

XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO - BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO⁵

*Ericarlos Neiva¹; Abelardo Antonio de Assunção Montenegro² Maria do Carmo Martins Sobral³
& Maristela Casé Costa Cunha⁴*

RESUMO – Sobradinho é o maior reservatório da Bacia Hidrográfica do São Francisco, tendo grande relevância para suporte aos usos múltiplos, regularização de vazões, e geração de energia elétrica. Para um adequado gerenciamento de reservatórios, faz-se necessário o conhecimento sobre as características limnológicas básicas, e seu funcionamento no ambiente aquático. Este estudo foi desenvolvido no reservatório de Sobradinho, entre as regiões do Médio e Submédio São Francisco, compreendida entre os municípios de Xique-Xique, Sento Sé, Sobradinho, Pilão Arcado, Remanso e Casa Nova. Foram coletados e analisados dados limnológicos (físicos-químicos – Turbidez e Fósforo Total) no reservatório, entre o período de Novembro de 2013 a Novembro de 2017, em campanhas trimestrais, totalizando 16 campanhas do monitoramento limnológico e da qualidade da água. Foram identificados períodos críticos, no tocante à turbidez e concentração de fósforo, em períodos chuvosos na região. As variabilidades temporais entre estes dois parâmetros foram consistentes entre si, em todas as estações avaliadas. Tais informações são de relevância para a gestão sustentável dos recursos hídricos da bacia, e apontam para a necessidade de adoção de medidas mitigadoras no entorno do reservatório.

ABSTRACT- Sobradinho is the largest reservoir in the São Francisco River Basin, with high relevance for supporting multiple uses, flow control, and hydropower generation. For an adequate reservoir management, it is necessary to know about the basic limnological characteristics, and their functioning in the aquatic environment. This study was carried out in the Sobradinho reservoir, between the Middle and Lower Middle São Francisco regions, comprising the municipalities of Xique-Xique, Sento Sé, Sobradinho, Pilão Arcado, Remanso and Casa Nova. Limnological data (physical-chemical - Turbidity and Total Phosphorus) were collected and analyzed in the reservoir, from November 2013 to November 2017, in quarterly campaigns, totaling 16 campaigns for limnological monitoring and water quality. Critical periods were identified, with respect to turbidity and phosphorus concentration, in rainy periods in the region. The temporal variability between these two parameters was consistent with each other, in all evaluated stations. Such information is relevant to the sustainable management of the basin's water resources, and points to the need to adopt mitigating measures around the reservoir basin.

¹) Engenheiro de Pesca, Mestre em Recursos Hídricos- UFPE, fone: (75) 992640435, email: ericarlosneiva@gmail.com

²) Professor Titular de Recursos Hídricos, UFRPE- fone (81) 981725157, email: Abelardo.montenegro@ufrpe.br

³) Professora Titular de Recursos Hídricos, UFPE- fone (81) 991131563, email: mariadocarmo.sobral@gmail.com

⁴) Professora da UNEB, Departamento de Educação, Campus VIII, fone: (81) 994006881, email: mccunha@uneb.br

⁵) Parte da Dissertação do primeiro autor, no Profiágua-UFPE

Palavras-chave- gestão de recursos hídricos, rede de monitoramento, gestão ambiental.

1 - INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco tem inegável relevância ao desenvolvimento sócio econômico do País, oferecendo suporte à navegação, abastecimento, irrigação, e geração de energia elétrica. A sua bacia hidrográfica envolve diferentes regiões e biomas, com marcantes diferenças climáticas, geográficas, de fauna e flora, assim como de uso e ocupação do solo. A bacia tem sofrido significativas ações antrópicas nas últimas décadas, afetando diretamente as populações ribeirinhas, e a qualidade de água do rio e reservatórios.

Dentre os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, deve-se mencionar o uso múltiplo das águas, o valor econômico, social e ambiental da água e a descentralização da gestão dos recursos hídricos, garantindo a participação dos usuários e das comunidades, junto ao Poder Público, além do envolvimento da Academia, para aprofundar estudos e investigações, que contribuam para um uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis nas bacias. Neste contexto, o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (COBHSF, 2016) foi elaborado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica para o período de 2016 a 2025, com ampla participação dos usuários, Poder Público, e vários segmentos da sociedade, com o objetivo de planejar os usos, e assegurar quantidade e qualidade das águas para os usos atuais e futuros na referida bacia.

Dentre as prioridades estabelecidas no COBHSF (2016), merece destaque a necessidade de articulações e fortalecimento do arranjo institucional para manter e ampliar as redes de monitoramento de quantidade e qualidade de água na bacia, de forma integrada.

Com efeito, para uma adequada gestão e manejo sustentável do uso dos recursos hídricos disponíveis na bacia ou em partes dela, sejam eles superficiais ou subterrâneos, é necessário o permanente monitoramento e avaliação da qualidade e quantidade das águas ao longo do tempo, relacionando as características ambientais e agentes antrópicos inseridos em uma determinada região de análise (TRINDADE, 2013).

Sobradinho constitui-se no maior reservatório da bacia, fazendo parte de um sistema em cascata de reservatórios, que oferecem suporte a múltiplos usos, principalmente à geração de energia hidroelétrica. Teve inicialmente como principal função a regularização de vazão e em seguida a geração de energia elétrica, mas que acabou sendo invertida ao longo do tempo.

Atualmente várias discussões vêm sendo realizadas com intuito de se reforçar um maior controle de vazões em detrimento da oferta energética, em virtude dos longos períodos de estiagem.

Para um adequado gerenciamento de reservatórios é necessário o conhecimento sobre as características limnológicas básicas, como turbidez e fósforo, e seu funcionamento no ambiente aquático (STRAŠKRABRA e TUNDISI, 2013). Esses parâmetros atuam como reguladores da produtividade primária e no controle da eutrofização, pois o fósforo é essencial nos principais processos de todos os seres vivos e a turbidez influencia a absorção de luz pelo fitoplâncton (ESTEVES, 2011). Em regiões tropicais concentrações de fósforo iguais ou acima de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, favorecem o crescimento do fitoplâncton, e são indicadoras de eutrofização (DI BERNARDO, MINILLO e DANTAS, 2010). Somado a isto, o aumento na turbidez causa diminuição da produtividade primária e danos a turbinas e tubulações em represas e material em suspensão, sendo um dos principais indicadores de impactos em bacias hidrográficas (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Este estudo visa avaliar parte dos dados levantados durante o monitoramento realizado trimestralmente pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), em atendimento as condicionantes da Licença de Operação, por meio do Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos de Sobradinho, bem como de dados pluviométricos registrados no Reservatório de Sobradinho e em sua região montante mais próxima. Ressalte-se que o estudo foi desenvolvido em um período de seca extrema na bacia.

Este artigo propõe-se a avaliar a qualidade das águas do reservatório de Sobradinho, em período de escassez hídrica na bacia, a partir de medições de concentrações de fósforo e de turbidez, e assim disponibilizar informações que possam ser utilizadas na gestão dos recursos hídricos da bacia.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está inserida entre as regiões do Médio e Submédio São Francisco, compreendida entre os municípios baianos de Xique-Xique, Sento Sé e Sobradinho na margem direita e Pilão Arcado, Remanso e Casa Nova na margem esquerda (Figura 1).

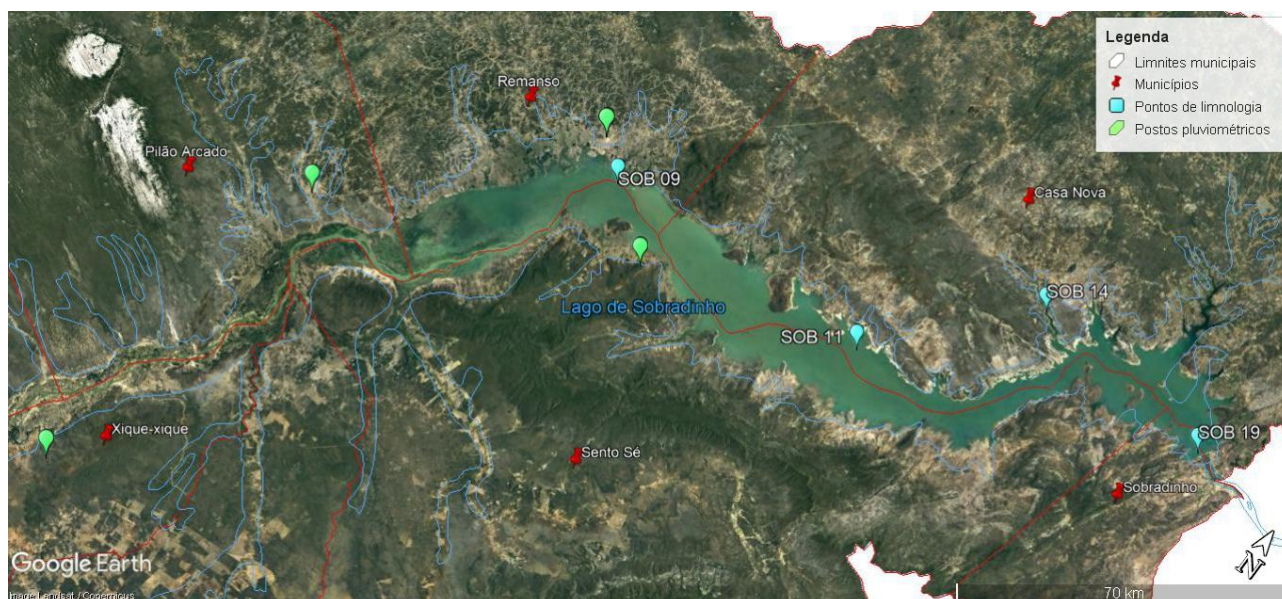


Figura 1 - Mapa da região de amostragem, com identificação dos municípios, pontos de monitoramento pluviométricos e limnológicos. Fonte: Imagem gerada com o auxílio da ferramenta Google Earth Pro, 2020.

Levantamento, periodicidade e análise dos parâmetros hidroambientais

Os dados hidroambientais analisados se referem ao Quantitativo (pluviométrico), bem como, Qualitativos - limnológicos (físicos-químicos – Turbidez e Fósforo Total), registrados entre o período de Novembro de 2013 a Novembro de 2017. Os parâmetros qualitativos foram levantados em campanhas trimestrais, totalizando 16 campanhas do Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água.

Os dados mensais de precipitação foram obtidos nas estações meteorológicas utilizadas pela CHESF, fornecidos através de seu Departamento de Recursos Hídricos – DOOH, inseridas a montante do reservatório de Sobradinho (Tabela 1 – Figura 1).

Tabela 1- Coordenadas dos postos de monitoramento pluviométrico

Postos pluviométricos	UF	Latitude (sul)	Longitude (oeste)
Xique-Xique	BA	10° 49' 20,90''	42° 43' 43,73''
Pilão Arcado	BA	10° 00' 12,62''	42° 29' 19,40''
Sento Sé	BA	9° 44' 21,21''	41° 52' 47,20''
Remanso	BA	9° 37' 32,49''	42° 04' 37,97''

O trecho mais a jusante abordado no estudo foi inserido entre os municípios de Sobradinho e Casa Nova (BA), região do barramento da UHE Sobradinho. O reservatório está localizado no trecho considerado Submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, no norte do Estado da Bahia, cerca de 40 km a montante das cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE), distante 748 km da foz do rio (CHESF, 2010).

Para a avaliação da qualidade da água e sua relação entre as diferentes regiões e o fluxo de água. Foram utilizados 4 pontos de amostragem (SOB 09, SOB 11, SOB 14 e SOB 19) inseridos no reservatório de Sobradinho vinculados ao Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água, realizado através da CHESF. Para cada uma das estações de amostragem apresentadas, sempre que possível foram coletadas amostras em três profundidades, a saber: superfície (0,20 cm), zona fótica e fundo. Para os locais onde a zona fótica atingir a profundidade total do reservatório, foram coletadas apenas duas amostras (superfície e fundo). Porém, para as análises dos parâmetros foram utilizadas a média dos resultados no perfil.

Para o tratamento estatístico dos dados e se conhecer as características e o comportamento dos parâmetros físicos-químicos selecionados, a tendência central (mediana), a variabilidade de seus valores (amplitude, extremos, discrepantes) e percentil, foi realizada uma análise exploratória pelo emprego da técnica de “Boxplot” com o uso do software Excel 2010, para caracterização do efeito da espacialização e temporal das águas (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2006). As posições relativas da mediana, primeiro e terceiro quartil dão uma noção da assimetria da distribuição. Os comprimentos das caudas são dados pelas linhas que vão do retângulo aos valores discrepantes (SALES *et al.*, 2014).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região de análise a montante do reservatório de Sobradinho, nos municípios destacados na Figura 2, apresentaram no geral, chuvas nos períodos predominantes para essa área da bacia, se concentrando em sua maioria entre os meses de Novembro a Abril do ano seguinte. Silva e Molion (2004) analisaram as diferentes regiões do São Francisco e destacaram para o trecho Médio uma precipitação média anual de 1.216 mm, com a estação chuvosa de Dezembro a Março e seca de Maio a Outubro, diferenciando do estudo em questão apenas no mês de Abril, em três dos quatro anos, onde o mesmo apresentou uma leve ocorrência de precipitações na região. Verifica-se consistência entre as precipitações e a recuperação dos níveis de Sobradinho.

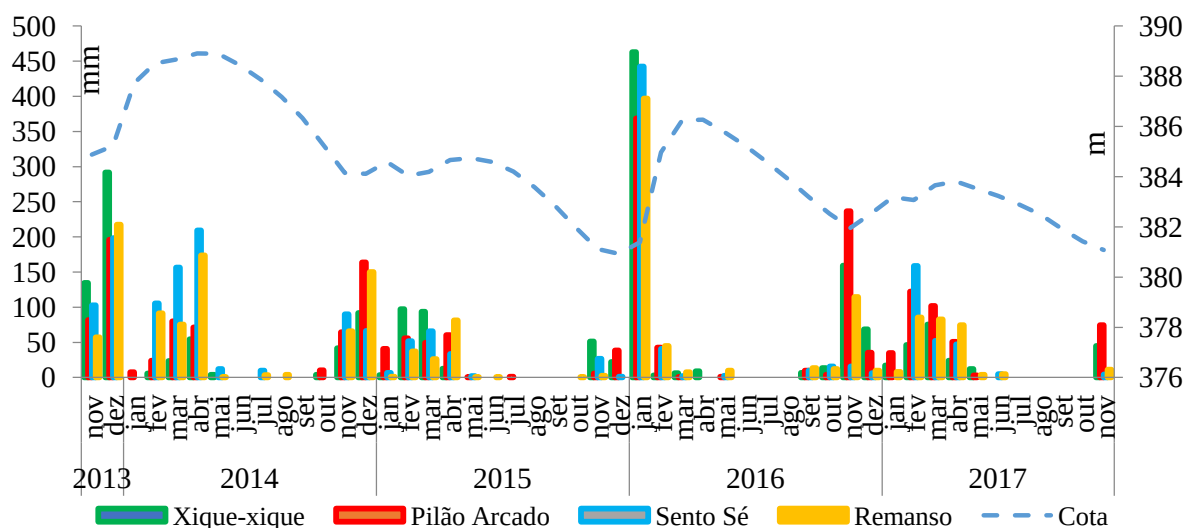


Figura 3

Figura 2- Precipitação registrada a montante do reservatório de Sobradinho, e nível de água no reservatório.

Observa-se que três dos quatro períodos chuvosos dessa análise apresentaram relativa semelhança entre as lâminas médias precipitadas – novembro de 2013 a abril de 2014, novembro de 2014 a abril de 2015 e novembro de 2016 a abril de 2017. No período discrepante, compreendido entre novembro de 2015 e abril de 2016, as precipitações se concentraram predominantemente no mês de janeiro de 2016, com similaridade para os quatro municípios. Observa-se também entre os meses analisados, que a precipitação foi quase imperceptível nos quatro municípios entre os meses de maio a outubro de cada período, com a delimitação clara entre períodos secos e chuvosos.

Silveira *et al.* (2016) observaram divergência quanto ao futuro das precipitações na bacia do Rio São Francisco, as projeções apresentaram anomalias entre -20% e 20% em cada período de 30 anos, durante esse milênio. Outros estudos expuseram tendência de decréscimo nas precipitações tanto na região do médio, quanto no submédio São Francisco (LOPES, 2014; ASSIS, 2016). Tais anomalias já vêm sendo percebida na bacia, com períodos mais longos de seca em vários trechos e a concentração das precipitações em período mais curto, como observado na Figura 2 entre o período de Novembro de 2015 a Março de 2016.

Verificou-se redução na amplitude dos valores da turbidez no sentido do fluxo do rio/reservatório em direção ao barramento da UHE Sobradinho. Além disso, na Figura 3 observa-se uma redução na amplitude dos valores de turbidez entre os pontos SOB 09 e SOB 11, propriamente onde o rio perde

velocidade e o material em suspensão na água começa decantar (STRASKRABA e TUNDISI, 2013). Após esse último ponto citado, apenas o SOB14 apresentou maior amplitude, localizando-se em um meandro do reservatório, sob a influência de um rio intermitente e de criações de animais (caprinos e bovinos). Nessas regiões é comum a movimentação entre as margens e o pisoteamento de animais nessas áreas (SANTOS *et al.*, 2017). As precipitações apresentadas na Figura 3 referem-se ao total precipitado antecedente de 90 dias da data da coleta.

Embora a maior parte dos valores tenham se concentrado abaixo do que se estabelece como limite do parâmetro turbidez no CONAMA 357/2005, para águas da Classe 02 de água doce um valor de até 100 UNT – destacado com a linha em azul na Figura 3, a maioria dos pontos apresentou dentro da faixa de amplitude, valores mais altos. O aumento da periodicidade de vazões, associada à precipitação e umidade do solo, o desmatamento associado a queima da mata ciliar, aumenta a erosão e consequentemente provoca o aumento da turbidez (STRASKRABA e TUNDISI, 2013). Além disso, em alguns casos a localização geográfica da precipitação é um fator determinante nos altos valores de turbidez e de outros parâmetros (MEDEIROS *et al.*, 2015). Os maiores valores são observados no período chuvoso de 2016, com o pico sendo atingido com as primeiras chuvas. Deve-se salientar que a cota do reservatório neste período é similar à medida ao final da estação seca de 2015, conforme Figura 2.

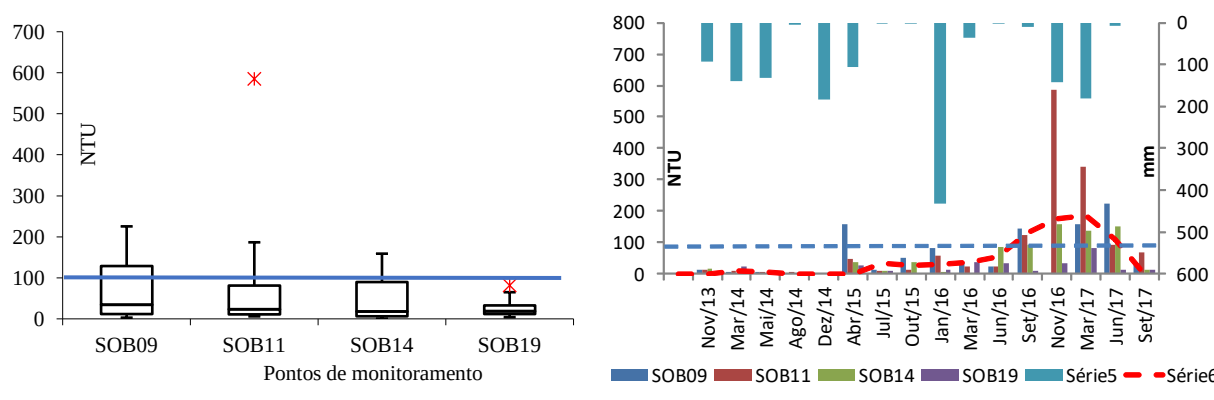


Figura 3. Boxplot da turbidez no reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando o limite do CONAMA 357/05.

Para o parâmetro Fósforo Total o reservatório de Sobradinho apresentou valores discrepantes (outliers) em dois dos quatro pontos analisados. Embora se tenha notado uma queda em direção ao barramento do reservatório, as maiores amplitudes do fósforo total registrados em regiões ribeirinhas sobre a influência das cidades corroboram com resultados obtidos tanto em trechos

lóticos do Rio São Francisco (PERES, 2012; LIMA e SEVERI, 2014), como em áreas do reservatório de Sobradinho (COSTA, 2004). Visto que, o ponto SOB 09 encontra-se entre as cidades de Remanso e Sento Sé e o SOB 14 encontra-se sob a influência de áreas de irrigação e criação de animais.

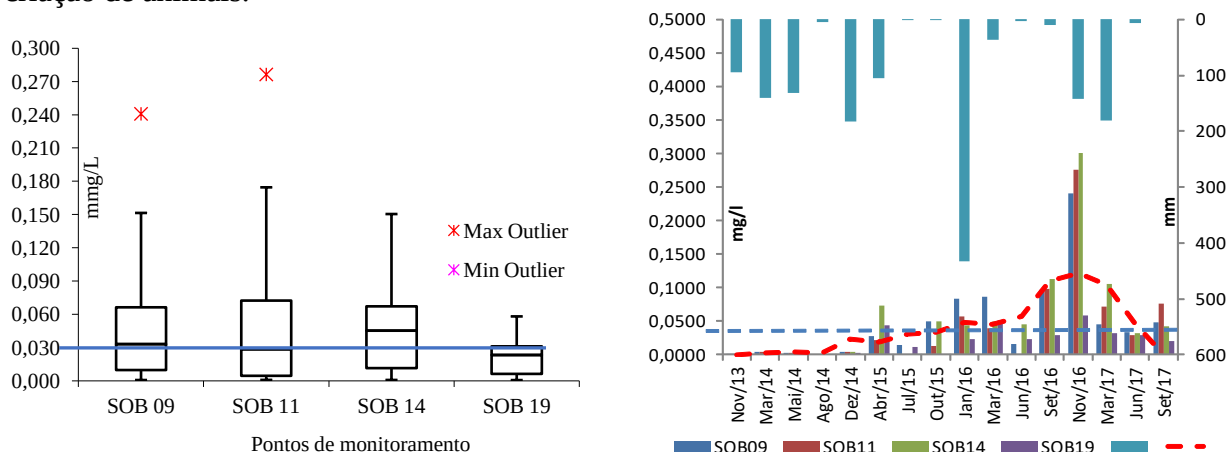


Figura 4. Boxplot do Fósforo Total no reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando o limite do CONAMA 357/05.

Três dos quatro pontos apresentaram medianas e amplitudes acima do limite da Resolução CONAMA 357/05, que é de até 0,030 mg/L para ambiente lântico e de 0,050 mg/L para tributários desses ambientes. O uso de fertilizantes agrícolas nas áreas do entorno do reservatório, bem como o despejo de efluentes domésticos, detergente e excrementos de animais, observados em áreas próximas aos municípios, são fatores que contribuem para tais alterações (LIBÂNIO, 2010). Verifica-se aumento das concentrações de fósforo em períodos de chuva, particularmente a partir de 2016. Em particular, as primeiras chuvas ao final de 2016 tendem a lixiviar nutrientes para o reservatório. Tais resultados são consistentes com os obtidos para a turbidez, conforme Figura 3.

4 – CONCLUSÕES

Foram identificados períodos críticos, no tocante à turbidez e concentração de fósforo, em períodos chuvosos na região. As variabilidades temporais entre estes dois parâmetros foram consistentes entre si, em todas as estações avaliadas. Valores máximos de 225, 585, 159 e 82 NTU foram observados para as estações SOB09, SOB11, SOB14 e SOB19, respectivamente. Já para o fósforo, os valores máximos observados foram de 0,24; 0,28; 0,30 e 0,06 mg/L, para as estações SOB09, SOB11, SOB14 e SOB19, respectivamente. Constata-se a importância de um permanente monitoramento e avaliação desses e de outros parâmetros ao longo do tempo.

Para o período avaliado, observa-se uma crescente queda na qualidade de água no reservatório de Sobradinho.

5- AGRADECIMENTOS

À CAPES, ao Programa de Pós-Graduação Profiágua, à CHESF, pelo suporte ao desenvolvimento do estudo e disponibilização dos dados, e à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA.

6- REFERÊNCIAS

ASSIS, J. M. O. (2016) *Variabilidade do clima e cenários futuros de mudanças climáticas no trecho submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil. 187 p.

BRASIL. Resolução CONAMA 357/2005. Resolução nº 357, de 23 de Janeiro 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 14 de Março 2018.

CAMELO FILHO, J, V. (2005) *A dinâmica política, econômica e social do rio São Francisco e do seu vale*. Revista do Departamento de Geografia, n.17, p.83-93.

CHESF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco. (2010) PACUERA UHE SOBRADINHO – Plano Ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório artificial da Usina Hidroelétrica de Sobradinho (BA). Sexto Relatório técnico. NeoCorp Ltda. 145p.

COBHSF (2016). Resumo executivo do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Maceió, 300p.

COSTA, D. F. C. (2004) *Caracterização ambiental e dimensionamento da capacidade de aproveitamento do Reservatório de Sobradinho para a instalação de tanques-rede*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 74p.

DI BERNARDO, L.; MINILLO, A.; DANTAS, A. DI B. (2010) *Florações de algas e cianobactérias: suas influências na qualidade da água e tecnologias de tratamento*. São Carlos: Editora Cubo Ltda. 536p.

ESTEVES, F. A. (2011) *Fundamentos de limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826p.

LIBÂNIO, M. (2010) *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3ed. Rev. e Ampl. Campinas: Átomo. 494 p.

LIMA, A. E. & W. SEVERI. (2014) *Estado trófico na cascata de reservatórios de um rio no semiárido brasileiro*. Rev. Bras. Ciênc. Agrá. Recife, v.9, n.1, p.124-133.

LOPES, Z. F. (2014) *Deteção de mudança hidroclimática na bacia hidrográfica do Rio São Francisco*. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

MEDEIROS, P. R. P.; CAVALCANTE SEGUNDO, G. H.; MAGALHÃES, E. M. M. (2015) *Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por*

sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). Geochimica Brasiliensis. v. 29. n.1, p. 35-44.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2006) *Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 10. p. 30-37.

PERES, J. M. (2012) *Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco nos municípios de Petrolina - PE e Juazeiro – BA*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 96 p.

REIS, E. A., REIS, I. A. (2002) *Análise Descritiva de Dados*. Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG. Disponível em: www.est.ufmg.br.

SALES, M. M.; LOPES, F. B.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M. (2014) *Variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas em reservatório da região semiárida para fins de irrigação*. Rev. Bra. de Agri. Irrigada, v.8, nº. 5, p. 411-421.

SANTOS et al. (2017) *Avaliação da qualidade das águas do Rio Capivara no alto sertão sergipano*. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - ABRH. Florianópolis – SC.

SILVA, D. F; MOLION, L. C. (2004). *Influência da variabilidade climática interanual na hidrologia da Bacia do Rio São Francisco*. Proceedings of Congresso Brasileiro de Meteorologia XIII, Fortaleza.

SILVEIRA, C. S. et al. (2016) *Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura*. RBRH. v. 21, n.2 Porto Alegre, p. 416 – 428.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. (2013) *Gerenciamento da qualidade da água de represas*. 3ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos. v. 9, 300 p.

TRINDADE, A. L. C. (2013) *Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do Rio São Francisco*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 165 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008) *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 631p.