

APERFEIÇOAMENTO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS

ZAGATTO*, P.A.; LORENZETTI**, M.L.; LAMPARELLI*, M.C.; SALVADOR*, M.E.P.;
MENEGON JR.*, N. & BERTOLETTI*, E.

* CETESB – Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental

** SMA – Secretaria do Meio Ambiente

Avenida Prof. Frederico Hermann Jr, 345 – São Paulo-SP CEP 05489-900

E-mail pedroz@cetesb.br

RESUMO: Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas. Em 1995 foi proposto um índice complementar ao índice usualmente utilizado pela CETESB para a avaliação da qualidade de água, denominado Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção de Comunidades Aquáticas (IPMCA), o qual incorpora ponderações entre o grupo de parâmetros essenciais (O.D., pH e teste de toxicidade) e o grupo de substâncias tóxicas (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, fenóis e surfactantes). Apesar de ter sido desenvolvido para uma avaliação da qualidade ambiental para a proteção da vida aquática, este novo índice não incorpora informações do processo de eutrofização dos corpos d'água. Assim, foi desenvolvido o IVA (Índice de Qualidade da Água para a Proteção da Vida Aquática), o qual engloba o IPMCA e o Índice do Estado Trófico do ambiente (IET). Através do IVA a qualidade das águas pode ser classificada como: Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima. Portanto, a título de exemplo de aplicação do IVA, será apresentado e discutido o quadro de qualidade das águas do rio Tietê e diversos reservatórios da região da Grande São Paulo.

Palavras-chave: qualidade de água, índice, eutrofização, toxicidade, substâncias tóxicas.

ABSTRACT: Improvement of a water quality index. In 1995 an additional water quality index named Index for Protection of Aquatic Communities (IPMCA) was proposed to the water quality index used by CETESB. In this index two groups of parameters were considered: toxic chemicals (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, phenol, surfactants) and main parameters (DO, pH and toxicity). Although the IPMCA aimed at the protection of aquatic communities, it did not take into account the eutrophication process. Therefore the Water Quality Index for aquatic life protection (IVA) was developed incorporating the IPMCA and the IET (Trophic State

Index). Through the IVA the water quality can be classified as: Excellent; Good; Acceptable; Bad and Very Bad. In order to exemplify, in this paper, the use of IVA, the water quality of the Tietê river and different reservoirs of São Paulo Metropolitan region are presented and discussed.

Key-words: Water quality, index, eutrophication, toxicity, toxic chemicals.

INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação vigente, os corpos hídricos brasileiros são classificados segundo seus usos preponderantes, sendo que a Resolução Federal CONAMA nº 20/86 e o regulamento de Lei 997/76 do Estado de São Paulo, aprovado pelo Decreto 8468/76 (CETESB, 1982; 1993), enquadram as águas em diferentes classes. Na maioria dessas classes um dos usos contemplados é a proteção das comunidades aquáticas.

O conhecimento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos é essencial ao seu manejo. Nesse sentido é conveniente a existência de um índice demonstrativo da qualidade das águas que possa servir como informação básica para o público em geral e, também, para o gerenciamento ambiental.

Em 1977, a CETESB adotou um índice para avaliar a qualidade da água bruta para fins de abastecimento público (IQA), adaptado da National Sanitation Foundation, dos EUA (CETESB, 1993-a), no qual nove parâmetros são utilizados (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e pH). O IQA estabelece cinco categorias de qualidade de águas, que permitem classificá-las em: Excelente; Boa; Aceitável; Ruim e Péssima para tratamento convencional. Apesar da proteção das comunidades aquáticas ser um dos usos previstos na legislação vigente, o IQA não foi criado com esta finalidade. Portanto tal índice apresenta limitações, ao não contemplar a presença de substâncias tóxicas para organismos aquáticos. Além disso, os limites estabelecidos para os nutrientes, no IQA, não avaliam adequadamente o processo de eutrofização.

Em 1995, no XXVI Congresso da Sociedade Internacional de Limnologia foi apresentada uma proposta de um novo índice de qualidade de água (IPCA), com o objetivo de estabelecer uma classificação de qualidade da água para proteção das comunidades aquáticas (Zagatto et al., 1998). Nesse índice, além das análises químicas convencionais, foi incluído o resultado do teste de toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, o qual pode detectar a presença, ausência, interações e a biodisponibilidade de substâncias em concentrações capazes de causar efeito tóxico sobre a reprodução e/ou sobrevivência dos organismos. Assim, a análise conjunta dos parâmetros físicos, químicos e ecotoxicológicos permitiu a determinação de um Índice que indica a qualidade de águas com vistas à Proteção das Comunidades Aquáticas (IPCA). É importante destacar que o IPCA também não contemplava parâmetros que

avaliassem a qualidade da água no que se refere ao processo de eutrofização. A partir de discussões internas na CETESB sobre o assunto, o IPCA sofreu algumas alterações e passou a ser denominado como IPMCA (Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção das Comunidades Aquáticas), o qual é descrito neste trabalho.

Em agosto de 1998 a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, instituiu, através da Resolução SMA/65, grupos interinstitucionais de trabalho para rever, estudar e desenvolver dois índices básicos para o monitoramento dos ambientes aquáticos; o Índice de Qualidade das Águas para Abastecimento Público (IAP) e o Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA). O IVA aqui apresentado é resultado deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

O Programa da Rede Básica de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, operado pela CETESB, engloba atualmente 131 pontos de amostragem em rios e reservatórios nos quais são coletadas mensal ou bimestralmente amostras de águas para análises físicas, químicas e bacteriológicas. Desde 1993, foi introduzido nesse programa, na maioria dos pontos amostrados, o teste de toxicidade crônica com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* (ABNT, 1995), com a finalidade de detectar a presença de substância(s) tóxica(s) na água em quantidade suficiente para causar efeito agudo ou crônico. Foi também introduzida a análise de clorofila-*a* (CETESB, 1990) em diferentes pontos de amostragem na rede de monitoramento, com vistas a avaliação do grau de eutrofização destes corpos d'água.

Assim, a interpretação conjunta dos resultados das análises químicas, dos testes de toxicidade e das análises de clorofila, permitiu estabelecer diferentes classes de qualidade de água, expressas através do IVA (Índice de Proteção da Vida Aquática) que é composto dos seguintes índices:

a) Índice de Parâmetros Mínimos para proteção das Comunidades Aquáticas (IPMCA):

Este índice é composto por dois grupos de parâmetros (Tab. I): grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis) e grupo de parâmetros essenciais (análises de oxigênio dissolvido, pH e de toxicidade).

Para cada parâmetro analisado foram estabelecidos três diferentes níveis, para os quais foram feitas as ponderações numéricas de 1, 2 e 3. Esses diferentes níveis constam da Tab. I, sendo que os de ponderação 1 correspondem aos padrões de qualidade de água estabelecidos pela legislação CONAMA nº 20. Os níveis relativos às ponderações 2 e 3 foram obtidos das legislações americana (US.EPA, 1991) e francesa (Code Permanent: Environnement et Nuisances, 1986), as quais estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas na água, para evitar efeitos crônicos e agudos à biota aquática.

Em termos ambientais, essas ponderações têm o seguinte significado:

Ponderação 1: Águas com características necessárias para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos.

Ponderação 2: Águas com características necessárias para a sobrevivência dos organismos aquáticos, porém a reprodução pode ser afetada a longo prazo.

Tabela I - Parâmetros físicos, químicos e ecotoxicológicos, e seus diferentes níveis de qualidade, que estabelecem as ponderações relativas utilizadas no cálculo do IPMCA

		Níveis	Ponderação
Parâmetros Essenciais (PE)	OD (mg/L)	≥ 5	1
		3 a < 5	2
		< 3	3
	pH	6 a 9	1
		5 a < 6 e > 9 a 9,5	2
		< 5 e > 9,5	3
Toxicidade	Não Tóxico	1	
	Efeito crônico	2	
	Efeito agudo	3	
Substâncias Tóxicas (ST)	Cádmio (mg/L)	≤ 0,001	1
		> 0,001 a 0,005	2
		> 0,005	3
	Cromo (mg/L)	≤ 0,05	1
		> 0,05 a 1	2
		> 1	3
	Cobre (mg/L)	≤ 0,02	1
		> 0,02 a 0,05	2
		> 0,05	3
	Chumbo (mg/L)	≤ 0,03	1
> 0,03 a 0,08		2	
> 0,08		3	
Mercúrio (mg/L)	≤ 0,0002	1	
	> 0,0002 a 0,001	2	
	> 0,001	3	
Níquel (mg/L)	≤ 0,025	1	
	> 0,025 a 0,16	2	
	> 0,16	3	
Fenol (mg/L)	≤ 0,001	1	
	> 0,001 a 0,05	2	
	> 0,05	3	
Surfactantes (mg/L)	≤ 0,5	1	
	> 0,5 a 1	2	
	> 1	3	
Zinco (mg/L)	≤ 0,18	1	
	> 0,18 a 1	2	
	> 1	3	

Ponderação 3: Águas com características que podem comprometer a sobrevivência dos organismos.

Neste IPMCA, o peso maior é dado aos parâmetros essenciais, pois o pH e OD são considerados fatores determinantes à manutenção da vida aquática e podem ser facilmente alterados com a introdução de poluentes na água. O parâmetro toxicidade, resultado do teste crônico com *Ceriodaphnia dubia*, também é um parâmetro essencial, pois detecta a presença de substâncias químicas disponíveis na amostra e que podem ou não estar contempladas no grupo de substâncias analisadas quimicamente.

Dadas as ponderações para os parâmetros analisados em uma amostra de água o IPMCA é calculado da seguinte forma:

$IPMCA = PE \times ST$, onde:

PE = valor da maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais

ST = valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas. Este valor é um número inteiro, com o seguinte critério de arredondamento: valores menores que 0,5 são arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5 são arredondados para cima.

IPMCA	Classificação da água
1	Boa
2	Regular
3 e 4	Ruim
>6	Péssima

Utilizando essa metodologia, o valor do IPMCA pode variar de 1 a 9. Para efeito de classificação das águas, o IPMCA foi subdividido em quatro níveis, como seguem:

Considerações sobre os valores adotados:

Valor do IPCA = 1 (qualidade de água Boa): Todos os parâmetros essenciais devem ter, no máximo, ponderação 1. Para o grupo de substâncias tóxicas, admite-se que apenas um dos parâmetros tenha a ponderação 2, ou seja, ultrapasse o padrão de qualidade de água. Esse critério foi adotado considerando-se que, mesmo que uma das substâncias tóxicas esteja acima do padrão de qualidade de água, ela não está disponível para causar efeitos adversos aos organismos aquáticos, visto que o teste de toxicidade (grupo de parâmetros essenciais) não evidencia qualquer tipo de efeito tóxico.

Valor de IPCA = 2 (qualidade de água Regular): Admite-se que um dos três parâmetros essenciais tenha ponderação de, no máximo, 2 desde que a média das ponderações do grupo de substâncias tóxicas seja 1. No caso de ponderação 2 para a média do grupo de substâncias tóxicas, os parâmetros essenciais devem ter ponderação 1.

Valor de IPCA = 3 e 4 (qualidade de água Ruim): Quando qualquer um dos parâmetros essenciais atingir a ponderação 3 desde que o grupo de substâncias tóxicas apresente ponderação 1; ou ponderação 2 para esse grupo e valor médio 2 para o grupo de substâncias tóxicas; ou ponderação 1 para o grupo de parâmetros essenciais e valor 3 para o grupo de substâncias tóxicas.

Valor de IPCA = >6 (qualidade de água Péssima): Quando um dos três parâmetros essenciais tiver ponderação de, no máximo, 2 e que a média das ponderações do grupo de substâncias tóxicas seja de no mínimo 3 ou, 3 para o grupo dos essenciais e média igual ou maior do que 2 para o grupo de substâncias tóxicas.

(b) Índice do Estado Trófico (IET):

O IET tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes.

O Índice de Estado Trófico utilizado foi o de Carlson modificado por Toledo et al. (1983) e Toledo (1990) que, baseando-se em dados de diferentes reservatórios do Estado de São Paulo, fez alguns ajustes na fórmula original, com o intuito de caracterizar o estado trófico de águas utilizando os parâmetros transparência, fósforo total, ortofosfato e clorofila-*a*

O IET a ser utilizado no cálculo do IVA será composto apenas pelo índice do estado trófico de fósforo total (IET_p) e o índice do estado trófico de clorofila-*a* (IET_{cl}). Não foi considerado o IET para transparência devido a inconsistência encontradas com resultados de diversos ambientes decorrentes da presença de sólidos em suspensão. Este tipo de ocorrência é particularmente significativa em ambientes lóticos.

Portanto, os IETs para fósforo e clorofila são definidos como:

$$IET(p) = 10 (6 - \frac{\ln(80,32/p^*)}{\ln_2}) \quad \text{e} \quad IET(cl) = 10 (6 - \frac{2,04 - 0,695 \ln_{cl}^*}{\ln_2})$$

(* unidade µg/L)

A expressão final deste índice é a seguinte: $IET = \frac{(IET_{cl}) + IET(p)}{2}$

No caso de haver dados apenas de um dos parâmetros fósforo ou clorofila-*a*, este índice é calculado com o parâmetro disponível.

De acordo com os diferentes valores de IET as águas podem ser classificadas como: oligotrófica, mesotrófica, eutrófica e hipereutrófica, para as quais são dados valores de classes de IET de 1 a 4 respectivamente (Tab. II).

Tabela II Classificação do estado trófico segundo o índice de Carlson, modificado.

Critério	Estado trófico	Classes do IET
IET ≤ 44	Oligotrófico	1
44 < IET ≤ 54	Mesotrófico	2
54 < IET ≤ 74	Eutrófico	3
IET > 74	Hipereutrófico	4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É importante lembrar que um índice de qualidade de água, além de fornecer informação de fácil compreensão para a população, é uma ferramenta bastante útil para o gerenciamento ambiental, sendo possível, através da análise de seus componentes, diagnosticar os problemas de uma dada região e direcionar esforços para ações corretivas.

Os índices de qualidade de água propostos desde a década de 70, consideram parâmetros físico-químicos similares, sendo a principal diferença entre eles a forma estatística de integrar e interpretar essas variáveis (Tab. III). Ainda, é importante notar que tais índices não abordam aspectos básicos da Ecotoxicologia Aquática. Neste sentido, sabe-se hoje que milhares de substâncias potencialmente tóxicas são lançadas no ambiente e a maioria dos índices existentes não contemplam sequer as substâncias mais comuns. No trabalho desenvolvido por House

& Ellis (1987), embora tenham sido considerados diferentes grupos de substâncias tóxicas, o resultado do índice não foi satisfatório devido à metodologia de cálculo escolhida, a qual resulta na atenuação/diluição dos valores das variáveis, quando interpretadas conjuntamente.

Tabela III. Parâmetros utilizados nos diferentes índices de qualidade de águas

Parâmetros	Fonte
pH, OD, condutividade, coliformes, cloretos, alcalinidade, substâncias extraídas com clorofórmio.	Horton (1965)
pH, OD, coliforme fecal, DBO, nitrato, fosfato, temperatura, turbidez, sólidos totais	Brown et al. (1970)
pH, OD, carbono orgânico dissolvido, sólidos em suspensão, amônia, nitrato, cloreto, ferro, manganês, surfactantes	Prati et al. (1971)
OD, DBO, N-amoniacal, sólidos em suspensão	Ross (1977)
pH, OD, N-amoniacal, N-total, coliformes, fosfato, sólidos em suspensão, condutividade, temperatura	Bolton et al. (1978)
pH, OD, DBO, N-amoniacal, nitrato, coliformes, cloretos, sólidos em suspensão, metais, temperatura, hidrocarbonetos, pesticidas, fenóis, cianetos.	House & Ellis (1987)
pH, OD, DBO, turbidez, temperatura, amônia, coliformes.	Smith (1989)
pH, OD, DBO, temperatura, amônia, nitrato, sólidos em suspensão, cloretos.	Tyson & House (1989)
pH, OD, DBO, sólidos em suspensão, turbidez, temperatura, coliformes.	Smith (1990)
PH, OD, DBO, coliformes, N-amoniacal, P-total, resíduo total, turbidez, temperatura	CETESB (1993-a)

Desde o início do controle da qualidade das águas, os padrões numéricos, físico-químicos e bacteriológicos serviram de referência para avaliar o nível de poluição dos corpos hídricos. No entanto, questiona-se a forma de combinação desses parâmetros para expressar um índice para proteção das comunidades aquáticas. Mesmo que se tenha uma noção de quais parâmetros poderiam ser usados para esse índice, sabe-se hoje que existe uma infinidade de substâncias tóxicas e que tornar-se-ia técnica e economicamente inviável uma análise completa do ponto de vista físico-químico. Além disso, as interações entre diferentes substâncias dificilmente poderiam ser mensuradas através dessas análises (Bertoletti et al., 1989; Zagatto & Gherardi-Goldstein, 1991; CETESB, 1992). Nesse contexto, objetivando simplificar e melhorar a avaliação da qualidade das águas, é que foi desenvolvido o IVA, que contempla diversos parâmetros físicos e químicos e inclui o teste de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, que detecta a presença de substância(s) tóxica(s), em concentrações capazes de causar efeitos adversos a organismos aquáticos.

Cálculo do IVA (Índice para proteção da vida aquática)

O IPMCA e o IET irão compor, portanto, o IVA. Para se estabelecer a ponderação mais adequada entre os componentes do IVA foram analisados os resultados obtidos em simulações e dados de campo, os quais foram interpretados com base no significado de cada componente dos índices. A primeira tentativa em estabelecer o IVA foi através do cálculo do valor médio entre o IPMCA e IET ou seja $IVA = (IPMCA + IET) / 2$. Observou-se que a classificação

obtida através desse modelo, em alguns pontos, não condizia com o estado de qualidade do corpo d'água, de acordo com o conhecimento prévio dos técnicos envolvidos, sendo em alguns casos demasiadamente rigorosa. Percebeu-se então que a discrepância encontrada estava ligada aos pesos para os níveis de trofia meso e eutrófico. Foram então testadas outras fórmulas de composição do IVA, chegando-se a conclusão que o IPMCA deveria ter um peso maior que o IET, já que a ponderação atribuída ao efeito crônico de uma amostra não poderia ter a mesma importância que a atribuída ao nível mesotrófico. Isso porque o estado mesotrófico não indica necessariamente uma deterioração do ambiente. Com relação à detecção de efeito crônico em uma água natural, pode-se afirmar que as populações aquáticas podem estar sofrendo efeitos subletais como por exemplo, alteração na sua reprodução, crescimento, comportamento ou mesmo na sua sobrevivência. Depois de vários cálculos atribuindo-se diferentes pesos ao IPMCA, e tomando-se como base os dados das amostras da Rede de Monitoramento, optou-se por aplicar um peso 20% maior ao IPMCA e somar esse valor ao IET, de modo a corrigir a distorção acima descrita.

Assim foi definido que o IVA deve ser calculado segundo a equação:

$$\text{IVA} = (\text{IPMCA} \times 1,2) + \text{IET}$$

Portanto, a classificação das águas pode ser representada através da Tab. IV, onde são feitas as combinações possíveis do IPMCA e do IET.

Tabela IV - Representação das classes de qualidade com os valores de IVA

		IPMCA x 1,2				
		1	2	3	4	>6
IET →	1	2,2		4,6	5,8	8,2 a 11,8
	2	3,2		5,6	6,8	9,2 a 12,8
	3		5,4	6,6	7,8	10,2 a 13,8
	4	5,2	6,4	7,6	8,8	11,2 a 14,8

Legenda: Ótima Boa Regular Ruim Péssima

Assim, em função dos valores obtidos para o IVA, a qualidade das águas poderá ser dividida em cinco classes, descritas a seguir:

Valores de IVA	Qualidade da água
2,2	Ótima
3,2	Boa
$3,4 \leq \text{IVA} \leq 4,4$	Regular
$4,6 \leq \text{IVA} \leq 6,8$	Ruim
$\text{IVA} > 7,6$	Péssima

Quando se pretende sintetizar os resultados, por exemplo para a apresentação dos dados de qualidade anual das águas, podem ser atribuídos valores ao IVA para cada ponto, ao longo dos meses conforme Tab. V (ótima=1; boa=2; regular=3; ruim=4; péssima=5). Calcula-se a média desses valores para cada ponto, a qual deve ser arredondada através do seguinte critério: classe ótima $\leq 1,5$; boa $>1,5$ a $\leq 2,5$; regular $>2,5$ a $\leq 3,5$; ruim $>3,5$ a $\leq 5,5$; péssima $>5,5$. Também, como critério para classificação, qualquer água será considerada de qualidade péssima para preservação da vida aquática, caso o teor de oxigênio dissolvido seja inferior a 3mg/L.

Tabela V - Valores atribuídos às diferentes classes do IVA para a utilização em séries temporais.

IPMCA
↓

		1	2	3	4	>6
IET →	1	1		4	4	5
	2	2		4	4	5
	3		4	4	5	5
	4	4	4	5	5	5

Legenda:

Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
-------	-----	---------	------	---------

No relatório de qualidade de águas da CETESB, as classes de qualidade serão representadas através de cores, sendo ótima = azul; boa = verde; regular = amarelo; ruim = vermelho e péssima = preto.

APLICAÇÃO DO IVA NAS ÁGUAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

O IVA foi aplicado para todos os pontos amostrados da Rede de Monitoramento do Estado de São Paulo, no ano de 1998, sendo que foram selecionados, para ilustração deste trabalho, apenas os dados dos pontos do Rio Tietê e dos reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo (Figs.1 e 2). Embora os resultados do IVA estejam representados de forma contínua nessas figuras, estes se referem à pontos específicos de amostragem, podendo ocorrer discrepância em alguns trechos do rio. No entanto, esta forma de representação é a mesma utilizada no Relatório de Qualidade de Águas da CETESB, e é um procedimento comum, internacionalmente, para a representação de resultados de redes de monitoramento de qualidade de água. Os resultados mensais do IVA, por ponto de amostragem, estão apresentados na Tab. VI, sendo que a descrição dos mesmos constam do anexo.

RIO TIETÊ: A qualidade das águas, expressa através do IVA, nos 17 pontos de amostragem no rio Tietê, desde sua cabeceira até sua foz, está representada na Fig. 1. Observa-se nessa figura que este rio, na sua porção inicial, já apresenta qualidade ruim, sendo o teor

de oxigênio dissolvido o responsável por essa qualidade. A qualidade é péssima em toda a região da Grande São Paulo até a cidade de Tietê. Verifica-se uma pequena melhora após receber as águas do Rio Sorocaba, próximo a Laranjal Paulista, voltando a apresentar qualidade péssima em um dos seus pontos de amostragem na entrada do reservatório de Barra Bonita. Essa qualidade péssima se deve a presença de substâncias tóxicas (toxicidade, metais e fenol) e baixos teores de OD. Nesse reservatório, a qualidade das águas passa a ser regular até a barragem de Promissão, em função dos nutrientes, OD e toxicidade crônica. A partir desse ponto até a confluência com o rio Paraná, a qualidade das águas se mantém boa, apresentando em algumas amostras níveis de nutrientes e metais que influenciam no resultado do IVA.

Tabela VI - Resultados do IVA (Índice de Proteção da Vida Aquática) do ano de 1998. A descrição completa dos pontos de coleta encontra-se na página seguinte.

Código do Ponto coleta	Corpo d'água	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Valor Médio
BMR 02 800	Rio Biriba Mirim	4		3		3		3		4		1		3
TIET 02 50	Rio Tietê	4		4		3		4		4		3		4
TIET 02 100	Rio Tietê	4		4		4		4		4		2		4
JNDI 00 100	Rio Jundiá	4				3		4				3		4
TAIA 00 100	Rio Taiaçupeba	5				5		4		3				4
EMGU 00 900	Rio Embu-Guaçu	3				3		4				1		3
GUAR 00 900	Reservatório Guarapiranga	2	3			5		3		2		2		3
PINH 04 100	Rio Pinheiros	5		5		5				5				5
RGDE 02 200	Reservatório do Rio Grande	2		3		2				3		4		3
BILL 02 500	Reservatório Billings	4	4	3		2				3		5		4
BILL 02 900	Reservatório Billings	5		4		4				3		4		4
TIET 02 300	Rio Tietê					5		5				5		5
TIET 02 400	Rio Tietê	5	5	5		5		5				5		5
TIET 02 450	Rio Tietê	5	4	5		4		4				4		4
TIBT 02 100	Rio Tietê - Res. Barra Bonita	4	5	5		4		4				5		5
TIBT 02 500	Rio Tietê - Res. Barra Bonita	3	4	4		3		4		5		3		4
TIET 02 350	Rio Tietê	4	4	4		5		5				3		4
TIBB 02 500	Reservatório de Barra Bonita	1	3	3		2		3		4		3		3
TIBB 02 700	Reservatório de Barra Bonita	4	4	2		2		3		3		4		3
TIBB 02 900	Reservatório de Barra Bonita	3		3		1		3		3		4		3
TIET 02 500	Rio Tietê	2		4		4		3		3		3		3
TIET 02 550	Rio Tietê	3		3		1		4		3		3		3
TIET 02 600	Rio Tietê	3		3		2		2		2		3		3
TIET 02 700	Rio Tietê	3		2		1		1		1		3		2
TIET 02 100	Reservatório Três Irmãos	1		1		1		1		3		2		2
TIET 02 800	Reservatório Três Irmãos	1		1		3		1		1		3		2

Legenda:

Ótima

Boa

Regular

Ruim

Péssima

Descrição dos pontos de amostragem da Rede de Monitoramento da CETESB

Código do ponto	Descrição dos pontos
BILJ 02 500	Reservatório Billings, no meio do corpo central, sob a ponte da rodovia dos Imigrantes
BILJ 02 900	Reservatório Billings, próximo à barragem reguladora Billings-Pedras (Summit Control)
BMIR 02 800	Rio Birribá-Mirim, ponte na rodovia SP-88, no trecho que liga Mogi das Cruzes a Salesópolis, na divisa dos municípios de Birribá Mirim e Mogi das Cruzes
EMGU 00 900	Rio Embu-Guaçu, ponte na estrada que liga Embu-Guaçu à Fazenda da Ilha
GUAR 00 900	Reservatório do Guarapiranga, na captação da SABESP, junto à casa de bombas
PINH 04 100	Rio Pinheiros, na Usina Elevatória de Pedreira, no centro do canal
RGDE 02 200	Reservatório do Rio Grande, no Clube Prainha Tahiti Camping Náutica, na altura do Km 42 da rodovia SP-31
TALA 00 100	Rio Taiaçupeba, à jusante do vertedouro
JNDI 00 100	Rio Jundiá, ponte na rodovia SP-69 no trecho que liga Mogi das Cruzes a Taiaçupeba, no Km 68, a 500 m da barragem
TJET 02 50	Rio Tietê, ponte na rodovia que liga Mogi das Cruzes a Salesópolis (SP-86)
TJET 02 100	Rio Tietê, ponte na Av. João XXIII - Vila Suíça-César de Souza, em Mogi das Cruzes (Captação de água - SEMAL)
TIBB 02 500	Reservatório de Barra Bonita, no meio do corpo central, próximo à Ilha do Centro
TIBB 02 700	Reservatório de Barra Bonita, no meio do corpo central, no córrego Araquazinho
TIBB 02 900	Reservatório de Barra Bonita, no meio do corpo central, 300 m a montante da barragem
TIBT 02 100	Braço do Rio Tietê - Reservatório de Barra Bonita, ponte na rodovia SP-147, que liga Anhembi a Piracicaba
TIBT 02 500	Braço do Rio Tietê - Reservatório de Barra Bonita, ponte na rodovia SP-191, que liga Santa Maria da Serra a São Manoel
TIBT 02 250	Rio Tietê, ponte na Av. Maria de Oliveira Bueno, em Pirapora do Bom Jesus
TIBT 02 300	Rio Tietê, a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica São Pedro, em Iju
TIBT 02 350	Rio Tietê, a cerca de 300 m da ponte da rodovia do Apicac (SP-308), na Fazenda Santa Isabel
TIBT 02 400	Rio Tietê, ponte na rodovia SP-113, que liga Tietê a Capivari, em Tietê
TIBT 02 450	Rio Tietê, ponte na estrada para a Fazenda Santo Olegário, em Laranjal Paulista
TIBT 02 500	Rio Tietê, ponte na rodovia SP-255 que liga São Manoel a Jau, a jusante da barragem do reservatório de Barra Bonita, no limite dos municípios de Barra Bonita e Igarapu do Tietê
TIBT 02 550	Rio Tietê, margem esquerda, a jusante do canal de fuga da casa de força da Usina Hidrelétrica de Bariri, na divisa dos municípios de Bariri e Borazéia
TIBT 02 600	Rio Tietê, margem direita, a jusante do canal de fuga da casa de força da Usina Hidrelétrica de Ibitinga, na divisa dos municípios de Ibitinga e Jacanga
TIBT 02 700	Rio Tietê, ponte na rodovia BR-153, no trecho que liga Lins a José Bonifácio, a jusante da barragem de Promissão, na divisa dos municípios de Promissão e José Bonifácio
TUTR 02 100	Reservatório de Três Irmãos, ponte na rodovia SP-463, no trecho que liga Araçatuba a Jales
TUTR 02 800	Reservatório de Três Irmãos, ponte na rodovia SP-563, no trecho que liga Pereira Barreto a Andradina

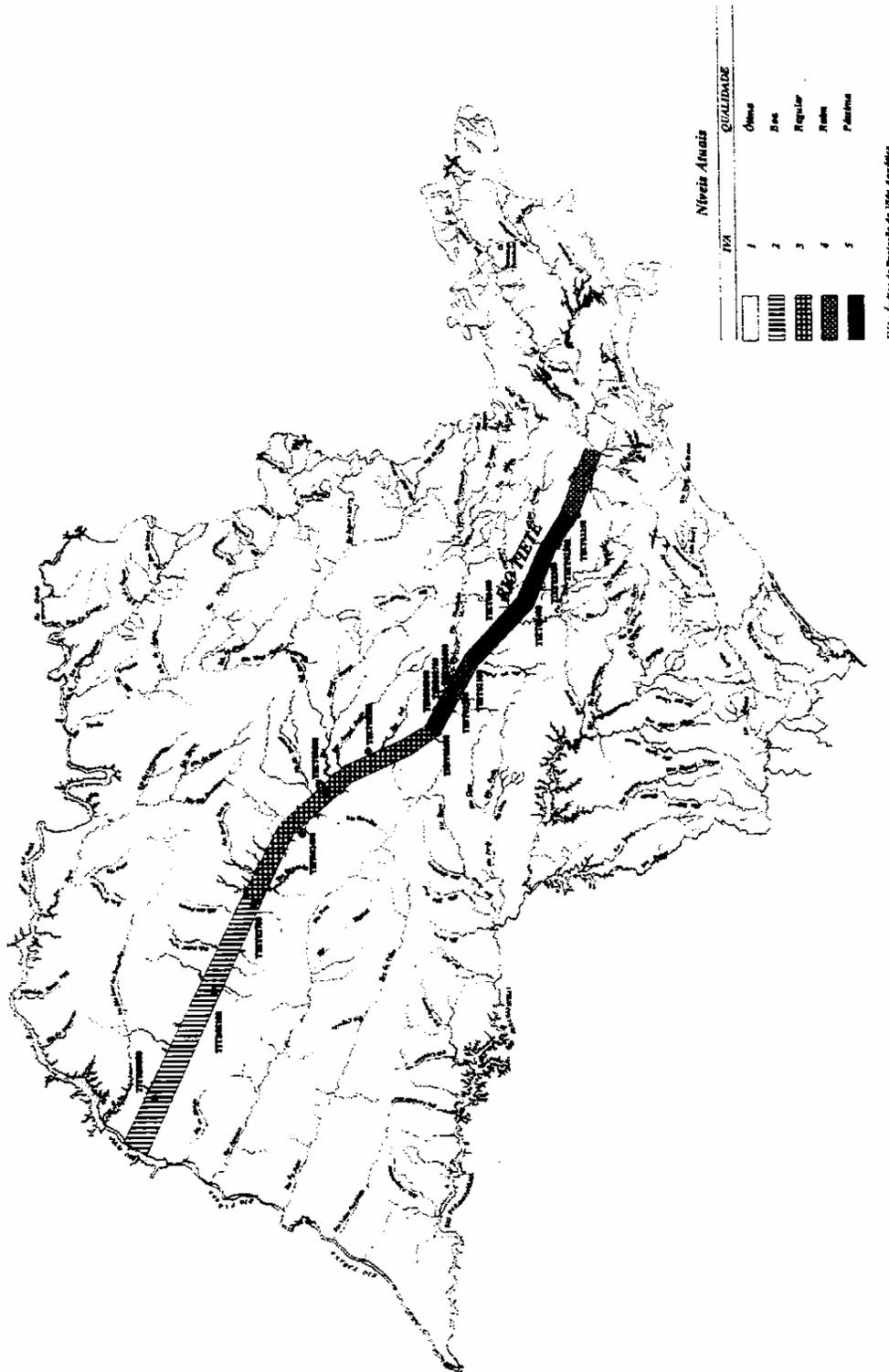


Figura 1. Representação do IVA/98 do Perfil do Rio Tietê.

Região metropolitana de São Paulo:

A Fig. 2 mostra a qualidade das águas do rio Tietê e dos reservatórios da Grande São Paulo. Verifica-se qualidade ruim das águas dos reservatórios Billings, Taiacupeba e Jundiá, sendo os parâmetros toxicidade e eutrofização os que mais influenciam o IVA. A qualidade regular para os reservatórios Guarapiranga, braços do Rio das Pedras e do Rio Grande se deve a toxicidade crônica, metais e, principalmente, eutrofização.

É importante ressaltar que o IVA e o IQA não são índices comparáveis devido à sua composição e finalidade diferenciadas. No entanto, como a expressão das classes de qualidade é a mesma, pode-se comparar os índices sob este aspecto, com a finalidade de ressaltar a impropriedade da utilização do IQA como referência de qualidade para proteção da vida aquática. Assim, na Fig. 3, onde são apresentados os resultados médios do IVA e IQA do ano de 1998, observa-se, de forma geral, que o IVA apresentou maior porcentagem de amostras com qualidade regular e ruim. Deve-se notar também que o IQA de 1998 não classificou qualquer água como de péssima qualidade, mesmo aquelas do rio Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo, reconhecidas como altamente poluídas.

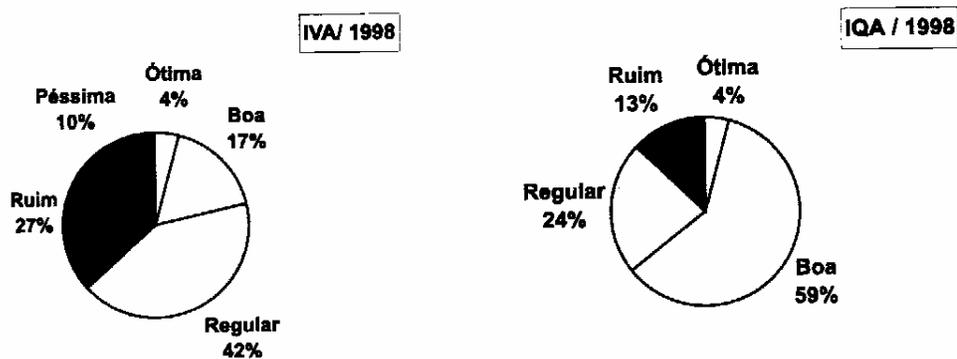


Figura 3 - Qualidade das águas nos pontos da Rede de Monitoramento, segundo IVA e IQA. Resultados médios de 1998.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O IVA mostrou-se um instrumento útil para a definição de pontos críticos referentes à qualidade das águas para proteção da vida aquática. Através do IVA é possível, também, diagnosticar as causas da deterioração da qualidade das águas, através da análise individual de componentes do índice.

O aprimoramento contínuo de um índice de qualidade é uma tarefa importante para aqueles que trabalham com qualidade de águas. Torna-se importante salientar, no entanto, que o IVA é uma ferramenta para diagnosticar a qualidade da amostra de água apenas no momento de sua coleta e que a integridade de um ambiente aquático deve ser avaliada através da den-

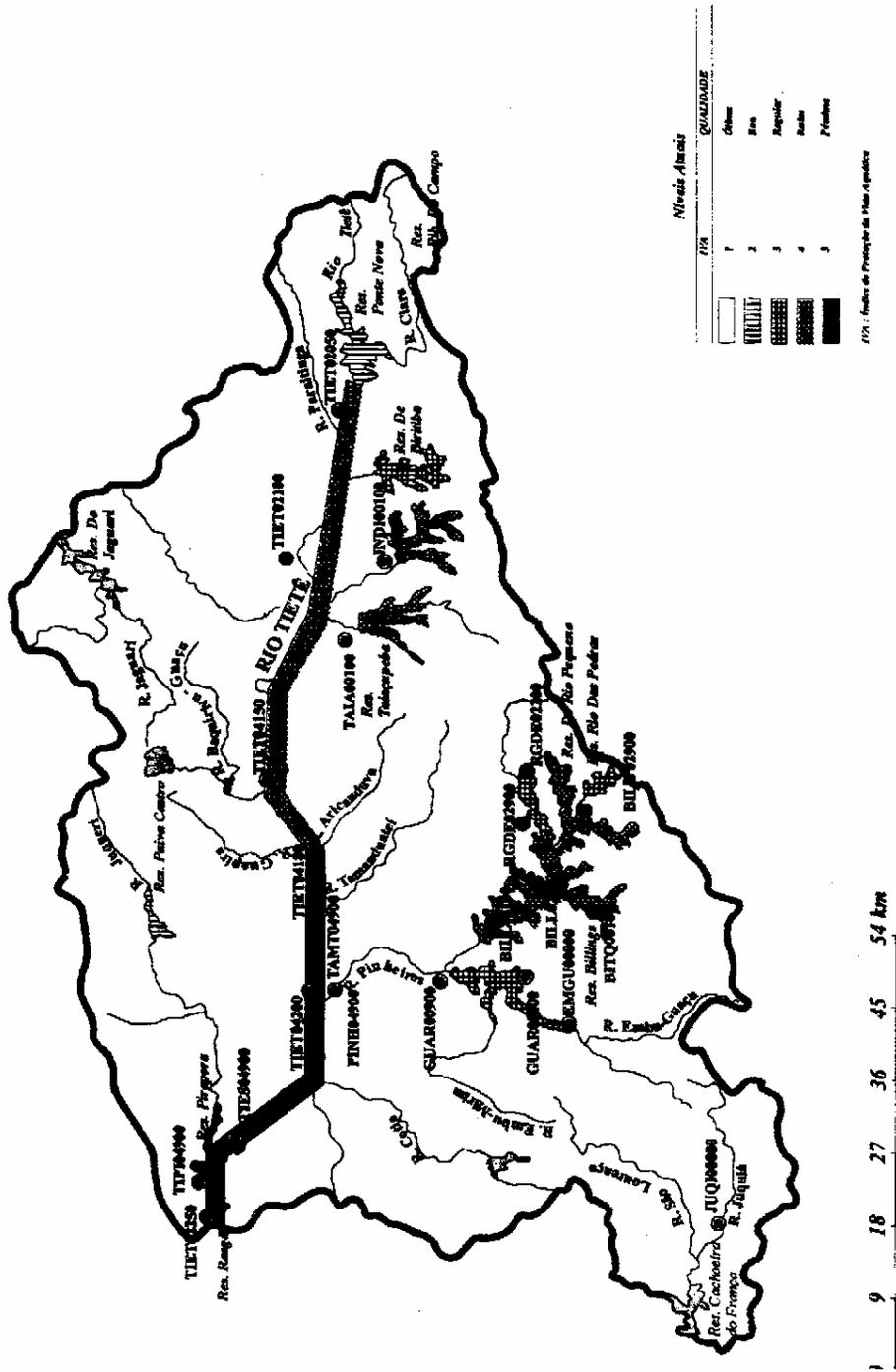


Figura 2. Representação do IVA/98 do Rio Tietê e Reservatórios da Região da Grande São Paulo.

cidade e diversidade das suas comunidades aquáticas. Assim, um levantamento das comunidades aquáticas de um determinado ecossistema, aliada às análises físico-químicas e ecotoxicológicas poderão complementar as informações deste índice.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que colaboraram na elaboração deste IVA, principalmente ao Biól. João Carlos Milanelli pelo auxílio no tratamento dos dados.

REFERÊNCIAS CITADAS

- ABNT(Associação Brasileira de Normas Técnicas). 1995. Água- Avaliação de toxicidade crônica, utilizando *Ceriodaphnia dubia* Richard, 1894 (Cladocera, Crustacea).NBR 13373. 14,p.
- Bertoletti, E.; Gherard-Goldstein, E.; Nipper, M. G.. 1989. Toxicidade de águas superficiais da região da grande São Paulo. Rev. Soc. Brasil. Toxicol., 2 (2): 1-20.
- Bolton, P. W.; Currie, J. C.; Tervet, D.J.; Welsh, W.T., 1978. An index to improve water quality classification. Wat. Pollut. Control., 77 (2): 271-280.
- Brown, R.M.; McClelland, N.; Deininger, R. A.; Tozer, R. G.. 1970. A water quality index-do we dare? Water & Sewage Works, October, 339-343.
- CETESB, São Paulo. 1982. Legislação básica. Poluição Ambiental Estadual e Federal. CETESB, São Paulo. 75p.
- CETESB, São Paulo. 1990. Determinação de pigmentos fotossintetizantes Clorofila-a; b, e c e feofitina-a. Norma técnica 306. CETESB, São Paulo. 22p.
- CETESB, São Paulo. 1992. Estudo ecotoxicológico do rio Atibaia. CETESB, São Paulo, 21p. e anexos.
- CETESB, São Paulo. 1993. Legislação Federal. Controle da poluição ambiental. CETESB, São Paulo, Série Documentos. Parte III Resoluções, p.24-33.
- CETESB, São Paulo. 1993-a. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Série Relatórios, CETESB, São Paulo. 251p.
- Code Permanent: Environnement et Nuisances. 1986. Éditions législatives et administratives. Paris, França. Vol.1 e 2. 1784 p.
- Horton, R.. 1965. An index number system for rating water quality. Journal WPCF, 37 (3): 300-306.
- House, M.A. & Ellis, J.B.. 1987. The development of water quality indices for operational management. Wat. Sci. Tech., 19 (9): 145-154
- Prati, L.; Pavanello, R.; Pesarin, F. 1971. Assessment of surface water of pollution. Water Research, 5: 741-751.
- Ross, S. L.. 1977. An index system for classifying river water quality. Wat. Pollut. Control., 76 (1): 113-121
- Smith, D.G..1989. A new form of water quality index for rivers and streams. Wat. Sci. Tech., 21 (2): 123 - 127.

- Smith, D.G.. 1990. A better water quality indexing system for rivers and streams. *Wat. Res.*, 24 (10): 1237-1244.
- Tyson, J. M. & House, M. A.. 1989. The application of water quality index to river management. *Wat. Sci. Tech.*, 21: 1149 - 1159.
- Toledo Jr, A. P.; Talarico, M.; Chinez, S. J.; Agudo, E.G.. 1983. A aplicação de modelos simplificados para avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Camboriú, Santa Catarina. 57 p.
- Toledo Jr, A. P. 1990. Informe preliminar sobre os estudos para obtenção de um índice para avaliação simplificada do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. Relatório técnico CETESB, São Paulo. Outubro de 1990. 11p. e anexos.
- U.S.EPA (United States Environmental Protection Agency). 1991. Water Quality Criteria Summary (Poster). Office of Science and Technology, Health and Ecological Criteria Division. Ecological Risk Assessment Branch (WH-550-D). Washington, DC, May, 1991.
- Zagatto, P. A. & Gherardi-Goldstein, E.. 1991. Toxicidade em águas do Estado de São Paulo. *Ambiente*, 5 (1): 13-20.
- Zagatto, P.A.; Lorenzetti, M.L.; Peres, L.S.N.; Menegon Jr, N.; Buratini, S.V. Proposal for a new water quality index. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 2449-2451. 1998.