

AVALIAÇÃO DA SAZONALIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO PERÍMETRO IRRIGADO SENADOR NILO COELHO EM PETROLINA PARA AGRICULTURA

Lademir Boareto*

Paula Tereza Silva**

Emerson Santos***

Eden Albuquerque****

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água dos canais do perímetro irrigado Senador Nilo Coelho para uso na agricultura. As coletas foram realizadas em 12 pontos ao longo do canal principal e secundários, durante o período seco do ano de 2013 e chuvoso em 2014. As análises realizadas foram pH, condutividade elétrica, sódio, sólidos totais dissolvidos, dureza, cálcio, magnésio, ferro, turbidez, cloreto, sulfato, bicarbonato, coliformes totais e fecais. Identificou-se certa limitação em relação aos valores de pH e Fe, em relação à conservação dos equipamentos de irrigação, pois poderá acarretar incrustação no sistema de irrigação. Constatou-se ainda que os baixos níveis de condutividade elétrica da água, observados durante o período de estudo, podem causar possíveis problemas de adensamento do solo e, conseqüentemente, dificuldade de infiltração da água. Em relação às análises de coliformes totais e fecais, detectou-se a presença em todos os pontos de coleta nas quatro campanhas, com isso necessitam de uma maior atenção para a irrigação das hortaliças, pois são vegetais consumidos crus. Em relação aos critérios de salinidade e sodicidade, a água em toda extensão do canal de irrigação nos períodos seco e chuvoso é de boa qualidade para fins de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura; Qualidade da água; Sazonalidade.

* Engenheiro Agrônomo do Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil.

** Embrapa Semiárido, Brasil. E-mail: paula.silva@embrapa.br

*** Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil.

**** PLONUS Soluções em Engenharia e Meio Ambiente

EVALUATION OF SEASONALITY OF WATER QUALITY OF THE IRRIGATED PERIMETER SENADOR NILO COELHO IN PETROLINA FOR AGRICULTURE

ABSTRACT: Water quality from the canals of the irrigated perimeter Senador Nilo Coelho for agricultural use is evaluated. Collection was undertaken at 12 sites along the main and secondary canals during the dry period in 2013 and during the rainy period in 2014. Analyses comprised pH, electrical conductivity, sodium, total dissolved solids, hardness, calcium, magnesium, iron, turbidity, chlorate, sulfate, bicarbonate, total and fecal coliforms. There was a certain limitation with regard to pH and Fe with regard to the conservation of irrigation equipments since they may rust due to the irrigation system. Electrical conductivity of water was detected during the experimental period and it may cause heavy soil density and, consequently, difficulty in water infiltration. Fecal and total coliforms were detected at all sites during the four collections. Care should be taken in the irrigation of vegetables since they are eaten raw. In the case of salinity and sodicity, water was good for irrigation throughout the irrigation canal during the dry and rainy period.

KEY WORDS: Agriculture; Water quality; Seasonality.

INTRODUÇÃO

O uso da água na agricultura merece destaque, principalmente para o aumento da produção agrícola. Além da quantidade da água, a qualidade é importante, pois essas águas utilizadas na agricultura são oriundas de rios, córregos, lagos ou poços adjacentes às hortas que podem ter contribuição principalmente de lançamento de esgotos domésticos e altas concentrações de sais dissolvidos (ARAUJO *et al.*, 2015; DECOL *et al.*, 2017). Isso poderá acarretar problemas no solo, na cultura, no manejo de irrigação e também como veículo para contaminação da população, no momento em que ocorre a ingestão dos alimentos que receberam a água contaminada (OLIVEIRA, 2005; DECOL *et al.*, 2017).

Segundo Cavalcante (2000), a qualidade da água para agricultura é definida em relação às características químicas, características físicas e características microbiológicas. Os indicadores químicos e físicos são pH, Fe total, magnésio e cálcio,

dureza, sódio, potássio, cloretos, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos e condutividade elétrica e indicadores microbiológicos, coliformes totais e fecais (ALMEIDA, 2010).

Em algumas regiões do Brasil, o fornecimento de água para agricultura é suprido pelos perímetros de irrigação, que além do uso na agricultura é utilizado no abastecimento da população. Os perímetros de irrigação apresentam geralmente agrovilas com saneamento deficiente e são locais com grande probabilidade de casos de doenças de causa hídrica. Diante disso, a qualidade da água se constitui em um aspecto muito relevante na agricultura irrigada, porque ela não só afeta a características do sistema de irrigação e os atributos do solo, como a qualidade dos vegetais produzidos e a saúde dos irrigantes e consumidores (ARAUJO *et al.*, 2015; DECOL *et al.*, 2017). Na região semiárida, problemas ambientais de salinização e sodificação são cada vez mais recorrentes (ALMEIDA, 2010).

Considerando a importância dos estudos de qualidade das águas utilizadas na agricultura, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água para fins de irrigação do canal do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho em Petrolina (PE), a fim de prever possíveis riscos de danos ao sistema de irrigação, toxidez para as plantas, salinização, sodificação, infiltração do solo e contaminação fecal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o estudo no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, que está localizado no Polo Petrolina/Juazeiro. O perímetro se estende desde o município de Casa Nova (Norte do Estado da Bahia) até o município de Petrolina (Sudoeste do Estado de Pernambuco) no Nordeste do Brasil.

Para a coleta de água, foram selecionados e georreferenciados 12 pontos de amostragem, de modo a abranger toda a extensão dos 60 km do canal principal além dos canais secundários (Figura 1).

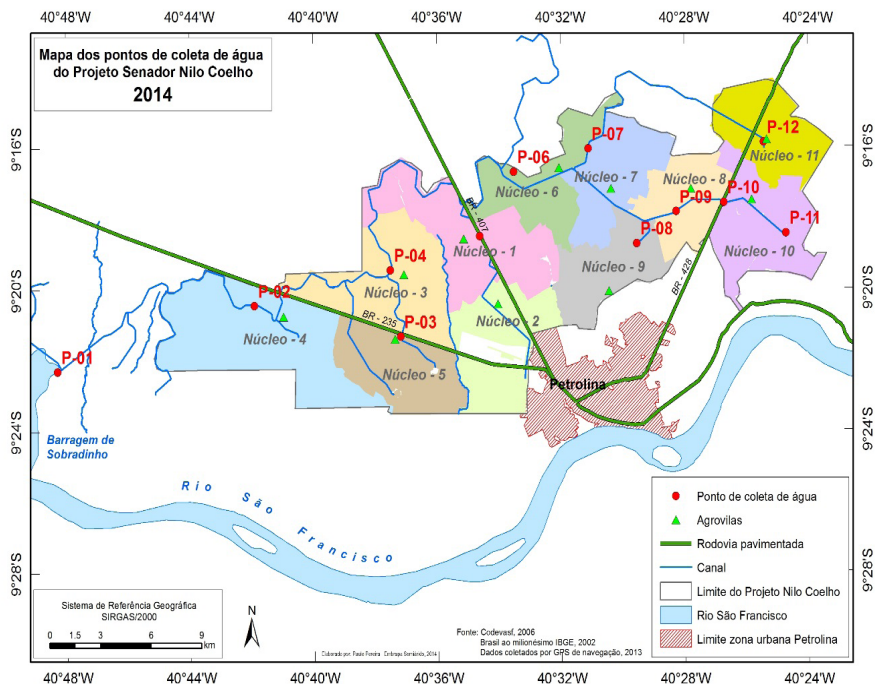


Figura 1. Pontos de coleta de água ao longo dos canais do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho

O trabalho consistiu em duas coletas por ponto durante o período seco (agosto e outubro de 2013) e o período chuvoso (janeiro e março de 2014). As coletas foram realizadas segundo o Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: Solo, Água e Sedimento (FILIZOLA, 2006). A Figura 2 apresenta as médias mensais de precipitação na região durante os períodos do estudo.

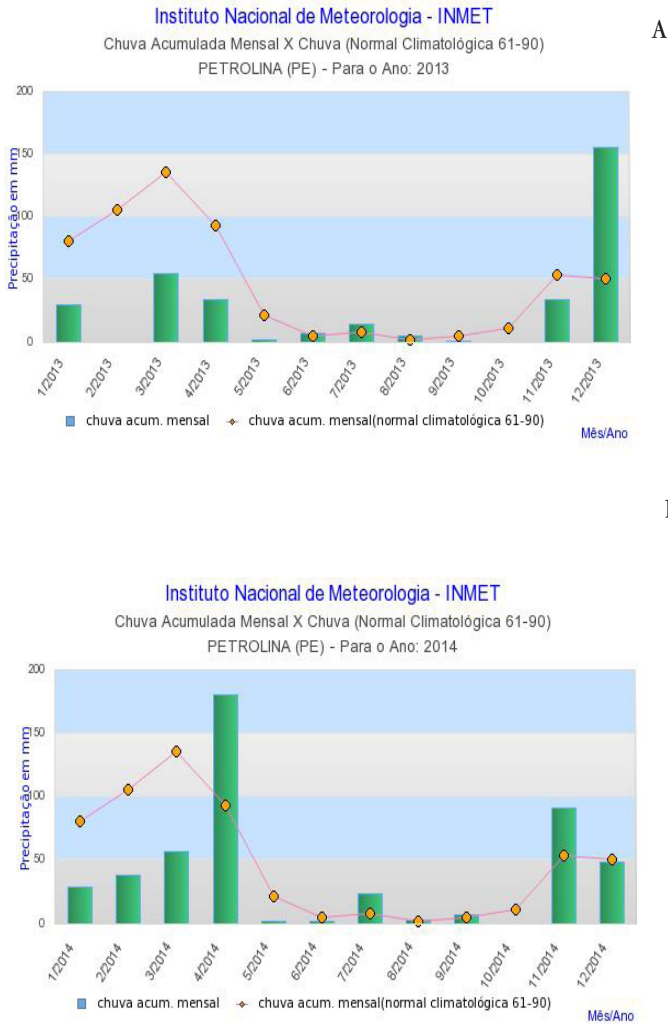


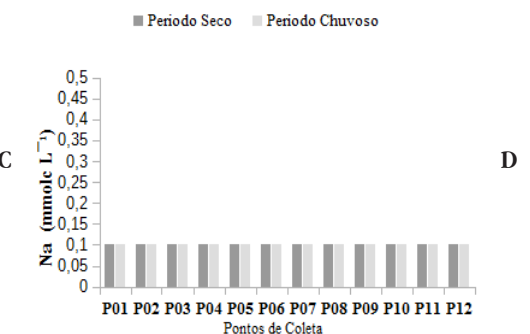
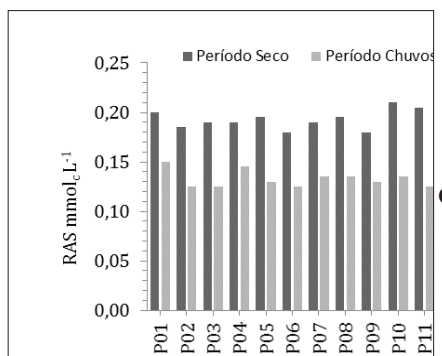
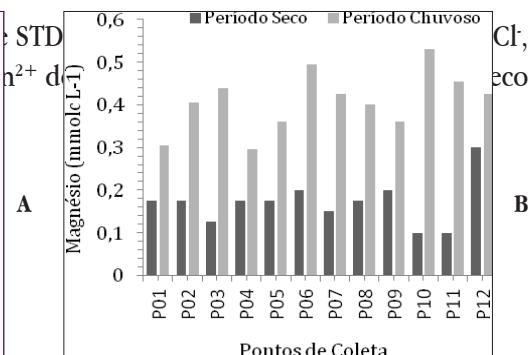
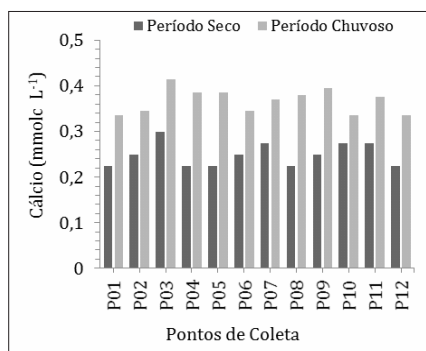
Figura 2. Gráficos de precipitação mensal em Petrolina (PE) nos anos 2013 e 2014 com a média histórica.

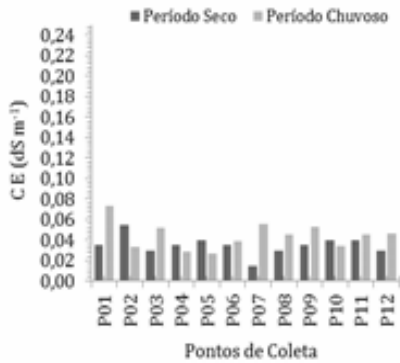
As análises de pH, temperatura (T), condutividade elétrica (CE), turbidez e sólidos dissolvidos totais (STD) foram realizadas por meio de uma sonda multiparamétrica, marca Horiba modelo U 53. As demais variáveis (teores de Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Sódio (Na^+), cloreto (Cl), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), dureza (CO_3^{2-}), Ferro (Fe^{+2}), Manganês (Mn^{+2}) e coliforme total e fecal)

foram realizadas segundo a metodologia do *Standard Methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2012).

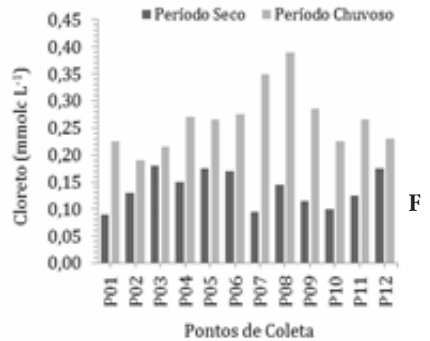
Para avaliar a classificação da água para fins de irrigação, foram utilizados os dados de Razão de Adsorção de Sódio (RAS), obtidos a partir dos valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ , seguindo a metodologia recomendada por Ayers e Westcot (1994). A classificação da água foi obtida pelo diagrama de Richards (1954), através dos parâmetros da RAS e a CE.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

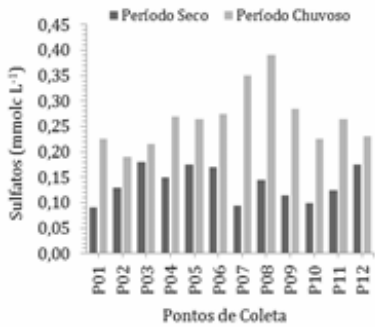




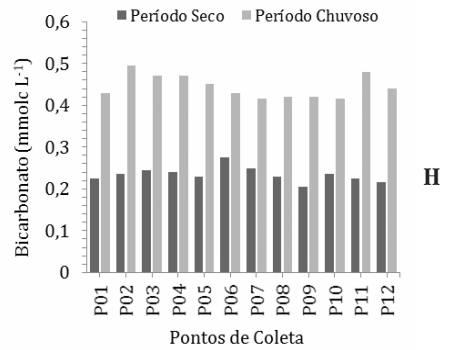
E



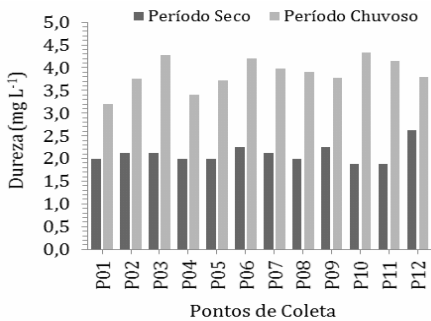
F



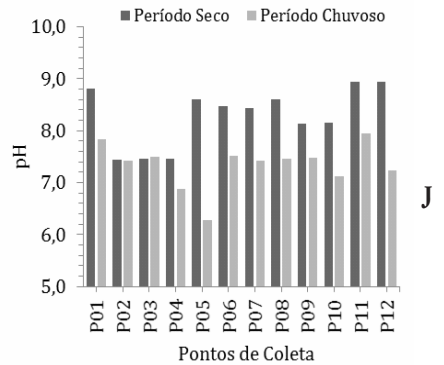
G



H



I



J

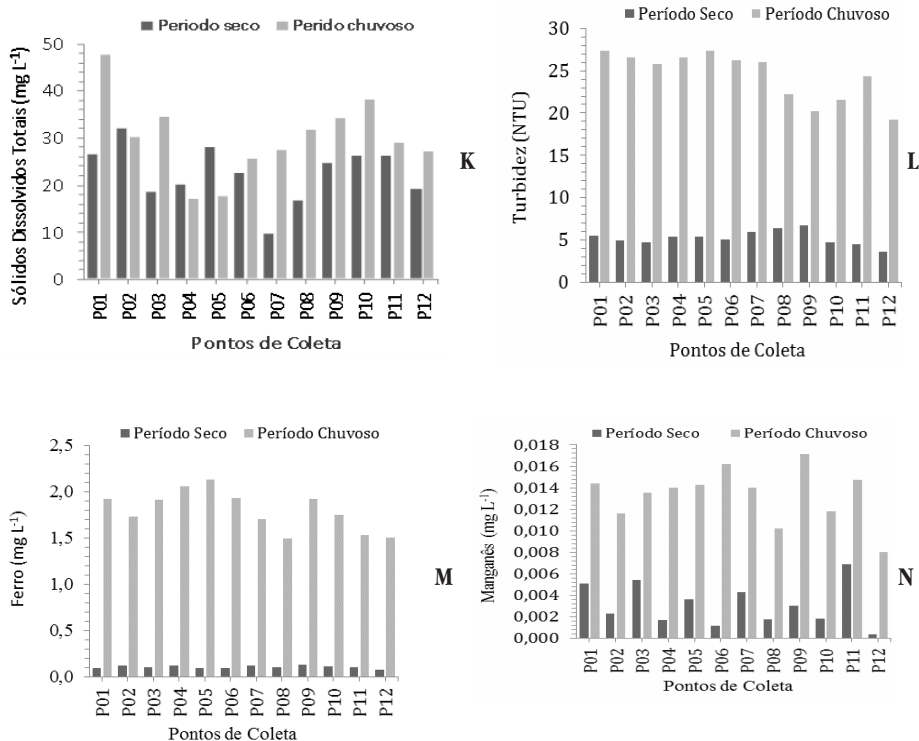


Figura 3. Valores médios de concentração das variáveis estudadas: Cálcio (A), Magnésio (B), RAS (C), Na (D), CE (E), Cloreto (F), Sulfatos (G), Bicarbonatos (H), Dureza (I), pH (J), STD (K), Turbidez (L), Ferro (M), Manganês (N), por ponto de amostragem, no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, ano 2013/2014.

As concentrações médias de cálcio e magnésio (Figura 3A e 3B) para os períodos chuvoso e seco estiveram abaixo de $5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, portanto, sem representação de risco para o sistema de irrigação segundo Ayres e Westcot (1994).

Em relação aos valores de RAS, este estudo apresentou valores baixos (Figura 3C). Conforme Richards (1954), uma água utilizada para fins de irrigação que apresente valores de RAS inferiores a 10 não oferece risco de sodificação ao solo. Assim, pode-se considerar que a água coletada em todos os pontos é de ótima qualidade em relação ao risco de sodificação.

Em relação às concentrações de sódio (Figura 3D), observaram-se valores constantes de $0,10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ em todos os pontos de coleta durante os dois períodos (seco e chuvoso). Os valores se enquadram dentro dos limites recomendados por Ayers e Westcot (1994), que citam como segura a faixa até $3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de sódio para que não haja restrição de uso da água para irrigação. Resultados semelhantes de sódio foram observados por Silva *et al.* (2013), em alguns pontos da Barragem de Sobradinho durante o período chuvoso. Concentrações superiores foram encontradas em estudos de Barroso *et al.* (2011) no município de Jucá (CE), onde relataram teores de sódio na água que variaram de $0,62 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ a $2,46 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Fernández *et al.* (2013), estudando água de canal de irrigação no México, encontraram um valor médio de sódio na água de $3,30 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, classificando a água estudada como tóxica aos vegetais, segundo Ayers e Westcot (1994).

Os valores de condutividade elétrica estão apresentados na Figura 3E. Todas as leituras encontradas foram inferiores a $0,08 \text{ dS m}^{-1}$. Segundo Richards (1954), valores abaixo de $0,25 \text{ dS m}^{-1}$ são considerados excelentes para irrigação em relação ao problema de salinização do solo. Lopes *et al.* (2014), em seu estudo no reservatório de Orós no Nordeste do Brasil, concluíram que as águas deste reservatório, quando utilizadas na agricultura irrigada, não apresentam risco de acumulação de sódio e condutividade elétrica preocupante, uma vez que encontraram valores de $1,04 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $0,19 \text{ dS m}^{-1}$ para sódio e condutividade elétrica, respectivamente. De acordo com o diagrama de Richards (1954), que classifica as águas para fins de irrigação, utilizando os dados de RAS e Condutividade Elétrica, a água estudada neste trabalho foi classificada como C1S1 (baixo risco de salinização e baixa concentração de sódio). Segundo Almeida (2010), essa classificação indica que essa água é de boa qualidade para a irrigação, podendo ser usada na maioria dos solos com nenhum perigo de salinização e baixo risco de sodificação. Essa mesma classificação foi encontrada por Silva *et al.* (2013), quando estudaram águas do Lago de Sobradinho, área próxima ao local desse estudo. Barroso *et al.* (2011) encontraram valores médios de CE de $0,39 \text{ dS m}^{-1}$ e RAS de 2,08, que classificaram as águas superficiais da região Centro Sul do Estado do Ceará em C3S1 (médio risco de salinização e baixa concentração de sódio).

Os valores de CE encontrados neste estudo não representam risco em relação ao problema de salinização do solo, pois há a predominância absoluta de teores

inferiores a $0,20 \text{ dS m}^{-1}$. Entretanto existe preocupação, pois essa condutividade demonstra que esta água apresenta sérias restrições de uso em relação a problemas de infiltração (AYERS; WESTCOT, 1994). Problemas de infiltração são provocados pela solubilização dos sais do solo, especialmente o Ca^+ , que atua na estruturação do solo, e a dispersão de argilas, que, aliada ao baixo potencial osmótico da solução, flui mais facilmente entre os microporos e entre as plaquetas de argila, provocando a desagregação do solo. Em decorrência disso, o adensamento na camada superficial de alguns tipos de solo resulta em problemas de infiltração (EI-MORSY *et al.*, 1991; OSTER, 1994; OLIVEIRA; MAIA, 1998; WARRENCE *et al.*, 2004). Pesquisas realizadas por Souza *et al.* (2001) mostraram dispersão de argila com possível entupimento de poros do solo em área irrigada por micro aspersores na região do Vale do São Francisco, possivelmente devido à baixa condutividade elétrica da água. Amaral *et al.* (2013), também comparando a dinâmica de solos da caatinga e de área irrigada, demonstraram preocupação em relação à dispersão de argilas do solo irrigado, pode ter sido em decorrência da baixa condutividade elétrica da água de irrigação. Pesquisa realizada por Almeida *et al.* (2009) comprova a influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila. Os mesmos autores estudando três latossolos verificaram maior dispersão de argilas quando as amostras apresentavam condutividade elétrica mais baixa. Segundo Knupp e Ferreira (2011), problemas de infiltração acarretam na perda de eficiência na aplicação da água e que pode ser diretamente relacionada a diversos outros fatores como clima, fatores biológicos, teores de matéria orgânica do solo, granulometria do solo e, especialmente, o fator antrópico. Esses autores complementam ainda que estudos específicos sobre o comportamento dos solos em relação à qualidade da água devem ser feitos em qualquer corpo d'água utilizado para fins de irrigação a fim de apontar qual a melhor forma de manejo desta água para que não venham a acontecer problemas ao meio ambiente.

Os valores de cloreto encontrados (Figura 3F) neste estudo demonstram aumento da concentração na época das chuvas com média $0,35 \text{ mmol L}^{-1}$ e de $0,25 \text{ mmol L}^{-1}$ no período seco. Segundo Pimenta *et al.* (2009), a alteração nos níveis de Cl^- pode ser provocada pelas águas das chuvas, que provocam o carreamento de fertilizantes e insumos agrícolas utilizados nas atividades agropastoris. De acordo com Dantas *et al.* (2013), valores de cloreto, assim como de sódio, merecem

grande atenção, uma vez que são considerados os íons mais propensos a causarem problemas de toxidez às plantas sensíveis a sais. Porém, mesmo com o acréscimo dos teores de cloreto no período chuvoso, os valores máximos não se aproximam de $3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, teor que, segundo Almeida (2010), começa a oferecer riscos de toxidez na maioria das plantas cultivadas. Wrublack *et al.* (2013), estudando a qualidade de água para irrigação em Salto do Lontra (PR), encontraram valor máximo de Cl de $1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e Barroso *et al.* (2011), estudando as áreas da região Centro Sul no Estado do Ceará, relataram valores médios de $2,90 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$.

As concentrações médias mais elevadas de sulfatos variaram entre $0,18 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $0,39 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ nos períodos seco e chuvoso, respectivamente (Figura 3G). Conclui-se, portanto, que a água no canal não apresenta risco para irrigação nos períodos estudados de acordo com a classificação de Ayers e Westcot (1994), que definem a restrição de uso a partir de $8,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de SO_4^{2-} .

No que tange aos valores de bicarbonatos, as maiores concentrações encontradas foram de $0,27 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ no período seco e $0,49 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ no período chuvoso (Figura 3H). Esses valores apontam para uma água sem risco para fins de irrigação em relação a este elemento, que segundo Ayers e Westcot (1994), apenas valores superiores a $1,50 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de HCO_3^- são preocupantes. A água estudada foi classificada como mole quanto a dureza (CaCO_3) nos dois períodos avaliados (Figura 3I). Com isso, a água foi considerada sem restrição para irrigação por Ayers e Westcot (1994), uma vez que apresentou valores inferiores a 20 mg L^{-1} .

Ao contrário da maioria dos parâmetros analisados, os valores médios do pH na estação seca foram superiores àqueles registrados na estação chuvosa (Figura 3J). Ainda assim, as medições de pH estão dentro do limite estabelecido pela CONAMA 357/2005 para água de irrigação, que estabelece limites de valores entre 6,0 a 9,0. Segundo Bucci e Oliveira (2014), o pH em águas doces se mantém próximo da neutralidade, pelo sistema, baseado nas concentrações de carbonato e bicarbonato na água. Os valores mais elevados de pH durante o período seco podem ser explicados pelos baixos teores de sais que colaboram para reduzir o poder tampão da água e permitir as variações no pH. A água com pH elevado pode levar à precipitação de alguns sais, provocando danos no sistema de irrigação (CHAPMAN; KIMSTACH, 1996; ANTAS; MORAES, 2011). A queda dos valores no período de chuvas pode ser explicada pela maior concentração de matéria orgânica de vegetais

e minerais que são carreados pelas águas das chuvas (LOPES; MAGALHÃES, 2010).

Os teores de sólidos dissolvidos totais apresentaram valores médios de até 6,71 mg L⁻¹ no período seco, aumentando até o valor médio máximo de 27,35 mg L⁻¹ na época chuvosa (Figura 3K). Esses valores estão muito abaixo dos limites máximos estabelecidos por Ayers e Westcot (1994), que é de 500 mg L⁻¹ para sólidos dissolvidos totais em águas para fins de irrigação.

Os valores obtidos de turbidez foram baixos (Figura 3L), mantendo-se sempre abaixo de 100 NTU, valor limite para turbidez segundo a Resolução CONAMA 357/2005. Os dados apresentaram grande oscilação entre os períodos seco e chuvoso, ficando a média no período de chuva quase cinco vezes maior que no período seco. Ribeiro *et al.* (2005) e Silva *et al.* (2013), igualmente encontraram valores baixos em seus estudos em águas utilizadas para irrigação. De acordo com Celligoi (1999), a maior turbidez em épocas de chuva é ocasionada pelo carreamento de material para o corpo hídrico, dentre eles argilas, silte e partículas orgânicas coloidais que ajudam a contribuir com a menor transparência da água.

O valor médio máximo encontrado para ferro no período seco foi de 0,11 mg L⁻¹ e 2,13 mg L⁻¹ no período das chuvas (Figura 3M). Segundo Almeida (2010), valores até 5,0 mg L⁻¹ não são considerados tóxicos para as plantas, portanto nesse trabalho o teor de Fe encontrado é adequado para não causar toxicidade às plantas. No entanto, a concentração de Fe acima de 0,5 mg L⁻¹ pode obstruir as tubulações do sistema de irrigação, principalmente o sistema por gotejo (HERNANDEZ; PETINARI, 1998), sendo preocupante pois os teores de Fe encontrados para todos os pontos foram acima de 0,5 mg L⁻¹, merecendo atenção em relação ao sistema de irrigação selecionado. Observou-se, também neste trabalho, que os valores de ferro foram muito superiores no período chuvoso (2,13 mg L⁻¹) em relação à época seca (0,11 mg L⁻¹), esse fato pode estar ligado às características dos solos encontrados ao longo do canal. Segundo Franco e Hernandez (2009), solos argilosos, que naturalmente possuem maior teor de ferro, ao se depararem com as águas da chuva têm este elemento carreado, tornando os níveis na água mais elevados. Os mesmos autores encontraram valores semelhantes a este trabalho, chegando a aproximadamente 2,0 mg L⁻¹ de ferro em águas da micro bacia do Coqueiro em São Paulo, onde predominam-se os solos argilosos, caracterizando essas águas em não tóxicas para plantas e prejudiciais ao sistema de irrigação.

As concentrações de manganês alcançaram valores de 0,007 mg L⁻¹ e 0,09 mg L⁻¹ nos períodos secos e chuvosos, respectivamente (Figura 3N). De acordo com Bucks *et al.* (1979), valores abaixo de 0,10 mg L⁻¹ não são prejudiciais ao sistema de irrigação. Tebaldo *et al.* (2013) encontraram concentração de até 1,07 mg L⁻¹ de manganês estudando as águas do córrego Jurubatuba em Anápolis (GO), quando sugeriram baixo risco ao sistema de irrigação.

Para avaliar a diferença de sazonalidade e os indicadores que mais influenciaram a qualidade da água, foi realizada também a análise de Componentes Principais (Figura 4A e 4B). Observou-se que a primeira e a segunda componentes principais explicaram, respectivamente, 70,2% e 13,9% da variância total dos dados, concentrando em apenas duas dimensões cerca de 84,1% das informações antes diluídas em 11 dimensões (número de variáveis analisadas). As variáveis que mais se aproximaram do eixo X e, portanto, representam a componente 1, foram os minerais encontrados (Figura 4B, círculo) através das variáveis e seus respectivos pesos fatoriais: Fe (0,98), HCO₃⁻ (0,96), Turbidez (0,96), Ca²⁺ (0,93), Mg²⁺ (0,87), Mn²⁺ (0,85), SO₄²⁻ (0,84), Cl⁻ (0,83), no quadrante negativo e pH (0,72) no quadrante positivo. A componente 2 foi representada principalmente pela Condutividade Elétrica (0,79) e Sólidos Dissolvidos Totais (0,80), uma vez que se encontraram mais próximos ao eixo Y. As Figuras 4A e 4B demonstram as forças inversas entre o pH com os minerais, quando uma pequena presença de sais colaborava com o pouco poder tampão, fazendo com que o pH se mantenha alto no período seco. No período chuvoso, a concentração dos sais aumentou e o pH diminuiu fazendo com que as variáveis fiquem em quadrantes opostos. Na Figura 4A, observa-se também a diferença dos dois períodos de coleta, o período chuvoso (c) e seco (s) separados nos quadrantes, confirmando diferenças significativas nas médias entre os dois períodos.

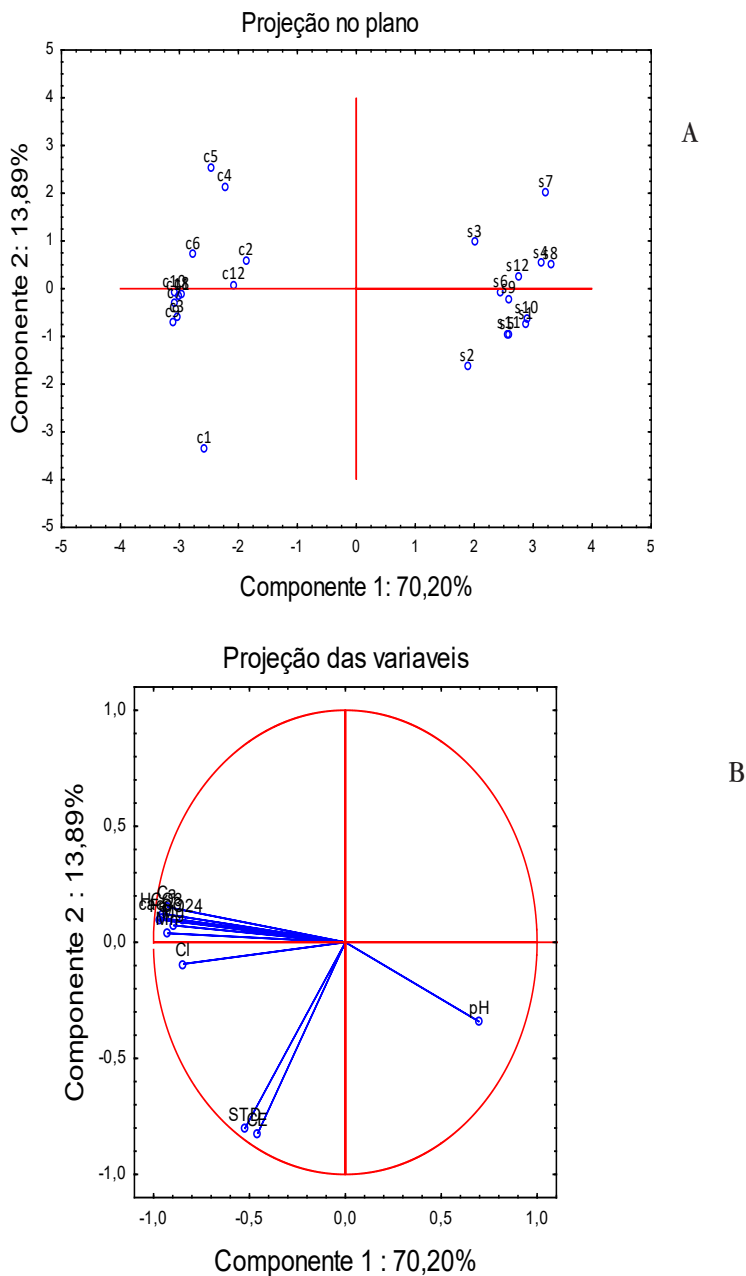


Figura 4. Análise de componentes principais a partir de uma matriz de correlação (A) e Posicionamento dos elementos avaliados no círculo das correlações (B).

Em relação aos indicadores microbiológicos, nos 12 pontos de coleta nos períodos seco e chuvoso, foi verificada a presença de coliforme termotolerante e total. A maior concentração de coliformes totais foi durante o período chuvoso devido ao arraste de material orgânico vegetal pela água da chuva, responsáveis pelo maior aparecimento de coliformes totais. O indicador coliforme termotolerante teve comportamento diferente, mostrando um aumento significativo na população de bactérias no período seco, se destacando nos pontos 05, 08 e 12. A contaminação maior no ponto 05 se deve à proximidade do canal com um cultivo da videira e nos pontos 08 e 12 possivelmente devido à proximidade das agrovilas. No período seco, observou-se um aumento nos valores de coliformes termotolerantes, que pode ter sido ocasionado por ser um período em que os agricultores fazem uso intensivo de adubação orgânica a base de dejetos animais, que concentra grande quantidade de coliforme termotolerante (FRAVET; CRUZ, 2007).

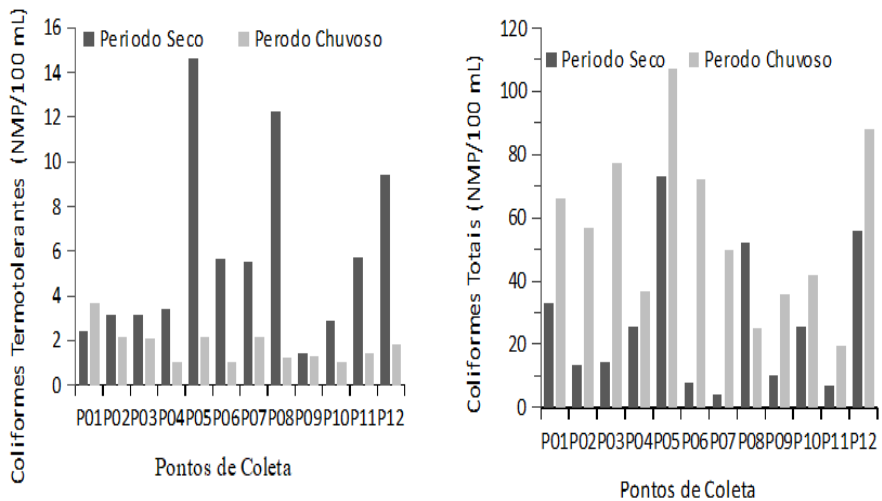


Figura 5. Concentrações médias de Coliformes Termotolerantes (A) e Coliformes Totais (B) por ponto de amostragem, no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, ano 2013/2014.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo, conclui-se que a água para irrigação do perímetro de irrigação Senador Nilo Coelho pode ser considerada de ótima qualidade em relação às variáveis de sodificação, salinização do solo e toxidez das plantas. No entanto, as altas concentrações de ferro, principalmente no período chuvoso, e o pH elevado no período seco, podem representar riscos aos sistemas de irrigação, podendo provocar corrosão de tubulações e obstrução de emissores no sistema localizado. A baixa CE da água, provocada pela baixa concentração de minerais nos dois períodos estudados, apresenta risco de deslocamento de alguns minerais e argila no perfil do solo, provocando o adensamento da camada superficial do solo, prejudicando a infiltração da água. Foi detectada em todas as amostras de água a presença de coliformes totais e fecais, sendo preocupante para irrigação de hortaliças. Existe diferença entre as amostras de água em todos os pontos de coleta entre o período seco e chuvoso, por conta principalmente do pH e dos indicadores Fe, HCO₃, Turbidez, Ca, Mg, Mn, SO₄²⁻ e Cl⁻, isso pode ser observado por meio da análise de componentes principais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA NETO, O.; MATOS, A.; ABRAHÃO, W.; COSTA, L.; DUARTE, A. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de latossolos. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1571-1581, dec. 2009.

ALMEIDA, O. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa, 2010.

AMARAL, A.; HERNANI, L.; OLIVEIRA, M.; CUNHA, T.; MELO, A. Avaliação de parâmetros relacionados à salinidade do solo em área de fruticultura irrigada no Bioma Caatinga. *In*: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIAS DO SOLO, 1, 2013. **Anais [...]**. Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. Anais. Areia, 2013, p, 1-4.

ANTAS, F.; MORAIS, E. Monitoramento da qualidade química da água para fins de irrigação no rio Açú-RN. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 4, p. 23-28, 2011.

APHA. **Standard Methods Analysis Water and Wastwater**. 22. ed. rev. USA: American Public Health Association, 2012.

ARAUJO, F.; VIEIRA, L.; JAYME, M.; NUNES, M.; CORTÊS, M. Avaliação da qualidade da água utilizada para irrigação na bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ. **Caderno da Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 380-385, 2015.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. 29. ed. Rev. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994.

BARROSO, A.; GOMES, G.; LIMA, A.; PALACIO, H.; LIMA, C. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 588-593, 2011.

BUCCI, M.; OLIVEIRA, L. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 131-148, Jan./Mar. 2014.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Manegement**, v. 2, n. 2, p. 149-162, 1979.

CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas, **Geografia**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 91-97, jan./jan. 1999.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março. Brasília: D.O.U. 18/03/2005.

DANTAS, T. B.; MIGUEL FERREIRA, M.; ALVES, S. M. C.; HOLANDA, J. S.; MELO, S. B. Qualidade química e biológica das águas dos rios Seridó e Barra Nova no perímetro urbano da cidade de Caicó, RN. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 293-303, abr./jun. 2013.

DECOL, L. T.; CASARIN, L. S.; HESSEL, C. T.; BATISTA, A. C. F.; ALLENDE, A.; TONDO, E. C. Microbial quality of irrigation water used in leafy green production in Southern Brazil and its relationship with produce safety. **Food Microbiology**, 2017.

EI-MORSY, E. A.; MALIK, G. M.; LETEY, R. J. Interactions between water quality and polymer treatment on infiltration rate and clay migration. **Soil Technology**, v. 4, p. 221-231, 1991.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13 (6), 2009.

FERNÁNDEZ, N. B. F.; ORTEGA, L. E. V.; GÓMEZ, S. E. S.; MALDONADO, C. C. Estudio fisicoquímico de la calidad del agua para riego del canal principal que abastece al distrito de riego 030 "Valsequillo". In: CONGRESO VIRTUAL SOBRE TECNOLOGÍA, EDUCACIÓN Y SOCIEDAD, 2., México. **Anais [...]**. Mexico 22 al 25 de enero 2013.

FRAVET, A. M. M.; CRUZ, R. L. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 144-155, 2007.

HERNANDEZ, F. B. T.; PETINARI, R. A. Qualidade da água para irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: SBEA, 1998.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estações e Dados, estações automáticas. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_iframe.php?codEst=A307&mesAno=2014, Acesso em: Jul. 2014.

KNUPP, A.; FERREIRA, E. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 588-595, out./dez. 2011.

LOPES, F.; MAGALHÃES JR, A. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 6, p. 134-147, 2010.

LOPES, F.; ANDRADE, E.; MEIRELES, A.; BECKER, H.; BATISTA, A. Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 437-445, abr. 2014.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 17-21, 1998.

OSTER, J. D. Irrigation with poor quality water. **Agricultural Water Management**, v. 25, p. 271-297, 1994.

PIMENTA, S.; PEÑA, A.; GOMES, P. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde - Goiás. **Sociedade & Natureza** (Online), Uberlândia, v. 21, n. 3, dec. 2009.

RIBEIRO, T.; AIROLDI, R.; PATERNIANI, J.; SILVA, M. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 295- 301, 2005.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory. USDA. Agriculture Handbook, 60, 160p, 1954.

SILVA, C.; MENEZES, F.; MENDES, A.; SILVA, P. Avaliação da qualidade da água para fins de irrigação na região do entorno do Lago de Sobradinho. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 27, 2013, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia, 2013.

SOUZA, M. D.; DYNIA, J. F.; SILVA, A. S. Nutrientes e argila dispersa em água no perfil de solo em cultura de mangueira fertirrigada por microaspersão. **Comunicado Técnico da Embrapa Meio Ambiente**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2001. 4 p., n. 6.

THEBALDI, M.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A.; ROCHA, M.; SEBASTIÃO, A. Qualidade da água para irrigação de um córrego após receber efluente tratado de abate bovino. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, jan./feb. 2013.

WARRENCE, N.; BAUDER, J.; PEARSON, K. Basics of Salinity and Sodicty Effects on Soil Physical Properties, **Land Resources and Environmental Sciences Department Montana State University** - Bozeman, 30 p. Disponível em: <http://waterqua>

lity.montana.edu/docs/methane/basics.shtml. Acesso em: Mar. 2014.

WRUBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; VILAS BOAS, M. A. Mapping of use and occupation of the soil and irrigation water quality in the city of Salto do Lontra-Paraná, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 1024-1037, set./out. 2013.

Recebido em: 02/08/2017

Aceito em: 28/08/2018