

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



Programa de Pós-Graduação  
em Química



Monitoramento das águas da Bacia Hidrográfica Pirangi pela determinação  
dos índices de qualidade da água - IQA e índice de toxidez -IT

**Maria Santana Bezerra de Lima**

---

Dissertação de Mestrado  
Natal/RN, julho de 2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Maria Santana Bezerra de Lima

**MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANGI  
PELA DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA-IQA E  
ÍNDICE DE TOXIDEZ-IT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Djalma Ribeiro da Silva.

NATAL - RN

2010

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial de Química

Lima, Maria Santana Bezerra.

Monitoramento das águas da bacia hidrográfica pirangi pela determinação dos índices de qualidade da água-IQA e índice de toxidez-IT / Maria Santana Bezerra de Lima. Natal, RN, 2010.

98 f

Orientador: Djalma Ribeiro da Silva.

Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Química.

1. Bacia Hidrográfica – Dissertação. 2. Bacia Hidrográfica - Pirangi Dissertação. 3. Água – Dissertação. 4. Índice de Qualidade da Água-IQA – Dissertação. 5. Índice de Toxidez-IT – Dissertação I. Silva, Djalma Ribeiro da. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UFRN/BSE- Química

CDU 556.51(043)

**MARIA SANTANA BEZERRA DE LIMA**

**MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANGI PELA  
DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA-IQA E ÍNDICE DE  
TOXIDEZ-IT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Química.

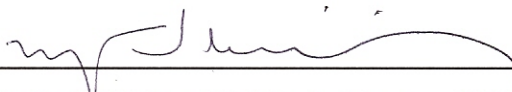
Aprovada em: 08 de julho de 2010.

Comissão Examinadora:



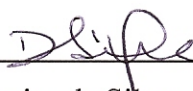
---

Dra. Andréa Francisca Fernandes Barbosa – UNP



---

Dra. Maria de Fátima Vitória de Moura – UFRN



---

Dr. Djalma Ribeiro da Silva – UFRN (orientador)

## **DEDICATÓRIA**

Em memória:

Da minha mãe (Damiana Salomé) por todo carinho, amor e dedicação que sempre teve por mim e meus irmãos durante toda sua vida.

## AGRADECIMENTOS

- Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me dado a força necessária para a concretização deste sonho e etapa da minha vida.
- Aos meus pais, Damiana Salomé Bezerra de Lima e Martins Carlos de Lima, pela força, amor incondicional e exemplo de luta pela vida e dedicação aos seus filhos. Agradeço a eles, mais esta conquista da minha vida. Agradeço a Deus todos os dias, por ter me dado a oportunidade de ser filha de pais tão maravilhosos. Amo vocês mais que tudo...
- Aos meus irmãos: Ana, Ângela, Edmilson, Edval, Edvaldo, José Roberto, Rosália, e Rosineide pelo apoio e pela grande felicidade de tê-los como irmãos.
- Ao meu grande amor, Francinaldo Barros. Para ele não tenho palavras. Agradeço a Deus e a sua família por ter colocado uma pessoa tão especial ao meu lado. Ele que é uma luz que apareceu em minha vida e me acompanha dia após dia. Determinado, paciente e lindo. Ensina-me o que é viver, o que é amar. Já não somos dois, apenas um. Juntos caminharemos em busca de nossos sonhos. Serei sua companheira em todos os momentos...
- Ao meu orientador professor Dr. Djalma Ribeiro da Silva, e a equipe da central de análises do NUPPRAR: Adriana, Juliana, Kytéria, Daniela, Amanda, Rayanna, Janaíne, Kátia, Caio, Fernando, Jardel, Severino, Márcio, Shirley, Maria Adriana, Beliza, Tarcila e em especial a Aécia Seleide, Rina Lourena, Emily Tossi, Miqueias e Verushka pelo grande apoio e amizade no desenvolvimento deste trabalho e a amiga Ângela pelas valiosas colaborações.
- À UFRN e à CAPES pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional. A todos os meus amigos pelo apoio e incentivo nas horas de dificuldade.
- Ao IDEMA, pelo apoio financeiro.
- Aos funcionários pelo bom atendimento quando seus serviços foram solicitados.

“ Ninguém pode construir em teu lugar as pontes que precisarás passar para atravessar o rio da vida, ninguém exceto tú. Existem, por certo, inúmeras veredas e pontes, e semideuses que se oferecerão para levar-te do outro lado do rio; mas, isso te custaria a tua própria pessoa: tu te hipotecarias e te perderias. Existe no mundo um único caminho, por onde só tu podes passar. Para onde leva? Não perguntes segue-o.”

**Carolina Cândido Amaral**



## RESUMO

Os problemas de abastecimento de água no Nordeste do Brasil são graves e necessitam de estudos mais direcionados. O presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de monitorar a qualidade da água na Bacia Hidrográfica Pirangi, localizada na região Nordeste do Estado do RN usando o Índice de Qualidade da Água-IQA associado com o Índice de Toxidez-IT. Os dados apresentados nesta pesquisa foram coletados em novembro de 2008, junho de 2009 e março de 2010 em oito estações amostrais distribuídas ao longo da bacia. O estudo abrangeu nove parâmetros, baseado nas diretrizes estabelecidas pela CETESB, além de sete metais integrantes do Índice de Toxidez-IT. Estas águas enquadraram-se na classificação entre **BOA** e **RUIM** apresentando IQA mínimo de 41,34 e máximo de 76,23. Praticamente os sete metais analisados estavam abaixo dos limites de detecção do ICP-OES dando à água um IT igual a 1 quando estes estão ausentes e 0 quando se encontram teores de metais traços.

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica Pirangi. Água. Índice de Qualidade da Água-IQA. Índice de Toxidez-IT.

## **ABSTRACT**

The problems of water supply in Northeast Brazil are severe and require more focused studies. This work was intended to assess water quality in the watershed Pirangi, located in the Northeastern state of the newborn using the Water Quality Index, AQI associated with the Index of Toxicity-IT. The data presented in this study were collected in November 2008, June 2009 and March 2010 at eight sampling stations distributed throughout the basin. The study covered nine parameters, based on guidelines established by CETESB, and seven members of Metal Toxicity index-IT. These waters are framed in the classification between **GOOD** and **BAD** showing AQI 41.34 minimum and a maximum of 76.23. Virtually all seven metals analyzed were below the detection limits of ICP-OES giving IT a water equal to one when they are absent and 0 when there are levels of trace metals.

Keywords: Watershed Pirangi. Water. Quality Water-IQA. Index of Toxicity-IT

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b>	Bacias Hidrográficas do estado do RN.....	39
<b>Figura 3.2</b>	Localização dos pontos de monitoramento na Bacia Hidrográfica PirangiRN-Brasil.....	41
<b>Figura 4.1</b>	O ponto PIR 01, também denominado Lamarão, refere-se ao rio Pitimbu.....	44
<b>Figura 4.2</b>	O ponto PIR 02 refere-se ao ponto de Passagem de Areia, localizado no Município de Parnamirim.....	44
<b>Figura 4.3</b>	Ponto PIR 03 situado sob a ponte na BR 304 em Parnamirim.....	44
<b>Figura 4.4</b>	Ponto PIR 04 Proximidades da Ponte Velha localizada na BR 101 no Município de Parnamirim.....	44
<b>Figura 4.5</b>	Ponto PIR 05 Ponte Trampolim da Vitória, no Município de Parnamirim.....	45
<b>Figura 4.6</b>	Ponto PIR 06 Lagoa do Jiqui, próximo a captação da CAERN.....	45
<b>Figura 4.7</b>	Ponto PIR 07 Rio Pium, especificamente no Balneário de Pium.....	45
<b>Figura 4.8</b>	Ponto PIR 08 Sob a Ponte Velha na RN 063.....	45
<b>Figura 4.9</b>	Curva analítica de Fósforo, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	56
<b>Figura 4.10</b>	Curva analítica de Cádmio, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	56
<b>Figura 4.11</b>	Curva analítica de Cromo, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	56
<b>Figura 4.12</b>	Curva analítica de Cobre, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	56
<b>Figura 4.13</b>	Curva analítica de Níquel, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	57
<b>Figura 4.14</b>	Curva analítica de Chumbo, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	57
<b>Figura 4.15</b>	Curva analítica de Zinco, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	57
<b>Figura 4.16</b>	Curva analítica de Mercúrio, em $\mu\text{gL}^{-1}$ .....	57
<b>Figura 4.17</b>	Fluxograma para sintetizar todas as análises realizadas.....	61
<b>Figura 5.1</b>	Gráfico da Salinidade referente às três coletas em cada ponto de amostragem.....	64
<b>Figura 5.2</b>	Resultado dos Sólidos Totais dissolvidos obtidos, em $\text{mgL}^{-1}$ referente as três coletas em cada ponto de amostragem.....	65
<b>Figura 5.3</b>	Gráfico da Turbidez referente às três coletas em cada ponto de amostragem.....	66
<b>Figura 5.4</b>	Temperatura da água, no momento da coleta.....	67

<b>Figura 5.5</b>	Gráfico com os valores do Potencial Hidrogeniônico (pH) referente às três coletas em cada ponto de amostragem.....	68
<b>Figura 5.6</b>	Gráfico da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) referente às três coletas em cada ponto de amostragem.....	69
<b>Figura 5.7</b>	Gráfico da concentração de DBO referente às três coletas em cada ponto de amostragem.....	70
<b>Figura 5.8</b>	Gráfico da concentração de Carbono Orgânico Total (COT) referente às três coletas em cada ponto de amostragem. ....	71
<b>Figura 5.9</b>	Gráfico da concentração de Coliformes termotolerantes, referente às três coletas em cada ponto de amostragem.....	72
<b>Figura 5.10</b>	Gráfico da concentração de Nitrogênio Total, das três coletas em cada ponto de amostragem.....	73
<b>Figura 5.11</b>	Gráfico da concentração de Fósforo Total, das três coletas em cada ponto de amostragem.....	74
<b>Figura 5.12</b>	Gráficos do Teor de Óleos e Graxas referente às três coletas em cada ponto de amostragem.....	75
<b>Figura 5.13</b>	Gráfico do Índice de Qualidade da Água (IQA) calculado para cada ponto.....	76

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 4.1</b>	Pontos de coleta e suas coordenadas, em UTM.....	43
<b>Tabela 4.2</b>	Data e horário das coletas realizadas.....	46
<b>Tabela 4.3</b>	Procedimentos de conservação para os parâmetros analisados.....	47
<b>Tabela 4.4</b>	Condições operacionais das análises.....	55
<b>Tabela 4.5</b>	Parâmetros e pesos para cálculo do IQA.....	58
<b>Tabela 4.6</b>	Nível de classificação das águas de acordo com o IQA-NSF.....	59
<b>Tabela 4.7</b>	Valores máximos permitidos para os metais tóxicos, segundo a resolução CONAMA nº 357/2005.....	60
<b>Tabela 5.1</b>	Referente ao Índice de Toxidez da 1ª Coleta.....	77
<b>Tabela 5.2</b>	Referente ao Índice de Toxidez da 2ª Coleta.....	78
<b>Tabela 5.3</b>	Referente ao Índice de Toxidez da 3ª Coleta.....	78
<b>Tabela 5.4</b>	Índice de Toxidez para as três coletas.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS

IQA – Índice de Qualidade da Água  
IT – índice de Toxidez  
DQO – Demanda Química de Oxigênio  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
OD – Oxigênio Dissolvido  
%OD – Oxigênio Dissolvido e sua Saturação  
TOG – Teor de Óleos e Graxas  
COT – Carbono Orgânico Total  
MO – Matéria Orgânica  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
ICP-OES – Espectroscopia de Emissão com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado  
LD – Limite de Detecção  
 $\mu\text{gL}^{-1}$  – Microgramas por Litro  
 $\text{mgL}^{-1}$  – Miligrama por Litro  
 $\text{m}^3$  – Metros Cúbicos  
UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez  
NEPGN – Núcleo de Estudos em petróleo e Gás Natural  
NMP – Número Mais Provável  
IQA-NSF – Índice de Qualidade da Água pela National Sanitation Foundation  
CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do RN  
SERHID – Secretaria de Recursos Hídricos  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos  
IDEMA – Instituto de Defesa do Meio Ambiente  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
IBGE – Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico  
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
GPS – Global Position Search  
UTM – Universal Transverse Mercator  
APHA – American Public Health Association

EPA – United States Environmental Protection Agency

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior

NUPPRAR – Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água produzida e Resíduos

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
2	<b>OBJETIVO</b> .....	20
2.1	OBJETIVO GERAL.....	20
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	20
3	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	22
3.1	ASPECTO GERAL.....	22
3.2	ASPECTOS LEGAIS SOBRE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	23
3.3	BACIA HIDROGRÁFICA.....	24
3.4	ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – IQA.....	25
3.4.1	<b>Índices de qualidade das águas: descrição e importância</b> .....	26
3.4.1.1	Temperatura.....	26
3.4.1.2	Salinidade.....	27
3.4.1.3	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	27
3.4.1.4	Oxigênio Dissolvido (OD).....	27
3.4.1.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	28
3.4.1.6	Carbono Orgânico Total (COT).....	28
3.4.1.7	Teor de Óleos e Graxas (TOG).....	28
3.4.1.8	Sólidos Totais.....	29
3.4.1.9	Turbidez.....	29
3.4.1.10	Coliforme Termotolerante.....	29
3.4.1.11	Fósforo Total.....	30
3.4.1.12	Nitrogênio Total.....	30
3.5	ÍNDICE DE TOXIDEZ-IT.....	31
3.6	<b>CARACTERÍSTICAS DOS METAIS TRAÇOS</b> .....	32
3.6.1	<b>Definição dos metais traços</b> .....	32
3.6.2	<b>Toxicologia</b> .....	32
3.6.3	<b>Toxicologia e tolerância dos metais estudados</b> .....	34
3.7	<b>CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO ONDE ESTÁ INSERIDA A BACIA PIRANGI</b> .....	37
3.7.1	<b>A Bacia Hidrográfica Pirangi</b> .....	40
4	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	43



4.1	LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	43
4.2	COLETA DE AMOSTRAS.....	45
4.3	DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS PARA O MONITORAMENTO AMBIENTAL - METODOLOGIA DE ANÁLISE.....	48
4.3.1	<b>Salinidade</b> .....	48
4.3.2	<b>Sólidos totais</b> .....	48
4.3.2.1	Sólidos Suspensos.....	48
4.3.2.2	Sólidos Dissolvidos.....	49
4.3.3	<b>Turbidez</b> .....	49
4.3.4	<b>Temperatura</b> .....	50
4.3.5	<b>Potencial Hidrogeniônico (pH)</b> .....	50
4.3.6	<b>Oxigênio Dissolvido (OD)</b> .....	50
4.3.7	<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</b> .....	51
4.3.8	<b>Carbono Orgânico Total (COT)</b> .....	51
4.3.9	<b>Coliformes Termotolerantes</b> .....	52
4.3.10	<b>Nitrogênio Total</b> .....	52
4.3.10.1	Nitrogênio Amoniacal.....	53
4.3.11	<b>Teor de Óleos e Graxas (TOG)</b> .....	54
4.3.12	<b>Metais traços e Fósforo Total</b> .....	54
4.3.12.1	Digestão Ácida por Microondas.....	54
4.3.12.2	Análise por ICP-OES.....	55
4.3.13	<b>Fósforo Total</b> .....	55
4.4	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA.....	57
4.5	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE TOXICIDADEZ - (IT).....	59
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	63
5.1	SALINIDADE.....	63
5.2	SÓLIDOS TOTAIS.....	64
5.3	TURBIDEZ.....	65
5.4	TEMPERATURA.....	66
5.5	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	67
5.6	OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	68
5.7	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO.....	69
5.8	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	70

5.9	COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	71
5.10	NITROGÊNIO TOTAL.....	72
5.11	FÓSFORO TOTAL.....	73
5.12	TEOR DE ÓLEOS E GRAXAS (TOG).....	74
5.13	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	75
5.14	METAIS TRAÇOS-ÍNDICE DE TOXIDEZ (IT).....	77
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	81
7	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	83
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	85
	<b>ANEXO</b> .....	94

---

---

# *CAPÍTULO 1*

## *INTRODUÇÃO*

---

---

*“ Uma longa viagem de mil milhas inicia-se com o movimento de um pé ”.*

*(Lao-Tse)*

## 1 INTRODUÇÃO

A terra é um planeta “azul”! Assim descreveu Yuri Alekseyevich Gagarin ao dar a volta completa em torno da terra em 12 de abril de 1961. Isso se deve à presença de água que recobre  $\frac{3}{4}$  da superfície do planeta, constituem os oceanos, rios, lagos, geleiras, calotas polares, pântanos e alagados, cobrindo cerca de 354.200 Km<sup>2</sup> da terra e ocupa um volume total de 1.386 milhões de Km<sup>3</sup>. Destes, apenas 2,5% consistem em água doce, fundamental para a sobrevivência do ser humano, sendo o restante (97,5%) imprópria para consumo. Como se não bastasse, 68,9% da água doce está na forma sólida, presentes nas geleiras, calotas polares e neves eternas. Águas subterrâneas e de outros reservatórios totalizam 30,8% e somente 0,3% (100 mil Km<sup>3</sup>) encontram-se acessível ao consumo humano, presente em rios, lagos e alguns reservatórios subterrâneos (TUNDISI, 2003, p.12).

O acelerado crescimento demográfico, industrial e agrícola tem levado diversas regiões do mundo a condições de *déficit hídrico*. Isto ocorre quando a necessidade de consumo torna-se maior que a disponibilidade dos recursos hídricos em qualidades compatíveis com seus usos.

A contaminação de rios, lagos e mananciais é um problema ocasionado por fontes pontuais, como canalização de esgotos, efluentes industriais, ou por fontes difusas, como águas de escoamento de solos agrícolas, que podem transportar partículas sólidas, pesticidas e fertilizantes. Contaminantes também podem penetrar no ciclo da água através da atmosfera, sendo um dos mais conhecidos, os ácidos resultantes da emissão de óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre, vindos da combustão de materiais pelas indústrias e pelos motores de veículos, os quais se precipitam na forma de chuva ácida. A matéria orgânica, que causa o aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), os surfactantes, pesticidas, fertilizantes, óleos e graxas estão entre os contaminantes encontrados mais frequentemente nos corpos hídricos. Entretanto os metais e seus compostos estão presentes em grandes quantidades em resíduos industriais, apresentando relação direta com ambientes aquáticos e áreas altamente urbanizadas. (ANDRADE, 2004, p.15). Apesar da importância da água, grande parte de suas últimas reservas disponíveis ao homem vem sofrendo um forte processo degenerativo por contaminação. Isto somado à dificuldade de acesso, a escassez em alguns locais e aos demais problemas de desequilíbrio ambiental, colocam em risco a

vida dos seres vivos de um modo geral. Os problemas de abastecimento de água no Nordeste do Brasil são graves e necessitam de estudos mais direcionados.

---

---

# *CAPÍTULO 2*

## *OBJETIVOS*

---

---

*“ Aquele que confia no senhor é como o monte de Sião que não se abala, mas permanece para sempre ”.*

*(Salmo125:1)*

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Diante da importância da qualidade da água e de sua preservação, a presente dissertação teve como objetivo geral monitorar a qualidade da água da Bacia Hidrográfica Pirangi pelo fato de ser uma bacia que é usada pela população para agricultura, lazer, abastecimento de água potável entre outros fins, através da aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) associado com o Índice de Toxidez (IT).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as reais condições da Bacia Hidrográfica Pirangi para que possa servir como base para o desenvolvimento de programas de conservação ambiental.
- Identificar as possíveis fontes de poluição que interferem na qualidade das águas por meio de análise individual dos parâmetros.
- Indicar os parâmetros mais afetados para que possam ser tomadas as medidas cabíveis para a melhoria da qualidade da água.

---

# *CAPÍTULO 3*

## *REVISÃO DA LITERATURA*

---

*“ Em tudo somos atribulados, mas não desesperados, perseguidos, mas não desamparados, abatidos, mas não destruídos.”*

*II Coríntios 4:8,9*



### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 ASPECTO GERAL

Todo o Planeta Terra experimenta fortes sinais de transição, como se a natureza estivesse acordado o homem para um novo sentido de vida. Estas mudanças, por sua vez, geram novos paradigmas, determinam novos comportamentos e exigem novos caminhos na gestão de recursos da natureza.

O homem, desde o início da civilização, vem buscando cada vez mais, melhores condições de vida e aprimorando tecnologicamente suas tarefas cotidianas. Neste sentido, é absolutamente imperativo que os órgãos governamentais bem como, a sociedade civil desenvolvam políticas públicas para garantir o desenvolvimento sustentável que assegure o principio e a combinação entre o desenvolvimento econômico e a manutenção do equilíbrio ambiental. O constante aumento no grau de industrialização e urbanização tem elevado os níveis de atividade trófica das populações, principalmente devido à agricultura que tem sido compelida a produzir cada vez mais. Esta produção exige um consumo crescente de água durante o processo de irrigação das culturas requerendo, desta forma, uma fonte que apresente qualidade para uso nestas atividades, bem como, para o abastecimento urbano da população. O exaustivo uso das fontes de recursos naturais pela sociedade moderna implica a necessidade de mudanças nas atuais políticas sociais e um constante tratamento e monitoramento dos sistemas de gerenciamento dos corpos d'água capaz de assegurar a disponibilidade deste recurso cada vez mais escasso (MACK, 2004, p.521).

Um problema de alta relevância, detectado nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, pode ser diagnosticado quando da realização de uma avaliação do estresse das fontes de recursos naturais. Dentre os mais importantes destaca-se o papel das reservas aquíferas. É muita acentuada a preocupação social existente quanto ao teor de água disponível para as comunidades rurais quando comparada a comunidade urbana. Além disso, outro fator crucial nesta relação comparativa, diz respeito à qualidade dos mananciais destes corpos d'água. Enquanto a maioria dos agentes poluentes, em via de regra, se concentram nas áreas urbanas, fornecendo sua contribuição deletéria ao processo de degradação ambiental, este efeito é muito menos acentuado nas áreas rurais.

Por outro lado, as regiões de intensa atividade agrícola, têm usado indiscriminadamente pesticidas, herbicidas, fungicidas, dentre outras substâncias perigosas em suas culturas e, desta forma, estes potentes agentes nocivos terminam alcançando o fluxo normal das águas, seja através de processos de lixiviação do solo, seja através de descartes deliberados ou acidentais diretamente no curso normal das águas (MORRISON, 2001, p.219).

No que tange a área urbana, uma potente fonte de geração de perigosos poluentes é o setor industrial. Dentre os mais importantes, destaca-se a indústria de galvanoplastia que manipula metais extremamente nocivos à saúde humana, tais como níquel, cádmio, cromo, cobre e zinco durante seus processos de eletroplatação (deposição de metais sobre uma superfície também metálica através da passagem de corrente elétrica em uma solução salina). Estas empresas costumam trabalhar com elevados teores de metais e terminam por descartar seus resíduos diretamente no fluxo das águas, perturbando o equilíbrio ambiental aquático, bem como, contaminando o solo da região. Dados de um estudo desenvolvido pela Water Research Commission (WRC), estima que somente este setor industrial é capaz de produzir 1,0 Km<sup>3</sup> de lixo químico por ano (MACK, 2004, p.521).

Devido à alta solubilidade dos metais traços, eles são absorvidos pelos organismos aquáticos e findam na cadeia alimentar humana. Uma vez ingerido, os metais passam a se acumular nos tecidos dos órgãos provocando efeitos extremamente indesejáveis à saúde (MULLIGAN, 2001, p.193)

### 3.2 ASPECTOS LEGAIS SOBRE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A água pode ter usos múltiplos, decorrendo daí a satisfação simultânea dos diversos critérios de qualidade.

Pode-se assim verificar que, em função da utilização que a água vai ter, existem diversos parâmetros de qualidade a serem respeitados.

A resolução normativa do CONAMA nº 357/2005 estabelece a classificação das águas, segundo a sua utilização, definindo os parâmetros de qualidade a serem atendidos para cada classe.

Por ser um recurso finito e ser necessário para todos nós ela deve ser preservada. Uma forma de reduzir o consumo da água é cobrando pelo seu uso.

A PNRH (Política Nacional de Recursos Hídricos) estabelece em seu artigo 1º que a água é um bem de domínio público e que é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

### 3.3 BACIA HIDROGRÁFICA

O que mais atinge e influencia diretamente o homem, até mesmo por estar mais próximo do seu cotidiano, seja na forma de consumo, lazer, sobrevivência ou pelo despejo de dejetos, são os rios. A problemática ambiental (com relação aos rios) surgiu a partir da fixação de antigas civilizações nas margens dos rios e vales férteis justamente para servi-las no abastecimento, alimentação transporte e irrigação, passando a existir assim, um laço íntimo entre homem e rio. São através deles que se pode fazer o estudo mais minucioso dos recursos naturais disponíveis ou não, por conter os elementos fundamentais para entender o mecanismo de funcionamento de um sistema.

Ferretti (1997, p.54) define uma Bacia Hidrográfica como: “a melhor unidade para o manejo dos recursos naturais. Trata-se de uma unidade física que pode ser delimitada e identificada segundo seus processos de funcionamento”. Sendo assim, a Bacia Hidrográfica representa uma unidade ideal de planejamento do uso do solo urbano.

As Bacias Hidrográficas estão interligadas pelos diversos topográficos. Elas também têm papel fundamental na evolução do relevo uma vez que os cursos de água constituem importantes modeladores da paisagem. São considerados sistemas abertos onde ocorre a entrada e saída de energia. Sob o ponto de vista do auto-ajuste pode-se deduzir que as Bacias Hidrográficas integram uma “visão conjunta dos comportamentos das condições naturais e da atividade humana nelas desenvolvidas, uma vez que, mudanças significativas em qualquer uma dessas unidades, podem gerar alterações a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descargas, cargas sólidas e dissolvidas), assim como nas mudanças nos tipos de leitos.” (GUERRA, CUNHA, 2000, p.353).

O desmatamento e/ou crescimento da área urbana nas encostas reduz a capacidade de infiltração, aumenta o escoamento superficial, promovendo a erosão hídrica nas encostas e fornece maior volume de sedimentos para a calha fluvial, o que pode resultar no assoreamento do leito e enchentes na planície de inundação.

A Lei Federal Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, define a Bacia Hidrográfica como uma unidade de planejamento, que muitas vezes se constitui em áreas de vários municípios e /ou estados. O que pode dificultar sua gestão.

### 3.4 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – IQA

Para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessária a utilização de métodos simples e que forneçam informações objetivas e interpretáveis. Neste aspecto, o uso do Índice de Qualidade de Água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da Bacia Hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2004, p.181).

Um dos Indicadores de Qualidade da Água mais utilizado pelos pesquisadores, é o IQA-NSF, leia-se Índice de Qualidade da Água da National Sanitation Foundation. Os resultados gerados por tal índice é um facilitador na interpretação geral das condições de qualidade dos cursos de água. Ele indica o grau de contaminação das águas devido a materiais orgânicos, Coliformes Termotolerantes, nutrientes e sólidos, que normalmente são indicadores de poluição devido aos despejos domésticos. (VIOLA, 2004, p.20).

Este índice, IQA-NSF, combinou as opiniões de 142 especialistas, baseado na técnica de Delphi da Rand Corporation, através da resposta a vários questionários, tabulados e retornados a cada participante, para comparação de sua resposta com a dos demais participantes a fim de se chegar a um consenso.

Para o efetivo cálculo do IQA-NSF estabeleceu-se nove parâmetros considerados mais representativos: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura da água, Turbidez e Sólidos Totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações e a cada parâmetro foi atribuído um peso, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA-NSF. Assim, por meio deste índice é

possível estabelecer níveis e padrões de qualidade que possibilitam o enquadramento de cursos d'água em classes ou níveis de qualidade.

Em fevereiro de 2008, Medeiros utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA), avaliou quinze pontos distribuídos ao longo da Bacia Hidrográfica Pirangi e encontrou resultados satisfatórios para o IQA aditivo e multiplicativo, sendo treze pontos classificados como BOA e dois como MÉDIO (MEDEIROS, 2008, p.4).

### **3.4.1 Indicadores de qualidade das águas: descrição e importância**

#### **3.4.1.1 Temperatura**

As variações de temperatura nas águas podem ocorrer por meio de transferência natural de calor por radiação, condução e convecção devido à interação com o solo e a atmosfera, ou por meio do lançamento de despejos industriais e torres de resfriamento. A temperatura elevada nos rios provoca a poluição térmica dos rios, afetando a vida aquática e a diminuição da concentração de OD. Esse processo se dá pelo despejo de resíduos industriais. As variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical da temperatura apresentada pelos corpos d'água naturais são influenciadas por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo, profundidade e pelo lançamento de efluentes industriais. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas, tais como a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização que diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Além da influência sobre as variáveis físico-químicas, a variação da temperatura influi nos organismos aquáticos, uma vez que estes possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (SPERLING, 2005, p.302).

### 3.4.1.2 Salinidade

A salinidade é o teor de sais minerais dissolvidos na água. Sendo de fundamental importância em estudos em regiões estuarinas e costeiras, pois a mesma é função direta da propagação das ondas de maré e do volume de contribuição fluvial, além de atuar diretamente sobre a liberação e/ou remoção de elementos na coluna d'água e nas interfaces. (BARBOSA, 2006, p.64).

### 3.4.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um parâmetro que indica se a água tem caráter ácido ( $\text{pH} < 7$ ) ou alcalino ( $\text{pH} > 7$ ). Ele é decorrente da concentração de íons de hidrogênio na água. As alterações nesse valor podem afetar a vida aquática (flora e fauna). Os valores de pH estão relacionados a fontes naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e a fatores antropogênicos pelos despejos de esgotos domésticos e industriais, devido a oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente (SPERLING, 2005, p.304).

### 3.4.1.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

A concentração do Oxigênio Dissolvido está diretamente relacionado com a manutenção da fauna e flora aquática. Na ausência da poluição, a concentração de OD em equilíbrio com o Oxigênio Dissolvido da atmosfera pode variar na faixa de 8 – 11 mg/L, dependendo da temperatura da água e da altitude. O lançamento de poluentes nos rios, principalmente matéria orgânica biodegradável, provoca uma queda de OD e, se forem atingidos níveis abaixo de 5mg/L, ocorrerá mortalidade de peixes, por asfixia. Se o OD cair a zero, as águas do rio apresentarão fortes odores que causam mal estar às populações

ribeirinhas. Segundo a resolução CONAMA n.º 357/2005, os rios de classe 2, 3 e 4 devem ter o OD acima de 5, 4 e 2 mg/L, respectivamente.

#### 3.4.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Este é o parâmetro mais usual de medição de poluição orgânica aplicada às águas residuais, avalia a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente em uma amostra. Esta medida envolve a medida do Oxigênio Dissolvido utilizada pelos microorganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. A DBO<sub>5</sub> é então empregada na determinação da quantidade aproximada de oxigênio que será necessária para degradar biologicamente a matéria orgânica presente.

#### 3.4.1.6 Carbono Orgânico Total (COT)

A determinação de Carbono Orgânico Total é a técnica mais precisa na determinação de carga orgânica nas águas naturais, é independente do estado de oxidação da matéria orgânica e não mede elementos ligados à molécula orgânica como o hidrogênio e o oxigênio. O Carbono Orgânico Total divide-se em frações referentes às parcelas dissolvidas ou particuladas. Em águas superficiais, o teor de COT varia de 1 a 20 mg.L<sup>-1</sup>, elevando-se para até 1000 mgL<sup>-1</sup> nas águas residuárias. Dessa forma, uma alteração significativa desse parâmetro constitui-se em indicativo de novas fontes e balizador das análises a serem realizadas, tais como cor verdadeira, clorofila a, fósforo total, etc. (COSTA, 2008, p.35)

#### 3.4.1.7 Teor de Óleos e Graxas (TOG)

A análise de Teor de Óleos e Graxas é amplamente utilizada como parâmetro de qualidade da água. Os óleos e graxas abrangem um grupo de substâncias, que envolvem óleos, graxas, ceras, ácidos graxos, os quais se encontram presentes em restos de manteiga,

margarina, gorduras e óleos vegetais, gorduras de carnes vermelhas, além de uma parcela de matéria oleosa devido à presença de lubrificantes utilizados em estabelecimentos industriais. Nas águas naturais, os óleos e graxas acumulam-se nas superfícies, podendo trazer sérios problemas ecológicos por dificultar as trocas gasosas que ocorrem entre a massa líquida e a atmosfera, especialmente a de oxigênio. (BEZERRIL, 2008, p.2)

#### 3.4.1.8 Sólidos Totais

São medidos pela massa de sólidos em suspensão grosseira, coloidal e dissolvidos, presentes na amostra após a evaporação e secagem a 103° - 105°C.

Os sólidos são geralmente os sais minerais e sua concentração não podem ultrapassar 500 mg/L. As impurezas de natureza física são causadas por substâncias cuja presença afeta as características da água, independente de sua natureza química ou biológica.

#### 3.4.1.9 Turbidez

A Turbidez é a alteração da penetração da luz, provocada pela presença de argila, silte em suspensão, fontes de poluição que lançam materiais finos e outros. Os rios de classe 1, 2 e 3 devem ter Turbidez abaixo de 40, 100 e 100 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez), respectivamente. Segundo a resolução CONAMA n. ° 357/2005 no Brasil as águas com Turbidez até 100 UNT são utilizadas para abastecimento público. Seus efeitos são mais de natureza estética.

#### 3.4.1.10 Coliformes Termotolerantes

Os Coliformes Termotolerantes são bactérias que vivem normalmente em grande número, nos intestinos de humanos e de animais de sangue quente. Sua presença está



relacionada à presença de esgotos domésticos. O teste para coliformes indica a qualidade bacteriológica da água e sua presença torna-a suspeita para o uso humano, pois, se forem de origem patológica, podem causar doenças, como: cólera, hepatite, desinterias, etc. Os rios de classe 1, 2 e 3 devem ter concentrações máximas de coliformes termotolerantes de 200, 1000 e 4000 NMP/100 mL, respectivamente.

#### 3.4.1.11 Fósforo Total

O fósforo é o principal fator limitante de produtividade primária na maioria das águas continentais. Além disso, tem sido apontado como principal responsável pela eutrofização artificial desses ecossistemas. Todo fósforo presente nas águas seja na forma iônica ou complexada se encontra sob a forma de fosfato. O fosfato presente na água encontra-se em diferentes formas que são classificadas em particuladas, orgânico dissolvidos, inorgânicas ou ortofosfato, total dissolvido e total. (OLIVEIRA, 2006, p.41)

#### 3.4.1.12 Nitrogênio Total

O nitrogênio é proveniente de diversas fontes 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. O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito, nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas, enquanto as duas últimas são formas oxidadas. É possível associar à idade da poluição do corpo hídrico com as formas de nitrogênio. Desta forma, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. No entanto, se houver a prevalência de nitrito e nitrato, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. O nitrogênio amoniacal é tóxico a vida aquática, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5mg/L. Assim a concentração de nitrogênio amoniacal é parâmetro importante de classificação das águas

naturais e normalmente é utilizado na constituição de Índices de Qualidade das Águas (OLIVEIRA, 2006, p.42).

### 3.5 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, níquel e zinco. 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 (COSTA, 2008, p.39).

## 3.6 CARACTERÍSTICAS DOS METAIS TRAÇOS

### 3.6.1 Definição dos metais traços

Existem na literatura inúmeras definições para o termo “metal traço”, algumas dessas definições baseiam-se na densidade atômica, no peso ou no número atômico assim como também nas propriedades químicas. De acordo com Alloway e Ayres (1993) apud Tomazelli (2003) o termo refere-se ao grupo de metais e metalóides com densidades atômicas maiores que  $6\text{g/cm}^3$ .

O termo “metal traço” é empregado com frequência para elementos como Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, As, Ni, Co entre outros. A toxicidade desses metais depende muito da sua concentração e biodisponibilidade, sendo esta última fortemente ligada à forma química do composto no ambiente investigado (GUIMARÃES, 2007, p.41).

### 3.6.2 Toxicologia.

Toxicidade é a capacidade de uma espécie química produzir uma determinada patologia. Perigo toxicológico é a probabilidade que esta doença tenha sido causada devido ao contato com esta substância.

Ao longo de sua evolução, o homem descobriu e produz novos materiais elaborados a partir de metais encontrados na natureza e, desta forma, novos riscos a saúde também foram criados. Embora historicamente a toxicologia dos metais se refira aos efeitos agudos que os mesmos possam produzir, atualmente esse tipo de efeito/causa é relativamente raro, devido aos conhecimentos sobre toxicidade terem se expandido ao longo da realização de novos estudos e estabelecimento de critérios mais elaborados de prevenção adotados em saúde ocupacional.

Na água, alguns metais apresentam efeitos benéficos, enquanto outros são potencialmente tóxicos. De acordo com o elemento e concentração da espécie química. São introduzidos nos ecossistemas naturalmente, através do intemperismo das rochas, e

antropogênicamente, através de diversas atividades humanas. (OCHIAI, 1995, p.479; ESTEVES, 1998, p.80).

Alguns metais como Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo são essenciais à sistemas bioquímicos complexos, como a cadeia protéica. Porém em altas concentrações, são geralmente tóxicos. O Ni é essencial na constituição da urease em plantas. Outros metais, como Hg, Pb, Cd, Cr, Tl, Th, e U não tem função biológica conhecida e comumente apresentam toxicidade aos organismos ( OCHIAI,1995, p.479 ; ESTEVES,1998, p.81; JERONYMO, 2002, p.33).

As indústrias são os principais responsáveis pelo lançamento de metais na água, sendo Cu, Zn, Cr, Pb e Ni os mais freqüentes. Os efluentes domésticos também contém alguns metais como, Ca, Mg, Zn, Cu, Cd e Pb. Outras fontes que contribuem para o aumento de metais na água, são as águas provenientes de áreas cultivadas contendo defensivos agrícolas e fertilizantes e regiões de mineração. (NOVOTNY, 1995 p.33; SALATI, 1996 p.18; LEITE, 2002, p.23)

Os metais são poluentes persistentes no ambiente, e outros levam longos períodos para se degradarem. Portanto, apresentam potencial para acumulação na biota aquática, podendo biomagnificar-se ao longo da cadeia alimentar (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006 p.48).

Nos ambientes aquáticos, organismos de diferentes níveis tróficos apresentam diferentes mecanismos de assimilação, que podem variar da ingestão de apenas íons em solução a metais incorporados em material biológico sólido. O acúmulo destes metais pelos organismos aquáticos é influenciado por fatores fisiológicos intrínsecos, como tamanho, idade, sexo, e fatores extrínsecos, como especiação metálica, salinidade, pH, temperatura, presença de agentes complexantes orgânicos e inorgânicos, que determinam sua disponibilidade nos organismos. Estudos demonstram que Zn, Pb, Al, Mn, Fe, Ni, Cd e Cu apresentam características susceptíveis ao acúmulo em diversos organismos aquáticos, sendo que Zn, Pb e Cu parece se biomagnificar ao longo da cadeia alimentar (CALMANO, 1983, p.223; OCHIAI, 1995, p.479; SALOMONS et al.,1995 p.37; PASCHOAL, 2002, p.31;).

### 3.6.3 Toxicologia e tolerância dos metais estudados.

#### **Cádmio**

O cádmio se apresenta nas águas naturais devido às descargas de efluentes industriais, principalmente às provenientes da galvanoplastia. Apresenta efeito agudo, sendo que uma única dose de 9,0 gramas pode levar a efeito crônico e a morte, uma vez que apresentam efeitos decorrentes de sua concentração nos tecidos dos rins, fígado, pâncreas e na tireóide. Estudos feitos com animais demonstram a possibilidade de causar anemia, retardamento do crescimento e a morte do indivíduo. O padrão de potabilidade é fixado pela Portaria 1.469 da OMS em 0,005 mg/L. Além dos malefícios já mencionados é um irritante gastrointestinal, causando intoxicação aguda ou crônica sob a forma de sais solúveis. A ação do cádmio sobre a fisiologia dos peixes é semelhante às do níquel, zinco e chumbo (ANDRÉA, 2003, p.2).

#### **Chumbo**

O chumbo é um metal traço (densidade relativa de 11,4g/cm<sup>3</sup> a 16 ° C), de coloração branca azulada, tornando-se acinzentado quando exposto ao ar. E na natureza apresenta-se nos estados de oxidação +2 e +4.

Em condições naturais apenas traços são encontrados em águas. Concentrações maiores que 0,01µg/ mL são decorrentes de efluentes industriais ou minas, ou ainda resultante da corrosão de canalizações contendo este elemento.

Do ponto de vista de toxicidade crônica ao ser humano, a administração cotidiana de 1mg de Pb é suficiente para determinar a intoxicação por chumbo. Quando absorvido, o chumbo atinge a corrente sanguínea causando fragilidade e redução do tempo de vida das células. A intoxicação em adultos manifesta-se por anemia, irritação excessiva, constipação, cegueira noturna, cólicas e excesso de urina. Em crianças os sintomas incluem irritabilidade, perda de apetite, redução da capacidade intelectual, vômitos, dor abdominal intermitente e constipação. Para a Organização Mundial de Saúde (OMS) a dose semanal máxima tolerada para um adulto é de 3mg (SILVA, 2002, p.19).

## Cobre

O cobre, em pequenas quantidades é até benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano, facilitando a cura de anemias. Para os peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Assim, trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros, morrem em dosagens de 0,5 mg/L. Os peixes morrem pela coagulação do muco das brânquias e conseqüente asfixia (ação oligodinâmica). Os microrganismos perecem em concentrações superiores a 1,0 mg/L. O cobre aplicado em sua forma de sulfato ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), em dosagens de 0,5 mg/L é um poderoso algicida. O Water Quality Criteria indica a concentração de 1,0 mg/L de cobre como máxima permissível para águas reservadas para o abastecimento público (CETESB, 2004, p.3).

## Cromo

É um micro nutriente essencial ao metabolismo de carboidratos nos animais e no homem. É raramente encontrado nas águas naturais; contudo pode ocorrer como contaminante nas águas sujeitas à poluição por despejos de curtume, de indústrias de cromatos e água de refrigeração, onde é usado para controle de corrosão.

A ausência de pequenas quantidades de  $\text{Cr}^{3+}$  provoca uma intolerância a glicose e, como conseqüência, o aparecimento de diversos distúrbios. O  $\text{Cr}^{3+}$  presente nas águas decorre, principalmente, do lançamento de despejos de curtumes. Por outro lado, o  $\text{Cr}^{6+}$  não tem função nenhuma no organismo humano, além de ser extremamente tóxico. A exposição ao cromo VI inclui desde efeitos agudos, como corrosão do trato gastrointestinal e necrose dos rins, até úlceras na pele, no caso de exposição crônica; ele advém de despejos de indústrias que o utilizam principalmente em metalurgia para aumentar a resistência à corrosão e dar um acabamento brilhante. A agência internacional de pesquisa em câncer classifica os compostos de  $\text{Cr}^{6+}$  como carcinogênicos (MACÊDO, 2002, p.487).

## **Mercúrio**

O mercúrio é liberado no meio ambiente principalmente pela queima do carvão e incineração de resíduos, e pode se acumular chegando a altos níveis em alguns tipos de peixes consumidos pelo homem. Os seres humanos são expostos ao mercúrio de duas formas. Primeira, podem inalar o mercúrio elementar vaporizado (Hg) ou partículas de sais de mercúrio inorgânico ( $\text{Hg}^{+2}$ ) (como o  $\text{HgS}$  e o  $\text{HgCl}_2$ ). Segunda, podem comer peixe contaminado com metilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ). O maior risco é de dano cerebral pela exposição a baixos níveis de metilmercúrio em fetos e crianças pequenas, cujos sistemas nervosos ainda estão se desenvolvendo.

Uma vez que os íons moderadamente nocivos de mercúrio inorgânico ( $\text{Hg}^{2+}$ ) entram no sistema aquático, as bactérias podem convertê-las nas cadeias e teias alimentares. Como consequência é comum encontrar altos níveis de metilmercúrio nos tecidos dos peixes, como tubarão, peixe-espada, serra real e atum voador (branco), que se alimentam em altos níveis nas cadeias e teias alimentares. (MILLER, 2008, p.468).

## **Níquel**

O níquel é utilizado em galvanoplastias, sendo que estudos recentes demonstram que é carcinogênico. Não existem muitas referências bibliográficas quanto à toxicidade do níquel; todavia, assim como para outros íons metálicos, é possível mencionar que, em soluções diluídas, este elemento pode precipitar a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes. Assim, o espaço inter-lamelar é obstruído e o movimento normal dos filamentos branquiais é bloqueado. O peixe, impedido de realizar as trocas gasosas entre a água e os tecidos das branquiais, morre por asfixia. Por outro lado, o níquel complexado (níquelcianeto) é tóxico quando em baixos valores de pH. Concentrações de 1,0 mg/L desse complexo são tóxicas aos organismos de água doce. Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente 0,1 mg/L, embora concentrações de mais de 11,0 mg/L

possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Como contribuintes principais tem-se também os processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios (CETESB, 2004, p.5).

## **Zinco**

Apesar de essencial aos seres vivos, este metal pode, em concentrações elevadas, tornar-se tóxico para plantas e animais. Para o homem, funciona como elemento necessário ao metabolismo. No entanto, a exposição por pouco tempo, mas com dosagem elevada de zinco pode causar vômitos, náuseas e cólicas estomacais. Já a exposição prolongada pode provocar anemia e diminuição do nível de colesterol bom (HDL). O aumento da concentração desse elemento no meio ambiente pode ser resultado da aplicação de agrotóxicos, fertilizantes orgânicos e inorgânicos, corretivos e resíduos domésticos e industriais na agricultura, de rejeitos de minas, incineração de lixo, de descargas industriais do tipo combustíveis fósseis e metalúrgicas (SOUZA, 2006, p.1).

### **3.7 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO ONDE ESTÁ INSERIDA A BACIA PIRANGI**

O estado do Rio Grande do Norte, localizado na Região Nordeste do Brasil, apresenta uma extensão territorial de 56.077 Km<sup>2</sup> e 410 Km de faixa litorânea, onde está concentrada mais da metade de sua população de 2.776.782 habitantes, segundo Censo Demográfico IBGE 2000.

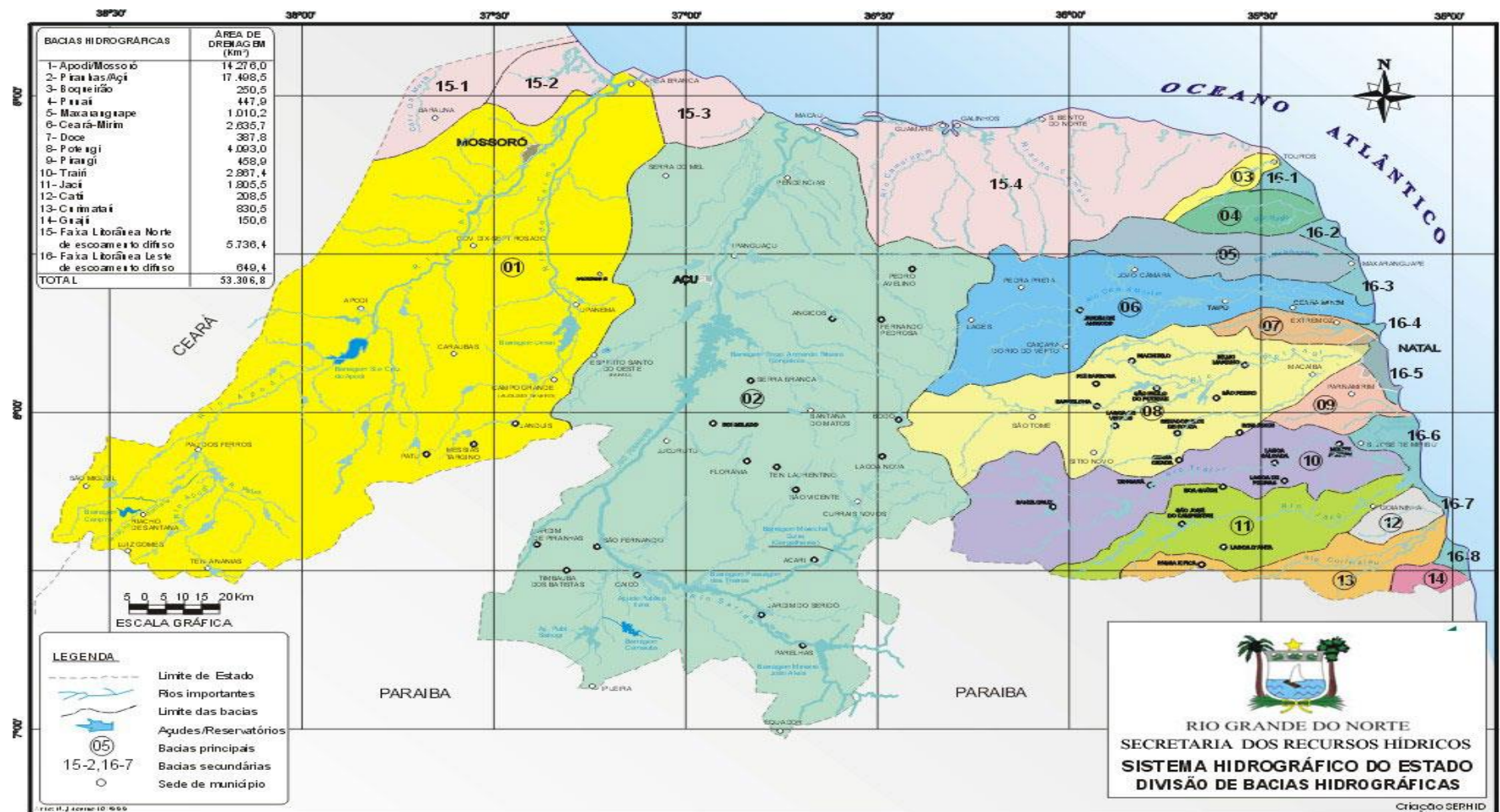


A variação do clima do estado, é de árido (região central e litoral norte) a úmido (litoral oriental) determinando a ocorrência de coberturas vegetais variadas como caatinga (predominante), mata atlântica, restinga, mata de tabuleiro, manguezal e matas ciliares.

Embora o estado tenha grande parcela de seu território localizado no semi-árido, com 5,4% de áreas desertas e 57,4% incluídas nas categorias grave e muito grave de desertificação, dispõe de importantes áreas para o cultivo irrigado, além de ser o responsável por 90% da produção do sal marinho no país e ocupar a segunda posição na produção de petróleo nacional. É também um importante pólo turístico e de produção de gás natural, têxteis, frutas tropicais, açúcar, pescado e, mais recentemente, camarão de cativeiro, item que aparece em segundo lugar na pauta de exportações do estado (IDEMA, 2002, p.3).

Os índices sócio-econômicos do Rio Grande do Norte, como os da maioria dos Estados Nordestinos, são preocupantes. Segundo o IBGE (2000), mais da metade dos chefes de domicílio não possui renda mensal acima de um salário mínimo, incluindo-se os 13,53% que declararam não ter rendimento algum. Quanto às condições de moradia, registra-se uma insuficiência do sistema do esgotamento sanitário, já que apenas 16,5% dos domicílios estão ligados a rede geral de esgotos, que por sua vez está presente em apenas 28 dos 167 municípios existentes no estado (CAERN, 2003).

Além disso, o sistema de coleta e destino do lixo não atende por volta de 26% dos domicílios, quadro agravado pelo fato de mais de 73% da população (dois milhões de habitantes) residir em zonas urbanas (IDEMA, 2002, p.4). O estado do Rio Grande do Norte conta com 16 bacias hidrográficas (Figura 3.1).

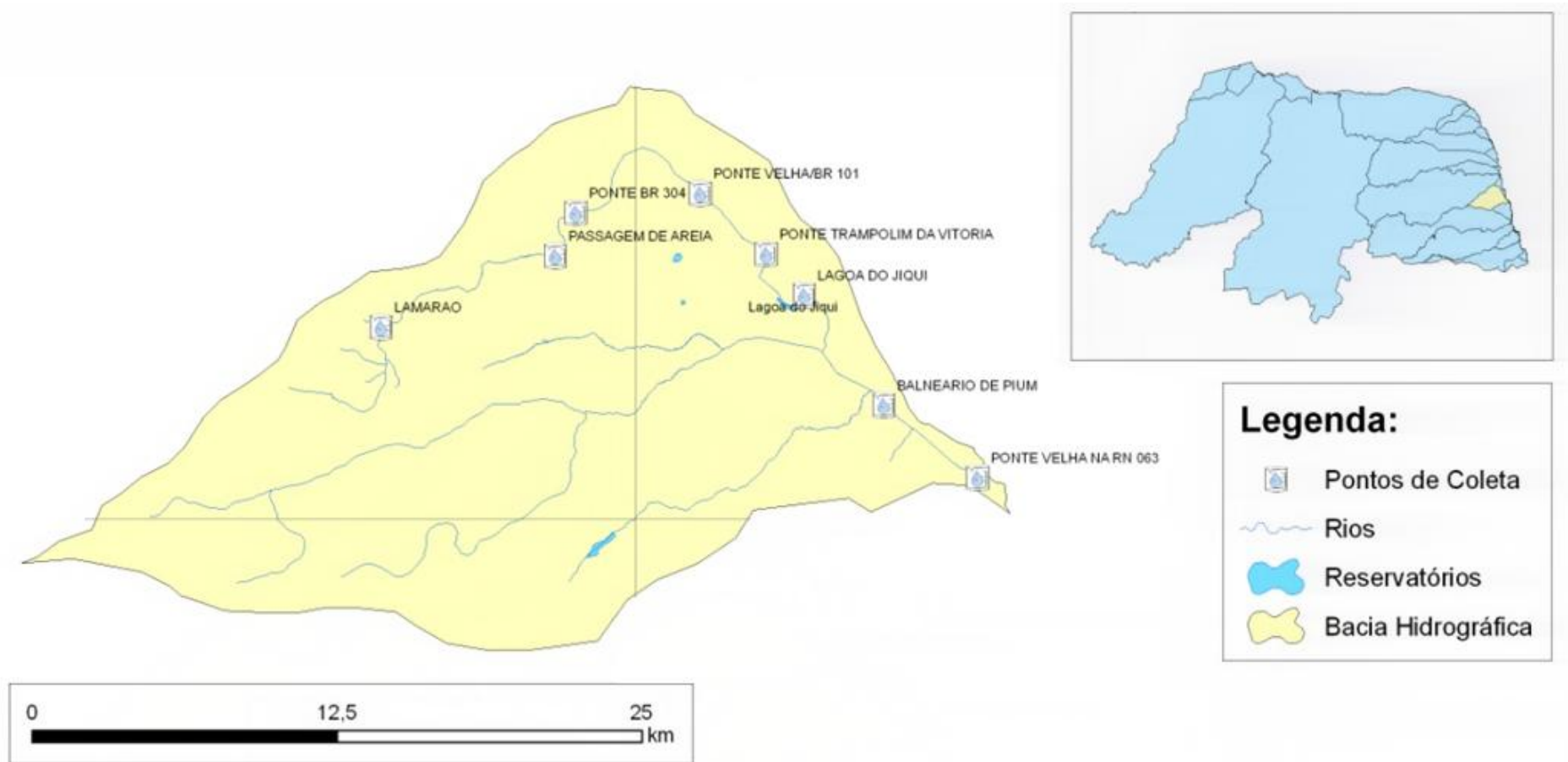


**Figura 3.1:** Bacias Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Norte-Brasil.  
Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos do Governo do Estado do RN.

### 3.7.1 A Bacia Hidrográfica Pirangi

A Bacia Hidrográfica Pirangi, localiza-se na região Nordeste do Brasil, no Estado do Rio Grande do Norte. Segundo a Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos - SERHID (2009) sua área é de aproximadamente 458,9 Km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 0,9 % do território estadual (Figura 2.2). Essa pequena bacia não possui açudes de maior importância. Ela é formada pelos Rios Pitimbu, Pium, Pirangi, riachos Taborda e Água Vermelha. Um dos rios mais importantes da mesma para a cidade de Natal, Capital do Estado do Rio Grande do Norte, no que diz respeito à água para consumo humano, é o Rio Pitimbu, pois ele é o principal afluente da lagoa do Jiqui, a qual é responsável por cerca de 30% da água potável que abastece a região metropolitana de Natal. Esta bacia abrange parte dos municípios de Parnamirim, São José de Mipibu, Vera Cruz, Nísia Floresta, Macaíba e Natal. No entanto, a qualidade da água destes mananciais vem sofrendo uma redução significativa devido à ocupação desordenada de suas margens que traz consigo vários impactos ambientais, tais como aporte de esgotos, disposição inadequada de resíduos sólidos, assoreamento, eutrofização, entre outros.

Em pesquisa realizada por Medeiros, 2008 mostrou-se que os quinze pontos analisados ao longo da bacia hidrográfica Pirangi se enquadraram na condição de qualidade BOA. Apesar de serem verificados vários impactos ambientais ao longo do trecho estudado, o IQA apresentou resultados satisfatórios. Os resultados desta pesquisa mostram a importância do monitoramento da qualidade da água da Bacia Hidrográfica Pirangi com frequência, com o objetivo de se verificar os efeitos dos impactos ambientais e indicar os seus usos em função desta qualidade.



**Figura 3.2-**Localização dos pontos de monitoramento na Bacia Hidrográfica Pirangi RN-Brasil.  
 Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte

---

---

# CAPÍTULO 4

## MATERIAIS E MÉTODOS

---

---

*"Aceite com sabedoria o fato de que o caminho está cheio de contradições. Há momentos de alegria e desespero, confiança e falta de fé, mas vale à pena seguir adiante".*

*(Paulo Coelho)*

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

As metodologias adotadas para o desenvolvimento do presente trabalho estão apresentadas neste capítulo, compreendendo a definição dos pontos de coleta das amostras de água, a data da realização das mesmas, a descrição dos parâmetros analisados e o procedimento analítico adotado.

### 4.1 LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Foram definidos oito pontos de amostragem ao longo da Bacia Hidrográfica Pirangi. Os locais selecionados para as coletas foram anteriormente posicionados com um receptor GPS, sendo que todos os dados utilizados foram registrados para o sistema de coordenadas UTM, conforme mostrados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1.** Ponto das coletas e suas coordenadas, em UTM

PONTO	COORDENADAS (UTM)		LOCALIZAÇÃO
	LESTE	NORTE	
PIR 1	240.510	9.344.020	Próximo a nascente do Rio Pitimbú na cidade de Macaíba
PIR 2	247.588	9.346.884	Passagem de Areia, localizado no Município de Parnamirim
PIR 3	248.418	9.348.674	Está situado sob a ponte na BR 304 em Parnamirim
PIR 4	253.658	9.349.514	Proximidades da Ponte Velha localizada na BR 101 no Município de Parnamirim.
PIR 5	256.210	9.347.056	Ponte Trampolim da Vitória, no Município de Parnamirim
PIR 6	257.738	9.345.300	Lagoa do Jiqui, próximo a captação da CAERN
PIR 7	260.610	9.341.440	Localizado no rio Pium, especificamente no Balneário de Pium
PIR 8	264.903	9.338.024	Está situado sob a Ponte Velha na RN 063

Todos os locais de amostragem foram estabelecidos de forma a assegurar que as amostras fossem as mais representativas para a caracterização da Bacia Hidrográfica.

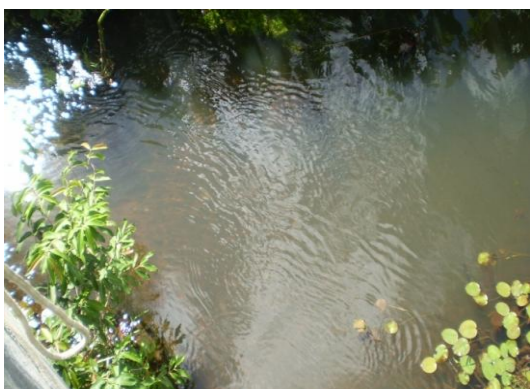
Os locais selecionados foram: Próximo a nascente do rio Pitimbú na cidade de Macaíba (PIR 1)- Figura 4.1; Passagem de Areia, localizado no município de Parnamirim (PIR 2)-Figura 4.2; Sob a ponte na BR 304 em Parnamirim (PIR 3)-Figura 4.3; Proximidades da ponte velha localizada na BR 101 no município de Parnamirim (PIR 4)-Figura 4.4; Ponte Trampolim da Vitória, no município de Parnamirim (PIR 5)-Figura 4.5; Lagoa do Jiqui próximo a captação da CAERN (PIR 6)-Figura 4.6; Rio Pium especificamente no balneário de pium (PIR 7)-Figura 4.7; Sob a ponte velha na RN 063 (PIR 8)-Figura 4.8



**Figura 4.1**-Ponto PIR 1, Próxima a nascente do Rio Pitimbú na cidade de Macaíba



**Figura 4.2** - Ponto PIR 2, Passagem de Areia, localizado no município de Parnamirim



**Figura 4.3** - Ponto PIR 3, Sob a ponte na BR 304 em Parnamirim



**Figura 4.4** - Ponto PIR 4, Proximidades da Ponte Velha localizada na BR 101 no Município de Parnamirim.



**Figura 4.5-** Ponto PIR 5, Ponte Trampolim da Vitória, no Município de Parnamirim



**Figura 4.6 -** Ponto PIR 6, Lagoa do Jiqui, próximo a captação da CAERN



**Figura 4.7 -** Ponto PIR 7, Rio Pium especificamente no balneário de Pium



**Figura 4.8 -** Ponto PIR 8, Está situado sob a Ponte Velha na Rodovia RN 063

## 4.2 COLETA DE AMOSTRAS

As coletas das amostras de água foram realizadas em 08 (oito) pontos ao longo da Bacia Hidrográfica Pirangi. Foram realizadas três campanhas, sendo as coletas realizadas em novembro de 2008, fevereiro de 2009 e março de 2010 conforme o cronograma descrito na tabela 4.2.



**Tabela 4.2-** Data e horário das coletas realizadas.

	<b>DATA DA COLETA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>MARÉ</b>	<b>PERÍODO</b>
1 <sup>a</sup> Coleta	17.11.2008	9h30min	Baixa	Seco
2 <sup>a</sup> Coleta	05.06.2009	8h45min	Baixa	Chuvoso
3 <sup>a</sup> Coleta	10.03.2010	10h50min	Alta	Seco

Cada campanha foi planejada de forma a se administrar o tempo para que todos os pontos fossem coletados em apenas um dia: coleta e preservação bem como o envio das amostras para laboratórios externos. As etapas para este procedimento são descritas a seguir :

1<sup>a</sup> Etapa) Preparação do material de coleta – com pelo menos uma semana de antecedência, os frascos de coleta foram contados, separados e lavados para a coleta. Todos os frascos foram lavados da seguinte forma: lavagem com detergente aniônico diluído 1:1000, lavagem com água corrente pelo menos por 3 vezes, lavagem com água ultra-pura (resistividade igual a 18,2 MΩ/cm) por 3 vezes, lavagem com ácido clorídrico 5% por uma vez e finalmente com água ultra-pura por 5 vezes . Os frascos de TOG foram ainda rinsados com n-hexano P.A. Após os frascos limpos e secos, estes foram colocados adequadamente em caixas para transporte em quantidades suficientes para a coleta. Houve ainda a preparação do medidor de multiparâmetro de marca HANNA de modelo HI 9828 para análise *in situ*, ou seja, foram calibrados os eletrodos para análise de pH, condutividade, salinidade, Oxigênio Dissolvido e temperatura, no dia anterior ao de cada coleta.

2<sup>a</sup> Etapa) A coleta ocorreu da seguinte forma: Inicia-se a coleta pelo ponto PIR 1, denominado Lamarão, refere-se ao Rio Pitimbú e é finalizada no ponto PIR 8 situado sob a ponte velha na Rodovia RN 063. Ao término da coleta seguiu-se de carro com as amostras coletadas para o laboratório, na UFRN. No laboratório, as amostras foram todas refrigeradas em seguida separadas e encaminhadas para análise. No local após coletas procedeu-se a execução de medidas *in situ* (pH, OD, condutividade, salinidade, temperatura do ar e da água). O equipamento utilizado em campo consistiu de (Multiparâmetro da marca HANNA modelo HI 9828), frascos de coletas e caixas de isopor com capacidade para armazenagem de até dez frascos. Todas as amostras foram

refrigeradas no carro que continham isopores maiores com gelo para transporte até os laboratórios. Para garantir e preservar as características das amostras desde a coleta até o momento de sua análise foram utilizados os procedimentos de conservação que constam na tabela 4.3

**Tabela 4.3:** Procedimentos de conservação para os parâmetros analisados

<b>PARÂMETRO</b>	<b>RECIPIENTE</b>	<b>VOLUME (mL)</b>	<b>PRESERVAÇÃO</b>	<b>PRAZO PARA ANÁLISE</b>
DBO	Plástico	1000	Refrigerar a 4°C	48 h
COT	Vidro	100	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C.	28d
TOG	Vidro	1000	Refrigerar a 4°C.	7d
Turbidez	Vba, Plástico	200	Refrigerar a 4°C.	48h
Sólidos Totais	Plástico, Vidro	300	Refrigerar a 4°C.	7d
Coliformes Termotolerantes	Pp, Vb	100	Refrigerar a 4°C.	6h
Fósforo	Vidro	200	HNO <sub>3</sub> conc. até pH < 2. 2. Refrigerar a 4°C.	28d
Nitrogênio amoniacoal	Plástico, Vidro	500	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C.	28h
Metais	Plástico, Vidro	200	HNO <sub>3</sub> conc. até pH < 2. 2. Refrigerar a 4°C.	6 meses

### 4.3 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS PARA O MONITORAMENTO AMBIENTAL - METODOLOGIA DE ANÁLISE

O monitoramento ambiental a que se propôs este trabalho foi realizado através do cálculo de Índices como o de Qualidade da Água (IQA) e o de Toxidez (IT). Os parâmetros analisados estão descritos a seguir, bem como os procedimentos de análise realizado. Todas as metodologias de análises foram seguidas conforme descritas no manual de análises de águas APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005; e normas da USEPA.

#### 4.3.1 Salinidade

A salinidade foi medida de forma direta, *in situ*, no momento da coleta, utilizando-se um eletrodo contido no medidor multiparâmetro. Este foi calibrado utilizando-se uma solução padrão 0,01 mgL<sup>-1</sup> de KCl. A norma de referência utilizada para esta análise foi a Standard Methods (APHA, 2005, p.67) 2520 B – Electrical Conductivity Method, onde a célula de medida da salinidade mede, a condutividade e o *software* do equipamento calcula automaticamente a salinidade.

#### 4.3.2 Sólidos Totais

##### 4.3.2.1 Sólidos Suspensos

Os sólidos suspensos foram medidos por gravimetria particulada, através da filtração da amostra através de duas membranas de acetato de celulose sobrepostas, com porosidade de 0,45 µm, onde estas foram pesadas antes da filtração e após a secagem em estufa com circulação de ar. O aumento de peso no superior, após secagem

em condições prescritas, corresponde aos sólidos em suspensão. A variação de peso do filtro inferior, em igualdade de condições, traduz, essencialmente, fenômenos de adsorção ou dessorção que ambos sofreram e permite corrigir a massa do sedimento retido.

#### 4.3.2.2 Sólidos Dissolvidos

Para determinação dos sólidos dissolvidos foi usado o filtrado obtido na determinação descrita no item 4.3.2.1 que foi transferido para uma cápsula de porcelana previamente pesada, o material foi então evaporado até a secura. Após a secagem, foi colocada em estufa a 103°C, durante duas horas, em seguida ficou arrefecendo por 15 minutos e em seguida pesada até peso constante e imediatamente a massa de sólidos dissolvidos foi então calculada. Este procedimento é descrito no Standard Methods (APHA, 1998) 2540 D – Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C.

#### 4.3.3 Turbidez

A turbidez foi medida, utilizando-se o método nefelométrico, que é baseado na comparação da intensidade de luz desviada pela amostra, com a intensidade de luz desviada por uma suspensão padrão de referência, de 40 UNT. Conforme descrito no Standard Methods (APHA, 2005) 2130 B – Nephelometric Method. O modelo do turbidímetro utilizado foi um Hach, 2100P, USA.

#### 4.3.4 Temperatura

No IQA-NSF, As equações e as curvas desenvolvidas pela NSF (National Sanitation Foundation), levam em consideração as características dos corpos de água e variações climáticas dos EUA, sendo a variação de temperatura de equilíbrio o principal parâmetro afetado. Como no nosso caso, os ambientes não recebem cargas térmicas elevadas, as equações não condizem com a realidade brasileira, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero, então, uma vez que nossos cursos hídricos não apresentam grandes diferenças a montante e a jusante do ponto escolhido, o subíndice é considerado igual a 94. (PNMA, 2005, p.4)

#### 4.3.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH dos pontos de amostragem também foram medidos *in situ*, utilizando o mesmo medidor multiparâmetros já citado no item 4.3.1, utilizando-se um eletrodo modelo SenTix 41. Este eletrodo foi calibrado segundo o procedimento do manual, utilizando-se para isso, soluções tampões de pHs 4,01 e 7,00.

#### 4.3.6 Oxigênio Dissolvido (OD)

Para determinação do OD, utilizou-se o método do eletrodo com membrana, realizada *in situ* através da utilização de oxímetro, contido em um medidor multiparâmetro, utilizado no item 4.3.1, com eletrodo de medição de oxigênio modelo Cellox 325. Este oxímetro foi calibrado segundo o procedimento de calibração do manual do equipamento.

#### 4.3.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Avalia-se experimentalmente, através da determinação das concentrações de Oxigênio Dissolvido necessário para oxidar a matéria orgânica degradada, pela ação de bactérias antes e após um período de 5 dias em que a amostra fica mantida em ambiente com ausência de luz sob condições aeróbicas controladas a uma temperatura de 20°C, em frascos apropriados e cheios até o seu transbordamento. A DBO foi calculada a partir da quantidade de oxigênio consumido como resultado da oxidação da matéria orgânica presente na amostra. Usou-se como referência o método 5210 B – 5-Day BOD test, do Standard Methods (APHA, 2005 p.4).

#### 4.3.8 Carbono Orgânico Total (COT)

As determinações de Carbono Orgânico Total foram feitas em um Analisador de Carbono TOC 5000A – Analítico com catalisador de sensibilidade normal. Este equipamento mede a quantidade de CT (Carbono Total) e CI (Carbono Inorgânico) da amostra. O COT é dado pela subtração de CT e CI. Para a determinação de carbono total, a amostra injetada é carregada para um tubo de combustão a 680°C contendo platina suportada em alumina, onde o carbono orgânico é oxidado a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) com persulfato de sódio analisado em um fotômetro a 600 nm.

#### 4.3.9 Coliformes Termotolerantes

##### 1º Teste Qualitativo

Foi realizado inoculando-se a amostra em meios de cultura específicos para o desenvolvimento dos microorganismos do grupo Coliformes Termotolerantes. Após o desenvolvimento das colônias confirma-se ou não se confirma a presença de coliformes e o resultado é expresso em presença ou ausência.

##### 2º Teste Quantitativo

Na etapa de análise os possíveis microorganismos presentes na amostra são retidos em uma membrana filtrante específica através da filtração de 100mL de amostra, esta membrana é colocada em uma placa petry contendo meios de cultura específicos para Coliformes Termotolerantes e incubados a temperaturas adequadas para a multiplicação celular por 24h. Se o resultado for positivo haverá presença de colônias de coliformes, onde ocorre a contagem destas colônias formadas sobre a membrana. Este método é referenciado no Standard Methods (APHA, 2005, P.4), method 9221 B – Standard Total Coliform Fermentation Technique.

#### 4.3.10 Nitrogênio Total

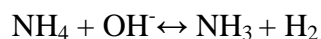
O Nitrogênio Total foi determinado por titulometria. Determinando-se o nitrogênio amoniacal.

#### 4.3.10.1 Nitrogênio Amoniacal

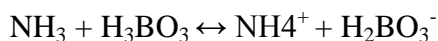
Para a determinação do nitrogênio amoniacal foi realizado o processo de destilação, considerando-se o deslocamento do equilíbrio entre o íon amônio e a amônia livre, pela adição de uma base (NaOH) na concentração de cinco molar, que favorece a formação de amônia livre (gás amônia) que sob aquecimento é liberada e coletada em uma solução de ácido bórico saturada. A amônia, que, ao entrar em contato com o ácido bórico forma íons amônio. A quantidade de amônia é determinada pela quantidade de ácido bórico deslocado, que é determinado pela titulação com solução padrão de 5M. As equações envolvidas são descritas a seguir:

O íon amônio da amostra é transformado em amônia (espécie volátil) pela adição de excesso de base forte (NaOH) :

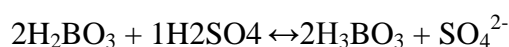
- Adição de solução concentrada de NaOH



- Recolhimento de  $\text{NH}_3$ (gás amônia) em solução de ácido bórico



- Em presença do indicador a solução tem cor verde
- Titulação do borato formado com solução padronizada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Em presença do indicador, após completar a reação a solução tem cor vermelha. Este método tem como referência o Standard Methods (APHA, 2005, p.4), method 4500-NH3 C – Titrimetric Method.



#### 4.3.11 Teor de Óleos e Graxas (TOG)

A amostra para determinação deste parâmetro foi inicialmente submetida a uma extração com Hexano – HPLC e a fase extraída foi submetida à análise dos teores de óleos e graxas totais, por radiação infravermelho através de um InfraCal® TOG/TPH Modelo HATR-T2 da Wilks Enterprise, Inc. este método tem referência no Standard Methods, (APHA, 2005, p.4) 5520 C –Partition-Infrared Method.

#### 4.3.12 Metais traços e Fósforo Total

##### 4.3.12.1 Digestão Ácida por Microondas

As amostras destinadas a determinação de metais e Fósforo Total foram primeiramente submetidas para a abertura em um digestor de microondas, modelo DGT-100 plus da Provecto Analítica. Para este procedimento, adicionou-se 1 mL de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) concentrado, de alta pureza (P.A.) a 10 ml da amostra. A digestão foi realizada em 2 etapas, sendo a primeira com duração de 6 minutos em potência de 300 W e, a segunda de 6 minutos em potência de 0 W. Após total dissolução dos metais, as amostras foram filtradas, e avolumadas em balão de 50 mL e encaminhadas para determinação dos metais traços totais, através da técnica de Espectroscopia de Emissão com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

#### 4.3.12.2 Análise por ICP-OES

O equipamento utilizado nas análises foi um iCAP 6300 dual, Thermo Scientific. A amostra foi transportada para a tocha de plasma, por uma corrente de argônio, através do tubo central. Geralmente, a grande fonte de ruído deste tipo de técnica é a introdução de amostra. Os dispositivos mais utilizados para injeção de amostra são os nebulizadores. Os mais utilizados são os que operam com o princípio pneumático ou ultra-sônico. O tipo de nebulizador mais indicado para as amostras deste trabalho (doce e salobra) foi o nebulizador tipo “Meinhard” que dá uma boa sensibilidade para soluções com concentração salina abaixo de 1 %. As condições de geração estão descritas na tabela 4.4.

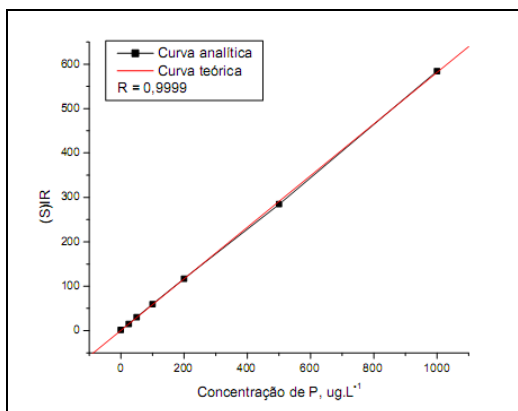
**Tabela 4.4:** Condições operacionais das análises:

PARÂMETROS	VALORES
Nº Replicatas	3
Visão	Axial
Tempo de integração – Altos comprimentos de onda	10 seg
Tempo de integração – Baixos comprimentos de onda	10 seg
RF power	1150 W
Gás auxiliar	0,5 L/min
Pressão da câmara de nebulização	0,16 MPa
Tipo nebulizador	Mira Mist

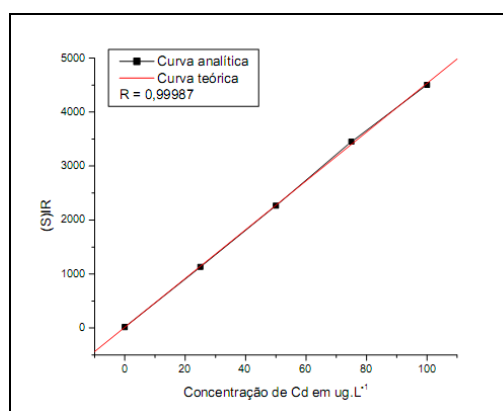
O equipamento foi calibrado utilizando-se para isso padrões multielementares, da marca Specsol, rastreáveis ao NIST e as curvas de calibração e os limites de detecção obtidos estão apresentados a seguir: (COSTA, 2008, p.66)

#### 4.3.13 Fósforo Total

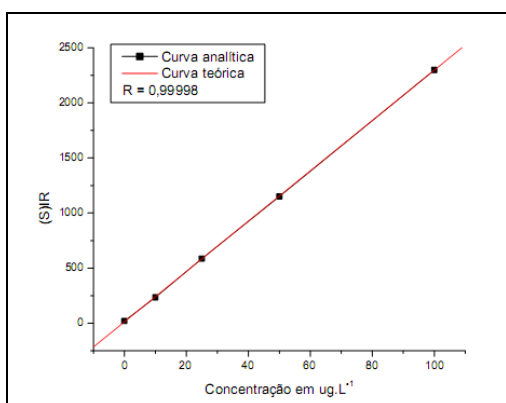
A determinação do fósforo total foi realizada em conjunto com a dos metais.



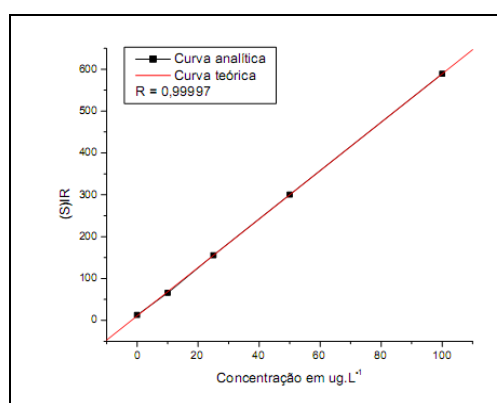
**Figura 4.9** – Curva analítica de Fósforo, em  $\mu\text{gL}^{-1}$ .



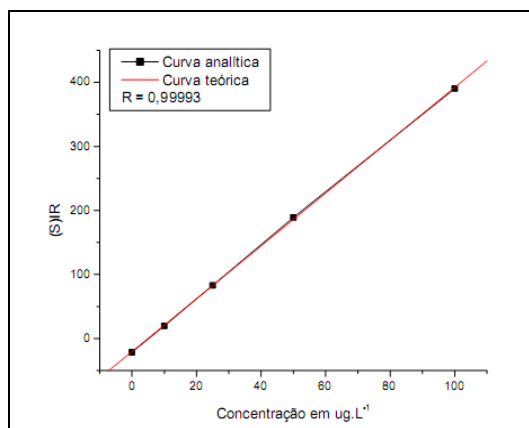
**Figura 4.10** – Curva analítica de Cádmiio, em  $\mu\text{gL}^{-1}$ .



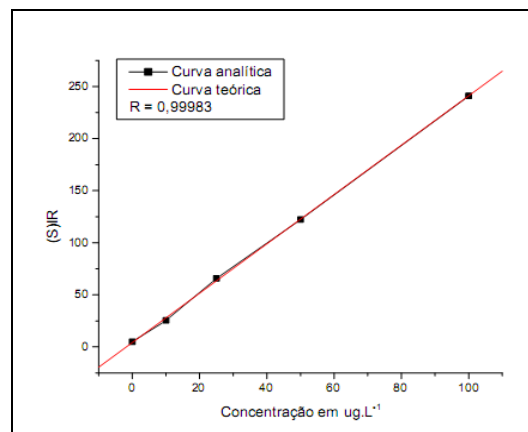
**Figura 4.11** – Curva analítica de Cromo, em  $\mu\text{gL}^{-1}$ .



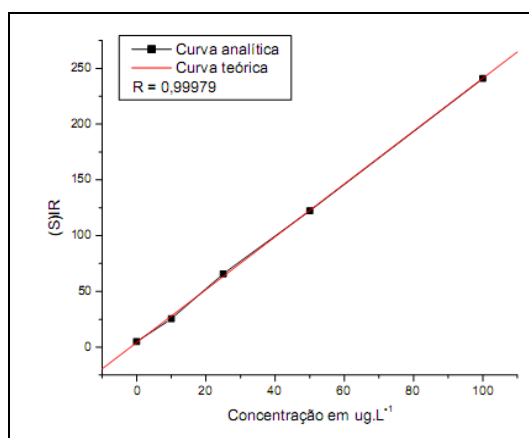
**Figura 4.12** – Curva analítica de Cobre, em  $\mu\text{gL}^{-1}$ .



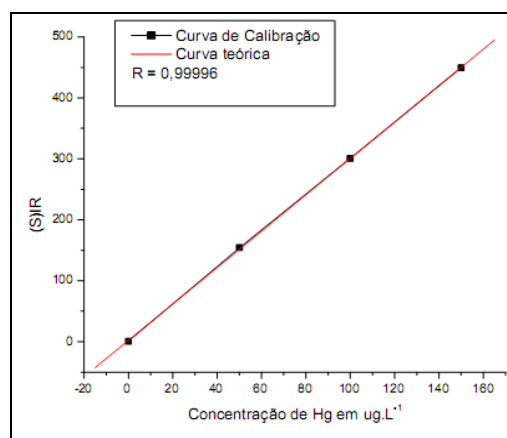
**Figura 4.13** – Curva analítica de Níquel, em  $\mu\text{gL}^{-1}$



**Figura 4.14** – Curva analítica de Chumbo, em  $\mu\text{gL}^{-1}$



**Figura 4.15** – Curva analítica de Zinco, em  $\mu\text{gL}^{-1}$



**Figura 4.16** – Curva analítica de Mercúrio, em  $\mu\text{gL}^{-1}$

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA - IQA

O IQA utilizado neste trabalho foi adaptado do original descrito pela National Sanitation Foundation, (NSF) pelo CETESB, e considerado o Nitrogênio Total, em vez

do nitrogênio nitrato, devido à presença do nitrogênio nas águas em outras formas, tais como o nitrogênio orgânico e o amoniacal. Os parâmetros utilizados para a determinação do IQA estão descritos na Tabela 4.5, bem como os respectivos pesos utilizados para o cálculo:

**Tabela 4.5** – Parâmetros e pesos para cálculo do IQA.

Nº	PARÂMETRO	UNIDADE	PESO (W)
1	Oxigênio Dissolvido (OD)	% saturação	0,17
2	Coliformes Termotolerantes (CF)	NMP/100mL	0,15
3	pH	-	0,12
4	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	0,10
5	Nitrogênio total (NT)	mg /L	0,10
6	Fósforo total (PT)	mg /L	0,10
7	Turbidez (Tur)	uT	0,08
8	Sólidos Totais (ST)	mg /L	0,08
9	Temperatura	°C	0,10

A fórmula utilizada para o cálculo do IQA é apresentada na equação 4.1:

$$\text{IQA} = \prod_{i=1}^9 q_i^{*w_i} \quad \text{Equação (4.1)}$$

Onde:

IQA – índice de qualidade da água, cujo valor varia de 0 a 100 obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$  obtido através da curva média específica de qualidade;

$w_i$  = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1

As curvas de variação de qualidade das variáveis ( $q_{is}$ ) podem ser verificadas no Anexo deste trabalho, bem como as tabelas contendo as expressões polinomiais utilizadas para o cálculo, adaptadas da CETESB (2008) e PNMA II (2005). Após

obtenção dos resultados, escolhe-se a expressão compatível com a faixa de concentração encontrada e calcula-se o IQA através do somatório dos resultados dos  $q_{is}$  encontrados multiplicados por seus respectivos pesos (Tabela 4.5), aplicando-se para isto a equação (4.1). O resultado encontrado deve ser comparado com os encontrados na tabela 4.6, a fim de se classificar o Índice de Qualidade das Águas.

**Tabela 4.6** - Nível de Classificação das Águas de acordo com o IQA-NSF

<b>Faixa</b>	<b>Nível de Qualidade</b>
90 < IQA <= 100	Excelente
70 < IQA <= 90	Bom
50 < IQA <= 70	Médio
25 < IQA <= 50	Ruim
00 < IQA <= 25	Muito Ruim

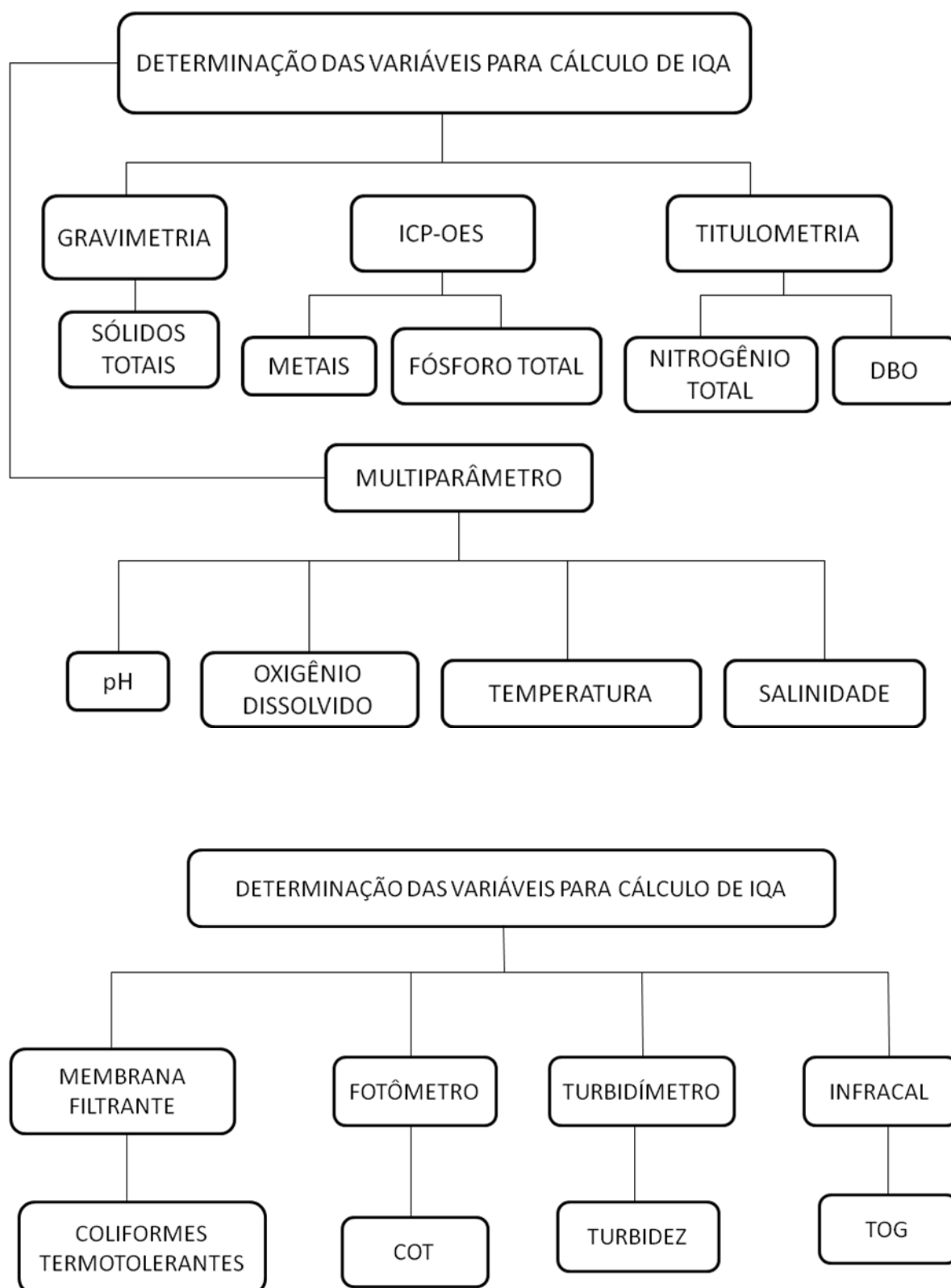
#### 4.5. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE TOXICIDADEZ - (IT)

Os sete metais integrantes do IT são os seguintes: cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, cromo, níquel e zinco. Caso um dos elementos ultrapasse o limite permitido pelos padrões da Resolução CONAMA n° 357/2005 para as classes de água o IT assumirá valor igual a zero. Caso contrário, será igual a um (1).

**Tabela 4.7** - Valores máximos permitidos para os metais tóxicos, segundo a resolução CONAMA 357/2005

METAIS	ÁGUAS DOCES	ÁGUAS SALOBRAS
	CLASSE 2 (mgL <sup>-1</sup> )	CLASSE 1 (mgL <sup>-1</sup> )
Cádmio	0,05	0,05
Chumbo	0,01	0,01
Cobre dissolvido	0,009	0,005
Mércúrio	0,0002	0,0002
Cromo	0,05	0,05
Níquel	0,025	0,025
Zinco	0,18	0,09

**Figura 4.17** - Fluxograma para sintetizar todas as análises realizadas





---

# CAPÍTULO 5

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

*" Bom mesmo é ir à luta com determinação; Abraçar a vida com paixão; Perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve... E a vida é muito para ser insignificante."*

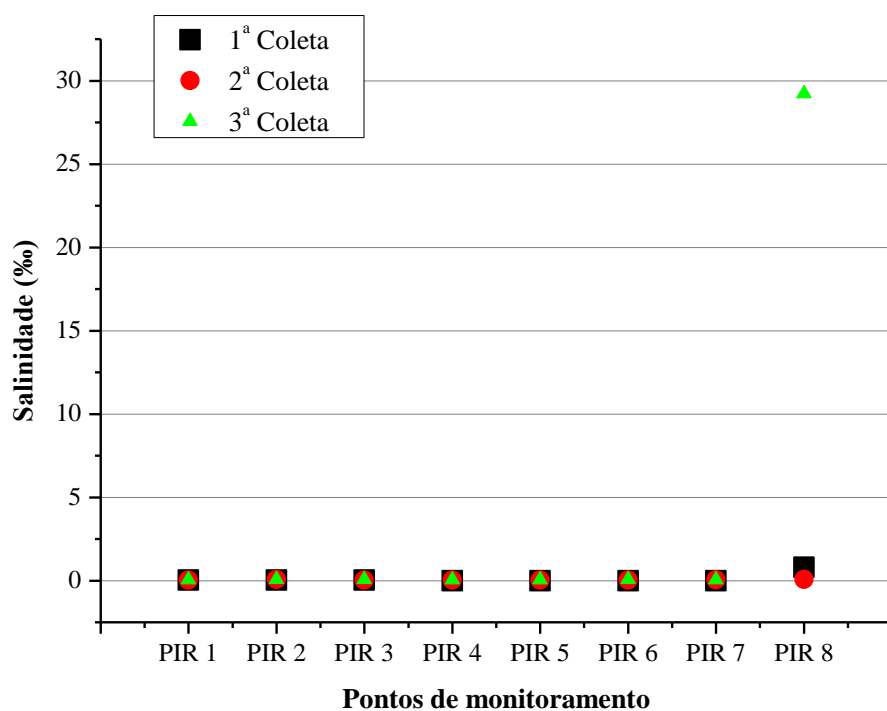
*(Charles Chaplin)*

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na Resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, as amostras foram analisadas e seus resultados, comparados com os padrões estabelecidos nesta legislação.

### 5.1 SALINIDADE

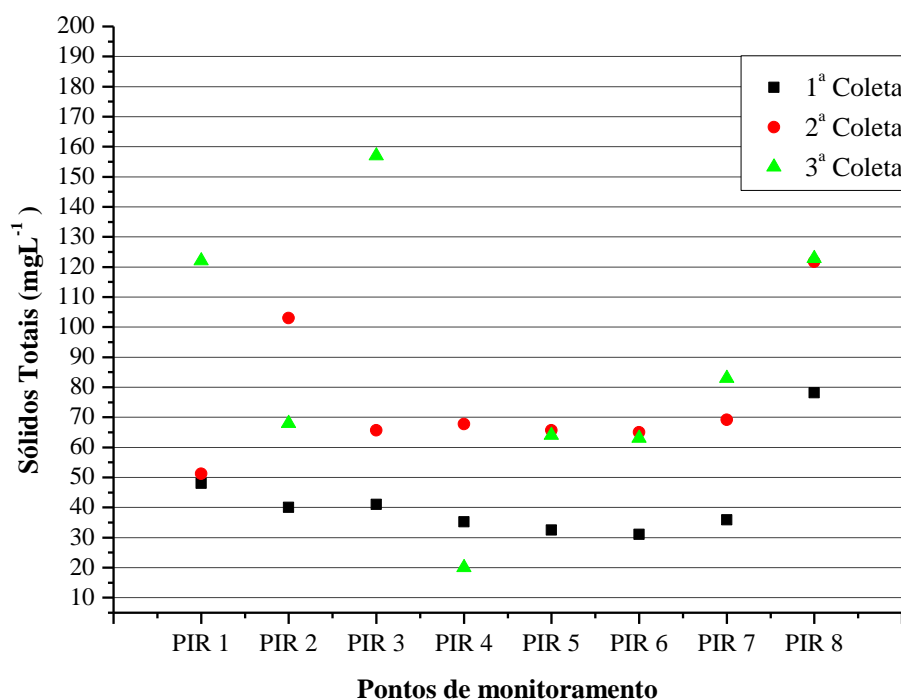
Como podemos observar na figura 4.1 a maioria dos pontos estão enquadrados de acordo com a classificação CONAMA 357/2005 em água doce, apresentando salinidade inferior a 0,5‰, o ponto PIR 8 na primeira e terceira coletas apresentou salinidade de 0,8‰ e 29,22‰ respectivamente, sendo enquadrado como água salobra, como o ponto PIR 8 é um ponto de estuário e no dia em que foi realizada a primeira coleta a maré estava baixa mas observou-se que ela estava aumentando então, supõe-se que ocorreu uma leve mistura da água do mar com o rio aumentando a salinidade. A terceira coleta foi realizada em maré alta, portanto houve a mistura das massas de água do mar com o rio tornando o ponto PIR 8 água salobra, chegando no limite para se tornar salina.



**Figura 5.1** - Gráfico da Salinidade referente às três coletas em cada ponto de amostragem

## 5.2 SÓLIDOS TOTAIS

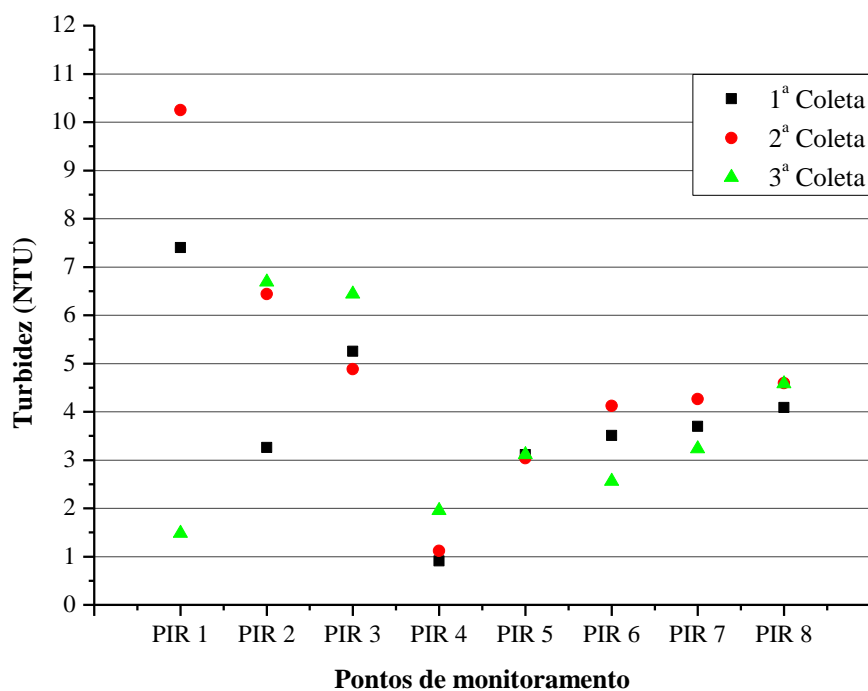
Os Sólidos Totais não é um parâmetro de controle da resolução CONAMA 357/2005, no entanto, a figura 5.2 mostra que o valor obtido para Sólidos Totais nas três coletas pode ser considerado baixo e aceitável para consumo humano pela Portaria 518- Ministério da Saúde que determina valor máximo de 1.000 mg/L ( Sólidos Totais Dissolvidos).



**Figura 5.2** - Resultado dos Sólidos Totais obtidos, em  $\text{mgL}^{-1}$  referente as três coletas em cada ponto de amostragem.

### 5.3 TURBIDEZ

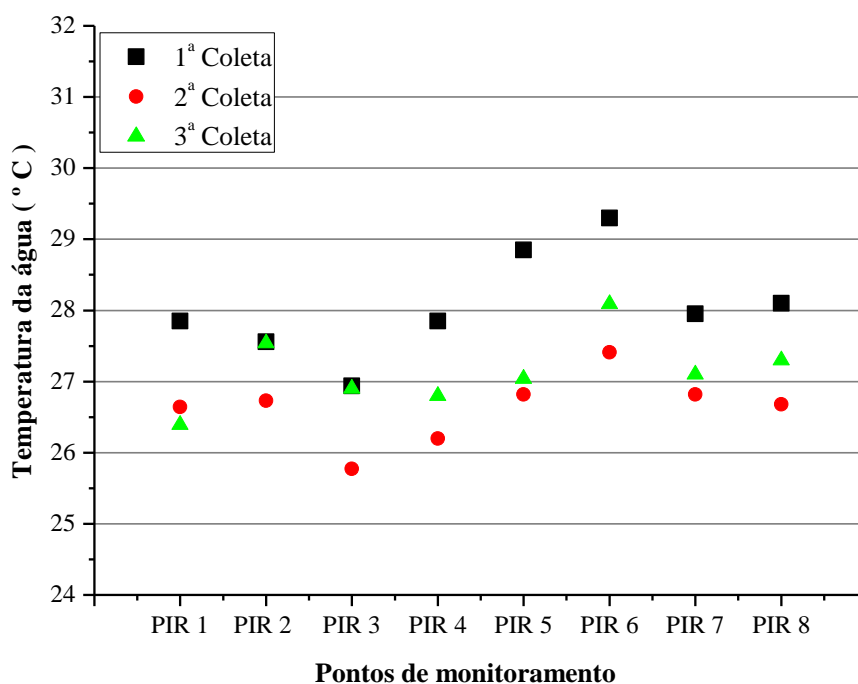
Observa-se na figura 5.3 que todos os valores da turbidez nas três coletas estão enquadrados dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 que determina valor limite para a turbidez de 100 UNT, esse parâmetro é confirmado pelos sólidos totais descrito no item 5.2, pois se a concentração de sólidos totais estivesse alta isto seria confirmado na turbidez, uma vez que a concentração de sólidos totais e turbidez estão relacionados entre si, pois quanto mais sólidos dissolvidos maior será a turbidez da água.



**Figura 5.3** – Gráfico da Turbidez referente às três coletas em cada ponto de amostragem

#### 5.4 TEMPERATURA

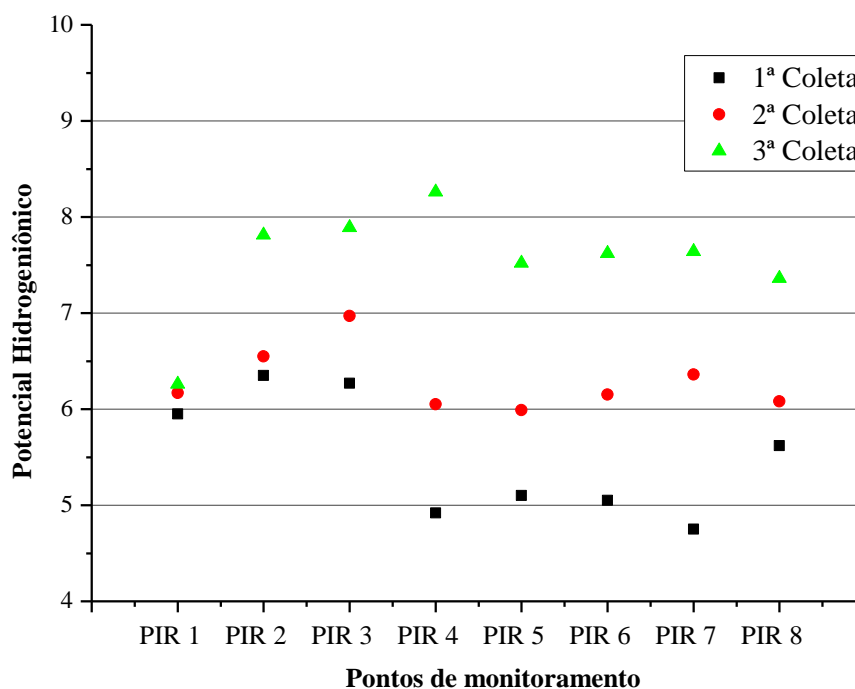
A temperatura é certamente uma característica física de muita importância dentre as variáveis que determinam o IQA, porque interfere constantemente na salinidade, pH, Oxigênio Dissolvido entre outros. Observamos que a temperatura da água na primeira campanha se mostraram bem maior que na segunda e terceira campanhas e isto se deve ao período em que foi realizada a coleta pois, a primeira foi realizada em novembro onde as temperaturas normalmente estão mais altas; diferente de junho quando estamos entrando na estação chuvosa.



**Figura 5.4-** Temperatura da água, no momento da coleta.

## 5.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Como mostrado na figura 5.5 os valores de pH para os pontos de amostragem estudados não são satisfatórios para seis pontos relativos a primeira coleta, apresentando menor valor de 4,75 (ponto PIR 7). No que diz respeito à resolução CONAMA 357/2005 estes não estão dentro dos conformes na questão limite padrão para os corpos de água doces que estabelece pH mínimo de 6,0 para águas doces e máximo de 9,0; 6,5-8,5 para águas salobras. Essa variação pode ser decorrente de algas que interferem no estudo de pH, pois as algas respiram, liberando CO<sub>2</sub> e tornando o meio levemente ácido, ou pode ser decorrente da presença de matéria orgânica que proporciona condições mais ácidas no ambiente aquático.

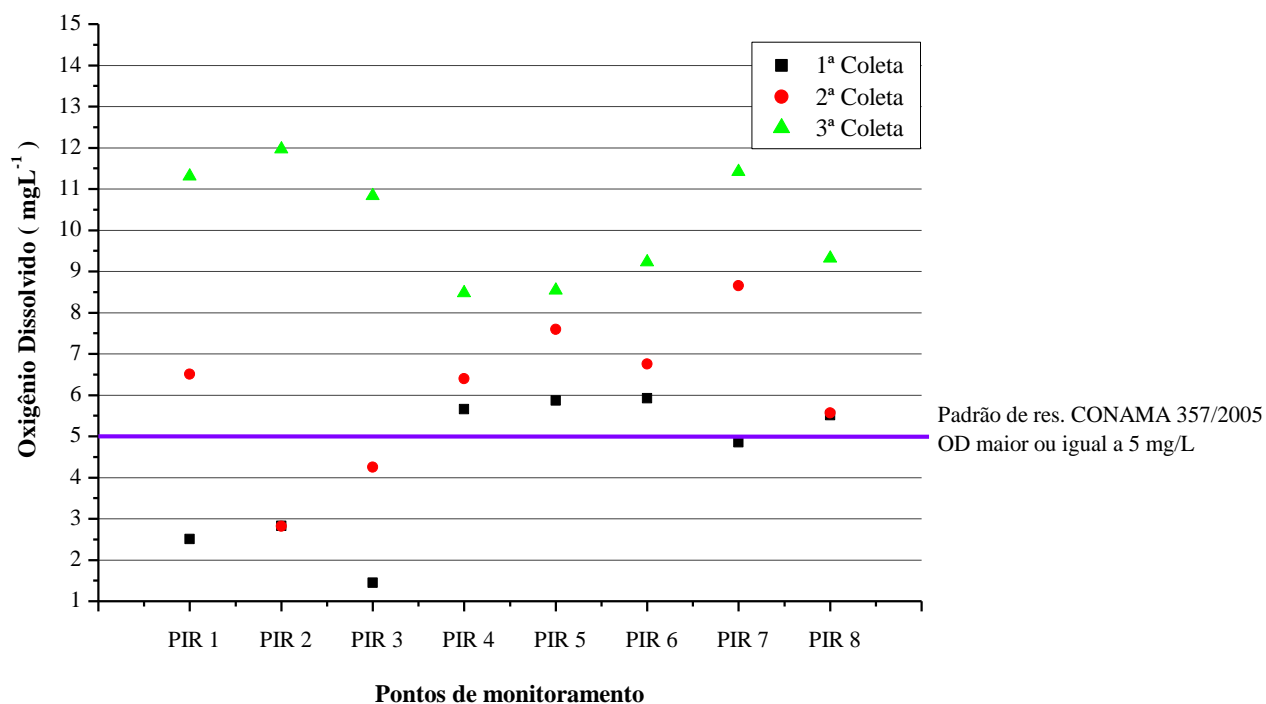


**Figura 5.5** - Gráfico com os valores do Potencial Hidrogeniônico (pH) referente às três coletas em cada ponto de amostragem.

## 5.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Geralmente o Oxigênio Dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microorganismos que se utilizam do oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. Analisando-se os resultados apresentados na figura 5.6 observa-se que a concentração de oxigênio dissolvido no ponto PIR1, PIR 2, PIR 3 e PIR 7 é menor na primeira coleta, já na segunda coleta, somente o ponto PIR 2 e PIR 3 é menor que o limite mínimo da resolução CONAMA 357/2005. Estes resultados mostram a introdução de matéria orgânica dos esgotos. Os

melhores resultados determinados para o Oxigênio Dissolvido na segunda e terceira coletas, devem-se principalmente ao maior volume de água devido ao período chuvoso.



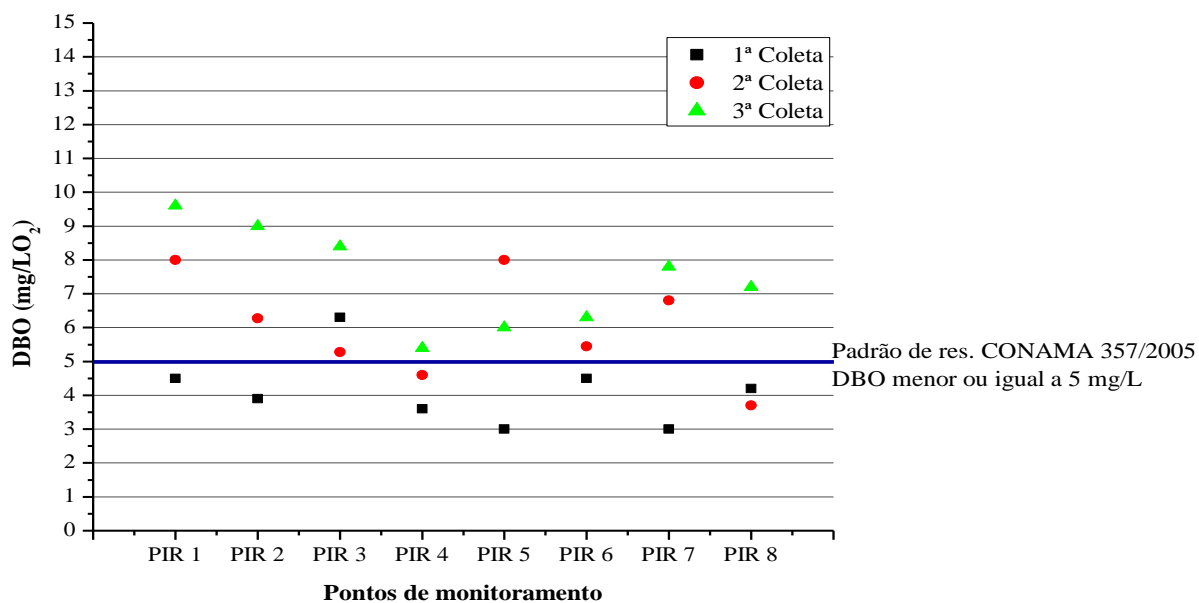
**Figura 5.6** - Gráfico da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) referente às três coletas em cada ponto de amostragem.

### 5.7 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A DBO é o parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. Nas águas naturais a DBO representa a demanda potencial de Oxigênio Dissolvido que poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que poderá trazer os níveis de oxigênio nas águas abaixo dos limites necessários para a sobrevivência dos peixes, levando-os à morte. É também uma ferramenta imprescindível nos estudos de auto-depuração dos cursos d'água. Constatamos na figura 5.7 que todos os pontos da terceira coleta e alguns da segunda coleta estão acima do permitido pela resolução CONAMA 357/2005 que determina um



limite máximo de referência de 5mg/L de DBO para água, evidenciando a presença de despejos de origem predominantemente orgânica. Apenas o ponto PIR 3 nas três campanhas se mostrou em desconformidade e isto provavelmente está associado a despejos de esgotos domésticos *in natura*.

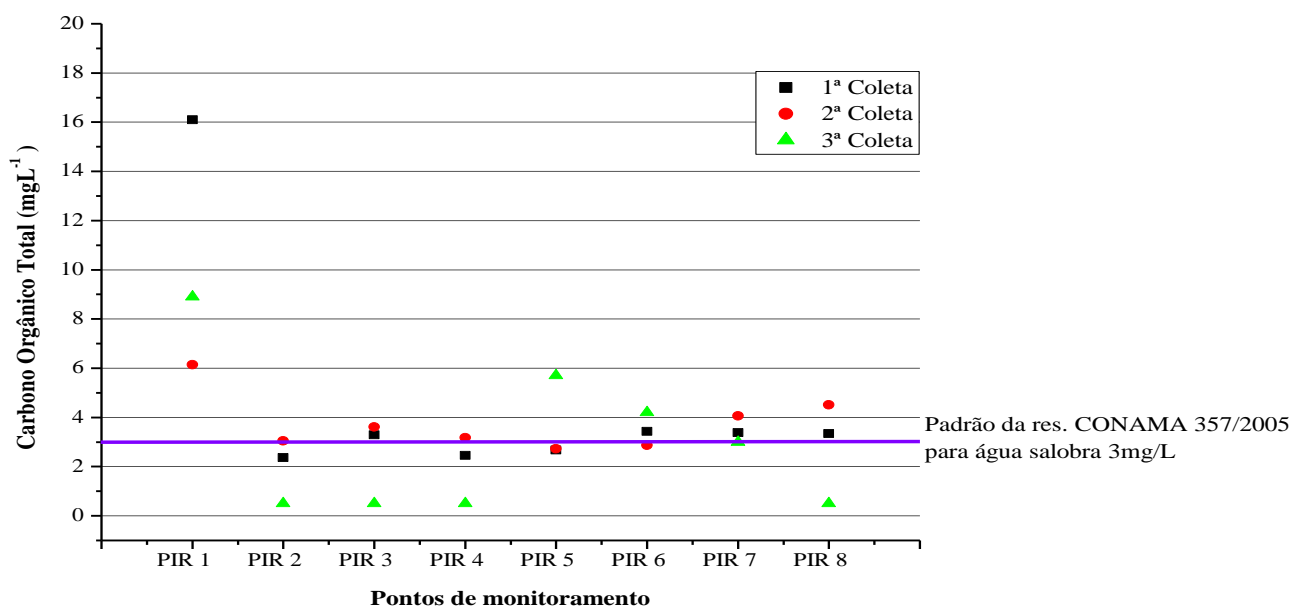


**Figura 5.7** - Gráfico da concentração de DBO referente às três coletas em cada ponto de amostragem.

## 5.8 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

O Carbono Orgânico Total visa identificar a contaminação da água com a presença de impurezas orgânicas. A concentração de COT só é referenciada na resolução CONAMA 357/2005 para águas salobras e salinas, onde seu limite máximo permitido é de 3 mg/L. Observamos na figura 4.8 que o ponto (PIR 8) na segunda e primeira coletas não estão enquadrados dentro dos limites, evidenciando uma possível contaminação por despejos orgânicos nesse ponto. Para o ponto PIR 1 apesar da

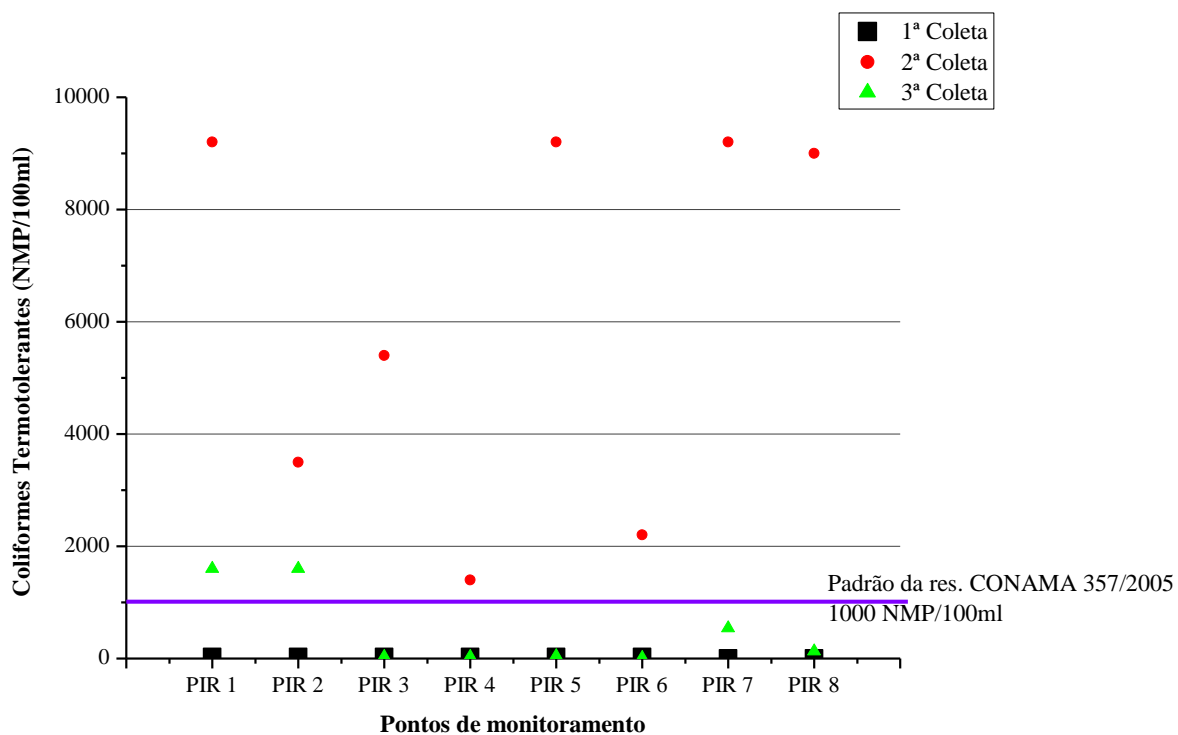
resolução não referenciar valores para água doce constatamos que os valores foram bem maiores, evidenciando um maior despejo orgânico nesse ponto.



**Figura 5.8** – Gráfico da concentração de Carbono Orgânico Total (COT) referente às três coletas em cada ponto de amostragem.

## 5.9 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

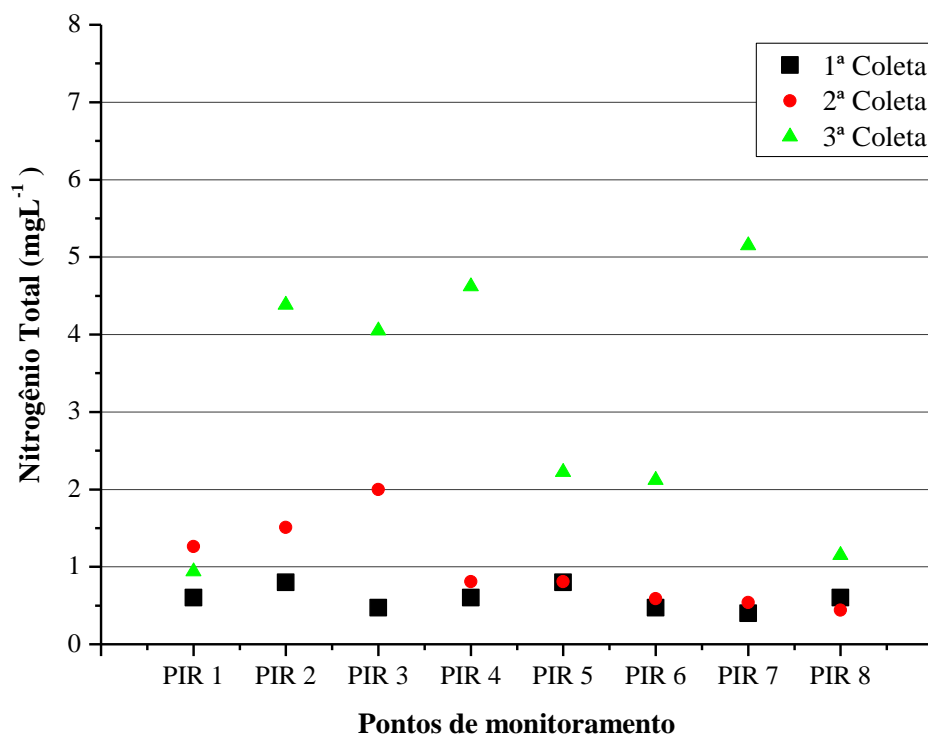
Os Coliformes Termotolerantes pertencem a um subgrupo de microrganismos e são exclusivamente do trato intestinal. A presença de coliformes termotolerantes determina a origem fecal da contaminação, indicando risco da presença de outros microrganismos patogênicos. Como podemos verificar na figura 5.9 foi identificado uma quantidade significativa de coliformes termotolerantes na segunda coleta, estando todos os pontos em desconformidade com a resolução CONAMA que limita 1000NMP/100ml de coliformes, isso se deve provavelmente ao período em que foi feita a coleta (junho de 2009) chuvoso, onde ocorre arraste de poluentes, pois se existisse fonte poluidora, as três coletas em todos os pontos estariam em desconformidade, e isto não ocorreu; apresentou desconformidade apenas em um período.



**Figura 5.9** - Gráfico da concentração de Coliformes termotolerantes, referente às três coletas em cada ponto de amostragem.

## 5.10 NITROGÊNIO TOTAL

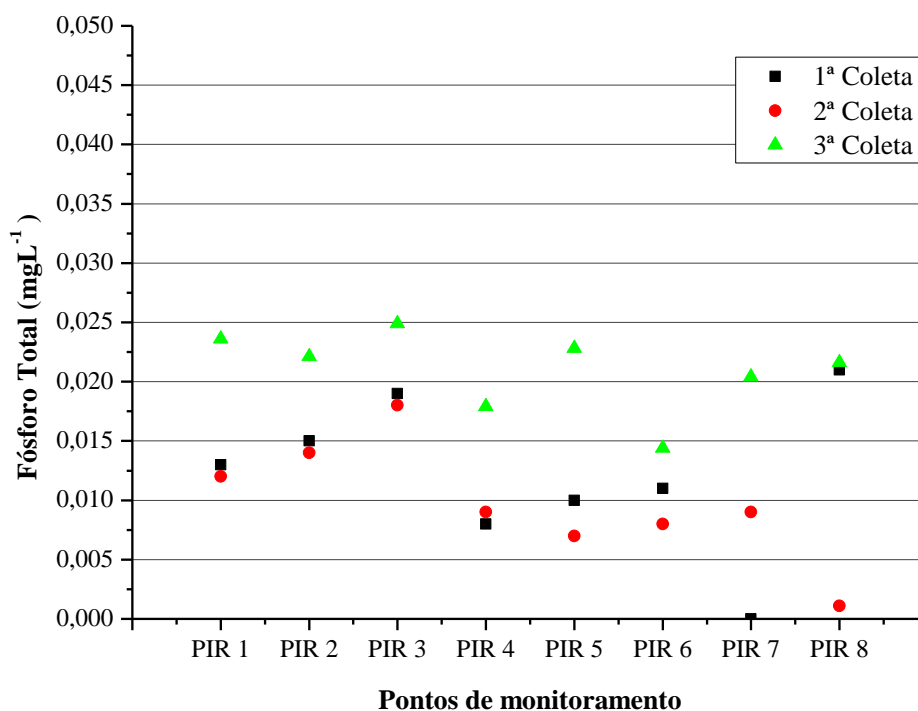
O nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas: molecular, amônia, nitrito, nitrato; é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização. A resolução CONAMA 357/2005 não referencia um valor limite para o Nitrogênio Total, mas observamos na figura 5.10 que os valores do Nitrogênio Total na terceira coleta estão acima dos valores referentes a primeira e segunda coletas.



**Figura 5.10** - Gráfico da concentração de Nitrogênio Total, das três coletas em cada ponto de amostragem.

### 5.11 FÓSFORO TOTAL

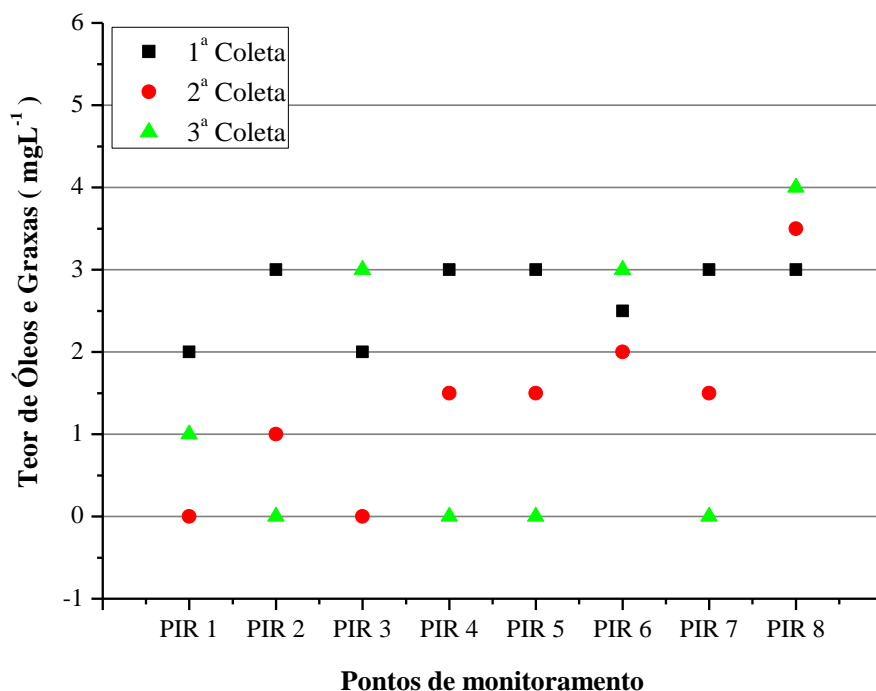
Observamos para o Fósforo Total que todos os valores encontrados estão dentro das conformidades da resolução CONAMA 357/2005 que determina valor máximo de 0,1 mg/L para águas doces de ambientes lóticos e de 0,124mg/L para águas salobras.



**Figura 5.11-** Gráfico da concentração de Fósforo Total, das três coletas em cada ponto de amostragem

## 5.12 TEOR DE ÓLEOS E GRAXAS (TOG)

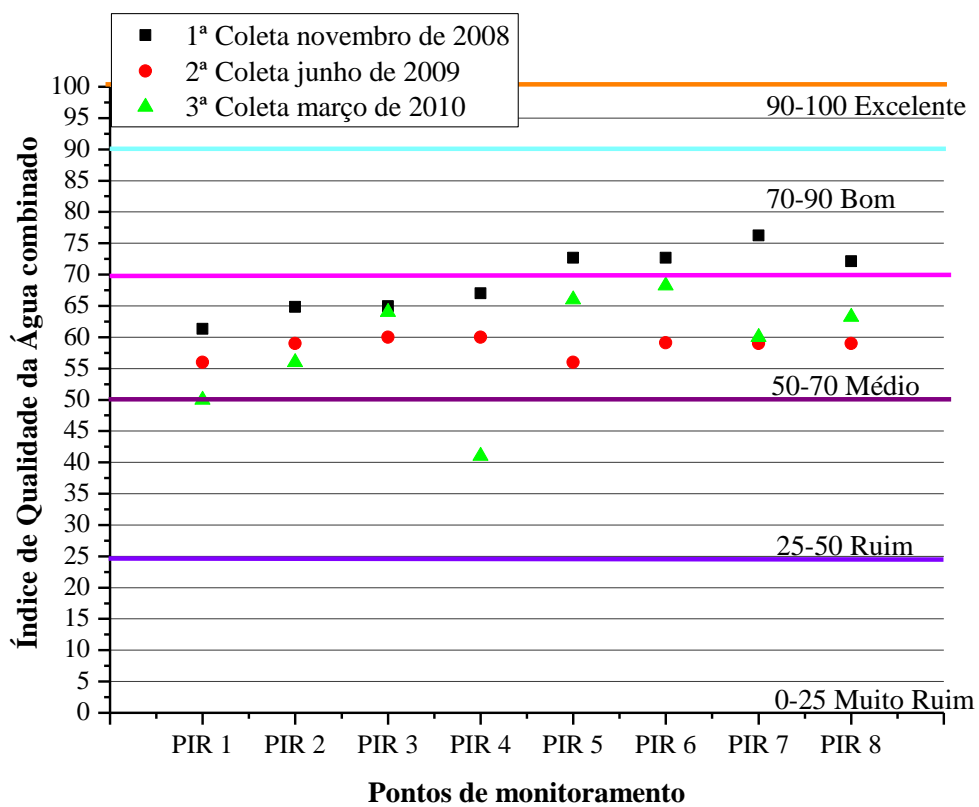
A concentração do teor de óleos e graxas foi baixa, inexpressiva em cada ponto apresentando leitura máxima de apenas 4,0 mg/L. O TOG não é um parâmetro mensurável na resolução citada, o padrão aceitável é que a concentração seja mínima a tal ponto que não se observe nenhum resíduo, ou seja, virtualmente ausente.



**Figura 5.12** - Gráfico do Teor de Óleos e Graxas referente às três coletas em cada ponto de amostragem.

### 5.13 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Como podemos verificar na figura 5.13 os pontos relativos a primeira campanha enquadraram-se entre bom e ótimo, na terceira campanha apenas dois pontos não se enquadraram na classificação boa, podemos verificar também que todos os pontos da segunda coleta também estão classificados como boa, mas tiveram uma pequena redução, que provavelmente está relacionada ao período chuvoso, pois neste período ocorre mais arraste de poluentes do solo para a água. Apenas o ponto PIR 1 e PIR 4 estão classificados como ruins que foi ocasionado pelos altos valores de DBO e baixos valores de pH, encontrados para os dois pontos na terceira campanha, além de baixo valor de OD para o PIR 1, assim como alto valor de coliformes termotolerantes para o mesmo ponto, ocasionando uma redução significativa no cálculo final da qualidade destes pontos.



**Figura 5.13** – Gráfico do Índice de Qualidade da Água Combinado (IQAc) calculado para cada ponto.

## 5.14 METAIS TRAÇOS-ÍNDICE DE TOXIDAZ (IT)

**Tabela 5.1:** Referente ao índice de toxidez da 1ª Coleta

Pontos	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Níquel	Mercúrio	Zinco
PIR 1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,028
PIR 2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,029
PIR 3	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,028
PIR 4	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,036
PIR 5	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,024
PIR 6	< 0,001	< 0,001	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,027
PIR 7	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PIR 8	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,028

Podemos observar que na Tabela acima a maior parte dos metais deu abaixo do limite de detecção do equipamento, observando os valores que não deram abaixo do limite de detecção e comparando com os valores limites permitidos pela resolução CONAMA 357/2005 constatamos que todos estão dentro dos limites permitidos. O zinco, por exemplo, possui VLP para o tipo de água enquadrada de classe 1(água doce) e ambientes lóticos de 0,18 mg/L e o cobre de 0,009 mg/L.



**Tabela 5.2:** Referente ao índice de toxidez da 2ª Coleta

Pontos	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Níquel	Mercúrio	Zinco
PIR 1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,084
PIR 2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,077
PIR 3	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,074
PIR 4	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,081
PIR 5	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,051
PIR 6	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,060
PIR 7	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,070
PIR 8	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,080

Na segunda coleta observamos que todos os valores analisados de cada metal também estão dentro dos limites determinados pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces e ambientes lóticos.

**Tabela 5.3:** Referente ao índice de toxidez da 3ª Coleta

Pontos	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Níquel	Mercúrio	Zinco
PIR 1	< 0,001	0,004	0,008	0,006	< 0,001	< 0,001	0,065
PIR 2	< 0,001	0,007	0,011	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,761
PIR 3	< 0,001	0,007	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,126
PIR 4	< 0,001	0,007	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,086
PIR 5	< 0,001	0,005	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,089
PIR 6	< 0,001	0,005	0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,092
PIR 7	< 0,001	< 0,001	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,087
PIR 8	< 0,001	< 0,001	0,005	< 0,001	0,007	< 0,001	0,043

O valor máximo permitido para o chumbo em ambientes lóticos para águas doces, salobras e salinas é de 0,01 mg/L, assim podemos constatar que para o enquadramento da água estudada para todos os pontos analisados os valores estão em conformidade com o limite da resolução CONAMA 357/2005.

**Tabela 5.4:** Índice de Toxidez para as três coletas

Pontos	IT da 1ª Coleta	IT da 2ª Coleta	IT da 3ª Coleta
PIR 1	1,0	1,0	1,0
PIR 2	1,0	1,0	1,0
PIR 3	1,0	1,0	1,0
PIR 4	1,0	1,0	1,0
PIR 5	1,0	1,0	1,0
PIR 6	1,0	1,0	1,0
PIR 7	1,0	1,0	1,0
PIR 8	1,0	1,0	1,0

Verificando a tabela 5.4 podemos constatar que todos os valores dos metais traços nas três coletas ficaram abaixo do que determina a resolução CONAMA 357/2005 atribuindo valor um a cada metal nas três coletas e confirmando assim a nota atribuída ao IQA, resultando no Índice de Qualidade da Água combinado (IQAc).

---

---

# *CAPÍTULO 6*

# *CONCLUSÕES*

---

---

*"Aprendi que Deus sempre me escuta, mesmo quando nada lhe digo".*

*(Legrand)*

## 6 CONCLUSÕES

- A ação humana sobre o meio aquático é a responsável pelas maiores alterações na composição da água. Os rios vêm sendo depositários de rejeitos por muitos anos, alterando profundamente esse meio natural.
- A poluição das águas que são expressas através de medições dos parâmetros de IQA, significam que os usos da água de alguma forma foram prejudicados. O conhecimento do uso e ocupação do solo pode indicar as fontes potenciais de poluição e a proteção dos recursos hídricos depende fundamentalmente de medidas disciplinadoras desse uso.
- A qualidade da água reflete as atividades que estão sendo desenvolvidas em toda a Bacia Hidrográfica, onde cada um de seus usos produz um efeito específico e característico.
- O IQA em quase todos os pontos apresentaram classificação MÉDIA e BOA, com exceção de apenas dois pontos.
- Os pontos PIR 01 e PIR 04 apresentaram condições impróprias para banho e para consumo, demonstrando a necessidade de sinalização desta condição no local, até que medidas corretivas sejam tomadas.

---

# *CAPÍTULO 7*

## *SUGESTÕES PARA*

### *TRABALHOS FUTUROS*

---

*“Grandes realizações são possíveis quando se dá importância aos pequenos  
começos”.*

*(Lao-Tse)*

## 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Poderá ser determinado o Índice de Estado Trófico-IET, para se ter uma noção do grau de eutrofização desta bacia.
- Poderá ser analisado outros parâmetros que não estão inseridos no IQA para análise mais aprofundada de cada ponto.
- Poderá ser monitorado todos os pontos que deram concentração em desconformidade com a RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 para descobrir os agentes causadores da poluição.
- Sugere-se o monitoramento dos metais traços em sedimento de fundo para se ter um histórico do acumulativo de metais nesta bacia.

---

---

# REFERÊNCIAS

---

---

*"Amarás o senhor teu Deus, de todo o teu coração, de toda a tua alma, de toda as tuas forças e de todo o teu entendimento."*

*(Lc 10:27)*

## REFERÊNCIAS

ALVES, F. L. **Emprego da Amostragem de Suspensão na Determinação de Metais em Amostras Antárticas e de sedimento de Rio por Espectrometria de absorção Atômica com Chama**. 2001, 114f Tese de Doutorado (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. Disponível em: < <http://www.biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/ficha46859htm>> Acesso em 12 dez 2008

ANDRADE, T. M. B. **Estudo das variações espaciais e temporais das concentrações de cromo (Cr) no córrego dos bagres no município de franca-SP**. 2004, 81f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de ciências biológicas) - Faculdade de filosofia ciências e letras de Ribeirão Preto. Disponível em: < [http://www1.capes.gov.br/estudos/.../2004\\_006\\_33002029033P0\\_Proposta.pdf](http://www1.capes.gov.br/estudos/.../2004_006_33002029033P0_Proposta.pdf) > Acesso em 21 dez 2008

APHA American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. USA, editor: APHA American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 2005

BARBOSA, F. G. **Variações espaciais e temporais de nutrientes dissolvidos e metais traço na área portuária da cidade do Rio Grande (Estuário Lagoa dos Patos-RS)** 2006, 135f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia física, Química e Geologia) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte-Natal, 2006.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BEVILACQUE, J. E. (1996). **Estudo Sobre a Caracterização e a Estabilidade de Amostras de Sedimento do Rio Tietê**. - Tese de Doutorado (Doutorado em Química) – Instituto de Química – São Paulo. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid)>. Acesso em 05 jan 2009

BEZERRIL, R. H.; ZANBOTTO RAMALHO A. M.; SOUZA D. K.; BARILLAS, J. L. M. New Method for Extraction of Oils and Greases From Produced Water Using Microwave Techniques. **Society of Petroleum Engineers**, p. 6. Disponível em: <<http://www.onepetro.org/mslib/servlet/onepetroreview?id=SPE-123005-MS&soc=SPE>>. Acesso em: 09 de jan. de 2009. doi: 10.2118/123005-MS

BRASIL, Resolução CONAMA, N.357; 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em 25 jan 2009



CAERN-Companhia de Águas e esgotos do Rio Grande do Norte. **Relatório técnico**. Natal: CAERN, 2003. 35f. Disponível em: <[http://www.caern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/caern/principal/gerados/qualidade\\_agua.asp](http://www.caern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/caern/principal/gerados/qualidade_agua.asp)>. Acesso em 28 out 2007

CALMANO, W.; HONG, J.; FORSTNER, U. (1993) Binding and mobilization of heavy metal in contaminated sediments affected by ph and redox potencial. **Water Science Technology**, Bethesda, v.28, p.223-235. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100...script>> Acesso em: 02 de fev. 2009. doi:0100

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do estado de São Paulo**, 2004. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Noticias/004/04/20\\_relatorioaguas.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Noticias/004/04/20_relatorioaguas.asp)>. Acesso em 08 dez 2008

COSTA, E. C. T. A. **Diagnóstico ambiental das águas do estuário Jundiá-Potengi pela determinação dos índices de qualidade da água e toxidez**. 2008, 135f Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008

COTTA, J.A.O. **Diagnóstico Ambiental do Solo e Sedimento no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR)**. 2003, 130f. Dissertação (Mestrado em Química)- Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, São Paulo. Disponível em : <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../tde-17082004-110811/>>. Acesso em 05 mar 2007

COTTA, J. A. O. ; REZENDE, M. O. O. ; PIOVANI, M. R. Avaliação do Teor de Metais em Sedimento do Rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - Petar, São Paulo, Brasil. **Quim. Nova**, v.29, n. 1, p 40-45, 2006. Disponível em: <<http://www.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2006/vol29n1/index.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2006. doi:08-AR04334

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. p.190

FERNANDES, H. M.; Conti, L. F. C.; PATCHINEELAM, S. R.; An assessment of the pollution of heavy metal in Jacarepagua basin, Rio de Janeiro, Brasil: statistical approach. **Environ. Technol.** v.15, n.87,1994 .Disponível em: <<http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t791546829>>. Acesso em: maio de 2006. doi: 791546829

FERRETTI, R. A Bacia Hidrográfica – Questões metodológicas. In: VII SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7, 1997, Curitiba. Anais do I fórum latino-americano de geografia física e aplicada. Disponível em :  
<[http://www.capes.gov.br/.../036/2006\\_036\\_31004016035P5\\_Disc\\_Ofe.pdf](http://www.capes.gov.br/.../036/2006_036_31004016035P5_Disc_Ofe.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2006

FORSTNER, U. Metal Especiaton – General Concepts and Applications. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v.51, p.5-23, 1993. Disponível em: <<http://www.informaworld.com/0306-7319>>. Acesso em: jun. 2005.doi:0306-7319

FORSTNER, U; WITTMANN, G. T. W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. 2º ed. Berlin: Springer – Verlag, p.931,1981

GUERRA, A.J.T.;CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 16, 2000

GUEVARA-RIBA, A.; Rubio, R.; Rauret, G.; Muntau, H.; Sahuquillo, A. **Analytica Chimica Acta**, v.555, p.384-390, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal00032670/>>. Acesso em: 02 abr. 2007

GUIMARÃES, V. **Resíduos de Mineração e Metalurgia. Efeitos Poluidores em Sedimentos e em Espécies Biomonitora Rio Ribeira de Iguape**. 2007, 180f Tese (Doutorado em Química) São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/.../tde-14062007-161240/>>. Acesso em 29 jan 2009

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatório do censo 2002**, 35 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 30 nov. 2009

IDEMA , Instituto de Desenvolvimento Sustentável e meio ambiente do Rio Grande do Norte. 2002 **Relatório técnico**. Disponível em : <<http://www.idema.rn.gov.br>>. Acesso em: 20 de dez. 2005

JARDIM, G.M. **Estudos Ecotoxicológicos da Água e do Sedimento do Rio Corumbataí**. 2004,128 p. Dissertação (Mestrado em Química). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde.../GlauciaJardim.pdf>>. Acesso em 13 maio 2005

JERONYMO, S.I. **Aplicação da técnica de espectrometria de massa, tipo quádruplo, acoplada á fonte de plasma induzido por argônio (ICP-MS), na determinação de elementos traço em água, em líquido de diálise e em soro de pacientes renais crônicos submetidos a tratamento de hemodiálise**. 2002, 130p. Tese (Doutorado em Química)-Faculdade de ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60137/tde.../Simplificada.pdf>>. Acesso em 24 jun 2007

JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONÇA, A.S.F.; ZANDONABE, E.; Distribuição de Metais Pesados em Sedimentos do Sistema Estuarino da Ilha de Vitória-ES **Quim. Nova**, v.27, n.3 p.378, 2004 Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n3/index.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2008. doi:03-AR03073

LEITE, M. A. **Análise do aporte, da taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do Reservatório de Salto Grande, Americana-SP**. 2002, 199f. Tese (Doutorado em engenharia Ambiental) - Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em : <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde.../Mauricioleite.pdf>>. Acesso em ago 2006

LEMES, M. J. L.; Filho, P. M. F.; Pires, M.A.F. Influência da Mineralogia dos Sedimentos das Bacias Hidrográficas dos Rios Ogiguaçu e Pardo na Composição Química das Águas de Abastecimento Público. **Quim. Nova**, v. 26, n. 1, p.13-20, 2003. Disponível em:<<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2003/vol26n1/index.htm>> Acesso em: mar. 2007. doi:03

LIMA, M.C.; GIACOMELLI, M.B.O.; SUPP, V.; ROBERGE, F.D.; BARRETA, P.B.; Especiação de Cobre e Chumbo em Sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo Método Tessier. **Quim. Nova** v. 24, n.6 p.734, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php/script.../nrm\\_iso](http://www.scielo.br/scielo.php/script.../nrm_iso)>. Acesso em: 16 mar. 2007. doi:04

MACÊDO, J. A. B. **Introdução à Química ambiental: Química, Meio Ambiente e Sociedade**. 2 ed. Juiz de Fora-MG. Bookman , 2002. p.487

MACK, C.; BURGESS, J. E.; DUNCAN, J. R.; Membrane bioreactors for metal recovery from wastewater: a review. **Water SA**, v.30 n.4, p.521-532, 2004. Disponível em:<<http://ajol.info/index.php/wsa/issue/view/605>>. Acesso em: 28 de set. 2008. doi:605

MARENGO, E.; Gennaro, M. C.; Robotti, E.; Rossanigo, P., Rinaudo, C., Roz-Gastaldi, M. Investigation of anthropic effects connected with metal ions concentration, organic matter and grain size in Bormida river sediments. **Analytica Chimica Acta** v.560 n.1 p.172-183, 2006. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/>>. Acesso em: 6 out. 2009. doi:00032670

MEDEIROS, J. R. Avaliação da Qualidade da água da bacia hidrográfica Pirangi através da aplicação do Índice de Qualidade da água (IQA). CONGRESSO DE GESTÃO AMBIENTAL PÚBLICA E PRIVADA:12, 2008. Natal-RN. **Anais...** Natal: CEFET, 2008.disponível em:

<<http://www.google.com.br/Ambiental/XII-Ramalho-Brasil.doc>>. Acesso em: 30 abr. 2009

MILLER, G. TYLER. **Ciência Ambiental**. Tradução da 11. ed. Norte-Americana. São Paulo: Cengage Learning , 2008. p.468

MORRISON, G.; FATOKI, O. S.; ZINN, E.; JACOBSSON, D. Sustainable development indicators for urban water systems: A case study evaluation of King William's Town, South Africa, and the applied indicators **Water SA**. v.27 n.2, p219-232, 2001. Disponível em: <<http://ajol.info/index.php/wsa/article/view/4996>>. Acesso em: maio 2009. doi:12465

MULLIGAN, C. N.; YONG, R. N.; GIBBS, B. F. **Engineering Geology**, v.60, n.2 p193- 207, 2001. Disponível em: <<http://www1.elsevier.com/homepage/sad/.../html>>.Acesso em: jan. 2010. doi:00137952

NASCIMENTO, L. A. **Avaliação da influência da produção de petróleo na concentração de metais traços e orgânicos totais em sedimentos da Bacia Piranhas-Açu**. 2008. 108f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008

NOVOTNY, V. Diffuse sources of pollution by toxic metals and impacto n receiving Waters. In: SALOMONS; FORSTNER V. MADER, P. **Heavy metals: problems and solutions**. 2 ed. Germany: Springer, 1993 p. 33

OCHIAI, E. I. Toxicity of heavy metals and biological defense. Principles and applicatons in bioinorgânic chemistry-VII **Jounal of chemical education**, Huntigdon, v.72, n.4 p.479- 483,1995. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext)>. Acesso em: 13 dez. 2008

OLIVEIRA, J. B. **Diagnóstico geoquímico de água e sedimento de fundo da lagoa de extreoz-Região da grande natal-RN**. 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-graduação em Química,Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006

PASCHOAL, C. M. R. B. **Avaliação Ecotoxicológica de sedimentos em reservatórios da bacia do rio Tietê, SP, com ênfase na aplicação do estudo de AIT-Avaliação e identificação da toxicidade**. 2002.145f.Tese (Doutorado em engenharia química)- Escola de engenharia de São Carlos,Universidade de São Paulo,São Carlos. Disponível em:

<[http://www.cena.usp.br/.../teses/Qualidade\\_da\\_agua\\_do\\_rio\\_Corumbatai.pdf](http://www.cena.usp.br/.../teses/Qualidade_da_agua_do_rio_Corumbatai.pdf)>. Acesso em mar 2010

PINHEIRO, C. H. R.; SÍGOLO, J. B. Metais Pesados e a Dinâmica Lacrúste no Parque Ecológico do Rio Tiête – Centro de Lazer Engenheiro Goulart – RMSP. **Geol. USP Sér.Cient.**, São Paulo, v.6, n.1, p.29-39, 2006

<<http://www.sistemas1.usp.br:8080/fenixweb//fexDisciplina?sgldis>>. Acesso em 09 maio 2010

PNMA II. Índice e indicadores de qualidade da água-Revisão da Literatura. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume\\_1.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume_1.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2009

ANDRÉA, F. A; SILVA, N.L.M.;CURI, N.; GUILHERME, G. R.L. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences** v. 39, n.2, p.1-9, 2003. Disponível em:

< <http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v39n2/19853.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2008.

ROBAINA, L. E.S; FORMOSO, M.L.L.; PIRES, C.A.F. Metais pesados nos sedimentos de corrente como indicadores de risco ambiental - vale do Rio dos Sinos, RS **Revista do Instituto Geológico**, v.23 n.2, p.35-47, 2002. Disponível em:

<<http://www.ufrgs.br/ppggeo/artigospublicados.htm>>. Acesso em: 07 de ago. 2008

SALATI, E. **Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do rio Corumbataí, SP**. 1996.199f. Tese (Doutorado engenharia química)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

<<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/.../1142>>. Acesso em 12 dez 2006

SALOMONS, W. Biogeochemistry of contaminated sediments and soils: Perspectives for future research **Journal of Geochemical Exploration**, 1998 v.62 p. 37-40.

SANTOS, D.M.; BOSSINI, J. A. T.; PREUSSLER, K. H.; VASCONSELOS, E. C.; CARVALHO-NETO, F. S.; CARVALHO-FILHO, M. A. S. Avaliação de Metais Pesados na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob a Influência das Atividades Antrópicas. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, vol.1, n.2, p.157-160, 2006. Disponível em:

<<http://www.ecotoxbrasil.org.br/index.php?option=com...brasil>>. Acesso em: 11 dez. 2009

SARKAR, S. K.; FRANCISKOVIC-BILINISKI, S.; BHATTACHARYA, A.; SAHA, M.; BILINSKI, H. **Environment International** v.30 p. 1089-1098, 2004. Disponível em:< <http://www.abq.org.br/cbq/2008/.../5/5-270-2791.htm>>. Acesso em: 29 Nov. 2008. doi:5-270-2791

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS (Rio Grande do Norte). Disponível em:

<<http://www.semarh.rn.gov.br/consulta/cBaciaDetalhe.asp?CodigoEstadual=09>>.

Acesso em: 10 Nov. 2009

SERHID – Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos. Bacias hidrográficas do RN.

Disponível em: <<http://www.Serhid.rn.gov.br>>. Acesso em: 08 nov. 2009

SILVA, M. R. C. **Estudo de sedimentos da bacia hidrígrfica do Moji-Guaçu, com ênfase na determinação de metais**. 2002, 86p. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/.../tde-02092002-165919>>. Acesso em 04 jun 2006

SILVA, S. R.; MENDONÇA, A. S. F. Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da Grande Vitória-ES. **Rev. Eng. Sanitária Ambiental**, v.08 n.04, p.213-220, 2003. Disponível em: < <http://www.scielo.br>>. Acesso em: 18 out. 2007. doi:4152200030005

SOUZA, R. S. et al. Adsorção de zinco e sua relação com características de solos do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 01, p.1–6, 2006. Disponível em: <<http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page>>. Acesso em: 21 abr. 2009

SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Bookman 2005,452p.

STONE, M.; DROPPPO, L.G. Distribution of lead, copper and zinc in size-fractionated river bed sediment in two agricultural catchments of southern Ontario, Canada. **Environmental Pollution**, v. 93, n.3, p.353-362,1996. Disponível em: <<http://www.inkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/>>. Acesso em: 12 nov. 2007. doi:S0269749196000383

TOLEDO. L. G., NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia Sob Uso Agrícola e Urbano. **Rev.Scientia Agrícola**,v. 59. n.01. p.181-186, 2004 <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/>>. Acesso em: abr. 2006. doi:990/418

TOMAZELLI, A. C. **Estudo Comparativo das concentrações de Cádmiio, Chumbo e Mercúrio em seis Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo**. 2003, Tese (Doutorado em Química) 144f. Universidade Federal de São Paulo. Departamento de Biologia. Ribeirão Preto- São Paulo. Disponível em: <[http://www.cpap.embrapa.br/teses/download.php?arq\\_pdf=TSE17](http://www.cpap.embrapa.br/teses/download.php?arq_pdf=TSE17)>. Acesso em 01 abr 2008

TUNDISI, J. G. **Água do século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: RiMa, 2003. 247 p. Disponível em:< <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103...script>>. Acesso em: 04 de mar. 2006

VICENT- BECKETT, V. A.; PASCUAL, C. B.; KAWN, C.S.; BECKET, R. Levels and Distribution of Trace Metal in sediments of Laguna Lake (Philippines):

**Inter.Journal.Anal.Chem.**; v.45; p.101-116,1991.Disponível em:

<<http://www.ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/AeciaSD.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2006

VIOLA G. G. **Diagnóstico estratégico da bacia hidrográfica e cenários de desenvolvimento–ParteI: Diagnóstico do monitoramento Físico–Químico, Bacteriológico e Ecotoxicológico da bacia do rio das velhas. Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.**ICB/UFMG. Belo Horizonte -MG. 97p.

<<http://www.ufpa.br/plano/arquivos/Plano7.PDF>>.Acesso em: 09 jan. 2009

WETZEL, R . G. **Limnology**. 2. ed. Chicago: Sauderrs College Publishing,1983 p.350.

ZAGATTO, P.A. BERTOLETTI, E. PLANO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ-PBHPCJ: **Síntese do relatório final.**

Consultoria e projetos de engenharia. São Carlos: Suprema gráfica e editora, 478f, 2006. Disponível em:

<[http://www.observatoriodolitoral.ufsc.br/banco\\_dados/univali/.../15.pdf](http://www.observatoriodolitoral.ufsc.br/banco_dados/univali/.../15.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2009

---

# ANEXO

---

*"Tantas vezes pensamos ter chegado. Tantas vezes é preciso ir além".*

*(Fernando Pessoa)*



## ANEXO

CÁLCULO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE ( $q_i$ ) PARA DETERMINAÇÃO DO IQA

A seguir estão descritos as expressões para os cálculos de cada uma das variáveis de qualidade bem como as curvas médias de variação de qualidade, em função de sua concentração ou medida (COSTA, 2008, p.130)

## A.1.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

Tabela A.1 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade  $q_1$ , OD.

% OD <sub>Sat.</sub>	Expressão
0 – 50	$q_1 = [0,34.(%OD_{Sat.}) + 0,008095.(%OD_{Sat.})^2 + 1,35252.10^{-5} . (%OD_{Sat.})^3] + 3$
51 – 85	$q_1 = [-1,166.(%OD_{Sat.}) + 0,058.(%OD_{Sat.})^2 - 3,803435.10^{-4} . (%OD_{Sat.})^3] + 3$
86 – 100	$q_1 = [3,7745.(%OD_{Sat.})^{0,704889}] + 3$
101 – 140	$q_1 = [2,90.(%OD_{Sat.}) - 0,025.(%OD_{Sat.})^2 + 5,60919.10^{-5} . (%OD_{Sat.})^3] + 3$
> 140	$q_1 = 50$

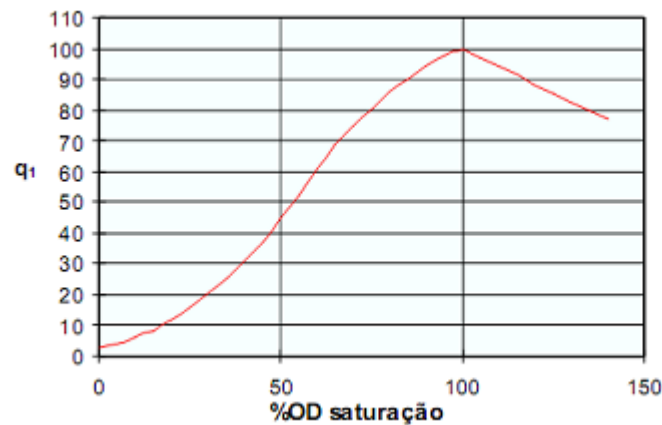


Figura A.1 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro OD.

## A.1.2 Coliformes termotolerantes (CTt)

Tabela A.2 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade  $q_2$ , CTt.

CTe/ 100 mL	Expressão
0	$q_2 = 100$
1 – 10	$q_2 = 100 - 33,5.\log CTe$
11 - $10^5$	$q_2 = 100 - 37,2 \log CTe + 3,60743.(\log CTe)^2$
> $10^5$	$q_2 = 3$

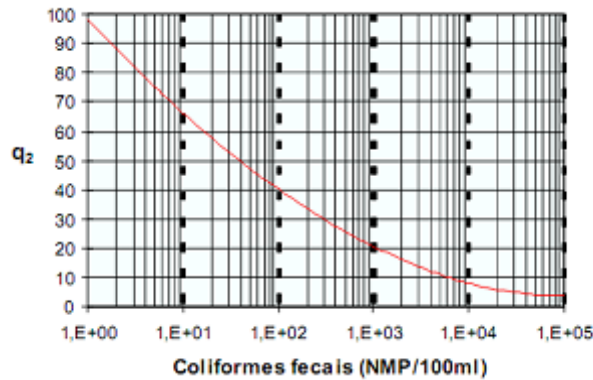


Figura A.2 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro CTt

### A.1.3 – Potencial Hidrogeniônico (pH).

Tabela A.3 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q3, pH.

pH	Expressão
≤2,0	$q_3=2,0$
2,1–4,0	$q_3=13,6- 10,64.pH+ 2,4364.(pH)^2$
4,1–6,2	$q_3=155,5- 77,36.pH+ 10,2481.(pH)^2$
6,3–7,0	$q_3=-657,2+ 197,38.pH- 12,9167.(pH)^2$
7,1–8,0	$q_3=-427,8+ 142,05.pH- 9,695.(pH)^2$
8,1–8,5	$q_3=216- 16,0.pH$
8,6–9,0	$q_3=1415823.e^{-(1,1507.pH)}$
9,1–10,0	$q_3=288,0- 27,0.pH$
10,1–12,0	$q_3=633,0- 106,5.pH+ 4,5.(pH)^2$
>12,0	$q_2=3,0$

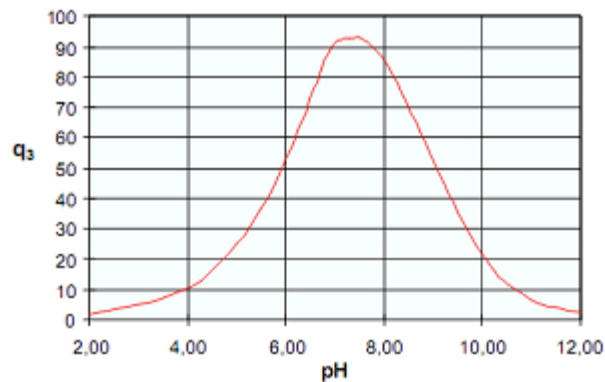


Figura A.3 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro pH.

### A.1.4 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Tabela A.4 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade q4, DBO

DBO <sub>5</sub>	Expressão
0,0–5,0	$q_4=99,96.e^{-(0,1232728.DBO)}$
5,1–15,0	$q_4=104,67- 31,5463.lnDBO_5$
15,1–30,0	$q_4=4.394,91.(DBO_5)e^{-1,99809}$

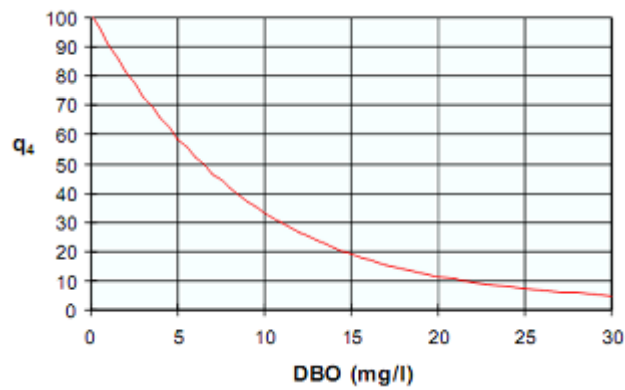


Figura A.4 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro DBO

#### A.1.5 – Nitrogênio Total (NT)

Tabela A.5 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade  $q_5$ , NT

NT (mg/L)	Expressão
0,0–10,0	$q_5 = 100,0 - 8,169 \cdot NT + 0,3059(NT)^2$
10,1–60,0	$q_5 = 101,9 - 23,1023 \cdot \ln NT$
60,1–100,0	$q_5 = 159,3148 \cdot e^{-(0,0512842 \cdot NT)}$
>100,0	$q_5 = 1,0$

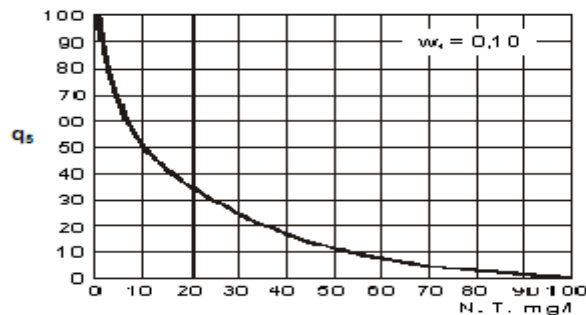


Figura A.5 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro NT.

#### A.1.6 – Fósforo Total (PT)

Tabela A.6 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade  $q_6$ , PT

PT (mg/L)	Expressão
0,0–1,0	$q_6 = 99,9 \cdot e^{-(0,91629 \cdot PT)}$
1,1–5,0	$q_6 = 57,6 - 20,178 \cdot PT + 2,1326 \cdot (PT)^2$
5,1–10,0	$q_6 = 19,08 \cdot e^{-(0,13544 \cdot PT)}$
>10,0	$q_6 = 5,0$

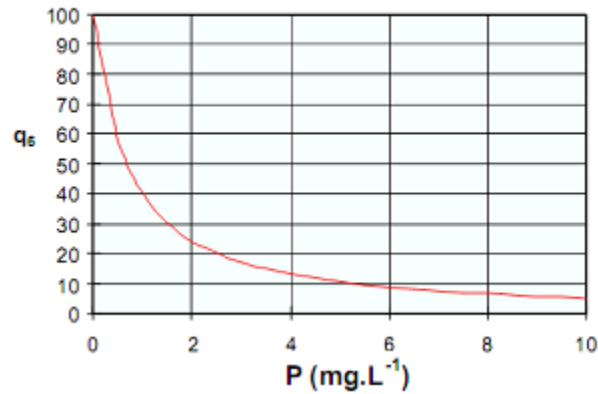


Figura A.6 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro PT.

### A.1.7 – Temperatura (T)

Tabela A.7 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade  $q_7$ , T

$\Delta T = T_a - T_e$	Expressão
$\leq -5,0$	$q_9 = 30,0$
$-4,9 - 0,0$	$q_9 = 92,5 + 1,3 \cdot \Delta T - 1,32 \cdot (\Delta T)^2$
$0,1 - 3,0$	$q_9 = 92,5 - 2,1 \cdot \Delta T - 1,8 \cdot (\Delta T)^2$
$3,1 - 5,0$	$q_9 = 233,17 \cdot (\Delta T)^{-1,09576}$
$5,1 - 15,0$	$q_9 = 75,27 - 8,398 \cdot \Delta T + 0,265455 \cdot (\Delta T)^2$
$> 15,0$	$q_9 = 9,0$

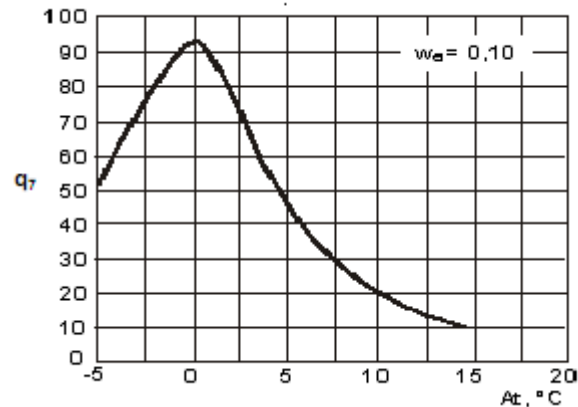


Figura A.7 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro T.

### A.1.8 – Turbidez

Tabela A.8 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade  $q_8$ , Turbidez.

Tur (uT)	Expressão
$0,0 - 25,0$	$q_7 = 100,17 - 2,67 \cdot \text{Tur} + 0,03775 \cdot (\text{Tur})^2$
$25,1 - 100,0$	$q_7 = 84,96 \cdot e^{-(0,016206 \cdot \text{Tur})}$
$> 100,0$	$q_7 = 5,0$

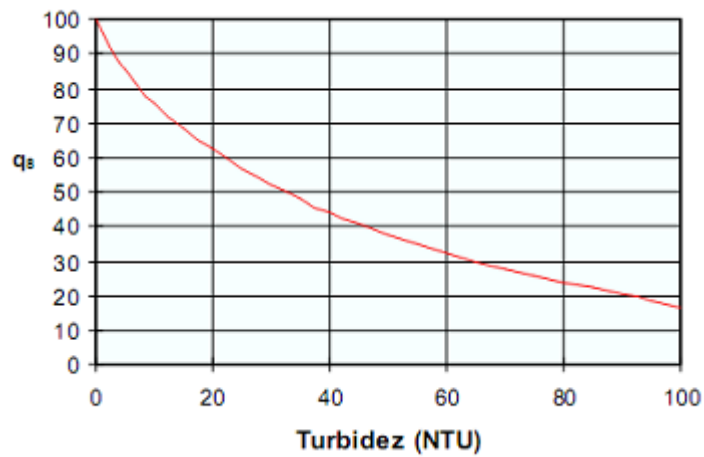


Figura A.8 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro Turbidez.

#### A.1.9 – Sólidos Totais (ST)

Tabela A.9 – Expressões para o cálculo do sub-índice de qualidade  $q_9$ , ST.

ST (mg/L)	Expressão
0–150	$q_8 = 79,75 + 0,166 \cdot ST - 0,001088 \cdot (ST)^2$
151–500	$q_8 = 101,67 - 0,13917 \cdot ST$
>500	$q_8 = 32,0$

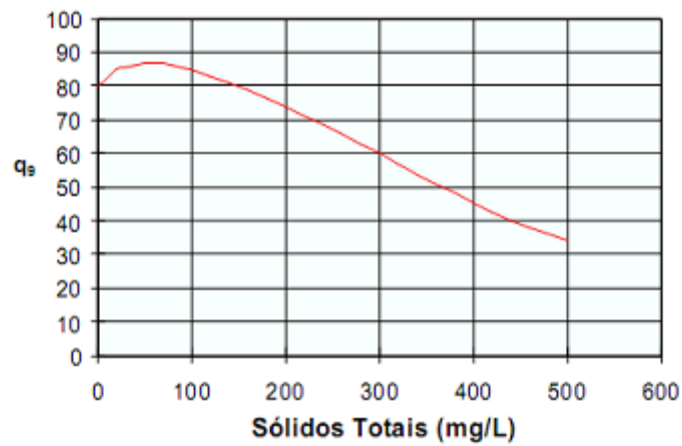


Figura A.9 – Curva de variação da qualidade para o parâmetro ST.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)