

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta a síntese de estudo baseado em revisão da literatura e discussões efetuadas na Oficina para consolidação da seleção de índices e indicadores de qualidade da água a serem adotados no monitoramento da qualidade da água no estado de Pernambuco, conforme previsto no projeto estadual do PNMA II Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. Documentos anteriores apresentaram: 1) revisão da literatura com índices e indicadores propostos e utilizados em estudos acadêmicos e no monitoramento efetuado por instituições nacionais, estaduais e municipais; 2) Seleção preliminar e material de apoio para aplicação dos índices e indicadores pré-selecionados levando em consideração: 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 órgãos do estado de Pernambuco responsáveis pelo monitoramento).

Na oficina, cuja programação encontra-se em anexo, houve a participação dos consultores contratados para o estudo, representante do PNMA II, técnicos da CPRH e SECTMA e convidados de órgãos estaduais responsáveis pelo monitoramento da qualidade da água e que empreenderam recentemente esforço para estudos que resultaram na proposição de índices que são adotados atualmente. Contou-se ainda com a participação de técnico da CETESB (Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo), Dr. Nelson Menegam, e de técnica do IPA (Instituto Ambiental do Paraná), Dra. Christine Xavier. Além das apresentações dos técnicos da CETESB e do IAP, e das consultoras, foi apresentada a experiência da CPRH com ecotoxicologia (Vilalba Soares de Mendonça)

A seguir é apresentada a síntese das discussões da Oficina.

2. EXPERIÊNCIAS DA CETESB E DO IAP

2.1. CETESB

A CETESB iniciou o monitoramento da qualidade da água em 1977 com 49 pontos de amostragem. Atualmente existem 239 pontos de amostragem na rede.

A CETESB estabeleceu em 1998 um Grupo de Trabalho para revisão dos índices de qualidade da água. Este grupo de trabalho foi constituído por técnicos da CETESB, de instituições de ensino e pesquisa do estado de São Paulo (IB- USP e FSP- USP) da Secretaria de Meio Ambiente (SMA) e da SABESP (Companhia de Abastecimento do Estado de São Paulo). O Grupo de Trabalho encaminhou os resultados dos estudos em 1999 propondo a adoção do IAP (Índice de Qualidade de Água para fins de Abastecimento Público) e do IVA (Índice de Proteção da Vida Aquática). O IQA (modificação do índice originalmente proposto pelo NSF) compõe o IAP. Os dois índices são apresentados no documento Seleção de Índices e Indicadores de Qualidade da Água (Produto 2, Dezembro de 2002).

Este estudo concluiu que os dois índices devem ser apresentados em separado, já que seus objetivos são específicos e distintos e recomenda que o IAP seja aplicado para todos os pontos de captação de abastecimento público da rede estadual, enquanto que o IVA deve ser aplicado para os pontos de monitoramento enquadrados nas classes especial, 1, 2, 3 (CONAMA 20/86). O estudo recomenda ainda que os corpos d'água enquadrados na classe 4 devem ser avaliados segundo os limites estabelecidos na resolução CONAMA 20/86. O índice de Balneabilidade (IB) também deve ser aplicado quando pertinente (utilização da água para recreação de contato primário). Os três índices, IAP, IVA e IB, compõem o Índice Básico de Qualidade da Água, com potencial para refletir a qualidade da água para múltiplos usos. O Grupo de Trabalho sugeriu revisões periódicas dos índices propostos para garantir que os mesmos possam acompanhar a evolução tecnológica nessa área, ressaltando ainda a necessidade de desenvolver estudos para a proposição de índices de qualidade para águas salinas e salobras.

Após o estudo que compreendeu ainda a aplicação dos índices propostos a um período do monitoramento e comparação com os resultados

da aplicação do IQA- CESTESB, foi realizada consulta às áreas técnicas envolvidas para avaliar as condições do laboratório da CETESB para absorver as análises complementares necessárias para a aplicação dos novos índices.

Foi destacado durante a apresentação na oficina que a utilização de índices para a identificação da qualidade da água constitui uma ferramenta prática de comunicação eficiente, através da indexação das informações de diversos parâmetros ou variáveis analisadas. A partir da identificação dos padrões de qualidades identificados, é freqüente a necessidade de se analisar individualmente o comportamento dos parâmetros que compõem o índice, para análise das possíveis causas para o padrão de qualidade identificado, bem como restrição de uso imposta como consequência.

2.2. IAP

O IAP (Instituto Ambiental do Paraná) realiza monitoramento da qualidade da água em rios e reservatórios desde 1982, estabelecendo um Índice para Qualidade de água em Reservatório e um Sistema de Avaliação de água para rios.

IQAR

O IQAR teve seus estudos iniciados em 1996 através de um programa visando à proposição do Sistema de Avaliação, Classificação e Monitoramento da Qualidade da Água em Reservatórios do Estado do Paraná. Dados do monitoramento desde 1982 foram utilizados como base científica para o estudo. Através de estudo estatístico foram definidas classes de qualidade específicas para os reservatórios do estado do Paraná levando em consideração indicadores físico- químicos, bacteriológicos e ecotoxicológicos. O estudo com base nos dados existentes também proporcionou ainda elementos para a definição de parâmetros do monitoramento, freqüência, profundidades e número de estações de amostragem.

Com relação à frequência de amostragem foi levado em consideração as variações climáticas ao longo do ano que podem caracterizar os períodos de melhor e/ ou pior qualidade da água, relacionando com os períodos em que normalmente ocorrem os processos de estratificação térmica e/ ou química e de mistura da coluna d'água. No estado do Paraná foi estabelecida a frequência semestral.

Com relação a profundidade de amostragem o sistema do IAP considerou:

Profundidade I: camada da zona eufótica com 40% da luz incidente, onde é esperada uma produção primária de fitoplâncton representativa da camada trofocênica

$$\text{Prof. I} = Z_{ds} \cdot 0,54$$

Onde:

Z_{ds} = profundidade Secchi

0,54 = fator para calcular 40% da luz incidente

Profundidade II: metade da zona afótica, onde independentemente da ocorrência de estratificação térmica, a respiração e a decomposição são predominantes sobre a produção autotrófica,

$$\text{Prof II} = (Z_{\max} + Z_{eu}) / 2$$

Onde:

Z_{\max} = profundidade máxima (m), na estação de amostragem;

Z_{eu} = zona eufótica, que é igual à profundidade Secchi * f

f = 3 (fator correspondente a aproximadamente 1% da luz incidente na superfície da água).

Profundidade III: quando, durante as medições "in situ", for detectada uma zona anóxica, mais uma amostra é coletada na porção intermediária desta camada.

Os parâmetros a serem utilizadas no monitoramento foram selecionadas levando em consideração o objetivo do monitoramento, seu custo e eficácia em termos de avaliação de qualidade da água.

Com o objetivo de estabelecer diferentes classes dos reservatórios em relação ao grau de degradação da qualidade de suas águas, uma matriz contendo os intervalos de classe dos parâmetros mais relevantes foi desenvolvida. Para essa matriz, reservatórios com diferentes características tróficas, morfológicas e hidrodinâmicas foram monitorados e os dados obtidos armazenados em bancos de dados. Todas as variáveis foram submetidas a análise estatística multivariada, para selecionar aquelas mais relevantes para uma clara caracterização da qualidade da água.

A matriz desenvolvida, apresenta seis classes de qualidade de água, as quais foram estabelecidas, a partir de percentis de 10, 25, 50, 75 e 90% de cada uma das variáveis mais relevantes (Tabela 01).

Tabela 01 – Matriz da Qualidade de água (IAP)

Variáveis	Classe1	Classe2	Classe3	Classe4	Classe5	Classe6
Déficit de Oxigênio (%)	<5	6-20	21-35	36-50	51-70	>70
Fósforo Total(µg/L)	<10	11-25	26-40	86-210	86-210	>210
Nitrogênio Inorgânico Total (mg/L)	<0,05	0,06-0,15	0,16-0,25	0,26-0,60	0,61-2,00	>2,0
Clorofila "a" (µg/L)	<1,5	1,5-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	11,0-32,0	>32
Disco de Secchi (m)	>3	3-2,3	2,2-1,2	1,1-0,6	0,5-0,3	<0,3
DQO (mg/L)	<3	3-5	6-8	9-14	15-30	>30
Tempo de residência(dias)	<10	11-40	41-120	121-365	366-550	>550
Profundidade média (m)	>35	34-15	14-7	6-3,1	3-1,1	<1
Fitoplancton (diversidade de espécies)	Pobre	Baixa	Alta, com predominância de espécies	Reduzida	Reduzida	Muito Reduzida
Fitoplancton (florações)	Sem	sem	sem	ocasional	Frequente	Permanente

O sistema definiu a existência de seis classes de qualidade da água em função do nível de comprometimento e os resultados da aplicação da classificação são apresentados a partir de mapas. A classe de qualidade da água a que cada reservatório pertence é identificada através do cálculo do IQAR (Índice de Qualidade da Água de Reservatórios): As classe são:

Classe I: não impactado a muito pouco degradado- Corpos d'água sempre com saturação de oxigênio, baixa concentração de nutrientes, concentração de matéria orgânica muito baixa, alta transparência das águas, densidade de algas muito baixa , normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média

Classe II: pouco degradado. Corpos d'água com pequena entrada de nutrientes orgânicos e inorgânicos e matéria orgânica, pequena depleção de oxigênio dissolvido, transparência das águas relativamente alta, baixa densidade de algas, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média

Classe III: moderadamente degradado. Corpos d'água que apresentam um déficit de oxigênio dissolvido na coluna de água podendo ocorrer anoxia na camada de água próxima ao fundo, em determinados períodos, entrada considerável de nutrientes e matéria orgânica, grandes variedades e densidade de algumas destas espécies de algas, sendo que algumas espécies, podem ser predominantes, tendência moderada a eutrofização, tempo de residência das águas considerável;

Classe IV: criticamente degradado a poluído. Corpos d'água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, possibilidade de ocorrerem mortalidade de peixes em alguns períodos de acentuado déficit de oxigênio dissolvido, entrada de consideráveis carga de nutrientes , alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas, ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas associada principalmente à densidade algal;

Classe V: muito poluído. Corpos d'água com altas concentrações de matéria orgânica geralmente com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, alto "input" e reciclagem de nutrientes, corpos de água eutrofizados, com florações de algas que freqüentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a transparência das águas ,

Classe VI: extremamente poluído. Corpos d'água com condições bióticas seriamente restritas, resultante de severa poluição pôr matéria orgânica ou outras substâncias consumidoras de oxigênio dissolvido, sendo que ocasionalmente ocorrem processos de anoxia em toda coluna de água, entrada e reciclagem de nutrientes muito altos, corpos d'água hipereutróficos, com florações de algas cobrindo toda a massa de água, eventual presença de substâncias tóxicas.

Para cada reservatório calcula-se o índice de Qualidade, IQAR, a partir da equação 01 e Tabela 02, que apresenta as variáveis selecionadas e seus pesos.

Tabela 02 - Variáveis selecionadas para cálculo do IQAR e seus respectivos pesos.

Variáveis	Pesos Wi
Déficit de oxigênio dissolvido -%	17
Fósforo Total -(P-mg/l)	12
Nitrogênio Inorgânico Total -(N-mg/l)	08
Clorofila "a" -(mg/m ³)	15
Profundidade Secchi-(metros)	12
Demanda Química de Oxigênio- DQO (O ₂ - mg/l)	12
Fitoplâncton (diversidade e florações)	08
Tempo de residência - (dias)	10
Profundidade Média - (metros)	06

O IQAR é calculado segundo a equação 01

$$IQAR = S (Wi \cdot qi) / S Wi \dots\dots\dots(01)$$

No sistema do IAP os dados coletados a cada campanha de monitoramento semestral são utilizados para o cálculo do IQAR parcial. A média aritmética de dois ou mais índices parciais fornece o IQAR final e a classe a qual cada reservatório pertence.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA EM RIOS

O IAP estabeleceu uma metodologia para avaliar a qualidade da água de seus rios integrando aspectos físico-químicos e biológicos que pudessem refletir o estado geral do ecossistema, não esquecendo que os padrões

ambientais apresentam variações entre a cidade e o campo, entre cidades de diferentes países, entre cidades de um mesmo país, e entre áreas de uma mesma cidade.

Considerando que a Resolução CONAMA 20/86 baseia-se principalmente em aspectos físico-químicos e não considera os aspectos biológicos da qualidade, excetuando-se à determinação do Número Mais Provável de Coliformes Fecais e Totais, o IAP associou critérios ecotoxicológicos desenvolvidos no próprio Instituto, para adequar as águas superficiais aos preceitos de preservação das comunidades aquáticas prevista nos Artigos 1º e 12 da Referida Resolução.

Para relacionar aspectos da qualidade das águas que não apresentem correlação óbvia, foi usada metodologia da Análise Multiobjetivo, dentre as quais a Programação de Compromisso que se baseia em uma noção geométrica de “melhor” onde se pode comparar o ponto representativo do estado da qualidade das águas de um ou mais mananciais com um ponto ideal (E) inicialmente teorizado por Pareto (Figura 1).

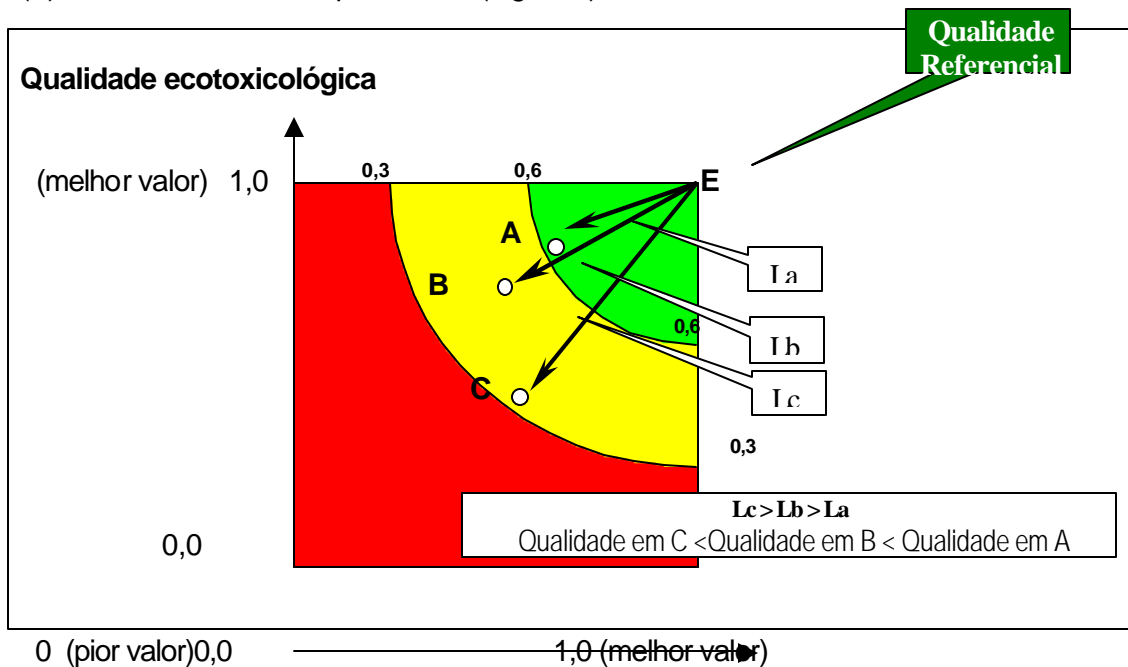


Figura 1 – Representação da variação da qualidade das águas sob os aspectos físico-químico, bacteriológico e ecotoxicológicos

Qualidade físico-química e bacteriológica

A metodologia de aplicação do sistema de avaliação proposto segue os seguintes passos:

- Estabelecimento das variáveis físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas;
- Estabelecimento de critérios de qualidade de marcadores entre o que se considera como melhor e pior situação (ou pior e melhor valor atingível para cada uma das variáveis consideradas);
- Normalização das escalas individuais dos indicadores considerados em uma escala unificadora;
- Aplicação dos dados e determinação do Ponto Representativo do Estado Atual da qualidade das águas sob os pontos de vista físico-químico e ecotoxicológico;
- Repetição da técnica para os vários pontos amostrais existentes;
- Mensuração da distância euclidiana entre estes pontos e o Ponto de Equilíbrio Ideal E;
- Demarcação de Áreas consideradas como de Equilíbrio Adequado, Razoável ou Inadequado;
- Repetição temporal do monitoramento para observação da dinâmica de equilíbrio do projeto.

O ponto A possui melhor qualidade geral das águas em ambos os aspectos por apresentar uma distância menor ao Ponto E enquanto que o C apresenta um pior desempenho ecotoxicológico, motivo pelo qual é o ponto mais distante do Ponto E.

As variáveis físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas monitoradas nos pontos amostrais foram: Turbidez(UNT), Temperatura do ar (°C), Oxigênio dissolvido (mg O₂ / l), Saturação de oxigênio (%), pH (unidade), Condutividade (μ S/cm), DBO₅ dias a 20° C (mg O₂ / l), DQO (mg O₂ / l), Nitrogênio Amoniacal (mg N / l), Nitritos (mg N / l), Nitratos (mg N / l), Nitrogênio Kjeldahl (mg N / l), Fosfato Total (mg P / l), Resíduos suspensos a 105°C(mg P/l),

Coliforme Totais (NMP/100ml), Coliformes Fecais(NMP/100ml), Toxicidade aguda com *Daphnia magna* (FDd (*))

(*)**FDd** – Fator de Diluição: corresponde à primeira de uma série de diluições efetuadas na amostra que não causa toxicidade aguda (morte) para os microcrustáceos no teste. FDd (Fator de diluição para *D. magna*). FDd=1 (amostra não tóxica) . FDd>1 (amostra tóxica). Quanto > o FD > toxicidade.

A qualidade físico-química e bacteriológica foi enquadrada segundo Resolução CONAMA 20/86. Considerando-se que o valor limite de 0,025 mg/l para fósforo total era muito restritivo, as violações para esta variável não foram consideradas.

No que tange aos valores de Coliformes Fecais, resultados compatíveis à Classe 4 em mais de 80% dos casos, foram considerados “Fora de Classe”. O enquadramento final baseou-se na classe predominante em pelo menos 80% dos resultados de classificação individual das variáveis monitoradas dentro do intervalo de tempo considerado. Os enquadramentos físico-químico e bacteriológico (baseado em Coliformes Fecais) foram apresentados em separado.

Para simplificar o enquadramento classificou-se os corpos d'água em diferentes categorias e códigos de cores para avaliações através de análises de variáveis físicas, químicas e bacteriológicas:






- **lilás = não a muito pouco comprometido**: enquadram-se, nesta categoria, os rios que apresentam condições de qualidade de água compatíveis com os limites estabelecidos para a Classe 1 (Resolução CONAMA N° 20/86). Estes rios apresentam **qualidade da água ótima**, com níveis desprezíveis de poluição.
- **verde escuro = pouco comprometido**: enquadram-se nesta categoria os corpos d'água que apresentam condições de qualidade de água compatíveis com os limites estabelecidos para a Classe 2 (Resolução CONAMA N° 20/86). Estes rios apresentam **qualidade da água boa**, com níveis baixos de poluição.

- **verde claro = moderadamente comprometido**: enquadram-se nesta categoria os corpos d'água que apresentam condições de qualidade de água compatíveis com os limites estabelecidos para rios de Classe 3 (Resolução CONAMA Nº 20/86). Estes rios apresentam **qualidade da água regular**, com níveis aceitáveis de poluição.
- **amarelo = poluído**: enquadram-se nesta categoria os corpos d'água que apresentam condições de qualidade de água compatíveis com os limites estabelecidos para rios de Classe 4 (Resolução CONAMA Nº 20/86). Estes rios apresentam **qualidade da água ruim**, com poluição acima dos limites aceitáveis.
- **vermelho = muito poluído**: esta categoria abrange os corpos d'água que não se enquadram em nenhuma das classes acima estabelecidas. Estes rios apresentam **qualidade da água péssima**, com níveis de poluição muito elevados.

O teste de toxicidade teve como objetivo avaliar os efeitos da presença de substâncias que causam efeitos tóxicos no corpo receptor através da determinação do Fator de Diluição para *Daphnia magna* (FDd) conforme Norma DIN 38412, Parte 30.

A apresentação dos resultados foi adaptada às peculiaridades da legislação brasileira, na qual se considera uma escala de ecotoxicidade apresentada em cores azul e vermelha, caracterizando-se a sua ausência ou sua intensidade conforme o tamanho do bloco (Tabela 3). Todas as estações de coleta com representação em vermelho apresentam violação da Resolução CONAMA 20/86. As estações com representação em azul não apresentam violação da legislação.

TABELA 3 – Legenda da escala de ecotoxicidade

Esca	Fator de Diluição	Interpretação
	FDd = 1	Não Tóxico
	FDd = 2	Tóxico
	FDd = 4	Tóxico
	FDd = 6	Tóxico
	FDd = 8	Tóxico

A avaliação integrada da qualidade é realizada a partir da consideração do seu enquadramento nas três dimensões.

A avaliação espacial dos dados de qualidade, aplicada a cada Sistema de interesse e nos intervalos de tempo estabelecidos, segue uma metodologia preparatória identificada pelos passos estabelecidos a seguir:

- Determinação do enquadramento da qualidade das águas segundo Resolução CONAMA 20/86 e Instituto Ambiental do Paraná, de todos os Pontos Amostrais indicados e considerando os períodos de análise;
- Consolidação dos enquadramentos físico-químico e bacteriológico em uma única classe preponderante com objetivo de agregar em uma única escala a avaliação da qualidade físico-química e a bacteriológica dos rios monitorados uma vez que ambas apresentam critérios de enquadramento perante a Resolução CONAMA 20/86, e podem ser analisados sob uma mesma ótica;
- Normalização dos resultados de enquadramento conjunto, físico-químico e bacteriológico, perante uma escala adimensional que varia entre a melhor situação conhecida (Classe 1) e a pior situação igualmente conhecida (fora de classe). Corresponderá à melhor situação o valor unitário (1,0), e à pior situação, o valor nulo (0,0);
- Como a classificação ecotoxicológica dos pontos amostrais está representada por duas convenções diferentes, os dados primários

dos Fatores de Diluição (FDd) foram redistribuídos nos mesmos períodos de tempo usados para o enquadramento físico-químico e bacteriológico, reavaliados perante a convenção usada em IAP (1999b).

- Normalização dos Fatores de Diluição (FDd) obtidos em ensaios Ecotoxicológicos em escala semelhante à considerada para os dados físico-químicos e bacteriológicos;
- Identificação do ponto representativo da qualidade média dos sistemas avaliados em um gráfico bidimensional onde o eixo das abcissas representa o enquadramento final segundo critérios físico-químicos e bacteriológicos, e o eixo das ordenadas representa a respectiva qualidade ecotoxicológica (Figura 2). A área demarcada representa o Campo das Soluções Possíveis.

A avaliação integrada da qualidade das águas dos sistemas considerados se dará pela anotação da distância euclidiana entre o ponto representativo da qualidade média dos sistemas avaliados - coordenadas cartesianas (X_i ; Y_i) e o ponto de Melhor Situação estabelecido como referencial - coordenadas cartesianas ($1,0$; $1,0$). Assim, a melhor ou pior qualidade de um determinado Sistema será obtida pela maior ou menor distância ao Ponto Referencial de melhor qualidade.

A Figura 3 apresenta, para cada sistema considerado, as representações cartesianas representativas da qualidade físico-química, bacteriológica e ecotoxicológica. Representam, respectivamente a qualidade média por período selecionado

O campo das soluções indicado nos gráficos da Figura 3 foi dividido em três regiões equidistantes do ponto de qualidade referencial, de coordenadas ($1,0$; $1,0$). A região mais próxima a este ponto apresenta aspectos de qualidade superior, e foi representada pela cor **VERDE** (compatível com a Classe 2 da Resolução CONAMA 20/86). A região mais afastada deste ponto, representa águas poluídas, e conseqüentemente, pior qualidade, sendo

representada pela cor **VERMELHA** (compatível com a Classe 4, ou pior). Entre ambas há uma região de poluição intermediária, representada pela cor **AMARELA** (compatível com a Classe 3). Os limiares adotados para estas regiões seguem as considerações estabelecidas em UNESCO (1987). O limiar entre a região de qualidade boa e a intermediária situa-se próximo a 60% da escala normalizada, e o limiar entre as regiões intermediária e de águas poluídas, próximo a 30%.

A linha diagonal pontilhada que aparece nos gráficos divide o campo das soluções em áreas onde o efeito preponderante na qualidade geral das águas é o Ecotoxicológico (abaixo da linha pontilhada), ou Físico-químico e Bacteriológico (acima da linha pontilhada).

Como se pode observar no gráfico da Figura 3 o efeito preponderante da qualidade das águas é o Físico-químico e Bacteriológico. Também, o efeito ecotoxicológico foi mais importante no primeiro período considerado, diminuindo sua importância nos períodos subsequentes pela aproximação dos pontos representativos de cada sistema do valor unitário de qualidade ecotoxicológica.

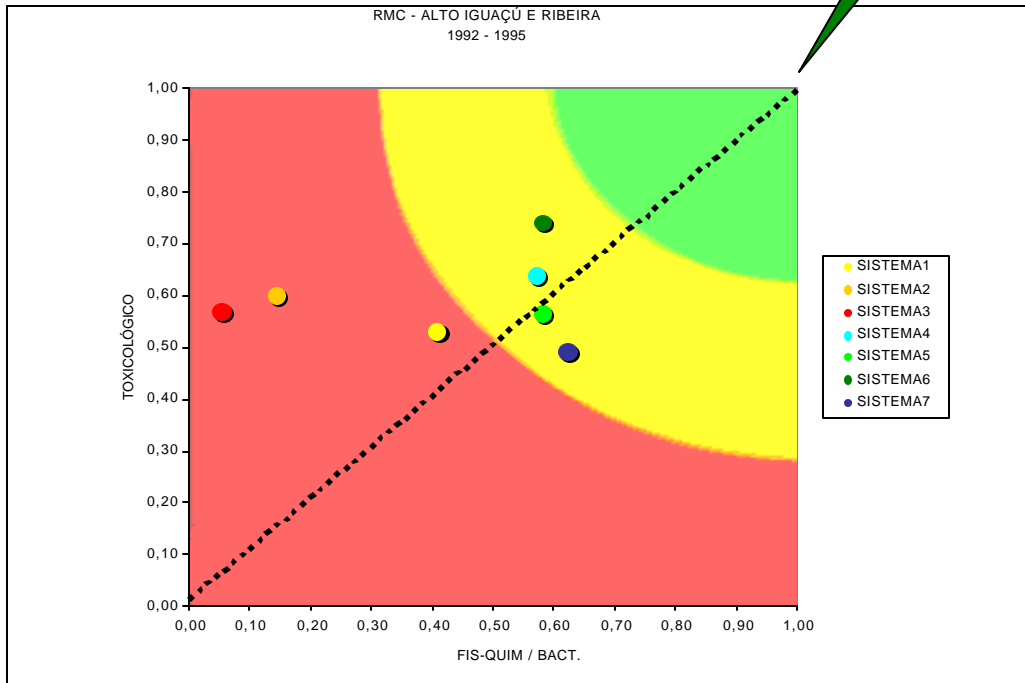


Figura 3 – Pontos representativos da qualidade média das águas dos sistemas da Região Metropolitana de Curitiba, entre os anos 1992 e 1995, considerando dados físico-químicos, bacteriológicos e ecotoxicológicos.

Para uma avaliação geral da qualidade, agrupou-se os trechos de rios correspondentes a cada sistema, e se construiu curvas de variação temporal observando-se os períodos de tempo escolhidos. A Figura 4 apresenta, em um mesmo gráfico, vários Sistemas estudados pelo IAP.

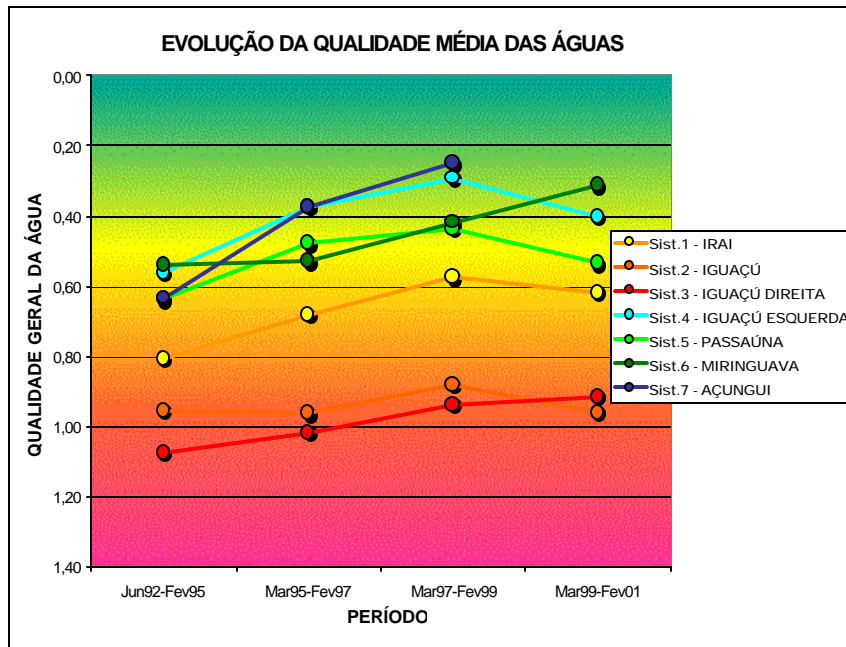


Figura 4 – Variação temporal da qualidade das águas – todos os Sistemas.

Do ponto de vista da tendência à melhora, piora ou estabilidade da qualidade das águas ao longo do tempo, pode-se estabelecer uma relação de “fragilidade ambiental”, entendendo-se este conceito relacionado ao potencial de alteração para o próximo período amostral, quando se considera a qualidade atual dos corpos d’água. Assim, tendências de piora da qualidade implicam em uma “alta fragilidade” pois significam uma alta probabilidade de piora ainda maior em razão de uma sobreposição da capacidade de resiliência do manancial; tendências à estabilidade implicam em uma “fragilidade mediana”, enquanto que tendências de melhora da qualidade significam uma “baixa fragilidade” em razão da evidência da recuperação da qualidade de suas águas.

As tendências de piora da qualidade implicam em uma “alta fragilidade” pois significam uma alta probabilidade de piora ainda maior em razão de uma sobreposição da capacidade de resiliência do manancial; tendências à estabilidade implicam em uma “fragilidade mediana”, enquanto que tendências de melhora da qualidade significam uma “baixa fragilidade” em razão da evidência da recuperação da qualidade de suas águas.

2.3. CPRH (ecotoxicologia)

A CPRH através de convênio com GTZ, tomou conhecimento das normas alemão para controle de toxicidade, entre elas a Norma DIN 38412, parte I , que classifica **Toxicidade** como sendo:

“A capacidade de uma substância exercer um efeito sobre organismos ou biocenoses devido às suas propriedades químicas e à sua concentração”. Essa toxicidade pode ser mensurável através do teste biológico que é o resultado da integração entre a substância e o sistema biológico”.

Os efeitos tóxicos em geral são também consequência da ação combinada de todas as substâncias nocivas, p.ex. aquelas que apresentam um efeito deletério sobre as condições de vida dos organismos (substâncias redutoras do oxigênio dissolvido, corantes ou materiais que reduzem a exposição à luz).Efeitos não relacionados às substâncias, como temperatura, também danificam os organismos.

Esta toxicidade é medida através de testes de toxicidade que servem para:

- determinação da toxicidade de substâncias isoladamente ou em misturas;
- comparação da sensibilidade específica de vários organismos aos mesmos poluentes.
- determinação dos efeitos estimulantes (p.ex. tróficos) de várias substâncias;
- avaliação da bioacumulação de substâncias;
- avaliação da biodegradação de substâncias e de efluentes;
- Inspeção do funcionamento e desempenho das estações de tratamento de efluentes;
- Avaliação dos efeitos dos efluentes e de seus constituintes nos corpos receptores;
- Monitoramento dos recursos hídricos
- Especificação de padrões técnicos para tratamento de efluentes;
- Exame de eluatos de materiais sólidos, p.ex. na avaliação do risco de uma contaminação já existente;
- Teste de materiais de uma maneira geral.

Os organismos adequados para testes de toxicidade devido a suas funções no ambiente aquático são: -bactérias e fungos como decompositores; -algas, como produtores primários; -protozoários, como consumidores primários e secundários unicelulares; -microcrustáceos e moluscos, como consumidores entre metazoários; -peixes, como consumidores de última ordem e elo final da cadeia alimentar aquática. RESOLUÇÃO CONAMA 020/86 considerando eventuais ações sinérgicas entre as mesmas ou outras não especificadas, que não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida

Esta Resolução está sendo revista para incluir os testes de toxicidade como um parâmetro de controle.

LEI FEDERAL DE RECURSOS HÍDRICOS 9433/97

A Lei Federal dos Recursos Hídricos em seu Art. 22 - considera na cobrança pelo lançamento de esgotos e demais resíduos em corpos hídricos: o volume lançado e seu regime de variação e as características físico químicas, biológicas e de toxicidade.

Art 1º -considera que eventuais interações entre as substâncias no efluente, não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos, aos organismos aquáticos no corpo receptor.

Art. 129 considera que nenhum descarte de resíduo poderá conferir ao corpo receptor características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida.

Algumas propostas DO IAP-PR e FATMA-SC estão em tramitação, como:

-as substâncias presentes nos efluentes não poderão causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos, alterações no comportamento e na fisiologia dos organismos aquáticos, no corpo receptor, determinado em laboratório por testes ecotoxicológicos padronizados. A FEEMA – através de sua norma técnica nº 213.R-4 cria critérios e padrões de toxicidade em efluentes industriais, como: -não é permitido o lançamento de efluentes líquidos industriais no corpo receptor, com um número de Unidades de Toxicidade Superior a 8 (**UT ≤ 8**) para peixes, conforme a capacidade de diluição do rio nas condições especificadas (FEEMA. 1990).

Através de Encontro Técnico e Informações sobre ecotoxicologia do ponto de vista técnico, metodológico e prático, a CPRH, apresentou interesse da implantação do laboratório de ecotoxicologia

Em 2000:, foi realizada uma Oficina de trabalho com objetivo de detalhar o processo de implementação do monitoramento ecotoxicológico. e foram realizados treinamento para técnicos dos setores de licenciamento, fiscalização, monitoramento e laboratório, além de visita técnica à FATMA, FEPAM, CETESB e RHODIA e treinamento em testes de toxicidade com fotobactéria.

Em 2001, técnicos da CPRH realizaram uma visita técnica ao IAP - Instituto ambiental do Paraná e fizeram treinamento em testes de toxicidade com *Daphnia magna* e cultivo das bactérias *Vibro fischeri*

Em 2003 a situação atual da CPRH, é que existe possibilidade da realização de dois tipos de testes de toxicidade: Fotobactérias (norma DIN 38412-L 34 – Março 1991) e Daphnias (norma DIN 38412 – L 30 – Março 1989)

Os resultados dos teste toxicológicos são apresentados em relação ao fator de diluição da fotobactérias ou das Daphnias segundo Tabela 03 citada anteriormente e estabelecida pelo IAP.

3. RESUMO DAS DISCUSSÕES PARA ESCOLHA DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A partir das palestras dos convidados que teve como objetivo informar sobre a utilização dos Índices, em especial vantagens, desvantagens, facilidades e dificuldades experimentadas na efetivação do uso destes, foi aberta plenária para discussão. A seguir são listados os principais pontos discutidos a respeito dos índices selecionados para ambientes lóticos e lênticos a serem utilizados no monitoramento sistemático da qualidade da água no estado de Pernambuco.

Constatou-se a complexidade da seleção de índices para qualidade da água através da dificuldade do consenso. Na verdade, era de se esperar tal

dificuldade, pois embora sendo escassa a utilização por órgãos ambientais de índices, os adotados divergem entre si de maneira subliminar a radical.

Se o objetivo do índice for relacionar a qualidade da água nos diversos estados da Federação pode ser adequado que a determinação do índice parta do órgão da Federação, mesmo que para tanto seja necessária a regionalização de índice, em função da dimensão espacial do país.

Porém, se o objetivo do índice é proporcionar a divulgação da informação e o auxílio aos gestores na tomada de decisão ficou claro na plenária que esta síntese desperdiça informações relevantes e deve ser utilizado com parcimônia.

Ainda na plenária, foram observadas vantagens e desvantagens quanto a utilização dos Índices selecionados, chegando-se inclusive a sugerir o adiamento da discussão para instancia mais representativa (sugestão de criação de câmara técnica no CONSEMA).

3.1. Ambiente Lótico

As discussões a respeito do ambiente lótico referem-se ao monitoramento atual efetuado pela CPRH nas bacias hidrográficas.

No documento “Seleção de índices e indicadores de qualidade da água” (Dezembro de 2003), foi selecionado o IQA da CETESB para utilização no monitoramento em ambientes lóticos. A principal justificativa para utilização do IQA foi sua aceitação e aplicação em outros órgãos responsáveis pelo monitoramento. Os pontos negativos com relação à utilização do IQA no monitoramento do estado de Pernambuco estão relacionados a:

- necessidade de determinação de novos parâmetros;
- experiências anteriores com utilização do IQA pela CPRH que não revelaram ser esse índice adequado para avaliação da qualidade da água, a não ser para fins de abastecimento humano.

Os principais pontos discutidos na oficina com relação a índices para ambientes lóticos são listados a seguir.

Referencias a respeito das vantagens da aplicação do IQA da CETESB:

- O IQA da CETESB nos atenderá quando houver necessidade de representar a qualidade da água para o uso de abastecimento público que é o uso prioritário no Estado;
- O IQA da CETESB é um índice que dá relevância a poluição por esgoto doméstico, que é a principal fonte de poluição nas bacias hidrográficas do Estado;
- Dependendo dos usos da água os índices IQA, IPMCA, IVA, IT, podem ser usados separadamente ou agrupado através dos índices compostos IPA e IVA;
- A CETESB não aplica seus índices em águas estuarinas;

Referencias a respeito das desvantagens da aplicação do IQA da CETESB:

- O IAP – Instituto Ambiental do Paraná, não aplica o IQA da CETESB porque não observaram concordância entre os valores do IQA e a observação da realidade no campo e constataram que IQA de boa qualidade apresenta violação de padrões da CONAMA 20/86 de parâmetros individualmente;
- A rede de amostragem da CPRH está definida com enfoque de avaliar a qualidade em função do lançamento de cargas poluidoras e não para avaliação de múltiplos usos, portanto a aplicação do IQA pode não apresentar resultado satisfatório;
- O objetivo do IQA é permitir aos gestores, mesmo aqueles sem conhecimento técnico especializado, a tomada de decisão. Porém em seguida é sempre solicitada explicação sobre o porque do estado da água o que nem sempre pode ser respondido apenas com os parâmetros que compõem o IQA;
- Questiona- se a aplicação do IQA em toda a rede de monitoramento atual da CPRH justifica o custo adicional envolvido, ou se a relação custo- benefício é satisfatória;

Referencias a respeito do desenvolvimento de um Índice específico para o Estado:

- Parâmetros relacionados à salinidade devem compor índice a ser adotado no monitoramento no estado de Pernambuco;

Conclusões:

- Foi selecionado para uso atual o sistema de classificação do IAP (Instituto Ambiental do Paraná) com base nos limites dos parâmetros associados às classes da Resolução CONAMA 20/86, que se assemelha ao que é empregado atualmente pela CPRH, inclusive com divulgação de resultados pela Internet;
- Propõe-se que seja iniciado um projeto piloto para teste de utilidade de aplicação do IQA. Considerando que o IQA é um índice relacionado ao uso da água para abastecimento público, propõe-se a sua determinação por período de um ano, com frequência a ser determinada, em estações selecionadas na bacia do rio Ipojuca.
- Os testes de ecotoxicologia utilizando a *Daphnia magna* e fotobactérias serão aplicados em um estudo piloto na bacia do rio Ipojuca.

3.2. Ambiente Lêntico

As discussões a cerca de ambiente lêntico referem-se ao monitoramento executado pela SRH, desativado após a extinção da secretaria. Partiu-se da seleção preliminar da consultoria que indicou o IET da CETESB.

Referencias a respeito do sistema de monitoramento executado pela SRH, atualmente desativado:

- O trabalho feito em Pernambuco não é um monitoramento significativo para ambiente lêntico (amostras coletadas a uma profundidade próxima da superfície e próximo ao ponto de captação) por ocorrer em ambiente com fluxo que descaracteriza uma situação de ambiente lêntico;
- Houve interrupção do trabalho realizado no Estado para reservatórios;
- O monitoramento não será mais executado pela SECTMA e é obrigação legal da CPRH;

Referencias a respeito da adequação da estrutura atual da CPRH para adaptação e utilização do IQAR (IAP):

- No caso de ambiente lântico é importante à quantificação de diversidade de fitoplâncton e a quantificação de Clorofila-a;
- Para que seja feito um monitoramento nos moldes do IAP, se faz necessário capacitar o laboratório em pessoal e equipamentos. Algo no valor de R\$ 100.000,00 para equipamentos e treinamento e consultoria a quantificar;

Referencia a respeito do Índice para aplicação imediata e futura:

- Como sistema de avaliação para aplicação imediata foi selecionada a metodologia aplicada pela SRH-PE quando responsável pelo monitoramento dos reservatórios destinados a abastecimento: comparação entre água bruta captada e os padrões do CONAMA 20/86 correspondentes a cursos d água de Classe III; além disso, recomenda-se a aplicação do IET para Fósforo e Clorofila-a (CETESB);
- Como índice desejado para implantação futura a partir de realização de estudo específico e consolidação através de discussões um índice semelhante ao IQAR, proposto pelo IAP, e/ou o IVA proposto pela CETESB.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A experiência dos palestrantes na proposição e validação de índices indica que é necessário um tempo de estudo considerável, utilizando dados existentes do monitoramento e ferramentas estatísticas, além de consultas a técnicos de outras instituições envolvidas direta ou indiretamente no monitoramento. No caso da CETESB, o grupo de trabalho necessitou de um período de aproximadamente 7 meses para proposição do Índice Geral de Qualidade da Água. No caso do IAP, foram necessários cerca de 8 anos para a proposição do Sistema de Monitoramento e Avaliação da Qualidade da Água de Reservatórios do estado do Paraná, incluindo o IQAR.

Os aspectos levantados no item anterior deverão ser considerados no item anterior com relação a seleção de índices para utilização atual e futura deverão ser considerados na etapa do projeto do Estado de Pernambuco no PNMA II responsável pela proposta de reestruturação do sistema de monitoramento da qualidade da água.

Referências Bibliográficas

- IAP(1998) – Monitoramento da qualidade da água nos rios da região metropolitana de Curitiba : toxicidade aguda para *Daphnia magna* no período de julho/1993 a julho de 1997. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, Setembro, 1998, 6p.;
- IAP(1999a) – Avaliação e classificação da qualidade das águas de rios das bacias do altíssimo iguaçu e ribeira, no período de março de 1997 a março de 1999. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, Dezembro, 1999, 13p.;
- IAP(1999b) – Avaliação da presença de toxicidade aguda para *Daphnia magna* (Straus, 1820), em águas de rios da bacias do altíssimo iguaçu e ribeira, no período de julho/1992 a julho/1999. Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, Dezembro, 1999, 16p.;
- UNESCO (1987) – Methodological guidelines for the integrated water management environmental evaluation of water resources development. Project FP/5201-85-01. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 1987, 152p..