



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

CLAUDIO MARQUES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E QUALIDADE DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA VI DO ESTADO DO RIO DE
JANEIRO - RJ**

Rio de Janeiro
2016



UFRJ

CLAUDIO MARQUES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E QUALIDADE DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA VI DO ESTADO DO RIO DE
JANEIRO - RJ**

Orientadora: Cristina Aparecida Gomes Nassar

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental (PEA), Escola de Química e Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Rio de Janeiro
2016

OLIVEIRA, Claudio Marques.

Avaliação dos Impactos Ambientais e Qualidade de Águas Superficiais na Região VI do Estado do Rio de Janeiro – RJ / Claudio Marques de Oliveira, 2016.

94f.: 52il. 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2016.

Orientadora: Cristina Aparecida Gomes Nassar

1. Avaliação de Impacto 2. Qualidade da Água 3. Rio São João. 4. Ambiental
I. Nassar, Cristina Aparecida Gomes. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Escola Politécnica e Escola de Química. III. Título.



UFRJ

CLAUDIO MARQUES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E QUALIDADE DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA VI DO ESTADO DO RIO DE
JANEIRO - RJ**

Orientadora: Cristina Aparecida Gomes Nassar

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental (PEA), Escola de Química e Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela banca:

Presidente, Cristina Aparecida Gomes Nassar, D.Sc., UFRJ

José Augusto Ferreira da Silva, D.Sc., IFFluminense – Membro externo

Maria Fernanda S. Q. Costa Nunes, D.Sc., UFRJ – Membro interno

Estevão Freire, D.Sc., UFRJ – Membro interno

Rio de Janeiro
2016

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para sua realização, e em especial aos meus queridos pais, Amaro e Nilma, que me auxiliaram em todas as oportunidades possíveis ao longo do tempo e me proporcionaram acesso ao mais precioso dos tesouros: o conhecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso Senhor, o maior Amor.

À professora e orientadora, Cristina Nassar, pela paciência, ensinamentos, companheirismo e compreensão ao longo do curso de Mestrado.

À minha querida família. Especialmente, aos meus pais Amaro e Nilma, pela educação que me proporcionaram, pelos ensinamentos, pelo amor, pelo grande empenho de toda uma vida em prol da educação e bem estar dos filhos, orientando-nos na busca do sucesso e da felicidade, lembrando sempre da humildade e das dificuldades encontradas durante essa longa caminhada. À minha querida irmã Sandra Regina e filhas Vanessa e Ketlyn, pela amizade e pela ajuda. À querida Gleice, pela dedicação, pela amizade, pela compreensão, pela grande ajuda nesse projeto, inclusive nos trabalhos em campo, tanto com muito sol e calor, quanto com muita chuva e frio.

A todos os colegas de turma, pelo companheirismo, pela amizade, pela compreensão, pelos momentos compartilhados em sala de aula e em trabalhos de equipe.

Ao Sr. Walter, marujo experiente, comandante de longo curso aposentado, que nos guiou rio acima com suas histórias e experiências na vida aquática.

À equipe do LABFOZ - Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul, do Instituto Federal Fluminense *campus* UPEA, pela grande participação e apoio nesse projeto: professor Sérgio Batista, técnica em química Carolina Nunes, engenheiro químico Arthur Travalloni, e bolsistas de Iniciação Científica da Engenharia Ambiental: Paula Campos, Alana Coelho, Lucca Satler e Virgínia Sanches.

Aos amigos que contribuíram de forma direta ou indireta na elaboração deste trabalho.

A todo o Corpo Docente e Administrativo do PEA/UFRJ, pela oportunidade das aulas e por toda informação que, com toda certeza, nos proporcionou a efetivação de cada etapa.

“O Senhor não rejeitará para sempre; pois, ainda que entristeça a alguém, usará de compaixão segundo a grandeza das suas misericórdias.”

(Lamentações de Jeremias 3, 31-32)

RESUMO

OLIVEIRA, Claudio Marques de. **Avaliação dos Impactos Ambientais e Qualidade de Águas Superficiais na Região Hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro - RJ**. Rio de Janeiro. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2016.

A bacia hidrográfica do Rio São João, situada na região hidrográfica VI (RJ), desde o descobrimento de poços de petróleo no norte do estado do Rio de Janeiro, tem sofrido com o acelerado desenvolvimento econômico e social da região que acarretou em um elevado aumento populacional. A sobrecarga sobre os corpos hídricos pode comprometer a disponibilidade e a qualidade da água para a população humana, ecossistemas e atividades econômicas da região. Dentro deste contexto, este estudo propõe identificar as principais fontes geradoras de impactos ambientais, avaliar a qualidade da água superficial, além de propor ações para mitigar esses impactos, ao longo do baixo curso do Rio São João. As coletas foram realizadas em duas campanhas (período seco e chuvoso), sendo coletadas e analisadas vinte amostras. Foi aplicado o índice simplificado de avaliação ambiental, que relacionou o uso e ocupação dos solos com parâmetros físico-químicos e biológicos da água, e ainda o índice de qualidade da água (IQA) que identificou o impacto referente aos efluentes líquidos contaminantes. A região do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio São João está sendo afetada, principalmente, pelo lançamento de efluentes sem tratamento prévio, pela degradação da mata ciliar e cobertura vegetal nativa em vários locais e pela ocupação, por propriedades urbanas e agrícolas, em algumas regiões no entorno desse corpo hídrico. O índice simplificado de avaliação ambiental, classificou o impacto na maioria dos pontos analisados entre “alto” e “moderado”, sendo mais críticos os locais próximos à Foz do Rio São João e ao Canal dos Medeiros. Em relação à aplicação do IQA, os resultados mostraram uma classificação entre “razoável” e “boa” para a qualidade da água na maioria dos pontos amostrados e analisados, sendo que o ponto próximo ao Canal dos Medeiros apresentou uma categorização entre “muito ruim” e “ruim”. Como forma de mitigar os problemas observados sugere-se que o Estado deva investir em: estruturação e sinalização do local para a coleta e disposição adequadas dos resíduos; sistema de tratamento de efluentes adequado e abrangente para os municípios da bacia do Rio São João; cumprimento legal e conservação das áreas de APP’s; recuperação das áreas degradadas; controle e planejamento adequados à expansão urbana, além de constantes fiscalizações.

Palavras-chave: Avaliação de Impacto. Qualidade da Água. Região Hidrográfica VI. Ambiental.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Claudio Marques de. **Environmental Impact Assessment and Surface Water Quality in Hydrographic Region VI of Rio de Janeiro State – RJ**. Rio de Janeiro. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2016.

The basin of the São João River located in the VI river basin (RJ) has been struggling with the rapid economic and social development of the region which resulted in a high population growth since the discovery of oil wells in the northern state of Rio de Janeiro. The overload on water bodies may affect the availability and quality of water for the human population, ecosystems and economic activities in the region. This study proposes to identify the main sources of environmental impacts, assess the quality of surface water, as well as proposing actions to mitigate these impacts, along the lower course of the São João River. The samples were collected in two seasons (dry and rainy), and being collected and analyzed twenty samples. The simplified index of environmental evaluation related the use and occupation of the soils was applied with physical-chemical and biological parameters of the water, and also the water quality index (WQI) that identified the impact of contaminating liquid effluents. The low-lying region of the São João river basin is being affected mainly by untreated effluent discharge, degradation of riparian forest and native vegetation cover in several locations, and occupation by urban and agricultural properties in some Regions around this water body. The simplified index of environmental assessment classified the impact in most of the analyzed points between "high" and "moderate", being more critical the places near the Foz do Rio São João and the Canal dos Medeiros. About the WQI application the results showed a classification between "reasonable" and "good" for water quality in most of the points sampled and analyzed, and the point near the Medeiros Channel presented a categorization between "very bad" is bad". As a way to mitigate the problems observed it is suggested that the State should invest in: structuring and signaling of the place for the adequate collection and disposal of waste; adequate and comprehensive effluent treatment system for the municipalities of the São João river basin; legal compliance and conservation of protected areas; Recovery of degraded areas; control and planning adequate to the urban expansion, besides constant inspections.

Keywords: Impact Assessment. Water Quality. VI River Basin. Environmental.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVOS	16
	2.1 OBJETIVO GERAL	16
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	17
	3.1 A ÓTICA AMBIENTAL	16
	3.1.1 Aspectos Gerais	16
	3.1.2 Os Preceitos Constitucionais	17
	3.1.3 A Política Nacional de Meio Ambiente	18
	3.1.4 A Agência Nacional de Águas (ANA)	20
	3.1.5 Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH)	21
	3.1.6 A Resolução CONAMA Nº 357/2005	23
	3.1.7 A Política Estadual de Recursos Hídricos	26
	3.1.8 O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI)	27
	3.2 INDICADORES DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL	28
	3.2.1 Índice de Análise Ambiental Simplificado	29
	3.2.2 Indicadores de Qualidade de Água	30
	3.2.2.1 Parâmetros Indicadores de Qualidade da Água	33
	3.2.2.2 Outros Índices	34
4.	METODOLOGIA	35
	4.1 ÁREA DE ESTUDO	35
	4.2 AMOSTRAGEM E ÍNDICES APLICADOS	42
	4.2.1 Os índices de Avaliação Ambiental	44
	4.2.1.1 Índice Simplificado de Impacto Ambiental	44
	4.2.1.2 Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água	49
	4.2.1.3 Coleta das amostras e mensuração em campo	56
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
	5.1 ÍNDICE SIMPLIFICADO DE IMPACTO AMBIENTAL	58
	5.2 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA	67
6.	CONCLUSÃO	86
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	20
Figura 2: Região Hidrográfica do Rio São João e municípios da área de abrangência	35
Figura 3: Rio São João - Barra de São João/RJ	36
Figura 4: Bacias da Região Hidrográfica Lagos São João	38
Figura 5: Uso e ocupação do solo e cobertura vegetal da Região Hidrográfica Lagos São João	39
Figura 6: Áreas protegidas da região Hidrográfica Lagos São João	40
Figura 7: Fotografias dos locais de avaliação e amostragens no Rio São João	42
Figura 8: Pontos de avaliação de impacto e amostragens no Rio São João	43
Figura 9: Fluxograma das etapas do processo de planejamento de avaliação simplificada de impactos ambientais, aplicadas no estudo do baixo curso do Rio São João/RJ	46
Figura 10: Modelo PER – Pressão-Estado-Resposta	49
Figura 11: Curva de qualidade ambiental para coliformes termotolerantes (CTT)	52
Figura 12: Curva de qualidade ambiental para temperatura da água (°C)	53
Figura 13: Curva de qualidade ambiental para transparência da água (m)	54
Figura 14: Índice SPI para a região hidrográfica do Lagos São João – janeiro a dezembro/2014	57
Figura 15: Índice SPI para a região hidrográfica do Lagos São João - outubro/2014 a setembro/2015	58
Figura 16: Resultados com o Índice Simplificado de Impacto Ambiental no Rio São João	59
Figura 17: Ponto A – Foz do rio São João	59
Figura 18: Ponto B – Área de cultivo de ostras	61
Figura 19: Ponto C – Canal dos Medeiros	62
Figura 20: Ponto C – Lado oposto ao Canal dos Medeiros	63

Figura 21: Ponto D – Canal da Fazenda	64
Figura 22: Ponto D – Lado oposto ao Canal da Fazenda	64
Figura 23: Ponto E – Canal da Vala da Pedra	65
Figura 24: Pontos de lançamento de efluentes líquidos no Rio São João	66
Figura 25: Gráfico da correlação da salinidade (‰) com o pH para os pontos analisados durante período de estiagem	68
Figura 26: Gráfico da correlação da salinidade (‰) com a condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para os pontos analisados	69
Figura 27: Gráfico de correlação da concentração de sólidos dissolvidos totais (mg/L) com a condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para cada ponto analisado	70
Figura 28: Distribuição da concentração de cloreto total (mg/L) para cada ponto analisado no Rio São João	71
Figura 29: Distribuição da taxa de salinidade (‰) para cada ponto analisado no Rio São João	74
Figura 30: Distribuição da concentração de coliformes termotolerantes (em NMP/100ml) para cada ponto analisado no Rio São João	75
Figura 31: Valores de temperatura da água (em $^{\circ}\text{C}$) amostrados no Rio São João	77
Figura 32: Valores de transparência da água (em cm) amostrados no Rio São João	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Índices de Qualidade de Água	32
Quadro 2: Planilha de campo com indicadores ambientais e seus respectivos pesos, aplicado na bacia hidrográfica do rio São João/RJ	47
Quadro 3: Intervalo de valores e classificação de impactos dos indicadores Biofísicos	47
Quadro 4: Qualidade ambiental para variável biológica CTT (resolução CONAMA)	51
Quadro 5: Qualidade ambiental para variável biológica CTT (diretriz uruguaia)	51
Quadro 6: Qualidade ambiental para variável biológica coliformes termotolerantes (CTT)	51
Quadro 7: Qualidade ambiental para variável temperatura (°C)	53
Quadro 8: Qualidade ambiental para variável transparência (m)	54
Quadro 9: Valores de fator de ponderação (Pi) para o cálculo de IQA.	55
Quadro 10: Classificação da qualidade da água.	55
Quadro 11: Indicadores analisados em campo e seus respectivos pesos para o ponto A (Foz do Rio São João)	60
Quadro 12: Indicadores analisados em campo e seus respectivos pesos para o ponto B (Área de cultivo de ostras)	61
Quadro 13: Indicadores avaliados em campo e seus respectivos pesos para o ponto C (Canal dos Medeiros)	63
Quadro 14: Indicadores avaliados em campo e seus respectivos pesos para o ponto D (Canal da Fazenda)	64
Quadro 15: Indicadores avaliados em campo e seus respectivos pesos para o ponto E (Canal da Vala da Pedra)	65
Quadro 16: Resultados da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos	67
Quadro 17: Descrição dos dados da tábua da maré	73
Quadro 18: Resultados dos parâmetros de Qualidade da Água (Qi)	76
Quadro 19: Interação entre os índices ASI (Avaliação Simplificada de Impacto) e IQA (Índice de Qualidade da Água)	80

Quadro 20: Estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos verificados e suas causas prováveis

84

LISTA DE SIGLAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTT	Coliformes Termotolerantes
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IQA	Índice de Qualidade da Água
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
NSF	National Sanitation Foudantion
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
OD	Oxigênio dissolvido
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ONG	Organização Não Governamental
PERHI	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PRH	Plano de Recursos Hídricos
REBIO	Reserva Biológica
RH	Região Hidrográfica
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIRH	Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SRHU	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
SPI	Standard Precipitation Index

1. INTRODUÇÃO

A população mundial deverá exceder os nove bilhões de habitantes até 2050. Mais de um quinto do total da população mundial, 1,6 bilhão de pessoas, estava previsto para viver junto à costa até 2015 (CORCORAN *et al.*, 2010). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), a projeção da população do Brasil resultou em um número igual a 226 milhões de habitantes para o ano de 2050.

O mundo está enfrentando uma crise global da qualidade e quantidade da água, devido ao crescimento populacional e urbanização, rápido aumento da industrialização, além da expansão e intensificação da produção de alimentos. Todos esses são fatores que acrescentam pressão sobre os recursos hídricos e aumentam a descarga desregulada ou ilegal de água contaminada dentro e fora das fronteiras nacionais. Isto representa uma ameaça global para o bem-estar e a saúde humana em relação às consequências imediatas e de longo prazo para os esforços de reduzir a pobreza, suportando simultaneamente a integridade de alguns dos nossos ecossistemas mais produtivos, além de sua sustentabilidade.

De acordo com Corcoran (2010), existem muitas causas envolvidas com a crise hídrica, mas a água doce e os ecossistemas costeiros em todo o mundo, sobre a qual a humanidade tem dependido por milênios, são cada vez mais ameaçados. É igualmente claro que as futuras demandas de água não podem ser satisfeitas a menos que a gestão dos recursos hídricos seja revolucionada. Também, Tiburtius e Zamora (2004), descrevem que o aumento populacional e, conseqüentemente, o aumento das atividades industriais, tem concorrido para os problemas ambientais da atualidade, em especial, no que se refere à preservação dos recursos hídricos.

Devido a crescente utilização dos recursos fluviais e do incremento pela demanda por água, a manutenção de sua disponibilidade e qualidade, e o seu monitoramento são requisitos muito importantes. A qualidade da água pode ser definida por meio de parâmetros biológicos, físicos e químicos e a certeza desta qualidade é decisiva ao indicá-la para as mais diversas aplicações, como por exemplo, a utilização da água potável para a agricultura, recreação, entre outras (SARGAONKAR e DESHPANDE, 2003).

Segundo Gremião (2008), os rios possuem uma participação na formação dos diferentes ambientes, e no decorrer do tempo são responsáveis pela modificação do relevo ao seu redor, como as planícies e vales. Os rios ainda favorecem o desenvolvimento de diversas atividades, disponibilidade de áreas para lazer, pescaria, abastecimento de água potável, irrigação, entre outras. O ecossistema a ele associado apresenta uma biodiversidade

exclusiva. O monitoramento da qualidade da água dos rios é um importante instrumento para subsidiar a proposição de ações referente à manutenção do corpo hídrico em relação ao seu uso (STRIEDER *et al.*, 2006).

Em relação à poluição de águas superficiais, Derísio (1992) caracteriza cinco tipos de fontes de poluição: a) poluição natural, não associada à atividade humana, causada por chuvas e escoamento superficial, salinização e decomposição de vegetais e animais; b) poluição industrial, causada pelos resíduos líquidos, sólidos e gasosos dos processos industriais; c) poluição urbana, proveniente dos esgotos domésticos; d) poluição agropastoril, causada pela utilização de defensivos agrícolas, fertilizantes, excremento de animais e erosão; e) poluição acidental, decorrente do derramamento ocasional de substâncias poluentes que podem chegar aos corpos hídricos.

Com o descobrimento de poços de petróleo na Bacia de Campos, a Região da Costa do Sol, o trecho situado ao norte da capital do Rio de Janeiro, e que abrange treze municípios, dentre elas Macaé e Barra de São João, tem sofrido um aumento populacional, o que certamente vem provocando uma sobrecarga nos corpos hídricos regionais. Em função deste cenário, podemos destacar a Bacia Hidrográfica do Rio São João, parte integrante da Região Hidrográfica VI do estado do Rio de Janeiro (RJ). Esta bacia abastece a maior parte desta região e vem sofrendo os maiores impactos devido a esse crescimento acelerado. Dentre os problemas gerados pode-se destacar o despejo de efluentes domésticos, comerciais e industriais, além de perda da mata ciliar. Poucos estudos foram realizados na região, o que pode acarretar no mau uso de suas potencialidades, como, por exemplo, o abastecimento de água, a irrigação, o lazer e a navegação, tendo como consequência a perda ou redução de sua capacidade de suporte como corpo receptor (SOUZA, 2011).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos ambientais e a qualidade de águas superficiais para a mitigação dos problemas ocasionados pelas atividades humanas na Região Hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro, RJ.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais fontes geradoras de impactos ambientais ao longo do baixo curso do Rio São João;
- Avaliar a qualidade da água ao longo do baixo curso do Rio São João;
- Propor ações para mitigar os impactos ambientais no baixo curso do Rio São João.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A ÓTICA AMBIENTAL

3.1.1 Aspectos Gerais

O monitoramento de rios e mananciais, e a necessidade atual da redução dos impactos ambientais, tornam-se importantes para a continuidade da sobrevivência dos seres vivos, e a água é uma das prioridades de pesquisa, de acordo com Negreiros (1997).

A avaliação dos impactos ambientais e, também, da qualidade da água podem ser justificadas pela necessidade da observação dos valores limítrofes de determinados padrões estabelecidos, além de outras razões. Nesse sentido, a principal maneira para a constatação da observância ou de determinada violação dos padrões estabelecidos, em dado período de tempo, é o monitoramento contínuo através das campanhas *in situ* pelo levantamento dos dados ambientais em locais selecionados em determinado corpo hídrico.

3.1.2 Os Preceitos Constitucionais

A Constituição Federal de 1988 no artigo 20, inciso III, estabelece que:

“São bens da União: 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”.

A nossa lei maior também estabeleceu quais são os bens hídricos dos Estados da Federação através do artigo 26, I:

“Art. 26 Incluem-se entre os bens dos Estados: I – as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras públicas da União”.

Em relação ao dispositivo que trata da exclusividade da União para legislar sobre recursos hídricos, isto é, o art. 22, IV da Constituição Federal, a Carta Magna também deixou determinada a competência comum dos entes federados para proteger o meio ambiente e combater a poluição em todas as suas formas, além da competência concorrente no controle da poluição e responsabilidade por dano ao meio ambiente.

3.1.3 A Política Nacional de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei Nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. O conjunto de diretrizes, metas e programas que constituem o PNRH foi construído em amplo processo de mobilização social. O documento final foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em 30 de janeiro de 2006.

O objetivo geral do Plano é “estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando se a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social”. Os objetivos específicos são assegurar:

- i. A melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade;
- ii. A redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos;
- iii. A percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante.

A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- i. A água é um bem público;
- ii. A água é um recurso limitado, dotado de valor econômico;
- iii. Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é para o consumo humano e de animais;
- iv. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- v. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- vi. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A Lei das Águas indicou os instrumentos que viabilizam a gestão dos recursos hídricos, e estão elencados na PNRH, sendo interdependentes e deverão ser empregados em integração com os instrumentos preconizados em outras políticas para uma bem sucedida gestão das águas, entre estes a Política de Meio Ambiente.

Os instrumentos de gestão elencados na Política Nacional de Recursos Hídricos são os seguintes:

- i. Os Planos de Recursos Hídricos;
- ii. O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- iii. A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- iv. A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- v. A compensação a municípios (Vetado);
- vi. O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos (PRH) são instrumentos de planejamento que servem para orientar a atuação dos gestores no que diz respeito ao uso, recuperação, proteção, conservação e desenvolvimento dos recursos hídricos, e visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a gestão das águas.

A escala e as competências na elaboração dos planos devem ser efetivados por bacia hidrográfica, por estado e para todo o país. O PRH de cada um desses territórios envolve diferentes conteúdos e instituições responsáveis pela elaboração e aprovação, como segue:

- i. O Plano Nacional de Recursos Hídricos, que abrange todo o território nacional e deve ter cunho eminentemente estratégico. Deve conter metas, diretrizes e programas gerais;
- ii. O Plano Estadual (Distrital) de Recursos Hídricos, que é o plano estratégico de abrangência estadual e geral, ou do Distrito Federal, com ênfase nos sistemas estadual/distrital de gerenciamento de recursos hídricos.

3.1.4 A Agência Nacional de Águas (ANA)

Criada após a Lei das Águas, a Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000, instituiu a Agência Nacional de Águas (ANA) e integrou-a ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (Figura 1).



Figura 1: Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

(Fonte: MMA, 2006).

A ANA tem autonomia administrativa e financeira e é vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. Enquanto o Conselho Nacional de Recursos Hídricos promove a articulação do planejamento de recursos hídricos, a Agência Nacional de Águas tem o papel de órgão executor da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Dentre suas competências, encontram-se:

- i. Supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades que dizem respeito aos recursos hídricos;
- ii. Disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;
- iii. Outorgar o direito de uso de recursos hídricos e fiscalizar os usos em corpos de água de domínio da União;
- iv. Subsidiar o Conselho Nacional de Recursos Hídricos sobre os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- v. Implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;
- vi. Estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos.

Segundo Lermontov (2009), “através da criação da Agência, o governo demonstra o interesse em sistematizar a utilização dos recursos hídricos da União, o que é fator preponderante no desenvolvimento do país neste início de milênio”.

3.1.5 Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH)

Os Comitês de Bacias Hidrográficas são entes integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), sendo fóruns de decisão política no âmbito de cada bacia hidrográfica, considerados como os parlamentos das águas. Contam com a participação de todos os atores sociais relevantes na gestão das águas, como prefeituras, governos estaduais, diversos usuários de recursos hídricos e entidades da sociedade civil organizada.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas podem ter como abrangência geográfica:

- i. A totalidade de uma bacia hidrográfica;
- ii. A sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário;
- iii. Um grupo de bacias ou sub-bacias contíguas.

O conjunto de atribuições legais do comitê deixa claro que não se trata de um órgão executivo, mas um espaço colegiado para o debate sobre o destino das águas, entre os representantes do poder público, dos usuários e das organizações civis: o parlamento das águas.

Sabe-se, no entanto, que a tomada de decisão para gestão de recursos hídricos deve ser baseada no conhecimento técnico, tanto sobre os aspectos qualitativos quanto quantitativos, e somente é possível quando o comitê está munido das informações e dos processos necessários.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas possuem entre as suas principais atribuições:

- i. Promover o debate sobre questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;
- ii. Arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;
- iii. Aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia;
- iv. Acompanhar a sua execução e sugerir as providências necessárias ao cumprimento das metas;
- v. Propor aos conselhos de recursos hídricos as acumulações, as derivações, as captações e os lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso;
- vi. Estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados.

O trabalho do comitê é possível por conta do suporte de uma secretaria-executiva. Essa secretaria deve providenciar todas as tarefas relativas à organização das reuniões, à convocação dos membros, à publicação das deliberações e dos respectivos encaminhamentos, ao arquivamento e ao registro de suas decisões, entre outras ações.

A Lei das Águas, no entanto, não definiu como deve se estruturar essa secretaria-executiva, nem como devem ser exercidas suas funções. Ao longo dos últimos anos, alguns modelos foram concebidos.

3.1.6 A Resolução CONAMA Nº 357/2005

Cada tipo de uso pressupõe uma qualidade da água de acordo com a sua aplicação. A qualidade da água necessária para a preservação das comunidades aquáticas e para o abastecimento humano é maior do que a qualidade da água para o uso, por exemplo, da navegação.

Em função da qualidade da água para cada tipo de uso, foram criadas, por meio da Resolução Nº 357 CONAMA, de 17 de março de 2005, classes da qualidade de água para usos mais exigentes (preservação) ou menos exigentes (navegação, por exemplo). Para as águas doces, foram criadas cinco (5) categorias, a classe especial e as classes de um (1) a quatro (4), em uma ordem decrescente de qualidade, ou seja, a classe especial é a que tem melhor qualidade da água e a classe quatro (4) é a de pior qualidade.

Essa resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e vem sendo constantemente atualizada – alterada por meio das Resoluções CONAMA Nº 370/06, 397/08, 410/09 e 430/11, possuindo grande destaque, tendo em vista que atualizou a Resolução CONAMA Nº 20/86 e, atualmente, determina em âmbito nacional, a classificação dos corpos de água, dividindo as águas em três (3) tipos:

- i. Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- ii. Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- iii. Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

No que diz respeito às águas doce, estas são subdivididas em cinco classes:

I. Classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II. Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III. Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à 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; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV. Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V. Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Em relação às águas salobras, caso específico do presente trabalho, estas são subdivididas em quatro classes:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) a recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA Nº 274, de 2000;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;
- c) a aquicultura e a atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;
- e) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) a pesca amadora;
- b) a recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) a navegação;
- b) a harmonia paisagística.

A elaboração da proposta de enquadramento é uma atribuição de caráter técnico, portanto, deve ser efetuada pelas agências de água, e na sua ausência, pelo órgão gestor de recursos hídricos, em articulação com o órgão de meio ambiente. Essa proposta deve ser discutida e pactuada no Comitê de Bacia, que por sua vez, deverá submetê-la à aprovação do respectivo Conselho de Recursos Hídricos.

As etapas do processo de formulação e implementação do enquadramento são:

- i. Diagnóstico da bacia;
- ii. Prognóstico (cenários futuros);
- iii. Elaboração do enquadramento;
- iv. Análise e deliberação do Comitê e do Conselho de Recursos Hídricos; e
- v. Implementação do programa de efetivação.

Lermontov (2009) observa sobre a consideração e o tratamento dos resultados isolados das variáveis analíticas de monitoramento em relação a essa legislação, descrevendo a existência de inconsistências no enquadramento das águas para cada classe pré-determinada, e que a qualidade da água é caracterizada não exclusivamente por cada variável analisada separadamente, mas por um conjunto de características biológicas, físicas e químicas do corpo hídrico em estudo.

3.1.7 A Política Estadual de Recursos Hídricos

A Lei N° 3.239, de 2 de agosto de 1999, estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIEGRH) no Estado do Rio de Janeiro. Desde 2006, para viabilizar a implementação dos instrumentos relativos à cobrança pelo uso da água e otimizar a aplicação dos recursos financeiros arrecadados, o território estadual foi dividido em dez Regiões Hidrográficas, segundo afinidades geopolíticas e ambientais; a área de atuação dos CBHs deve coincidir com a área da respectiva Região Hidrográfica.

A Política Estadual de Recursos Hídricos tem por objetivo promover a harmonização entre os múltiplos e competitivos usos da água, e a limitada e aleatória disponibilidade, temporal e espacial, da mesma, de modo a:

- i. Garantir, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade dos recursos naturais, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- ii. Assegurar o prioritário abastecimento da população humana;
- iii. Promover a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais;

- iv. Promover a articulação entre União, Estados vizinhos, Municípios, usuários e sociedade civil organizada, visando à integração de esforços para soluções regionais de proteção, conservação e recuperação dos corpos de água;
- v. Buscar a recuperação e preservação dos ecossistemas aquáticos e a conservação da biodiversidade dos mesmos;
- vi. Promover a despoluição dos corpos hídricos e aquíferos.

Descreve-se, ainda, a preocupação com os aspectos ambientais dos corpos hídricos do Estado, onde se observa a preservação dos aquíferos com a inclusão da proteção dos ecossistemas aquáticos, sendo um importante passo para o desenvolvimento sustentável do Estado do Rio de Janeiro.

3.1.8 O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI)

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI) é Um Plano Diretor, de abrangência estadual e natureza estratégica, que objetiva a fundamentação e orientação para a implementação das políticas estaduais de recursos hídricos, além da gestão dos recursos hídricos nos estados brasileiros. O PERHI é um instrumento previsto na Constituição Federal de 1998, através do artigo nº 299, e na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/97). Os estados brasileiros estão na fase de implementação desse plano, seja pelo planejamento de curto, médio ou longo prazo.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ) publicou a Resolução Nº 117, em 24 de fevereiro de 2014, como objetivo de aprovar o primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI-RJ), composto de estudos de diagnóstico da situação dos recursos hídricos, caracterização ambiental, estabelecimento de cenários prospectivos, bem como programas, ações e plano de investimentos de curto, médio e longo prazo.

O Plano está estruturado sobre os seguintes temas estratégicos:

- i. Estudos hidrológicos e de vazões extremas;
- ii. Avaliação da rede quali-quantitativa para gestão e proposta de pontos de controle para bacias hidrográficas estratégicas;
- iii. Vulnerabilidade a eventos críticos;
- iv. Fontes alternativas para o abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, com ênfase na Região Metropolitana;

- v. Aproveitamentos hidrelétricos localizados no estado;
- vi. Avaliação do potencial hidrogeológico dos aquíferos fluminenses.

A execução dos programas, ações e plano de investimento apresenta como coordenador o órgão estadual gestor de recursos hídricos, devendo articular-se com o poder público, entidades e instituições pertinentes.

3.2 INDICADORES DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

O planejamento ambiental, para representar um estado ou um efeito dos fenômenos presentes em um meio, apoia-se nos indicadores ambientais, entre outros. De acordo com Santos (2004), os indicadores de avaliação ambiental são parâmetros ou funções destes, possuindo a capacidade de descrição de um estado ou uma resposta de determinados fenômenos que acontecem em um meio. A seleção de um indicador em planejamento ambiental ocorre através: a) do objetivo do planejamento; b) das temáticas envolvidas; c) da disponibilidade de informações e dados.

Devido à ocupação e uso do solo, a área atingida pelos impactos ambientais pode apresentar os seguintes problemas: contaminação do solo e lençol freático, eliminação da vegetação protetora, erosão, e impermeabilização excessiva (JONES, 1993; COLE, 1993; MAGRO, 2001), além dos itens “fauna e flora” dos ecossistemas, que também apresentam impacto devido às atividades antrópicas, através da eliminação ou modificação da cobertura vegetal da região, dificultando a reprodução de animais e vegetais, e também provocando a eliminação do ecossistema existente.

Dentre os impactos ambientais, aqueles mais habituais, como a contaminação de mananciais por despejos de efluentes sem o devido tratamento, os impactos decorrentes das atividades de agropecuárias e industriais, e também o uso e consumo sem planejamento, possuem relação com a qualidade e quantidade de água (KUSS *et al.*, 1990; MIDAGLIA, 1994).

Várias pesquisas realizadas sobre impactos ambientais sugerem métodos para a orientação da avaliação pela análise ambiental simplificada (AAS), com o objetivo de identificação de alguns desses impactos em bacias hidrográficas, disponibilizando uma abordagem que torna possível a determinação da atual situação dos recursos naturais de

uma região. Essa medição ocorre através da caracterização ambiental em relação a determinados parâmetros biofísicos com a região em questão, oferecendo o levantamento de impacto existente e sugestões de mitigação (SALLES *et al.*, 2008; CONCEIÇÃO *et al.*, 2010; SPATTI JUNIOR *et al.*, 2014).

3.2.1 Índice de Análise Ambiental Simplificado

Conforme já mencionado, vários fatores podem estar diretamente e/ou indiretamente relacionados ao estado de qualidade ou degradação ambiental de uma bacia hidrográfica. A legislação brasileira pode ser considerada uma ferramenta limitada ao estabelecer limites para cada variável analítica individual, pois as variáveis ambientais ligadas à bacia hidrográfica podem estar correlacionadas entre si, fato este que não é considerado na atual legislação de classificação da Resolução CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2011).

O Índice de Análise Ambiental Simplificado (SALLES *et al.*, 2008; CONCEIÇÃO *et al.*, 2010), utilizado no Brasil, é aplicado para a avaliação e análise dos impactos nos recursos hídricos de bacias hidrográficas, e correlaciona a ocupação e uso do solo (despejos de efluentes sem prévio tratamento, eliminação ou modificação da cobertura vegetal, erosão, disposição de resíduos, impermeabilização do solo, entre outros) com os parâmetros de qualidade da água (pH, coliformes totais, coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido e condutividade, entre outros).

A abordagem metodológica utilizada para a aplicação do Índice de Análise Ambiental Simplificado consiste em três grandes áreas fundamentais para o manejo dos impactos ambientais, como segue:

- i. Identificação do problema e suas condições;
- ii. Determinação da causa provável do problema;
- iii. Seleção de possíveis estratégias para controle ou redução dos impactos ambientais (Sardinha *et al.*, 2010).

A interpretação de um índice de avaliação ambiental se torna mais fácil devido ao fato deste sintetizar em um único número vários parâmetros, sendo, portanto, uma das vantagens da aplicação deste índice em relação aos indicadores individuais. Outra vantagem é a facilidade no compartilhamento dos dados e informações com o público não especialista (ANA, 2009; CETESB, 2003; ELMIRO *et al.*, 2005; PIASENTIN, 2009).

Entre as ferramentas de gestão ambiental, que monitoram as modificações dos padrões ambientais e fornecem estratégias de ações sobre os impactos ambientais, encontram-se os Indicadores Ambientais, que proporcionam as análises sistemáticas e expressões sintéticas das evoluções (temporais / espaciais), com o objetivo de determinação de metas e verificação de eficiência de ações, a partir de uma determinada situação de referência. Os Índices Ambientais são funções matemáticas baseadas em duas ou mais variáveis, sendo, portanto, os resultados numéricos de um determinado indicador. A análise integrada depende das interpretações das informações geradas pelos diagnósticos realizados, destacando suas interações com a área de influência.

3.2.2 Indicadores de Qualidade da Água

Os indicadores de qualidade da água são importantes, pois representam as impurezas quando ultrapassam determinados limites estabelecidos, principalmente em relação às normas e diretrizes ambientais. Na caracterização da qualidade da água, utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas, os indicadores da qualidade da água, que representam impurezas quando ultrapassam a certos valores estabelecidos. Estes parâmetros foram estabelecidos pela *National Sanitation Foundation (NSF)* nos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, para o desenvolvimento de um índice que indicasse a qualidade da água, sendo o WQI – *Water Quality Index*, IQA – Índice de Qualidade de Água, o referencial mais utilizado.

Segundo Mojahedi e Attari (2009), as condições climáticas como poluição natural atividades antrópicas, poluição natural e variações sazonais interferem na qualidade da água dos corpos hídricos, em função do ambiente aquático possuir vários elementos químicos, elementos neutros, iônicos (metais, não-metais, metalóides), orgânicos (pesticidas, detergentes, outros produtos orgânicos de origem industrial ou natural), ânions (carbonato, bicarbonato, sulfato, nitrato, nitrito). Outros elementos, também, podem ser encontrados, tais como sólidos em suspensão, cor, odor, bactérias e vírus patogênicos, fungos, fitoplâncton, zooplâncton, entre outros. Então, é fator importante para a preservação do ambiente a determinação da qualidade da água para diversos usos, sendo também um processo complexo (SARGAONKAR e DESHPANDE, 2003; KHAN et al., 2003).

Sargaonkar e Deshpande (2003) observam, também, que a certeza da qualidade da água, definida por meio de parâmetros biológicos, físicos e químicos, é decisiva antes da indicação para os diversos usos, como, por exemplo, o uso em abastecimento humano, atividades agropecuárias, indústria, entre outros.

Segundo Gonçalves (2009), os padrões de qualidade da água são constituídos pelos teores de impureza, sendo fixados por entidades públicas com o objetivo de garantir que a utilização desse líquido, para uma determinada finalidade, esteja dentro dos limites máximos aceitáveis, e que não apresente impurezas que possam descaracterizá-lo.

Os parâmetros considerados para avaliação da qualidade das águas podem ser divididos nas seguintes categorias:

Características Químicas: Atribuídas à presença de substâncias químicas.

- Parâmetros Orgânicos: Benzeno, Glifosato, Tricloroeteno, entre outros;
- Parâmetros Inorgânicos: Fósforo, Mercúrio, Nitrato, Cianeto, entre outros.

Características Biológicas: Atribuídas à presença ou teste com seres vivos.

- Microbiológicas: Coliformes totais, Coliformes termotolerantes, entre outros;
- Hidrobiológicas: Clorofila a, fitoplâncton, zooplâncton, bentos, entre outros;
- Toxicológicas: Microcistinas e ensaios de toxicidade.

Características Físicas: Atribuídas à presença de sólidos e gases. Os parâmetros sólidos totais, sólidos dissolvidos, temperatura, turbidez e outros, fazem parte da listagem de parâmetros avaliados nesta categoria.

Santos & Florencio (2001) descrevem que podemos entender que o índice de qualidade da água é determinado por meio de metodologias e formulações específicas, e composto por parâmetros biológicos, físicos e químicos da água, além de dados econômicos, que permutam informações de um sistema a outro, proporcionando uma melhor tomada de ação. Como conceito, esse índice é um número adimensional que caracteriza a água para diversas aplicações de forma sintetizada.

Há diversos índices de qualidade de água disponíveis na literatura, e em função das características desse líquido, que estes levam em consideração em sua metodologia de cálculo e do uso pretendido da água, podem ser subdivididos devido às características da

água. O Quadro 1, a seguir, reúne alguns dos índices existentes subdivididos em função das características utilizadas para seu cálculo e o uso pretendido.

Entretanto, observa-se que os índices toxicológicos não foram considerados no Quadro 1, em função desses índices proporem a medição do efeito tóxico de uma substância em particular e não a qualidade da água de uma forma comum (ROCHA, 2011).

Quadro 1: Índices de Qualidade de Água.

<i>Características Consideradas</i>	<i>Uso do Índice</i>	<i>Índice</i>
Físico-Químicas	Qualidade da Água em Geral	Índice de Horton
		Índice da National Sanitation Foundation
		Índice CETESB
		Índice de Poluição Implícita de Prati
		Índice de Qualidade de Água de Dinius
		Índice de Qualidade de Águas Universal
		Índice Simplificado
		Índice Subjetivo - Objetivo
		Índice Mínimo
	Usos Específicos	Índice de Stoner
		Índice de O'Connor
		Índice de Poluição de Nemerow e Sumitomo
		Índice para Recreação de Walski e Parker
	Planejamento	Índice do Potencial de Poluição de Zoeteman
		Índice Nacional do Canadá de Inhaber
Avaliação Estatística	Índice de avaliação não paramétrica de Harkin	
	Índice de Shin e Lam	
Biológicas	Macroinvertebrados	Biological Monitoring Working Party (BMWP)
		Índice Biológico de Familiar
	Peixes	Integridade Biológica
	Macrofitas	Índice de Macrofitas
Índice de Vegetação Aquática Macroscópica		
Hidromorfológicos	Habitat	Índice de Habitat Fluvial
	Conectividade	Índice de Conectividade Fluvial
	Vegetação	Índice de Vegetação Fluvial

Fonte: Rocha (2011)

Segundo Lermontov (2009), os índices de qualidade de água, em função de seu caráter reducionista, em que vários parâmetros são convertidos em uma nota ou avaliação única, geram muitas polêmicas, uma vez que ocultam várias condições existentes em determinado corpo hídrico. Essas não serviriam para atender à legislação ambiental, entretanto servem para informar ao público em geral, não especialista, sobre as condições dos corpos hídricos. Desde que bem aplicados, esses índices de qualidade podem ser de grande valia em função de sua capacidade de síntese.

Em função da disponibilidade de parâmetros amostrados e analisados nesta pesquisa, a seleção do indicador a ser utilizado levou em consideração a pesquisa desenvolvida por Brandalise (2012). Dessa forma, a seguir é apresentada a descrição deste estudo, além de outros existentes para a determinação da qualidade da água, bem como as variáveis analíticas de uso geral nos cálculos destes índices.

3.2.2.1 Parâmetros indicadores da qualidade da água

Brandalise *et al.* (2012) desenvolveu um índice de qualidade da água que permite a combinação dos valores de concentração de bactérias com outras variáveis relevantes, como temperatura e transparência da água.

A metodologia para cálculo deste índice é muito similar à praticada no IQA - CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, com a diferença de que o resultado final do índice é formado pelo somatório das variáveis envolvidas, e não pelo produto desses parâmetros. Esta formulação permite que um resultado seja gerado mesmo na ausência de alguma variável, enquanto que no cálculo do IQA – CETESB este fato apresente comprometimento no resultado do índice de qualidade.

Brandalise *et al.* (2012) descreve que, internacionalmente, tem-se observado o desenvolvimento de uma série de regras e regulamentos sobre a qualidade microbiológica de acordo com as diferentes utilizações das águas naturais, que orienta onde os valores obrigatórios são sugeridos, dependendo do tipo de exposição (direta ou indireta). Esta tarefa é da responsabilidade das autoridades de meio ambiente e saúde em cada país, o que na maioria dos casos segue as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), da Comunidade Económica Europeia (CEE) e da Agência Ambiental dos EUA (WHO, 2000).

Brandalise *et al.* (2012) utilizou-se deste índice para o desenvolvimento do trabalho de avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Valle de Punilla, situado aproximadamente a 40 Km da cidade de Córdoba, na Argentina, e também na bacia do Valle de Paravachasca, a cerca de 70 Km dessa mesma cidade. As catorze campanhas mensais de monitoramento, em ambos as bacias, foram realizadas nos períodos de verão de 2010 e 2011, época em que se observa o uso turístico e de recreação destes recursos hídricos, e concluiu que os resultados dos valores obtidos nas análises das amostras, coletadas nos locais de monitoramento, permitiram distinguir e comparar claramente a qualidade da água de cada ponto através do cálculo de IQA, sugerindo avançar nas pesquisas e realizar uma valoração do impacto local em relação à exposição a determinados tipos de bactérias.

3.2.2.2 Outros índices

A maioria dos índices de qualidade da água possui composição de cálculo relacionado nos parâmetros padronizados, que são utilizados de acordo com suas concentrações para a determinação de sua ponderação em função da influência na dedução geral dessa qualidade; através da integração das ponderações dos parâmetros, estes índices são calculados pelo uso de diferentes funções matemáticas (TORRES *et al.*, 2001).

O IQA – CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) deve ser mencionado, entre os demais índices, como o mais utilizado no Brasil como instrumento de gestão dos recursos hídricos.

A partir de pesquisas realizadas nos Estados Unidos, em 1970, pela *National Sanitation Foundation* (NSF-US), a CETESB realizou adaptação e desenvolvimento do IQA (Índice de Qualidade das Águas), no Brasil, através do produtório ponderado de nove parâmetros de monitoramento de qualidade da água, que são importantes na avaliação dessa qualidade principalmente no que diz respeito ao abastecimento humano. Estes parâmetros são: pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, turbidez, fósforo total, resíduo ou sólido total, nitrogênio total e coliformes (LERMONTOV, 2009).

Segundo Lermontov (2009), uma das desvantagens verificadas na utilização do cálculo do IQA-CETESB está relacionada ao comprometimento deste quando da ausência de qualquer um dos nove parâmetros, e conseqüentemente da falta do fornecimento de dados suficientes para a função matemática.

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Rio São João (Figura 2) possui comprimento total de 120 km, sendo 55 km desde a nascente até a represa, e 65 km dessa até a foz, no distrito de Barra de São João (Casimiro de Abreu), e devido à grande extensão e curso, são descritas as seguintes denominações para os três espaços: alto São João (5 km), da nascente até o ponto de junção dos rios; médio São João (50 km), da confluência até a represa de Juturnaíba; represa onde estão localizados os 13 km que foram alagados; baixo São João (65 km), desde a jusante da represa até a foz do rio. As nascentes estão localizadas na Serra do Sambê, município de Cachoeiras de Macacu, RJ, a 800 metros de altitude, com área de bacia hidrográfica de 2.160 km² e localizada entre as coordenadas 22°20`e 22°50`de latitude sul e 42°00`e 42°40`de longitude oeste, possuindo limites geográficos em oeste com a bacia da Baía de Guanabara, ao norte e nordeste com as bacias do Rio Macaé e das Ostras, e ao sul com as lagoas de Araruama, Jacarepiá e Saquarema, além da bacia do Rio Una (PRIMO; VOLCKER, 2003).

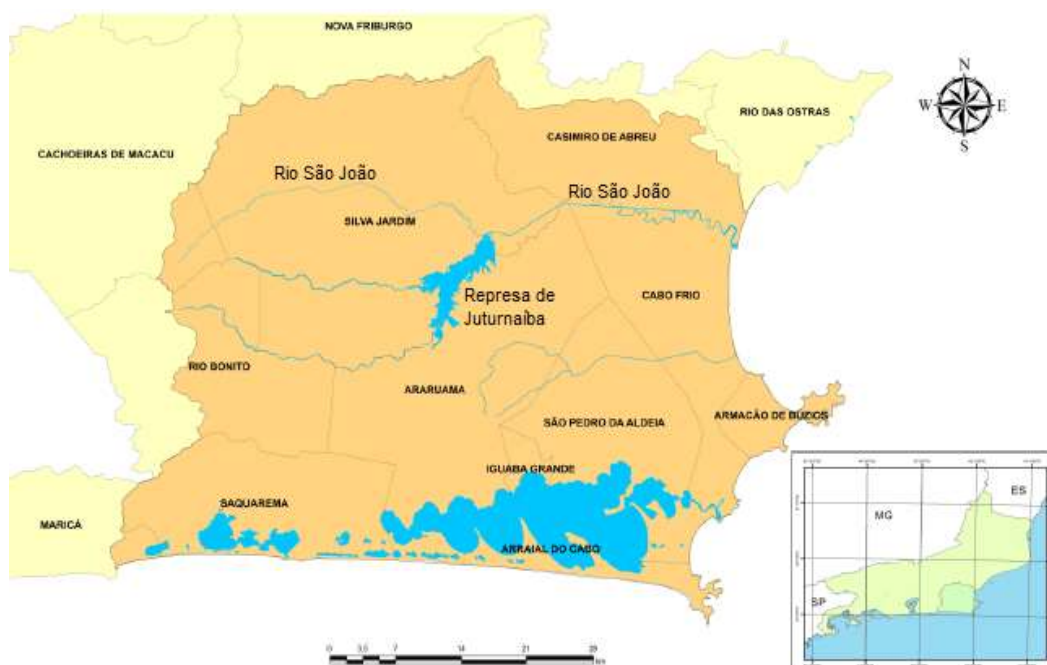


Figura 2: Região Hidrográfica do Rio São João e municípios da área de abrangência. (Adaptação de: Consórcio Lagos São João, 2012).

Segundo o Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2013), a bacia hidrográfica do Rio São João é primordial para a existência do bioma mata atlântica e recursos hídricos dessa região, através da conservação dos seus recursos naturais, *hotspot* de biodiversidade. Porém, os ecossistemas dessa bacia, apesar de sua grande importância, são ameaçados, frequentemente, pela contaminação dos mananciais, desmatamento, ocupação desordenada, entre outros impactos.

Em função do crescimento populacional na área urbana, muito incrementado nos últimos anos, além das várias áreas com pastagem sem manejo, verifica-se uma crescente modificação da ocupação e uso do solo dessa região. Entretanto, independentemente desse crescimento, a região da bacia do Rio São João ainda possui grandes áreas com pouca ou nenhuma alteração em relação aos processos hidrológicos (Figura 3), e, portanto, com capacidade de tornar a utilização dos recursos hídricos compatíveis com a sustentabilidade dessa região (INEA, 2013).



Figura 3: Rio São João - Barra de São João/RJ
(Fonte: Claudio Oliveira).

Devido às obras do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), nos anos 70, houve grande modificação nos processos hidrológicos da bacia do Rio São João. Os municípios da região costeira são abastecidos pela represa de Juturnaíba, principal manancial para abastecimento público dessa região, que supre aproximadamente 75% da população com água. Após a construção da represa, a superfície da lagoa foi transformada para 43 km², acumulando um volume aproximado de 10 milhões de m³, sendo que originalmente a superfície era de 5,56 km² (BIDEGAIN e VOLCKER, 2003).

Segundo INEA (2013), em função da inexistência de dados de reservas hídricas e lançamentos, a vazão de 204 m³/s é a representação do total em relação ao controle do fluxo de água superficial em concessão que está relacionado à disponibilidade hídrica dessa bacia.

De acordo com Hora *et al.* (2008) e Noronha (2009), em pesquisa desenvolvida com a utilização das informações disponíveis para essa bacia hidrográfica, em relação ao abastecimento humano e aplicação agropecuária, houve a avaliação da disponibilidade hídrica da represa de Juturnaíba quanto ao cálculo da demanda do corpo hídrico para o abastecimento da região, através de estudos das captações neste reservatório e, também, a montante deste. As informações do Censo Agropecuário (IBGE, 2006) foram aplicadas nos cálculos da demanda da atividade agropecuária da região, englobando os municípios de Araruama, Cachoeira de Macacu, Rio Bonito e Silva Jardim.

O Relatório de Situação do INEA, Ano I (2010/2011) descreve que, atualmente, uma maior utilização do recurso hídrico disponível dessa represa compromete a disponibilidade deste, e conseqüentemente podendo provocar divergências em relação ao uso da água, uma vez que possui vazão disponível igual a 2,0 m³/s, destacando que o cálculo do fluxo de água para a preservação dos ecossistemas dependentes deste não foi contemplado nesse estudo, considerando-se as demandas à jusante da represa de Juturnaíba.

A Bacia Hidrográfica das Lagoas de Araruama e Saquarema e dos rios São João e Una (Figura 4), localizada na porção sudeste do estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas geográficas 22°25" e 23°57" S e 42°40" e 41°50" O, cuja área é de 3.825 km² abrange 12 municípios, sendo estes: Araruama, Saquarema, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio, Armação de Búzios, Arraial do Cabo, Iguaba Grande, Silva Jardim, integralmente situados na área da Bacia, e Rio Bonito, Maricá, Cachoeiras de Macacu, Casimiro de Abreu, parcialmente situados. Insere-se na Bacia do Atlântico Sudeste (Sub-bacia SB-59 ou Costeira do Sudeste), e é enquadrada na Região Hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro (Resolução CERHI-RJ N°18/2006) (INEA, 2013).

A área de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas Lagos São João constitui-se o território da Região Hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro (Resolução CERHI-RJ N°18/2006), sendo esta dividida em quatro bacias e seus respectivos sistemas hidrográficos.

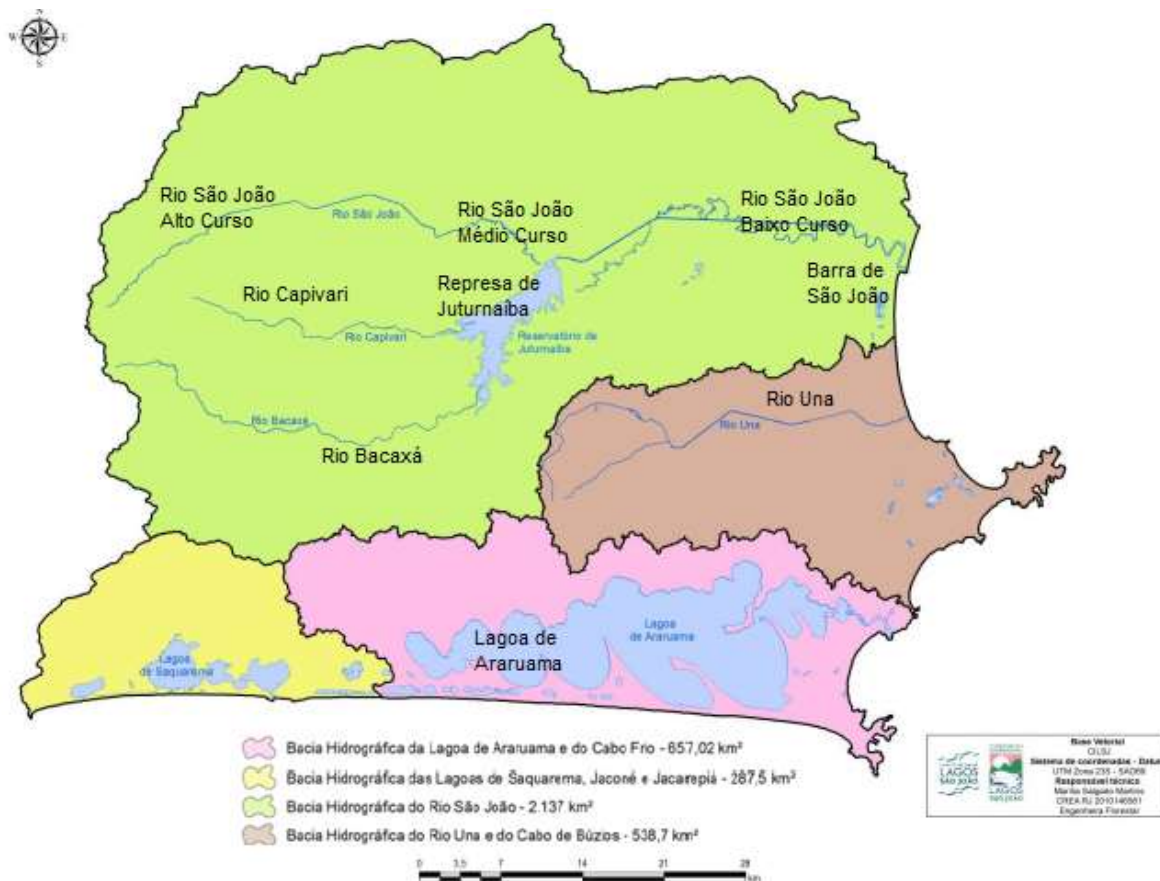


Figura 4: Bacias da Região Hidrográfica Lagos São João.
(Adaptação de: Consórcio Lagos São João, 2012).

De acordo com a Figura 5, verifica-se assentamento urbano maior na área de litoral, predominando as ocupações contínuas ao longo das lagoas de Araruama e Saquarema, além dos municípios de Cabo Frio, Armação de Búzios e Rio das Ostras. Há a predominância de pastagens e poucas atividades de agricultura e reflorestamento nas áreas planas da bacia hidrográfica Lagos São João, e nas regiões de maior altitude encontram-se as áreas de florestas, porém representando pequena proporção em relação à área total dessa bacia.

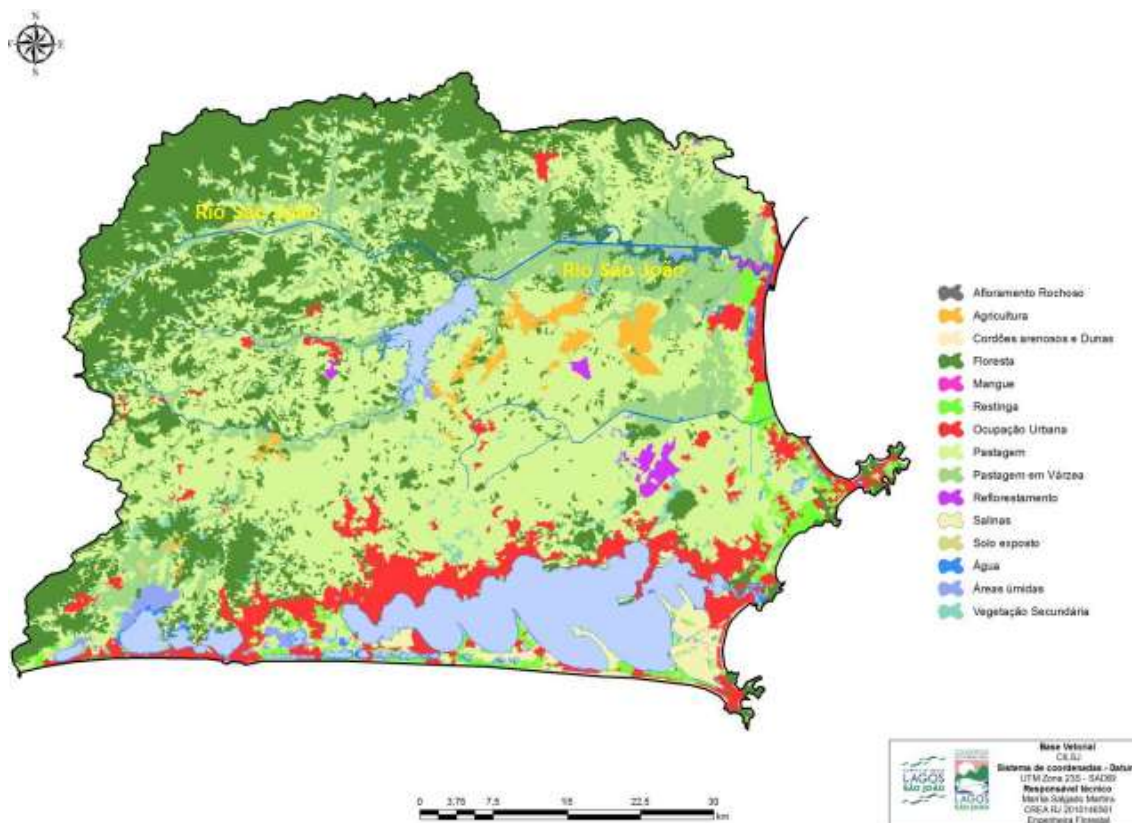


Figura 5: Uso e ocupação do solo e cobertura vegetal da Região Hidrográfica Lagos São João (Adaptação de: Consórcio Lagos São João, 2012).

Segundo INEA (2013), um sistema hidrográfico é formado por microbacias resultantes das regiões de drenagem dos diversos cursos de água, que seguem para os rios principais em determinada bacia hidrográfica. Na bacia hidrográfica do Rio São João encontram-se quatro conjuntos hidrográficos, sendo o do alto São João localizado na nascente, o do Rio Capivari e Rio Bacaxá, afluentes da represa de Juturnaiba, e o conjunto do baixo Rio São João, entre a montante dessa represa até a foz do mesmo rio, onde está preservado o trecho do leito anterior desse rio e o canal construído para a retificação do curso de água.

Com uma área de 2.137 km², a bacia hidrográfica do Rio São João é caracterizada por vasto espaço de planícies fluviais e marinhas, onde está localizada a área total dos municípios de Silva Jardim, e fração dos municípios de Araruama, Cabo Frio, Cachoeiras de Macacu, Casimiro de Abreu e Rio Bonito, possuindo limite ao norte e nordeste com as bacias dos rios Macaé e das Ostras, ao sul com as bacias das lagoas de Araruama e Saquarema e do Rio Una, e a oeste com a bacia da Baía de Guanabara (INEA, 2013).

De acordo com o Relatório de Situação do INEA (2012-2013), existem 34 reservas particulares do patrimônio natural (RPPN) federais e estaduais, que contribuem para a proteção de grande parte da área da bacia hidrográfica (Figura 6), além de 40 unidades de conservação, sendo 36 de uso sustentável (as Áreas de Proteção Ambiental - APA - Federal do Rio São João / Mico-leão-dourado e as APAs Estaduais da Massambaba, do Pau Brasil e da Serra de Sapiatiba), e 4 de proteção integral (Reservas Biológicas Federais União e Poço das Antas e os Parques Estaduais dos Três Picos e da Costa do Sol).

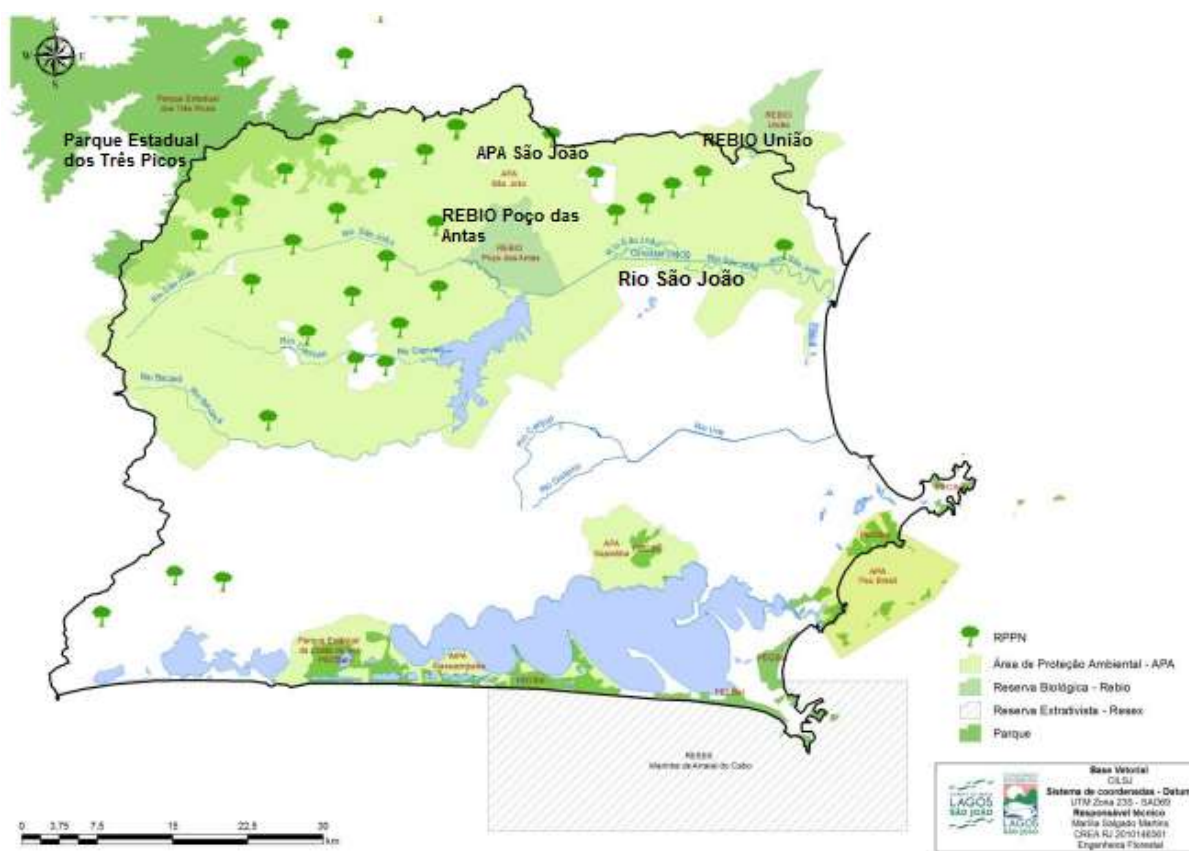


Figura 6: Áreas protegidas da região Hidrográfica Lagos São João.
(Adaptação de: Consórcio Lagos São João, 2012).

As atividades como irrigação, recreação e lazer, produção de sal, navegação de pequenas embarcações, abastecimento humano, entre outras, dependem dos recursos hídricos existentes na bacia hidrográfica do Rio São João, além de ser habitat de inúmeros microrganismos, plantas e demais animais (INEA, 2013).

A Lei Nº 9.433/97 define que a atividade de elaboração do cálculo entre a demanda e a disponibilidade para o êxito de determinado plano de recurso hídrico é uma das condições básicas, contida em determinado requisito mínimo de um plano de gestão de bacia hidrográfica. Segundo INEA (2013), há a necessidade de estudos multidisciplinares para determinar sobre a disponibilidade hídrica de um curso de água, que é definida como a quantidade de água que pode ser coletada de um corpo hídrico sem impactos para o meio ambiente de uma determinada bacia hidrográfica.

Em relação à precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio São João, observa-se que a mesma não apresenta distribuição uniforme durante o ano. Percebe-se nas quatro áreas definidas a seguir, as respectivas médias anuais de precipitação: a primeira área, entre o alto da Serra do Mar, município de Silva Jardim, e Casimiro de Abreu, compreendendo as nascentes de vários afluentes da margem esquerda do Rio São João, onde a média varia entre 2.500 e 2.000 mm¹, como por exemplo, o valor percebido de média anual de 2.400 mm, no distrito de Aldeia Velha (Silva Jardim).

Na segunda área definida, entre as montanhas de Cachoeiras de Macacu, onde encontra-se a nascente do Rio São João, e a área existente a leste da represa de Juturnaiba, a média de precipitação pluviométrica está entre 1.500 e 2.000 mm¹. Para a terceira região a média de chuvas é registrada entre 1.500 e 1.250 mm, e compreende a totalidade do vale do Rio Bacaxá e de alguns afluentes do baixo curso do Rio São João. A quarta área, que engloba a região ao redor da foz do Rio São João, apresenta média anual de precipitação pluviométrica entre 1.000 e 1.250 mm.

A Figura 7 mostra imagens dos locais onde ocorreram as coletas de amostras e as avaliações dos impactos ambientais no Rio São João, nas duas campanhas e nos seguintes locais: Foz do Rio São João (A), Área de cultivo de ostras (B), Canal dos Medeiros (C), Canal da Fazenda (D) e Canal da Vala da Pedra (E), sendo o ponto A o mais distante da jusante da represa de Juturnaíba.

¹ Cada milímetro de chuva corresponde um litro de água por metro quadrado de chão. Assim, caem anualmente entre 2.000 e 2.500 litros de água de chuva em cada metro quadrado de terreno.



Figura 7: Fotografias dos pontos de avaliação e amostragens no Rio São João (Ponto A: Foz do Rio São João; Ponto B: Área de cultivo de ostras; Ponto C: Canal dos Medeiros; Ponto D: Canal da Fazenda; Ponto E: Canal da Vala da Pedra). (Fonte: Claudio Oliveira).

4.2 AMOSTRAGEM E ÍNDICES APLICADOS

As coletas de amostras e as observações de impacto ambiental foram realizadas nos cinco locais representados na Figura 8, cujas latitudes e longitudes em UTM (*Universal Transverse Mercator*) são as seguintes:

Ponto A - Foz do Rio São João (1922809,78 m E e 7498043,81 m S da zona 24 K);

Ponto B – Área de Cultivo de Ostras (192346,39 m E e 7499730,06 m S da zona 24 K);

Ponto C - Canal dos Medeiros (192350,33 m E e 7500253,69 m S da zona 24 K);

Ponto D - Canal da Fazenda (806692,01 m E e 7500049,42 m S da zona 23 K);

Ponto E - Canal da Vala da Pedra (798365,41 m E e 7501923,65 m S da zona 23 K).

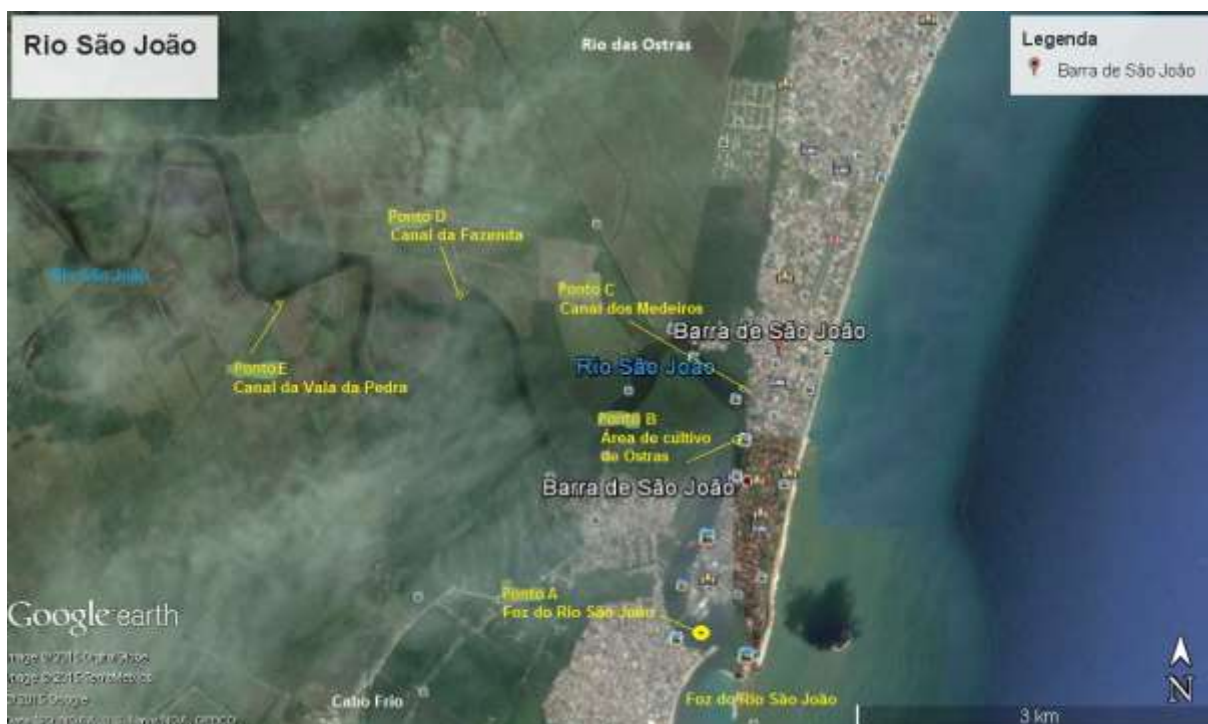


Figura 8: Pontos de avaliação de impacto ambiental e amostragens no Rio São João.
(Adaptação de: Google Earth em 16/01/2015).

O trabalho *in situ* foi desenvolvido em duas campanhas, sendo a primeira em novembro de 2014, caracterizada por período de seca moderada a severa sobre a região hidrográfica do Lagos São João, e a segunda em maio de 2015, durante período de chuvas dentro da climatologia e em período de maior umidade, segundo informações constantes dos relatórios hidrometeorológicos mensais do INEA, em relação ao índice de precipitação de chuvas (SPI – *Standard Precipitation Index*).

Os pontos de amostragem foram escolhidos levando-se em consideração as informações obtidas da população local em relação às possíveis pesquisas realizadas anteriormente nesse trecho do Rio São João, objetivando-se um acompanhamento sobre a evolução dos impactos ambientais e qualidade da água naquela região hidrográfica.

A seguir, são descritas as metodologias adotadas para a determinação dos resultados da avaliação dos impactos ambientais referentes a esta pesquisa.

4.2.1 Os índices de avaliação ambiental

Os comitês de bacia hidrográfica necessitam estar constantemente munidos de informações atualizadas e demais processos, tanto sobre os pontos de vista quantitativos quanto qualitativos, para a tomada de ação futura em relação à gestão de determinado recurso hídrico, sabendo-se que esse procedimento deve ser fundamentado em conhecimentos técnicos. Uma das atribuições dos comitês de bacia hidrográfica é o incentivo ao desenvolvimento de projetos que proporcionem benefícios para toda a bacia, além de estimular a observação em conjunto. Sendo assim, esta pesquisa apresenta uma proposta de avaliação com a aplicação de indicadores ambientais.

Em função da necessidade da compilação dos dados analíticos, resultantes das campanhas de monitoramento realizadas, foram selecionados dois indicadores.

Para a identificação das principais fontes geradoras de impacto ambiental, utilizou-se um índice simplificado de impacto ambiental, através de avaliação de impacto ambiental (AIA), além de análise dos parâmetros de qualidade da água, conforme descrito a seguir.

4.2.1.1 Índice simplificado de impacto ambiental

Em relação ao gerenciamento dos impactos ambientais no baixo curso do Rio São João, a abordagem metodológica para a determinação do índice simplificado de impacto ambiental foi aplicada através do método baseado na avaliação ambiental simplificada (AAS), segundo Salles *et al.*, 2008; Sardinha *et al.*, 2008. A mesma tem como objetivo a avaliação dos impactos ambientais em bacias hidrográficas, através da aplicação de um índice ambiental simplificado, correlacionando a ocupação e uso do solo (eliminação ou modificação da cobertura vegetal, fauna, entre outros), com parâmetros de qualidade das águas (condutividade, pH, oxigênio dissolvido, entre outros). O índice é aplicado em ambientes degradados para a verificação das causas e efeitos em relação aos impactos, provendo subsídios para o estudo de soluções, além da minimização desses impactos provocados pelas ações antrópicas. As etapas desenvolvidas foram as seguintes:

1. Pré-avaliação e revisão de informações: revisão das diretrizes e legislação ambiental, pesquisas prévias e registros de área;
2. Seleção dos indicadores de impacto: identificação das variáveis ecológicas mensuráveis, como, por exemplo, a percentagem de perda da vegetação;
3. Seleção de pesos para os indicadores de impacto: reafirmação dos objetivos de manejo, após a seleção de indicadores, consulta ao banco de dados utilizando o Método “Delphi” (pesquisa e validação técnica e científica) e sistematização, através da matriz de aspectos e impactos ISO 14001, além da análise dos impactos significativos, de acordo com as condições desejáveis para os indicadores de impactos selecionados, como, por exemplo, o alto impacto na vegetação de uma determinada área;
4. Avaliação e condições existentes em campo: avaliação local dos indicadores de impactos ecológicos.
5. Determinação da causa provável do problema: verificação dos padrões de uso e demais fatores potenciais que afetam a ocorrência e intensidade dos impactos inaceitáveis;
6. Seleção de possíveis estratégias para controle ou redução dos impactos ambientais: análise das estratégias diretas e indiretas relacionadas com as causas prováveis dos impactos ambientais.

A primeira etapa (1) consistiu em levantar e revisar as informações do uso atual dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio São João. Tais etapas permitiram a caracterização ambiental e a geração de uma base de dados georreferenciada, necessária à interpretação das condições ambientais dos recursos hídricos (Figura 9).

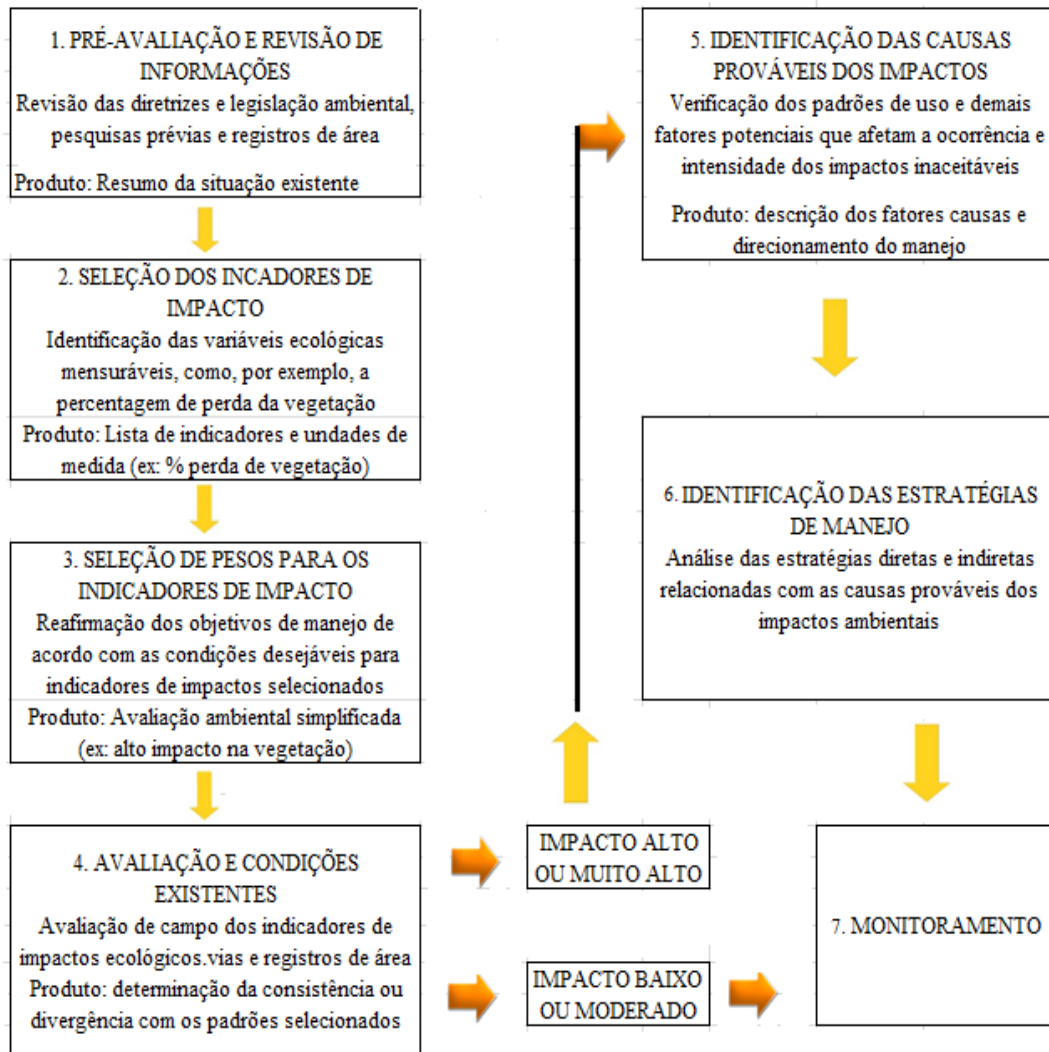


Figura 9: Fluxograma das etapas do processo de planejamento de avaliação simplificada de impactos ambientais, aplicadas no estudo do baixo curso do Rio São João/RJ (adaptado de Sardinha *et al.*, 2010).

Na segunda etapa (2), seguiu-se com a seleção dos indicadores visando a identificação dos problemas relevantes (adaptado de Sardinha, 2010), além do levantamento dos elementos que representavam os impactos na região analisada. Para as análises quantitativas e qualitativas, os indicadores utilizados demonstram a sua importância. Em seguida, foi definida uma planilha de campo, com o objetivo de padronização dos parâmetros observados (Quadro 2).

Quadro 2: Planilha de campo com indicadores ambientais e seus respectivos pesos, aplicado na bacia hidrográfica do Rio São João/RJ (adaptado de Sardinha *et al.*, 2010).

INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO	INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO
Cobertura vegetal no entorno		Cor	
Sem vegetação	0	Forte	0
Com vegetação rasteira	1	Moderado	1
Com vegetação arbustiva	2	Fraco	2
Com vegetação arbórea	3	Ausente	3
Impactos na cobertura vegetal		Odor	
Muito impacto sem vegetação	0	Forte	0
Médio impacto -50% de vegetação	1	Moderado	1
Pouco impacto +50% de vegetação	2	Fraco	2
Sem impacto	3	Ausente	3
Fauna no entorno		Óleos	
Ausência de animais nativos	0	Alto	0
Pouca presença de animais nativos	1	Moderado	1
Moderada presença de animais nativos	2	Baixo	2
Grande presença de animais nativos	3	Ausente	3
Impactos na qualidade da água		Espumas	
Muita presença de poluição	0	Alto	0
Moderada presença de poluição	1	Moderado	1
Pouca presença de poluição	2	Baixo	2
Sem impacto na qualidade da água	3	Ausente	3

Após o registro de pesos para cada indicador, somaram-se os respectivos pontos de cada parâmetro (mínimo de 0 e máximo de 24), sendo que, quanto maior a pontuação, menor o nível de impacto na região estudada. O valor entre 19 e 24 indica ser mínima ou pouca a presença de impacto, valores de 13 a 18 indicam moderada presença de impacto, valores de 7 a 12 indicam impacto alto ou preocupante e valores menores ou iguais a 6 indicam presença muito alta de impacto (Quadro 3).

Quadro 3: Intervalo de valores e classificação de impactos dos indicadores biofísicos.

(adaptado de Sardinha *et al.*, 2010).

Classificação do Impacto	Intervalo de valores
Muito Alto	0 a 6
Alto ou Preocupante	7 a 12
Moderado	13 a 18
Mínimo ou Pouco	19 a 24

A quarta etapa (4) consistiu na avaliação de campo (*in situ*) através da observação dos impactos e aplicação do Quadro 3 em cada ponto de amostragem. A determinação destes locais possuiu como base a área de influência das sub-bacias e a variabilidade no uso e ocupação do solo (urbanização, atividades agropecuárias, indústrias, usos prioritários da água, áreas ecologicamente sensíveis, unidades de conservação, mananciais, entre outros), além do pressuposto que pescadores desta bacia hidrográfica possuem o conhecimento empírico por eles adquirido na região durante anos de prática profissional. Esta etapa foi realizada em duas campanhas, sempre no período da manhã entre 9h e 11h, sendo a primeira em novembro de 2014, durante período de ausência de chuvas, e a segunda em maio de 2015, durante época de chuvas nesta região do Estado do Rio de Janeiro.

As etapas cinco e seis (5 e 6) referem-se à avaliação das causas, definindo estratégias de manejo para as áreas analisadas, utilizando-se o modelo de PER (Pressão- Estado-Resposta), de acordo com OECD (1994). Esse modelo baseia-se em três frentes, a pressão do homem, o estado do meio e a resposta da sociedade, servindo para a identificação das prováveis causas dos impactos ambientais e definição das estratégias de manejo.

Segundo Carvalho et al. (2008), o modelo PER (Pressão- Estado-Resposta) é o mais utilizado para a apresentação de indicadores e estatísticas da área ambiental (Figura 10), sendo o marco ordenador, isso é, pode ser apresentado como uma classificação de indicadores em níveis, podendo ainda ser relacionado à determinada concepção teórica, e então coadjuvar a interpretação dos resultados obtidos através dos indicadores. Segundo o modelo PER, as categorias existentes de indicadores são as seguintes: a) Pressão: relacionados às pressões existentes nas atividades humanas sobre o meio ambiente. Por exemplo, as emissões de gases poluentes; b) Estado: referentes às condições do meio ambiente, qualitativa ou quantitativamente, e com o objetivo de melhoria desses indicadores, como, por exemplo, o índice de qualidade do ar; c) Resposta: relacionados com a reação da população às modificações das condições ambientais, através de ações tomadas para mitigar as pressões ambientais e, assim, conduzindo à melhoria do meio. Exemplo: controle e fiscalização das emissões de gases poluentes, através da medição por número de autuações, licenças emitidas, alterações na legislação ambiental, entre outros.

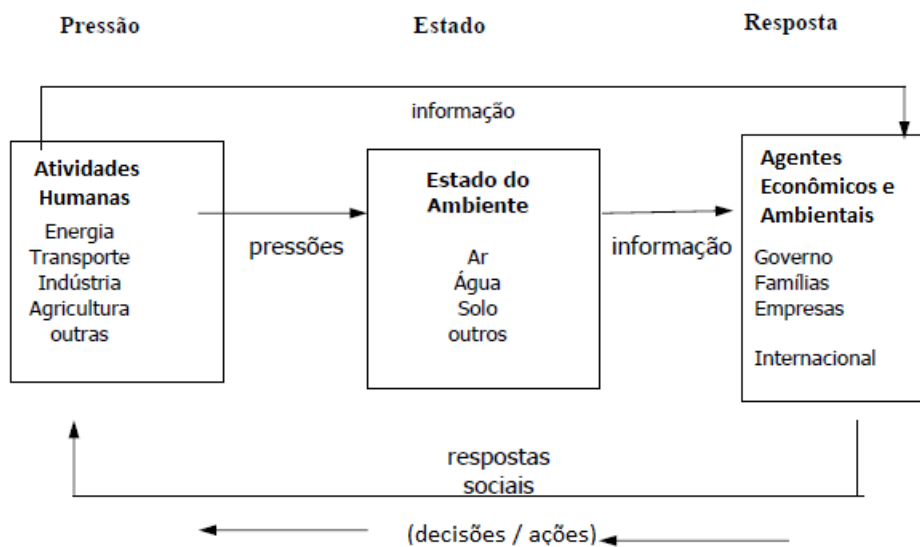


Figura 10: Modelo PER – Pressão-Estado-Resposta (Fonte: Carvalho, 2008).

Para a caracterização dos aspectos ambientais inaceitáveis, nesta etapa foram consultadas, a Lei Nº 1.352, de 4 de março de 2010, que institui o Código Municipal de Meio Ambiente de Casimiro de Abreu e a Resolução Nº 357 CONAMA, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Ainda com o objetivo de verificar possíveis impactos potenciais nos recursos hídricos do baixo curso do Rio São João, e relacionar com os dados obtidos com a planilha do índice de análise ambiental simplificado, foram realizadas, em laboratório, análises físico-químicas e microbiológicas de alguns parâmetros dos cinco locais de amostragem, e alguns resultados dessas análises constituíram a base para a determinação da qualidade da água, conforme descrito no próximo item.

4.2.1.2 Parâmetros indicadores da qualidade da água

Os parâmetros microbiológicos e físico-químicos utilizados, nas duas campanhas desta pesquisa, para a determinação da qualidade da água foram: coliformes termotolerantes (NMP/100ml), temperatura (°C) e transparência (m).

Segundo Brandalise *et al.* (2012), vem acontecendo no mundo o desenvolvimento de uma série de normas e diretrizes referentes à qualidade microbiológica (coliformes termotolerantes) em função dos diversos usos das águas (abastecimento da população, irrigação, entre outros), sugerindo valores de referência e outros de caráter obrigatório em relação ao tipo de exposição, seja direta ou indireta. Esta tarefa é de responsabilidade do estado, e segue, na maioria dos casos, os padrões da Organização Mundial da Saúde (OMS), Comunidade Econômica Europeia (CEE), além da Agência Ambiental dos Estados Unidos.

Em relação à temperatura da água, considerou-se o conforto para a exposição humana no corpo hídrico, relacionado aos valores desconfortáveis, perigosos e extremos que podem causar risco de hipotermia (baixas temperaturas), além de hipertermia (altas temperaturas).

De acordo com Brandalise *et al.* (2012), o parâmetro transparência apresenta o menor peso em relação às demais variáveis, e reflete que, enquanto um corpo hídrico pode apresentar uma baixa transparência, as cargas que provocam a diferença de cor nem sempre são prejudiciais, isso é, podem estar adequadas para o uso.

Em ambas as campanhas de monitoramento, a atividade de coleta da água superficial e preservação das amostras seguiu a metodologia descrita nos procedimentos do Guia Nacional de Coleta de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos (ANA; CETESB, 2011). As amostras foram coletadas e analisadas no mesmo dia, sendo que para a realização das análises, foi utilizada a metodologia proposta pelo "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*", aplicada pelo LABFOZ - Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul, localizado no campus UPEA do Instituto Federal Fluminense, em Campos dos Goytazes/RJ, executante do serviço.

Para a determinação dos dados compilados através das análises das amostras de cada um dos locais, em relação à determinação dos valores de qualidade da água, adaptou-se a proposta de Brandalise *et al.* (2012), com a aplicação das informações de análise das variáveis: temperatura, transparência e características microbiológicas.

Considerando-se as normas internacionais de diferentes países, como também, as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2003 e 2006) e publicações relacionadas aos aspectos sanitários (PILOTTO, 2008 e CHORUS, 2000), os valores de

qualidade ambiental foram estabelecidos, além da determinação das respectivas curvas de qualidade para cada parâmetro aplicado.

Considerou-se a resolução CONAMA Nº 274/2000 (BRASIL, 2001) e as diretrizes do governo uruguaio (Decreto Nº 253/1979 e suas atualizações) para a determinação da curva de qualidade da variável biológica, coliformes termotolerantes (CTT), cujos dados estão representados, respectivamente, nos Quadros 4 e 5, a seguir.

Quadro 4: Qualidade ambiental para variável biológica CTT
(Resolução CONAMA Nº 274/2000).

Qualidade	CTT (NMP/100ml)
Excelente	< 250
Muito boa	250 a 500
Satisfatória	500 a 1000

Quadro 5: Qualidade ambiental para variável biológica CTT
(Decreto Nº 253/1979 e suas atualizações/Uruguai).

Qualidade	CTT (NMP/100ml)
Excelente	< 250
Muito boa	250 a 500
Satisfatória	500 a 1000
Ruim	> 1000

No Quadro 6, a seguir, são descritos os valores para a determinação da curva de qualidade em relação à variável biológica CTT (Figura 11).

Quadro 6: Qualidade ambiental para variável biológica, coliformes termotolerantes (CTT)
(adaptado de Brandalise *et al.*, 2012).

Q ctt	CTT (NMP/100ml)
0	2000
50	1000
75	500
100	100

De acordo com os valores definidos para a determinação da qualidade ambiental (Q) em relação à variável biológica, coliformes termotolerantes (CTT), observa-se para o intervalo entre 50 e 75 uma classificação “satisfatória” para a qualidade (Q), o que representa uma concentração de bactérias (CTT) entre 1000 e 500 NMP/100 ml.

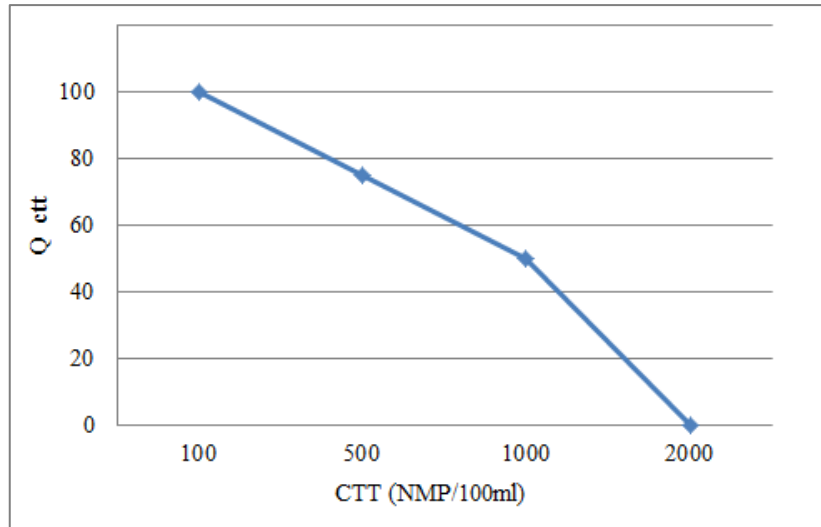


Figura 11: Curva de qualidade ambiental para coliformes termotolerantes (CTT) (adaptado de Brandalise *et al.*, 2012).

Ainda, para valores inferiores a 50, considera-se uma classificação “ruim” para a qualidade (Q), correspondente à concentração superior a 1000 NMP/100 ml de coliformes (CTT). A classificação “muito boa” para a qualidade da água (Q) é verificada para valores superiores a 75, representando uma concentração de bactérias menor do que 500 NMP/100 ml (CTT) em determinada amostra.

Para a variável temperatura, foram consideradas as diretrizes do governo do Canadá (*Guidelines for Canadian Recreational Water Quality / 2012*), que considera como “aceitável” a temperatura entre 26°C e 30°C, limite a 30°C, e “perigosa” entre 34°C e 35°C, e as diretrizes do governo australiano (*The Guidelines for Managing Risks in Recreation Water / 2008*), que estabelece como “aceitável” a temperatura entre 16°C e 34°C, onde há risco de hipotermia a uma temperatura menor do que 16°C, e risco de hipertermia aquela superior a 34°C. Brandalise *et al.* (2012) utilizou-se destes padrões para o desenvolvimento do trabalho de avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Valle de Punilla, Argentina.

No Brasil, o cálculo do índice de qualidade da água desenvolvido pela CETESB foi adaptado e desenvolvido a partir de estudos realizados pela *National Sanitation Foundation (NSF)* dos Estados Unidos, a mesma entidade credenciada pelo *Council of Canada (SCC)* para desenvolver os padrões de qualidade da água neste país. As diretrizes aplicadas pelo governo da Austrália são consistentes com as desenvolvidas pela *World Health Organization (WHO)*.

Em função desses dados, considerou-se uma qualidade ambiental (Q) igual a 50 para 16°C e 34°C, e igual a 100 para a faixa de temperatura entre 20°C e 25°C (Quadro 7).

Quadro 7: Qualidade ambiental para variável temperatura (°C)
(adaptado de *Guidelines for Canadian Recreational Water Quality/2012*, e *The Guidelines for Managing Risks in Recreation Water/2008, Austrália*).

Q temp	Temperatura(°C)
0	10
50	16
100	20
100	25
80	30
50	34
0	40

A curva de qualidade para a variável temperatura está representada na Figura 12, a seguir, onde estão presentes os três intervalos de limites. O intervalo de temperatura entre 20°C e 25°C, representa um valor ótimo com qualidade ambiental (Q) igual a 100.

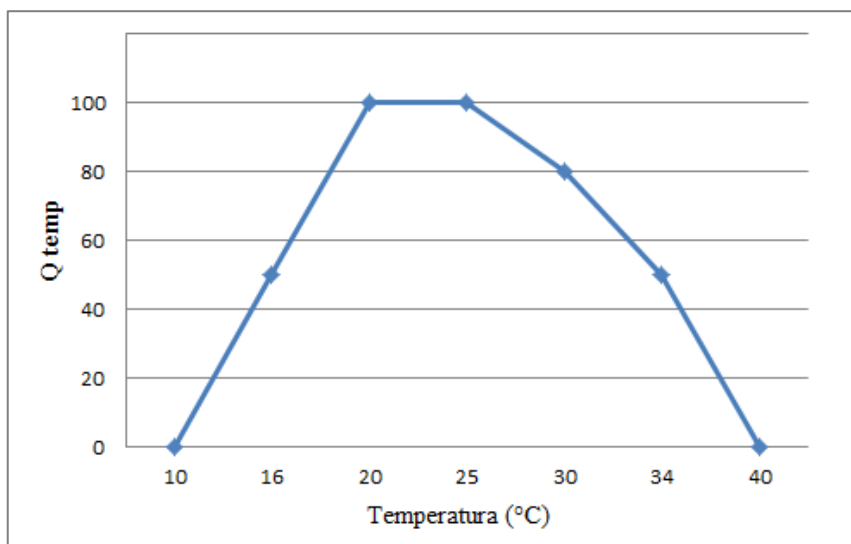


Figura 12: Curva de qualidade ambiental para temperatura (°C)
(adaptado de Brandalise *et al.*, 2012).

Utilizou-se a diretriz do governo canadense (*Guidelines for Canadian Recreational Water Quality/2012*) para a determinação da curva de qualidade da variável transparência (Figura 13). A profundidade mínima de 1,2 metros deve ser suficiente para a observação sobre riscos submersíveis. O Quadro 8, a seguir, mostra a associação entre os valores da qualidade ambiental da variável transparência com os respectivos dados medidos *in situ* com o disco de Secchi, considerando-se como “satisfatório” um valor de qualidade ambiental igual ou menor a 60.

Quadro 8: Qualidade ambiental para variável transparência (m)
(adaptado de *Guidelines for Canadian Recreational Water Quality/2012*).

Q transp	Transparência (m)
0	0
20	0,4
40	0,8
60	1,2
80	1,6
100	2

A curva de qualidade para a variável transparência, representada na Figura 13, apresenta valor de qualidade ambiental igual a 60 para a transparência de 1,2 metros, definida como limite para observações de riscos submersíveis. Os valores de qualidade (Q) para o intervalo entre 80 e 100 são considerados insatisfatórios para a qualidade ambiental relacionada à transparência.

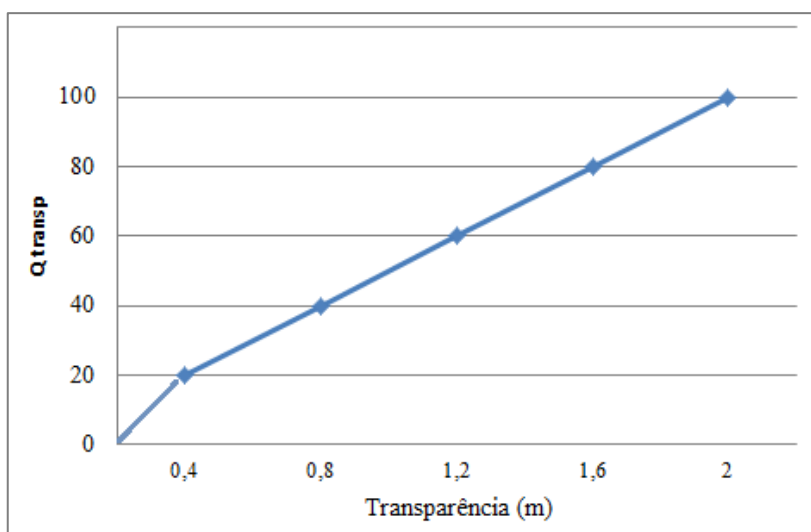


Figura 13: Curva de qualidade ambiental para transparência (m)
(adaptado de Brandalise *et al.*, 2012).

Brandalise *et al.* (2012), descreve que para a realização dos cálculos de IQA, diferentes combinações de valores de fator de ponderação devem ser realizadas para, então, se observar aqueles que melhor se ajustam às diretrizes e legislação ambiental. Os valores de fator de ponderação propostos para esta pesquisa estão representados no Quadro 9.

Quadro 9: Valores de fator de ponderação (Pi) para o cálculo de IQA.
(adaptado de Brandalise *et al.*, 2012).

Variável	Pi
Temperatura	0,045
Transparência	0,255
Caract. Microbiológicas	0,700

O parâmetro de maior peso está relacionado com as características microbiológicas (coliformes termotolerantes), que apresenta maior efeito nocivo para a saúde humana. O segundo parâmetro de maior peso é a transparência da água, considerando que, se um determinado corpo hídrico apresenta uma baixa transparência, as cargas que causam a alteração nem sempre são perigosas, podendo estar apto para o uso recreativo, por exemplo. A temperatura é a variável que apresenta o menor peso entre as demais, uma vez que o contato humano com a água como pode ser considerado um fator subjetivo, de acordo com Brandalise *et al.* (2012). A partir dos valores de fator de ponderação (Pi), e parâmetro de qualidade (Qi), obtemos a Equação 1, para o cálculo de IQA:

$$IQA = Q_{temp} \times 0,045 + Q_{transp} \times 0,255 + Q_{microb} \times 0,700 \quad (\text{Equação 1}).$$

O Quadro 10 apresenta as cinco classificações para o IQA, utilizadas para auxiliar nas ações ou medidas de mitigação e gestão ambiental.

Quadro 10: Classificação da qualidade da água.
(adaptado de Brandalise *et al.*, 2012).

Classificação	Resultado
Muito Boa	$90 < IQA \leq 100$
Boa	$75 < IQA \leq 90$
Razoável	$60 < IQA \leq 75$
Ruim	$30 < IQA \leq 60$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 30$

4.2.1.3 Coleta das amostras e mensuração em campo

A coleta e armazenamento de todas as amostras de água, além das demais medições, foram realizados de acordo com a metodologia descrita nos procedimentos do Guia Nacional de Coleta de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos (ANA; CETESB, 2011).

Para os coliformes termotolerantes (CTT) as amostras foram coletadas diretamente nos frascos esterilizados de vidro com $\frac{3}{4}$ (três quartos) do volume total de um litro, em águas superficiais a, aproximadamente, 30 cm de profundidade. As amostras foram devidamente identificadas e acondicionadas em caixas térmicas com gelo para sua preservação durante o transporte até o laboratório.

A medição da temperatura da água na superfície foi realizada pelo método termométrico com imersão parcial, sendo o instrumento submerso diretamente no corpo hídrico a 30 cm, aproximadamente.

Em relação à variável transparência da coluna de água, utilizou-se o disco de Secchi, seguindo o procedimento para a tomada da medição, além da observação sobre a predominância de céu claro e poucas ondas no corpo hídrico. A operação foi repetida para a certificação do limite de visualização e medição.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 14 são descritos os índices de precipitação pluviométrica, na região da bacia do Rio São João, entre os meses de janeiro e dezembro do ano de 2014, onde se observa um índice negativo no mês de novembro/2014, período de realização da primeira campanha do trabalho.

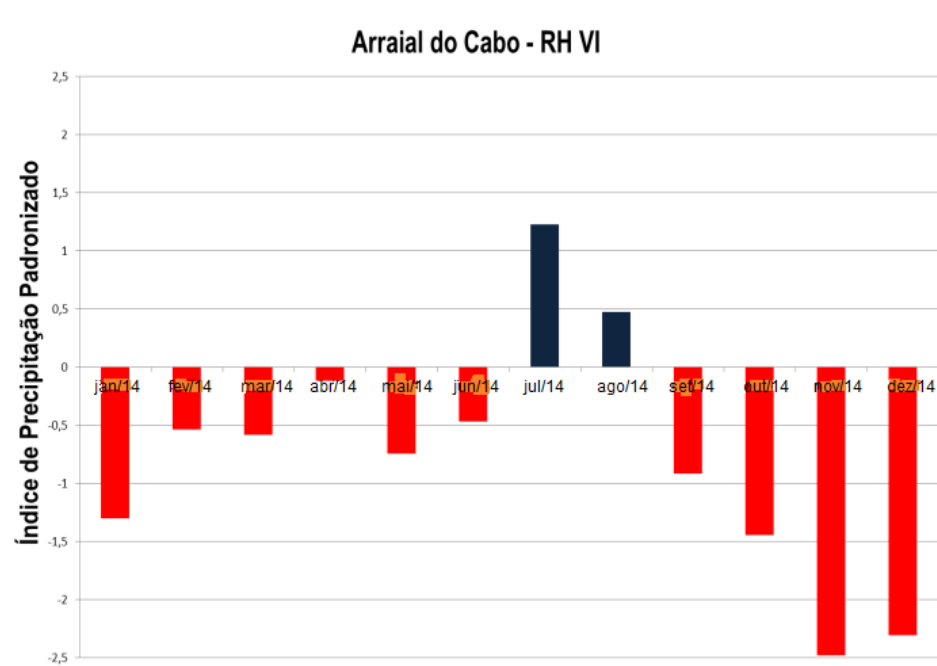


Figura 14: Índice SPI para a região hidrográfica do Lagos São João – janeiro a dezembro/2014.
(Fonte: INEA – Relatório Hidrometeorológico Mensal – janeiro/2015).

A Figura 15 representa os índices de precipitação pluviométrica entre os meses de outubro/2014 e setembro/2015 para a região da bacia do Rio São João, onde se verifica um índice positivo de SPI no mês de maio/2015, período de realização da segunda campanha.

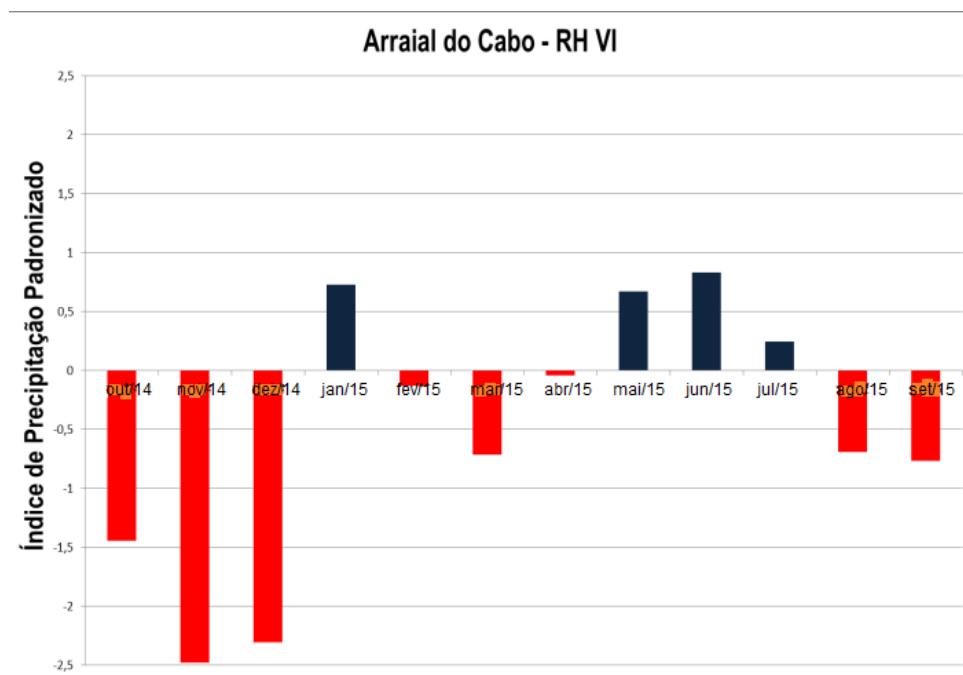


Figura 15: Índice SPI para a região hidrográfica do Lagos São João - outubro/2014 a setembro/2015. (Fonte: INEA – Relatório Hidrometeorológico Mensal – outubro/2015).

5.1 ÍNDICE SIMPLIFICADO DE IMPACTO AMBIENTAL

A Figura 16, a seguir, apresenta os resultados dos cálculos do índice citado para cada um dos cinco locais de avaliação durante as referidas campanhas, em novembro 2014 e maio de 2015, não se observando mudanças significativas nos parâmetros analisados entre os dois períodos descritos.

Da avaliação simplificada de impactos ambientais realizada nesta região da bacia do Rio São João, constatou-se impacto "alto ou preocupante" em relação à degradação da mata ciliar em determinados locais, a moderada ocupação em alguns pontos do entorno por propriedades agrícolas e urbanas, além da presença de lançamento de efluentes líquidos sem tratamento no entorno dos recursos hídricos.

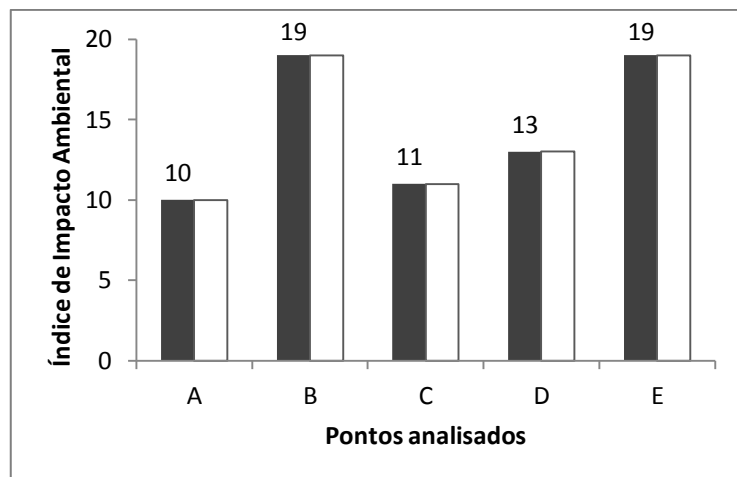


Figura 16: Resultados com o Índice Simplificado de Impacto Ambiental para cada ponto analisado no Rio São João.

(Classificação do impacto: 0 a 6 – Muito Alto; 7 a 12 – Alto ou Preocupante; 13 a 18 – Moderado; 19 a 24 – Mínimo ou Pouco). Coluna preta: mês seco; coluna branca: mês úmido.
(Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

A avaliação do impacto ambiental no Ponto A, referente à Foz do Rio São João (Figura 17), apresentou um índice de impacto igual a 10 (Quadro 11), considerado “alto ou preocupante”.



Figura 17: Ponto A – Foz do Rio São João (Fonte: Claudio Oliveira).

Quadro 11: Indicadores analisados em campo e seus respectivos pesos para o ponto A (Foz do Rio São João). (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO	INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO
Cobertura vegetal no entorno		Cor	
Com vegetação rasteira	1	Moderado	1
Impactos na cobertura vegetal		Odor	
Médio impacto -50% de vegetação	1	Moderado	1
Fauna no entorno		Óleos	
Pouca presença de animais nativos	1	Baixo	2
Impactos na qualidade da água		Espumas	
Moderada presença de poluição	1	Baixo	2
Total: 10 (Impacto Alto)			

O resultado obtido neste ponto é observado, principalmente, pela grande influência antrópica em ambas as margens do rio, com forte impacto na cobertura vegetal ciliar no entorno, além da pouca presença da fauna, observando-se, durante a avaliação de impacto, algumas garças brancas grandes (*Casmerodius alba*), além de alguns peixes, como o badejo (*Mycteroperca spp.*) e a tainha (*Mugil cephalus.*), na parte central do Rio São João, conforme informações recebidas dos pescadores locais.

Este trecho do rio também é utilizado para embarque e desembarque em relação às atividades pesqueiras dessa região, além da grande utilização para as atividades de recreação, o que pode justificar a presença de pouca espuma e óleo neste ponto do rio. Essa também é uma região onde há expansão da área urbana, tanto do município de Barra de São João, quanto de Tamoios, distrito de Cabo Frio/RJ.

O resultado da avaliação do impacto ambiental para o Ponto B, Área de cultivo de ostras (Figura 18), indicou um índice de impacto igual a 19, classificado como “mínimo ou pouco” (Quadro12). É provável que este resultado encontrado esteja relacionado ao lançamento de efluentes provenientes do Canal dos Medeiros, pois a área de cultivo de ostras encontra-se a jusante deste canal. Segundo informações recebidas dos profissionais de pesca desta região, não há atualmente a criação de ostras em função da mortandade verificada durante o cultivo.



Figura 18: Ponto B – Área de cultivo de ostras (Fonte: Claudio Oliveira).

Quadro 12: Indicadores analisados em campo e seus respectivos pesos para o ponto B (Área de cultivo de ostras). (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO	INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO
Cobertura vegetal no entorno		Cor	
Com vegetação arbórea	3	Fraco	2
Impactos na cobertura vegetal		Odor	
Pouco impacto +50% de vegetação	2	Ausente	3
Fauna no entorno		Óleos	
Pouca presença de animais nativos	1	Ausente	3
Impactos na qualidade da água		Espumas	
Pouca presença de poluição	2	Ausente	3
Total: 19 (Impacto Mínimo)			

Outro fator importante de impacto ambiental observado e registrado no ponto B, na margem do lado oposto à área de cultivo de ostras, próximo à avenida beira-rio, foi o lançamento de efluentes líquidos, alertando para uma possível situação agravante em futuro próximo devido o crescimento populacional na região. Também, neste trecho da avenida, observa-se a expansão da área urbana do município de Barra de São João. Na margem próxima à área de cultivo de ostras, observou-se pouca presença da fauna, com a presença de algumas garças brancas grandes (*Casmerodius alba*), além de alguns badejos (*Mycteroperca spp.*) e tainhas (*Mugil cephalus.*) na parte central do rio. A vegetação ciliar, no entorno deste trecho, encontra-se preservada.

O Ponto C (Canal dos Medeiros) foi o terceiro analisado (Figura 19), apesar de apresentar “pouco” impacto ambiental na cobertura vegetal ciliar no entorno, encontra-se forte presença de poluição na água, inclusive com aparência turva e odor desagradável, diferentemente dos demais locais analisados nesta região da bacia hidrográfica.



Figura 19: Ponto C – Canal dos Medeiros (Fonte: Claudio Oliveira).

Os indicadores biofísicos influenciaram nos resultados para este ponto, que apresentou índice de impacto “alto ou preocupante” (Quadro 13), com índice igual a 11. Conforme informações recebidas da população, este ponto recebe parte de despejo dos efluentes líquidos provenientes do município de Rio das Ostras, e estas observações servem de alerta para uma possível situação agravante no decorrer do tempo. Na margem do lado oposto (Figura 20) a vegetação ciliar no entorno encontra-se preservada, além da presença de alguns animais nativos, como as garças brancas grandes (*Casmerodius alba*).



Figura 20: Ponto C – lado oposto ao Canal dos Medeiros
(Fonte: Claudio Oliveira).

Quadro 13: Indicadores avaliados em campo e seus respectivos pesos para o ponto C (Canal dos Medeiros). (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO	INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO
Cobertura vegetal no entorno		Cor	
Com vegetação arbórea	3	Forte	0
Impactos na cobertura vegetal		Odor	
Pouco impacto +50% de vegetação	2	Moderado	1
Fauna no entorno		Óleos	
Pouca presença de animais nativos	1	Baixo	2
Impactos na qualidade da água		Espumas	
Muita presença de poluição	0	Baixo	2
Total: 11 (Impacto Alto)			

O resultado da avaliação do impacto ambiental para o Ponto D, Canal da Fazenda, indicou um índice igual a 13 (Quadro14), classificado como “impacto moderado”. Este resultado está relacionado à degradação ambiental verificada durante as atividades de avaliação *in situ* na margem próxima ao canal, quando foi observado e registrado, através de fotografias, o impacto relacionado principalmente à cobertura vegetal no entorno, além da pouca presença de animais nativos (Figura 21), destacando-se o urubu de cabeça preta (*Coragyps atratus*). Na margem oposta (Figura 22) a cobertura vegetal ciliar no entorno encontra-se preservada, além da presença moderada de animais nativos, como, por exemplo, a garça branca grande (*Casmerodius alba*).



Figura 21: Ponto D – Canal da Fazenda (Fonte: Claudio Oliveira).



Figura 22: Ponto D – lado oposto ao Canal da Fazenda (Fonte: Claudio Oliveira).

Quadro 14: Indicadores avaliados em campo e seus respectivos pesos para o ponto D (Canal da Fazenda). (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO	INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO
Cobertura vegetal no entorno		Cor	
Com vegetação rasteira	1	Fraco	2
Impactos na cobertura vegetal		Odor	
Muito impacto / sem vegetação	0	Fraco	2
Fauna no entorno		Óleos	
Pouca presença de animais nativos	1	Ausente	3
Impactos na qualidade da água		Espumas	
Moderada presença de poluição	1	Ausente	3
		Total: 13 (Impacto Moderado)	

Finalmente, o ponto E, referente ao Canal da Vala da Pedra (Figura 23), último ponto analisado, e, também, o mais distante da foz do Rio São João, bem como o mais próximo da represa de Juturnaíba. Neste trecho, o resultado encontrado para o impacto ambiental foi “mínimo ou pouco” (Quadro 15), com índice igual a 19, porém existe perda da cobertura vegetal em pontos isolados em um dos entornos das margens do rio, além de moderada erosão em uma das margens. Neste ponto não há expansão da área urbana, e suas águas são mais transparentes do que os demais locais de amostragem, além da presença de animais nativos, como a garça branca grande (*Casmerodius alba*).



Figura 23: Ponto E - Canal da Vala da Pedra (Fonte: Claudio Oliveira).

Quadro 15: Indicadores avaliados em campo e seus respectivos pesos para o ponto E (Canal da Vala da Pedra). (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO	INDICADORES BIOFÍSICOS	PESO
Cobertura vegetal no entorno		Cor	
Com vegetação arbórea	3	Fraco	2
Impactos na cobertura vegetal		Odor	
Pouco impacto +50% de vegetação	2	Ausente	3
Fauna no entorno		Óleos	
Pouca presença de animais nativos	1	Ausente	3
Impactos na qualidade da água		Espumas	
Pouca presença de poluição	2	Ausente	3
Total: 19 (Impacto Mínimo)			

Da avaliação simplificada de impactos ambientais realizada nesta região da bacia do Rio São João, constatou-se impacto “alto ou preocupante” em relação à degradação da mata

ciliar em determinados locais, a moderada ocupação em alguns pontos do entorno por propriedades agrícolas e urbanas, além da presença de lançamento de efluentes líquidos sem tratamento no entorno dos recursos hídricos.

O lançamento de efluentes líquidos sem tratamento no entorno do rio ocorre, principalmente, na área próxima à avenida beira-rio, na margem oposta à “Área do cultivo de ostras” (Figura 24), bem como na região que recebe o fluxo de efluentes do Canal dos Medeiros. Este canal tem origem no município de Rio das Ostras, onde existe o lançamento de efluentes domésticos e industriais, que são despejados no baixo curso do Rio São João, segundo informações recebidas da população.



Figura 24: Pontos de lançamento de efluentes líquidos no Rio São João
(Fonte: Claudio Oliveira).

Ainda de acordo com os resultados obtidos com o índice simplificado de impacto ambiental nessa região do Rio São João, o valor igual a 10, observado no ponto A (Foz do Rio São João), pode ser considerado “alto ou preocupante” provavelmente devido à influência dos pontos C e D, Canal dos Medeiros e Canal da Fazenda, respectivamente, conforme detalhado anteriormente. Os resultados para o “impacto alto ou preocupante” estão relacionados, principalmente, com as atividades antrópicas nessa região, além do resultado devido ao impacto “moderado”, verificado no ponto D (Canal da Fazenda). O índice satisfatório igual a 19, encontrado para o impacto “mínimo ou pouco”, observado para os locais B e E, Área de Cultivo de Ostras e Canal da Vala da Pedra, respectivamente, nos faz refletir que uma boa estratégia de manejo e monitoramentos constantes nessa região pode definir as bases para um controle eficaz dos recursos naturais encontrados nesta bacia hidrográfica. Nenhum dos locais analisados neste trabalho, na referida região da bacia do

Rio São João, apresentou resultado de impacto ambiental com índice entre 0 e 6, referente à classificação de impacto “muito alto”.

O próximo item refere-se à análise físico-química e microbiológica e à determinação da qualidade da água, realizados através dos resultados obtidos e compilados das análises das amostras coletadas nas duas campanhas *in situ*, durante a avaliação dos impactos ambientais.

5.2 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos caracterizados nas águas fluviais da bacia do Rio São João, e também utilizados na determinação dos valores de qualidade da água, são apresentados no Quadro 16, para as duas campanhas realizadas. Os resultados destacados em cinza indicam valores fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2011) para cursos de águas salobras de classe 1 (salobra).

Quadro 16: Resultados da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos
(Fonte: adaptação de Labfoz /IFFluminense/ Upea).

Parâmetros x Campanhas	1ª Campanha Novembro/2014					2ª Campanha Maio/2015					Limite CONAMA Classe 1 (salobra)
	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D	Ponto E	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D	Ponto E	
Ph	8,14	8,06	7,58	7,95	7,21	8,58	8,40	8,20	8,29	7,25	6,5 a 8,5
Turbidez (NTU)	4,07	4,53	8,40	4,20	4,50	4,50	4,50	4,90	3,30	7,00	NA
Cond. Elétrica (µS/cm)	21140,00	26100,00	15660,00	18920,00	9840,00	34720,00	2223,00	2084,00	2146,00	4390,00	NA
Salinidade (‰)	13,50	16,70	10,00	12,11	6,30	22,22	1,42	1,33	1,37	2,81	NA
Sól. Dis. Totais (mg/L)	10864,00	13230,00	7874,67	9512,67	4948,00	16730,00	10778,00	13597,00	10416,00	2092,00	NA
Oxig. Dissolvido (mg/L)	9,17	8,97	7,47	8,37	9,00	6,50	6,70	6,70	6,00	7,30	≥ 5
Temperatura (°C)	18,90	18,90	18,97	20,03	20,03	21,60	21,10	20,90	21,00	21,00	NA
Transparência (m)	0,98	1,15	0,58	0,99	1,25	0,54	0,63	0,32	0,55	0,69	NA
Cloreto Total (mg/L)	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	≤ 0,01
Coliformes Totais (NMP/100ml)	2419,60	2419,60	2419,60	2419,60	2419,60	1203,30	> 2419,6	> 2419,6	2419,60	1986,30	NA
Colif. Term. (NMP/100ml)	1119,00	48,05	1356,60	166,60	110,60	686,70	686,70	980,40	410,60	4,10	≤ 200 *
Nº de desvios em relação à legislação	1	1	2	1	0	2	2	1	1	0	—

*: segundo Resolução CONAMA Nº 357/2005 para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Os dados obtidos de pH em todos os locais amostrados indicam que as águas desta bacia encontram-se próximo à neutralidade (pH médio de 7,97), sendo o menor valor observado no ponto E, Canal da Vala da Pedra (pH médio igual 7,23), e o maior registrado na Foz do Rio São João (pH médio de 8,36). Na segunda campanha o valor obtido na foz do rio (pH igual a 8,58) apresentou não conformidade com o determinado pela legislação. Os resultados obtidos mostram relação da salinidade com os valores de pH (Figura 25). Segundo Veríssimo (2012), quanto maior a distância do ponto de amostragem da foz do rio, maior a tendência de acidez da água, podendo ser influência da salinidade.

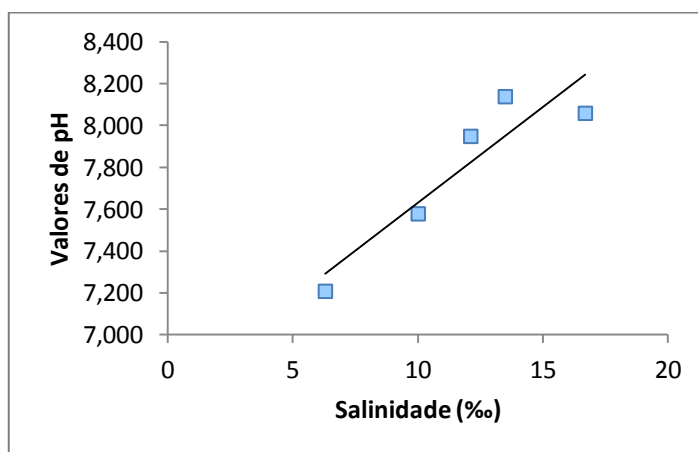


Figura 25: Gráfico da correlação da salinidade (‰) com o pH para os pontos analisados durante período de estiagem. (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Os valores caracterizados de turbidez, em unidades nefelométricas de turbidez (NTU), em todos os locais de amostragem indicam valor médio de 4,99 NTU, sendo considerado, pela legislação para a classe 1 das águas doces, o valor máximo igual a 40 NTU. Em ambas as campanhas, observou-se o maior valor de turbidez no ponto C, Canal dos Medeiros (turbidez média de 6,65 NTU), podendo estar relacionado ao lançamento de esgoto doméstico neste ponto do rio, e também com as concentrações de sólidos dissolvidos totais. O menor valor registrado foi no ponto D, Canal da Fazenda (turbidez igual a 3,30 NTU), durante a segunda campanha.

Em relação ao parâmetro condutividade elétrica, os maiores dados foram registrados nos locais de amostragem próximos à foz do rio, com valor médio igual a 13722,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considerando-se todos os locais amostrados nas duas campanhas, sendo o maior valor verificado no ponto A, foz do rio (condutividade de 34720,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), e o menor observado no ponto C, área de cultivo de ostras (condutividade igual a 2084,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ambos registrados na segunda campanha. O maior valor de condutividade observado indica possuir relação com o acréscimo das concentrações de sólidos dissolvidos totais.

A variável salinidade possui relação direta com o parâmetro condutividade elétrica (Figura 26), e a média registrada em todos os locais de amostragem indicam valor igual a 8,78 ‰, caracterizando o corpo hídrico como águas salobras de acordo com a legislação (taxa de salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰), sendo os maiores dados obtidos nos locais mais próximos à foz do rio. O maior valor observado indica salinidade de 22,22 ‰, no ponto A (foz do rio), e o menor igual a 1,33 ‰, encontrado no ponto C (área de cultivo de ostras), ambos registrados na segunda campanha.

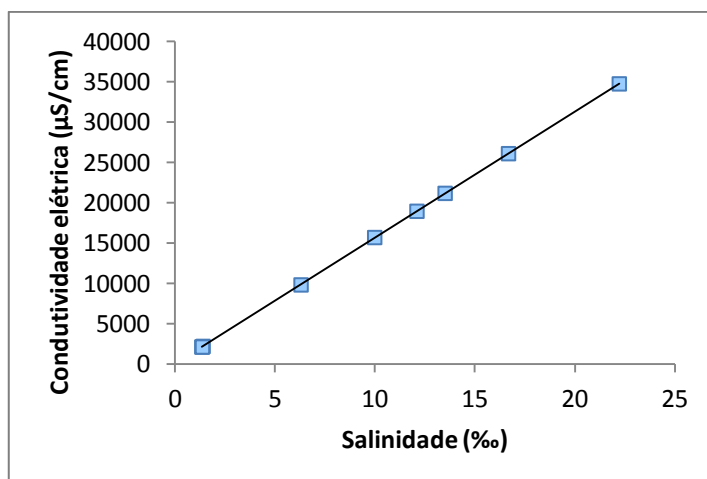


Figura 26: Gráfico da correlação da salinidade (‰) com a condutividade elétrica (µS/cm) para os pontos analisados. (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

A caracterização da variável sólidos dissolvidos totais (SDT), em todos os locais amostrados, apontam uma concentração média de 10004,23 mg/L, sendo o maior valor registrado (SDT de 16730,00 mg/L), no ponto A (Foz do Rio São João), e o menor verificado no ponto E (Canal da Vala da Pedra), com SDT igual a 2092,00 mg/L, ambos ocorridos na segunda campanha. Pode-se notar que o aumento das concentrações de sólidos dissolvidos totais possui relação com o aumento da condutividade elétrica, e também com a turbidez, nas duas campanhas, provavelmente pelo percentual de sólidos em suspensão carregados para o corpo hídrico, devido principalmente às ações antrópicas existentes na região, conforme ilustrado na Figura 27.

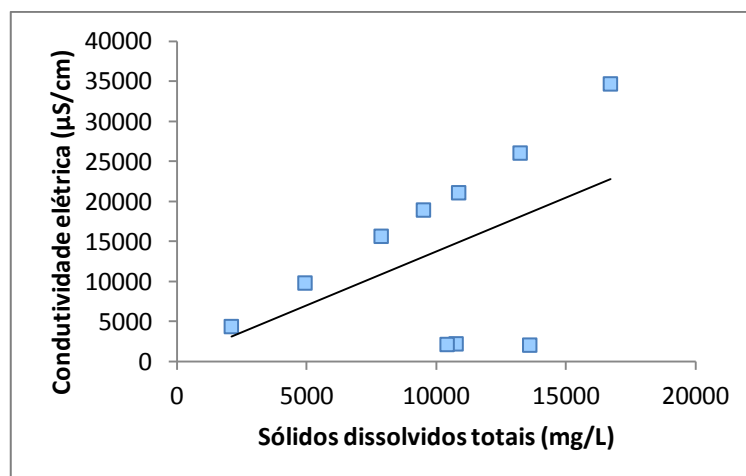


Figura 27: Gráfico de correlação da concentração de sólidos dissolvidos totais (mg/L) com a condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) para cada ponto analisado. (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, para todos os pontos de amostragem, as concentrações estão em conformidade com a legislação (concentração maior ou igual a 5,00 mg/L), sendo observado o valor médio de 7,62 mg/L. O ponto A (foz do rio) registrou o maior valor para a caracterização deste parâmetro, e o ponto D (Canal da Fazenda) o menor valor, respectivamente, 9,17 mg/L e 6,00 mg/L, considerando-se as duas campanhas. Os valores menores da concentração de oxigênio dissolvido podem ser atribuídos à decomposição de matéria orgânica, por oxidação, proveniente dos efluentes domésticos e agropecuários.

A variável temperatura, registrada em todos os pontos amostrados na superfície, registrou valor médio da água igual a 20,2 °C, sendo observada uma variação de apenas 2,7 °C entre os pontos onde este parâmetro foi caracterizado em ambas as campanhas. O maior valor para a temperatura da água foi verificado no ponto A, foz do rio (21,6 °C), durante a segunda campanha, provavelmente pela direta influência oceânica neste local.

Os dados obtidos de concentração de cloreto total em todos os locais amostrados indicam que há desvios em relação à legislação para 40% desses (concentração maior do que 0,010 mg/L), sendo que o ponto B, área de cultivo de ostras, apresentou não conformidade em ambas as campanhas. O valor médio registrado para este parâmetro foi de 0,015 mg/L, sendo o menor valor observado no ponto E, Canal da Vala da Pedra (0 mg/L), e o maior (0,040 mg/L) verificado no ponto B, respectivamente, na segunda e primeira campanha, sendo que na primeira campanha, época de estiagem, podemos observar desvios em três locais amostrados (pontos B, C e D), enquanto que na segunda campanha, época de chuvas, verificamos desvio em apenas um local (ponto B). Os resultados parecem indicar que este impacto pode estar relacionado com o lançamento de efluentes domésticos no corpo hídrico, como o esgoto sanitário, entre outros, uma vez que

estes são fontes importantes de cloreto. Segundo Cruz (2014), o resultado para a concentração de cloreto total pode sofrer variação em função da quantidade de chuvas, devido a sua diluição no corpo hídrico, além de possuir relação direta com o resultado da demanda química de oxigênio (DQO) e provocar corrosão em estruturas metálicas. A Figura 28 representa a distribuição da concentração de cloreto total para cada ponto analisado.

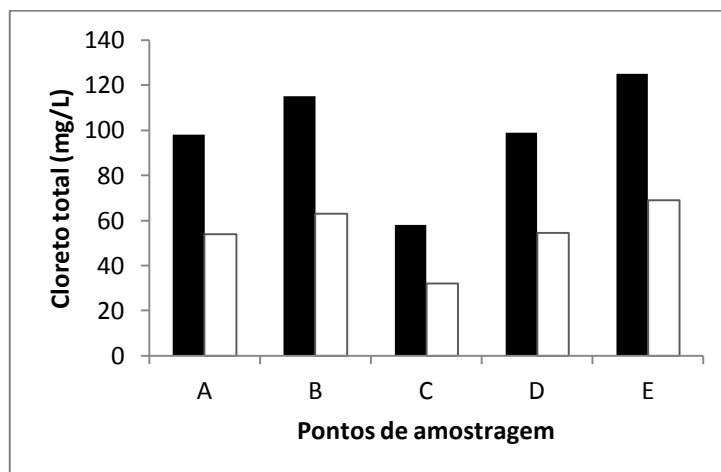


Figura 28: Distribuição da concentração de cloreto total (mg/L) para cada ponto analisado no Rio São João. Coluna preta: mês seco; coluna branca: mês úmido.

(Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Quanto ao parâmetro de concentração de coliformes totais para todos os locais de amostragem, o maior valor registrado (maior que 2419,60 NMP/100ml) ocorreu no ponto B, área de cultivo de ostras, e ponto C, Canal dos Medeiros, sendo o menor verificado (1203,30 NMP/100ml) no ponto A, foz do rio, todos na segunda campanha. Estes resultados provavelmente foram influenciados pela ineficiência de estrutura sanitária e, também, do manejo inadequado de dejeção animal e humana incorporadas ao solo, entre outros.

Finalmente, para a caracterização da variável coliformes termotolerantes, a concentração média registrada, em ambas as campanhas, foi igual a 556,94 NMP/100ml, apresentando não conformidade em relação à legislação (concentração menor ou igual a 200 NMP/100ml), sendo que 60% dos locais amostrados mostram desvios à diretriz ambiental. Os maiores valores de concentração de coliformes fecais foram observados no ponto C (Canal dos Medeiros), em ambas as campanhas, com resultados de, respectivamente, 1356,60 NMP/100ml e 980,40 NMP/100ml, e o menor registrado (4,10 NMP/100ml) no ponto E (Canal da Vala da Pedra), durante a segunda campanha. Os maiores valores observados parecem sofrer influência do lançamento de efluentes domésticos e agropecuários sem tratamento no corpo hídrico, verificados durante a avaliação de impacto ambiental.

Seguindo de acordo com esta resolução, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, a classificação desse corpo hídrico apresenta caracterização como “águas salobras” em função dos resultados obtidos de salinidade, apresentando valores entre 1,33‰, no ponto C (Canal dos Medeiros), e 22,22‰ no ponto A (foz do rio), ambos na segunda campanha.

Ainda de acordo com a observação dos resultados obtidos, nota-se que apenas um local (ponto E – Canal da Vala da Pedra) apresentou enquadramento total aos limites estabelecidos na legislação nas duas campanhas desenvolvidas, sendo este o ponto analisado mais distante da foz do Rio São João, e o mais próximo da represa de Jurtunaíba, local que se encontra à montante do baixo curso do Rio São João.

Também, em relação aos limites estabelecidos na legislação, verifica-se que o menor número de desvios, em relação à legislação, foi observado na 1ª campanha, enquanto o maior número ocorreu na 2ª campanha. Justificativa pode haver, levando-se em consideração que a 2ª campanha foi realizada em maio de 2015, período de chuvas na região da bacia, enquanto a primeira foi realizada durante o período de ausência de chuvas, em novembro de 2014. Pinto *et al.* (2009) descreve que a qualidade da água no Ribeirão Lavrinha na região do Alto Rio Grande, em MG, era influenciado pelo escoamento superficial, em época de chuva, o que alterava os resultados encontrados neste período. Essa mesma afirmação pôde ser observada, para diversos parâmetros analisados, na avaliação do baixo curso do Rio São João.

Através da verificação dos resultados, também do Quadro 16, obtidos das análises dos parâmetros de qualidade da água, nas duas campanhas, observa-se que os valores encontrados apresentaram resultados dentro dos limites da legislação em 72,5% do total desta análise, também, concluindo que a qualidade da água apresentou melhor qualidade no ponto D (Canal da Fazenda) e ponto E (Canal da Vala da Pedra).

Em relação às informações obtidas durante as duas campanhas, podemos verificar que o segundo pior resultado em relação às características microbiológicas foi obtido no ponto A (Foz do Rio São João), provavelmente devido à influência das condições verificadas no ponto C (Canal dos Medeiros), onde é possível observar sobre os três resultados que apresentaram desvios em relação à legislação, devido à influência da variável microbiológica nesta caracterização.

Ainda, de acordo com os resultados das análises referentes aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, observa-se a inexistência de desvios em relação à legislação, nas duas campanhas, referentes ao ponto E (Canal da Vala da Pedra), trecho mais distante da foz do rio e mais próximo da represa de Jurtunaíba, montante do trecho referente ao baixo curso do Rio São João.

Outro fator observado foi em relação à condutividade elétrica e à salinidade em cada campanha, relacionando os seus valores, em cada ponto, com os dados de variação da altura de maré (Quadro 17). Durante a 1ª campanha, ocorrida em 18 de novembro de 2014, durante o período entre 9h e 11h, a maré era “enchente”, com distribuição de salinidade igual 13,50 ‰, na Foz do Rio São João (ponto A). No mesmo local e faixa de horário da 2ª campanha, em 05 de maio de 2015, a maré era determinada por uma situação “vazante” entre 3h13 e 9h49, durante o período das amostragens nesse ponto, observando-se uma distribuição de salinidade igual a 22,22 ‰ (Figura 29). Nesse mesmo dia, entre 9h49 e 15h47, observou-se a situação de maré “enchente” (Quadro 17).

Quadro 17: Descrição dos dados da tábua da maré.

1ª Campanha			2ª Campanha		
18/11/14			05/05/15		
Lua	Hora(hh:mm)	Altura(m)	Lua	Hora(hh:mm)	Altura(m)
minguante	00:09	1,1	cheia	03:13	1,2
	06:24	0,3		09:49	0,1
	12:36	1,1		15:47	1,3
	18:45	0,3		22:11	0,3

Fonte: Marinha do Brasil

Em relação à salinidade, durante a 1ª campanha observou-se percentuais de salinidade maior do que a 2ª campanha na maioria dos locais de amostragem, exceto na região da foz do Rio São João, onde este percentual apresentou maior valor nesta última. Também, houve a incidência de chuva durante a 2ª campanha, e estiagem no período da 1ª campanha, conforme descrito anteriormente.

Os dados referentes à salinidade, para cada ponto de amostragem em relação às duas campanhas *in situ*, estão representados na Figura 29, a seguir.

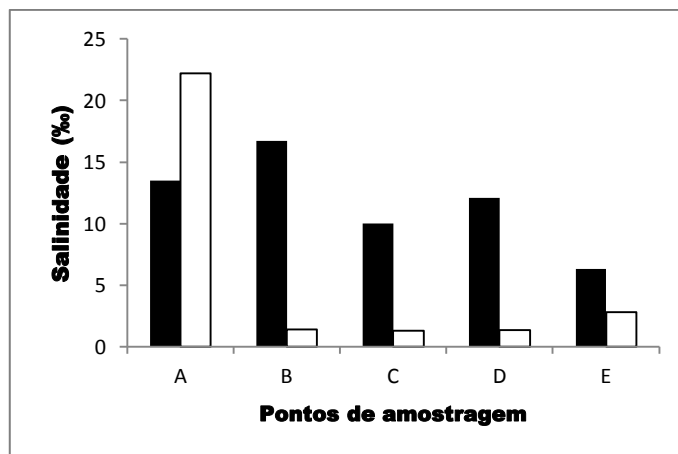


Figura 29: Distribuição da taxa de salinidade (‰) para cada ponto analisado no Rio São João.

Coluna preta: mês seco; coluna branca: mês úmido.

(Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Nota-se que, durante a 2ª campanha, em 05 de maio de 2015, quando a maré era vazante entre 3h13 e 9h49, e enchente entre este horário até 15h47, e com a existência de chuva, os valores de salinidade no ponto B (Área de cultivo de ostras), ponto C (Canal dos Medeiros), ponto D (Canal da fazenda) e ponto E (Canal da Vala da Pedra) apresentaram decréscimos em relação à 1ª campanha, em novembro de 2014, durante período de maré enchente, entre 6h24 e 12h36, e ausência de chuvas nesta região da bacia hidrográfica do Rio São João.

Os dados parecem indicar que o ponto D (Canal da Fazenda) está sob a influência de efluentes de drenagem, provenientes dessa área de atividade agropecuária. Em relação ao parâmetro salinidade, que apresenta proporcionalidade direta com a variável condutividade elétrica, Hermes & Silva (2004) observam que esta variável não determina quais tipos de íons estão presentes em solução, e poderá ocorrer a atribuição de alto índice de condutividade a fontes não pontuais, como efluentes de origem de água de drenagem proveniente de atividade agropecuária, residencial, industrial, entre outras.

Seguindo com a observação dos resultados obtidos, nota-se que em 80% do total das amostragens não foram atendidos por completo os limites estabelecidos pela legislação. Os resultados permitem observar ainda que, em 60% do total das amostragens, os parâmetros referentes às concentrações de coliformes não atenderam, também, a legislação específica.

As concentrações, em NMP/100ml, referente ao parâmetro Coliformes Termotolerantes, (*Qmicrob*) para cada ponto de amostragem, em relação às duas campanhas *in situ*, estão representadas na Figura 30, a seguir. Este é um parâmetro de grande influência nas pesquisas devido ao maior efeito nocivo à saúde e às diversas aplicações das águas (abastecimento da população, irrigação, entre outros), o que sugere valores de referência e outros de caráter obrigatório, de acordo com o tipo de exposição, direta ou indireta, no corpo hídrico.

Os demais parâmetros analisados, temperatura e transparência da água, apresentaram menor peso em relação à variável microbiológica, porém são fatores envolvidos no cálculo de qualidade da água. A transparência possui o segundo maior peso entre todos os parâmetros aplicados na pesquisa, mas se o resultado de determinada observação apresentar “baixa transparência”, as causas, todavia, não serão necessariamente sempre nocivas ao meio, disponibilizando-o, por exemplo, para o uso recreativo, considerando-se a profundidade, medida com o disco de Sechhi, mínima de 1,2 metros como a suficiente para a observação sobre os riscos submersíveis. A variável temperatura possui o menor peso entre os demais parâmetros, considerando-se como fator subjetivo o contato humano com a água, e relacionado, por exemplo, ao conforto durante o uso de determinado corpo hídrico.

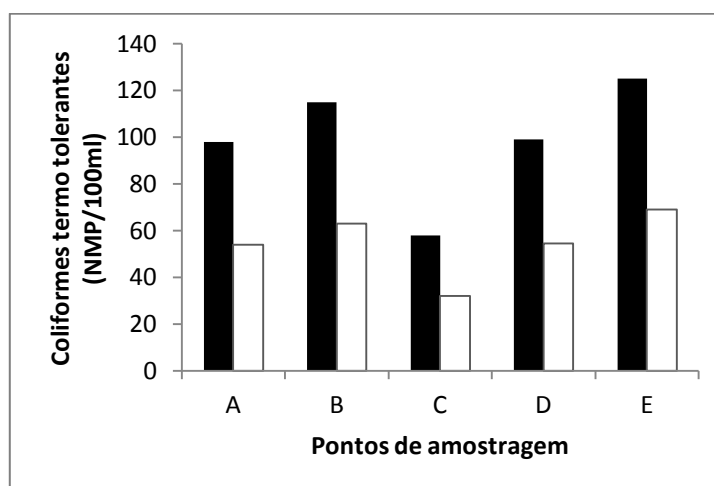


Figura 30: Distribuição da concentração de coliformes termotolerantes (em NMP/100ml) para cada ponto analisado no Rio São João.

Coluna preta: mês seco; coluna branca: mês úmido.

(Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Em relação ao ponto A (Foz do Rio São João), conforme citado, os dados parecem indicar que este local apresenta influência devido o lançamento de efluentes domésticos, agropecuários e industriais originados em outros municípios da região. Nas duas campanhas realizadas, os valores analisados em relação aos coliformes termotolerantes, neste local, e também no ponto C (Canal dos Medeiros), extrapolam aqueles determinados dentro dos limites aceitáveis pela legislação federal, segundo a Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2011), para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto. Na 2ª campanha somente o ponto E (Canal da Vala da Pedra) apresentou valor sem desvio em relação à legislação federal.

O Quadro 18 apresenta a classificação referente ao IQA e os resultados para cada parâmetro de qualidade da água (Qi) analisados em relação à temperatura, transparência e coliformes termotolerantes, para cada ponto amostrado durante a 1ª e 2ª campanhas realizadas *in situ*.

Quadro 18: Resultados dos parâmetros de qualidade de água (Qi) e IQA.
(Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Qi / IQA	1ª Campanha					2ª Campanha				
	Pontos					Pontos				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Qtemp	75,00	75,00	76,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Qtransp	49,00	57,30	29,00	49,50	62,50	27,00	31,50	16,00	27,25	34,50
Qmicrob	40,00	102,97	25,76	95,97	99,27	65,28	65,28	47,96	81,57	105,56
IQA	43,87	90,00	28,85	84,30	89,93	57,08	58,23	42,15	68,55	87,19
Classificação	Ruim	Boa	Muito ruim	Boa	Boa	Ruim	Ruim	Ruim	Razoável	Boa

Como mostra o quadro anterior, dentre os resultados obtidos para a qualidade da água (Qi), observa-se a existência de desvios em relação aos valores definidos para o parâmetro referente às bactérias termotolerantes (Qmicrob). Para os locais A (Foz do Rio São João) e C (Canal dos Medeiros), podemos verificar, respectivamente, os valores de parâmetros de qualidade iguais a 40,00 e 25,76, com IQA igual a 43,87 (classificação ruim), e 28,85 (classificação muito ruim) na 1ª campanha. Na 2ª campanha é observado, para o ponto C (Canal dos Medeiros), o valor de 47,96 para o resultado da variável microbiológica, definindo, então, para esta região uma classificação “ruim” em relação à qualidade da água para esta variável (Qmicrob), de acordo com o quadro anterior e curva de qualidade

ambiental para variável microbiológica. Os demais resultados, em relação a este e aos outros dois parâmetros, temperatura (Qtemp) e transparência (Qtransp), respectivamente, Figura 31 e 32, apresentaram classificação de qualidade da água entre “satisfatória” e “boa”, de acordo com o quadro anterior e curvas de qualidade ambiental em relação a essas variáveis, para as amostragens realizadas na região do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio São João.

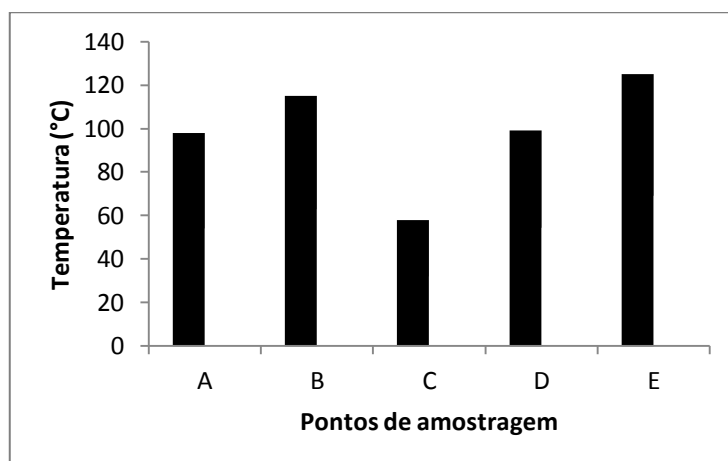


Figura 31: Valores de temperatura da água (em °C) amostrados no Rio São João.
Coluna preta: mês seco; coluna branca: mês úmido.
(Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

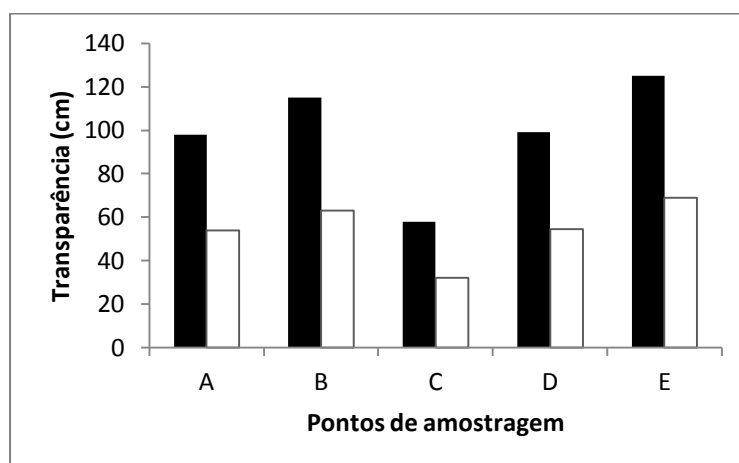


Figura 32: Valores de transparência da água (em cm) amostrados no Rio São João.
Coluna preta: mês seco; coluna branca: mês úmido.
(Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Após a demonstração dos resultados obtidos nesta pesquisa, segue-se a comparação com trabalhos descritos nas referências bibliográficas.

Na pesquisa realizada por Veríssimo (2012), na mesma região da referida bacia hidrográfica, descreve-se sobre a análise realizada em sete pontos do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio São João, sendo o ponto 1 (represa de Juturnaiba) o mais distante da foz desse rio, e o ponto 7 (Foz do Rio São João) referente ao ponto de desembocadura do rio para o mar. Existem quatro pontos de amostragens comuns entre as duas pesquisas, sendo a foz do Rio São João, a área de cultivo de ostras, o Canal dos Medeiros e o ponto referente ao Canal da Fazenda.

Na atual pesquisa podemos observar que entre as dez amostras de água analisadas, nas duas campanhas, sete encontram-se dentro dos limites aceitáveis pela legislação ambiental. Em relação à maioria dos pontos analisados por Veríssimo (2012), é descrito que a avaliação sobre os resultados alcançados para o índice de qualidade da água encontra-se na classificação “boa”.

De acordo com as análises realizadas na atual pesquisa, observa-se que o ponto E (Canal da Vala da Pedra), localizado entre a saída da Fazenda e a Represa de Juturnaíba, encontra-se com todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dentro dos limites pertinentes à legislação. Também, durante as duas campanhas realizadas nesta região, a avaliação de impacto ambiental (AIA) caracterizou o impacto como “mínimo”. Podemos observar sobre a influência do pouco impacto no ponto E nos resultados referentes à qualidade da água, através do IQA e classificação “boa”, confirmando a interação entre os índices aplicados, isto é, o simplificado de avaliação ambiental e o IQA. Os resultados parecem indicar que este impacto pode estar relacionado com a ausência de lançamento de efluentes domésticos no corpo hídrico, nesse ponto, uma vez que estes são fontes importantes de poluição. Para os pontos 1, 2 e 4 (respectivamente, próximos à represa de Juturnaiba, ao canal Indaiassu e à saída da Fazenda), a pesquisa de Veríssimo (2012) obteve classificação “ótima” para o índice de qualidade da água em, aproximadamente, 43% das campanhas.

Para o recente estudo, nas campanhas realizadas em novembro e maio, podemos observar existência de desvios em relação à legislação no ponto A (Foz), principalmente devido à influência dos parâmetros microbiológicos, descritos nas análises de laboratório, além de apresentar IQA com categorização “ruim”. Um impacto “alto” foi caracterizado durante a avaliação de impacto ambiental (AIA), em ambas as campanhas nesta região. Os resultados parecem indicar que este impacto pode estar relacionado com o lançamento de efluentes domésticos no corpo hídrico, como o esgoto sanitário, entre outros, uma vez que

estes são fontes importantes de coliformes. Pode-se observar sobre a interação entre o índice simplificado de avaliação ambiental e o IQA, que apresentaram resultados, respectivamente, “impacto alto” e “IQA ruim”, verificando-se a ação dos fatores biofísicos na classificação de ambos os índices aplicados na pesquisa, sugerindo a integração de manejo e o planejamento ambiental para esta região. Na pesquisa de Veríssimo (2012), as campanhas realizadas em dezembro e maio, nos pontos 2 (Indaiassu) e 7 (Foz), respectivamente, apresentaram índice no limite inferior para a classificação “boa”, porém próximo à categorização “aceitável”.

Em relação à recente pesquisa podemos observar desvios nos valores limites dos parâmetros, cloreto total nas duas campanhas, e coliformes termotolerante na segunda campanha, referente ao ponto B (Área de cultivo de ostras), apresentando IQA com classificação “boa” na primeira e “ruim” na segunda campanha. Em relação à AIA, foi observado um impacto “moderado” nesta mesma região, em ambas as avaliações realizadas. Este impacto pode estar relacionado, segundo os resultados das análises de amostras e observações locais, com o lançamento de efluentes sem tratamento no corpo hídrico, principalmente no ponto C, referente ao Canal dos Medeiros, local à montante do ponto B (Área de cultivo de ostras). A interação entre os índices aplicados, seja o simplificado de avaliação ambiental quanto o IQA, pode ser observada em ambas as campanhas, sugerindo, também, a efetivação de gestão ambiental para esta região. No estudo de Veríssimo (2012), para os pontos 6 e 7 (próximos à área de cultivo de ostras, e à foz, respectivamente), a classificação é descrita como “boa” em todas as análises de qualidade da água, porém descreve não ser recomendável o cultivo de moluscos nessa região, o baixo curso do Rio São João.

No atual estudo, em relação aos resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para o ponto C (Canal dos Medeiros), nas duas campanhas encontramos desvios referentes à legislação, principalmente nos valores analisados para as variáveis microbiológicas. A interação entre o índice simplificado de avaliação ambiental e o IQA pode ser verificada em ambas as campanhas, sendo a classificação de impacto obtida como “alto”, e o IQA categorizado como “muito ruim” na primeira, e “ruim” na segunda campanha. Para este ponto analisado, os resultados parecem indicar que este impacto pode estar relacionado com o lançamento de efluentes domésticos no corpo hídrico, como o esgoto sanitário, entre outros, uma vez que estes são fontes importantes de coliformes. Também, para este ponto sugere-se a integração de manejo, além do planejamento de gestão ambiental, inclusive com os demais municípios da região, devido à grande influência do

descarte de efluentes sem tratamento, provenientes de outros locais. O ponto 5 (Canal dos Medeiros), na pesquisa de Veríssimo (2012), apresentou caracterização “aceitável” na maioria das campanhas, porém este ponto apresentou categorização “ruim” no mês de maio, sendo possível a verificação de variação nas características físicas da água no decorrer das campanhas. O Quadro 19 apresenta a interação entre os índices ASI (Avaliação Simplificada de Impacto) e IQA (Índice de Qualidade da Água) nas duas campanhas realizadas em cada ponto da região pesquisada.

Quadro 19: Interação entre os índices ASI (Avaliação Simplificada de Impacto) e IQA (Índice de Qualidade da Água). (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Interação entre Índices	Ponto A		Ponto B		Ponto C		Ponto D		Ponto E	
	ASI	IQA	ASI	IQA	ASI	IQA	ASI	IQA	ASI	IQA
1ª Campanha	10,00	43,87	19,00	90,00	11,00	28,85	13,00	84,30	19,00	89,93
2ª Campanha	10,00	57,08	19,00	58,23	11,00	42,15	13,00	68,55	19,00	87,19
Média	10,00	50,48	19,00	74,11	11,00	35,50	13,00	76,43	19,00	88,56
Classificação	Alto	Ruim	Mínimo	Razoável	Alto	Ruim	Moderado	Boa	Mínimo	Boa

Podemos observar, através do quadro anterior, que os pontos A (Foz do Rio São João) e C (Canal dos Medeiros) apresentaram classificação de impacto “alto”, em relação à avaliação simplificada de impacto ambiental (ASI) e categorização “ruim” na qualidade da água, através do índice de qualidade da água (IQA). As classificações de impacto ambiental “mínimo” e qualidade da água “razoável” ou “boa” podem ser verificadas nos pontos B (Área de cultivo de ostras) e E (Canal da vala da Pedra). O ponto D (Canal da Fazenda) apresentou categorização de impacto ambiental “moderado” e classificação da qualidade da água “boa”, sendo observada a interação entre os dois índices aplicados nesse estudo.

Na recente pesquisa, podemos observar que os parâmetros microbiológicos apresentam importantes influências em comparação com as demais variáveis analisadas no estudo de Veríssimo (2012). Em 60% dos resultados dessa análise encontramos desvios em relação à legislação, referente ao parâmetro microbiológico. Veríssimo (2012), também descreve sobre os parâmetros que estariam influenciando de forma negativa nos resultados do índice de qualidade da água, através de cálculo realizado por Pinheiro (2008), pela determinação das médias para cada parâmetro. O resultado deste cálculo permitiu verificar sobre aqueles parâmetros mais importantes na influência dos resultados negativos: a *Escherichia coli* e os resíduos sólidos.

Outra variável analisada, o pH, na atual pesquisa apresentou variação entre as duas campanhas, para este parâmetro, porém com maior ocorrência nas áreas entre os locais C e A, respectivamente, Canal dos Medeiros e Foz do Rio São João. No estudo de Veríssimo (2012), a autora também descreve que essa variação é mais observada nas áreas a montante da região analisada (foz do rio), podendo ser em função da influência da salinidade nessas áreas.

Em relação ao parâmetro resíduo sólido, segundo os resultados do recente estudo o parâmetro sólido total aparece com valores mais altos nas regiões próximas à foz do Rio São João. Uma das causas para o acréscimo do valor de resíduo sólido pode ser a influência da extração de areia, realizada em um dos afluentes do Rio São João, proporcionando o aumento dos sólidos dissolvidos na água. Também, segundo Veríssimo (2012), nos resultados das análises de seu trabalho, os locais próximos à foz desse rio apresentavam muito sal como resíduo final, sendo que podem ter influenciado nos resultados dos índices de qualidade.

Na observação sobre os níveis de oxigênio dissolvido nos locais analisados na pesquisa atual, todos os resultados obtidos nas duas campanhas estão dentro do limite aceitável pela legislação (taxa de oxigênio dissolvido $\geq 5,0$ mg/L), sendo que o ponto C (Canal dos Medeiros) apresentou os menores valores entre os demais pontos amostrados. Os trechos analisados por Veríssimo (2012) apresentou, no ponto 5 (Canal dos Medeiros), o resultado mais baixo em relação aos demais locais amostrados, com valor encontrado igual a 1,0 mg/L, sendo verificado no mês de maio.

Finalmente, sabendo-se que a temperatura desempenha um papel importante em um corpo hídrico, influenciando em uma série de variáveis físico-químicas (CETESB, 2009), no presente trabalho, observamos variação de, no máximo, 1°C entre os pontos analisados.

Ainda, segundo CETESB, 2009, o aumento é provocado em parte pelo clima, variações diurnas e sazonais, além da estratificação vertical. O aumento da temperatura de um rio geralmente ocorre devido aos despejos industriais e usinas termelétricas. Veríssimo (2012) descreveu que esta variável não apresentou variações importantes em sua pesquisa.

5.3 ESTRATÉGIAS DE MANEJO E MONITORAMENTO

Por meio dos resultados determinados pela avaliação de impacto ambiental simplificada, de forma global, foi observada uma distribuição igual a 60% de impacto entre “moderado e alto”, entre aqueles locais analisados no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio São João. Os locais relacionados devem apresentar investigações complementares sobre as causas prováveis dos impactos, bem como estratégias de manejo. Posteriormente, será imprescindível o monitoramento contínuo nos locais determinados, o que não existe atualmente, e um planejamento efetivo já deveria estar em prática para a otimização do controle e redução dos impactos ambientais existentes nesta região.

Segundo Bidegain *et al.* (2005), na região ocupada pela bacia do Rio São João é possível verificar a utilização de diversas práticas relacionadas ao uso dos recursos hídricos, seja através das atividades agropecuárias até a exploração de petróleo, além da aquicultura e irrigação. As amostragens e análises da qualidade da água realizadas nessa bacia não possuem uma periodicidade determinada, sendo observados alguns monitoramentos por parte do órgão ambiental estadual.

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI), composto de estudos de diagnóstico da situação dos recursos hídricos, caracterização ambiental, estabelecimento de cenários prospectivos, bem como programas, ações e plano de investimentos de curto, médio e longo prazo, são observados alguns temas estratégicos aplicáveis a esta bacia, tais como: avaliação da rede quali-quantitativa para gestão e proposta de pontos de controle, vulnerabilidade a eventos críticos, e avaliação do potencial hidrogeológico dos aquíferos fluminenses.

Portanto, o estabelecimento de um constante monitoramento ambiental da região deveria ser implementado. Trocas de informações com profissionais da área ambiental e pesquisas bibliográficas devem ser realizadas para um ótimo desenvolvimento dessas atividades, pois esse monitoramento poderá, ao longo do tempo, disponibilizar uma base de dados para utilização em futuras pesquisas, além de possibilitar a verificação dos resultados esperados das práticas de manejo aplicadas nesta bacia hidrográfica.

Segundo Carvalho (2015), os estuários apresentam, continuamente, estresse em função do desenvolvimento econômico e social, além do aumento populacional, sendo ambientes vulneráveis a variações do meio. As atividades antrópicas como, por exemplo, o despejo de esgoto sem tratamento, a ocupação das margens e o lançamento de resíduos sólidos no rio São João provocam ameaças a este estuário, sendo estes os principais impactos ambientais observados nesta bacia, que apresenta diversos usos, tais como: abastecimento público, recreação, entre outros.

O modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994) foi aplicado para determinação de algumas estratégias de manejo, naqueles locais analisados e que possuem classificação de impacto ambiental alto ou preocupante. As ações de manejo aplicáveis, através do modelo Pressão-Estado-Resposta, são as seguintes:

- ✓ Aplicação de sistema de tratamento de efluentes;
- ✓ Coleta e disposição adequada de resíduos;
- ✓ Controle e planejamento da expansão urbana;
- ✓ Recuperação de áreas degradadas;
- ✓ Projeto de implantação, preservação e proteção de matas ciliares;
- ✓ Fiscalização de atrativos turísticos naturais para evitar riscos à saúde, à perturbação dos ecossistemas e danos ao entorno;
- ✓ Cumprimento da legislação para a conservação de APPs, áreas de preservação permanente, além de áreas protegidas.

O Quadro 20 apresenta, através do modelo Pressão-Estado-Resposta, algumas sugestões de estratégias de manejo para os pontos analisados em relação aos impactos observados na região do baixo curso do Rio São João.

Quadro 20: Estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos verificados e suas causas prováveis. (Fonte: elaborado por Claudio Oliveira).

Indicador	Pressão	Estado	Resposta
Cobertura vegetal no entorno	Desmatamento no entorno das áreas agrícolas e urbanas	Vegetação ausente ou composta por gramíneas, devido ação antrópica e erosão do solo	Cumprimento da legislação e conservação das áreas protegidas, recuperação de áreas degradadas, preservação e proteção de matas ciliares, e controle e planejamento adequado para a expansão urbana
Impactos na cobertura vegetal	Perda de vegetação	Presença de 50% de vegetação	Cumprimento da legislação e conservação das áreas protegidas, recuperação de áreas degradadas, controle e planejamento adequado para a expansão urbana
Fauna no entorno	Perda de biodiversidade	Pouca presença de animais nativos	Recuperação das áreas degradadas, e projeto de implantação, preservação e proteção de matas ciliares
Impactos na qualidade da água	Presença de poluição na água	Impactos significantes em alguns pontos	Sistema de tratamento de efluentes adequado e abrangente para os municípios do entorno da bacia hidrográfica, além da coleta e disposição adequada de resíduos
Cor	Alteração na cor da água	Pouca alteração na cor da água	Estudo apropriado para revelar as fontes causadoras de poluição
Odor	Alteração no odor da água	Pouca alteração no odor da água	Estudo apropriado para revelar as fontes causadoras de poluição
Óleos	Presença de poluição por óleos	Pouca presença de óleos em alguns pontos	Constante fiscalização e estudo apropriado para revelar as fontes causadoras da poluição
Espumas	Presença de poluição por espumas	Pouca presença de espumas em alguns pontos	Constante fiscalização e estudo apropriado para revelar as fontes causadoras da poluição

Além dessas sugestões para diminuir os impactos ambientais no baixo curso do Rio São João, ainda é possível citar mais algumas medidas que deveriam ser aplicadas, tais como:

- ✓ Criar mecanismos para facilitar a interlocução do poder público com a sociedade;
- ✓ Melhorar a colaboração entre os órgãos governamentais e os produtores rurais;
- ✓ Fomentar atividades florestais sustentáveis;

- ✓ Implantar programas de educação ambiental;
- ✓ Aplicar técnicas de uso e conservação do solo;
- ✓ Conhecer as comunidades locais e manter diálogos com regularidade para oportunizar seu crescimento;
- ✓ Aumentar a qualidade ambiental através da implantação de unidades de conservação, projetos de educação e promover ações participativas com a sociedade;
- ✓ Incentivar a participação dos moradores no desenvolvimento do ecoturismo responsável;
- ✓ Capacitar mão-de-obra qualificada para atuação na área ambiental.

A população pode participar da proposta de minimização dos impactos descritos neste estudo, principalmente nos quesitos relacionados aos seguintes indicadores: lixo, saneamento, cobertura vegetal, fauna e danos ao atrativo. As respostas do Estado, para estes indicadores devem ser as seguintes, respectivamente: estruturação e sinalização do local para a coleta e disposição adequadas dos resíduos, sistema de tratamento de efluentes adequado e abrangente para os municípios da bacia do Rio São João, cumprimento legal e conservação das áreas de APP's, recuperação das áreas degradadas, controle e planejamento adequados à expansão urbana, além de constantes fiscalizações, sinalização adequada e restauração ao máximo do estágio natural.

6. CONCLUSÃO

A região do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio São João está sendo afetada, principalmente, pelos seguintes fatores: lançamento de efluentes sem tratamento prévio em determinados pontos, degradação da mata ciliar e cobertura vegetal nativa em vários locais e a ocupação por propriedades urbanas e agrícolas em algumas regiões no entorno desse corpo hídrico. Dois locais apresentaram classificação de impacto "alto ou preocupante", na região próxima à foz do rio. O ponto D obteve a categorização de impacto "moderado", e em duas regiões podemos verificar impacto "mínimo ou pouco", sendo que o ponto E apresentou enquadramento total aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2011).

A avaliação da qualidade da água apresentou 72,5% dos resultados em conformidade com a mesma legislação. Nas duas campanhas os valores referentes aos coliformes termotolerantes estiveram superiores aos limites estabelecidos em legislação nos pontos A e C, indicando resultados acima de 680 NMP/100 ml, apresentando classificação de qualidade da água "ruim" nestes dois pontos. Entretanto, para o ponto E foram observados valores de coliformes termotolerantes dentro dos limites recomendados pela legislação descrita anteriormente, com uma categorização "boa" para a qualidade da água. Em relação aos valores de pH, apenas o ponto A, na segunda campanha, apresentou desvio acima do limite aceitável, com indicação de 8,5 para este parâmetro. Os demais locais analisados apresentaram enquadramento total aos limites definidos pela legislação.

Além das propostas discutidas para a mitigação dos impactos ambientais, sugere-se a continuidade dos estudos, também, nas demais regiões desse corpo hídrico, isto é, no alto e médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio São João, que podem estar sendo afetadas pelos impactos ambientais e diminuição da qualidade da água, devido às mesmas ações antrópicas observadas na região objeto deste estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas; CETESB. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. Brasília. 2011.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de Qualidade**: Introdução. 2009 - Disponível na INTERNET via: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 17 jul. 2015.

BIDEGAIN, P.; PEREIRA, L.F.M. **Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do Rio São João**. Rio de Janeiro: CILSJ, 2005.

BIDEGAIN, P. P.; VOLKER, C. M. **Bacias Hidrográficas dos Rios São João e das Ostras: Águas, Terras e Conservação Ambiental**. Consórcio Lagos São João. Rio de Janeiro. 180 p. 2003.

BRANDALISE, V.; NADAL, F.; RODRÍGUEZ, M. I.; LARROSA, N.; RUIZ, M.; HALAC, S.; OLIVERA, P.; LICERA, C. **Índice de calidad de agua para uso recreativo en ambientes con cianobacterias**. I Encuentro de Investigadores en Recursos Hídricos. Buenos Aires, Argentina. 2012.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 274/2000**. Data da legislação: 29/11/2000. Publicada no DOU Nº 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 357/2005**. Data da legislação: 17/03/2005. Publicação no DOU Nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011.

CARVALHO, P. F. **Qualidade de água de quatro estuários do Rio de Janeiro: uso dos organismos zooplanctônicos da classe appendicularia (subfilo urochordata) como ferramenta para o biomonitoramento desses ambientes**. 2015. Disponível na INTERNET via: <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1373.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2016.

CARVALHO, P. G. M. *et al.* **Indicadores para a avaliação da gestão ambiental municipal com base no modelo Pressão-Estado-Resposta.** Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambú, MG. 2008. Disponível na INTERNET via: http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2008/docspdf/ABEP2008_1403.pdf. Acesso em: 04 ago. 2016.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índices.** 2003. Disponível na INTERNET via: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/informacoes-basicas/indices-de-qualidade-das-aguas/>. Acesso em: 17 jul. 2015.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Apêndice A.** 2009. Disponível na INTERNET via: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf> Acesso em: 20 out. 2015.

CHORUS, I.; FALCONER, I.; SALAS, H. Y.; BARTRAM, J. 2000. **Riesgos a la salud causados por cianobacterias y algas de agua dulce en aguas recreacionales.** Disponível na INTERNET via: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/peru/percca023.pdf>. Acesso em 20 jul. 2015.

COLE, D. N. **Minimizing conflict between recreation and nature conservation.** In: Smith, D.S. & Helmut, P.C. ed. Ecology of Greenways. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1993. Disponível na INTERNET via: http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_1993_cole_d001.pdf. Acesso em: 20 jul. 2015.

COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. **Portal dos comitês de bacia** - Disponível na INTERNET via: <http://www.cbh.gov.br/>. Acesso em: 17 jul. 2015.

CONCEIÇÃO, F.T.; SARDINHA D.S.; SANTOS C.M. **Avaliação ambiental simplificada dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Ribeirão Preto, São Paulo.** OLAM – Ciência & Tecnologia, Rio Claro, v. 10, n.1, p. 36-60, 2010.

CORCORAN, E., C. NELLEMAN, E. BAKER, R. BOS, D. OSBORN, H. SAVELLI (eds). 2010. **Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development.** A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme,

UN-HABITAT, GRID-Arendal. Disponível na INTERNET via: http://www.unep.org/pdf/SickWater_screen.pdf. Acesso em: 30 jul. 2015.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Acompanhamento da estiagem na região sudeste do Brasil. Relatório 01/2015**. Maio 2015.

CRUZ, F. V. A. S. **Avaliação da microfauna de importância sanitária presente em efluentes de diferentes processos de tratamento de esgotos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 135p. 2014.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 1 ed. cap. 2, p. 23-106. São Paulo: CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1992.

ELMIRO, M.A.T.; FREITAS, C.R.; DUTRA, L.V.; ROSA, G. **Análise da Redução do Índice de Qualidade da Água (IQA) utilizando Ambientes de Geoprocessamento**. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 2005, Macaé.

FEEMA. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. **Métodos de análise físico-química da água**. Rio de Janeiro, 1979. 3v. (Cadernos FEEMA, sér. didática, 14/79).

GONÇALVES, R. F. (Coordenador). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009, 352p.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. INEA. COPPE/UFRJ. **Plano Estadual de Recursos Hídricos** – Disponível na INTERNET via: <http://www.hidro.ufrj/perhi>. Acesso em: 15 ago. 2015.

GREMIÃO, M. M. F. S. **A bacia do Rio São João no contexto escolar da educação ambiental formal**. Rio Bonito, 72 p., 2008.

HERMES, L. C.; SILVA, A. S., **Avaliação da Qualidade das Águas – Manual Prático**, Embrapa 1ª ed, 2004, p.34-35.

HORA, A. F. et al. **Reservoir Multiple Uses – Case Selection: Juturnaíba Lake**. In: International Conference of Agricultural Engineering, Foz do Iguaçu, 2008.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Cadernos de formação, volume 1: Política Nacional de Meio Ambiente** / Ministério do Meio Ambiente – Brasília: MMA, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 2000/2060**. Diretoria de Pesquisas. Disponível na INTERNET via:
ftp://ftp.ibge.gov.br/Projecao_da_Populacao/Projecao_da_Populacao_2013/nota_metodologica_2013.pdf. Acesso em: 30 jul. 2015.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório de Situação – Ano I – 2011/2012 - Indicador 2 – Planejamento e Gestão**. Consórcio Lagos São João. Rio de Janeiro, 62 p, 2013.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório de Situação – Ano III – 2012/2013 - Indicador 2 – Planejamento e Gestão**. Consórcio Lagos São João. Rio de Janeiro, 83 p, 2013.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente **Relatório Hidrometeorológico Mensal Nº 07**. Rio de Janeiro, Janeiro/2015.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório Hidrometeorológico Mensal Nº 13**. Rio de Janeiro, Outubro/2015.

JONES, A. ***Sustainability and community participation in rural tourism***. Leisure Studies, 1993.

KHAN, F.; HUSAIN, T.; LUMB, A. ***Water quality evaluation and trend analysis in selected watersheds of the Atlantic region of Canada***. Environm. Monit. Assess., 88 (1-3), p. 221-42, 2003.

KUSS, F. R.; GRAEFE, A. R.; VASKE, J. J. ***Visitor Impact Management – A Review of Research***. National Parks and Conservation Association, Washington, D.C., 1990.

LERMONTOV, A. ***Novo índice de qualidade das águas com uso da lógica e inferência nebulosa***. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 194 p. 2009.

MAGRO, T.C. **Impactos ambientais de projetos de turismo rural**. In: OLIVEIRA, C. G. S., MOURA, J. C., SGAI, M. Turismo no espaço rural brasileiro. Piracicaba: FEALQ, 2001.

MARINHA DO BRASIL. **Previsão Horária da Maré**. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA (CHM) .BANCO NACIONAL DE DADOS OCEANOGRÁFICOS (BNDO) – Disponível na INTERNET via: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>. Acesso em: 26 ago. 2015.

MIDAGLIA, C. L. V. **Turismo e meio ambiente no litoral paulista**. Dissertação de Mestrado, FFLCH, USP, São Paulo. 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadernos de Formação, Vol3: Planejando a intervenção Ambiental no Município**, Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos (SRH). **Recursos hídricos**: conjunto de normas legais. 3. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA)/ Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2004.

MINISTER OF HEALTH. **Guidelines for Canadian Recreational Water Quality**. Prepared by the Federal-Provincial-Territorial Working Group on Recreational Water Quality of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment Ottawa, Ontario, Canada, April, 2012. Disponível na INTERNET via: <http://healthycanadians.gc.ca/publications>. Acessado em: 12 jul. 2015.

MOJAHEDI, S. A.; ATTARI, J. **A Comparative Study of Water Quality Indices for Karun River**. World Environmental and Water Resources Congress: Great Rivers, 2009.

NEGREIROS, S. **Sena-Normandia ao Piracicaba-Capivari**. Saneamento Ambiental, n. 48, 1997.

NSF - National Sanitation Foundation. **International Accredited by Standards Council of Canada to Develop Standards**. NSF - The Public Health and Safety Organization. Aug. 21, 2014. Disponível na INTERNET via <http://www.nsf.org/newsroom/nsf-international-accredited-by-standards-council-of-canada-to-develop-stan>, acessado em: 20 jul. 2015.

NHMRC – National Health and Medical Research Council. ***The Guidelines for Managing Risks in Recreation Water***. Australian Government, 2008. Disponível na INTERNET via https://www.nhmrc.gov.au/files_nhmrc/publications/attachments/eh38.pdf , acessado em: 12 jul. 2015.

NORONHA, G. C. **Avaliação Hídrica do Lago de Juturnaíba como alternativa de abastecimento de água do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro – COMPERJ**. UFF, 2009.

PIASENTIN, A.M.; SEMENSATTO JUNIOR, D.L.; SAAD, A.R.; MONTEIRO JUNIOR, A.J.; RACZKA, M.F. **Índice de Qualidade da Água (IQA) do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise Sazonal e Efeitos do Uso e Ocupação do Solo**. Geociências, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 305–317, 2009.

PILOTTO, L. ***Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs (Kenneth Hudnell)***, Chapter 29: Epidemiology of cyanobacteria and their toxins. 2008.

PINHEIRO, M.R.C. **Avaliação da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e aplicação do índice de qualidade de água**. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2008.

PINTO, D. B. F.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; COELHO, G. **Qualidade da água do ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil**. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 33, n. 4, p. 1145-1152, 2009.

PRIMO, P. B. S; VÖLCKER, C. M. **Bacias hidrográficas dos Rios São João e das Ostras** JOHNSSON, R. M.; LOPES, P. D.(Org.). **PROJETO MARCA D'AGUA: seguindo as mudanças nas bacias hidrográficas do Brasil**. Caderno1: retrato 3x4 das bacias pesquisadas. Brasília: Finatec, 2003.

REBOUÇAS, A. C. **Água e Desenvolvimento Rural**. Estudos Avançados 15 (43). Universidade de São Paulo (USP), 344 p. 2001.

ROCHA, F. L. T. **Aplicação de índices de qualidade de água para avaliação ambiental de área de futuro uso industrial**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 107 p. 2011.

SALLES M.H.D., CONCEIÇÃO F.T., ANGELUCCI V.A., SAI R., PEDRAZZI F.J.M., CARRA T., MONTEIRO G.F., SARDINHA D.S. & NAVARRO G.R.B. **Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP)**. Revista de Estudos Ambientais, Blumenau. 10: 6-20, 2008.

SANTOS, K. P.; FLORENCIO, L. **Aplicação de modelo simplificado para avaliação do estado trófico no reservatório de Duas Unas, Pernambuco**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SARDINHA, D. S. *et al.*; **Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP)**. 2008. Revista de estudos ambientais, vol.10, ed.1, p. 6-20, 2008.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO F. T. **Índice simplificado na avaliação de impacto ambiental nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme, São Paulo, Brasil**. 2010. Disponível na INTERNET via: <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showToc>. Acesso em: 16 jan. 2015.

SARGAONKAR, A.; DESHPANDE, V. **Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context**. Environ. Monit. Assess., n.º 89, p.43-67, 2003.

SOUZA, G. L. **Modelagem matemática aplicada ao estudo da intrusão salina no baixo curso do Rio São João**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2011.

SPATTI JUNIOR, E. P. **Aplicação da avaliação ambiental simplificada (AAS) em função do uso da terra em bacia hidrográfica urbana**. 2014. Bol. geogr., Maringá, v. 32, n. 3, p. 138-150, set.- dez., 2014.

STRIEDER, M. N.; RONCHI, L. H.; STENERT, C.; SCHERER, R. T.; NEISS, U. G. **Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no Sul do Brasil**. Acta Biológica Leopoldensia, Porto Alegre, volume 28, nº 01, p.17-24, 2006.

TIBURTIUS, LOPES E. R.; PERALTA-ZAMORA, P. **Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados**. Química Nova, volume 27, n.º 03, p. 441-446, 2004.

TORRES, L.A.F.; BATISTA, R.A.N; MEDEIROS, Y. ,2001. **Índices de qualidade das águas na gestão de Recursos Hídricos**. XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Aracaju, SE. 2001.

UNESCO. 2015. **Water for a sustainable world. The United Nations World Water Development Report 2015**. Published in 2015 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS E UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Curso de Aperfeiçoamento em Gestão de Recursos Hídricos – Políticas e Legislação Ambiental**. Sem data.

URUGUAI. **DECRETO 253/79 (Con las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91 incluídas)**. Disponível na INTERNET via: http://www.ecotech.uy/docs/agua/DECRETO_N_253_079.pdf. Acesso em: 16 jan. 2015.

VERÍSSIMO, F.A.R.; **Aplicação de métodos de avaliação de qualidade de água para investigação da viabilidade da implantação da ostreicultura no baixo curso do Rio São João**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2012.

WHO 2000 (World Health Organization). **Monitoring Bathing Waters. A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programs**. First published 2000 by E & FN Spon 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE. 2000. Disponível na INTERNET via: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/monbathwat.pdf. Acesso em: 20 jan. 2015.