

Aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) para caracterização do baixo curso do Rio São João

Application of the Water Quality Index (QWI) to characterize the lower course of the São João River

Fernanda Albuquerque dos Reis Veríssimo*

Maria Inês Paes Ferreira**

Resumo

O emprego de índices vem sendo estimulado pela Agência Nacional de Águas (ANA), pois seu uso auxilia a padronização nas coletas e análises de água; além disto, eles facilitam a leitura das condições de qualidade para todos os públicos, inclusive os não-técnicos (ANA, 2009). Tem-se como objetivo, no presente trabalho, avaliar a qualidade da água no rio São João por meio da utilização do Índice de Qualidade da Água (IQA), a fim de responder a questionamentos relativos à poluição proveniente de esgoto doméstico. Para realização dos cálculos foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, turbidez, resíduo sólido total, pH, oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total, nitrogênio total e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos no índice indicam que a qualidade da água no rio pode ser considerada boa na maioria dos pontos coletados, tendo como parâmetros críticos os resíduos sólidos e *Escherichia coli*. Com o estudo realizado foi possível verificar como ações antrópicas estão influenciando a bacia. Dessa forma, conclui-se que a utilização do referido índice é relevante para o monitoramento da qualidade da água na área de estudo, tendo em vista que não foi possível obter qualquer bibliografia sobre a região que se utilize de índices para avaliação da qualidade da água no referido rio.

Palavras-chave: IQA. Rio São João. Qualidade da água.

Abstract

The use of indexes has been stimulated by the National Water Agency (NWA), because their use helps to standardize the collection and analysis of water. Moreover, they facilitate the reading of quality conditions for all audiences, including non-technical individuals (ANA, 2009). The objective of this work was to assess water quality in the river São João by using the Water Quality Index (WQI), to answer questions relating to pollution from domestic sewage. For calculation purposes, the following parameters were analyzed: temperature, turbidity, total solid residue, pH, dissolved oxygen, BOD, total phosphorus, total nitrogen and *Escherichia coli*. The results indicate that the water

* Especialista em Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas - UFRJ

** D.Sc. em Ciência e Tecnologia de Polímeros, IMA/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora do Instituto Federal Fluminense

quality in the river can be considered good in most points of collection, having as critical parameters solid waste and *Escherichia coli*. The study showed how human activities are influencing the basin. Thus, we concluded that the use of the referred index is relevant for the monitoring of water quality in the observed area, considering that it was not possible to obtain any literature about the region that uses indexes to evaluate the water quality in that river.

Keywords: WQI. River São João. Water quality.

Introdução

Uma bacia hidrográfica possui todo seu ciclo hidrológico naturalmente regulado. Por esse motivo qualquer alteração que ocorra em sua superfície, no uso e manejo do solo, gera impactos significativos (TUCCI; MENDES, 2006). A água era vista como um recurso renovável, tendo em vista a sua reinserção nos corpos hídricos por meio do ciclo hidrológico. Com a quantidade de interferências antrópicas nesse ciclo, devido ao alto grau de poluição, esse recurso pode ser visto, porém, como não renovável em alguns casos. As águas doces podem ser consideradas os ecossistemas mais degradados do planeta, com mais perdas de espécies e habitat que qualquer outro ecossistema terrestre e marinho (REVENGA et al., 2000).

De acordo com a ANA – Agência Nacional de Águas – (2011), diariamente são despejadas toneladas de esgoto sem o devido tratamento, além de efluentes industriais e agrícolas. Os recursos hídricos recebem uma carga de poluição que equivale ao peso de toda população humana.

Uma pesquisa realizada pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e Cultura (UNESCO), aponta que 54% da água doce disponível em rios, lagos e aquíferos estão sendo utilizadas pela sociedade (ANA, 2012). Dentro desse porcentual, “69% dessa água destina-se à irrigação de lavouras, 23% são usadas na indústria e 8% aos diversos usos domésticos” (ANA, 2012, p. 29).

Em decorrência dos múltiplos usos de uma bacia, muitas são as causas para sua degradação, entre elas: desmatamento; despejo de efluentes sem tratamento (industriais e domésticos); carreamento de defensivos agrícolas; urbanização e etc. Com o aumento da demanda por abastecimento de água nas zonas urbanas, proveniente do crescimento populacional e industrial, os mananciais próximos às cidades estão sofrendo mais degradação, sendo necessária a busca por água para abastecimento cada vez mais distantes da zona urbana, em alguns casos com transferência de água entre bacias (NASCIMENTO; HELLER, 2005). Tal fenômeno ocorre no rio São João (SANTOS et al., 2012), pois possui parte de seus recursos captados para abastecimento de municípios vizinhos que não estão inseridos em sua bacia, como: Araruama, São Pedro

da Aldeia, Cabo Frio, entre outros. Os municípios citados fazem parte da bacia da Lagoa de Araruama (CERHI, 2006).

A poluição hídrica pode ser gerada por fontes pontuais ou difusas (CAMPOS, 2008). A poluição pontual ocorre de maneira concentrada no corpo de água (por exemplo a descarga em um manancial de esgotos domésticos e industriais). Na poluição difusa, porém, os poluentes adentram o corpo de água de maneira dispersa, o que a torna mais difícil de ser contida, ao contrário da poluição pontual (VON SPERLING, 2009). Como exemplo para poluição difusa podemos citar o caso da agricultura, onde com o objetivo de obter retorno da produção em menos tempo, os agricultores elevam o consumo de fertilizantes e agrotóxicos, que acabam contaminando rios, lagos e oceanos através do escoamento superficial. Como concluído por Cunha e Ferreira (2006), no entanto, independentemente do tipo, a poluição hídrica deve ser enxergada de maneira muito especial, pois a sua ocorrência não se restringe apenas ao local onde ocorre o lançamento dos dejetos, mas pode comprometer toda bacia hidrográfica, além da área estuarina que as receberá. Seus impactos podem influenciar até os oceanos a jusante desses corpos hídricos, influenciando a zona costeira, recursos pesqueiros, entre outros.

As causas da poluição podem estar associadas ao uso e à ocupação da terra e a ações antrópicas diversas, tais como: efluentes domésticos; efluentes industriais; poluição difusa urbana; agrossilvopastoril; mineração; natural e acidental (ELMIRO et al., 2005; ANA, 2011, TUCCI; MENDES, 2006). Dependendo de sua origem, os efluentes podem ter características distintas em relação aos poluentes. No caso de despejo doméstico, há uma predominância de matéria orgânica, nutrientes e microrganismos patogênicos; no industrial pode haver uma grande variedade de contaminantes. Na zona rural, atividades como agricultura e pecuária são os maiores causadores de redução na qualidade dos recursos hídricos, devido à degradação de parte da mata ciliar, os agrotóxicos e dejetos utilizados nessas atividades também são responsáveis pela poluição da água (ELMIRO et al., 2005). No baixo curso do rio São João foi possível observar ambos os tipos de poluição, com uma predominância de poluição difusa, em decorrência das diversas áreas de pastagem e agricultura. A partir do Canal dos Medeiros, representado pelo ponto 5, entretanto, foi possível identificar muitas áreas de poluição pontual.

A bacia do rio São João, ao longo dos anos, vem sofrendo com uma rápida mudança nos seus usos em decorrência das necessidades e interesses governamentais. Na década de 70 pode ser observada uma elevada extração madeireira, monocultivo de café e produção de carvão (VOLCKËR, 2007). Atualmente podem ser observados diversos usos, como: “abastecimento público; irrigação; suprimento de pequenas indústrias; mineração; produção de sal; recreação e lazer; navegação de pequenas embarcações e ainda como habitat de milhares de animais, plantas e micro-organismos vivos” (BIDEGAIN; PEREIRA, 2005, p.24). No século passado a região também fazia uso da rizicultura (cultivo de arroz), o que demandava uma grande quantidade de

água para irrigação; nos dias atuais há uma grande área de cultivo de cana-de-açúcar (BIDEGAIN; PEREIRA, 2005). Em decorrência dessa variedade de atividades, observou-se a necessidade da avaliação da qualidade da água do referido rio, utilizando-se análises de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, para cálculo de um índice utilizado pela ANA no acompanhamento da qualidade dos corpos hídricos nacionais, de forma a possibilitar gestores a realizar intervenções para garantir a qualidade adequada. Assim, o objetivo deste trabalho é a avaliação da qualidade da água no baixo curso do rio São João, com a aplicação do Índice de Qualidade da Água para uma melhor visualização dos resultados pelo público técnico e não técnico; além da comparação dos dados obtidos com as condições estabelecidas pela Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000).

Caracterização da área de estudo

O rio São João tem as suas nascentes na Serra do Sambê, Cachoeiras de Macacu, a 800 metros de altitude. A sua bacia está localizada a 22° 20' e 22° 50' de latitude sul e 42° 00' e 42° 40' de longitude oeste, ocupando uma área de 2.160 km². Faz fronteira a oeste com a bacia da Baía de Guanabara; ao sul com as bacias do rio Una e das lagoas de Araruama, Jacarepiá e Saquarema e ao norte e nordeste com as bacias do rio Macaé e das Ostras. Sua área abrange 8 (oito) municípios, entre eles: parte de Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Casimiro de Abreu, Araruama, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio, Rio das Ostras e, integralmente, Silva Jardim. Onde o último abrange um pouco menos da metade de toda área da bacia (44%). O rio possui um comprimento de 120 km, dentro destes 55 km das nascentes até a represa e 65 km desta até a foz (PRIMO; VÖLCKER, 2003).

Devido à grande extensão da bacia, ela possui em cada região, características muito peculiares. Restringiremos, porém, nosso foco apenas para o rio São João, que é nosso objeto de estudo. O rio São João pode ser dividido em 4 (quatro) trechos: alto São João, que vai das nascentes até a confluência (5 km); médio São João, da confluência até a represa (50 km); represa de Juturnaíba, onde estão localizados os 13 km que foram alagados; baixo São João, a jusante da represa até a foz (65 km). Nesse último foi construído um dreno artificial, que é denominado de “canal do DNOS” por Primo e Völcker (2003). O canal foi aberto com a finalidade de drenar a água proveniente do vertedouro e de exercer a função de principal coletor de todas as valas e drenos existentes na bacia (PRIMO; VÖLCKER, 2003).

Ao longo do seu curso, o rio São João alterna áreas de vegetação preservada e degradada. Em alguns locais ainda possui parte da vegetação nativa, e a sua cobertura vegetal densa corresponde a uma porcentagem muito pequena da área total (BENIGNO et al., 2003). De acordo com o Consórcio Intermunicipal Lagos São João (PRIMO; VÖLCKER, 2003), a área da bacia é circundada por municípios com características

urbanas e agrícolas, possuindo vastas áreas de pastagens. Ainda há alguns fragmentos de mangue em suas margens mais próximas à foz, intercalados com algumas construções. É importante frisar que, ao longo de sua bacia, existem algumas unidades de conservação e toda bacia encontra-se inserida na Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João, de acordo com Decreto Federal de 27 de junho de 2002 (BARROS; WASSERMAN, 2008). Na região de estudo, destaca-se a presença de uma dessas unidades, a Reserva Biológica de Poço das Antas.

Utilização de índices

Conforme observado por Bidegain e Pereira (2005), a área da bacia possui diversos usos que vão desde as atividades agropecuárias até a exploração de petróleo. O rio São João também é muito utilizado para irrigação e aquicultura. Existem alguns monitoramentos ocorrendo na bacia, porém não se observa uma periodicidade nas análises da qualidade da água da mesma, nem a utilização de um Índice de qualidade da água (IQA) como uma ferramenta de avaliação periódica.

A principal vantagem na escolha de um índice se deve ao fato de ele sintetizar em apenas um número diversos parâmetros, o que facilita a sua interpretação quando comparado com os indicadores individuais. Além de auxiliar no compartilhamento das informações com o público não técnico (ANA, 2009; CETESB, 2003; ELMIRO et al., 2005; PIASENTIN, 2009). Essa vantagem pode se transformar em desvantagem, pois há a perda de informações individuais e das interações entre os outros indicadores (CETESB, 2003; ELMIRO *et al.*, 2005).

A Agência Nacional das Águas (ANA) tem estimulado o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), que visa à integração das informações sobre o monitoramento da qualidade dos corpos hídricos nos diversos estados da federação. Atualmente a ANA conta com 2.167 pontos, realizando a análise de 4 (quatro) parâmetros (p.H., OD, condutividade e temperatura). Apenas estes parâmetros não são suficientes para uma avaliação adequada, porém para uma efetividade maior, a Agência necessita de pontos de coleta mais próximos aos locais de análise. Com o intuito de reduzir essa adversidade, a ANA quer padronizar as coletas e capacitar funcionários estaduais para a realização, tanto das coletas quanto das análises. Dessa forma os estados brasileiros realizarão campanhas com a mesma periodicidade e análises baseadas nos mesmos parâmetros. Tais atitudes trariam maior confiabilidade nos resultados que serão divulgados pela Agência (ANA, 2009).

Para uma melhor visualização das informações a respeito da qualidade dos corpos hídricos em todo o país, são utilizados alguns índices que têm a capacidade de responder, de forma simplificada, algumas questões específicas a esse respeito. A

Agência Nacional de Águas (2009) cita 7 (sete) exemplos destes: Índice de Qualidade da Água (IQA); Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP); Índice de Estado Trófico (IET); Índice de Contaminação por Tóxicos; Índice de Balneabilidade (IB); Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA) e Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR). Dentre os índices citados, seis serão abordados brevemente, enquanto será dada maior ênfase ao IQA por se tratar de uma ferramenta utilizada no presente projeto.

Foi a partir do IQA, elaborado pelo pesquisador Alemão R. Horton, que os índices passaram a ser vistos como ferramentas importantes para redução da poluição ambiental e informação pública. Horton apresentou o seu índice pela primeira vez em 1965 para a ORSANCO (*Ohio River Valley Water Sanitation Commission*), que ficou conhecido como IQA_H (CPRH, 2003). O índice de Horton era composto de oito parâmetros: oxigênio dissolvido (OD); pH; coliformes fecais (hoje denominado termotolerantes); alcalinidade; cloreto; condutividade elétrica (CE); tratamento de esgoto (porcentagem de população atendida); carbono extraído por clorofórmio (CCE). O seu cálculo era realizado pelo somatório ponderado dos subíndices, dividido pelo somatório dos pesos, multiplicado por duas variáveis que consideram a poluição e a temperatura do corpo hídrico (HORTON, 1965 apud SANTOS, 2009).

A criação do IQA_H serviu de base para elaboração de outros índices até chegar ao IQA_{CETESB} . Em 1970 a *National Sanitation Foundation* (NSF), através da reunião de 142 especialistas da área ambiental, com o intuito de selecionarem alguns parâmetros que eles consideraram mais importantes para avaliar a qualidade da água, criaram o IQA_{NSFA} . Para cada um desses parâmetros eles atribuíram um peso relativo, que seria mais alto quanto maior fosse a sua importância, e estabeleceram curvas de qualidade para cada um dos nove parâmetros selecionados (ANA, 2009; CETESB, 2003; ELMIRO et al., 2005; PINHEIRO, 2008; SANTOS, 2009, STRIEDER et al., 2006). O cálculo do IQA_{NSFA} era obtido através de soma, o que acarretaria um abrandamento das situações extremas. Por esse motivo Landwehr & Deininger (1976 apud SANTOS, 2009) sugeriram que o cálculo fosse efetuado através da forma multiplicativa, o que evitaria a perda dessas informações.

No Brasil, o IQA_{NSF} foi modificado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em 1975. Tal órgão alterou dois parâmetros, porém manteve suas curvas de qualidade e pesos relativos, são eles: nitrato por nitrogênio total e fosfato por fósforo total (PINHEIRO, 2008). Dessa forma os nove parâmetros utilizados para a obtenção do índice são: OD, DBO, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, coliformes termotolerantes, pH, turbidez e sólidos totais. Cada um dos parâmetros citados anteriormente possui como valores de peso relativo, respectivamente: 0,17; 0,10; 0,10; 0,10; 0,10; 0,15; 0,12; 0,08 e 0,08. Além do peso relativo, cada parâmetro possui uma curva de qualidade (qi) (ANA, 2009; CETESB, 2003; CPRH, 2003; ELMIRO

et al., 2005; PINHEIRO, 2008; SANTOS, 2009, STRIEDER et al., 2006).

O cálculo do IQA é efetuado através do produtório ponderado dos valores de qualidade para cada parâmetro (qi) considerando os pesos (wi). Por fim os valores do IQA são dispostos em categorias, que variam com os estados brasileiros, e podem ser representados por cores, o que facilita a assimilação dos resultados (ANA, 2009). Para obtenção do resultado final do índice, todos os parâmetros devem ser abordados no cálculo, pois a ausência de qualquer um deles dificulta ou pode inviabilizar a sua aplicação (SANTOS, 2009).

O IQA tem sido cada vez mais difundido no Brasil. Em comparação com dados obtidos por Pinheiro (2008) e ANA (2012), houve um acréscimo de 7 unidades da federação que se utilizam do índice para monitoramento dos seus corpos hídricos. Para o ano de 2008, a Agência Nacional de Águas possuía 2.018 pontos de monitoramento em 15 estados. Cada um deles possui sua entidade de divulgação das informações a respeito do IQA, essas informações são repassadas a ANA que as divulga no site do PNQA. As informações mais recentes, existentes no site, indicam a situação do índice de qualidade da água no Brasil em 2008, onde 70% dos recursos nacionais estão inseridos na categoria “boa” e apenas 2% na categoria “péssima” (ANA, 2009).

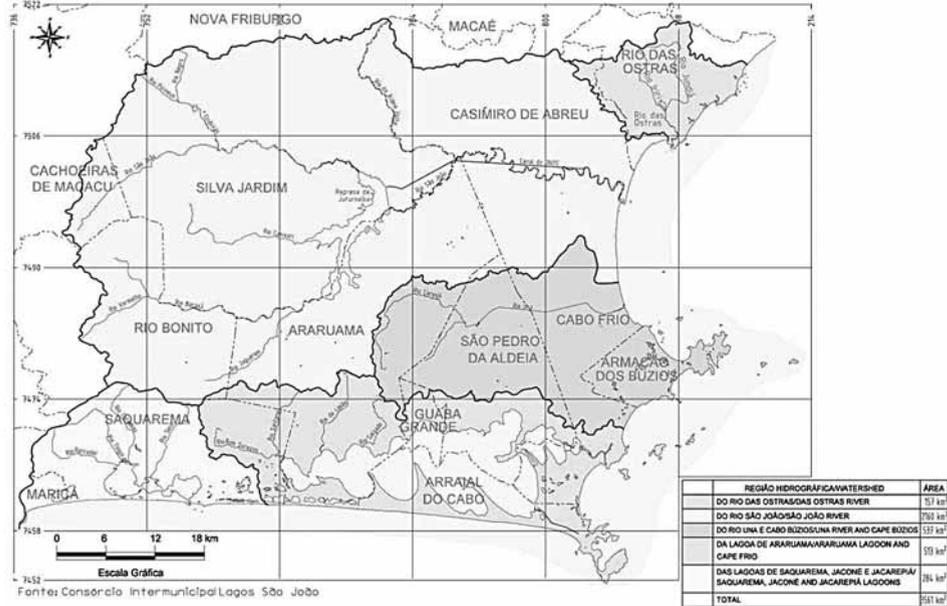
É importante ressaltar que o IQA foi desenvolvido para avaliar, principalmente, contaminação decorrente de despejo de esgoto doméstico. Por tal motivo não deve ser utilizado para responder outros tipos de questões, como no caso de proteção das comunidades aquáticas, entre outros (PIASENTIN, 2009).

Metodologia

Partindo da hipótese de que contaminantes de origem antrópica estão afetando negativamente a qualidade da água no baixo curso do rio São João, foram definidos, em conjunto com os pescadores da Associação Livre dos Aquicultores da Bacia Hidrográfica do Rio São João (ALA) (Mapa 1), em função do conhecimento empírico por eles adquirido na região, sete pontos para realização das coletas no baixo curso do rio. Os referidos pontos encontram-se entre as latitudes e longitudes em UTM (*Universal Transverse Mercator*): ponto 1- próximo à represa de Juturnaíba (781116,29 m E e 7499607,77 m S da zona 23 K); ponto 2 – canal Indaiaçu (789124,87 m E e 7502974,80 m S da zona 23 K); ponto 3 – canal da usina (798365,41 m E e 7501923,65 m S da zona 23 K); ponto 4 – canal da fazenda (806692,01 m E e 7500049,42 m S da zona 23 K); ponto 5 – canal dos Medeiros (192350,33 m E e 7500253,69 m S da zona 24 K); ponto 6 – cultivo de ostras (192346,39 m E e 7499730,06 m S da zona 24 K); ponto 7 – foz (1922809,78 m E e 7498043,81 m S da zona 24 K). As campanhas ocorreram mensalmente no período de novembro de 2011 a maio 2012. Para realização dessas foram utilizados materiais,

como: caixa de isopor; frascos para acondicionamento das amostras; frascos estéreis para análise microbiológica; canetas para retroprojektor para identificação das amostras; luvas de borracha; GPS modelos GARMIN e Trex Vista, e máquina fotográfica.

Mapa 1 – Área de abrangência do Consórcio Intermunicipal Lagos São João



Fonte: Bidegain e Pereira (2005)

Das amostras coletadas foram analisados parâmetros físico-químicos e biológicos, como: temperatura; turbidez; resíduo sólido total; potencial hidrogeniônico (p.H.); condutividade; oxigênio dissolvido; demanda bioquímica de oxigênio (DBO); fósforo total; nitrogênio total e *Escherichia coli*. As análises foram realizadas no laboratório de Tecnologia em Serviços Ambientais (TESALAB), de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e com as Normas Técnicas da CETESB (CETESB, 1978).

Com base nas referidas normas foram obtidos: resíduos totais, através do método gravimétrico, conforme norma CETESB L6.160 (1978); nitrogênio total, através do método titulométrico, conforme norma CETESB L5.139 (1978); fósforo total, através do método do ácido ascórbico, conforme norma CETESB L5.128 (1978), sendo utilizado o espectrofotômetro Pro-Análise UV-1600/1800; e a quantificação de *Escherichia coli* (Colilert®), através da utilização de cartelas com 97 cavidades p/quantificação destes, substrato para Método Colilert, estufa para cultura e bacteriologia, câmara de fluxo laminar, estufa para esterilização e secagem 200°C 81 L e autoclave vertical. Foram

realizadas também a medição do pH pelo método potenciométrico e da turbidez pelo método nephelométrico, conforme norma CETESB L5.156 (1978), com a utilização de turbidímetro portátil Chemetrics I-1300. Os resultados de temperatura, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio foram obtidos de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2005).

Após a obtenção dos resultados, esses foram compilados em planilhas do Excel 2007, e reunidos para que os mesmos fossem reunidos para a composição do Índice de Qualidade da Água (IQA), que classifica as amostras em 5 (cinco) categorias, considerando as curvas de qualidade de cada parâmetro e atribuindo um peso relativo para cada um deles, facilitando a compilação dos dados e melhorando a visualização da bacia como um todo. Foram elaborados gráficos de cada parâmetro nos diversos pontos de coleta e a variação de cada parâmetro por ponto coletado. Para os parâmetros que apresentaram maior variação, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson, a fim de verificar se houve uma influência de cada parâmetro entre si. Para verificação dos parâmetros que mais influenciaram no cálculo do IQA foi realizada a média de cada um dos parâmetros em cada ponto de coleta e observação dos que apresentaram maior percentual.

Para comparação dos dados de qualidade da água foram observados os padrões e condições estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 274/2000 (BRASIL, 2000). Após a comparação dos dados, os mesmos foram analisados de acordo com cada ponto e para cada parâmetro, com o intuito de que sejam gerados os indicadores de conformidade da qualidade da água. Será verificada a conformidade por parâmetro e percentual de não conformidade e violação dos usos em cada ponto, tomando como base no uso recreativo de contato primário (BRASIL, 2000). Para o aprofundamento nas questões teóricas abordadas no estudo foi utilizada bibliografia pertinente (PINHEIRO, 2008).

Resultados e discussão

As regiões costeiras – Costa do Sol - apresentaram um acelerado crescimento populacional em decorrência da migração causada pela extração do petróleo, principalmente no município de Rio das Ostras, que é adjacente a Barra de São João (LIMA-GREEN, 2008; SOUZA, 2011; VOLCKËR, 2007); porém tal mudança não foi acompanhada por investimentos de infraestrutura em saneamento básico. Com a grande deficiência no abastecimento de água na região, em 1998 tais serviços foram privatizados, e 2 (duas) concessionárias começaram a operá-los. Inicialmente a prioridade era apenas para o abastecimento, o que causava uma defasagem na coleta e tratamento de esgoto, fazendo com que o mesmo fosse lançado *in natura* nos corpos hídricos da bacia. Esses problemas são observados no baixo curso do rio São João. Foi possível observar, ao longo das coletas, diversos pontos de lançamento de efluentes *in*

natura (Figura 1). A maioria destes pontos estão localizados próximos à foz, a partir do canal dos Medeiros (Figura 2).

Figura 1 – Poluição pontual



Figura 2 – Canal dos Medeiros



Fonte: Fernanda Veríssimo

Em decorrência da observação dos fatores citados acima, foram realizados cálculos para obtenção dos resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Resultados do IQA

	Ponto 1 (Represa de Juturnaíba)	Ponto 2 (Indaiassu)	Ponto 3 (Saída da Usina)	Ponto 4 (Saída fazenda)	Ponto 5 (Canal dos Medeiros)	Ponto 6 (Cultivo de ostras)	Ponto 7 (Foz)
Novembro	78	62	75	63	56	62	69
Dezembro	74	54	57	65	64	68	77
Janeiro	78	76	74	93	50	77	71
Fevereiro	81	80	72	89	51	68	69
Março	89	85	87	80	50	60	62
Abril	82	84	84	79	63	67	66
Maiο	68	61	58	57	32	56	54

Legenda: $0 \leq \text{IQA} < 20$ – Péssima; $20 \leq \text{IQA} < 37$ – Ruim; $37 \leq \text{IQA} < 52$ – Aceitável; $52 \leq \text{IQA} < 80$ – Boa; $80 \leq \text{IQA} \leq 100$ – Ótima

Fonte: Elaborado pelas autoras

Avaliando os resultados alcançados após os cálculos para obtenção do índice, podemos observar que a maioria dos pontos analisados encontra-se na categoria “BOA”, indicada pela CETESB. Os pontos de coleta 1, 2 e 4 (próximos à represa de Juturnaíba, ao canal Indaiassu e à saída da fazenda, respectivamente) obtiveram categorização “ÓTIMA” em, aproximadamente, 43% das campanhas. Os pontos 2 e 7, porém, nas campanhas de dezembro e de maio, respectivamente, obtiveram seu índice no limite inferior para categorização “BOA”, encontrando-se muito próximos à classificação

“ACEITÁVEL”. Os pontos 6 e 7 (próximos à tentativa de ostreicultura da ALA, e da foz, respectivamente) obtiveram categorização “BOA” em todas as suas campanhas. Apenas o ponto 5 (canal dos Medeiros) obteve, em grande parte das campanhas, categorização “ACEITÁVEL”. O mesmo ponto apresentou no mês de maio a categorização “RUIM”. Ao longo das campanhas foi possível observar uma variação nas características físicas da água. Também é importante ressaltar que o mês de maio foi o que apresentou os menores valores de IQA, em comparação com os demais meses. O principal parâmetro a influenciar esta mudança nas características das análises foi o oxigênio dissolvido, que apresentou alguns valores bem abaixo dos anteriores.

Para observação dos parâmetros que estariam influenciando negativamente nos resultados do IQA, as médias de cada parâmetro foram calculadas, conforme realizado por Pinheiro (2008). Essas médias permitem observar que os parâmetros que mais influenciaram foram *Escherichia coli* e Resíduos Sólidos, alternando seu grau de influência em cada ponto (Figuras 3 a 9). Posteriormente à obtenção dos resultados que mais influenciaram nos cálculos do IQA, foi calculada a correlação de Pearson, afim de que se pudesse observar a correlação entre estes parâmetros, porém não foi possível observar uma correlação significativa entre eles.

Figura 3 – Influência dos parâmetros no ponto 1

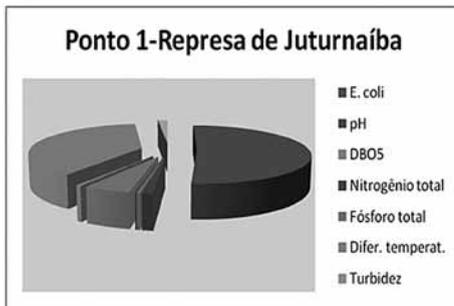


Figura 4 – Influência dos parâmetros no ponto 2

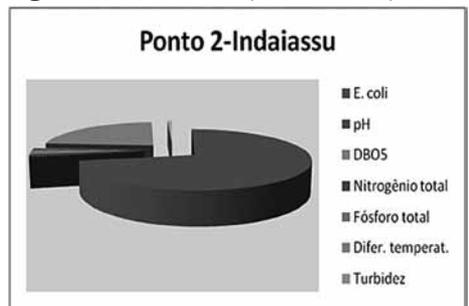
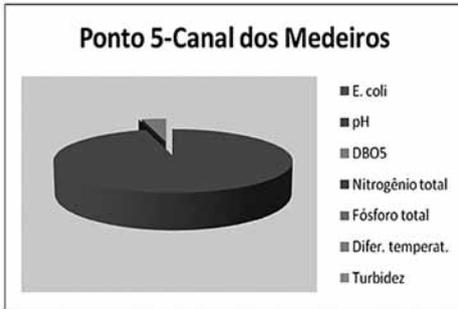
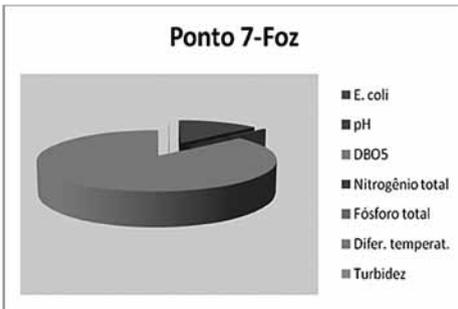


Figura 5 – Influência dos parâmetros no ponto 3



Figura 6 – Influência dos parâmetros no ponto 4



Figura 7 - Influência dos parâmetros no ponto 5**Figura 8** - Influência dos parâmetros no ponto 6**Figura 9** - Influência dos parâmetros no ponto 7

Fonte: Elaborado pelas autoras

Pode-se observar que o parâmetro *Escherichia coli* influenciou grandemente o cálculo do índice. Não se observam grandes variações nos valores de tal parâmetro nos pontos 1, 3 e 4. Em sua maioria, os valores estiveram abaixo de 200 NMP/mL, o que os classificaria como “EXCELENTE”, de acordo com a CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000). O ponto 2 também apresentou baixos níveis de *E. coli*, porém no mês de dezembro, apresentou seus valores muito acima do verificado nos demais meses (3.700 NMP/100mL). Essa campanha foi realizada em um período muito chuvoso na região e, também, posteriormente à grande mortalidade de peixes, conforme relatado por moradores. Do ponto 5 ao ponto 7, ocorre o inverso, na maioria das campanhas os níveis de *E. coli* excederam os valores máximos permitidos para serem incluídos no nível classificado como “SATISFATÓRIO” (BRASIL, 2000). Os piores resultados obtidos no referido parâmetro ocorreram no ponto 5, com resultados bem superiores a 4.000 NMP/mL. Tais resultados também foram observados por Völcker (2007), que identificou um grande aumento nos níveis de coliformes à jusante da vala dos Medeiros (ponto 5).

Também foi possível observar que o pH apresentou algumas variações ao longo das campanhas, o que caracteriza uma acidez próxima às áreas de coleta. Essa variação pode ser observada nas regiões mais a montante, o que poderia ser explicado em decorrência da baixa influência da salinidade, o que corrobora com os resultados obtidos

por Völcker (2007), em que temos a justificativa de que quanto mais distante da foz, maiores são as variações de pH, com uma maior tendência a acidez. Tal característica se difere das condições normais da região, tendo em vista que na geologia da bacia são encontradas rochas alcalinas Cretácicas (OLIVEIRA; MELLO, 2007). O mês de dezembro foi o que apresentou os menores valores de pH. Neste mesmo mês obtivemos o resultado mais baixo, com: 3,7 no ponto 3. É importante ressaltar que antes da coleta de dezembro, alguns moradores da região relataram uma grande mortandade de peixes no local. O mesmo fenômeno foi observado em maio, que também apresentou variações nos resultados do pH, porém com menor intensidade.

Conforme observado nas figuras 3 a 9, os resíduos sólidos totais também podem ter influenciado nos valores obtidos pelo IQA, tendo em vista que apresentaram valores muito elevados em alguns pontos. Estes valores elevados poderia ser explicado conforme Lima-Green (2008) relata em sua dissertação, que após a retificação do leito do rio, o mesmo se tornou mais raso e com a água mais barrenta e, observou também, a existência de muitos barrancos com sinais de erosão. Além disto, relatou sobre a ausência de mata ciliar e a influência da extração de areia, que pode causar uma elevação dos sólidos suspensos na água, o que acarretaria um aumento nos resultados de sólidos totais. Foi possível observar durante as análises que os pontos mais próximos a foz apresentavam muito sal como resíduo final, o que também explicaria o aumento deste parâmetro mais a jusante.

Foi possível observar no mês de maio uma queda acentuada nos níveis de oxigênio dissolvido ao longo do trecho analisado, apresentado seu pior resultado no ponto 5, com o valor de 1,0 mg/L O₂. Nos demais pontos o resultado variou entre 3,6 e 5,0 mg/L O₂. Volckër (2007) também identificou variações nos níveis de oxigênio dissolvido em suas campanhas.

Sabemos que a região recebe aporte de efluentes em diversos pontos, porém não obtivemos alterações nos valores relativos a fósforo e nitrogênio nos pontos coletados. Tal fenômeno pode ter ocorrido em decorrência do período chuvoso que antecedeu grande parte das coletas, acarretando uma maior diluição destas substâncias.

A temperatura também não apresentou grandes variações, o que era esperado, visto que os dados obtidos são provenientes de uma região tropical.

Conclusões

Pode-se concluir que a qualidade das águas do rio São João, de acordo com os valores do IQA, é “BOA”. Alguns pontos possuíram em algum momento a categorização “RAZOÁVEL”. Apenas o ponto 5 apresentou a maioria dos seus resultados incluído na categorização “RAZOÁVEL”, apresentando na última campanha uma categorização “RUIM”.

Em relação à balneabilidade, os pontos 1, 2, 3 e 4 podem ser considerados próprios para banho, pois apresentaram, na maioria das campanhas, a classificação “EXCELENTE”. Os pontos de 5 a 7, no entanto, são considerados “IMPRÓPRIOS”,

tendo em vista que, na maioria das campanhas, valores de *E. coli* acima de 800 NMP/mL. Além do referido parâmetro, em algumas campanhas os referidos pontos, inclusive o 2, apresentaram valores de pH abaixo do recomendado pela legislação, apresentando valores abaixo de 6,0, o que também os classificaria como “IMPRÓPRIOS” de acordo com o artigo 2º, §4º, alínea “e” da Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000).

Com base nos resultados de nitrogênio e fósforo obtidos nas campanhas, podemos concluir que não há características de eutrofização na área de estudo.

São necessários monitoramentos mais constantes na região, tendo em vista as condições adversas encontradas em alguns pontos ao longo das coletas, como a mortandade dos peixes, proliferação de algas, entre outros.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. Cuidando das Águas: Soluções para Melhorar a Qualidade dos Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Brasília: ANA, 2011. 154 p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Água na medida certa: A hidrometria no Brasil. Brasília: ANA, 2012. 72p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Indicadores de Qualidade: Introdução. 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/introdu%C3%A7%C3%A3o.aspx>> Acesso em: 14 ago. 2012.

ANA. Agência Nacional de Águas. Portal Nacional da Qualidade das Águas (PNQA). 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Estrutura/PNQA.aspx>> Acesso: 14 jun. 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. Washington, DC: APHA, 2005.

BARROS, S.R.S; WASSERMAN, J.C. O Zoneamento Econômico-Ecológico Costeiro para a Bacia Hidrográfica do Rio São João como Instrumento para o Desenvolvimento Local. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 4., 2008, Niterói.

BENIGNO, E.; SAUNDERS, C.; WASSERMAN, J.C. Estudo dos Efeitos da Renaturalização no Regime Hídrico do Baixo Curso do Rio São João. Consórcio Intermunicipal Lagos São João e Fundo Mundial para Natureza (WWF), 2003. 48 p.

BIDEGAIN, P.; PEREIRA, L.F.M. Plano da Bacia Hidrográfica da Região dos Lagos e do

Rio São João. Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira, 2005. 153 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a condição necessária das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário).

CAMPOS, V. D. Dinâmica de Uso e Ocupação da Terra na Bacia Hidrográfica do Arroio dos Pereiras em Irati – PR e sua Influência na Qualidade das Águas Superficiais. Dissertação (Mestrado em Geografia – Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Índices. 2003. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>>. Acesso em: 20 set. 2010.

CILSJ. Consórcio Intermunicipal Lagos São João. Parâmetros do monitoramento. Disponível em: <<http://www.lagossaojoao.org.br/index-1.html>>. Acesso em: 21 set. 2012.

CUNHA, C.L.N.; FERREIRA, A.P. Modelagem Matemática para Avaliação dos Efeitos de Despejos Orgânicos nas Condições Sanitárias de Águas Ambientais. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.22, n.8, p. 1715–1725, 2006.

CPRH/PE. Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Seleção de índices e indicadores. Programa Nacional de Meio Ambiente II, Subcomponente Consolidação da Seleção de Índices e Indicadores de Qualidade de Água, 2003.

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: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22., 2005, Macaé.

LIMA-GREEN, A. P. Análise político-institucional da gestão das águas na bacia Lagos São João, RJ. 2008. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

NASCIMENTO, N.O; HELLER, H. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p. 36-48, 2005.

OLIVEIRA, F. L.; MELLO, E. F. A mineração de areia e os impactos ambientais na bacia

do rio São João, RJ. Revista Brasileira de Geociências, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 374-389, 2007.

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.

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.

PRIMO, P.B.S; VÖLCKER, C.M. Bacias hidrográficas dos rios São João e das Ostras: águas, terras e conservação ambiental. Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira, 2003. 170p.

REVENGA, C.; BRUNNER, J.; HENNINGER, N.; KASSEM, K.; PAYNE., R. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. World Resources Institute: Washington D.C., 2000. Disponível em: <<http://www.wri.org/wr2000>> Acesso em: 7 jul. 2012.

RIO DE JANEIRO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI). Resolução nº 18, de 08 de novembro de 2006. Aprova a definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

SANTOS, J.M.M. Índice de Qualidade da Água Subterrânea Aplicado em Áreas de Aquíferos Cristalinos com Uso Agrícola: Bacia do Rio São Domingos – RJ. 2009. 189 f. Tese (Doutorado em Ciências – Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SANTOS, T. G.; VERÍSSIMO, F. A. R.; OLIVEIRA, M. M.; SOUZA, M. A. R.; FERREIRA, M. I. P. Caracterização e monitoramento da qualidade da água do rio São João. In: CONFICT, 2012.

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 Biologica Elopondensia, v. 28, n. 1, p. 17-24, 2006.

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.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. SQA, 2006. 302 p.

VOLCKËR, C. M. Determinação do potencial para aquicultura na região do baixo São João – RJ, apoiado em SIG e sensoriamento remoto. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências do Mar) – Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, 2007.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 457 p.