

Proposição de um índice de qualidade de água bruta para abastecimento público

Gilson Lima da Silva

Joana Teresa Aureliano

Sandra Valeria de Oliveira Lucena

RESUMO: As atividades humanas e os usos múltiplos das bacias hidrográficas produzem impactos nos ecossistemas, provocando a deterioração da qualidade das águas e prejuízos aos seus usos preponderantes, bem como podem causar prejuízos à saúde da população, por meio do consumo direto ou do contato primário da exposição a águas contaminadas. Desta forma, o objetivo desse trabalho é propor um índice de qualidade de água, buscando sua interação com parâmetros que possam aumentar a segurança na confiabilidade dos resultados, de forma a preservar a saúde da população, como também contribuir para fomentação de medidas de monitoramento e gestão da qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas e reservatórios pelas agências de controle. Nesse estudo foram utilizados dados secundários disponíveis no Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água de Reservatórios do Estado de Pernambuco do ano de 2008 realizado pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH, através do convênio com a Secretaria de Recursos Hídricos - SRH. Dentro desse contexto, foi proposto o Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQABP), o qual foi criado a partir da inclusão na fórmula do IQA – CETESB do parâmetro Densidade de Cianobactérias, utilizando as faixas de números de células de cianobactérias e a sua respectiva taxação, usadas no cálculo do Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas (ISTO) – CETESB. Os resultados do monitoramento dos 111 reservatórios recalculados com a nova fórmula indicaram valores mais representativos da preservação ambiental do manancial, refletindo a real condição de qualidade da água do reservatório estudado, demonstrando que quando o IQABP indicar água para abastecimento público de boa qualidade, a população terá a garantia que a toxicidade provocada pelas florações tóxicas de cianobactérias, estará dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de Água; Cianobactérias; Eutrofização.

INTRODUÇÃO

Os usos múltiplos da água, as permanentes necessidades para atendimento ao crescimento po-

ABSTRACT: Human activities and the multiple uses of the watersheds produce impacts on ecosystems, causing the deterioration of water quality and damage to their prevalent usages, and can also compromise the health of the population, through the direct consumption of primary contact or exposure to the contaminated water. Thus, the purpose of this paper is to propose a water quality index, seeking their interaction with parameters that can improve security in the reliability of the results in order to preserve the health of the population, but also contribute to fostering and monitoring measures management of surface water quality of watersheds and reservoirs by public controlling agencies. For this research we used secondary data available in the Quality Monitoring Report of Water Reservoirs at the State of Pernambuco in 2008 conducted by the State Agency of Environment and Water Resources - CPRH, by agreement with the Department of Water Resources - SRH. Within this context, it was proposed the Index named as Quality of Raw Water for Public Supply (IQABP), which was created from the inclusion in the formula of the IQA - CETESB Cyanobacteria density parameter, using ranges of cyanobacteria cells and their respective taxation, used in calculating the index for Toxic Substances and Organoleptic (IT) - CETESB. The monitoring results of 111 reservoirs recalculated with the new formula indicated higher representative values of the environmental preservation of wealth, which reflects the real condition of the reservoir water quality study, showing that when the state IQABP supplies good quality water, population will be assured that the toxicity caused by toxic blooms of cyanobacteria will be within the parameters established by law.

KEYWORDS: Quality of water; Cyanobacteria; Eutrophication.

pulacional, às demandas industriais e agrícolas têm gerado permanente pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. À medida que os usos múltiplos aumentam e se diversificam mais complexos

se tornam os impactos e a solução desses problemas, dentre eles, destaca-se a contaminação da água, a qual é relacionada com a saúde da população, visto que muitas doenças que afetam a espécie humana possuem veiculação hídrica (Tundisi, 2003, 2008).

O monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios é norteado pelos parâmetros contidos na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357, de 17 de março de 2005 e na Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.

Segundo Esteves (1998), um dos graves problemas da poluição das águas é a eutrofização que é o aumento da concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, tendo como consequência o aumento de suas produtividades. O ecossistema aquático passa da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou hipereutrófico.

A consequência mais importante da eutrofização são florescimentos de cianobactérias, as quais produzem diferentes tipos de toxinas, podendo causar graves problemas à saúde humana e mesmo a morte de seres humanos e animais, quando ingeridos ou em contato. A exposição a cianobactérias pode resultar em morbidez e mortalidade (Tundisi, 2008).

Cianobactérias ou algas azuis (*Cyanophyceae*) são grupos de micro-organismos unicelulares, procarióticos que possuem clorofila a. A maioria das cianobactérias são fotoautotrófos aeróbio. Seus processos de vida requerem somente água, dióxido de carbono, substâncias inorgânicas e luz. A fotossíntese é seu principal modo de metabolismo energético (Chorus; Bartram, 1999).

O tratamento de água convencional, usando flocação, precipitação e filtração não é suficiente para remover toxinas de cianobactérias, principalmente de mananciais apresentando altos níveis de eutrofização, com dominância de cianobactérias, como vem sendo observado na maioria dos reservatórios brasileiros (Azevedo, 1998).

Segundo a World Health Organization (WHO) (2001), as doenças provocadas por intoxicação por toxinas de cianobactérias variam de acordo com o tipo de toxina e da água ou exposição relacionada (beber, contacto com a pele, etc.). Os seres humanos são afetados com uma gama de sintomas que incluem a irritação da pele, dores de estômago, vômitos, náuseas, diarréia, febre, dor de garganta, dor de cabeça, dores musculares e articulares, bolhas na boca e danos no fígado. Nadadores em água com toxinas

de cianobactérias podem sofrer reações alérgicas, como asma, irritação dos olhos, erupções cutâneas e bolhas ao redor da boca e nariz. Animais, aves e peixes também podem ser envenenados por níveis elevados de cianobactérias produtoras de toxinas.

No Brasil, o primeiro caso confirmado de mortes humanas causadas por cianotoxinas, ocorreu no início de 1996, quando 130 pacientes renais crônicos, após terem sido submetidos a sessões de hemodiálise, em uma clínica da cidade de Caruaru – PE passaram a apresentar um quadro clínico compatível com uma grave hepatotoxicose. Desses, 60 pacientes vieram a falecer até 10 meses após o início dos sintomas. As análises confirmaram a presença de microcistinas e cilindrospermopsina, no carvão ativado utilizado no sistema de purificação de água da clínica e de microcistina em amostra de sangue e fígado dos pacientes intoxicados, bem como as contagens das amostras do fitoplâncton do reservatório que abastecia a cidade demonstraram uma dominância de gêneros de cianobactérias, comumente relacionadas com a produção de cianotoxinas (Brasil, 2003).

Também foram relatadas por Metcalf e Codd (2004), intoxicações de populações humanas pelo consumo oral de água contaminada por cepas tóxicas de cianobactérias, na Austrália, Europa, Américas, África do Sul e no Brasil. Os autores, também relatam, uma forte evidência de correlação entre a ocorrência de florações de cianobactérias, no reservatório de Itaparica (Bahia) e a morte de 88 pessoas, entre as 200 intoxicadas, pelo consumo de água do reservatório, entre março e abril de 1988.

Este trabalho visa contribuir para a formatação de um índice de qualidade da água para abastecimento público, que garanta maior confiabilidade quanto a segurança da saúde da população, colaborando para a fomentação de medidas de monitoramento e gestão da qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas.

Índice de Qualidade de Água (IQA)

A utilização de índices de qualidade de água tem como principais vantagens: facilidade de comunicação com a população e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade e como principal desvantagem: a perda de informação das variáveis individuais e da interação entre as mesmas (Cetesb, 2009).

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi elaborado em 1970 pela National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, a partir de uma pesquisa de opinião realizada com especialistas em qualidade de águas. Nessa pesquisa, cada especialista indicou os parâmetros a serem avaliados, seu peso relativo e a condição em que se apresenta cada parâmetro (Cetesb, 2009).

No Brasil, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) de São Paulo utiliza, desde 1975, uma versão do Índice de Qualidade de Águas (IQA), adaptada da versão original da National Sanitation Foundation (NSF). Nessa adequação feita pela CETESB, o parâmetro nitrato foi substituído por nitrogênio total e o parâmetro fosfato total foi substituído por fósforo total, mantendo-se os mesmos pesos ($w = 0,10$) e curvas de pureza de qualidade estabelecidas pela National Sanitation Foundation (Cetesb, 2009).

De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (2009), o cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, segundo a equação (1):

$$\text{IQA} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, isto é, um número entre 0 e 1.

Os nove parâmetros que compõem o IQA, com seus respectivos pesos (w), estão apresentados na Tabela 1.

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida, conforme apresentado na (Figura 1).

As Faixas de classificação do Índice de Qualidade de Água (IQA) estão apresentadas na Tabela 2.

Os nove parâmetros que compõem o IQA refletem, principalmente, a poluição causada pelo lançamento de esgotos domésticos e cargas orgânicas de origem industrial. As atividades agrícolas e industriais, entre outras, também geram um maior número de poluentes (ex.: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), que não são analisados pelo IQA. Desta forma, a avaliação da qualidade da água, obtida pelo IQA, apresenta limitações, entre elas a de considerar apenas sua utilização para o abastecimento

Tabela 1
PESOS PARA OS NOVE PARÂMETROS DO IQA

Parâmetros	Pesos
Oxigênio dissolvido	$W = 0,17$
Coliformes fecais	$W = 0,15$
pH	$W = 0,12$
Demandra bioquímica de oxigênio (DBO_5)	$W = 0,10$
Temperatura	$W = 0,10$
Nitrogênio total	$W = 0,10$
Fósforo total	$W = 0,10$
Turbidez	$W = 0,08$
Resíduo total	$W = 0,08$

Fonte: IQA – CESTEB (2009).

Tabela 2
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO
DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA)

Qualidade	Escala
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$
Aceitável	$36 < \text{IQA} \leq 51$
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: IQA – CESTEB (2009).

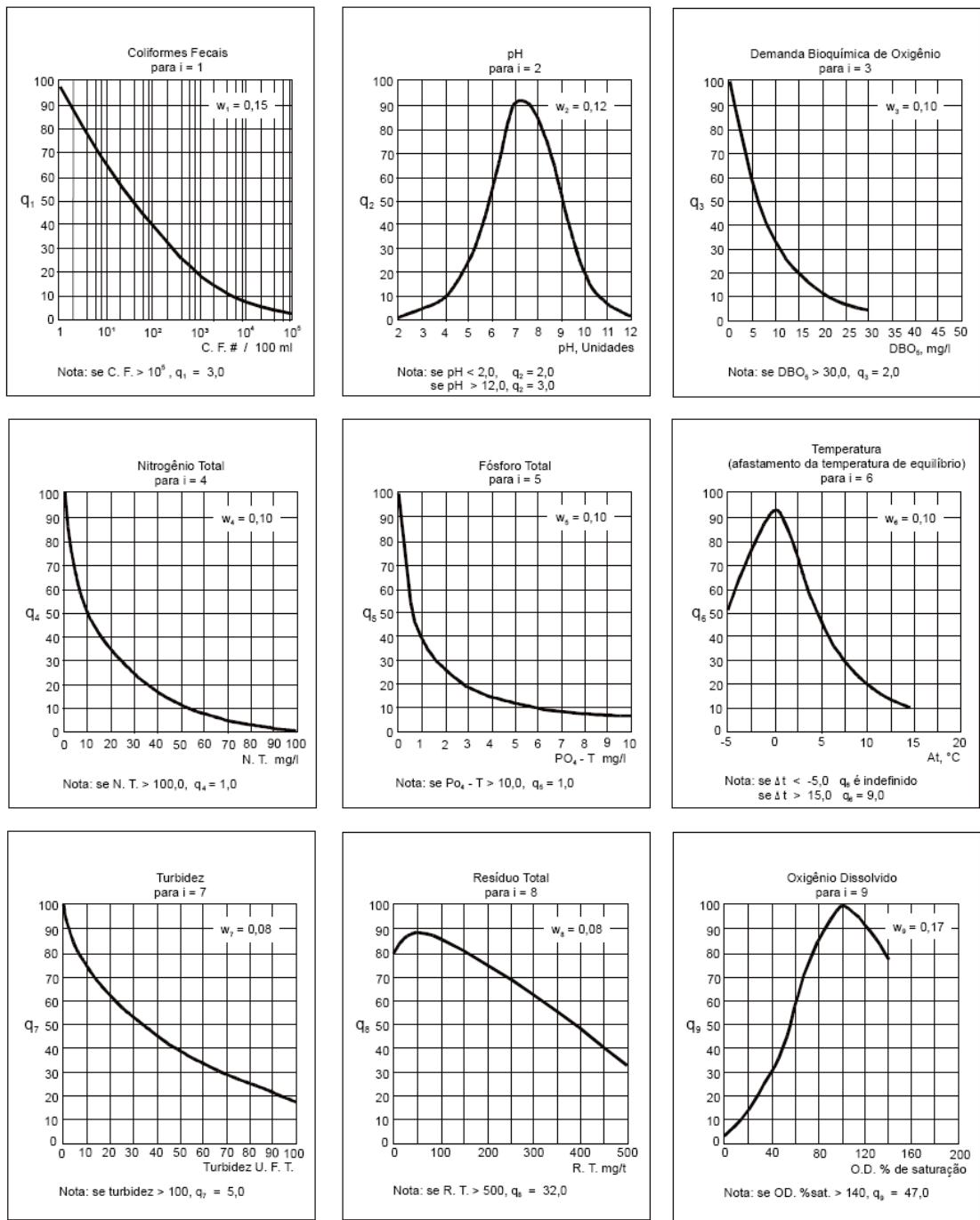


FIGURA 1. Curvas de qualidade dos 9 parâmetros do IQA.
Fonte: IQA – CESTEB (2009).

público, bem como parâmetros importantes como os compostos orgânicos com potencial mutagênico, as substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, o potencial de formação de trihalometanos, número de células de cianobactérias e metais pesados não fazem parte do IQA (Brasil, 2005, Cetesb, 2009).

Em virtude dessas limitações do IQA e da necessidade de implantações de melhorias contínuas no controle e o gerenciamento dos recursos hídricos, a Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo criou um grupo de trabalho que envolveu outras instituições, tais como empresas de saneamento, universidades e institutos de pesquisa, com o objetivo de desenvolver um novo Índice Básico de Qualidade da Água. O produto resultante do trabalho desse grupo foi a elaboração de um novo índice para o monitoramento da água de abastecimento, o Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público - (IAP) (Brasil, 2005).

Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público - IAP

Os parâmetros para cálculo do IAP foram definidos, de acordo com os dados da CETESB, 2009, pois apenas a referida agência utiliza esse indicador em seus monitoramentos. O IAP é calculado a partir do produto entre o antigo IQA e o Índice de Substância Tóxicas e Organolépticas - ISTO, segundo a equação (2):

$$\text{IAP} = \text{IQA} \times \text{ISTO} \quad (2)$$

O Índice de Substância Tóxicas e Organolépticas – ISTO é composto por parâmetros que indicam a presença de substâncias tóxicas (cádmio, chumbo, cromo total, níquel, mercúrio e Potencial de Formação de Trihalometanos e que afetam a qualidade organoléptica da água (alumínio dissolvido, cobre dissolvido, ferro dissolvido, manganês e zinco) (Cetesb, 2009).

Segundo a CETESB (2009), o ensaio de mutação reversa (conhecido como Teste de Ames ou ensaio Salmonella/microsoma) integra o Índice de Substância Tóxicas e Organolépticas – ISTO. O teste de Ames é usado para detectar uma grande variedade de compostos mutagênicos. As linhagens bacterianas utilizadas no teste apresentam características que as tornam mais sensíveis para detecção de mutações e o uso de diferentes linhagens na presença e ausência de sistema de metabolização *in vitro* pode fornecer informações importantes

sobre a classe de compostos que estão presentes nas amostras avaliadas.

De acordo com a CETESB (2009), nos ambientes lênticos, uma característica importante da qualidade da água para fins de abastecimento público, é a participação da componente biológica (algas). Até 2005, o IAP apresentava essa deficiência de não contemplar, diretamente, essa variável específica na sua avaliação. Com o suporte da nova legislação Resolução CONAMA 357/05, que estabeleceu padrão de qualidade para o Número de Células de Cianobactérias, essa variável foi incluída no grupo do Índice de Substância Tóxicas e Organolépticas (ISTO). A Tabela 3 apresenta a taxação adotada para o número de células de cianobactérias, que foi baseada nessa legislação e nos dados existentes da rede de monitoramento da CETESB.

Tabela 3
PESOS PARA O PARÂMETRO DENSIDADE DE CIANOBACTÉRIA

Níveis	Taxação ($q_i w_i$)
N° de células ≤ 20.000	1,00
$20.000 < N^{\circ}$ de células ≤ 50.000	0,80
$50.000 < N^{\circ}$ de células ≤ 100.000	0,70
$100.000 < N^{\circ}$ de células ≤ 200.000	0,60
$200.000 < N^{\circ}$ de células ≤ 500.000	0,50
N° de células > 500.000	0,35

Fonte: ISTO – CETESB (2009).

O Índice de Substância Tóxicas e Organolépticas (ISTO) é resultado do produto dos grupos de substâncias tóxicas (ST) e as substâncias que alteram a qualidade organoléptica da água (SO), conforme a equação (3) (Cetesb, 2009).

$$\text{ISTO} = \text{ST} \times \text{SO} \quad (3)$$

METODOLOGIA

Nesse estudo foram analisados dados secundários contidos no Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água de 111 Reservatórios de abastecimento público do Estado de Pernambuco do ano de 2008, disponibilizados pela Agência Estadual de Meio

Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), bem como informações disponibilizadas nos sites dos órgãos ambientais estaduais.

Caracterização da área de estudo

O Estado de Pernambuco apresenta dois grandes grupos de bacias hidrográficas: Bacias litorâneas: Goiana, Capibaribe, Ipojuca, Sirinhaém, Una, Mundaú, Grupo de pequenos rios litorâneos, GL-1 e GL-2 e Bacias do São Francisco: Pontal, Garças, Brígida, Terra Nova, Pajeú, Moxotó e Ipanema. Os usos preponderantes da água são: abastecimento público, irrigação, aquicultura, pesca, dessedentação de animais e proteção da vida aquática.

Materiais e métodos

Foram coletadas, pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), 255 amostras em 111 reservatórios de abastecimento público. 49 reservatórios localizam-se nas bacias litorâneas, correspondendo a 43% do total, enquanto 65 reservatórios pertencem às bacias do São Francisco, os quais representam 57% do total de bacias monitoradas. A freqüência das coletas foi determinada considerando a diversidade do regime hidrológico das bacias hidrográficas, a localização dos mananciais no semi-árido ou na zona da mata e a importância estratégica de alguns mananciais para o abastecimento público. Os métodos analíticos adotados pelo laboratório da CPRH estão descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 21th Ed. – 2005

Proposição do Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQABP).

Para proposição do Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQABP) foram analisados diversos índices utilizados pelas agências de controle, bem como as interações entre alguns parâmetros que poderiam ser incorporados ao Índice de Qualidade de Água (IQA)- CETESB, contudo sem elevar em demasia seus custos, visto que os recursos públicos são escassos, o que poderia inviabilizar sua aplicação.

Foram considerados, também, os resultados analíticos do monitoramento dos 111 reservatórios do estado de Pernambuco do ano 2008, buscando propor um índice mais representativo da real qualidade da água dos reservatórios de abastecimento

público e que possa garantir a população maior segurança quanto a preservação de sua saúde e, aos gestores públicos, a certeza de um eficiente instrumento de gestão.

Foi escolhido o parâmetro densidade de cianobactérias, expresso em números de células de cianobactérias por mL, por ser a principal consequência da eutrofização dos corpos hídricos, a qual pode provocar envenenamento ou até a morte de pessoas e animais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Formulação do Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQABP)

Com o objetivo de contribuir com o processo de melhoria contínua do sistema de gestão ambiental das agências de controle, considerando que as florações de cianobactérias representam riscos à saúde da população, este trabalho propõe a inclusão do parâmetro Densidade de Cianobactérias ao Índice de Qualidade de Água (IQA- CETESB, utilizando as faixas de números de células de cianobactérias e a respectiva taxação, usadas no cálculo do Índice de Substância Tóxicas e Organolépticas (ISTO) - CETESB, criando-se o Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQABP).

O cálculo do IQABP é feito por meio do produtório ponderado dos dez parâmetros, segundo a seguinte equação (4):

$$IQABP = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (4)$$

Onde:

IQABP = Índice de Qualidade de Água Bruta para abastecimento Público. Um número entre 0 e 100;

Para o parâmetro Densidade de Cianobactérias:

$q_i w_i$ = taxação, usada no cálculo do Índice de Substância Tóxica e Organolépticas (ISTO)-CETESB, conforme apresentado na Tabela 3.

Para os noves parâmetros que compõem o Índice de Qualidade de Água (IQA) foi mantida a fórmula de cálculo. Assim:

$IQABP = IQA \times q_i w_i$ (Densidade de Cianobactérias) equação (5).

As Faixas de classificação do Índice de Qualidade de Água Bruta para abastecimento Público (IQABP) estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA BRUTA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO (IQABP)

Qualidade	Escala
Ótima	79 < IQABP ≤ 100
Boa	51 < IQABP ≤ 79
Aceitável	36 < IQABP ≤ 51
Ruim	19 < IQABP ≤ 36
Péssima	IQABP ≤ 19

Fonte: Autor.

Comparação entre IQA x IQABP

Com o intuito de realizar uma simulação e validação da aplicação do IQABP, foi calculado o IQABP para os 111 reservatórios estudados com o objetivo de efetuar comparação com o IQA. Foi analisado, também, o impacto que o parâmetro densidade de cianobactérias provocou no novo índice. Alguns exemplos estão apresentados na Tabela 5 A e 5B.

Observa-se que o parâmetro Densidade de Cianobactérias causa pouco impacto no IQABP quando comparado ao IQA, até o limite máximo estabelecido pela CONAMA 357/05, a partir desse valor o parâmetro densidade de cianobactérias causa impactos relevantes ao IQABP, desta forma,

refletindo a real condição de qualidade do reservatório estudado. Assim, quando o IQABP indicar água para abastecimento público de boa qualidade, a população terá a garantia que a toxicidade provocada pelas florações tóxicas de cianobactérias estará dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o monitoramento das águas utilizando o método do IQA – CETESB apresenta limitações, não sendo suficiente para garantir a real qualidade das águas de nossos corpos hídricos.

Apesar do IAP – CETESB ser um índice de qualidade completo para monitoramento é inviabilizado pelo custo das análises de seus parâmetros.

O Índice de Qualidade de Água Bruta para Abastecimento Público (IQABP) proposto, indica valores mais representativos da real situação ambiental dos mananciais hídricos, bem como pode contribuir para um melhor direcionamento dos investimentos públicos, na aplicação de medidas de monitoramento e gestão da qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas e reservatórios pelas agências de controle, contribuindo para aumentar a segurança e confiabilidade dos resultados, buscando o estabelecimento de melhores níveis de qualidade de vida para a população.

Tabela 5 A

COMPARAÇÃO ENTRE IQA X IQABP DE RESULTADOS DE ALGUNS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NO ESTADO DE PERNAMBUCO DO ANO DE 2008

	Guararema 20/02	Siriji 20/02	Siriji 21/05
IQA	90 Ótima	81 Ótima	77 Boa
Densidade de Cianobactérias (Nº Cel.ml-1)	265	47.738	20.622
IQABP	90 Ótima	64 Boa	61 Boa

Fonte: Autor

Tabela 5 B

COMPARAÇÃO ENTRE IQA X IQABP DE RESULTADOS DE ALGUNS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NO ESTADO DE PERNAMBUCO DO ANO DE 2008

Siriji 9/12	Mundaú 06/08	Mundaú 12/11	Jucazinho 7/01
IQA 75 Boa	67 Boa	64 Boa	73 Boa
DC 1.930.618	93.128	567.790	9.804.602
IQABP 27 Ruim	48 Aceitável	22 Ruim	26 Ruim

Fonte: Autor

Referências

- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. *Relatório de monitoramento da qualidade da água de reservatório do estado de Pernambuco*. Recife, PE, 2008.
- AZEVEDO, S. M. F. O. *Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para a saúde pública*. Medicina on line – Revista virtual de medicina, v. 1. n. 3, jul/ago/set. 1998. Disponível em: <http://www.medonline.com.br/med_ed/med3/microcis.htm>. Acesso em: 28 set. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil*. Brasília: ANA; Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. *Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano*. Brasília, DF, 2003.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional 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*. Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/resolucoes_conama/Resolucoes_Conama_2005/39945%3B39756%3B14181802%3B0%3B0.asp. Acesso em: 03 out.2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2914, 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*. Diário Oficial da União, 14 dez. 2011. Disponível em: <<http://www.brasilisus.com.br/legislacoes/gm/110982-2914.html>>. Acesso em: 06 mar. 2012.
- CHORUS, I.; BARTRAM, I. (Eds.). *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: E & FN SPO, 1999.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Variáveis de qualidade das águas*. São Paulo, SP, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 28 set. 2009.
- ESTEVES, F. de A. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- METCALF, J. S.; CODD, G. A. *Cyanobacterial toxins in the water environment*. Foundation for water Research. University of Dundee. Freb. 2004.
- TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. 2.ed. São Carlos: Rima, 2003.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Water-related diseases: cyanobacterial toxins*. Geneva, 2001. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/cyanobacteria/en/>. Acesso em: 27 set. 2009.

Gilson Lima da Silva Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP -SP; Mestre em Agronomia (Ciências do Solo); Professor Adjunto do Curso de Engenharia de Produção da UFPE. E-mail: glimasilva21@yahoo.com.br.

Joana Teresa Aureliano Engenheira Civil, Mestre em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil (2000) - Analista de Desenvolvimento Ambiental da Agência Estadual de Meio Ambiente, Pernambuco, Brasil. E-mail: jaureliano@semas.pe.gov.br

Sandra Valeria de Oliveira Lucena Engenheira Química; Mestre em Tecnologia ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP/OS. Professora da Pós-Graduação da Faculdade Maurício de Nassau. E-mail: sv.lucena@uol.com.br; mestrado@itep.br.