



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

ERICARLOS NEIVA LIMA

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DE PARÂMETROS
HIDROAMBIENTAIS A MONTANTE E NO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO
NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Recife

2019

ERICARLOS NEIVA LIMA

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DE PARÂMETROS
HIDROAMBIENTAIS A MONTANTE E NO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO
NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Abelardo Antonio de Assunção Montenegro.

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maristela Casé Costa Cunha.

Recife

2019

- L732a Lima, Ericarlos Neiva.
Análise da variabilidade espaço-temporal de parâmetros hidroambientais a montante e no reservatório de Sobradinho na bacia do Rio São Francisco / Ericarlos Neiva Lima. – 2019.
103 folhas, il., gráfs., tabs.
- Orientador: Prof. Dr. Abelardo Antonio de Assunção Montenegro.
Coorientadora: Profa. Dra. Maristela Casé Costa Cunha.
- Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional, 2019.
Inclui Referências e Apêndice
1. Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Variabilidade espaço-temporal. 4. Parâmetros hidroambientais. 5. Reservatório de Sobradinho. 6. Instrumentos de gestão de recursos hídricos. I. Montenegro, Abelardo Antonio de Assunção (Orientador). Cunha, Maristela Casé Costa. (Coorientadora). II. Título.
- UFPE
- 333.91 CDD (22. ed.) BCTG/2020-286

ERICARLOS NEIVA LIMA

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DE PARÂMETROS
HIDROAMBIENTAIS A MONTANTE E NO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO
NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Aprovada em: 27/03/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Abelardo Antonio de Assunção Montenegro (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Maristela Casé Costa Cunha (Coorientadora)
Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Martins Sobral (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico ao Rio São Francisco, meu esforço, respeito e amor; pelo que esse rio representa a uma região de difícil acesso à água de qualidade, através de suas águas, sustenta condições de sobrevivência e desenvolvimento a praticamente toda a região Nordeste.

.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar presente nessa escola da vida e poder contribuir de alguma forma.

À minha família: mãe Maria Carolina, irmãs Carilane e Ana Carolina, esposa Larissa pelo carinho, apoio e paciência durante toda essa caminhada cheia de obstáculos.

A cada um dos professores do ProfÁgua UFPE/UFRPE – Maria do Carmo, Suzana, Sylvana, Renata, Leidjane, Sandro, Roberto, Jaime, Almir Cirilo, Abelardo - pela disposição e boa vontade sempre demonstrada durante as aulas; e em especial ao professor Alfredo pela acessibilidade e atenção a cada um dos alunos.

Aos meus colegas do ProfÁgua – Ana Paula, Davi Calado, Vanessa, Ilana, Joaquim, Bartolomeu, Andréia, Fábio, Maria de Lourdes, Pedro, Paloma, Renato, Taciano, Camylla e Lorena. Todos foram muito importantes e me fizeram aprender e compreender um pouco mais as diferentes áreas relacionadas aos Recursos Hídricos.

Ao meu orientador Professor Dr. Abelardo Montenegro pela orientação e paciência dirigida a mim e toda minha dificuldade em conciliar mestrado e trabalho.

À CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco) através das equipes dos Departamentos de Recursos Hídricos – DOOH e de Meio Ambiente – DMA pelo fornecimento e autorização de uso dos dados.

À empresa Laboratório Água e Terra pela oportunidade no desenvolvimento de várias atividades no Rio São Francisco.

À amiga e professora Maristela Casé pela atenção e apoio conferida a mim para o desenvolvimento da dissertação.

À professora e amiga Silvia Helena por ser responsável pelos meus primeiros passos como profissional de Engenharia de Pesca.

Aos meus amigos Aldo, Jorge, Jana, Felipe, Ariane e Anthony pelo carinho, apoio e confiança.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, por meio do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado.

O menino e o Rio

O amor entre o homem e o rio é como um laço que se constrói e se fortalece ao longo do tempo.

Aquele que o ama, não apenas bebe de suas águas,
navega em seu leito, irriga sua plantação,
constrói em suas margens,
cultiva o seu peixe e pesca os seus nativos...
ele se enaltece com sua beleza.
Ele cuida, vive dela e nela,
e cativa os seus a amá-lo e respeita-lo.

Outrora o menino que brincou e nadou em suas águas,
agora tira o seu sustento e deve além de tudo... gratidão.
Gratidão aquele velho pai de muitos,
o Velho Chico guerreiro,
antes um menino índio – Opará,
agora um preto velho de barba branca
que desfila sua serenidade ou até sua valentia
pelos caminhos onde passa.

Não se engane ele é forte sim,
mas toda força tem limite.
Ele não se humilha, ele cresce, se recolhe,
as vezes mostra a sua força e enfrenta o mar,
mas com respeito,
por que todo gigante reconhece o outro
e se apaziguam na chegada.

Ele corre, caminha, descansa, corre novamente
e assim vai até o seu irmão Mar.

Ao longo do tempo dá sinais,
sinais de que não é mais um menino,
que vencia todos as barreiras em seu caminho com facilidade,
afinal, o tempo passa para todos,
e a idade avançada requer ajuda para continuar sua jornada.
Ajuda daqueles que o viram passar,
e passar... e passar vitorioso ao longo do tempo,
usufruindo da sua generosidade.

Venha meu Velho, venha ser, venha fazer e crescer,
venha unir e partilhar.
E sem ninguém perceber, transmitir o seu amor.
A cada gota que se entrelaça pelos teus veios, braços, pernas
e até sob ti.
Vem percorrer as veias de todos sem distinção,
ribeirinhos ou não.

O Autor (2019)

RESUMO

O reservatório de Sobradinho tem uma inegável importância nacional, requerendo procedimentos de gestão para sua proteção e para possibilitar o uso múltiplo de suas águas. O presente estudo visa investigar fatores, dados e relações envolvidas na gestão de recursos hídricos no âmbito de Sobradinho, proporcionando um instrumento de análise aos tomadores de decisão e da sociedade em geral. Através da utilização de dados levantados durante o monitoramento rotineiro realizado pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), por meio do Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos de Sobradinho, bem como de dados pluviométricos, fluviométricos, cota-volume e defluências registrados no Reservatório de Sobradinho entre novembro de 2013 e novembro de 2017, é desenvolvida uma análise espaço-temporal de importantes variáveis hidrológicas e ambientais. Foi utilizado como estudo de caso, parte do trecho Médio e Submédio do Rio São Francisco, compreendido entre os municípios baianos de Barra e Morpará – trecho lótico mais à montante e a Represa de Sobradinho. Através do uso de tais informações relacionadas aos principais usos dos recursos hídricos dessa região, buscou-se avaliar quali-quantitativamente as águas disponíveis. As principais fontes de poluição e/ou ações antrópicas observadas nas áreas de margem se referem ao despejo de resíduos sanitários sem tratamento, agricultura e pecuária. A avaliação de variáveis tais como precipitação, vazão, cota-volume do reservatório, bem como, dos volumes defluentes, verifica-se tendência de decréscimo quantitativo ao longo do tempo. As análises espaço-temporais dos parâmetros limnológicos mostraram a presença de alguns pontos críticos ao longo dos trechos lótico e lêntico (reservatório), estando geralmente associados a áreas urbanas e seus pontos de despejo de efluentes.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos. Variabilidade espaço-temporal. Parâmetros hidroambientais. Reservatório de Sobradinho. Instrumentos de gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

The Sobradinho reservoir has an undeniable national importance, requiring management procedures for its protection and to enable the multiple use of its water resources. The present study aims to investigate factors, data and relationships involved in the management of water resources within the scope of Sobradinho Reservoir, providing an instrument of analysis to decision makers and society in general. Through the use of data collected during the routine monitoring carried out by the Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), through the Sobradinho Aquatic Ecosystems Monitoring Program, as well as pluviometric, fluviometric, elevation and volume data recorded in the Reservoir of Sobradinho between November 2013 and November 2017, a time-space analysis of important hydrological and environmental variables is developed. It was used as a case study, part of the Middle and Sub Middle section of the São Francisco River, comprised between the Bahia State municipalities of Barra and Morpará - upstream stretch and the Sobradinho Dam. Through the use of such information related to the main uses of water resources in this region, we sought to qualitatively assess the available waters. The main sources of pollution and / or anthropic actions observed in the margin areas refer to the dumping of untreated sanitary waste, agriculture and livestock. The evaluation of variables such as precipitation, flow, quota-volume of the reservoir, as well as, of the defluent volumes, there is a tendency of quantitative decrease over time. Spatio-temporal analyzes of limnological parameters showed the presence of some critical points along the lotic and lentic stretches (reservoir), being generally associated to urban areas and their effluent discharge points.

Keywords: Water resource management. Spatial-temporal variability. Environmental parameters. Sobradinho reservoir. Instruments for water resources management.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.1.1	Objetivos Específicos	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	LEGISLAÇÃO DAS ÁGUAS, GESTÃO E A POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS	15
3.2	LEGISLAÇÃO E GESTÃO AMBIENTAL	18
3.3	USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS E SEUS IMPACTOS	20
3.4	HIDROLOGIA RELACIONADA ÀS CARACTERÍSTICAS DE UMA BACIA...	24
3.5	MONITORAMENTO AQUÁTICO	26
3.5.1	Etapas de um monitoramento aquático	28
3.5.2	Monitoramento das variáveis limnológicas	30
3.5.3	Parâmetros físicos	31
3.5.4	Parâmetros químicos	33
3.5.5	Parâmetros biológicos	38
3.6	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO	40
3.6.1	Tipos de uso do solo	42
3.6.2	Demanda hídrica - Caracterização dos usos múltiplos na bacia	42
3.6.3	Caracterização da área de estudo	43
4	MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1	LEVANTAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE PRESSÕES ANTRÓPICAS E/OU FONTES DE POLUIÇÃO	46
4.1.1	Levantamento e análise dos parâmetros hidroambientais	46
4.2	LEVANTAMENTO DE DADOS QUANTITATIVOS	47
4.3	LEVANTAMENTO DE DADOS QUALITATIVOS	49
4.4	PERIODICIDADE DAS COLETAS LIMNOLÓGICAS	58
4.5	PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS ANALISADOS EM CAMPO	58
4.6	PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO	59

4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPAÇO-TEMPORAL DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS -----	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	61
5.1	ANÁLISE DAS PRINCIPAIS FONTES DE PRESSÕES ANTRÓPICAS E/OU POLUIÇÃO-----	61
5.2	ANÁLISE QUANTITATIVA DOS PARÂMETROS HIDROAMBIENTAIS DE SOBRADINHO -----	66
5.3	ANÁLISE QUALITATIVA DOS PARÂMETROS HIDROAMBIENTAIS DE SOBRADINHO -----	72
5.4	ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS E DE ÁREAS VULNERÁVEIS DE SOBRADINHO -----	91
6	CONCLUSÕES -----	93
	REFERÊNCIAS-----	95
	APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DO AUTOR -----	103

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos técnicos realizados no Rio São Francisco datam de 1882 e 1885, o primeiro feito pelo engenheiro francês Emmanuel Liais, contratado pelo então Imperador Dom Pedro II, para estudar o curso do rio das Velhas, desde as nascentes até Pirapora (MG), com o objetivo de estudar o rio e as possibilidades de desenvolvimento da navegação. O segundo estudo, também contratado pelo Governo Imperial, visava estudar as condições de navegação, as circunstâncias que dificultavam ou favoreciam, realizando a descrição de seu curso desde a cachoeira de Pirapora (MG) até a sua foz no Oceano Atlântico. Essa exploração realizada pelo engenheiro alemão Henrique Guilherme Fernando Halfeld, naturalizado brasileiro, deu origem em 1860 ao “Atlas e relatório concernente à exploração do Rio de São Francisco desde a cachoeira da Pirapóra até ao Oceano Atlântico”, editado em três volumes: O relatório descritivo *Légua por légua, Perfil Longitudinal e Cartas Topográficas*, os quais traçavam com detalhes o canal de navegação, sendo o preferido pelos pilotos das embarcações que trafegavam a região na época (DANTAS, 2005).

Através de sua navegação esse rio e seus afluentes sempre foram importantes canais de ligação entre o Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, contribuindo para o povoamento e desenvolvimento das comunidades ao longo de suas margens (CAMELO FILHO, 2005). Este é um dos motivos para esse rio também ser chamado de “Rio da Integração Nacional”.

A elevada vazão do Rio São Francisco propicia, além disso, outras atividades como a agricultura, geração de energia elétrica e turismo. O “Velho Chico”, como também é conhecido, tem sofrido com ações antrópicas, afetando diretamente as populações ribeirinhas, sejam elas das cidades ou de povoados.

Quando se trata do Rio São Francisco se deve levar em consideração as diferentes características de cada região ao qual ele está inserido, o clima, a geografia, a fauna, a flora, o uso do solo, da água, a pesca, a navegação, entre outros vários fatores. Entre eles, um dos principais, a qualidade de suas águas de onde depende toda sua bacia; visto que, para cada uso existem parâmetros necessários a serem acompanhados e respeitados seus limites, sem o qual sua manutenção seria comprometida. Outro fator de grande importância para a avaliação dos ecossistemas aquáticos continentais diz respeito a sua quantidade – volume de água disponível nessas regiões.

Dessa forma, para uma adequada gestão dos recursos hídricos disponíveis na bacia ou em partes dela, sejam eles superficiais ou subterrâneos é necessário o monitoramento e a

avaliação da qualidade e quantidade da água ao longo do tempo, relacionando as características ambientais e agentes antrópicos inseridos em uma determinada região de análise. Tais estratégias são importantes para o manejo sustentável do uso dos recursos hídricos (TRINDADE, 2013). Essas ações permitem a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para os vários instrumentos de gestão dos recursos hídricos, tais como planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (ANA, 2011).

Este estudo visa proporcionar um meio de avaliação, através da utilização 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, fluviométricos, cota-volume e defluências registrados no Reservatório de Sobradinho e em sua região montante mais próxima. Sendo esse estudo de caso, inserido entre os trechos Médio e Submédio do Rio São Francisco, compreendido entre os municípios baianos de Barra e Morpará – trecho lótico mais à montante e o barramento de Sobradinho.

O reservatório de Sobradinho faz parte de um sistema em cascata de reservatórios, 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. Ressaltasse que o estudo foi desenvolvido em um período de seca extrema na bacia, sendo um possível referencial para futuras análises.

Dentre os desafios regionais para a manutenção e recuperação da bacia do Rio São Francisco como um todo, alguns fatores exercem maior pressão, principalmente no que remete a qualidade das águas, sendo eles: O desmatamento, a crescente urbanização e a expansão da agroindústria (BRASIL, 2006).

Através do uso de tais informações relacionadas aos principais usos dos recursos hídricos dessa região, buscou-se avaliar quali-quantitativamente as águas, demonstrar a importância do acompanhamento e disponibilizar informações de suas variabilidades espaço-temporais que possam ser utilizadas na gestão da bacia de forma que grande parte dos fatores relacionados às mesmas sejam pontuados e levados em consideração nas tomadas de decisões.

1.1 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

Ao longo do período de monitoramento nessa e em outras regiões do Rio São Francisco, observou-se *in loco* durante o desenvolvimento das atividades, que informações importantes relativas à situação desses ambientes, são levadas em consideração e tratadas com relevância pela principal usuária - Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) e pelos órgãos de fiscalização, regulação e controle - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), Agência Nacional de Águas (ANA) e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), além do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) e dos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos. Porém, pouco se têm levado em consideração do conjunto de dados e informações levantadas, em relação aos outros atores envolvidos na gestão, principalmente os municípios.

Dessa forma, o presente estudo visa ser um facilitador do conhecimento relacionado a fatores vinculados aos recursos hídricos, sintetizando dados e relações envolvidas nessa área da bacia, proporcionando assim um instrumento de análise aos tomadores de decisão e da sociedade em geral. Demonstrando a necessidade de se garantir qualidade e quantidade de água ao longo do Rio São Francisco, principalmente em regiões com conflitos pelo uso d'água como no entorno do reservatório de Sobradinho; assim como, o indispensável conhecimento das demandas, usos e as necessidades do sistema aquático, vulnerável as alterações antrópicas observadas na bacia do rio, com as diferentes predominâncias durante o percurso de suas águas.

A principal contribuição desse estudo se refere à análise do monitoramento dos recursos hídricos para suporte à gestão, em termos de sua qualidade e quantidade, com foco no Reservatório de Sobradinho, no Rio São Francisco. Adota-se a perspectiva de sua utilização no acompanhamento de cada fenômeno urbano/ambiental ao longo do espaço e do tempo, no sentido de avaliar o progresso ou retrocesso em relação à qualidade do meio ambiente. E assim, busca-se expressar e comunicar, de maneira simples e integrada, as características essenciais como: ocorrência, magnitude, evolução dos padrões quali-quantitativos dos recursos hídricos disponíveis no domínio de estudo.

2 OBJETIVOS

A seguir estão descritos respectivamente o objetivo geral e os específicos do estudo, integrando a área de análise e os temas a serem desenvolvidos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os padrões de variabilidade espaço/temporal de parâmetros hidroambientais do reservatório de Sobradinho, relacionado aos principais usos dos recursos hídricos, ao longo do tempo e do percurso rio/reservatório, como instrumento de gestão da bacia.

2.1.1 Objetivos Específicos

- a) Levantar e analisar os principais usos dos recursos hídricos na área de estudo e pressões antrópicas relacionadas;
- b) Analisar a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros hidroambientais quantitativos (Precipitação, Vazão, Cota-Volume e defluência) a montante e no reservatório de Sobradinho;
- c) Analisar a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros hidroambientais qualitativos (físicos, químicos e biológicos) com os usos principais e alterações encontradas, a montante e no reservatório de Sobradinho;
- d) Identificar pontos críticos e de áreas vulneráveis ao longo do percurso rio/reservatório;
- e) Analisar a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros hidroambientais quantitativos e qualitativos com os usos principais e alterações encontradas ao longo do percurso rio/reservatório.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir, os temas e objetivos da pesquisa são discutidos, abordando-se conceitos e estudos desenvolvidos sobre cada um, com o objetivo de proporcionar maior conhecimento sobre os temas vinculados aos recursos hídricos, seus usos e impactos, e assim apresentar meios de ampliação das discussões pertinentes.

3.1 LEGISLAÇÃO DAS ÁGUAS, GESTÃO E A POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS

A Lei das Águas (Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997) instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e tem como preceitos fundamentais: a água como um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, prioritário ao consumo humano e a dessedentação de animais. Estabelece ainda, que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, além de delimitar a bacia hidrográfica como uma unidade territorial para implementação da Política. Também determina que a gestão dos recursos hídricos deva ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Entre os instrumentos estabelecidos nessa lei, a outorga de direito de uso tem como objetivo assegurar o controle quali-quantitativo dos usos da água, assim como o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos. São considerados usos, as atividades humanas que provocam alterações nas condições naturais da água, como por exemplo: abastecimento, geração de energia hidroelétrica e irrigação. Tal controle é exercido pela Agência Nacional de Águas (ANA), através de análise técnica para emissão da outorga de direito de uso da água, no caso de corpos hídricos de domínio da União, em acordo com o disposto na Constituição Federal (Art. 20, §3º) – a qual delimita “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”. Já em corpos hídricos de domínio dos Estados e do Distrito Federal, a solicitação de outorga deve ser feita junto ao órgão gestor estadual de recursos hídricos.

Integrando as regras, considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, a Resolução CONAMA nº 357/2005, vem dispor sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como

estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos. A esse respeito, o Rio São Francisco está enquadrado para as águas de classe 2 de água doce. As águas dessa classe são destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; a aquicultura e a atividade de pesca. Essa resolução foi complementada e alterada posteriormente pela Resolução CONAMA 430/2011.

Uma rede de monitoramento de um corpo hídrico, utilizado tanto para abastecimento público quanto para a geração de energia, impõe necessariamente parâmetros e limites diferentes de qualidade da água. No primeiro caso, a água deve atender a um padrão de potabilidade (Portaria de Consolidação nº5 de 28 de Setembro de 2017, a qual revogou a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde), relacionada às condições no ponto de captação, o tipo de tratamento a ser utilizado e sua posterior distribuição. Já para a geração de energia elétrica, a qualidade da água deve levar em consideração a conservação das máquinas e turbinas, estando essa última relacionada às classes menos exigentes dispostas na Resolução CONAMA 357/2005.

O monitoramento das águas em reservatórios hidrelétricos também deve se basear na Resolução Conjunta nº 3, de 10 de Agosto de 2010, instituída pela Agência Nacional de Águas (ANA) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), onde estabelece o monitoramento dos reservatórios por meio dos monitoramentos: fluviométrico, pluviométrico, limnimétrico, sedimentométrico e de qualidade da água. A ela estão relacionados os aspectos abordados no estudo em questão, e dizem respeito à primeira diretriz proposta nos fundamentos da Lei 9.433/97, a qual enfatiza que uma gestão sistemática de recursos hídricos deve combinar informações sobre a quantidade e qualidade desses recursos, de forma indissociável. Em sua terceira diretriz, a Lei das Águas fomenta a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, defendendo que os recursos hídricos não podem ser gerenciados de forma isolada, sugerindo a essa parte a integração com órgãos gestores que controlam a qualidade do meio ambiente.

A gestão de recursos hídricos implica na adoção de instrumentos principais, que devem possuir uma base de dados e informações socialmente acessíveis, com definição clara dos direitos de uso, controle dos impactos sobre os recursos hídricos e do processo de tomada

de decisão (PORTO e PORTO, 2008). A esse respeito, podem ser citados: instrumentos de disciplinamento (outorga), instrumentos de incentivo (cobrança), instrumentos de apoio (sistemas de informação). Na prática, os sistemas de gestão devem ser desenvolvidos de maneira que possuam capacidade de aplicação/replicação nas diferentes bacias hidrográficas, atendendo às expectativas da sociedade, dentro dos limites sustentáveis para o meio ambiente e para sua preservação.

O desenvolvimento das diversas regiões e o aumento populacional acarretam exploração intensiva dos recursos naturais e, em especial dos recursos hídricos, podendo acelerar a degradação dos mananciais, e gerando conflitos, com riscos de maiores perdas e de poluição dos corpos d'água (KIRILLOS, 2000). Dessa forma, é necessário trabalhar de maneira integrada os recursos hídricos, levando em consideração os diversos aspectos relacionados (econômicos, sociais e físicos), sem os quais não se tem uma boa gestão desse recurso indispensável à vida.

Porto e Porto (2008) destacaram a forma de organização do sistema de gestão de recursos hídricos estruturado atualmente no Brasil, a partir da política instituída na Lei nº 9.433/97, e as dificuldades em lidar com os recortes geográficos definidos através da delimitação em bacias hidrográficas, sejam de corpos hídricos de domínio da União ou dos Estados. Da mesma forma, tais autores abordaram as dificuldades da gestão integrada e as necessidades de aperfeiçoamento do sistema de decisão, uma vez que a gestão compartilhada implica a participação da administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas a atividades agrícolas, gestão ambiental, organizações não governamentais, universidades, entre outras.

Uma gestão equilibrada deve ser realizada a partir de ferramentas que considerem a complexidade e particularidade dos ecossistemas aquáticos. Para isso, vários mecanismos e forma de auxílio à avaliação são desenvolvidos, no intuito de se produzir informações consistentes para uso na gestão.

As ferramentas de gestão são construídas a partir de uma base de dados, as quais devem compor o sistema de informações sobre os recursos hídricos, sendo esse, integrante dos instrumentos que compõem a Política Nacional de Recursos Hídricos, disposta na Lei das Águas (Lei 9.433/97). Para uma plena e concreta aplicação dos instrumentos de gestão é necessária a avaliação/manutenção de sua implantação e de seu grau de eficácia ao longo do tempo. Segundo Melo (2007), para que decisões a respeito dos recursos hídricos sejam tomadas de maneira racional, é necessária a realização de monitoramento, para descrever esses recursos, identificar os problemas atuais e futuros de degradação da água, bem como,

formular planos, estabelecer prioridades, desenvolver e implementar programas. Sendo assim, realizar-se-á efetivamente uma gestão da água, avaliando a eficácia das ações de gestão ao longo do tempo.

Tundisi & Matsumura-Tundisi (2008) destacaram o acompanhamento sistemático como uma maneira eficaz de enfrentar o problema de escassez de água, estresse de água e deterioração da qualidade, através da constituição de uma base de dados consolidada e transformada em instrumento de gestão.

Corrêa e Teixeira (2008) apresentaram indicadores de sustentabilidade ambiental como ferramenta para subsidiar a gestão de recursos hídricos, tendo como estudo de caso a bacia hidrográfica do Rio Tietê – Jacaré (SP). Os autores propuseram uma lista de possíveis indicadores a serem utilizados para o monitoramento dos recursos hídricos. Observou-se, no entanto, a necessidade de considerar as especificidades locais, permitindo assim acolher os problemas priorizados por usuários. O estudo demonstra a necessidade de se levar em consideração as características de cada região de uma bacia hidrográfica, bem como da participação de todos os integrantes de sua gestão, de forma que todos os fatores abordados na bacia sejam tratados coerentemente com a realidade de cada uma delas.

3.2 LEGISLAÇÃO E GESTÃO AMBIENTAL

O Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 tem como premissa que: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Lei nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981) é a primeira lei federal a abordar o meio ambiente como um todo, com seus diversos aspectos envolvidos e as várias formas de legislação ambiental, e não apenas a degradação causada pelas atividades industriais e o uso dos recursos naturais. Estabelece em seu artigo 1º a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente, cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente e institui o Cadastro Técnico Federal de Atividades e instrumentos de Defesa Ambiental. Detalha em seu Artigo 2º os objetivos dessa Política, dispondo sobre a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendendo a vários princípios.

Constata-se a necessidade de integração dos vários fatores envolvidos nas questões relacionadas aos recursos hídricos e a gestão ambiental. Alves Filho (2008) ressalta que a gestão deve ser integrada e essencialmente participativa. Sendo essa integração um fator indispensável à governança da água.

Spínola *et al.* (2016) realizaram estudo exploratório buscando verificar a aplicação do disposto na chamada Lei das Águas (Lei 9.433/97) em seu quadro regulatório e administrativo de natureza descentralizada e participativa, para a gestão dos recursos hídricos no Brasil no âmbito da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Tais autores destacaram que, face ao que foi estabelecido, os Comitês de Bacias Hidrográficas foram instituídos como instâncias responsáveis pelo planejamento e gerenciamento do uso dos recursos hídricos, bem como pela arbitragem sobre eventuais conflitos relacionados ao seu melhor aproveitamento. Porém, percebeu-se no estudo que a respeito do nível de implantação dos instrumentos de planejamento e gestão preconizados pela legislação, a atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) ainda não possui a autonomia e relevância necessárias para fazer frente aos interesses e determinações do Governo Federal.

O monitoramento realizado através do Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Sobradinho, relacionado ao presente estudo, faz parte de uma das condicionantes específicas, atendendo atualmente a 2ª Retificação da Licença de Operação nº 406/2004, emitida em 09 de novembro de 2016 pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), onde remete que a CHESF é a única responsável pela implementação dos Planos, Programas e Medidas Mitigadoras e pela integridade estrutural e ambiental decorrentes da operação do empreendimento (UHE Sobradinho). O referido programa tem por objetivo geral “monitorar os ecossistemas aquáticos na área de abrangência do reservatório, através do estudo e análise das características limnológicas e da qualidade da água e suas dinâmicas, bem como de suas comunidades aquáticas (bentos, nécton, plâncton e macrófitas aquáticas), correlacionando-as com o regime hidrológico da região, com avaliação da sua integridade ambiental frente às características e usos do entorno”. Esse Programa é executado através de quatro subprogramas: Monitoramento da Ictiofauna e Biologia Pesqueira, Monitoramento do Ictioplâncton e Formas Jovens, Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água e o Monitoramento de Macrófitas Aquáticas (CHESF, 2013).

3.3 USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS E SEUS IMPACTOS

Segundo a Agência Nacional de Águas, são considerados usos da água todas atividades humanas que alterem suas condições naturais. Os tipos de uso podem ser classificados em consuntivos ou não consuntivos. Os usos consuntivos são aqueles que retiram água do manancial para uma determinada destinação, como a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano, onde parte é consumida e não retorna a mesma. Já os usos não consuntivos não envolvem o consumo direto da água – a exemplo da geração de energia hidrelétrica, do lazer, da pesca e da navegação, (ANA, 2019).

O Rio São Francisco se protagoniza como o principal agente de desenvolvimento do semiárido nordestino (CBHSF, 2016). O uso indiscriminado de suas águas, ao longo de seu leito, vem intensificando o processo de degradação em seu curso. A poluição causada pelo crescimento desordenado, falta de tratamento de esgoto das cidades e comunidades ribeirinhas, o uso de agrotóxicos e a falta de delimitação da capacidade suporte do ambiente aquático podem acarretar desequilíbrio desses ecossistemas aquáticos qualitativa e quantitativamente.

Straskraba e Tundisi (2013) destacaram os principais impactos das atividades antrópicas sobre o meio ambiente, dentre eles: construção de reservatórios, lançamento de esgotos sem o devido tratamento, destruição de várzeas, e introdução de espécies exóticas. A agricultura e a agroindústria podem provocar grandes impactos, em virtude da estocagem inadequada de fertilizantes, produtos agroquímicos ou esterco, sendo esses as principais causas da poluição difusa. Além disso, os fertilizantes aplicados de maneira excessiva não são incorporados pelas plantas, sendo carreados pelas águas das chuvas para os corpos hídricos.

A navegação, recreação e turismo também são consideradas atividades impactantes, porque entre outros fatores, demandam a construção de estruturas em áreas de margem, além de provocar a movimentação não natural do fundo do rio ou reservatório e causarem a erosão das margens não vegetadas. A construção de canais e transferências ou retiradas de água acarretam não só consequências negativas sobre a hidrologia regional, disponibilidade dos recursos hídricos e sobre a distribuição biológica, mas também a retirada excessiva leva ao esvaziamento dos reservatórios, acarretando a piora da qualidade da água.

Santos (2014) destacou em seu estudo a influência de ações externas (variação temporal e pressões antropogênicas) e internas (morfologia, tempo de residência, interação entre variáveis limnológicas) que podem proporcionar alterações nas variáveis físicas,

químicas e biológicas, e conseqüentemente interferir na compartimentação e no estado trófico desses ambientes.

Koch *et al.* (2015) realizaram estudo relacionado ao conjunto dos impactos das mudanças climáticas e do uso da terra em bacias hidrográficas, através de um modelo eco-hidrológico integrado de solo e água, no qual testaram cenários futuros baseados em períodos úmidos e secos para a bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Dentre os principais resultados desse estudo, verificou-se que, embora a irrigação não seja uma ameaça real em cenários climáticos bastante úmidos, para os cenários climáticos secos as simulações apresentaram déficits elevados para o abastecimento de água para a irrigação. Esse estudo vem levantar a questão sobre a disponibilidade e o manejo realizado na bacia e o necessário controle das retiradas para a irrigação, sem o qual acarretará redução da disponibilidade da água para os outros usos e usuários, incluindo a geração hidrelétrica.

Em um estudo de caso realizado na bacia hidrográfica do rio Salitre, sub-bacia do Rio São Francisco, região do semiárido baiano com sérios conflitos pelo uso da água, Silva (2011) analisou os efeitos ambientais, técnicos e econômicos para cenários de gestão da demanda da água na agricultura. Entre as conclusões apresentadas, verificou-se que os cenários que utilizaram como atributos o uso de sistemas de irrigação mais eficientes, restrições de uso e sanções, apresentaram relação direta com a redução do consumo de água e aumento da produtividade. Nesse estudo, destaca-se que, para a agricultura irrigada gerar os benefícios sem comprometer os outros usos, é necessário que exista um planejamento rigoroso do uso do solo e da água. Sendo a agricultura a maior responsável pelo consumo dos recursos hídricos no Brasil e no mundo, o controle quali-quantitativo das lâminas, bem como seu manejo e uso de agrotóxicos, devem ser avaliados e restringidos de maneira sustentável.

Brito *et al.* (2015) avaliaram o risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no perímetro irrigado de Betume, região do Baixo Rio São Francisco, caracterizada pela ocorrência de várzeas inundáveis. Evidenciou-se no estudo a presença de agrotóxicos com alto grau de persistência na água, alguns não possuindo regulamentação de seus limites no Brasil, com risco de transporte por sedimento, por água e lixiviação, podendo comprometer os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Costa (2004) estimou a capacidade de suporte do reservatório de Sobradinho para a instalação de tanques-rede para cultivo de tilápias, identificando as áreas propícias e caracterizando a qualidade da água das áreas definidas como de uso potencial. Com base nos dados e nas análises concluiu-se que o deplecionamento sazonal e as diferenças morfológicas restringem a localização e a viabilidade de uso das reentrâncias do reservatório para a

instalação de tanques rede, limitados pela profundidade. O impacto antrópico sobre a qualidade da água foi considerado baixo, estando associado principalmente ao aporte de efluentes predominantemente orgânicos, provenientes das cidades e povoados mais próximos a montante. Outra questão mencionada diz respeito à utilização de áreas sob a influência de projetos de irrigação, por estarem sujeitas ao enriquecimento de nutrientes carreados e o aporte de agrotóxicos. Observou-se ainda que as características físico-químicas e biológicas indicam condição oligotrófica no corpo central do reservatório e mesotrófica em algumas reentrâncias. Baseado na produção local daquele período, concluiu-se que o reservatório possui grande capacidade de aproveitamento e produção aquícola, atentando-se que tais áreas devem ser permanentemente monitoradas quanto às suas condições limnológicas, em virtude dos efeitos do cultivo sobre a qualidade da água e sua relação com o volume do reservatório.

Agostinho (2005) realizou estudo com objetivo de caracterizar o comportamento migratório de duas espécies de peixes com alto valor comercial no Rio São Francisco, o curimatã (*Prochilodus argenteus* Spix and Agassiz, 1829) e o surubim (*Pseudoplatystoma corruscans* (Spix and Agassiz, 1829)), e determinar se a diferença térmica ocasionada pela descarga fria da represa de Três Marias bloquearia sua migração rio acima. No estudo, observou-se que as duas espécies possuem comportamento migratório dualista, ou seja, residentes e migrantes, variando seu comportamento durante o período de desova, onde o curimatã percorreu um área de habitat de até 127 km e o surubim de até 210 km. Embora as duas espécies tenham apresentado ampla tolerância à variação de temperatura em curto prazo, o comportamento migratório evidenciado demonstra que a construção de barragens pode afetar significativamente a migração, a desova e os habitats de desova dessas espécies; e ao longo do tempo pode extirpar tais populações.

Lima e Montenegro (2017) desenvolveram estudo com o objetivo de avaliar a produção pesqueira, através da metodologia de monitoramento rotineiro do desembarque pesqueiro, relacionando à vazão do Rio São Francisco a jusante da UHE de Sobradinho. Observou-se um baixo volume de capturas no período dos seis meses de monitoramento (5,67 kg/pescador.dia.). O volume da produção pesqueira de uma determinada região está correlacionado diretamente a três fatores: número de pescadores, disponibilidade de pescado e tamanho do mercado consumidor (demanda por produtos). Verificou-se também que das 32 espécies relatadas no período, apenas dez apresentaram valores proporcionais relevantes, que corresponderam a 89,4% das capturas. Foi demonstrado não só o baixo volume de pescado capturado, como a reduzida abundância de espécies, visto que, para a bacia do Rio São Francisco, são consideradas 244 espécies de peixes, das quais 214 nativas (BARBOSA e

SOARES, 2009). Em parte, esse fato se deve a baixa capacidade de recuperação dos estoques de determinadas espécies, sobretudo as reofílicas (peixes que migram para reprodução), que antes dos barramentos eram os principais alvos da pesca.

Martins *et al.* (2011) analisaram os impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco, através de séries históricas de cotas e vazões de estações fluviométricas entre as cidades de Piranhas (AL) e a foz do rio. Seus resultados demonstraram que a regularização de vazões após a construção de Sobradinho minimizou os efeitos das grandes cheias na região à jusante e, por outro lado, afetou negativamente as atividades tradicionais das populações ribeirinhas, tais como a pesca, navegação e agricultura.

Em estudo desenvolvido com o auxílio de um modelo (HIDROTERM) adaptado com os usos consuntivos da água, Mendes *et al.* (2012) avaliaram os impactos na produção hidroelétrica causados pelos usos múltiplos da água no Rio São Francisco. Analisaram um cenário que incluiu os 7 anos mais secos da série histórica (abril/1998 a março/2004 – até então, caracterizava-se como o período mais seco da bacia), demonstrando que a geração de energia variou de forma mais sensível ao aumento da demanda de água que o fluxo variável fornecido aos usos consuntivos. Tais autores relataram como sendo os usos mais competitivos por água na região: o abastecimento, a irrigação, a pecuária e a proteção ambiental. Abordaram no estudo que o setor hidroelétrico pretende rever as regras de operação dos reservatórios da região, a fim de atender as demandas dos sistemas de transferência de água de grande porte propostos na bacia. Posteriormente, os mesmos autores (Mendes *et al.*, 2015) analisaram as relações de perda-ganho entre os usos múltiplos da água na bacia do São Francisco e concluíram que, baseando-se nos cenários de demanda de água que variam de usos atuais e estimados, para o valor esperado futuro a ser concedido pelo Governo Federal, as demandas de água para os usos consuntivos não poderão ser plenamente satisfeitas em períodos críticos de seca.

Analisando o sistema em cadeia de reservatórios presente na bacia, Torres *et al.* (2015) realizaram estudo através de análise dos conflitos entre a geração de energia, a pesca, a agricultura de subsistência e a manutenção do ecossistema aquático, a partir de cenários de vazão mínima defluente no trecho do Baixo Rio São Francisco. Observou-se como um dos principais conflitos as regras de operação de reservatórios adotadas para atendimento à demanda energética e sua relação com o meio ambiente aquático. Concluiu-se no estudo que é necessário reformular a alocação de água dos recursos hídricos, quantificar os impactos sobre as diversas dimensões (ambiental, social, econômica) e implementar a vazão ambiental na

bacia hidrográfica, que resultaria no Pacto de Gestão das Águas da Bacia, envolvendo estados, usuários e sociedade civil.

3.4 HIDROLOGIA RELACIONADA ÀS CARACTERÍSTICAS DE UMA BACIA

Os processos hidrológicos relacionados à bacia hidrográfica possuem duas direções predominantes de fluxo: o vertical – constituído pelos processos de precipitação, evapotranspiração, umidade e fluxo no solo; e longitudinal – pelo escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial e rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo), sendo que, o balanço de volumes de uma bacia depende inicialmente dos processos verticais (TUCCI e MENDES, 2006). Os autores mencionados ainda ressaltam que os reservatórios são responsáveis por modificar o escoamento de um rio por meio de fatores como: aumento no nível do rio, redução da declividade na linha de água, redução da velocidade do escoamento e aumento do volume de armazenamento no rio.

Em estudo realizado por Correia e Dias (2003) na área da represa de Sobradinho, foi destacado que um conjunto de fatores é responsável pelo comportamento climatológico nessa região, e que interfere na hidrologia. Nesse estudo, os autores também destacaram a combinação de fatores como a geometria do vale, a configuração das margens do reservatório, o relevo e a diversidade no uso da terra em torno do lago sendo responsáveis pela geração de um sistema de circulações de ventos complexos. Seus resultados mostraram que a variação no nível do lago e conseqüente contração e expansão da área alagada, produz variações espaciais significantes na direção e intensidade do vento, temperatura e umidade atmosférica. Estes processos foram verificados também no estudo realizado por Ekhtiari *et al.* (2017), que investigaram os efeitos do lago de Sobradinho sobre as condições locais da camada superficial e da camada limítrofe, utilizando simulações com um modelo climático regional, comparando dois cenários: com o lago sendo substituído pela cobertura de vegetação nativa média normal e com o lago como existe hoje, em diferentes períodos, refletindo as condições médias e muito secas, respectivamente. Os resultados demonstraram que o lago afeta a temperatura do ar próximo à superfície da área circundante, bem como seus padrões de umidade e vento, sendo esses efeitos estendidos sobre áreas distantes.

Andrade e Santos *et al.* (2011), ao apresentarem as mudanças no regime de cheias em três regiões da bacia do Rio São Francisco (alto, médio e baixo) sob a influência de diferentes níveis de regulação, no período de 1940 a 1960 (antes da construção da primeira barragem) e de 1986 a 2006 (após a última barragem), verificaram a inexistência de grandes inundações

nas áreas a jusante, como também a diminuição na duração de pequenas inundações, além de mudanças significativas na sazonalidade anual de tais eventos. Destacaram ainda que as barragens e outras atividades antropogênicas contribuem de forma significativa para a variabilidade temporal das vazões na bacia do Rio São Francisco. Collischonn *et al.* (2005) apresentaram discussões sobre os critérios utilizados para definição de vazões remanescentes de rios, demonstrando a insuficiência do critério tradicional de vazão ecológica como um vetor único, com validade permanente e para todas as estações, fato debatido por vários pesquisadores até os dias atuais. Os autores ainda mencionam que a quantidade de água necessária à sustentabilidade ecológica de um rio é variável ao longo do tempo.

Reis *et al.* (2004), ao avaliarem a variabilidade espaço-temporal da concentração de material em suspensão no reservatório de Sobradinho, destacaram que a regularização de vazões de jusante promove um maior controle na utilização da água, porém essas intervenções antrópicas (construção de reservatórios) alteram as características físicas, químicas e biológicas dos sistemas naturais. Nesse estudo, eles observaram uma considerável oscilação no nível médio do reservatório de Sobradinho entre os anos de 2001 e 2002, que causou efeitos marcantes sobre a qualidade da água, das características das comunidades aquáticas, da atividade pesqueira e da disponibilidade de água para outros fins, sobretudo para a irrigação, amplamente praticada nos diversos perímetros irrigados dessa região.

Santos (2014), ao avaliar a variabilidade espacial e temporal das características limnológicas do reservatório Santa Cruz no semiárido do Rio Grande do Norte, em um período de reduzida precipitação pluviométrica, constatou um gradiente de valores elevados de algumas variáveis limnológicas à medida em que os pontos de amostragem se distanciavam da barragem e se aproximavam da zona de influência do Rio Apodi/Mossoró. No mesmo estudo, analisando os reservatórios Santa Cruz e Umari, com seus afluentes, verificou-se que o aumento ou diminuição da concentração de nutrientes foi influenciado pelo nível de água dos reservatórios. O autor ainda destaca que a diluição ou concentração das variáveis são influenciadas pelo volume do reservatório, que varia de acordo com a precipitação pluviométrica e as vazões afluentes.

O acompanhamento dos regimes pluviométricos e fluviométricos, conseqüentemente dos volumes carregados ao longo de um rio em seu curso natural ou artificialmente controlado, como no caso de reservatórios, a exemplo de Sobradinho, é de extrema importância, considerando as necessidades de se desenvolverem estudos, previsões e informações consistentes. Neste sentido, Tucci *et al.* (2001) destacaram a importância de uma rede conjunta de informações hidrometeorológicas e de qualidade de água, para se promover um

adequado aproveitamento dos recursos hídricos em bases sustentáveis. Eles ainda ressaltam que a falta de informações ampliam a incerteza nas decisões, provocando resultados negativos quanto ao uso e aproveitamento racionais dos recursos hídricos. Dessa forma, o conhecimento das influências do ciclo hidrológico e da variação de vazão nos rios que naturalmente abastecem os reservatórios, sobre suas variáveis limnológicas, contribui para um adequado gerenciamento da qualidade física, química e biológica da água.

3.5 MONITORAMENTO AQUÁTICO

Através de um programa regular de monitoramento é possível identificar as mudanças nas variáveis bióticas e abióticas, as quais afetam a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, de forma a possibilitar o manejo, a conservação e a utilização dos recursos existentes, levando em consideração os aspectos geográficos, sociais e econômicos nas diferentes regiões (BARBOSA, 1994). O mesmo deve incluir coletas frequentes nos mesmos pontos de amostragem e análise em laboratório de grande número de parâmetros (ANDRADE *et al.*, 2007), com o objetivo de obter-se uma estimativa real da dinâmica de variação da qualidade das águas superficiais (TRINDADE, 2013), assim como da relação da qualidade com a quantidade de água disponível nesses ecossistemas, de maneira que seu uso e controle sejam realizados sustentavelmente ao longo do espaço e do tempo.

Para a avaliação da qualidade ambiental é essencial uma rede permanente de monitoramento, além disso, sua idealização e manutenção devem levar em consideração as restrições, inclusive de material (TRINDADE, 2013). O monitoramento periódico serve ainda como referencial para redimensionamento e revisão dos licenciamentos ambientais emitidos para empreendimentos, bem como para ações em cada região ou trecho que apresentem através de suas características ambientais as modificações apresentadas ao longo do tempo.

Marotta *et al.* (2008) destacaram que o monitoramento limnológico pode embasar o planejamento e gestão urbano-ambiental em várias escalas de análise, da municipal à regional, constituindo-se em um instrumento de planejamento, ao detectar tendências ou possibilitar o diagnóstico da degradação ecológica e sanitária, e assim propor medidas corretivas.

Em monitoramento limnológico realizado por Esteves e Rocha (2015), os autores apresentaram a importância desse tipo de monitoramento como instrumento determinante na tomada de decisões das questões ambientais empresariais. Destacou-se nesse estudo os impactos positivos, tanto para as empresas quanto para a sociedade, gerados através da

implantação de um programa de monitoramento ambiental e a capacidade de gerenciamento que ele propicia.

Oliveira *et al.* (2008) utilizaram índices multimétricos como ferramenta de avaliação biológica da integridade ecológica de ecossistemas aquáticos, destacando essa metodologia como um dos mais utilizadas em programas rotineiros de monitoramento biológico em países como EUA, Alemanha, França e Áustria. Foi verificado que essa ferramenta tem a capacidade de integrar informações dos vários aspectos, fornecendo uma classificação geral da degradação, sem perder a informação proveniente das métricas individuais.

Rodrigues *et al.* (2008) utilizaram Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PARs) com o objetivo de promover a participação da comunidade no monitoramento dos recursos hídricos, demonstrando que esses protocolos avaliam de forma integrada características de um rio de acordo com seu estado de conservação ou degradação do ambiente fluvial, principalmente em regiões com poucos recursos financeiros e grandes problemas ambientais. Esta alternativa apresenta viabilidade econômica e fácil aplicação, além de aproximar a sociedade civil de tais questões e incorporar outros procedimentos metodológicos.

Relacionado a procedimentos e meios de monitoramento dos recursos hídricos, Buss *et al.* (2008) reforçam a necessidade de integração entre os métodos tradicionais e os fornecidos pela análise biológica. O biomonitoramento fornece informações sobre os efeitos estressores no sistema biológico, podendo em alguns casos inferir sobre a qualidade e quantidade do distúrbio. Os autores ainda destacam que o desenvolvimento dos métodos de monitoramento é geralmente oriundo de estudos acadêmicos, que devem estar conectados com os critérios estabelecidos pelas agências responsáveis pela gestão.

Segundo Straskraba e Tundisi (2013), em um rio em seu estado natural, existe um gradiente contínuo de condições físicas desde as nascentes até sua foz. Com a construção de um reservatório, as condições físicas, químicas e biológicas sofrem alterações em maior ou menor escalas. Porém, em alguma distância a jusante da barragem, as condições do rio retornam às suas características naturais. Essa distância de recuperação é chamada de “distância de reset”, onde uma determinada série de variáveis se recupera, demonstrando também o grau de interferência nas condições naturais do rio. A esse respeito, leva-se em consideração o sistema de reservatórios em cadeia na bacia do Rio São Francisco, onde está inserido o reservatório de Sobradinho, uma vez que o mesmo recebe um maior volume afluente de rios oriundos do Estado de Minas Gerais e tem como reservatório a montante de maior porte o de Três Marias.

O reservatório de Sobradinho tem as funções de regularização de vazões, a geração de energia elétrica e os demais usos (CHESF, 2013). Tal fato remete à preocupação da quantidade e qualidade de água afluyente ao reservatório, bem como a sua dinâmica nesse ambiente, face aos vários fatores antrópicos, geográficos, hidrológicos, dentre outros, bem como seu período de retenção, determinado em função de uma vazão remanescente e do volume do corpo hídrico.

Nas disposições gerais do CONAMA 357/05 em seu Artigo 12, o Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo d'água estiver abaixo da vazão de referência, a exemplo do que vem ocorrendo com as frequentes reduções de vazão a jusante de Sobradinho, em função do período de seca prolongada - em torno de seis anos em alguns trechos da bacia. A CHESF, responsável pela implementação dos Planos, Programas e Medidas Mitigadoras, dispostos na Licença de Operação (nº 406/2004), vem realizando o necessário acompanhamento físico-químico e biológico de alguns parâmetros em intervalos de tempo menor e em menos pontos de amostragem. O necessário acompanhamento de um sistema em cadeia de reservatórios remete novamente à necessidade de avaliação de suas alterações ao longo de seu percurso, em virtude dos múltiplos usos a que são destinados, como é o caso de Sobradinho, e a dependência de todo um sistema a jusante.

3.5.1 Etapas de um monitoramento aquático

Segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), para se conhecer e avaliar o funcionamento dos ecossistemas aquáticos continentais, águas costeiras ou oceânicas, o monitoramento é uma ferramenta valorosa, apresentando-se como um importante instrumento de detecção de problemas como fontes de contaminação e poluição, e das alterações biológicas (no plâncton, bentos ou nécton) que ocorrem nas bacias hidrográficas. O Guia Nacional de Coleta (CETESB/ANA, 2011) traz em seu conteúdo que o monitoramento das águas visa identificar as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água, decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais. Destaca a existência de práticas e procedimentos gerais que são utilizados para a definição das condições do corpo d'água.

Baseando-se nesse Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB/ANA, 2011), e no Portal da Qualidade das Águas (ANA, 2017), bem como no material de Capacitação para a Gestão das Águas de monitoramento da qualidade das águas

em rios e reservatórios (ANA, 2018), serão apresentados no Quadro 1 procedimentos gerais para uma adequada configuração de um monitoramento aquático.

Quadro 1 - Resumo das etapas de um monitoramento aquático

1º Identificar o objetivo do monitoramento			
Objetivos	Escopo	Frequência	Parâmetros
Básico	Acompanha a evolução da qualidade da água, identifica tendências, apoia a elaboração de diagnósticos	Trimestral a mensal	Depende do tipo de uso e ocupação da bacia
Inventário	Avalia a qualidade da água em um trecho específico	Diária a mensal	Depende das exigências legais e custos
Vigilância	Acompanha a qualidade da água para um determinado uso associado	Em tempo real - utilizando equipamentos de medições automáticos	Limitados pela alta frequência - depende das exigências legais e custos
Conformidade	Acompanhamento em atendimento a requisitos legais, condicionantes das licenças ambientais e termos de outorga	Determinados pelos órgãos competentes	Determinados pelos órgãos competentes
2º Avaliar os procedimentos metodológicos			
Determinar as variáveis limnológicas			
Profundidades			
Corpos hídricos			
Equipamentos			
Procedimentos laboratoriais			
3º Determinar a frequência de amostragem			
Relação direta com o objetivo			
Periodicidade das amostragens – diária, quinzenal, mensal, trimestral, semestral, anual			
4º Abrangência especial			
Através de avaliação prévia, realiza-se a definição da quantidade de estações e onde (especialmente) estas serão alocadas (exemplo: entrada, no meio e na saída do reservatório).			

Fonte: Adaptado de CETESB/ANA (2011).

Para a realização de um monitoramento de qualidade da água, algumas etapas complementares devem ser definidas e realizadas em relação a aspectos tais como:

- a) Coleta: Procedimentos para coleta de amostras em recipientes apropriados, aferição de parâmetros em campo através de equipamentos de medição, definidos no plano de amostragem;

- b) Armazenamento da amostra: A depender da variável a ser analisada, a amostra deve permanecer em baixas temperaturas, ou em temperatura ambiente, em alguns casos devem ser adicionados reagentes para conservação;
- c) Análises Laboratoriais: Tais análises dependem da variável a ser analisada, e os procedimentos laboratoriais usualmente adotados são: titulometria, espectrofotometria ou medição por equipamentos digitais (eletrodos, sensores), comumente empregando as metodologias sugeridas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater;
- d) Análise de dados: Após a realização dos procedimentos listados anteriormente, reúne-se os dados das análises de campo e laboratório, com as quais o gestor terá informações que lhe fornecerão subsídios para suporte técnico a tomadas de decisões.
- e) Interpretação dos Resultados: Baseada na análise estatística de dados e na correlação com as legislações vigentes, tanto no âmbito municipal, estadual e federal as decisões tomadas pelo gestor estarão aptas ou não a sua implementação.

3.5.2 Monitoramento das variáveis limnológicas

Na atualidade existe um grande número de variáveis ou determinantes que podem ser utilizados na caracterização de um corpo d'água, que envolvem parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, biológicos, toxicológicos e radiológicos. Tais parâmetros devem ser definidos a partir de um conhecimento adequado do seu significado, abrangência, limitação, confiabilidade, além de referências para comparações e custos para sua obtenção. Para cada estudo, ou conjunto de variáveis, a utilização dos parâmetros e critérios mais empregados deve estar relacionada à legislação vigente (CETESB/ANA, 2011).

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam a qualidade das águas sofrem grandes variações no tempo e no espaço (ANDRADE *et al.*, 2007). Isto reforça a necessidade de programas regulares de monitoramento visando estimativas confiáveis da qualidade da água. O estudo cuidadoso de qualidade dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica é uma prioridade em termos de política de proteção ambiental (SIMEONOV *et al.*, 2002).

Segundo Peixoto (2016), para se monitorar a qualidade das águas é necessário o conhecimento das várias características presentes. As variáveis físicas são geralmente medidas em escalas próprias, as químicas em concentrações (mg/L ou ppm) e as biológicas pela densidade populacional do organismo de interesse.

3.5.3 Parâmetros físicos

A respeito das características físicas pode-se citar: estado (sólido, líquido, gasoso), cor, turbidez, pressão, temperatura, sendo essas que afetam os sentidos humanos (TUCCI e MENDES, 2006). Relacionado ao que foi apresentado e ao estudo em questão, destacam-se alguns parâmetros físicos de relevância para estudos de monitoramentos de qualidade da água em rios e reservatórios, tais como: temperatura e turbidez.

a) Temperatura

A temperatura da água geralmente é medida através de sensor acoplado a um equipamento multiparâmetros, ou com termômetros. É uma variável muito importante nos ecossistemas aquáticos, em virtude de vários processos físicos, químicos e biológicos serem influenciados por ela. Por exemplo, elevação de temperatura altera a viscosidade, a tensão superficial, a compressibilidade, o calor específico, a constante de ionização e o calor latente de vaporização da água diminuem (ESTEVES, 2011). Além disso, outros fatores antrópicos, como o despejo de efluentes industriais também podem afetar a temperatura da água.

Segundo Braga *et al.* (2005), a estratificação térmica provocada pela rápida absorção de calor em lagos e reservatórios pode provocar uma diferença de temperatura, dividindo a coluna d'água em diferentes regiões, criando camadas superiores mais quentes e menos densas, e inferiores mais frias e densas, podendo influenciar no metabolismo dos organismos aquáticos, e causar, por exemplo, a migração de peixes para regiões mais amenas, com maiores concentrações de oxigênio dissolvido.

Silva *et al.* (2009) realizaram estudo no Alto São Francisco, na região de Três Marias e constataram menores valores de temperatura da água nas cabeceiras do Rio São Francisco, ocorrendo um aumento de seus valores na direção da UHE de Três Marias. Também com dados obtidos através da Agência Nacional de Águas (ANA) entre os anos de 1976 e 2008, Silva *et al.* (2010) analisaram parâmetros de qualidade da água nas quatro regiões do São Francisco (Alto, Médio, Submédio e Baixo) e novamente constatou-se menores valores de temperatura nas cabeceiras do Rio São Francisco.

b) Turbidez

Outro parâmetro físico de grande relevância, tratado no presente estudo, diz respeito à turbidez, a qual consiste na redução da transparência de uma amostra aquosa devido à presença de material em suspensão (CETESB/ANA, 2011). Em estudos de monitoramento, a turbidez geralmente é determinada através de um turbidímetro (sensor ou equipamento), podendo estar acoplado a sondas multiparamétricas. Os valores de turbidez são medidos em unidades nefelométricas (UNT), e vão de 0 a 1000.

Enquanto a turbidez é a resultante do espalhamento e absorção da luz, a transparência é o limite de visibilidade da água. Elas são resultado do tipo e da concentração de materiais em suspensão (argila, silte, partículas finas de matéria orgânica, compostos orgânicos solúveis e plâncton). Quanto menores e mais leves as partículas, maior é a turbidez (GASTALDINI e MENDONÇA, 2003). Além disso, o aumento das vazões, associada à precipitação e saturação dos solos, aumenta a concentração de sedimentos, o que provoca consequentemente o aumento da turbidez (STRASKRABA e TUNDISI, 2013).

Jesus e Souza (2013) avaliaram a qualidade da água do Rio São Francisco no perímetro urbano de Bom Jesus da Lapa (BA), região do Médio São Francisco. Dentre os parâmetros analisados, a turbidez apresentou valores abaixo dos máximos permitidos para as águas da Classe 02 de água doce, estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, que define limite de até 100 UNT. Apesar da turbidez ter apresentado valor bem abaixo do limite estabelecido (10 UNT), os autores concluem que é necessário monitoramento regular, visto que, semelhantemente a outras regiões do São Francisco, o trecho estudado já demonstra indícios de impactos derivados de resíduos sólidos procedentes de áreas urbanas, e indícios de assoreamento do rio.

Medeiros *et al.* (2015) avaliaram o comportamento da turbidez e do material em suspensão na região do Baixo São Francisco, relacionada à vazão regularizada pelo sistema de barragens em cascata. Entre os resultados, evidenciou-se que a localização geográfica dos eventos de precipitação pluviométrica é determinante nos dois parâmetros estudados e ainda constatou que há correlação entre material em suspensão e turbidez, demonstrando que a turbidez pode ser utilizada adequadamente como indicador de material em suspensão no Rio São Francisco.

3.5.4 Parâmetros químicos

Os parâmetros químicos são também responsáveis pelas interações resultantes de ciclos e processos que ocorrem no meio aquático (TUCCI e MENDES, 2006), sejam elas por meio de agentes naturais, como o intemperismo ocasionado pela desintegração de rochas, ou por agentes antrópicos, como despejos domésticos e industriais. Para este estudo foram abordados os seguintes parâmetros químicos: pH, Oxigênio dissolvido e Fósforo Total.

a) Potencial hidrogeniônico (pH)

A respeito do potencial hidrogeniônico (pH), esse parâmetro traduz-se pela concentração dos íons H^+ nas águas, representando a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Possui uma faixa de variação de 0 a 14, sendo uma água com um pH menor que 7 considerada ácida, acima de 7 básica ou alcalina, e com valor igual a 7 uma água considerada neutra (CETESB/ANA, 2011). Segundo Libânio (2010), o intervalo adequado à manutenção da vida aquática apresenta-se na faixa de pH variando de 6,0 a 8,5. Já a Resolução CONAMA 357/2005 delimita tal variação entre os valores de 6 a 9.

Valores de pH muito distantes da faixa de neutralidade em corpos d'água podem afetar o desenvolvimento de organismos aquáticos (Quadro 2). Esse parâmetro pode sofrer alterações naturais originadas da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, como também da fotossíntese realizada pelas algas, bem como origens externas, provocadas geralmente por despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) ou despejos industriais (ESTEVEES, 2011).

Costa (2004), estudando o reservatório de Sobradinho, observou valores de pH compreendidos entre 6,7 e 8,5, e destacou as pequenas amplitudes de variação entre as profundidades e as estações de amostragem, não apresentando diferença marcante entre as mesmas, caracterizando capacidade de tamponamento das massas hídricas. Entretanto, na região mais próxima ao barramento, foi observado um aumento da amplitude entre os valores de superfície e fundo, em comparação com as estações a montante.

O Quadro 2 apresenta os efeitos do pH sobre os organismos aquáticos, conforme Esteves (2011).

Quadro 2 - Efeitos do pH sobre os organismos aquáticos

Valores de pH	Efeitos sobre os organismos aquáticos
11,5 - 12,0	Alguns Trichoptera conseguem sobreviver
11,0 - 11,5	Efeito imediato: letal para todas as espécies de peixes
10,5 - 11,0	Letal para alguns Plecoptera e Anisoptera (Odonata); Trichoptera tem a emergência reduzida
10,0 - 10,5	Alguns Plecoptera típicos e Ephemeroptera sobrevivem com a emergência reduzida
9,0 - 10,0	Reduz a emergência de alguns Plecoptera
8,0 - 9,0	Sem efeito aparente para os invertebrados
7,0 - 8,0	7,0 é quase o limite inferior para a reprodução de <i>Gammarus</i> sp. e para alguns outros Crustacea
6,5 - 7,0	Invertebrados relativamente normais exceto Crustacea, incluindo a ocorrência comum de Mollusca
6,0 - 6,5	População aquática diversificada; não ocorre a reprodução de <i>Gammarus</i> sp. e <i>Daphnia</i> sp.
5,5 - 6,0	Os Mollusca são raros
5,0 - 5,5	Baixa diversidade de invertebrados bentônicos, com certos Simuliidae, Ephemeroptera, Plecoptera e Chironomidae presentes em maior número; letal para outros invertebrados, tal como alguns Ephemeroptera
4,5 - 5,0	Fauna bentônica restrita, Ephemeroptera reduzidos; letal para muitos Plecoptera típicos; inibe a emergência de certas larvas de Trichoptera, Plecoptera e Chironomidae
4,0 - 4,5	Alguns Trichoptera e Anisoptera (Odonata) são encontrados em tais habitats; algumas larvas da família Chironomidae são dominantes
3,5 - 4,0	Toda flora e fauna severamente restritas em número de espécies
3,0 - 3,5	Poucos tipos de invertebrados tais como certas larvas de Chironomidae e Sialidae

Fonte: Adaptado de Esteves (2011).

Peres (2012) avaliou a qualidade da água do Rio São Francisco entre os municípios de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), trecho logo a jusante da UHE de Sobradinho, e constatou que os valores encontrados estavam dentro dos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (entre 6 e 9), com exceção de apenas um ponto que apresentou valor de 9,15. Destacou ainda, a importância do acompanhamento do pH, por fazer parte do cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), sendo o terceiro parâmetro mais importante (peso 0,12). Embora o pH tenha apresentado valores dentro dos limites regulamentados, observou-se uma alteração na qualidade da água nos trechos a montante das cidades, entre elas e a jusante, onde os resultados da determinação do Índice de Qualidade de Água (IQA) classificaram as águas em: Boa e ótima, seguida de Boa e Péssima, e Boa e ótima respectivamente, indicando queda na qualidade da água na área de maior influência das regiões urbanas.

Melo (2007) estudou a qualidade da água do Reservatório de Itaparica, integrante do sistema em cadeia de reservatórios do São Francisco, sendo o primeiro a jusante de Sobradinho. Constatou valores de pH variando entre 6,4 e 9,4, sendo que, na maioria dos pontos, foram registrados valores próximo à neutralidade, e que valores levemente alcalinos (> 8) foram observados nos meses chuvosos (Janeiro/2005 e abril de 2004 e 2005), destacando que tais valores alcalinos foram obtidos em algumas estações de captação de água para abastecimento, próximas a centros urbanos ou a áreas de cultivos agrícola.

b) Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (O_2) constitui-se em um dos gases mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos, devido à sua relação não só com os organismos aquáticos, mas também com outros parâmetros. Por exemplo, o oxigênio dissolvido (O_2) está correlacionado com a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), influenciando nos limites de tal demanda, estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, em função da capacidade de autodepuração que um determinado corpo hídrico receptor demonstre em função das concentrações mínimas de oxigênio dissolvido, nas condições de vazão de referência (VON SPERLING, 1996).

As perdas de oxigênio dissolvido nos ambientes aquáticos são ocasionadas pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), para a atmosfera, pela respiração dos organismos aquáticos, e pela oxidação de íons metálicos como, por exemplo, ferro e manganês. Segundo Straskraba e Tundisi (2013), os níveis de oxigênio dissolvidos dos rios são resultado da incorporação desse elemento nos trechos turbulentos, da produção por algas e macrófitas através da fotossíntese, assim como da quantidade consumida durante a decomposição da matéria orgânica.

A solubilidade do oxigênio na água depende de dois fatores principais: Temperatura e pressão. Considerando pressões iguais à atmosférica, as regiões tropicais possuem menor capacidade de solubilização do oxigênio na água que os corpos hídricos de regiões temperadas, em virtude da predominância de altas temperaturas. Consequentemente, os reservatórios tropicais têm a princípio menos oxigênio disponível do que os lagos de regiões temperadas (ESTEVEZ, 2011).

Jesus e Souza (2013), em seu estudo de avaliação da qualidade da água na região de Bom Jesus da Lapa (BA), trecho a montante do reservatório de Sobradinho, obtiveram valor de Oxigênio Dissolvido (OD) de 7,51 mg/L, dentro do exigido para a manutenção da vida

aquática, e especificado na Resolução CONAMA 357/2005, que recomenda valor maior ou igual a 5,0 mg/L. Costa (2004) observou no reservatório de Sobradinho valores variando entre 5,36 e 13,6 mg/L, em medições de superfície, e entre 4,71 e 13,1 mg/L, em medições de fundo. Peres (2012) verificou a jusante de Sobradinho, em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), valores de OD dentro dos limites estabelecidos em todas as medições em três dos seis pontos monitorados, enquanto que os outros três pontos estiveram fora dos padrões em 39% das medições. Constatou-se nesses estudos que esses pontos com os menores níveis de oxigênio dissolvido estavam localizados mais próximos aos municípios, concluindo-se que essa região sofre forte impacto dos efluentes lançados, visto que nos pontos mais a montante e a jusante das duas cidades o teor de oxigênio dissolvido foi satisfatório.

No sentido do fluxo, do Rio São Francisco no reservatório de Itaparica, Melo (2007) registrou concentrações de oxigênio dissolvido variando de 4,6 a 11,7 mg/L, em medições de superfície, e de 3,1 a 9,5 mg/L, no fundo, tendo a superfície apresentado valores abaixo do limite da Resolução CONAMA 357/05 em dois pontos, e em nove pontos, para as medições de fundo. Novamente, os menores níveis de oxigênio dissolvido registrados foram relacionados com a proximidade de áreas urbanas. Além disso, foi destacado que as menores taxas foram encontradas em um mês com várias aflorações de microalgas (julho/2004), especialmente cianobactérias.

Silva *et al.* (2010) analisaram a qualidade da água na bacia do Rio São Francisco, através de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), coletados em 30 estações fluviométricas, entre 1976 e 2008. Observaram que os menores valores de Oxigênio dissolvido encontravam-se próximo à UHE de Três Marias e, seguindo o sentido de fluxo do rio, de Xique-Xique (BA) ao polo agrícola entre Juazeiro (BA) e Petrolina (PE). Verificou-se ao final do estudo que a reduzida circulação hídrica nos lagos das UHEs, a utilização de produtos químicos na agricultura, e a poluição hídrica por indústrias e residências causaram significativa estratificação térmica e eutrofização e, deste modo, diminuíram o OD na bacia.

c) Fósforo

As diferentes configurações do fósforo no ambiente aquático encontram-se sob a forma de fosfato, seja na forma iônica ou complexada. Atualmente a nomenclatura utilizada pelos pesquisadores agrupam suas várias formas em apenas cinco: fosfato particulado (P - particulado), fosfato orgânico dissolvido (P - Orgânico dissolvido), fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato ou fosfato reativo (P-orto), fosfato total dissolvido (P - total

dissolvido) e fosfato total (P - total). O P-orto é a principal forma assimilada pelos vegetais aquáticos. De uma maneira geral, o fósforo é o principal responsável pela eutrofização artificial de ecossistemas aquáticos continentais, além de ser um fator limitante de sua produtividade através de sua participação em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, como o armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (ESTEVES, 2011).

As principais fontes de origem do fósforo são a dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, fertilizantes, esgotos domésticos e industriais, detergente e excrementos de animais (LIBÂNIO, 2010). Junto com o nitrogênio, o fósforo é um dos indicadores das condições de eutrofização de um corpo d'água, sendo ainda um indicador de eutrofização em corpos hídricos (TUCCI e MENDES, 2006).

Silva Neta *et al.* (2012) avaliaram a influência do uso de fertilizantes na qualidade da água no entorno do lago de Sobradinho, através de quatro parâmetros (fósforo total, amônia, nitrito e potássio). Embora a maioria dos 26 pontos analisados tenha apresentado concentrações dentro dos limites do CONAMA 357/05, o fósforo excedeu tais limites em dois pontos, associados a regiões sujeitas a eutrofização.

Costa (2004) apresentou uma metodologia baseada na capacidade de assimilação do fósforo pela água, para estimar a capacidade de produção de peixes em tanques rede, aplicada ao reservatório de Sobradinho, dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA Nº 20/1986 (resolução vigente na época do estudo), na qual estabelecia limites para concentração do Fosfato total de até 0,025 mg/L para ambientes lênticos, mais tarde revogada pela Resolução 357/2005 que estabeleceu até 0,030 mg/L de P total nessas áreas. Entre os resultados, esse estudo demonstrou a importância do acompanhamento dos níveis de fósforo para avaliação da capacidade suporte de ambientes aquáticos utilizados também pela aquicultura.

Peres (2012) avaliou, dentre outros parâmetros, o fósforo no Rio São Francisco, nos municípios de Juazeiro e Petrolina, registrando valores muito acima dos permitidos pela legislação para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários, delimitados na Resolução CONAMA 357/2005, que é de no máximo 0,1 mg/L. Foram registrados valores de 0,72 a 37,57 mg/L entre os seis pontos monitorados, com presença de muitas macrófitas próximas a esses pontos.

Lima e Severi (2014) avaliaram o estado trófico da água na cascata de reservatórios entre o Médio e o Baixo Rio São Francisco, e observaram que o fósforo total apresentou tendência de queda nas concentrações ao longo dos reservatórios, com uma maior diferenciação entre Sobradinho e Xingó, e uma elevação entre eles, registrada nos

reservatórios de Moxotó e PA-IV. Destacaram ainda que o índice de estado trófico modificado do fósforo total apresentou variação de eutrófico a mesotrófico para o reservatório de Sobradinho.

3.5.5 Parâmetros biológicos

O monitoramento de comunidades biológicas fornece base para avaliação da integridade ecológica de ambientes aquáticos. Uma vez que o dado biológico é gerado a partir de um organismo que pode escapar à captura ou apresentar comportamento migratório, o monitoramento deve ser bem planejado para que os resultados reflitam a qualidade desses habitats (CETESB/ANA, 2011).

O fitoplâncton é o mais utilizado em monitoramentos, em virtude da necessidade de identificação de algumas espécies prejudiciais à saúde humana (cianobactérias).

Outro parâmetro biológico também bastante utilizado é a Clorofila, através da indicação da presença de biomassa algal em ambientes aquáticos, sendo a presença de algas indiretamente medidas pela concentração da clorofila em microgramas por litro. Porém, a identificação das espécies e grupos de fitoplânctons presentes nesses ambientes dão uma resposta mais completa que a fornecida apenas através da biomassa desses organismos, além de atender a exigências da legislação (CONAMA 357/2005, Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde de 2017), relacionadas aos limites estabelecidos em águas destinadas a potabilidade, pisciculturas, dentre outros usos.

a) Fitoplâncton

O fitoplâncton é composto por organismos microscópicos fotossintetizantes que vivem distribuídos em várias camadas da água. Em corpos hídricos de água doce eles estão predominantemente distribuídos na zona eufótica - região do ecossistema aquático que recebe luz solar suficiente para que o fitoplâncton realize a fotossíntese. Nesses ambientes, eles são constituídos geralmente por algas (clorofíceas, diatomáceas, euglenofíceas, crisofíceas, dinofíceas e xantofíceas) e cianobactérias (ESTEVEZ, 2011; CETESB/ANA, 2011).

Em ambientes aquáticos oligotróficos, ou seja, pobres em nutrientes, a comunidade fitoplantônica é pouco abundante. Já em ambientes ricos em nutrientes (eutrófico), essa comunidade é geralmente abundante, com a predominância de espécies pertencentes a um único grupo. As principais consequências de ambientes eutrofizados são a ploriferação de

algas e cianobactérias, que produzem o fenômeno chamado de floração ou “Bloom”, sendo as cianobactérias os organismos mais comuns a causar essas florações em águas continentais, podendo produzir toxinas, conhecidas como cianotoxinas, que podem provocar efeitos neurológicos, hepatotóxicos ou dermatotóxicos em seres humanos (CETESB/ANA, 2011).

Além da quantidade de nutrientes, outros fatores também influenciam na composição e distribuição da comunidade fitoplanctônica, tais como: vento, correnteza, estratificação, circulação, profundidade de penetração da luz (zona eufótica), intensidade luminosa, estação do ano, presença de material tóxico, dentre outros (ESTEVEZ, 2011; CETESB/ANA, 2011).

Cardoso *et al.* (2017) analisaram a composição e abundância de espécies fitoplanctônicas em trechos de uma bacia receptora (Rio Piranhas-Açú) das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco, na região semiárida nordestina. Foram identificados 81 táxons, e entre as espécies mais abundantes, algumas cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas. O referido estudo ressalta a importância do monitoramento do fitoplâncton não só das regiões receptoras de águas, mas também dos rios afluentes, visto que, águas de um corpo hídrico eutrofizado poderiam ampliar as reações negativas de um manancial receptor já impactado. Além disso, águas destinadas ao abastecimento humano não devem exceder, no ponto de captação, a densidade de cianobactérias em 20.000 células/mL. Caso isto ocorra, deve-se realizar análise de cianotoxinas na água do manancial, com frequência semanal (CONAMA 357/2005, Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde de 2017).

Jardim (2011) realizou estudo na bacia do Rio das Velhas (MG), região do Alto São Francisco, sobre a variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais e sua associação com as florações de cianobactérias. Tal estudo identificou que os parâmetros que mais se correlacionaram positivamente com a densidade de cianobactérias foram: oxigênio dissolvido, pH e clorofila-*a*; e os únicos parâmetros que apresentaram correlação negativa foram a turbidez e os sólidos suspensos totais. Ao final, observou-se que os parâmetros que influenciam a densidade de cianobactérias sofrem forte interferência da sazonalidade.

Gunkel *et al.* (2015) avaliaram os usos múltiplos da água do reservatório de Itaparica, os conflitos pelo uso, os processos ecológicos e a capacidade e limitação do reservatório em períodos secos. Entre os vários fatores analisados, observou-se que a variação sazonal do nível da água do reservatório favorece à concentração de nutrientes e as baías do reservatório com baixa circulação de água, apresentam um maior risco de eutrofização, com dominância de cianobactérias. Tais regiões observadas em Itaparica possuem similaridade com as

reentrâncias do Reservatório de Sobradinho e, da mesma forma, demandam observância dos processos e limitações desses ecossistemas.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

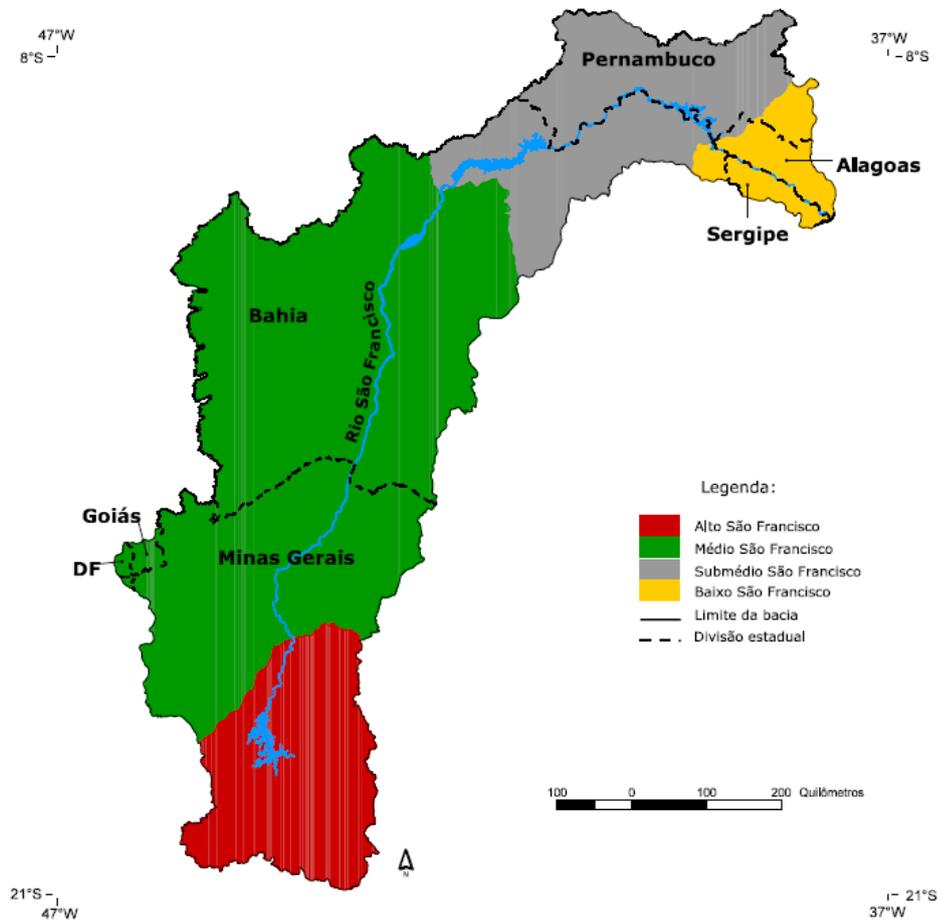
A bacia hidrográfica do Rio São Francisco possui uma área de 639.000 km², com extensão de 2.863 km, onde estão inseridas 32 sub-bacias e 168 afluentes, sendo 99 perenes e 69 intermitentes, tendo como biomas: Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Zona Costeira.

O Rio São Francisco constitui a terceira maior bacia hidrográfica do Brasil, nascendo na Serra da Canastra em Minas Gerais, escoando no sentido Sul-Norte, percorrendo os Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e desaguando no Oceano Atlântico, entre os Estados de Sergipe e Alagoas, recebendo durante esse percurso águas de outros afluentes do Estado de Goiás e do Distrito Federal (CBHSF, 2016).

Em virtude de sua grande dimensão territorial, com diferentes características fisiográficas, a bacia do São Francisco foi subdividida em quatro regiões, para fins de planejamento: o Alto São Francisco (onde está localizada a represa de Três Marias) - compreende o trecho onde o rio nasce na Serra da Canastra até a cidade de Pirapora, no centro-norte de Minas Gerais; o Médio São Francisco, de Pirapora até o município de Remanso na Bahia; o Submédio, que vai de Remanso, passando pelas represas de Sobradinho e de Itaparica, até a divisa natural entre os Estados da Bahia e de Pernambuco, alcançando o limite com Alagoas (onde se localiza o Complexo de Paulo Afonso); e o Baixo São Francisco (onde está localizada a represa de Xingó), compreendendo essa divisa natural no município de Paulo Afonso (BA), até a sua foz entre os Estados de Alagoas e Sergipe (CBHSF, 2016) (Figura 1).

As regiões da bacia possuem características distintas, diferenciando-se por exemplo, quanto ao regime pluviométrico, com a região do Alto concentrando 60% das chuvas entre os meses de novembro a janeiro, enquanto que no Baixo a estação chuvosa ocorre entre os meses que compõem o outono/inverno (CBHSF, 2018) (Tabela 1).

Figura 1 - Regiões fisiográficas da bacia do Rio São Francisco



Fonte: Hermuche (2007).

Tabela 1 - Características das regiões da bacia do Rio São Francisco

Características	Regiões fisiográficas			
	Alto	Médio	Submédio	Baixo
Clima predominante	Tropical úmido e temperado de altitude	Tropical semi-árido e sub-úmido seco	Semi-árido e árido	Sub-úmido
Precipitação média anual (mm)	2.000 a 1.100	1.400 a 600	800 a 350	350 a 1.500
Temperatura média (°C)	23	24	27	25
Insolação média anual (h)	2400	2600 a 3.300	2800	2800
Evapotranspiração média anual (mm)	1000	1300	1550	1500
Área da região (mil Km ²)	114	409	150	34
Área da região (%)	16	58	21	5

Fonte: Adaptado de CBHSF (2018) e ANA (2018).

3.6.1 Tipos de uso do solo

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025 (CBHSF, 2018) destaca o grupo “estabelecimentos agropecuários” como sendo o uso dominante na bacia hidrográfica, com (cerca de 57% da área) e em todas as regiões fisiográficas, à exceção do Baixo São Francisco, em que o grupo mais representativo é o das pastagens (cerca de 53% da área). Tais análises foram baseadas nos grandes grupos de uso e ocupação do solo (Tabela 2).

Tabela 2 - Usos do solo, por região fisiográfica da bacia do Rio São Francisco (em %) (2010).

Grandes grupos de uso do solo	Alto	Médio	Submédio	Baixo	BHSF
Área urbanizada	3,3	0,3	0,7	1	0,9
Lavouras	1,9	5,6	1,6	5,4	4,3
Matas e/ou florestas	5,4	11,7	7,9	2,4	9,7
Pastagens	32,5	17,8	8,6	52,6	19,9
Estabelecimentos Agropecuários	44,5	57,6	72,8	27,1	56,9
Outros/diversos	12,3	7,1	8,4	11,5	8,3
Total	100	100	100	100	100

Fonte: CBHSF (2018).

3.6.2 Demanda hídrica - Caracterização dos usos múltiplos na bacia

O PHBSF (2016) tem como um dos objetivos o conhecimento da atual situação da bacia e o planejamento até um tempo determinado (2016-2025), trazendo consigo a demanda hídrica considerada relevante (existente ou potenciais), incluindo os usos consuntivos (abastecimento público de água, uso industrial, agropecuária e irrigação) e não consuntivos (diluição de efluentes, geração de energia, mineração, pesca e aquicultura, turismo e recreação, navegação), bem como a preservação ambiental e as transposições de água presentes e em planejamento/início de execução. Em 2014, as vazões outorgadas na bacia totalizaram 723,4 m³/s (559,1 m³/s de vazão outorgada de origem superficial, 75,6 m³/s de vazão outorgada de origem subterrânea e 88,7 m³/s de vazão outorgada indeterminada). O Quadro 3 identifica as finalidades predominantes e a quantificação do número de outorgas e das vazões outorgadas por região fisiográfica.

Considerando as vazões outorgadas em relação aos diversos usos (principais) e as informações disponíveis na BHSF, as outorgas distribuem-se da seguinte forma: Irrigação –

556,6 m³/s (77%); abastecimento público (e consumo humano) – 52,4 m³/s (7%); indústria e mineração – 34,7 m³/s (5%); pesca e aquicultura – 3,5 m³/s (1%); criação animal – 1,8 m³/s (~0%); diluição de efluentes – 0,4 m³/s (~0%); geração de energia – 0,1 m³/s (~0%) e outros usos (usos indeterminados) – 73,8 m³/s (10%).

Quadro 3 - Outorgas válidas em 2014 por região fisiográfica, quantidade, vazão e finalidade predominante, por origem da água

Região fisiográfica	Nº. Outorgas			Vazão outorgada (m ³ /s)			Finalidade predominante
	Sup.	Subt.	Ind.	Sup.	Subt.	Ind.	
Alto	1.000	3.360	-	66,9	12	-	Abastecimento público (e consumo humano) (30,2 m ³ /s)
Médio	2.309	3.513	178	318,6	27,6	88,7	Irrigação (398,1 m ³ /s)
Submédio	1.487	59	14	141,7	0,2	0,002	Irrigação (80,8 m ³ /s)
Baixo	304	67	-	31,9	35,8	-	Irrigação (52 m ³ /s)

Fonte: CBHSF (2018).

Legenda: Sup. = Superficial; Subt. = Subterrânea; Ind. = Indeterminado (não preenchido).

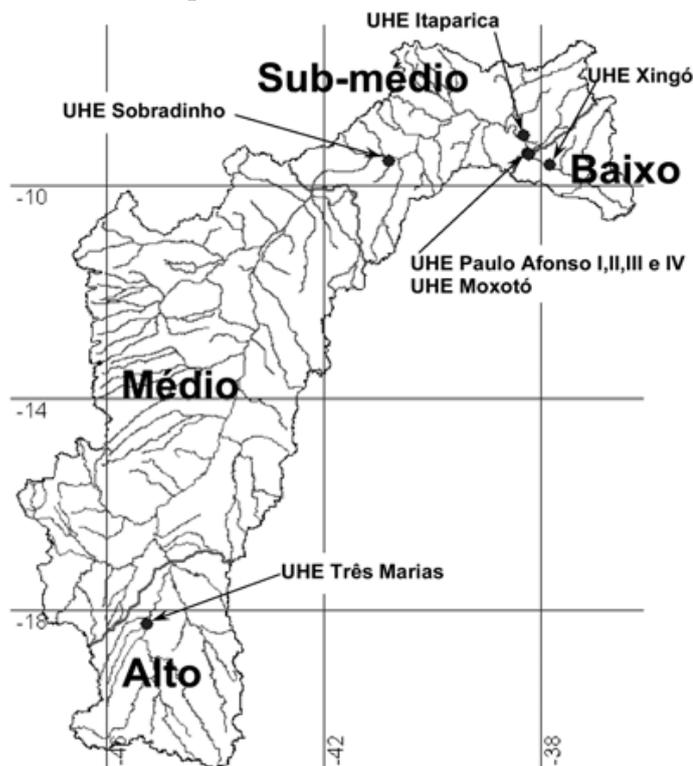
3.6.3 Caracterização da área de estudo

A área de estudo nessa Dissertação está inserida entre as regiões do Médio e Submédio São Francisco, compreendida entre os municípios baianos de Barra, na margem esquerda do Reservatório de Sobradinho, e Morpará na margem direita, trecho lótico mais à montante contemplado, onde se encontram dois pontos de monitoramento fluviométrico (Boqueirão e Morpará). A estação Morpará se encontra no Rio São Francisco, entre os municípios de Morpará e Barra, sendo que a estação de monitoramento de Boqueirão está localizada no Rio Grande, margem esquerda do Rio São Francisco, último afluente de grande porte perene da bacia (CBHSF, 2016).

A região da bacia do Rio Grande possui características importantes a serem ressaltadas: Sua nascente encontra-se no chapadão arenoso da Formação Urucuia, a vegetação predominante é o Cerrado, o clima apresenta duas estações bem definidas, a úmida – de outubro a abril – e a seca – de maio a setembro, com índice pluviométrico registrando em torno de 1100 mm ao ano, e recursos hídricos abundantes, com vazão praticamente homogênea durante todo o ano. Em virtude do grande número de canais fluviais e da abundância de água subterrânea nessa região, o uso de pivôs-centrais na agricultura vem se intensificando (ANDRADE *et al.*, 2002).

O trecho mais a jusante abordado no estudo está inserido entre os municípios de Sobradinho e Casa Nova (BA), região do barramento da UHE Sobradinho, onde também se encontra uma estação de monitoramento fluviométrico (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). Sobradinho é o principal reservatório da bacia, segundo maior da América Latina e integrante de um sistema em cadeia de reservatórios/UHEs, o qual possui como principal reservatório a montante o de Três Marias, localizado em Minas Gerais, Sobradinho e logo a jusante o de Itaparica, seguidos pelo Complexo de Paulo Afonso e Xingó (Figura 2).

Figura 2 - Regiões fisiográficas da bacia do Rio São Francisco e localização dos principais aproveitamentos hidrelétricos



Fonte: Tucci *et al.*(2007).

O reservatório de Sobradinho possui uma capacidade máxima de volume operativo de 34 bilhões de m³, liberando em períodos normais uma vazão média de 2.060 m³/s (Tabela 3). Além disso, Sobradinho também acumula toneladas de sedimentos ano a ano, originados principalmente do Médio São Francisco, o que ocasiona uma menor capacidade de regulação de vazão desse reservatório. Tais sedimentos estão diretamente relacionados à erosão dos solos e taludes, ao desmatamento das margens e às práticas agropastoris (ANDRADE, 2002).

Tabela 3 - Dados do reservatório de Sobradinho

Características	Reservatório de Sobradinho
Área de reservatório na cota 392,50 m	4.150 km ²
Enchente de segurança (afluente)	36.300 m ³ /s
Volume de cheia (90 dias)	140.000 x 10 ⁶ m ³
Volume total do reservatório	34.116 x 10 ⁶ m ³
Volume útil do reservatório	28.669 x 10 ⁶ m ³
Vazão regularizada	2.060 m ³ /s
Cota máxima	393,50 m
Cota média	392,50 m
Cota mínima	380,50 m
Tipo de regularização	Acumulada

Fonte: Costa (2004).

O reservatório de Sobradinho foi planejado inicialmente com o objetivo de regularização de vazões interanuais, protegendo assim as populações a jusante contra enchentes. Em virtude das demandas energéticas, foi incorporado na matriz de geração de energia elétrica do país, o que representou um acréscimo de 1.050 MW de capacidade instalada para a CHESF (CHESF, 2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão descritos os levantamentos de dados e os métodos utilizados para desenvolvimento do documento.

4.1 LEVANTAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE PRESSÕES ANTRÓPICAS E/OU FONTES DE POLUIÇÃO

Mediante critérios técnicos, incluindo levantamento de dados primários (identificação em campo) e a análise de dados secundários (dados oriundos de outros estudos) relacionados aos municípios, foram identificadas as fontes de poluição direta da água nas regiões junto às margens das áreas estudadas, no Reservatório de Sobradinho. Durante as campanhas de monitoramento, com o auxílio de imagens do Google Earth Pro e registros de campo, foram identificados os povoados e cidades ribeirinhas, bem como o uso e ocupações do solo nas áreas de margem. Foram realizados, através de participação direta, em mais de 20 campanhas em diferentes programas de monitoramento (Ictiofauna e Biologia Pesqueira, Ictioplâncton e Formas Jovens, Limnológico e da Qualidade da Água e do Monitoramento de Macrófitas Aquáticas).

Adicionado a esses dados, realizou-se levantamento secundário no intuito de contabilizar: Demanda hídrica das áreas irrigadas, demanda hídrica urbana, bem como, índices sanitários dos municípios relacionados. Esta etapa foi realizada através do Atlas Irrigação - Uso da Água na Agricultura Irrigada (ANA, 2017) e Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas (ANA, 2017), com objetivo de relacionar pressões antrópicas e/ou fontes de poluição.

4.1.1 Levantamento e análise dos parâmetros hidroambientais

Os dados hidroambientais considerados/levantados se referem aos quantitativos - fluviométricos, pluviométricos, cota, volume e defluências do reservatório de Sobradinho, bem como, qualitativos - limnológicos (físicos, químicos e biológicos), registrados no período de Novembro de 2013 a Novembro de 2017, analisados levando-se em conta as alterações espaço temporais nas diferentes regiões.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS QUANTITATIVOS

Para esse estudo foram utilizados dados quantitativos (fluviométricos, pluviométricos, cota, volume e defluência) somente para o período relacionado aos dados qualitativos (físico-químicos e biológicos).

A seguir serão tratados os dados quantitativos utilizados, relativos a pontos de monitoramento e periodicidade.

a) Dados fluviométricos

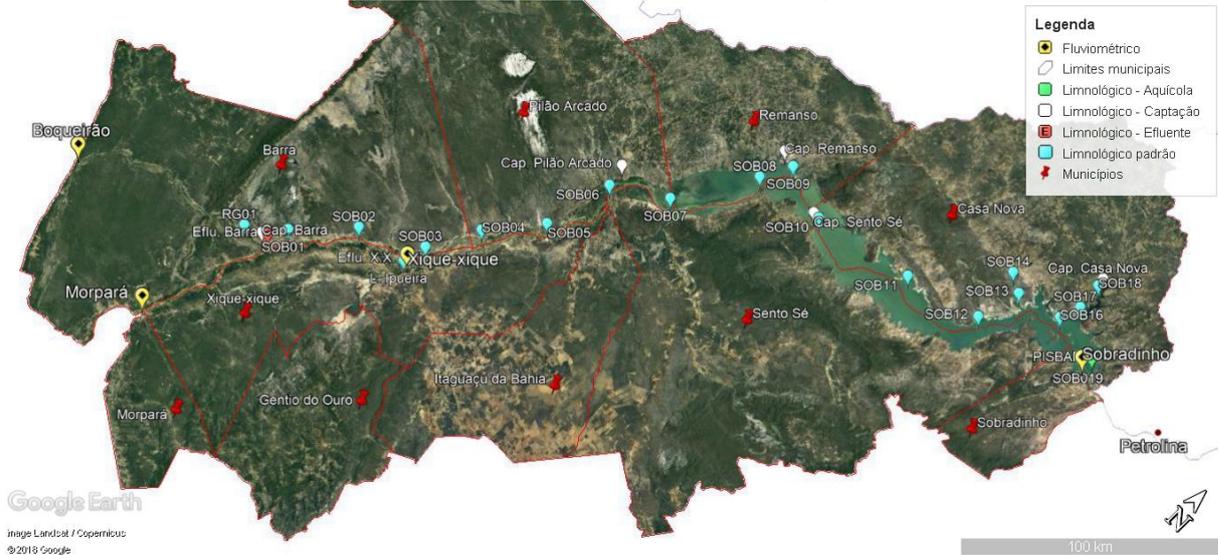
A região de estudo foi delimitada, tomando-se como base os postos de monitoramento fluviométrico Boqueirão e Morpará, na porção mais anterior, Sobradinho na região mais a jusante e entre eles a estação Xique-Xique (Tabela 4 e Figura 3). Foram utilizados dados de vazão das estações monitoradas pela CHESF e fornecidos através de seu Departamento de Recursos Hídricos – DOOH. Para os dados médios mensais de vazão fornecidos/utilizados, já foram incluídas as perdas por evaporação e infiltração, e consideradas as captações.

Tabela 4 - Coordenadas dos postos de monitoramento fluviométrico

Postos fluviométricos	UF	Altitude	Latitude (sul)	Longitude (oeste)
Boqueirão	BA	401.000	11° 21' 19,08''	43° 50' 44,16''
Morpará	BA	344.800	11° 33' 32,76"	43° 16' 58,02"
Xique-Xique	BA	498.000	10° 49' 03,03"	42° 43' 50,99"
Sobradinho	BA	498.425	09° 26' 23,59''	40° 49' 55,92''

Fonte: CHESF/DOOH (2018).

Figura 3 - Mapa da região de amostragem, com identificação dos municípios e pontos de monitoramento fluviométricos e limnológicos



Fonte: Google Earth Pro (2019).

*Imagem gerada com o auxílio da ferramenta Google Earth Pro.

b) Dados pluviométricos

Os dados mensais de precipitação foram obtidos a partir das estações meteorológicas utilizadas pela CHESF, localizadas nos municípios baianos de Xique-Xique, Pilão Arcado, Sento Sé e Remanso, inseridos na região montante do reservatório de Sobradinho (Tabela 5).

Tabela 5 - 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° 0' 12,62''	42° 29' 19,40''
Sento Sé	BA	9° 44' 21,21''	41° 52' 47,20''
Remanso	BA	9° 37' 32,49''	42° 4' 37,97''

Fonte: CHESF/DOOH (2018).

c) Dados de cota, volume e defluências do reservatório de sobradinho

Os dados referentes à cota, volume e defluência registradas no período de análise, também foram fornecidos pela chesf/dooh. A partir das suas cotas, volumes e defluências foram avaliadas e posteriormente relacionadas as análises referentes às alterações, em conjunto com os respectivos parâmetros hidrológicos e de qualidade da água.

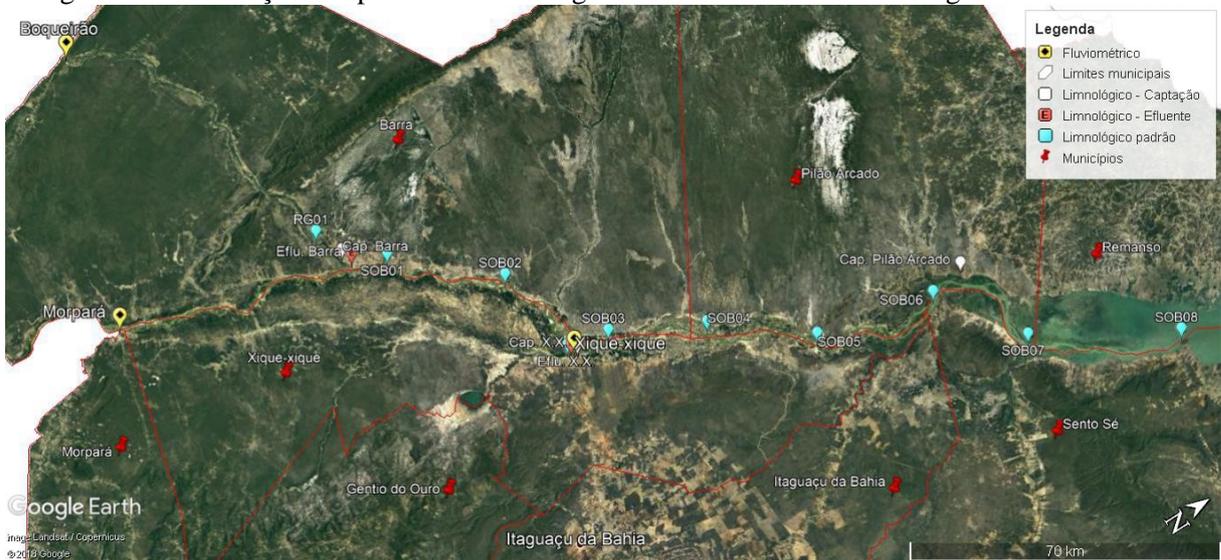
4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS QUALITATIVOS

a) Dados limnológicos

Foram utilizados 31 pontos de amostragem vinculados ao Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água, realizado através da CHESF por meio de empresa contratada (Água e Terra Planejamento Ambiental), sendo a mesma responsável pelas amostragens e análises físicas, químicas e biológicas, nas estações indicadas nas Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Para a avaliação da qualidade da água e sua relação entre as diferentes regiões e o fluxo de água, a área de análise foi dividida em dois trechos: Lótico – compreendido entre os municípios de Barra/Xique-Xique (região lótica mais a montante do monitoramento de qualidade de água) e Remanso (BA), na região de transição rio/reservatório, onde foram analisados 16 pontos de monitoramento (Figuras 4, 5 e 6). O outro trecho analisado foi referenciado como Lântico (Reservatório) – de Remanso até o barramento de Sobradinho, com 15 pontos monitorados (Figuras 7, 8 e 9).

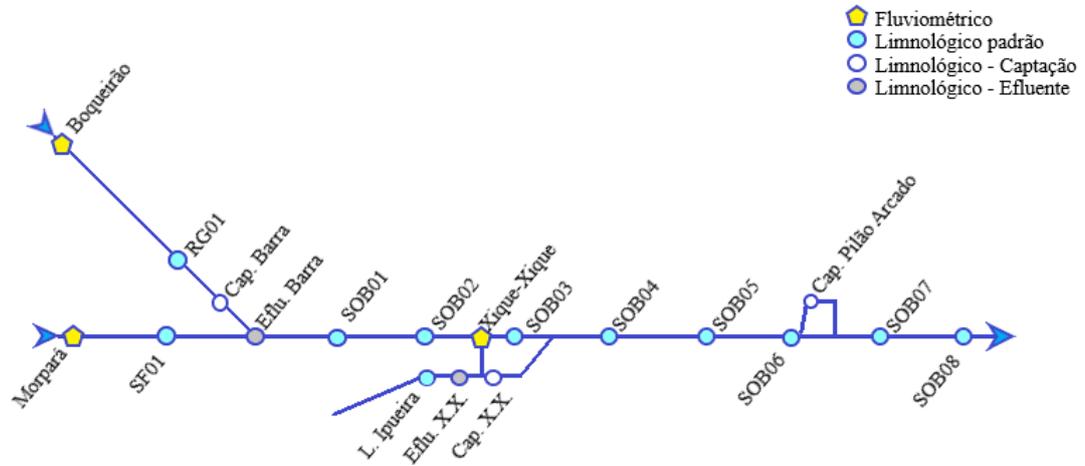
Figura 4 - Localização dos pontos de amostragem do monitoramento limnológico – Trecho lótico



Fonte: Google Earth Pro (2018).

*Imagem gerada com o auxílio da ferramenta Google Earth Pro.

Figura 5 - Diagrama unifilar dos pontos de monitoramento do trecho lótico



Fonte: O Autor (2019).

Figura 6 - Localização das estações de amostragem (Latitude (Sul) / Longitude (oeste)), imagens e breve descrição dos pontos de monitoramento limnológico no trecho lótico

SF01 - 11°10'30"/43°10'05"



- Ponto de monitoramento mais a montante, localizado no centro do canal principal do Rio São Francisco, antes da confluência com o Rio Grande.

RG01 - 11°07'35"/43°13'00"



- Ponto alocado no centro do canal principal do Rio Grande, último afluente de grande porte do Rio São Francisco.

Cap. Barra - 11°06'09"/43°09'20"



- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano, ainda localizado no Rio Grande, a montante da cidade de Barra.

Eflu. Barra - 11°05'32"/43°08'9,55"

- Ponto de monitoramento de despejo de efluentes, oriundo da cidade de Barra, na confluência do Rio Grande com o Rio São Francisco.

SOB01 - 11°01'52"/43°05'47"

- Primeiro ponto a jusante da cidade de Barra, no centro do Rio São Francisco logo após a confluência com o Rio Grande.

SOB02 - 10°51'19"/42°55'44"

- Ponto localizado no centro do rio, região com vários bancos de areia, formando ilhas a montante do município de Xique-Xique.

Lagoa Ipueira - 10°49'45,9"/42°44'14,3"

- Ponto alocado no centro da Lagoa Ipueira, meandro do rio em frente a cidade de Xique-Xique.

Eflu. Xique-Xique - 10°49'22,6"/42°44'2.48"

- Ponto de monitoramento de despejo de efluentes, oriundos da cidade de Xique-Xique, localizado dentro da Lagoa Ipueira.

Cap. Xique-Xique - 10°48'46"/42°43'31"



- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano da cidade de Xique-Xique, localizado em um canal natural de conexão do Rio São Francisco com a Lagoa Ipueira.

SOB03 - 10°44'36"/42°43'02"



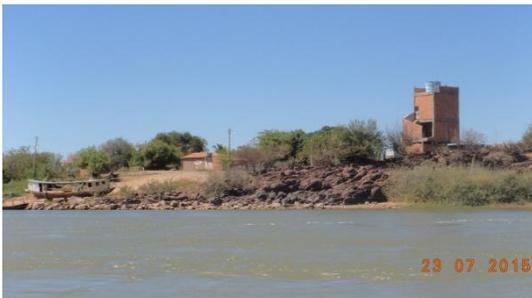
- Ponto de monitoramento alocado no centro do rio, sendo o primeiro a jusante da cidade de Xique-Xique, no sentido do fluxo do Rio São Francisco.

SOB04 - 10°34'05"/42°37'18"



- Ponto de monitoramento localizado entre vários bancos de areia formando ilhas, com a presença de dunas em sua margem esquerda.

SOB05 - 10°23'43"/42°28'40"



- Ponto de monitoramento localizado numa região de estreitamento do rio, onde ocorreram relatos da existência de sumidouros.

SOB06 - 10°09'13"/42°25'12"



- Ponto de monitoramento alocado no centro do rio, a montante da cidade de Pilão Arcado.

Cap. Pilão Arcado – Período normal
10°04'21"/42°26'01"



- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano da cidade de Pilão Arcado, localizado nas margens do Povoado Passagem – alocado em um meandro do rio.

Cap. Pilão Arcado – Período seco
10°05'01"/42°25'26"



- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano da cidade de Pilão Arcado, deslocado para a região do canal principal do rio em períodos de estiagem.

SOB07 - 10°02'22"/42°14'24"



- Ponto de monitoramento localizado no início da região de transição rio/reservatório, caracterizada pela ocorrência de alagamento sazonal.

SOB08 - 09°46'22"/42°04'34"



- Ponto de monitoramento localizado na região de transição rio/reservatório a montante da cidade de Remanso.

Fonte: O Autor (2019).

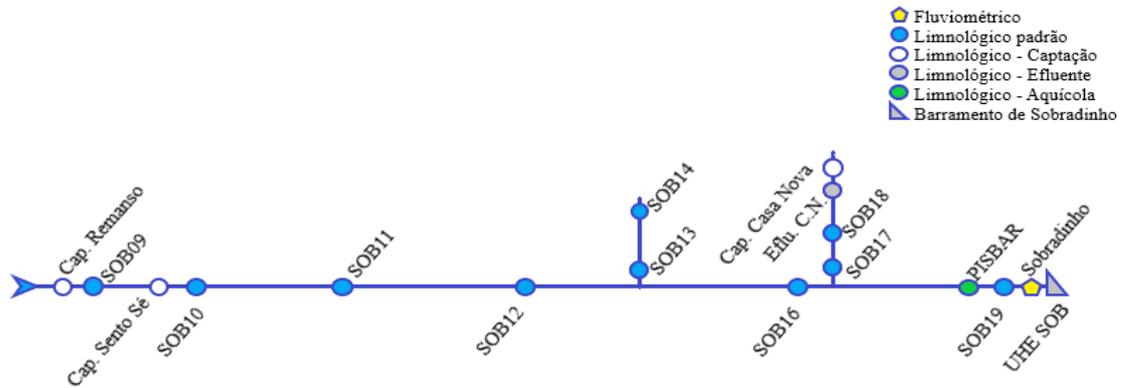
Figura 7 - Localização dos pontos de amostragem do monitoramento limnológico – Trecho Lêntico (Reservatório)



Fonte: Google Earth Pro (2018).

*Imagem gerada com o auxílio da ferramenta Google Earth Pro.

Figura 8 - Diagrama unifilar dos pontos de monitoramento do trecho Lêntico - Reservatório



Fonte: O Autor (2019).

Figura 9 - Localização das estações de amostragem (Latitude (Sul) / Longitude (oeste)), imagens e breve descrição dos pontos de monitoramento limnológico no trecho lêntico

Cap. Remanso - Período normal
09°38'59"/42°04'45



- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano da cidade de Remanso, próximo da cidade.

Cap. Remanso - Período seco
09°39'54"/42°04'11"



- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano da cidade de Remanso, deslocado para a região do canal principal do rio em períodos de estiagem – chamado de Cáis do Remanso Velho.

SOB09 - 09°40'01"/42°01'14"



- Ponto de monitoramento logo a jusante da cidade de Remanso, na região do canal principal de maior profundidade do trecho, alocado junto a uma bóia de sinalização náutica.

Cap. Sento Sé - 09°43'46"/41°51'27"



- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano da cidade de Sento Sé, alocado a jusante da mesma.

SOB10 - 09°43'46"/41°49'53"



- Ponto de monitoramento na região do reservatório, a jusante da cidade de Sento Sé.

SOB11 - 09°39'15"/41°28'21"



- Ponto de monitoramento alocado no reservatório, sendo mais próxima da margem esquerda em região de grande distância entre as margens.

SOB12 - 09°34'51"/41°12'04"

- Ponto de monitoramento alocado no centro do reservatório, em região de grande distância entre as margens.

SOB13 - 09°25'34"/41°09'31"

- Ponto de monitoramento alocado em um meandro na margem esquerda do reservatório.

SOB14 - 09°23'22"/41°13'39"

- Ponto de monitoramento alocado adentro de um meandro na margem esquerda do reservatório, sobre influência de um rio intermitente.

SOB16 - 09°23'04"/40°59'57"

- Ponto de monitoramento alocado no centro do reservatório.

SOB17 - 09°18'35"/40°58'25"

- Ponto de monitoramento alocado em um meandro na margem esquerda, de acesso a cidade de Casa Nova pelo reservatório.

SOB18 - 09°12'50"/40°58'57"

- Ponto de monitoramento alocado em um meandro na margem esquerda, próximo da cidade de Casa Nova.

Cap. Casa Nova - 09°11'07"/40°59'19"

- Ponto de monitoramento de captação d'água para abastecimento urbano da cidade de Casa Nova.

Eflu. Casa Nova - 09°10'56"/40°59'16,6"

- Ponto de monitoramento de despejo de efluentes, oriundos da cidade de Casa Nova, localizado dentro do meandro do reservatório próximo da cidade.

PISBAR - 09°24'18"/40°49'07"

- Ponto de monitoramento aquícola dentro do reservatório, próximo da UHE de Sobradinho.

SOB19 - 09°25'59"/40°50'06"

- Ponto de monitoramento mais próximo do barramento da UHE Sobradinho.

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 atingiu a profundidade total do reservatório, foram coletadas apenas duas amostras (superfície e fundo), assim como em regiões lóxicas. Porém, para as análises de cada parâmetro, foram utilizadas a média dos resultados no perfil.

4.4 PERIODICIDADE DAS COLETAS LIMNOLÓGICAS

As coletas de parâmetros de qualidade de água foram realizadas em campanhas trimestrais, iniciadas em novembro de 2013 e encerradas em novembro de 2017, ao final do período de trabalho da empresa contratada (Água e Terra Planejamento Ambiental) para a realização do monitoramento, totalizando 16 campanhas do Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água.

a) Escolha dos parâmetros limnológicos

A escolha dos parâmetros monitorados e posteriormente analisados nesse estudo diz respeito a aspectos comentados: características, abrangência, relação com os usos, além das limitações de suas medições e quantidade de pontos monitorados para uma maior capacidade de avaliação de suas relações.

No monitoramento limnológico realizado no período, foram feitas outras análises físicas, químicas e biológicas, porém tais parâmetros foram selecionados em virtude de sua relevância destacada na literatura, relação com outros parâmetros e seus efeitos ocasionados pelas ações antrópicas, além da incapacidade momentânea de se trabalhar no estudo em questão com todos os parâmetros de qualidade de água analisados no monitoramento.

4.5 PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS ANALISADOS EM CAMPO

As análises em campo foram realizadas de acordo com o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água da (CETESB, 2011), bem como em conformidade com os procedimentos descritos na 22ª ed. do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Os parâmetros de campo analisados no estudo foram: Temperatura (°C), turbidez (NTU), pH e oxigênio dissolvido (mg/L), determinados através de instrumentação adequada (sonda multiparâmetros modelo Hydrolab DS5).

4.6 PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO

Para as análises de laboratório, as amostras também foram coletadas de acordo com o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB, 2011), além dos procedimentos descritos na 22^a ed. do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Os parâmetros utilizados no estudo e analisados em laboratório foram: fósforo total (químico) e fitoplâncton (biológico).

As amostras de água para análise de fósforo total, recolhidas para o laboratório foram coletadas na superfície, meio e fundo da coluna d'água, utilizando-se uma garrafa de Van Dorn. Ressalte-se que, para as análises de cada parâmetro, foram utilizadas as médias dos resultados no perfil. A cada mudança de ponto, foi feita a lavagem do material de coleta na água do próprio ponto de amostragem. As amostras coletadas foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, devidamente lacradas, identificadas e, posteriormente, remetidas aos laboratórios executores das análises, dentro dos prazos estabelecidos.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPAÇO-TEMPORAL DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS

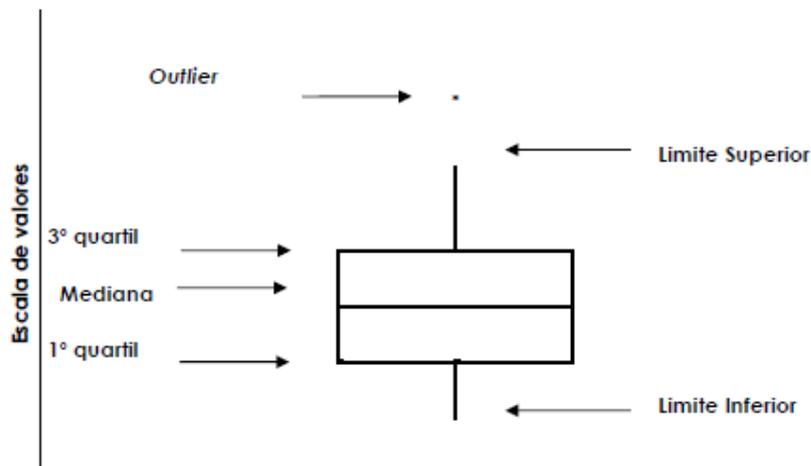
Para o tratamento estatístico dos dados e se estimar as características e o comportamento dos parâmetros físicos, químicos e biológico selecionados, a tendência central (mediana), a variabilidade de seus valores (amplitude, extremos, discrepantes) e percentil, foi realizada uma análise exploratória pelo emprego da técnica de “Boxplot” com o uso do software Excel 2010, visando auxiliar na 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).

O Boxplot é uma ferramenta gráfica bastante utilizada na detecção de valores discrepantes (outliers), sendo aqueles que possuem valores muito diferentes do conjunto de dados. Tais valores podem ser oriundos de erros no processo de coleta ou processamento dos dados, sendo assim, necessária a correção ou exclusão do mesmo no banco de dados, bem como, podem ser valores corretos que por algum motivo são diferentes dos demais. Da mesma forma, o Boxplot é adequado para resumir o conjunto de observações de uma variável contínua e sua distribuição de frequência experimental. Seus gráficos revelam vários aspectos

dos dados, tais como: tendência central, variabilidade e simetria. A construção desse tipo de gráfico utiliza percentis (mediana, primeiro e terceiro quartis), sendo pouco influenciados por valores extremos (SANTOS e MONTENEGRO, 2012).

O Boxplot é constituído por uma caixa atravessada por uma linha, usando um eixo com uma escala de valores. O fundo da caixa é marcado na escala de valores na altura do primeiro quartil (Q1), o topo da caixa é marcado na altura do terceiro quartil (Q3) e a altura da caixa é dada por $(Q3 - Q1)$, que é denominada distância interquartílica (DQ). Uma linha é traçada dentro da caixa na altura da mediana, estando essa não necessariamente no meio da caixa. Entre o primeiro e o terceiro quartis, tem-se 50% dos dados; os outros 50% são representados pelas duas linhas que saem das extremidades da caixa, sendo 25% abaixo do Q1 e 25% acima do Q3 (REIS e REIS, 2002). Cada uma das linhas é traçada a partir das extremidades da caixa, até que encontre o valor máximo (linha superior) ou mínimo (linha inferior), ou atinja o comprimento máximo de 1,5 vezes a altura da caixa (DQ) (Figura 10).

Figura 10 - Representação esquemática do Bloxplot (vertical).



Fonte: Reis; Reis (2002).

Quando não foi possível a representação gráfica através do Bloxplot, como para o parâmetro Fitoplâncton total, em virtude da grande amplitude nos valores dos dados, foi utilizada uma tabela descritiva com medidas de tendência central (média e mediana) e de amplitude (mínimos e máximos), além da identificação do número de observações, visto que uma parte dos pontos de monitoramento não possuíam os dados completos para todos os períodos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados levantados e coletados, a seguir estão descritos os resultados das análises e a discussão a partir de referências relacionadas a cada tema.

5.1 ANÁLISE DAS PRINCIPAIS FONTES DE PRESSÕES ANTRÓPICAS E/OU POLUIÇÃO

O levantamento de dados relacionados aos principais usos da água na bacia, com destaque para a irrigação e o abastecimento humano (CBHSF, 2018), está sistematizado no Quadro 6 a seguir, que exibe uma projeção de aumento nas retiradas/consumos de água na agricultura entre os anos de 2015-2030, em todos os municípios analisados. Tal fato é preocupante, visto que os períodos de seca prolongada demandam ações de controle e prevenção, em virtude do baixo nível do reservatório, da concentração de nutrientes a que o mesmo está sujeito, e o tempo de retenção dos recursos hídricos no reservatório. Além disso, a falta de controle dessas retiradas e a ausência de técnicas mais eficientes de água e solo, consuntivos ou não, podem comprometer a disponibilidade para usos múltiplos (SILVA, 2011), como também seu uso excessivo na agricultura irrigada pode ocasionar a salinização do solo, e conseqüentemente a perda de áreas agricultáveis (KOCH *et al.*, 2015).

Quadro 6 - Demanda da agricultura irrigada em 2015 e projeção para 2030 (m³/s)

Municípios da Bahia	2015		2030	
	Retirada	Consumo	Retirada	Consumo
Barra	0,8598	0,5794	1,3452	0,9055
Casa Nova	2,9628	2,6177	3,5522	3,1383
Gentio do Ouro	0,0073	0,0067	0,0085	0,0079
Itaguaçu da Bahia	0,1539	0,1177	0,2211	0,1690
Morpará	0,0011	0,0008	0,0013	0,0010
Pilão Arcado	0,0040	0,0031	0,0047	0,0037
Remanso	0,0901	0,0685	0,1052	0,0800
Sento Sé	1,1462	0,8149	1,4230	1,0118
Sobradinho	0,3208	0,2410	0,3766	0,2829
Xique-Xique	0,9811	0,7309	1,1526	0,8588

Fonte: ANA (2017).

O Quadro 7 apresenta apenas a demanda hídrica urbana dos municípios da área de estudo, porém as projeções também levam em conta o tamanho das populações para o cálculo dos volumes *per capita* necessários (BRASIL, 2010). Nele pode-se observar que dos dez municípios avaliados, apenas Sobradinho possui abastecimento satisfatório, enquanto que os demais requerem ampliação dos seus sistemas.

Sendo o abastecimento humano o segundo principal uso da água nessa região (CBHSF, 2018), e uso prioritário, conforme destaca a Lei nº 9,433/1997, o necessário aumento da oferta de água a população demanda investimentos nas áreas de tratamento das águas residuárias resultantes (BRASIL, 2010). Gunkel *et al.* (2015) observaram no reservatório de Itaparica, alterações significativas nos parâmetros de qualidade água em trechos sobre a influência de áreas urbanas, de cultivos agrícolas e pisciculturas.

Quadro 7 - Demanda hídrica urbana dos municípios da área de estudo

Municípios da Bahia	Demanda urbana (L/s)	Avaliação oferta/demanda	Sistema	Manancial de abastecimento
Barra	83	Requer ampliação do sistema	Isolado Barra	Rio Grande
Casa Nova	126	Requer ampliação do sistema	Isolado Casa Nova	Lago de Sobradinho
Gentio do Ouro	15	Requer ampliação do sistema	Isolado Gentio do Ouro	1 Poço de Gentio do Ouro e Rio Fundo Manso
Itaguaçu da Bahia	7	Requer ampliação do sistema	Isolado Itaguaçu da Bahia	Nascente Olho d'Água
Morpará	20	Requer ampliação do sistema	Isolado Morpará	Rio São Francisco
Pilão Arcado	35	Requer ampliação do sistema	Isolado Pilão Arcado	Rio São Francisco
Remanso	76	Requer ampliação do sistema	Isolado Remanso	Lago de Sobradinho
Sento Sé	72	Requer ampliação do sistema	Isolado Sento Sé	Lago de Sobradinho
Sobradinho	56	Abastecimento satisfatório	Isolado Sobradinho 1 e 2	Lago de Sobradinho e Canal da Batateira/São Francisco
Xique-Xique	110	Requer ampliação do sistema	Isolado Xique-Xique	Rio São Francisco

Fonte: ANA (2019).

Os índices sanitários demonstraram que a maior parte dos municípios da área de estudo não possui tratamento adequado dos efluentes oriundos das áreas urbanas, somente Casa Nova apresentando atendimento adequado a 100% da população urbana. Entretanto, esse

dado secundário não corrobora com o registrado nas atividades de campo, onde foram observados dois pontos de despejos de efluentes sem tratamento, próximo à cidade, na região do meandro de conexão com o reservatório de Sobradinho (Figura 9 – Eflu. Casa Nova).

A maioria dos municípios (Barra, Itaguaçu da Bahia, Morpará, Pilão Arcado, Sento Sé e Xique-Xique) não possuem coleta nem tratamento de esgotos. Assim, são municípios sem atendimento por serviço sanitário, ou realizam a coleta, mas não tratam seus resíduos, o que pode ser considerado como um atendimento precário (Quadro 8). Além desses municípios relacionados, vários outros apresentam baixos níveis de atendimento sanitário na bacia do Rio São Francisco, diagnosticados no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025 (CBHSF, 2018).

Quadro 8 - Índices sanitários dos municípios da área de estudo

Municípios da Bahia	População Urbana (2013)	População Urbana (2035)	Sem Coleta e sem Tratamento (%)	Fossa séptica (%)	Coleta sem Tratamento (%)	Coleta e Tratamento (%)	Atendimento adequado - % da população urbana
Barra	24,283	28,355	69	16	14	0	16
Casa Nova	40,928	63,937	0	0	0	100	100
Gentio do Ouro	5,711	6,664	40	1	0	59	60
Itaguaçu da Bahia	2,831	6,574	97	0	3	0	0
Morpará	6,011	5,733	95	0	4	0	0
Pilão Arcado	11,825	21,380	98	1	1	0	1
Remanso	25,197	30,094	20	3	0	77	80
Sento Sé	23,584	38,288	50	6	44	0	6
Sobradinho	21,307	21,355	19	3	78	0	3
Xique-Xique	34,373	35,103	51	29	0	20	49

Fonte: ANA (2017).

O Quadro 9 apresenta as principais fontes de poluição e/ou pressões antrópicas observadas durante as atividades de campo no monitoramento limnológico na região lótica do estudo, nesse trecho observa-se maior ocorrência de pressões antrópicas, tais como:

Agricultura – observada principalmente nas várias ilhas, entre os municípios de Xique-Xique e Pilão Arcado;

Pecuária – nas ilhas e margens;

Pesca – atividade bastante tradicional e comum em todos os trechos do rio, com maior número de pescadores em determinadas épocas (durante e logo após a Piracema);

Desmatamento – observado tanto através da queima da vegetação nativa nas margens, como pela sua derrubada;

Assoreamento – provocado principalmente pelo desmatamento das margens, ocasionando a queda dos barrancos e seu carreamento para o leito do rio/reservatório;

Transporte fluvial – grande movimentação com vários objetivos (pesca, comércio, escolar, etc); e

Canais e/ou captações – grande quantidade de captações de baixo volume, além das captações de abastecimento urbano e um canal de grande proporção à jusante da cidade de Xique-Xique (Coord. 10°31'34,68" S / 42°34'35,32" O).

Quadro 9 - Identificação das fontes de poluição e/ou pressões antrópicas – Trecho lótico

Estação	SF 01	RG 01	Cap. Barra	Eflu Barra	SOB 01	SOB 02	Lagoa Ipueira	Eflu Xique-Xique	Cap. Xique-Xique	SOB 03	SOB 04	SOB 05	SOB 06	Cap. Pilão Arcado - Período normal	Cap. Pilão Arcado - Período seco	SOB 07	SOB 08
Esgotos				x			x	x						x			
Área urbana - Cidade			x	x			x	x	x								
Área rural - Povoado	x									x	x	x		x	x	x	x
Agricultura					x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pecuária	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pesca	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desmatamento	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x		x
Piscicultura							x	x				x					
Assoreamento			x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x	
Recreação e Turismo			x				x	x	x								
Transporte fluvial		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Extração de areia			x	x					x								
Canais e/ou captações	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: O Autor (2019).

Na região do trecho lântico (Reservatório de Sobradinho), as principais fontes de poluição e/ou pressões antrópicas identificadas foram:

Pesca – com observações da movimentação de pescadores próximo a todos os pontos de monitoramento;

Transporte fluvial - entre as áreas utilizadas pela agricultura, pecuária, bem como dos próprios pescadores;

Recreação e turismo – concentrado nas margens das cidades e da barragem;

Pecuária - em áreas próximas aos meandros do reservatório; e

Canais e/ou captações – com objetivo de atender as cidades, as comunidades ribeirinhas, suas criações de animais e projetos de irrigação (Quadro 10).

Quadro 10 - Identificação das fontes de poluição e/ou pressões antrópicas – Trecho lântico

Estação	Cap. Remanso - Período normal	Cap. Remanso - Período seco	SOB 09	Cap. Sento Sé	SOB 10	SOB 11	SOB 12	SOB 13	SOB 14	SOB 16	SOB 17	SOB 18	Cap. Casa Nova	Eflu. Casa Nova	PISBAR	SOB 19
Esgotos													x	x		
Área urbana - Cidade	x	x		x	x								x	x		
Área rural - Povoado					x		x	x	x	x	x	x			x	x
Agricultura	x						x	x	x			x				
Pecuária	x		x	x				x	x		x	x	x	x	x	x
Pesca	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desmatamento								x	x					x		
Piscicultura										x					x	x
Assoreamento		x	x			x		x								
Recreação e Turismo	x	x	x	x	x					x		x	x	x	x	x
Transporte fluvial	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
Extração de areia																
Canais e/ou captações	x	x		x					x		x	x	x	x	x	x

Fonte: O Autor (2019).

O levantamento dos vários dados referentes às demandas, usos e fontes de poluição dos recursos hídricos, que se caracterizam como pressões a esses ambientes, demandam observância dos gestores, uma vez que o aumento do uso da água e do solo na bacia do Rio São Francisco requer um maior planejamento e controle dos volumes armazenados nos reservatórios para suprir as necessidades de montante e jusante dessas regiões. Devendo-se respeitar as normas legais: Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Lei nº 6,938 de 31 de Agosto de 1981), Lei das Águas (Lei nº 9,433 de 8 de Janeiro de 1997), Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 001/86, 237/97 e nº 357/2005.

5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS PARÂMETROS HIDROAMBIENTAIS DE SOBRADINHO

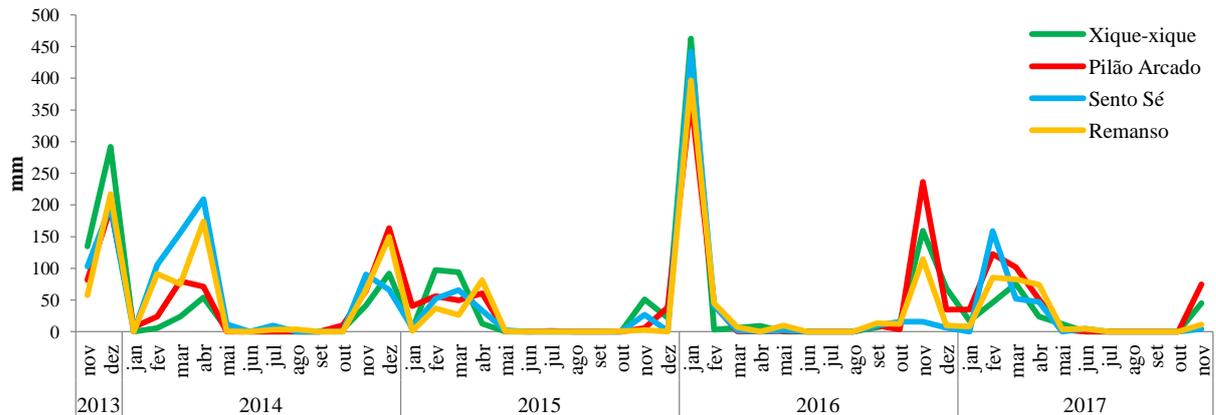
a) Precipitação

A região de análise a montante do reservatório de Sobradinho, nos municípios destacados na Figura 5, 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. Em estudo realizado por Silva e Molion (2004), os autores 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, tendo-se observado uma leve ocorrência de precipitações na região.

Mediante os dados levantados, pode-se observar 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, corroborando com a característica das precipitações dessa região, 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 constatadas na bacia, com períodos mais longos de seca em vários trechos e a concentração das precipitações em períodos mais curtos, como pode ser observado na Figura 11, no período de Novembro de 2015 a Março de 2016.

Figura 11 - Precipitação registrada a montante do reservatório de Sobradinho



Fonte: O Autor (2019).

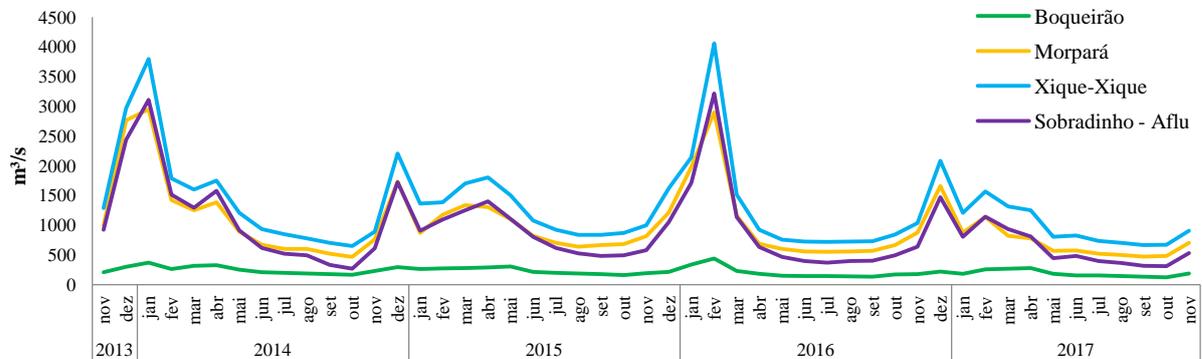
b) Vazão

O monitoramento das vazões afluentes do Rio São Francisco, relacionadas ao reservatório de Sobradinho, está representado na Figura 12, apresentando semelhança com a Figura 11, da precipitação. Embora as maiores contribuições de águas ao reservatório de Sobradinho sejam oriundas da região montante da área de estudo (CBHSF, 2018), e as precipitações tenham exibido tal semelhança, alguns estudos apresentam alterações nas vazões remanescentes ao longo do tempo, nessa e em outras regiões da bacia. Nos estudos realizados por Souza *et al.* (2013) e Valença *et al.* (2015), relacionados à estacionariedade das séries de vazões incrementais anuais da bacia, os resultados obtidos corroboraram com o atual, demonstrando uma tendência de redução nas médias anuais, no entanto, Souza *et al.* (2013) destacam que a precipitação não é suficiente para explicar sozinha a redução observada nas séries de vazões.

A estação Boqueirão, que está inserida no Rio Grande, afluente da margem esquerda entre os postos de monitoramento fluviométrico Morpará e Xique-Xique, apresentou regularidade de vazões durante praticamente todo o período, com apenas algumas variações nos meses relacionados aos maiores picos nas outras estações. Esse afluente está inserido na região do aquífero Urucúia (CPRM, 2012). Gaspar (2006) destacou, em seu estudo sobre esse sistema aquífero, maior eficiência da infiltração das águas das chuvas nos Latossolos da região, em detrimento ao escoamento superficial. Segundo Pereira *et al.* (2007), a contribuição para a formação da vazão do Rio São Francisco como de outros rios é resultante de cada afluente e definida pela relação do volume precipitado na área de drenagem, sendo o

Rio Grande, juntamente com os rios Paracatu e das Velhas, os que evidenciaram as maiores proporções de contribuição.

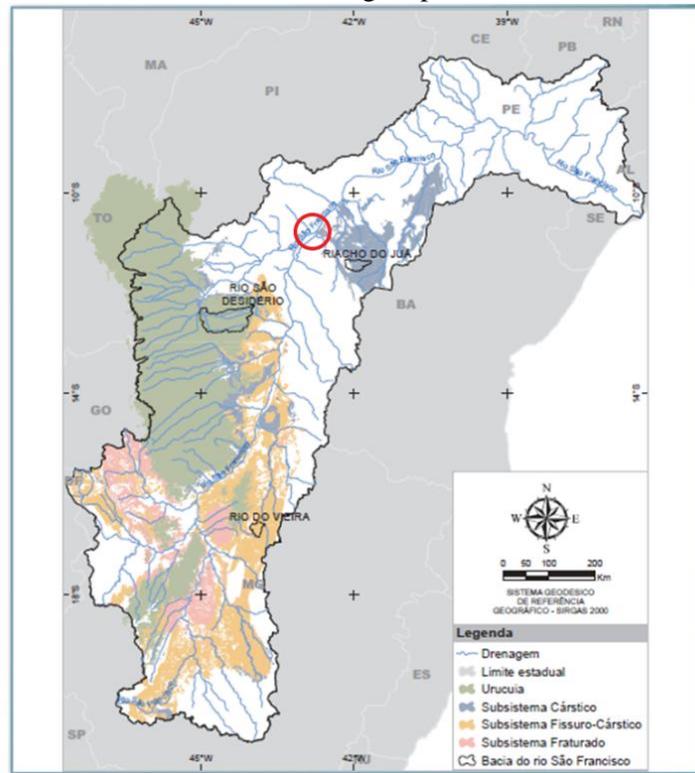
Figura 12 - Vazões médias registradas na região de análise do reservatório de Sobradinho



Fonte: O Autor (2019).

Entre os pontos de monitoramento de vazão da área de estudo, observa-se que Morpará, Xique-Xique e Sobradinho Afluência possuem uma relativa semelhança entre suas medições. As vazões registradas em Xique-Xique sistematicamente apresentaram valores superiores aos registrados em Sobradinho Afluência, embora essa última esteja mais a jusante - junto ao barramento, possivelmente em virtude de infiltração, evaporação e captações d'água, como também pela ocorrência de sumidouros entre essas regiões (uma parte desse volume d'água é “perdido” para aquíferos). Durante as atividades de monitoramento da qualidade da água, ribeirinhos relataram a observação dos chamados “redemoinhos de água”, localizado próximo ao ponto de monitoramento limnológico SOB05. O fato relatado pode estar relacionado à existência de fraturas ou feições em trechos do rio sobre a influência de aquíferos Urucúia e Cárstico. Em estudo desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA) (BRASIL, 2018), sobre a hidrogeologia dos ambientes cársticos da Bacia do Rio São Francisco, a localização do Subsistema Cárstico se localiza na região do rio identificada pelos ribeirinhos (Figura 13).

Figura 13 - Hidrogeologia dos ambientes cársticos da Bacia do Rio São Francisco, com círculo vermelho destacando a região próxima ao SOB05



Fonte: ANA (2018).

Tucci *et al.*, (2005) constataram problemas de descontinuidade e perdas não explicadas entre os postos fluviométricos Morpará e a UHE Sobradinho, em torno de 200 m³/s, contornados através de retiradas constantes nesse trecho. Porém esse volume considerável, supera por exemplo, o previsto para as retiradas em períodos de maior disponibilidade hídrica do reservatório de Sobradinho destinados a Transposição do Rio São Francisco que é de 127 m³/s. Verifica-se então a necessidade de estudos mais aprofundados na questão das perdas de volumes d'água nessa região de análise.

c) Relação cota, volume e defluência do reservatório de Sobradinho

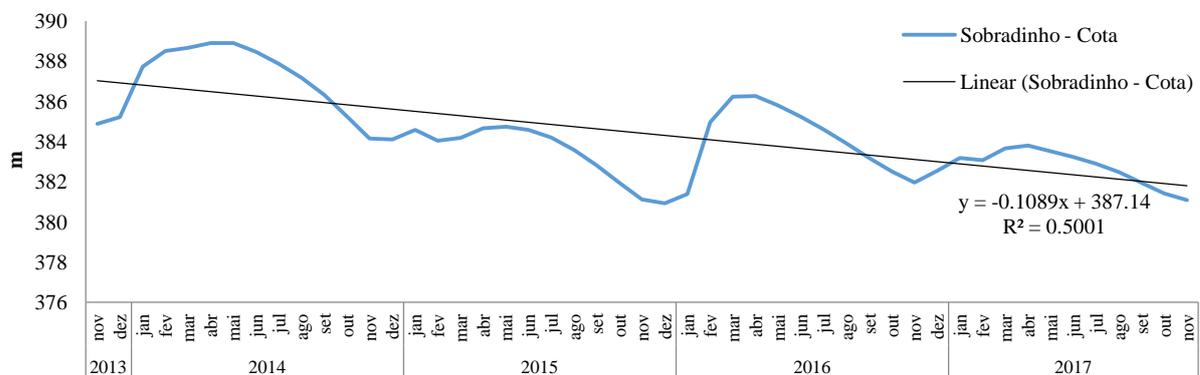
As cotas e volumes do reservatório de Sobradinho estão apresentados nas Figuras 14 e 15, respectivamente. Os valores registrados nos períodos em questão exibiram picos em períodos diferentes aos registrados nas medições de vazão e precipitação no trecho de estudo. O primeiro período de aumento significativo de volume armazenado e consequentemente da cota de nível d'água na barragem foi registrado de dezembro de 2013 a abril de 2014, em seguida se manteve em decréscimo até praticamente janeiro de 2016, quando o reservatório recuperou parte de seu volume até abril de 2016, e novamente seguiu uma tendência

decrecente até o final do período de análise. Essa expansão e contração das áreas alagadas que ocorre em alguns períodos produzem variações espaciais significativas na direção e intensidade do vento, temperatura e umidade atmosférica na região do lago (CORREIA e DIAS, 2003).

Silva (2017) utilizou um modelo hidro-econômico para determinar a alocação ótima de água dos principais usuários do Rio São Francisco, relacionados ao Submédio. Analisando as restrições e alternativas operacionais das hidrelétricas instaladas, nos cenários de mudanças e variabilidade climática, os resultados mostraram que as regras de operação dos reservatórios e as restrições institucionais, como as prioridades para o consumo humano, têm alto impacto nos custos e benefícios dos principais usos econômicos nessa região.

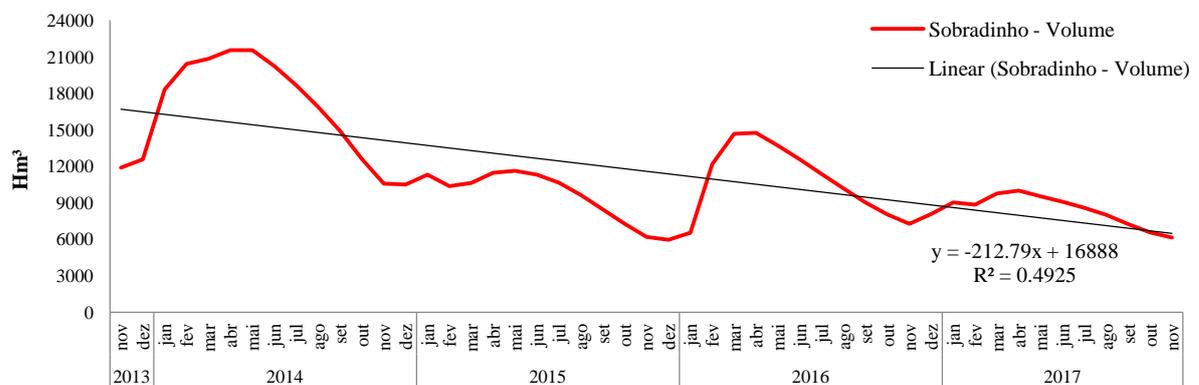
Tucci *et al.* (2005) realizaram estudo sobre a previsão de vazão de longo prazo na bacia do Rio São Francisco, com enfoque nas Usinas de Três Marias e Sobradinho, e destacaram a baixa previsibilidade dos modelos, levando-se em consideração os modelos determinísticos e as incertezas dos parâmetros de entrada.

Figura 14 - Cotas médias registradas no reservatório de Sobradinho no período



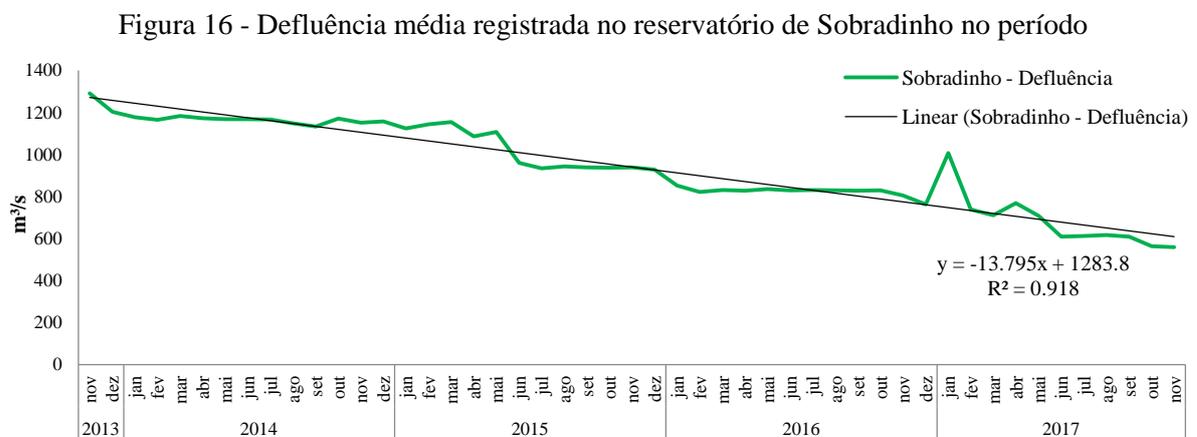
Fonte: O Autor (2019).

Figura 15 - Volumes médios registrados no reservatório de Sobradinho no período



Fonte: O Autor (2019).

O reservatório de Sobradinho apresentou, ao longo do tempo, tendência de decréscimo nas cotas registradas do nível de água, nos volumes armazenados e nas defluências da Usina, tal fato está diretamente relacionado à seca prolongada na região durante o período do estudo e o maior controle das vazões liberadas, fazendo com que a estação Sobradinho Defluência apresentasse declínio ao longo do tempo (Figura 16). Collischonn *et al.* (2005) destacaram que a quantidade de água necessária a sustentabilidade ecológica de um rio é variável no tempo, e os critérios de vazões mínimas remanescentes nos rios não devem contemplar apenas os períodos de estiagem, mas também o regime hidrológico.



Fonte: O Autor (2019).

Naturalmente existe uma preocupação tanto em relação aos volumes armazenados em um reservatório quanto aos disponibilizados a jusante dos mesmos, face às necessidades ambientais, econômicas e sociais a jusante. Ressaltasse que o reservatório de Sobradinho tem como características o uso múltiplo de suas águas, porém sua operação é de responsabilidade do setor elétrico – Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)/CHESF. Mesmo com as frequentes reuniões entre a ANA, ONS, CHESF, Órgãos gestores estaduais, Comitê de bacia do Rio São Francisco e demais entidades envolvidas pautem as demandas dos usos múltiplos, usuários e necessidades ambientais, a geração de energia elétrica é preponderante sobre os demais usos. Contudo, a estiagem prolongada e os conflitos gerados pelos vários usos e usuários da bacia vêm sistematicamente alterando as regras de operação e intensificando as discussões, o que acarretou sucessivas reduções de vazão a jusante de Sobradinho, observadas na Figura 16.

5.3 ANÁLISE QUALITATIVA DOS PARÂMETROS HIDROAMBIENTAIS DE SOBRADINHO

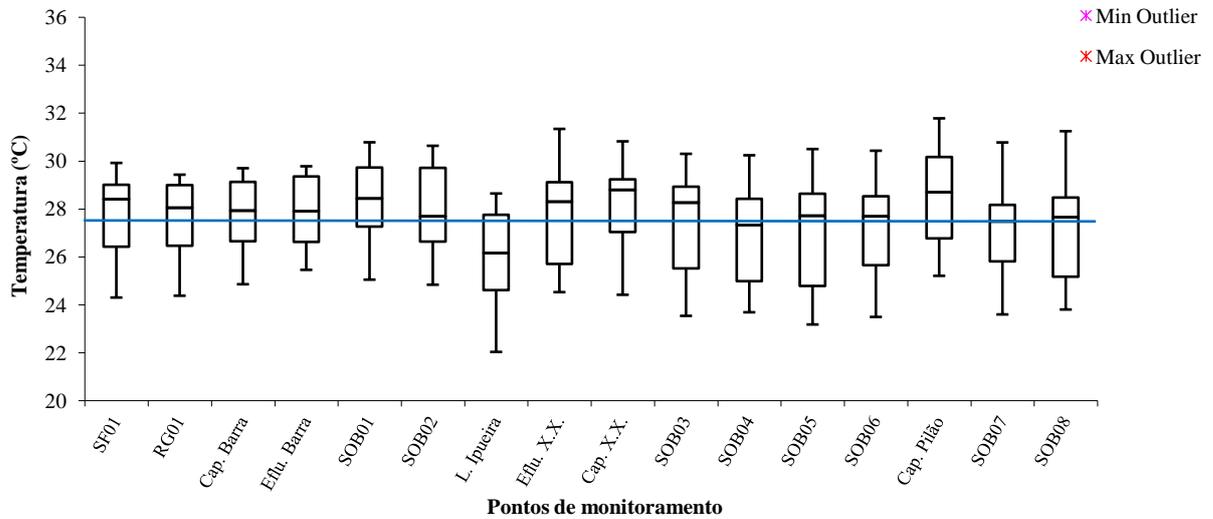
a) Temperatura – Análise espacial

A temperatura média (no perfil) da água na área de abrangência do estudo registrou 27,04 °C, com uma mínima de 22,04 °C na Lagoa Ipueira, em julho de 2015, e a máxima de 34,14 °C na Captação de Casa Nova, em março de 2017 (Figuras 17 e 18). Separando-se os trechos, o lótico apresentou média de 27,5 °C e o lântico de 26,5 °C, como destacado pela linha em azul nas Figuras 17 e 18. As temperaturas registradas em grande parte dos pontos de monitoramento apresentaram amplitudes acima de 6 °C, diferenciando-se do estudo realizado por Costa (2004) no reservatório de Sobradinho, onde a temperatura apresentou picos inferiores (entre 21,6 e 26,7 °C). A alta amplitude térmica evidenciada pode ser prejudicial à ictiofauna desses ambientes, influenciando, por exemplo, no comportamento migratório das espécies (AGOSTINHO, 2005).

Na Figura 17, relacionada ao trecho lótico, a maior parte dos valores nos pontos de monitoramento apresentaram amplitudes próximas da média de toda região, com apenas dois pontos que apresentaram valores discrepantes: O ponto alocado na Lagoa Ipueira apresentou média de 25,9 °C, inferior aos demais desse trecho, diferenciando-se do padrão de temperatura de regiões com baixo grau de circulação d'água, já que essa lagoa possui apenas um estreito canal de ligação com o Rio São Francisco na maioria dos períodos. Regiões com esse tipo de característica tenderiam a possuir médias mais altas (COSTA, 2004), como no caso da Captação de Pilão Arcado - o outro ponto discrepante do trecho analisado.

A Lagoa Ipueira possui, além disso, características diferenciadas, com o fundo de seu leito sendo cascalhoso, alternando para trechos com areia fina, silte e argila. Vale ressaltar que a Lagoa Ipueira possui conexão superficial com a chamada Lagoa Itaparica (localizada a montante da mesma, também no município de Xique-Xique), em períodos de maiores volumes d'água, podendo ainda essa conexão não ser somente pela superfície, visto que, a temperatura média mais baixa registrada, mesmo em períodos de menor vazão e circulação d'água, sugere alguma conexão subterrânea, uma vez que a lagoa não possui grande profundidade (4 m - o máximo registrado no ponto de monitoramento) e se encontra em uma região com possível influência de ambientes cársticos (BRASIL, 2018).

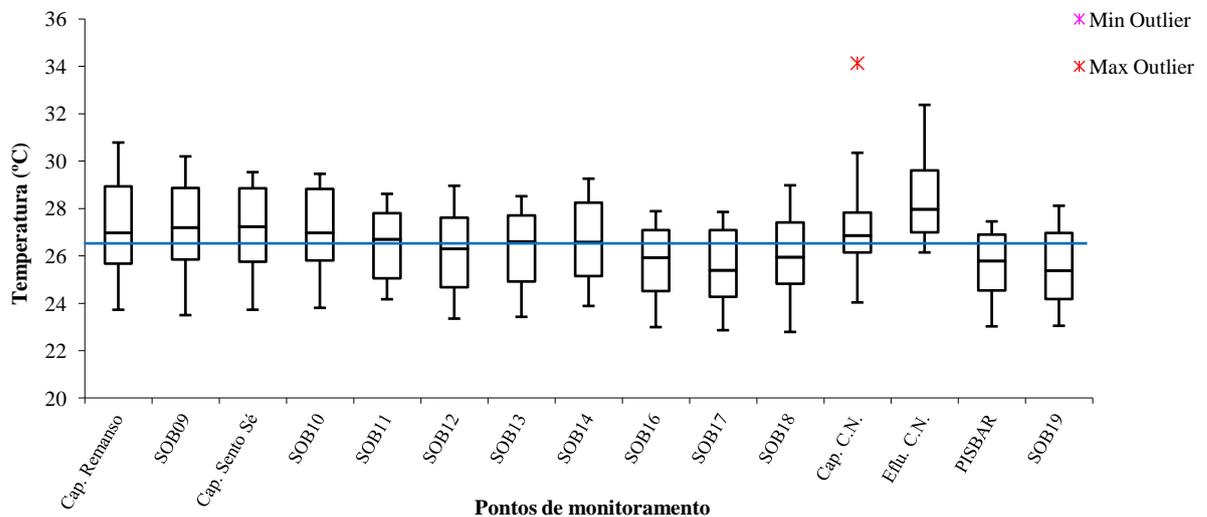
Figura 17 - Boxplot da temperatura nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

Na região lântica do estudo, os pontos relacionados apresentaram queda na temperatura no sentido do fluxo do rio, em direção ao barramento de Sobradinho, com exceção de um dos pontos mais próximos da cidade de Casa Nova - Eflu. C.N. (Figura 18), região de baixo grau de circulação d'água e de pouca profundidade, a aproximadamente 20 km de distância pelo meandro de acesso ao centro do reservatório. A variação no nível do rio, da declividade na linha d'água, alteração na velocidade do escoamento e no volume de armazenamento podem proporcionar alterações nas variáveis físicas, químicas e biológicas, e consequentemente interferir na compartimentalização e no estado trófico desses ambientes (TUCCI e MENDES, 2006; SANTOS, 2014).

Figura 18 - Boxplot da temperatura nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



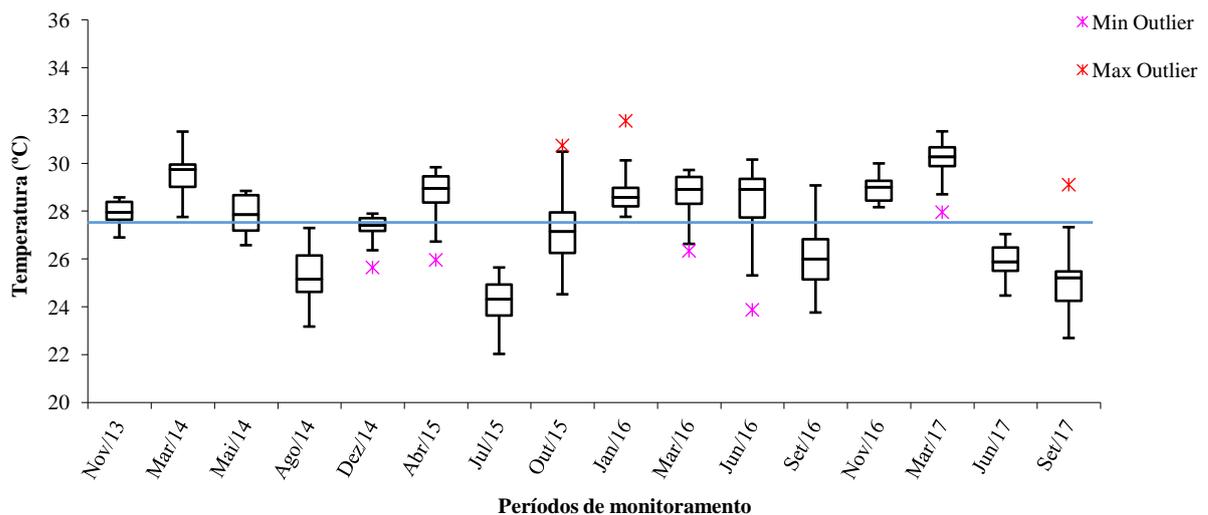
Fonte: O Autor (2019).

b) Temperatura – Análise Temporal

As Figuras 19 e 20 apresentam a baixa amplitude da temperatura na maioria dos períodos, porém alta oscilação ao longo do tempo, independente do trecho de análise (Lótico ou Lântico). Nas duas regiões, os meses que exibiram as maiores amplitudes foram outubro de 2015, junho de 2016 e setembro desse mesmo ano. A sazonalidade nesse parâmetro também foi observada no reservatório de Itaparica (GUNKEL *et al.*, 2015).

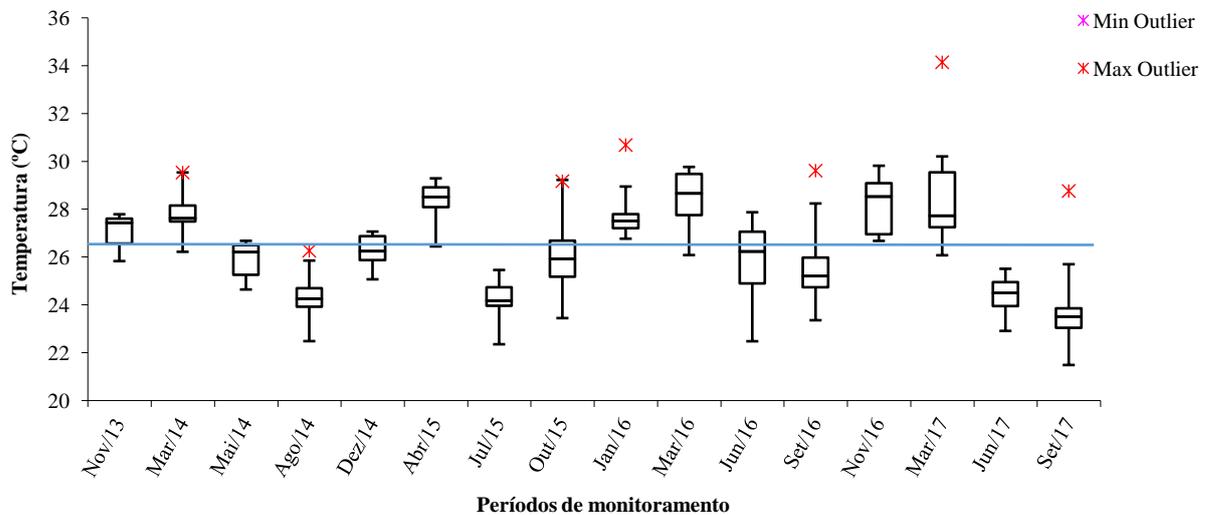
A média dos trechos identificada pela linha em azul demonstra que apenas dezembro de 2014 apresentou baixa amplitude, e valores mais próximos da média. A ocorrência em vários períodos de valores discrepantes (Outliers) pode ser explicada por fatores tais como o despejo de efluentes observados no entorno de alguns pontos monitorados (ESTEVES, 2011).

Figura 19 - Boxplot da temperatura entre os períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

Figura 20 - Boxplot da temperatura entre os períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico da área de influência do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

c) Turbidez – Análise espacial

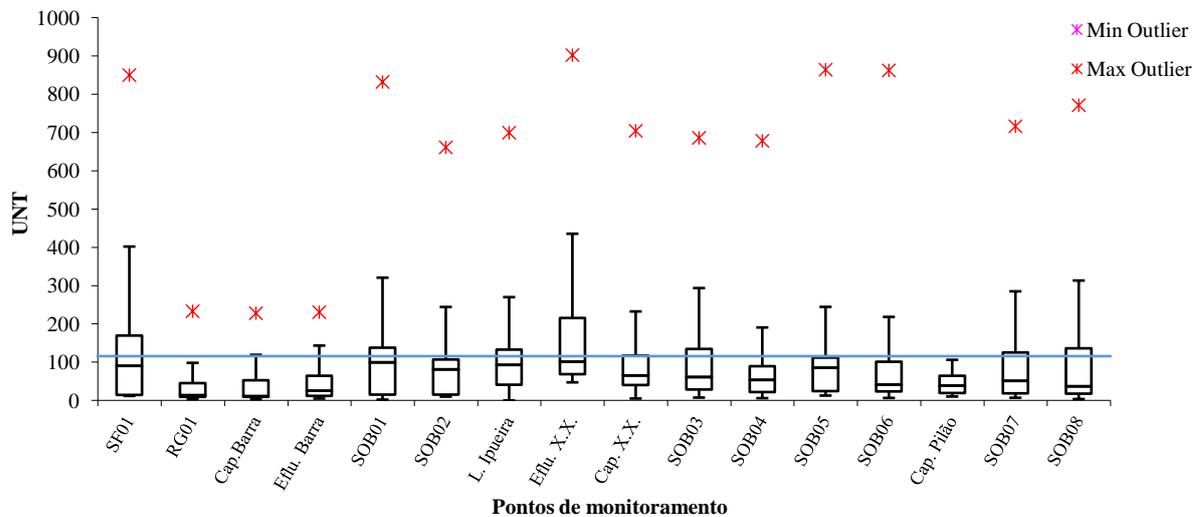
A turbidez apresentou uma média de 109,5 UNT para o trecho lótico, havendo uma maior ocorrência de valores discrepantes desse trecho, e menores no trecho lântico, com 58,5 UNT de média. Os valores mais altos registrados no trecho lótico, representados através da média identificada pela linha em azul, servem de alerta para os gestores de Recursos Hídricos e de Meio Ambiente da região em questão, visto que o CONAMA 357/2005 estabelece como limite para águas doces de Classe 02 um valor de até 100 UNT.

Entre os pontos localizados na região lótica estudada, observam-se vários deles com altos valores de turbidez e com características distintas (Figura 21). No sentido do fluxo do rio, destaca-se o primeiro ponto de monitoramento SF01, onde se observou *in loco* próximo a essa região a quase inexistência de vegetação ciliar e vários pontos de assoreamento. O aumento da periodicidade de vazões, associada à precipitação, o desmatamento, e a retirada da mata ciliar aumentam a erosão, e conseqüentemente, provocam o aumento da turbidez (STRASKRABA e TUNDISI, 2013).

O ponto Eflu. X.X. localizado dentro da Lagoa Ipueira região que possui baixo grau de circulação d'água na maioria dos períodos, tem como principal agente o despejo de efluentes da cidade. Essa estação apresentou os maiores valores e amplitudes, outro ponto monitorado que possui influência de efluentes domésticos é o Eflu. Barra, que exibiu predominância de valores de turbidez menores que a média, em virtude de se localizar na confluência do Rio

Grande com o Rio São Francisco, que provoca diluições, comprovadas pela baixa turbidez registrada nos dois pontos inseridos a montante nesse mesmo afluente, os pontos RG01 e Cap. Barra. O despejo de resíduos sólidos procedentes da área urbana e o assoreamento do rio são fatores que influenciam na baixa transparência das águas (JESUS e SOUZA, 2013). Essa redução prejudica os produtores primários desses ecossistemas, principalmente o fitoplâncton, o que pode acarretar um desequilíbrio desses ambientes (ESTEVES, 2011).

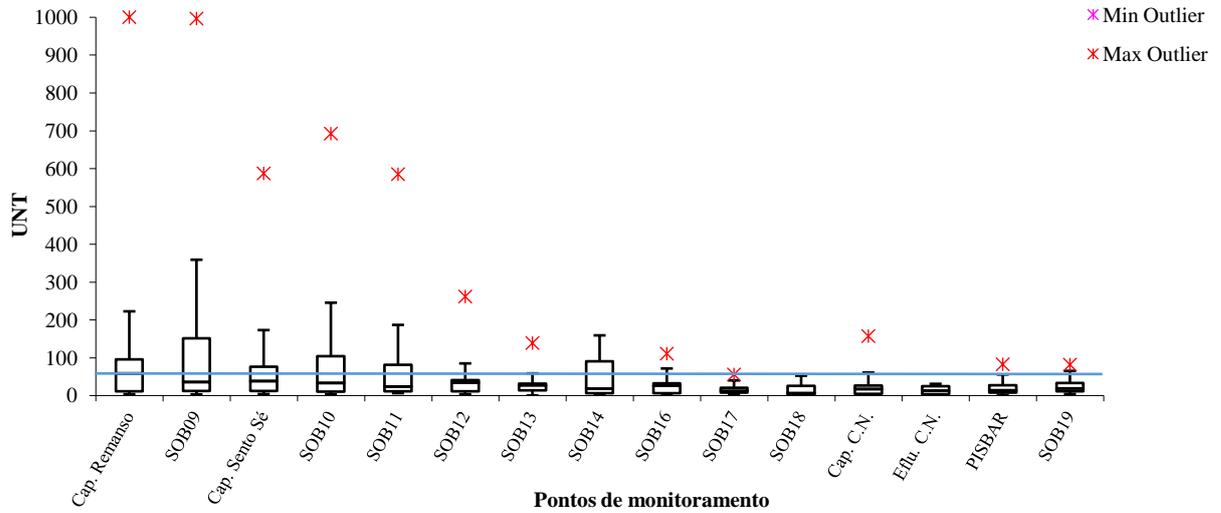
Figura 21 - Boxplot da turbidez nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

Na região lântica do estudo, os pontos relacionados apresentam redução na amplitude dos valores da turbidez no sentido do fluxo do rio em direção ao barramento de Sobradinho. Além disso, na Figura 22 observa-se uma região de transição rio/reservatório, entre a captação de Remanso (Cap. Remanso) e o SOB11, 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 elevada 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 de animais entre as margens e o pisoteamento de animais (SANTOS *et al.*, 2016).

Figura 22 - Boxplot da turbidez nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho

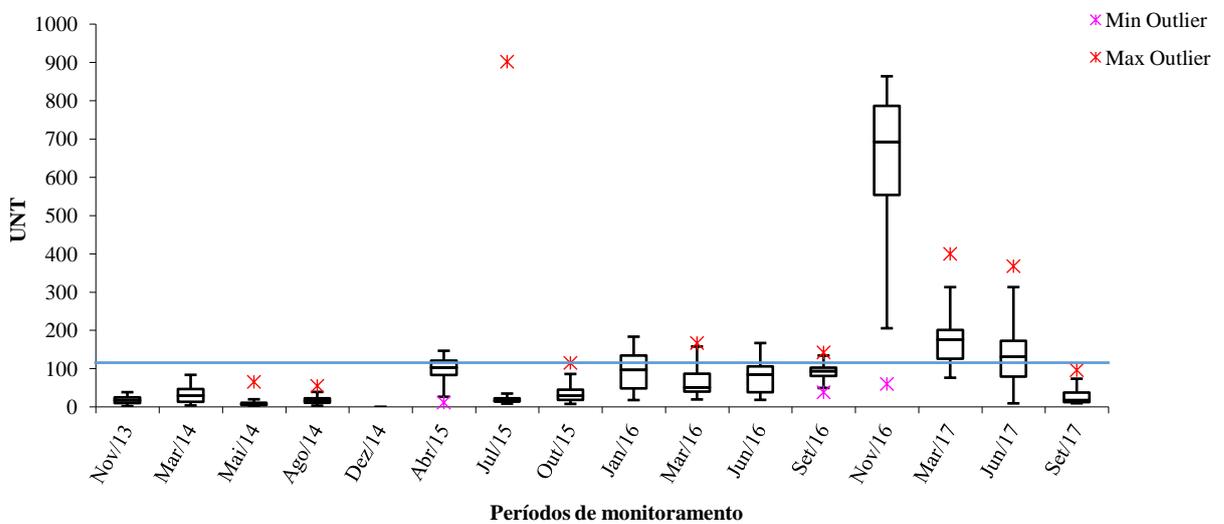


Fonte: O Autor (2019).

d) Turbidez – Análise Temporal

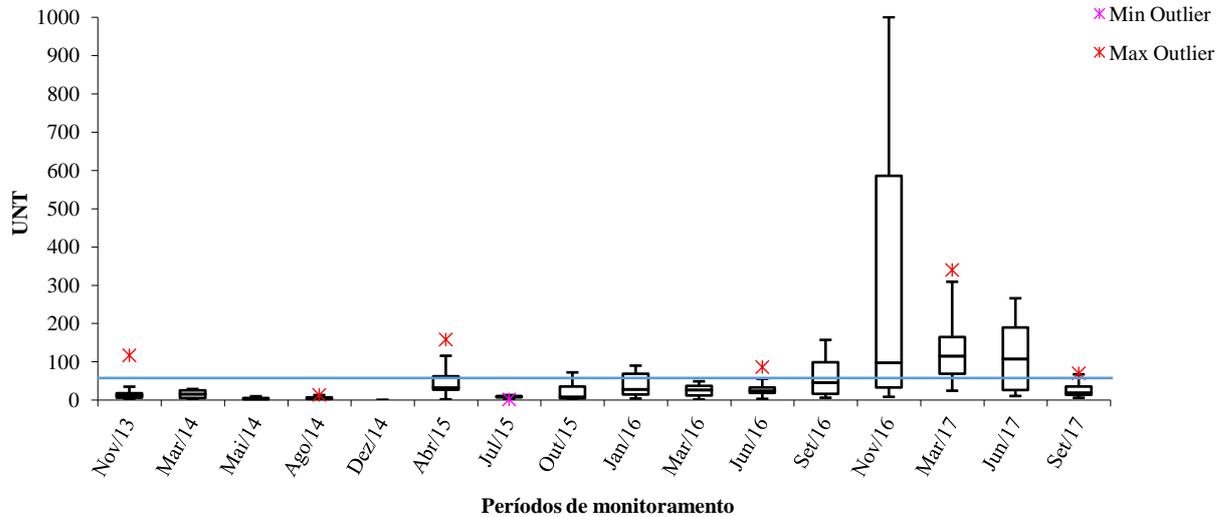
As Figuras 23 e 24 apresentam semelhança nas amplitudes registradas para a turbidez nos dois trechos (lótico e lântico), porém com tendências de maiores valores para o trecho lótico. O mês de novembro de 2016 apresentou valores muito acima dos demais, coincidindo com o período que houve um pico de precipitação, observado na Figura 12. 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).

Figura 23 - Boxplot da turbidez entre os períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

Figura 24 - Boxplot da turbidez entre os períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico da área de influência do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho

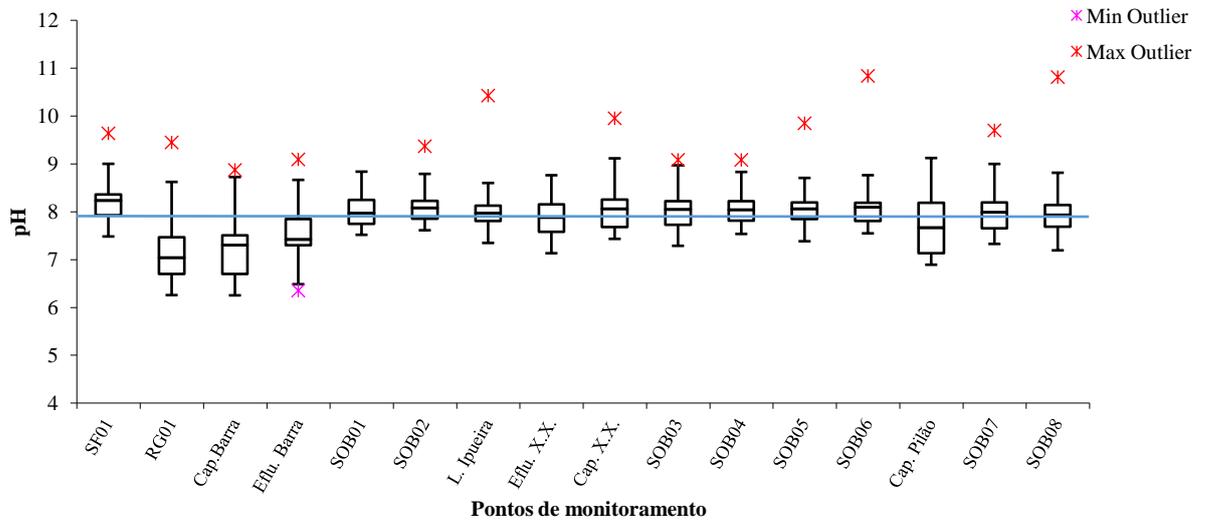


Fonte: O Autor (2019).

e) pH – Análise espacial

O pH registrou uma média próxima da neutralidade, com 7,93 no trecho lótico, identificada através da linha em azul na Figura 25. Entre os pontos desse trecho, poucos apresentaram amplitudes mais altas; sendo eles: RG01, Cap. Barra, Eflu. Barra e o Cap. Pilão. Os pontos localizados no Rio Grande (RG01, Cap. Barra) possuem características próprias, oriundas desse afluente e das influências de sua região montante, enquanto os outros dois pontos, Eflu. Barra e Cap. Pilão se encontram em trechos de baixo grau de circulação d'água e/ou com despejos domésticos em suas proximidades. As alterações de pH nessa região podem estar relacionadas a fatores naturais originados da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, como também da fotossíntese realizada pelas algas. Além disso, alterações são provocadas por despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica), como observado nessas regiões (ESTEVEZ, 2011).

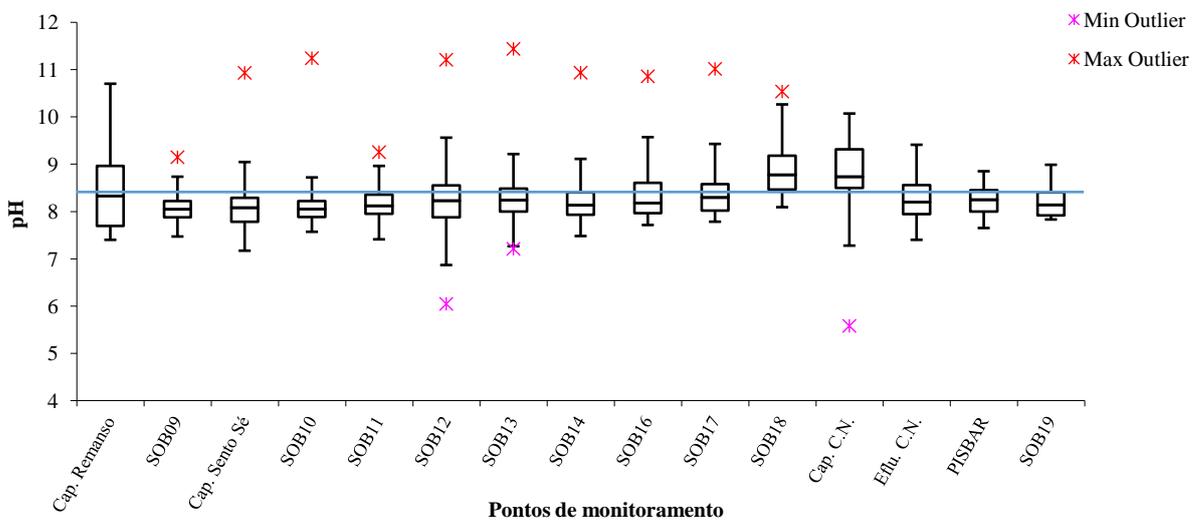
Figura 25 - Boxplot do pH nos pontos de monitoramento nos quatro anos de monitoramento, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

Na região lântica do estudo, a média do pH foi de 8,38 – destacado pela linha em azul da Figura 26, tendendo ao limite superior delimitado pelo CONAMA 357/2005, que é de 9. Observa-se faixas de variação próximas a 8, porém apresentando altas amplitudes e vários pontos com discrepâncias em relação aos demais, tais como: Cap. Remanso, SOB12, SOB18 e Cap. C.N. que se localizam próximos a áreas urbanas, fato corroborado em outros estudos, que apresentaram maior amplitude para o pH em áreas próximas a centros urbanos ou de atividade agropecuária (COSTA, 2004; MELO, 2007; PERES, 2012).

Figura 26 - Boxplot do pH nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho

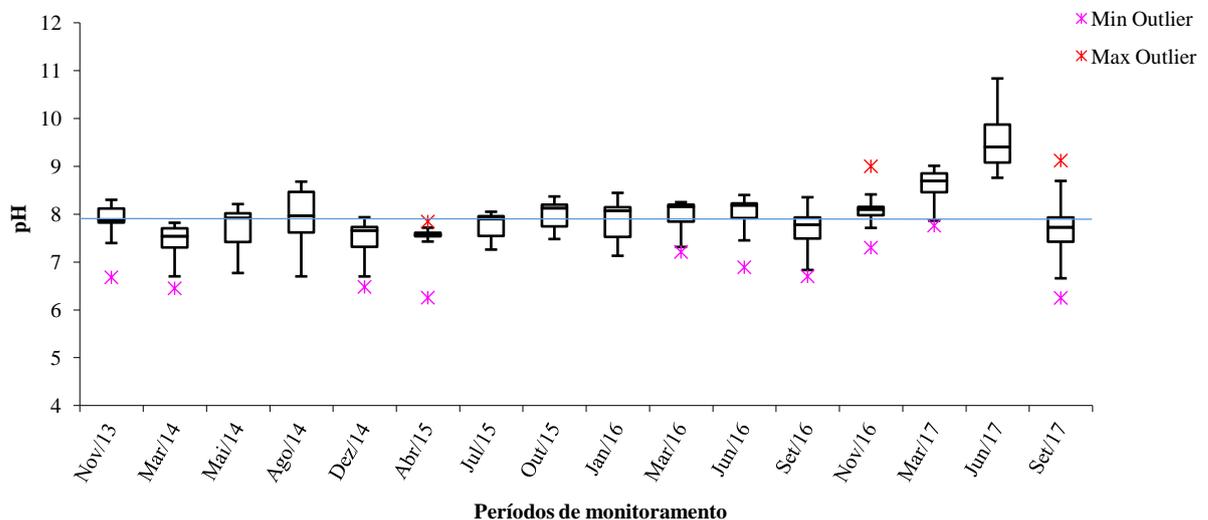


Fonte: O Autor (2019).

f) pH – Análise Temporal

A Figura 27 apresenta as amplitudes de variação de pH do trecho lótico próximos a 8, com exceção dos períodos de monitoramento de março e junho de 2017. Em junho de 2017 verificou-se mediana acima de nove, e amplitudes mais elevada; novamente tal fato pode estar relacionado ao carregamento de matéria orgânica oriunda de esgotamentos sanitários sem tratamento, dos dejetos das criações de animais, bem como pelo aporte de resíduos de agrotóxicos utilizados nas plantações (MEDEIROS *et al.*, 2017).

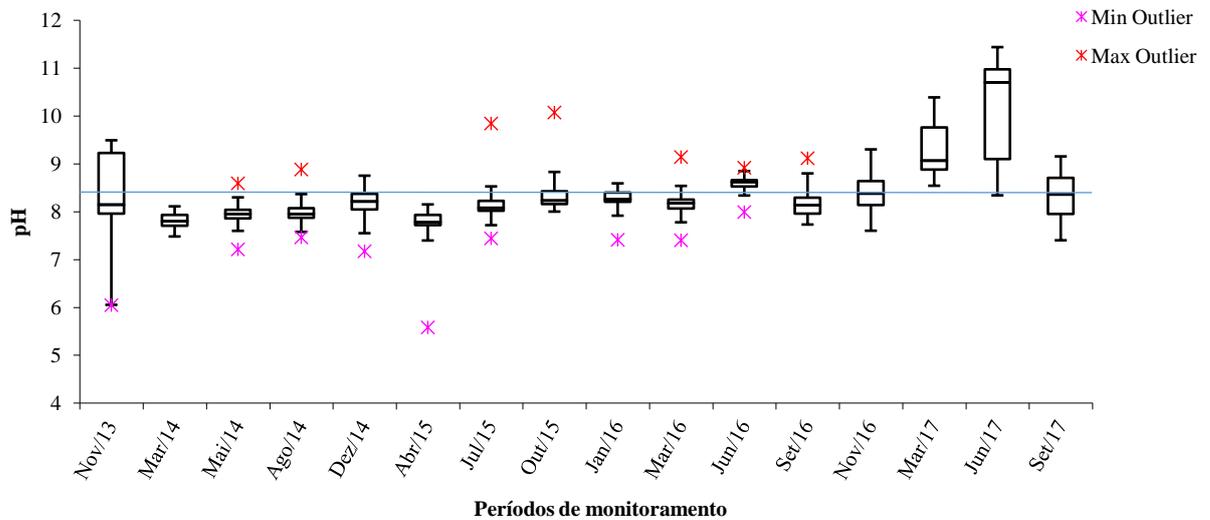
Figura 27 - Boxplot do pH entre os períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

A Figura 28, referente à região lântica, apresenta o pH com maior número de períodos com discrepâncias. Novembro de 2013 apresentou mediana próxima a 8, porém amplitude com faixa inferior mais acentuada, além de março e junho de 2017, que se diferenciaram do padrão de valores. Melo (2007) encontrou pH com valores alcalinos (>8) nos meses chuvosos próximo a centro urbanos ou em áreas de cultivo agrícola.

Figura 28 - Boxplot do pH nos períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico da área de influência do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



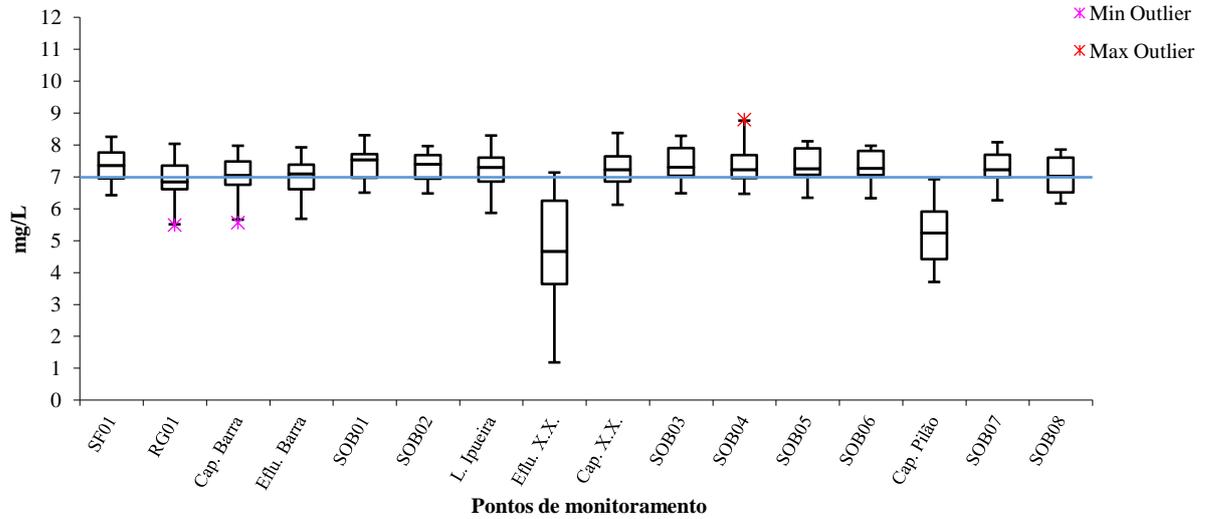
Fonte: O Autor (2019).

g) Oxigênio dissolvido – Análise espacial

Um dos parâmetros mais importantes na dinâmica, caracterização e sobrevivência dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011), o oxigênio dissolvido (OD) apresentou no trecho lótico uma média geral nas medições em perfil de 6,98 mg/L e na região lântica (reservatório) de 7,26 mg/L, destacado nas Figuras 29 e 30 pela linha em azul. Nesse primeiro trecho observa-se, na maioria dos pontos, amplitudes próximas da média e dentro do exigido para a manutenção da vida aquática, conforme Resolução CONAMA 357/2005, que é de no mínimo 5,0 mg/L.

Somente dois pontos exibiram faixas de variação discrepantes, o Eflu X.X. e o Cap. Pilão. Novamente tais pontos se destacam por apresentar em seu entorno características de baixa circulação de água, despejos de esgotamento doméstico, bem como, ocorrência de revolvimento do fundo do leito desses lagos ou canais de conexão, em virtude da grande movimentação de embarcações. Os baixos valores obtidos em alguns pontos são possivelmente resultado da quantidade de oxigênio consumida durante a decomposição da matéria orgânica (ESTEVES, 2011; STRASKRABA e TUNDISI, 2013). Outro ponto (L. Ipueira), também localizado na lagoa de mesmo nome, a 800 m do Eflu X.X. apresentou resultados com amplitude semelhante aos demais.

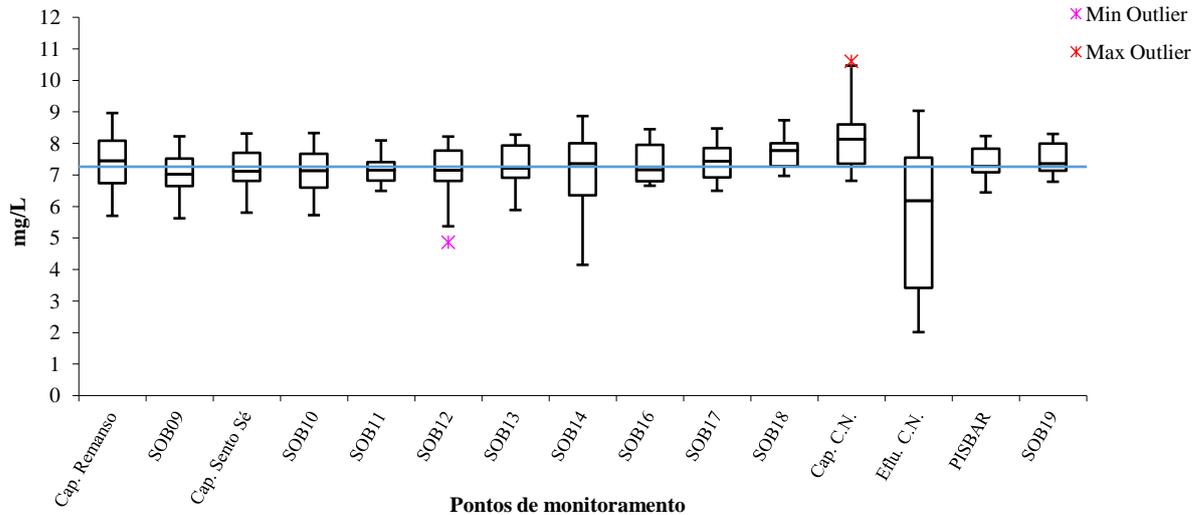
Figura 29 - Boxplot do oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

Na região lântica do estudo, o oxigênio apresentou maiores faixas de amplitude, com destaque positivo para o ponto Cap. C.N. (Captação de Casa Nova) com amplitudes mais elevadas; e negativa para o SOB14 e o Eflu. C.N. com amplitudes apresentando valores mais baixos, principalmente o segundo citado. Este local está próximo a zonas de despejo de esgotamento sem tratamento, identificado próximo da área urbana da cidade de Casa Nova – BA. Os dois últimos pontos possuem características semelhantes aos demais com baixos valores de oxigênio dissolvido na região lótica. Silva *et al.* (2010) obtiveram menores valores de OD próximo à Usina de Três Marias e desde Xique-Xique até o pólo Juazeiro-Petrolina, destacando a poluição hídrica por produtos químicos da agricultura, por indústrias e residências, como principais fatores associados a esse comportamento.

Figura 30 - Boxplot do oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento nos quatro anos no trecho lântico do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho

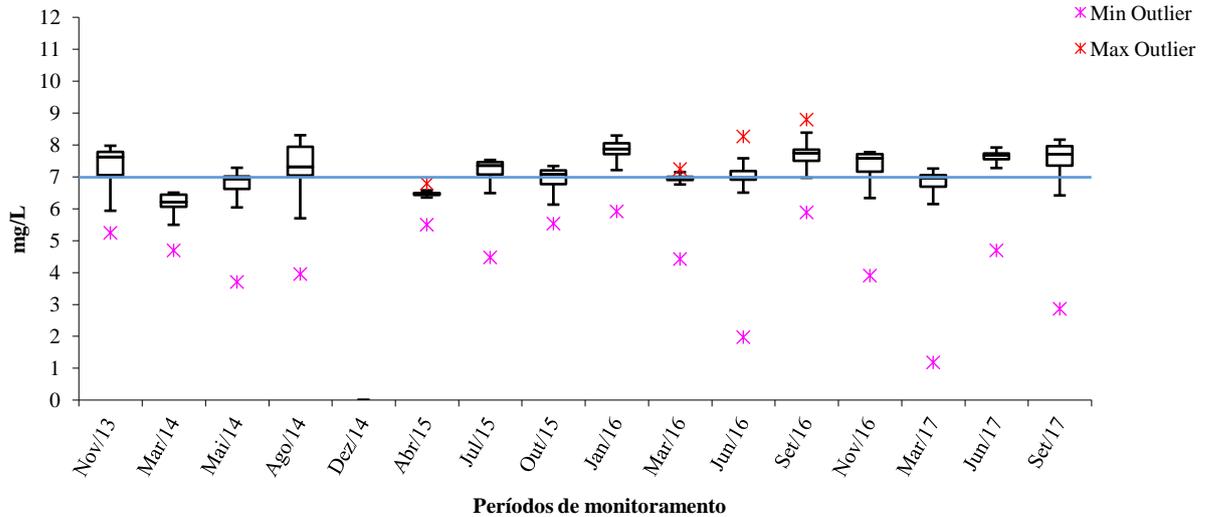


Fonte: O Autor (2019).

h) Oxigênio dissolvido – Análise Temporal

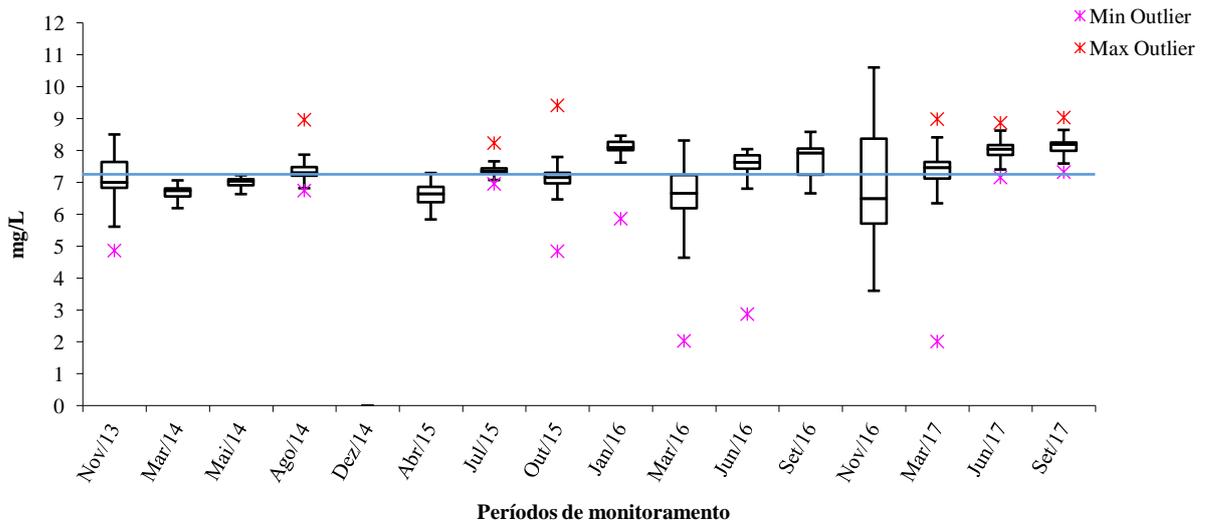
As Figuras 31 e 32 apresentam a ocorrência, em vários períodos, de valores discrepantes (Outliers) do oxigênio dissolvido. Somente dezembro de 2014 não apresentou resultados, em virtude de problema no sensor do equipamento de medição. Valores discrepantes de OD podem estar relacionados a ações antrópicas destacadas anteriormente, enquanto que a oscilação na posição das amplitudes observadas ao longo do tempo pode estar relacionada a fatores hidroambientais (precipitação, vazão, velocidade de escoamento, tempo de retenção da água no reservatório). Segundo Straskraba e Tundisi (2013) os níveis de oxigênio dissolvidos dos rios afluentes são resultado da incorporação desse elemento nos trechos turbulentos, da produção de algas e macrófitas através da fotossíntese, assim como da quantidade consumida durante a decomposição da matéria orgânica. Além disso, a oscilação observada do oxigênio dissolvido tem relação com a apresentada nas figuras dos períodos referentes à temperatura (Figuras 19 e 20); uma vez que regiões tropicais possuem menor capacidade de solubilização do OD em virtude de padrões de temperatura mais elevados (ESTEVEZ, 2011).

Figura 31 - Boxplot do oxigênio dissolvido nos períodos de monitoramento nos quatro anos no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

Figura 32 - Boxplot do oxigênio dissolvido nos períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lêntico do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

i) Fósforo Total – Análise espacial

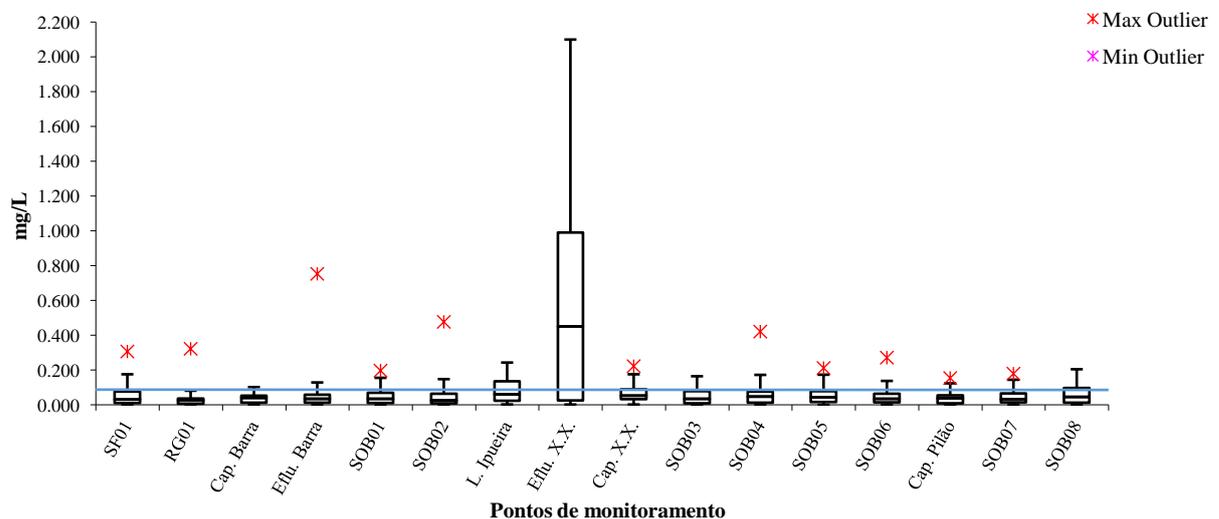
Para a análise do parâmetro fósforo total foi necessária a retirada de dois valores discrepantes registrados no ponto Eflu. X.X. sendo eles: 13,90 mg/L em março de 2016 e 15,05 mg/L em junho do mesmo ano. Tais valores dificultariam a visualização da amplitude nos outros pontos, além de elevar descompensadamente a média da região lótica estudada.

A partir dessa retirada obteve-se uma média de 0,090 mg/L para o trecho lótico e 0,0434 mg/L para o trecho lêntico, identificada nas Figuras 33 e 34 através da linha em azul.

O primeiro trecho apresentou uma média dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que é de até 0,1 mg/L para ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários, enquanto que a região do reservatório (trecho lêntico) obteve média acima do limite dessa Resolução, que é de até 0,030 mg/L para ambiente lêntico e de 0,050 mg/L para tributários desses ambientes. Entre outros fatores, o fósforo é o principal responsável pela eutrofização artificial de ecossistemas aquáticos continentais (ESTEVES, 2011), sendo ainda um indicador de eutrofização na maioria dos lagos (TUCCI e MENDES, 2006). Demandando preocupação quanto ao uso e desuso dessas águas nessas regiões ribeirinhas.

Observa-se na Figura 33 do trecho lótico, valores discrepantes e amplitudes concentrando-se abaixo dessa média em grande parte dos pontos, com grande amplitude de variação para o ponto Eflu. X.X. e um leve destaque para o L. Ipueira, os dois localizados dentro da Lagoa Ipueira no municípios de Xique-Xique (BA). 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; SILVA NETA *et al.*, 2012).

Figura 33 - Boxplot do fósforo total nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho

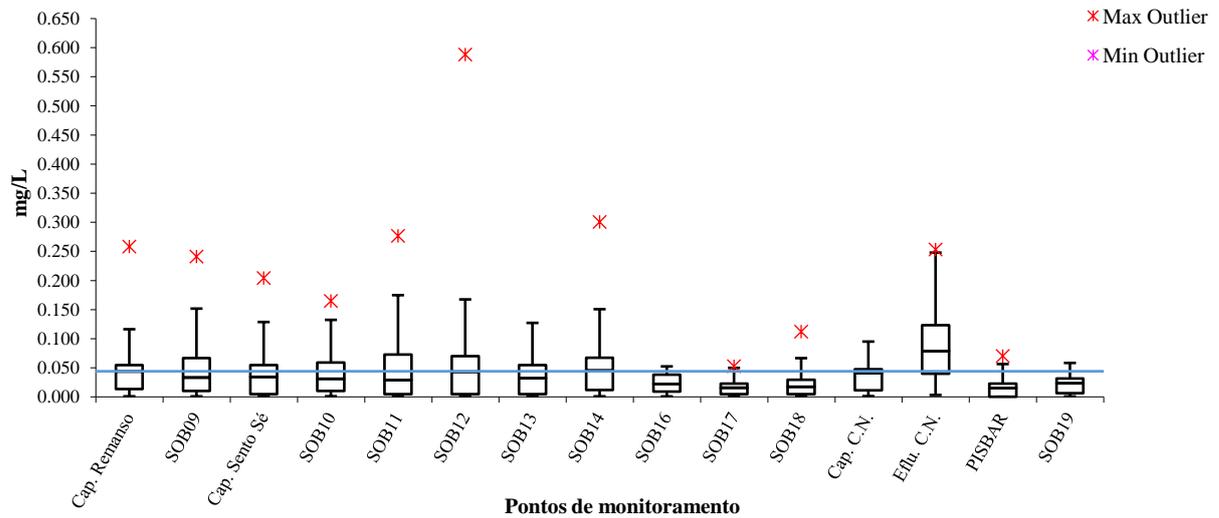


Fonte: O Autor (2019).

A região do reservatório de Sobradinho de trecho lêntico também apresentou valores discrepantes (outliers) na maioria dos pontos, porém suas amplitudes foram inferiores às do trecho lótico. Além disso, observou-se uma queda em direção ao barramento do reservatório, com exceção dos pontos próximos a cidade de Casa Nova (Cap. C.N. e Eflu. C.N.). As maiores amplitudes do fósforo total registrados em regiões ribeirinhas sofrem a influência das

idades, corroborando 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; SILVA NETA *et al.*,2012).

Figura 34 - Boxplot do fósforo total nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho.

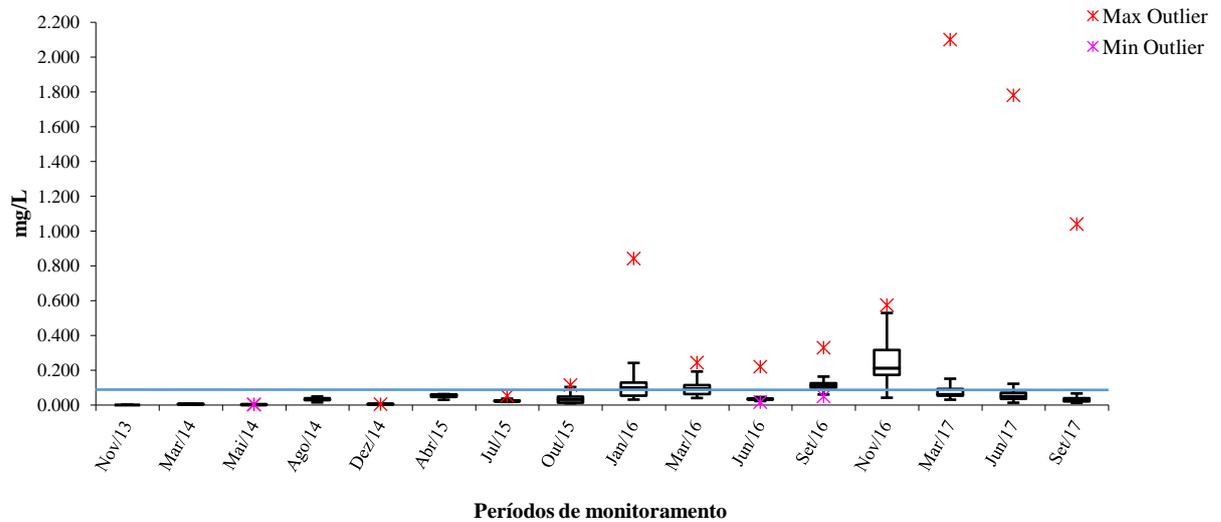


Fonte: O Autor (2019).

j) Fósforo Total – Análise Temporal

Observa-se na Figura 35, da região lótica, a ocorrência de vários valores discrepantes (Outliers), embora a maioria tenha apresentado baixas amplitudes, foram registradas amplitudes e mediana acima da média da região – janeiro, março, setembro e novembro de 2016, com destaque para esse último período. Janeiro e março de 2016 coincidem com a alta precipitação registrada no período do estudo, havendo relação com o pico e fim do período chuvoso, enquanto que os meses de setembro e novembro do mesmo ano correspondem ao início e pico de chuvas (Figura 11). Os meses em destaque podem ser resultado de fatores distintos, tais como carreamento de matéria orgânica e outros dejetos, enquanto outros podem ser resultantes da concentração desses vários materiais carreados. Medeiros *et al.* (2017) registraram valores acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, independentemente do período analisado (seco ou chuvoso), em estações a montante e jusante de Sobradinho.

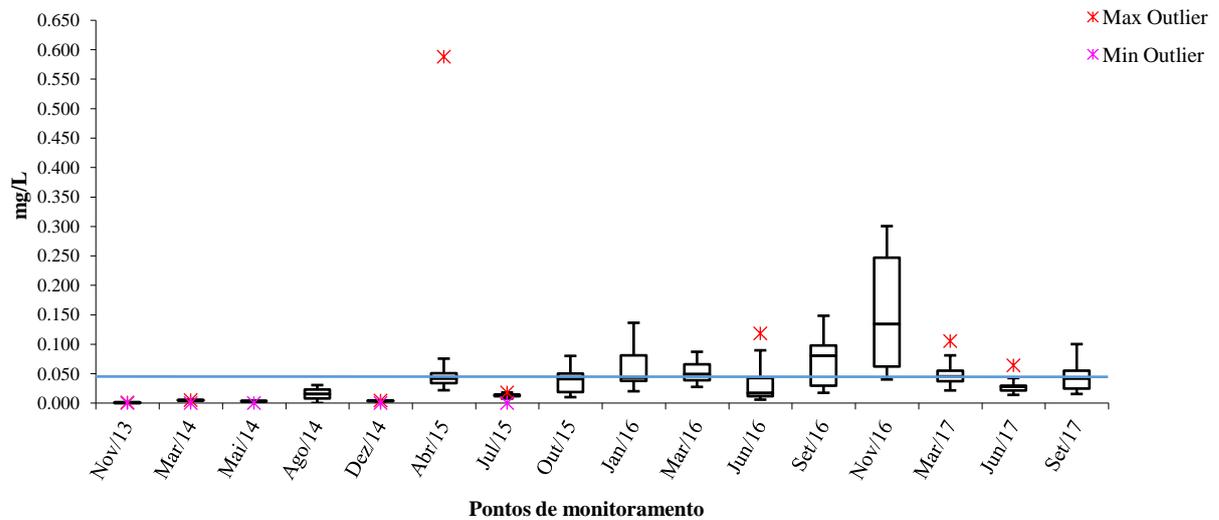
Figura 35 - Boxplot do fósforo total nos períodos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lótico a montante do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

A região do reservatório (trecho lântico) registrou menores valores para o fósforo total, além de uma menor faixa de variação (Figura 36). Observa-se também uma menor presença do fósforo nos dois primeiros anos, seguidos de aumento na ocorrência de valores mais altos entre outubro de 2015 e novembro de 2016, retornando a patamares mais reduzidos na sequência. O maior aporte de compostos oriundos de poluição difusa ou pontual ocasionada em períodos de elevadas precipitações, demandam o acompanhamento e avaliação da capacidade suporte desses ambientes aquáticos (COSTA, 2004), face as limitações que o fósforo pode ocasionar, com a eutrofização desses ambientes, como por exemplo, a proliferação de macrófitas aquáticas (PERES, 2012).

Figura 36 - Boxplot do fósforo total nos pontos de monitoramento nos quatro anos, no trecho lântico do reservatório de Sobradinho – Linha em azul identificando a média do trecho



Fonte: O Autor (2019).

k) Fitoplâncton Total – Análise espacial

As análises do número de células de organismos fitoplanctônicos registradas nos pontos de monitoramento nos trechos lótico e lântico apresentaram altos valores médios em grande parte dos pontos, com uma média geral de 100.059 células/mL, variando de 0 a 7.700.818 células/mL, registrado no SOB06 em agosto de 2014 (Tabela 6). A mediana é uma medida de tendência central que identifica o número do meio em um grupo de números, apresentou valores mais elevados na região do reservatório de Sobradinho (trecho lântico). Os altos valores de células/mL comprovados através das médias de seus pontos, demonstram alta produtividade nesses ambientes na direção do reservatório, uma vez que, o aumento na concentração de nutrientes associado a outros fatores como: correnteza, estratificação, circulação, profundidade de penetração da luz (zona eufótica), intensidade luminosa, entre outros; acarretam num maior número de células de fitoplâncton, bem como, na composição da comunidade desses organismos (ESTEVEZ, 2011; CETESB/ANA, 2011).

Tabela 6 - Valores de medidas de tendência central (média e mediana) e extremos (mínimos e máximos) registrados nos pontos de monitoramento nos quatro anos, nos trechos lótico e lântico do reservatório de Sobradinho

	Estações de Amostragem	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Nº de observações
Trecho Lótico	SF01	0	6800334	8	427425	16
	RG01	0	22676	9	1789	16
	Cap. Barra	0	162	3	46	10
	Eflu. Barra	0	6298	4	1244	10
	SOB01	0	6111111	4	383822	16
	SOB02	0	1049290	25	67087	16
	L. Ipueira	0	51662	6	4910	13
	Eflu. X.X.	0	2772	20	420	8
	Cap. X.X.	0	767	38	158	10
	SOB03	0	2913165	20	182630	16
	SOB04	0	63394	6	4649	16
	SOB05	0	1145434	7	72301	16
	SOB06	0	7700818	107	483152	16
	Cap. Pilão	0	72	0	10	8
	SOB07	0	2040287	38	129322	16
	SOB08	0	217687	12	16014	16
Trecho Lântico	Cap. Remanso	0	814	0	110	9
	SOB09	0	534816	293	42152	16
	Cap. Sento Sé	0	870	1,5	114	10
	SOB10	0	781626	446	53415	16
	SOB11	0	844045	824	79217	16
	SOB12	2	659358	2196	53454	16
	SOB13	2	494483	3020	39450	16
	SOB14	0	7351148	3762	498546	16
	SOB16	0	224075	1424	20326	16
	SOB17	1	235386	3113	21742	16
	SOB18	0	392975	898	44783	16
	Cap. C.N.	0	1379	2	331	10
	Eflu. C.N.	25	650000	292	93706	7
PISBAR	0	5430	57	660	16	
SOB19	1	325781	1931	26946	16	

Fonte: O Autor (2019).

I) Fitoplâncton Total – Análise Temporal

Na tabela 7, as médias e medianas apresentam variações sazonais no número de células/mL ao longo do tempo. Os processos ecológicos, a capacidade e limitação de reservatórios em períodos secos, associado ao nível da água e a concentração de nutrientes, favorece os produtores primários (fitoplâncton). Tais variações sazonais também foram observadas por Gunkel *et al.* (2015), no reservatório de Itaparica.

Tabela 7 - Valores de medidas de tendência central (média e mediana) e extremos (mínimos e máximos) registrados nos períodos de monitoramento nos quatro anos, nos trechos lótico e lêntico do reservatório de Sobradinho

Períodos de amostragem	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Nº de observações
Nov/13	0	26172	1736	3824	22
Mar/14	0	7351149	52	306646	30
Mai/14	0	392975	7811	35536	31
Ago/14	0	7700818	25648	967107	30
Dez/14	1	298665	2149	28119	29
Abr/15	0	203223	27	8906	28
Jul/15	0	11000	2538	2921	29
Out/15	0	1669	11	130	22
Jan/16	0	23	0	2	30
Mar/16	0	10883	0	582	31
Jun/16	0	6787	63	364	31
Set/16	0	650000	269	21790	31
Nov/16	0	844045	1442	70128	22
Mar/17	0	224075	4	14367	22
Jun/17	0	2415	1	153	22
Set/17	1	1759	21	355	21

Fonte: O Autor (2019).

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade das águas sofrem grandes variações no tempo e no espaço (ANDRADE *et al.*, 2007). Podendo ser influenciados pelas condições climáticas, como também pelas atividades antrópicas, falta de saneamento e do metabolismo desses sistemas aquáticos através de suas relações com os parâmetros e as características dos próprios ambientes (ESTEVES, 2011; SANTOS *et al.*, 2016).

5.4 ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS E DE ÁREAS VULNERÁVEIS DE SOBRADINHO

A tabela 8 apresenta os valores médios de cada ponto de monitoramento ao longo dos quatro anos de monitoramento, destacando em vermelho os valores discrepantes e fora dos limites estabelecidos pela legislação relacionado ao trecho correspondente do corpo hídrico. Nela observa-se que através de alguns parâmetros em conjunto, pode-se identificar possíveis pontos críticos e de áreas vulneráveis.

O primeiro ponto relacionado ao monitoramento limnológico (SF01) apresenta valor médio de pH (8,3), mais próximo do limite superior permitido pela legislação, que é de até 9, turbidez acima do limite e número de células de fitoplâncton alto. Na sequência outro ponto que destaca-se é o Eflu. Barra, que embora tenha apresentado médias gerais para maioria dos parâmetros e número de células de fitoplâncton baixo, o valor médio para o Fósforo total foi acima do delimitado pelo CONAMA 357/2005.

Embora exista uma aparente diluição e recuperação de uma série de variáveis ao longo do percurso, a distância de recuperação também chamada de “distância de reset” (STRASKRABA e TUNDISI, 2013), na sequência do trecho lótico monitorado apenas o ponto Cap. Pilão não apresentou valores mais altos de turbidez que os estabelecidos na legislação. Entretanto ao longo dessa região o Eflu. X.X. destacou-se por apresentar além dos maiores valores médios de turbidez o OD abaixo do recomendado, o Fósforo total com 2,976 mg/L, muito acima do limite estabelecido que de até 0,1 mg/L, em trecho lótico e tributário de ambiente intermediário.

Para região lântica da área de estudo, observa-se uma redução nos valores médios de turbidez, porém uma maior ocorrência de médias fora dos limites do CONAMA 357/2005 para o parâmetro Fósforo total, onde nove dos quinze pontos de monitoramento registraram valores acima dos limites da legislação, sendo o Eflu. C.N. ponto alocado em um meandro próximo da cidade de Casa Nova, o que obteve a maior média com 0,087, sendo o determinado até 0,030 mg/L em trecho lântico e 0,050 mg/L em tributário de ambiente lântico, demonstrando esse parâmetro como um importante indicador. Além disso, alguns pontos destacam-se por apresentar mais de um parâmetro acima dos limites estabelecidos, tais como: Cap. Remanso, SOB09 e SOB10. Esses pontos encontram-se alocados entre as cidades de Remanso e Sento Sé.

Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros avaliados nos trechos lótico e lântico do reservatório de Sobradinho no período de novembro de 2013 a setembro de 2017.

	Estações de Amostragem	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (UNT)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Fitoplâncton Total (Cél/mL)	Fósforo Total (mg/L)	Referência CONAMA 357/2005
Trecho Lótico	SF01	27,8	8,3	150	6,9	427425	0,065	Classe II de água doce - P Total até 0,1 mg/L, em trecho lótico e tributário de ambiente intermediário; - pH entre 6 e 9; - Turbidez até 100 UNT; - OD não inferior a 5 mg/L
	RG01	27,6	7,2	43	7,0	1789	0,046	
	Cap. Barra	27,7	7,2	44	7,3	46	0,041	
	Eflu. Barra	27,9	7,5	50	7,0	1244	0,135	
	SOB01	28,3	8,1	126	7,4	383822	0,053	
	SOB02	27,9	8,2	102	7,3	67087	0,066	
	L. Ipueira	25,9	8,1	154	7,2	4910	0,089	
	Eflu. X.X.	27,8	7,9	231	4,7	420	2,976	
	Cap. X.X.	28,3	8,1	128	7,3	158	0,067	
	SOB03	27,4	8,0	115	7,4	182630	0,050	
	SOB04	27,1	8,1	101	7,4	4649	0,069	
	SOB05	27,0	8,1	127	7,4	72301	0,059	
	SOB06	27,2	8,2	128	7,3	483152	0,058	
	Cap. Pilão	28,7	7,8	45	5,2	10	0,047	
	SOB07	27,0	8,0	108	7,3	129322	0,047	
SOB08	27,2	8,1	124	7,0	16014	0,059		
Trecho Lântico	Cap. Remanso	27,1	8,5	123,8	7,4	110	0,052	Classe II de água doce P Total até 0,030 mg/L em trecho lântico e 0,050 mg/L em tributário de ambiente lântico - pH entre 6 e 9 - Turbidez até 100UNT - OD não inferior a 5 mg/L
	SOB09	27,1	8,1	129,6	7,0	42152	0,050	
	Cap. Sento Sé	27,2	8,2	95,4	7,2	114	0,044	
	SOB10	27,0	8,3	107,3	7,1	53415	0,046	
	SOB11	26,6	8,2	94,8	7,2	79217	0,053	
	SOB12	26,2	8,3	49,3	7,2	53454	0,085	
	SOB13	26,4	8,4	38,7	7,3	39450	0,038	
	SOB14	26,7	8,4	51,1	7,0	498546	0,062	
	SOB16	25,8	8,5	29,1	7,4	20326	0,024	
	SOB17	25,5	8,5	18,2	7,4	21742	0,018	
	SOB18	26,0	8,9	15,8	7,7	44783	0,026	
	Cap. C.N.	27,2	8,7	32,6	8,1	331	0,036	
Eflu. C.N.	28,5	8,3	13,2	5,7	93706	0,087		
PISBAR	25,5	8,2	21,0	7,4	660	0,018		
SOB19	25,5	8,2	20,2	7,5	26946	0,024		

Fonte: O Autor (2019).

6 CONCLUSÕES

Examinando-se as áreas do reservatório de Sobradinho, observa-se que a demanda hídrica, principalmente para os dois principais usos (agricultura e abastecimento humano) tendem a aumentar, o que demandará maior investimento no tratamento dos resíduos sanitários; além disso, o aumento do uso da água na agricultura poderá gerar maiores conflitos, se não forem utilizadas técnicas eficientes e poupadoras.

As principais fontes de poluição e/ou ações antrópicas observadas nas áreas de margem, se referem ao despejo de resíduos sanitários sem tratamento, agricultura, pecuária, desmatamento associado muitas vezes à queima da vegetação ciliar, ao assoreamento como um dos resultantes e às captações de águas utilizadas principalmente para irrigação.

A avaliação dos processos de precipitação, vazão, cota-volume do reservatório, bem como, dos volumes defluentes demonstraram decréscimo nos valores ao longo do tempo, em virtude da seca prolongada que se estendeu de 2013 até 2018.

As análises espaço-temporais dos parâmetros limnológicos mostraram a presença de alguns pontos críticos ao longo dos trechos lótico e lêntico do Reservatório de Sobradinho, estando geralmente associados a áreas urbanas e seus pontos de despejo de efluentes, além da agropecuária.

Entre os parâmetros, o fitoplâncton demonstrou maior sensibilidade ao longo do tempo e entre os pontos de monitoramento, registrando amplitudes mais elevadas. Embora a quantificação do fitoplâncton não seja contemplada nos limites da Resolução CONAMA 357/2005, a sensibilidade apresentada o coloca como um possível parâmetro de acompanhamento preventivo as alterações limnológicas nas regiões da bacia do Rio São Francisco.

As análises dos vários parâmetros hidroambientais e limnológicos, resultantes do monitoramento sistemático, apresentou-se como uma ferramenta valiosa aos gestores por demonstrar quali-quantitativamente uma gama de informações inerentes à gestão de recursos hídricos. No entanto, outros estudos devem ser incorporados no sentido de se avaliar os parâmetros que melhor caracterizam as diferentes regiões e possam ser utilizados como instrumento de acompanhamento e mapeamento.

Nesse sentido, é necessário levar em consideração que a escassez hídrica cada vez mais severa e prolongada no Nordeste requer dos agentes gestores, controladores e dos próprios usuários, medidas preventivas de uso racional dos recursos hídricos, que propiciem

uma razoável oferta futura de água a população e aos demais seguimentos, sem prejudicar o equilíbrio desses ecossistemas e as comunidades ribeirinhas que tradicionalmente vivem e sobrevivem desse ambiente, seja de maneira cultural, histórica ou consorciada.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J (Org.). **Toda verdade sobre a transposição do Rio São Francisco**. Rio de Janeiro: Mauad, 2008. 254 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos - cadernos de capacitação em recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2011. v. 1, n. 6, 50 p.

_____. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2017. 88 p.

_____. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017. 86 p.

_____. **Portal da qualidade das águas**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/>. Acesso em: 6 dez. 2017.

_____. **Hidrogeologia dos ambientes cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a gestão de recursos hídricos: resumo executivo**. Elaboração e execução: TPF - Techne. – Brasília: ANA, 2018. 71 p.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília: ANA, 2018. 72 p.

_____. **Qualidade da água em reservatórios - hidrologia e qualidade da água**. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/74>. Acessado em: 6 fev. 2019.

_____. **Aplicativo água e esgotos**. Brasília: ANA 2019. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.ana.aguaesgotos&hl=pt_BR&gl=US Acesso em: 10 jan. 2019.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2012. 1360 p.

ANDRADE e SANTOS, H.; POMPEU, P. S.; KENJI, D. O. L. Changes in the flood regime of São Francisco River (Brazil) from 1940 to 2006. **Reg. Environ. Change**, v. 2. p 123–132. 2011.

ANDRADE, A. C.; LEAL, L. R.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, É. S.; REATTO, A. **Estudos dos processos erosivos na Bacia do Rio Grande (BA) como subsídio ao planejamento agroecológico**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 26 p.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 683-690. 2007.

ANDRADE, R. M. T. Da transposição das águas do Rio São Francisco à revitalização da bacia: As várias visões de um rio - “águas para a vida!” Assim gritam as vozes que vivem na

bacia do Velho Chico. *In: INTERNATIONAL RIVERS NETWORK / COALIZÃO RIOS VIVOS. Fórum permanente de defesa do São Francisco*. 2002. 46 p.

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

BARBOSA, F. A. R. Programa brasileiro para conservação e manejo de águas interiores: síntese das discussões. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, v. 5, n. 1, p. 211-222, 1994.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco: Estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 155-172. 2009.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. **Resolução CONAMA 01/1986**. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986.

_____. Ministério da Casa Civil. **Lei Federal 9.433/97**. Lei das Águas. Brasília, 1997.

_____. **Resolução CONAMA 357/2005**. Resolução nº 357, de 23 de Janeiro 2005. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em: 14 mar. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da região hidrográfica do São Francisco**. Brasília: MMA, 2006. 148 p.

_____. **Resolução CONAMA 430/2011**. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em: 14 mar . 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria de Consolidação Nº05 de 28/09/2017**. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em: 14 mar. 2018.

BRITTO, F. B.; SILVA, T. M. M.; VASCO, A. N.; NETTO, A. A. O.; CARVALHO, C. M. Avaliação do risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no perímetro irrigado Betume no baixo rio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v. 9, n. 3, p. 158-170, 2015.

BUSS, D. F.; OLIVEIRA, R. B.; BAPTISTA, D. F. Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. **Rev. Oecol. Bras**, v. 12. n. 3. p. 339-345, 2008.

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

CARDOSO, A. S.; MARWELL, D. T. B.; SOBRAL, M. C. M.; MELO, G. L.; CASÉ, M. C. C. Análise da presença do fitoplâncton em bacia integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco, região semiárida, Nordeste brasileiro. **Eng. Sanit. Ambient.** v. 22 . n. 2, p. 261-269, 2017.

COLLISCHONN, W.; AGRA, S. G.; FREITAS, G. K.; PRIANTE, G. R.; TASSI, R.; SOUZA, C. F.; CAMPOS, N. Em busca do hidrograma ecológico. *In: Recursos Hídricos. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XVI, 2005, João Pessoa. Anais.* João Pessoa: ABRH, p. 20-24. 2005.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A bacia do Rio São Francisco.** Maceió: CBHSF, 2016. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 20 out. 2016.

_____. **Plano de Recursos Hídricos 2016/2025.** Maceió: CBHSF, 2018. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/documentacao/plano-decenal-de-recursos-hidricos/>. Acesso em: 20 out. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO; AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326p.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. **PACUERA UHE Sobradinho – Plano Ambiental de conservação e uso do entorno do reservatório artificial da Usina Hidroelétrica de Sobradinho (BA).** - Sexto Relatório técnico. Recife: CHESF; NeoCorp Ltda, 2010. 145 p.

_____. **Relatório anual de gestão das condicionantes - UHE Sobradinho.** Retificação da licença de operação nº. 406/2004. Processo nº 02001.003607/2001-56. Recife: CHESF, 2013. 82 p.

CORRÊA, M. A.; TEIXEIRA, B. A. N. **Indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré-SP.** 2007. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CORREIA, M. F.; DIAS, M. A. F. S. Variação do Nível do Reservatório de Sobradinho e seu impacto sobre o clima da região. **RBRH.** V. 8 n.1 Jan/Mar 2003, p. 157–168. 2013.

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

CPRM. **Projeto rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas: relatório diagnóstico sistema aquífero Urucua.** Bacia sedimentar Sanfranciscana. Paulo Cesar Carvalho M. Villar, Maria Antonieta Alcântara Mourão (Coord.). Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. v. 10. 43 p.

DANTAS, C. E. O. **Análise dos efeitos dinâmicos em reservatórios de grande extensão: estudo de caso: Reservatório de Sobradinho.** 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005. 72 p.

EKHTIARI, N.; GROSSMAS-CLARKE, S.; KOCK, H.; SOUZA, W. M.; DONNER, K. V.; VOLKHOLZ, J. Effects of the Lake Sobradinho Reservoir (Northerastern Brazil) on the Regional Climate. **Climate,** v. 5. n.50. 2017.

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

ESTEVEES, R. A.; ROCHA, J. R. S. L. Monitoramento limnológico do Rio São Francisco – RJ como ferramenta de gestão ambiental para as empresas que o utilizam como fonte de recursos hídricos. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tec. Amb.** Santa Maria, v. 19, n. 2. p. 392–401, 2015.

FRANCO, R. A. M. **Indicadores ambientais e planejamento integrado dos recursos hídricos na microbacia do Córrego do Coqueiro**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticaba, 2012. 259p.

GASPAR, M. T. P. **Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão**. 2006. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. 158 p.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceito para a avaliação da qualidade da água. *In*: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003. cap. 1, p.3-13.

GUNKEL, G.; LIMA, D.; SELGE, F.; SOBRAL, M.; CALADO, S. Aquatic ecosystem services of reservoirs in semi-arid areas: sustainability and reservoir management. **WIT Transactions on Ecology and The Environment**, v. 197, p. 187-200, 2015.

HERMUCHE, P. M. **O Rio São Francisco**. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF. 2002. 58 p.

JARDIM, B. F. M. **Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas - MG e sua associação com as florações de cianobactérias**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. 113p.

JESUS, D. B. M. ; SOUZA, R. C. A. Avaliação da qualidade da água do Rio São Francisco na região de Bom Jesus da Lapa, BA, e as atividades antrópicas relacionadas. **XII SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, UNIFACS, 2013.

KIRILLOS, D. DE S. **Sistemas de suporte ao planejamento dos recursos hídricos. Estudo de caso: bacia do rio São Francisco**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000. 140p.

KOCH, H.; LIERSCH, S.; AZEVEDO, J. R.; SILVA, A. L.; HATTERMANN, F. F. Modelagem da disponibilidade e do manejo da água na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília. **Anais [...]**. Brasília, ABRH, 2015.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ed. rev. e ampl. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

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

- LIMA, E. N.; MONTENEGRO, A. A. A. Avaliação da produção da pesca artesanal na vazão reduzida – jusante de Sobradinho, Submédio da Bacia do Rio São Francisco. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRH, 2017.
- LOPES, Z. F. **Detecção de mudança hidroclimática na bacia hidrográfica do Rio São Francisco**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.
- MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, ALEX. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. 11, n.1. p. 67-79. 2008.
- MARTINS, D. M. F.; CHAGAS, R. M.; MELO NETO, J. O. & MÉLLO JÚNIOR, A. V. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG., v. 15, n. 9, p.1054–1061, 2011.
- MEDEIROS *et al.* Qualidade da água em um trecho do Submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRH, 2017.
- MEDEIROS, P. R. P.; CAVALCANTE SEGUNDO, G. H.; MAGALHÃES, E. M. M. 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, 2015.
- MELO, G. L. **Estudo da qualidade da água do reservatório de Itaparica localizado na bacia do rio São Francisco**. 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. 97p.
- MENDES, L. A., BARROS, M. T. L., ZAMBON, R. C. & YEH, W. W-G. Trade-Off Analysis among Multiple Water Uses in a Hydropower System: Case of São Francisco River Basin, Brazil. **J. Water Resour. Plann. Manage.**, v. 141. n.10. 2015.
- MENDES, L. A., BARROS, M. T. L., ZAMBON, R. C. & YEH, W. W-G. Water Conflicts in Hydrothermal System Operation: The São Francisco River, Brazil. **World Environmental and Water Resources Congress 2012: Crossing Boundaries**. Albuquerque, New Mexico, United States. p. 2501-2511. 2012.
- MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. 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, 2006.
- OLIVEIRA, R. B. S.; CASTRO, C. M.; BAPTISTA, D. F. Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de ecossistemas aquáticos. **Rev. Ocol. Bras.** v.12. n. 3 p. 487-505, 2008.

PEIXOTO, J. S. **Monitoramento da qualidade da água no baixo São Francisco e ações de educação ambiental**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016. 86p.

PEREIRA *et al.* Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEAg/UFCG, v. 11, n. 6, p. 615-622, 2007.

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

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

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

REIS, R. S.; SEVERI, W.; ARAÚJO, C. DA C. Variabilidade espaço-temporal da concentração de material em suspensão em um reservatório de regularização. *In*: CONGRESSO DA ÁGUA, 7., 2004, Lisboa. **Anais [...]**. Lisboa: Associação Portuguesa dos recursos hídricos, 2004. 12 p.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 143-155, 2008.

SALES, M. M.; LOPES, F. B.; MEIRELES, A. C. M.; CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M. Variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas em reservatório da região semiárida para fins de irrigação. **Rev. Bras. Agri. Irrigada**, v. 8, n. 5, p. 411-421, 2014.

SANTOS *et al.* Avaliação da qualidade das águas do Rio Capivara no alto sertão sergipano. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: ABRH, 2017.

SANTOS, R. V. **Variabilidade espacial e temporal das características limnológicas dos reservatórios Santa Cruz e Umarí, semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014. 78 p.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 8, p. 871–880, 2012.

SILVA NETA, C. R. *et al.* Avaliação da influência do Uso de Fertilizantes na Qualidade da Água no Entorno do lago de Sobradinho, BA. *In*: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 7.; JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FACEPE/UNIVASF, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012.

SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; SILVA, D. F.; ALMEIDA, H. R. R. C. Análise espaço-temporal de parâmetros de qualidade de água. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 492-518, 2009.

SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; SILVA, D. F.; ALMEIDA, H. R. R. C. Qualidade de Água na Totalidade da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e suas causas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 4, p. 133-151, 2010.

SILVA, D. F.; MOLION, L. C. Influência da variabilidade climática interanual na hidrologia da Bacia do Rio São Francisco. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: CBM, 2004.

SILVA, G. N. S. **Apoio à gestão sustentável de recursos hídricos através de um modelo hidro-econômico desenvolvido em diferentes cenários de uso do solo e clima: o caso do Sub-médio do São Francisco.** 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. 202 p.

SILVA, S. R. **Gestão da demanda de água para uso na agricultura em região semiárida: estudo de caso bacia do rio Salitre – BA.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. 160p.

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

SIMEONOV, V.; EINAX, J.; STANIMIROVA, I.; KRAF, J. Environmental modeling and interpretation of river water monitoring data. **Anal. Bioanal. Chem.**, v. 374, p. 898–905, 2002.

SOUZA, S. A.; ARAUJO, A. A.; TROGER, F. H. Análise de estacionariedade das séries hidrometeorológicas localizadas na bacia do rio São Francisco. *In*. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais** [...]. Bento Gonçalves: SBRH, 2013.

SPÍNOLA, C.; VITORIA, F.; CERQUEIRA L. A Lei das Águas e o São Francisco: os limites da gestão descentralizada dos Recursos Hídricos no Brasil. **Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE**, Salvador, BA - Ano XVIII - v.1, n. 33, p. 70 – 90. 2016.

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

TORRES, C. J. F., BRAMBILLA, M., FONTES, A. S. & MEDEIROS, Y. D. P. Conflitos pelo uso da água para a irrigação, geração de energia hidroelétrica e manutenção do ecossistema aquático no baixo trecho do Rio São Francisco. **Rev. Gest. Sust. Ambiental**, Florianópolis, n. esp, p.195-210, 2015.

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

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO. 2001. 156 p.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 302 p.

TUCCI, C. E. M.; SILVA, B. C.; COLLISCHONN, W. MARENGO, J. A.; SAMPAIO, G.; CHOU, S. C. Previsão de vazão de longo prazo na bacia do Rio São Francisco III: Previsão de vazão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, 2005. 13 p.

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

VALENÇA, M.; HOLZ, J.; KIRILLOS, D. A água do Rio São Francisco está sumindo?. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília: ABRH, 2015.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243p.

APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DO AUTOR

Apresento-me aqui como um ribeirinho que iniciou sua vida acadêmica em 2006 através do bacharelado em Engenharia de Pesca, pela Universidade do Estado da Bahia – Campus VIII, em Paulo Afonso, município as margens do Rio São Francisco onde nasci.

Durante a graduação além de algumas pisciculturas, estagiei três anos em um projeto de iniciação científica, que me preparou com várias atividades/conhecimentos técnicos, onde realizei coletas, análises e posteriormente meu TCC relacionado aos peixes do Rio São Francisco.

Logo após a conclusão da graduação fui convidado pela minha orientadora Silvia Helena, naquele momento, a participar de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) relacionado a construção de barragens de contenção de cheias na Mata Sul de Pernambuco, pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), onde participei de mais cinco EIAs, duas revisões técnicas e coordenei equipes no Projeto de Recuperação e Manutenção de Dessalinizadores de Água Subterrânea do Semiárido do Estado de Pernambuco, até agosto de 2013.

Em Setembro de 2013 iniciei atividades no Monitoramento dos ecossistemas aquáticos dos reservatórios do Rio São Francisco geridos pela CHESF, através da empresa Laboratório Água e Terra, coordenando equipes e realizando coletas limnológicas, coletas e resgates de ictiofauna, além de acompanhamento da pesca artesanal nos diferentes trechos; desenvolvendo essas atividades até 2016.

Entre os anos de 2016 e 2019 desenvolvi atividades profissionais em diferentes empresas; resgates e salvamentos de ictiofauna, acompanhamentos de pesca artesanal, coletas limnológicas e de potabilidade, além do desenvolvimento de relatórios técnicos. Durante esse último período tive a honra e orgulho de cursar o Mestrado Profissional a qual apresento este estudo. Já em vias para o retorno ao desenvolvimento técnico de várias atividades no Rio São Francisco.