



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

GEANE SILVA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO IQA-CCME NA DIVULGAÇÃO
DA QUALIDADE DE ÁGUA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. ESTUDO
DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JOANES.**

Salvador
2014

GEANE SILVA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO IQA-CCME NA DIVULGAÇÃO
DA QUALIDADE DE ÁGUA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. ESTUDO
DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JOANES.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana – MEAU, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia – UFBA, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Dr.^a Iara Brandão de Oliveira.

Salvador
2014

A447 Almeida, Geane Silva de.

Avaliação da aplicação do IQA-CCME na divulgação da qualidade de água de bacias hidrográficas. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Joanes (Bahia, Brasil) / Geane Silva de Almeida. – Salvador, 2014.

131f.: il. color.

Orientadora: Profa. Iara Brandão de Oliveira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2014.

1. Água - qualidade. 2. Rio Joanes (BA). 3. Monitoramento. I. Oliveira, Iara Brandão de. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 333.911

GEANE SILVA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO IQA-CCME NA DIVULGAÇÃO DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. ESTUDO DE
CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JOANES.**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana,
Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia – UFBA.

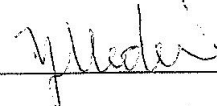
Salvador, 10 de junho de 2014.

Banca Examinadora:

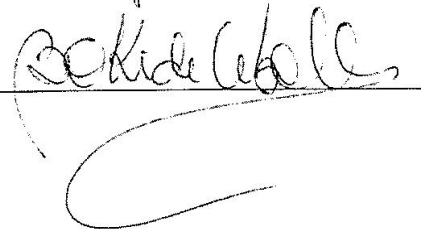
Doutora Iara Brandão de Oliveira – Orientadora
Universidade Federal da Bahia - UFBA



Doutora Yvonilde Dantas Pinto Medeiros
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Doutora Beatriz Susana Ovruski de Ceballos
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB



A

Antônio e Alzeni, meus pais amados, pelo esforço constante para a minha formação.

Renato Tosta Telles Filho, meu esposo e amigo, pelo estímulo e apoio constante.

Sean Moynihan e Rudolfo Krieg, amigos queridos, pelo apoio para o início desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao Pai Celestial e aos meus Gurus Espirituais, pela energia vital que me move e a inspiração para o desenvolvimento das minhas atividades.

Agradeço a Professora Iara Brandão de Oliveira, quem muito admiro, por sua grande contribuição na construção desta etapa importante da minha formação acadêmica, por sua orientação, apoio em momentos delicados e confiança que em mim depositou.

A Professora Yvonilde Medeiros, pela marcante presença e contribuições no meu desenvolvimento acadêmico.

A Arlinda Coelho e Maria Thereza Macieira Fontes, Gerente e Coordenadora da Gerência de Meio Ambiente e Responsabilidade Social da FIEB, pelo incentivo e compreensão em momentos que foram necessários a conciliação das minhas atividades acadêmicas e profissionais.

A Flávia Amorim, Especialista da Área de Meio Ambiente do SENAI e a Geneci Braz, Gestor da APA Joanes – Ipitanga, pela solicitude e contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora pela atenção, disponibilidade e valiosas contribuições, para a conclusão desta etapa importante da minha formação.

A Professora Beatriz Susana O. de Ceballos a quem tive o prazer de conhecer e ter contato no dia da defesa, mas que me trouxe intensas e valiosas contribuições para a finalização deste trabalho.

A todos, familiares e amigos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dessa experiência única e essencial para o meu crescimento pessoal e profissional.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia”.

DEMING (1992)

RESUMO

Este trabalho avalia a aplicação do índice de qualidade da água, o IQA-CCME, desenvolvido pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME*, para determinar a qualidade da água da bacia do rio Joanes, em comparação ao método consagrado no Brasil e em uso desde os anos 70, o Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB). A bacia do rio Joanes, localizada na Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte e Inhambupe, foi monitorada no período de 2008 a 2011 no âmbito do Programa Monitora, que se propõe estudar a evolução espacial e temporal da qualidade das águas de bacias hidrográficas do Estado para os diferentes usos, apresentando os resultados da qualidade da água ao público através de índices, tais como: Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB); Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público (IAP); Índice de Contaminação por Tóxicos (CT) e Índice do Estado Trófico (IET). Na avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Joanes, analisou-se vários parâmetros indicadores das características: física; química e biológica, perfazendo, em média, 50 parâmetros por campanha. Uma das características de todos os índices utilizados pelo Programa Monitora é a quantidade limitada de parâmetros que são utilizados. Do total de 85 parâmetros monitorados, somente 30 foram utilizados na avaliação da qualidade através dos índices, sugerindo alguma perda de informação sobre a qualidade da água. O IQA-CCME, por outro lado, pode utilizar todos os parâmetros com padrão de referência estabelecido, que foram efetivamente medidos para se definir a qualidade do corpo hídrico. A metodologia do IQA-CCME é um procedimento estatístico que exige a execução de, no mínimo, quatro campanhas, e avaliação de pelo menos, quatro parâmetros. Portanto, o método, originalmente, não permite a avaliação de qualidade das águas de um rio ao se executar somente uma campanha, monitorando os quatro parâmetros uma única vez, o que pode representar uma limitação prática. Objetivando superar esta limitação, este trabalho apresentou nova proposta de agregação, substituindo as quatro campanhas, por um mínimo de quatro pontos de monitoramento compondo trechos na bacia hidrográfica do rio Joanes, para análise da qualidade da água por campanha. Assim sendo, foi possível utilizar os dados secundários do "Programa Monitora" sem perda significativa de informações obtidas, e sem a exigência da realização de um mínimo de quatro campanhas de monitoramento para aplicação do índice. Apesar da determinação de um número mínimo de parâmetros e campanhas a metodologia do IQA-CCME não impõe restrição quanto ao número máximo ou quais parâmetros devem ser analisados. Assim sendo, pode contribuir para maior eficiência no planejamento do monitoramento de um corpo hídrico, com aplicabilidade para diferentes objetivos de monitoramento em atendimento a diferentes classes de uso da água, e, conseqüente redução de custos. Os resultados deste trabalho confirmam a vantagem da maior flexibilidade na aplicação do IQA-CCME, devido à não restrição quanto ao tipo de parâmetro; uma maior abrangência pela incorporação de mais parâmetros; e uma maior eficiência para divulgação da informação de qualidade de água, por ser possível utilizar os resultados dos fatores F1, F2, F3 para fornecer mais informações quanto às condições de qualidade de um corpo d'água. O IQA-CCME apresenta-se mais restritivo quanto as notas de qualidade devido à escala de notas utilizada, dando, entretanto, maior segurança ao usuário da água.

Palavras-chave: Água Superficial; Monitoramento; IQA-CCME.

ABSTRACT

This work analyzes the application of the CCME-WQI, a water quality index developed by the Canadian Council of Ministers of the Environment - CCME, to determine the water quality of Joanes river basin, in comparison to the index Cetesb-WQI, a method in use in Brazil since the 70s. This work also evaluated the performance of a monitoring program named "Monitora" developed by the Institute of Environment and Water Resources (INEMA) of the State of Bahia, and the parameters chosen to monitor the Joanes river basin in the period 2008-2011. The "Monitora" develops a spatial and temporal evolution of water quality of watersheds, for different uses, presenting the results to the public using indices, such as, Water Quality Index from Cetesb; Raw Water for Public Purposes Quality Index; Toxic Contamination Index and Trophic State Index, within the Water Management and Planning Region of Recôncavo North and Inhambuê, period 2008-2011. It was evaluated the water quality of Joanes river basin, using several parameters, such as physicochemical; nutrients; biological; organic; metals and pesticides, with an average of fifty parameters per campaign. One characteristic of all used indices is the limited number of parameters involved. From a number of 85 monitored parameters only 30 were effectively used to assess the water quality, with possible loss of information. The CCME-WQI presents new proposal of aggregation, which uses all the parameters measured to define the quality of the water body. The CCME-WQI is a statistical procedure that requires the execution of at least four monitoring campaigns to assess a river water quality, which may represent a practical limitation of the original proposal. To overcome this limitation, this work presents a new proposal of aggregation, replacing the four campaigns, by a minimum of four monitoring points, to compose a specific portion of the watershed. Therefore, it was possible to use secondary data from the "Monitora" without significant loss of information and without the requirement of four monitoring campaigns. The CCME-WQI presents a flexible methodology because it does not impose restrictions on the number, or, the type of parameters measured. It may contribute to greater efficiency in planning the monitoring of a water body, with consequent costs reduction. The results of this study confirmed the advantage of implementing the CCME-WQI due to its flexibility; no restriction on the type of parameter; and, greater coverage by incorporating more parameters. It also shows greater efficiency to communicate about the water quality, because it was possible to use the results of the factors (F1, F2, F3) to provide more information. The CCME-WQI also has a more restrictive grading scale resulting in lower quality for the water with greater security to the water user.

Keywords: Surface Water; Monitoring; CCME-WQI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curvas de qualidade dos parâmetros do IQA-CETESB.....	30
Figura 2 – Pontos do Programa Monitora para aplicação do IQA CCME.....	51
Figura 3 – Diagrama unifilar da bacia do rio Joanes	52
Figura 4 – Outorgas na bacia do rio Joanes	67
Figura 5 –Trechos enquadrados transitoriamente como classe 3.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Usos preponderantes por classes e tipos de água superficial.....	25
Quadro 2 – Escala de classificação por cores e ponderação.....	31
Quadro 3 – Escala de Categorias do IQA-CCME.....	35
Quadro 4 – Parâmetros dos protocolos para os diferentes usos.....	38
Quadro 5 – Número de pontos monitorados na bacia do rio Joanes	40
Quadro 6 – Parâmetros no monitoramento da bacia do rio Joanes	41
Quadro 7 – Classes de usos no monitoramento da bacia do rio Joanes	42
Quadro 8 – Índices utilizados na bacia do rio Joanes	43
Quadro 9 – Parâmetros dos IQAs utilizados na bacia do rio Joanes	44
Quadro 10 – Parâmetros para a possível aplicação do IQA-CCME anual	48
Quadro 11 – Trechos com pontos agregados para aplicação do IQA CCME	52
Quadro 12 – Localização dos pontos utilizados nos Trechos	53
Quadro 13 – Escalas de qualidade do IQA-CCME e IQA CETESB	54
Quadro 14 – Parâmetros utilizados para aplicação do IQA CCME.	56
Quadro 15 – Parâmetros do IQA-CETESB para calcular o IQA-CCME	57
Quadro 16 – Pressões antrópicas por sub-bacias da bacia do rio Joanes.....	62
Quadro 17 – Observações no entorno dos pontos do Trecho 1	64
Quadro 18 – Observações no entorno dos pontos do Trecho 2.....	65
Quadro 19 – Observações no entorno dos pontos do Trecho 3.....	66
Quadro 20 – Parâmetros sugeridos para aplicação do IQA-CCME	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Outorgas emitidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes	68
Tabela 2 – Resultados do IQA CCME e seus fatores no Trecho 1	74
Tabela 3 – Resultados do IQA CCME e seus fatores no Trecho 2	75
Tabela 4 – Resultados do IQA CCME e seus fatores no Trecho 3	76
Tabela 5 – Padrões de comportamento de F1, F2 e F3.....	80
Tabela 6 – Resultados do IQA-CETESB e IQA-CCME no Trecho 1	83
Tabela 7 – Resultados do IQA-CETESB e IQA-CCME no Trecho 2	84
Tabela 8 – Resultados do IQA-CETESB e IQA-CCME no Trecho 3.....	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultados do IQA-CCME e fatores do Trecho 1	77
Gráfico 2 – Resultados do IQA-CCME e fatores do Trecho 2	78
Gráfico 3 – Resultados do IQA-CCME e fatores do Trecho 3	79

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

AMA	—	Área de Meio Ambiente
APA	—	Área de Proteção Ambiental
CCME	—	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i>
CETESB	—	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CETIND	—	Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro
CNRH	—	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COMON	—	Coordenação de Monitoramento de Recursos Ambientais e Hídricos
CONAMA	—	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CT	—	Índice de Contaminação por Tóxicos
COTIC	—	Coordenação de Tecnologia da Informação e Comunicação
FIEB	—	Federação das Indústrias do Estado da Bahia
IAP	—	Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público
IB	—	Índice de Balneabilidade
IET	—	Índice do Estado Trófico
INEMA	—	Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INGÁ	—	Instituto de Gestão das Águas e Clima
IQA	—	Índice de Qualidade da Água
IQNAS	—	Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas
IVA	—	Índice de Proteção da Vida Aquática
MS	—	Ministério da Saúde
MQV	—	Metrologia Química e Volumétrica
OD	—	Oxigênio dissolvido
ONU	—	Organização das Nações Unidas
NSF	—	<i>National Sanitation Foundation</i>
NT	—	<i>Northwest Territories</i>
RPGA	—	Região de Planejamento e Gestão das Águas
SENAI	—	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
WQI	—	<i>Water Quality Index</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO	19
1.1.1	Objetivo Geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos.....	19
2	MARCO TEÓRICO	20
2.1	POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS E A QUALIDADE DOS CORPOS DE ÁGUA.....	20
2.2	ENQUADRAMENTO E O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA ...	21
2.3	POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS: O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	22
2.4	QUALIDADE DA ÁGUA DOS CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....	23
2.5	ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA: UMA ALTERNATIVA PARA COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS	27
2.5.1	IQA-CETESB.....	29
2.5.2	IQA-CCME.....	31
2.6	PROGRAMA MONITORA.....	39
2.6.1	Classes de uso da água consideradas na bacia do rio Joanes.....	40
2.6.2	Índices de Qualidade de Água utilizados na bacia do rio Joanes	43
3	METODOLOGIA.....	46
3.1	DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIO JOANES	46
3.2	USO DO SOLO E DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JOANES.....	46
3.3	PROPOSIÇÃO DE NOVO MÉTODO DE AGREGAÇÃO DOS DADOS DE MONITORAMENTO PARA CÁLCULO DO IQA-CCME.....	47
3.4	ANÁLISE COMPARATIVA DAS ESCALAS DE QUALIDADE DO IQA-CCME COM IQA-CETESB	54
3.5	APLICAÇÃO DO IQA-CCME NO ESTUDO DE CASO	54
3.6	ANÁLISE DOS FATORES DO IQA CCME (F1, F2 E F3).....	57
3.7	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO IQA-CCME E DO IQA-CETESB	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIO JOANES	59
4.2	USO DO SOLO E DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JOANES.....	63

4.3	ANÁLISE COMPARATIVA: ESCALAS DE QUALIDADE DO IQA-CCME E DO IQA-CETESB	71
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO IQA-CCME EM RELAÇÃO A SEUS FATORES F1, F2 E F3	72
4.5	ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DO IQA-CCME COM OS RESULTADOS DO IQA-CETESB	81
5	CONCLUSÕES	86
6	RECOMENDAÇÕES	89
	REFERÊNCIAS.....	90
	APÊNDICES	95
	APÊNDICE A – Parâmetros de qualidade de água	96
	APÊNDICE B – Outorgas vigentes na bacia do rio Joanes	109
	APÊNDICE C – Artigo publicado pela revista Bahia Análise & Dados	116
	ANEXO 1 – Mapa da bacia do rio Joanes	131

1 INTRODUÇÃO

A crescente utilização dos rios como um recurso hídrico, associada ao também crescente aumento populacional no planeta e a evolução das atividades econômicas, têm causado grandes pressões, e a conseqüente degradação destes ecossistemas. Atividades agrícolas, domésticas e industriais têm contribuído fortemente para a poluição dos rios. Essas atividades geram efluentes de águas poluídas, que são lançadas de forma difusa e/ou concentrada nesses corpos de água. Construções nas margens dos rios e destruição de suas matas ciliares são outras pressões antropogênicas, que também contribuem para a sua degradação.

Nas grandes metrópoles, onde a maioria dos rios urbanos estão poluídos, principalmente por esgoto doméstico, a crescente degradação da qualidade das águas tem gerado preocupações, pois um dos resultados desse quadro é a escassez de água com a qualidade adequada para potabilização e consumo humano.

Nesse contexto a Lei 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, dispõe sobre a gestão destes recursos de maneira que a sua integridade qualitativa e quantitativa seja conservada para usos múltiplos, atuais e futuros. Os instrumentos estabelecidos por essa Lei são: planos de recursos hídricos; enquadramento dos corpos de água em classes; outorgas dos direitos de uso de recursos hídrico; cobrança pelo uso de recursos hídricos e o sistema de informação.

Esses instrumentos estão inter-relacionados entre si, os planos de recursos hídricos e o enquadramento servem de referência para a outorga e a cobrança, e, o sistema de informação se estruturado pode contribuir fornecendo dados técnicos para os planos e para o enquadramento, ou vão ser alimentados após a execução dos mesmos. O diagnóstico e o posterior monitoramento da qualidade das águas dos corpos de água são necessários para implementação, efetivação e execução dos planos de recursos hídricos, do enquadramento, da outorga e da cobrança.

No monitoramento da qualidade da água de uma bacia hidrográfica são utilizados vários parâmetros indicadores de qualidade para se verificar as condições dos corpos d'água nos diversos objetivos do monitoramento: diagnóstico; implementação do enquadramento; verificação e acompanhamento das metas

estabelecidas no enquadramento e/ou verificação das condições de qualidade de rios sem enquadramento.

Geralmente, o grande número de parâmetros analisados no monitoramento dificulta a divulgação da qualidade da água para a sociedade, a menos que as informações a respeito da qualidade estejam consolidadas. A divulgação dos resultados é parte complementar de qualquer sistema de monitoramento ambiental. Na Lei 9.433/1997, por exemplo, é priorizada por meio do instrumento Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

O planejamento e gestão de recursos hídricos dependem de informações confiáveis, que são viabilizadas com as redes de monitoramento que gerem dados sobre parâmetros que indicam a quantidade disponível e a respectiva qualidade das águas (BRAGA, PORTO e TUCCI, 2006). Segundo Rebouças, (2006) é necessário entender os processos ambientais para que se avance no conhecimento sobre os ecossistemas e para que se possa atuar corretamente sobre as causas das alterações encontradas. Isso somente é possível quando se dispõe de um conjunto de informações confiáveis obtidas a partir de observações do que está ocorrendo no meio.

A grande quantidade de parâmetros analisados nos processos de monitoramento está na necessidade do diagnóstico sobre o estado geral do sistema monitorado, como preconizado nas leis e resoluções, embora resulte em dificuldade na divulgação destes dados. Entretanto, pode ocorrer a redução da natureza multivariada de dados, utilizando-se índices numéricos amplamente conhecidos como índices de qualidade de água (IQA), que combinam matematicamente todos os resultados dos parâmetros e fornecem uma descrição geral e de fácil compreensão da condição de qualidade da água. A agregação de vários parâmetros em um único resultado, facilita dentre outras coisas, a comunicação sobre a qualidade do corpo d'água em estudo e a sua tendência através dos tempos. Dessa forma, pode-se transmitir um número cada vez maior de informações, de forma sintética e acessível, para os responsáveis por processos de decisão e a sociedade em geral (CCME, 2001b, ALMEIDA e SCHRWARZBOLD, 2003; LUMB et al., 2006; VON SPERLING, 2007).

Segundo o órgão ambiental do Canadá (CCME, 2001b), um índice pode ser usado para avaliar a qualidade da água, descrevendo o estado da coluna de água,

sedimentos e vida aquática, em relação ao seu estado desejável; para informar sobre a redução da qualidade da água afetada pela atividade humana; assim como, para classificar em termos de aptidão, a água para os usos preponderantes atuais e futuros (consumo humano, dessedentação animal, irrigação, vida aquática, etc.).

Há atualmente uma variedade de índices que são utilizados, sendo o mais comum no Brasil o IQA da *National Sanitation Foundation* (NSF), adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e hoje conhecido como o IQA-CETESB. Esse IQA, assim como outros índices, tais como o Índice de Estado Trófico (IET), Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) ou Índice de Contaminação por Tóxicos (CT) e outros, é composto por parâmetros rigidamente estabelecidos em número e/ou tipo.

A avaliação da qualidade da água utilizando o índice IQA-CETESB, por exemplo, apresenta limitações por não incorporar vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas, a exemplo de metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2012). Dessa forma, o resultado de qualidade de água ainda continua com certa segmentação, sendo necessário o cálculo dos vários índices que inferem condições e características específicas.

Buscando consolidar de forma sintética, em um único resultado, todos os parâmetros analisados nos monitoramentos da qualidade da água, em rios de bacias hidrográficas, que leve em conta todos os possíveis danos causados pelo homem, este trabalho utilizou o IQA desenvolvido pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment - CCME*, tendo em vista sua abrangência, por incorporar a totalidade dos resultados dos parâmetros analisados, e sua flexibilidade, por não exigir um conjunto rígido de parâmetros a serem analisados (CCME, 2001a). A hipótese desta pesquisa é que o IQA-CCME pode suprir os vários índices calculados, por agregar todos os parâmetros possíveis e necessários para avaliar a condição de qualidade, estabelecida por classes de enquadramento de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/2005.

A pesquisa utilizou a metodologia do IQA-CCME para verificar sua eficácia na análise dos dados do monitoramento da qualidade da água. Os dados utilizados nesse cálculo foram gerados em monitoramento realizado pelo Programa Monitora, do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia, na bacia

hidrográfica do rio Joanes. Nessa bacia foram monitorados regularmente, no período de 2008 a 2011, 8 corpos de água, em 13 pontos de monitoramento, sendo 5 no rio próprio rio Joanes, 2 em seu principal afluente, o rio Ipitanga e os demais, em outros 6 afluentes da bacia. A bacia hidrográfica do rio Joanes é responsável por 40% do abastecimento de Salvador e sua região metropolitana.

Para avaliar o IQA-CCME na aplicação aos dados de qualidade da bacia do rio Joanes, analisou-se os resultados obtidos em todas as etapas de aplicação e comparou-se os seus resultados finais aos previamente calculados utilizando o IQA-CETESB. Foi levado em consideração a eficiência em divulgar uma informação sobre a qualidade das águas que leve em conta todos os possíveis danos causados pelo homem e considere o atendimento às classes de enquadramento.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do índice IQA-CCME na divulgação do estado de qualidade da água em corpos de água de bacias hidrográficas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a metodologia do IQA-CCME e do IQA-CETESB aplicado ao monitoramento realizado na bacia do rio Joanes;
- Aplicar o IQA-CCME aos dados do monitoramento da bacia do rio Joanes, já realizado e analisar os resultados obtidos em todas as etapas;
- Comparar e avaliar os resultados obtidos da aplicação do IQA-CCME e os resultados do índice IQA-CETESB;
- Levantar indicativos de melhorias quanto ao monitoramento realizado entre 2008 e 2011, definindo parâmetros de qualidade da água, que melhor caracterizem os pontos monitorados.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS E A QUALIDADE DOS CORPOS DE ÁGUA.

A Lei 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, evidencia em seus objetivos a proteção dos recursos hídricos, de modo que estes possam se manter para as futuras gerações, tanto qualitativamente, de acordo com os padrões dos seus respectivos usos, quanto quantitativamente. Desta forma, essa Lei impõe como uma de suas diretrizes, a gestão integrada da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos.

Para a prática da gestão de recursos hídricos, garantindo e gerindo a qualidade e a quantidade, destacam-se três instrumentos dentre aqueles da Lei 9.433/1997: o Plano de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes e a outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos. Essa Lei trata estes instrumentos da seguinte forma:

- “Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.” (BRASIL, 1997, p. 3)
 - O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; diminuir os custos de combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes. (BRASIL, 1997, p. 3)
- “O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.” (BRASIL, 1997, p. 4)

Como instrumento implementador da gestão dos recursos hídricos, os Planos de Recursos Hídricos devem conter, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, dentre outros, os seguintes resultados: diagnóstico da situação dos recursos hídricos; balanço entre a disponibilidade e demandas futuras de recursos hídricos, em quantidade e qualidade com identificação de conflitos potenciais; metas de

racionalização de uso, prevendo aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; medidas para atendimentos das metas e prioridades para as outorgas. Além disso, estes resultados se constituem como fase básica para a proposição e implementação do enquadramento, com a consequente execução das outorgas e implementação da cobrança, outro instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos.

2.2 ENQUADRAMENTO E O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais e subterrâneos são estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Nº 91/2008. De acordo com essa Resolução enquadramento, “corresponde ao estabelecimento de objetivos de qualidade a serem alcançados através de metas progressivas intermediárias e final de qualidade de água”.

A proposta de enquadramento de uma bacia hidrográfica deve ser desenvolvida em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia em questão. Essa proposta deve ser composta de um diagnóstico, um prognóstico, proposta de metas e o programa de efetivação das metas (BRASIL, 2008).

O conhecimento das condições de qualidade dos corpos de água é imprescindível para a proposição do enquadramento. A Resolução CNRH Nº 91/2008 estabelece que o diagnóstico deve abordar dentre outros aspectos, a condição de qualidade das águas superficiais.

Ainda, as metas da proposição deverão ser elaboradas em função do conjunto de parâmetros de modo a alcançar as classes de qualidade de água pretendidas de acordo com os cenários de curto, médio e longo prazo (BRASIL, 2008). A classificação dos corpos de água, bem como as diretrizes para o enquadramento e as condições e padrões para o lançamento de efluentes são estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Nº 357/2005.

Em complementariedade aos procedimentos do enquadramento a Resolução CNRH Nº 91/2008 estabelece também, a obrigatoriedade do monitoramento da qualidade da água. O Art. 12 relata que “aos órgãos gestores de recursos hídricos,

em articulação com os órgãos de meio ambiente, cabe monitorar os corpos de água e controlar, fiscalizar e avaliar o cumprimento das metas do enquadramento.” Para a Resolução CONAMA Nº 357/2005, monitoramento é definido como “medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água”.

A Resolução CNRH Nº 91/2008 estabelece que “aos órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, cabe monitorar os corpos de água e controlar, fiscalizar e avaliar o cumprimento das metas do enquadramento”.

2.3 POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS: O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, regida pela Lei 11.612/2009, alterada pelas Leis 12.035/2010 e 12.377/2011, trata em seu capítulo VII, do monitoramento das águas. Esse capítulo coloca, dentre outras coisas, que é necessário identificar a qualidade das águas, acompanhar as pressões antrópicas nos recursos hídricos e verificar se as medidas de gestão e controle adotadas, estão sendo efetivas.

De acordo com essa Política o órgão responsável por todas as ações é o órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos, que atualmente é o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). O órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos deve estabelecer o programa de monitoramento de recursos hídricos.

Os resultados do monitoramento deverão subsidiar as ações de gestão e controle ambiental e fornecer informações para a sociedade. Especificamente esse monitoramento deve: identificar a quantidade e qualidade de água dos corpos hídricos; orientar a disposição das cargas, avaliar os padrões dos lançamentos e, conforme mencionado, divulgar as informações para a sociedade (BAHIA, 2009a). Dentro desse contexto foi criado o Programa Monitora que tem o objetivo de:

avaliar a evolução espacial e temporal da qualidade das águas para os diferentes fins; correlacionar suas condições qualitativas aos usos e ocupações do solo nas diferentes bacias; gerar informações relativas às áreas prioritárias para o controle da poluição da água; subsidiar a elaboração de propostas de enquadramento de rios e fornecer informações para os sistemas nacional e estadual de informações de recursos hídricos. (INEMA, 2014)

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DOS CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

A crescente demanda por água e a conseqüente poluição gerada contribui para agravar sua escassez. Em conseqüência disso, há necessidade do acompanhamento constante da qualidade da água, conforme previsto em lei. Nesse contexto vale ressaltar que a área de qualidade da água é uma das que tem menos informações no Brasil. Essas informações são necessárias para que se conheça a situação dos corpos hídricos, seus possíveis usos e a relação com os aspectos antrópicos na bacia hidrográfica. Além disso, é essencial para que se planeje a ocupação da bacia hidrográfica e seja exercido o necessário controle dos impactos (BRAGA, 2005; BRAGA, PORTO; TUCCI, 2006).

O uso e ocupação do solo para atender as necessidades humanas podem gerar impactos negativos para a bacia hidrográfica. Esses impactos podem provocar alterações na qualidade da água. Podem ser de origem pontual ou difusa, a exemplo da aplicação de defensivos agrícolas no solo que contribui com a introdução de compostos nocivos na água. De forma pontual a degradação da qualidade pode ocorrer com a introdução de despejos e de efluentes domésticos ou industriais. A alteração da qualidade da água ainda pode ocorrer por condições naturais, mesmo com a bacia hidrográfica preservada, sendo que o escoamento ou infiltração são aspectos do ciclo hidrológico que podem provocar essa degradação, embora demorada. No escoamento ou infiltração, a incorporação de sólidos em suspensão (partículas de solo) ou dissolvidos (íons oriundos da dissolução de rochas) podem provocar alteração natural da qualidade da água (VON SPERLING, 2007).

O controle ambiental de qualidade da água, de forma a colaborar com a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente, faz parte do gerenciamento

dos recursos hídricos (BRAGA, PORTO e TUCCI, 2006; VON SPERLING, 2007) e proposto pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997). Este controle contribui para minimizar que problemas decorrentes da poluição venham a comprometer seu aproveitamento múltiplo e integrado (BRAGA, PORTO e TUCCI, 2006; VON SPERLING, 2007).

Dentro deste contexto, a Resolução CONAMA 357/2005, com os parâmetros de qualidade de água e os seus padrões (valores máximos ou mínimos permitidos) correspondentes, possibilitam a definição das classes de usos que um corpo d'água pode ser enquadrado, conforme estabelece a Lei 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos) e a Resolução CNRH Nº 91/2008 que dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais e subterrâneos e o posterior monitoramento das suas condições de qualidade. Os parâmetros estabelecidos pela Resolução 357/2005 refletem características física, química e biológica dos corpos de águas. Para complementar os esforços de alcance e/ou manutenção das metas de enquadramento dos corpos de água, em determinada classe de usos a Resolução CONAMA 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, altera e complementa a Resolução CONAMA 357/2005.

Considerando as características física, química e biológica dos corpos de águas, são atribuídos valores, ou padrões para aproximadamente 100 parâmetros (BRAGA, 2005). Essas características da água, refletidas pelos valores padrões dos parâmetros são originárias de solução diluída de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos e gasosos, em proporções diversas. Segundo Branco (1991), elas não devem ser consideradas separadamente, “[...] a combinação, os efeitos sinérgicos e as suas incompatibilidades dão origem a um efeito global que é realmente a condição que interfere na vida aquática e/ou no uso que se pretende fazer do recurso hídrico”. O contato dos elementos sólidos, líquidos e gasosos com a água superficial pode acontecer tanto nas etapas do ciclo hidrológico quanto no contato da água com as atividades humanas (BRANCO,1991). Essas atividades, podem ser as maiores responsáveis pelas alterações da qualidade das águas gerando poluição e/ou contaminação.

Os respectivos padrões dos parâmetros podem mudar, a depender da classe de usos da água, compreendendo até cinco classes, a depender da salinidade da água (doces, salobras e salinas), conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Usos preponderantes por classes e tipos de água superficial

Usos Preponderantes	Classes de usos				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento para consumo humano, com desinfecção	Doce	-	-	-	-
Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado	-	Doce	-	-	-
Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional	-	Salobras	Doce	Doce	-
Abastecimento para consumo humano, após tratamento avançado	-	Salobras	-	Doce	-
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Doce Salobras Salinas	Doce	-	-	-
Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral	Doce Salobras Salinas	-	-	-	-
Proteção das comunidades aquáticas	-	Salobras Salinas	Doce	-	-
Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas	-	Doce	-	-	-
Recreação de contato primário: natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/2000	-	Doce Salobra Salinas	Doce	-	-
Recreação de contato secundário	-	-	Salobras Salinas	Doce	-
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	-	Doce Salobra	-	-	-
Irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.	-	Salobra	Doce	-	-
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas	-	-	Doce	-	-
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	-	-	-	Doce	-
Aquicultura e atividade de pesca	-	Salobra Salinas	Doce	-	-
Pesca amadora	-	-	Salobras Salinas	Doce	-
Dessedentação de animais	-	-	-	Doce	-
Navegação	-	-	-	Salobras Salinas	Doce
Harmonia paisagística	-	-	-	Salobras Salinas	Doce

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Há muito tempo que os rios vêm funcionando como receptores para os esgotos sanitários, na grande maioria dos casos sem o tratamento adequado; bem como, para efluentes industriais, com diversos compostos sintéticos e metais pesados, além da contribuição da agricultura com seus pesticidas e fertilizantes (PORTO; BRANCO e LUCA, 1991). Um ambiente aquático poluído tem suas características naturais alteradas, tornando o ambiente impróprio para as populações aquáticas. Apesar de, no caso de uma contaminação as características do ambiente não serem visivelmente alteradas, o agente contaminante pode provocar danos para a saúde humana (BRANCO, 1991).

As alterações de características físicas podem provocar alterações perceptíveis aos sentidos humanos e detectáveis por parâmetros também quantificáveis tais como: cor, turbidez, odor, sólidos, temperatura, calor específico, densidade, condutividade. Os parâmetros químicos possibilitam verificar o conteúdo mineral da água, por meio dos seus íons; distinguir os poluentes, suas origens e efeitos; identificar concentrações elevadas de substâncias tóxicas; avaliar a situação e propor correção do equilíbrio bioquímico, necessário para a manutenção da vida aquática (PORTO; BRANCO e LUCA, 1991).

Para Lerman (1988) *apud* Porto; Branco e Luca (1991) a caracterização química da água pode ser avaliada da seguinte forma:

[...] pelo seu conteúdo orgânico, autóctone ou alóctone, pela sua força iônica, pela sua agressividade provocada por gases dissolvidos, pela existência de nutrientes relacionados com a produtividade primária, pela presença de micronutrientes e metais traços, pela presença ou ausência de compostos orgânicos sintéticos, tipo defensivos agrícolas, solventes, aromáticos poli nucleados, modificadores de tensão superficial, etc., e pelo seu conteúdo radioativo.

Em relação aos organismos aquáticos, estes em geral conferem as características biológicas ao ambiente aquático, podendo, por meio das atividades de nutrição, respiração, excreção, dentre outras, provocar modificações de caráter químico e ecológico. Há ainda no ambiente aquático, microrganismos que são de caráter transitório e não se reproduzem nem se alimentam no ambiente, são os patogênicos, provenientes de fontes externas características de material fecal, podendo ser de vários tipos, tais como bactérias, vírus e protozoários e helmintos (BRAGA, 2005).

O Quadro A1 no Apêndice A, destaca os parâmetros que refletem características físicas, químicas e biológicas da água, usuais para caracterizar sua qualidade. É importante lembrar que os valores padrões para os usos preponderantes estão estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, conforme já mencionado. No entanto, vale ressaltar que estes parâmetros podem gerar resultados diferentes, não apenas em função das interferências humanas no meio aquático, mas também, em função do ambiente (atmosfera, litologia, vegetação, etc.), em que o corpo de água está inserido.

2.5 ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA: UMA ALTERNATIVA PARA COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS

Os parâmetros envolvidos no monitoramento da qualidade de água são muitos, e suas características são diferentes, isso dificulta a divulgação de uma informação consolidada sobre a qualidade da água em um determinado ambiente hídrico, dado que a divulgação das informações faz parte da gestão dos recursos hídricos, preconizada pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

Uma alternativa para consolidar as informações sobre as condições qualitativas dos corpos de água surge com a agregação dos parâmetros através de um Índice de Qualidade da Água (IQA) (BRAGA, 2005), os que são bastante utilizados para este fim (BRAGA, PORTO e TUCCI, 2006). Facilitam a avaliação da qualidade da água ao longo do tempo, possibilitando a verificação da tendência de qualidade, além de permitir a comparação de diferentes corpos de água entre si (PORTO, 1991).

A tendência de qualidade pode ser verificada em relação aos diversos usos da água, a exemplo de abastecimento humano, proteção da vida aquática, áreas de águas salobras e de estuário, etc. Do mesmo modo, condições e aspectos específicos, tais como toxicidade, estado trófico, biodiversidade, etc. de um corpo d'água também podem ser inferidos por meio dos diferentes índices (VON SPERLING, 2007).

Várias metodologias têm sido desenvolvidas para a elaboração de IQAs, dentre elas a mais utilizada é a da *National Sanitation Foundation* (NSF), que foi adaptada no Brasil pela CETESB e está em uso desde a década de 70 (PORTO, 1991). Além

desse, a literatura oferece vários índices para apresentação dos resultados da qualidade da água para a sociedade, tais como: Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público – IAP; Índice do Estado Trófico – IET (CETESB, 2013); Índice de Contaminação por Tóxicos – CT (ANA, 2012); Índice de Diversidade de Espécies – R (VON SPERLING, 2007), entre outros etc.

Até o ano 2000 somente se conheciam uma variedade de fórmulas rígidas de índices, com a aplicação de pesos específicos aos seus parâmetros (AGUILERA, et al., 2001; SOLIMINI *et al.*, 2000; SAID *et al.*, 2004). Por exemplo, para inferir a qualidade da água em um corpo de água, considerando os seus usos múltiplos, a CETESB utiliza, desde 2002, vários índices específicos além do IQA-CETESB, a exemplo do IAP, Índice de Proteção da Vida Aquática - IVA e Índice de Balneabilidade - IB (CETESB, 2013), considerando assim os múltiplos usos.

Os resultados de um índice podem ser apresentados em mapas hidrográficos com escalas de cores para cada faixa de valor, após identificada a qualidade da água nos trechos dos cursos d'água, o que vai facilitar a comunicação com o público. Os resultados numéricos associados com a escala de cores também podem ser classificados qualitativamente, retratando condições que podem variar de “muito ruim” a “excelente” (VON SPERLING, 2007).

As limitações de um índice de qualidade da água devem ser sempre lembradas pelos usuários. Entre essas, incluem perda de informação sobre os parâmetros individuais e perda de informação sobre as interações entre os parâmetros, mascarando a multiplicidade de condições que ocorrem no ecossistema aquático (ZANDBERGEN e HALL, 1998; VON SPERLING, 2007). Além disso, pelo fato dos dados de qualidade ser sempre agregados, os índices normalmente não vão mostrar o efeito de poluição pontuais, e outros tais eventos aleatórios e transitórios, a menos que estes sejam relativamente frequentes ou de longa duração que possam estar presente numa série longa do monitoramento (CCME, 2001b).

Em virtude disso, os índices, para serem utilizados na gestão, devem estar associados à avaliação individualizada de cada um de seus parâmetros, ou seja, estes devem ser empregados como complementos da avaliação individualizada, o que pode ser de grande utilidade. Vale ressaltar que os índices de qualidade de água não se constituem em instrumento de avaliação estabelecido pela legislação ambiental e de recursos hídricos mas sim em instrumento de comunicação para a sociedade sobre

as condições de qualidade de água dos corpos d'água (VON SPERLING, 2007). A seguir serão apresentados os métodos de cálculo dos índices que serão utilizados neste trabalho, o IQA-CETESB e o IQA-CCME.

2.5.1 IQA-CETESB

O Índice de Qualidade das Águas criado pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos em 1970, com a designação *Water Quality Index* (WQI) (PORTO, 1991), é o mais conhecido e aceito dos IQAs. O WQI vem sofrendo adaptações nas mais diferentes regiões do globo (JONNALAGADDA e MHERE, 2001).

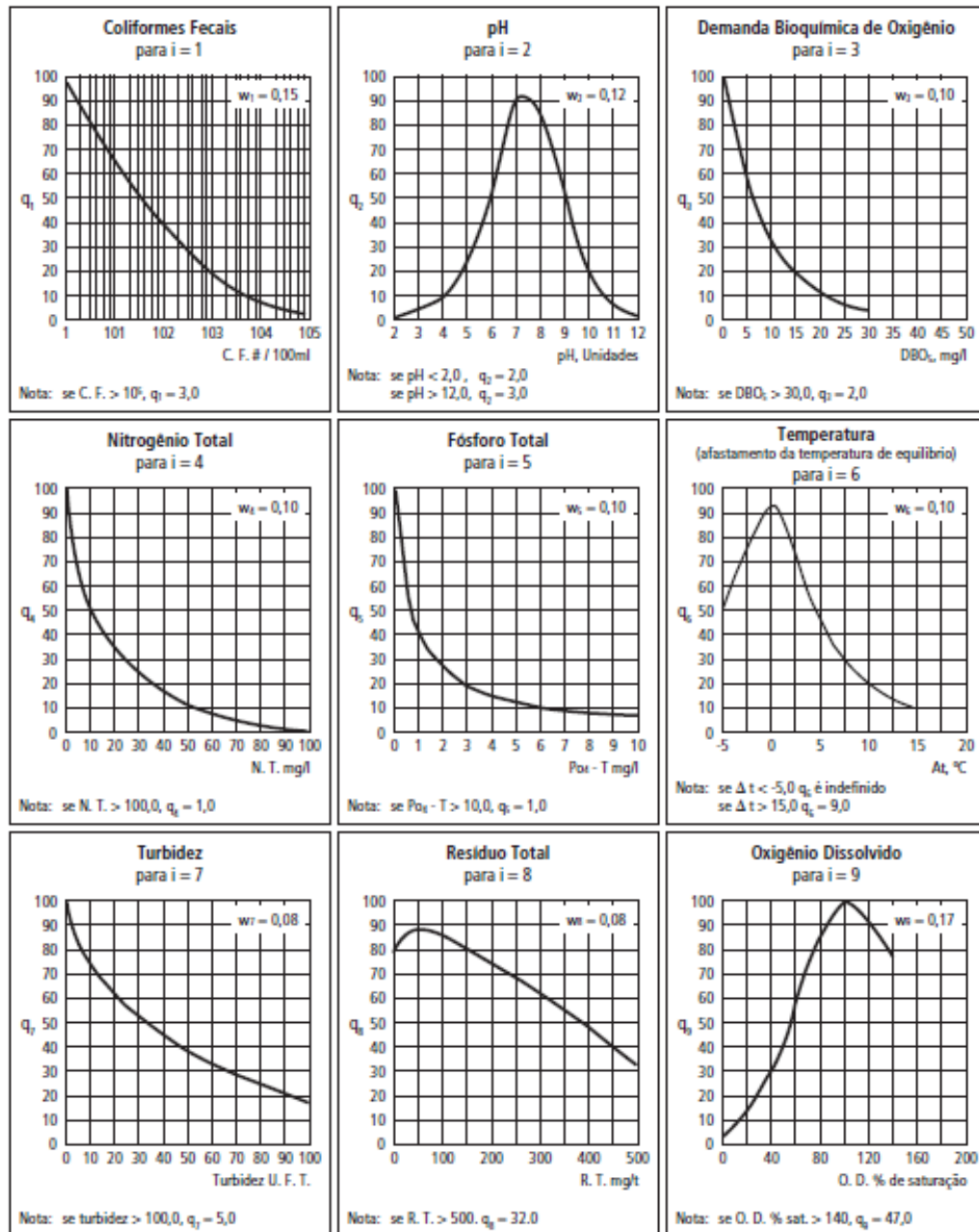
No Brasil, o *WQI-NSF* foi adaptado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB e iniciado seu uso em 1975 (PORTO 1991), com a designação de IQA, aqui denominado de IQA-CETESB. Esse índice vem sendo utilizado por pesquisadores e órgãos ambientais como ferramenta de avaliação da qualidade das águas para consumo humano (DIAS, OLIVEIRA e RIBEIRO, 2003; ALMEIDA E SCHWARZBOLD, 2003).

Os parâmetros que compõem o IQA-CETESB são nove: oxigênio dissolvido; coliforme termotolerantes ou *Escherichia coli*; pH; demanda bioquímica de oxigênio; temperatura da água; nitrogênio total; fósforo total; turbidez e resíduo total (ANA, 2012). Para aplicação do IQA-CETESB é necessário que estes parâmetros sejam analisados apenas em uma única campanha (INGÁ, 2008a).

Todos os parâmetros possuem seus respectivos pesos (w) ou grau de importância que foram fixados em função da relevância para a conformação global da qualidade da água, identificado a partir da opinião de especialistas que participaram do painel *Delphi*, organizado com este fim (ANA, 2012).

Para o cálculo do IQA-CETESB foi também indicado, a partir da opinião de especialistas, as curvas de variação da qualidade da água para cada parâmetro (Figura 1).

Figura 1 – Curvas de qualidade dos parâmetros do IQA-CETESB.



Fonte: CETESB (2013)

Por meio de um produtório ponderado da nota de qualidade de água, dos correspondentes parâmetros que compõem o índice, se obtém o resultado final do IQA-CETESB, conforme demonstrado por sua fórmula (CETESB, 2013).

Fórmula do IQA-CETESB:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

IQA – Índice de Qualidade das Águas (entre 0 e 100);

q_i – qualidade do i -ésimo parâmetro, obtido na curva de variação de qualidade de cada parâmetro, em função da concentração ou medida (entre 0 e 100);

w_i – peso correspondente do i -ésimo parâmetro, atribuído em função da importância para conformação global de qualidade (entre 0 e 1);

n – número de parâmetros do IQA (9);

A qualidade da água bruta refletida nos resultados do IQA-CETESB varia em uma escala de 0 a 100 e é definida em classes, também sinalizadas por cores conforme demonstrado no Quadro 2 (CETESB, 2013).

Quadro 2 – Escala de classificação por cores e ponderação.

Classes/Cores	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2013)

ANA (2012) e CETESB (2013) ressaltam que o IQA-CETESB apresenta limitações, por não incorporar vários parâmetros importantes para o abastecimento público tais como: substâncias tóxicas, a exemplo de metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos com potencial mutagênico; substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água e potencial de formação de trihalometanos. O IQA-CETESB reflete a contaminação por esgoto sanitário (ANA, 2012; CETESB, 2013).

2.5.2 IQA-CCME

Este índice de qualidade da água foi proposto pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME) em 2001, através do trabalho da subcomissão técnica formada por dois grupos, *Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) Water Quality Guidelines Task Group* em cooperação com o *CCME State of the Environment Task Group*. O desenvolvimento desse índice se deu a partir da análise

dos diferentes índices utilizados nas jurisdições e instituições no Canadá, com o intuito de simplificar os relatórios de qualidade da água deste país (CCME, 2001a).

A metodologia matemática de aplicação do IQA-CCME é estatística, baseada na frequência das falhas relativas às condições de qualidade da água, indicadas pela legislação vigente, através dos padrões de qualidade da água. O IQA-CCME, além de ser flexível no que diz respeito ao tipo e número máximo de parâmetros de qualidade da água a ser analisado, também é flexível quanto ao período de aplicação e o tipo do corpo de água, sendo recomendado o mínimo de quatro parâmetros, monitorados pelo menos em quatro campanhas de amostragem, podendo ser aplicado para rios, lagos ou fluxos. O julgamento do profissional responsável pelo monitoramento, ou do usuário, é essencial na determinação de quais e quantos parâmetros, devem ser incluídos no cálculo do índice para melhor resumir a qualidade da água em uma determinada região (CCME, 2001b). O corpo de água em que o índice será aplicado pode ser definido por um ponto ou por um número de pontos diferentes. Por exemplo, diferentes pontos ao longo de um lago. Os pontos individuais funcionam bem somente se houver dados suficientes disponíveis. Quanto mais pontos forem utilizados, mais geral serão as conclusões (CCME, 2001b). O período de tempo escolhido dependerá da quantidade de dados disponíveis e os requisitos de comunicação estabelecidos. Frequentemente, um período mínimo de um ano é utilizado porque os dados são normalmente coletados para refletir este período (mensal ou trimestral). Os dados de anos diferentes podem ser combinados, especialmente quando o monitoramento em certos anos é incompleto (CCME, 2001b).

O IQA-CCME pode ser usado para a identificação de alterações ao longo do tempo e para comparações entre os corpos de água. Se for utilizado para a última finalidade, deve se assegurar uma base válida de informações para tal comparação. Diferentes corpos de água podem ser diretamente comparados somente se parâmetros e os objetivos forem os mesmos (CCME, 2001a). Dessa forma, a utilização do IQA-CCME torna-se favorável nas diferentes regiões e respectivas condições locais. Espera-se, entretanto, que os parâmetros escolhidos forneçam informações relevantes sobre um determinado corpo de água. Logo, antes de o índice ser calculado, o corpo de água, período de tempo, os parâmetros e objetivos precisam ser adequadamente definidos (CCME, 2001a).

Depois que o corpo de água, o período de tempo de monitoramento, os objetivos e os parâmetros forem definidos, o IQA-CCME deve ser calculado conforme sua proposta metodológica, baseada em uma fórmula desenvolvida pela *British Columbia Ministry of Environment, Landsand Parks* e modificada por *Alberta Environment*. Essa fórmula incorpora três fatores, designados como: Alcance (F1); Frequência (F2) e Amplitude (F3). O Alcance é o percentual de parâmetros de qualidade da água não conformes com os respectivos padrões, pelo menos uma vez durante o período de tempo monitorado; a Frequência é o percentual de padrões que foram violados; e a Amplitude é o valor pelo qual os padrões foram violados, para mais quando o padrão exigir um valor máximo permitido ou para menos quando o padrão exigir um valor mínimo permitido.

A aplicação da fórmula produz um número entre 0 (pior qualidade de água) e 100 (melhor qualidade de água). Essa faixa 0 – 100 está dividida em cinco categorias descritivas para simplificar a apresentação (CCME, 2001b). Os cálculos do Alcance (F1) e da Frequência (F2) são relativamente simples, porém a Amplitude (F3) exige alguns passos adicionais, conforme é visto a seguir.

a) Cálculo do Alcance (F1)

O Alcance (F1) representa a porcentagem de parâmetros em não conformidade com os seus padrões, pelo menos uma vez durante o período de tempo considerado, em relação ao número total de parâmetros medidos (CCME, 2001b):

$$F1 = \frac{N^{\circ} \text{ de parâmetros não conformes}}{N^{\circ} \text{ total de parâmetros}} \times 100$$

b) Cálculo da Frequência (F2)

A Frequência (F2) representa a porcentagem de análises individuais que não atendem aos padrões estabelecidos para seus parâmetros (CCME, 2001b):

$$F2 = \frac{N^{\circ} \text{ de análises não conformes}}{N^{\circ} \text{ total de análises}} \times 100$$

c) Cálculo da Amplitude (F3):

A Amplitude (F3) representa o valor pelo qual a quantidade de análises não conformes não alcançaram o padrão estabelecido para seus respectivos parâmetros, e é calculada em três passos: discrepâncias (Δ); soma normalizada das discrepâncias ($\sum_n \Delta$), e por fim o cálculo da amplitude (CCME, 2001b).

— Cálculo das discrepâncias (Δ) – O valor, através do qual uma concentração individual é maior do que o valor padrão do seu parâmetro (ou menor que, quando o padrão é um mínimo), é denominada "Discrepância", e é expressa como se segue (CCME, 2001b):

- Quando o valor da análise não deve exceder o padrão, mas isto acontece:

$$Discrepância_i = \left(\frac{\text{Valor da análise não conforme}_i}{Padrão_i} \right) - 1$$

- para os casos em que o valor da análise não deve ser inferior ao padrão, mas isto acontece:

$$Discrepância_j = \left(\frac{Padrão_j}{\text{Valor da análise não conforme}_j} \right) - 1$$

— Cálculo da soma normalizada das discrepâncias ($\sum_n \Delta$) – A quantidade coletiva das análises individuais não conformes é calculada somando-se as discrepâncias das análises individuais com relação aos padrões estabelecidos dividindo o resultado pelo número total de análises. Essa variável, chamada de soma normalizada das discrepâncias ($\sum_n \Delta$), é calculada da seguinte forma (CCME, 2001b):

$$\sum_n \Delta = \sum_{i=1}^n \frac{Discrepância_i}{N^{\circ} \text{ total de análises}}$$

O F3 é então calculado por uma função assintótica, a qual escalona a soma normalizada das discrepâncias ($\sum_n \Delta$), para se obter uma variação entre 0 e 100 (CCME, 2001b).

$$F3 = \left(\frac{\sum_n \Delta}{0,01 * \sum_n \Delta + 0,01} \right)$$

d) Cálculo do IQA-CCME

Após o cálculo dos três fatores (F1, F2 e F3) mostrados anteriormente, o índice é calculado pela soma desses fatores como se fossem vetores, ou seja, a soma dos quadrados de cada fator é, por conseguinte, igual ao quadrado do índice. Esta abordagem trata o índice como um espaço tridimensional definido por cada um dos fatores ao longo de um eixo. Com este modelo, as mudanças no índice ocorrerão em proporção direta com alterações em todos os três fatores (CCME, 2001b).

$$IQA - CCME = 100 - \left[\frac{\sqrt{(F1)^2 + (F2)^2 + (F3)^2}}{1,732} \right]$$

O fator 1,732, matematicamente igual a $\sqrt{3}$, foi introduzido para dimensionar o índice entre 0 e 100, uma vez que os fatores individuais do IQA-CCME podem chegar até 100, fazendo com que o comprimento do vetor possa chegar a 173,2 (LUMB; HALLIWELL; SHARMA, 2006).

Os valores calculados são divididos em cinco categorias descritivas, conforme mostrado na Quadro 3. A descrição das categorias na metodologia do IQA-CCME trata de “condições naturais” da água, como esse índice pode ser aplicado para verificar se as condições de qualidade da água monitorada atende a determinadas condições pré-estabelecidas, a depender do uso pretendido para a água, modificou-se a descrição das categorias.

Quadro 3 – Escala de Categorias do IQA-CCME.

Categoria	Faixa de valor	Condições de qualidade para o uso pretendido da água.
Excelente	95 – 100	Alcançadas durante todo o tempo.
Bom	80 – 94	Esporadicamente se afastam.
Mediana	65 – 79	Eventualmente se afastam.
Marginal	45 – 64	Frequentemente se afastam.
Ruim	0 – 44	Sempre ou quase sempre se afastam.

Fonte: Adaptado pela autora do CCME, 2001a

Dentre os vários índices em uso para informar a qualidade das águas, o IQA-CCME se mostra como um dos mais flexíveis pela possibilidade de escolha dos parâmetros a ser analisados conforme o objetivo do monitoramento e considerando as possíveis contaminações inferidas pelo uso do solo e da água, observados no corpo hídrico avaliado. As limitações dos outros índices pela rigidez quanto ao número e tipo de parâmetros, podem ser superadas utilizando-se o IQA-CCME, que, continua compilando o resultado de vários parâmetros em um único número (KHAN F. et al.; 2003; KHAN A. A. et al. 2005; LUMB et al., 2006).

2.5.2.1 Aplicação do IQA-CCME no Brasil

Os trabalhos realizados no Brasil utilizando o IQA-CCME, verificaram em geral a sua aplicabilidade utilizando os parâmetros e padrões das normas vigentes. Alguns compararam o IQA-CCME a outros índices, a exemplo do IQA-CETESB, sendo que a comparação baseou-se apenas nos resultados finais dos índices.

Marques et al. (2007) compararam o IQA-CCME com o IQA-CETESB e o IGQA-Sabesp, e concluíram que o IQA-CCME pode atender tanto as necessidades de avaliação da qualidade das águas de mananciais, bem como as necessidades de controle da água destinada ao consumo humano. Utilizou *scores* para fazer a comparação entre os resultados dos índices, considerando padrões correspondentes aos parâmetros IQA-CETESB e o IGQA-Sabesp, estabelecidos pelas normas nacionais, a Portaria Ministério da Saúde (MS) nº 518/04 (revogada pela Portaria MS 2.914/2011) e Resolução CONAMA 357/05. Recomendou a associação de um sistema de cores às classes do IQA-CCME, posteriormente proposta por Oliveira et al. (2012).

Almeida (2007) utilizou diferentes estratégias na análise da qualidade da água do Rio Cuiabá, onde aumentou o número de parâmetros para a aplicação do IQA-CCME em cada uma destas estratégias, para posterior comparação ao WQI-NSF. A estratégia 1 corresponde ao cálculo do WQI-NSF, e as demais ao cálculo do IQA-CCME aumentando o número de parâmetros em 7, 9 e 11. Foi constatado que quando o número de parâmetros e critérios de qualidade é menor ou igual aos nove parâmetros de qualidade utilizados no IQA-NSF, o método CCME superestima os

valores de IQA, em relação aos valores calculados pelo método NSF. Quando o número de parâmetros e critérios aumenta em relação aos nove utilizados no método NSF ocorre o efeito contrário, ou seja, a magnitude do IQA-CCME decresce em relação aos valores calculados através do IQA-NSF. O autor concluiu que o método proposto pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* pode ser utilizado para resolver os problemas de não uniformidade no cálculo de IQA nos programas de monitoramento e águas superficiais no Brasil, e pode ser utilizado para determinar IQA para diferentes usos.

Correia et al. (2011) verificaram a conformidade do enquadramento do Rio Japarutuba. Constataram que os valores obtidos no cálculo de qualidade da água com o IQA-CCME, mostraram que as amostras dos pontos de coleta escolhidos apresentaram boa aderência ao enquadramento proposto.

Oliveira et al. (2012) aplicou o IQA-CCME na avaliação da qualidade de águas subterrâneas e comparou com um índice desenvolvido para águas subterrâneas, o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas (IQNAS). Foi constatada a convergência entre os dois índices, mas os autores indicaram a necessidade de adequação do IQA-CCME para águas subterrâneas.

2.5.2.2 Aplicação do IQA-CCME no Canadá

Lumb, Halliwell e Sharma (2006) utilizaram o IQA-CCME para monitorar alterações na qualidade da água em cinco locais no *Mackenzie-Great Bear Sub-basin*, que é a maior das seis sub-bacias dentro da bacia do rio *Mackenzie, Northwest Territories (NT)*, Canadá. O monitoramento avaliou a água para diferentes objetivos, os quais os autores chamaram de protocolos. Os protocolos agregaram parâmetros de interesse ao seu objetivo, a exemplo do protocolo para uso geral, do protocolo para água potável e do protocolo para a vida aquática de água doce, etc. Os autores demonstraram que o uso de diferentes protocolos no cálculo do IQA-CCME e, análises de sensibilidade para avaliar a qualidade da água, fez identificar os parâmetros problemáticos que podiam estar contribuindo para a redução dos valores do IQA CCME. Os autores enfatizaram que essa informação pode ser de grande valor para os fornecedores de água, os usuários de água, os órgãos públicos e a comunidade

científica. Os respectivos parâmetros desses protocolos, utilizados para avaliar a qualidade da água na *Mackenzie-Great Bear Sub-basin* estão indicados no Quadro 4.

Quadro 4 – Parâmetros dos protocolos para os diferentes usos

Parâmetros para os Protocolos		
Uso Geral	Uso Potável	Vida Aquática
arsênio	-	-
alumínio	alumínio	alumínio
amônia	amônia	amônia
bário	-	-
berílio	-	-
cádmio	-	-
cálcio	-	-
chumbo	chumbo	chumbo
cianeto	-	-
cloreto	cloretos	cloretos
cobre	cobre	cobre
cor verdadeira	cor verdadeira	cor verdadeira
ferro	-	-
fluoreto	-	-
lítio	-	-
manganês	-	-
molibdênio	-	-
nitrato	nitrato	-
nitrito	nitrito	-
níquel	-	-
pH	pH	pH
prata	-	-
sódio	-	-
sólidos totais dissolvidos	sólidos dissolvidos totais	sólidos dissolvidos totais
sulfato	sulfatos	sulfatos
selênio	-	-
temperatura	temperatura	temperatura
turbidez	turbidez	turbidez
vanádio	-	-
zinco	zinco	zinco

Fonte: Adaptado de Lumb, Halliwell e Sharma (2006)

O CCME (2004) aplicou o IQA-CCME em 25 corpos de água (20 rios, 2 riachos, 2 estuários e 1 lago) em quatro províncias do Atlântico do Canada. Os corpos de água apresentavam diferentes condições, uns com águas cristalinas; outros em regiões urbanas desenvolvidas; e outros afetados por atividades industriais, agricultura ou silvicultura. A aplicação foi baseada em parâmetros mais comumente medidos e baseados nos objectivos de qualidade da água específicos para o local ou orientações nacionais. Esses objetivos levam em conta as condições naturais e as metas de gestão para cada local. Dessa forma o índice torna-se uma ferramenta de

comunicação mais efetiva que avalia se a qualidade da água atingiu um estado desejado ou se se afasta das condições naturais, ao invés de ser uma metodologia que indica apenas o estado geral da qualidade da água.

2.6 PROGRAMA MONITORA

O Programa Monitora, coordenado atualmente pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), tem dentre os seus objetivos a avaliação da evolução espacial e temporal da qualidade das águas para os diferentes fins, e o estabelecimento de correlação das condições qualitativas com usos e ocupações do solo nas diferentes bacias. O monitoramento realizado em rios das Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGAs) do Estado da Bahia utiliza índices de qualidade de água como estratégia para facilitar a divulgação dos vários parâmetros analisados, resumindo os resultados em um único valor (INEMA, 2008).

O monitoramento nos anos de 2008 a 2010 foi coordenado pelo Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ) e executado em parceria com a Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB), por meio da Área de Meio Ambiente (AMA) e Metrologia Química e Volumétrica (MQV), do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) (BAHIA, 2008). Em 2011 o monitoramento realizado em duas campanhas foi coordenado pelo INEMA e executado por sua Coordenação de Monitoramento de Recursos Ambientais e Hídricos (COMON). Os últimos relatórios divulgados até o momento foram os relatórios das campanhas realizadas em 2011.

A RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe foi uma das RPGAs que teve a qualidade das suas águas monitoradas pelo Programa Monitora. Esse monitoramento aconteceu em Bacias Hidrográficas consideradas as mais expressivas (considerando seu uso e ocupação do solo) desta região, tais como: bacia do rio Inhambupe, bacia do rio Subaúma, bacia do rio São Paulo, bacia do rio Sauípe, bacia do rio Imbassaí, bacia do rio Pojuca, bacia do rio Subaé, bacia do rio Jacuípe e a bacia do rio Joanes (INGÁ, 2008a). Essa última, com marcantes atividades industriais, a exemplo do Polo Industrial de Camaçari, Complexo Petroquímico de Camaçari, Centro Industrial de Aratu – CIA, polo automotivo, exploração e refino de petróleo, etc., foi escolhida como caso de estudo deste trabalho de pesquisa. Além disso, foi considerado o conjunto de

dados disponíveis, a diversidade de atividades existentes na bacia, e ainda a importância para o abastecimento público e industrial de Salvador e região metropolitana. Assim sendo, a bacia do rio Joanes foi considerada adequada para o alcance dos objetivos deste estudo.

2.6.1 Classes de uso da água consideradas na bacia do rio Joanes

O Programa Monitora avaliou a qualidade das águas da bacia do rio Joanes, realizando, quatro campanhas de monitoramento nos primeiros dois anos, em 2008 e 2009, e duas campanhas nos dois últimos anos, 2010 e 2011, até o momento. Foram contemplados, em média, 16 pontos de amostragens, conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Número de pontos monitorados na bacia do rio Joanes

Ano	Nº de Pontos Monitorados
2008	24
2009	15
2010	13
2011	13
MÉDIA	16

Fonte: Autora

No monitoramento consideraram-se os parâmetros físicos e químicos que indicam presença para nutrientes orgânicos e inorgânicos, metais e pesticidas e indicadores da presença de microrganismos (parâmetros biológicos), totalizando 85 parâmetros, conforme Quadro 6. Quanto ao monitoramento a análise dos parâmetros relacionados nesse quadro, não apresentaram regularidade entre as campanhas; e, 48 dos 85 parâmetros não tem padrão de referência estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (INGÁ, 2008b, 2009a, 2010a, 2010b; INEMA 2011a, 2011b).

Quadro 6 – Parâmetros no monitoramento da bacia do rio Joanes

Nº	Físico-Químicos	Metais	Nutrientes	Orgânicos	Pesticidas	Biológicos
1	Alcalinidade total	Alumínio (Al) solúvel	Fósforo total	Bromodicloro-metano	Aldrin	Coliformes termotolerantes
2	Carbono orgânico total	Arsênio total	Nitrogênio Nitrito	Bromofórmio	Alfa-BHC	<i>Clostridium perfringens</i>
3	Condutividade	Bário (Ba) total	Nitrogênio Nitrato	Óleos e graxas	Beta-BHC	Clorofila <i>a</i>
4	Cloreto	Cádmio (Cd) total	Nitrogênio amoniacal	Índice de fenóis	Clordano (alfa + gama)	Cianobactéria
5	Cianeto Livre	Cobre (Cu) solúvel	Nitrogênio orgânico	Surfactantes	DDT	-
6	Cianeto Total	Cromo (VI)	Nitrogênio Kjeldahl	Dibromocloro-metano	Diazinon	-
7	DBO	Cromo (Cr) total	Nitrogênio total	Clorofórmio	Disulfoton	-
8	DQO	Chumbo total	Ortofosfato solúvel	Potencial de Formação THM	Demeton	-
9	Fluoreto	Estanho (Sn) total	Ortofosfato total	-	Dieldrin	-
10	Oxigênio dissolvido	Ferro (Fe) solúvel	-	-	DDE	-
11	pH	Ferro total	-	-	DDD	-
12	Salinidade	Manganês total	-	-	Delta-BHC	-
13	Sólidos em suspensão	Mercúrio total	-	-	Etion	-
14	Sólidos totais	Níquel (Ni) total	-	-	Endrin	-
15	STD-Sólidos totais dissolvidos	Prata (Ag) total	-	-	Endrin Aldeído	-
16	Sulfetos	Potássio total	-	-	Endosulfan Sulfato	-
17	Sulfato	Sódio total	-	-	Endosulfan-II	-
18	Temperatura	Zinco (Zn) total	-	-	Endosulfan-I	-
19	Turbidez	-	-	-	Heptacloro	-
20	-	-	-	-	Heptacloro epoxido	-
21	-	-	-	-	Hexaclorobenzeno	-
22	-	-	-	-	Lindano	-
23	-	-	-	-	Malation	-
24	-	-	-	-	Metil Paration	-
25	-	-	-	-	Metoxicloro	-
26	-	-	-	-	Paration	-
27	-	-	-	-	Toxafeno	-
T	19	18	9	8	27	4
T= Total = 85 Parâmetros						

Fonte: Autora.

Os resultados obtidos foram comparados aos padrões para as águas doces e salobras da Resolução CONAMA n.º. 357/2005. Para as águas doces e a para a maioria dos pontos onde o parâmetro salinidade indicou que a água era salobra foi considerada a classe 2, apenas dois pontos de águas salobras na 1ª campanha de

2010 tiveram as águas analisadas em relação à classe 1, como se pode observar no Quadro 7 (INGÁ, 2008b, 2009a, 2010a, 2010b; INEMA 2011a, 2011b).

Quadro 7 – Classes de usos no monitoramento da bacia do rio Joanes

Ano	Campanha	Período	Salinidade	Classe	Observação
2008	1 ^a	23 e 25/01/08	Doce	2	Salinidade não foi analisada
	2 ^a	11/06 - 24/07/08	Doce	2	-
			Salobra	2	RCN-JOA-900
	3 ^a	22 e 26/09/08	Doce	2	-
			Salobra	2	RCN-JOA-600 e 900
	4 ^a	04 - 18/11/08	Doce	2	-
Salobra			2	RCN-JOA-600 e 900	
2009	1 ^a	05 - 09/01/09	Doce	2	-
			Salobra	2	RCN-JOA-600 e 900
	2 ^a	30/03 - 07/04/09	Doce	2	-
			Salobra	2	RCN-JOA-600 e 900
	3 ^a	29/06 - 03/07/09	Doce	2	-
			Salobra	2	RCN-JOA-900
4 ^a	21/09 - 25/09/09	Doce	2	-	
		Salobra	2	RCN-JOA-600 e 900	
2010	1 ^a	04 - 08/01/10	Doce	2	-
			Salobra	1	RCN-JOA-600 e 900
2 ^a	19 - 29/04/10	Doce	2	-	
2011	1 ^a	26/07 - 22/08/11	Doce	2	Salinidade não foi analisada
	2 ^a	01/11/11 - 20/01/12	Doce	2	Salinidade não foi analisada.

Fonte: Adaptado de INGÁ (2008b, 2009a, 2010a, 2010b) & INEMA (2011a, 2011b).

A Resolução CONAMA n°. 357/05 estabelece em seu Art. 42 que enquanto os respectivos enquadramentos não estiverem aprovados, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras, classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, neste caso a aplicação da classe deve ser a mais rigorosa correspondente (BRASIL, 2005).

É importante salientar que em 2009 o Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ), órgão gestor das águas nesta época, elaborou, a pedido do setor da construção civil, a proposta de enquadramento transitório das águas da bacia do rio Joanes INGÁ (2009b). A Resolução CONERH N° 053/2009 aprovou o enquadramento transitório dos corpos de água da Bacia do Rio Joanes, resultando em determinados trechos do rio Joanes enquadrados transitoriamente nas classe 2 e 3 – águas doces; determinado trecho do rio Petecada como classe 2 – águas doces; determinado trecho do rio Camaçari como classe 3 – águas doces; determinado trecho do rio Muriqueira

como classe 2 – águas doces e determinados trechos do rio Ipitanga como classe 2 e 3 – águas doces (BAHIA, 2009b).

2.6.2 Índices de Qualidade de Água utilizados na bacia do rio Joanes

O programa Monitora utiliza índices de qualidade da água para comunicar esta informação o público, reduzindo o número representativos de parâmetros de qualidade. Segundo INEMA (2014) a utilização de índices “facilita a interpretação de extensas listas de variáveis e gera informação acessível ao público”. Desse modo, dá suporte à avaliação rápida de mudanças na qualidade ambiental ao longo do tempo, permitindo a comparação simplificada das condições ambientais entre as diferentes bacias hidrográficas e servindo de instrumento à gestão dos recursos hídricos (INEMA, 2014).

Os índices utilizados para avaliar e comunicar a qualidade das águas na bacia do rio Joanes, foram: IQA-CETESB; IET; CT e o IAP, conforme demonstrado no Quadro 8. O IQA-CETESB foi o único índice utilizado em todas as campanhas de monitoramento (INGÁ, 2008b, 2009a, 2010a, 2010b; INEMA 2011a, 2011b).

Quadro 8 – Índices utilizados na bacia do rio Joanes

Ano	2008				2009				2010		2011	
Campanha	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
Índices	Utilização											
IQA												
IET												
CT												
IAP												

Fonte: Adaptado de INGÁ (2008b, 2009a, 2010a, 2010b) & INEMA (2011a, 2011b).

Embora tenha sido utilizado em todas as campanhas de monitoramento, o IQA-CETESB no Programa Monitora, tanto o INEMA como a FIEB/SENAI, que executou o Programa, complementaram esta informação com os índices IET, CT e IAP, considerando que esse índice possui limitações devido a não incorporação no cálculo, de outros contaminantes que podem afetar a qualidade da água. Outras limitações do IQA-CETESB referem-se à fixação de parâmetros envolvidos no cálculo do índice, a impossibilidade de não se considerar as condições típicas de usos e ocupação do

solo; as características individuais de cada corpo hídrico; outras fontes de poluição que variam de região para região, além de estar destinado para o abastecimento público (INGÁ, 2008a).

Mesmo sendo utilizado com exclusividade para abastecimento público, em função do número restrito e tipo de parâmetros, o IQA pode não apresentar um resultado apropriado para este fim. Em 2008 o resultado do IQA para as amostras do rio Ipitanga e rio Cabuçu, nos pontos RCN-IPT-500 e RCN-IPT-100, apresentou classificação “ótima”. Porém, ambas as águas apresentaram um resultado em não conformidade para cianobactérias, tornando desta forma, inadequada a utilização da água para consumo, até a confirmação da recuperação do corpo hídrico (INGÁ, 2008b).

Portanto os demais índices (CT, IAP e IET) complementaram as informações da condição da qualidade da água transmitida pelo IQA-CETESB por agregarem outros parâmetros além daqueles considerados no IQA-CETESB, conforme se pode observar no Quadro 9.

Quadro 9 – Parâmetros dos IQAs utilizados na bacia do rio Joanes

Índices de Qualidade	Parâmetros de Qualidade
IQA	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Escherichia coli ou Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez.
IAP	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Escherichia coli ou Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais, Turbidez, Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre, Zinco, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio, Potencial de Formação de Trihalometanos, Densidade de Cianobactérias (Ambiente Lêntico) e Níquel.
IET	Clorofila a e Fósforo Total.
CT	Cobre total, Cobre dissolvido, Zinco total, Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, Cromo hexavalente, Mercúrio total, Amônia, Arsênio total, Bário total, Cianeto livres, Fenóis totais, Nitrito e Nitratos.

Fonte: Adaptado de CETESB (2012)

Mesmo agregando outros parâmetros dos 85 parâmetros em geral monitorados, 55 deles jamais foram utilizados na avaliação de qualidade das águas e apenas 30 foram utilizados na aplicação de todos os índices. Dentre eles parâmetros, alguns são utilizados em mais de um índice, conforme Quadro 9.

Depreende-se então que esses índices, além de necessitarem de uma quantidade limitada de parâmetros, também apresentam objetivos específicos e,

isoladamente não contribuem para avaliar a evolução ou manutenção da qualidade das águas em relação às classes estabelecidas para o enquadramento, conforme proposto pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho compreendeu as seguintes etapas: i) diagnóstico dos aspectos físicos e hidrográficos da bacia do rio Joanes; ii) investigação do uso do solo e da água na bacia, com base em dados da literatura afim de analisar se os parâmetros escolhidos pelo Programa Monitora contribuem para um monitoramento eficaz; considerando as fontes de poluição, além da verificação da condição de qualidade para o uso pretendido iii) proposição de novo método de agregação dos dados de monitoramento para calcular o IQA-CCME; iv) análise comparativa das escalas de qualidade do IQA-CCME com o IQA-CETESB; v) aplicação do IQA-CCME na área de estudo; vi) análise dos fatores do IQA CCME, F1, F2 e F3; sendo (F1), percentual de parâmetros não-conformes; (F2), percentual de análises não-conformes e (F3) a amplitude e comparação dos fatores ao resultado final do IQA-CCME; vii) comparação entre o resultado do IQA-CCME com o resultado do IQA-CETESB, calculado anteriormente pelo Programa, para conclusão do trabalho de pesquisa.

3.1 DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIO JOANES

Para fazer o diagnóstico da bacia do rio Joanes foram consultados documentos públicos, gerados dos resultados de estudos realizados nesta bacia, e também os relatórios do Programa Monitora (SEMARH, 2004, 2005; INGÁ, 2008b, 2009a, 2010a, 2010b; INEMA 2011a, 2011b).

3.2 USO DO SOLO E DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JOANES

Para verificar os usos da água na bacia do rio Joanes foi feita uma pesquisa na Coordenação de Tecnologia da Informação e Comunicação (COTIC) do INEMA, onde se levantou as outorgas emitidas e vigentes (APÊNDICE B). Posteriormente, os dados foram complementados com pesquisa realizada no Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental (GEOBAHIA, 2014).

Os relatórios do Programa Monitora também serviram de base para o levantamento dos usos da água, do solo e de outros aspectos que podem interferir na qualidade das águas da bacia. Essas informações são provenientes de observações realizadas no entorno dos pontos de amostragem durante as campanhas de monitoramento do Programa Monitora na bacia do rio Joanes, no período de 2008 a 2010 (INGÁ, 2008b, 2009a, 2010a, 2010b)

O levantamento dos usos do solo e da água, e dos aspectos que podem causar impactos negativos na qualidade nos corpos hídricos auxilia na análise dos resultados, porque permite relacionar aspectos, atividades e usos aos resultados dos parâmetros analisados para identificação das possíveis fontes de contaminação e poluição, responsáveis por alterar a qualidade das águas.

3.3 PROPOSIÇÃO DE NOVO MÉTODO DE AGREGAÇÃO DOS DADOS DE MONITORAMENTO PARA CÁLCULO DO IQA-CCME

A bacia do rio Joanes tem as águas do seu rio principal e principais afluentes monitoradas, no âmbito do Programa Monitora. A regularidade nesse monitoramento, no período de 2008 a 2011, período utilizado por este estudo, foi mantida em 13 pontos dos 16 pontos amostrados, em média.

A forma de aplicação do índice IQA-CCME depende da análise de um mínimo de quatro parâmetros obtidos em pelo menos quatro campanhas de amostragem, entretanto ao se utilizar dados secundários onde não está garantida a regularidade das campanhas, ou, da obtenção dos mesmos parâmetros, se é obrigatório dispensar muitos parâmetros que foram analisados em um número de campanhas inferior a quatro.

Caso o IQA-CCME fosse aplicado a cada ano, nas quatro campanhas anuais de monitoramento, e, tomando como exemplo os parâmetros analisados no curso principal da bacia do rio Joanes, o Quadro 10 mostra que apenas 8 parâmetros (sinalizados em cinza) seriam utilizados e 40 seriam dispensados,

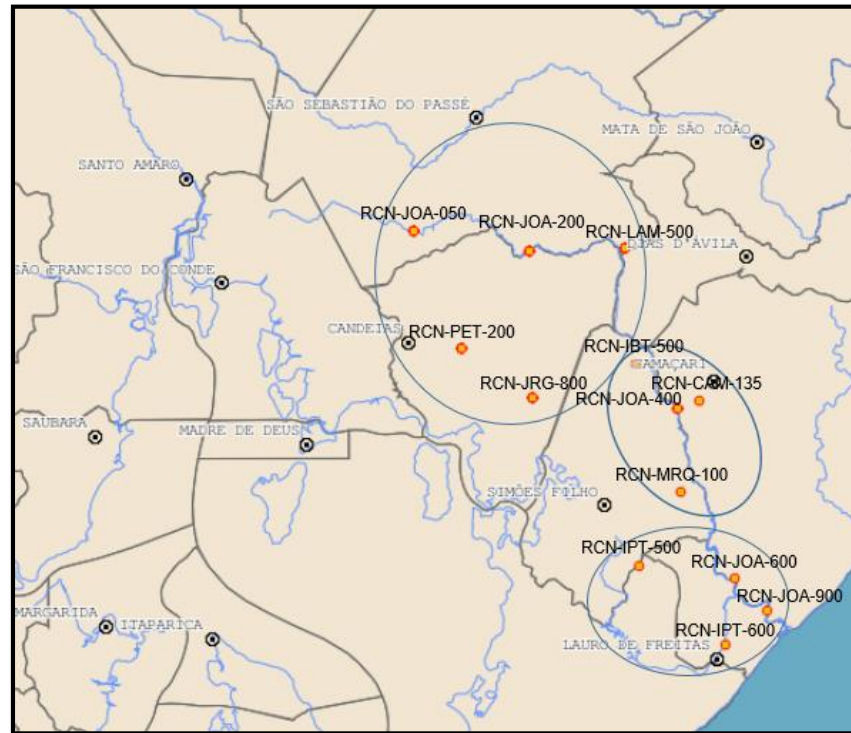
Por outro lado, a metodologia do IQA-CCME também propõe que se agreguem dados de anos diferentes. No caso em estudo, se fosse considerado o período de 2008 a 2011 para aplicar o IQA-CCME, poderia haver aproveitamento de uma quantidade maior de parâmetros, no entanto, o resultado obtido por meio deste índice refletiria uma condição de qualidade geral podendo haver perda de informações no decorrer do tempo. Além disso, os quatro anos que podem compor uma linha de tendência com os resultados do IQA-CCME geraria apenas um único resultado.

Assim sendo, este trabalho propõe novo método de agregação, no qual, para cada trecho específico da bacia, toma-se pelo menos quatro pontos amostrados por campanha, para os quais um mínimo de quatro parâmetros foi analisado. Os resultados agregados obtidos para a aplicação do IQA-CCME representam a qualidade da água por trecho na bacia, nas campanhas de monitoramento anual, no período de 2008 a 2011.

Os trechos considerados neste trabalho agregaram pontos de monitoramento em diferentes rios tributários da bacia do rio Joanes. Dentre os pontos regularmente amostrados, pelo Programa Monitora: cinco pontos (RCN-JOA-050; RCN-JOA-200; RCN-JOA-400; RCN-JOA-600 e RCN-JOA-900) estão localizados no rio principal, o rio Joanes; dois pontos (RCN-IPT-500 e RCN-IPT-600) no principal afluente, o rio Ipitanga; e os outros seis pontos (RCN-LAM-500; RCN-PET-200; RCN-JRG-800; RCN-IBT-500; RCN-CAM-135 e RCN-MRQ-100), nos demais afluentes do rio Joanes, conforme mostrado na Figura 2.

O Trecho 1 está localizado após nascente da bacia, em São Sebastião do Passé e agrega pontos a montante e/ou afluentes à barragem Joanes II. O Trecho 2 localiza-se no centro da bacia e agrega os pontos que estão a jusante da barragem Joanes II e a montante e/ou são afluentes da barragem Joanes I. O Trecho 3 está próximo a foz da bacia do rio Joanes, na praia de Buraquinho, município de Lauro de Freitas, e agrega pontos que estão a jusante da barragem Joanes I, a montante e jusante das barragens Ipitanga III, II e I.

Figura 2 – Pontos do Programa Monitora para aplicação do IQA CCME



Fonte: Adaptado de GEOBAHIA (2014).

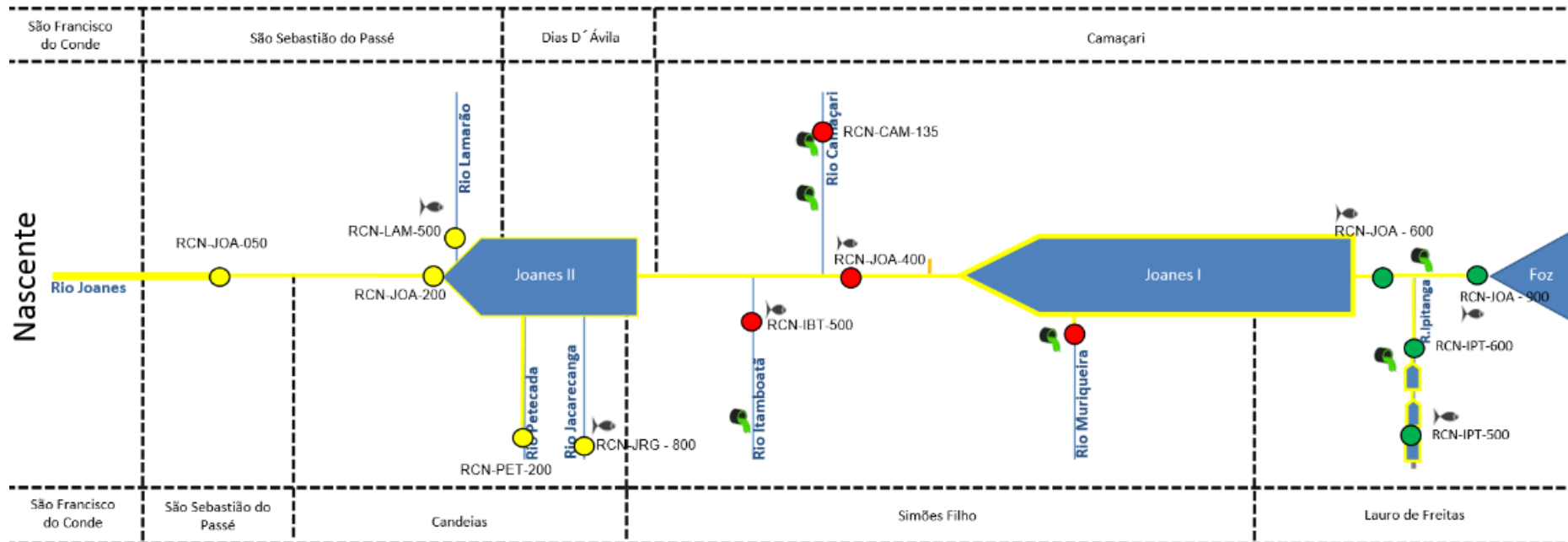
Obs.: Os círculos circunscrevem os trechos analisados.

Os trechos propostos como novo método de agregação para a aplicação do IQA-CCME são compostos pelos pontos demonstrados no Quadro 11. Os pontos para composição dos trechos foram escolhidos em função da sua localização e influência direta nas barragens Joanes II, Joanes I, Ipitanga II e Ipitanga I, na bacia do rio Joanes, considerando trechos de montante e jusante. As cores sinalizadas para os trechos identificam os pontos que os compõe no diagrama unifilar da bacia do rio Joanes representado pela Figura 3.

Quadro 11 – Trechos com pontos agregados para aplicação do IQA CCME

Trechos de Trabalho					
Trecho1	Rio	Trecho2	Rio	Trecho3	Rio
RCN-JOA-050	Joanes	RCN-IBT-500	Itaboatã	RCN-IPT-500	Ipitanga
RCN-JOA-200	Joanes	RCN-CAM-135	Camaçari	RCN-IPT-600	Ipitanga
RCN-LAM-500	Lamarão	RCN-JOA-400	Joanes	RCN-JOA-600	Joanes
RCN-PET-200	Petecada	RCN-MRQ-100	Muriqueira	RCN-JOA-900	Joanes
RCN-JAG-800	Jacarenga	-	-	-	-

Fonte: Autora

Figura 3 – Diagrama unifilar da bacia do rio Joanes

Fonte: Adaptado de INGÁ (2009b).

O Quadro 12 apresenta as coordenadas geográficas e os municípios de localização dos pontos, com seus respectivos rios e trechos.

Quadro 12 – Localização dos pontos utilizados nos Trechos

Trecho1	Rio	Joanes	Joanes	Lamarão	Petecada	Jacarenga
	Ponto	RCN-JOA-050	RCN-JOA-200	RCN-LAM500	RCN-PET-200	RCN-JRG-800
	Latitude	12° 35' 33,1" S	12° 36' 20,8" S	12° 36' 15,4" S	12° 40' 30,2" S	12° 42' 38,0" S
	Longitude	38° 32' 28,6" W	38° 27' 31,7" W	38° 23' 29,2" W	38° 30' 28,2" W	38° 27' 27,2" W
	Localização	Candeias	Lamarão	São Sebastião do Passé	Candeias	Candeias
Trecho2	Rio	Itaboatã	Camaçari	Joanes	Muriqueira	-
	Ponto	RCN-IBT-500	RCN-CAM135	RCN-JOA-400	RCN-MRQ100	-
	Latitude	12° 41' 11,2" S	12° 42' 44,5" S	12° 43' 06,3" S	12° 46' 39,0" S	-
	Longitude	38° 22' 58,5" W	38° 20' 17,5" W	38° 21' 15,3" W	38° 21' 06,0" W	-
	Localização	Camaçari	Camaçari	Camaçari	Simões Filho	-
Trecho3	Rio	Ipitanga	Ipitanga	Joanes	Joanes	-
	Ponto	RCN-IPT-500	RCN-IPT-600	RCN-JOA-600	RCN-JOA-900	-
	Latitude	12° 49' 48,6" S	12° 53' 12,4" S	12° 50' 22,3" S	12° 51' 44,1" S	-
	Longitude	38° 22' 52,8" W	38° 19' 12,3" W	38° 18' 46,9" W	38° 17' 25,9" W	-
	Localização	Simões Filho	Lauro de Freitas	Lauro de Freitas	Lauro de Freitas	-

Fonte: Adaptado de INGÁ (2008b).

O resultado da aplicação do IQA-CCME no trecho foi comparado aos resultados do IQA-CETESB, aplicado em cada ponto do trecho nas campanhas de monitoramento. Esses resultados serviram para validar a adequação do novo método estatístico proposto no IQA-CCME, e avaliar a sua eficiência em informar a qualidade das águas em um monitoramento que pode atender a diferentes objetivos. O monitoramento pode ser realizado em rios sem enquadramento, considerando as condições estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/2005, ou para efetivação e/ou após a efetivação do enquadramento, ou a qualquer momento em que a divulgação da qualidade da água seja necessária.

3.4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS ESCALAS DE QUALIDADE DO IQA-CCME COM IQA-CETESB

O trabalho de Oliveira et al. (2012), apresenta graficamente uma comparação entre as escalas dos índices IQA-CCME e IQA-CETESB, que vem reproduzida no Quadro 13.

A apresentação das escalas de notas de qualidade, classificação e cores dos índices IQA-CCME e IQA-CETESB, permite verificar como se dá a variação das notas em cada nível de classificação das escalas destes dois índices. A partir daí pode-se analisar as diferenças e semelhanças dessas escalas de acordo com as características observadas.

Quadro 13 – Escalas de qualidade do IQA-CCME e IQA CETESB

NOTAS	0	19	20	36	37	44	45	51	52	64	65	79	80	94	95	100
IQA-CCME	RUIM						MARGINAL				MEDIANA		BOM		EXCELENTE	
IQA-CETESB	IMPRÓPRIA			REGULAR				BOM				ÓTIMA				

Fonte: Oliveira et al. (2012).

3.5 APLICAÇÃO DO IQA-CCME NO ESTUDO DE CASO

A metodologia do IQA-CCME não estabelece os parâmetros a serem utilizados no índice, em virtude disso, pode ser utilizado para diferentes objetivos de monitoramento, e, atender as diferentes classes de qualidade de água conforme a Resolução CONAMA 357/2005.

Para atender ao objetivo do trabalho, o IQA-CCME foi aplicado conforme classificação adotada pelo Programa Monitora, porém considerando as diretrizes estabelecidas na Resolução CONAMA 357/2005. De acordo com essa Resolução, enquanto o enquadramento das águas não tiver sido aprovado, estas, quando doces, devem ser consideradas classe 2, e, quando salobras e salinas, classe 1. Portanto, foi considerado a classe 1 para as águas enquadradas como salobras, embora a maioria dos pontos que tiveram as águas enquadradas como salobras tenham sido avaliados em relação à classe 2 pelo Programa Monitora, descumprindo o que

estabelece na Resolução CONAMA 357/2005; e, a classe 2 para os pontos em que as águas foram enquadradas como doce.

Mesmo após a aprovação do enquadramento transitório estabelecido pela Resolução CONERH 053/2009 que enquadrou determinados trechos como águas doces – classe 2 e outros trechos dos rios Joanes, Camaçari e Ipitanga, como águas doces – classe 3, o monitoramento do Programa Monitora continuou sendo realizado levando em consideração o que preconiza a Resolução CONAMA 357/2005 para rios sem enquadramento.

Na aplicação do novo método de agregação proposto e aplicado neste trabalho, se verificou sete diferentes situações. Foi possível a utilização de quase todos os parâmetros analisados nas águas da bacia do rio Joanes, para aplicação do IQA-CCME, principalmente nas segundas e quartas campanhas do período de 2008 a 2010, onde muitos parâmetros seriam descartados caso se utilizasse o método como proposto pelo CCME (agregar quatro campanhas para no mínimo quatro parâmetros).

Vale ressaltar, entretanto que as primeiras e terceiras campanhas de cada ano (2008 a 2010) só tiveram em média um total de oito parâmetros analisados. Como alguns não foram analisados em todas as campanhas, e, outros não tinham padrões para a classe de referência nestas campanhas, só foi possível utilizar de quatro a seis parâmetros.

Nas campanhas de 2011 (1ª e 2ª), em todos os trechos adotados no trabalho, foram analisados pelo Programa Monitora 10 parâmetros por campanha, e pelas mesmas situações expostas anteriormente, só foi possível a utilização de, no máximo, cinco parâmetros por campanha.

O Quadro 14 apresenta, com sombreamento em cinza, todos os parâmetros utilizados por campanha, em seus respectivos trechos, para a aplicação do IQA-CCME nesse trabalho. A sinalização com “X” apresenta os parâmetros violados em relação ao padrão de referências da sua respectiva classe.

Quadro 14 – Parâmetros utilizados para aplicação do IQA CCME.

Trecho	1												2												3																	
	2008				2009				2010		2011		2008				2009				2010		2011		2008				2009				2010		2011							
Camapnha	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª	2ª		
pH	X	X	X	X																																						
Turbidez		X																																								
STD-Sólidos totais dissolvidos																																										
Oxigênio dissolvido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DBO																																										
Fluoreto		X																																								
Nitrogênio Nitrato																																										
Nitrogênio amoniacal		X		X				X								X				X								X					X					X				
Nitrogênio Nitrito																																										
Fósforo total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Coliformes termotolerantes		X																																								
Clorofila a						X																						X					X					X				
Cianobactéria						X									X													X					X									
Óleos e graxas																																										X
Fenóis Totais		X		X						X						X				X								X					X					X				
Surfactantes												X		X		X				X								X					X					X				
Alumínio (Al) solúvel		X										X			X					X																		X				
Ferro (Fe) solúvel		X		X		X		X		X		X		X		X				X								X					X					X				
Manganês (Mn) total		X		X		X		X		X		X		X		X				X								X					X					X				
Arsênio (As) total		X						X								X																										
Chumbo (Pb) total																																										
Mercúrio (Hg) total																																										
Cromo (Cr) total																																										
Bário (Ba) total																																										
Cádmio (Cd) total		X										X																														
Cobre (Cu) solúvel						X		X		X																																
Níquel (Ni) total		X										X		X														X														
Zinco (Zn) total																																										
Prata (Ag) total																																										
DDT																																										
Malation																																										
Paration																																										
Demeton																																										
Aldrin																																										
Dieldrin																																										
Clordano (alfa + gama)																																										
DDE																																										
DDD																																										
Endrin																																										
Heptacloro epoxido																																										
Metoxicloro																																										
Toxafeno																																										
Lindano (Gama-BHC)																																										
Hexaclorobenzeno																																										

Fonte: Autora.

Obs.: O sombreamento em cinza indica utilização e o símbolo (X) indica parâmetros não conformes.

O IQA-CCME também foi aplicado considerando somente os parâmetros constantes no IQA-CETESB. O Quadro 15 apresenta por meio do sombreamento em cinza os parâmetros da metodologia do IQA-CETESB que foram utilizados para calcular o IQA-CCME, para comparação dessas duas metodologias. A sinalização com “X” apresenta os parâmetros violados em relação ao padrão de referências da sua respectiva classe.

Quadro 15 – Parâmetros do IQA-CETESB para calcular o IQA-CCME

Trecho	1								2								3															
	2008		2009		2010		2011		2008		2009		2010		2011		2008		2009		2010		2011									
Campanha	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª	2ª
pH	x	x	x	x					x	x							x	x			x	x	x									x
Turbidez		x							x	x	x	x					x	x	x													
STD-Sólidos totais dissolvidos																																
Oxigênio dissolvido	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
DBO																								x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fósforo total	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coliformes termo tolerantes		x							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: Autora

Obs.: O sombreamento em cinza indica a utilização do parâmetro no Trecho, ano e campanha. A marcação com "X" indica que o resultado da análise do parâmetro foi não conforme em relação ao seu padrão de referência.

3.6 ANÁLISE DOS FATORES DO IQA CCME (F1, F2 E F3)

A metodologia do IQA-CCME depende do cálculo de três fatores para a realização do cálculo final que gerará o valor numérico na escala de 0 a 100 referente à qualidade do corpo hídrico em questão. Os três fatores apresentados nas páginas 34 e 35 deste trabalho são: percentual de parâmetros não conformes (F1), percentual de análises não conformes (F2) e amplitude (F3), que também podem ter individualmente um resultado entre 0 e 100. Dessa forma foram calculados os fatores para os trechos descritos no item 4.1, por cada campanha realizada nos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

Os resultados gerados para os fatores F1, F2 e F3 foram analisados de três maneiras: em relação ao número de parâmetros utilizados; em relação aos seus resultados entre si e em relação ao resultado final gerado para o IQA-CCME.

Para o cálculo do IQA-CCME e seus fatores, se utilizou planilhas Excel.

3.7 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO IQA-CCME E DO IQA-CETESB

Como o IQA-CETESB foi calculado para cada ponto, e este arranjo não é apropriado para o IQA-CCME, então se comparou os resultados de todos os pontos do trecho obtidos com o IQA-CETESB, ao único resultado obtido com o IQA-CCME para o trecho.

Para uma adequada comparação entre o índice IQA-CETESB que foi calculado pelo Programa Monitora na bacia do rio Joanes, em todas as campanhas no período de 2008 e 2011, com o IQA CCME, calculado neste trabalho, foi utilizando somente os parâmetros contidos no conjunto dos parâmetros do IQA-CETESB. Para isso, foi feita a identificação dos resultados dos índices com as cores correspondentes em suas escalas de notas de qualidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIO JOANES

A bacia hidrográfica do rio Joanes está localizada na Região Metropolitana de Salvador (RMS), dentro da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) Recôncavo Norte e Inhambupe (ANEXO 1) (COSTA, 2007). Compreende os municípios São Francisco do Conde, São Sebastião do Passé, Candeias; Simões Filho, Camaçari, Dias D'ávila, Lauro de Freitas e Salvador (SEMARH, 2004).

O clima predominante é o tropical úmido, com índice pluviométrico médio anual variando de 1.400 a 2.000 mm/ano, da porção norte a sul da bacia. O período chuvoso se concentra entre março e agosto. Possui temperatura média anual entre 23 e 25°C (INGÁ, 2009a), balanço hídrico mensal com valores médios de evaporação de 80 mm/mês, a umidade relativa do ar durante todo o ano é superior a 80% e a direção predominante dos ventos é para o leste (COSTA, 2007).

A geologia dessa bacia está inserida na RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe, e suas características geológicas são de Arenito, Arenito conglomerático e Argilito Arenoso. Os seus solos se classificam como: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico; Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; Neossolo Quartzarênico; Espodos solo Hidromórfico; Gleis solo Háptico; Gleis solo Háptico Eutrófico; Latossolo Amarelo Distrófico; Neossolos Litólicos Eutróficos; Neossolos Regolíticos Eutróficos; Planossolo Háptico Eutrófico Solódico; Vertissolos. Os tipos de relevo são: Mares de Morro; Formas de dissecação e aplanamentos embutidos; Tabuleiros interioranos; Pediplano sertanejo; Pedimentos funcionais ou retocados por drenagem incipiente e Tabuleiros (INGÁ, 2009a).

As vegetações identificadas são: Cerrado-restinga; Gramíneo-lenhosa; Restinga; Floresta Ombrófila Densa e Manguezais. Para maior preservação de nascentes e regiões estuarinas assim como para conservação dos mananciais e recuperação e conservação de ecossistemas existentes foi criada, por meio do Decreto Estadual 7596/99, a Área de Proteção Ambiental (APA) Joanes/Ipitanga. São 64.463 hectares de remanescentes de Mata Atlântica, manguezais, restingas, dunas e cerrados que contemplam parte de todos os municípios da bacia do rio citado

(Salvador, Lauro de Freitas, Camaçari, Simões Filho, Dias D'ávila, Candeias, São Francisco do Conde e São Sebastião do Passé) (SEMARH, 2004; 2005).

O rio Joanes é o rio principal da bacia homônima. Suas nascentes mais importantes estão localizadas no município de São Francisco do Conde e São Sebastião do Passé (SEMARH, 2004). A foz está situada na praia de Buraquinho, na divisa entre os municípios Camaçari e Lauro de Freitas, com um estuário de aproximadamente 6 km (SEMARH, 2005). Os principais afluentes em ordem crescente são os rios: Ipitanga; Imbirussú; Jacarecanga; Bandeira; Itaboatã e Boneçu. Os demais afluentes são os rios: Petecada; Muriqueira; Uberaba; Lamarão e Sucuricanga (SEMARH, 2004).

A área de drenagem da bacia do rio Joanes é de 1.200 km² e tem formato alongado no sentido NW-SE (COSTA, 2007), com uma extensão linear de 75 km (BAHIA, 2005). Abrange 245 Km de extensão (SEMARH, 2004) e escoam 11,0 a 6,4 m³/s de vazões média e regularizada, respectivamente (SEMARH, 2005). Conta com dois barramentos em seu rio principal (rio Joanes) e, três barramentos em seu principal afluente (rio Ipitanga). No rio principal, de montante para jusante localizam-se as barragens Joanes II e Joanes I, respectivamente. Da mesma forma as barragens Ipitanga III, II e I estão localizadas nesse rio, de montante para jusante (SEMARH, 2004).

A barragem Joanes I foi construída com a finalidade de abastecer Salvador, região metropolitana e áreas industriais desta região. A barragem Joanes II foi abastecer principalmente o polo petroquímico e complementa a vazão fornecida pela barragem de Pedra do Cavalo. Também contribui para reforço da barragem Joanes I (BAHIA, 2004). Ipitanga I regulariza as águas do rio Ipitanga e complementa o abastecimento de Salvador e Lauro de Freitas. Ipitanga II regulariza a vazão de Ipitanga I, fornece água bruta a algumas empresas do Centro Industrial de Aratú e amplia o abastecimento dos municípios de Salvador e Simões Filho. Ipitanga III serve apenas de contribuição para a Ipitanga II (SEMARH, 2005).

As águas da bacia do rio Joanes, além de servirem para abastecimento público e industrial, são utilizadas para lazer e esportes náuticos, dessedentação de animais e pesca em alguns trechos. Diluição de efluentes domésticos são outras funções dessas águas (SEMARH, 2005).

As áreas drenadas da bacia do rio sob estudo estão submetidas a diversas modalidades de pressões antrópicas. Lançamento de efluentes industriais; extração ou lavra de substâncias minerais utilizadas na construção civil, lançamento de esgotos domésticos sem tratamento prévio, disposição a céu aberto de lixo doméstico e outros resíduos de origem industrial, eventuais acidentes decorrentes do transporte de cargas perigosas através de ferrovias, dutovias e rodovias e a ocupação desordenada do solo. A supressão da mata ciliar em alguns trechos próximos às áreas urbanizadas são atividades impactantes que estão ligadas a segmentos diversos e provocam erosão das margens e assoreamento da calha fluvial (SEMARH, 2004). No Quadro 16 se apresenta as pressões antrópicas por sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Joanes.

Quadro 16 – Pressões antrópicas por sub-bacias da bacia do rio Joanes

Alto Joanes (Nascentes do rio Joanes)	Região da barragem Joanes II	Região da barragem Joanes I	Bacia do rio Ipitanga (Característica essencialmente rural.)
<p>Predomina a devastação da vegetação para áreas de pastagens;</p> <p>Atividades de exploração de petróleo com presença de dutos;</p> <p>Lançamentos de efluentes de abate clandestino de animais.</p>	<p>Desmatamento para pastagens;</p> <p>Presença de barramento para consumo industrial, diminuindo o fluxo do rio;</p> <p>Lixo e efluente de ocupações urbanas desordenadas;</p> <p>Linha de transmissão de energia elétrica; construção de estradas e poluição provocada por indústria de cobre desencadearam processos erosivos;</p> <p>Empresa cerâmica causa impactos no solo;</p> <p>Exploração clandestina de areia;</p> <p>Lavagem de caminhões transportadores de produtos químicos para o Polo petroquímico;</p> <p>Presença de matadouro.</p>	<p>Áreas urbanas e industriais geram efluentes sanitários e industriais nas redes de drenagem;</p> <p>Grande quantidade de resíduos nos esgotos;</p> <p>Presença de pedreiras e jazidas de arenoso com risco de assoreamento dos cursos de água;</p> <p>Esgotos sanitários de Simões Filho; Construções em Áreas de Preservação Permanente (APP), no município de Lauro de Freitas;</p> <p>Resíduos sólidos nas margens dos rios;</p> <p>Pedreiras clandestinas em Lauro de Freitas.</p>	<p>Desmatamentos e queimadas que provocam assoreamento e aumento da turbidez nas águas;</p> <p>Despejo de lixo e lançamento de esgoto sanitário proveniente de ocupação desordenada;</p> <p>Atividades de exploração clandestina de minerais e disposição de resíduos da construção civil, contribuindo para agravar os processos;</p> <p>Pequenas unidades industriais sem controle ambiental (curtumes; matadouros e fábricas de sabão) dispersas nas áreas urbanas;</p> <p>Aterro Metropolitano licenciado, mas passível de rigoroso controle ambiental;</p> <p>Centro Industrial de Aratú, que exige manejo adequado dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos.</p>

Fonte: Adaptado de SEMARH (2004).

4.2 USO DO SOLO E DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JOANES






Os quadros 17, 18 e 19 construídos, neste trabalho, com informações contidas nos documentos do Programa Monitora (INGÁ 2008b; 2009a) apresentam descrições e fotos sobre os usos do solo e da água, nos pontos monitorados pelo Programa Monitora, no período de 2008 a 2010, bem como listam aspectos identificados no momento da coleta das amostras de água. Os pontos foram agregados por trechos (trechos 1, 2 e 3), conforme definidos nesse trabalho.

O Quadro 17 apresenta informações do Trecho 1, composto de pontos com certo afastamento do perímetro urbano. Nesse trecho foram identificados os usos do solo associados com a pecuária (criação de bovinos) e agricultura familiar (cultivos de banana, coco e hortaliças). A dessedentação animal, irrigação, pesca, consumo humano e recreação foram os usos identificados para a água. Dentre os impactos observados no momento das coletas das amostras de água, assoreamento, presença de óleo e de espuma, dejetos nas margens do rio, resíduos e vegetação aquática, que pode ser um indicativo de processo de eutrofização.

No Quadro 18 (Trecho 2) os pontos RCN-CAM-135 e RCN-MRQ-100, estão situados em zona urbana, no município de Camaçari e em região povoada. Nesses pontos constatou-se despejo de efluentes domésticos, presença de resíduos sólidos, espuma, vegetação aquática e odor desagradável. Nos demais pontos foram identificados os usos do solo para a pecuária (criação de bovinos) e agricultura familiar, e para água dessedentação animal, pesca e recreação. A presença de resíduos sólidos foi o aspecto observado em todos os pontos do trecho.

No Quadro 19, os pontos que compõem o Trecho 3 ou estão localizados em área urbana, ou estão próximos. Nesses pontos, observou-se lançamento de efluente doméstico em 2 (RCN-JOA-600 e RCN-JOA-900) dos 4 pontos desse trecho. Nos demais os usos identificados do solo e da água, foram os mesmos constatados nos trechos anteriores, pecuária, agricultura familiar, dessedentação animal, pesca, recreação, lavagem de roupas e abastecimento público. Os impactos observados também foram recorrentes, vegetação aquática, resíduos sólidos, presença de espuma e odor desagradável.

Quadro 17 – Observações no entorno dos pontos do Trecho 1

<p>Ponto/Rio: RCN-JOA-050/ Joanes</p>	<p>Ponto/Rio: RCN-JOA-200/ Joanes</p>	<p>Ponto/Rio: RCN-LAM-500/ Lamarão</p>	<p>Ponto/Rio: RCN-PET-200/ Petecada</p>	<p>Ponto/Rio: RCN-JRG-800/ Jacarenga</p>
 <p>Foto: 1ª Campanha/2009</p>	 <p>Foto: 3ª Campanha/2008</p>	 <p>Foto: 1ª Campanha/2008</p>	 <p>Foto: 1ª Campanha/2009</p>	 <p>Foto: 4ª Campanha/2008</p>
<p>Usos: solo - pecuária (criação de bovinos). água - dessedentação animal.</p> <p>Aspecto: assoreamento no leito do rio (1ª campanha/2010).</p>	<p>Usos: solo - pecuária (criação de bovinos) e agricultura familiar. água – dessedentação animal.</p> <p>Aspectos: presença de resíduos sólidos na margem (2ª campanha/2008); assoreamento (4ª campanha/2008; campanhas em 2009) e presença de espuma (campanhas em 2009).</p>	<p>Usos: solo - pastagens e plantio de banana. água – irrigação, consumo humano, recreação, pesca e dessedentação animal.</p> <p>Aspectos: Assoreamento e presença de óleo (1ª e 2ª campanha/2009).</p>	<p>Usos: solo - estabelecimento comercial. água – dessedentação animal.</p> <p>Aspectos: presença de óleo (3ª e 4ª campanha/2009 e 2ª campanha/2010).</p>	<p>Usos: solo - agricultura familiar (cultivos de banana, coco e hortaliças). água - dessedentação animal e piscicultura.</p> <p>Aspectos: dejetos nas margens do rio (1ª campanha/2008); resíduos no leito do rio (3ª campanha/2008); presença de óleo (4ª campanha/2008) e vegetação aquática (campanhas em 2008 e 2009).</p>





Fonte: Adaptado de INGÁ (2008b; 2009a) – Programa Monitora

Quadro 18 – Observações no entorno dos pontos do Trecho 2

<p>Ponto/Rio: RCN-IBT-500/ Itaboatã</p>  <p>Foto: 4ª Campanha/2008</p>	<p>Ponto/Rio: RCN-CAM-135/ Camaçari</p>  <p>Foto: 1ª Campanha/2008</p>	<p>Ponto/Rio: RCN-JOA-400/ Joanes</p>  <p>Foto: 2ª Campanha/2008</p>	<p>Ponto/Rio: RCN-MRQ-100/ Muriqueira</p>  <p>Foto: 4ª Campanha/2008</p>
<p>Usos: solo - pecuária (criação de bovinos) e estabelecimento comercial. água – dessedentação animal; pesca e despejo de efluentes sanitário.</p> <p>Aspectos: presença de resíduos sólidos e vegetação aquática (4ª campanha/2008 e campanhas em 2009).</p>	<p>Usos: solo - Não identificado. água – despejo de efluentes sanitário.</p> <p>Aspectos: presença de resíduos sólidos (orgânicos e inorgânicos) no curso e margens do rio e odor desagradável (2ª e 4ª campanha/2008 e campanhas em 2009).</p>	<p>Usos: solo - Não identificado. água - dessedentação animal, pesca e recreação.</p> <p>Aspectos: presença de resíduos sólidos (2ª campanha/2008 e campanhas em 2009).</p>	<p>Usos: solo - Não identificado. água – despejo de efluentes sanitário.</p> <p>Aspectos: presença de espuma (4ª campanha/2008); presença de vegetação aquática (4ª campanha/2008 e campanhas em 2009); e odor desagradável (campanhas em 2009).</p>

Fonte: Adaptado de INGÁ (2008b; 2009a) – Programa Monitora

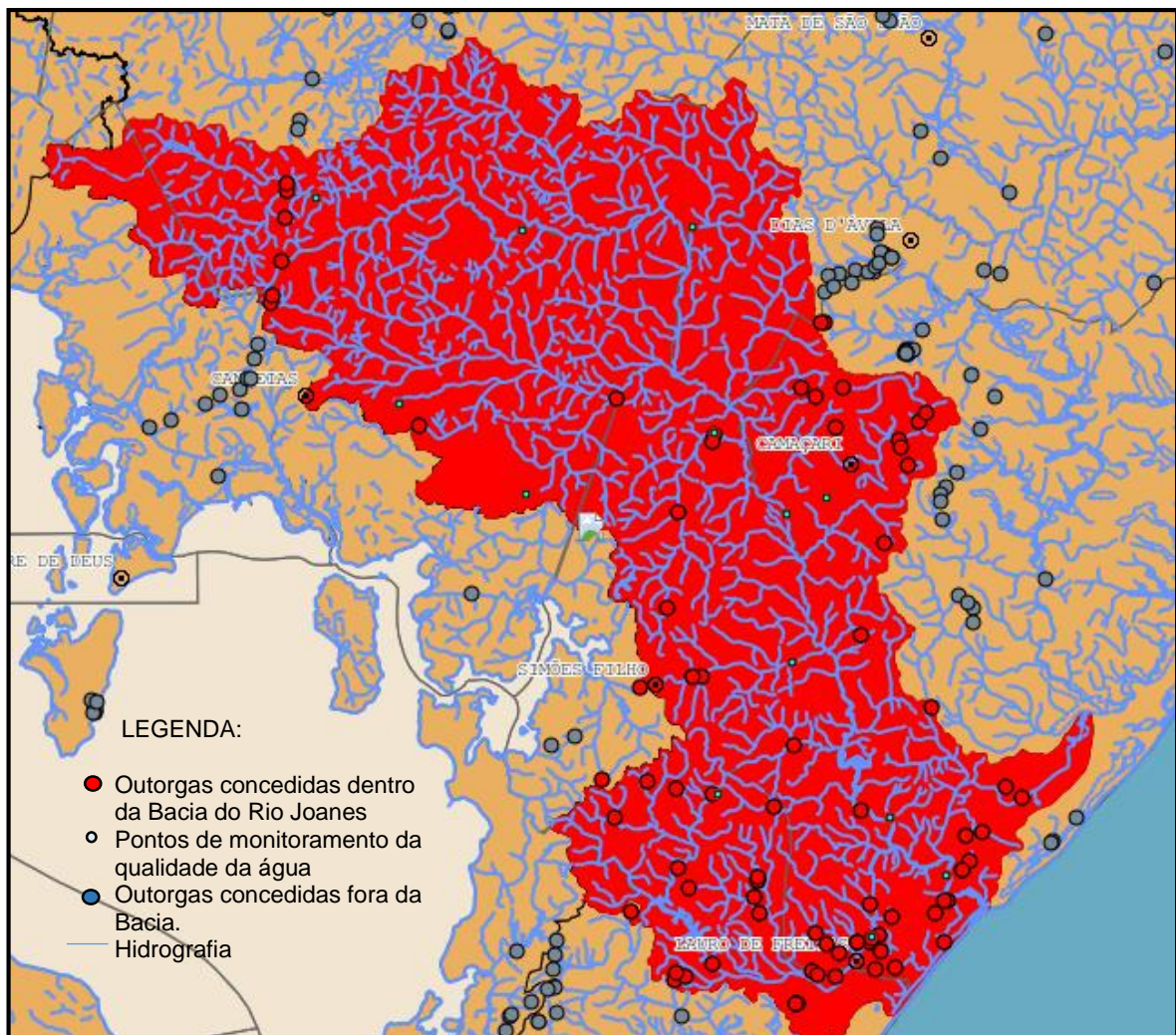
Quadro 19 – Observações no entorno dos pontos do Trecho 3

Ponto/Rio: RCN-IPT-500/ Ipitanga	Ponto/Rio: RCN-IPT-600/ Ipitanga	Ponto/Rio: RCN-JOA-600/ Joanes	Ponto/Rio: RCN-JOA-900/ Joanes
			
<p>Usos identificados: solo - residências, presença de bovinos e eqüinos, plantio de coco e andu. água - dessedentação animal, pesca e navegação de pequenas embarcações.</p> <p>Aspectos: resíduos sólidos (2ª campanha/2008) e vegetação aquática (campanhas em 2009).</p>	<p>Usos identificados: solo - ponto na área urbana, próximo a residências e locais de comércio. água – lançamento de efluente sanitário.</p> <p>Aspectos: vegetação aquática (1ª campanha/2008); resíduos sólidos inorgânico nas margens do rio (4ª campanha/2008 e campanhas em 2009) e (campanhas em 2009).</p>	<p>Usos: solo - bovinos e equinos no entorno. água - dessedentação de animal, pesca, recreação, lavagem de roupas e abastecimento público.</p> <p>Aspecto: vegetação aquática (4ª campanha/2008 e campanhas em 2009).</p>	<p>Usos: solo - residências e estabelecimento comercial. água – pesca, navegação e lançamento de efluente sanitário.</p> <p>Aspectos: resíduos sólidos (1ª campanha/2008; 2ª e 4ª campanha/2008); espuma e vegetação aquática (4ª campanha/2008); e odor desagradável (campanhas em 2009).</p>

Fonte: Adaptado de INGÁ (2008b; 2009a) – Programa Monitora

Além das informações obtidas dos documentos do Programa Monitora, as informações obtidas do INEMA e no GEOBAHIA sobre as outorgas emitidas e vigentes auxiliam na definição dos usos do solo e da água. De acordo com o Sistema GEOBAHIA as outorgas emitidas pelo INEMA, listadas no Apêndice A coincidem com os usos identificados nas observações de campo realizadas pelo Monitora. Foram detectadas no GEOBAHIA, 80 outorgas emitidas na bacia do rio Joanes, cujas localizações estão indicadas no mapa da Figura 4.

Figura 4 – Outorgas na bacia do rio Joanes



Fonte: Adaptado de GEOBAHIA (2014)

A Tabela 1 apresenta os usos das outorgas (80) emitidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes. O detalhamento dessas outorgas está apresentado em Tabela B1, no Apêndice B.

Tabela 1 – Outorgas emitidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

Outorgas - Tipo	Lançamento de efluentes	Captação subterrânea	Captação superficial			
			humano	industrial	Abastecimento: humano e industrial	não identificada
Outorgas - Nº	20	21	7	12	1	19

Fonte: GEOBAHIA (2014)

Obs.: As outorgas não identificadas (19) podem ser para captação superficial.

De acordo com a Tabela B1, no Apêndice B, os requerentes das outorgas para lançamento de efluentes são empresas incorporadoras e de construção civil, indicando que estes lançamentos são efluentes sanitários.

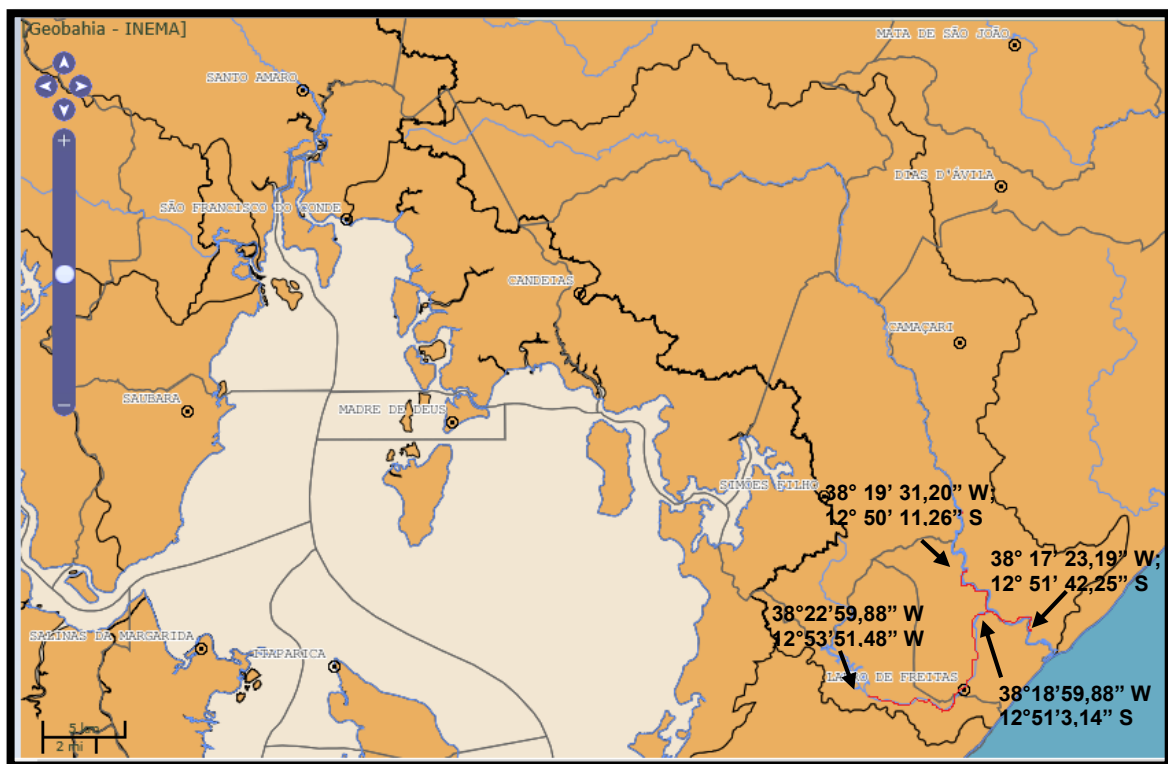
De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, os corpos d'água que não tiverem enquadramento aprovados, quando as águas forem doces, devem ser consideradas classe 2, e quando salobras ou salinas, classe 1. As águas doces, classes 2 e salobras, classes 1 tem usos coincidentes, tais como: abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, 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 aquicultura e atividade de pesca.

Tendo em vista o objetivo das outorgas (lançamento de efluentes) apresentados na Tabela 1, foi solicitado para a bacia do Rio Joanes, o enquadramento transitório estabelecido pela Resolução CONERH 53/2009. O rio Joanes foi enquadrado como classe 3, água doce, no limite entre os municípios de Lauro de Freitas e Camaçari, do ponto de coordenadas 38° 19' 31,20" W; 12° 50' 11,26" S, seguindo à jusante até o ponto de coordenadas 38° 17' 23,19" W; 12° 51' 42,25" S. Também foi enquadrado como classe 3, água doce, o rio Ipitanga, iniciando no município de Salvador, do ponto de coordenadas 38°22'59,88" W; 12°53'51,48" S ao ponto de coordenadas 38°18'41,88" W; 12°51'3,14" S, no município de Lauro de Freitas, confluência com o rio Joanes. Esses aspectos estão mostrados no mapa da Figura 5, nos trechos de rios contornados em vermelho.

O Trecho 3 deste estudo (Tabela 19) engloba os trechos enquadrados transitoriamente como classe 3, nos rios Joanes e Ipitanga descritos acima. De acordo com as observações levantadas nos relatórios do Programa Monitora constatou-se para o Trecho 3, usos condizentes com a classe 2, águas doces, a exemplos dos pontos

RCN-IPT-500, RCN-JOA-600 e RCN-JOA-900, onde se identificou a utilização da água para agricultura familiar (plantio de coco e andu), pesca de subsistência, recreação e lavagem de roupas e abastecimento público. Diante disso, este trabalho sugere que as águas, nesse trecho, continuem sendo avaliadas como classe 2 (águas doces) e classe 1 (águas salobras), tais como nos pontos RCN-JOA-600 e RCN-JOA-900 que apresentaram teor de sais característico de águas salobras. Esses pontos têm características de zona estuarina, pois se localizam próximo ao exutório da bacia, que desagua no Oceano Atlântico.

Figura 5 – Trechos enquadrados transitoriamente como classe 3



Fonte: Adaptado de GEOBAHIA (2014)

Obs.: Trecho do rio em vermelho e limites identificados com as coordenadas.

Considerando que as águas da bacia do rio Joanes são utilizadas, principalmente, para abastecimento humano e industrial e que até o momento esta bacia não tem Plano de Recursos Hídricos nem enquadramento, sugere-se que se monitore, no mínimo, os parâmetros físicos, químicos e biológicos apresentados no Quadro 20, para posterior aplicação, e, divulgação dos resultados por meio do IQA-CCME.

Quadro 20 – Parâmetros sugeridos para aplicação do IQA-CCME

Parâmetros	Unidade	Padrão Resolução CONAMA/357 Águas Doces, classe 2	Padrão Resolução CONAMA/357 Águas Salobras, classe 1
Físicos			
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	≤ 500	-
Temperatura	°C	-	-
Turbidez	NTU	≤ 100	-
Químicos			
Alumínio dissolvido	mg/L	≤ 0,1	≤ 0,1
Arsênio total	mg/L	≤ 0,01	≤ 0,14 µg/L
Bário total	mg/L	≤ 0,7	-
Boro	mg/L	≤ 0,5	≤ 0,5
Cádmio total	mg/L	≤ 0,001	≤ 0,005
Carbono orgânico total	mg/L	≤ 3	≤ 3
Cloreto total	mg/L	≤ 250	-
Chumbo total	mg/L	≤ 0,01	≤ 0,01
Cianeto livre	mg/L	≤ 0,005	≤ 0,001
Cobre dissolvido	mg/L	≤ 0,009	-
Cromo total	mg/L	≤ 0,05	≤ 0,05
DBO	mg/L	≤ 5	-
Fenóis totais	mg/L	≤ 0,003	≤ 0,003
Fósforo total	mg/L	≤ 0,030 (ambiente lântico)	≤ 0,124
		≤ 0,1 (ambiente lótico)	-
Ferro dissolvido	mg/L	≤ 0,3	≤ 0,3
Manganês total	mg/L	≤ 0,1	≤ 0,1
Merúrio total	mg/L	≤ 0,0002	≤ 0,0002
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	≤ 3,7 para pH ≤ 7,5	-
		≤ 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0	-
		≤ 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5	-
		≤ 0,5 para pH > 8,5	-
Níquel total	mg/L	≤ 0,025	≤ 0,025
Óleos e graxas	-	VA	VA
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5,0	≥ 5,0
pH	-	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5
PCBs – Bifenilas Policloradas	µg/L	-	0,000064
Resíduos sólidos objetáveis	-	VA	VA
Salinidade	‰	≤ 0,5	-
Surfactantes	mg/L LAS	≤ 0,5	≤ 0,2
Zinco total	mg/L	≤ 0,18	≤ 0,09
Biológicos			
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	≤ 1000	≤ 1000
Cianobactérias	cel/mL	≤ 50000	-
Clorofila a	µg/L	≤ 30	-

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Obs.: VA – Valor virtualmente ausente.

Os parâmetros físicos, tais como cor, odor, turbidez, sabor, etc., envolvem aspectos estéticos e afetam principalmente os usos humanos da água, podendo também ter interferência nos usos ecológicos, em decorrência das alterações estéticas serem provenientes, também de alterações químicas ou biológicas no corpo de água.

No levantamento do uso da água realizado na bacia do rio Joanes, por meio das observações de campo e também da pesquisa de outorgas não foi constatado lançamentos industriais. No entanto devido ao risco potencial presente nesta bacia por conta da presença de importantes áreas industriais, petroquímicas e petrolíferas, sugere-se o monitoramento de determinados parâmetros químicos que podem indicar possíveis contaminações provenientes destas atividades.

A análise de parâmetros biológicos contribui para garantir a potabilidade da água, que neste caso deve ser isenta também de microrganismos patogênicos. Esses microrganismos que não estão naturalmente presentes na água são provenientes de fezes humana, por meio, principalmente, do lançamento de esgotos sanitário. As fontes de lançamentos levantadas nas outorgas emitidas na bacia do rio Joanes indicam que estes são de esgotos sanitários, além disso, foi detectado nas observações de campo lançamentos de esgoto *in natura* em pontos dos Trechos 2 e 3.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA: ESCALAS DE QUALIDADE DO IQA-CCME E DO IQA-CETESB

O Quadro 13 do item 3.4 reproduzido abaixo apresenta as escalas de notas por classe de qualidade; bem como as cores das respectivas classes, para os índices IQA-CCME e IQA-CETESB.

Escalas de qualidade para os índices IQA-CCME e IQA CETESB

NOTAS	0	19	20	36	37	44	45	51	52	64	65	79	80	94	95	100
IQA-CCME	RUIM						MARGINAL				MEDIANA		BOM		EXCELENTE	
IQA-CETESB	IMPRÓPRIA			REGULAR				BOM				ÓTIMA				

Fonte: Oliveira et al. (2012).

A análise das escalas de notas de qualidade por faixa e cores das respectivas classes, dos índices IQA-CCME e IQA-CETESB resultou nas seguintes observações.

Na escala do IQA-CCME, a classificação “ruim” varia de 0 a 44, enquanto na escala do IQA-CETESB, a classificação equivalente “imprópria”, varia de 0 a 36, implicando que a partir de 37, até 51, nesta escala, a água já tem uma qualidade regular.

De acordo com as definições da escala do IQA-CCME, uma água só é considerada qualitativamente satisfatória, quando obtém uma nota de qualidade a partir de 65. Na faixa de 65 a 79, a qualidade da água é considerada “mediana”; de 80 a 94, “boa” e 95 a 100 é considerada “excelente”.

As três classificações de qualidade (mediana, boa e excelente) englobam 36 notas, sendo 15 na classificação “mediana”, 15 na classificação “boa” e 6 na classificação “excelente”. Na escala do IQA-CETESB, as classificações que claramente indicam que as águas têm uma qualidade satisfatória, “boa” e “ótima”, englobam 49 notas de qualidade, sendo que 28 notas estão dentro da classificação “boa” e 21 notas na classificação “excelente”.

Assim sendo, na escala do IQA-CCME, o número de notas nas classificações que indicam uma qualidade satisfatória para a água, bem como, a divisão deste número em três categorias, implica em uma maior restrição em classificar uma água como satisfatória, nesta metodologia.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO IQA-CCME EM RELAÇÃO A SEUS FATORES F1, F2 e F3

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos com o cálculo dos fatores, percentual de parâmetros falhos (F1), percentual de análises falhas (F2) e amplitude (F3), que compõe o IQA-CCME, por campanha, nos trechos 1, 2 e 3, respectivamente. Além dos fatores, as tabelas também apresentam os resultados da soma normalizada das discrepâncias ($\sum_n \Delta$), que considera a soma das discrepâncias das análises individuais quando está acima ou abaixo do seu padrão de referência, e finalmente o resultado do IQA-CCME, ambos também por campanha em determinado trecho, no período de 2008 a 2011.

Os resultados dos percentuais de parâmetros falhos (F1), de análises falhas (F2) e da amplitude (F3) possibilitaram obter comprovações a respeito da influência destes resultados, no resultado final do índice IQA-CCME; e, ainda, comprovações sobre o comportamento deste índice.

Para obter esses resultados, o IQA-CCME foi aplicado, tanto em campanhas com grande número de parâmetros analisados, como com pequeno número de parâmetros. Alguns parâmetros analisados pelo Programa Monitora, por não ter padrões de referência estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005, não foram utilizados para o cálculo do IQA-CCME.

Tabela 2 – Resultados do IQA CCME e seus fatores no Trecho 1

Ano	2008				2009				2010				2011										
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a							
Campanha	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a							
Parâmetros Utilizados	ab	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
Nº de Parâmetros	4	28	5	6	5	22	5	7	5	39	5	7	5	22	5	6	5	39	5	6	5	6	5
Parâmetros falhos (F1)%	75	50	80	50	60	32	60	29	40	21	40	43	60	36	60	83	100	21	80	33	40	50	40
Análises falhas (F2)%	45	20	40	20	24	17	28	14	20	9	20	23	32	17	32	43	52	9	40	10	12	23	24
($\sum n\Delta$)	32	183	57	24	24	117	4	38	38	189	3	39	39	279	38	17	17	128	106	25	25	107	97
Amplitude (F3)	61	57	74	45	49	52	12	52	61	49	12	53	61	72	60	36	40	40	81	45	50	77	80
IQA CCME	38	55	36	60	53	64	61	65	57	69	73	59	47	52	48	42	31	74	30	67	62	45	47

Fonte: Autora

Parâmetros “a” - Todos os parâmetros analisados nos pontos do Trecho, com padrão de referência estabelecido em legislação.
 Parâmetros “b” – Parâmetros contidos no conjunto dos nove parâmetros do IQA CETESB.

Tabela 3 – Resultados do IQA CCME e seus fatores no Trecho 2

Ano	2008								2009								2010				2011			
Campanha	1^a	2^a		3^a		4^a		1^a	2^a		3^a		4^a		1^a	2^a		1^a	2^a					
Parâmetros Utilizados	ab	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b			
Nº de Parâmetros	5	29	5	6	5	18	5	7	5	39	5	7	5	23	5	6	5	39	5	6	5	6	5	
Parâmetros falhos (F1) %	80	45	100	83	100	56	80	57	80	21	60	43	60	57	80	83	100	26	80	50	60	67	80	
Análises falhas (F2) %	50	20	40	46	55	28	40	36	45	10	40	29	40	29	50	46	55	13	40	29	35	38	45	
($\sum n\Delta$)	12498	2015	1878	8747	8747	918	872	224	224	20114	20023	9126	9066	64149	64068	24301	24301	621	569	127	127	1904	1904	
Amplitude (F3)	100	95	99	100	100	93	98	89	92	99	100	100	100	100	100	100	100	80	97	84	86	98	99	
IQA CCME	21	39	16	20	12	36	23	36	25	41	29	35	29	32	21	20	12	51	24	41	36	28	22	

Fonte: Autora.

Parâmetros “a” - Todos os parâmetros analisados nos pontos do Trecho, com padrão de referência estabelecido em legislação.
Parâmetros “b” – Parâmetros contidos no conjunto dos nove parâmetros do IQA CETESB.

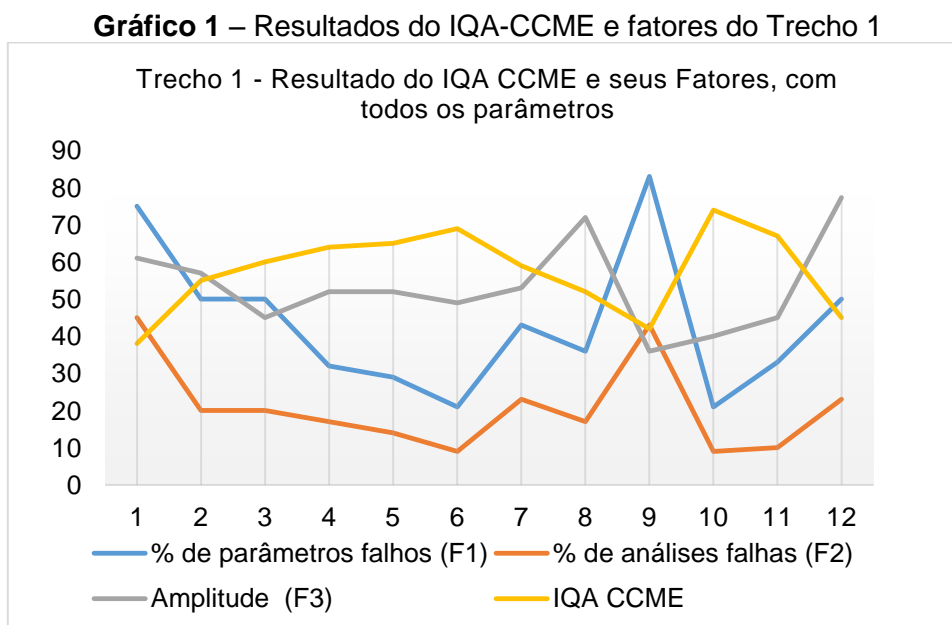
Tabela 4 – Resultados do IQA CCME e seus fatores no Trecho 3

Ano	2008				2009				2010				2011										
Campanha	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a							
Parâmetros Utilizados	ab	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Nº de Parâmetros	6	30	6	7	6	23	6	9	6	41	6	8	6	24	6	7	6	41	6	7	6	7	6
Parâmetros falhos (F1) %	67	40	83	71	83	57	67	44	67	34	83	38	50	50	67	57	67	22	50	71	83	57	67
Análises falhas (F2) %	50	16	46	46	54	32	38	50	50	22	67	19	21	26	42	40	47	17	29	32	33	32	29
($\sum n\Delta$)	866	1011	1027	891	891	250	92	2958	2928	4423	4245	27	26	473	412	5105	5105	440	393	48	48	1708	1704
Amplitude (F3)	97	89	98	97	97	73	79	99	99	96	99	45	52	83	95	99	99	73	94	63	67	98	99
IQA CCME	26	43	21	25	20	44	36	31	25	40	16	64	57	42	29	30	26	56	36	42	35	32	29

Fonte: Autora.

Parâmetros “a” - Todos os parâmetros analisados nos pontos do trecho, com padrão de referência estabelecido em legislação.
 Parâmetros “b” – Parâmetros contidos no conjunto dos nove parâmetros do IQA CETESB.

Por meio dos Gráficos 1, 2 e 3 pode-se observar o comportamento dos fatores F1, F2 e F3, e do índice IQA-CCME. O Gráfico 1 apresenta esses resultados para o Trecho 1.

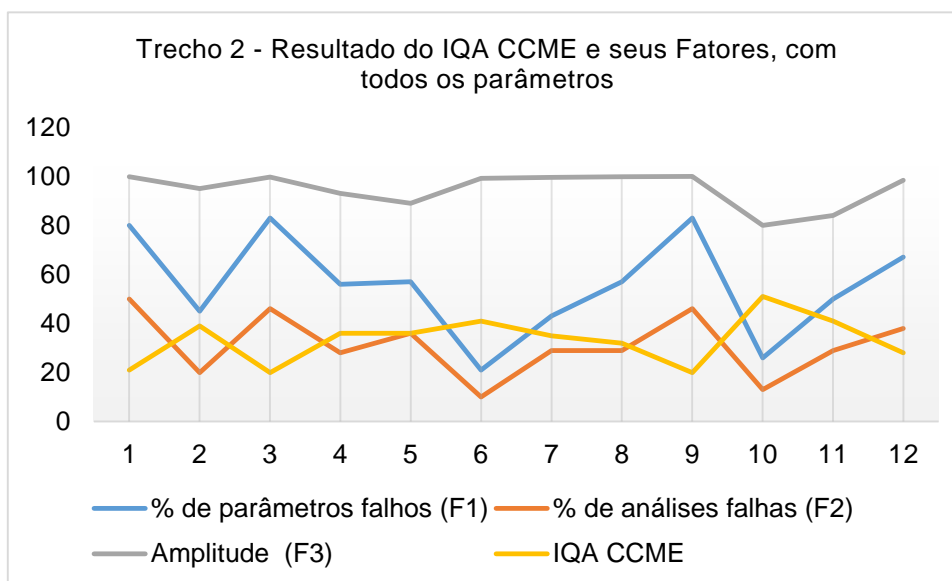


Fonte: Autora

Obs.: 1, 2, 3 e 4 equivalem a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas de 2008; 5, 6, 7 e 8 equivalem a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas de 2009; 9 e 10 equivalem a 1ª e 2ª campanhas de 2010; 11 e 12 equivalem a 1ª e 2ª campanhas de 2011.

No Gráfico 1 que apresenta os resultados do Trecho 1, os fatores F1 e F2 geraram resultados paralelos entre si ao longo das campanhas (com F2 abaixo de F1), por serem de mesma natureza, ou seja, o percentual das análises falhas está interligado ao percentual de parâmetros falhos. Observa-se que os resultados do IQA-CCME, apresentam oscilações em direções opostas às oscilações dos fatores F1 e F2, ou seja, quando os fatores são altos o IQA-CCME é baixo. Por exemplo, na campanha 9 (1ª campanha de 2010), o percentual de parâmetros falhos (F1) atingiu um resultado muito alto, e o resultado do índice o valor mais baixo. Por outro lado, a amplitude F3 que por mais vezes está abaixo do IQA-CCME, teve valores entre 40 e 80, próximos dos valores entre 40 e 70 do IQA-CCME. Onde se conclui que se todos os fatores estão mais baixos, a qualidade da água (IQA-CCME) tem valor mais alto.

O Gráficos 2 apresenta os fatores F1, F2 e F3, e o índice IQA-CCME para o Trecho 2.

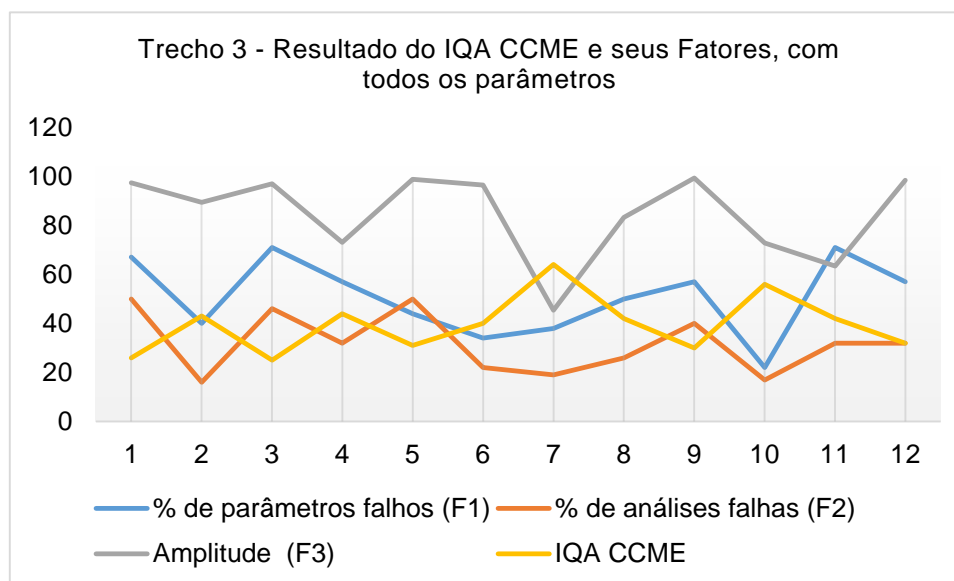
Gráfico 2 – Resultados do IQA-CCME e fatores do Trecho 2

Fonte: Autora

Obs.: 1, 2, 3 e 4 equivalem a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas de 2008; 5, 6, 7 e 8 equivalem a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas de 2009; 9 e 10 equivalem a 1ª e 2ª campanhas de 2010; 11 e 12 equivalem a 1ª e 2ª campanhas de 2011.

O Gráfico 2 também mostra que no Trecho 2, os fatores F1 e F2 geraram resultados paralelos entre si, ao longo das campanhas, com oscilações opostas às do IQA-CCME. Os resultados do percentual de análises falhas (F2) que se concentram abaixo dos resultados de F1, estão também abaixo do IQA-CCME. Nesse trecho, os altos valores alcançados pela amplitude (F3), próximos de 100, parecem ter contribuído significativamente para os resultados baixos do IQA-CCME, entre 20 e 40.

O Gráficos 3 apresenta os fatores F1, F2 e F3, e o índice IQA-CCME para o Trecho 3

Gráfico 3 – Resultados do IQA-CCME e fatores do Trecho 3

Fonte: Autora

Obs.: 1, 2, 3 e 4 equivalem a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas de 2008; 5, 6, 7 e 8 equivalem a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas de 2009; 9 e 10 equivalem a 1ª e 2ª campanhas de 2010; 11 e 12 equivalem a 1ª e 2ª campanhas de 2011.

O Gráfico 3 mostra menos fortemente no Trecho 3, tanto que os fatores F1 e F2 geraram resultados paralelos entre si, ao longo das campanhas, quanto que as oscilações são opostas às do IQA-CCME. Entretanto o percentual de análises falhas (F2), assim como nos trechos anteriores, se mantêm em uma faixa de variação abaixo do F1. Nesse trecho, os altos valores alcançados pela amplitude (F3), entre 60 e 100, parecem ter contribuído significativamente para os resultados baixos do IQA-CCME, entre 20 e 60.

Da análise acima conclui-se que o fator amplitude F3 tem a mais forte influência sobre o resultado do IQA-CCME.

Com os dados das tabelas 2, 3 e 4, pode-se comparar os resultados dos fatores F1, F2 e F3 e do IQA-CCME, entre diferentes campanhas, calculados com o número de parâmetros total e reduzidos para incorporar somente os parâmetros do IQA-CETESB. Foram observados sete diferentes padrões de comportamento para F1, F2 e F3 e IQA-CCME ao se reduzir o número de parâmetros conforme está mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Padrões de comportamento de F1, F2 e F3

Casos	Frequência (%)	Trecho	Situação de Qualidade				Qualidade da Água
			F1	F2	F3	IQA-CCME	
1	65,71	1, 2 e 3	↑	↑	↑	↓	Inferior
2	5,71	1	↑	↑	↓	↓	Inferior
3	2,86	1	↑	↑	↓	↑	Superior
4	2,86	1	↓	↑	↑	↑	Superior
5	17,14	2 e 3	↑	↑	=	↓	Inferior
6	2,86	3	↑	=	=	↓	Inferior
7	2,86	3	↑	↓	↑	↓	Inferior

Fonte: Autora.

Obs.: O cálculo do IQA-CCME foi realizado para um número reduzido de parâmetros.

Como mostrado na Tabela 5, com frequência de 65,71%, a redução do número de parâmetros para o cálculo do IQA-CCME resultou em aumento dos fatores F1, F2 e F3 e redução no valor do IQA-CCME (água com qualidade inferior). Com frequência de 28,57% (soma dos casos 2, 5, 6 e 7), a redução do número de parâmetros também levou à redução no valor do IQA-CCME, embora nem todos os fatores tenham sofrido aumento. Somente em 5,71% dos cálculos do IQA-CCME com redução do número de parâmetros (soma dos casos 3 e 4), houve aumento no valor do IQA-CCME e informação de água com qualidade superior. Em ambos os casos se verificou a ocorrência ou de menor valor para F1 ou de menor valor para F3.

Preponderantemente (94,29%), mas não necessariamente, a redução do número de parâmetros leva a redução do IQA-CCME com informação de qualidade inferior para a água. Em 5,71% dos cálculos (casos 3 e 4), a redução do número de parâmetros resultou em melhor informação de qualidade. Dessa forma, fica evidente que é a condição de qualidade dos parâmetros que influenciam no resultado final do índice. No caso 3, ocorrido no Trecho 1, 2ª campanha de 2009 (Tabela 2), o fato da amplitude (F3) ter sido pequena, ou seja, as violações nos parâmetros não terem sido significativas, o resultado para o índice classificou a água como mediana.

Observando na Tabela 3 os valores da soma normalizada das discrepâncias ($\sum_n \Delta$) [variável necessária para o cálculo da amplitude], percebe-se que essa variável se comporta de forma assintótica, influenciando na amplitude (F3) até um dado valor,

como pode ser observado na comparação entre a 2ª e 3ª campanhas de 2008; entre outras.

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DO IQA-CCME COM OS RESULTADOS DO IQA-CETESB

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam os resultados do IQA-CETESB calculados no âmbito do Programa Monitora, no período de 2008 a 2011, associados às cores da sua escala de qualidade; e do IQA-CCME, calculados de duas maneiras: utilizando apenas os parâmetros contidos no conjunto dos nove parâmetros do IQA-CETESB; e, com todos os parâmetros monitorados no âmbito do Programa Monitora, agregados em, no mínimo, quatro pontos de monitoramento para compor os Trechos 1, 2 e 3 definidos no trabalho.

De acordo com a Tabela 6 (Trecho 1), na 1ª e 2ª campanha de 2008, por exemplo, os resultados obtidos com IQA-CETESB, classificam a água, nos diferentes pontos monitorados de montante para jusante, como “boa”, “regular” e “imprópria”, enquanto o resultado do IQA-CCME (agregado para todos os pontos), foi classificado como “ruim” nas respectivas campanhas. Em campanhas onde o IQA-CETESB apresentou resultados classificados como “bom” e “regular”, a classificação obtida com o IQA-CCME foi “marginal” (exemplo: 3ª e 4ª campanhas de 2008). De um modo geral no Trecho 1 predominou as qualidades marginal e mediana quando o IQA-CCME, foi calculado com todos os parâmetros.

Conforme Tabela 7 (Trecho 2) e Tabela 8 (Trecho 3) o cálculo de qualidade pelo IQA-CETESB indicou uma qualidade alternada, “boa”, “regular” e “imprópria”, de montante para jusante no trecho. Entretanto, no cálculo do IQA-CCME prevaleceu a qualidade “ruim”, tanto calculado com todos os parâmetros como com o número reduzido de parâmetros. Mais uma vez, observa-se que ao agregar os resultados dos pontos de monitoramento, se um a dois pontos tem classificação ruim pelo IQA-CETESB, resulta em qualidade ruim com o IQA-CCME.

Os resultados mostraram que embora o cálculo analítico do IQA-CETESB permita o conhecimento pontual da qualidade da água no trecho, o cálculo estatístico com o IQA-CCME apresenta um resultado mais seguro para a informação de

qualidade, tendo em vista que a informação é para todo o volume de água daquele trecho correspondendo a um valor médio de qualidade no trecho.

Tabela 6 – Resultados do IQA-CETESB e IQA-CCME no Trecho 1

Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2008 23/01/08 a 25/01/08					2ª Campanha/2008 11/06/08 a 24/07/08					3ª Campanha/2008 22/09/08 e 26/09/08					4ª Campanha/2008 04/11/08 a 18/11/08				
	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800
IQA-CETESB*	69	71	69	46	30	62	71	46	62	35	70	60	71	55	39	75	70	53	58	49
IQA-CCME**	38					36					53					61				
IQA-CCME***	-					55					60					64				
Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2009 05/01/09 a 09/01/09					2ª Campanha/2009 30/03/09 a 07/04/09					3ª Campanha/2009 29/06/09 a 03/07/09					4ª Campanha/2009 21/09/09 a 25/09/09				
	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800
IQA-CETESB*	60	73	79	60	35	57	75	72	58	35	65	68	80	50	35	68	63	67	42	28
IQA-CCME**	57					73					47					48				
IQA-CCME***	65					69					59					52				
Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2010 04/01/10 a 08/01/10					2ª Campanha/2010 19/04/10 a 29/04/10					1ª Campanha/2011 26/07/11 a 22/08/11					2ª Campanha/2011 01/11/11 a 20/01/12				
	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800	RCN JOA 050	RCN JOA 200	RCN LAM 500	RCN PET 200	RCN JRG 800
IQA-CETESB*	68	60	48	52	34	44	46	37	43	37	70	72	82	50	52	45	60	83	49	34
IQA-CCME**	31					30					62					47				
IQA-CCME***	42					74					67					45				

Fonte: Autora

*Resultados calculados no âmbito do Programa Monitora.

** Resultados calculados com parâmetros do IQA CETESB, que têm padrões estabelecido em legislação, e que foram monitorados em pelo menos quatro pontos de amostragem, no âmbito do Programa Monitora.

*** Resultados calculados com todos os parâmetros com padrões estabelecido em legislação, e que foram monitorados em pelo menos em quatro pontos de amostragem, no âmbito do Programa Monitora.

Quadro 14 (item 3.4) – Escalas de qualidade para os índices IQA-CCME e IQA CETESB

NOTAS	0	19	20	36	37	44	45	51	52	64	65	79	80	94	95	100
IQA-CCME	RUIM						MARGINAL				MEDIANA		BOM		EXCELENTE	
IQA-CETESB	IMPRÓPRIA				REGULAR				BOM				ÓTIMA			

Fonte: Oliveira et al. (2012).

Tabela 7 – Resultados do IQA-CETESB e IQA-CCME no Trecho 2

Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2008 23/01/08 a 25/01/08				2ª Campanha/2008 11/06/08 a 24/07/08				3ª Campanha/2008 22/09/08 e 26/09/08				4ª Campanha/2008 04/11/08 a 18/11/08			
	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100
IQA-CETESB*	61	13	37	20	40	18	69	50	59	13	60	30	71	15	79	42
IQA-CCME**	21				16				12				23			
IQA-CCME***	-				39				20				36			
Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2009 05/01/09 a 09/01/09				2ª Campanha/2009 30/03/09 a 07/04/09				3ª Campanha/2009 29/06/09 a 03/07/09				4ª Campanha/2009 21/09/09 a 25/09/09			
	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100
IQA-CETESB*	57	21	78	27	55	13	66	31	68	16	70	47	55	8	66	39
IQA-CCME**	25				29				29				21			
IQA-CCME***	36				41				35				32			
Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2010 04/01/10 a 08/01/10				2ª Campanha/2010 19/04/10 a 29/04/10				1ª Campanha/2011 26/07/11 a 22/08/11				2ª Campanha/2011 01/11/11 a 20/01/12			
	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100	RCN -IBT- 500	RCN -CAM- 135	RCN -JOA- 400	RCN -MRQ- 100
IQA-CETESB*	51	11	65	33	53	14	58	33	68	20	76	39	59	13	68	40
IQA-CCME**	12				24				36				22			
IQA-CCME***	20				51				41				28			

Fonte: Autora

*Resultados calculados no âmbito do Programa Monitora.

** Resultados calculados com parâmetros contidos no conjunto dos nove parâmetros do IQA CETESB, que têm padrões estabelecido em legislação, e que foram monitorados em pelo menos quatro pontos de amostragem, no âmbito do Programa Monitora.

*** Resultados calculados com todos os parâmetros com padrões estabelecido em legislação, e que foram monitorados em pelo menos quatro pontos de amostragem, no âmbito do Programa Monitora.

Quadro 14 (item 3.4) – Escalas de qualidade para os índices IQA-CCME e IQA CETESB

NOTAS	0	19	20	36	37	44	45	51	52	64	65	79	80	94	95	100
IQA-CCME	RUIM						MARGINAL				MEDIANA		BOM		EXCELENTE	
IQA-CETESB	IMPRÓPRIA				REGULAR				BOM				ÓTIMA			

Fonte: Oliveira et al. (2012).

Tabela 8 – Resultados do IQA-CETESB e IQA-CCME no Trecho 3

Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2008 23/01/08 a 25/01/08				2ª Campanha/2008 11/06/08 a 24/07/08				3ª Campanha/2008 22/09/08 e 26/09/08				4ª Campanha/2008 04/11/08 a 18/11/08			
	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900
IQA-CETESB*	81	22	33	20	80	20	72	36	37	42	42	28	65	27	50	41
IQA-CCME**	26				21				20				36			
IQA-CCME***	-				43				25				44			
Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2009 05/01/09 a 09/01/09				2ª Campanha/2009 30/03/09 a 07/04/09				3ª Campanha/2009 29/06/09 a 03/07/09				4ª Campanha/2009 21/09/09 a 25/09/09			
	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900
IQA-CETESB*	32	33	48	33	39	22	24	31	72	34	69	39	58	45	60	28
IQA-CCME**	25				16				57				29			
IQA-CCME***	31				40				64				42			
Campanha/Ano Período	1ª Campanha/2010 04/01/10 a 08/01/10				2ª Campanha/2010 19/04/10 a 29/04/10				1ª Campanha/2011 26/07/11 a 22/08/11				2ª Campanha/2011 01/11/11 a 20/01/12			
	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900	RCN -IPT- 500	RCN -IPT- 600	RCN -JOA- 600	RCN -JOA- 900
IQA-CETESB*	58	24	43	34	68	35	67	33	68	29	71	42	77	23	83	43
IQA-CCME**	26				36				35				29			
IQA-CCME***	30				56				42				32			

Fonte: Autora

*Resultados calculados no âmbito do Programa Monitora.

** Resultados calculados com parâmetros do IQA CETESB, que têm padrões estabelecido em legislação, e que foram monitorados em pelo menos em quatros pontos de amostragem, no âmbito do Programa Monitora.

*** Resultados calculados com todos os parâmetros com padrões estabelecido em legislação, e que foram monitorados em pelo menos em quatros pontos de amostragem, no âmbito do Programa Monitora.

Quadro 14 (item 3.4) – Escalas de qualidade para os índices IQA-CCME e IQA CETESB

NOTAS	0	19	20	36	37	44	45	51	52	64	65	79	80	94	95	100
IQA-CCME	RUIM						MARGINAL				MEDIANA		BOM		EXCELENTE	
IQA-CETESB	IMPRÓPRIA				REGULAR				BOM				ÓTIMA			

Fonte: Oliveira et al. (2012).

5 CONCLUSÕES

Em relação à bacia hidrográfica do rio Joanes, utilizada como caso para aplicação do IQA-CCME, objeto deste estudo, encontrou-se que os usos do solo identificados na bacia foram, em geral, ocupação urbana (cidades, povoados e zonas industriais), pastagens com presença de bovinos e equinos, e agricultura familiar. Para os usos da água superficial, em geral, identificou-se, abastecimento humano, abastecimento industrial, pesca, dessedentação animal e lançamentos de efluentes sanitários.

Devido aos usos do solo e da água na bacia, encontrou-se que os parâmetros a serem monitorados são de natureza física, química, entre eles os nutrientes orgânicos e inorgânicos, metais e os parâmetros biológicos indicadores da contaminação fecal. Além disso, a verificação da toxicidade, conforme preconizado na Resolução CONAMA 357/05.

Na avaliação da aplicabilidade do IQA-CCME verificou-se a vantagem de ser flexível, pois não limita a quantidade máxima nem o tipo de parâmetros escolhido. Entretanto, na sua versão original de aplicação, por ser um índice estatístico, exige a realização de um mínimo de quatro campanhas e a avaliação de um mínimo de quatro parâmetros em cada uma, deixando de ser calculável para uma única ou menos de quatro campanhas.

Com base na análise comparativa entre o IQA-CCME e IQA-CETESB, concluiu-se que o primeiro índice não pode substituir o segundo na avaliação da qualidade das águas de uma bacia hidrográfica, quando realizada apenas uma campanha de monitoramento para menos de quatro pontos amostrais. Nesse caso, apesar do IQA-CETESB, ser inflexível, pois exige nove parâmetros predefinidos, por ser um índice de cálculo analítico, passa a ser útil na avaliação da qualidade de um único ponto de monitoramento.

Na aplicação do IQA-CCME, modificada neste trabalho, tornou-se possível a aplicabilidade deste índice, quando considerados um mínimo de quatro pontos de monitoramento num mesmo trecho do rio, com um mínimo de quatro análises realizadas, em uma mesma campanha de monitoramento. Assim, é possível realizar a evolução temporal da qualidade da água de um rio, por trecho do mesmo.

A metodologia do IQA-CCME não determina parâmetros para serem utilizados. Dessa forma, diferentes objetivos para o monitoramento do corpo hídrico podem ser considerados, tais como: realizar diagnóstico para reconhecimento das condições de qualidade de água em função dos usos do solo e da água, monitorar para efetivação do enquadramento; e/ou monitorar para verificação da eficiência e efetividade no alcance da meta do enquadramento.

A escala de notas de qualidade do IQA-CCME é mais restritiva do que a escala de notas do IQA-CETESB. As faixas de notas e de classificação na escala do IQA-CCME mostraram-se mais coerentemente integradas entre si, e com critérios de avaliação mais bem definidos do que as faixas da escala do IQA-CETESB.

As classificações do IQA-CCME que indicam qualidades satisfatórias tem menor intervalo de notas, sendo mais claramente definidas em sua metodologia. Além disso, a escala de notas de qualidade utiliza as variadas qualidades de águas existentes no ambiente natural, indo, desde águas protegidas com ausência de ameaça de impacto, ou protegidas com pequeno grau de impacto; até águas quase sempre ameaçadas ou prejudicadas.

A metodologia do IQA-CCME, também contribui com a comunicação de qualidade da água utilizando os resultados dos fatores (F1, F2, F3 e $\sum n\Delta$) necessários para a obtenção do resultado final do índice. As águas avaliadas por meio do IQA-CCME alcançam um resultado alto na escala de 0 a 100, quando todos os fatores, F1, F2 e F3, que o compõem, tiverem a tendência de gerar resultados baixos, nesta mesma escala. Quanto ao fator F2, percentual de análises não conformes, foi observado que este não apresenta uma variação significativa, por ter uma base de cálculo maior.

A soma normalizada das discrepâncias ($\sum n\Delta$), variável necessária para o cálculo do F3, pode ter resultado numérico que satura o cálculo do parâmetro F3, tal que, resultados muito altos não alterarão adicionalmente o valor da amplitude (F3). Entretanto, mesmo quando isso acontece, os resultados dessa variável chamam a atenção para concentrações em excesso. Desta forma, contribui para alertar sobre concentrações excessivas de determinados parâmetros físico-químico ou biológico no corpo d'água. Observou-se de um modo geral, que os resultados do F3 influenciaram mais fortemente no resultado final do IQA-CCME.

Foi verificado que, respeitado o número mínimo de parâmetros, estabelecido pelo IQA-CCME (4), a quantidade destes, preponderantemente, mas não necessariamente implicou em resultados mais ou menos restritivos de qualidade, sendo que, o que determina a qualidade é o estado do parâmetro.

A aplicação do IQA-CCME, modificado neste trabalho (aplicado por campanha em trechos de no mínimo quatro pontos), tem a vantagem de poder ser utilizado numa única campanha de monitoramento em trechos de um rio, para uma variedade de objetivos de monitoramento, contanto que um mínimo de quatro pontos seja monitorado durante esta campanha.

Os resultados mostraram que embora o cálculo analítico do IQA-CETESB permita o conhecimento pontual da qualidade da água no trecho, o cálculo estatístico com o IQA-CCME apresenta um resultado mais seguro para a informação de qualidade, tendo em vista que a informação é para todo o volume de água daquele trecho, correspondendo a um valor médio de qualidade no trecho.

6 RECOMENDAÇÕES

- ✓ Aplicar o IQA-CCME aos dados do monitoramento da qualidade das águas de bacias hidrográficas monitorados pelo Programa Monitora, considerando os usos prioritários para cada trecho, além dos atuais usos da água e do solo, testando outras alternativas de agregação.
- ✓ Aplicar o IQA-CCME em monitoramento das bacias hidrográficas considerando a coluna de água, ou seja, uma aplicação a diferentes profundidades no mesmo rio.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, P. A.; CASTRO, H.; RESCIA, A. & SCHMITZ, M. F. Methodological Development of an Index of Coastal Water Quality: Application in a Tourist Area. *Environmental Management*, v. 27, n. 2, p. 295-301, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Portal da qualidade das águas: índice de qualidade das águas*. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 17 jun. 2012.

ALMEIDA, M. A. B. & SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.1, p.81–97, 2003.

ALMEIDA, A. A. *Estudo Comparativo entre os métodos IQA-NSF e IQA-CCME na Análise da Qualidade da Água do Rio Cuiabá*. 2007. 89 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Departamento de Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&o_obra=85635>. Acesso em: 18 ago. 2012.

BAHIA. Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009. *Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá Outras Providências*. Bahia: 2009a. Disponível em: <[http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei_11612\[1\].pdf](http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei_11612[1].pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2014.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH. Resolução nº 53, de 19 de junho de 2009. *Aprova o Enquadramento Transitório dos Corpos D'água da RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe: Bacia do Rio Joanes*. Salvador, BA: Diário Oficial, 31 jul. 2009b. n. 20.044.

_____. Lei n. 12.377 de 28 de dezembro de 2011. *Dispõe sobre a Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade, a Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e a Lei nº 11.051, de 06 de junho de 2008, que Reestrutura o Grupo Ocupacional Fiscalização e Regulação*. Bahia: 2011. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/LEI%20N%2012.377%20DE%2028%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202011.pdf>>. Acesso em: 18 Jun. 2012.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. & EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRAGA, B.; PORTO, M. & TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 145 – 160.

BRANCO, S. M. Qualidade e uso da água. In: PORTO, R. .L. (Org.). *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Edusp, 1991. Cap. 1. p. 3-25.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei Nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei Nº 7.990, de 28 de Dezembro de 1989*. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 25 abr. 2014.

_____. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2012.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2009. *Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos*. Brasília, DF, Disponível em: <http://piranhasacu.ana.gov.br/resolucoes/resolucaoCNRH_91_2008.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2014.

_____. Ministério da Saúde – MS. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. *Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 04 abr. 2014.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT – CCME. *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report*. Canada, 2001a. 13 f. Disponível em: <http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_techrprtfcst_e.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2012a.

_____. *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual*. Canada, 2001b. 5 f. Disponível em: <http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_techrprtfcst_e.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2012.

_____. *Application and Testing of the Water Quality Index in Atlantic Canada: Report Summary*. Canada, 2004. Disponível em: <http://www.ccme.ca/assets/pdf/awi_en_posting.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo de 2009*. São Paulo: CETESB, 2009, 310 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/49-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: 20 Jun. 2012

_____. *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo de 2012*. São Paulo: CETESB, 2013. 370 p. Disponível em: <

<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publica>>. Acesso em: 6 Jul. 2013.

CORREIA, O. F.; ALVES, J. C.; GOMES, S. S.; RESENDE, S. O.; SANTOS, A. M. O & MARQUES, M. N. *Aplicação do IQA-CCME para verificar a conformidade ao enquadramento do rio Japarutuba em Sergipe a CONAMA nº 357/50*. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Química*, 34, 2011, Florianópolis. *Anais*. São Paulo: SBQ. 1 CD.

COSTA, A. B.; AZEVEDO, A. E. G.; LEAL, L. R. B. & SANTOS, C. P. L. Avaliação do padrão da composição isotópica de águas na Bacia do rio Joanes: implicações para a interação entre águas superficiais e subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 2007. v. 12, p. 211 – 219.

DEMING, W. E. *Qualidade: A Revolução da Administração*. São Paulo: Editora Saraiva, 1992.

DIAS, C. A.; OLIVEIRA, D. M. & RIBEIRO, M. L. Avaliação da qualidade das águas superficiais na microbacia do rio Dourados utilizando o índice de qualidade das águas IQA-NSF. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 15., 2003, local. Anais. Curitiba: Vídeo Congresso. 1 CD.

GEOBAHIA. *Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental*. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia5/interface/openlayers.htm?5b1l8h5f6240rco1btr72c3p53>>. Acesso em: 10 Abr. 2014.

HAASE, J.; KRIEGER, J.A. & POSSOLI, S. Estudo da viabilidade do uso da técnica fatorial como um instrumento na interpretação de qualidade das águas da bacia hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. *Ciência e Cultura*, v.41, p.576-582, 1989.

INSTITUTO DE GESTÃO DE ÁGUAS E CLIMA – INGÁ. *Programa Monitora: metodologia e significado ambiental dos parâmetros*. Salvador: SENAI CETIND, 2008a.

_____. *Programa Monitora: relatório anual de 2008*. Salvador: SENAI CETIND, 2008b.

_____. *Programa Monitora: relatório anual de 2009*. Salvador: SENAI CETIND, 2009a.

_____. *Proposta de enquadramento transitório dos corpos de água da RPGA RNI*. Salvador: Slides, 2009b. 103 slides, color.

_____. *Programa Monitora: relatório da 1ª campanha de 2010*. Salvador: SENAI CETIND, 2010a.

_____. *Programa Monitora: relatório da 2ª campanha de 2010*. Salvador: SENAI CETIND, 2010b.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA. *Qualidade dos Rios*. 2008. Disponível em:

<<http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios>>. Acesso em: 04 out. 2012.

_____. *Programa Monitora*: relatório da Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte – 1ª campanha. v. II. Salvador: SEMA INEMA, 2011a.

_____. *Programa Monitora*: relatório da Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte – 2ª campanha. v. II. Salvador: SEMA INEMA, 2011b.

_____. *Monitoramento*: qualidade dos rios. Disponível em:

<<http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Recursos Hídricos*: ações no monitoramento da qualidade da água no país. Disponível em:

<<http://www.ibama.gov.br/recursoshidricos/home.htm>>. Acesso em: 13 jul. 2012.

JONNALAGADDA, S. B. & MHERE, G. Water Quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. *Water Research*, v.35, n.10, p.2371-2376, 2001.

KHAN, A. A.; TOBIN, A.; PATERSON, R.; KHAN, H. & WARREN, R. Application of CCME Procedures for Deriving Site-Specific Water Quality Guidelines for the CCME Water Quality Index. *Water Qual. Res. J. Canada*, v. 40, n. 4, p. 448-456, 2005.

Disponível em:

<http://www.env.gov.nl.ca/env/waterres/quality/background/wqj_40_4_khan.pdf>.

Acesso em: 12 jul. 2012.

KHAN, F.; HUSAIN, T. & LUMB, A. Water Quality Evaluation and Trend Analysis in Selected Watersheds of Atlantic Region of Canada. *Environmental Monitoring and assessment*, v. 88, p. 221-242, 2003.

LUMB, A.; HALLIWELL, D. & SHARMA, T. Application of CCME Water Quality: A case of the Mackenzie River Basin, Canada. *Environmental Monitoring and Assessment*. v. 113, p. 411-429, 2006

MARQUES, M. N. DAUDE, L. F.; SOUZA, R. M. G. L., COTRIM, M. E. B. & PIRES, M. A. Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento: um estudo de caso. *Exacta*, São Paulo, v. 5, n. 1, p.47-55, 2007. Jan-jun. Disponível em:

<http://www.uninove.br/PDFs/Publicacoes/exacta/exactav5n1/exacta_v5n1_3c50.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2012.

OLIVEIRA, I. B.; ALMEIDA R. A. S.; NEGRÃO, F. I. & BERETTA, M. Avaliação da Qualidade da Água do Aquífero Sedimentar do Estado da Bahia Utilizando os Índices de Qualidade IQNAS E CCME WQI. *Anais. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 23-26/10/2012, Abas Bonito, MS. 2012.

<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27681/17935>

PORTO, R. L. L. Estabelecimento de Parâmetros de Controle da Poluição. In: PORTO, R. L. L. (Org.); BRANCO, S. M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R. M.;

SÉRGIO, J. L.; NOGUEIRA, V. P. Q. & PORTO, M. F. A. *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Edusp, 1991. Cap. 1. p. 27-65.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M. & LUCA, S. J. Qualidade e uso da água. In: PORTO, R. L. L. (Org.); BRANCO, S. M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R. M.; SÉRGIO, J. L.; NOGUEIRA, V. P. Q. & PORTO, M. F. A. *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Edusp, 1991. Cap. 1. p. 27-65.

SAID, A.; SEHLKE, G. & STEVENS, D. K. An Innovative Index for Evaluating Water Quality in Streams. *Environmental Management*, v. 34, n. 5, p. 406-414, 2004.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH. *Programa água é Vida*. Programa de recuperação e preservação de mananciais de abastecimento de água da Região Metropolitana de Salvador. Salvador, 2004.

_____. *Descobrimos os Lençóis Joanes – Ipitanga*: Relatório Final. Salvador, 2005.

SOLIMINI, A. G.; GULIA, P.; MONFRINOTTI, M. & CARCHINI, G. Performance of Different Biotic Indices and Sampling Methods in Assessing Water Quality in the Lowland Stretch of the Tiber River. *Hydrobiologia*, v. 422/423, p. 197-208, 2000.

SPERLING, V. M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte, 2007. UFMG, 588 p. V 7.

ZANDBERGEN, P. A. & HALL, K. J. Analysis of the British Columbia water quality index for watershed managers: a case study of two small watersheds. *Water Quality Research Journal Of Canada*, Canada, v. 33, n. 4, p.519-549, Abr. 1998. Disponível em: <<http://connection.ebscohost.com/c/articles/8462068/analysis-british-columbia-water-quality-index-watershed-managers-case-study-two-small-watersheds>>. Acesso em: 04 jun. 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Parâmetros de qualidade de água

Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Físicos</i>		
Condutividade - capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica.	Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.	Altos valores podem indicar características corrosivas da água. Em geral, níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados.
Série de Sólidos - sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado.	Natural - processos erosivos, organismos e detritos orgânicos. Antropogênica - lançamento de efluentes líquidos e resíduos sólidos.	Podem causar danos aos peixes e à vida aquática; sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes; reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia.
Temperatura - variações sazonais e diurnas e estratificação vertical.	Natural – fazem parte do regime climático normal de corpos de água. Antropogênicas – variações provocadas por despejos industriais, a exemplo de indústrias canavieiras e usinas termoelétricas.	Influencia Uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo, entre outros.

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Físicos</i>		
Turbidez - Grau de atenuação da intensidade da luz na água pelas partículas em suspensão que provocam a turbidez.	Natural – erosão das margens dos rios em estações chuvosas, podendo ser intensificada pelo mau uso do solo. Antropogênica – esgotos domésticos e diversos efluentes industriais, a exemplo dos poluentes da atividade de mineração.	Alta turbidez reduz a fotossíntese, conseqüentemente pode, suprimir a produtividade de peixes. Afeta negativamente os usos doméstico, industrial e recreacional de água.
<i>Parâmetros Químicos</i>		
Alcalinidade - capacidade de uma amostra de água reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH.	Antropogênica – a principal fonte de alcalinidade de hidróxidos em águas naturais decorre da descarga de efluentes de indústrias, onde se empregam bases fortes como soda cáustica e cal hidratada. Em águas tratadas, pode-se registrar a presença de alcalinidade de hidróxidos em águas abrandadas pela cal.	Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos. Outros sais de ácidos fracos inorgânicos, como boratos, silicatos, fosfatos, ou de ácidos orgânicos, como sais de ácido húmico, ácido acético etc., também conferem alcalinidade às águas, mas seus efeitos normalmente são desconsiderados por serem pouco representativos.
Alumínio – e seus sais são usados no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica etc	Pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes na água. Deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Em águas com extrema acidez, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L.	Sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer.

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
<p>Arsênio – é um elemento raro com ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar.</p>	<p>Natural – em corpos d’água o arsênio é predominantemente encontrado no sedimento. Sua desorção é controlada pelo pH, ferro total e carbonato de cálcio.</p> <p>Antropogênica – pode ser proveniente de efluentes industriais ligados aos principais usos: inseticidas; rodenticidas; dissecante de plantas; detergentes e na indústria farmacêutica e têxtil.</p>	<p>Baixos níveis de ingestão (1 a 10 mg/L) pelos seres humanos, em grandes períodos, podem levar a um quadro de toxicidade aguda. Envenenamento agudo é caracterizado por efeitos no sistema central, levando a coma e eventual morte. Intoxicação crônica em seres humanos resulta em distúrbios neurológicos, fraqueza muscular, perda de apetite, náuseas, hiperpigmentação e queratoses.</p>
<p>Bário</p>	<p>Natural – ocorre naturalmente na água, na forma de carbonatos em algumas fontes minerais, geralmente em concentrações entre 0,7 e 900 µg/L.</p> <p>Antropogênica – pode ser proveniente de efluentes industriais ligados aos principais usos dos compostos de bário: indústria da borracha; têxtil; cerâmica; farmacêutica, entre outras.</p>	<p>Não é um elemento essencial ao homem e em elevadas concentrações causa efeitos no coração, no sistema nervoso, constrição dos vasos sanguíneos, elevando a pressão arterial. A morte pode ocorrer em poucas horas ou dias dependendo da dose e da solubilidade do sal de bário.</p>
<p>Boro – Ácido bórico e os boratos são utilizados na manufatura de vidraria (fibra de vidro, vidros de borossilicato), em sabonetes e detergentes, retardantes de chamas, etc. O ácido bórico, os boratos e os per-boratos também são utilizados em anti-sépticos, farmacêuticos (como tampão de pH), na denominada terapia por captura de nêutrons (no tratamento do câncer), na formulação de pesticidas e de fertilizantes agrícolas.</p>	<p>Natural - o teor de boratos naturais nas águas superficiais, assim como nas subterrâneas é geralmente baixo.</p> <p>Antropogênica – o teor pode ser substancialmente aumentado por descargas domésticas, uma vez que compostos de boro são ingredientes de detergentes e outros produtos de limpeza.</p>	<p>Dados em humanos sobre compostos de boro, excluindo-se a via de inalação, foram obtidos para o ácido bórico. A menor dose letal relatada de ácido bórico é de 640 mg/kg de peso corpóreo (oral), 8600 mg/kg de peso corpóreo (dérmico), e 29 mg/kg de peso corpóreo (injeção intravenosa), com morte ocorrendo em doses entre 5 e 20 g de ácido bórico para adultos e <5 g para crianças.</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
Cádmio	<p>Natural – normalmente a concentração em águas não poluídas é inferior a 1 µg/L.</p> <p>Antropogênica – é liberado ao ambiente por efluentes industriais, principalmente, de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar local.</p>	<p>A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao cádmio e não fumante é a oral. A ingestão de alimentos ou água contendo altas concentrações de cádmio causa irritação no estômago, levando ao vômito, diarreia e, às vezes, morte. A exposição crônica o cádmio pode danificar os rins.</p>
Carbono Orgânico Total (COT) – é a concentração de carbono orgânico oxidado a CO ² , em um forno a alta temperatura, e quantificado por meio de analisador infravermelho.	<p>Natural – existem dois tipos de carbono orgânico no ecossistema aquático: carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico dissolvido (COD). O carbono orgânico em água doce origina-se da matéria viva e também como componente de vários efluentes e resíduos.</p>	<p>O carbono orgânico serve como fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais. A parcela formada pelos excretos de algas cianofíceas pode, em concentrações elevadas, tornar-se tóxica, além de causar problemas estéticos. O carbono orgânico total na água também é um indicador útil do grau de poluição do corpo hídrico</p>
Chumbo – está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos.	<p>Natural – ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo.</p> <p>Antropogênica – pode ser proveniente do lançamento de efluentes de indústrias de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas etc.</p>	<p>As doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L, embora alguns resistam até 10 mg/L em condições experimentais.</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
<p>Cloreto – é o ânion Cl⁻ que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas.</p>	<p>Natural – nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto.</p> <p>Antropogênica – as descargas de esgotos sanitários são fontes importantes de cloreto, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia (cerca de 90 a 95% dos excretos humanos). O restante é expelido pelas fezes e pelo suor. Dessa forma os esgotos apresentam concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg/L. Diversos efluentes industriais apresentam concentrações de cloreto elevadas: indústria do petróleo; algumas indústrias farmacêuticas; curtumes etc.</p>	<p>Apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos.</p>
<p>Cobre - tem vários usos, como na fabricação de tubos, válvulas, acessórios para banheiro e está presente em ligas e revestimentos. Na forma de sulfato (CuSO₄.5H₂O) é usado como algicida.</p>	<p>Natural – ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses.</p> <p>Antropogênica – as fontes incluem efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais.</p>	<p>Concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. Concentrações acima de 2,5 mg/L transmitem sabor amargo à água; acima de 1 mg/L produzem coloração em louças e sanitários. Para peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Concentrações de 0,5 mg/L são letais para trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros. Doses acima de 1,0 mg/L são letais para microrganismos.</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
<p>Cromo – é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, entre outros usos.</p>	<p>Natural – a maioria das águas superficiais contem entre 1 e 10 µg/L de cromo.</p>	<p>Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente.</p>
<p>DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) – inseticida persistente que tem seu uso restrito ou banido em vários países, exceto para campanhas de saúde pública no controle de doenças transmitidas por insetos.</p>	<p>O DDT e seus metabólitos podem ser transportados de um meio para outro, no ambiente, por processos de solubilização, adsorção, bioacumulação ou volatilização.</p> <p>Na água, a maior parte do DDT encontra-se firmemente ligada a partículas e assim permanece indo depositar-se no leito de rios e mares.</p>	<p>Bioconcentra-se no plâncton marinho e de água doce, em insetos, moluscos, outros invertebrados e peixes. Os principais efeitos do DDT são: neurotoxicidade, hepatotoxicidade, efeitos metabólicos e alterações reprodutivas e câncer. Nos seres humanos, como em outras espécies, o DDT se biotransforma em DDE, que é acumulado mais facilmente que o DDT.</p>
<p>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.</p>	<p>Natural – ocorrem da degradação biológica de compostos que ocorre nas águas naturais. Compostos orgânicos biodegradáveis são transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados, tais como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos etc. Nesse processo há consumo de oxigênio da água e liberação da energia contida nas ligações químicas das moléculas decompostas.</p> <p>Antropogênica – os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica.</p>	<p>A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.</p> <p>Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
Fenóis	Antropogênica – os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais, indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras.	Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.
Ferro	Natural – o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Antropogênica – contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido.	O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição.
Fluoreto – forma combinada que normalmente se encontra o flúor na natureza, por ser o mais eletronegativo de todos os elementos químicos, portanto muito reativo.	Natural – traços são normalmente encontrados em águas naturais e concentrações elevadas geralmente estão associadas com fontes subterrâneas. Em locais onde existem minerais ricos em flúor, tais como próximos a montanhas altas ou áreas com depósitos geológicos de origem marinha, concentrações de até 10 mg/L ou mais são encontradas. Antropogênica – alguns efluentes industriais também descarregam fluoreto nas águas naturais, tais como as indústrias de vidro e de fios condutores de eletricidade.	O fluoreto é adicionado às águas de abastecimento público para conferir-lhes proteção à cárie dentária. Porém, a fluoretação das águas deve ser executada sob controle rigoroso, utilizando-se bons equipamentos de dosagem e implantando-se programas efetivos de controle residual de fluoreto na rede de abastecimento de água, pois, de acordo com estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, concentrações de fluoreto acima de 1,5 mg/L aumentam a incidência da fluorose dentária.

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
<p>Fósforo Total – pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos, que não são tão relevantes nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais.</p>	<p>Antropogênica – proveniente, principalmente, das descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.</p>	<p>Por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais.</p>
<p>Manganês – é um elemento essencial para muitos organismos, incluindo o ser humano.</p>	<p>Natural – ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos.</p> <p>Antropogênica – também responsáveis pela contaminação da água, podendo ser proveniente do uso na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos.</p>	<p>Desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn+2 (mais solúvel) e Mn+4 (menos solúvel).</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
Mercúrio - é usado na produção eletrolítica do cloro, em equipamentos elétricos, amalgamas e como matéria prima para compostos de mercúrio.	<p>Natural – está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea. As concentrações geralmente estão abaixo de 0,5 µg/L, embora depósitos de minérios possam elevar a concentração do metal na água subterrânea.</p> <p>Antropogênica – destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias de tintas etc.</p>	O metal é altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3 a 30 gramas são letais. Apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais. O pescado é um dos maiores contribuintes para a transferência de mercúrio para o homem, sendo que este se mostra mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos.
Níquel - e seus compostos são utilizados em galvanoplastia, na fabricação de aço inoxidável, manufatura de baterias Ni-Cd, moedas, pigmentos, entre outros usos.	<p>Natural – concentrações em águas superficiais naturais podem chegar a 0,1 mg/L;</p> <p>Antropogênica – valores elevados podem ser encontrados em áreas de mineração.</p>	A ingestão de elevadas doses de sais causa irritação gástrica. O efeito adverso mais comum da exposição ao níquel é uma reação alérgica; cerca de 10 a 20% da população é sensível ao metal
Óleos e Graxas - são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal.	<p>Natural – raramente encontrados em águas naturais.</p> <p>Antropogênica – normalmente oriundas de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas, refinarias, frigoríficos, saboarias etc.</p>	A presença de material graxo nos corpos hídricos, além de acarretar problemas de origem estética, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa maneira, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água. Além disso, em seu processo de decomposição, os óleos e graxas reduzem o oxigênio dissolvido, devido à elevação da DBO _{5,20} e da DQO, causando prejuízos ao ecossistema aquático.

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
Oxigênio Dissolvido (OD)	<p>Natural – o oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. .</p> <p>Antropogênica – outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Esta fonte não é muito significativa nos trechos de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos.</p>	<p>Águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. No entanto, um corpo d'água com crescimento excessivo de algas pode apresentar, durante o período diurno, concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação.</p>
pH – Potencial Hidrogeniônico	<p>As restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais,</p>	<p>A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.</p>
Potássio	<p>Natural – é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo.</p> <p>Antropogênica – sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, entrando nas águas doces através das descargas industriais e de áreas agrícolas.</p>	<p>O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Ele é pronto para ser incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota aquática, pois é um elemento nutricional essencial.</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
<p>Série de Nitrogênio - orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato, as duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas.</p>	<p>Natural – a atmosfera é uma fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos nas águas, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos.</p> <p>Antropogênica – esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização.</p>	<p>As presenças de nitrogênio orgânico distinguem-se nas zonas de autodepuração natural de rios: na zona de decomposição ativa – amoniacal (foco de poluição se encontra próximo); na zona de recuperação – nitrito e na zona de águas limpas – nitrato. Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o eutrofizado. A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente as algas.</p> <p>A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. A concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Químicos</i>		
<p>Substâncias Tensoativas que reagem com Azul de Metileno (Surfactantes)</p>	<p>Antropogênica – os esgotos sanitários possuem de 3 a 6 mg/L de detergentes. As indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2000 mg/L do princípio ativo. Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, empregam detergentes especiais com a função de desengraxante.</p>	<p>As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética provocados pela formação de espumas e podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos, contribuem para a aceleração da eutrofização. Além da maioria dos detergentes comerciais empregados possuir fósforo em suas formulações, exercendo efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas.</p>
<i>Parâmetros Biológicos</i>		
<p>Coliformes termotolerantes - definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela <i>Escherichia coli</i> e, também por algumas bactérias dos gêneros <i>Klebsiella</i>, <i>Enterobacter</i> e <i>Citrobacter</i>.</p>	<p>Natural – podem ser encontrados igualmente em águas de regiões tropicais ou sub-tropicais, sem qualquer poluição evidente por material de origem fecal. Entretanto, sua presença em águas de regiões de clima quente não pode ser ignorada, pois não pode ser excluída, nesse caso, a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos.</p> <p>Antropogênica – a <i>E. coli</i> é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição.</p>	<p>São utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinada a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura.</p>

Continua

Continuação do Quadro A 1 – Parâmetros de qualidade de água: origem e efeito nas águas superficiais

Parâmetro	Origem nas águas superficiais	Efeito sobre a água / seres humanos
<i>Parâmetros Biológicos</i>		
Enterococos – são um subgrupo dos Streptococos representados por <i>S. faecalis</i> , <i>S. faecium</i> , <i>S. gallinarum</i> e <i>S. avium</i> .	O grupo é um valioso indicador bacteriano para determinação da extensão da contaminação fecal de águas superficiais recreacionais.	Estudos em águas de praias marinhas e de água doce indicaram que as gastroenterites associadas ao banho estão diretamente relacionadas à qualidade das águas recreacionais e que os enterococos são os mais eficientes indicadores bacterianos de qualidade de água.
Clorofila a – é um dos pigmentos, além dos carotenóides e ficobilinas, responsáveis pelo processo fotossintético.	É a mais universal das clorofilas (a, b, c, e d) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas.	É considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos.
Comunidade fitoplanctônica – comunidade de vegetais microscópicos que vivem em suspensão nos corpos d'água e que são constituídos principalmente por algas: clorofíceas, diatomáceas, euglenofíceas, crisofíceas, dinofíceas e xantofíceas e cianobactérias.	Os organismos fitoplanctônicos respondem rapidamente (em dias) às alterações ambientais decorrentes da interferência antrópica ou natural.	A análise da sua estrutura permite avaliar alguns efeitos decorrentes de alterações ambientais. Esta comunidade é a base da cadeia alimentar e, portanto, a produtividade dos elos seguintes depende da sua biomassa. É uma comunidade indicadora do estado trófico, podendo ainda ser utilizada como indicador de poluição por pesticidas ou metais tóxicos (presença de espécies resistentes ao cobre) em reservatórios utilizados para abastecimento. A ocorrência desses organismos tem sido relacionada a eventos de mortandade de animais e com danos à saúde humana.

Fonte: Adaptado de CETESB (2013).

APÊNDICE B – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

Tabela B 1 – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

REQUERENTE	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	PORTARIA	VAZÃO	VAZÃO EFL.	TIPO CAPT.	USO/TIPO/STATUS	MANANCIAL
Austrália Empreendimentos Imobiliários Ltda.	-12° 52' 24.80"	-38° 19' 13.70"	Vida Nova/ Lauro de Freitas	02820/2011	INF	INF	INF	-	INF
Bandeirantes Incorporadora Ltda.	-12° 49' 54.60"	-38° 15' 37.10"	-	3188/2012	INF	87,17	INF	Diluição de Efluente*/ Autorização	INF
BATTRE - Bahia Transferência e Tratamento de Resíduos Ltda.	-12° 51' 52.00"	-38° 21' 55.00"	Estrada BA 526 (CIA Aeroporto) Km 6,5 Salvador	5097/2013 - ERRATA	INF	INF	INF	Abastecimento Industrial /Renovação	INF
BATTRE - Bahia Transferência e Tratamento de Resíduos Ltda.	-12° 51' 44.60"	-38° 21' 55.50"	Estrada BA 526 (CIA Aeroporto) Km 6,5	5097/2013 - ERRATA	INF	INF	INF	Abastecimento Humano/ Renovação	INF
Cerâmica Candeias Ltda. Me	-12° 40' 58.30"	-38° 29' 57.50"	Caroba/ Candeias	439/2011	INF	INF	INF	Abastecimento Industrial/ Dispensa	INF
Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia	-12° 43' 46.00"	-38° 18' 53.00"	-	4471/2013	INF	99,61	INF	Autorização	INF
Concessionária Bahia Norte S.A	-12° 43' 5.00"	-38° 23' 49.00"	-	3716/2012	INF	INF	INF	Abastecimento Industrial/ Autorização	INF

Continua

Obs.: A classificação de uso "Diluição de Efluente*" foi identificada pela autora em função da existência de vazão efluente.
Obs.: INF - informações não fornecidas.

Continuação da Tabela B 1 – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

REQUERENTE	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	PORTARIA	VAZÃO	VAZÃO EFL.	TIPO CAPT.	USO/TIPO/STATUS	MANANCIAL
Concessionária Bahia Norte S.A	-12° 50' 6.00"	-38° 21' 32.00"	-	3716/2012	INF	INF	Superficial	Abastecimento Industrial/ Autorização	INF
Concessionária Bahia Norte S.A	-12° 45' 22.00"	-38° 24' 4.00"	-	3716/2012	INF	INF	INF	Abastecimento Industrial/ Autorização	INF
Concessionária Bahia Norte S.A	-12° 41' 12.00"	-38° 22' 59.00"	-	3716/2012	INF	INF	INF	Abastecimento Industrial/ Autorização	INF
Concessionária Bahia Norte S.A	-12° 49' 46.00"	-38° 22' 60.00"	-	3716/2012	INF	INF	Superficial	Abastecimento Industrial/ Autorização	Rio das Pedras
Concessionária Bahia Norte S.A	-12° 40' 54.00"	-38° 18' 6.00"	-	3716/2012	INF	INF	Superficial	Abastecimento Industrial /Autorização	Rio Camaçari
Concessionária Bahia Norte S.A	-12° 52' 38.00"	-38° 21' 52.00"	-	3716/2012	INF	INF	Superficial	Abastecimento Industrial /Autorização	INF
MRV Engenharia e Participações S/A.	-12° 53' 20.00"	-38° 19' 33.00"	-	3115/2012	INF	322,85	INF	Diluição de Efluente*/ Autorização	INF
MRV Engenharia e Participações S.A	-12° 53' 31.30"	-38° 18' 58.70"	-	APP-0071	INF	INF	INF	-	INF
MRV Engenharia e Participações S/A.	-12° 53' 59.00"	-38° 19' 9.00"	-	2085/2012	INF	150	INF	Diluição de Efluente*/ Autorização	INF

Continua

Obs.: A classificação de uso "Diluição de Efluente*" foi identificada pela autora em função da existência de vazão efluente.

Obs.: INF - informações não fornecidas.

Continuação da Tabela B 1 – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

REQUERENTE	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	PORTARIA	VAZÃO	VAZÃO EFL	TIPO CAPT	USO/TIPO/ STATUS	MANANCIAL
MRV Engenharia e Participações S/A.	-12° 53' 34.60"	-38° 19' 57.00"	-	APP-0071	INF	INF	INF	-	INF
NARNI INCORPORADORA LTDA	-12° 51' 36.62"	-38° 17' 2.15"	-	3142/2012	INF	79,42	INF	Diluição de Efluente*/ Autorização	INF
OAS EMPREENDIMENTOS S.A	-12° 49' 38.09"	-38° 16' 0.84"	Pituba/ Salvador	1987/2012	INF	INF	INF	Autorização	INF
OWENS 19 EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS S.A	-12° 41' 20.30"	-38° 18' 33.80"	-	02832/2011	INF	INF	INF	-	INF
PEDREIRAS VALERIA S.A.	-12° 52' 35.00"	-38° 24' 57.00"	-	653/2011	INF	INF	Superficial	Abastecimento Industrial/ Dispensa	INF
Petróleo Brasileiro S.A. (Travessia de Duto)	-12° 38' 3.07"	-38° 33' 32.45"	-	2585/2012	INF	INF	INF	Autorização	INF
Petróleo Brasileiro S.A. (Travessia de Duto)	-12° 37' 53.10"	-38° 33' 29.72"	-	2585/2012	INF	INF	INF	Autorização	INF
Petróleo Brasileiro S.A. (Travessia de Duto)	-12° 37' 5.80"	-38° 33' 16.08"	-	2585/2012	INF	INF	INF	Autorização	Rio São Francisco
Petróleo Brasileiro S.A. (Travessia de Duto)	-12° 36' 3.60"	-38° 33' 12.20"	-	2585/2012	INF	INF	INF	Autorização	INF
Petróleo Brasileiro S.A. (Travessia de Duto)	-12° 35' 24.70"	-38° 33' 9.65"	-	2585/2012	INF	INF	INF	Autorização	INF

Continua

Obs.: A classificação de uso "Diluição de Efluente*" foi identificada pela autora em função da existência de vazão efluente.

Obs.: INF - informações não fornecidas.

Continuação da Tabela B 1 – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

REQUERENTE	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	PORTARIA	VAZÃO	VAZÃO EFL	TIPO CAPT	USO/TIPO/STATUS	MANANCIAL
Petróleo Brasileiro S.A. (Travessia de Duto)	-12° 35' 12.89"	-38° 33' 7.82"	-	2585/2012	INF	0	INF	Autorização	INF
Petróleo Brasileiro S.A.	-12° 41' 1.00"	-38° 20' 3.90"	Rua Eteno, Polo Petroquímico, Camaçari,	6028/2013	INF	0	INF	Abastecimento Industrial/ Autorização	INF
Pituaçu Incorporadora Ltda.	-12° 52' 20.00"	-38° 17' 28.00"	-	3702/2012	INF	134,51	INF	Diluição de Efluente*/ Autorização	INF
Pompeu Incorporadora Ltda.	-12° 53' 21.00"	-38° 20' 16.00"	-	2962/2012	INF	285,36	INF	Diluição de Efluente*/ Autorização	INF
Prefeitura Municipal de Simões Filho (Macro Drenagem)	-12° 46' 57.90"	-38° 23' 15.91"	Praça 7 DE Novembro, Centro, Simões Filho	4452/2013	INF	0	INF	Autorização	INF
Prefeitura Municipal de Simões Filho (Macro Drenagem)	-12° 46' 58.25"	-38° 23' 27.72"	Praça 7 DE Novembro, Centro, Simões Filho	4452/2013	INF	0	INF	Autorização	Córrego Muriqueira
Rafer Transporte Rodoviário de Cargas Ltda.	-12° 41' 22.10"	-38° 22' 59.00"	BA 093, Km 11, Simões Filho	649/2011	INF	0	INF	Abastecimento Humano/Dispensa	INF
Santana Incorporadora	-12° 51' 21.16"	-38° 16' 51.34"	Avenida Paulo VI, Pituba, Salvador	2963/2012	INF	86,69	INF	Diluição de Efluente*/ Autorização	INF

Continua

Obs.: A classificação de uso "Diluição de Efluente*" foi identificada pela autora em função da existência de vazão efluente.

Obs.: INF - informações não fornecidas.

Continuação da Tabela B 1 – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

REQUERENTE	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	PORTARIA	VAZÃO	VAZÃO EFL	TIPO CAPT	USO/TIPO/STATUS	MANANCIAL
Stella Maris Incorporadora Ltda.	-12° 53' 5.00"	-38° 20' 31.00"	-	3734/2012	INF	247,05	INF	Diluição de Efluentes*/ Autorização	INF
Taurus Blindagens Nordeste Ltda.	-12° 49' 28.00"	-38° 25' 39.00"	-	365/2011	INF	INF	Superficial	Abastecimento Industrial/Dispensa	Rios Locais Vertente BTS
Tiberius Incorporadora Ltda.	-12° 51' 35.00"	-38° 17' 1.00"	-	3788/2012	INF	103,33	INF	Diluição de Efluentes*/ Autorização	INF
Vitellius Incorporadora Ltda.	-12° 53' 54.00"	-38° 18' 38.00"	-	-	INF	152,16	INF	Diluição de Efluentes*/ Autorização	INF
Austrália Empreendimentos ImobiliáriosLtda.	12° 52' 37.2"	38°17'41.5"	Lauro de Freitas	265/2010	INF	145	Superficial	Diluição de Efluentes*/ Autorização/ Outorgado	Córrego afluente rio Joanes
Cittá Ipitanga SPE Empreendimentos ImobiliáriosLtda.	12° 53' 19.6"	38°19'33.3"	Caji, Lauro de Freitas	353/2010	INF	431	Superficial	Diluição de Efluentes*/ Autorização/ Outorgado	Córrego Cajá - afluente canal do Ipitanga
Conder - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia	12° 54' 13.0"	38°23'53.0"	Narandiba, Salvador	423/2010	INF	INF	Superficial	Autorização/ Outorgado	INF
Conder - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia	12° 54' 8.0"	38°23'39.0"	Narandiba, Salvador	423/2010	INF	INF	Superficial	Autorização/ Outorgado	INF
Conder - Companhia De Desenvolvimento Urbano Do Estado Da Bahia	12° 54 '2.0"	38°23'50.0"	Narandiba, Salvador	423/2010	INF	INF	Superficial	Autorização/ Outorgado	INF

Continua

Obs.: A classificação de uso "Diluição de Efluente*" foi identificada pela autora em função da existência de vazão efluente.
Obs.: INF - informações não fornecidas.

Continuação da Tabela B 1 – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

REQUERENTE	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	PORTARIA	VAZÃO	VAZÃO EFL	TIPO CAPT	USO/TIPO/ STATUS	MANANCIAL
EMBASA	12° 40' 21.0"	38° 25' 17.0"	Simões Filho	392/2002	INF	INF	Superficial	Abastecimento Humano/ Concessão/ Outorgado	Solicitação para incorporar ao processo já existente, as barragens Ipitanga I, Ipitanga II, Cobre, Joanes I, Joanes II, Santa Helena e Pituaçú Ipitanga - Solicitação para incorporar ao processo já existente,
EMBASA	12° 51' 32.0"	38° 23' 49.0"	Salvador	392/2002	INF	INF	Superficial	Abastecimento Humano/ Concessão/ Outorgado	as barragens Ipitanga I, Ipitanga II, Cobre, Joanes I, Joanes II, Santa Helena e Pituaçú Ipitanga/rio Joanes - Solicitação para incorporar ao processo já existente,
EMBASA	12° 53' 51.0"	38° 23' 0.0"	Salvador	392/2002	INF	INF	Superficial	Abastecimento Humano/ Concessão/ Outorgado	as barragens Ipitanga I, Ipitanga II, Cobre, Joanes I, Joanes II, Santa Helena e Pituaçú

Continua

Obs.: A classificação de uso "Diluição de Efluente*" foi identificada pela autora em função da existência de vazão efluente.

Obs.: INF - informações não fornecidas.

Continuação da Tabela B 1 – Outorgas vigentes concedidas pelo INEMA na bacia do rio Joanes

REQUERENTE	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	PORTARIA	VAZÃO	VAZÃO EFL	TIPO CAPT	USO/TIPO/STATUS	MANANCIAL
EMBASA	12° 50' 9.0"	38° 19' 28.0"	Lauro de Freitas	392/2002	INF	INF	Superficial	Abastecimento Humano/ Concessão/ Outorgado	Rio Joanes - Solicitação para incorporar ao processo já existente, as barragens Ipitanga I, Ipitanga II, Cobre, Joanes I, Joanes II, Santa Helena e Pituaçú
Gráfico Empreendimentos Ltda.	12° 53' 14.7"	38° 19' 11.2"	Lauro de Freitas	635/2010	INF	342	Superficial	Lançamento de Efluentes/ Autorização/ Outorgado	Canal do ipitanga
LRL Engenharia Ltda.	12°50' 41.0"	38° 16' 34.0"	Camaçari	379/2010	INF	300	Superficial	Lançamento de Efluentes/ Autorização/ Outorgado	Manancial córrego afluente do rio Parnamirim

Fonte: Adaptado de GEOBAHIA (2014).

Obs.: A classificação de uso "Lançamento*" foi identificada pela autora em função da existência de vazão efluente.

Obs.: INF - informações não fornecidas.

APÊNDICE C – Artigo publicado pela revista Bahia Análise & Dados

BAHIA
ANÁLISE & DADOS

Avaliação da qualidade das águas do Rio Joanes utilizando o índice IQA-CCME

Geane Silva de Almeida*

Iara Brandão de Oliveira**

* Mestranda em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e graduada em Engenharia Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências de Salvador (FTC).
geanesa@ufba.br,
geane_19@hotmail.com

** Doutora em Environmental Engineering pela University Of Michigan e mestre em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professora-associada do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA. oliveira@ufba.br

Resumo

Este trabalho avaliou a qualidade da água do Rio Joanes aplicando o índice desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of the Environment, o IQA-CCME, um índice estatístico que estabelece que sejam feitas, pelo menos, quatro amostragens de quatro parâmetros, em cada ponto amostral, e que tem, também, caráter flexível, pois não predefine os parâmetros utilizados no cálculo. A qualidade das águas do Rio Joanes, obtida com o IQA-CCME foi, em geral, mediana, e este resultado é compatível com os resultados do IQA Cetesb obtidos pelo Programa Monitora, do Instituto de Meio Ambiente e Recurso Hídricos do Estado da Bahia, que utilizou vários índices para avaliação da qualidade da água de vários rios do estado. Todos os índices utilizados pelo Programa Monitora, inclusive este último, têm como característica a utilização de uma quantidade limitada de parâmetros específicos.

Palavras-chave: Monitoramento, Índice de qualidade, Rio Joanes.

Abstract

This study evaluated the water quality of Joanes River applying the index developed by the Canadian Council of Ministers of the Environment, the IQA-CCME, a statistical index which establishes that, at least, four samplings of four parameters, at each sample point, be made; and, also has a flexible characteristic, because does not predefine the parameters used in the calculation. The water quality of Joanes River obtained with the application of the CCME-WQI was generally average, consistent with the result from the IQA CETESB, obtained by the Monitoring Program of the Environmental and Water Resource Institute of the State of Bahia, which used several indexes to evaluate the water quality of many rivers of the state. All indexes used by the Monitoring Program, including the latter, are characterized by the use of a limited quantity of specific parameters.

Keywords: Monitoring, index score, Joanes River.

INTRODUÇÃO

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 2006), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, traça o planejamento estratégico do setor, tendo suas ações executadas pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). O objetivo é estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a execução das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social. Diante disso, a gestão das águas superficiais e seu monitoramento são de grande importância para a conservação deste recurso que tem sido comprometido, principalmente, pela alteração de sua qualidade natural.

No monitoramento qualitativo são utilizados vários parâmetros indicadores de qualidade de água para se verificar como estão as condições dos corpos d'água. Tendo em vista o grande número desses parâmetros, com características diferentes, surge a questão de como se proceder para adquirir uma informação consolidada quanto aos problemas de poluição de água em um dado rio ou lago (BRAGA et al., 2005).

O Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema do estado da Bahia desenvolveu o Programa Monitora com o fim de avaliar a evolução espacial e temporal da qualidade das águas de bacias hidrográficas do estado para os diferentes usos. No âmbito da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte, foi avaliada a qualidade das águas da Baía do Rio Joanes. A coleta e a análise das amostras foram realizadas pela Área de Meio Ambiente (AMA) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai)/Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro - Cetind) da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB). Para avaliação da qualidade da água foram analisados vários parâmetros indicadores de

características físico-químicas, nutrientes, parâmetros biológicos, orgânicos, metais e pesticidas, perfazendo, em média, 50 parâmetros.

Para apresentação dos resultados da qualidade da água ao público, o Programa Monitora utilizou índices de qualidade de uso consagrado no Brasil, tais como: Índice de Qualidade de Água (IQA)/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009), Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público (IAP) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL 2009), Índice de Contaminação por Tóxicos (CT) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012), e Índice do Estado Trófico (IET) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009). Um índice de qualidade da água aparece como uma alternativa para a agregação de parâmetros monitorados em um corpo d'água, consolidando uma informação sobre as condições qualitativas do manancial. Segundo Braga e outros (2005), um índice pode ser definido como "uma média harmônica ponderada de um conjunto de indicadores específicos". A agregação de vários parâmetros em um único resultado facilita, dentre outras coisas, a comunicação sobre a qualidade do corpo d'água em estudo e a sua tendência através dos tempos (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b; VON SPERLING, 2007).

No monitoramento realizado, nos anos de 2008 e 2009, para avaliar a qualidade da água da bacia dos rios Joanes e Ipitanga, da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte, analisou-se, em geral, um valor médio de 61 parâmetros relativos a vários usos de solo por campanha, sendo que, para a avaliação da qualidade da água, foram utilizados quatro índices: IQA Cetesb, IAP, IET e CT. Uma das características de todos os índices utilizados pelo Programa Monitora é a quantidade limitada de parâmetros que são utilizados. Do valor médio de 61 parâmetros monitorados, somente 30 são utilizados para o cálculo

desses índices. Desses 30 parâmetros, alguns são utilizados em mais de um índice, conforme se pode constatar no Quadro 1. Neste caso, dos 61 parâmetros monitorados, 31 deles jamais foram utilizados na avaliação de qualidade das águas.

Índices de qualidade	Parâmetros de qualidade
IQA	Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de Oxigênio, <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes, Nitrogênio total, Fósforo total, sólidos totais e turbidez.
IAP	Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de Oxigênio, <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes, Nitrogênio total, Fósforo total, sólidos totais, turbidez, Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre, Zinco, Cádmio, Chumbo, Cromo total, Mercúrio, potencial de formação de Trihalometanos, número de células de cianobactérias (ambiente lentic) e Niquel.
IET	Clorofila a e Fósforo total.
CT	Cobre total, Cobre dissolvido, Zinco total, Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, Cromo hexavalente, Mercúrio total, Amônia, Arsênio total, Bário total, Cálcio livre, íons totais, Nítrito e nitrato.

Quadro 1
Parâmetros de qualidade medidos nos índices de qualidade de água

Fonte: Adaptado da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) (2012).

Além de não utilizar a totalidade dos parâmetros monitorados, a avaliação da qualidade da água utilizando o índice IQA-Cetesb apresenta limitações, por não incorporar vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

O IQA desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) é um índice que, além de agregar os resultados de vários parâmetros em um único número, não impõe definições quanto a estes parâmetros, possibilitando a verificação da qualidade da água para diferentes objetivos pretendidos, considerando também as características do corpo d'água avaliado (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001a). Assim como outros índices, o IQA-CCME é

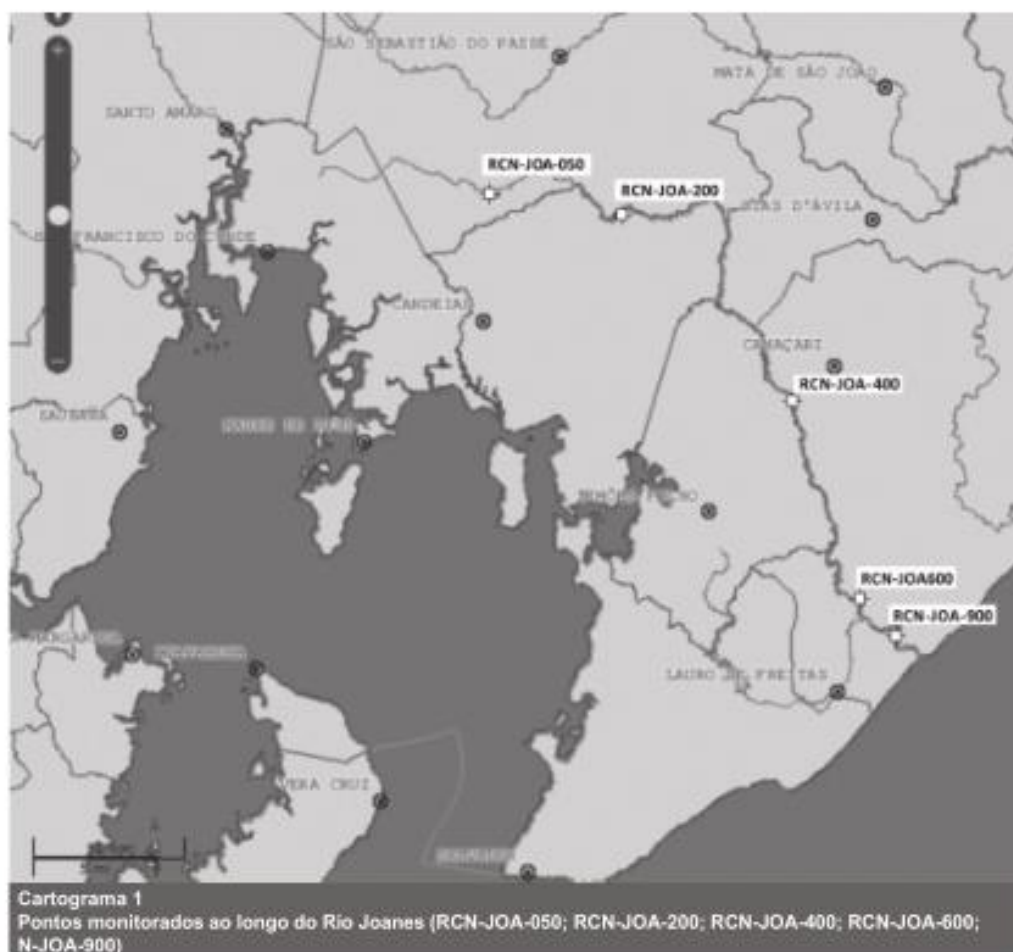
uma ferramenta que objetiva tornar mais simples a apresentação dos resultados de qualidade de água. A grande vantagem do IQA-CCME é que os parâmetros, os padrões e o período de tempo utilizado para o cálculo deste índice não são especificados, o julgamento profissional deve determinar quais parâmetros devem ser incluídos para resumir de forma mais adequada a qualidade da água em uma determinada região. Dessa forma, a sua utilização torna-se favorável nas diferentes regiões e respectivas condições locais. Entretanto, por ser um índice estatístico, exige um mínimo de quatro campanhas de monitoramento e de quatro parâmetros analisados em cada ponto amostral. Ao gestor do monitoramento resta a escolha dos parâmetros que se coadunem com os objetivos e em número suficiente para dar informações relevantes sobre um determinado local. Logo, antes de o índice ser calculado, precisam ser definidos para o corpo de água em análise, o período de tempo, as variáveis e os objetivos do monitoramento (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade das águas do Rio Joanes, em pontos monitorados pelo Programa Monitora, nos anos de 2008 a 2011, por meio do IQA-CCME.

ÁREA DE ESTUDO

O Rio Joanes é o principal da bacia hidrográfica que leva o seu nome, localizada na Região Metropolitana de Salvador (RMS), dentro da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) Recôncavo Norte. Possui uma área de drenagem de 1200 km² e formato alongado no sentido SE-NW (COSTA, 2007). Nasce na Fazenda Campinas, a 2,5 km da cidade de São Francisco do Conde e deságua na costa litorânea do município de Lauro de Freitas (Cartograma 1). Seus principais afluentes são os rios Ipitanga e Jacarecanga, tendo à sua margem esquerda os rios Uberaba, Lamarão, Sucuricanga e Bandeira, e, à margem direita, os rios Imbirussu,

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO JOANES UTILIZANDO O ÍNDICE IQA-CCME



Bonessu, Petecada, Jacarecanga, Itaboata, Muriqueira e Ipitanga e o riacho São Francisco (BAHIA, 2009b).

Na Bacia do Rio Joanes predomina o clima tropical úmido, com índice pluviométrico médio anual variando de 1.400 a 2.000 mm/ano, da porção norte para o sul da bacia, sendo o período chuvoso concentrado nos meses de outono e inverno, entre março e agosto (COSTA, 2007), com uma temperatura média anual variando entre 23 e 25°C (BAHIA, 2009b). O balanço hídrico mensal indica

valores médios de evaporação de 80 mm/mês. A umidade relativa do ar durante todo o ano é acima de 80%, e a direção predominante dos ventos é para leste (COSTA, 2007).

As vegetações identificadas na Bacia do Rio Joanes são: cerrado-restinga, gramíneo-lenhosa, restinga, floresta ombrófila densa e manguezais. Nessa bacia também há uma área de proteção ambiental, a APA Joanes-Ipitanga. Quanto à geomorfologia e geologia, a RPGA Recôncavo Norte possui como características geológicas: arenito,

arenito conglomerático e argilito arenoso. Seus solos são classificados como: argissolo vermelho-amarelo distrófico, argissolo vermelho-amarelo eutrófico, latossolo vermelho-amarelo distrófico, neossolo quartzarênico, espodossolo hidromórfico, gleissolo háplico, gleissolo háplico eutrófico, latossolo amarelo distrófico, neossolos litólicos eutróficos, neossolos regolíticos eutróficos, planossolo háplico eutrófico solódico e vertissolos. Os tipos de relevo são: mares de morro, formas de dissecação e aplanamentos embutidos, tabuleiros interioranos, pediplano sertanejo, pedimentos funcionais ou retocados por drenagem incipiente e tabuleiros (BAHIA, 2009b).

O ponto de coleta RCN-JOA-050 (lat. sul 12°35'31,8" e long. oeste 38°32'27,4") está localizado em São Sebastião do Passé, sob a ponte na BA-512, onde há um cruzamento da adutora de água da Embasa com os dutos da Petrobras, em ambiente lótico. A vegetação predominante identificada no entorno é característica da Mata Atlântica. No entanto, a mata ciliar apresentou-se modificada, composta por gramíneas, bambuzal, espécies herbáceas e arbustivas (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-200 está localizado em Lamarão (lat. sul 12°36'20,8" e long. oeste 38°27'31,8"), a jusante da confluência com o Rio Uberaba, sob a ponte de ferro, após estação da Petrobras, em ambiente lótico. Foi identificada ocorrência de erosões nas margens e assoreamento no leito do rio, a jusante do ponto amostral. A vegetação característica da região é a floresta ombrófila densa, porém, nas margens do rio, a montante e a jusante do ponto de amostragem, foi observada ausência de mata ciliar. Observou-se também que o entorno do local de coleta é composto por pasto (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-400 está localizado na zona rural do município de Camaçari (lat. sul 12°43'7,8" e long. oeste 38°21'15,5"), em ambiente lótico. A vegetação da região é característica da Mata Atlântica, com mata ciliar apresentando-se preservada, composta por coqueirais e espécies arbustivas e arbóreas (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-600 está localizado em Lauro de Freitas (lat. sul 12°50'22,4" e long. oeste 38°18'46,9"), dentro do Condomínio Águas do Joanes, a jusante da barragem Joanes I, em ambiente lótico. A vegetação característica da região é a floresta ombrófila densa com mata ciliar preservada, composta por espécies arbóreas e arbustivas. Na margem direita do rio, a montante e a jusante do ponto de monitoramento, foram verificados sinais de erosão do solo (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-900 está localizado no estuário do Rio Joanes, na zona urbana do município de Lauro de Freitas (lat. sul 12°51'44,2" e long. oeste 38°17'26,0"), sob a ponte na BA-099 (Estrada do Coco), em ambiente lótico. Foi identificada uma vegetação de formações pioneiras com influência marinha. A mata ciliar apresentou-se preservada nas duas margens do rio, sendo que, na margem esquerda, verificou-se uma área de manguezal. Foi identificado lançamento de efluentes sanitários na margem direita do rio, a montante do ponto de monitoramento (BAHIA, 2010b).

MODELO CONCEITUAL DO IQA-CCME

O IQA-CCME, assim como os outros índices, é uma ferramenta que objetiva tornar mais simples os resultados de qualidade de água. Por sua vez, nenhum índice pode substituir uma análise mais detalhada dos dados de monitoramento ambiental, nem deve ser usado como a única ferramenta para a gestão de corpos hídricos (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001a).

O corpo d' água a que o índice será aplicado pode ser definido por uma estação ou por um número de estações diferentes, por exemplo, diferentes pontos ao longo de um lago. As estações individuais funcionam bem, porém, somente se houver dados suficientes disponíveis para elas. Quanto mais as estações forem combinadas, mais gerais as conclusões serão (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

O período de tempo escolhido dependerá da quantidade de dados disponíveis e dos requisitos de comunicação do utilizador. Um período mínimo de um ano é, frequentemente, utilizado porque os dados são normalmente coletados para refletir este período (mensal ou dados de monitoramento trimestrais). Os dados de anos diferentes podem ser combinados, especialmente quando o monitoramento em alguns anos é incompleto. Porém esta combinação pode implicar em perda de certo grau de variabilidade. (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

O IQA-CCME é baseado em uma fórmula desenvolvida pela British Columbia Ministério do Meio Ambiente, Terras e Parques e modificada pela instituição Alberta Meio Ambiente. A aplicação desta fórmula produz um número entre 0 (pior qualidade de água) e 100 (melhor qualidade de água). Estes números são divididos em cinco categorias descritivas para simplificar a apresentação, conforme demonstrado na Tabela 1 (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

IQA-Cetesb; as escalas *marginal/mediana* do IQA-CCME coincidem com o *bom* do IQA-Cetesb, e a escala *ruim* do IQA-CCME coincide com a escala *regular* do IQA-Cetesb. Assim, em muitas ocasiões, a designação de qualidade pelo índice do IQA-CCME pode ser mais restritiva (menor qualidade) do que a do IQA-Cetesb.

RESULTADOS

O Cartograma 1 apresenta os cinco pontos do Rio Joanes aos quais se aplicou a metodologia do IQA-CCME para avaliação da qualidade das águas. Os parâmetros obtidos pelo Programa Monitora, no período de 2008 a 2011, foram escolhidos para atender ao mínimo exigido de quatro campanhas.

Nos quadros 3 a 7 os parâmetros apresentados satisfizeram a condição de ter padrão de referência estabelecido em legislação para a água doce, classe 2. Segundo a Resolução Conama nº 357/05,

Tabela 1 Escala de categorias do CCME WQI				
Categoria	Faixa de valor	Qualidade da água	Ameaça de impacto	Condições da água
Excelente	95-100	Protegida	Ausente	Muito próximas aos níveis naturais
Bom	80-94	Protegida	Pequeno grau	Raramente divergem dos níveis naturais ou desejáveis
Mediana	65-79	Normalmente é protegida	Ocasionalmente ameaçada ou danificada	Às vezes afastam-se dos níveis naturais ou desejáveis
Marginal	45-64	Frequentemente ameaçada ou prejudicada	Frequentemente ameaçada ou prejudicada	Frequentemente afastam-se dos níveis naturais ou desejáveis
Ruim	0-44	Quase sempre ameaçada ou prejudicada	Quase sempre ameaçada ou prejudicada	Geralmente afastam-se dos níveis naturais ou desejáveis

Fonte: Compilado de Oliveira e outros (2012).

A fórmula do IQA-CCME incorpora três fatores: o alcance (F1), a frequência (F2) e a amplitude (F3), os quais são apresentados na Tabela 2.

O comparativo das escalas de notas de qualidade, da classificação e das cores entre os índices IQA-CCME e IQA-Cetesb é mostrado no Quadro 2. Como pode se observar, as escalas *bom/excelente* do IQA-CCME coincidem com a *ótima* do

para corpos d'água não enquadrados são adotados os padrões estabelecidos para esta classe (BRASIL, 2005). Nos quadros 3-7 são apresentados os parâmetros avaliados nos pontos RCN-JOA-050, RCN-JOA-200, RCN-JOA-400, RCN-JOA-600 e RCN-JOA-900, respectivamente, identificados segundo os critérios: conformes (cinza escuro) e não conformes (cinza claro).

Tabela 2 Cálculo dos fatores e do IQA-CCME		
Cálculo dos Fatores	Equação	Descrição
F_1 (alcance)	$F_1 = \frac{N^\circ \text{ de variáveis falhas}}{N^\circ \text{ total de variáveis}} \times 100$	Representa a porcentagem de parâmetros em não conformidade com os seus objetivos, em relação ao número total de variáveis medidas
F_2 (frequência)	$F_2 = \frac{N^\circ \text{ de testes falhos}}{N^\circ \text{ total de testes}} \times 100$	Representa a porcentagem de testes individuais que não atendem aos seus objetivos
F_3 (amplitude)	Representa o valor pelo qual os testes falhos não alcançam os seus objetivos (ou amplitude) e é calculada em três passos: discrepância; soma normalizada das discrepâncias e a amplitude. A discrepância é calculada tantas vezes quando uma concentração individual é maior do que o objetivo (ou, menor que, quando o objetivo é um mínimo) (CCME, 2001b, 1.3);	
Discrepância	$Discrepância_i = \left(\frac{\text{Valor do teste falho}_i}{\text{Objetivo}_i} \right) - 1$	Usa-se quando o valor do teste não deve exceder o objetivo (mas excedeu)
Discrepância	$Discrepância_i = \left(\frac{\text{Objetivo}_i}{\text{Valor do teste falho}_i} \right) - 1$	Usa-se quando o valor do teste não deve ser inferior ao objetivo (mas foi inferior)
S_{nd}	$S_{nd} = \sum_{j=1}^n \frac{Discrepância_j}{N^\circ \text{ total de testes}}$	A soma normalizada das discrepâncias mede o impacto dos testes individuais não conformes. É calculado somando-se as discrepâncias dos testes individuais divididas pelo número total de testes
F_3	$F_3 = \left(\frac{S_{nd}}{0,01 S_{nd} + 0,01} \right)$	É calculado utilizando-se uma função assintótica para a soma normalizada das discrepâncias (Nse) que permite obter uma variação numérica entre 0 e 100 (CCME, 2001b, 1.4)
IQA-CCME	$IQA - CCME = 100 - \left[\frac{\sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2 + (F_3)^2}}{1,732} \right]$	Toma-se a soma dos quadrados de cada fator para o cálculo do quadrado do índice, como se fossem vetores, corrigindo-se para o fator 3 do radicando. Com este modelo, as mudanças no índice ocorrem em proporção direta com alterações em todos os três fatores (CCME, 2001b)

Fonte: The Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001b.

NOTAS	0	18	20	36	37	44	45	51	52	64	65	79	80	94	95	100
IQA-CCME	RUIM				MARGINAL				MEDIANA				BOM		EXCELENTE	
IQA-CETESB	IMPRÓPRIA				REGULAR				BOM				ÓTIMA			

Quadro 2
Escalas de qualidade para os índices IQA-CCME e IQA-Cetesb

Fonte: Oliveira et al (2012).

Os resultados apresentados nos quadros 3-7 mostram que os parâmetros que sofreram violação de qualidade foram: pH, STD, OD, DBO, Fósforo total, coliformes termotolerantes, fenóis totais, Alumínio solúvel, Ferro solúvel, Manganês total, surfactantes.

Cada um desses parâmetros tem diferente comportamento e impacto na qualidade das águas, como descrito em Brasil (2006). O pH influencia na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e

de definir o potencial de toxicidade de vários elementos. As alterações de pH podem ser de origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antrópicas (despejos domésticos e industriais). O STD na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos), afetando a qualidade organoléptica da água.

O OD pode variar devido a processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. A dissolução de gases na água sofre a

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO JOANES UTILIZANDO O ÍNDICE IQA-CCME

influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

A DBO indica a demanda de oxigênio por parte das bactérias, necessária para estabilizar a matéria orgânica em uma amostra de água. Esse parâmetro é um indicador da presença de matéria orgânica na água, podendo atingir valores bem elevados em corpos d'água, sujeitos a poluição orgânica decorrente do recebimento de esgotos domésticos ou de

criatórios de animais (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

O Fósforo na água pode estar relacionado a processos naturais (dissolução de rochas, carregamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). O Fósforo é o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas, porém, se o crescimento ocorre em excesso, ocorre a eutrofização do corpo d'água, prejudicando

Ano	2008				2009				2010		2011
Campanhas	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª
Ponto	RCN-JOA-050										
Físico-químicos											
pH											
Turbidez	-										
STD (sólidos totais dissolvidos)	-				-		-		-		-
Oxigênio dissolvido											
Sulfato	-		-	-	-		-		-		-
DBO											
Nutrientes											
Nitrogênio nitrato											
Nitrogênio amoniacal	-		-		-		-		-		-
Fósforo total											
Biológicos											
Coliformes termotolerantes											
Clorofila a	-		-						-		
Orgânicos											
Fenóis totais	-		-		-		-		-		-
Surfactantes	-		-		-		-		-		-
Metais											
Alumínio (Al) solúvel	-		-		-		-		-		-
Ferro (Fe) solúvel	-		-		-		-		-		-
Manganês (Mn) total	-		-		-		-		-		-
Arsênio (As) total	-		-		-		-		-		-
Chumbo (Pb) total	-		-		-		-		-		-
Merúrio (Hg) total	-		-		-		-		-		-
Cromo (Cr) total	-		-		-		-		-		-
Bário (Ba) total	-		-		-		-		-		-
Cádmio (Cd) total	-		-		-		-		-		-
Cobre (Cu) solúvel	-		-		-		-		-		-
Níquel (Ni) total	-		-		-		-		-		-
Zinco (Zn) total	-		-		-		-		-		-

Quadro 3
Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-050

Fonte: Elaboração própria.

os usos da água (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Os coliformes termotolerantes têm como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. Esses organismos têm sido largamente utilizados como indicadores de poluição de águas naturais (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais, sendo tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos, bem como aos microrganismos presentes nos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Ano	2008				2009				2010		2011
Campanhas	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª
Ponto	RCN-JOA-200										
Físico-químicos											
pH											
Turbidez											
STD (sólidos totais dissolvidos)	-		-				-		-		-
Oxigênio dissolvido											
Sulfato	-		-		-		-		-		-
Cianeto livre	-	-	-		-		-		-		-
DBO											
Nutrientes											
Nitrogênio nitrato	-		-		-		-		-		-
Nitrogênio amoniacal	-		-		-		-		-		-
Fósforo total											
Biológicos											
Coliformes termotolerantes											
Clorofila a	-		-						-		
Cianobactérias	-	-	-		-		-		-		-
Orgânicos											
Fenóis totais	-		-		-		-		-		-
Surfactantes	-		-		-		-		-		-
Metais											
Alumínio (Al) solúvel	-		-		-		-		-		-
Ferro (Fe) solúvel	-		-		-		-		-		-
Ferro (Fe) total	-		-		-		-		-		-
Manganês (Mn) total	-		-		-		-		-		-
Ársênio (As) total	-		-		-		-		-		-
Chumbo (Pb) total	-		-		-		-		-		-
Mercurio (Hg) total	-		-		-		-		-		-
Cromo (Cr) total	-		-		-		-		-		-
Bário (Ba) total	-		-		-		-		-		-
Cádmio (Cd) total	-		-		-		-		-		-
Cobre (Cu) solúvel	-		-		-		-		-		-
Níquel (Ni) total	-		-		-		-		-		-
Zinco (Zn) total	-		-		-		-		-		-

Quadro 4
Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-200

Fonte: Elaboração própria.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO JOANES UTILIZANDO O ÍNDICE IQA-CCME

O aumento do Alumínio dissolvido está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Em pH ácido há uma maior concentração de Alumínio (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

O teor de Ferro nas águas superficiais aumenta nas estações chuvosas devido ao carregamento de solos e à ocorrência de processos

de erosão das margens. A contribuição antropogênica pode resultar de efluente de indústria metalúrgica que pratica a decapagem, ou a atividade de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, normalmente feita pela passagem da peça em banho ácido (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Ano	2008				2009				2010	2011
Campanhas	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	2ª	1ª
Ponto	RCN-JOA-400									
Físico-químicos										
pH										
Turbidez										
STD (sólidos totais dissolvidos)	-		-				-			-
Oxigênio dissolvido										
Sulfato	-		-		-		-			-
Cianeto livre	-	-	-		-		-			-
DBO										
Nutrientes										
Nitrogênio nitrato	-		-		-		-			-
Nitrogênio amoniacal	-		-		-		-			-
Fósforo total										
Biológicos										
Coliformes termotolerantes										
Clorofila a	-		-							
Cianobactérias	-		-		-		-			-
Orgânicos										
Fenóis totais	-		-		-		-			-
Surfactantes	-		-		-		-			-
Metais										
Alumínio (Al) solúvel	-		-				-			-
Ferro (Fe) solúvel	-		-				-			-
Manganês (Mn) total	-		-				-			-
Arsênio (As) total	-		-				-			-
Chumbo (Pb) total	-		-				-			-
Mercurio (Hg) total	-		-				-			-
Cromo (Cr) total	-		-				-			-
Bário (Ba) total	-		-				-			-
Cádmio (Cd) total	-		-				-			-
Cobre (Cu) solúvel	-		-				-			-
Níquel (Ni) total	-		-				-			-
Zinco (Zn) total	-		-				-			-

Fonte: Elaboração própria.

Ano	2008	2009	2010	2011
Campanhas	2ª	3ª	2ª	1ª
Ponto	RCN-JOA-600			
Físico-químicos				
pH				
Turbidez				
Oxigênio dissolvido				
DBO				
Nutrientes				
Fósforo total				
Biológicos				
Coliformes termotolerantes				
Clorofila a				
Quadro 6 Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-600				

Fonte: Elaboração própria.

O Manganês ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, podendo também ser originado das atividades antropogênicas, como a das indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras. O Manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Tanto o Ferro

Ano	2010	2008	2010	2011
Campanhas	2ª	1ª	2ª	1ª
Ponto	RCN-JOA	600	900	
Físico-químicos				
pH				
Turbidez				
DBO				
Nutrientes				
Fósforo total				
Biológicos				
Coliformes termotolerantes				
Quadro 7 Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-900				

Fonte: Elaboração própria.

quanto o Manganês não causam maiores danos à saúde humana (BRASIL, 2006).

A concentração de surfactantes nas águas superficiais decorre, em geral, do princípio ativo dos detergentes, o sulfonato de alquil-benzeno de cadeia linear (LAS), composto utilizado como padrão na análise. Além dos esgotos sanitários que possuem detergentes, as indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2.000 mgL⁻¹ do princípio ativo. Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, também empregam detergentes especiais com a função de

Tabela 3 Resultados do IQA-CCME e do IQA-Cetesb calculados pelo Programa Monitora										
Pontos	RCN-JOA-600		RCN-JOA-200		RCN-JOA-400		RCN-JOA-600		RCN-JOA-900	
Índices	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb
2008		69		-		37		33		20
		62		71		69		72		36
		70		60		60		42		28
		75		70		79		50		41
		60		60		78		48		33
	61	57	75	58	79	66	82	24	23	31
2009		65		50		70		69		39
		68		42		66		60		28
		67		59		64		43		34
2010		44		45		57		66		33
2011		70		72		76		71		42

Fonte: Elaboração própria.

AValiação da Qualidade das Águas do Rio Joanes Utilizando o Índice IQA-CCME

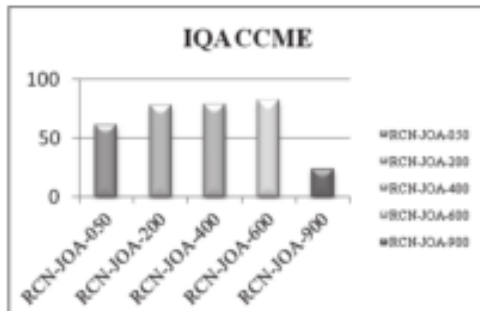


Figura 1 Resultados do IQA-CCME para cinco pontos de amostragem – Rio Joanes

Fonte: Elaboração própria.

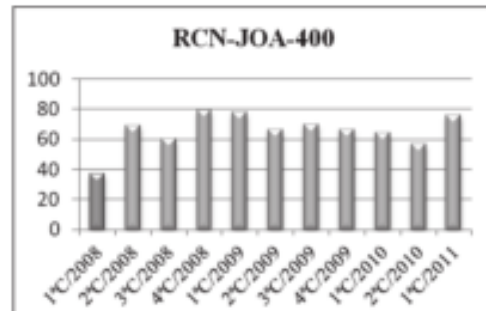


Figura 4 Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-400

Fonte: Elaboração própria.

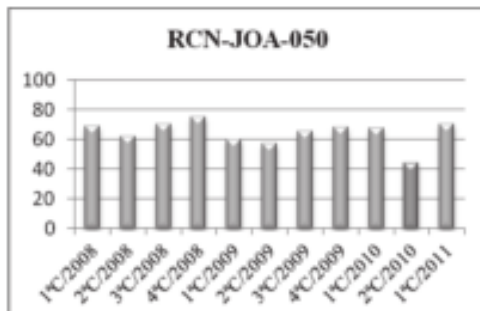


Figura 2 Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-050

Fonte: Elaboração própria.

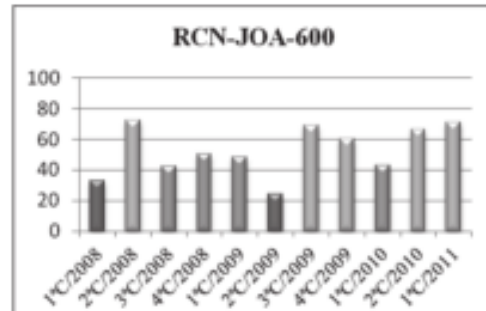


Figura 5 Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-600

Fonte: Elaboração própria.

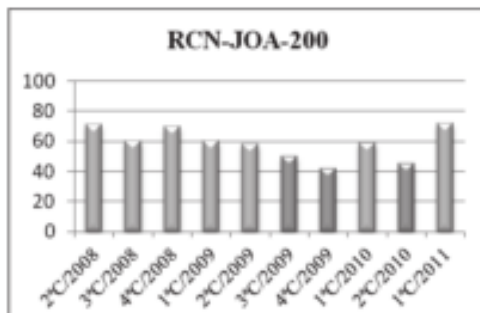


Figura 3 Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-200

Fonte: Elaboração própria.

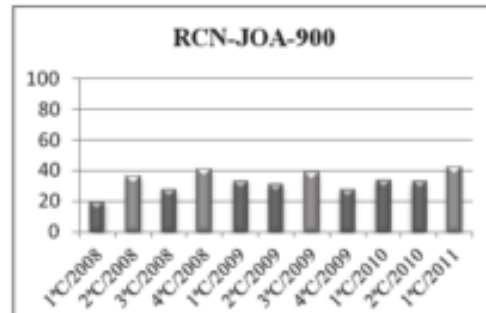


Figura 6 Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-900

Fonte: Elaboração própria.

desengraxante. As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais provocam danos de ordem estética, pela formação de espumas. Além de acelerar a eutrofização, pois a maioria dos detergentes comerciais empregados possui Fósforo em suas formulações. Os detergentes também exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

A Tabela 3 apresenta os resultados do IQA-CCME calculados neste trabalho, e os resultados do IQA-Cetesb calculados pelo Programa Monitora. Com base no Quadro 1, com as escalas de nota e semafórica de ambos os índices, IQA-CCME e IQA-Cetesb, observa-se que os resultados estão compatíveis entre si.

Conforme as figuras 1-4 e 6, os resultados obtidos para a qualidade da água nos quatro pontos do Rio Joanes – RCN-JOA-050/200/400 e 900 – apresentaram compatibilidade entre as escalas dos índices IQA-CCME e IQA-Cetesb, sendo que a escala do IQA-CCME, por ser mais restritiva do que a escala do IQA-Cetesb, indicou menor qualidade para as águas, como apresentado no Quadro 2.

Entretanto, para o ponto RCN-JOA-600, não foi identificada a mesma compatibilidade encontrada nos pontos anteriores, em virtude do número reduzido de parâmetros (sete) nas quatro campanhas utilizadas para o cálculo do IQA-CCME, além de que vários resultados não conformes não estiveram incluídos nos sete parâmetros utilizados no cálculo. Assim, o resultado do IQA-CCME é de qualidade superior ao do IQA-Cetesb.

CONCLUSÕES

O cálculo do IQA-CCME aplicado aos dados de monitoramento das águas do Rio Joanes em 11 campanhas e em cinco pontos de monitoramento distribuídos da nascente até a foz, indicaram, em geral, uma qualidade mediana para estas águas. De

acordo com a definição do CCME, uma água mediana é definida como normalmente protegida, ocasionalmente ameaçada ou danificada, afastando-se às vezes dos níveis naturais ou desejáveis. No ponto RCN-JOA-900, próximo à foz, verificou-se a pior qualidade, indicada tanto com o cálculo do IQA-CCME (ruim = 23), quanto com o cálculo do IQA-Cetesb, que variou de regular (42) a imprópria (20).

A qualidade da água indicada pelos índices IQA-CCME e IQA-Cetesb em quatro pontos do Rio Joanes – RCN-JOA-050, RCN-JOA-200, RCN-JOA-400 e RCN-JOA-900 – apresentou compatibilidade. Entretanto, como a escala do IQA-CCME é mais restritiva do que a escala do IQA-Cetesb, em geral, indica menor qualidade para as águas.

No ponto RCN-JOA-600, a qualidade avaliada pelo IQA-CCME foi superior à qualidade avaliada pelo IQA-Cetesb, provavelmente em virtude do número reduzido de parâmetros (7) medidos em, pelo menos, quatro campanhas que foram utilizadas para o cálculo do IQA-CCME. Além disso, considerando-se os parâmetros selecionados, esse foi o ponto de monitoramento que apresentou menor quantidade de resultados não conformes.

Na avaliação da qualidade das águas do Rio Joanes, os parâmetros fora dos limites de qualidade são, em geral, indicativos de poluição por esgoto sanitário. Entretanto, a presença dos fenóis nos três primeiros pontos de amostragem, no sentido da nascente até a foz, é, provavelmente, um indicador de contaminação por efluentes industriais.

Na comparação da aplicabilidade dos dois índices, IQA-CCME e IQA-Cetesb, verifica-se que o primeiro tem a vantagem de ser flexível (não limita a quantidade máxima nem o tipo de parâmetro escolhido). Entretanto, por ser um índice estatístico, exige a realização de um mínimo de quatro campanhas e a avaliação de um mínimo de quatro parâmetros, deixando de ser calculável para uma única campanha. Nessa situação, o IQA-Cetesb, apesar de inflexível (exige nove parâmetros predefinidos), por ser um índice de cálculo analítico, passa a ser útil no processo de monitoramento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Portal da qualidade das águas: índice de qualidade das águas*. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadoresQA/IndicoQA.aspx>>. Acesso em: 17 jun. 2012.
- BRAGA, B. et al. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.
- BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Gestão das Águas e Clima. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: metodologia e significado ambiental dos parâmetros*. Salvador: Senai; Cetind, 2008a.
- _____. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: relatórios. 1º, 2º, 3º e 4º campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2008b.
- _____. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: relatórios. 1º, 2º, 3º e 4º campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2009a.
- _____. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: relatórios. 1º, 2º, 3º e 4º campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2009b.
- _____. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: rels. 1ª e 2ª campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2010a.
- _____. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: rels. 1ª e 2ª campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2010b.
- BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Relatório região de planejamento e gestão das águas Recôncavo Norte*. Salvador: INEMA, 2011. v. 2.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União DOU*, Brasília DF, 09 de jan. de 1997, Seção 1, p. 470-474.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2.914, 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 14 dez. 2011.
- COSTA, A. B. et al. Avaliação do padrão da composição isotópica de águas na Bacia do Rio Joanes: implicações para a interação entre águas superficiais e subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [S.l.], v. 12, p. 211-219, 2007.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009*. São Paulo: Cetesb, 2009. 310 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/49-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: 20 Jun. 2012.
- _____. *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012*. São Paulo: Cetesb, 2013. 370 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/49-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: 6 jul. 2013.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0*, Technical Report. Canadá: CCME, 2001a. 13 f. Disponível em: <http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqj_techprfctst_e.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2012.
- _____. *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual*. Canadá: CCME, 2001b. 5 f. Disponível em: <http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqj_techprfctst_e.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2012b.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese executiva*. Brasília: MMA, 2006.
- GEOBAHIA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Mapa interativo. Disponível em: <<http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia5/interface/openlayers.htm?r2n8shod54natbu5cnp4rfmv04>>. Acesso em: 23 abr. 2013.
- OLIVEIRA, I. B. et al. Avaliação da qualidade da água do aquífero sedimentar do Estado da Bahia utilizando os índices de qualidade IQNAS e CCME WQI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEA, 17., 2012, Bonito, MS. Anais... Bonito, MS: [s.n.], 2012.
- SPERLING, V. M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte: UFMG, 2007. v. 7, 588 p.

Artigo recebido em 17 de maio de 2013

e aprovado em 4 de julho de 2013.

ANEXO

ANEXO 1 – Mapa da bacia do rio Joanes

