



WATER QUALITY DIAGNOSYS ALONG A CONCRETE CANAL: A CASE STUDY OF THE SERTÃO ALAGOANO CANAL - BRAZIL

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA AO LONGO DE UM CANAL DE CONCRETO: UM ESTUDO DE CASO DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO - BRASIL

Karina W. L. Rossiter

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química/UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: karinawlr@hotmail.com

Mohand Benachour

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química/UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: mbena@ufpe.com

Elena Matta

Doutoranda na Universidade Técnica de Berlim, Alemanha. E-mail: elena.matta@wahyd.tu-berlin.de

Maria Manuela Q.M.M. Moraes

Professora do Instituto de Ciências da Terra (ICT), Universidade de Évora, Portugal. E-mail: mmorais@uevora.pt

Silvana C.S. Calado

Professora do Departamento de Engenharia Química/UFPE, Recife,, Pernambuco, Brasil. E-mail: silcalado@yahoo.com.br

Günter Gunkel

Universidade Técnica de Berlim, Berlin, Alemanha. E-mail: gunter.gunkel@ tu-berlin.de

RESUMO

Para atender a demanda, a transferência de água de rios por canal é uma prática comum no Nordeste brasileiro. O Canal do Sertão Alagoano capta água do rio São Francisco (no reservatório Apolônio Sales) para abastecer municípios do estado de Alagoas. O objetivo deste trabalho foi analisar a evolução de parâmetros físico-químicos da água (temperatura, pH, turbidez, condutividade, dureza, sulfatos, cloretos, nitrogênio total e fósforo total) ao longo dos 29 km iniciais. Foram realizadas duas coletas no período seco em 10 pontos. Por meio do teste não-paramétrico Mann-Whitney, evidenciou-se que temporalmente as duas coletas são significativamente diferentes para todos os parâmetros, mesmo sendo ambas realizadas no período seco. Longitudinalmente, nas duas coletas, temperatura, pH e condutividade, foram significativamente diferentes entre o início e o final dos 29 km, apresentando uma tendência crescente nos valores. Quanto à qualidade, conforme a Resolução 357/2005 do CONAMA, a água do Canal apresentou valores dentro da Classe 1, com exceção do fósforo total.

Palavras-chave: qualidade de água, transposição de águas, recursos hídricos, Canal do Sertão Alagoano.

ABSTRACT

In order to provide the water demand, transfer through canals is a common practice in the Brazilian northeast. The Sertão Alagoano Canal takes water from the São Francisco River into the Apollonio Sales reservoir to supply municipalities in the State of Alagoas. This research was designed to analyze the evolution of physicochemical parameters (temperature, pH, turbidity, conductivity, hardness, sulfates, chlorides, total nitrogen and total phosphorus) over the initial 29 km of the canal. Samples were taken during the dry season at 10 points. Through the non-parametric Mann-Whitney test, it became clear that the two samples are significantly different for all parameters, even though both held in the dry season. As for the longitudinal aspect, temperature, pH and conductivity parameters were significantly different between the beginning and the end of the initial 29 km, with an increasing trend in the concentrations. Considering the quality, under Resolution 357/2005 of CONAMA, the water from the Canal presented values within the Quality Class 1, with the exception of total phosphorus.

Keywords: water quality, water transposition, water resources, Sertão Alagoano Canal.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso escasso em regiões semiáridas e, em função dos diversos usos requeridos, a gestão dos recursos hídricos não é uma tarefa fácil. Além do aspecto quantitativo da água, sua qualidade também deve ser considerada, pois influencia diretamente na saúde pública e na qualidade de vida da população da região (FERREIRA, 2010; SALATI e RAMOS, 2006).

Dentre os múltiplos usos dos recursos hídricos no Brasil, a utilização para geração de energia elétrica é bastante difundida no país. Para tal, foram construídas no Nordeste algumas hidroelétricas ao longo do rio São Francisco, sendo necessária também a construção de barragens e reservatórios. Um desses reservatórios é o de Apolônio Sales, com um volume útil de $180 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água (PRUSKY et al., 2011).

Segundo um levantamento realizado pela Agência Nacional de Água (ANA) desde 2012, observa-se uma gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país, ocasionando um período seco mais crítico e prolongado, sendo o semiárido nordestino uma das áreas mais atingidas. Características naturais como: altas temperaturas, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração, além de baixos índices pluviométricos (inferiores a 800 mm), resultam em rios com baixa disponibilidade hídrica e até intermitentes (ANA, 2014; ROSADO e MORAES, 2010).

Segundo Rossiter (2014), a preocupação com água não se refere apenas a sua quantidade, mas também que apresente qualidade adequada ao seu uso. O monitoramento regular da qualidade da água é necessário para garantir as condições de uso sejam para fins industriais, domésticos ou da agricultura (POONAM et al., 2013).

A transposição da água entre bacias hidrográficas é um método de manejo da água utilizado em muitos países, porém um método conflitante. Os problemas mais graves são: perda de água na bacia original, qualidade insuficiente da água no rio e no reservatório efluente, mudança da qualidade da água no canal de transporte, efeitos de bombeamento nos animais e micro-organismos da água e invasão de espécies não nativas (GUNKEL et al., 2015).

Em canais abertos como se utiliza no Nordeste do Brasil, há grandes problemas com as reações físico-químicas e contaminações, em função da alta temperatura e incidência solar durante todo o ano. Estas reações são:

1. Aquecimento por alta incidência solar;
2. Alta evaporação da água em razão das altas temperaturas;
3. Transferência dos íons do concreto (cálcio, carbonato) para a água, causando aumento do pH;
4. Produção primária das algas flutuantes e algas filamentosos nas superfícies;
5. Crescimento dos animais aquáticos como moluscos e mosquitos.

Ocorre ainda a contaminação no canal por: fezes de pássaros e coliformes (que se reproduzem mais a alta temperatura) e a morte de animais pequenos, como rãs, ratos e coelhos que ao caírem no canal não conseguem sair.

O conhecimento de possíveis alterações na qualidade da água em projetos onde a mesma é transportada através de longos canais é do interesse não apenas da comunidade científica e da sociedade, mas também do governo, para que ações gerenciais possam ser planejadas. Vale ressaltar que na pesquisa bibliográfica realizada, não foram evidenciados trabalhos em canais de estrutura semelhante ao Canal do Sertão Alagoano, para que pudessem servir de referência.

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar a existência de alterações significativas nas características físico-químicas da água quando transposta ao longo de um canal de concreto, tendo como base os resultados obtidos no Canal do Sertão Alagoano durante o período seco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Para aumentar a disponibilidade de água no nordeste brasileiro, o Governo Federal elaborou alguns projetos, sendo um deles o Canal do Sertão Alagoano. Segundo a Companhia de Desenvolvimento do Vale do rio São Francisco (CODEVASF), essa é a maior obra de infraestrutura hídrica do estado de Alagoas, captando água no reservatório de Apolônio Sales, para abastecimento de municípios entre Delmiro Gouveia e Arapiraca, beneficiando 42 municípios e mais de um milhão de alagoanos, sendo sua localização descrita na Figura 1.

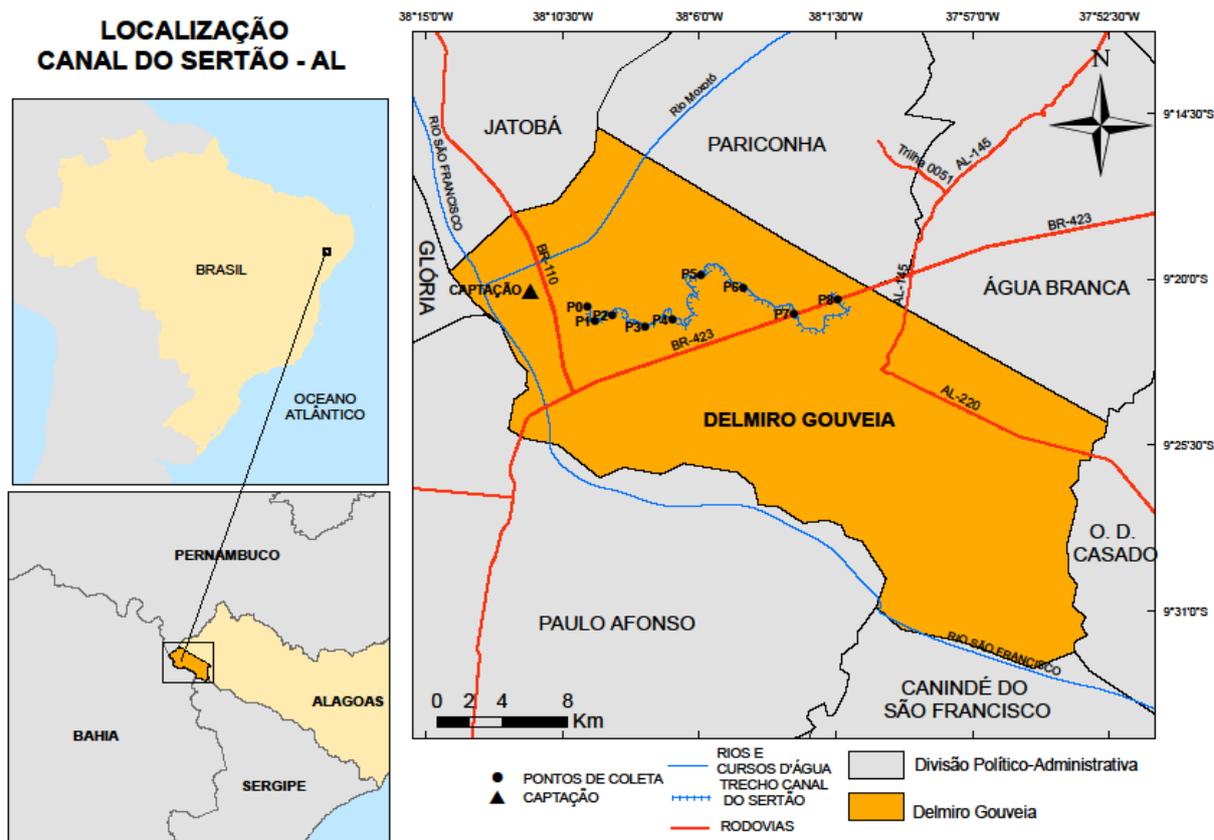


Figura 1: Localização do Canal do Sertão Alagoano e dos Pontos de Coleta.

FONTE: ADAPTADO DE ANA(2016)

O empreendimento, com uma extensão total projetada de 250 km, está em construção desde 1991 e em maio de 2014, 65 km estavam concluídos. Em novembro de 2015 foi concluído o trecho III, chegando o canal a 93 km. A previsão de conclusão da obra não foi divulgada oficialmente pelo Ministério da Integração. O canal aduzirá $32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ em sua fase final, tendo já recebido da ANA a outorga prévia de $3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para a primeira etapa. (FAIO e SORGATO, 2008; BRASIL; 2015).

A água é captada do Reservatório de Apolônio Sales (Latitude: $9^{\circ}20'36.67''\text{S}$, Longitude: $38^{\circ}12'03.91''\text{O}$), em uma Estação Elevatória de Água Bruta (Latitude: $9^{\circ}20'22.43''\text{S}$ Longitude: $38^{\circ}11'36.79''\text{O}$) (ver Figura 2a). Da Estação Elevatória a água é bombeada até uma estrutura de transição através de uma adutora de recalque, com 1.700m de comprimento. Dessa Estrutura a água é levada por uma adutora de gravidade, com 2.100m de comprimento em tubos de aço até a estrutura final de transição, sendo esse o km 0,00 do Canal (Latitude: $9^{\circ}20'54.97''\text{S}$, Longitude: $38^{\circ}09'41.86''\text{O}$) (Figura 2b).



Figura 2: (a) - Reservatório de Apolônio Sales e Estação Elevatória; (b) início do canal - km zero(0).

A partir do início (km zero) o canal segue sempre por gravidade, obedecendo um desnível de 0,12m por km. O canal apresenta na maior parte da sua extensão uma estrutura trapezoidal com dimensões de: altura 5,30m, base maior 15,20m e base menor 3,30m, sendo em alguns trechos de seção retangular (6,60m de altura x 4,15 de largura), conforme Figura 3a. Ao longo do canal existem obras especiais tais como: comportas, pontes canal, travessias para pedestres, travessias para veículos, travessias sob rodovias, pontos de derivação para abastecimento humano e pontos de derivação para perímetros de irrigação. As Figuras 3b e 3c mostram alguns trechos do canal.



Figura 3 – (a) Visão da estrutura trapezoidal e retangular do canal, (b) visão geral de um trecho e (c) trecho do canal na BR 432 com operação de caminhão pipa para abastecimento público.

Atualmente a vazão de bombeamento é determinada pela variação na demanda e gerenciada pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) do estado de Alagoas, sendo em média $0,78 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ao fim do projeto serão um total de doze bombas em regime de funcionamento que permitirá uma vazão total de $32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (BRASIL, 2014). Nos trabalhos de campo para as coletas das amostras foi evidenciado a retirada ilegal de água, principalmente por tubulação conforme Figura 3(c).

Metodologia

Após uma visita de reconhecimento da área foram definidos 10 pontos de coleta, abrangendo a área de captação (Figura 2a) e os 29 km iniciais do canal, conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Pontos de Coleta no Canal do Sertão Alagoano

Ponto de coleta	Captação	PO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Referencial espacial (em km)	-4	0	1	3	6	11	15	20	23	29
Tempo de residência (dias)	0	0	0,4	1,3	2,6	4,8	6,5	8,7	10	12,6

A primeira coleta foi realizada de 25 a 27 de maio e a segunda de 22 a 24 de setembro de 2014, ambos períodos considerados secos. Contudo houve uma maior precipitação nos dias anteriores à primeira coleta comparativamente com a segunda, conforme Figura 4.



Figura 4: Precipitação diária da estação de monitoramento de Paulo Afonso

FONTE: INMET(2016)

As amostras de água foram coletadas na superfície em frascos plásticos, sendo previamente lavados com água do local no momento da coleta, e conservadas a 4°C. Os parâmetros de temperatura, pH e condutividade elétrica foram analisados in loco, através de uma sonda multiparamétrica. Os demais parâmetros: fósforo total, nitrogênio total, dureza total, cloretos, sulfatos e turbidez foram analisados no Laboratório de Engenharia Química da UFPE, através das metodologias especificadas no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, editado pela “American Public Health Association” (APHA, 2005).

Os resultados das duas coletas de cada parâmetro foram reportados em gráficos e se procedeu uma avaliação, considerando os aspectos temporal (tempo decorrido entre as duas coletas) e espacial (perfil ao longo do canal, com o distanciamento do marco zero). Posteriormente os resultados de cada coleta foram tratados estatisticamente através da aplicação do teste não paramétrico de Mann-Whitney, com o objetivo de verificar para cada parâmetro analisado diferenças significativas entre as condições no início do canal e no final, bem como se houve diferença entre as duas coletas realizadas no período seco.

O teste de Mann-Whitney é usado para testar se duas amostras independentes foram retiradas de populações com médias iguais, fazendo uma comparação entre suas variáveis. As duas amostras devem ser aleatórias e as observações, independentes, tanto entre quanto dentro das amostras. A aplicação das técnicas estatísticas não-paramétricas não

exige suposições quanto à distribuição da variável populacional. Foi adotado o nível de significância (α) igual a 0,05, e para valores de $p\text{-value} \leq 0,05$ as amostras são consideradas significativamente diferentes. As análises estatísticas foram efetuadas através da aplicação do programa IBM SPSS 19.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros físico-químicos das análises em amostras de água ao longo do canal para as duas coletas encontram-se representados graficamente na Figura 5 e na Figura 6.

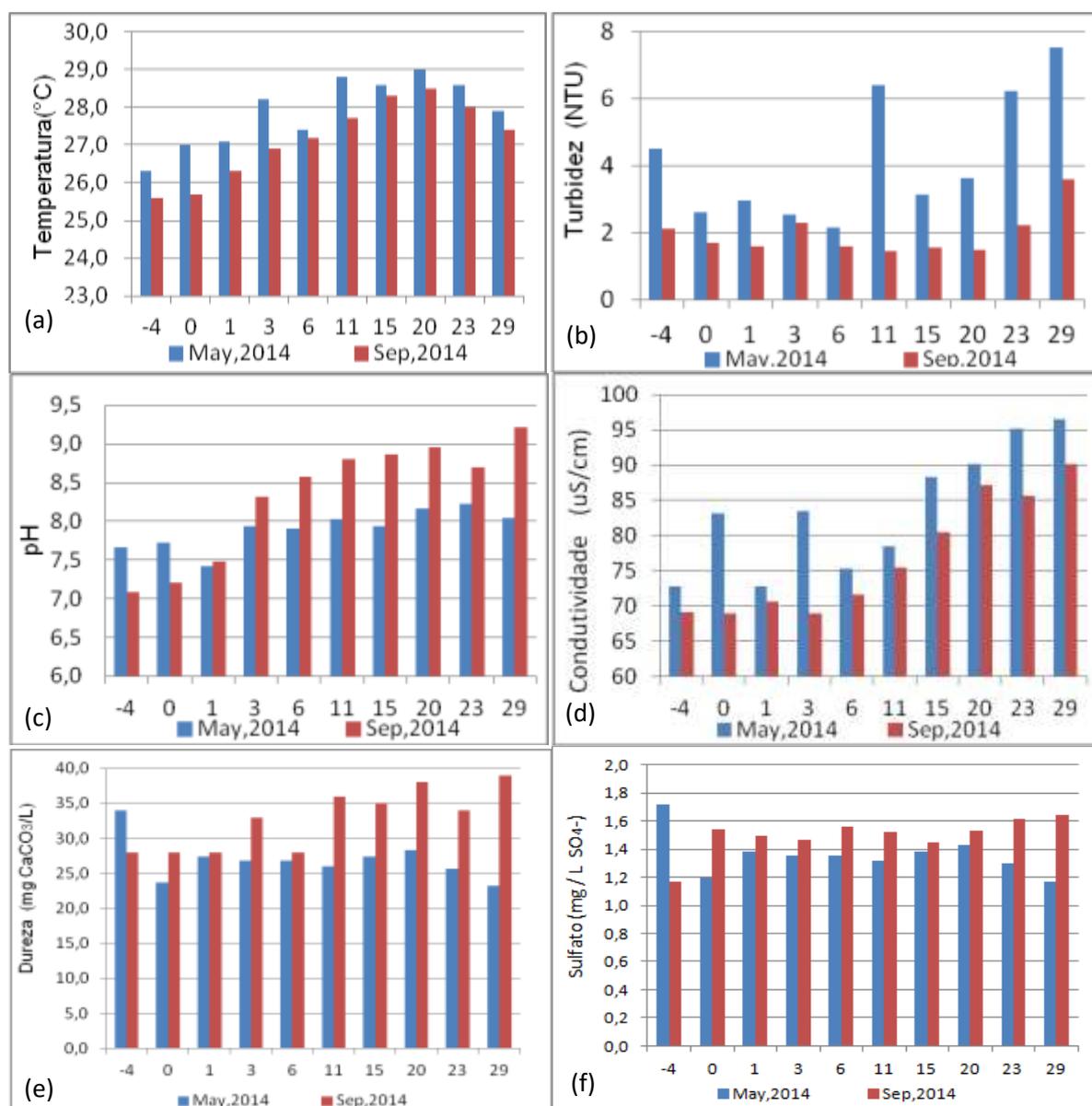


Figura 5 – Evolução das parâmetros de (a) temperatura, (b) turbidez, (c) pH, (d) condutividade, (e) dureza total, (f) sulfato ao longo do Canal do Sertão Alagoano para as duas coletas estudadas (maio e setembro de 2014 ambas em período seco).

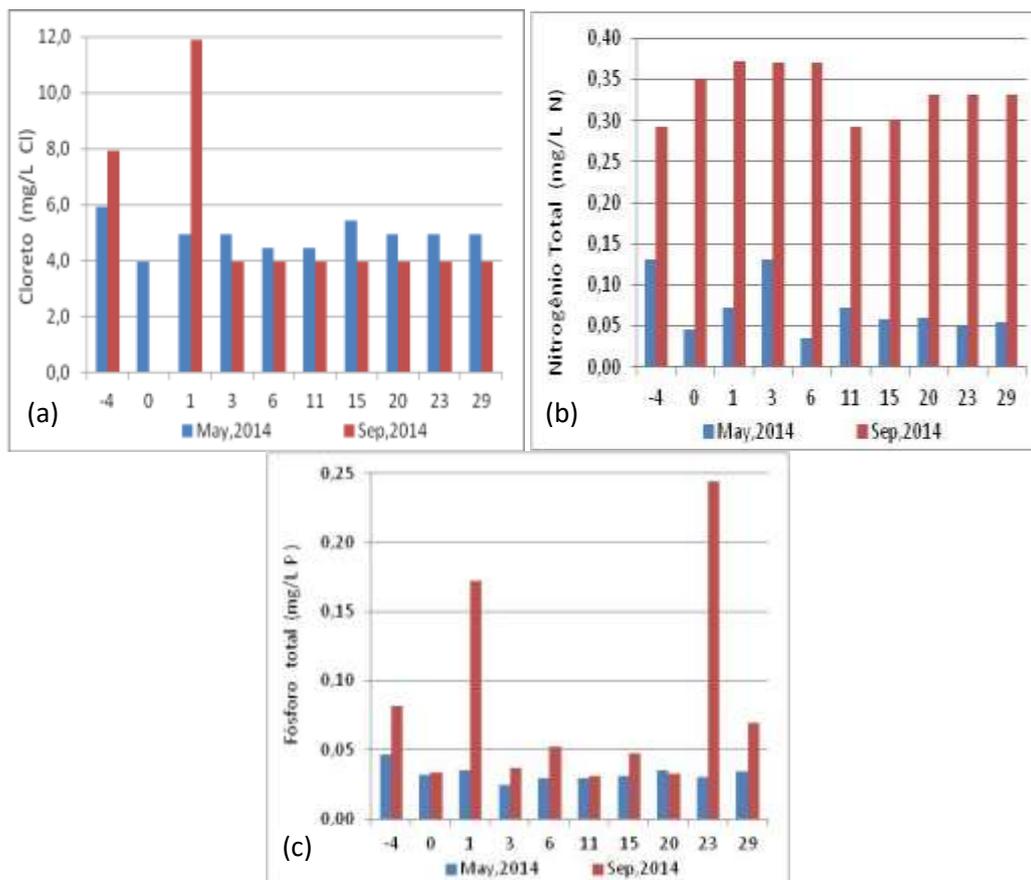


Figura 6 – Evolução dos parâmetros de (a) cloreto, (b) nitrogênio total e (c) fósforo total ao longo do Canal do Sertão Alagoano para as duas coletas estudadas (maio e setembro de 2014 ambas em período seco).

O incremento da temperatura de 26 °C até 29 °C, depende da insolação, umidade do ar e do vento. A maior diferença entre a primeira e a segunda coleta foi de 1°C no ponto 2 (3 km), contudo nenhum valor de temperatura foi maior 29 °C, o que se considera uma faixa normal para as temperaturas típicas da região.

A turbidez apresentou maiores valores na primeira coleta para todos os pontos. Essa constatação pode estar relacionada a ocorrência de precipitação nos dias anteriores. Verifica-se na Figura 4, que no mês de maio choveu quatro dias antes da coleta; pelo contrário em setembro, a pouca chuva que houve ocorreu no início do mês, sendo a coleta apenas dia 22 de setembro. Durante as chuvas o canal recebe os aportes dos sedimentos ao redor pois não há nenhum tipo de proteção na borda do canal (ver Figura 3b), e com isso a quantidade de sólidos em suspensão aumenta, o que leva também a um aumento na turbidez.

O parâmetro de pH apresentou uma tendência espacial de crescimento, sendo afetado significativamente pelo material de concreto do canal. O pH elevou de condições neutras (pH ~ 7,0) a condições alcalinas com valor de 9.2 no 28 km. Para pH acima de 9,5 podem ocorrer reações tóxicas.

A condutividade também apresentou tendência de crescimento, mas em uma faixa menor de 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$. O aumento da condutividade é um efeito da corrosão do concreto. Segundo Von Sperling (2005), considera-se para ambientes impactados uma condutividade superior a 100 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Como todos os resultados de condutividade em ambas as coletas foram menores, por esse parâmetro a água do canal apresenta uma boa qualidade.

Os parâmetros de dureza (Figura 5e) e sulfato (Figura 5f), não apresentaram uma tendência clara, contudo foram maiores na segunda coleta. Isto pode estar relacionado com uma menor quantidade de água no canal na segunda coleta, em função da menor precipitação nos dias anteriores, tendo como consequência um efeito de maior concentração de sais.

Em relação ao cloreto (Figura 6a), com exceção dos valores registrados no ponto P1 (1 km) da segunda coleta, todos os demais valores foram praticamente estáveis. Esse pico de valor pode ser atribuído a alguma fonte pontual, pois nesse local há um número considerável de pequenos agricultores próximo ao canal.

As concentrações de nitrogênio (Figura 6b) foram entre 0,05-0,15 mg L⁻¹ na primeira coleta e 0,29-0,37 mg L⁻¹ na segunda coleta, consideradas como concentrações moderadas, sendo os valores da segunda coleta mais elevados. Esse fato pode também ser consequência do menor volume de água no rio São Francisco na segunda coleta, em função da menor precipitação.

As concentrações do fósforo total (Figura 6c) em sua maioria foram próximas ou menores que 0,05 mg L⁻¹, com exceção do km 1 e do km 23 na segunda coleta, podendo estar ligado a contaminação externa. Verifica-se que todos os valores da segunda coleta foram próximos ou superiores aos da primeira coleta, o que pode ser explicado também pela menor precipitação nesta época. A relação N/P com índices entre 1 até valores bem menores que 7 representam uma limitação da produção primária com nitrogênio, com um grande risco de desenvolvimentos de algas azul-verde e de cianobactéria.

Avaliando sob o aspecto longitudinal, ou seja, como os resultados evoluíram ao longo do eixo do canal, observa-se que a maioria dos parâmetros não apresentou uma tendência específica de aumento ou decréscimo. As exceções são os parâmetros pH e condutividade, já discutidas anteriormente, que apresentaram uma tendência de leve crescimento longitudinal.

Após a avaliação dos gráficos foram realizados testes estatísticos com os dados obtidos para evidenciar se havia diferença significativa entre eles.

Através da aplicação do teste de Mann-Whitney foi comprovado estatisticamente que temporalmente as duas coletas foram significativamente diferentes para todos os parâmetros analisados: temperatura $p < 0,05$; turbidez $p < 0,01$; pH $p < 0,05$; condutividade $p < 0,05$; dureza $p < 0,001$; sulfatos $p < 0,001$; cloretos $p < 0,01$; nitrogênio total $p < 0,001$ e fósforo total $p < 0,01$. Isto comprova a importância dos testes estatísticos para evidenciar a variabilidade nas características da água, dentro do mesmo período seco no canal, fato que não ficou claro ao analisar apenas os gráficos dos dados. Tais diferenças podem estar relacionadas as condições meteorológicas observadas em cada uma das coletas, introdução de água pluvial ou pela diminuição de água no canal resultante causada por: retiradas ilegais ou pelos diferentes volumes de água descarregados.

A alta taxa de evaporação também é um fator que influencia na qualidade da água. A área do canal estudada corresponde a 174.000 m² (comprimento 29 km, largura 6m) e a evaporação da região é próxima a 2.000 mm por ano, ou seja, cerca de 6 mm por dia, o que representa uma perda de volume diário de 1044 m³ por evaporação. A vazão média do canal é 0,78 m³s⁻¹, ou seja 67.392 m³d⁻¹. Se dividirmos o volume perdido pela evaporação pelo volume total até o 29 km, teremos uma perda diária de 1,54% do volume de água, o que é bastante significativo para a qualidade da água, manifestando-se, por exemplo, no aumento dos valores de condutividade.

Estas constatações conduziram-nos à necessidade de verificar individualmente para cada coleta como é que os parâmetros evoluíram ao longo do canal. Desta forma, para testar a existência de diferenças significativas entre as condições no início do canal e no final dos 29 km, dividimos os resultados em dois grupos: i) os primeiros 6 km (primeiros 4 pontos); ii) os últimos 8 km (3 últimos pontos) e aplicamos o teste de Mann-Whitney, eliminando as condições intermediárias que nos iriam dificultar a análise das condições extremas (início versus condições a 29 km).

Longitudinalmente, para a primeira coleta (maio de 2014), o resultado da aplicação do teste Mann-Whitney comprovou que as condições são significativamente diferentes para os parâmetros: temperatura ($p < 0,05$); condutividade ($p < 0,05$); pH ($p < 0,05$); turbidez ($p < 0,05$). Para a segunda coleta (setembro 2014), o resultado da aplicação do teste Mann-Whitney comprovou que as condições são significativamente diferentes para os parâmetros: temperatura ($p < 0,05$); pH ($p < 0,05$); condutividade ($p < 0,05$); dureza ($p < 0,05$).

Assim, longitudinalmente apenas os parâmetros temperatura, pH e condutividade foram significativamente diferentes em ambas as coletas. Parâmetros que, além da influência do concreto, nos indicam o efeito da evaporação em função do aumento da temperatura, que por sua vez conduz a um aumento do pH e da condutividade (maior quantidade de sais dissolvidos). O mesmo não foi observado relativamente aos cloretos, sulfatos, nitrogênio total e fósforo total que não apresentaram diferenças significativas entre o início e os 29 km de canal em nenhuma das coletas estudadas. Vale ressaltar que para o aspecto longitudinal, a avaliação apenas dos perfis dos gráficos também evidenciou que os parâmetros de pH e condutividade apresentaram variabilidade ao longo do eixo do canal.

Tomando ainda como base os padrões de qualidade da Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), relativos aos parâmetros desta pesquisa: pH, turbidez, fósforo total, cloreto e sulfato, todos os resultados em ambas as coletas atenderam a especificação da Classe 1, com exceção do fósforo total que apresentou valores de enquadramento relativos a Classe 4. Isto significa que a água desse canal ao ser transposta para açudes e reservatórios, pode produzir condições eutróficas nestes corpos receptores.

CONCLUSÃO

Quanto ao aspecto temporal, as coletas realizadas em período seco, nos meses de maio e setembro de 2014, apresentaram diferenças significativas para todos os parâmetros, utilizando o teste não-paramétrico Mann-Whitney, para um nível de significância de 0,05, o que evidencia que dentro da mesma época climática os resultados da qualidade da água para a região foram diferentes. Quando avaliadas as coletas em separado, considerando o aspecto longitudinal, os parâmetros físico-químicos que apresentaram variação significativamente diferentes em ambas as coletas foram: temperatura, pH e condutividade. A condutividade e o pH também apresentaram uma tendência de crescimento longitudinal, sendo isto uma influência do concreto na água.

Para os nutrientes, o nitrogênio total da segunda coleta foi bem superior e o fósforo apresentou um comportamento mais estável, levando a uma relação N/P que representou uma limitação da produção primária com nitrogênio. Esse fator leva a um grande risco de desenvolvimentos de algas azul-verde e de cianobactéria, sendo recomendável a realização estudos posteriores sobre algas e detrito dentro do canal.

Ressalta-se que a água ao longo de todo o canal apresentou resultados que a levariam a um enquadramento na Classe 1, pela resolução do CONAMA 357/2005, com exceção do parâmetro de fósforo total. Os resultados obtidos são preliminares, sendo fundamental efetuar um monitoramento que abranja diferentes situações meteorológicas, períodos secos e chuvosos, de forma a entender o funcionamento com maior precisão do sistema aquático artificial no canal, para com fundamentação científica se propor medidas de proteção ao ecossistema criado e à preservação do recurso da água. Vale salientar que a perda de água por evaporação chega a 1,5% por dia, significando um efeito grande para esse tipo de transposição de águas por canais abertos.

Contudo os resultados desta pesquisa, mesmo que preliminares, podem ser utilizados para a gestão de outros dois canais de transposição de água na região do Rio São Francisco, que se encontram em fase de anteprojeto: o Canal do Sertão Alagoano e o Canal do Sertão Baiano. Não foram evidenciadas pesquisas que avaliassem as alterações na qualidade da água em canais abertos de concreto em regiões tropicais.

REFERÊNCIAS

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington, 2005.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Encarte especial sobre a Crise Hídrica. In: **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: 2014.
- ANA: Agência Nacional Águas. HIDROWEBS- Sistema de Informação Hidrológicas - Arquivos Digitais. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2014.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 de março 2005.
- Brasil. Ministério da integração. 10ct - construção do canal do sertão alagoano. Disponível em: http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=3ca08be8-9d55-48f3-9bd0-e38e84604438&groupid=10157. Acesso em: 10 de janeiro de 2014.
- Brasil. Planalto da presidência da república. Preservação do rio são francisco é prioridade do governo, afirma Dilma. Disponível em <http://blog.planalto.gov.br/assunto/canal-do-sertao-alagoano/>. Acesso: 10 de dezembro de 2015).
- FAIO, D.; SORGATO, J. Canal do Sertão Alagoano: o custo da energia elétrica. In: **Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. Salvador- BA, 2008.
- FERREIRA B. A Região Semi-Arída nordestina. Revista **Ciência e Natura**, vol.32(1), p.143-158, Santa Maria-RS, 2010.
- GUNKEL, G. LIMA, D., SELGE, F., SOBRAL, M., CALADO, S. Aquatic ecosystem services of reservoir in semi-arid areas: sustainability and reservoir management. **River Basin Management VIII.**, vol 197, p. 187-200, 2015.
- INMET. Instituto Nacional de Metereologia. Estações Automáticas – Gráficos. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acesso em 10 de fevereiro 2016.
- POONAM, T., TANUSHREE, B., SUKALYAN, C. Water quality indices - important tools for water quality assessment: a review. **International Journal of Advanced Chemical Technology**. (IJAC) 1 (1), p. 15-28, 2013.
- PRUSKY, F.F ; RODRIGUEZ, R.G.; SOUZA, J.F.; SILVA, B.M.B. ; SARAIVA, I. S. Conhecimento da disponibilidade hídrica natural para a gestão dos recursos hídricos. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.31, janeiro 2011.
- ROSADO, J., MORAIS, M.M. Estratégias de gestão da água para combater a escassez em regiões semi-áridas e mediterrânicas: diferenças e similaridades. **Revista Sustentabilidade em Debate**, número especial “Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas”, Brasília, 2010.
- ROSSITER, K.W.L , VASCONCELOS, I.E , CALADO, S. Evaluation of water body classification by the Government: an example from the Moxotó River. In: **RESUME OF 13th IWA WATERSHED AND RIVER BASIN MANAGEMENT**. São Francisco- CA. EUA, 2014.
- SALATI, E., LEMOS, H. M. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2.ed. São Paulo: Escrituras, 2006.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.