

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	1
2. PNMA II- Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água: O projeto do Estado de Pernambuco	2
3. ÍNDICES SELECIONADOS	5
4. CÁLCULO DOS ÍNDICES SELECIONADOS	
4.1. IQA- CETESB	12
4.2. Índice de Toxicidez	23
4.3. IET	24
4.4. Avaliação de toxicidade aguda: fator de diluição para <i>Daphnia magna</i>	25
5. APLICAÇÕES	
5.1. Dados disponíveis	26
5.2. Resultados	
5.2.1. IQA- Bacia do rio Ipojuca	27
5.2.2. IET- Reservatório Tapacurá	29
5.2.3. Toxicidade aguda- bacia Algodóais	30
5.3. Treinamento	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30

SELEÇÃO DE ÍNDICES E INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

APLICAÇÃO DOS ÍNDICES SELECIONADOS

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta material de apoio para aplicação dos índices de qualidade da água selecionados a partir de um estudo baseado em revisão da literatura e discussões com técnicos da CPRH e SRH- PE. Os índices foram selecionados considerando os seguintes critérios: facilidade de aplicação, aceitação em órgãos nacionais e de outros estados responsáveis pelo monitoramento da qualidade da água, requerimento de parâmetros (considerando as determinações atuais dos dois órgãos do estado de Pernambuco responsáveis pelo monitoramento e a possibilidade de determinação de novos parâmetros).

Os índices selecionados foram utilizados em exercício de aplicação, também apresentado nesse documento, com dados do monitoramento fornecidos pela CPRH e SRH- PE. Para fins de treinamento dos técnicos das duas instituições foram selecionados períodos do monitoramento em que se dispunham dos parâmetros necessários à aplicação dos índices selecionados. Esta aplicação não seria possível para todo o período do monitoramento uma vez que nem todos os parâmetros necessários foram determinados. Portanto, a consolidação da seleção somente dar-se-á após demonstração da aplicação aos técnicos das instituições e realização de oficina para debate, na qual deverão participar técnicos das duas instituições e especialistas convidados. Parte desse documento também será entregue aos técnicos das duas instituições para o treinamento. Ainda, resumo desse documento será utilizado na oficina prevista para discussão e consolidação da escolha dos índices e indicadores.

Em seguida, é apresentado de maneira resumida o projeto do estado de Pernambuco no subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água do PNMA II, assim como os índices pesquisados e os parâmetros requeridos juntamente com a justificativa pela seleção, os dados disponíveis para aplicação, um roteiro de cálculo e alguns resultados dessa aplicação. Todos os resultados serão disponibilizados em meio digital.

2. PNMAII - SUBCOMPONENTE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA: O PROJETO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

O Estado de Pernambuco realiza monitoramento sistemático da qualidade da água através de duas instituições, com objetivos e sistemáticas distintas de coleta, análise e disponibilização das informações geradas. Propõe-se a reestruturação do sistema atual de monitoramento da qualidade da água no Estado de Pernambuco de maneira a torná-lo efetivamente útil para a gestão dos recursos hídricos, com inserção como ferramenta de suporte para a fiscalização, licenciamento ambiental, outorga e educação ambiental e demais instrumentos de controle da qualidade ambiental.

Foram escolhidas duas unidades de trabalho para o desenvolvimento do projeto, que em razão de suas características deverão permitir que os resultados alcançados possam ser replicados para todo o Estado de Pernambuco. As duas unidades são a bacia do rio Ipojuca e o Reservatório do Tapacurá. A definição das áreas obedeceu às recomendações do Banco Mundial quanto à consolidação das ações do PNMA II, além de se buscar abranger a diversidade de características hidrológicas existentes no Estado, ou seja, rios perenes, rios intermitentes, reservatórios localizados em regiões semi-áridas, com longo período de detenção, e reservatórios localizados na zona da mata, com período mais curto de detenção.

A proposta de reestruturação do sistema de monitoramento da qualidade da água será baseada na consideração de dados ambientais para proceder o desenho da rede de monitoramento e para avaliação e seleção de metodologias de análise de dados, incluindo indicadores de qualidade da água em rios e reservatórios adequados à diversidade de regime hidrológico nas bacias estaduais, tratamento estatístico eficiente na apresentação dos resultados do monitoramento a partir dos dados coletados, e modelos matemáticos de qualidade da água úteis para simulação de cenários diversos auxiliando o processo de gestão dos recursos hídricos e controle ambiental. A reestruturação irá focar também a compatibilização dos dados de quantidade com os de qualidade e a disponibilização dos resultados do monitoramento em formatos diversos, úteis à gestão e aos usuários dos recursos hídricos. A partir desses elementos e promovendo discussões envolvendo técnicos das duas instituições e especialistas das áreas afins, serão propostas as diretrizes para a reestruturação do monitoramento da qualidade da água no Estado. Essas diretrizes serão utilizadas para

a proposição do plano de monitoramento reestruturado da bacia do rio Ipojuca e reservatório de Tapacurá, que funcionarão como unidades demonstrativas.

Para a proposição do plano para as duas unidades de trabalho, a base de dados ambientais será atualizada e complementada e será efetuada análise estatística dos dados existentes, que irão gerar propostas de revisão de frequência de coleta, pontos de amostragem e parâmetros do monitoramento. O plano de monitoramento das duas unidades de trabalho contemplará monitoramento sistemático e redes dirigidas. O monitoramento sistemático reestruturado será efetivamente implantado nas duas unidades de trabalho. Ao final do projeto, será procedida avaliação do monitoramento reestruturado comparando-o com o sistema atual.

Para promover a integração de diferentes atores no processo de utilização das informações geradas através da nova proposta do sistema de monitoramento como ferramenta de suporte à tomada de decisão e participação da comunidade na gestão ambiental serão realizadas oficinas de trabalho com diferentes segmentos: órgãos públicos, instituições privadas, usuários, representantes de comitês de bacias, comunidade científica e público em geral.

O projeto ajudará a promover a integração do órgão ambiental com o de recursos hídricos no Estado de Pernambuco, fortalecendo-os no processo de tomada de decisão e de gestão ambiental.

O quadro seguinte apresenta a matriz lógica do projeto do estado de Pernambuco, com objetivo geral, objetivos específicos, metas e produtos a serem gerados.

Reestruturar e aprimorar o sistema de monitoramento da qualidade da água na bacia do Rio Ipojuca e reservatório de Tapacurá para seu efetivo funcionamento como ferramenta de suporte à tomada de decisão e participação comunitária no controle ambiental e na gestão dos recursos hídricos, servindo como modelo para reestruturação do sistema estadual

OBJETIVO GERAL

<p>Atualização e complementação de base de dados ambientais e definir zonas homogêneas para análise de qualidade da água</p>	<p>Definição de metodologia de análise dos dados de monitoramento</p>	<p>Desenvolver e integrar bancos de dados estaduais</p>	<p>Definir diretrizes, elaborar Plano de monitoramento, implantar e avaliar o plano de monitoramento estruturado</p>	<p>Incentivar a participação social</p>	<p>OBJETIVOS EXPECÍFICOS</p>
<p>*Levantamento de fontes poluidoras no Ipojuca. *Levantamento de fontes poluidoras em tapacurá. * Levantamento de uso do solo no Ipojuca. *Atualização e complementação de informações sobre usuários da água no Ipojuca. * Definição de zonas homogêneas de qualidade da água do Ipojuca.</p>	<p>*Seleção de indicadores adequados *Análise estatística dos dados do monitoramento *Implantação de modelos matemáticos de qualidade da água</p>	<p>*Desenvolvimento e implantação de bancos de dados</p>	<p>*Definição de diretrizes para reestruturação do monitoramento *Elaboração do plano de monitoramento e implantação e avaliação do plano estruturado</p>	<p>*Definição de formatos de divulgação *Elaboração de duas oficinas na bacia Ipojuca e uma no Tapacurá para divulgação do projeto</p>	<p>METAS</p>
<p>Diagnóstico ambiental e zoneamento</p>	<p>Ferramentas de análise de dados</p>	<p>Banco de dados</p>	<p>Plano de monitoramento</p>	<p>Formatos de divulgação do monitoramento e oficinas de integração dos atores</p>	<p>PRODUTOS</p>

3. ÍNDICES SELECIONADOS

A seguir são apresentadas as tabelas 01 e 02 com índices pesquisados, o detalhamento das equações e metodologias de aplicação descritas do documento referente ao produto 2, os parâmetros requeridos por cada um deles, algumas aplicações efetuadas por instituições e identificadas na revisão da literatura e a justificativa para a seleção da aplicação. Os critérios para seleção foram os seguintes:

- aplicação aos ecossistemas de interesse e usos pretendidos
- consistência (aplicação por órgãos ambientais responsáveis pelo monitoramento, densidade de aplicação)
- disponibilidade dos dados (disponibilidade atual, dificuldade de ampliação)
- facilidade de aplicação

Os principais critérios de exclusão foram quanto à aplicação aos ecossistemas de interesse e disponibilidade dos dados.

Tabela 01. ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA- AMBIENTES LÓTICOS E LÊNTICOS.

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO
PRATI	LÓTICO Índice Implícito de Poluição	-Rio Taquari/Antas-UFRS -Bacia do Paraíba do Sul- COPPE/UFRJ	OD, pH, DBO ₅ , DQO, PERMANGANATO , SÓLIDOS SUSPENSOS, AMÔNIA, NITRATOS, CLORETOS, FERRO, MANGANÊS, ABS* , CCE**	Não, em função dos parâmetros requeridos.
DINIUS	LÓTICO Índice de Contabilidade Social	Bacia do Paraíba do Sul- COPPE/UFRJ	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, COR, pH, TEMPERATURA, ALCALINIDADE, CLORETOS, DBO, DUREZA, OD, COLIFORME FECAL, COLIFORME TOTAL	Sim, porém há que se considerar que o índice não vem sendo aplicado sistematicamente por órgãos responsáveis pelo monitoramento.
McDUFFIE	LÓTICO Índice da Poluição dos Rios (RPI)	Bacia do Paraíba do Sul- COPPE/UFRJ	OD, DBO, DQO, SÓLIDOS SUSPENSOS, COLIFORME FECAIS, NITROGÊNIO TOTAL , FOSFATO TOTAL, E TEMPERATURA. Podem incluir ou excluir parâmetros.	Não, em função dos parâmetros requeridos.
STONER	LÓTICO Índice de abastecimento e Irrigação		Para abastecimento público: COR, pH, ABS , CLORETOS, COBRE, FENÓIS, FERRO, FLUORETO , AMÔNIA, NITRITO, SULFATO, ZINCO, COLIFORME FECAIS. Para irrigação: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, ALUMÍNIO , ARSÊNIO , BELÍRIO , BORO , CADMIO, COBALTO , COBRE, CROMO, FLUORETO , MANGANÊS, NÍQUEL, SÓDIO, VANÁDIO , ZINCO, COLIFORME FECAIS.	Não, em função dos parâmetros requeridos.

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO
HORTON	LÓTICO Índice geral de qualidade da água	UFMS- Rio Miranda – MS; Rio Taquari/ Antas-UFRS	CONDUTIVIDADE ESPECÍFICA, OXIGÊNIO DISSOLVIDO, COLIFORMES FECAIS, pH, TEMPERATURA, CCE, CLORETOS, TRATAMENTO DE ESGOTO(% DE POPULAÇÃO ATENDIDA), ALCALINIDADE.	Não, em função dos parâmetros requeridos.
O'CONNOR	LÓTICO Índice p/ sustentação da vida selvagem –e Índice para abastecimento público, após tratamento		Para sustentação da vida selvagem e peixes (FAWL): OD, SÓLIDOS DISSOLVIDOS, TURBIDEZ, FENÓIS, FOSFATO, NÍQUEL, N AMONÍACAL, pH, TEMPERATURA. Para abastecimento Público (PWS) : COR, pH, TURBIDEZ, ALCALINIDADE, CLORETOS, DUREZA, FENÓIS, FLUORETOS, NITRATO, OD, SÓLIDOS SUSPENSOS, COLIFORMES FECAIS, SULFATOS.	Não, em função dos parâmetros requeridos.
DEININGER E LADWEHR	LÓTICO Índice para abastecimento público.		OD, DBO, COR, pH, TEMPERATURA, TURBIDEZ, DUREZA, FENÓIS, FERRO, FLUORETO, NITRATO, SÓLIDOS DISSOLVIDOS, COLIFORMES FECAIS	Não em função dos parâmetros requeridos.
WALSKI E PARKER	LÓTICO Índice para recreação.		COR, pH, TEMPERATURA, TURBIDEZ, DBO, DUREZA, FENÓIS, FLUORETO, NITRATO, OXIGÊNIO DISSOLVIDO, SÓLIDOS DISSOLVIDOS, COLIFORMES FECAIS.	Não em função dos parâmetros requeridos.

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO
NUMEROW E SUMIMOTO	LÓTICO Contato humano: indireto; remoto: navegação, refrigeração industrial, recreação	VÁRIOS PONTOS DA CIDADE DE NOVA YORK	Composto de três índices para usos específico: OD, pH, TEMPERATURA, TURBIDEZ, DUREZA, SULFATOS, METAIS(FERRO E MANAGANÉS), COR, CLORETOS, NITROGÊNIO TOTAL, SÓLIDOS DISSOLVIDOS, SÓLIDOS EM SUSPENSÃO, ALCALINIDADE, COLIFORMES FECAIS.	Não em função dos parâmetros requeridos.
IQAD	LÓTICO Índice de Qualidade de água distribuída	SANEPAR (Cia. de saneamento do PR), COPASA (Cia. de Saneamento de MG) e CAESB (Cia. de Saneamento do DF)	CORO RESIDUAL, COR APARENTE, FERRO, FLUOR, pH, TURBIDEZ, COLIFORMES TOTAIS.	Não, em função dos parâmetros requeridos e por ser específico para água de distribuição.
IGQA	LÓTICO Índice de Qualidade de água distribuída	SABESP (Cia. de Saneamento Básico do Estado de S P)	De Potabilidade: BACTERIOLÓGICO: COLIFORMES TOTAIS. Que podem afetar a saúde da população: CADMIO, CHUMBO, CLORO RESIDUAL LIVRE, CROMO TOTAL, TRIHALOMETANO, FLUOR Que podem interferir na qualidade organoléptica da água: ALUMÍNIO, COR APARENTE, FERRO TOTAL, pH, TURBIDEZ.	Não, em função dos parâmetros requeridos e por ser específico para água de distribuição.

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO
IQAR	LÊNTICOS Reservatórios do Estado do Paraná	Instituto Ambiental do Paraná –IAP	DÉFICIT DE OXIGÊNIO, FÓSFORO TOTAL, NITROGÊNIO INORGÂNICO TOTAL , CLOROFILA "a" , DISCO DE SECCHI , DQO, TEMPO DE RESIDÊNCIA, PROFUNDIDADE MÉDIA, FITOPLANCTON (DIVERSIDADE) , FITOPLANCTON (FLORAÇÃO) .	Não, em função dos parâmetros requeridos.
IOA	LÓTICOS E LÊNTICOS Índice de Qualidade das águas brutas	CETESB – UFMS-Rio Miranda(MS); Rio .Bauru-SP; Rio Taquari /Antas-UFRS -Bacia do Rio Paraíba do Sul-COPPE/UFRJ -Bacia do Prata-ANA, ANEEL, IBAMA -FEAM- MG	pH, TURBIDEZ, COLIFORMES FECALIS, DBO ₅ , NITROGÊNIO TOTAL⁺ , FOSFATO TOTAL, TEMPERATURA, RESÍDUO TOTAL, OD	Recomendado para utilização. Simplicidade de aplicação. Aceito por diversas instituições.
IPMCA	LÓTICO E LÊNTICO Índice para a preservação da vida aquática	-CETESB	Grupo de substâncias tóxicas: COBRE, ZINCO, CHUMBO, MERCÚRIO, NÍQUEL, CADMIO, SURFACTANTES E FENÓIS. Grupo essenciais: OD, pH E TOXICIDADE	Não, em função dos parâmetros requeridos.
IET _M	LÊNTICOS Índice para avaliação do Estado Trófico de Lagos, Estuários e Reservatórios.	CETESB, UFRN (Depto de Eng.Química)	FÓSFORO TOTAL⁺⁺ , NITROGÊNIO TOTAL , TRANSPARÊNCIA , CLOROFILA , ORTOFOSFATO SOLÚVEL .	Recomendado para utilização. Simplicidade de aplicação.

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO
DIST. PROB. DE ESTADO TRÓFICO	LÊNTO Índice para avaliação do Estado Trófico	UFES	FÓSFORO TOTAL	Não recomendado em função da complexidade.
MODELO SIMPLIFICADO PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO	LÊNTO Índice para avaliação do Estado Trófico	UFPE-DEPTO. DE ENG. CIVIL E COMPESA; BRASÍLIA, RIO DE JANEIRO E SÃO PAULO(SALAS E MAARTINO)	FÓSFORO TOTAL	Não recomendado em função da complexidade.
IVA	LÓTICO E LÊNTO Índice de Proteção a vida aquática	CETESB	$IVA = (IPMCA \times 1,2) + IET_M$ Todos do IET + Todos do IPMCA	Não, em função dos parâmetros requeridos.
IT	LÓTICO E LÊNTO Índice de Toxidez	CETESB	CÁDMIO, CHUMBO, COBRE, CROMO TOTAL, MERCÚRIO, NÍQUEL E ZINCO.	Recomendado para utilização em estudos específicos e não no monitoramento sistemático.
AVALIAÇÃO DE TOXIDADE AGUDA	LÓTICO	Instituto Ambiental do Paraná- IAP e CPRH	FATOR DE DILUIÇÃO PARA DAPHNIA MAGNA	Recomendado para utilização. Simplicidade.

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO
IAP	LÓTICO E LÊNTICO Abastecimento público	CETESB	TRÊS GRUPOS: 1. IQA : TEMPERATURA D'ÁGUA, PH, OD, DBO ₅ , COLIFORMES FECAIS, NITROGÊNIO TOTAL , FÓSFORO TOTAL, RESÍDUO TOTAL E TURBIDEZ; 2. PARÂMETROS QUE AVALIAM A PRESENÇA DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS: TESTE DE MUTAGENICIDADE 3. PARÂMETROS QUE AFETAM A QUALIDADE ORGANOLÉPTICA : FENÓIS, FERRO, MANGANÊS, ALUMÍNIO, COBRE E ZINCO	Não recomendado em função dos parâmetros requeridos e por ser específico para abastecimento.

*ABS-Alquil benzeno sulfonato

** CCE-Carbono cloriforme extraído

+ a CETESB utiliza valores de Nitrogênio Total em lugar de Nitrogênio Amoniacal descrito anteriormente pela National Foundation Sanitation

obs1. Os parâmetros marcados em vermelho não são determinados pela CPRH e SRH- PE.

Obs2. O indicador clorofila a (marcado em azul) foi determinado durante um período do monitoramento da SRH- PE.

Tabela 02. ÍNDICES PARA ESTUÁRIO.

INDICADORES	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO
INDICADORES ESTÉTICOS	GERAL		Óleos minerais, espumas (agentes tensoativos), alcatrões)	Não, em função dos parâmetros requeridos.
INDICADORES DE POLUIÇÃO ORGÂNICA E BACTERIOLÓGICA	GERAL		coliformes totais, coliformes fecais	Selecionado para utilização. Simplicidade. O IQA-CETESB pode ser usado como índice geral.
INDICADORES DO ESTADO TRÓFICO	GERAL		nitrogênio total, fósforo total, clorofila	O IQA-CETESB pode ser usado como índice geral.

O índice biológico selecionado refere-se ao fator de diluição para *Daphnia Magna*, para avaliação de toxicidade aguda. Podem ser selecionados outros dentre os apresentados no documento com a revisão dos índices e indicadores, a partir de estudo específico de biomonitoramento, inclusive com seleção de espécie e tipo de teste.

Com relação à balneabilidade, recomenda-se a continuidade da adoção dos critérios e indicadores utilizados atualmente pela CPRH.

4. CÁLCULO DOS ÍNDICES SELECIONADOS

4.1. IQA- CETESB

O IQA-NSF, modificado pela CETESB, é calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água: 1) temperatura da amostra, 2) pH, 3) oxigênio dissolvido, 4) demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), 5) coliformes fecais, 6) nitrogênio total, 7) fósforo total, 8) sólidos totais e 9) turbidez. A seguinte equação é utilizada (equação 1):

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

onde: IQA-NSF – Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100; q – qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; e

w_i – peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que (equação 2) :

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (\text{equação 2})$$

em que n é 9 .Na tabela 03 encontram-se os parâmetros relativos ao IQA.

Tabela 03 – Parâmetros e pesos relativos do IQA.

Parâmetros	Pesos Relativos
1. Oxigênio Dissolvido	0,17
2. Coliformes fecais	0,15
3. Ph	0,12
4. Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
5. Fosfato Total	0,10
6. Temperatura	0,10
7. Nitrogênio total	0,10
8. Turbidez	0,08
9. Sólidos Totais	0,08

Fonte: CETESB (1997).

As curvas de qualidade da água para cada um dos parâmetros são apresentadas na Figura 1.

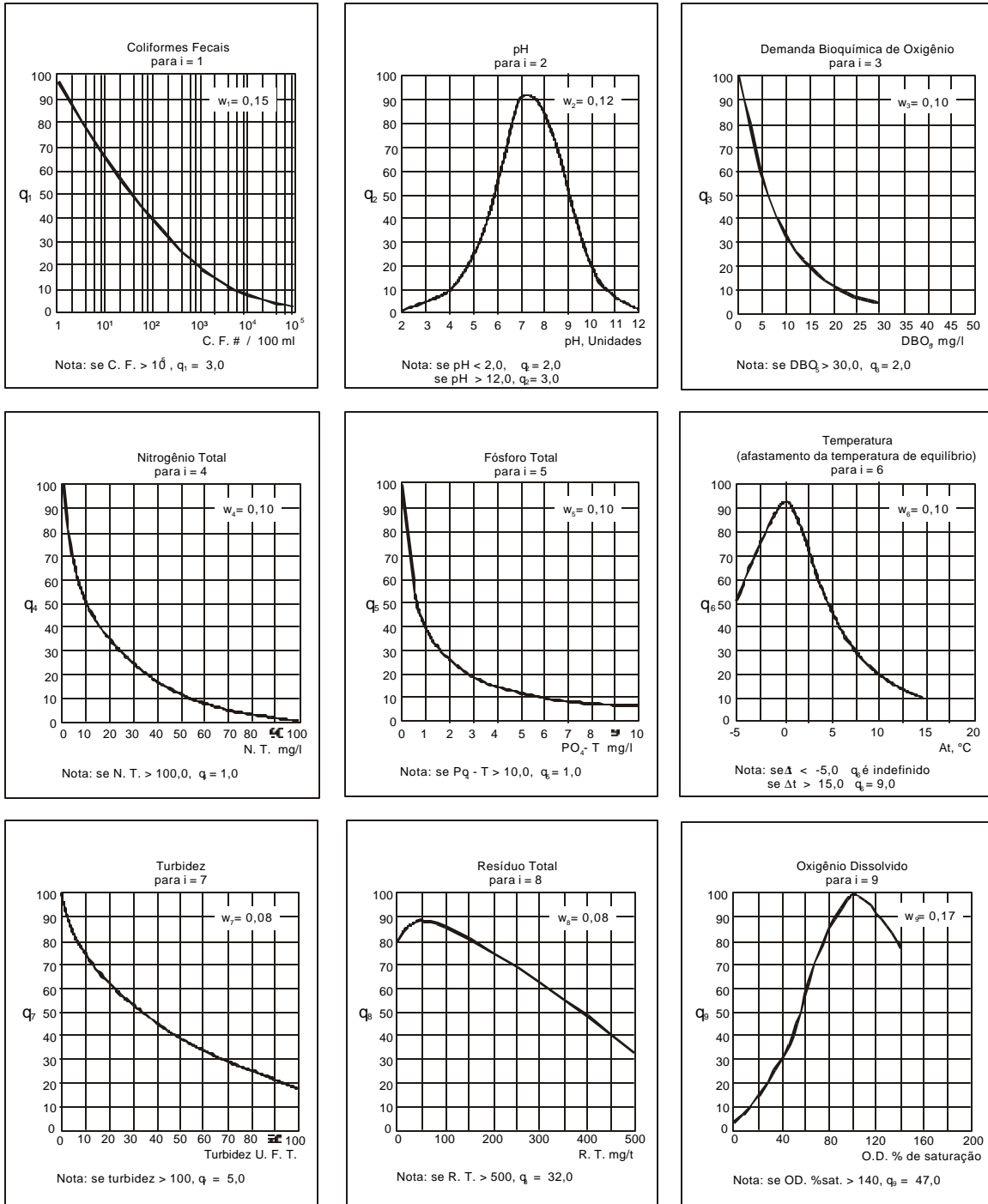


Figura 1. - Curvas de valoração da condição de cada parâmetro do IQA-NSF.

A classificação da qualidade da água segundo o IQA é feita utilizando os critérios da Tabela 04.

Tabela 04- Classificação da qualidade das águas (CETESB).

Valor	Qualificação	Cor
80-100	Ótima	Ciano
52-79	Boa	Verde
37-51	Aceitável	Amarelo
20-36	Ruim	Vermelho
0-19	Péssima	Preto

No cálculo original do IQA pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos, considerava-se o nitrogênio nitrato. No entanto, a CETESB realizou uma adaptação desse índice para o nitrogênio no Estado de São Paulo, uma vez que nesse caso os rios se mostram comprometidos por esgotos domésticos, que são ricos em outras formas de nitrogênio, tais como o nitrogênio orgânico e o amoniacal. Sendo assim, utiliza-se a curva do nitrogênio, considerando o nitrogênio total. É possível aplicar a curva do nitrogênio para o nitrato, mas é preciso verificar se essa forma é a preponderante nos rios.

A Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM), juntamente com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) que realizam o monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado, no Projeto "Águas de Minas", também utilizam o IQA-NSF, com os mesmos pesos porém sem as modificações propostas pela CETESB, para avaliação da qualidade da água, utilizando a classificação da Tabela 5.

Tabela 05. Classificação da qualidade da água segundo IQA (FEAM- MG).

Nível de Qualidade	Faixa	Cor de referência
Excelente	90 < IQA ≤ 100	Azul
Bom	70 < IQA ≤ 90	Verde
Médio	50 < IQA ≤ 70	Amarelo
Ruim	25 < IQA ≤ 50	Laranja
Muito Ruim	0 ≤ IQA ≤ 25	Vermelho

Tabela 03 – Parâmetros e pesos relativos do IQA.

Parâmetros	Pesos Relativos
10. Oxigênio Dissolvido	0,17
11. Coliformes fecais	0,15
12. Ph	0,12
13. Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
14. Fosfato Total	0,10
15. Temperatura	0,10
16. Nitrogênio total	0,10
17. Turbidez	0,08
18. Sólidos Totais	0,08

Os dados do monitoramento sistemático da CETESB são utilizados para o cálculo do IQA a partir de uma planilha no aplicativo Excel (Microsoft Office ®). As curvas de qualidade dos parâmetros da metodologia do NSF foram transformadas em equações. A memória de cálculo da planilha da CETESB é descrita a seguir.

MEMÓRIA DE CÁLCULO- IQA- NSF, modificado pela CETESB (planilha EXCEL utilizada pela CETESB)

As letras referem-se a denominação da coluna da planilha Excel (ex. coluna C) e o número em seguida refere-se à linha, caracterizando assim a célula (C₅, coluna C, linha 5).

1. OXIGÊNIO DISSOLVIDO

$$C_5 = (14,62 - (0,3898 B_5) + (0,006969 (B_5^2) - (0,00005896 (B_5^3))) \times ((1 - 0,0000228675 B_6))^{5,167})$$

onde :

C₅ = Equação Geral para Cálculo de Oxigênio Dissolvido considerando a temperatura e a altitude;

B₅ = temperatura

B₆ = altitude

$$C_6 = B_4 \times 100 / C_5$$

onde:

B₄ = valor medido de OD em mg/l de O₂;

C₅= equação geral para O₂ considerando T e altitude

C₆ = equação geral para cálculo de OD envolvendo temperatura, altitude e valor medido de OD em mg/l de O₂

a) Quando o valor de OD saturado% ≤ 50

$$q_1 = ((0,34 C_6) + (0,008095 (C_6^2)) + (1,35252 \times 0,00001 (C_6^3))) + 3)$$

onde :

q₁ = subíndice para oxigênio dissolvido

b) Quando $50 < \text{OD Saturado \%} \leq 85$

$$q_1 = ((-1,166 C_6) + (0,058 (C_6^2)) - (3,803435 \times 0,0001 (C_6^3))) + 3)$$

c) Quando $85 < \text{OD Saturado \%} \leq 100$

$$q_1 = (3,7745 \times (C_6^{0,704889})) + 3)$$

d) Quando $100 < \text{OD Saturado \%} \leq 140$

$$q_1 = ((2,9 C_6) - (0,02496 C_6^2) + (5,60919 \times 0,00001 (C_6^3))) + 3)$$

e) Quando OD Saturado % > 140

$$q_1 = 47 + 3$$

$$\text{Subíndice} = q_1^{0,17} = F_7^{0,17} = C_{12}$$

2. TEMPERATURA

Considera-se que a diferença de temperatura é zero, uma vez que nossos cursos hídricos não apresentam grande diferença a montante e a jusante do ponto escolhido, sendo assim o subíndice é considerado igual a **94**.

$$\text{Subíndice} = q_2^{0,10} = C_{16}$$

3. COLIFORMES FECAIS

Se $C_{19} = 0$, q_3 é 100.

onde :

C_{19} = coliforme medido em NMP/100mL

a) Quando $C_{19} > 0$; $COLI_{10} > 0 \Rightarrow C_{21} = \text{Log } C_{19} / \text{Log } 10$

onde

C_{21} = parâmetro que serve para calcular o subíndice q_3 para coliforme com frações decimais de 10^1 a 10^5 .

b) Quando $C_{21} \leq 1$; $COLI_{10} \leq 1$

$$q_3 = 100 - (33 C_{21})$$

c) Quando $C_{21} > 1$ ($COLI_{10} > 1$) ou $C_{21} \leq 5$ ($COLI_{10} \leq 5$)

$$q_3 = 100 - (37,2 C_{21}) + (3,60743 (C_{21}^2))$$

d) Quando $C_{21} > 5$ ($COLI_{10} > 5$),

$$q_3 = 3$$

$$\text{Subíndice} = q_3^{0,15} = F_{22}^{0,15} = C_{25}$$

4. pH

a) Quando $C_{28} \leq 2$, $q_4 = 2$

onde:

C_{28} = medida de pH em unidades de pH

b) Quando $2 < C_{28} \leq 4$

$$q_4 = 13,6 - (10,6 \times C_{28}) + (2,4364 \times (C_{28}^2))$$

c) Quando $4 < C_{28} \leq 6,2$

$$q_4 = 155,5 - (77,36 \times C_{28}) + (10,2481 \times (C_{28}^2))$$

d) Quando $6,2 < C_{28} \leq 7$

$$q_4 = -657,2 + (197,38 \times C_{28}) - (12,9167 \times (C_{28}^2))$$

e) Quando $7 < C_{28} \leq 8$

$$q_4 = -427,8 + (142,05 \times C_{28}) - (9,695 \times (C_{28}^2))$$

f) Quando $8 < C_{28} \leq 8,5$

$$q_4 = 216 - (16 \times C_{28})$$

g) Quando $8,5 < C_{28} \leq 9$

$$q_4 = 1415823 \times (\text{EXP}(-1,1507 \times C_{28}))$$

h) Quando $9 < C_{28} \leq 10$

$$q_4 = 228 - (27 \times C_{28})$$

i) Quando $10 < C_{28} \leq 12$

$$q_4 = 633 - (106,5 \times C_{28}) + (4,5 \times C_{28}^2)$$

j) Quando $C_{28} > 12$

$$q_4 = 3$$

$$\text{Subíndice} = q_4^{0,12} = F_{29}^{0,12} = C_{39}$$

5.DBO

a) Quando $DBO \leq 5$

$$q_5 = 99,96 \times (2,71828^{-0,1232728} \times C_{42})$$

onde:

C_{42} = medida de DBO em mg/L de O_2

b) Quando $5 < DBO \leq 15$

$$q_5 = 104,67 - (31,5463 \times \log C_{42})$$

c) Quando $15 < DBO \leq 30$

$$q_5 = 4394,91 \times (C_{42}^{-1,99809})$$

d) Quando $DBO > 30$

$$q_5 = 2$$

$$\text{Subíndice} = q_5^{0,10} = F_{43}^{0,10} = C_{47}$$

6.NITROGÊNIO TOTAL

a) Quando $C_{50} \leq 10$

Onde C_{50} = N Total

$$q_6 = 100 - (8,169 \times C_{50}) + (0,3059 \times (C_{50}^2))$$

b) Quando $10 < C_{50} \leq 60$

$$q_6 = (101,9 - 23,1023 \times \log(C_{50}))$$

c) Quando $60 < C_{50} \leq 100$

$$q_6 = (159,3148 \times 2,7828 \times (C_{50}^{0,10}))^{0,10}$$

d) Quando $C_{50} \geq 100$

$$q_6 = 1$$

$$\text{Subíndice} = q_6^{0,10} = F_{51}^{0,10} = C_{55}$$

7.FOSFATO TOTAL

a) Conversão de fósforo para fosfato total

$$PO_4 = B_{58} \times 3,066$$

Onde:

PO_4 = Fosfato

B_{58} = valor de fósforo total em mg/L

3,066 = fator de conversão de fósforo para fosfato

b) Quando $C_{58} \leq 1$

$$q_7 = 99 \times (\text{EXP}(-0,91629 \times C_{58}))$$

c) Quando $1 < C_{58} \leq 5$

$$q_7 = 57,6 - (20,178 \times C_{58}) + (2,1326 \times (C_{58}^2))$$

d) Quando $5 < C_{58} \leq 10$

$$q_7 = 19,8 \times (\text{EXP}(-0,13544 \times C_{58}))$$

e) Quando $C_{58} > 10$

$$q_7 = 5$$

$$\text{Subíndice} = q_7^{0,10} = F_{59}^{0,10} = C_{63}$$

8. TURBIDEZ

a) Quando $C_{66} \leq 25$

onde C_{66} = medida da turbidez em UFT

$$q_8 = 100,17 - (2,67 \times C_{66}) + 0,03775 \times (C_{66}^2)$$

b) Quando $25 < C_{66} \leq 100$

$$q_8 = 84,76 \times (2,71828^{-0,016206 \times C_{66}})$$

c) Quando $C_{66} > 100$

$$q_8 = 5$$

$$\text{Subíndice} = q_8^{0,08} = F_{67}^{0,08} = C_{70}$$

9. RESÍDUO TOTAL

a) Quando $C_{73} \leq 150$

onde:

C_{73} = medida do resíduo total em mg/L

$$q_9 = 79,75 + (0,166 \times C_{73}) - (0,001088 \times (C_{73}^2))$$

b) Quando $150 < C_{73} \leq 500$

$$q_9 = 101,67 - (0,13917 \times C_{73})$$

c) Quando $C_{73} > 500$

$$q_9 = 32$$

$$\text{Subíndice} = q_9^{0,08} = F_{74}^{0,08} = C_{77}$$

10. Cálculo do IQA

$$\text{IQA} = B_{80} = q_1^{0,17} \times q_2^{0,10} \times q_3^{0,15} \times q_4^{0,12} \times q_5^{0,10} \times q_6^{0,10} \times q_7^{0,10} \times q_8^{0,08} \times q_9^{0,08}$$

$$\text{IQA} = C_{12} \cdot C_{16} \cdot C_{25} \cdot C_{39} \cdot C_{47} \cdot C_{55} \cdot C_{63} \cdot C_{70} \cdot C_{77}$$

4.2. ÍNDICE DE TOXIDEZ (IT)

Este índice complementa o IQA-NSF. Em geral os índices não consideram a existência de substâncias tóxicas. BROWN et al. (1970) recomendam a utilização de um índice de toxidez, cujo valor é 0 ou 1, indicando, respectivamente, a presença de poluentes acima do seu limite máximo admissível, ou a ausência destes poluentes. O valor de IT deve ser multiplicado pelo IQA, confirmando o seu valor (IT=1), ou anulando o seu valor (IT=0).

Algumas substâncias tóxicas, como metais pesados e pesticidas, apresentam concentrações freqüentemente limitadas espacial e temporalmente a determinadas situações, razão pela qual não podem ser incluídas em índices mais amplos propostos para áreas com diferenças hidrológicas, demográficas ou geológicas.

No IQA proposto pela NSF este problema é contornado através de uma variável binária, o Índice de Toxidez (IT), que assume o valor zero, caso um dos elementos tóxicos ultrapasse o limite permitido, ou o valor um (1) em caso contrário. A nota final de um ponto de amostragem será o produto do IQA pelo IT. Em suma: IT=0, quando pelo menos uma substância tóxica ultrapassar os padrões e IT=1, quando nenhuma substância tóxica ultrapassar os padrões.

Os sete metais integrantes do IT são os seguintes: cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, "cromo total", níquel e zinco (tabela 06). Os metais ferro e manganês

também são analisados, mas foram excluídos do IT, devido à sua baixa toxicidade e as particularidades geológicas da região, que apresentam naturalmente concentrações mais elevadas que os padrões existentes propostos para regiões com características diferentes.

Tabela 06. Padrões adotados para o Índice de Toxidez (mg/l) segundo resolução número 20 do CONAMA.

Metais Pesados	Padrões Classes 1 e 2	Padrões Classe 3 e 4
Cádmio	0,001	0,01
Chumbo	0,03	0,05
Cobre	0,02	0,5
Cromo Total*	0,1	0,1
Mercúrio	0,0002	0,002
Níquel	0,025	0,025
Zinco	0,18	5,0

Fonte : CETESB (2002).

4.3.IET

O Índice do Estado Trófico será composto pelo Índice do Estado Trófico de Clorofila-a (IET_{CL}) e o Índice do Estado Trófico de Fósforo (IET_P) modificados (equação 3 e 4), sendo:

$$IET(P) = 10 \left(6 - \frac{\ln (80,32 / P^*)}{\ln 2} \right) \quad (\text{equação 3})$$

(*unidade mg/L)

$$IET(CL) = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,695 \ln CL^*}{\ln 2} \right) \quad (\text{equação 4})$$

*unidade mg/L)

Sendo que, a expressão do índice a ser utilizada será a seguinte (equação 5):

$$IET = \frac{(IET(CL) + IET(P))}{2} \quad (\text{equação 5})$$

A Classificação do estado trófico segundo índice de Carlson encontra-se na tabela 07.

Tabela 07-Classificação do Estado Trófico segundo o Índice de Carlson Modificado.

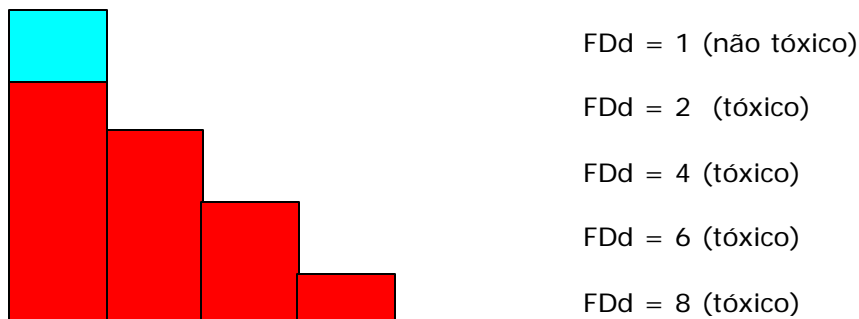
Critério	Estado Trófico	Classes Do IET
IET ≤ 44	Oligotrófico	1
44 < IET ≤ 54	Mesotrófico	2
54 < IET ≤ 74	Eutrófico	3
IET > 74	Hipereutrófico	4

Fonte: CETESB (2002).

4.4. AVALIAÇÃO DE TOXIDADE AGUDA: FATOR DE DILUIÇÃO PARA DAPHNIA MAGNA

CLASSIFICAÇÃO DE TOXICIDADE SEGUNDO IAP E KNIE

Todas as estações que estão em vermelho, representam violação a CONAMA 20/86



-Figura 02. Avaliação da toxicidade dos corpos d'água segundo IAP (1999).

Onde FdD é o fator de diluição para *Daphnia magna*

Na metodologia utilizada por KNIE, 1983 (APUD IAOP,1999), foi utilizada a seguinte classificação:

FDd -1 (AZUL) – não tóxico;

FDd -> 1 até 2 – (VERDE) – moderadamente tóxico;

FDd -> 2 até 6 - (AMARELO) –toxicidade;

FDd - >6 até 12 (VERMELHO) – muito tóxico;

FDd - > 12 (PRETO) – extremamente tóxico.

A utilização do critério de Knie é extremamente benevolente, segundo avaliação do IAP.

5.APLICAÇÕES

5.1. DADOS DISPONÍVEIS

Para o cálculo do IQA em rios foram utilizados os dados do monitoramento da CPRH nas estações da bacia do rio Ipojuca para o ano de 1993. Apenas nesse período os dados permitiam a aplicação do IQA- NSF.

O IQA- NSF, com modificações da CETESB foi calculado para as estações IP-25, IP-64, IP-70, IP-85, IP-90, IP-95, IP-109. Foram considerados os dados do monitoramento nos meses de janeiro, fevereiro, abril, julho, maio, setembro e outubro, ressaltando- se que a série não está completa para todas as estações.

Não havia dados disponíveis para o cálculo do IT.

Para o cálculo do IET foram utilizados os dados do reservatório de Tapacurá de 2001 e 2002, período em que se dispunha dos indicadores necessários ao cálculo do IES. O IET para o reservatório do Tapacurá foi avaliado para os meses de Julho, Agosto (duas coletas), setembro (duas coletas) e outubro de 2001, e janeiro, março, abril (duas coletas), maio (duas coletas), agosto, setembro (duas coletas), novembro (quatro coletas) de 2002.

A título de demonstração foram utilizados os dados da bacia do Algodão para avaliação da toxicidade aguda a partir de biomonitoramento com *Daphnia Magna*. São apresentados os resultados de três estações nos meses de setembro e novembro (duas coletas) de 2001.

5.2.RESULTADOS

5.2.1.IQA- Bacia do rio Ipojuca

Como exemplo de aplicação do IQA, apresenta- se planilha do Excel com o cálculo e a classificação segundo os critérios da FEAM e CETESB para a estação IP2- 10 em Julho de 1993.

Tabela 08. Aplicação do IQA à bacia do rio Ipojuca (IP- 10, Julho de 1993).

CÁLCULO DOS PARÂMETROS PARA COMPOSIÇÃO DO IQA				jul/93	
		Cálculos	Variáveis		IP-10
Oxigênio Dissolvido Saturado					
OD = Valor do Parâmetro	6,2				
Temperatura	25	7,688668029	ODSAT		
Altitude	652	80,63815444	PORSAT		
		FALSO	PORSAT <=50		86,688276
		86,688276754	PORSAT >50 OU <=85		
		FALSO	PORSAT >85 OU <=100		
		FALSO	PORSAT >100 OU <=140		
		FALSO	PORSAT >140		
Resultado do Parâmetro =		2,135272284			
Temperatura					
TEMP = Valor do Parâmetro	94	1,58			
Resultado do Parâmetro =		1,58			
Coliforme Fecal					
COLI = Valor do Parâmetro	2,4E+04	24000,0			
		FALSO	COLI <=0		
		4,380211242	COLI10>0		
		FALSO	COLI10 <= 1		6,2691975
		6,269197529	COLI10 > 1 OU <= 5		
		FALSO	COLI10 > 5		
Resultado do Parâmetro =		1,316987925			
PH					
pH = Valor do Parâmetro	8,6	8,6			
		FALSO	PH <= 2	71,3	71,321765
		FALSO	PH > 2 OU <= 4		
		FALSO	PH > 4 OU <= 6,2		
		FALSO	PH > 6,2 OU <= 7		
		FALSO	PH > 7 OU <= 8		
		FALSO	PH > 8 OU <= 8,5		
		71,32176536	PH > 8,5 OU <= 9		
		FALSO	PH > 9 OU <= 10		
		FALSO	PH > 10 OU <= 12		
		FALSO	PH > 12		
Resultado do Parâmetro =		1,668732215			
DBO					
DBO = Valor do Parâmetro	4,6	4,6			
		56,69667729	DBO <= 5		56,696677
		FALSO	DBO > 5 OU <= 15		
		FALSO	DBO > 15 OU <= 30		
		FALSO	DBO > 30		
Resultado do Parâmetro =		1,497461829			

NITROGÊNIO TOTAL					
NITR = Valor do Parâmetro	0,00	0,00			
		100	NITR <= 10		100
		FALSO	NITR > 10 OU <= 60		
		FALSO	NITR > 60 OU <= 100		
		FALSO	NITR > 100		
Resultado do Parâmetro =		1,584893192			
FÓSFORO					
FOSF = Valor do Parâmetro	0,150	0,460	FOSFW		
		65,54703094	FOSFW <= 1		65,547030
		FALSO	FOSFW >1 OU <= 5		
		FALSO	FOSFW >5 OU <= 10		
		FALSO	FOSFW >10		
Resultado do Parâmetro =		1,519341157			
TURBIDEZ					
TURB = Valor do Parâmetro	10	10			
		78,2119375	TURB <= 25		78,211937
		0	FALSO	TURB >25 OU <= 100	
			FALSO	TURB > 100	
Resultado do Parâmetro =		1,417300184			
RESÍDUO TOTAL					
RESI = Valor do Parâmetro	1805	1805			
		FALSO	RESI <= 150		32
		FALSO	RESI > 150 OU <= 500		
		32	RESI > 500		
Resultado do Parâmetro =		1,319507911			
IQA=	61				
IQA-CPRH	55				
Classificação segundo FEAM	MÉDIO				
Classificação segundo CETESB	BOA				

5.2.2.IET- Reservatório Tapacurá

A tabela 9 apresenta alguns resultados da aplicação do IET para o reservatório de Tapacurá para medidas de fósforo total e clorofila" a). Os dados de fósforo foram obtidos de medidas de P-PO₄ e convertido a P-total pela multiplicação do valor medido em fosfato pelo fator de conversão 0,3220. A Tabela 10 apresenta a planilha para os

valores de fósforo total, ortofosfato solúvel, transparência e clorofila "a". O resultado é a média aritmética dos quatro valores.

Tabela 09. Planilha de cálculo do IET no reservatório de Tapacurá.

Data	07/05/1999			
Fósforo Total	114	IETm(PT)	65,0520265	
Clorofila 'a'	45,37	IETm(Cl'a)	68,81950511	
		IET(FT e CL"a")	66,93576581	
		Estado Trófico	Eutrófico	
Data	12/08/1999			
Fósforo Total	53	IETm(PT)	54,0023309	
Clorofila 'a'	11,93	IETm(Cl'a)	55,42585002	
		IET(FT e CL"a")	54,71409046	
		Estado Trófico	Eutrófico	
Data	07/10/1999			
Fósforo Total	18	IETm(PT)	38,42237637	
Clorofila 'a'	4,51	IETm(Cl'a)	45,67225683	
		IET(FT e CL"a")	42,0473166	
		Estado Trófico	Oligotrófico	
Data	30/11/1999			
Fósforo Total	20	IETm(PT)	39,94240731	
Clorofila 'a'	3,03	IETm(Cl'a)	41,68427983	
		IET(FT e CL"a")	40,81334357	
		Estado Trófico	Oligotrófico	
Data	15/02/2000			
Fósforo Total	19	IETm(PT)	39,20240149	
Clorofila 'a'	8,07	IETm(Cl'a)	51,50637345	
		IET(FT e CL"a")	45,35438747	
		Estado Trófico	Mesotrófico	
Data	15/04/2000			
Fósforo Total	106	IETm(PT)	64,0023309	
Clorofila 'a'	18,65	IETm(Cl'a)	59,90569206	
		IET(FT e CL"a")	61,95401148	
		Estado Trófico	Eutrófico	
Data	14/06/2000			
Fósforo Total	26	IETm(PT)	43,72752354	
Clorofila 'a'	0,36	IETm(Cl'a)	20,32519941	
		IET(FT e CL"a")	32,02636147	
		Estado Trófico	Oligotrófico	
Data	16/08/200			
Fósforo Total	25	IETm(PT)	43,16168826	
Clorofila 'a'	1,7	IETm(Cl'a)	35,88948765	
		IET(FT e CL"a")	39,52558795	
		Estado Trófico	Oligotrófico	

No caso de se ter medidas de transparência e ortofosfato solúvel pode-se usar a seguinte planilha, em que se utiliza a média aritmética dos quatro parâmetros.

Tabela 10. Planilha para o IET calculado com os valores de fósforo total, ortofosfato solúvel, transparência e clorofila "a"

Transparência	15	IETm(TRA)	11,69784578
Fósforo Total	110	IETm(PT)	64,53672349
Ortofosfato Solúvel	2	IETm(OF)	25,62372752
Clorofila 'a'	45,37	IETm(Cl'a')	68,81950511
		IET (geral)	42,66945048
		IET(FT e CL'a')	66,6781143

OBS: Os dados desta planilha são dados aleatórios

5.2.3. Toxicidade Aguda- bacia do Algodóais

A tabela 11 apresenta os resultados da classificação da toxicidade aguda em *Daphna Magna*, segundo os critérios de Knie e do IAP, para estações da bacia do Algodóais.

Tabela 11. Classificação da toxicidade aguda em *Daphna Magna* na bacia do Algodóais.

INDICE DE TOXICIDADE COM DAPHNA				
DATA	RESULTADO	ORIGEM	CLASSIFICAÇÃO KNIE	CLAS.-IAP
28/11/2001	1	ALGODOAIS-Montante coca cola	NAO TOXICO	N/TOXICO
28/11/2001	1	ALGODOAIS-jus.coca cola,mont.latas	NAO TOXICO	N/TOXICO
28/11/2001	1	ALGODOAIS-jusante Suape Têxtil	NAO TOXICO	N/TOXICO

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na aplicação do IQA para as estações da bacia do rio Ipojuca no ano de 1993, único do período de monitoramento com disponibilidade dos parâmetros para o cálculo, foram observadas diferenças entre os valores calculados pela CPRH e os valores calculados utilizando a planilha da CETESB. Acredita-se que essa diferença seja explicada pelo fato de que nos cálculos da CPRH foram utilizados os gráficos para determinação dos subíndices de cada parâmetro, enquanto no caso da planilha esse cálculo é automatizado através de fórmulas matemáticas, sendo portanto mais preciso.

A planilha em Excel da CETESB de fato facilita bastante o cálculo do IQA. A planilha foi adaptada para fornecer automaticamente a classificação segundo os critérios da CETESB e da FEAM.

Para o cálculo do IET também foi montada uma planilha em Excel, embora nesse caso a rotina de cálculo seja bem mais simples do que no caso do IQA. A planilha também fornece a classificação do estado trófico.

A classificação com relação à toxicidade aguda através de fator de diluição para *Daphna Magna* não oferece dificuldade, seguindo critérios de fácil interpretação.

Cabe ressaltar que para efetiva adoção dos indicadores selecionados é necessário que as instituições voltem a adotar como rotina do programa de monitoramento a determinação dos parâmetros requeridos. Outro aspecto importante refere-se aos dados quantitativos (precipitação, vazão, volume) que também devem estar disponíveis para uma melhor identificação do estado de qualidade da água, levando em consideração aspectos de variação sazonal.