolas. Além disso, em regiões semiáridas a irrigação requer água na quantidade necessária para o desenvolvimento da planta, um fluxo adicional

QUALIDADE DA ÁGUA EM BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO
RESUMO

de água capaz de diluir/transportar os solutos no solo para evitar problemas ambientais.

Diante deste cenário é evidente a necessidade de estudos que gerem informações sobre o manejo adequado dos recursos hídricos e sua utilização, de forma a garantir a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva

mesmo em períodos de estiagem. Este trabalho contribui para o conhecimento sobre a qualidade da água de uma BS no período de estiagem. Avaliou-se as características físico-químicas da água de uma BS e comparou-se os resultados com referências científicas para investigar seu uso na irrigação e na dessedentação animal.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada no campo experimental instalado pelo Grupo de Recursos Hídricos da Universidade

Federal de Pernambuco, próximo à localidade de Mutuca (município de Pesqueira), Figura 1, zona fisiográfica do Agreste Pernambucano.



Fonte: Costa et al. (2010).

Figura 1. Localização do campo experimental.

Nessa região é praticada a agricultura familiar com espécies olerícolas de curto ciclo vegetativo (cenoura, beterraba, pimentão, repolho, cebola, tomate e milho). Para a irrigação, utilizam-se poços do tipo amazonas em aquífero aluvionar, que é a principal fonte hídrica da região. Até o ano de 1998, foram construídas, nessa região, dezenove BS cujas localizações foram definidas por critérios essencialmente geológicos, profundidades entre 3,8 e 10,0 metros e comprimentos entre 30,0 a 110,0 metros.

Nesta pesquisa foi investigada uma BS, do modelo de Costa e Melo (LIMA et al., 2013), com escavação em trincheira retilínea

perpendicular à direção de escoamento da água, sendo a contenção do fluxo realizada por um septo impermeável, coberto com lona plástica, e apoiada mais superficialmente a montante e em jusante por pedras sem rejunte, possibilitando o escoamento superficial da água.

A área de estudo possui clima semiárido muito quente tipo estepe com precipitações e temperaturas médias anuais de 790 mm e 27°C, sujeita a chuvas torrenciais e acentuada irregularidade no regime pluviométrico. O período chuvoso tem quatro a cinco meses de duração, com chuvas mais intensas de maio a julho, sendo os meses de setembro a dezembro os mais secos do ano. Na área de estudo

observou-se uma precipitação acumulada, no período analisado, de 11 mm. Sobre a evapotranspiração local, Silva et al. (2011) obtiveram o valor médio de 55 mm/mês com séries históricas de no mínimo 20 anos.

A BS estudada é a Cafundó II, com solo tipo litólico, vegetação característica de caatinga e barramento com dimensões de 4,4 m de profundidade por 36,0 m de comprimento, com alcance médio de montante de 1.800 m. A bacia hidráulica da BS é coberta em sua maioria por gramíneas endêmicas ou implantadas para alimentação animal. Ao lado do barramento de lona há uma área de cultivo com cerca de 1,0 hectare em que foram desenvolvidos cultivos sucessivos de beterraba, tomate, repolho, cebola, cenoura e milho. Na propriedade onde encontra-se a BS há uma pequena criação de animais (aves, equinos e bovinos). As aves não são comercializadas, servem apenas para o consumo próprio de ovos e carne, os equinos são usados no transporte e nas atividades de campo, e o gado para o comércio de leite.

Nesta BS existem três poços amazonas com o seguinte uso da água: poço 1 para dessedentação animal (in loco); poço 2 para o consumo doméstico, para dessedentação animal e, principalmente, para o cultivo irrigado; poço 3, com sistema de bombeamento, para suprimento das necessidades do proprietário da terra. Estes poços estão distanciados aproximadamente há 15, 30 e 45 metros de distância do barramento da barragem (a montante), respectivamente.

O método de irrigação utilizado é o de aspersão convencional e quando necessário se usa algum método artesanal como regadores manuais e mangueiras. Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos do website do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que mantém um sistema de informações de dados ambientais atualizados em tempo real, com Plataformas de Coleta de Dados implantadas em várias localidades, inclusive em Pesqueira.

Para caracterização do solo, foram coletadas amostras de cinco pontos sobre a área de cultivo (área amostral de 30 m x 50 m) da

bacia hidráulica da BS. Na seleção do equipamento para a retirada das amostras de solo considerou as recomendações de Byrnes (1994 apud CETESB, 1999). As amostras obtidas foram compostas e proporcionaram uma estimativa da média da população formada pelas “n” subamostras que a compõe (USEPA, 1989 apud CETESB, 1999). Em todos os pontos foram coletadas amostras de solo em três profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm), escolhidas em função da profundidade de enraizamento das culturas.

Na caracterização da água, alguns parâmetros foram determinados in loco e outros em laboratório. Para isso empregou-se uma sonda da marca HANNA modelo HI9828 para determinação de temperatura, pH, CE, sólidos dissolvidos totais (SDT) e salinidade, ao longo de seis meses. As coletas mensais foram obtidas sempre entre 11 e 12 h do dia, nas seguintes datas: 23/10/2012 (coleta 1), 22/11/2012 (coleta 2), 19/12/2012 (coleta 3), 24/01/2013 (coleta 4), 28/02/2013 (coleta 5), 03/04/2013 (coleta 6). Sobre os valores de pH, Barros et al. (1999 apud PAULA et al., 2005) afirmam que os valores deste parâmetro entre 6,9 a 7,4 favorecem a formação de bicarbonatos, fazendo com que as águas de irrigação se tornem alcalinas. A faixa de normalidade encontra-se entre 6,5 e 8,4 (AYERS e WESTCOT, 1991 apud PAULA et al., 2005).

Visando a identificação da água para fins agrícolas, determinou-se a CE e a RAS. De acordo com Delvio et al. (2006), a água que apresenta elevados valores de CE quando associada ao método de irrigação por aspersão, pode provocar leves queimaduras das folhas em culturas mais sensíveis aos sais. Este parâmetro não determina, especificamente, quais os íons estão presentes em determinada amostra de água, mas segundo Zuin et al. (2009), pode ser um indicador importante de possíveis fontes poluidoras. De acordo com Souza et al. (2013), para avaliação de solos afetados por sais, o conhecimento da composição da fase líquida, comumente denominada solução do solo, é de fundamental importância.

**QUALIDADE DA ÁGUA EM BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO
RESUMO**

Segundo Dias et al. (2004) e Fia et al. (2005), a quantificação da CE do extrato de saturação (CEe) tem sido a técnica mais usada e referenciada na literatura para caracterizar as condições de salinidade do solo sendo esta a forma em que se expressa a tolerância de diferentes culturas ao efeito da salinidade. Mori et al. (2011) destacam que a irrigação, até mesmo com águas sem riscos para a agricultura pode elevar o caráter salino do solo. Nunes et al. (2012) observaram um aumento de mais de 300% na salinidade do solo quando irrigado com água de maior CE em comparação ao resultado obtido com o uso de água não salina. A resposta da salinidade é função também das interações ambientais relacionadas com umidade relativa, temperatura, radiação e poluição do ar (MAGGIO et al., 2009). A classificação da água para fins de irrigação em função da CE é dividida em quatro classes de salinidade: C1 (baixa: < 0,25 dS/m), C2 (média: 0,25 – 0,75 dS/m), C3 (alta: 0,75 – 2,25 dS/m) e C4 (muito alta: > 2,25 dS/m) (RICHARDS, 1954).

As amostras de água foram analisadas em laboratório, tendo sido determinado: cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^+) e CE. Na dureza total empregou-se o método titulométrico do EDTA-Na (ABNT, 1992), com a separação dos íons Ca^{++} e Mg^{++} e uso de corante. O sódio foi determinado com fotômetro de chama e na CE foram preparadas soluções de solo na proporção de 1:2,5, com leitura do teor direta no sobrenadante das amostras com uso de condutivímetro digital da marca WTW, modelo 315i. Com a concentração de Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ , determinou-se o índice RAS, cuja classificação é dividida em quatro classes conforme o teor de sódio: S1(baixo), S2 (médio), S3 (alto) e S4 (muito alto). A avaliação do perigo de salinidade e de sodicidade baseia-se nos valores de RAS e de CE. Os resultados de pH, CE, SDT e RAS foram comparados às recomendações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (ALMEIDA, 2010).

No comportamento estatístico dos dados foi utilizado o teste de Tukey para testar a diferença entre duas médias de tratamento, sendo aplicado quando o teste “F” para tratamentos da análise de variância for significativo. As diferenças significativas são especificadas pela atribuição de letras diferentes (minúsculas para o agrupamento estatístico entre poços e maiúsculas, entre coletas) dos grupos comparados. Este teste de comparação de média é um dos mais utilizados, por ser bastante rigoroso e de fácil aplicação, e tem como base a DMS (diferença mínima significativa). Com o software SAEG – Sistema de Análises Estatísticas (UFV, 2007), da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais), realizou-se análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, assumindo 5% de probabilidade de erro.

Com relação ao uso da água para dessedentação animal, devido à ausência de um padrão de classificação universal que atenda à diversidade das espécies de animais, variedade de raças, tamanho, sexo, e combine estas características com às especificidades climáticas, considerou-se os limites de Laraque (1991 apud COSTA e CIRILO, 2010) e Logan (1965 apud COSTA e CIRILO, 2010) para comparação com os valores de SDT obtidos. Laraque (1991 apud COSTA e CIRILO, 2010) propôs os seguintes limites de SDT para a água destinada à dessedentação animal: aves – 2.860 mg/L, suínos – 4.220 mg/L, equinos – 6.435 mg/L, bovino (corte) – 7.180 mg/L, bovino (leite) – 10.000 mg/L, ovinos – 12.900 mg/L. Logan (1965 apud COSTA e CIRILO, 2010) apresentou limites de SDT para classificação da qualidade da água para dessedentação de bovinos (corte e leite), que foram: boa < 2.500 mg/L; satisfatória de 2.501 a 3.500 mg/L; baixa de 3.501 a 4.500 mg/L; e insatisfatória > 4.500 mg/L.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados obtidos em campo

No período de estudo ocorreram precipitações nos meses de novembro e dezembro, que segundo informações do INPE totalizaram 11 mm. Os montantes acumulados mensalmente para os 30, 60 e 90 dias anteriores foram: 21 mm (julho/2012); 15 mm (agosto/2012); e 3 mm (setembro/2012). Considerando a média anual de evapotranspiração potencial informada por Varejão-Silva et al. (1984 apud SILVA et al., 2012), de 1.480 mm, conclui-se que os volumes precipitados provavelmente não devem ter sido suficientes para superar este valor de evapotranspiração potencial, evidenciando um possível déficit hídrico para o período estudado e sugerindo a ocorrência de recarga deficiente das barragens para o período estudado.

Sobre os níveis d'água nos poços, primeiramente observou-se que a BS encontrava-se próxima de sua capacidade total de armazenamento, ou seja, o nível d'água estava próximo ao nível superior do septo impermeável, sendo que, após o barramento (jusante), o solo estava completamente seco. Ao longo do período estudado, o nível d'água nos poços monitorados reduziu drasticamente, isto pode estar associado: aos baixos volumes precipitados no período, às perdas por evapotranspiração e aos grandes bombeamentos diários realizados para irrigação das culturas locais, atividades domésticas e dessedentação animal. Constatou-se que não era realizado nenhum procedimento de cálculo por parte dos moradores para avaliação da quantidade de água necessária à cultura.

Com relação aos parâmetros de qualidade d'água, os valores médios obtidos diretamente com a sonda em cada coleta para cada poço no período estudado, bem como os resultados estatísticos das comparações de médias entre poços e entre coletas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade estão apresentados na Tabela 1.

Pelos parâmetros determinados em campo, destaca-se o poço 2, único com água suficiente para uso da sonda em todas as coletas. Os maiores valores extremos (máximo e mínimo) foram observados no poço 1, em que havia exposição total do espelho d'água sem nenhum tipo de proteção (tampa ou vegetação). Além disso, o poço 1 apresentou temperatura média da água de 30,3°C, mais de dois graus Celsius acima dos demais poços. Os valores mínimos de temperatura dos poços 2 e 3 estiveram próximos e podem estar relacionados com a existência de sombreamento resultante de vegetações próximas. Por outro lado, a existência de proteção (tampa) no poço 2 pode ter influenciado no valor máximo de temperatura observado neste que foi superior ao observado no poço 3 que não conta com este tipo de proteção. Em todas as coletas os menores valores de CE foram observados no poço 2 e isto pode estar associado ao seu uso intenso (consumo doméstico, dessedentação animal e irrigação do cultivo), que resulta na renovação da água no seu interior, na redução da concentração de sais e conseqüentemente na redução nos valores de CE.

Tabela 1. Dados obtidos de cada coleta e resultados do teste de Tukey.

Poço	Coleta 1 23/10/2012	Coleta 2 22/11/2012	Coleta 3 19/12/2012	Coleta 4 24/01/2013	Coleta 5 28/02/2013	Coleta 6 03/04/2013	MC
Temperatura (°C)							
1	31,6	31,6	28,1	30,3	*	*	30,3 a
2	25,5	26,4	26,6	26,9	28,9	31,1	27,5 c
3	*	*	26,5	27,2	29,8	28,7	28,0 b
MP	28,5 C	29,0 B	27,0 D	28,1 C	29,3 B	29,9 A	
pH							

QUALIDADE DA ÁGUA EM BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO
RESUMO

1	7,49	6,96	7,41	7,06	*	*	7,23 a
2	6,83	6,76	6,58	6,43	6,64	7,20	6,73 b
3	*	*	6,77	6,23	6,44	6,46	6,47 c
MP	7,16 A	6,86 BC	6,92 B	6,57 D	6,54 D	6,83 C	
CE (dS/m)							
1	5,11	3,26	3,21	3,39	*	*	3,74 a
2	2,39	2,96	2,96	3,12	3,20	3,40	3,01 c
3	*	*	3,29	3,52	3,33	3,51	3,41 b
MP	3,75 A	3,11 C	3,15 BC	3,34 BC	3,26 BC	3,45 B	
SDT (mg/L)							
1	2.553,5	1.628,4	1.606,8	1.693,0	*	*	1.870,4 a
2	1.193,7	1.481,8	1.478,5	1.559,6	1.602,5	1.701,9	1.503,0 c
3	*	*	1.646,3	1.759,2	1.664,3	1.756,4	1.706,6 b
MP	1.873,6 A	1.555,1 C	1.577,2 CB	1.670,6 CB	1.633,4 CB	1.729,15 B	
Salinidade (PSU)							
1	2,71	1,68	1,67	1,78	*	*	1,96 a
2	1,23	1,54	1,55	1,62	1,67	1,79	1,57 c
3	*	*	1,72	1,84	1,69	1,83	1,77 b
MP	1,97 A	1,61 C	1,65 C	1,74 BC	1,68 BC	1,81 B	
RAS							
1	1,64	1,38	1,66	1,49	*	*	1,54
2	1,38	1,51	1,49	1,59	1,56	1,70	1,53
3	*	*	1,67	1,68	1,66	1,66	1,66
MP	1,51	1,44	1,60	1,58	1,61	1,68	

* = Quantidade de água insuficiente para realizar medição com sonda | MC = média das coletas | MP = média dos poços | Letras iguais não diferem entre si estatisticamente a 5% de probabilidade.

No que se refere à amplitude (diferença entre o valor máximo e o mínimo), observou-se que a maior ocorreu para o poço 2 no caso dos parâmetros temperatura (5,6°C) e pH (0,77), sendo que os valores observados nos poços 1 e 3 se mantiveram próximos. Diferentemente do observado para temperatura e pH, entretanto, a maior amplitude dos parâmetros CE (1,90 dS/m), SDT (946,7 mg/L) e salinidade (1,04 PSU), ocorreu no poço 1, enquanto que a amplitude na salinidade dos poços 2 e 3 se mantiveram próximos.

Analisando-se o comportamento dos parâmetros com o tempo, ao longo do período de estiagem, observou-se a elevação nos valores obtidos do poço 2 para temperatura, CE, SDT e salinidade (que tem relação direta com os teores de SDT e de CE), Tabela 1. Os cenários observados para a cobertura e entorno de cada

poço parecem contribuir para a variação da temperatura da água no interior do mesmo. Com relação aos SDT, este comportamento apenas não foi observado para a coleta 3, por outro lado, considerando-se que águas que apresentam elevado teor de SDT podem levar para o solo grande quantidade de sais via irrigação.

Sobre a qualidade da água na agricultura, todas as amostras coletadas apresentaram valores de pH que atendem ao limite informado por Almeida (2010), de 6,0 a 8,5, não sendo capazes de gerar desequilíbrio nutricional às plantas a curto prazo. Complementarmente, segundo o autor, a CE é o parâmetro amplamente utilizado para determinar a potencialidade da água de salinizar um solo, devido, principalmente à facilidade de sua determinação. Considerando o limite apresentado pela EMBRAPA (2010) de 3 dS/m,

em apenas 21% das coletas, ou seja, nas três primeiras coletas do poço 2, no início da estiagem, este valor não foi ultrapassado. Diante disto, pode-se concluir que, ao longo do período de estiagem, mesmo com uso intenso do poço (favorecendo a renovação da água) houve risco de altas concentrações de sais, e consequente ocorrência do efeito osmótico e diminuição das produtividades dos cultivos. Como, dentre os três poços analisados, o poço 2 é o mais importante quando se considera a potencialidade de uso para irrigação (maior capacidade de produção), a discussão sobre seus teores no contexto da irrigação é pertinente para o cenário real, em que toda a irrigação é realizada a partir dele. No caso de SDT, exceto pela primeira amostra coletada do poço 1, as demais apresentaram valores que atendem ao limite informado por Almeida (2010), de 2.000 mg/L não sendo capazes de gerar desequilíbrio nutricional às plantas a curto prazo.

No que se refere à classificação da água para fins de irrigação em função da CE proposta por Richards (1954), todas as amostras indicaram que a água desta BS é de “muito alta salinidade”, ou seja, com $CE > 2,25$ dS/m (classe C4). Assim sendo, não se recomenda o uso da água rotineiramente para irrigação, porém pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, devendo-se observar as seguintes características: solos permeáveis, drenagem adequada, aplicação de água em excesso favorecendo a lixiviação de sais e, emprego de culturas altamente tolerantes aos sais.

Resultados do teste de Tukey

Com a realização do teste de Tukey identificou-se a ocorrência de diferença nos valores médios entre os poços referente aos parâmetros investigados (temperatura, pH, CE, SDT e salinidade) ao nível de significância de 5%. Não foram identificadas diferenças significativas entre as coletas 1 e 4 e entre as coletas 2 e 5 quando foram analisados os dados de temperatura; entre as coletas 2 e 3, entre as

coletas 2 e 6 e entre as coletas 4 e 5 quando os dados de pH foram analisados; e entre as coletas 2, 3, 4, 5 e 6 para os dados de CE, SDT e salinidade, indicando que estes últimos parâmetros tiveram um comportamento estável. Diferenças significativas foram observadas entre as coletas 3 e 6 quando se analisou temperatura, e na coleta 1 em relação às demais quando foram analisados os dados de pH, CE, SDT e salinidade.

Razão de Adsorção de Sódio

No que se refere à classificação da água para fins de irrigação em função da CE e do RAS, todas as amostras indicaram que a água desta BS é de “muito alta salinidade” e de “baixo conteúdo de sódio”, ou seja, com teor de $2.250 \leq CE \leq 5.000$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C e $RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE$ (classe C4S1). De acordo com a interpretação apresentada por Almeida (2010), nestas condições a água se apresenta, no que se refere à salinidade, em uma classe que não é apropriada para irrigação sob condições ordinárias, porém pode ser usada ocasionalmente em circunstâncias muito especiais, conforme condições de permeabilidade, drenagem, aplicação de água e cultivo recomendadas para a classificação como de “muito alta salinidade”, quando se considera apenas CE.

Sobre o conteúdo de sódio, o autor afirma que nestas condições, esta água pode ser usada para a irrigação na maioria dos solos com pouca probabilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável, sendo que cultivos sensíveis, como fruteiras, podem acumular quantidades prejudiciais de sódio. Para uso mais específico da água na irrigação, no âmbito das recomendações da EMBRAPA (ALMEIDA, 2010), além da redução nos parâmetros listados que não atendem às recomendações da referida publicação, é preciso analisar: sódio, cálcio e magnésio, amônia, cloreto, fosfato, nitrato, bicarbonatos, boro, carbonatos, potássio, e sulfato.

QUALIDADE DA ÁGUA EM BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO
RESUMO

Proposição de uso da água

Considerando-se os valores de CE obtidos e os valores apresentados por Ayers e Westcot (1991), Tabela 2, construiu-se a Tabela 3. Dentre as culturas analisadas, a beterraba é a que apresenta capacidade adaptativa que garante, nas condições observadas nesta pesquisa, perda de produtividade máxima de 10% e em apenas uma das coletas realizadas (a primeira do poço 1).

Os teores de sais dissolvidos que conferem à água os valores de CE determinados nas outras coletas realizadas dos três poços estão na faixa de tolerância da beterraba (< 4,7 dS/m) para que não ocorra nenhuma perda de produtividade. Complementarmente, Cordeiro et al. (1999) constataram que a utilização de água salina com níveis de 4 dS/m a 8dS/m não comprometeram a produtividade de beterraba, demonstrando alta tolerância à salinidade.

Tabela 2. Limites de perda de produtividade definidos por Ayers e Westcot (1991).

Cultura	Perda de produtividade para teores de CE				
	0%	10%	25%	50%	> 50%
Beterraba	< 4,7	< 5,8	< 7,55	< 10,0	> 10,0
Cebola	< 0,8	< 1,2	< 1,8	< 2,9	> 2,9
Cenoura	< 0,7	< 1,1	< 1,9	< 3,1	> 3,1
Feijão	< 0,7	< 1,0	< 1,5	< 2,4	> 2,4
Milho	< 1,1	< 1,7	< 2,5	< 3,9	> 3,9
Repolho	< 1,2	< 1,9	< 2,9	< 4,6	> 4,6
Tomate	< 1,7	< 2,3	< 3,4	< 5,0	> 5,0

Tabela 3. Perda de produtividade para teores de CE conforme Ayers e Westcot (1991).

NP	Col.	CE (dS/m)	Perda de produtividade para CE (dS/m)						
			Beterraba	Cebola	Cenoura	Feijão	Milho	Repolho	Tomate
1	1	5,11	10%	> 50%	> 50%	> 50%	> 50%	> 50%	> 50%
	2	3,26	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
	3	3,21	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
	4	3,39	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
	5	*	-	-	-	-	-	-	-
	6	*	-	-	-	-	-	-	-
2	1	2,39	-	50%	50%	50%	25%	25%	25%
	2	2,96	-	> 50%	50%	> 50%	50%	50%	25%
	3	2,96	-	> 50%	50%	> 50%	50%	50%	25%
	4	3,12	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
	5	3,20	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
	6	3,40	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
3	1	*	-	-	-	-	-	-	-
	2	*	-	-	-	-	-	-	-
	3	3,29	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
	4	3,52	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	50%
	5	3,33	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	25%
	6	3,51	-	> 50%	> 50%	> 50%	50%	50%	50%

Conversão: 1 deci-Siemen/meter (dS/m) = 1 mmhos/cm.

NP = número do poço | Col. = coleta.

Os maiores percentuais de perdas de produtividade foram observados nas culturas de cebola, cenoura e feijão, implicando na perda de produtividade igual ou maior que 50%. Da análise dos cultivos de milho e repolho não foram obtidos bons percentuais. Exceto pela água da coleta 1 do poço 1, que indicou perda superior a 50%, e da coleta 1 do poço 2, que indicou perda da ordem de 25%, as demais coletas indicaram perda da ordem de 50%.

O plantio de tomate, apesar de não apresentar percentuais de perdas tão bons quanto o cultivo de beterraba, exceto pela água da coleta 1 do poço 1, que indicou perda superior a 50%, e pela água das coletas 4 e 6 do poço 3, que indicou perda da ordem de 50%, nas demais coletas a perda não ultrapassa 25%. Portanto, no cenário estudado, em períodos de estiagem ou de baixos índices pluviométricos, os agricultores familiares devem optar por culturas mais tolerantes a elevados níveis de sais, como é o caso da beterraba e do tomate. Nos períodos chuvosos, os agricultores podem variar suas culturas e considerar também como reais possibilidades, sem perdas (ou com poucas perdas) de produtividade, o cultivo de milho e repolho. Por outro lado, os cultivos de cebola, cenoura e feijão devem ser evitados em períodos de estiagem por serem bastante susceptíveis aos sais.

Da comparação com os limites estabelecidos por Laraque (1991 apud COSTA e CIRILO, 2010), pode-se observar que em todas as coletas dos três poços a água apresenta níveis de SDT adequados à dessedentação animal de todas as categorias consideradas: aves, suínos, equinos, bovinos (corte e leite) e ovinos. Quando a comparação é realizada considerando-se os limites estabelecidos por Logan (1965 apud COSTA e CIRILO, 2010) exclusivamente para a dessedentação de gado, apenas o valor de SDT determinado na primeira coleta do poço 1 não se enquadrava como boa, ultrapassando o limite estabelecido para esta categoria que é de 2.500,0 mg/L, e, apesar de alto (2.553,5 mg/L) pode ser considerada ainda como satisfatório (de 2.501,0 a 3.500,0 mg/L).

CONCLUSÕES

A água da barragem subterrânea estudada foi classificada como de muito alto risco de salinidade e baixo risco de sodicidade e seu uso para irrigação é aceitável apenas em situações especiais desde que os solos possuam drenagem adequada.

Sobre a possibilidade de cultivo de outras culturas: a beterraba e o tomate podem ser utilizadas na região com perdas de produtividades menores que outras culturas analisadas, como cebola, cenoura, repolho. O feijão e a cebola devem ser evitados no período seco, do contrário o risco de prejuízo da lavoura pode ultrapassar a 50%.

Na dessedentação animal, a água da BS encontra-se, não apenas, dentro dos limites aceitáveis de SDT para as principais espécies criadas na região como também foi classificada como de boa qualidade para consumo bovino, que é a principal renda da propriedade.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de de Mestrado Acadêmico concedida ao terceiro autor.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.621 – Águas – Determinação da dureza total – Método titulométrico do EDTA-Na.** 4 p., setembro de 1992.
- ALMEIDA, O. A.. **Qualidade da água de irrigação.** Dados eletrônicos, Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010, 228 p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W.. **A qualidade da água na agricultura.** Trad. H. R. Gheyi, J. F. Medeiros & F. A. V. Damasco. Campina Grande, UFPB, 1991.

QUALIDADE DA ÁGUA EM BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO
RESUMO

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Seção 630 – Procedimentos de amostragem do solo**. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas, 44p., 1999. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/manual-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/7-manual-de-gerenciamento-das--acs>> , acessado em 12 de dezembro de 2013.

CIRILO, J. A.. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados**, 22 (63), p. 61 – 82, 2008.

CIRILO, J. A.; ABREU, G. F. H.; COSTA, M. R.. Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semiárido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 8 (4), p. 5-24, 2003.

CORDEIRO, G. G.; RESENDE, G. M.; PEREIRA, J. R.; COSTA, N. D.. Utilização de água salina e condicionador de solo na produção de beterraba no semi-árido brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 17 (1), p. 39-41, março 1999.

COSTA, M. R.; CIRILO, J. A.. Análise do potencial de uso das águas subterrâneas nas bacias da região semiárida do estado de Pernambuco. XVI Cong. Bras. de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, São Luís – MA: **Anais...**, p. 13., 2010.

DELVIO, S.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R.. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação, **Engenharia Agrícola**, 26 (1), p.45-57, 2006.

DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; SILVA, F. V.; BARROS, A. D.. Evolução da salinidade em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.2/3, p.240-246, 2004.

FIA, R.; ANJOS, P. P.; MATOS, A. T.; EUSTÁQUIO JUNIOR, V.. Estimativa da CEEs a partir da CE1:2,5 em solo fertirrigado com água residuária da lavagem e descascamento dos frutos do cafeeiro. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Guarapari, **Anais...**, v.1, p.257-258, 2005.

LIMA, A. O.; DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, M.; SANTOS, J. E. J.; REGO, P. R. A.; LIMA-FILHO, F. P.. Barragens Subterrâneas no Semiárido Brasileiro: Análise Histórica e Metodologias de Construção. **Irriga**, 18 (2), p. 200-211, 2013.

MELO, R. F.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; ANJOS, J. B.. Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão caupi em barragem subterrânea. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4 (2), p. 1264-1267, 2009.

MAGGIO, A.; QUAGLIETTA CHIARANDÀ, F.; CEFARIELLO, R.; FAGNANO, M.. Responses to ozone pollution of alfalfa exposed to increasing salinity levels. **Environmental Pollution**, 157, p. 1445-1452, 2009.

MORI, M.; DI MOLA, I.; QUAGLIETTA CHIARANDÀ, F.. Salt stress and transplant time in snap bean: growth and productive behavior. **International Journal of Plant Production**, 5(1),p.49-64,2011.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M.; GHEYI, H. R.. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16 (11), p.1152–1158, 2012.

OLIVEIRA, A. K. C.; SILVA, M. S. L.; MENDONÇA, C. E. S.; FERREIRA, G. B.;

- CHAVES, V. C.; SILVA, D. J.. Avaliação qualitativa da água de barragens subterrâneas no semi-árido nordestino brasileiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2 (2), p. 1402-1404, 2007.
- ONDER, H.; YILMAZ, M.. A Tool of Sustainable Development and Management of Groundwater Resources. **European Water**, 11/12, p. 35-45, 2005.
- PAULA, V.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.. Qualidade de água usada na agricultura urbana na cidade do Recife. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, Suplemento, p.123-127, 2005.
- RICHARDS, L.A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory. Agriculture Handbook, 60, p. 160, 1954.
- SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; SILVA, E. F. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, A. P. N.. Análise Espaço-Temporal da Evapotranspiração de Referência sob Diferentes Regimes de Precipitações em Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 135-142, abr.-jun., 2011.
- SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C.; OLIVEIRA, L. M. M.; GALVÍNCIO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do Semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 47 (9), p.1218-1226, 2012.
- SOUZA, E. R.; MELO, H. F.; ALMEIDA, B. G.; MELO, D. V. M.. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17 (5), p.510-517, 2013.
- UFV – Universidade Federal de Viçosa. **SAEG - Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C.; MATHEUS, C. E. O.. Emprego de Parâmetros Físicos e Químicos para Avaliação da Qualidade de Águas Naturais. **Química Nova na Escola**, 31 (1), 2009.