



# Programa Monitora

Programa de Monitoramento da  
Qualidade das Águas do Estado da Bahia



Secretaria do Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos



## Metologia e Significado Ambiental dos Parâmetros

Primeira Campanha Trimestral

**Março 2008**

.....

**Governo da Bahia**  
**Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SEMA**  
**Instituto de Gestão de Águas e Clima - INGÁ**

.....

**Governador**  
Jaques Wagner

**Secretário de Meio Ambiente**  
Juliano Matos

**Diretor-Geral do INGÁ**  
Julio Cesar de Sa da Rocha

**Diretor de Regulação**  
Luiz Henribue Pinheiro

**Coordenador de Monitoramento**  
Maurício Gonçalves Lima

.....

**Federação das Indústrias do Estado da Bahia**  
**Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial**  
**Centro de Tecnologias Pedro Ribeiro**

.....

**Presidente da FIEB**  
Jorge Lins Freire

**Diretor Regional do SENAI**  
Gustavo Leal Sales Filho

**Gerente da Unidade CETIND do SENAI**  
Carlos R. Oliveira de Sousa

**Gerente da Área de Meio Ambiente do SENAI/CETIND**  
Arlinda Conceição Dias Coelho

**Gerente da Área de Metrologia Química e Volumétrica do SENAI/CETIND**  
Rosângela Novais

.....

**Coordenação do Programa Monitora no INGÁ**

.....

**Julio Cesar de Sa da Rocha**  
Diretor-Geral do INGÁ  
Advogado, DSc Direito Ambiental

**Luiz Henrique Pinheiro**  
Diretor de Regulação do INGÁ  
Engenheiro Químico, MSc Engenharia Ambiental

**Maurício Gonçalves Lima**  
Coordenador de Monitoramento do INGÁ  
Engenheiro Agrônomo, Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos

**Bruno Zacarias Gomes**  
Analista em Recursos Hídricos  
Biólogo, MSc Ecologia

.....

**Equipe Técnica do Programa Monitora no INGÁ**

.....

**Ana Isabel Oliveira**, Analista de Geoprocessamento  
**Adriano Rodrigues de Souza**, Analista de Sistemas  
**Cláudia do Espírito Santo**, Engenheira Sanitarista  
**Lígia Pinto de Almeida**, Analista de Sistemas  
**Nielsen Souza**, Analista de Geoprocessamento  
**Mariana Cayres Sampaio**, Estagiária de Geoprocessamento

---

## **Coordenação do Programa Monitora no SENAI**

---

### **Arlinda Conceição Dias Coelho**

Gerente da Área de Meio Ambiente

Química, MSc Gerenciamento de Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo

### **Edisienne de Souza Correia**

Coordenadora de Serviços Técnico-Tecnológicos da Área de Meio Ambiente

Engenheira Química, MSc Engenharia Química

### **Joana Fidelis da Paixão**

Coordenadora do Programa Monitora

Bióloga, MSc Ecologia e Biomonitoramento

---

## **Equipe Técnica do Programa Monitora no SENAI**

---

### **ÁREA DE MEIO AMBIENTE**

**Arlima Oliveira do Carmo**, Engenheira Sanitarista e Ambiental

**Charlene Neves Luz**, Técnica em Meio Ambiente/ Urbanista/ Esp. em Auditoria e Gestão Ambiental

**Clélia Nobre de Oliveira**, Engenheira Sanitarista e Ambiental/ MSc Engenharia Ambiental Urbana

**Cristiane Santana Cruz**, Engenheira Sanitarista e Ambiental

**Cristiano Nastro**, Estagiário de Engenharia Ambiental

**Fabiano Staut**, Biólogo

**Flávia Bezerra Amorim**, Engenheira Sanitarista e Ambiental/ Esp. em Gerenciamento Ambiental

**Flávio Roberto do Rosário Alves**, Estagiário de Engenharia Ambiental

**Iolanda Souza Santos Manso Dias**, Auxiliar Administrativo

**Lucas Bandeira Boccaneira**, Biólogo

**Lúcio Fernando de Andrade**, Químico/ Especialista em Tecnologias Ambientais

**Márcia de Andrade Macedo**, Química Industrial/ Especialista em Metodologia de Ensino Superior

**Mariane Sousa Costa Stabile**, Técnico de Processo Operacional

**Marielza Brizacco Miguel**, Estagiária de Engenharia Ambiental

**Michelle Costa Calhau**, Bióloga/ Especialista em Sistemas de Gestão Ambiental

**Neandra Duarte Barros**, Técnica em Meio Ambiente

**Samara Fernanda Silva**, Engenheira Sanitarista e Ambiental

**Taiana Santana Santos**, Secretária Executiva

**Thiago Alexsandro Novaes das Virgens**, Engenheiro Ambiental

**Wilson de Souza Mendes Júnior**, Estagiário de Engenharia Sanitária e Ambiental

### **ÁREA DE METROLOGIA QUÍMICA E VOLUMÉTRICA**

**Andréa Nogueira de Almeida**, Técnica em Química

**Daiana Rose dos Santos Sandes**, Técnica em Química

**Denise Silva Luz**, Técnica em Patologia Clínica

**Elivaldo Lima de Oliveira**, Técnico de Processo Operacional

**Francieude de Lima Carvalho**, Técnico em Química

**Gisele Vivas Tosta Aguiar Monteiro**, Farmacêutica

**Hilda Costa dos Santos**, Química/ Doutora em Química Analítica

**Ione Pinheiro dos Santos**, Bióloga

**Isa Paula Santos**, Técnica em Química

**Ivana Amorim dos Santos**, Técnica em Química

**Jefferson Souza Júnior**, Técnico de Processo Operacional

**Julice Souza Sardeiro**, Técnica em Química

**Letícia de Alencar Pereira Rodrigues**, Engenheira de Alimentos/ Esp. em Segurança e Inspeção de Alimentos

**Marcelo Costa Brandão**, Técnico de Processo Operacional

**Maria Marlene dos Santos**, Técnica em Química

**Michele Lucia Brito Lima**, Estagiária de Ciências Biológicas

**Nívea Paula Sobrinho**, Bióloga

**Rita de Cássia Ferreira Esteves**, Técnica em Química

**Ronaldo Pereira Barbosa**, Técnico em Química

**Sandra Santos de Araújo**, Técnica em Química

**Valnice Bonfim**, Técnica em Química

**Vânia Santos Ruas**, Técnica em Química

---

## **Área de Tecnologia da Informação e Telecomunicações**

---

**Elson Cardoso Siquara**, Analista de Sistemas

**Josafá de Souza Júnior**, Analista de Sistemas

## SUMÁRIO

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>                                              | <b>IV</b> |
| <b>1 METODOLOGIA .....</b>                                             | <b>1</b>  |
| 1.1 DEFINIÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO .....                           | 1         |
| 1.2 MÉTODOS DE COLETA.....                                             | 2         |
| 1.2.1 Coleta de água superficial .....                                 | 2         |
| 1.2.2 Acondicionamento e transporte das amostras .....                 | 3         |
| 1.2.3 Levantamento de dados de campo .....                             | 3         |
| 1.3 MÉTODOS ANALÍTICOS .....                                           | 4         |
| 1.3.1 Temperatura, oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico..... | 4         |
| 1.3.2 Sólidos Totais .....                                             | 4         |
| 1.3.3 Turbidez.....                                                    | 4         |
| 1.3.4 Demanda bioquímica de oxigênio - DBO .....                       | 5         |
| 1.3.5 Fósforo Total.....                                               | 6         |
| 1.3.6 Nitrogênio Total .....                                           | 6         |
| 1.3.7 Coliformes termotolerantes .....                                 | 7         |
| 1.4 MÉTODOS DE GERENCIAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....                  | 8         |
| 1.4.1 Índice de Qualidade da Água – IQA .....                          | 8         |
| 1.5 SIGNIFICADO AMBIENTAL DOS PARÂMETROS.....                          | 10        |
| 1.5.1 Parâmetros Físicos-Químicos .....                                | 10        |
| 1.5.2 Nutrientes .....                                                 | 12        |
| 1.5.3 Parâmetros Biológicos.....                                       | 14        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                | <b>15</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                      |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Figura 1.1.1: Confirmação do ponto de amostragem com o receptor GPS .....                            | 1 |
| Figura 1.2.1: Coleta de água superficial.....                                                        | 2 |
| Figura 1.2.2: Transferência da amostra de água do amostrador para o recipiente de coleta.....        | 2 |
| Figura 1.2.3: Recipientes contendo amostra de água para análises de turbidez e de fósforo total..... | 2 |
| Figura 1.2.4: Recipientes contendo amostras de água para análise de coliformes termotolerantes.....  | 3 |
| Figura 1.2.5: Preservação das amostras durante o transporte.....                                     | 3 |
| Figura 1.2.6: Kit de amostras coletadas no mesmo ponto.....                                          | 3 |
| Figura 1.2.7: Preenchimento de formulário de campo.....                                              | 3 |
| Figura 1.3.1: Medição de parâmetros <i>in situ</i> .....                                             | 4 |
| Figura 1.3.2: Amostras incubadas para análises de DBO .....                                          | 5 |
| Figura 1.3.3: <i>Kit</i> para análises de nitrogênio total .....                                     | 7 |
| Figura 1.3.4: Análise de coliformes termotolerantes .....                                            | 7 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1.4.1.1: Parâmetros e pesos finais para determinação do IQA.....  | 9  |
| Tabela 1.4.1.2: Classificação da qualidade da água em função do IQA..... | 10 |

## APRESENTAÇÃO

A gestão responsável das águas da Bahia é vital e estratégica para o futuro sustentável do Estado. O gerenciamento dos recursos hídricos estaduais é, no entanto, complexo e desafiador, sobretudo devido à extensão do território baiano, às diferenças regionais em disponibilidade hídrica, malha rodoviária deficitária e a demanda por informações sobre a condição dos corpos d'água.

De acordo com a Política Estadual de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006), compete à Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, autarquia da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMARH, assegurar de forma sustentável a disponibilidade de água e comunicar a situação dos recursos hídricos para a população do Estado da Bahia. E para atender a essa diretriz, faz-se necessário dispor, entre outros elementos, do conhecimento sobre a qualidade das águas.

A Superintendência de Recursos Hídricos, criada pela Lei nº 6.812/95 e alterada pela Lei nº 8.538/02, através da Lei nº 11.050/08 (que alterou a denominação, a finalidade e a estrutura organizacional da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e das entidades da Administração Indireta a ela vinculadas) passou a denominar-se Instituto de Gestão das Águas e Clima - INGÁ, enquanto a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos passou a se chamar Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SEMA.

Em atendimento a Lei Estadual nº 10.432/06 e ao Plano Estadual de Recursos Hídricos (SRH, 2004), o

Governo do Estado lançou em 29 de novembro de 2007, o Programa **MONITORA** – Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia. O Programa MONITORA está inserido no Programa Água para Todos (2007-2010), focado na ampliação da cobertura do abastecimento de água e do serviço de esgotamento sanitário.

O Programa **MONITORA** está sendo coordenado pelo INGÁ do Estado da Bahia e executado em parceria com a Federação das Indústrias do Estado da Bahia – FIEB, através das Áreas de Meio Ambiente e de Metrologia Química e Volumétrica do SENAI Unidade CETIND – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial/ Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro. O SENAI conta com corpo técnico especializado e laboratórios certificados e acreditados para prestar serviços de monitoramento ambiental, incluindo coleta, análises e elaboração de relatórios.

Durante a execução do Programa (2007-2010) serão elaborados relatórios cujos resultados subsidiarão a execução de instrumentos de atuação pública que incluem, entre outros, a elaboração de planos de bacia, o enquadramento de corpos d'água e a outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

O Estado está cumprindo com o seu dever, mas, tão importante quanto à ação estatal, é o papel dos usuários na determinação do futuro das águas.

# 1 METODOLOGIA

## 1.1 DEFINIÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO

Os procedimentos metodológicos adotados basearam-se nos objetivos e no Plano de Trabalho do Programa Monitora, o qual definiu a rede de monitoramento como trimestral<sup>1</sup>.

Na primeira campanha foi prevista coleta de amostras de água em 207 pontos.

De acordo com o Plano de Trabalho, a Superintendência de Recursos Hídricos - SRH definiu a realização, nessa primeira campanha, de coleta de água em todos os pontos de monitoramento pré-estabelecidos e a análise de nove parâmetros de qualidade: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais, nitrogênio total, coliformes termotolerantes, turbidez e fósforo total.

A equipe da SRH desenvolveu metodologia para a codificação dos pontos de amostragem, a fim de atender aos sistemas Estadual e Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Com base nesta metodologia, foi elaborada uma planilha contendo os novos códigos para os pontos de monitoramento por Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA), as coordenadas geográficas<sup>2</sup> dos pontos e a

descrição de sua localização. A equipe do SENAI planejou a logística e o roteiro de campo baseado nos dados desta planilha. As coletas foram realizadas pela equipe do SENAI, sob a supervisão de representantes da SRH.

Os pontos de amostragem predefinidos pela SRH foram confirmados e ajustados em campo (**Figura 1.1.1**) com auxílio do receptor GPS Etrex da Garmin.



**Figura 1.1.1: Confirmação do ponto de amostragem com o receptor GPS**

Os códigos dos pontos, as coordenadas geográficas conferidas em campo e a descrição da localização de cada ponto de amostragem estão apresentados no documento “**Rede de Amostragem, Resultados e Considerações Finais**”.

As coordenadas geográficas determinadas em campo foram utilizadas na elaboração dos mapas de localização dos pontos de amostragem. Para tanto, foi utilizada a base de dados da Superintendência de Recursos Hídricos (2004). Essa base foi elaborada na escala de referência 1:1.000.000. Os mapas foram confeccionados com o *software* ArcGis versão 9.2.

<sup>1</sup> Alterações na rede de monitoramento original poderão ser efetuadas ao longo da execução do Programa, a critério do Instituto de Gestão de Águas e Clima – INGÁ.

<sup>2</sup> As coordenadas geográficas foram obtidas utilizando-se como referência o Datum WGS-84. As coordenadas foram registradas em décimo de grau.

## 1.2 MÉTODOS DE COLETA

### 1.2.1 Coleta de água superficial

Amostras simples de água bruta superficiais foram coletadas nos pontos de monitoramento, posicionando-se o amostrador contra a corrente, em situação de água corrente; ou criando-se uma corrente artificial, através da movimentação do frasco no sentido horizontal, em corpo de água lântico (**Figura 1.2.1**). A amostragem foi realizada de acordo com o itinerário definido pela equipe de coleta, que levou em consideração o prazo de validade das amostras para execução das análises.



**Figura 1.2.1: Coleta de água superficial**

As amostras foram coletadas diretamente do corpo receptor, através do uso de garrafa de Van Dohr, balde ou béquer, e em seguida foram transferidas para os recipientes de coleta identificados (**Figura 1.2.2**). Essa transferência foi realizada de maneira especialmente cuidadosa em relação às amostras cujos respectivos frascos continham preservantes.



**Figura 1.2.2: Transferência da amostra de água do amostrador para o recipiente de coleta**

Na coleta foram utilizados utensílios inertes ou descartáveis, para evitar alterações nas características das amostras. Foram utilizados recipientes adequados a cada tipo de análise (**Figura 1.2.3** e **Figura 1.2.4**). Como o mesmo recipiente foi reutilizado em diferentes pontos de coleta, foi realizada lavagem, entre uma coleta e outra, de acordo com o “Procedimento de lavagem e descontaminação de vidraria, material plástico e metálico” da Área de Metrologia Química e Volumétrica do SENAI Unidade CETIND (SENAI-CETIND, 2008).



**Figura 1.2.3: Recipientes contendo amostra de água para análises de turbidez e de fósforo total**



**Figura 1.2.4: Recipientes contendo amostras de água para análise de coliformes termotolerantes**

### 1.2.2 Acondicionamento e transporte das amostras

Os recipientes contendo as amostras coletadas em cada ponto foram agrupados em um *kit* do ponto (Figura 1.2.5). Em seguida as amostras foram preservadas em caixas térmicas com gelo, a aproximadamente 4°C (Figura 1.2.6).

Após a última coleta do dia, as amostras preservadas foram encaminhadas ao terminal rodoviário do município mais próximo, e despachadas para Salvador, onde foram recebidas pela equipe do SENAI, e em seguida encaminhadas para Área de Metrologia Química e Volumétrica – MQV do SENAI Unidade CETIND, em Lauro de Freitas, para serem analisadas. Esse processo foi concluído sempre em período inferior a 24 horas, visto que este é o prazo de preservação das amostras para determinados parâmetros (a exemplo de DBO, sólidos totais e turbidez).

### 1.2.3 Levantamento de dados de campo

As informações dos pontos de coleta foram anotadas em fichas de coleta (código do ponto, data, hora,

resultados medidos *in situ*, etc.) e formulários de campo (características do entorno e corpo d'água) (Figura 1.2.7).



**Figura 1.2.5: Kit de amostras coletadas no mesmo ponto**



**Figura 1.2.6: Preservação das amostras durante o transporte**



**Figura 1.2.7: Preenchimento de formulário de campo**

## 1.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

### 1.3.1 Temperatura, oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico

Os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), temperatura (°C) e potencial hidrogeniônico (pH) foram medidos *in situ* através do uso de sonda multiparamétrica (modelo YSI 556 MPS), devidamente calibrada (**Figura 1.3.1.1**). Os sensores da sonda foram, sempre que possível, imersos diretamente no corpo d'água. Nas em situações em que não foi possível realizar a medição direta, a amostra foi coletada em béquer e os sensores foram imediatamente imersos na amostra. Os resultados foram registrados diretamente no aparelho, em ficha de coleta e posteriormente apresentados nos relatórios de ensaio. Os sensores foram lavados com água deionizada (condutividade elétrica  $< 1 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ ) entre uma medição e outra.



**Figura 1.3.1:** Medição de parâmetros *in situ*

### 1.3.2 Sólidos Totais

Nas análises de sólidos totais, as amostras homogeneizadas de água foram postas para evaporar em uma cápsula de porcelana de peso pré-

determinado, em estufa a 103-105°C. O material residual na cápsula representa os sólidos totais, que é então determinado através de pesagem. Os sólidos totais incluem os sólidos totais em suspensão e os sólidos totais dissolvidos; e esta determinação é baseada em gravimetria.

Este método é apropriado para determinações em águas com até 20.000 mg de sólidos totais/L. Amostras apresentando concentrações maiores que o limite máximo da faixa analítica podem ser diluídas.

O método baseia-se no procedimento descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 21<sup>th</sup> ed. (APHA, 2005).

A análise de sólidos totais foi seguida por um ensaio do branco a cada batelada ou a cada 20 amostras (o mais freqüente), para a detecção de possível contaminação proveniente de materiais, conservando-se as mesmas condições do ensaio.

Um ensaio em duplicata foi realizado em cada batelada ou a cada 20 amostras, utilizando-se um "spike" de amostra (1.000 mg de NaCl/L), nas mesmas condições do ensaio. Em seguida foi calculada a Diferença Relativa Percentual da duplicata:  $[(\text{Maior resultado} - \text{Menor Resultado}) \times 100 / \text{Resultado Médio}]$ . Os resultados foram expressos em mg de Sólidos Totais/L, utilizando apenas números inteiros.

### 1.3.3 Turbidez

A turbidez das amostras foi determinada através do Método Nefelométrico. O equipamento utilizado para essa análise foi o

turbidímetro da marca Hach. O método permitiu comparar a intensidade de luz dispersa pela amostra sob condições definidas, em relação à intensidade de luz dispersa por uma suspensão padrão de referência (formazina), sob as mesmas condições. A turbidez da concentração especificada de suspensão de formazina é definida como de 4000 NTU (unidade de turbidez nefelométrica). Quanto maior intensidade de luz dispersa pelas amostras, maior é a turbidez encontrada. A leitura foi realizada diretamente no aparelho e os resultados foram expressos em NTU (unidade de turbidez nefelométrica).

No início de cada batelada de análise foi efetuada uma análise do branco ou, no mínimo a cada 20 leituras, conservando as mesmas condições de análise. A solução padrão de Formazina, no nível médio (100 NTU), foi adicionada à amostra, nas mesmas condições do ensaio. O resultado de Desvio Relativo Padrão Percentual (inferior a 21,40%) foi registrado. A cada 20 amostras foi efetuada uma análise em duplicata para evidenciar a precisão do método.

Esse procedimento baseia-se no método descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>th</sup> ed* (APHA, 2005) e *Aldrich Library of Chemical Safety Data - Edition II*.

#### **1.3.4 Demanda bioquímica de oxigênio - DBO**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio das amostras de água foi determinada através do método da incubação (sem diluição, para amostras de águas superficiais aparentemente pouco poluídas; e

com diluição, para amostras de águas superficiais aparentemente poluídas), com medição da quantidade de oxigênio consumida durante a incubação.

Em seguida as amostras foram colocadas em frascos específicos para as análises de DBO completamente selados e mantidos em incubadora a 20° C por 05 dias (**Figura 1.3.2**). O oxigênio foi medido através do Método Analítico Digital, antes e após a incubação e a diferença da concentração de oxigênio determinada, o que representa o valor de DBO (APHA, 2005).



**Figura 1.3.2: Amostras incubadas para análises de DBO**

A análise da amostra foi acompanhada da análise de um padrão misto (padrão de Glucose/Ácido glutâmico 198 mg/L) com DBO conhecida, para garantir a eficácia da solução-semente utilizada. Foram utilizados, durante as análises, água e reagentes de pureza analítica. A preservação e conservação das amostras foram realizadas conforme procedimento específico da Área de Metrologia Química e Volumétrica – MQV (SENAI-CETIND, 2008).

As análises de cada batelada, ou de 20 amostras, foram acompanhadas de ensaios do branco para a detecção de contaminação,

conservando-se as mesmas condições do ensaio. Posteriormente, o fator de correção do branco foi calculado. As análises foram aceitas desde que estivessem de acordo com o definido no procedimento de Controle de Qualidade Analítico do Laboratório. Os resultados foram expressos em mg/L.

### **1.3.5 Fósforo Total**

O fósforo apresentado na amostra foi previamente convertido em ortofosfato solúvel por meio de digestão para, em seguida, proceder-se à determinação colorimétrica do fósforo total pelo método do ácido ascórbico. Esse método permite a determinação de fósforo total, nas várias formas em que esse elemento pode ocorrer, sendo empregado para a determinação de fósforo em concentrações de 0,023 a 1 mg P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> L<sup>-1</sup>.

O método consistiu na reação do ortofosfato com molibdato de amônio e antimônio tartarato de potássio em meio ácido, formando um complexo fosfomolibdico incolor que, após sua redução com ácido ascórbico, apresenta coloração azul. A intensidade dessa coloração é proporcional à concentração de ortofosfato presente na solução, a qual foi determinada por espectrofotometria. Foram utilizados durante as análises água e reagentes de pureza analítica. A preservação e conservação das amostras foram realizadas conforme procedimento específico da Área de Metrologia Química e Volumétrica – MQV (SENAI-CETIND, 2008).

As análises das amostras foram acompanhadas por análise do branco no início de cada batelada

ou no mínimo a cada 20 leituras, para detectar possíveis contaminantes, conservando-se as mesmas condições de análise.

A exatidão do método foi testada através de análise de duplicata com adição padrão. Foi calculada a Diferença Relativa Percentual da duplicata:  $[(\text{maior resultado} - \text{menor resultado}) \times 100] / \text{resultado médio}$ , com aceitação de resultados iguais ou inferiores a 5,0 %.

A curva de calibração foi verificada por meio da adição de padrão de verificação do branco, no início de cada batelada, com taxa de recuperação entre 80% e 120% do valor nominal.

O teor de fósforo total foi determinado e o valor foi multiplicado pelo fator de diluição. A concentração do fosfato total, expressa em mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/L, foi calculada a partir da seguinte expressão:  $\text{Fósforo Total (mg P-PO}_4^{3-}/\text{L)} = \text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}_{(\text{lido})} \times F_{\text{diluição}}$  x 3,06615.

Esse procedimento baseia-se no método descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>th</sup> ed* (APHA, 2005) e *Aldrich Library of Chemical Safety Data - Edition II*.

### **1.3.6 Nitrogênio Total**

As análises de nitrogênio total foram realizadas através de método de digestão alcalina com Persulfato. Por meio desse método, todas as formas de Nitrogênio, incluindo Nitratos e Nitritos, foram oxidadas para a forma de Nitrato. O Metabissulfito de Sódio foi adicionado após a digestão para eliminar interferências de haletos. O nitrato então reage com o ácido cromotrópico em condições fortemente ácidas para formar um

complexo amarelo com absorvância máxima em 410 nm (**Figura 1.3.3**).



**Figura 1.3.2: Kit para análises de nitrogênio total**

O controle microbiológico do ar atmosférico do laboratório é realizado conforme procedimento específico. A água e os reagentes utilizados na análise são de pureza analítica.

A cada batelada de análises ou a cada 20 amostras, o que foi mais freqüente, foi efetuado um ensaio do branco, para a detecção de possível contaminação. Com a mesma freqüência foi realizado ensaio em duplicata utilizando um *spike* de amostra (10mg N Total/L de amostra). Em seguida foi calculada a Diferença Relativa Percentual da duplicata:  $[(\text{Maior resultado} - \text{Menor Resultado}) \times 100 / \text{Resultado Médio}]$ . Foram observados os critérios de aceitação do Controle de Qualidade Analítico, definido em procedimento do laboratório. O teor de Nitrogênio Total foi calculado com base em uma curva de calibração Linear com zero forçado.

Esse procedimento baseia-se no método descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>th</sup> ed* (APHA, 2005) e *Aldrich Library of Chemical Safety Data - Edition II*.

### **1.3.7 Coliformes termotolerantes**

As análises de coliformes termotolerantes nas amostras de água foram realizadas através da técnica de membrana filtrante. Os volumes de água foram filtrados, através de membrana filtrante com porosidade de 0,45 micrômetros e diâmetro de 47 mm. A membrana contendo bactérias retidas na sua superfície foi transferida para uma placa de Petri, contendo o meio de cultura seletivo para o crescimento das colônias (**Figura 1.3.4**). A partir da contagem destas colônias foi calculada a densidade de coliformes presentes na amostra.



**Figura 1.3.3: Análise de coliformes termotolerantes**

O controle microbiológico do ar atmosférico do laboratório é realizado de acordo com procedimento específico do laboratório de análise.

O intervalo entre a amostragem e o início das análises foi sempre inferior a 24 horas, período de validade das amostras de água bruta, sendo que as amostras foram conservadas sob refrigeração até o início da análise.

As análises de coliformes foram acompanhadas por controles positivo e negativo do meio de cultura e de água de diluição. A

cada batelada ou a cada 20 amostras foram efetuadas duplicatas.

A densidade de coliformes foi expressa como Número de Colônias de Coliformes/100 mL, de acordo com Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

#### **1.4 MÉTODOS DE GERENCIAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS**

O gerenciamento dos dados estáticos (pontos de amostragem) e dinâmicos (parâmetros de qualidade da água) da rede de amostragem foi realizado por meio do banco de dados ACQUA - Análise de Componentes de Qualidade da Água, desenvolvido pelas: Área de Tecnologia da Informação & Telecomunicações e Área de Meio Ambiente do SENAI Unidade CETIND. Através desse sistema, os resultados analíticos foram importados do Sistema *Labwin* da Área de Metrologia Química e Volumétrica, para gerar tabelas e gráficos dos resultados das análises, e dos Índices de Qualidade das Águas. Para os parâmetros não detectados nas amostras não foram apresentados gráficos, e os resultados se encontram em tabelas. Da mesma forma, não foram apresentados gráficos de parâmetros cujos valores encontrados foram muito baixos.

A análise dos resultados foi realizada com base avaliação da conformidade dos resultados encontrados em relação aos nos padrões da Resolução do CONAMA nº. 357/05 para corpos de água doce Classe II (classe definida para os corpos d'água não enquadrados, como é o caso dos rios baianos),

que estabelece os limites mínimos e/ou máximos para os parâmetros analisados.

A definição do ambiente do ponto de coleta em lótico ou lântico se fez necessária para definir os padrões para fósforo total. Apenas para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (OD), o valor obtido não deve ser menor que o padrão da Resolução CONAMA nº 357/05, enquanto para o parâmetro pH há uma faixa limite que varia de 6 a 9.

Para os outros parâmetros, sempre que os resultados forem inferiores ao valor máximo permitido, há atendimento aos padrões da Resolução CONAMA nº 357/05.

No caso específico dos parâmetros Sólidos Totais, Nitrogênio Total e Temperatura, que não constam na Resolução CONAMA 357/05, serão feitas correlações específicas para discussão dos resultados.

Na discussão dos resultados levou-se em consideração o registro dos relatórios de campo, tais como o tipo de ambiente, se lótico ou lântico. Também foi considerada a distribuição espacial dos resultados obtidos para cada ponto de monitoramento ao longo da bacia visando melhor avaliar as alterações na qualidade do corpo hídrico.

##### **1.4.1 Índice de Qualidade da Água – IQA**

O Índice de Qualidade das Águas - IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos em 1970, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando cada técnico selecionou, a seu critério, 09 parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas (IGAM, 2004).

O IQA-NSF inclui os seguintes parâmetros, segundo Cybis e Carvalho (2005): Oxigênio Dissolvido; Coliforme Termotolerantes; pH; DBO; Nitrato; Fosfato; Temperatura; Turbidez e Sólidos Totais.

Posteriormente, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, realizou algumas adaptações no método do IQA-NSF para torná-lo mais próximo da realidade dos corpos d'água do Estado de São Paulo. Segundo CETESB (2001) *apud* Carvalho e Cybis (2005) a principal mudança realizada foi a substituição do fosfato e nitrato, por fósforo total e nitrogênio total.

O Programa Monitora adotou o IQA desenvolvido pela CETESB para a análise da qualidade das águas das bacias hidrográficas do estado da Bahia.

O IQA indica a qualidade da água por intervalos de classe (CETESB, 2006). Na **Tabela 1.4.1.1** estão apresentados os parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados no cálculo do IQA da CETESB, associados aos seus respectivos pesos.

**Tabela 1.4.1.1: Parâmetros e pesos finais para determinação do IQA**

| Parâmetro                 | Peso |
|---------------------------|------|
| Oxigênio Dissolvido       | 0,17 |
| Coliforme Termotolerantes | 0,15 |
| pH                        | 0,12 |
| DBO                       | 0,10 |
| Nitrogênio Total          | 0,10 |
| Fósforo Total             | 0,10 |
| Temperatura               | 0,10 |
| Turbidez                  | 0,08 |
| Sólidos Totais            | 0,08 |

Fonte: CETESB (2008).

A seguinte fórmula foi utilizada para o cálculo do IQA:

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

Onde:

**IQA:** Índice de Qualidade de Água – é um número variando de 0 a 100.

**qi:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 100, obtido da “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida.

**wi:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

**n:** número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Após cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade da água bruta, encontrando um número de 0 a 100, conforme **Tabela 1.4.1.2**.

**Tabela 1.4.1.2: Classificação da qualidade da água em função do IQA**

| Nível de Qualidade | Intervalo de IQA    | Cor de referência |
|--------------------|---------------------|-------------------|
| Ótima              | $79 < IQA \leq 100$ | Azul              |
| Boa                | $51 < IQA \leq 79$  | Verde             |
| Regular            | $36 < IQA \leq 51$  | Amarelo           |
| Ruim               | $19 < IQA \leq 36$  | Vermelho          |
| Péssima            | $IQA \leq 19$       | Preto             |

Fonte: CETESB (2008).

## 1.5 SIGNIFICADO AMBIENTAL DOS PARÂMETROS

### 1.5.1 Parâmetros Físicos-Químicos

#### 1.5.1.1 Temperatura

Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoeletricas.

Esse parâmetro é responsável pelo retardamento (em baixa temperatura) ou aceleração (em alta temperatura) da atividade biológica, pela absorção de oxigênio e precipitação de compostos. Quando se encontra ligeiramente elevada, causa redução da solubilidade dos gases como, por exemplo, do oxigênio dissolvido, além de aumentar a taxa de

transferência de gases, o que pode gerar liberação de gases com odores desagradáveis (von SPERLING, 2005).

As mudanças na temperatura das águas acionam processos físicos, químicos e biológicos que podem levar a alteração na qualidade da água podendo desencadear condições ambientais em não conformidades com as necessidades humanas para o uso da água e com a vida aquática.

Temperaturas mais elevadas têm influência direta nos organismos aquáticos, influenciando no seu crescimento, na migração, desova, incubação do ovo e na sobrevivência, reduzindo a tolerância a outros fatores de estresse. (von SPERLING, 2005; PHILIPPI *et al.*, 2004).

#### 1.5.1.2 Sólidos Totais

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis).

Nos estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Este quadro não é definitivo para se entender o comportamento da água

em questão, mas constitui-se em uma informação preliminar importante. Deve ser destacado que embora a concentração de sólidos voláteis seja associada à presença de compostos orgânicos na água, não propicia qualquer informação sobre a natureza específica das diferentes moléculas orgânicas eventualmente presentes que, inclusive, iniciam o processo de volatilização em temperaturas diferentes, sendo a faixa compreendida entre 550-600°C uma faixa de referência. Alguns compostos orgânicos volatilizam-se a partir de 250°C, enquanto que outros exigem, por exemplo, temperaturas superiores a 1000°C, (CETESB, 2008).

O estudo deste parâmetro está associado a danos causados aos peixes e a vida aquática. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia.

Branco (1983) ressalta que todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, os quais podem ser classificados não apenas pelas suas características físicas (suspensos e dissolvidos), mas também químicas (orgânicos e inorgânicos). Segundo o mesmo autor, os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos fixos caracterizam a presença de matéria inorgânica ou mineral.

Entretanto, a APHA (2005) salienta que as determinações de sólidos fixos e voláteis não se distinguem exatamente entre materiais orgânicos e inorgânicos porque a perda de peso pelo aquecimento não se limita ao material orgânico, incluindo, também, perda por decomposição ou

volatilização de alguns sais minerais como: carbonatos, cloretos, sulfatos, sais de amônio, entre outros.

#### **1.5.1.3 Turbidez**

A turbidez, como característica física, reflete a concentração de partículas em suspensão na água (silte, argila, colóide, matéria orgânica, fitoplâncton, etc).

A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio.

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação.

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático.

Segundo Branco (1993), a suspensão de partículas perturba o ecossistema aquático. A turbidez da água bruta tem grande importância na medida em que é um dos principais parâmetros para seleção de tecnologias de tratamento e controle operacional dos processos de tratamento de água (BRASIL, 2006).

#### **1.5.1.4 Potencial Hidrogeniônico - pH**

O pH representa a concentração dos íons hidrogênio (em escala antilogarítmica) e expressa a acidez, ( $\text{pH} < 7,0$ ), basicidade ( $\text{pH} > 7,0$ ) ou neutralidade ( $\text{pH}=7$ ) da água.

As características do solo, a presença de ácidos húmicos ou atividade fotossintética intensa, podem contribuir para a elevação ou redução do pH. A alteração no pH pode ter origem também nos despejos de efluentes domésticos e industriais (lavagem ácida de tanques, por exemplo).

O pH influencia na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade.

A medida do pH é uma das mais importantes e freqüentes no controle do tratamento da água para abastecimento público e de efluentes industriais. A rotina operacional das estações de tratamento de água depende do pH, a exemplo das etapas de coagulação, desinfecção, controle da corrosividade e remoção da dureza.

Valores extremos de pH podem causar irritação na pele e afetar a vida aquática. Valores baixos causam corrosão e agressão nas tubulações de sistemas de abastecimento de água, e valores elevados causam incrustações.

Em corpos d'água, o pH básico pode estar associado à proliferação de algas.

#### **1.5.1.5 Oxigênio Dissolvido - OD**

É reconhecido como o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um corpo d'água por

ser essencial para a sobrevivência da vida aquática.

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, pode ocorrer mortandade de peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se condições anaeróbias, com possível geração de maus odores.

Através da medição do teor de oxigênio dissolvido os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados (IGAM, 2004).

#### **1.5.2 Nutrientes**

##### **1.5.2.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO**

A DBO retrata, de maneira indireta, o teor de matéria orgânica presente no corpo aquático. É definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  é freqüentemente usado e referido como  $\text{DBO}_{5,20}$ .

Altas concentrações de DBO, em um corpo de água, são provocadas por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria

orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis (IGAM, 2004).

#### **1.5.2.2 Fósforo Total**

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (LIBÂNIO, 2005).

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise se

convertendo rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2008).

O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento, contudo é um elemento indispensável para o crescimento de algas. Quando em altas concentrações, favorecem o processo de eutrofização.

O fósforo é também um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (von SPERLING, 2005).

#### **1.5.2.3 Nitrogênio Total**

O nitrogênio no corpo hídrico ocorre sobre as formas de nitrogênio orgânico na forma dissolvida, nitrogênio molecular ( $N_2$ ), amônia ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ).

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela uréia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico na água. A fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para a presença de

amônia e nitrato nas águas, as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico bem como para a dissolução de amônia e nitratos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização.

Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode informar sobre o estágio de poluição. Assim, uma poluição recente, caracteriza-se, em geral, pela predominância de nitrogênio nas formas orgânica e amoniacal. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de

degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (BAUMGARTEN, 2001; TEIXEIRA, 2006).

### ***1.5.3 Parâmetros Biológicos***

#### ***1.5.3.1 Coliformes Termotolerantes***

As bactérias do grupo coliforme estão presentes no solo e no intestino humano e de animais de sangue quente, e são eliminadas nas fezes em números elevados. Por esse motivo a presença de coliformes na água é um indicativo de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas.

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração de coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera.

## REFERÊNCIAS

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 th. ed. New York: APHA, AWWA, WPCR,. 1.194 p., 2005.

BAHIA. **Lei nº 10.432**. Brasília, Diário Oficial da União em 20 de dezembro de 2006.

BAUMGARTEN, M. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de Águas. Descrição de parâmetros físico-químicos referidos na legislação ambiental**. Editora da FURG, Rio Grande, 2001.

BRANCO, S. M. **Poluição: a morte de nossos rios**. 2º ed., São Paulo, ASCETESB, 1983, 166p.

BRANCO, S. M. **Água. Origem, Uso e Preservação**. São Paulo: Editora Moderna, 1993. 71 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Brasília. Diário Oficial da União de 18 de março de 2005.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2000**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2001.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Série Relatórios, Anexo V - Índices de Qualidade das Águas - Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Variáveis de Qualidade**

**das Águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#serie>. Acessado em 18 de março de 2008.

CYBIS, L. F.; CARVALHO, E. N. **Adequação do índice de qualidade da água da "National Sanitation Foundation" (NSF), dos Estados Unidos, à realidade brasileira**. In: 23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, 2005.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, **Relatório. Monitoramento das Águas Superficiais na Bacia do São Francisco Norte em 2004. Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br>.

LIBÂNIO, M. 2005. **Fundamento de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

PHILIPPI, A. JR; ROMERO M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

SENAI-CETIND, IT-002 MQV - **Lavagem e descontaminação de vidraria, material plástico e metálico da Área de Metrologia Química e Volumétrica**, Documento interno, 2008.

SRH. **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia**. CD1. Salvador. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. 2004.

TEXEIRA, R. M. **Remoção de Nitrogênio de Efluentes da Indústria Frigorífica Através da Aplicação dos Processos de Nitrificação e Desnitrificação em Biorreatores Utilizados em um Sistema de Lagoas de Tratamento**. Tese de doutorado.

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

Coordenação



Execução

