



Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Ambiental  
Modalidade: Dissertação

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS FLUVIAIS EM  
MEIOS PERI-URBANOS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO MORTO – RJ.**

Autor: *Ivan Santos Mizutori*

Orientadora: *Luciene Pimentel da Silva, Ph.D.*

Co-orientador: *Sérgio Machado Corrêa. D. Sc.*

Centro de Tecnologia e Ciências  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental – PEAMB  
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Março de 2009

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS FLUVIAIS EM  
MEIOS PERI-URBANOS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
MORTO – RJ.

Ivan Santos Mizutori

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovado por:

---

Prof<sup>ª</sup>. Luciene Pimentel da Silva, Ph.D. - Presidente  
PEAMB/FEN/UERJ

---

Prof. Sérgio Machado Corrêa, D.Sc.  
DEQA/FAT/UERJ

---

Prof<sup>ª</sup>. Marcia Marques Gomes, Ph.D.  
PEAMB/FEN/UERJ

---

Prof<sup>ª</sup>. Rosa Maria Formiga Johnsson, Ph.D.  
PEAMB/FEN/UERJ

---

Prof<sup>ª</sup>. Fernanda Reinert, Ph.D.  
IB/CCS/UFRJ

Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Março de 2009

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS FLUVIAIS EM  
MEIOS PERI-URBANOS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
MORTO – RJ.

MIZUTORI, IVAN SANTOS

Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais e Meios Peri-Urbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto - RJ [Rio de Janeiro] 2009.

xix, 162p. 29,7 cm (PEAMB/UERJ, Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental - Área de Concentração: Recursos Hídrico, 2009.)

Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

1. Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos
2. Bacias Hidrográficas Peri-Urbanas
3. Qualidade da Água
4. Índice de Qualidade de Água
5. Enquadramento de Corpos Hídricos
6. Região Hidrográfica da Baixada de Jacarepaguá
  - I. FEN/UERJ
  - II. Título (série)

## RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao PEAMB/UERJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

### CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS FLUVIAIS EM MEIOS PERI-URBANOS: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto, RJ.

Ivan Santos Mizutori

Março de 2009

Orientadora: Professora Luciene Pimentel da Silva, Ph.D.

Co-orientador: Professor Sergio Machado Corrêa, D.Sc.

Área de Concentração: “Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos”

Esta dissertação apresenta os resultados do estudo de monitoramento da qualidade da água na região hidrográfica da baixada de Jacarepaguá através de coletas e posterior análise laboratorial realizadas na bacia hidrográfica experimental e representativa do rio Morto, que abrange uma área de drenagem de 9,42 km<sup>2</sup>. A bacia possui características predominantes peri-urbanas. O estudo está associado ao Projeto HIDROCIDADES (CNPq/CTHIDRO/CTAGRO) que visa a conservação da água nos meios urbanos e peri-urbanos, incluindo ações integradas de cidadania e inclusão social. Para o monitoramento foram selecionados oito locais para coleta de amostras de água no rio Morto e seus principais tributários: rio Branco, rio Sacarrão e canal do Morro do Bruno. A estratégia da escolha dos locais implicou na seleção de locais a montante e a jusante da ocupação urbana, seja ela formal ou informal em cada um desses cursos d'água. Foram realizadas sete campanhas de coleta entre os anos de 2007 e 2008 nos quais foram analisados os seguintes parâmetros para o cálculo do Índice de Qualidade de Água: OD, coliformes fecais, pH, DBO, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais e temperatura. Com o intuito de buscar melhor compreensão do ambiente estudado, foram analisados parâmetros complementares, tais como: condutividade, fluoreto, aparência, cloro e metais. Estes parâmetros foram analisados individualmente e de forma integrada face às classes de uso estabelecidas na resolução CONAMA 357/05. Foram feitas ainda análises baseadas nos valores calculados para o IQA. Foram analisadas 54 amostras no total. Setenta e quatro por cento (74%) não estavam em

conformidade com a legislação vigente, sendo que nenhuma delas poderia ser enquadrada nas classes 1 e 2 da resolução CONAMA 357/05, que estabelece os padrões para classificação dos corpos de água. Os melhores valores do IQA foram obtidos no ponto localizado a montante do reservatório da CEDAE, no rio Sacarrão e os piores, no canal do morro do Bruno, a jusante da ocupação da Comunidade da Vila Cascatinha. Ressalta-se, no entanto, que mesmo na melhor situação verificou-se alta concentração de coliformes fecais e, que mesmo a montante da ocupação da Vila Cascatinha os parâmetros individuais de qualidade de água verificados já eram ruins. O mesmo comportamento foi observado para o rio Branco nos pontos de montante e jusante. Observou-se ainda, que a capacidade de diluição do rio Sacarrão é considerável. Embora as águas do canal do morro do Bruno apresentem um nível de comprometimento maior do que as do rio Sacarrão, a qualidade da água observada à jusante no rio Morto que recebe as águas de ambos é equivalente a do rio Sacarrão antes da confluência com o canal do Morro do Bruno. Acredita-se que esta dissertação represente uma contribuição para o planejamento e gestão dos recursos hídricos da região hidrográfica da Baixada de Jacarepaguá e, que guardando as devidas especificidades, a metodologia empregada no desenvolvimento desses estudos possa ser aplicada em outras regiões.

**Palavras-Chave:** Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos, Bacias Hidrográficas Peri-Urbanas, Qualidade da Água, Índice de Qualidade de Água, Enquadramento de Corpos Hídricos, Região Hidrográfica da Baixada de Jacarepaguá.

## **ABSTRACT**

Abstract of Final Work presented to PEAMB/UERJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Environmental Engineering.

### **FLUVIAL WATER QUALITY CHARACTERIZATION IN PERI-URBAN ENVIRONMENTS: THE CASE STUDY OF MORTO RIVER CATCHMENT, RJ, BRAZIL**

Ivan Santos Mizutori

March, 2009

Advisors: Luciene Pimentel da Silva, Ph.D

Sergio Machado Corrêa, D.Sc.

Area: Water Resources Sustainable Management

This dissertation presents results of water quality monitoring for the Jacarepaguá lowlands hydrographic region. Morto river catchment, 9,42 km<sup>2</sup> in area, has been established as experimental and representative for Jacarepaguá basin. The landscape is of peri-urban characteristics. The study has been developed under the context of HIDROCIDADES research project (CNPq/CTHIDRO/CTAGRO), which is related to water conservation in the peri-urban environment, including citizenship and social inclusion actions. It was select eight plots for water quality monitoring covering Morto river and its main tributaries: Branco river, Sacarrão river and Morro do Bruno channel. The sampling strategy was based on selecting plots downstream and upstream, before and after urban occupation in each of these rivers. There were seven visits to collect water samples between 2007 and 2008 in which it has been inferred the parameters for NSF Water Quality Index (WQI) calculation: dissolved oxygen, pH, fecal coliforms, biochemical oxygen, nitrates, total phosphates, turbidity, total suspended solids and temperature. In addition, to better qualify and characterize catchment's water quality, other parameters, such as conductivity, fluoride, appearance, chlorine and metals, were inferred. These parameters were examined individually and compared to the CONAMA's 357/05 Resolution. Overall, 54 samples were analyzed and 74% were not in accordance with the federal legislation. None could be classified as CONAMA's 357/05 water classes 1(excellent) or 2 (good). The best water quality from the plot at Sacarrão river

located before CEDAE's reservoir and, the worst was at Morro do Bruno channel after receiving Vila Cascatinha Community effluents. However, even for the best plot, fecal coliform concentrations were high and, even at Bruno hill channel before Vila Cascatinha settlement water quality indicators were already bad. The same was found for Branco river at upstreams and downstreams plots. In addition, it was observed that Sacarrão river has a reasonable dilution capacity as the plot at Morto river has the same water quality standards as Sacarrão river, even after receiving Bruno hill channel waters, which has worse water quality standards than Sacarrão river. This dissertation represents a contribution towards integrated water resources planning and management for the Jacarepaguá low-lands hydrographic region and the developed methodology may be successfully applied to other regions.

**Key words:** Water Resources Sustainable Management, Peri-urban catchments, Water Quality, Water Quality Index, Water Bodies Classification, Jacarepaguá Low-lands Hydrographic region.

“... a água é para o mundo, o mesmo que o sangue é para o nosso corpo e, sem dúvida, mais: ela circula segundo regras fixas, tanto no interior quanto no exterior da Terra, ela cai em chuva e neve, ela surge do solo, corre em rios, e depois retorna aos vastos reservatórios que são os oceanos e mares que nos cercam por todos os lados...”

*Leonardo Da Vinci*

“...se este rio fosse meu, eu mandava sanear, tirando todo lixo para o meu bem passar...”

*Marina Silva (15 de novembro de 2007)*

À Alice

## AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente todas as pessoas que contribuíram para realização deste trabalho. É impossível agradecer individualmente as pessoas que de alguma forma deram palavras de incentivo e torceram positivamente para a conclusão desta dissertação. Mas algumas pessoas merecem destaque.

Primeiramente, à Tálissa, pelo incentivo e pelo apoio logístico fundamental quando se tem uma filha de um mês em casa querendo atenção 24 horas por dia.

À Alice, que é um divisor de águas na minha vida e por dormir bem durante o dia, me deixando um tempo livre para escrever esta dissertação.

Agradeço aos meus pais e irmã pela força e apoio incondicional.

Agradeço de coração aos meus Orientadores, professora Luciene e professor Sérgio, que nos momentos difíceis mantiveram a calma e me mostraram o caminho a seguir. Muito obrigado ao Sérgio e à sua equipe de laboratório que realizaram todas as análises físico-químicas apresentadas.

Obrigado as professoras Fernanda Reinert, Marcia Marques e Rosa Formiga, por comporem a banca examinadora.

Obrigado pela ajuda dos participantes do HIDROCIDADES em especial ao Marconi e ao Luiz Fernando.

Muito obrigado ao Aike, que reviu em cima do laço alguns capítulos.

Agradeço a todos os moradores da Vila Cascatinha, principalmente o Sr. Guimarães e a dona Penha, que estiveram sempre dispostos a auxiliar no que fosse necessário.

Muito obrigado também à Hidrosfera Oceanografia e Meio Ambiente e a NAV Oceanografia Ambiental, por me liberar do trabalho para que eu pudesse acompanhar as aulas e realizar as coletas para o mestrado. Agradeço especialmente ao João Zanella, que sempre priorizou as minhas atividades acadêmicas ao trabalho nas empresas.

Finalmente, agradeço aos amigos do PEAMB, sempre dispostos a ajudar e dar novas idéias para solução dos problemas, merecem destaque o Eric, a Karla, a Anselma e o Rafael Coruja.

Obrigado ao CNPq, que financiou as análises microbiológicas através do Processo 500.129/2006-1.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma influenciaram no resultado final deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. – Problemática e Justificativa .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. – O saneamento no Brasil .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. – Objetivos .....</b>	<b>12</b>
<b>1.4. – Natureza da Metodologia e Estrutura da Dissertação .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 2. ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1– Parâmetros utilizados no monitoramento da qualidade das águas .....</b>	<b>15</b>
2.1.1. Parâmetros Físicos .....	16
2.1.2. Parâmetros Químicos .....	18
2.1.3. Parâmetros Microbiológicos .....	25
<b>2.2. - Marcos Regulatórios Brasileiros .....</b>	<b>27</b>
2.2.1. CONAMA 20/86 .....	30
2.2.2. CONAMA 357/05 .....	31
<b>2.3. Indicadores de Qualidade de água.....</b>	<b>34</b>
2.3.1. O Índice de Qualidade de Água .....	35
2.3.1.1. Oxigênio Dissolvido – OD .....	39
2.3.1.2. Coliformes Fecais.....	41
2.3.1.3. Potencial Hidrogeniônico – pH .....	42
2.3.1.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.....	43
2.3.1.5. Nitrato total – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	44
2.3.1.6. Fosfato Total - PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> .....	45
2.3.1.7. Turbidez (Tu) .....	46
2.3.1.8. Sólidos Totais – ST .....	47
2.3.1.9. Variação da Temperatura – ΔT .....	48
<b>CAPÍTULO 3. ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO MORTO E RESULTADOS .</b>	<b>49</b>
<b>3.1. Localização da Área de Estudo .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2. Caracterização da Ocupação e das Atividades Antrópicas.....</b>	<b>54</b>
<b>3.3. Pontos de Coleta .....</b>	<b>58</b>
<b>3.4. Metodologia de Coleta .....</b>	<b>59</b>
3.4.1. Ponto 1 .....	64
3.4.2. Ponto 2 .....	65
3.4.3. Ponto 3 .....	66
3.4.4. Ponto 4 .....	67
3.4.5. Ponto 5 .....	69
3.4.6. Ponto 6 .....	70

3.4.7.	Ponto 7 .....	71
3.4.8.	Ponto 8 .....	72
3.4.9.	Ponto 9 .....	74
<b>3.5.</b>	<b>– Parâmetros Observados e o IQA .....</b>	<b>75</b>
3.5.1.	Oxigênio Dissolvido – OD .....	75
3.5.2.	Coliformes fecais .....	76
3.5.3.	Potencial Hidrogeniônico – pH .....	77
3.5.4.	Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO .....	78
3.5.5.	Nitrogênio Total .....	79
3.5.6.	Fosfato Total .....	80
3.5.7.	Turbidez .....	81
3.5.8.	Sólidos Totais .....	82
3.5.9.	Condutividade .....	83
3.5.10.	Fluoreto .....	84
3.5.11.	Metais .....	85
3.5.12.	Aparência .....	86
3.5.13.	IQA .....	88
3.5.14.	Nível nas estações fluviométricas e chuvas .....	89
3.5.15.	Temperatura da água .....	90
3.5.16.	Cloro .....	91
<b>CAPÍTULO 4.</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>92</b>
<b>4.1.</b>	<b>Parâmetros Individuais .....</b>	<b>93</b>
4.1.1.	Oxigênio Dissolvido – OD (mg L <sup>-1</sup> ) .....	93
4.1.2.	Coliformes termotolerantes (Coliformes fecais) .....	96
4.1.3.	Potencial Hidrogeniônico - pH.....	105
4.1.4.	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	107
4.1.5.	Nitrogênio Total .....	110
4.1.6.	Fosfato .....	112
4.1.7.	Turbidez .....	116
4.1.8.	Sólidos Totais (%).....	119
4.1.9.	Condutividade .....	122
4.1.10.	Fluoreto .....	124
4.1.11.	Metais .....	126
4.1.12.	Aparência .....	127
4.1.13.	Temperatura .....	128
4.1.14.	Cloro.....	129
<b>4.2.</b>	<b>Possibilidade de enquadramento segundo a Resolução CONAMA 357/05. .</b>	<b>130</b>
<b>4.3.</b>	<b>Análise do IQA .....</b>	<b>132</b>
	Análise Espacial por Rio .....	135
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>142</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>149</b>

<b>ANEXOS</b>	<b>161</b>
---------------	------------

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Projeção do crescimento populacional mundial até 2100.....	1
<b>Figura 1.2</b> - Projeção da evolução das populações rural e urbana no mundo entre 1950 e 2030.....	2
<b>Figura 1.3</b> – Assentamento informal em área de risco na Baixada de Jacarepaguá.....	3
<b>Figura 1.4</b> - Fotografia aérea do Canal de Sernambetiba.....	4
<b>Figura 1.5</b> – Fotografia aérea da descarga do canal de Sernambetiba no mar.....	5
<b>Figura 1.6</b> – Esquema da Bacia do Rio Morto.....	11
<b>Figura 2.1</b> - Curva do Oxigênio Dissolvido.....	39
<b>Figura 2.2</b> - Curva dos Coliformes Fecais.....	41
<b>Figura 2.3</b> - Curva do pH.....	42
<b>Figura 2.4</b> - Curva da DBO.....	43
<b>Figura 2.5</b> - Curva do Nitrato Total.....	44
<b>Figura 2.6</b> - Curva do Fosfato Total.....	45
<b>Figura 2.7</b> - Curva da Turbidez.....	46
<b>Figura 2.8</b> - Curva dos Sólidos Totais.....	47
<b>Figura 3.1</b> – Localização da área de estudos na região metropolitana do Rio de Janeiro.....	50
<b>Figura 3.2</b> – Imagem de satélite apresentando os empreendimentos ao redor da comunidade Vila Cascatinha.....	51
<b>Figura 3.3</b> – Canal de Sernambetiba coberto por macrófitas.....	52
<b>Figura 3.4</b> – Canal tomado por macrófitas (direita) e barreira que mantêm as plantas a montante dos condomínios e da orla.....	53
<b>Figura 3.5</b> – Pontos de coleta definidos para este trabalho.....	62
<b>Figura 3.6</b> – Pontos de coleta no Canal Morro do Bruno.....	63
<b>Figura 3.7</b> – Coleta de água no Ponto 1.....	64
<b>Figura 3.8</b> – Coleta no ponto 3, onde as margens são bem preservadas.....	66
<b>Figura 3.9</b> – Coleta de água no Ponto 4.....	68
<b>Figura 3.10</b> - Manilha canalizando o corpo hídrico a montante do Parque Aquático.....	68
<b>Figura 3.11</b> - Valão que cruza toda a Vila Cascatinha.....	68
<b>Figura 3.12</b> - Crianças brincam as margens do canal contaminado.....	68
<b>Figura 3.13</b> – Coleta de água no ponto 5, rio Morto e encanamento para despejo de efluentes de um estabelecimento comercial diretamente no corpo hídrico.....	69
<b>Figura 3.14</b> – Local de coleta do Ponto 6. É possível observar macrófitas e lixo nas margens.....	70
<b>Figura 3.15</b> – Coleta no Ponto 7.....	71
<b>Figura 3.16</b> – Análise da temperatura <i>in situ</i> .....	71
<b>Figura 3.17</b> – Vertedouro no ponto 8 onde está instalado a sonda de monitoramento de nível do projeto HIDROCIDADES.....	73
<b>Figura 3.18</b> – Neste ponto a mata ciliar é bem preservada e diversificada.....	73
<b>Figura 3.19</b> – Local de coleta do Ponto 9, sob a ponte do Parque Aquático.....	74
<b>Figura 4.1</b> - Gráfico de resultados de OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ), valor de referência e limites inferiores de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.....	94
<b>Figura 4.2</b> - Gráfico de caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados resultados centrais de OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para cada ponto de coleta.....	95

<b>Figura 4.3</b> - Gráfico com os resultados de coliformes termotolerantes (NMP.100mL <sup>-1</sup> ), o valor de referência e os limites de acordo com a Resolução CONAMA (em vermelho valores compatíveis com a classe 3, em amarelo com classe 2 e em verde com a classe 1)....	100
<b>Figura 4.4</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais dos coliformes termotolerantes (NMP.100mL <sup>-1</sup> ) .	101
<b>Figura 4.5</b> -Valores de pH amostrados, referência e limite de acordo com a Resolução CONAMA.	106
<b>Figura 4.6</b> – Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de pH.	106
<b>Figura 4.7</b> - Gráfico com os resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> ) e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA.	108
<b>Figura 4.8</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> ).	109
<b>Figura 4.9</b> - Gráfico com os resultados de nitrogênio total (mg L <sup>-1</sup> ).	110
<b>Figura 4.10</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de nitrogênio total (mg L <sup>-1</sup> ).	111
<b>Figura 4.11</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de fosfato (mg L <sup>-1</sup> ).	113
<b>Figura 4.12</b> - Gráfico com os resultados de fósforo (mg L <sup>-1</sup> ) e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA.	114
<b>Figura 4.13</b> - Gráfico com os resultados de turbidez (UNT)	116
<b>Figura 4.14</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais da turbidez (UNT).	118
<b>Figura 4.15</b> - Gráfico com os resultados de sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> ) e o limite estabelecidos pela Resolução CONAMA.	120
<b>Figura 4.16</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais dos sólidos totais (%).	121
<b>Figura 4.17</b> - Gráfico com os resultados de condutividade (μS cm <sup>-1</sup> ) e o limite recomendado pela CETESB.	123
<b>Figura 4.18</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de condutividade (μS cm <sup>-1</sup> ).	123
<b>Figura 4.19</b> - Gráfico com os resultados de fluoreto (mg L <sup>-1</sup> ).	124
<b>Figura 4.20</b> - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de fluoreto (mg L <sup>-1</sup> ).	125
<b>Figura 4.21</b> - Gráfico com os resultados de temperatura (°C).	128
<b>Figura 4.22</b> - Gráfico com os resultados do IQA e as faixas que determinam a qualidade da água amostrada.	133
<b>Figura 4.23</b> – Tabela comparativa dos resultados médios entre o ponto 3 e o ponto 1 (Canal Morro do Bruno) em função da diferença percentual entre estes pontos.	136
<b>Figura 4.24</b> - Tabela comparativa dos resultados médios entre o ponto 1 e o ponto 4 (Canal Morro do Bruno) em função da diferença percentual entre estes pontos.	136
<b>Figura 4.25</b> – Comparativo dos resultados médio encontrados nos três pontos monitorados no Canal Morro do Bruno em escala logarítmica de base 10.	138
<b>Figura 4.26</b> - Comparativo dos resultados médio encontrados no Rio Sacarrão (ponto 8) e no Rio Branco (pontos 7 e 6) em escala logarítmica de base 10.	139

**Figura 4.27** - Comparativo dos resultados médio encontrados no Rio Branco (ponto 6), Canal Morro do Bruno (ponto 4) e no Rio Morto (ponto 9 e 5)..... 141

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Usos da água para cada classe segundo Resolução CONAMA 20/86 .....	31
<b>Tabela 2.2</b> – Usos da água para cada classe segundo Resolução CONAMA 357/05 .....	33
<b>Tabela 2.3</b> - Pesos relativos de cada parâmetro do IQA.....	36
<b>Tabela 2.4</b> - Nível de qualidade de água segundo o Instituto Estadual de Gestão das Águas de Minas Gerais (IGAM).....	37
<b>Tabela 2.5</b> - Faixas do nível de qualidade de águas adotado pela CETESB. ....	37
<b>Tabela 3.1</b> – Localização e altitude dos pontos de coleta.....	58
<b>Tabela 3.2</b> - Resultado do parâmetro oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas...	75
<b>Tabela 3.3</b> - Resultado do parâmetro Coliformes ( $\text{NMP.100ml}^{-1}$ ) das amostras analisadas. ....	76
<b>Tabela 3.4</b> - Resultado do parâmetro pH das amostras analisadas. ....	77
<b>Tabela 3.5</b> - Resultado do parâmetro DBO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas .....	78
<b>Tabela 3.6</b> - Resultado do parâmetro Nitrogênio Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.....	79
<b>Tabela 3.7</b> - Resultado do parâmetro Fosfato Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.....	80
<b>Tabela 3.8</b> - Resultado do parâmetro Turbidez (UNT) das amostras analisadas.....	81
<b>Tabela 3.9</b> - Resultado do parâmetro sólidos totais (%) das amostras analisadas.....	82
<b>Tabela 3.10</b> - Resultado do parâmetro Condutividade ( $\mu\text{mho cm}^{-1}$ ) das amostras analisadas.....	83
<b>Tabela 3.11</b> - Resultado do parâmetro Fluoreto ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.....	84
<b>Tabela 3.12</b> - Resultado dos parâmetros metais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.....	85
<b>Tabela 3.13</b> - Resultado da aparência das amostras analisadas.....	86
<b>Tabela 3.14</b> - Resultado do IQA das amostras analisadas.....	88
<b>Tabela 3.15</b> – Horário das coletas e níveis nos locais de monitoramento do Projeto HIDROCIDADES e chuvas no dia e na véspera da coleta .....	89
<b>Tabela 3.16</b> – Temperatura da amostra no momento da coleta .....	90
<b>Tabela 3.17</b> – Resultado do parâmetro Cloro .....	91
<b>Tabela 4.1</b> - Limites mínimos para cada Classe estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 .....	95
<b>Tabela 4.2</b> – Resultado das amostras analisadas na coleta 5 para os microrganismos ( $\text{NMP.100mL}^{-1}$ ) <i>E.coli</i> , <i>Enterococcus ssp.</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	97
<b>Tabela 4.3</b> - Resultado das amostras analisadas na coleta 6 para os microrganismos ( $\text{NMP.100mL}^{-1}$ ) <i>E.coli</i> , <i>Enterococcus ssp.</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	98
<b>Tabela 4.4</b> - Resultado das amostras analisadas na coleta 7 para os microrganismos ( $\text{NMP.100mL}^{-1}$ ) <i>E.coli</i> , <i>Enterococcus ssp.</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	98
<b>Tabela 4.5</b> - Comparação entre os resultados ( $\text{NMP.100mL}^{-1}$ ) obtidos nas análises e a Resolução CONAMA 357/2005 para contato secundário e terciário. Em verde os resultados Classe 1, em amarelo classe 2 e dessedentação de animais e em vermelho classe 3 e demais usos. ....	102
<b>Tabela 4.6</b> - Comparação entre os resultados ( $\text{NMP.100mL}^{-1}$ ) obtidos nas análises e a Resolução CONAMA 274/2000 para contato primário. Em verde os resultados excelentes, em amarelo os satisfatórios e em vermelho as amostras que não poderia haver contato primário. ....	103
<b>Tabela 4.7</b> - Resultado do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas. As células em verde atendem os limites para águas doces classe 1, as	

amarelas para classe 2, as vermelhas para classe 3 e as cinzas possuem DBO acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. ....	108
<b>Tabela 4.8</b> - Concentração máxima de fósforo total em $\text{mg L}^{-1}$ para as três classes de água doce segundo a Resolução CONAMA 357/05. ....	113
<b>Tabela 4.9</b> – Resultado do parâmetro fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) comparado aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, onde os resultados em verde são compatíveis com a Classe 1, em amarelo com a Classe 3 e em vermelho superam o valor máximo definido por esta Resolução. ....	114
<b>Tabela 4.10</b> - Sólidos totais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) observados das amostras analisadas. Em destaque os valores iguais (amarelo) e superiores (vermelho) a Resolução CONAMA 357/2005. ....	119
<b>Tabela 4.11</b> – Resultado das análises de metais das amostras dos oito pontos na coleta de julho de 2008. ....	126
<b>Tabela 4.12</b> – Compatibilidade dos resultados encontrados com a Resolução CONAMA e o parâmetro que gerou a pior classificação. ....	130
<b>Tabela 4.13</b> – Valores médios encontrados locais monitorados no Canal Morro do Bruno. ...	137
<b>Tabela 4.14</b> - Valores médios encontrados nos locais monitorados no Rio Sacarrão (ponto 8) e Rio Branco (pontos 7 e 6). ....	139
<b>Tabela 4.15</b> - Valores médios encontrados nos locais monitorados no Rio Branco (ponto 6), Canal Morro do Bruno (ponto 4) e no Rio Sacarrão (pontos 9 e 5). ....	140

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

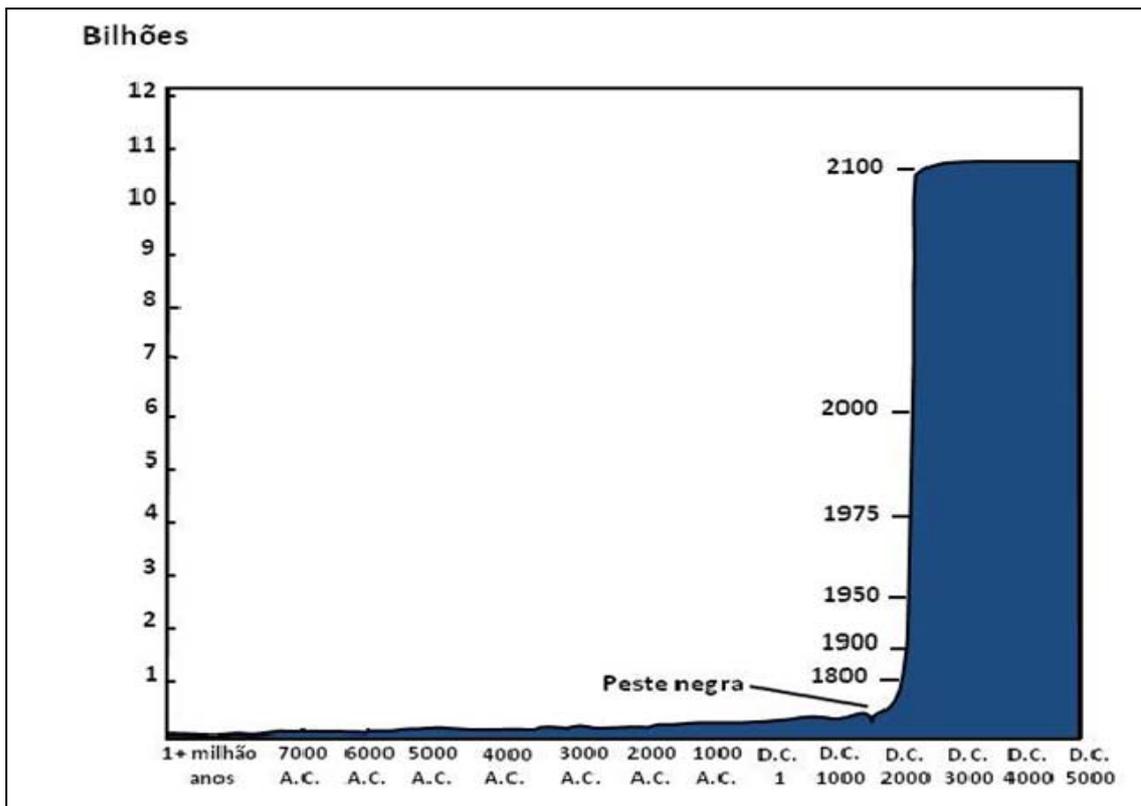
CEDAE – Companhia de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro  
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CONSAG – Conselho das Águas da Baixada de Jacarepaguá  
DBO<sub>5, 20</sub> – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DQO – Demanda Química de Oxigênio  
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDB - *International Data Base*  
IEF – Instituto Estadual de Florestas  
IGAM – Instituto Estadual de Gestão das Águas de Minas Gerais  
INEA – Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
IPP – Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos  
IPEA – Instituto de Planejamento Econômico e Social  
IPLAN – Instituto de Planejamento  
IQA – Índice de Qualidade de Água  
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
NMP – Número Mais Provável  
NSF – *National Sanitation Foundation*  
OD – Oxigênio Dissolvido  
OIA – O Instituto Ambiental  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
ONU – Organização das Nações Unidas  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
SERLA – Fundação Superintendência de Rios e Lagoas  
UNT – Unidades Nefelométricas de Turbidez  
US EPA – *United States Environmental Protection Agency*  
WHO – *World Health Organization*  
WRI – *World Resources Institute*

## Capítulo 1. Introdução

### 1.1. – Problemática e Justificativa

Caso a população mundial fosse restrita a poucos milhões de pessoas, a poluição provavelmente não seria um problema, mesmo com a grande variedade de atividades antrópicas atualmente. Mas com a atual população mundial, cerca de 8 bilhões de pessoas, os problemas relacionados à poluição têm crescido em grandes proporções (WRI, 2006).

Existem dois problemas relacionados à questão populacional. Primeiramente, o aumento dramático da população a partir de 1930 (Figura 1.1), onde o número de pessoas passou de 2 bilhões para 6,6 bilhões em 78 anos (IDB, 2009).



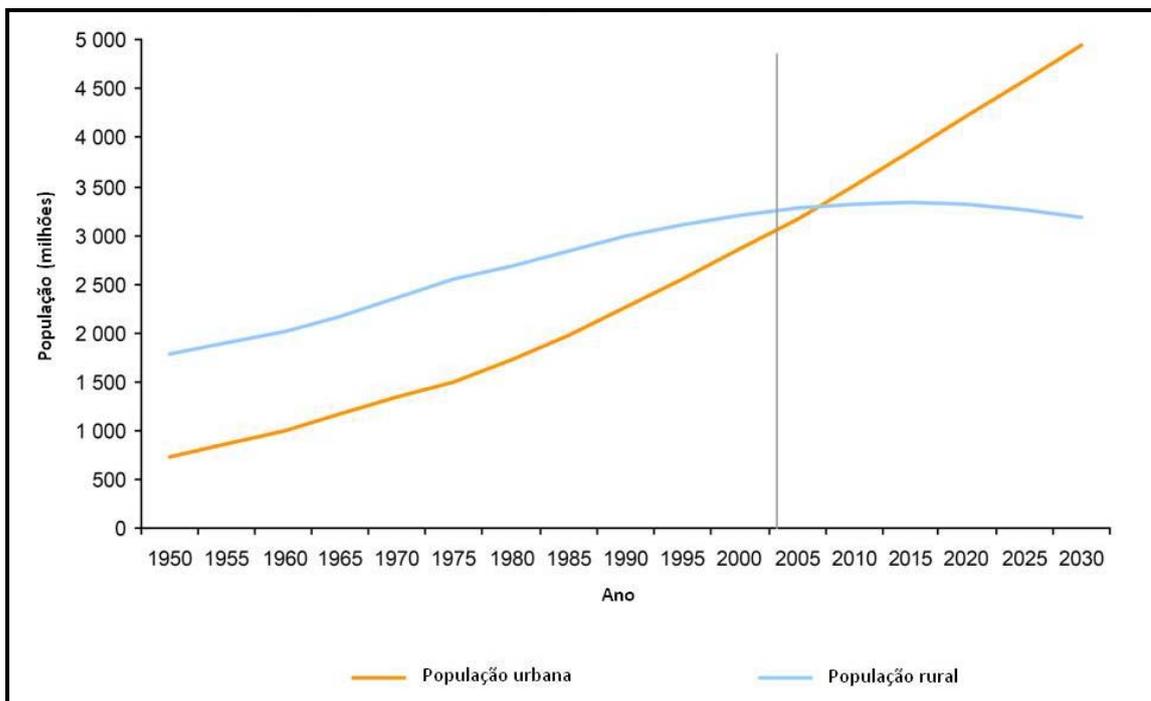
**Figura 1.1** – Projeção do crescimento populacional mundial até 2100.  
(fonte: ONU, 1998)

Em segundo lugar, este aumento populacional foi associado à migração de áreas rurais para áreas urbanas (Figura 1.2), que tipicamente consomem mais recursos naturais e produzem mais lixo *per capita* que as zonas rurais (Silveira *et al.*, 2003).

De forma geral, os países pobres possuem elevados níveis de degradação ambiental, devido à falta de recursos financeiros para investimento no tratamento de resíduos sólidos e esgotos e em tecnologias pouco poluentes, conduzindo à contaminação dos rios, solos e ar. Os problemas ambientais, por outro lado, podem aumentar a pobreza, ao colocarem em risco muitas atividades econômicas como a agricultura e a pesca (WRI, 2006).

O grande crescimento populacional nas áreas mais pobres representa uma maior produção de esgotos e de resíduos, que geralmente são lançados no meio ambiente sem tratamento, causando contaminação do solo, lençóis freáticos, rios e mares. Além disto, a necessidade de água para satisfazer as necessidades básicas desta população marginalizada e crescente, conduz a exploração excessiva dos recursos hídricos.

Em torno de 60% da população mundial não tem saneamento básico, tendo seus esgotos lançados no solo e nos cursos de água. Anualmente morrem 1,8 milhões de pessoas devido a diarreias associadas à má qualidade da água, das quais 1,6 milhões são crianças menores de 5 anos de idade (WHO, 2004).



**Figura 1.2** - Projeção da evolução das populações rural e urbana no mundo entre 1950 e 2030.

(fonte: ONU, 2004)

A ONU (2008) estima que 2,6 bilhões de pessoas não têm acesso a instalações sanitárias, e os países em desenvolvimento são os mais afetados. Na América Latina e Caribe, mais de 100 milhões de pessoas carecem de acesso a instalações sanitárias.

O Brasil segue esta tendência, onde o crescimento da população urbana tem acelerado nas últimas décadas e isso gerou um quadro de expansão urbana desordenada, com infraestrutura precária e degradação ambiental, principalmente na periferia das grandes cidades (Silveira *et al.*, 2003).

Uma das consequências da concentração da população nas cidades é o surgimento de problemas ambientais gerados a partir de assentamentos informais, que na maioria das vezes, estão localizados em áreas de risco (Figura 1.3), ambientalmente sensíveis, onde deveria haver preservação permanente, como ocorre no entorno dos corpos de água. A questão dos assentamentos informais é de natureza complexa, que remete a problemas culturais, sócio-econômicos e fundiários, entre outros. Por conta de seu papel marginal à sociedade, são mais complexas sua fiscalização, legalização e integração ao Plano Diretor do município (Andrade & Gouvêa, 2004).



**Figura 1.3** – Assentamento informal em área de risco na Baixada de Jacarepaguá  
(fonte: O Globo, 27/10/2008)

Os cursos de água e as cidades possuem, ao longo de toda história da humanidade, uma forte ligação. As primeiras aglomerações humanas ocorreram preferencialmente junto aos cursos de água por favorecer o suprimento deste recurso para consumo, higiene e evacuação

de dejetos (Castro, 2007). Com o crescimento da população urbana, as alterações no meio ambiente ficaram evidentes, com mudanças no ciclo hidrológico em quantidade e qualidade e regime dos corpos hídricos no meio urbano com influência nas áreas próximas (Castro, 2007). Isso ocorreu, principalmente, devido à necessidade de captação de águas para a população, lançamento de efluentes, modificação e supressão da cobertura vegetal para implantação das cidades.

A poluição ambiental tem interferido seriamente com os usos dos corpos hídricos, causando não apenas danos à saúde da população e ao ecossistema local, mas também prejuízos econômicos (FEEMA, 1991).

Os sistemas lagunares da costa do Brasil têm sofrido impactos diretos e indiretos das ações antrópicas. A intensificação dos processos de colmatação das lagunas, somado aos elevados níveis de poluentes oriundos das descargas de esgotos domésticos e de efluentes industriais geram aumento da eutrofização e da contaminação dos corpos de água (Figura 1.4). Estes processos aumentam a frequência de mortandade da fauna das lagunas, cujo escoamento em direção ao mar (Figura 1.5), na maioria das vezes, é condicionado pela oscilação da maré (Marques, 1984 *apud* Muehe & Valentini, 1998). Este fenômeno é observado frequentemente nas lagoas da baixada de Jacarepaguá.



**Figura 1.4** - Fotografia aérea do Canal de Sernambetiba  
(fonte: O Globo, 27/10/2008)

A crescente descarga de resíduos sanitários provoca eutrofização, alterando a biota e em médio prazo, assoreando o corpo hídrico. Durante uma tempestade oceânica, a elevação do nível do mar gera uma maior percolação de águas marinhas, com alto nível de oxigênio

dissolvido, em lagoas, lagunas ou rios. Esta água, rica em oxigênio, em contato com a carga orgânica, oriunda dos lançamentos sanitários, promove a proliferação de algas, consumindo todo o oxigênio disponível e causando mortandade de peixes e outros organismos. Os resíduos da mortandade acabam por sedimentar, provocando o assoreamento do corpo aquático (Valentini, 1994).



**Figura 1.5** – Fotografia aérea da descarga do canal de Sernambetiba no mar  
(fonte: O Globo, 04/06/2008)

O acesso à água limpa é uma necessidade essencial para o bem estar de todos os cidadãos. A disponibilidade da água em qualidade compatível é fator limitante ao desenvolvimento ambiental, ao crescimento da população e à produção alimentar (World Bank, 1992).

Segundo Falkenmark (1989) a população vive escassez de água quando não há água suficiente disponível localmente para a produção de alimentos e para a higiene básica. A disponibilidade da água está intimamente ligada ao bem-estar da população, uma vez que afeta a nutrição por conta da produção alimentar; afeta a saúde através da quantidade e qualidade da água potável. A escassez de água também afeta o custo de vida da comunidade, devido ao tempo e energia despendido na obtenção de água com qualidade aceitável (Madulu, 2005).

Apenas 0,01% de toda água do planeta se encontra em circulação contínua sob a forma de chuva, evaporação e deslocamento de vapor, estando disponíveis para o consumo. As águas residuais das atividades antrópicas se integram a este ciclo hidrológico por infiltração, retenção ou escoamento superficial, podendo contaminar os corpos receptores, desequilibrar a vida aquática e encarecer ou inviabilizar o tratamento desta água para consumo humano (GEO BRASIL, 2007).

Os rios são sistemas complexos, escoadouros naturais de áreas de drenagens adjacentes, que formam as bacias hídricas. A formação deste sistema deve-se ao tamanho e forma da bacia de drenagem, sua geologia, usos da terra declividade e condições climáticas locais (Madulu, 2003).

A rede de drenagem que forma a infra-estrutura urbana funciona como uma ligação subterrânea entre a cidade e o meio natural. As tecnologias tradicionais para o sistema de drenagem interrompem o ciclo natural da água e, somando a impermeabilização dos solos e a rede de drenagem artificial, que conduzem águas pluviais e detritos, contribuem para a poluição e assoreamento dos corpos hídricos (Andrade & Gouvêa, 2004).

A ocupação urbana impacta negativamente o ciclo hidrológico através do aumento da velocidade das águas, devido à impermeabilização de parte da bacia e canalização dos leitos dos rios. Com a redução das áreas de infiltração ocorre distorções no movimento natural das águas, causada pela infraestrutura das vias urbanas que provocam desvio dos fluxos e contribuem para futuras inundações e demanda por consumo de água potável (Rueda, 1999).

Para Hall (1984), a primeira dificuldade para urbanizar uma determinada área é a busca por mananciais de água em quantidade e qualidade adequadas. A água nestas condições é um recurso fundamental para a manutenção da vida e é intensamente utilizado pelo homem, não apenas para suprimento de suas necessidades metabólicas, mas para usos diversos, como lazer. Superada esta primeira dificuldade, é necessária a implantação de sistema de abastecimento de água e sistema de esgotamento sanitário. Estas ações produzem impactos cuja intensidade é diretamente proporcional às dimensões das áreas impermeabilizadas, número de edificações e densidade populacional das mesmas. À medida que cresce a população, aumenta a demanda hídrica e há acréscimo de despejos, havendo como consequência a deterioração dos corpos receptores, resultando em problemas de controle da poluição e abastecimento da população.

Em um município, a gestão ecológica da água tem como princípios a proteção do lençol freático e das águas superficiais; redução no consumo de água potável e garantia de sua

qualidade; minimização do volume de água residual para limitar os custos relacionados com seu tratamento, redimensionamento de redes existentes e construção de novas estações de tratamento para garantir um tratamento ecológico das águas residuais e limitar a impermeabilização das superfícies (Gauzin-Muller, 2002).

Entre outros autores, Trigueiro (2005) chama atenção para os problemas que geram impactos nos recursos hídricos brasileiros, a sua maior preocupação é com os esgotos domésticos, pois mais de 80% da população brasileira vive em cidades, e é afetada direta ou indiretamente pelos esgotos não tratados. Ainda ressalta que, atualmente, somente cerca de 35% do volume coletado recebe algum tratamento, em geral sem grande eficiência na remoção de cargas e sujeito a baixos níveis de controle ambiental.

## 1.2. – O saneamento no Brasil

Até os anos 1970, o saneamento no Brasil foi caracterizado por comportamentos isolados, em cada região, enfrentando os problemas conforme estes atingiam as populações de interesse, de acordo com os aspectos econômicos, sociais, políticos e culturais, marginalizando desta foram as populações carentes, o que pode ser percebido até os dias atuais (De Swaan, 1990). A partir da década de 1970, através da implementação do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASA), um novo regime, unificado, foi estabelecido para o setor. A principal motivação deste regime foi a necessidade de atender a demanda urbana por abastecimento de água, devido ao crescimento populacional (Rubinger, 2008).

Rezende e Heller (2002) destacam que, apesar das melhorias no abastecimento de água para grande parcela da população, a parte mais carente da sociedade foi excluída, uma vez que o Plano foi fundamentado na auto-sustentação tarifária, onde as tarifas deveriam cobrir os custos de operação e manutenção.

No modelo do PLANASA, os serviços de abastecimento de água foram privilegiados em detrimento dos serviços de esgotamento sanitário, e nenhum dos dois serviços atingiram as metas inicialmente pretendida (Rezende e Heller, 2002).

Em 2007 foi aprovado a Lei Nacional de Saneamento, Lei Federal nº 11.445, estabelecendo diretrizes para o saneamento básico no País, tornando viável a adoção de diretrizes nacionais claras visando a provisão de serviços (Heller, 2007). Além da lei supracitada, o Plano de Aceleração do Crescimento, PAC, criado pelo governo federal, estabelece o investimento de 40 bilhões de reais, até 2010, para atender 86% das residências

brasileiras com abastecimento de água, 55% com redes de esgoto e 47% com disposição adequada de resíduos sólidos (FUNASA, 2007)

Os serviços de saneamento ambiental em pequenas localidades no Brasil, segundo dados do governo brasileiro, tem se caracterizado pela grave deficiência nos níveis de atendimento, com impactos negativos nas condições de vida e de bem-estar da população e, conseqüentemente, no seu grau de desenvolvimento. Tal precariedade é caracterizada pela inexistência de uma política de saneamento claramente definida para pequenas localidades (IPEA & IPLAN, 1989).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2000, há uma grande diferença regional no saneamento do país. Observa-se que pelo menos 92% dos municípios da Região Norte e 82% da Região Centro-Oeste não dispõem de rede de coleta de esgoto, enquanto que na Região Sudeste 7% dos municípios possui esta deficiência (IBGE, 2000).

Os impactos aos recursos hídricos provenientes da urbanização desorganizada ocorrem pela retirada da vegetação e do solo, revestimento do terreno com material impermeável e rejeição de água, que é escoar a água da chuva o mais rápido possível (Kobiyama *et al.*, 2008). Chocat (1997) apresenta como os principais efeitos da urbanização sobre o comportamento hidrológico são a impermeabilização dos solos, aumento da velocidade dos escoamentos, construção de obstáculos ao escoamento e a artificialização dos cursos de água urbanos.

A supressão da cobertura vegetal da bacia devido à urbanização, reflorestamento ou plantio de culturas agrícolas pode levar a impactos significativos sobre o escoamento. A supressão da vegetação para urbanização gera efeitos mais pronunciados, pois pode eliminar a evapotranspiração e reduzir a interceptação e infiltração (Tucci, 2003).

A impermeabilização excessiva do solo para a implantação de vias, áreas públicas e edifícios, diminui o quantitativo de água que infiltra, diminuindo por conseqüência o reabastecimento dos aquíferos e aumentando a quantidade e força mecânica das águas de drenagem, que chegam mais rapidamente ao leito dos rios e canais, superando muitas vezes a capacidade de recepção destes corpos hídricos (Hall, 1984).

A urbanização também gera impactos qualitativos nas águas escoadas devido à acumulação de contaminantes e poluentes no solo e superfícies das áreas urbanas durante os períodos secos. As principais fontes destes poluentes são a circulação de veículos, indústrias, dejetos de animais, resíduos sólidos, erosão dos solos e poluição atmosférica (Castro, 2002).

Os impactos gerados por estas fontes são alterações estéticas, depósitos de sedimentos, depleção da concentração de oxigênio dissolvido, contaminação por organismos patogênicos, eutrofização e danos causados pelos agentes tóxicos (Porto, 1995).

Os esgotos pluviais, através da rede de drenagem urbana, contribuem de forma não pontual para a poluição das águas de rios e lagoas, e podem apresentar um impacto significativo sobre o meio ambiente. Aos esgotos pluviais e corpos hídricos, estão comumente ligados clandestinamente, os esgotos sanitários de muitos imóveis, constituindo em uma carga adicional importante (Muraro, 2001). Outra carga importante é a das águas pluviais que drenam áreas carentes ou favelizadas, onde a limpeza pública e a coleta de lixo não são regularmente praticadas. Nestas áreas pobres a lavagem das ruas após as chuvas constitui uma contribuição equivalente aos esgotos primários (Jordão & Pessoa, 1995).

De acordo com os fundamentos da Lei 9433 de 1997 (Brasil, 2007), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplos das águas e a deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. A unidade territorial para implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos é a bacia hidrográfica.

Entre as diretrizes da referida Lei, cabe destacar que deve haver a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade. A gestão deve considerar as diversidades locais e deve ainda integrar-se com a gestão ambiental.

O enquadramento dos corpos de água em classes de acordo com seus usos preponderantes, a outorga dos direitos de uso e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos são exemplos dos instrumentos definidos na Lei 9433/97.

Observa-se uma grande carência de informações e dados associados às pequenas bacias hidrográficas, como é o caso da Bacia do Rio Morto na baixada de Jacarepaguá. É importante destacar que não monitoramento governamental nesta micro-bacia e nem em outras pequenas bacias da região.

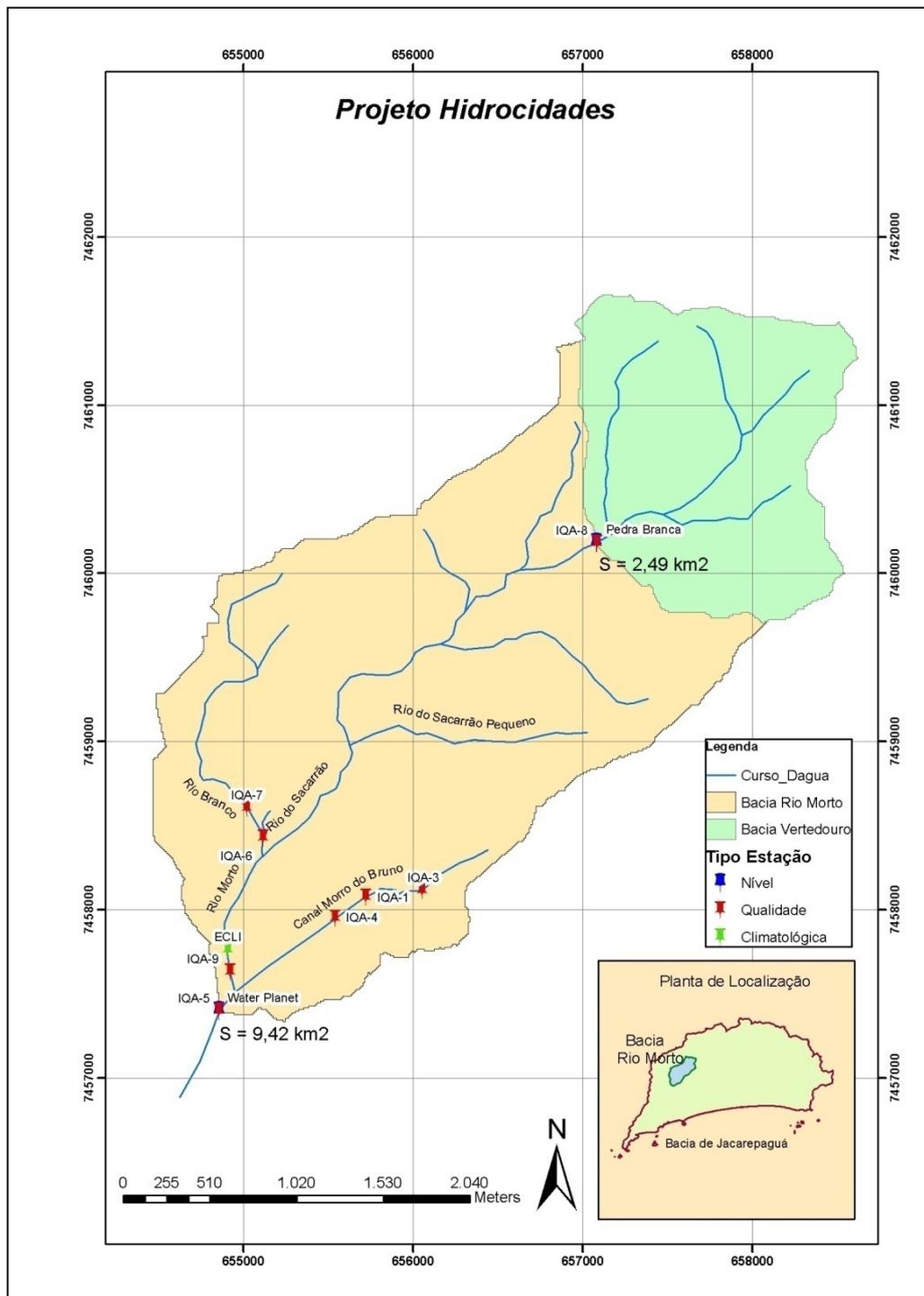
A Baixada de Jacarepaguá, na zona oeste da Cidade do Rio de Janeiro foi tomada como objeto de estudo do Projeto HIDROCIDADES, que prevê uma série de ações sócio-ambientais na região, sendo este trabalho uma das linhas de pesquisa deste Projeto.

No contexto do Projeto HIDROCIDADES, têm sido organizados vários eventos com moradores do bairro e alunos das escolas locais. Nessas reuniões e workshops são discutidos

os problemas sócio-ambientais locais, possíveis soluções para os mesmos, assim como resultados parciais das investigações do Projeto HIDROCIDADES, buscando a participação e envolvimento dos moradores com as questões do Projeto e, do Projeto com os problemas locais, para contribuir com o desenvolvimento sustentável da região de forma mais efetiva.

O presente trabalho visa caracterizar quanto à qualidade das águas fluviais, esta região do Rio de Janeiro, onde ocorreu um planejamento inicial para sua ocupação, mas devido à pressão imobiliária, levou ao cenário atual, com assentamento de condomínios de padrão médio e alto, nem sempre respeitando a legislação urbanística, verticalização e adensamento e ocupação irregular.

O problema das ocupações irregulares de terrenos urbanos para moradia da população de baixa renda é similar em toda baixada de Jacarepaguá. Por isso o Projeto HIDROCIDADES tomou como estratégia, entre outros, o monitoramento físico-ambiental de uma bacia hidrográfica representativa e experimental – a bacia do rio Morto (Figura 1.6). São monitorados níveis d'água e a qualidade das águas fluviais, assim como características climáticas como: alturas pluviométricas, velocidade e direção do vento, radiação, temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica. Assim como os níveis d'água, as informações climatológicas são registradas a cada cinco (5) minutos. A estação climatológica foi posicionada dentro dos limites do parque aquático “Rio Water Planet”. Ainda, está inserida na bacia a Comunidade da Vila Cascatinha, que apoiou a implementação e participa do HIDROCIDADES. A comunidade da Vila Cascatinha apresenta vocação agrícola e a população se queixa das enchentes que ocorrem rotineiramente no bairro (Cerqueira & Pimentel da Silva, 2007). É importante destacar que não há, atualmente, qualquer monitoramento governamental na Bacia do Rio Morto, aumentando ainda mais a importância do presente estudo.



**Figura 1.6 – Esquema da Bacia do Rio Morto**

### 1.3. – Objetivos

Esta dissertação foi desenvolvida no contexto do Projeto HIDROCIDADES e apresenta como objetivo geral a caracterização da qualidade das águas fluviais de uma bacia hidrográfica peri-urbana, experimental e representativa da região hidrográfica da baixada de Jacarepaguá - a bacia do Rio Morto.

Para atender este objetivo geral, foram propostos objetivos específicos, gerando informações e resultados relevantes para o meio acadêmico e profissional, servindo como base de informações para trabalhos futuros sobre a região estudada. Entre os objetivos específicos, destacam-se:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre os diferentes parâmetros utilizados para monitorar a qualidade das águas, e, em especial, as águas urbanas, elaborando, a partir da literatura, a metodologia de análise;
- Inferir em pontos representativos da bacia do Rio Morto o estado da qualidade das águas fluviais, classificá-las, bem como, compreender e explicar as causas raízes que levam ao estado atual do sistema, correlacionando as atividades locais com a degradação dos corpos hídricos que compõem a bacia hidrográfica;
- Propor ações que possam promover a melhoria da qualidade das águas fluviais na bacia do rio Morto, e no contexto mais abrangente, a partir deste protótipo, propor a melhoria da qualidade das águas da região hidrográfica da baixada de Jacarepaguá, região em que se insere a bacia do rio Morto.

#### 1.4. – Natureza da Metodologia e Estrutura da Dissertação

A dissertação está inserida no contexto dos estudos de caracterização de qualidade de águas fluviais e da gestão integrada dos recursos hídricos em meios urbanos e peri-urbanos. Os estudos foram feitos através de coletas periódicas de amostras de água locais e posterior análise laboratorial. Foram observados parâmetros físico-químicos, sobretudo os que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA), segundo os cálculos utilizados pela CETESB. O IQA foi determinado em planilha eletrônica EXCEL cedida pela Universidade Federal de Minas Gerais. Foi desenvolvido ainda, de forma analítica, o enquadramento dos corpos hídricos tomando por base a resoluções CONAMA 20/86 e 357/05. Tomou-se como objeto de estudo a região hidrográfica da baixada de Jacarepaguá, região de expansão da cidade do Rio de Janeiro. Para estes estudos foi adotada a estratégia do estabelecimento de bacia hidrográfica experimental e representativa, neste caso, a do rio Morto, em Vargem Grande. A revisão bibliográfica concentrou-se na literatura nacional apresentada em encontros científicos e periódicos especializados. Foram feitas consultas ao portal de periódicos da CAPES. A revisão da literatura contribuiu para consolidação da metodologia e para análise dos resultados encontrados.

O texto foi estruturado em cinco capítulos, incluindo este primeiro com a introdução.

No capítulo 2 foi feita uma revisão bibliográfica dos parâmetros físico-químicos e biológicos que devem ser observados para caracterizar a qualidade da água de um corpo hídrico, destacando-se os parâmetros utilizados no cálculo do IQA. Em seguida são apresentados os marcos regulatórios brasileiros para os recursos hídricos, destacando as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA 20 de 1986 e 357 de 2005. Posteriormente, ainda neste capítulo, são apresentadas as equações balizadoras para o cálculo do Índice de Qualidade de Água, IQA.

A localização da área de estudo e sua caracterização são destacadas no capítulo 3. Ainda neste capítulo são descritos os pontos de coleta e sua localização. Ao final, são apresentados resultados das análises e do IQA.

No capítulo 4 é realizada a análise dos resultados, inicialmente dos parâmetros individuais, sendo estes comparados à Resolução CONAMA vigente, em seguida os resultados do IQA são discutidos. Finalmente é realizada uma análise espacial, em função do aporte de cada corpo hídrico.

Para finalizar, o quinto capítulo faz a conclusão do trabalho e apresenta sugestões para trabalhos futuros nesta região ou em outras pequenas bacias hidrográficas.

## Capítulo 2. Análise da Qualidade das Águas

### 2.1– Parâmetros utilizados no monitoramento da qualidade das águas

O termo qualidade da água não se restringe a determinação de pureza, mas suas características desejadas para os diversos usos. Isso inclui as características físicas, químicas e biológicas da água, que podem ser alteradas por poluentes de diversas origens. As alterações no sistema hídrico geram prejuízos econômicos para a região, desde a redução da captura da pesca até o aumento nos custos com a saúde da população, para aquisição e tratamento da água (Bilich & Lacerda, 2005). Diversos parâmetros são utilizados para caracterizar a qualidade da água, por representar suas características físicas, químicas e biológicas. Estes parâmetros indicam a qualidade da água e indicam problemas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para um uso específico (Bilich & Lacerda, *op. cit.*). Os governos, visando garantir a qualidade da água para os diversos usos, estabelecem padrões de qualidade de água para determinados fins. No Brasil, a primeira legislação com preocupação hídrica foi concebida em 1934, o Código das Águas, com enfoque mais voltado a geração de energia elétrica. As Legislações mais modernas foram criadas através do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA. Em 1986 o CONAMA deliberou a Resolução CONAMA 20/86 (MMA, 2008) que definiu o enquadramento dos corpos de água segundo classes de usos preponderantes, padrões de qualidade e limites de lançamento de efluentes. Em 2005 foi promulgada a Resolução CONAMA 357/05 que substituiu a 20/86 e apresenta novos parâmetros de monitoramento (MMA, 2008).

Uma das metodologias que ponderam os parâmetros no sentido de estabelecer um índice, é o Índice de Qualidade de Água - IQA. Para o IQA são estabelecidos limites que permitem a classificação da qualidade da água como ótima, boa, aceitável, ruim ou péssima (CETESB, 2005).

A seguir são detalhados os principais parâmetros para monitoramento da qualidade da água, incluindo, em **negrito**, os parâmetros utilizados para o cálculo do IQA . Discute-se ainda a importância desses parâmetros no contexto das atividades antrópicas e o comprometimento da qualidade da água pelas mesmas.

### 2.1.1. Parâmetros Físicos

Os principais parâmetros físicos para avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico superficial são a coloração, os resíduos totais, a turbidez e a temperatura.

Uma descrição detalhada destes parâmetros é apresentada abaixo:

- **Coloração** – a cor da água está diretamente relacionada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material orgânico (ácidos húmicos e fúlvicos, decorrentes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas) e inorgânico, ambos em estado coloidal. A redução se dá pela absorção de certos comprimentos de onda e a emissão de outros. Os esgotos sanitários também apresentam matéria predominantemente coloidal. Em geral, o maior problema de coloração na água é o estético, o que causa efeito repulsivo aos consumidores (CETESB, 2007).
- **Sólidos Totais** – Em saneamento, os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após a evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra. Os sólidos totais representam o resíduo que resta após a secagem de uma amostra em estufa a 103-105°C até atingir um peso constante. Os sólidos na água aumentam sua turbidez, diminuindo sua transparência. O aumento na turbidez reduz as taxas de fotossíntese influenciando na produção primária, e o oxigênio dissolvido na água (Braga *et al.*, 2002). Nos trabalhos de controle de poluição, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas em função de seu tamanho (sólidos dissolvidos ou em suspensão) e em função de sua natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). O quadro geral não define a qualidade da amostra analisada, apesar da concentração de sólidos voláteis estar relacionada à presença de compostos orgânicos na água, não há qualquer informação sobre a natureza das diferentes moléculas orgânicas presentes. Mas, o resíduo total é uma informação preliminar importante, principalmente no controle operacional de sistemas de tratamento de esgotos. Para os recursos hídricos, os sólidos podem causar danos à vida aquática, sedimentando no leito dos rios, destruindo organismos ou danificando leitos de desova. Altos teores de sais minerais estão associados ao aumento no índice de corrosão dos sistemas de distribuição das águas, além de gerar sabor às águas (Baird, 2002; Pepper *et al.*, 1996). Águas com alta concentração de sólidos dissolvidos geralmente apresentam palatabilidade inferior e podem conduzir a reações fisiológicas adversas no

consumidor. Por estas razões, um limite máximo de  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de sólidos dissolvidos é desejável para potabilidade das águas (Eaton *et al.* 2005). Águas altamente mineralizadas também são impróprias para muitas aplicações industriais. Altas concentração de sólidos suspensos poderão ser esteticamente insatisfatória para fins de consumo. Análise dos sólidos são importantes para o controle biológico e físico dos processos de tratamento de águas residuais (Eaton *et al.*, 2005).

- **Turbidez** – a turbidez representa o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, devido a absorção e ao espalhamento da luz, ocasionado pela presença de sólidos em suspensão como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e de detritos orgânicos (algas, bactérias, plânctons). O aumento da turbidez pode ocorrer devido a erosão das margens dos rios nas estações de alta pluviosidade, ou devido ao mau uso do solo. Os esgotos sanitários também provocam elevação na turbidez das águas. A alta turbidez reduz a fotossíntese, que diminui a produtividade primária (Baird, 2002; Pepper *et al.*, 1996). A turbidez das águas deixou de ser um parâmetro estético para ser correlacionado com a concentração de cloro residual, número de colônias de coliformes fecais e totais, casos de hepatite A e Poliomielite. Outros estudos relacionam turbidez com eficácia da desinfecção da água, o que dá a esse parâmetro grande importância sanitária (OMS, 1996). A transparência natural de um corpo de água é um fator determinante na sua condição e produtividade. A turbidez na água é causada por materiais suspensos e coloidais como argila e silte, divididos em materiais orgânicos e inorgânicos além de plânctons e outros organismos microscópicos. A turbidez é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz seja espalhada e absorvida em vez de ser transmitida sem nenhuma mudança na direção ou fluxo através da amostra (Eaton *et al.*, 2005; Tomazoni *et al.*, 2005).
- **Temperatura** – a variação da temperatura é um evento natural nos corpos hídricos, as variações são sazonais e diurnas e estratificação vertical. A temperatura superficial está relacionada a fatores como a latitude, altitude, estação do ano, período do dia e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo hídrico geralmente é provocada por despejos industriais, como usinas termoelétricas, nucleares e sistemas de resfriamento. A temperatura influencia uma série de parâmetros físico-químicos como a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização, condutividade térmica, pressão de vapor e saturação dos gases dissolvidos, entre eles o oxigênio (CETESB, 2007).

### 2.1.2. Parâmetros Químicos

Se os parâmetros físicos são relativamente de fácil análise, os parâmetros químicos, por outro lado, vão variar de acordo com o tipo de contaminante na região estudada. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, CETESB, indica como variáveis químicas consideráveis o alumínio, bário, cádmio, chumbo, cloreto, cobre, condutividade, cromo, DDT, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5, 20</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), fenóis, ferro total, fósforo total, manganês, mercúrio, níquel, óleos e graxas, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), potássio, série de nitrogênio (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico), sódio, surfactantes e zinco (CETESB, 2007).

Uma descrição detalhada destes parâmetros é apresentada abaixo:

- Alumínio – a solubilidade do alumínio na água é influenciada pelo potencial hidrogeniônico<sup>1</sup>, temperatura, e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica entre outros. A solubilidade do alumínio é alta em pH baixo (meio ácido), este elemento deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O aumento da concentração de alumínio está relacionado ao período de alta pluviosidade e conseqüente aumento na turbidez (CETESB, 2007; Nascimento, 2004). Geralmente suas formas mais comuns são o íon trivalente na forma solúvel e o hidróxido e aluminatos nas formas insolúveis (Freitas *et al.*, 2001).
- Bário – este elemento pode ocorrer naturalmente na água, sob a forma de carbonatos em algumas fontes minerais. A atividade antrópica de extração da bauxita aumenta sua concentração (Baird, 2002).
- Cádmio – o cádmio nos corpos de água está relacionado a descargas de indústrias ligadas à produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, baterias, galvanoplastia, lubrificantes e inseticidas. A queima de petróleo também é uma fonte de cádmio para o ambiente. O cádmio é um metal de grande toxicidade que possui efeito cumulativo na cadeia trófica e causa nos seres humanos doenças ligadas aos rins, sistema intestinal e gástrico além de câncer (Baird, 2002).

---

<sup>1</sup> pH, descrito a seguir neste mesmo subitem.

- Chumbo – este elemento está presente na água devido às descargas de efluentes de indústrias de acumuladores (baterias), tintas, tubulações e metalurgia. O chumbo possui efeito cumulativo, que provoca envenenamento crônico (saturnismo) que afeta o sistema nervoso central. (Baird, 2002; CETESB, 2007).
- Cloreto – este parâmetro é a representação do ânion cloreto, que nas águas superficiais indicam descargas de esgotos sanitários. Um indivíduo escreta pela urina aproximadamente 6 g de cloreto ao dia e os esgotos apresentam concentração de cloreto que ultrapassam  $15 \text{ mg L}^{-1}$ . Em regiões costeiras os níveis de cloreto podem ser naturalmente elevados devido a intrusão salina. Em águas tratadas, a elevação do nível de cloreto é explicada pelas reações de dissociação do cloro na água. Antigamente os cloretos eram usados como indicadores de contaminação por esgotos sanitários em rios, mas atualmente o teste de coliformes fecais é mais preciso para esta função (Pepper *et al.*, 1996; CETESB, 2007).
- Cobre – este elemento ocorre naturalmente nas águas em concentrações menores que  $20 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ . Em altas concentrações prejudica o sabor da água e prejudica a saúde humana. As fontes antrópicas de cobre são as corrosões de tubulações de latão por conta das águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, precipitação atmosférica de fontes industriais e uso de compostos de cobre como algicidas, fungicida e pesticida (Baird, 2002; Pepper *et al.*, 1996; CETESB, 2007).
- Condutividade – este parâmetro é uma expressão numérica da capacidade da amostra de água em conduzir corrente elétrica. É uma função da temperatura e da concentração iônica, indicando a quantidade de sais na amostra, e mede indiretamente a concentração de poluentes. Os ambientes impactados possuem geralmente níveis superiores a  $100 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ . (CETESB, 2007; Padua, 1997).
- Cromo – As concentrações deste elemento na água doce são baixas. A introdução antrópica deste elemento se origina da produção de alumínio anodizado, aço inox, pigmentos, tintas, papel, fotografia e explosivos. O cromo trivalente é importante para o metabolismo humano, porém na forma hexavalente é tóxico. Por isso os limites máximos são estabelecidos em função da forma hexavalente (Baird, 2002; Pepper *et al.*, 1996; CETESB, 2007).
- Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) – este elemento é um inseticida persistente, possui meia-vida extremamente longa e é altamente lipossolúvel. Seu uso é restrito ou banido em diversos países devido sua toxicidade. Este composto pode ser transportado de um meio para o outro por processos de solubilização, adsorção, volatilização e bioacumulação. Na água, o DDT geralmente encontra-se firmemente ligado às

partículas, depositando-se no leito dos rios e mares, mas a parte biodisponível na coluna d'água é bioconcentrado pelos plânctons, insetos, invertebrados e peixes podendo atingir a espécie humana (Pepper *et al.*, 1996; CETESB, 2007).

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)** – A DBO é um dos mais importantes parâmetros para avaliar o impacto na qualidade da água. Isso ocorre pelo papel fundamental do oxigênio para manutenção da vida aeróbia. O despejo de poluentes no corpo hídrico pode afetar a concentração desta substância terminando com as formas de vida que dela dependem. A extinção do OD<sup>2</sup> culmina, também, no aparecimento de outras formas de vida no meio anaeróbio resultante, que produzem resíduos metabólicos danosos para certos usos da água (Eiger, 2003; Braga *et al.*, 2005). A DBO é definida como a quantidade necessária de oxigênio para metabolização da matéria orgânica biodegradável existente no meio aquático (Tchobanoglous & Schroeder, 1985). O oxigênio existente no meio aquático é consumido por microrganismos aeróbios que se alimentam dos resíduos orgânicos biodegradáveis como existentes nos esgotos domésticos (Eiger, op. Cit.). A DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através da decomposição por bactérias aeróbias, transformando-a em matéria inorgânica estável como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos entre outros. Este processo consome oxigênio da água e libera energia das moléculas decompostas. A grande presença de matéria orgânica pode levar o corpo hídrico a anoxia, provocando o desaparecimento de espécies aeróbias. A DBO não indica a presença de matéria não biodegradável, nem considera o efeito inibidor ou tóxico sobre a atividade microbiana, de alguns elementos que podem estar presentes na amostra (Blum, 2003).
- **Demanda Química de Oxigênio (DQO)** – este parâmetro é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por um agente químico. Geralmente, o valor do DQO é maior que o obtido na DBO<sub>5,20</sub>, e este teste é realizado em um prazo menor que os 5 dias. A DQO é especialmente útil quando utilizada com a DBO<sub>5,20</sub>, pois pode-se observar a biodegradabilidade do despejo. Quanto mais parecido os valores da DQO e da DBO<sub>5,20</sub> mais biodegradável é o efluente. Por outro lado, se a relação DQO/ DBO<sub>5,20</sub> for muito elevada, o efluente é pouco biodegradável e o tratamento biológico pode ser prejudicado pela natureza do efluente (Tchobanoglous & Schroeder, 1985; Eiger, 2003; Pepper *et al.*, 1996).

---

<sup>2</sup> Oxigênio Dissolvido, descrito na página 21.

- Fenóis – estes compostos chegam às águas naturais através das descargas de efluentes de indústrias de processamento de borracha, colas, resinas, plásticos e siderúrgicas. Os fenóis são tóxicos aos seres humanos e organismos aquáticos. Nas águas tratadas, os fenóis provenientes destes processos reagem com o cloro e formam os clorofenóis, que geram odor e sabor na água. A Portaria 1469 do Ministério da Saúde impõe o limite de fenóis para potabilidade em  $0,001 \text{ mg L}^{-1}$  (Baird, 2002; CETESB, 2007; Padua, 1997).
- Ferro Total – a concentração de ferro nas águas superficiais aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e erosão das margens. A atividade metalúrgica também pode contribuir com esta elevação. Em águas tratadas para abastecimento público, o uso de coagulantes a base de ferro provoca elevação em seu teor, que apesar de não ser tóxico, confere sabor à água, mancha roupas e utensílios e propicia desenvolvimento de depósitos de ferro-bactérias, provocando contaminação biológica, por isso o limite de concentração do ferro para o padrão de potabilidade, segundo a Portaria 1469 do Ministério da Saúde é de  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$  (Baird, 2002; CETESB, 2007; Padua, 1997).
- **Fósforo**– este elemento aparece na água principalmente devido às descargas de esgotos sanitários. Os detergentes são a maior fonte, além da matéria fecal. Algumas indústrias como as de fertilizantes, pesticidas, abatedouros, laticínios também descarregam fósforo em grandes quantidades. O fósforo é um dos principais nutrientes para os processos biológicos, por isso o excesso deste elemento conduz a processos de eutrofização das águas naturais (Baird, 2002; CETESB, 2007). A presença de fósforo nas águas superficiais pode ter origem, em pequena escala, na dissolução de compostos do solo ou em maior escala, pelos despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes e esgotos (Vasconcelos & de Mello, 1998). A crescente intensificação no uso de detergentes favorece muito o aumento das concentrações de fósforo nas águas (Libes, 1992). A ocorrência de fósforo em águas naturais e em águas residuárias se dá quase que exclusivamente sob a forma de fosfato. Uma das principais fontes de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais são os esgotos domésticos. Pequenas quantidades de ortofosfato ou certos fosfatos condensados são adicionados à água de abastecimento em estações de tratamento. Quantidades maiores dos mesmos compostos podem ser adicionadas à água através dos detergentes em pó, uma vez que estes compostos são constituintes principais de muitas formulações de limpeza comerciais. Fosfatos orgânicos são

formados primariamente por processos biológicos, estando presentes em excreções humanas e restos de alimentos (Melo e Dias, 2002; Esteves, 1988). A presença em excesso de íon fosfato em águas naturais pode ter efeito devastador na ecologia do corpo hídrico, pois sua presença causa a superfertilização das plantas (Baird, 2002). A eutrofização do ambiente pode causar o crescimento descontrolado de algas, que é um fenômeno indesejado, pois modifica as características físicas, químicas e biológicas do corpo aquático. O crescimento excessivo da vegetação aquática provoca eventuais odores, mortandade de peixes, mudança de cor, diminuição excessiva de OD, secreções tóxicas de certas algas, entre outros impactos negativos (Muraro, 2001).

- Manganês – este elemento propicia uma coloração negra na água e é usado em indústrias de aço, ligas metálicas e indústria química. Não possui toxicidade, mas a coloração causa repulsa no usuário (Baird, 2002; CETESB, 2007).
- Mercúrio – é largamente utilizado em garimpos de ouro além de indústrias de células eletrolíticas, para produção de cloro, soda, produtos medicinais, desinfetantes e pigmentos. O mercúrio é altamente tóxico ao homem, podendo ser fatal. Este elemento ainda apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 1469 do Ministério da Saúde é de  $0,001 \text{ mg L}^{-1}$  (Baird, 2002; CETESB, 2007).
- Níquel – este elemento é utilizado em indústrias de galvanoplastia e tem a capacidade de precipitar na mucosa das brânquias dos peixes, levando-os a morte por asfixia. A maior concentração de níquel para o meio ambiente provém da queima de combustíveis fósseis, processos de mineração e fundição de metais e modelagem de ligas. Em doses elevadas este elemento pode causar dermatites e afetar os sistemas nervoso, cardíaco e respiratório (Baird, 2002; CETESB, 2007).
- Óleos e Graxas – este parâmetro também é conhecido como material solúvel em hexano (MSH) e compreende os ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, óleos vegetais, ceras, óleos minerais, entre outros. Estas substâncias raramente são encontradas em águas naturais, geralmente são provenientes de despejos industriais, esgotos domésticos, efluentes de postos de gasolina e oficinas mecânicas e estradas. Como os óleos e graxas apresentam baixa solubilidade, eles diminuem a área de contato da superfície do corpo hídrico e o ar atmosférico, impedindo a oxigenação da água, reduzindo o OD e elevando a  $\text{DBO}_{5,20}$  e a DQO. A recomendação da legislação brasileira, CONAMA 357/2005, é que os óleos e graxas sejam virtualmente ausentes nas águas doces classe especial, 1, 2 e 3, nas águas salinas e salobras classe 1 (Baird, 2002; CETESB, 2007; MMA, 2008; Padua, 1997).

- **Oxigênio Dissolvido (OD)** – o oxigênio atmosférico devido a diferença de pressão parcial, dissolve-se nas águas, em função da temperatura, pressão e salinidade da água (Libes, 1992). As características hidráulicas também influenciam na aeração. A fotossíntese das algas também é uma fonte importante de OD. O nível de OD indica a capacidade de um corpo d'água se autodepurar e manter a vida aquática (Tchobanoglous & Schroeder, 1985; Eiger, 2003; Blum, 2003; CETESB, 2007). O oxigênio dissolvido é vital para os seres aquáticos aeróbicos, sendo utilizado na respiração, na qual ocorre a oxidação de compostos orgânicos gerando energia para formação de ATP, que é a fonte de energia para todas as reações metabólicas. Assim, a variação no nível de OD é limitante para a ocorrência de determinados organismos (Laws, 1993; Padua, 1997).

Pode-se concluir que o OD é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas por conta dos despejos orgânicos, visto que a decomposição de material orgânico é um dos principais processos de consumo do OD (Yokoyama, 1999). Cada pessoa contribui, através do esgoto, com cerca de 90 g de matéria orgânica por dia. Este material orgânico biodegradável é decomposto por bactérias e outros organismos. Toda decomposição consome oxigênio dissolvido, o esgoto doméstico pode conter por volta de 300 a 400 mg L<sup>-1</sup> de compostos orgânicos, 60% destes compostos estão disponíveis imediatamente (decomposição dentro de uma semana do lançamento) para ser degradado por bactérias comumente encontrados no meio ambiente (Pepper *et al.*, 1996).

- **Potencial Hidrogeniônico (pH)** – O pH representa a atividade hidrogeniônica, ou seja, a concentração de íons H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> que representa a intensidade de ácidos ou álcalis presentes em uma solução. O pH oferece indícios sobre a qualidade hídrica, o tipo de solo por onde a água percorreu e o tipo de poluição química da água, se ácida ou básica (Matheus *et al.*, 1995). O pH influencia diretamente na fisiologia de diversas espécies e indiretamente contribui para precipitação de elementos tóxicos como metais pesados e pode exercer efeitos na solubilidade de alguns nutrientes (Parsons *et al.*, 1992).
- **Potássio** – os sais deste elemento são altamente solúveis e é acumulado pela biota aquática, pois é um elemento nutricional essencial. Em águas não impactadas a concentração de potássio é baixa, pois as rochas que contêm este elemento são resistentes a erosão. Em corpos hídricos impactados, por outro lado, este elemento é

encontrado, pois sais de potássio são utilizados na indústria e como fertilizante para agricultura (Baird, 2002; CETESB, 2007).

- **Série de Nitrogênio** (inclui amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico) – a principal fonte de nitrogênio para as águas é o despejo de esgotos sanitários devido à presença de proteínas de nitrogênio amoniacal, decorrente da hidrólise que a uréia sofre na água. Indústrias também são fonte de nitrogênio orgânico e amoniacal para as águas, como indústrias petroquímicas, químicas, farmacêuticas, siderúrgicas, matadouros e afins. Em áreas agrícolas, o escoamento das águas sobre o solo fertilizado contribui com diversas formas de nitrogênio. Os fatores não-antrópicos que contribuem para presença de nitrogênio nas águas é a fixação biológica do nitrogênio atmosférico realizado por algas e bactérias, a fixação química, a dissolução de amônia e nitratos. Os compostos nitrogenados são nutrientes para os processos biológicos e provocam eutrofização do corpo hídrico. Se por um lado a amônia provoca o consumo de OD ao ser oxidada biologicamente, nitratos em alto nível pode causar metahemoglobinemia infantil, que é letal, por isso no padrão de potabilidade definido na Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permitido de nitrato é  $10 \text{ mg L}^{-1}$  (Baird, 2002; Pepper et al., 1996; CETESB, 2007). Os nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) são indicadores da quantidade de nutrientes e do nível de eutrofização do corpo hídrico (Sipaúba-Taveres, 1998). O nitrato é uma das formas que o nitrogênio é produzido naturalmente no ambiente, através da lixiviação dos solos, da chuva e dos processos de nitrificação e denitrificação do ambiente. A atividade antrópica pode aumentar suas concentrações através da queima de combustíveis fósseis e uso de fertilizantes. Em áreas urbanas a fumaça dos carros é o maior contribuinte de nitrato para integrar o ciclo atmosférico do nitrogênio (Berner & Berner, 1995; Freitas *et al.*, 2001).
- **Sódio** – os sais deste elemento são altamente solúveis e as águas naturais contêm algum sódio. O excesso de sódio nas águas pode ser proveniente de esgotos, efluentes indústrias e intrusão de água marinha em áreas litorâneas. A concentração deste elemento varia, significativamente, de acordo com as condições geológicas do lugar. O sódio é particularmente importante para irrigação, pois pode afetar a qualidade do solo e o crescimento do cultivo (Baird, 2002; CETESB, 2007).
- **Surfactantes** – analiticamente, são detergentes ou surfactantes que reagem com azul de metileno. Estes compostos são descarregados pelos esgotos domésticos e industriais, principalmente indústrias de detergentes e peças metálicas. O excesso de detergentes nas águas ocasiona a geração de espumas e pode exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos, além de causar eutrofização do curso d'água, pois a maior

parte dos detergentes comerciais são ricos em fósforo e exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton (Baird, 2002; CETESB, 2007; Padua, 1997).

- Zinco – este elemento é essencial para o crescimento e para o metabolismo humano, mas em altas concentrações confere sabor e cor à água e é tóxico aos peixes. Os processos antrópicos que descarregam este íon metálico para a água são a produção de zinco, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço e efluentes domésticos (Baird, 2002; CETESB, 2007).

### 2.1.3. Parâmetros Microbiológicos

- **Coliformes fecais ou termotolerantes** – A detecção de organismos patogênicos especialmente bactérias, protozoários e vírus é extremamente difícil e caro, devido a sua baixa concentração no meio. Por isso, esta determinação é realizada de forma indireta, através de organismos indicadores de contaminação como os coliformes fecais, que estão presentes em grande quantidade nas fezes dos organismos de sangue quente. Os coliformes fecais, por si só, não apresentam um perigo a saúde, mas indicam a presença de outros organismos patogênicos (Franco, 2005). O despejo de esgoto *in natura* nos sistemas aquáticos provoca vários tipos de poluição. As principais alterações causadas pelo aumento dos níveis de coliformes fecais incluem: depressão dos níveis de oxigênio, super-concentração de micro-poluentes e a presença de bactérias e patogênicos (Seidl, 1998). O despejo de esgotos *in natura* é a principal via de chegada de coliformes fecais, que são bactérias provenientes do trato digestivo de animais de sangue quente, na população de coliformes totais existentes nos ecossistemas aquáticos (Giatti, 2004). O uso das bactérias coliformes fecais para indicar poluição sanitária é mais efetivo que o uso da bactéria coliforme total, pois a primeira está restrita ao trato intestinal de animais de sangue quente, e sua presença indica a possibilidade da existência de organismos patogênicos causadores de doenças de veiculação hídrica como a febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera (Hitchins *et al.*, 2002; CETESB, 2007; Silva *et al.*, 2006; Engelkirk & Burton, 2005).
- *Pseudomonas aeruginosa* – estes bacilos gram-negativos raramente causam infecções comunitárias em indivíduos saudáveis, mas é causador de diversas infecções hospitalares, sendo o mais freqüente causador de infecções no trato respiratório (Lee *et al.*, 1999; Sader *et al.*, 2001; Freitas *et al.*, 2001; Padua, 1997).

- *Enterococcus* – são bactérias gram positivas em sua maioria de origem fecal humana e, geralmente, é considerada como indicador específico deste tipo de contaminação. Na legislação em vigor, esta bactéria é um indicador de balneabilidade das praias (Ceballos, 2001; Correa da Silva *et al.*, 2008; Padua, 1997).
- *Giardia sp.* e *Cryptosporidium sp.* – estes protozoários são capazes de causar diarreias graves e levar a morte de indivíduos imunodeficientes. Os coliformes termotolerantes não são bons indicadores destes protozoários uma vez que estes não são eliminados com a cloração da água (CETESB, 2007; Silva *et al.*, 2006).

## 2.2. - Marcos Regulatórios Brasileiros

O Brasil vem editando, desde o século passado, uma série de leis e normas visando consolidar uma política de valorização dos recursos naturais. Os recursos hídricos, por sua vez, possuem uma vasta legislação para o seu controle e conservação.

No ano de 1934 é instituído pelo decreto nº 24.643, o Código das Águas, que é o marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil e estabeleceu uma política hídrica moderna para época, abrangendo aspectos como: aplicação de penalidades, propriedade, domínio, aproveitamento das águas, navegação, força hidráulica e aproveitamento, regras para águas nocivas, concessões e autorizações, fiscalização, relações com o solo, desapropriação, derivações e desobstrução. O Código das Águas definia o domínio hídrico como pertencente à União, aos Estados ou Municípios. As águas dos lagos, rios limítrofes ou que proviessem ou dirigissem a outros países ou percorresse mais de um Estado brasileiro ou ainda, que estivesse situado dentro da faixa de 150 quilômetros ao longo das fronteiras, seriam de domínio da União. Aos Estados pertenceriam as águas públicas que servissem de limite ou percorressem mais de um município. Aos Municípios foram conferidas as águas fluviáveis ou navegáveis, situadas totalmente em seu território. As águas também poderiam ser públicas ou particulares. Estas últimas eram as localizadas em terrenos privados. A Constituição Federal de 1988 determinou que todas as águas brasileiras são públicas. O Código das águas nunca foi completamente regulamentado (Braga *et al.*, 2002).

A Lei 4771 de 15 de setembro de 1965, instituiu o Código Florestal que determinou que as matas ciliares são áreas de preservação permanente (APP), sendo estas definidas como as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água (ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais, nascentes e olhos d'água) a partir do seu nível mais alto, em faixa marginal, com larguras variáveis, de acordo com a largura do referente rio. As matas ciliares representam um importante fator na conservação e preservação dos recursos hídricos, prevenindo a erosão e assoreamento dos corpos d'água.

A Constituição Republicana de 1967 manteve os domínios instituídos pelo Código das Águas, mas definiu como competência da União a organização da defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e inundações.

Ainda em 1967 foi instituída, através da Lei 5138, a Política Nacional de Saneamento, normatizando o saneamento básico, principalmente no tocante ao sistema de esgotos e de

drenagem de águas pluviais, o controle das modificações artificiais dos corpos hídricos e controle das inundações e erosão. Neste mesmo ano a Lei Federal 5.357 estabeleceu penalidades para embarcações e terminais marítimos ou fluviais que lançarem detritos ou óleo em águas brasileiras.

A partir dos anos 70 conflitos são gerados pela competição entre a irrigação e o aproveitamento energético. Então foi instituída a pela Lei 6662/1979 a Política Nacional de Irrigação, base para o Programa Nacional de Irrigação que tinha o objetivo de controlar a utilização da água na irrigação e eliminar os conflitos existentes.

Já no início dos anos 80, é instituída a Política Nacional de Meio Ambiente pela Lei 6938 de 31 de agosto de 1981. Este documento tem profundas implicações na conservação dos recursos hídricos, trazendo como seus princípios a ação governamental para manutenção do equilíbrio ecológico, uso racional do da água, planejamento e fiscalização dos recursos naturais, proteção dos ecossistemas, incentivos a pesquisa para uso racional e proteção dos recursos naturais, recuperação das áreas degradadas e educação ambiental. A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo unir o desenvolvimento econômico e social com a conservação ambiental, estabelecendo critérios e padrões de qualidade ambiental e definindo normas relativas ao uso e manejo sustentável dos recursos ambientais.

Esta Política institui ainda os princípios do poluidor-pagador e do usuário-pagador e cria áreas de preservação e proteção ambiental, as unidades de conservação. Sobre os recursos hídricos, delega ao Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA, o estabelecimento de normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, em especial, os recursos hídricos. As resoluções do CONAMA 20/86 e CONAMA 357/2005 serão apresentadas nos subitens 2.2.1 e 2.2.2.

A Constituição Federal de 1988 destinou um capítulo exclusivo ao meio ambiente. Para a temática dos recursos hídricos, a inovação mais importante foi à extinção do domínio privado das águas existentes no território brasileiro, e delegou a União a competência para legislar sobre as águas e energia, ou seja, sobre o Direito de Águas, criando normas gerais de aplicação nacional. Cabe aos Estados legislar sobre o aproveitamento e utilização dos recursos hídricos em seu domínio, ou seja, criar normas administrativas para gestão dos recursos de seu domínio e combate a poluição, devendo estes detalhar as normas gerais, adequando-as às peculiaridades locais.

A Constituição Nacional de 1988 ordenou também a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Para atender este princípio constitucional, foi promulgada a lei 9.433 em 1997, que criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos e instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos com o objetivo de assegurar a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e a integrada dos recursos e prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos. São Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- Os Planos de Recursos Hídricos;
- O enquadramento dos corpos de água em classes de uso;
- A outorga dos direitos de uso da água;
- A cobrança pelo uso da água;
- O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Princípios desta Política são:

- A água é um bem de domínio público;
- A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- Em situações de escassez, o uso prioritário da água é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- A gestão dos recursos hídricos deve promover o uso múltiplo das águas;
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos;
- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A promulgação da lei 9433/97 teve com objetivo assegurar a disponibilidade necessária de água para a atual e para as gerações futuras, obedecendo à padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, para que os recursos hídricos sejam utilizados de forma racional e integrada, incluindo o transporte aquaviário, além de prevenir contra eventos hidrológicos críticos naturais ou devido ao uso inadequado dos recursos naturais. Outro avanço desta lei federal é o estabelecimento do Plano de Recursos Hídricos, que deve ser realizado em nível da bacia hidrográfica e definem orientações de valorização, proteção e gestão da água.

### 2.2.1. CONAMA 20/86

A resolução CONAMA 20 foi instituída em 1986 com o intuito de estabelecer o enquadramento e a classificação das águas doce, salinas e salobras, e o volume e regime de variação destes corpos, a fim de estabelecer níveis de qualidade para a água e fixar os usos compatíveis com tais níveis, logo a água pertencerá a determinada classe conforme o uso a que se destina. Esta resolução também considerava as características físico-químicas e biológicas dos efluentes com objetivo de conservar e recuperar o sistema aquático e evitar gastos excessivos com a produção de água potável. A CONAMA 20/86 também determina tarefas, responsabilidades e penalidades, caso os prazos e limites não sejam cumpridos. A finalidade desta Resolução é assegurar a qualidade das águas compatíveis com os usos a que forem destinadas e é essencial para que se possa organizar um sistema para fiscalizar e controlar a qualidade das águas.

Esta Resolução dividiu as águas do território brasileiro em águas doces (salinidade até 0,5, ou seja, até 0,05%) salobras (salinidade entre 0,5 e 30) e salinas (salinidade maior que 30) definidas em nove classes em função dos usos previstos. São cinco classes para água doce, na qual a Classe Especial pressupõe os usos mais nobres e a Classe 4, os menos nobres. As Classes 5 e 6 são relativas às águas salinas e as Classes 7 e 8 às águas salobras (MMA, 2008).

O Tabela 2.1 apresenta a classificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes segundo a resolução CONAMA 20/86.

O enquadramento dos corpos d'água não é baseado no estado atual, mas nos níveis de qualidade que devem possuir para atender as necessidades de uso. As classes correspondem a uma determinada qualidade de água que deve ser mantida no corpo hídrico, expressa sob a forma de padrões de qualidade (concentração de poluentes, conjunto de parâmetros e limites máximos aceitáveis), definidos na resolução.

Nascimento (2004) comparou os padrões brasileiros de qualidade de água e proteção da vida aquática definidos na CONAMA 20/86 com os adotados pelos governos canadense da *Water Quality Branch of Environment Canada* (1987) e o norte americano da *Environment Protection Agency* (1995). Este estudo revelou que doze parâmetros da Resolução Nacional da Classe 1 e 2 estão em desacordo com os critérios canadenses e norte americanos, são eles: cianetos, chumbo, cobre, mercúrio, prata, selênio, zinco, clordano, DDT, dieldrin, endrin e toxafeno. Outros seis parâmetros estão em desacordo exclusivamente com os critérios canadenses e mais sete em desacordo com o critério dos Estados Unidos. Alguns parâmetros

apresentam valores padrão até 100 vezes maior que o critério dos países da América do Norte. O trabalho de Nascimento sugere uma revisão nesta Resolução (Nascimento, 2004).

**Tabela 2.1** – Usos da água para cada classe segundo Resolução CONAMA 20/86

Usos		Resolução CONAMA 20/86				
		Classes				
		Esp.	1	2	3	4
Abastecimento para consumo humano	Sem tratamento	■				
	Após tratamento Simplificado		■			
	Após tratamento Convencional			■	■	
Preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas		■				
Proteção às comunidades aquáticas			■	■		
Recreação	Contato Primário		■	■		
	Contato Secundário	■	■	■		
Irrigação	Hortaliças e frutas consumidas cruas, com casca que se desenvolvem rente ao solo		■			
	Hortaliças e plantas frutíferas		■			
	Cultura arbórea, cerealíferas e forrageiras				■	
Aqüicultura para consumo humano			■	■		
Dessedentação de animais					■	
Navegação						■
Harmonia paisagística						■
Usos menos exigentes						■

Fonte: Von Sperling, 1995 (adaptado)

Em 17 de março de 2005 é promulgada a Resolução CONAMA 357 revogando a Resolução CONAMA 20/86 (MMA, 2008).

### 2.2.2. CONAMA 357/05

A Resolução CONAMA 357 de 2005, revoga a Resolução CONAMA 20/86 e dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, entre outras providências. Entre suas considerações é importante notar que o enquadramento dos corpos hídricos não deve ser baseado no seu estado atual, mas no nível que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade. Isso significa que os rios brasileiros tiveram, e devem ser reclassificados (MMA, 2008).

Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada uma de suas classes. Caso os valores estabelecidos pela resolução não sejam atingidos por causa de lançamentos e despejos decorrentes da atuação de empreendedores identificados as despesas de monitoramento e investigação correrão à custa destes empreendedores.

Esta Resolução estabeleceu para o território brasileiro, treze classes de usos preponderantes, sendo cinco para águas doces, quatro para salobras e quatro para salinas. A sistematização das classes de qualidade para as águas doces e uso a que se destinam tem em vista que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que não prejudique a qualidade da água.

As águas doces foram classificadas em Classe Especial, Classes 1, 2, 3 e 4. As outras classes relacionadas as águas salobras e salinas não serão abordadas neste trabalho. A Classe Especial é a mais restritiva quanto a qualidade da água e a Classe 4 a menos restritiva (MMA, 2008).

Outros avanços significativos foram feitos na Resolução CONAMA 357/05, em comparação com a CONAMA 20/86, como a revisão e a adequação dos limites de vários parâmetros, considerando o aprimoramento das técnicas de monitoramento e dos equipamentos laboratoriais. Também define que, enquanto não forem aprovados os enquadramentos as águas doces, serão consideradas como Classe 2 e as águas salinas e salobras, Classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, determinando a aplicação da classe mais rigorosa.

A Classe Especial (Tabela 2.2) é destinada ao abastecimento humano, com desinfecção, à preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas e a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

A Classe 1 é destinada ao abastecimento humano após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

A Classe 2 é definida como as águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, áreas de lazer em contato direto como o público e à aquicultura e pesca.

A Classe 3 pode ser destinada ao abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas ou forrageiras, à pesca amadora, recreação de contato secundário e dessedentação de animais.

Por último, a pior classificação para águas doces é a Classe 4, que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

O enquadramento da CONAMA 357/05 é específico para a classificação das águas superficiais, diferentemente da anterior, que não deixava claro se a classificação era para águas superficiais ou subterrâneas (MMA, 2008).

**Tabela 2.2** – Usos da água para cada classe segundo Resolução CONAMA 357/05

Usos		Resolução CONAMA 357/05				
		Classes				
		Esp	1	2	3	4
Abastecimento para consumo humano	Após Desinfecção	■				
	Após tratamento Simplificado	■	■			
	Após tratamento Convencional	■	■	■		
	Após tratamento Convencional ou Avançado	■	■	■	■	
Preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas		■				
Preservação do ambiente aquático em UC de Proteção Integral		■				
Proteção às comunidades aquáticas		■	■			
Proteção às comunidades aquáticas em terras indígenas		■	■			
Recreação	Contato Primário	■	■	■		
	Contato Secundário	■	■	■	■	
Irrigação	Hortaliças e frutas consumidas cruas, com casca que se desenvolvem rente ao solo	■	■			
	Hortaliças, frutas e parques com contato direto ao público	■	■	■		
	Cultura arbórea, cerealíferas e forrageiras	■	■	■	■	
Aqüicultura e pesca		■	■	■		
Pesca Amadora		■	■	■	■	
Dessedentação de animais		■	■	■	■	
Navegação		■	■	■	■	■
Harmonia paisagística		■	■	■	■	■

### 2.3. Indicadores de Qualidade de água.

Os corpos hídricos recebem cargas poluentes de diversas fontes, dentre as quais destacam-se os efluentes domésticos e industriais, o deflúvio superficial urbano e agrícola, mostrando que o impacto está associado ao tipo de uso e ocupação do solo.

A qualidade da água dos corpos aquáticos doce, salgado ou salobros pode ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, que relacionados indicam condições mais ou menos restritivas ao uso a que se destina um determinado recurso (Gastaldini, 1998).

Por conta da diversidade de fontes poluidoras e dos tipos de poluentes, há uma grande quantidade de parâmetros o que torna-se moroso e de difícil a interpretação. Neste sentido os índices de qualidade de águas são propostos com o intuito de resumir as variáveis analisadas e expressa-las em um único número, atrelado a uma condição de qualidade da amostra, podendo com maior clareza mostrar a evolução da qualidade da água no tempo e espaço.

Os índices de qualidade de águas podem ser separados em três tipos (Gastaldini, 1998):

- Índices baseados em métodos estatísticos;
- Índices baseados na opinião de especialistas;
- Índices biológicos.

O Índice de Qualidade da Água desenvolvido pela CETESB é baseado na opinião de especialistas.

Considerando que corpo hídrico possui características distintas, devido a sua vazão, ocupação das margens, solo no entorno, fatores climáticos, entre outras variáveis, percebe-se a complexidade para estabelecer um parâmetro como indicador de padrão para um sistema lótico. Por isso, é importante definir um índice de qualidade de água que espelhe, resumidamente e objetivamente as alterações, principalmente antrópicas no recurso hídrico (Couillard & Lefebvre, 1985). Interações entre múltiplas variáveis constituem o ponto de partida para avaliar a qualidade de determinada amostra de água, desde que as interações sejam obtidas através de uma distribuição amostral no espaço e no tempo (Harmanciuglu *et al.*, 1998).

Para estabelecer um sistema de monitoramento é necessário a utilização de métodos simples e que resultem em informações objetivas (Pineda & Schäfer, 1987).

A escolha da metodologia para analisar a qualidade da água neste trabalho levou em consideração os seguintes critérios:

- Aplicabilidade ao ambiente escolhido;
- Consistência (utilização do método pelos órgãos ambientais responsáveis pelo monitoramento da região);
- Facilidade de aplicação (coleta dos dados e análise laboratorial);

Neste cenário o Índice de Qualidade de Água, IQA, apontou-se como o melhor método de análise, pois pode ser usado tanto em ambientes lóticos quanto lênticos e é utilizado por diversas instituições como CETESB, IBAMA, ANA, FEAM entre outros.

O Índice de Qualidade das Águas IQA é um facilitador na interpretação geral da condição de qualidade dos corpos de águas, indicando o grau de contaminação das águas devido aos parâmetros físicos, materiais orgânicos, fecais, nutrientes e sólidos, que normalmente são indicadores de poluição causado pelos despejos domésticos.

### 2.3.1. O Índice de Qualidade de Água

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente 9 foram selecionados como mais representativos: OD, coliformes fecais, pH, DBO, nitrato, fosfato 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 (MMA, 2005). A cada parâmetro foi atribuído um peso, conforme Tabela 2.3.

Os parâmetros de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA indicam, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos decorrentes do lançamento dos esgotos domésticos. Este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas para utilização no abastecimento público, considerando, principalmente o tratamento destas águas (Togoro, 2006).

O IQA é calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água (MMA, 2005; CETESB, 2007):

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

Onde:

IQA – Índice de Qualidade de Águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$  – qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número de 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

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

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

Onde  $n$  é o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

**Tabela 2.3** - Pesos relativos de cada parâmetro do IQA.

Parâmetros	Peso
Oxigênio Dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100ml)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg L <sup>-1</sup> )	0,10
Fosfato Total (mg L <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> )	0,10
Temperatura ( ° C)	0,10
Nitratos (mg L <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> )	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	0,08

Fonte: MMA, 2005; CETESB, 2007.

A Tabela 2.4 apresenta os níveis de qualidade de água a partir dos resultados obtidos pelo cálculo do IQA, padronizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) do Estado de Minas Gerais. Estas faixas de valores são iguais as utilizadas pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos e por várias outras agências ambientais.

**Tabela 2.4** - Nível de qualidade de água segundo o Instituto Estadual de Gestão das Águas de Minas Gerais (IGAM).

IGAM-MG e NSF	
Nível de Qualidade	Faixa
<b>Excelente</b>	$90 < \text{IQA} \leq 100$
<b>Bom</b>	$70 < \text{IQA} \leq 90$
<b>Médio</b>	$50 < \text{IQA} \leq 70$
<b>Ruim</b>	$25 < \text{IQA} \leq 50$
<b>Muito Ruim</b>	$0 < \text{IQA} \leq 25$

Fonte: MMA, 2005.

A CETESB utiliza as mesmas fórmulas e cálculos para inferir o IQA das amostras de águas, porém adota um padrão no nível de qualidade diferente do IGAM. As faixas utilizadas pela CETESB são apresentadas na Tabela 2.5. Neste trabalho foram consideradas as faixas da CETESB.

**Tabela 2.5** - Faixas do nível de qualidade de águas adotado pela CETESB.

CETESB	
Nível de Qualidade	Faixa
<b>Ótima</b>	$80 \leq \text{IQA} \leq 100$
<b>Bom</b>	$52 \leq \text{IQA} < 80$
<b>Aceitável</b>	$37 \leq \text{IQA} < 52$
<b>Ruim</b>	$20 \leq \text{IQA} < 37$
<b>Péssima</b>	$0 \leq \text{IQA} < 20$

Fonte: CETESB, 2007

Segundo Racanicchi (2002) as faixas de qualidade adotada pela CETESB representam:

- Ótima (80 a 100): são águas encontradas em rios que mantém suas condições naturais, não recebem despejos de efluentes e não sofrem processos de degradação, excelente

para manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos.

- Boa (52 a 79): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora possam receber, em alguns pontos, pequenas ações de degradação, mas que de formas geral não comprometem a qualidade para a manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos.
- Aceitável (37 a 51): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, mas ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos, como para a manutenção da biologia aquática e produção de alimentos.
- Ruim (20 a 36): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo a mesma apenas para navegação e geração de energia.
- Péssima (0 a 19): são águas encontradas em rios que sofrem graves interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo apenas para navegação e geração de energia.

O cálculo das curvas médias de cada parâmetro foi baseado nas curvas obtidas pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e determinou-se as equações utilizadas para o cálculo do IQA. Neste trabalho as equações foram automatizadas em uma planilha do Microsoft Office EXCEL 2007 que teve sua base equacional desenvolvida pelo Professor Marcos Von Sperling da Universidade Federal de Minas Gerais. As equações utilizadas são apresentadas abaixo, separadas por parâmetro:

### 2.3.1.1. Oxigênio Dissolvido – OD

Primeiramente foi determinado a concentração de saturação de oxigênio, em função da temperatura da água, da concentração de cloreto e da altitude, através da equação:

$$C_s = (14,2 \times e^{-0,0212T} - (0,0016 \times C_{Cl} \times e^{-0,0264T})) \times (0,994 - (0,0001042 \times H))$$

Onde:

$C_s$  – concentração de saturação de oxigênio ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$T$  – temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

$C_{Cl}$  – Concentração de Cloreto ( $\text{mg L}^{-1}$ )

$H$  – Altitude (m)

Depois calcula-se a porcentagem de oxigênio dissolvido:

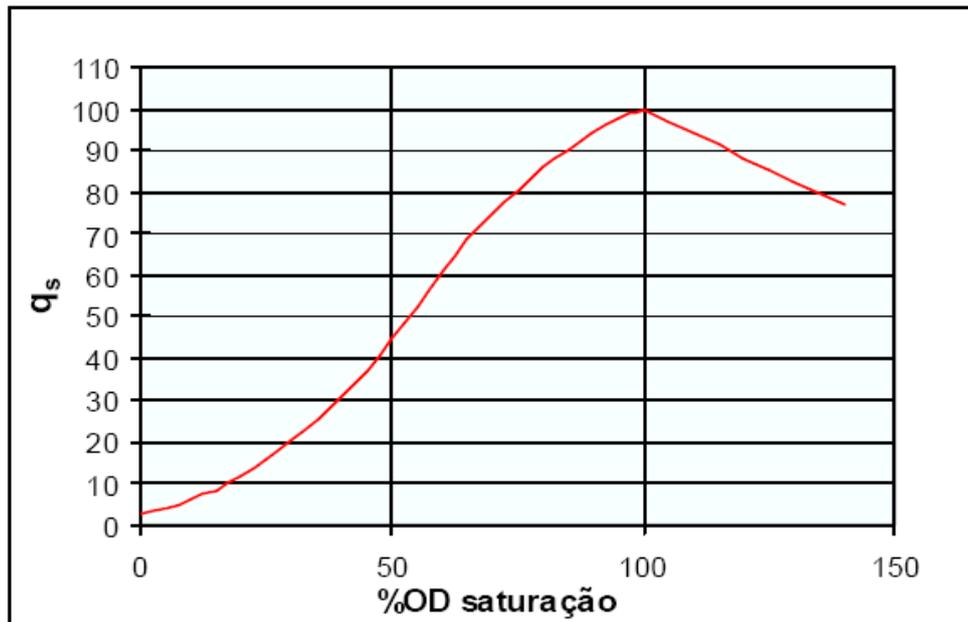
$$\%OD = (OD/CS) \times 100$$

Onde:

OD% - porcentagem de oxigênio dissolvido.

OD – Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )

CS – concentração de saturação de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )



**Figura 2.1** - Curva do Oxigênio Dissolvido  
(Fonte: MMA, 2005).

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro Oxigênio dissolvido, baseadas na Figura 2.1 são:

Para OD% saturação  $\leq 100$

$$q_s = 100 \times (\text{sen}(y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sen}(y_2) - 0,018 \times \text{OD}\% + 6,86) \times \text{sen}(y_3)] + 12 / (e^{y_4} + e^{y_5})$$

onde:

$$y_1 = 0,01396 \times \text{OD}\% + 0,0873$$

$$y_2 = (\pi / 56) \times (\text{OD}\% - 27)$$

$$y_3 = (\pi / 85) - (\text{OD}\% - 15)$$

$$y_4 = (\text{OD}\% - 65) / 10$$

$$y_5 = (65 - \text{OD}\%) / 10$$

Para  $100 < \text{OD}\% \text{ saturação} \leq 140$  (porcentagem de saturação maior que 100 e menor ou igual a 140).

$$q_s = -0,00777142857142832 \times (\text{OD}\%)^2 + 1,27854285714278 \times \text{OD}\% + 49,8817148572$$

Para OD% saturação  $> 140$  (porcentagem de saturação maior que 140%)

$$q_s = 47,0$$

### 2.3.1.2. Coliformes Fecais

✓ Para  $CF \leq 10^5$  NMP / 100 mL

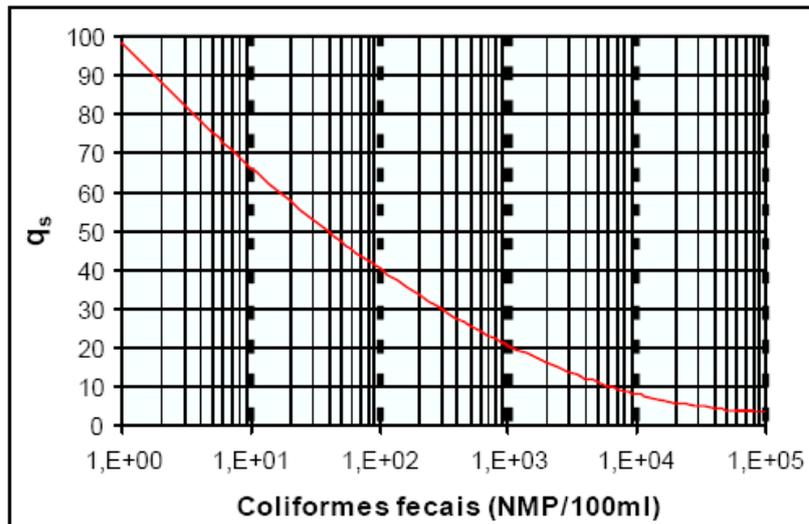
As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro Coliformes Fecais são:

$$q_s = 98,24034 - 34,7145 \times (\log(CF)) + 2,614267 \times (\log(CF))^2 + 0,107821 \times \log(CF)^3$$

✓ Para  $CF > 10^5$  NPM / 100mL

$$q_s = 3,0$$

A figura 2.2 mostra a curva dos coliformes fecais segundo as equações acima.



**Figura 2.2** - Curva dos Coliformes Fecais  
(Fonte: MMA, 2005).

### 2.3.1.3. Potencial Hidrogeniônico – pH

O cálculo do  $q_s$  para o parâmetro pH segue as equações que geram a curva do Potencial Hidrogeniônico na Figura 2.3:

- ✓ Se o  $pH \leq 2,0$

$$q_s = 2,0$$

- ✓ Se o  $2,0 < pH \leq 6,9$

$$q_s = - 37,1085 + 41,91277 \times pH - 15,7043 \times pH^2 + 2,417486 \times pH^3 - 0,091252 \times pH^4$$

- ✓ Se  $6,9 < pH \leq 7,1$

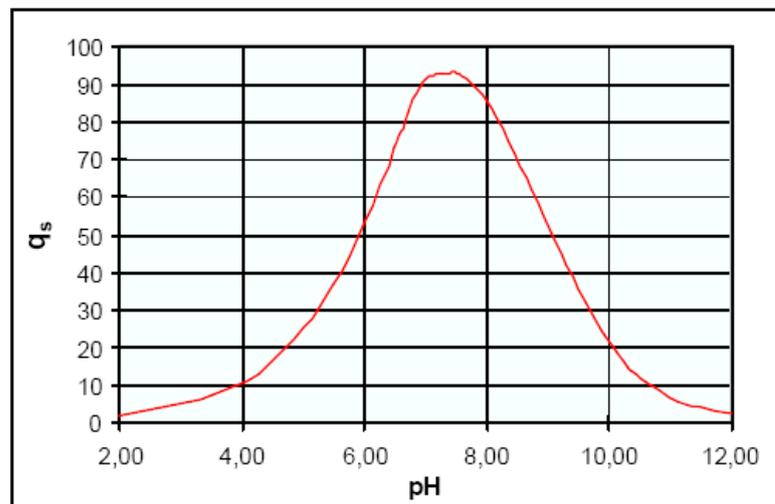
$$q_s = - 4,69365 - 21,4593 \times pH - 68,4561 \times pH^2 + 21,638886 \times pH^3 - 1,59165 \times pH^4$$

- ✓ Se  $7,1 < pH \leq 12$

$$q_s = -7.698,19 + 3.262,031 \times pH - 499,494 \times pH^2 + 33,1551 \times pH^3 - 0,810613 \times pH^4$$

- ✓ Se  $pH \geq 12,0$

$$q_s = 3,0$$



**Figura 2.3** - Curva do pH  
(Fonte: MMA, 2005).

### 2.3.1.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

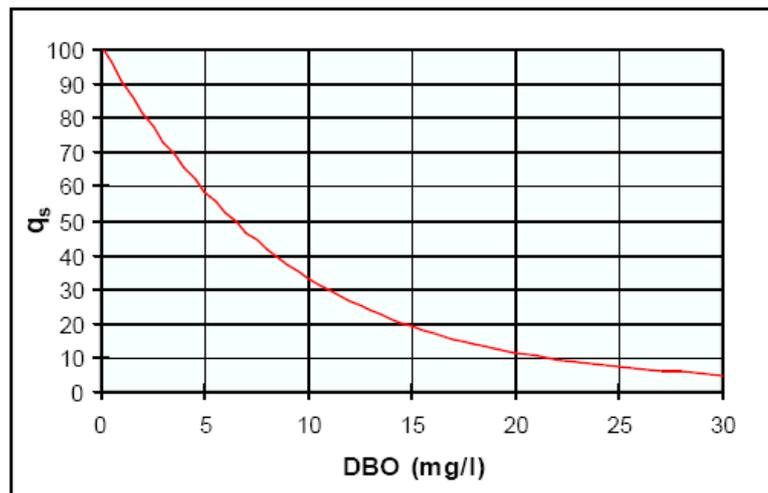
O  $q_s$  para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é definido pela equação da curva da Figura 2.4:

Se a  $DBO \leq 30 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 100,9571 - 10,7121 \times DBO + 0,49544 \times DBO^2 - 0,011167 \times DBO^3 + 0,0001 \times DBO^4$$

✓ Se a  $DBO > 30,0 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 2,0$$



**Figura 2.4** - Curva da DBO  
(Fonte: MMA, 2005).

### 2.3.1.5. Nitrato total – $\text{NO}_3^-$

O  $\text{NO}_3^-$  é calculado através das equações da curva da Figura 2.5:

Se  $\text{NO}_3^- \leq 10 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = - 5,1 \times \text{NO}_3 + 100,17$$

Se  $10 < \text{NO}_3 \leq 60 \text{ mg L}^{-1}$

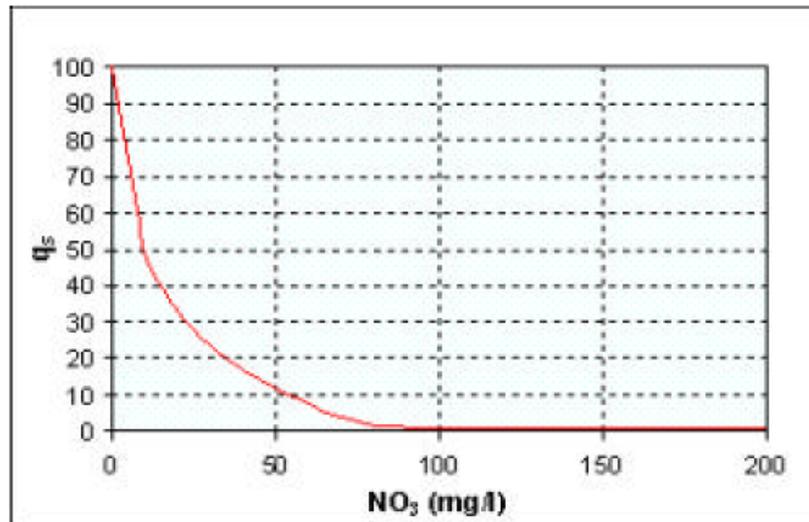
$$q_s = 22,853 \times \ln(\text{NO}_3) + 101,18$$

Se  $60 < \text{NO}_3 \leq 90 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 10000000000 \times (\text{NO}_3)^{-5,1161}$$

Se  $\text{NO}_3 > 90 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 1,0$$



**Figura 2.5** - Curva do Nitrato Total  
(Fonte: MMA, 2005).

### 2.3.1.6. Fosfato Total - $\text{PO}_4^{3-}$

O  $q_s$  do fosfato total é definido a partir das equações:

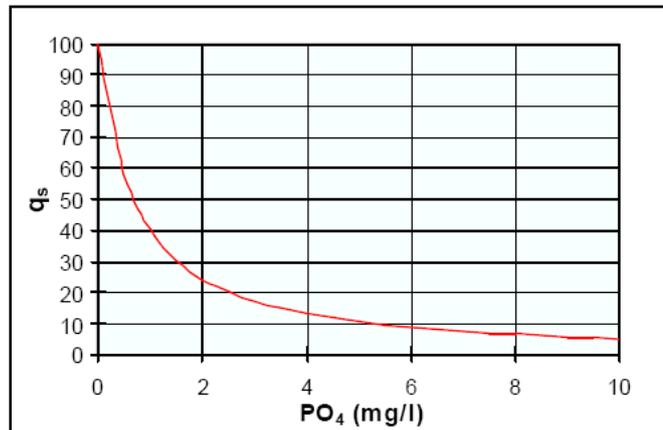
Se  $\text{PO}_4^{3-} \leq 10 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 79,7 \times (\text{PO}_4^{3-} + 0,821)^{-1,15}$$

✓ Se  $\text{PO}_4^{3-} > 10 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 5,0$$

A Figura 2.6 resume a curva das pelas equações acima.



**Figura 2.6** - Curva do Fosfato Total  
(Fonte: MMA, 2005).

### 2.3.1.7. Turbidez (Tu)

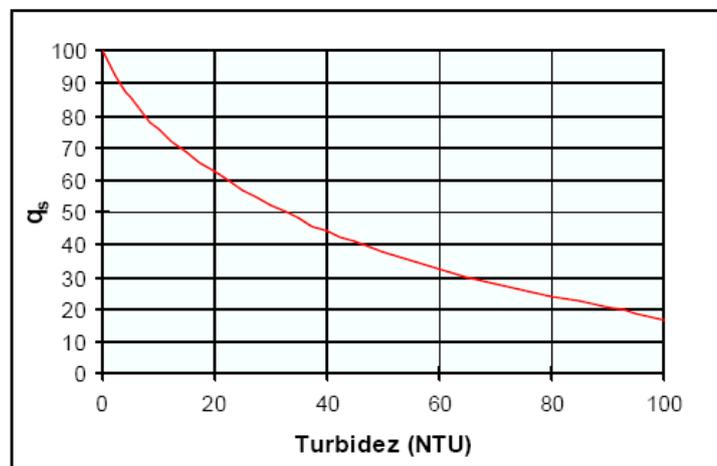
Para calcular o  $q_s$  da turbidez foram utilizadas as equações baseadas na Figura 2.7:

✓ Se  $Tu \leq 100$

$$q_s = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times Tu)} - 15 \times \cos(0,0571 \times (Tu - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times Tu)} - 0,8$$

Se  $Tu > 100$

$$q_s = 5,0$$



**Figura 2.7** - Curva da Turbidez  
(Fonte: MMA, 2005).

### 2.3.1.8. Sólidos Totais – ST

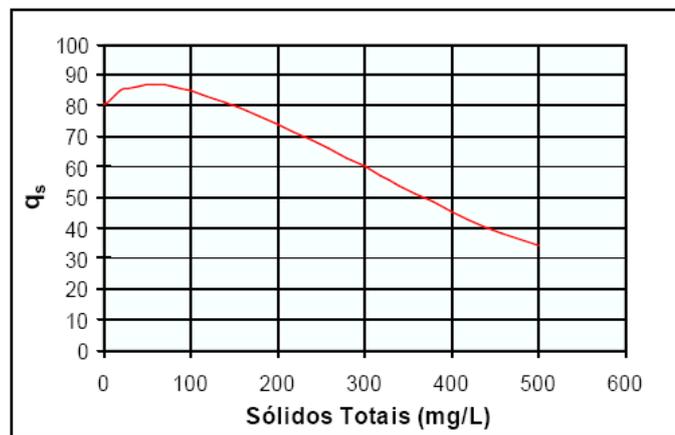
Para calcular o  $q_s$  dos sólidos totais foi utilizada as equações com base na Figura 2.8:

Se  $ST \leq 500$

$$q_s = 133,17 \times e^{(-0,0027 \times ST)} - 53,17 \times e^{(-0,0141 \times ST)} + [(-6,2 \times e^{(-0,00462 \times ST)}) \times \text{sen}(0,0146 \times ST)]$$

Se  $ST > 500$

$$q_s = 30,0$$



**Figura 2.8** - Curva dos Sólidos Totais  
(Fonte: MMA, 2005).

### 2.3.1.9. Variação da Temperatura – $\Delta T$

Estas equações foram desenvolvidas pela NSF, e levava em consideração as características dos corpos d'água e variações climáticas dos Estados Unidos da América e países do hemisfério norte, que por possuir grande variação sazonal, a temperatura influencia nos demais parâmetros. No caso do Brasil, por não apresentar variações significativas ao longo do ano, as equações não condizem com a nossa realidade, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima a zero (MMA, 2005), logo  $\Delta T \approx 0$ , e :

Se  $-0,625 < \Delta T \leq 0,625$

$$q_s = 4,8 \times \Delta T + 93, \text{ tal que, } q_s = 4,8 \times 0 + 93, \text{ logo, } q_s = 93$$

Então consideramos que a variação da temperatura é constante e igual a 93.

## Capítulo 3. Estudo de Caso da Bacia do Rio Morto e Resultados

### 3.1. Localização da Área de Estudo

O local escolhido para o desenvolvimento deste trabalho foi a região das Vargens Grande e Pequena. A comunidade que representa os assentamentos informais desta região é a comunidade de baixa renda Vila Cascatinha, localizada em Vargem Grande, na baixada de Jacarepaguá, na zona oeste do Rio de Janeiro (Figura 3.1). Esta comunidade foi escolhida por apresentar perfil demográfico, dimensões e características físicas e de implantação semelhantes às outras comunidades assentadas em Vargem Grande, funcionando, como representativo das características de habitação de baixa renda na região de estudos. Outro fator que contribui com a escolha da comunidade foi a sua receptividade ao Projeto HIDROCIDADES, que prevê uma série de linhas de pesquisa neste local.

A comunidade objeto de estudo deste trabalho está localizada no Bairro da Vargem Grande, que faz parte da XXIV Região Administrativa (RA) – Barra da Tijuca, que engloba também Joá, Barra da Tijuca, Itanhangá, Camorim, Vargem Pequena, Recreio e Grumari (IPP, 2000)

O bairro da Vargem Grande está localizado na zona oeste do município do Rio de Janeiro sendo visto pela população desta cidade como um dos últimos resquícios rurais na cidade, onde as principais atividades são ligadas ao campo, como passeios ecoturísticos, alugueis de sítios, passeios a cavalos e cultivo de plantas ornamentais. Numa análise mais crítica, esta visão romântica do bairro cede lugar a observação de um crescente número de favelas, loteamentos irregulares e assaltos (Oliveira, 2006).

A Vila Cascatinha está localizada próxima a Estrada do Sacarrão, via que a liga a Estrada dos Bandeirantes, principal via do bairro. Nesta estrada concentram-se o comércio e o transporte público.

O assentamento dista aproximadamente três quilômetros do centro de Vargem Grande, onde são encontrados pequenos comércios que suprem pequenas demandas dos moradores e cinco quilômetros da Avenida das Américas, uma das mais importantes vias da Cidade, que corta os bairros da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes.



**Figura 3.1** – Localização da área de estudos na região metropolitana do Rio de Janeiro. (Fontes: adaptação do IPP, 2007 e Google Earth, 2009)

No entorno da Vila Cascatinha observa-se dois haras e três condomínios fechados de classe média. Na frente da comunidade existe uma propriedade murada sem ocupação, esta área pertence ao parque aquático *Rio Water Planet* que tentou, anos atrás, implantar, sem sucesso, um labirinto como uma das atrações do parque. Na lateral oeste do assentamento, encontra-se o Parque *Rio Water Planet* (Figura 3.2).



**Figura 3.2** – Imagem de satélite apresentando os empreendimentos ao redor da comunidade Vila Cascatinha (fonte: Google Earth, 2009 adaptado).

A Baixada de Jacarepaguá possui uma bacia hidrográfica formada por rios nascentes nas vertentes dos Maciços da Tijuca e da Pedra Branca e no escudo rochoso situado ao norte da baixada e pelas lagoas da Tijuca, Camorim, Jacarepaguá, Marapendi e Lagoinha (Zee *et al*, 1992). O Oceano Atlântico é seu limite sul. As águas da bacia drenante da região seguem para o complexo lagunar e para o mar (CONSAG, 1995).

A bacia hidrográfica da Baixada de Jacarepaguá possui uma área de 301,40 km<sup>2</sup>. Nesta bacia encontram-se três lagoas principais, Tijuca, Jacarepaguá e Marapendi. Estas são paralelas às praias do Recreio dos Bandeirantes e da Barra da Tijuca. Vários cursos de água de regime torrencial são originados nos maciços que cercam a baixada, desaguando principalmente nas lagoas que se comunicam com o mar. No oeste da bacia há uma rede de drenagem na forma de “espinha de peixe” que é formada pelo canal de Sernambetiba (Rio Morto) e canais secundários (Rosa, 2002).

A Lagoa de Marapendi está situada entre uma faixa de praias e as lagoas interiores (Tijuca, Camorim e Jacarepaguá), tem formato alongado, dividida morfologicamente em 7 compartimentos que reduzem sua capacidade de renovação. Esta Lagoa está

ligada a Lagoinha pelo Canal das Taxas, que está assoreado em alguns trechos e bastante coberto por macrofitas (Figura 3.3) (Zee *et al*, 1992). Atualmente observam-se neste canal algumas barreiras improvisadas (Figura 3.4) para evitar que estas plantas cheguem ao mar ou ao Condomínio Maramar, de classe média alta. A Lagoa de Marapendi e a Lagoinha estão associadas a Unidades de Conservação Ambientais Municipais, a primeira à Área de Proteção Ambiental de Marapendi e a segunda está dentro da área do Parque Chico Mendes.



**Figura 3.3** – Canal de Sernambetiba coberto por macrófitas.

A baixada de Jacarepaguá é susceptível às inundações por causa da convergência das águas dos maciços que a cercam e por estar exposta a elevadas precipitações pluviométricas. Agravando este quadro está a ocupação dos leitos dos rios, desmatamento das matas ciliares, a impermeabilização do solo e o assoreamento progressivo das lagoas e canais, estimulado pelas pequenas declividades (Cerqueira, 2006). Segundo Marques (1984) as bacias fluviais que existem nos maciços estão submetidas à ação da ocupação humana. Essa ocupação tem promovido a intensificação do escoamento superficial das águas pluviais que aumenta a capacidade de transporte de sedimentos, originando novas condições para o processo de sedimentação lagunar.



**Figura 3.4** – Canal tomado por macrófitas (direita) e barreira que mantêm as plantas a montante dos condomínios e da orla.

Para Cerqueira (2006) no processo de urbanização, a cidade cresce em seu aspecto formal<sup>3</sup> e informal<sup>4</sup>, sem respeitar as noções de desenvolvimento sustentável e nos bairros de Vargem Grande e Vargem Pequena este cenário não é diferente. Os moradores assistem ao avanço dos condomínios fechados para classe média e o aumento de assentamentos informais de baixa renda.

---

<sup>3</sup> Neste trabalho consideramos como formal os assentamentos onde não houve invasão de terrenos, sem considerar a legalidade da obra quanto ao plano diretor, taxa de ocupação do terreno ou habite-se.

<sup>4</sup> Neste trabalho consideramos como informal os assentamentos em terrenos invadidos.

### 3.2. Caracterização da Ocupação e das Atividades Antrópicas

A baixada de Jacarepaguá é a principal área de expansão da cidade do Rio de Janeiro. Nesta região houve um planejamento inicial para a sua ocupação, porém devido à pressão imobiliária e a falta de infra-estrutura, atualmente observa-se assentamentos de condomínios de padrão médio e alto, que nem sempre respeitam a legislação urbanística e o aumento de assentamentos informais. A verticalização, o adensamento populacional e as ocupações irregulares, comprome as lagoas da região, a qualidade das águas das praias e gerou desmatamento e ocupação de áreas de proteção ambiental (Pimentel da Silva *et al.*, 2008).

O bairro de Vargem Grande está localizado na zona oeste do município do Rio de Janeiro e possui uma área de 3.938,04 ha e uma população de 9.306 pessoas, fazendo limite com os bairros do Recreio dos Bandeirantes, Barra da Tijuca, Vargem Pequena, Camorim, Jacarepaguá, Senador Camará, Campo Grande e Guaratiba. O bairro está localizado no sopé do Maciço da Pedra Branca, que faz parte da unidade de conservação do Parque Estadual da Pedra Branca, considerada a maior floresta urbana do mundo (Cerqueira, 2006).

Segundo Oliveira (2008), por estas características, o bairro ocupa o imaginário carioca que é um bairro rural, onde predomina a paz e a tranquilidade e as principais atividades são as ligadas ao campo. Porém, com uma análise mais crítica do local, nota-se que fortes características urbanas prevalecem neste espaço. Neste espaço há a comercialização de serviços como passeios a cavalo, aluguel de sítios para eventos, venda de plantas ornamentais, restaurantes rústicos, mas estes serviços são mercadorias e, desta forma, percebe-se que Vargem Grande não é propriamente um campo, mas um ambiente urbano que se ocupa de um nicho de mercado recente e específico, que é a comercialização de produtos com apelo ecológico e rural.

A ocupação das Vargens, Grande e Pequena e Camorim seguiu o mesmo processo histórico, sendo patrimônio do Mosteiro de São Bento, com a produção voltada para produtos como carne, anil, açúcar e materiais de construção. Segundo Fridman (1999) no século XIX ocorre também à produção de café e em 1891 as terras foram vendidas ao Banco do Crédito Móvel e a Companhia Engenho Central de Jacarepaguá. Com a extinção da Companhia, todas as terras foram para o Banco. No século XX o bairro

sofreu um processo de loteamento e transformações. Oliveira (2008) retrata esta mudança através do depoimento do proprietário de um dos mais antigos haras da região, Sr. Carlos Niemeyer, e segundo ele:

*“Eu sinto muita diferença, Vargem Grande hoje ainda comporta ter cavalo, ter um haras. Antes de eu começar com o haras, na década de 90, todo mundo tinha cavalo aqui e vinha pra passear a cavalo. Hoje pra andar a cavalo em Vargem Grande só se você souber andar a cavalo direito e subir nos morros, nas trilhas. Porque aqui já não dá mais para andar, é cheio de asfalto, cheio de gente. Essa explosão imobiliária que teve aqui tirou esse perfil de campo, de rural. Ainda tem, mas menos. Hoje a gente tem muito cavalo aqui de corrida, de prova de salto, de tambor. Mas antigamente só tinha Mangalarga, de passeio”.*

A partir da década de 1960, e com mais intensidade nos anos 80 e 90, a cidade do Rio de Janeiro teve sua expansão física acentuada em direção à Zona Oeste, mas para isso o Estado previu e organizou a expansão através do Plano Piloto para a ocupação da Baixada de Jacarepaguá e Barra da Tijuca, elaborado pelo arquiteto Lúcio Costa. A organização para expansão ocorreu através de investimentos em infra-estrutura urbana e da construção de um complexo sistema viário, composto por túneis, viadutos, elevados e estradas. Esta nova frente de urbanização é como uma extensão das áreas residenciais litorâneas, similar à Copacabana-Ipanema-Leblon (Leitão, 1999).

Atualmente ocorre um boom imobiliário nos bairros da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes. Vargem Grande está localizada a norte do Recreio dos Bandeirantes, e reflete a expansão dos bairros vizinhos, mas mantém o clima rural e florestal, onde apenas 28,49 % da área total do bairro é urbanizada ou alterada (IPP, 2000). Boa parte desta preservação deve-se ao Parque Estadual da Pedra Branca, que teoricamente, mantém todas áreas acima da cota 100 metros protegida. Esta Unidade de Conservação possui extensão de 12.398 ha (16% do município do Rio de Janeiro), como dito anteriormente, seu limite oficial é a cota 100, que engloba 70 % do maciço. O maciço da Pedra Branca vive um acelerado processo de desenvolvimento das atividades urbanas em seu entorno e a expansão da degradação ambiental. A floresta têm se tornado mais frágil frente à pressão da ocupação, e como agravante a este processo está o menor conhecimento científico, quando comparado ao maciço da Tijuca. (Oliveira, 2006).

O maciço da Pedra Branca não está presente apenas na Zona Oeste, como nos bairros de Vargem Grande, Vargem Pequena, Camorim, entre outros, mas também em bairros da Zona Norte do Rio de Janeiro, como Madureira, Campo Grande, Bangu entre outros. A parte da Floresta da Pedra Branca que não está dentro do Parque Estadual, ou seja, baixo da cota 100, vem perdendo terreno para urbanização. Em 2006 foi aprovado o Projeto de Estruturação Urbana (PEU) pela Câmara Municipal do Rio de Janeiro, relativo aos bairros de Vargem Pequena, Vargem Grande, Camorim e parte do Recreio dos Bandeirantes e Barra da Tijuca, orientando a ocupação urbana nesta região. Com o PEU as terras situadas entre as cotas 60 e 100 passaram a ser consideradas como Zona Residencial Uni/Multifamiliar (ZRU), ou seja, fica permitida a construção de condomínios nestas áreas. Além disto, o documento passa para os construtores a responsabilidade de abrir vias na ZRU, deixando a organização deste espaço ao empreendedor. Este “aval” do estado permite que as encostas percam parte considerável de sua área florestada, e gere adensamento populacional.

Marginalmente ao ordenamento municipal estão às ocupações irregulares, que não respeitam os limites do PEU ou do Parque Estadual. Segundo Sá e Benevides (2006), da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura do Rio de Janeiro, o processo de expansão da cidade nesta região conduz, entre outros, aos seguintes impactos:

- Escavações e aterros, materiais estes retirados das encostas, fontes de saibro e pedras, gerando alteração geológica e paisagística;
- Desmatamento para mineração e abertura de espaços para empreendimentos legais e ilegais, alterando o microclima local, o ciclo hidrológico, impactando a fauna e favorecendo males como a leishmaniose;
- Aterramento de brejais e de canais para viabilizar os empreendimentos imobiliários e ocupações sem considerar o fluxo hídrico, favorecendo vetores de doenças, alagamentos e enchentes;
- Contaminação das águas de canais e brejos com lixo, esgoto e entulho;
- Impermeabilização de grande parte da superfície dos terrenos, iniciando pela compactação dos aterros;
- Incremento do assoreamento pela carga crescente de esgoto, lixo e materiais de construção;

- Alteração microclimática devido a redução das áreas verdes, do solo livre e do aumento das construções e pisos pavimentos conduzindo ao efeito de ilha de calor;
- Aumento no número de habitantes, ampliando a pressão sobre infraestrutura, aumento da demanda de energia elétrica e água;
- Aumento na tensão social, violência e criminalidade por conta da especulação imobiliária e do choque social e econômico entre os moradores, antigos e novos, ricos e pobres, terminando com o ambiente de paz, considerado com atrativo pela sociedade urbana que busca a região;
- Ameaça ao patrimônio cultural e histórico pela descaracterização do entorno de bens tombados e desaparecimento de tradições e elementos culturais;
- Conversão do trabalhador agroestrativista em empregado de construção civil e serviços;
- Favelização, devido a necessidade de empregados para os novos moradores de classes média e alta, e por não haver na região empreendimentos acessíveis a estes trabalhadores;
- Drástica redução da produção agroextrativista da região, tornando-a consumidora e importadora de bens;
- Aumento dos gastos com saúde e outros custos ligados aos problemas sanitários e ambientais;
- Entre outros impactos ligados a alteração ambiental da planície e eliminação de espécies nativas.

### 3.3. Pontos de Coleta

A definição dos pontos de coleta de água, para o monitoramento descrito no presente trabalho, considerou os critérios de localização e representatividade na microbacia amostrada, em especial no entorno da comunidade em questão, a Vila Cascatinha. Foram definidos 8 pontos de coleta, que no decorrer do trabalho, um deles, o ponto 2, foi substituído pelo ponto 9, para otimizar a avaliação dos resultados obtidos e o objetivo proposto. A Figura 3.5 mostra a localização de cada um dos pontos de coleta, através da imagem de satélite obtida pelo Google Earth database de 2009 e a Tabela 3.1 apresenta a localização geográfica dos locais de coleta e altitude aproximada em relação ao nível do mar.

Os pontos de coleta 1, 2, 3 e 4 estão diretamente relacionados ao Canal Morro do Bruno e aos assentamentos ao redor deste canal. A Figura 3.6 destaca estes locais de coleta e sua distribuição espacial neste corpo hídrico. A área da baía do Rio Morto foi apresentada no Capítulo 1 na Figura 1.6.

**Tabela 3.1** – Localização e altitude dos pontos de coleta.

Ponto	Localização		Altitude (m)
	Latitude	Longitude	
<b>1</b>	22° 58' 43,4" S	043° 28' 57,7" W	16
<b>2</b>	22° 58' 44,6" S	043° 28' 54,1" W	16
<b>3</b>	22° 58' 40,2" S	043° 28' 39,3" W	40
<b>4</b>	22° 58' 47,3 " S	043° 28' 58,7" W	15
<b>5</b>	22° 57' 05,0 " S	043° 29' 22,6" W	13
<b>6</b>	22° 58' 32,3" S	043° 29' 13,4" W	16
<b>7</b>	22° 58' 22,3" S	043° 29' 16,6" W	17
<b>8</b>	22° 57' 32,8" S	043° 28' 04,4" W	303
<b>9</b>	22° 58' 59,9" S	43° 29' 21,9" W	14

### 3.4. Metodologia de Coleta

Considerando que coleta das amostras em campo é um dos passos mais importantes para monitoramento da qualidade de água de um local. Os resultados finais dependem do correto procedimento de amostragem e dos cuidados na preservação da amostra.

Neste trabalho os procedimentos de coleta, transporte, conservação das amostras e análises foram padronizados seguindo as recomendações da literatura, com atenção especial aos frascos, que no caso dos microrganismos foram esterelizados e para os demais parâmetros foram rinsados três vezes para garantir que não houvesse qualquer tipo de contaminação cruzada entre os pontos amostrados.

A água superficial dos oito pontos de amostragem foram coletadas observando os seguintes cuidados:

- As amostras não incluíram partículas grandes como folhas, detritos ou outros materiais estranhos;
- Tomou-se cuidado para não tocar a parte interna dos frascos e estes não foram expostos a pó, fumaça ou outras fontes de contaminação. O coletor usou sempre que necessário luvas de látex cirúrgica, não colorida e descartável;
- Imediatamente após a coleta, os frascos foram envolvidos em papel alumínio, para evitar o contato com a luz e colocados em caixas de isopor com gelo em gel para resfriar as amostras.
- As amostras eram enviadas para o laboratório no menor espaço de tempo possível.

Para realizar as coletas em pontos de difícil acesso ao corpo de água, foi confeccionada uma haste com uma tampa idêntica a dos frascos utilizados para coletar a amostra em uma de suas pontas. Esta tampa foi serrada de forma que a boca do frasco ficasse livre para receber a amostra. O corte foi feito de forma que a boca do frasco ficasse acima da rosca, afim de evitar qualquer contaminação pela amostra anterior. Este recurso foi utilizado nas estações 1, 4, 5, 6, 7 e 9 . Para evitar contaminação cruzada, a tampa e a haste foram rinsadas três vezes antes de iniciar o procedimento de amostragem.

Para a coleta das amostras de água para análise de OD, pH, DBO, nitrogênio total, fosfato, turbidez, sólidos totais, condutividade, fluoreto, aparência temperatura e cloro, foram utilizadas garrafas plásticas opacas com capacidade para um litro e tampa com rosca estanque. As garrafas eram marcadas com uma letra e um número. A letra representa a data da coleta e o número que indicava o ponto de coleta, oito no total.

Os frascos novos eram lavados em água corrente, rinsado com água destilada, o excesso da água escorrido e tampado. A tampa só era removida no momento de coletar a amostra e em seguida era rinsado duas vezes com liquido a ser amostrado. Após rinsado, os frascos foram completados com água de forma a não haver ar (bolhas) dentro dos frascos.

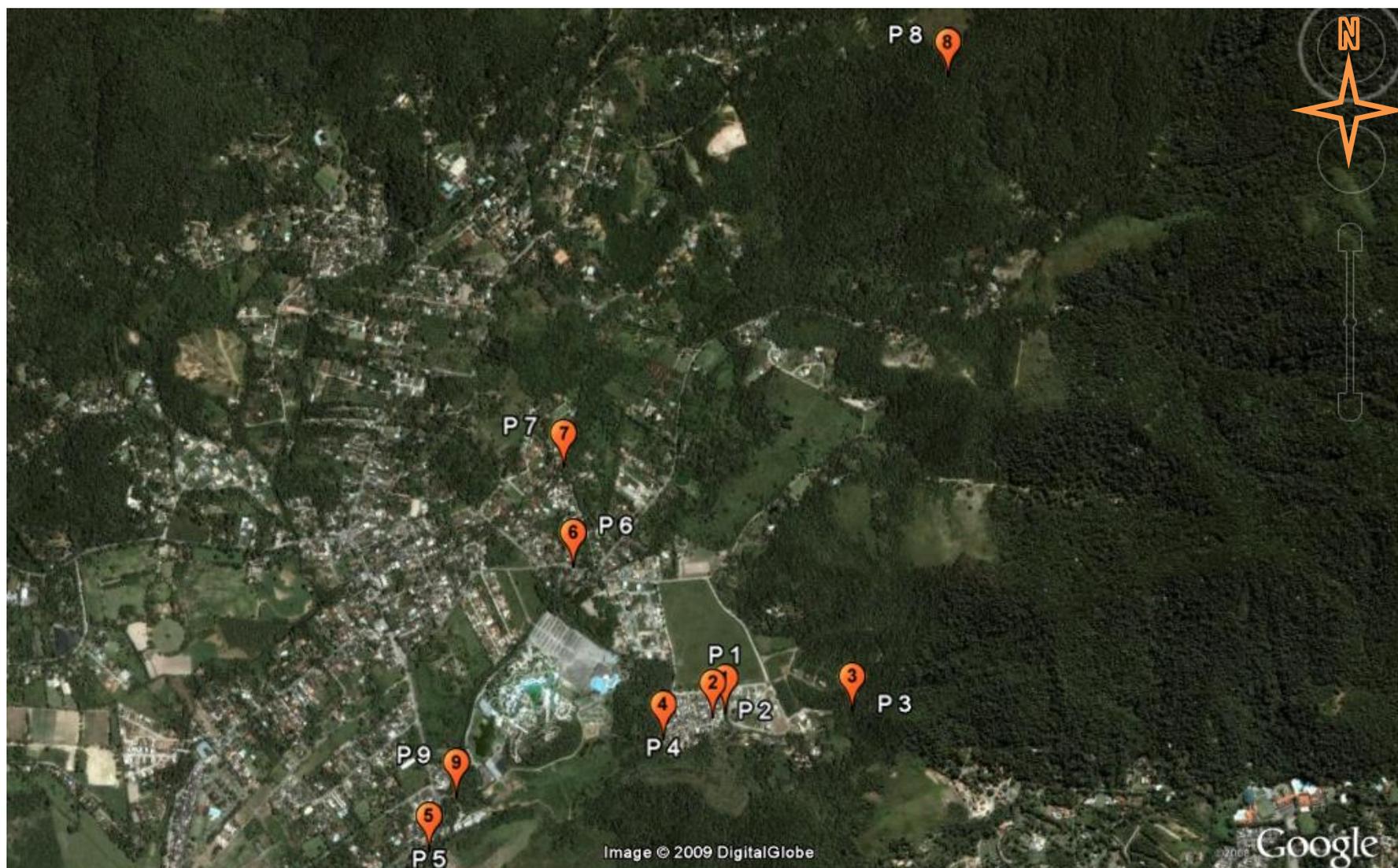
As garrafas, imediatamente após cada ponto, foram envolvidas em papel alumínio e refrigeradas em caixas térmicas com gelo em gel para manter a temperatura aproximada de 4° C. As amostras eram então enviadas para o Laboratório de Tecnologia Ambiental da UERJ, no Campus Regional para serem analisadas.

Os parâmetros microbiológicos foram analisados no Laboratório Analytical Solutions localizado na cidade do Rio de Janeiro, com o objetivo de evitar que os resultados destes parâmetros fossem distorcidos devido ao tempo entre a coleta e a análise.

As amostras para Analytical Solutions foram coletas em frascos autoclavados, lacrados de vidro Pyrex ou polipropileno. Para estas amostras, os frascos foram aberto no momento da amostragem e mergulhados no corpo a ser amostrado e fechado com a tampa de rosquear. Não houve rinsamento com a amostra. Imediatamente após a coleta os frascos foram embalados em papel alumínio e refrigerados. Estas amostras foram enviadas para o laboratório num período máximo de 30 minutos após a última estação ser amostrada. E em no máximo 24 horas era iniciado os procedimentos de análise.

As garrafas foram embaladas em papel alumínio para evitar o contato da luz do sol e identificada em 3 lugares, na própria garrafa, no papel alumínio com etiqueta e na tampa. As amostras foram imediatamente resfriadas e chegaram ao laboratório com temperatura entorno de 4° C.

Todos os frascos foram cheios até a boca, de modo a não haver ar dentro das amostras.



**Figura 3.5** – Pontos de coleta definidos para este trabalho.  
(fonte: Google Earth, 2009 adaptado)



**Figura 3.6** – Pontos de coleta no Canal Morro do Bruno.  
(fonte: Google Earth, 2009 adaptado)

A seguir são apresentadas as principais descrições dos pontos amostrados:

#### 3.4.1. Ponto 1

Este ponto está localizado na Rua da Cascatinha em frente ao número 266 (Figura 3.7). Neste local, junto ao muro do Condomínio Residencial da Estrada da Cascatinha há um respiro que deveria ser de águas pluviais, mas na verdade é um despejo de esgoto. Este local foi escolhido por representar o ponto onde o corpo hídrico ainda não recebeu aporte de contaminantes da Comunidade da Vila Cascatinha. Esta estação é o primeiro local onde é possível realizar a coleta, pois o Condomínio foi construído sobre o rio canalizado, e não foi permitida a entrada da equipe de trabalho neste local. O síndico do referido condomínio garante que todas as unidades têm fossa séptica e que não há despejo de esgotos no corpo hídrico. Ponderações sobre este assunto serão realizadas adiante no capítulo 4.

O ponto 1, de acordo com o relato do síndico do condomínio, deveria manter a qualidade da água observada no ponto 3, uma vez que segundo ele todas as unidades do condomínio possuem fossa séptica.

Os moradores da Rua da Cascatinha relatam que em eventos de chuva, é comum a ocorrência de enchentes.



**Figura 3.7** – Coleta de água no Ponto 1.

### 3.4.2. Ponto 2

O Ponto 2 foi coletado nas duas primeiras campanhas de amostragem. Ele estava localizado na Rua da Alegria no número 14, dentro de uma garagem que também é acesso para algumas casas. O corpo d'água passa por dentro desta garagem. Neste local há grande quantidade de lixo e entulho no leito. Este é o primeiro lugar onde é possível ter acesso ao canal do Morro do Bruno depois do ponto 1, pois neste trajeto, inúmeras residências foram construídas sobre o canal.

Os moradores do entorno deste local relataram que é comum as enchentes em dias de chuvas fortes e que há presença de roedores nesta região.

A partir da terceira amostragem este ponto foi substituído pelo Ponto 9, próximo a portaria do Parque Aquático *Rio Water Planet*. Isso foi motivado pela similaridade entre o Ponto 2 e o Ponto 1.

### 3.4.3. Ponto 3

O Ponto 3 (Figura 3.8) está localizado ao lado de um “forno” desativado, antes de um casebre, a montante do Condomínio Residencial na Estrada da Cascatinha e de qualquer habitação da comunidade. Ele representa a entrada do corpo hídrico, Canal Morro do Bruno, ao adensamento populacional. Era esperado que este local apresentasse alta qualidade de água.

A moradia mais próxima deste ponto, um casebre de madeira com apenas um cômodo, cerca de 20 metros a jusante do local de coleta, é habitada por um casal e seus dois filhos. Eles utilizam a água deste local para beber e tomar banho e cozinhar. É importante destacar que o ponto de amostragem fica a montante do local onde a família costuma utilizar para estas atividades e para suas necessidades. Mais a montante do local de coleta é possível observar algumas bananeiras que a família utiliza para a alimentação. Não parece haver nenhuma fonte pontual de contaminação a montante do ponto 3, e observa-se pequenas quedas de água, o que favorece a oxigenação da água.

Este local indica a qualidade da água do Canal Morro do Bruno que chega à região.



**Figura 3.8** – Coleta no ponto 3, onde as margens são bem preservadas.

#### 3.4.4. Ponto 4

O Ponto 4 está localizado a jusante da comunidade Vila Cascatinha na divisa entre a Vila e o Parque Aquático *Water Planet* (Figuras 3.9 e 3.10), ou seja, recebe grande aporte de esgotos desta comunidade carente (Figura 3.11). É possível observar os canos de esgoto aéreos desaguando diretamente neste canal (Figura 3.12), conhecido pelos moradores como “valão”.

Na comunidade Vila Cascatinha há pequenos bares, loja de artigos diversos, um pequeno mercado, pequenas criações de frangos para subsistência nos quintais das casas e igrejas. Grande parte dos domicílios são moradias familiares. Os canos aéreos de esgoto deságuam diretamente no canal e estão constantemente gotejando. A fonte de água desta comunidade varia entre poços artesianos individuais e ligações clandestinas de tubulações da CEDAE. Alguns moradores reclamam que a água do poço muitas vezes é ferruginosa, mas não acreditam que seus poços estejam contaminados pelo canal ou qualquer outra fonte.

A maior reivindicação dos moradores é a canalização, através de manilhas do canal Morro do Bruno. É possível observar crianças, a qualquer horário, manhã ou tarde, brincando descalças nas margens do “valão”.

Próximo ao muro que separa a comunidade do Parque Aquático, o Canal é manilhado, e é na extremidade da manilha que é feita a coleta. Entre o ponto 1 e o ponto 4 não há quedas d'água, e o gradiente é baixo. Todo o leito fica exposto ao sol, por isso espera-se que a temperatura da água neste ponto seja mais alta e o OD seja mais baixo que no ponto 1.



**Figura 3.9**– Coleta de água no Ponto 4



**Figura 3.10** - Manilha canalizando o corpo hídrico a montante do Parque Aquático.



**Figura 3.11** - Valão que cruza toda a Vila Cascatinha



**Figura 3.12** - Crianças brincam as margens do canal contaminado.

### 3.4.5. Ponto 5

O Ponto 5 representa o local mais a jusante na Bacia do Rio Morto. Foi escolhido por ficar junto a uma estação de monitoramento da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) e os dados obtidos por este trabalho e pela Fundação poderiam ser compartilhados, o que não aconteceu por causa da desativação deste posto.

Neste local há a união do Rio Sacarrão, do Rio Branco e do Canal Morro do Bruno. É possível observar neste local, que os canos aéreos, que lançam efluentes diretamente no corpo hídrico não é uma exclusividade dos assentamentos informais. Diversas outras casas e estabelecimentos comerciais adotam esta prática (Figura 3.13).

O rio Morto, neste trecho, é paralelo à Estrada dos Bandeirantes, e possui vários estabelecimentos comerciais como restaurantes, pequenas oficinas mecânicas, lojas de manutenção de eletrodomésticos entre outros.

O projeto HIDROCIDADES instalou neste local uma estação automática para medir o nível do rio e os dados obtidos nesta estação serão utilizados na análise dos dados das coletas.



**Figura 3.13** – Coleta de água no ponto 5, rio Morto e encanamento para despejo de efluentes de um estabelecimento comercial diretamente no corpo hídrico.

### 3.4.6. Ponto 6

O ponto 6 está localizado na Estrada do Sacarrão em frente ao número 911 (Figura 3.14). Ele está localizado no Rio Branco, antes da união com o Rio Sacarrão.

Na Estrada do Sacarrão encontra-se, a montante do local amostrado, haras, locais de venda e cultivo de plantas para jardins, residências, pequenos bares e mercearias. Muitos destes estabelecimentos não possuem tratamento e disposição adequada de esgotos e efluentes.

Neste ponto é possível observar que o rio encontra-se assoreado, coberto por macrófitas e com muito lixo nas margens.



**Figura 3.14** – Local de coleta do Ponto 6. É possível observar macrófitas e lixo nas margens.

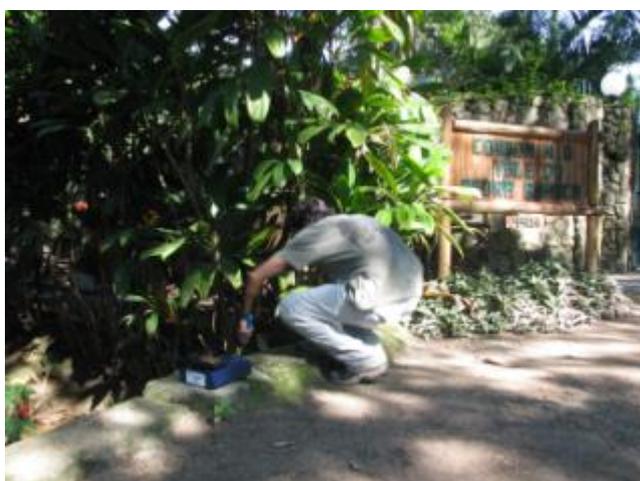
### 3.4.7. Ponto 7

O ponto 7 está localizado em frente ao Condomínio Vale da Pedra Branca (Figura 3.15 e 3.16) e representa o Rio Branco. Este rio passa pela lateral do condomínio e segundo a síndica, todas as unidades residenciais possuem fossa séptica.

No entorno do ponto de coleta é possível observar diversas moradias, tanto de classe média quanto de pessoas carentes, mas não há, aparentemente, assentamentos informais.

O gradiente neste ponto é baixo e não há sinais de queda d'água. As casas são construídas próximas as margens do rio, mas há árvores, que mantêm o rio Branco protegido do sol na maior parte do dia.

Não há estabelecimentos comerciais conhecidos a montante do ponto 7. Não foi observado lixo nas margens no entorno do local da coleta.



**Figura 3.15** – Coleta no Ponto 7



**Figura 3.16** – Análise da temperatura *in situ*

#### 3.4.8. Ponto 8

O ponto 8 está localizado junto ao medidor de nível do Projeto HIDROCIDADES (Figura 3.17). A amostragem é feita a montante da captação da CEDAE, onde há um tanque de decantação e mais a jusante uma estação de cloração. A escolha deste ponto se deve a expectativa que ele representasse o corpo hídrico antes de qualquer impacto antrópico.

Neste local observam-se quedas d'água e as margens estão bem preservadas, com mata ciliar diversificada (Figura 3.18). Este local, segundo a Resolução CONAMA 357/05, deveria ser classificado como Classe Especial, uma vez que só há desinfecção antes da distribuição para o público consumidor.

De acordo com o relatado por moradores e pelo senhor Isac, técnico da CEDAE que faz a manutenção e limpeza do tanque de decantação, a montante do ponto 8 existem alguns sítios com plantações e durante muitos anos havia uma suinocultura que foi desativada pelo IEF após denúncias. Os sítios, apesar de desapropriados após a criação do Parque Estadual da Pedra Branca (Lei Estadual 2377 de 1974) ainda não foram indenizados pelo Estado e por isso mantêm suas atividades e propriedades.

O tanque de decantação da CEDAE é limpo pelo técnico duas vezes ao mês, e ele diz encontrar no rio alguns animais mortos e feridos por caçadores. No dia 5 de janeiro de 2008 o senhor Isac disse ter visto 2 pacas mortas no rio, a montante do ponto 8.



**Figura 3.17** – Vertedouro no ponto 8 onde está instalado a sonda de monitoramento de nível do projeto HIDROCIDADES.



**Figura 3.18** – Neste ponto a mata ciliar é bem preservada e diversificada.

### 3.4.9. Ponto 9

O ponto 9 começou a ser monitorado a partir do dia 21 de fevereiro de 2008, data da terceira coleta. Este local representa a continuação do Rio Morto, antes dele encontrar o Canal do Bruno. Este ponto fica sob a ponte de acesso ao Parque Aquático *Rio Water Planet* (Figura 3.19).

Este local deve ser similar ao ponto 6, visto que ambos estão no Rio Morto e não há outros canais contribuintes entre estes dois locais de monitoramento. Entre estes pontos, as margens não são preservadas, com construções ao longo do leito. Em alguns lugares o rio Morto é canalizado com edificações sobre seu curso.

Neste local o Projeto HIDROCIDADES instalou um medidor de vazão.



**Figura 3.19** – Local de coleta do Ponto 9, sob a ponte do Parque Aquático.

### 3.5. – Parâmetros Observados e o IQA

#### 3.5.1. Oxigênio Dissolvido – OD

A concentração oxigênio dissolvido foi quantificado no Laboratório de Tecnologia Ambiental da UERJ, no Campus Regional de Resende, pelo método 4500-O descrito no *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> edition (Eaton *et al.*,2005). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** - Resultado do parâmetro oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	7,1	7,4	7,7	3,3	8,9	3,6	1,0
Ponto 3 C. do Bruno	6,8	7,8	7,0	6,1	9,4	7,7	7,8
Ponto 4 C. do Bruno	0,9	0,4	3,2	1,2	8,7	2,6	1,4
Ponto 5 R. Morto	7,4	7,9	6,7	4,7	8,8	5,2	4,4
Ponto 6 R. Branco	7,1	6,0	6,3	1,8	9,0	3,8	3,2
Ponto 7 R. Branco	6,8	6,9	6,1	4,3	8,9	7,0	4,6
Ponto 8 R. Sacarrão	7,1	7,4	6,4	6,0	9,0	8,2	7,9
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c	n.c.	7,0	4,5	9,1	4,5	5,7

n.c. – não coletado

### 3.5.2. Coliformes fecais

A análise dos coliformes foi realizada pelo Laboratório Analytical Solutions utilizando a metodologia 9221B do *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 20<sup>th</sup> edition e da *American Public Health Association* (APHA). Os resultados das análises são apresentados na Tabela 3.3.

Os resultados de julho (coleta 6) não foram considerados, uma vez que houve, possivelmente, um erro analítico.

**Tabela 3.3** - Resultado do parâmetro Coliformes (NMP.100ml<sup>-1</sup>) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
Ponto 3 C. do Bruno	913	913	913	920	220	> 1600
Ponto 4 C. do Bruno	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
Ponto 5 R. Morto	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
Ponto 6 R. Branco	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
Ponto 7 R. Branco	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
Ponto 8 R. Sacarrão	1246	1246	1246	> 1600	540	> 1600
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600

n.c. – não coletado

### 3.5.3. Potencial Hidrogeniônico – pH

O pH foi obtido com uso de medidor de pH no Laboratório de Tecnologia Ambiental da UERJ. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4** - Resultado do parâmetro pH das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	6,80	6,30	6,40	6,20	6,38	6,14	6,56
Ponto 3 C. do Bruno	6,60	6,50	6,40	6,50	6,53	5,77	6,76
Ponto 4 C. do Bruno	6,90	6,20	6,60	6,60	6,52	5,83	6,60
Ponto 5 R. Morto	7,10	6,30	6,30	6,10	6,08	6,02	6,52
Ponto 6 R. Branco	6,80	6,30	6,30	6,20	6,09	5,87	6,42
Ponto 7 R. Branco	6,70	6,80	6,50	6,40	6,36	5,97	6,27
Ponto 8 R. Sacarrão	6,50	6,90	6,70	6,60	6,64	6,31	6,82
Ponto 9 <sup>5</sup> R. Sacarrão	n.c.	n.c.	6,40	6,60	6,36	6,05	6,44

n.c. – não coletado

<sup>5</sup> O ponto 9 foi inserido ao monitoramento a partir da terceira campanha de coleta. Neste ponto verifica-se a qualidade da água do Rio Sacarrão antes da entrada do Canal Morro do Bruno.

### 3.5.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

A DBO foi analisada no Laboratório de Tecnologia Ambiental da UERJ em Resende seguindo a metodologia descrita no *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> edition (Eaton et al.,2005). A Tabela 3.5 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 3.5** - Resultado do parâmetro DBO ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	4,0	15,1	1,7	7,8	7,4	5,5	9,4
Ponto 3 C. do Bruno	5,3	3,4	2,2	6,1	10,1	5,9	6,7
Ponto 4 C. do Bruno	10,4	19,9	3,0	5,9	6,6	3,1	4,3
Ponto 5 R. Morto	3,3	4,5	3,4	4,6	6,7	4,8	7,8
Ponto 6 R. Branco	2,2	2,9	1,9	2,8	7,4	4,3	4,3
Ponto 7 R. Branco	4,7	2,8	2,9	4,3	7,2	5,7	4,6
Ponto 8 R. Sacarrão	2,8	3,4	3,5	3,8	8,2	6,8	3,3
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	2,6	11,2	8,9	3,2	5,2

n.c. – não coletado

### 3.5.5. Nitrogênio Total

O nitrogênio total foi obtido através da metodologia 4500 descrito no *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> edition (Eaton *et al.*, 2005). Os resultados destas análises são apresentados na Tabela 3.6.

**Tabela 3.6** - Resultado do parâmetro Nitrogênio Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	12,3	40,2	4,3	22,5	11,2	21,1	2,1
Ponto 3 C. do Bruno	16,8	10,8	8,8	16,9	9,6	13,0	5,3
Ponto 4 C. do Bruno	33,1	44,1	14,1	20,1	12,4	22,9	6,6
Ponto 5 R. Morto	7,7	12,2	12,0	19,8	13,9	14,2	14,4
Ponto 6 R. Branco	5,6	9,8	5,2	9,0	18,9	7,4	2,9
Ponto 7 R. Branco	12,6	8,5	8,8	14,5	15,5	8,1	6,1
Ponto 8 R. Sacarrão	7,9	9,3	11,1	13,3	11,3	5,6	1,9
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	6,4	34,4	12,6	6,8	2,4

n.c. – não coletado

### 3.5.6. Fosfato Total

Para determinar este parâmetro foi utilizado a metodologia 4500-P descrita no *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> edition (Eaton *et al.*,2005)..

O parâmetro fosfato total é um dos itens utilizados para calcular o IQA. Porém a Resolução CONAMA 357/05 não faz menção a este nutriente, e utiliza o fósforo como parâmetro de enquadramento. Para converter o fosfato para fósforo, o resultado da Tabela 3.7 foi dividido por 3,066, de acordo com as orientações do *Standards Methods* (Eaton *et al.*,2005). A Tabela 4.11 com os resultados de fósforo é apresentada no capítulo 4.

**Tabela 3.7** - Resultado do parâmetro Fosfato Total (mg L<sup>-1</sup>) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	0,9	2,0	0,4	3,0	0,2	0,6	0,4
Ponto 3 C. do Bruno	1,9	1,8	0,5	1,7	0,4	0,4	0,4
Ponto 4 C. do Bruno	3,8	4,6	1,2	2,7	0,4	1,8	0,5
Ponto 5 R. Morto	0,9	1,2	0,3	2,2	0,1	0,4	0,6
Ponto 6 R. Branco	1,1	1,0	0,1	1,8	0,1	0,4	0,5
Ponto 7 R. Branco	1,1	1,2	0,5	2,4	0,2	0,5	0,5
Ponto 8 R. Sacarrão	0,8	0,8	0,4	1,6	0,1	0,5	0,6
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c	n.c	0,5	3,9	0,2	0,4	0,5

n.c. – não coletado

## 3.5.7. Turbidez

A metodologia utilizada para quantificar o parâmetro turbidez foi o 2130 descrito no *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> edition (Eaton *et al.*, 2005), os resultados destas análises são apresentadas na Tabela 3.8.

**Tabela 3.8** - Resultado do parâmetro Turbidez (UNT) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	1,1	11,1	8,8	4,4	3,2	14,4	2,3
Ponto 3 C. do Bruno	2,9	2,6	7,7	5,5	2,9	4,0	4,1
Ponto 4 C. do Bruno	6,0	14,0	3,3	9,0	4,8	13,7	3,9
Ponto 5 R. Morto	3,8	3,3	2,8	2,9	5,1	11,4	11
Ponto 6 R. Branco	4,4	7,2	2,9	6,9	6,7	2,4	2,7
Ponto 7 R. Branco	5,9	2,1	10,3	5,4	5,6	2,9	4,7
Ponto 8 R. Sacarrão	2,5	1,7	0,4	3,2	3,1	1,8	1,4
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	0,9	7,1	4,1	2,5	1,8

n.c. – não coletado

## 3.5.8. Sólidos Totais

Para avaliar a concentração de sólidos totais, foi utilizado a metodologia 2540 do *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> edition (Eaton *et al.*, 2005) e o resultado em porcentagem é apresentado na Tabela 3.9. Para o enquadramento na resolução CONAMA, o valor em percentual foi multiplicado por 10<sup>5</sup> para ajustar à escala mg L<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.9** - Resultado do parâmetro sólidos totais (%) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	0,01	0,03	0,05	0,02	0,025	0,023	0,019
Ponto 3 C. do Bruno	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,009	0,012
Ponto 4 C. do Bruno	0,04	0,07	0,02	0,02	0,023	0,046	0,019
Ponto 5 R. Morto	0,03	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,010	0,011
Ponto 6 R. Branco	0,02	0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,011	0,013
Ponto 7 R. Branco	0,05	0,02	< 0,01	0,01	< 0,01	0,010	0,011
Ponto 8 R. Sacarrão	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,005	0,005
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	0,01	< 0,01	0,016	0,010	0,010

n.c. – não coletado

### 3.5.9. Condutividade

Para determinar a condutividade da amostra foi utilizado um célula de condutância, seguindo a metodologia indicada no *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 21<sup>st</sup> edition* (Eaton *et al.*,2005). Os resultados são apresentados na Tabela 3.10.

**Tabela 3.10** - Resultado do parâmetro Condutividade ( $\mu\text{mho cm}^{-1}$ ) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	660	550	530	550	428	607	413
Ponto 3 C. do Bruno	540	650	550	670	156	162	137
Ponto 4 C. do Bruno	690	710	650	590	463	872	448
Ponto 5 R. Morto	550	640	510	708	219	224	198
Ponto 6 R. Branco	640	590	570	670	222	253	246
Ponto 7 R. Branco	710	580	640	560	196	165	173
Ponto 8 R. Sacarrão	540	550	670	510	78,1	77,6	73
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	580	670	188	196	172

n.c. – não coletado

## 3.5.10. Fluoreto

A Tabela 3.11 apresenta os resultados das análises do parâmetro fluoreto, que seguiu a metodologia indicada no *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 21<sup>st</sup> edition (Eaton *et al.*, 2005).

**Tabela 3.11** - Resultado do parâmetro Fluoreto ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33	0,47	0,14
Ponto 3 C. do Bruno	0,2	0,2	0,2	0,2	0,14	0,20	0,06
Ponto 4 C. do Bruno	0,2	0,2	0,2	0,2	0,26	0,32	0,11
Ponto 5 R. Morto	0,5	0,2	0,2	0,2	0,17	0,18	0,07
Ponto 6 R. Branco	0,2	0,2	0,2	0,2	0,17	0,17	0,08
Ponto 7 R. Branco	0,2	0,2	0,2	0,2	0,17	0,15	0,07
Ponto 8 R. Sacarrão	0,2	0,2	0,6	0,2	0,09	0,10	0,05
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	0,2	0,2	0,18	0,11	0,05

n.c. – não coletado

## 3.5.11. Metais

Na coleta do dia 29/07/2008, foi amostrado um conteúdo de 1 litro em garrafa de polipropileno para análise de metais.

Esta análise foi efetuada pelo laboratório Analytical Solutions utilizando para o mercúrio a metodologia 4770-A e para todos os outros metais a metodologia 3005-A da US EPA, conforme apresentado na Tabela 3.12

**Tabela 3.12** - Resultado dos parâmetros metais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas.

	Ponto 1	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Antimônio	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Arsênio	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Berílio	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cádmio	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Chumbo	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobre	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cromo Total	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mercúrio	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Níquel	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Prata	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Selênio	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tálio	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Zinco	< 0,005	< 0,005	0,019	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

## 3.5.12. Aparência

A análise visual e olfativa das amostras foi realizada em campo e ratificado pelo técnico do Laboratório de Tecnologia Ambiental da UERJ. Os resultados são apresentados 3.13.

**Tabela 3.13** - Resultado da aparência das amostras analisadas.

	coleta 1 - 08/12/07	coleta 2 - 05/01/08	coleta 3 - 21/02/08
Ponto 1 C. do Bruno	Límpida	Amarelada, c/ resíduos (traços)	Amarelada, c/ resíduos (traços)
Ponto 3 C. do Bruno	Límpida, c/ resíduos (traços)	Límpida, c/ resíduos (traços)	Límpida, c/ resíduos (traços)
Ponto 4 C. do Bruno	Límpida, c/ resíduos, forte odor	Escura, resíduos pretos e forte odor	Límpida, c/ resíduos (traços)
Ponto 5 R. Morto	Límpida	Límpida, c/ resíduos (traços)	Amarelada, c/ resíduos, forte odor
Ponto 6 R. Branco	Límpida, c/ resíduos (traços)	Amarelada, c/ resíduos (traços)	Límpida, c/ resíduos (traços)
Ponto 7 R. Branco	Amarelada, c/ resíduos (traços)	Amarelada, c/ resíduos (traços)	Límpida, c/ resíduos (traços)
Ponto 8 R. Sacarrão	Límpida, c/ resíduos (traços)	Límpida, c/ resíduos (traços)	Amarelada, c/ resíduos (traços)
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	Límpida
	coleta 4 - 24/04/08	coleta 5 - 26/06/08	coleta 6 - 29/07/08
Ponto 1 C. do Bruno	Ligeiramente amarelada c/ resíduo	Límpida c/ resíduo	Ligeiramente turva, espuma, fétida
Ponto 3 C. do Bruno	Límpida c/ resíduo	Límpida c/ resíduo	Límpida c/ traços de resíduo
Ponto 4 C. do Bruno	Límpida c/ traços de resíduo	Límpida c/ resíduo	Escura com resíduos, espuma, fétida
Ponto 5 R. Morto	Lev. Amarelada c/ resíduo e odor	Límpida c/ traços de resíduo	Límpida
Ponto 6 R. Branco	Límpida com resíduo	Límpida c/ traços de resíduo	Límpida
Ponto 7 R. Branco	Levemente amarelada c/ resíduo	Levemente amarelada c/ resíduo	Límpida
Ponto 8 R. Sacarrão	Levemente amarelada c/ resíduo	Levemente amarelada c/ resíduo	Límpida
Ponto 9 R. Sacarrão	Límpida c/ traços de resíduo	Límpida	Límpida

coleta 7 - 29/09/08	
Ponto 1 C. do Bruno	Turva, com espuma, fétida
Ponto 3 C. do Bruno	Límpida, c/ resíduos (traços)
Ponto 4 C. do Bruno	Escura com resíduos, espuma, fétida
Ponto 5 R. Morto	Amarelada c/ resíduo e odor
Ponto 6 R. Branco	Límpida, c/ resíduos (traços)
Ponto 7 R. Branco	Límpida
Ponto 8 R. Sacarrão	Límpida
Ponto 9 R. Sacarrão	Límpida

n.c. – não coletado

## 3.5.13. IQA

O IQA foi obtido com auxílio de uma planilha eletrônica, seguindo as fórmulas descritas no capítulo 2, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.14.

**Tabela 3.14** - Resultado do IQA das amostras analisadas.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 <sup>6</sup> 29/07/08	coleta 7 29/09/08.
Ponto 1 C. do Bruno	61	48	60	44	65	50	43
Ponto 3 C. do Bruno	59	51	62	58	70	64	66
Ponto 4 C. do Bruno	34	24	48	38	66	39	42
Ponto 5 R. Morto	58	59	63	49	67	55	55
Ponto 6 R. Branco	59	55	64	40	66	50	52
Ponto 7 R. Branco	54	58	57	48	66	59	52
Ponto 8 R. Sacarrão	60	60	64	57	73	64	65
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	61	46	48	54	61

n.c. – não coletado

<sup>6</sup> Utilizando no cálculo os resultados de coliformes do laboratório.

### 3.5.14. Nível nas estações fluviométricas e chuvas

A Tabela 3.15 apresenta o horário de início e fim do esforço de coleta e a hora que a amostra do ponto 8 (Pedra Branca) e 9 (*Water Planet*) foram coletados. Estes pontos possuem junto ao local de coleta uma estação de medição de nível. As coletas no ponto 9 iniciaram em fevereiro de 2008 e as medições do nível nas estações da Pedra Branca e do *Water Planet* começaram em abril e junho de 2008, respectivamente.

O nível considerado nas duas estações (Pedra Branca e *Water Planet*) são uma média dos valores obtidos durante o horário de início e fim das atividades da data de cada coleta.

Os dados de chuva foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

**Tabela 3.15** – Horário das coletas e níveis nos locais de monitoramento do Projeto HIDROCIDADES e chuvas no dia e na véspera da coleta

Data	Hora		Nível (cm)		Chuvas (cm) INMET			
	Início	Fim	Ponto 8	Ponto 9	Pedra Branca	Water Planet	Dia	Véspera
08/12/2007	08:25	14:10	12:16	-	-	-	0	26
05/01/2008	09:45	13:23	12:02	-	-	-	22,80	0,00
21/02/2008	09:00	12:44	11:48	11:26	-	-	0,20	0,00
24/04/2008	08:11	12:23	11:00	12:05	44,63	-	0,00	0,00
26/06/2008	09:30	12:01	11:00	11:49	42,87	1,05	0,20	10,80
29/07/2008	11:35	15:27	14:09	15:14	26,42	7,02	0,00	0,00
29/09/2008	10:10	12:48	11:34	12:32	33,64	25,70	3,60	4,80

## 3.5.15. Temperatura da água

A Tabela 3.16 apresenta a temperatura da água no momento da coleta. Para realizar esta medição foi utilizado um termômetro digital calibrado da marca Quimis com resolução de 0,1°C. A exceção foi a coleta de abril, quando foi utilizado um multiparâmetro HANNA com sensor de temperatura com a mesma precisão do modelo da Quimis .

**Tabela 3.16** – Temperatura da amostra no momento da coleta

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	21,3	19,0	19,5	23,5	19,1	20,1	19,4
Ponto 3 C. do Bruno	19,2	17,8	18,2	22,8	18,4	18,5	18,3
Ponto 4 C. do Bruno	20,4	20,1	20,1	21,5	20,3	20,5	19,8
Ponto 5 R. Morto	23,4	23,7	23,4	23,8	23,3	23,3	24,1
Ponto 6 R. Branco	21,0	20,6	20,7	24,8	20,7	20,9	20,8
Ponto 7 R. Branco	20,6	20,8	20,6	23,4	20,6	20,5	20,1
Ponto 8 R. Sacarrão	18,6	17,4	17,8	22,3	18,1	18,3	17,8
Ponto 9 R. Sacarrão	22,6	22,7	22,9	20,9	22,9	22,9	23,1

## 3.5.16. Cloro

A Tabela 3.17 mostra os resultados das análises do parâmetro cloro da amostras analisadas segundo o método 4500 Cl<sup>-</sup> para determinação de cloro residual livre do *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 21<sup>st</sup> edition* (Eaton *et al.*, 2005).

Além das amostras normalmente coletadas, em julho foi realizada uma coleta na torneira do Bar do Sr. João Luiz. Esta coleta foi motivada pelas queixas do dono que bar, que afirmava que havia muito cloro na água que recebia da CEDAE. Segundo o proprietário, a ligação dele é legalizada.

**Tabela 3.17** – Resultado do parâmetro Cloro

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ponto 3 C. do Bruno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ponto 4 C. do Bruno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ponto 5 R. Morto	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ponto 6 R. Branco	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ponto 7 R. Branco	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ponto 8 R. Sacarrão	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ponto 9 R. Sacarrão	n.c.	n.c.	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Torneira Bar	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,2	n.c.

n.c.- não coletado

## Capítulo 4. Análise dos Resultados

Os dados observados durante o desenvolvimento deste trabalho serão apresentados e discutidos neste capítulo, de modo a caracterizar a qualidade das águas fluviais na bacia experimental e representativa do rio Morto em Vargem Grande, Jacarepaguá, Rio de Janeiro. Ressalta-se que se trata de região com características peri-urbanas de ocupação. Para caracterização da qualidade das águas foi adotada a abordagem baseada na comparação dos valores observados dos parâmetros face ao enquadramento em classes de uso, segundo a resolução vigente no país (CONAMA 357/2005) e a determinação do índice de qualidade da água (IQA) de acordo com o MMA (2005).

Uma das vantagens da aplicação dos índices de qualidade de água é a facilidade que os mesmos proporcionam na interpretação dos resultados de forma integrada, sobretudo nos processos de tomada de decisão (CETESB, 2007). Deve-se, no entanto, ter os devidos cuidados para que não se perca a dimensão das informações dos parâmetros individuais e das suas interações. O índice não deve, em princípio, substituir uma avaliação detalhada dos parâmetros escolhidos para caracterização da qualidade das águas (CETESB, 2007).

Em função da aplicação do IQA como uma das formas de caracterizar a qualidade das águas fluviais, acabou contribuindo para seleção dos parâmetros a serem observados nas amostras coletadas (capítulo 2 – metodologia): Oxigênio Dissolvido, Coliformes termotolerantes, pH, DBO, Nitrogênio Total, Turbidez, Sólidos Totais, Condutividade, Fluoreto e Aparência. No capítulo 3 foram apresentados os valores observados de cada um desses parâmetros. No total foram feitas sete esforços de coletas, nos oito pontos de análise, conforme Tabela 4.1. Maiores detalhes sobre a metodologia utilizada na coleta e nas abordagens em Laboratório, assim como a estratégia na escolha dos pontos de monitoramento, foram descritas no capítulo 2. A Figura 3.4 apresenta a localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Morto.

## 4.1. Parâmetros Individuais

### 4.1.1. Oxigênio Dissolvido – OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )

Os valores observados de OD variaram de 0,4 a 9,4  $\text{mg L}^{-1}$  (Tabela 3.2). A maior variação entre pontos ocorreu na coleta 2, realizada em janeiro de 2008, onde a concentração no ponto 4, no canal do Bruno, à jusante da Vila Cascatinha, foi de 0,4 e nos pontos 1 e 8 de 7,4  $\text{mg L}^{-1}$ . A maior homogeneidade entre os pontos ocorreu em junho, na coleta 5, quando a concentração de OD variou entre 8,7 e 9,4  $\text{mg L}^{-1}$ . Nesta coleta, os resultados de OD foram elevados, quando comparado com as demais campanhas. No dia anterior ao da coleta 5 o INMET registrou 10,80 mm de chuvas na região e no dia da coleta o nível registrado na estação do 8 (Posto da Pedra Branca) foi de 42,87 mm, o segundo maior nível desde que iniciou-se esta medição.

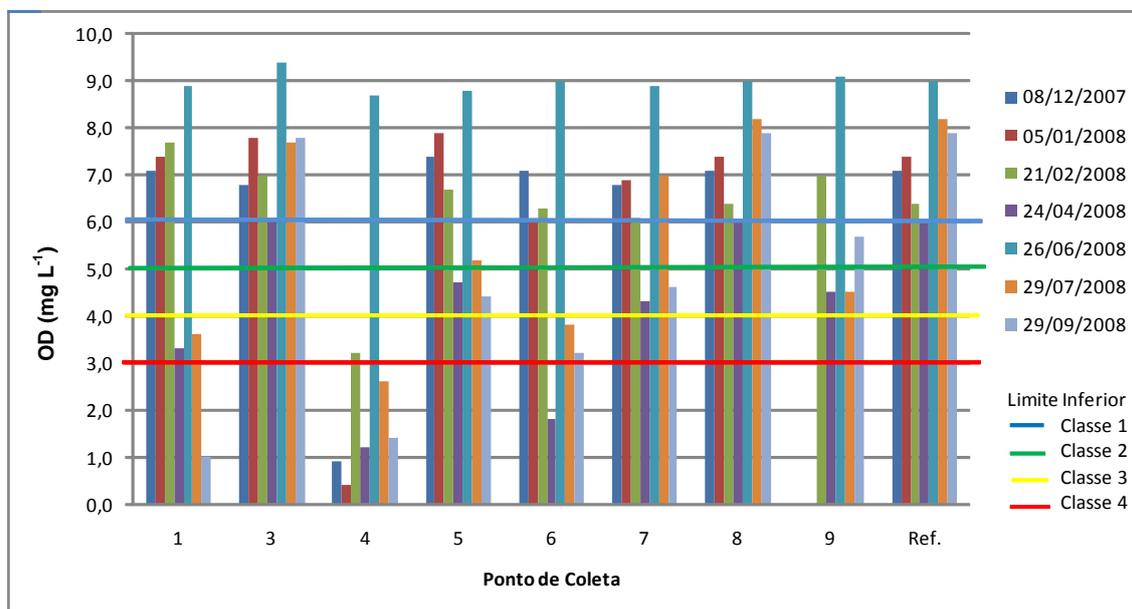
Possivelmente, estes fatores aliados a uma das menores temperaturas média das águas registradas (20,8°C, acima somente da coleta de janeiro, quando a temperatura média foi de 20,5°C) resultou nesta concentração mais de OD. Em geral quando a temperatura da água é alta, o OD diminui.

O parâmetro OD, apresentou em todas as coletas um padrão similar (Figura 4.1). Conforme esperado, no ponto 4, localizado no canal do Morro do Bruno a jusante da Vila cascatinha, foi observado uma tendência de diminuição na concentração de OD.

A amostra coletada no ponto 3 na coleta 05 obteve um resultado de 9,4  $\text{mg L}^{-1}$ , sendo esta a maior concentração de OD entre todas as amostras. A menor concentração ocorreu no ponto 4 na coleta 2, com 0,4  $\text{mg L}^{-1}$ .

Aparentemente, o ponto 1, localizado no canal do Morro do Bruno, à jusante do Condomínio Residencial na Estrada da Cascatinha, não apresentou padrão facilmente identificável (Figura 4.2) e seus valores variaram entre 1,0 (coleta 01 em dezembro de 2007 – mês tradicionalmente com muitas chuvas) e 8,9  $\text{mg L}^{-1}$  (coleta 05 em junho de 2008 – mês tradicionalmente com poucas chuvas). Tal diferença pode ser parcialmente explicada pela variação da temperatura, que na coleta de dezembro foi de 21,3 °C e em junho registrou-se 19,1°C. Outro fator que pode ter contribuído com a baixa

concentração de OD no verão é o aumento no aporte de esgotos, já que os condomínios da região tendem a ter uma maior ocupação nos meses de férias escolares.



**Figura 4.1** - Gráfico de resultados de OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ), valor de referência e limites inferiores de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

O aporte de esgotos derivado do condomínio pode ser evidenciado pelo decaimento na concentração do OD entre os pontos a montante e a jusante deste empreendimento e pelo aumento na temperatura das águas entre estes pontos. O canal Morro do Bruno, entre os pontos 3 e 1 está em sua totalidade protegido da ação do sol pelas árvores, até entrar no condomínio, onde é canalizado. Segundo Vasconcelos & Mello (1998) a temperatura dos esgotos domésticos é mais elevada que as águas naturais, além de já possuir baixos teores de OD.

Observa-se um padrão de diminuição do OD em ao longo das estações de amostragem quanto mais a jusante. O mesmo ocorreu inversamente com a temperatura, que aumentou quanto mais próximos da foz dos rios e canais monitorados.

Esta variação na temperatura e OD também foi observada por Muraro (2001) no Rio dos Macacos, na zona sul do Rio de Janeiro.

No gráfico de caixas (Figura 4.2) é possível observar que o ponto 08 tem os valores mais homogêneos de OD e as médias, exceto do ponto 04, estiveram acima de  $5 \text{ mg L}^{-1}$ . As maiores concentrações de OD em média, foram encontradas, respectivamente nos pontos 3 e 8, com  $7,51$  e  $7,42 \text{ mg L}^{-1}$ .

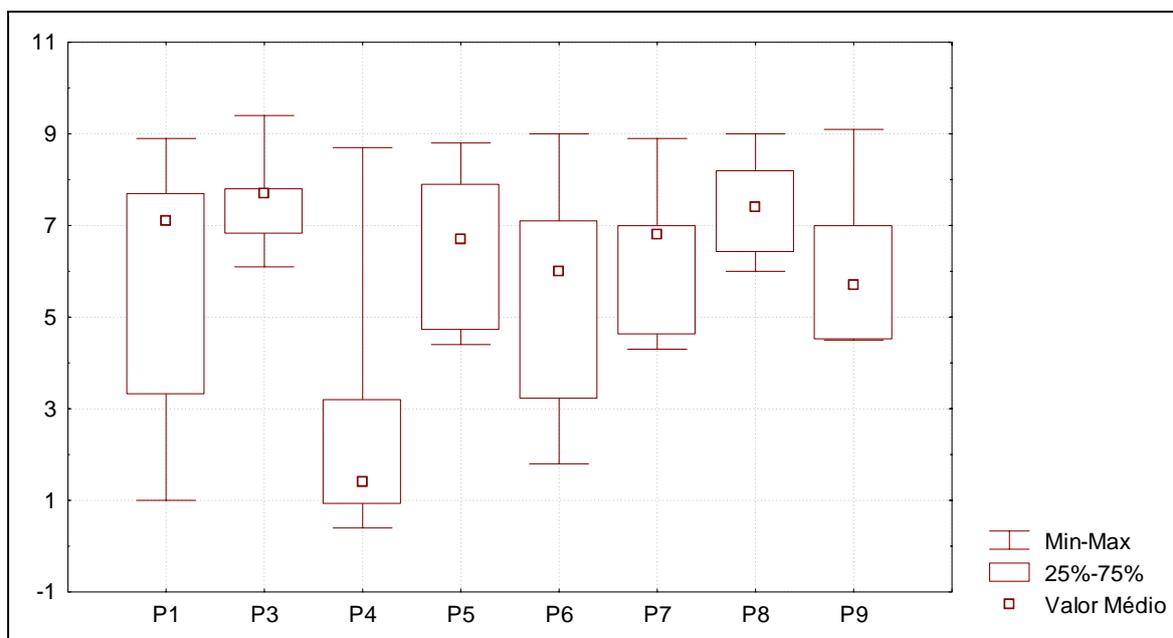
Os valores do ponto 4, como esperado, apresentou os menores valores independente da coleta. A média deste ponto foi de 2,63, considerando a coleta 5.

A Resolução CONAMA define limites mínimos de concentração de OD de acordo com as classes de uso esperada (Tabela 4.1). A Figura 4.1 mostra no gráfico os limites para cada classes. Nesta Figura é possível observar que todas as amostras dos pontos 8 e 3 são compatíveis com a classe 1, assim como todas as amostras do mês de junho.

**Tabela 4.1** - Limites mínimos para cada Classe estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05

Classe	Limite mínimo de OD (mg L <sup>-1</sup> )
1	6,0
2	5,0
3	4,0
4	3,0

As menores concentrações de OD foram observadas na coleta de abril, onde, segundo o INMET, não houve precipitações na véspera nem no dia da coleta.



**Figura 4.2** - Gráfico de caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados resultados centrais de OD (mg L<sup>-1</sup>) para cada ponto de coleta.

#### 4.1.2. Coliformes termotolerantes (Coliformes fecais)

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, para as classes 1, 2 e 3, os coliformes termotolerantes para águas de uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes.

Para os demais usos, secundário e terciário, a Classe 1 não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano. Na Classe 2 o limite máximo é de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros e para Classe 3 o limite é de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros.

De acordo com a Resolução CONAMA 274/2000, que determina as condições de balneabilidade das águas, estas são subdivididas nas seguintes categorias:

- Excelente: 80% ou mais de um conjunto de amostras houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 *enterococos* por 100 mililitros;
- Muito Boa: 80% ou mais de um conjunto de amostras, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 *enterococos* por 100 mililitros;
- Satisfatória: 80% ou mais de um conjunto de amostras, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 *enterococos* por 100 mililitros.

De acordo com o Decreto Federal nº 5440/2000, que estabelece critérios de água para abastecimento de o valor de *E. coli* ou coliformes termotolerantes deve ser ausente, coliformes totais deve ser ausente em 95% das amostras no mês.

A Tabela 3.3 apresenta os resultados das amostras analisadas para coliformes totais. Os resultados são apresentados em Número Mais Provável . 100 mL<sup>-1</sup> (NMP.100mL<sup>-1</sup>). Todos os pontos de coleta apresentaram a concentração máxima determinada pelo método analítico de coliformes termotolerantes em todas as coletas, exceto os pontos 3 e 8.

Nas coletas 5, 6 e 7 foram realizadas outras análises microbiológicas (respectivamente Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4).

**Tabela 4.2** – Resultado das amostras analisadas na coleta 5 para os microrganismos (NMP.100mL<sup>-1</sup>) *E.coli*, *Enterococcus ssp.* e *Pseudomonas aeruginosa* .

	coleta 5 - 26/06/08		
	E. Coli	Enterococcus ssp.	Pseudomonas Aeruginosa
Ponto 1 C. do Bruno	430	<1,1	<1,1
Ponto 3 C. do Bruno	130	n.a.	n.a.
Ponto 4 C. do Bruno	>1600	<1,1	<1,1
Ponto 5 R. Morto	>1600	n.a.	n.a.
Ponto 6 R. Branco	>1600	n.a.	n.a.
Ponto 7 R. Branco	1600	n.a.	n.a.
Ponto 8 R. Sacarrão	<1,1	240	<1,1
Ponto 9 R. Sacarrão	n.a.	>1600	n.a.

Onde n.a. significa não analisado.

**Tabela 4.3** - Resultado das amostras analisadas na coleta 6 para os microrganismos (NMP.100mL<sup>-1</sup>) *E.coli*, *Enterococcus ssp.* e *Pseudomonas aeruginosa*.

	coleta 6 - 29/07/08		
	E. Coli	Enterococcus ssp.	Pseudomonas Aeruginosa
Ponto 1 C. do Bruno	<1,1	<1,1	<1,1
Ponto 3 C. do Bruno	<1,1	<1,1	<1,1
Ponto 4 C. do Bruno	<1,1	<1,1	<1,1
Ponto 5 R. Morto	<1,1	<1,1	<1,1
Ponto 6 R. Branco	<1,1	<1,1	<1,1
Ponto 7 R. Branco	<1,1	<1,1	<1,1
Ponto 8 R. Sacarrão	<1,1	<1,1	<1,1
Ponto 9 R. Sacarrão	<1,1	<1,1	<1,1

Onde n.a. significa não analisado.

**Tabela 4.4** - Resultado das amostras analisadas na coleta 7 para os microrganismos (NMP.100mL<sup>-1</sup>) *E.coli*, *Enterococcus ssp.* e *Pseudomonas aeruginosa*.

	coleta 7 - 29/09/08		
	E. Coli	Enterococcus ssp.	Pseudomonas Aeruginosa
Ponto 1 C. do Bruno	>1600	<1,8	9,1
Ponto 3 C. do Bruno	>1600	n.a.	n.a.
Ponto 4 C. do Bruno	>1600	<1,8	24
Ponto 5 R. Morto	>1600	n.a.	n.a.
Ponto 6 R. Branco	>1600	n.a.	n.a.
Ponto 7 R. Branco	>1600	n.a.	n.a.
Ponto 8 R. Sacarrão	>1600	<1,8	21
Ponto 9 R. Sacarrão	>1600	n.a.	n.a.

Onde n.a. significa não analisado.

As análises adicionais feitas na coleta 6, também apresentaram resultados abaixo do esperado. Mais uma vez, acredita-se que nesta campanha houve algum erro amostral ou analítico dos microrganismos, uma vez que não foi registrado chuvas ou aumento no nível nos pontos monitorados que pudessem justificar tal redução nos microrganismos.

Na coleta 5, em junho, foi observada uma maior concentração de *Enterococcus ssp.* no ponto 8 (240 NMP.100mL<sup>-1</sup>) que no ponto 1 (<1,1 NMP.100mL<sup>-1</sup>) e 4 (<1,1 NMP.100mL<sup>-1</sup>). O ponto 8, que está dentro de uma área com margens bem preservadas e a montante dos outros pontos de coleta, superou a concentração máxima para água doce de contato primário satisfatória. Os resultados dos ponto 1 e 4 seriam considerados excelentes por este quesito.

As concentrações de *E. coli* foi mínima no ponto 8 (<1,1 NMP.100mL<sup>-1</sup>) seguida pelo ponto 3 (130 NMP.100mL<sup>-1</sup>) e pelo ponto 1 (430 NMP.100mL<sup>-1</sup>). As duas primeiras seriam classificadas como excelente para contato primário e a terceira como muito boa. Os outros pontos analisados superaram a concentração de *E. coli* considerada satisfatória.

A bactéria *Pseudomonas aeruginosa*, apresentou a mesma concentração nos pontos analisados (1, 4 e 8), < 1,1 NMP.100mL<sup>-1</sup>.

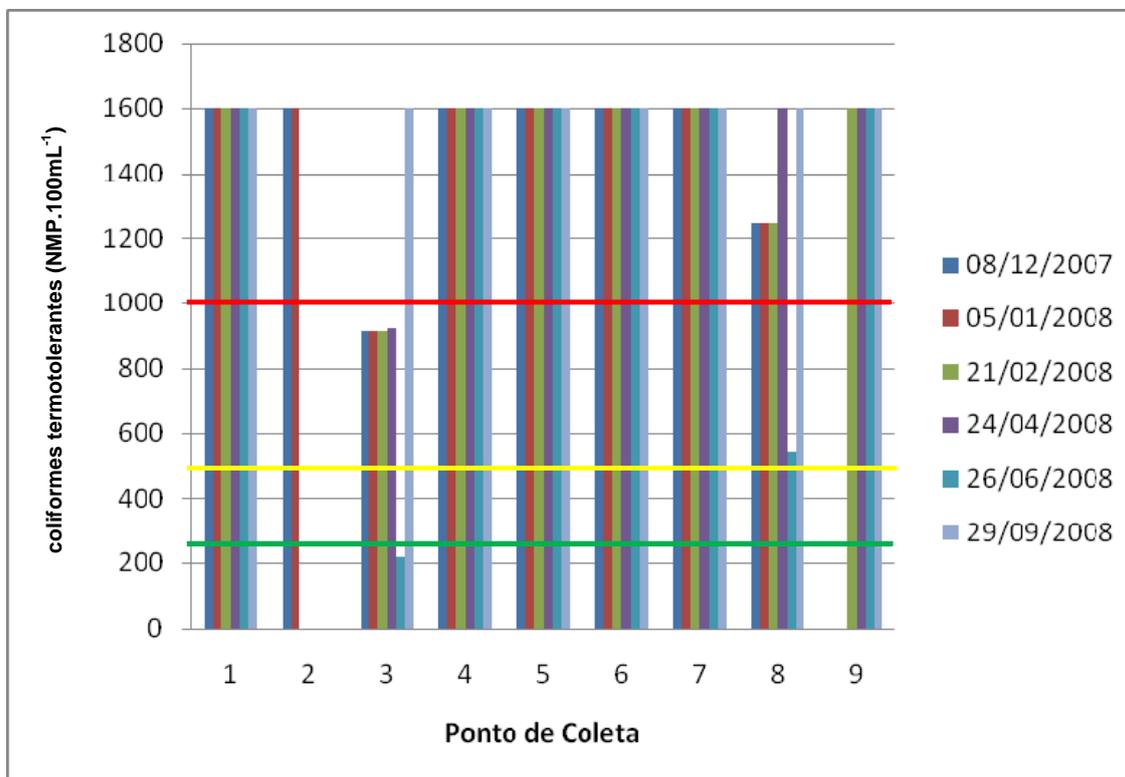
Na coleta 7, os três pontos analisados (1, 4 e 8) apresentaram a mesma concentração de *Enterococcus ssp.*, < 1,8 NMP.100mL<sup>-1</sup>. A *Pseudomonas aeruginosa*, apresentou maior concentração no ponto 4 (24 NMP.100mL<sup>-1</sup>), seguido pelo ponto 8 (21 NMP.100mL<sup>-1</sup>) e a menor concentração no ponto 1 (9,1 NMP.100mL<sup>-1</sup>).

A Figura 4.3 mostra o gráfico da concentração de coliformes totais por 100 mL<sup>-1</sup> em cada ponto ao longo das coletas. É possível perceber que nos pontos 3 e 8 há uma tendência de diminuição na concentração destes coliformes.

A coleta 6 não será considerada neste momento, uma vez que, ao que tudo indica, ocorreu um erro analítico. As baixas concentrações nos resultados de coliformes das amostras não condiz com os outros parâmetros analisados. Não houve nenhuma mudança significativa na data da coleta 6 que justifique estes valores.

Amostragens posteriores a este trabalho, utilizando metodologia analítica onde o resultado é o número mais provável absoluto por 100 ml, mostraram que o valor de

coliformes termotolerantes nos diversos pontos amostrados é de 72.000 NMP.100mL<sup>-1</sup>, ratificando que se trata de um ambiente bastante impactado por esgotos domésticos.

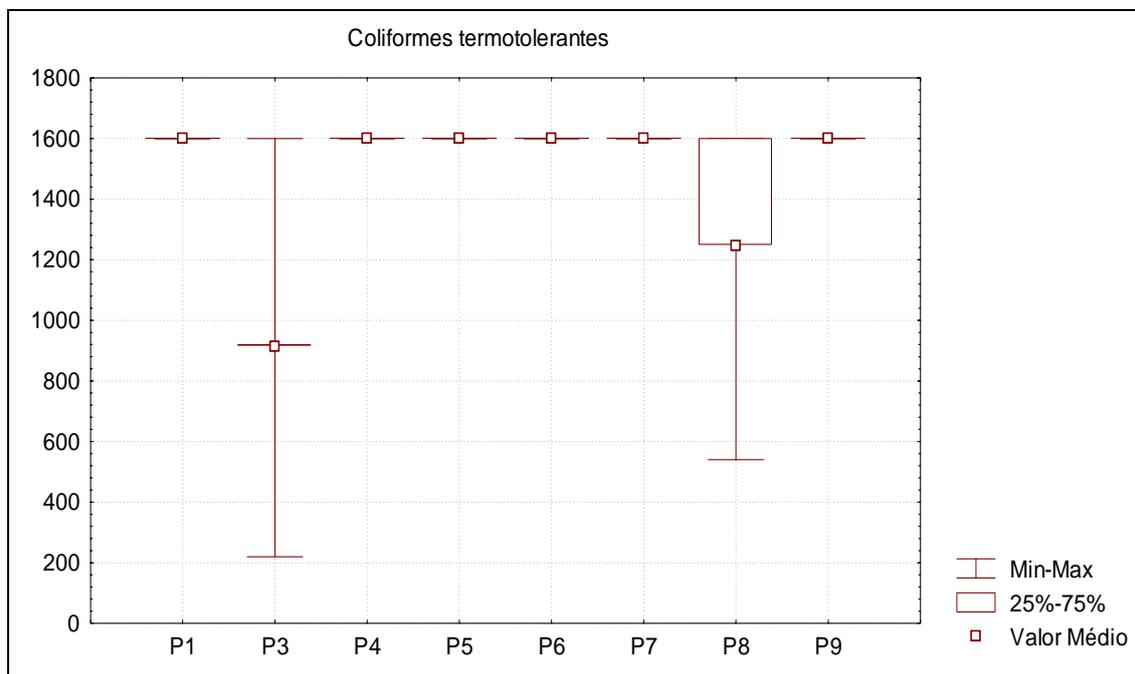


**Figura 4.3** - Gráfico com os resultados de coliformes termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>), o valor de referência e os limites de acordo com a Resolução CONAMA (em vermelho valores compatíveis com a classe 3, em amarelo com classe 2 e em verde com a classe 1).

O método de análise do laboratório Analytical Solutions, utilizado para analisar os microrganismos neste trabalho, apresenta resultados entre 1,1 e 1600 NMP.100mL<sup>-1</sup>, por isso os resultados dos pontos 1, 2, 4, 5, 6 e 7 apresentaram os mesmos valores mínimos, máximos e médias (Figura 4.4). As amostras coletadas nestes locais sempre apresentaram o resultado máximo (exceto na coleta 6). O ponto 3 apresentou a menor média sazonal.

Os pontos 3 e 8, apesar de apresentarem valores mais baixos de coliformes que os demais, estes ainda foram considerados bastante elevados para os locais, onde, principalmente no ponto 8 não era esperado alta concentração deste microorganismo. Na coleta 7, a amostra deste local apresentou concentração > 1600 *E. coli* . 100mL<sup>-1</sup>.

Em média as concentrações de coliformes no ponto 3 foram as menores, apesar deste local estar a jusante do ponto 8, que é o mais a montante de todos.



**Figura 4.4** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais dos coliformes termotolerantes (NMP.100mL<sup>-1</sup>).

A Tabela 4.5 mostra os resultados das análises dos coliformes termotolerantes em função da Resolução CONAMA 357/2005. Nesta Tabela as células com fundo verde representam os resultados poderiam ser classificados como Classe 1 (< 200 NMP. 100mL<sup>-1</sup>). Observa-se que apenas na coleta 6 estes valores foram alcançados. Como discutido anteriormente, é provável que nesta coleta tenha ocorrido algum tipo de erro amostral ou analítico.

Ainda na Tabela 4.5, as células com fundo amarelo apresentam valores compatíveis para água doce classe 2 e para uso na dessedentação de animais, ou seja maior que 200 e menor que 1000 NMP. 100mL<sup>-1</sup>. Este resultado foi observado nas cinco primeiras campanhas no ponto 3 e na coleta 5 no ponto8. Finalmente, as células em vermelho, contém as amostras que superaram os 1000 NMP . 100mL<sup>-1</sup> e seriam compatíveis com a classe 3, se não superarem os 2500 NMP . 100mL<sup>-1</sup>. A metodologia analítica utilizada neste trabalho não apresenta um resultado absoluto, e seu limite máximo de quantificação é >1600. Por isso não é possível determinar se as amostras

coletas superam o limite máximo para classe 3 ou para demais usos menos nobres (4000 NMP . 100mL<sup>-1</sup>).

**Tabela 4.5** - Comparação entre os resultados (NMP.100mL<sup>-1</sup>) obtidos nas análises e a Resolução CONAMA 357/2005 para contato secundário e terciário. Em verde os resultados Classe 1, em amarelo classe 2 e dessedentação de animais e em vermelho classe 3 e demais usos.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1						
C. do Bruno	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 3						
C. do Bruno	913	913	913	920	220	1600
Ponto 4						
C. do Bruno	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 5						
R. Morto	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 6						
R. Branco	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 7						
R. Branco	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 8						
R. Sacarrão	1246	1246	1246	1600	540	1600
Ponto 9						
R. Sacarrão			1600	1600	1600	1600

Assim como a Tabela 4.5, a 4.6 apresenta os mesmos resultados das análises de coliformes termotolerantes, mas desta vez, em função da Resolução CONAMA 274/2000 que define critério de balneabilidade para recreação de contato primário. Neste caso, as células em verde seriam consideradas excelente por esta resolução, apresentando concentrações menores que 250 coliformes termotolerantes . 100mL<sup>-1</sup> de amostra. Desconsiderando a coleta 6, percebe-se que apenas a amostra do ponto 3 da coleta 5 obteria esta classificação (em verde).

A CONAMA 274/2000 classifica com muito boa as águas com concentração de coliformes entre 250 e 500 NMP.100mL<sup>-1</sup>, desta forma nenhuma das amostras obteria esta classificação. Para ser considerada satisfatória, a água deve ter concentração de coliformes menor que 1000 NMP.100mL<sup>-1</sup>. Assim, as quatro primeiras coletas do ponto 3 e a coleta 5 do ponto 8 seriam classificadas como satisfatória (em amarelo).

Em vermelho na Tabela 4.10 estão todos os resultados que não deveria haver recreação de contato primário.

**Tabela 4.6** - Comparação entre os resultados (NMP.100mL<sup>-1</sup>) obtidos nas análises e a Resolução CONAMA 274/2000 para contato primário. Em verde os resultados excelentes, em amarelo os satisfatórios e em vermelho as amostras que não poderia haver contato primário.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1						
C. do Bruno	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 3						
C. do Bruno	913	913	913	920	220	1600
Ponto 4						
C. do Bruno	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 5						
R. Morto	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 6						
R. Branco	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 7						
R. Branco	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Ponto 8						
R. Sacarrão	1246	1246	1246	1600	540	1600
Ponto 9						
R. Sacarrão			1600	1600	1600	1600

Os resultados das análises de microrganismos para os pontos 1, 2, 4, 5, 6 e 7 foram mais altos que o esperado, mas a presença destes organismos nas amostras já eram previstos.

No ponto 8, a montante da estação de decantação e captação da CEDAE, era esperado encontrar resultados compatíveis com corpos de água Classe Especial, onde deve ser mantida as condições naturais do corpo hídrico. Neste ponto não foi identificado inicialmente locais de lançamento de efluentes. Porém durante o trabalho de monitoramento, foi observado que há a montante deste local algumas residências e foi relatado, pelo funcionário da CEDAE responsável pela limpeza da grade da estação de captação que antigamente havia acima da deste ponto uma criação de suínos.

No dia 28 de fevereiro de 2008 a CEDAE realizou uma coleta no Rio Sacarrão a montante da estação de decantação da empresa. O método de análise utilizado resulta no

NMP absoluto. Nesta data o valor obtido foi de 5800 coliformes totais.  $100\text{mL}^{-1}$  e 36 coliformes fecais.  $100\text{mL}^{-1}$  (Anexo 01), destoando dos valores encontrados nas coletas realizadas pelo presente trabalho.

#### 4.1.3. Potencial Hidrogeniônico - pH

A medida do pH é um das mais importantes e freqüentemente utilizadas análises químicas na água. É usada em praticamente todas as fases do abastecimento de água e tratamento de águas residuais. O pH é utilizado nas medições de alcalinidade, de dióxido de carbono entre outros. Numa determinada temperatura a intensidade ácida ou básica de uma solução é indicada pelo pH ou pela atividade do íon de hidrogênio. O pH é neutro, quando é igual a 7,0. Quando é menor que este valor a solução é ácida e quando superior a 7,0 a solução é básica (Eaton *et al*, 2005).

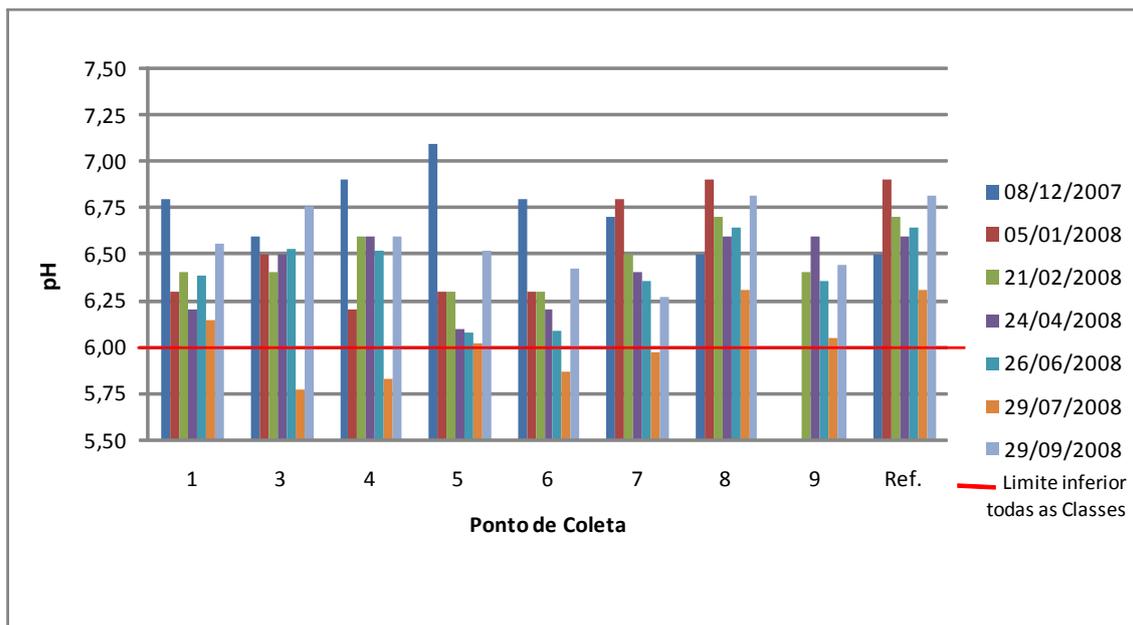
A Resolução CONAMA 357/05 indica que o pH para águas doces deve variar entre 6,0 e 9,0.

A Tabela 3.4 apresenta os resultados obtidos nas 56 amostras coletas. O pH das amostras variou entre 5,77 e 7,10, sendo o valor mais alto observado no ponto 5 da 1ª coleta e a mais baixa no ponto 3 da 6ª coleta (Figura 4.5 e 4.6). Em média, o ponto 6 apresentou os valores mais baixos neste parâmetro, e o ponto 8 os mais altos. Observa-se que o conjunto de resultados mais próximos a 7,0 foram observados no ponto 8, localizado no rio Sacarrão dentro dos limites do Parque Estadual da Pedra Branca.

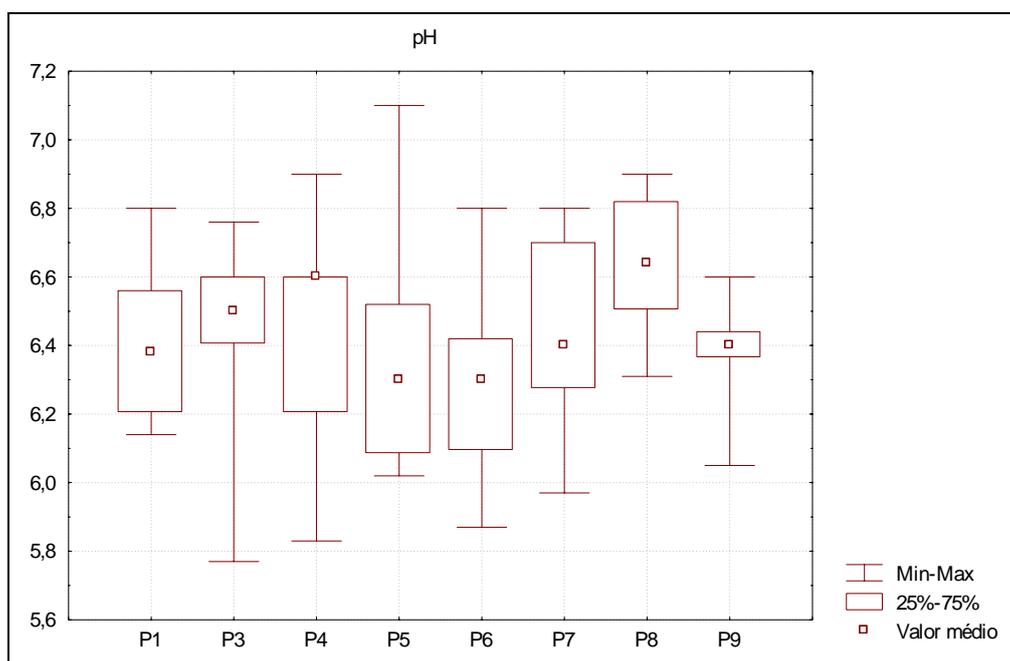
A Figura 4.6 apresenta o gráfico em caixa com os valores de pH obtidos em cada um dos pontos. Observa-se que a média dos valores observados em cada ponto variou entre 6,28 e 6,63, ou seja, este parâmetro apresentou um perfil de variação similar em todos os pontos de coleta.

Comparando os resultados com o valor de referência estabelecido na resolução CONAMA 357/05 legislação vigente, nota-se que das 56 amostras, apenas 4 estão fora do padrão da Resolução CONAMA. Todas as 4 amostras foram coletadas no mesmo dia (Coleta 06) nos pontos 3, 4, 6 e 7.

O Rio Branco (pontos 7 e 6) apresentaram, em média, os valores mais ácidos enquanto o Rio Sacarrão (pontos 8, 9 e 5) apresentaram os valores médios mais próximos a neutralidade.



**Figura 4.5** –Valores de pH amostrados, referência e limite de acordo com a Resolução CONAMA.



**Figura 4.6** – Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de pH.

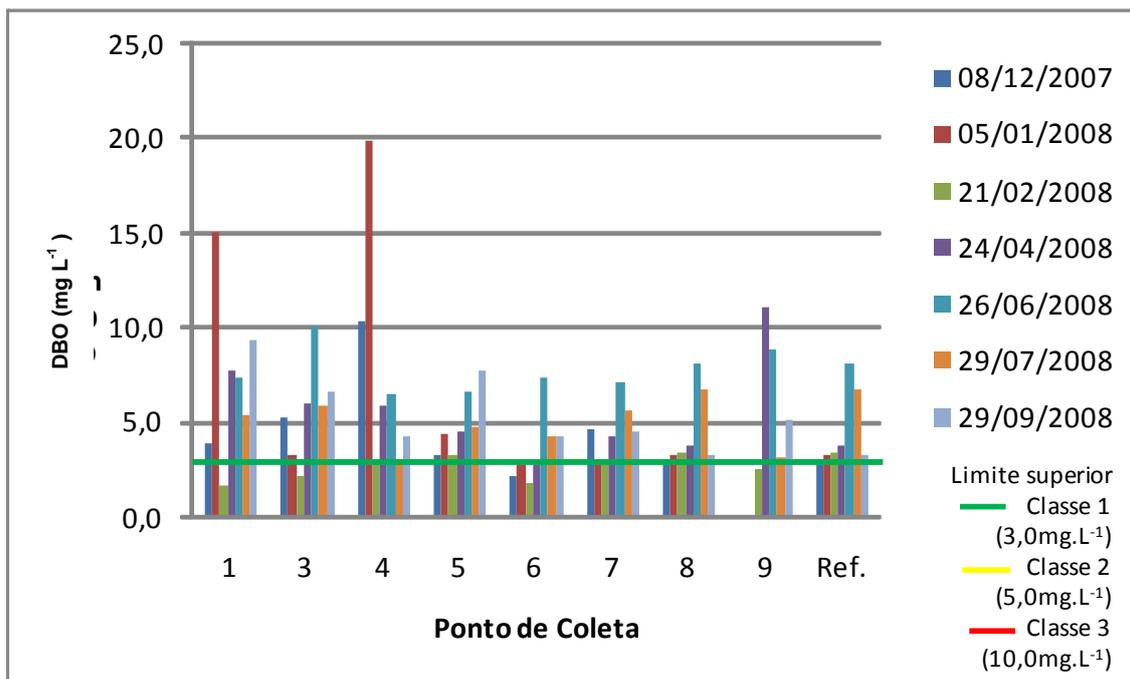
#### 4.1.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Resolução CONAMA 357/05 institui que a DBO para águas doces classe 1 deve ter seu valor máximo de  $3 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $5 \text{ mg L}^{-1}$  para classe 2 e  $10 \text{ mg L}^{-1}$  para classe 3.

Seguindo este critério, a Tabela 4.7 apresenta os resultados das análises de DBO para os 8 pontos nas 7 coletas realizadas. Nesta Tabela as células em verde representam os resultados que atendem os limites estabelecidos para as águas doces classe 1. Em amarelo estão as amostras compatíveis com a classe 2. Os resultados que seriam classe 3 estão em vermelho e finalmente, em cinza as amostras que superaram os valores desta Resolução.

Na coleta 5 o ponto 3 superou o valor máximo admitido pela CONAMA 357/05 e todas as outras amostras foram classificadas como Classe 3. Na coleta 2 três pontos superaram os valores para classificação (pontos 1, 2 e 4) mas dois (6 e 7) foram classificados classe 1 e os outros classe 2. O ponto 6 seria enquadrado como classe 1 em 4 coletas (1 a 4) apresentando a menor média neste parâmetro ( $3,68 \text{ mg L}^{-1}$ ) e o ponto 4 a maior média ( $7,60 \text{ mg L}^{-1}$ ) e o maior valor absoluto ( $19,9 \text{ mg L}^{-1}$ ) na coleta 2 (Figura 4.8).

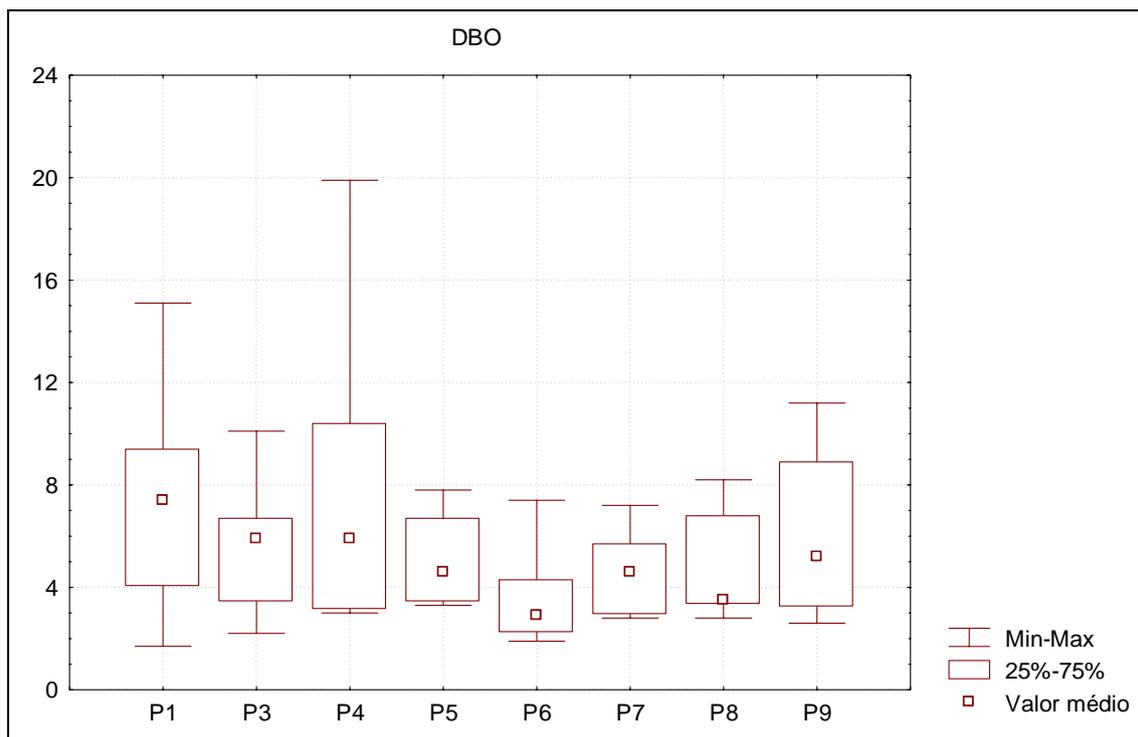
O ponto 4 foi o mais heterogêneo e com os maiores valores em diversas coletas. Em média o ponto 6 apresentou os menores resultados de DBO, mostrando de ocorrer alguma depuração entre os pontos 7 e 6 no Rio Branco.



**Figura 4.7** - Gráfico com os resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA.

**Tabela 4.7** - Resultado do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras analisadas. As células em verde atendem os limites para águas doces classe 1, as amarelas para classe 2, as vermelhas para classe 3 e as cinzas possuem DBO acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	4,0	15,1	1,7	7,8	7,4	5,5	9,4
Ponto 3 C. do Bruno	5,3	3,4	2,2	6,1	10,1	5,9	6,7
Ponto 4 C. do Bruno	10,4	19,9	3,0	5,9	6,6	3,1	4,3
Ponto 5 R. Morto	3,3	4,5	3,4	4,6	6,7	4,8	7,8
Ponto 6 R. Branco	2,2	2,9	1,9	2,8	7,4	4,3	4,3
Ponto 7 R. Branco	4,7	2,8	2,9	4,3	7,2	5,7	4,6
Ponto 8 R. Sacarrão	2,8	3,4	3,5	3,8	8,2	6,8	3,3
Ponto 9 R. Sacarrão			2,6	11,2	8,9	3,2	5,2



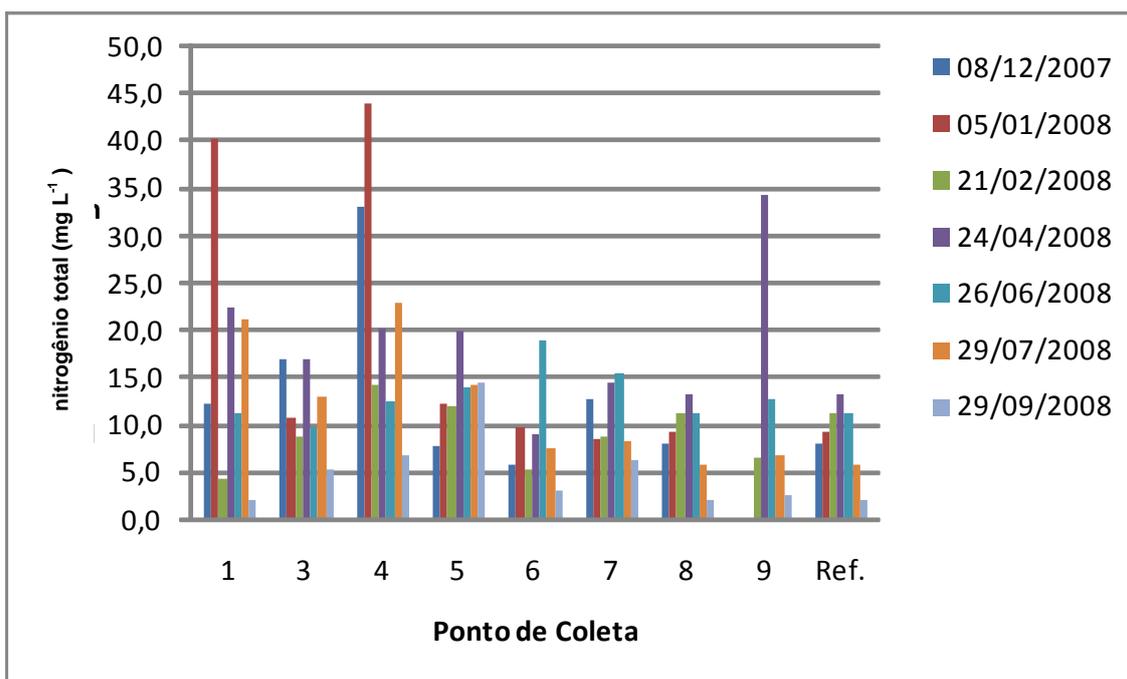
**Figura 4.8** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L<sup>-1</sup>).

#### 4.1.5. Nitrogênio Total

Seguindo a tendência dos demais parâmetros, o nitrogênio total também apresentou os maiores concentrações no ponto 4 (Tabela 3.6).

A coleta 2, realizada em janeiro, apresentou a maior concentração média de nitrogênio total ( $20,6 \text{ mg L}^{-1}$ ), enquanto a 7, realizada em setembro, ficou com a menor média ( $5,2 \text{ mg L}^{-1}$ ).

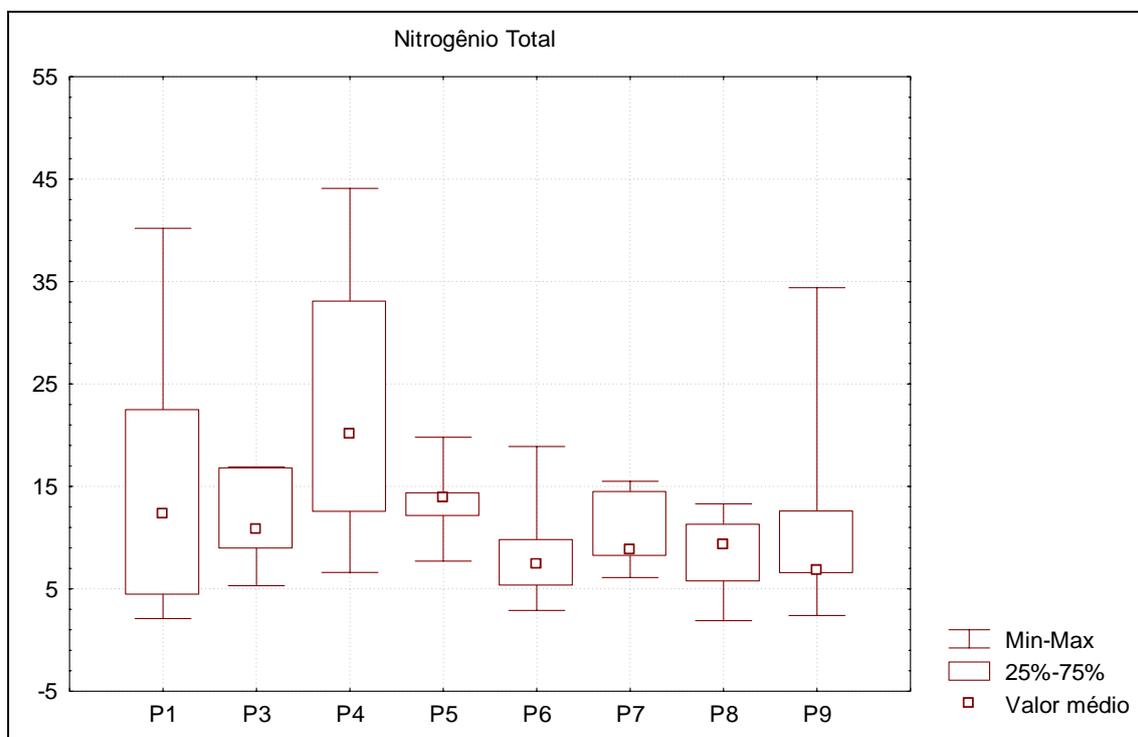
Observando a Figura 4.9, nota-se que em janeiro, o canal Morro do Bruno (pontos 3, 1 e 4) apresentou um aumento gradual na concentração de nitrogênio, mais evidenciado ao cruzar o Condomínio Residencial localizado na Estrada da Cascatinha, onde passou de  $10,8$  para  $40,2 \text{ mg L}^{-1}$ .



**Figura 4.9** - Gráfico com os resultados de nitrogênio total ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

O canal Morro do Bruno, mesmo no seu ponto mais a montante (ponto 3) apresenta, em média, resultados superiores ao encontrado em toda extensão do Rio Branco, pontos 6 e 7 (Figura 4.10), este resultado pode ser explicado pela plantação de bananas, batata doce e hortaliças que foi observado a montante do ponto 3. Os

moradores locais dizem não fazer uso de fertilizantes para a pequena agricultura de subsistência que ali mantêm. Ainda assim, o ponto 4 apresentou as maiores médias e maior heterogeneidade sazonal.



**Figura 4.10** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de nitrogênio total (mg L<sup>-1</sup>).

#### 4.1.6. Fosfato

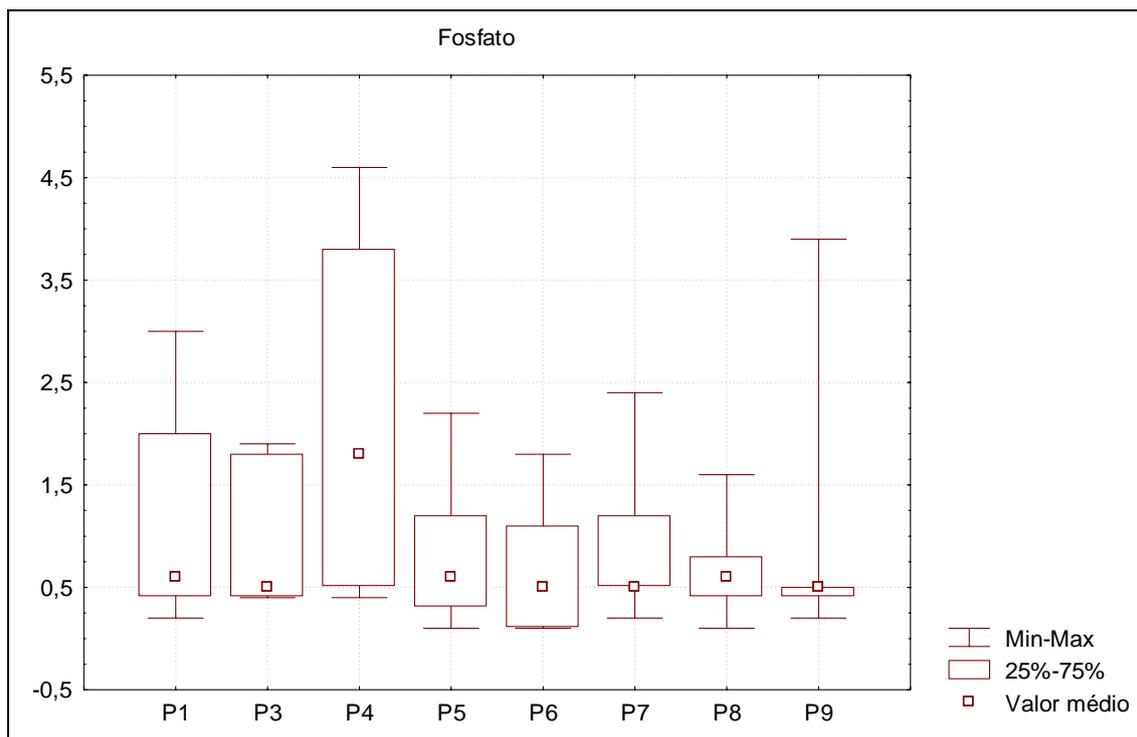
O fosfato variou entre 0,1 e 4,6 mg L<sup>-1</sup>. Assim como o OD, este parâmetro apresentou maior homogeneidade na coleta 5, variando entre 0,1 e 0,4 e menor na coleta 2, quando o mínimo foi de 0,8 e o máximo de 4,6 mg L<sup>-1</sup> de fosfato (Tabela 3.7).

Este parâmetro apresentou a tendência de maior concentração no Ponto 4. Os resultados das coletas 5 e 7 não seguiram esta tendência e seus resultados em todas as amostras foram baixos quando comparados aos demais (Figura 4.11). Todas os pontos amostrados apresentaram médias similares, a exceção foi o ponto 4.

A Tabela 3.7 revela que o maior valor de fosfato foi observado no ponto 4 na coleta 2 (4,6 mg L<sup>-1</sup>). Este ponto também possui a maior média (2,14 mg L<sup>-1</sup>). A menor variação ao longo do tempo ocorreu no ponto 6 (desvio padrão 0,62). Os valores mínimos foram encontrados na coleta 5, resultado similar ao o parâmetro OD, que nesta coleta apresentou a maior concentração.

A Resolução CONAMA 357/05 considera o fósforo como padrão de qualidade de água a ser monitorado. O IQA é calculado utilizando o fosfato. Os resultados laboratoriais foram expressos como fosfato. Para realizar a comparação do resultado do fosfato obtido com o fósforo da Resolução CONAMA foi utilizado o seguinte princípio: Como o peso atômico do fósforo é 30,97 g e cada oxigênio 16,00 g, a massa total do ânion PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> é 94,97g. Logo, para se obter o teor de fósforo basta tomar o teor de fosfato e dividir por 3,066 que é a razão entre a massa do fosfato e o fósforo.

A Resolução CONAMA 357/05 indica valores para a concentração de fósforo total (Tabela 4.8). Esta resolução define valores diferentes para os diferentes tipos de corpos hídricos, ambiente lântico, ambiente intermediário (com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) e ambiente lótico (e tributários de ambientes intermediários). Os pontos de coleta deste trabalho são ambientes lóticos e seus resultados foram comparados com a última coluna da Tabela 4.8.



**Figura 4.11** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de fosfato ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

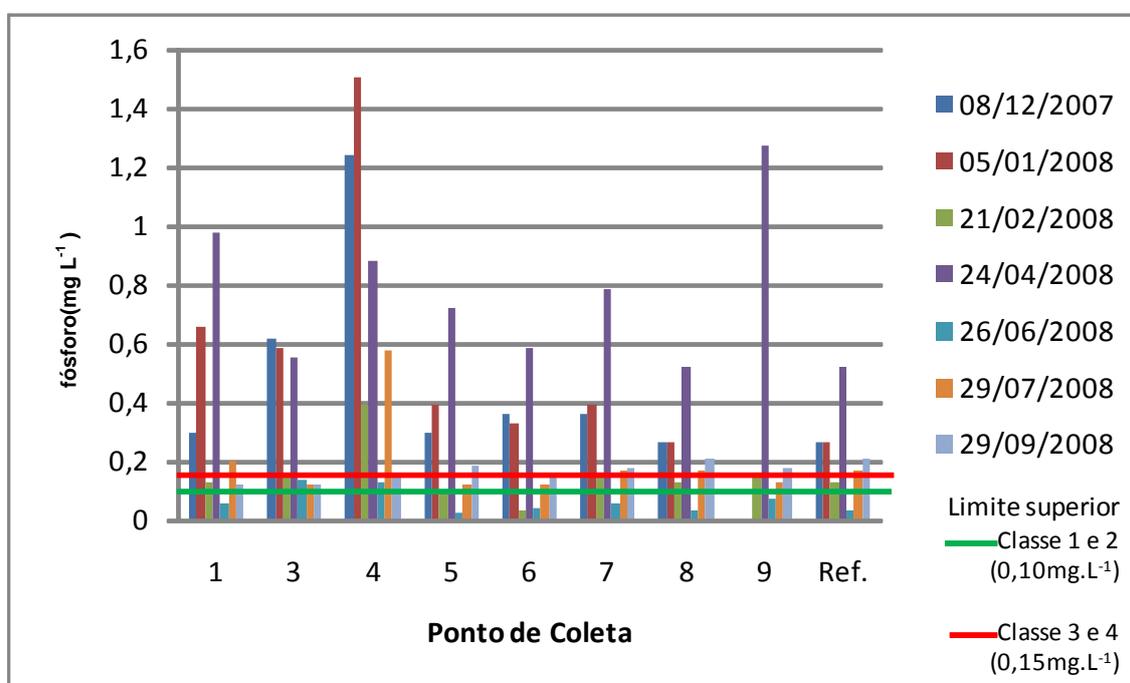
**Tabela 4.8** - Concentração máxima de fósforo total em  $\text{mg L}^{-1}$  para as três classes de água doce segundo a Resolução CONAMA 357/05.

	Lêntico	Intermediário	Lótico
Classe 1	0,02	0,025	0,1
Classe 2	0,03	0,05	0,1
Classe 3	0,05	0,075	0,15
Classe 4	0,05	0,075	0,15

A Tabela 4.9 apresenta o resultado das amostras em fósforo total. As células em verde apresentam a concentração de fósforo total menor que  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ , podendo ser enquadrada na Classe 1. As células em amarelo possuem concentração entre  $0,1$  e  $0,15 \text{ mg L}^{-1}$  e poderiam ser enquadradas na classe 3 ou 4. As células em vermelho apresentam concentração superior a  $0,15 \text{ mg L}^{-1}$  e estão fora do padrão definido pela Resolução CONAMA.

**Tabela 4.9** – Resultado do parâmetro fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) comparado aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, onde os resultados em verde são compatíveis com a Classe 1, em amarelo com a Classe 3 e em vermelho superam o valor máximo definido por esta Resolução.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	0,29	0,65	0,13	0,98	0,06	0,20	0,12
Ponto 3 C. do Bruno	0,62	0,59	0,16	0,55	0,13	0,12	0,12
Ponto 4 C. do Bruno	1,24	1,50	0,39	0,88	0,13	0,58	0,16
Ponto 5 R. Morto	0,29	0,39	0,10	0,72	0,02	0,12	0,19
Ponto 6 R. Branco	0,36	0,33	0,03	0,59	0,04	0,12	0,15
Ponto 7 R. Branco	0,36	0,39	0,16	0,78	0,06	0,17	0,17
Ponto 8 R. Sacarrão	0,26	0,26	0,13	0,52	0,04	0,17	0,20
Ponto 9 R. Sacarrão			0,16	1,27	0,07	0,13	0,18



**Figura 4.12** - Gráfico com os resultados de fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA.

Em relação ao fósforo total nenhum dos locais amostrados poderiam ser considerados satisfatórios para as classes definidas pela CONAMA 357/05 (Figura 4.12). A coleta 5 apresentou os menores valores de fósforo, adequadas as classes 1, 2 e 3. O ponto 8, que corresponde ao local que deveria estar a montante de qualquer atividade antrópica e da estação de captação da CEDAE, também não apresentou resultados adequados para o uso atual, uma vez que a estação da CEDAE possui apenas gradeamento, decantação e cloração.

A alta concentração de fósforo no ponto 8 pode ser explicada pela presença de sítios e dentro da área do Parque Estadual do Maciço da Pedra Branca e muitos destes sítios plantam espécies ornamentais para uso próprio ou venda nas estradas de acesso a Vargem Grande.

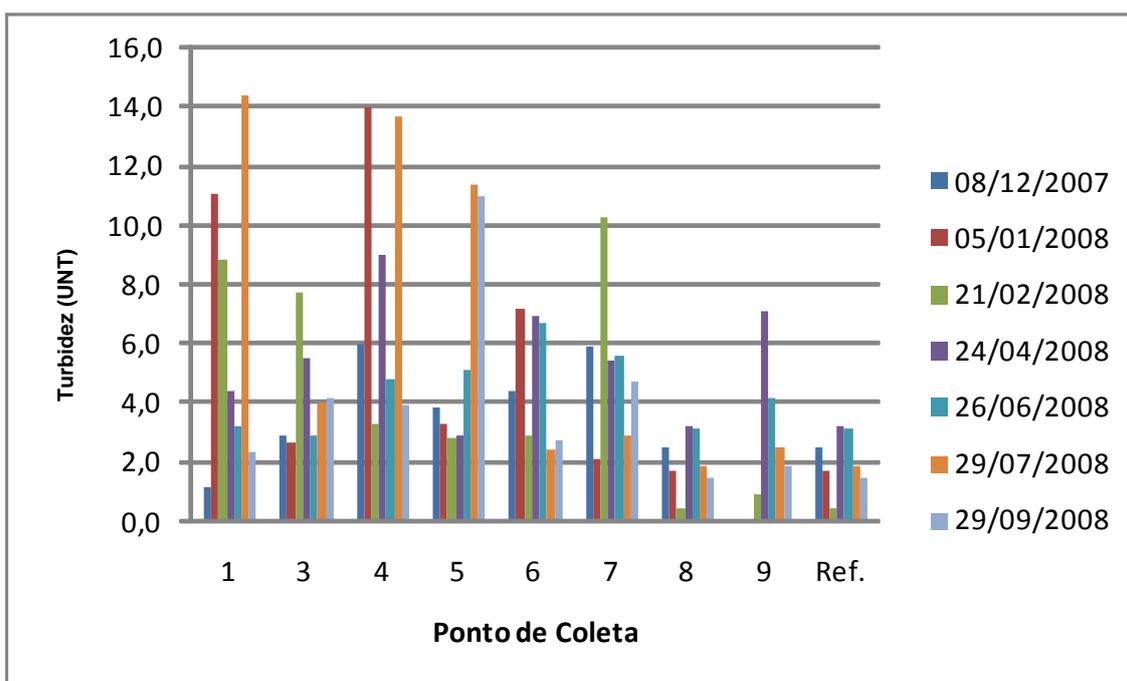
Toledo e Nicolella (2002) constataram que a entrada de material originado de áreas agrícolas e fontes urbanas contribui para o aumento na carga de fósforo e promove o decréscimo na concentração de OD e associado a isso ocorre um aumento na condutividade elétrica da água. As observações dos dois autores na bacia de Guaíra, São Paulo, ratificam os resultados encontrados neste trabalho.

#### 4.1.7. Turbidez

A Resolução CONAMA 357/05 limita a turbidez para águas doces classe 1 em 40 (UNT), as classes 2 e 3 em até 100 UNT. Desta forma, todas as amostras analisadas seriam consideradas classe 1, uma vez que o maior resultado encontrado foi 14,4 UNT no ponto 1 da coleta 6 (Tabela 3.8).

De forma geral não foi possível traçar um padrão de sazonalidade para os resultados de turbidez. Os valores mais baixos foram observados no ponto 8 e os mais altos no ponto 4 (Figura 4.13).

As coletas 2 e 6 apresentaram os maiores picos principalmente nos pontos 1 e 4.



**Figura 4.13** - Gráfico com os resultados de turbidez (UNT) .

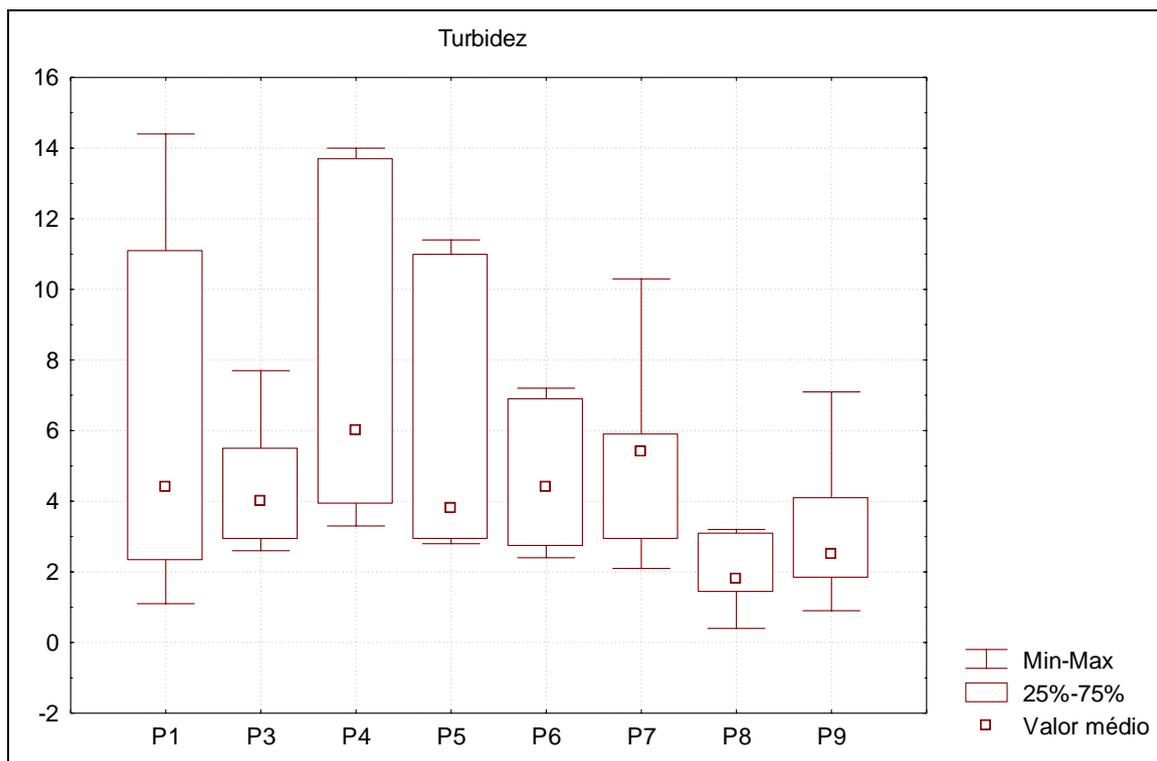
A coleta 3, realizada em fevereiro, obteve os resultados mais baixos nos pontos 2, 4, 5 e 8, mas apresentou o maior valor dos pontos 3 e 7.

O ponto 8 apresentou a maior homogeneidade, variando de 0,4 a 3,2 UNT (Figura 4.14). A maior turbidez ocorreu na mesma data (coleta de abril) que foi registrado o maior nível de água na estação da Pedra Branca (44,63mm), junto a este ponto. O ponto

1 apresentou os resultados mais heterogêneos em relação a sazonalidade e o ponto 8 foi o mais homogêneo.

Em média a coleta 1 obteve os menores valores e a coleta 6 os maiores. Na comparação entre os pontos, pode-se observar a tendência de aumento da turbidez quanto mais a jusante do corpo hídrico, isso está ligado ao desmatamento das margens e aporte de efluentes contaminados.

A turbidez e os sólidos em suspensão são indicadores que estão associados ao transporte do fósforo e outros contaminantes (Parry, 1998). Um estudo realizado pela Prefeitura do Rio de Janeiro em 1998 nas lagoas da Baixada de Jacarepaguá mostrou que todas elas (Lagoa de Jacarepaguá, Lagoa de Camorim, Lagoa da Tijuca, Lagoa de Marapendi e Lagoinha) nas 12 coletas realizadas em 1997 o valor de turbidez esteve acima do estabelecido pela resolução CONAMA 20/86 vigente na época (Zee *et al.*, 1992). É importante notar que em relação a turbidez, não houve alteração nos limites máximos da CONAMA 20/86 para a 357/05.



**Figura 4.14** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais da turbidez (UNT).

#### 4.1.8. Sólidos Totais (%)

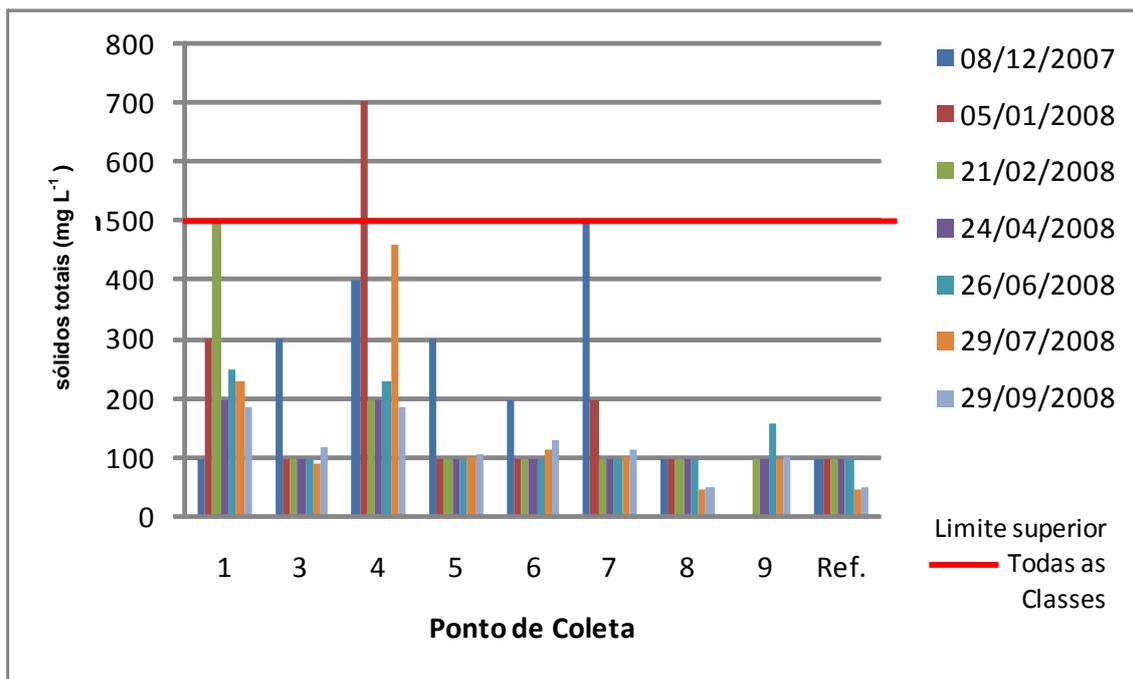
A Tabela 3.9 apresenta os resultados laboratoriais do parâmetro sólidos totais em porcentagem. A resolução CONAMA considera este quesito em  $\text{mg L}^{-1}$ , para efetuar esta conversão os valores em % (Tabela 3.9) foram multiplicados por 10.000 (Tabela 4.10). Note que os resultados que atingiram o mínimo do limite de quantificação ( $< 0,01$ ) foram considerados como 0,01 para possibilitar os cálculos.

A Resolução CONAMA 357/2005 considera como limite máximo de sólidos dissolvidos totais o valor de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , o ponto 1 na coleta 3 e o ponto 7 na coleta 1 apresentaram este valor, e o ponto 4 na coleta 2 ( $700 \text{ mg L}^{-1}$ ) superou este limite (Figura 4.15).

**Tabela 4.10** - Sólidos totais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) observados das amostras analisadas. Em destaque os valores iguais (amarelo) e superiores (vermelho) a Resolução CONAMA 357/2005.

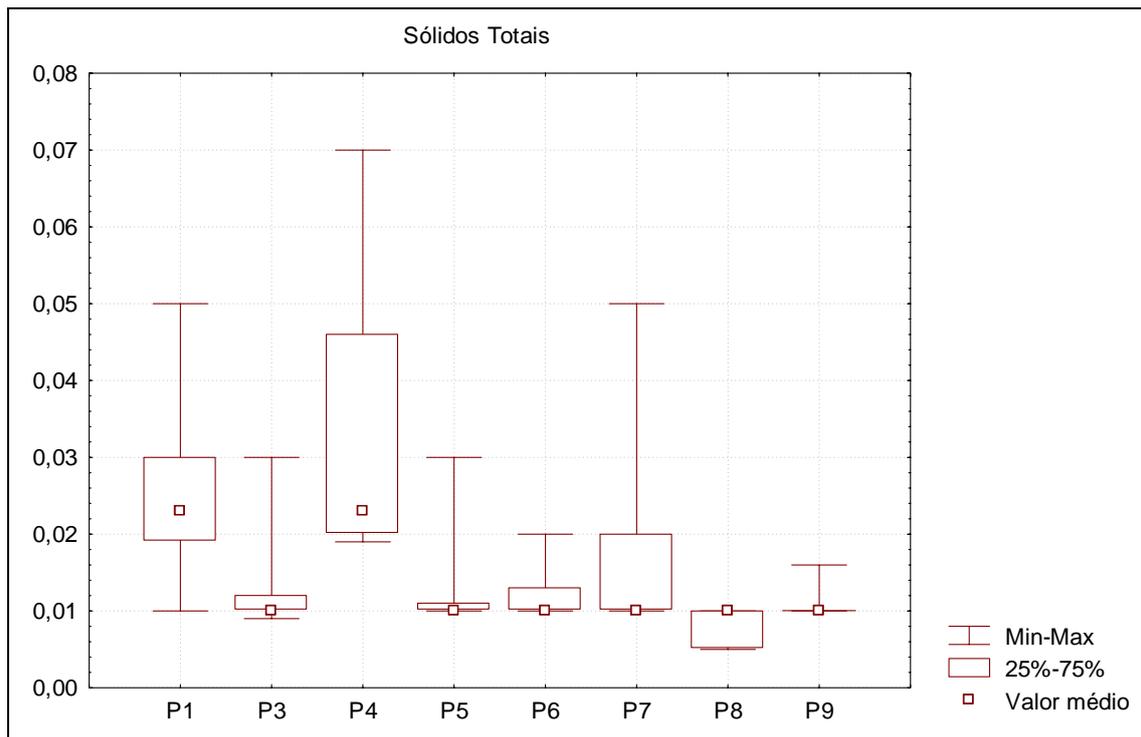
	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	100	300	500	200	250	231,2	186
Ponto 3 C. do Bruno	300	100	100	100	100	89,6	118,4
Ponto 4 C. do Bruno	400	700	200	200	230	457,6	185,6
Ponto 5 R. Morto	300	100	100	100	100	103,6	106
Ponto 6 R. Branco	200	100	100	100	100	113,2	132,4
Ponto 7 R. Branco	500	200	100	100	100	102	114
Ponto 8 R. Sacarrão	100	100	100	100	100	46,8	50
Ponto 9 R. Sacarrão			100	100	160	98,8	103,2

Seguindo a tendência do OD e do fosfato, o ponto 4 apresentou os maiores valores de sólidos totais (%). Nas coletas 1 e 2 (verão) foram observados os maiores valores entre os locais de coleta (Figura 4.7).



**Figura 4.15** - Gráfico com os resultados de sólidos totais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e o limite estabelecidos pela Resolução CONAMA.

No ponto 8 foi observado a maior homogeneidade sazonal (desvio padrão 0,002), variando entre 50 e 100  $\text{mg L}^{-1}$  (0,005 e 0,010 %), e os menores concentrações de sólidos totais (Figura 4.16). O ponto 4 apresentou a maior variação entre as coletas, bem como a maior média.



**Figura 4.16** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais dos sólidos totais (%).

#### 4.1.9. Condutividade

A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limites para o parâmetro condutividade, porém, segundo a CETESB, a quantidade de sais existentes na água, pode representar indiretamente a concentração de poluentes. De acordo com a Companhia, geralmente, em níveis superiores a  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ , indica que o ambiente foi impactado.

A Tabela 3.10 mostra os resultados de condutividade em  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Considerando a indicação da CETESB, nota-se que somente nas três últimas coletas no ponto 8 os valores de condutividade foram menores que  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ . As outras superaram este valor, atingindo o pico de  $872 \mu\text{S cm}^{-1}$  na coleta 6 no ponto 4.

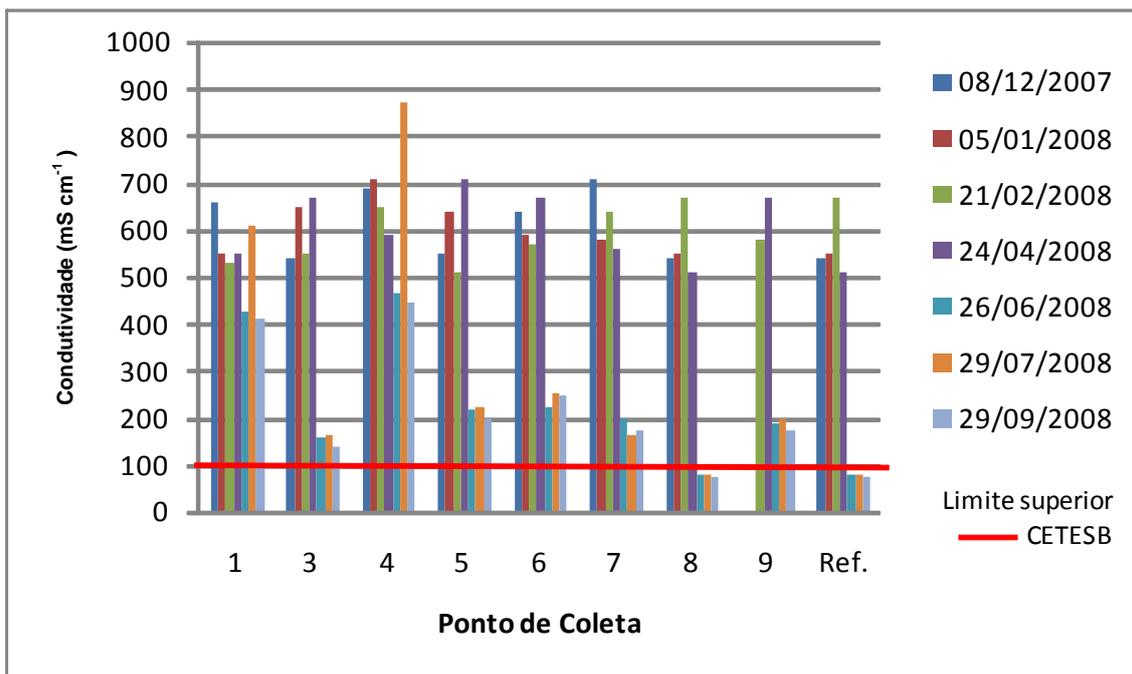
De forma geral, as coletas 1, 2, 3 e 4 obtiveram resultado similar para todos os pontos, com pouca variação espacial (Figura 4.17). Já a variação sazonal foi bastante significativa. No ponto 8 o desvio padrão foi de 267,27 variando entre 73 e  $670 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Em média, a coleta 7 apresentou os menores valores ( $232,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) e a coleta 3 os maiores ( $620,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ ). O ponto 9 apresentou a menor média e o ponto 4 a maior média. O ponto mais homogêneo em relação as coletas foi o ponto 1 (figura 4.18)

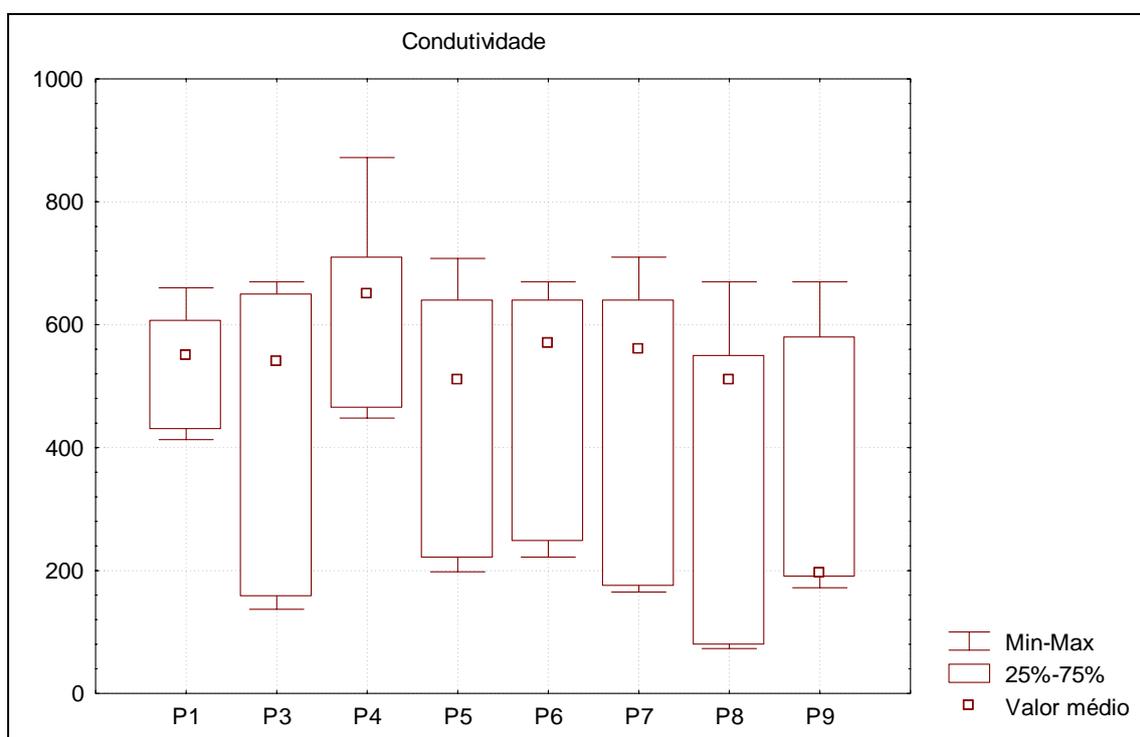
Sampaio (2008) avaliou a condutividade da Lagoa de Jacarepaguá, e este parâmetro variou entre 1,32 e  $31,70 \text{ mS cm}^{-1}$  nos meses de novembro de dezembro de 2005. Neste mesmo período, na lagoa do Camorim a variação foi entre 2,80 e  $31,80 \text{ mS cm}^{-1}$  e na Lagoa de Marapendi, a condutividade variou entre 6,45 e  $32,20 \text{ mS cm}^{-1}$ .

Os valores encontrados por Sampaio são compatíveis com regiões onde ocorre alguma influência de água marinha (salgada) que aumenta a condutividade elétrica nestas lagunas. Nas amostras da bacia do Rio Morto, não há influência marinha, e o aumento da condutividade deve estar relacionada aos sólidos dissolvidos e alta concentração de poluentes.

Estes resultados ratificam os valores observados em outros parâmetros, onde foi observado que as coletas 5, 6 e 7 apresentaram uma melhor qualidade de água.



**Figura 4.17** - Gráfico com os resultados de condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) e o limite recomendado pela CETESB.



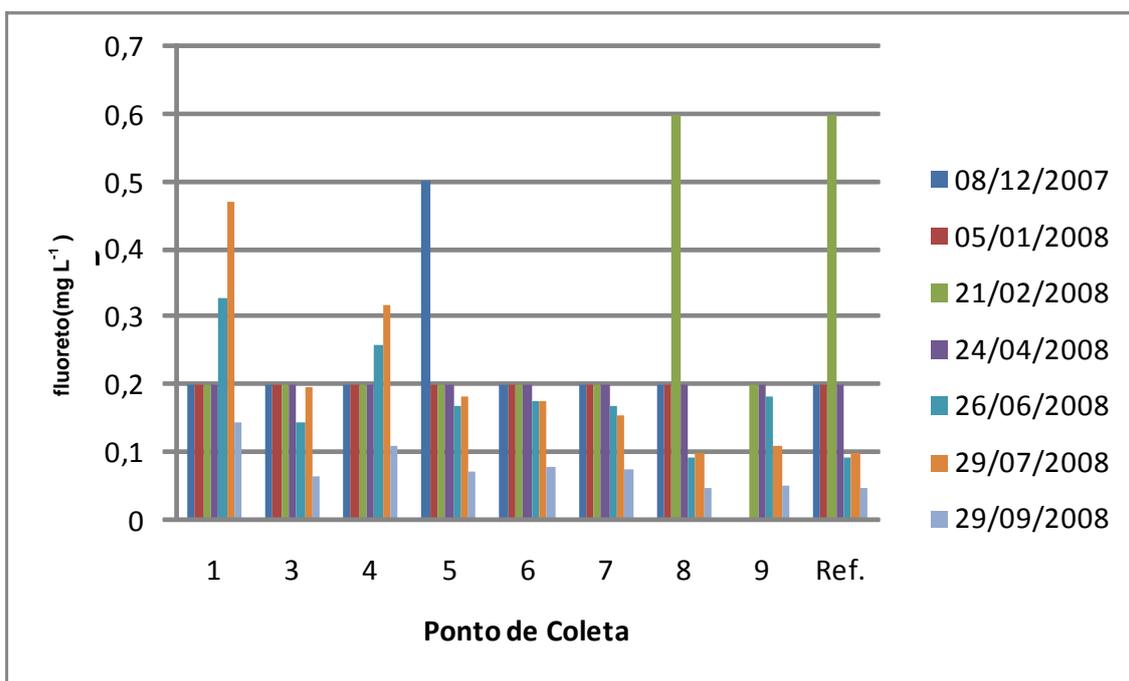
**Figura 4.18** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ).

#### 4.1.10. Fluoreto

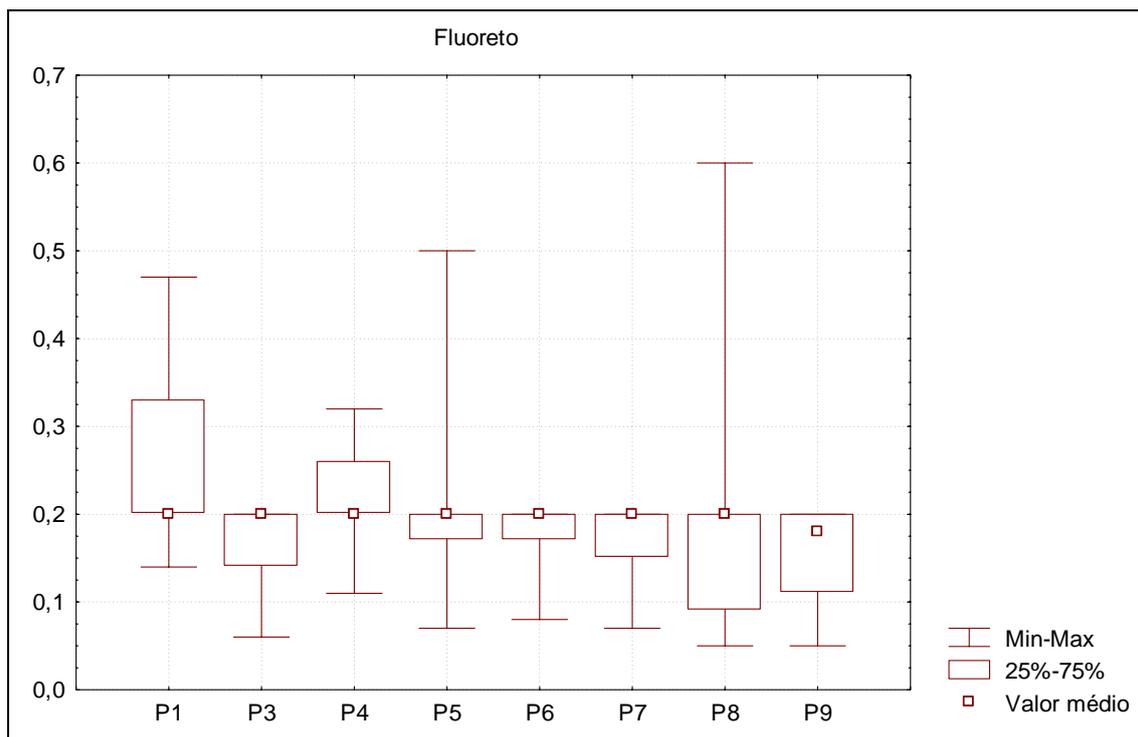
Segundo a Resolução CONAMA 357/05 a concentração máxima de fluoreto é de  $1,4 \text{ mg L}^{-1}$  para águas doces classes 1, 2, 3 e 4. Desta forma, todas as amostras analisadas atendem a este critério (Tabela 3.11 e Figura 4.19).

O ponto 8 apresentou a maior concentração de fluoreto na coleta de fevereiro de 2008 ( $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ ). Nesta data todas as outras estações de monitoramento apresentaram o valor de  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ . A fonte do fluoreto neste ponto pode ser o solo ou as rochas locais. Porém, este comportamento não foi identificado nas demais coletas.

Como era esperado, todos os pontos de coleta apresentaram, em média, resultados similares, entorno de  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 4.20). O ponto 8 apresentou a maior variação (ponto mais heterogêneo) em relação as coletas.



**Figura 4.19** - Gráfico com os resultados de fluoreto ( $\text{mg L}^{-1}$ ).



**Figura 4.20** - Gráfico-caixa representativo dos valores mínimos, máximos, médios e 50% dos resultados centrais de fluoreto ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

## 4.1.11. Metais

Na coleta 6, em julho de 2008, foi realizada a análise de uma série de metais. Das 8 amostras analisadas, apenas a coletada no ponto 4 apresentou 0,019 mg L<sup>-1</sup> de Zinco (Tabela 4.11). Os outros metais analisados não foram detectados em nenhuma amostra. Os metais analisados foram: antimônio, arsênio, berílio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel, prata, selênio, tálio e zinco.

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece para águas doces classes 1 e 2 o limite máximo para o zinco de 0,18 mg L<sup>-1</sup> e 5mg L<sup>-1</sup> para classe 3. Por tanto todas as amostras analisadas estão em conformidade com a Resolução para os metais analisados.

**Tabela 4.11** – Resultado das análises de metais das amostras dos oito pontos na coleta de julho de 2008.

	Ponto 1	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Antimônio	n.d.							
Arsênio	n.d.							
Berílio	n.d.							
Cádmio	n.d.							
Chumbo	n.d.							
Cobre	n.d.							
Cromo Total	n.d.							
Mercúrio	n.d.							
Níquel	n.d.							
Prata	n.d.							
Selênio	n.d.							
Tálio	n.d.							
Zinco	n.d.	n.d.	0,019	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Onde n.d significa não detectado.

#### 4.1.12. Aparência

A resolução CONAMA 357/05 estabelece que os Resíduos Sólidos Objetáveis devem estar virtualmente ausente, ou seja, não devem ser perceptíveis pela visão. Desta forma a coleta 6 apresenta a maior quantidade de amostras límpidas (Tabela 3.13) e portanto de acordo com a referida resolução.

A coleta 6, realizada em julho, apresentou também o menor nível medido na estação fluviométrica da Pedra Branca (26,42 mm) e não foi registrado chuvas no dia ou na véspera na região pelo INMET.

No momento da coleta houve a preocupação em não tocar o leito para não ressuspender os sedimentos de fundo e evitou-se coletar materiais flutuantes. A falta de chuvas e o baixo nível do rio Sacarrão podem contribuir para a decantação dos materiais sedimentáveis fazendo gerando amostras com aparência superior.

A resolução CONAMA 357/05 estabelece que em as águas doces Classe 1, 2 e 3 deve ser virtualmente ausentes os materiais flutuantes, as espumas não naturais e resíduos sólidos objetáveis. Estas águas também não devem ter gosto ou odor. Para a Classe 4 os matérias flutuantes e espumas não naturais também devem estar virtualmente ausentes e o odor e aspecto não são objetáveis.

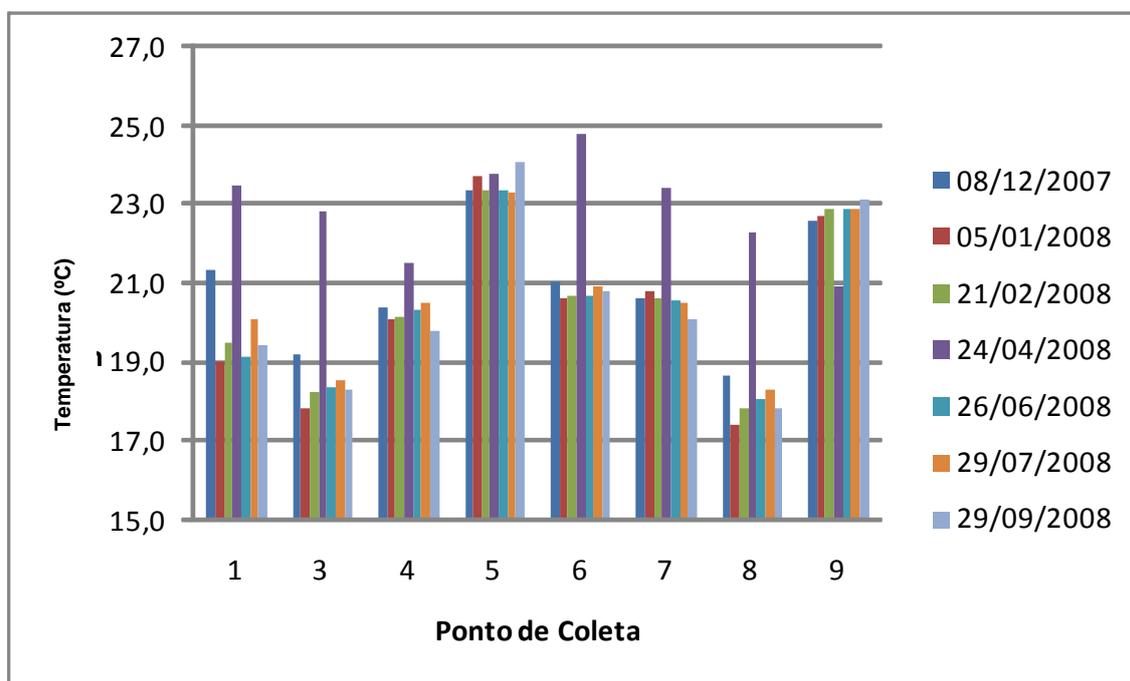
Desta forma apenas 12 amostras das 54 coletas são consideradas compatíveis com a referida Resolução. A maioria das amostras compatíveis foi proveniente das coletas de julho e setembro.

#### 4.1.13. Temperatura

A temperatura da água no momento da coleta foi menor no ponto 8 (Tabela 3.16 e Figura 4.21), pois este local apresenta margens bem conservadas que mantêm o corpo hídrico permanentemente protegido do sol. Este local também é o mais alto (cerca de 300m de altitude) que pode influenciar na temperatura da água.

Seguindo orientações do MMA (2005), a temperatura não foi computada no cálculo do IQA (subitem seguinte), mas apenas para determinar a saturação do oxigênio dissolvido na água.

A coleta de abril apresentou resultados acima da média dos outros meses. Isso pode ser explicado pelo uso, exclusivamente nesta coleta, de um multiparâmetro para determinar a temperatura, o que pode ter uma calibração diferente do equipamento utilizado nas outras oportunidades.



**Figura 4.21** - Gráfico com os resultados de temperatura (°C ).

#### 4.1.14. Cloro

O Cloro foi avaliado em todas as amostras e como era esperado todos os resultados encontrados foram menores que o limite de detecção do método, <0,005 (Tabela 3.17).

Os moradores de estrada do Sacarrão, que recebem a água da CEDAE, reclamam do excesso de cloro na água. Na coleta de julho, foi realizada a amostragem no bar do Sr. João Luiz localizado na estrada do Sacarrão, 357, próximo ao Ponto de coleta 6. No momento da coleta foi possível observar a característica “espumante” da água, e a coloração esbranquiçada. O frasco de coleta foi completado até a borda e tampado o mais rapidamente possível.

O resultado desta amostra foi de  $1,2 \text{ mg L}^{-1}$ . A resolução CONAMA estabelece o limite máximo de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro residual total, o que ratifica a reclamação dos moradores.

Por outro lado, a alta concentração de coliformes termotolerantes encontrados a montante da captação da CEDAE, mostra que a cloração da água para consumo é essencial para evitar a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

#### 4.2. Possibilidade de enquadramento segundo a Resolução CONAMA 357/05.

O enquadramento dos corpos hídricos, de acordo com a Resolução CONAMA deve ser realizada de acordo com o uso mais restritivo deste corpo. Desta forma, o enquadramento não deve considerar o estado atual do rio e sim estabelecer metas e objetivos de qualidade da água a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo (MMA, 2008).

Por tanto, este subitem não pretende enquadrar o corpo de água, mas mostrar a classe atual do determinado trecho dos rios de acordo com os limites estabelecidos pela resolução.

A Tabela 4.12 apresenta a classe compatível e o parâmetro que influenciou para tal resultado.

**Tabela 4.12** – Compatibilidade dos resultados encontrados com a Resolução CONAMA e o parâmetro que gerou a pior classificação.

	coleta 1 08/12/07	coleta 2 05/01/08	coleta 3 21/02/08	coleta 4 24/04/08	coleta 5 26/06/08	coleta 6 29/07/08	coleta 7 29/09/08
Ponto 1 C. do Bruno	Fósforo	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência
Ponto 3 C. do Bruno	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência
Ponto 4 C. do Bruno	Aparência	Aparência e Sólidos Totais	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência
Ponto 5 R. Morto	Fósforo	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Fósforo	Aparência
Ponto 6 R. Branco	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Fósforo	Aparência
Ponto 7 R. Branco	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Fósforo	Fósforo
Ponto 8 R. Sacarrão	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Fósforo	Fósforo
Ponto 9 R. Sacarrão	-	-	Fósforo	Aparência	DBO	Fósforo	Fósforo

Onde as células cinza não são compatíveis com a resolução; as células em vermelho são compatíveis com a classe 4 e as células em amarelo são compatíveis com a classe 3

A aparência foi o parâmetro que mais reprovou as amostras analisadas. As coletas de julho e setembro possuem a maior quantidade de amostras enquadradas na resolução,

fato este explicado pela melhor qualidade no aspecto das amostras. Nestas duas coletas o fator que determinou a classificação foi o fósforo.

Das 54 amostras, apenas 12 apresentaram características compatíveis com a Resolução CONAMA. Nenhuma das amostras foi compatível com as classe 2 ou 1.

### 4.3. Análise do IQA

Para testar a planilha utilizada para calcular o IQA, dados conhecidos e confiáveis foram utilizados no cálculo com a planilha e o aproveitamento foi de 100%, confirmando que a planilha está correta. As equações utilizadas para calcular o IQA foram apresentadas no capítulo 2.

A temperatura não foi considerada diretamente no cálculo do IQA, mas esta informação baseou a porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, que é um dos parâmetros para calcular este índice.

Todas as estações foram consideradas como ao nível do mar, uma vez que a variação de altitude não passa de 40 metros. Exceto no ponto 8, que está a aproximadamente 300 metros acima do nível do mar, e esta altitude foi computada no cálculo da porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido.

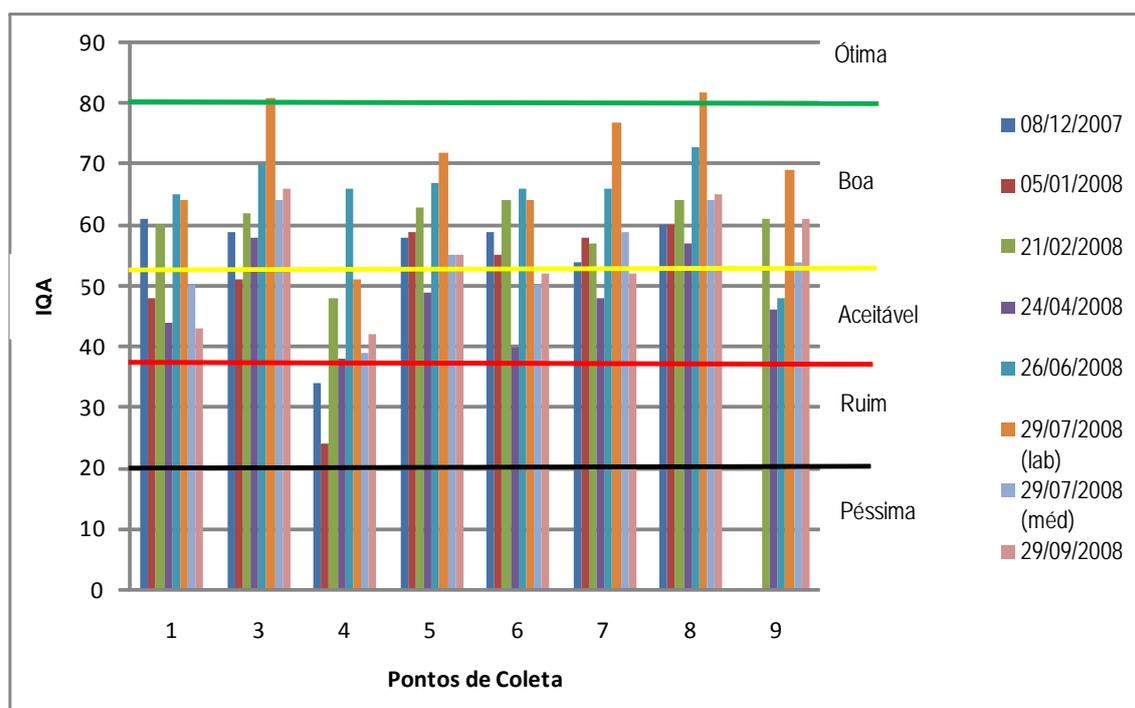
Os Índices de Qualidade da Água das amostras coletadas nas 7 campanhas e nos 8 pontos monitorados são apresentados na Tabela 3.14. Os resultados em células em azul são considerados ótimos, em verde estão às amostras classificadas na faixa considerada boa. As células em amarelo são consideradas aceitáveis e em vermelho as amostras na faixa ruim.

Ratificando os resultados dos parâmetros individuais, o IQA mostra que os pontos 8 e 3 são os que apresentam a melhor qualidade de água e o ponto 4 a pior. Este índice classificou como bom, amostras que, segundo a Resolução CONAMA 274/00, não deveria haver contato primário e de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 não poderia ser usado para recreação de contato secundário ou para dessedentação de animais por conter mais de 1000 coliformes termotolerantes por 100mL.

As duas únicas amostras consideradas ótimas, em azul, foram amostradas na coleta 6 (Figura 4.22) e os resultados de coliformes nesta data foram muito inferiores aos valores analisados em outras campanhas, sem nada que justifique esta diminuição na concentração destes microrganismos, a não ser algum erro analítico. Por isso foi calculado o IQA com os valores médios de coliformes nas 6 outras campanhas para balizar os resultados da 6ª coleta. Neste caso, não há resultados considerados ótimos.

A coleta 5 (realizada no dia 26/06/08) apresentou os maiores valores do IQA. Isso aconteceu pela alta concentração de Oxigênio Dissolvido em todos os pontos amostrados, sempre acima de  $8,7 \text{ mg L}^{-1}$  de oxigênio dissolvido. O OD é o parâmetro que possui o maior peso no cálculo do IQA. Este valor mais elevado pode ser consequência da menor temperatura da água nos meses de inverno e da menor taxa de ocupação das casas de veraneio, gerando um menor aporte de esgotos domésticos nos rios da região.

O IQA apresenta baixa sensibilidade para determinados parâmetros que recebem peso baixo em seu cálculo, e por isso, em alguns casos os valores restritivos segundo a Resolução CONAMA 357/05, são considerados bons no cálculo do IQA.



**Figura 4.22** - Gráfico com os resultados do IQA e as faixas que determinam a qualidade da água amostrada.

Ao comparar os valores individuais obtidos em cada um dos diversos parâmetros analisados e os resultados do IQA é possível observar que o IQA é menos restritivo que a Resolução CONAMA 357/05.

O parâmetro aparência foi o que mais incompatibilizou as amostras à Resolução. Mas este dado não é considerado no IQA. Segundo Marques, os limites da Resolução CONAMA foram estabelecidos baseados nos valores adotados em outros países, geralmente do hemisfério norte, e estes limites, muitas vezes não são indicativos de poluição para os rios do Brasil<sup>7</sup>. Para que os valores da Resolução fossem compatíveis com a realidade brasileira seria necessário realizar estudos considerando as características climáticas, tipo de solo e vegetação no entorno.

Ainda assim, algumas amostras consideradas boas pelo IQA apresentaram concentração de coliformes termotolerantes acima de 1600 NMP 100ml<sup>-1</sup>, que representa alto índice de contaminação em qualquer tipo de ambiente.

---

<sup>7</sup> Professora Marcia Marques, comentário pessoal.

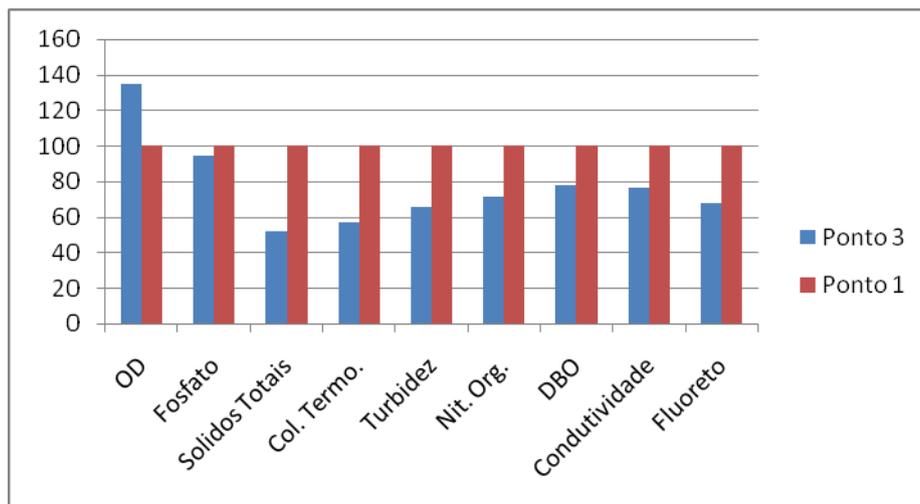
## Análise Espacial por Rio

Na análise espacial por rio foi utilizado para comparação entre os diversos pontos de coleta a diferença em valores percentuais entre os pontos. Esta estratégia foi utilizada para que todas as variáveis fossem exibidas na mesma tabela. Considerando esta estratégia foi possível perceber que o ponto de coleta 3, a montante da Vila Cascatinha e a montante do Condomínio Residencial de classe média, apresentou os valores médios, sempre melhores que o ponto 1. O ponto 1 está localizado a jusante deste condomínio e a montante da Vila Cascatinha. Os resultados mostram que entre o ponto 3 e o ponto 1 ocorre algum impacto, provavelmente causado por este condomínio. A Figura 4.23 mostra a diferença entre o ponto 3 em azul e o ponto 1 em vermelho. Note que para o gráfico ficar legível, é apresentado o valor percentual de diferença entre os pontos. Nesta figura é possível perceber que o OD é o único parâmetro que é maior no ponto 3, todos os outros são maiores no ponto 1, mostrando que em todos os aspectos analisados individualmente o ponto 1 é mais impactado que o 3. Com isso, pode-se concluir que o condomínio a montante da Vila Cascatinha gera algum impacto no Canal do Bruno.

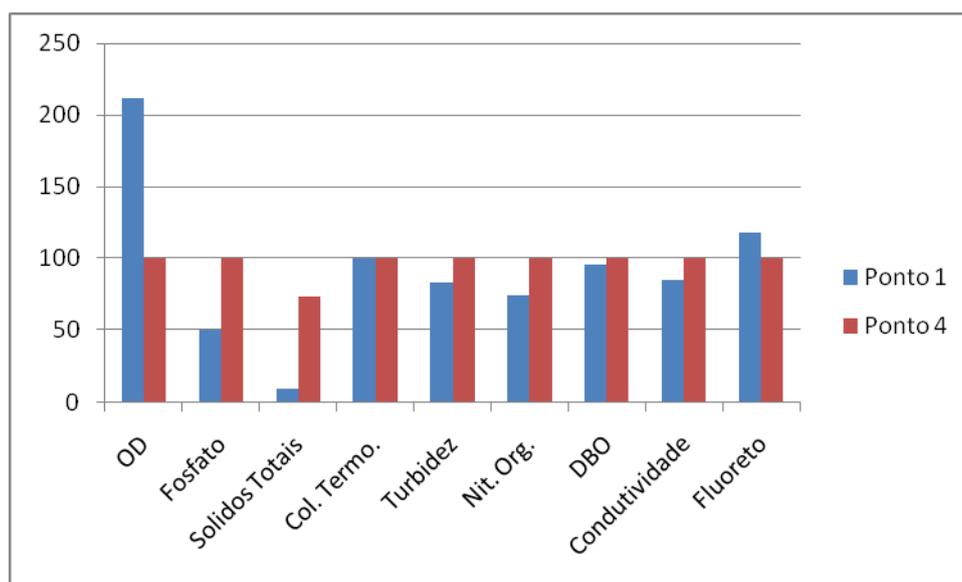
A Figura 4.24 mostra o impacto médio sofrido pelo Canal do Bruno quando este atravessa a comunidade Vila Cascatinha. O ponto 1 fica imediatamente a montante da comunidade e o ponto 4 a jusante. Para facilitar a interpretação, o gráfico foi feito considerando o ponto 4 como 100% e no ponto 1 é mostrado a diferença percentual, exceto no parâmetro sólidos totais onde a diferença foi de 735% e seus valores ajustados para manter a visualização.

No caso dos coliformes termotolerantes, não houve diferença entre os dois pontos, pois todos os resultados foram o máximo detectado pelo método analítico utilizado.

Através da consolidação dos resultados apresentados, será apresentada a comparação média entre os pontos amostrados neste trabalho, para que seja visualizado como a degradação deste corpo hídrico ocorre entre os diferentes pontos de amostragem. É importante destacar que para esta comparação foram considerados os valores médios obtidos em todas as coletas.



**Figura 4.23** – Tabela comparativa dos resultados médios entre o ponto 3 e o ponto 1 (Canal Morro do Bruno) em função da diferença percentual entre estes pontos.



**Figura 4.24** - Tabela comparativa dos resultados médios entre o ponto 1 e o ponto 4 (Canal Morro do Bruno) em função da diferença percentual entre estes pontos.

O Canal Morro do Bruno, que tem seu ponto de monitoramento mais a montante (ponto 3) localizado antes de assentamentos humanos conhecidos, apresenta neste local, uma qualidade de água considerada boa, em média 63,87 pontos na escala do IQA. O ponto 1, localizado a jusante do condomínio residencial e a montante da Vila Cascatinha, já mostra sinais de impactos por esgotos domésticos, onde o IQA médio é de 54,37, ainda considerada de boa qualidade. Finalmente, no ponto deste

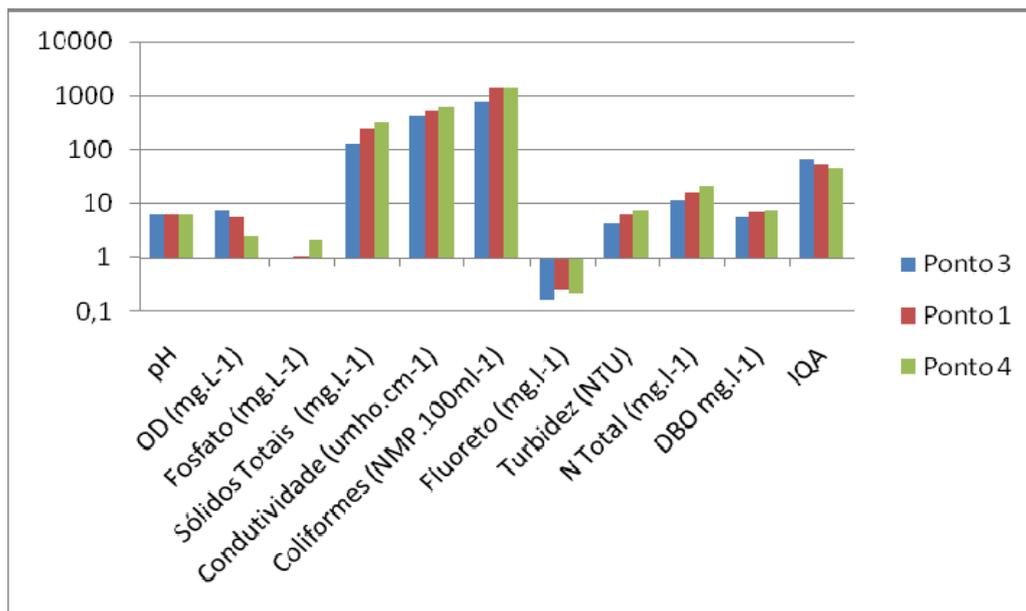
mesmo canal, a jusante da Vila Cascatinha, o IQA médio é de 45,75, ou seja, qualidade aceitável, uma faixa abaixo das estações anteriores (Tabela 4.13).

Na Figura 4.25, pode-se observar, através de escala logarítima de base 10, as modificações nas características do Canal Morro do Bruno, conforme este vai carreando contaminantes de diversas fontes. O pH é pouco alterado nos três pontos. Já o oxigênio dissolvido decresce quanto mais a jusante. Há uma pequena diferença na concentração de fosfato entre o ponto 3 e 1 (1 e 1,1 mg L<sup>-1</sup> respectivamente), mas ao passar pela Vila Cascatinha, este valor atinge 2,1 mg L<sup>-1</sup>. Os sólidos totais aumentam progressivamente quanto mais a jusante (130, 250 e 330 mg L<sup>-1</sup> respectivamente), padrão seguido pela condutividade, turbidez, nitrogênio total e DBO. O fluoreto apresentou maior concentração no ponto 1 (0,25 mg L<sup>-1</sup>) seguido pelos pontos 4 e 3 (0,21 e 0,17 mg L<sup>-1</sup> respectivamente).

Com isso, conclui-se que o Canal Morro do Bruno vem recebendo aporte de esgotos domésticos em toda a extensão monitorada.

**Tabela 4.13** – Valores médios encontrados locais monitorados no Canal Morro do Bruno.

ponto	pH	OD	Fosfato	Sólidos	Condu- tividade	Colif. Termot.	Fluoreto	Turbidez	N Total	DBO	IQA
	-		(mg L <sup>-1</sup> )		(uS.cm <sup>-1</sup> )	(NMP; 100ml <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(NTU)	(mg L <sup>-1</sup> )		-
Ponto 3 C. Bruno	6,44	7,5	1	130	409,28	782,58	0,17	4,2	11,6	5,7	63,87
Ponto 1 C. Bruno	6,4	5,6	1,1	250	534	1371,5	0,25	6,5	16,2	7,3	54,37
Ponto 4 C. Bruno	6,46	2,6	2,1	330	631,85	1371,5	0,21	7,8	21,9	7,6	45,75



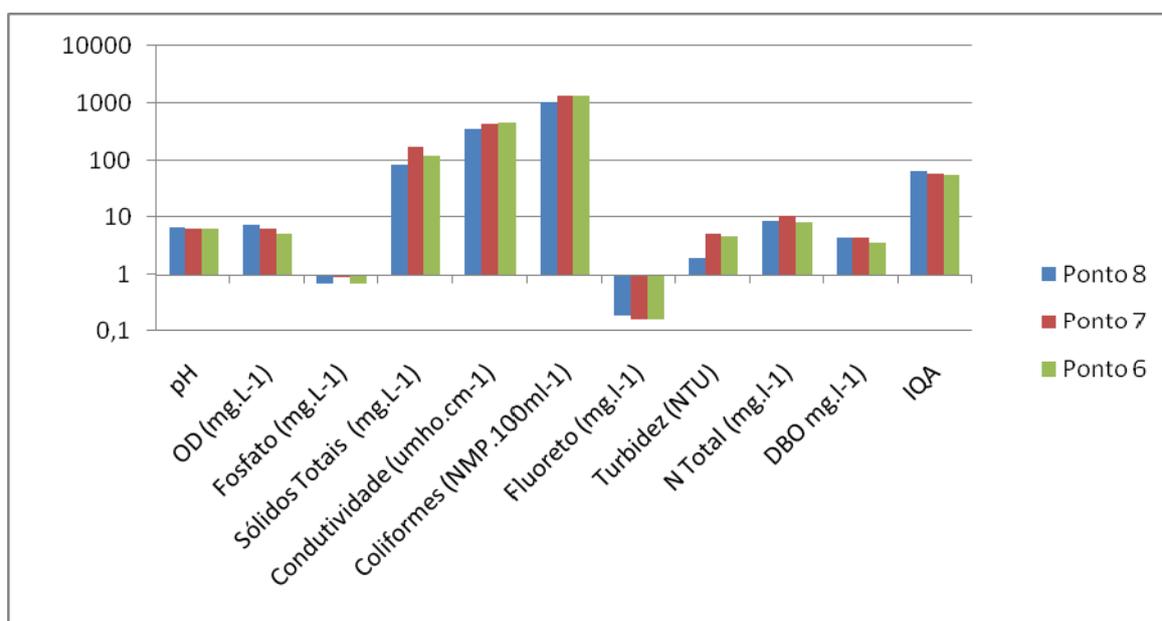
**Figura 4.25** – Comparativo dos resultados médio encontrados nos três pontos monitorados no Canal Morro do Bruno em escala logarítima de base 10.

O ponto de monitoramento 8 representa o local mais a montante do Rio Sacarrão. O ponto seguinte (a jusante) é o ponto 6, que representa a junção do Rio Sacarrão com o Rio Branco, monitorado pelo ponto 7. A Figura 4.26 mostra a comparação entre estes pontos em escala logarítima de base 10. O pH pouco variou nestes pontos, mas o OD decresceu quanto mais a jusante do corpo hídrico. O fosfato foi maior no Rio Branco ( $0,9 \text{ mg L}^{-1}$ ), mas devido a pequena vazão deste rio quando comparado ao Rio Sacarrão, o ponto 6 acompanhou a concentração do ponto 8 ( $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ ), o mesmo ocorreu com os sólidos totais ( $85, 170$  e  $120 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente) e nitrogênio total ( $8,6, 10,6$  e  $8,4 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente). A DBO em média, apresentou valores similares nos pontos 8 e 7 ( $4,5$  e  $4,6 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente), e diminuiu no ponto 6 ( $3,7 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Tabela 4.14).

O IQA decresceu quanto mais a jusante destes rios. Nos pontos mais a montante do Rio Sacarrão e Rio Branco apresentaram valores de  $65,62$  e  $58,87$  respectivamente, e na união deste dois corpos o valor do IQA chegou a  $56,25$ , todos os três valores são compatíveis com a faixa “boa” deste índice.

**Tabela 4.14** - Valores médios encontrados nos locais monitorados no Rio Sacarrão (ponto 8) e Rio Branco (pontos 7 e 6).

ponto	pH	OD	Fosfato	Sólidos	Condu- tividade	Colif. Termot.	Fluoreto	Turbidez	N Total	DBO	IQA
	-		(mg L <sup>-1</sup> )		(uS.cm <sup>-1</sup> )	(NMP.100ml <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(NTU)	(mg L <sup>-1</sup> )		-
Ponto 8 R Sacarrão	6,64	7,4	0,7	85	356,95	1068,44	0,2	2	8,6	4,5	65,62
Ponto 7 R Branco	6,43	6,4	0,9	170	432	1371,5	0,17	5,3	10,6	4,6	58,87
Ponto 6 R Branco	6,28	5,3	0,7	120	455,85	1371,5	0,17	4,7	8,4	3,7	56,25



**Figura 4.26** - Comparativo dos resultados médio encontrados no Rio Sacarrão (ponto 8) e no Rio Branco (pontos 7 e 6) em escala logarítmica de base 10.

Os pontos 6 e 9 possuem, apesar de distantes, os mesmos afluentes, o Rio Sacarrão e o Rio Branco. Já o ponto 5 (rio Morto) além destes dois corpos ainda recebe as águas do Canal Morro do Bruno (ponto 4). A Figura 4.27 mostra que o pH pouco variou entre os pontos, já o oxigênio dissolvido que atingiu 2,6 mg L<sup>-1</sup> a jusante da Vila Cascatinha, chega a 6,4 mg L<sup>-1</sup> no ponto 5. Os sólidos totais em média variaram entre

120 e 140 mg L<sup>-1</sup> nos pontos 6, 9 e 5, mas atingiram 330 mg L<sup>-1</sup> no ponto 4 (Tabela 4.15).

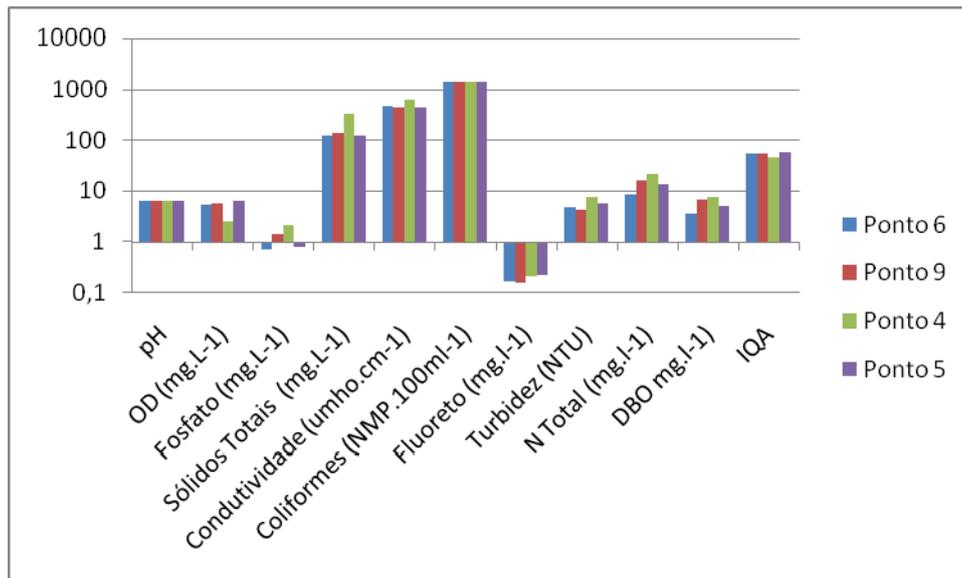
O padrão observado para sólidos totais, onde os pontos do Rio Sacarrão a jusante do Rio Branco são similares ao ponto 5 e o ponto 4 apresenta um valor bastante superior aos demais, se repete nos parâmetros condutividade e turbidez. No caso dos fluoretos, os pontos 6 e 9 (0,17 e 0,16 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente) possuem concentração semelhante, enquanto o ponto 4 (0,21 mg L<sup>-1</sup>) mostra um aumento na concentração e finalmente o ponto 5 (0,22 mg L<sup>-1</sup>) possui a maior concentração de todos os pontos.

O nitrogênio total aumenta a concentração do ponto 6 para o 9 (respectivamente, 8,4 e 15,8 mg L<sup>-1</sup>) e no ponto 4 a concentração chega a 21,9 mg L<sup>-1</sup>, mas no ponto 5 esta concentração cai para 13,5 mg L<sup>-1</sup>.

Considerando esta comparação é possível perceber que a qualidade da água do Rio Branco piora na união com o Rio Sacarrão (ponto 9) mas através de processos de diluição o Rio Morto, mesmo após receber as águas do Canal do Morro do Bruno (ponto 4), que possui a pior qualidade de todos os locais amostrados, apresenta uma significativa melhora já no ponto 5. Isto é ratificado pelo cálculo do IQA, que no ponto 5 apresentou o maior valor entre as estações desta comparação.

**Tabela 4.15** - Valores médios encontrados nos locais monitorados no Rio Branco (ponto 6), Canal Morro do Bruno (ponto 4) e no Rio Sacarrão (pontos 9 e 5).

ponto	pH	OD	Fosfato	Sólidos	Condu- tividade	Colif. Termot.	Fluoreto	Turbidez	N Total	DBO	IQA
	-		(mg L <sup>-1</sup> )		(uS.cm <sup>-1</sup> )	(NMP. <sub>i</sub> 100ml <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(NTU)	(mg L <sup>-1</sup> )		-
Ponto 6 R Branco	6,28	5,3	0,7	120	455,85	1371,5	0,17	4,7	8,4	3,7	56,25
Ponto 9 R. Sacarrão	6,41	5,7	1,4	140	436,57	1371,5	0,16	4,3	15,8	6,7	55
Ponto 4 C. Bruno	6,46	2,6	2,1	330	631,85	1371,5	0,21	7,8	21,9	7,6	45,75
Ponto 5 R Morto	6,35	6,4	0,8	120	435,57	1371,5	0,22	5,8	13,5	5	59,75



**Figura 4.27** - Comparativo dos resultados médio encontrados no Rio Branco (ponto 6), Canal Morro do Bruno (ponto 4) e no Rio Morto (ponto 9 e 5).

## Capítulo 5. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

O modelo atual de urbanização implica no excesso de impermeabilização das superfícies que por si só desencadeia diversos impactos no ciclo hidrológico, inclusive na qualidade das águas. Observa-se ainda, sobretudo nos grandes centros, um crescimento desordenado nas periferias das cidades, que caracterizam em geral as regiões peri-urbanas. Infelizmente, esta ocupação não se dá de forma ordenada e, por diversas razões, inclusive culturais e sócio-econômicas, tem crescido de forma expressiva o número de assentamentos informais. O problema se agrava à medida que esta ocupação se dá em terrenos frágeis sem definição fundiária, em vertentes de alta declividade, nas margens dos rios e em baixadas.

O crescimento rápido e desordenado, as características geomorfológicas desses terrenos e desenho urbanístico espontâneo implantado pela própria população dificultam ou impossibilitam a implantação de redes de infra-estrutura. Ao mesmo tempo, a população, ainda que de maneira formal, reside no entorno desses locais, se vê muitas vezes pouco compelida a fazer investimentos associadas ao saneamento ambiental. Isso tem levado, muitas vezes a um cenário desolador de desordem e comprometimento da qualidade ambiental nas áreas peri-urbanas das grandes cidades. A região hidrográfica da baixada de Jacarepaguá na cidade do Rio de Janeiro, principal região de expansão da cidade, é um exemplo desta paisagem. Uma das linhas a ser seguida para o controle e busca de alternativas para estes problemas é a inferência do estado atual desses sistemas, através de monitoramento.

Neste trabalho foram apresentados os resultados do monitoramento da qualidade da água da Bacia Hidrográfica experimental do Rio Morto, tomada como representativa da região hidrográfica da baixada de Jacarepaguá. Este estudo foi realizado no âmbito do Projeto da Pesquisa HIDROCIDADES (CNPq 500.129/2006-1).

A bacia do Rio Morto, especialmente os principais rios que a compõem, e que foram monitorados: Branco, Sacarrão, Canal do Morro do Bruno e Morto, são rios de área peri-urbana que vem sofrendo, ao longo dos anos, vários impactos decorrentes de ações antrópicas que levaram ao cenário de degradação da qualidade de suas águas, observadas nestes estudos.

A análise das 54 amostras coletadas ao longo desses cursos d'água durante o período entre 2007 e 2008, para as quais, com base em análises laboratoriais, foram verificados os valores de um número de parâmetros físico-químicos e biológicos, sobretudo aqueles que compõem o cálculo do IQA e; ainda a análise destes parâmetros no contexto dos limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/05, permitiu concluir e materializar as principais contribuições desta dissertação de mestrado:

1. Conforme esperado, nas regiões onde há uma maior densidade populacional, como no entorno do canal do Morro do Bruno, o corpo hídrico apresenta qualidade de água inferior;
2. Os resultados obtidos a partir das amostras analisadas, em comparação com as diretrizes da Resolução CONAMA vigente no país, a maior parte não poderia ser classificadas nem como água doce classe 4<sup>8</sup>, uma vez que para obter esta classificação a amostra não deve possuir materiais flutuantes, o que contrasta com a paisagem vegetativa exuberante e preservada que se observa nas vertentes mais elevadas da bacia;
3. A aparência foi o parâmetro que mais reprovou as amostras. Das 54 amostras, 40 não estão em conformidade com a Resolução CONAMA. As outras 14, só poderiam ser classificadas como classe 3 ou 4. Todas as amostras em não-conformidade foram reprovadas pelo quesito aparência;
4. Mesmo nos locais mais a montante do Rio Sacarrão, este já apresenta contaminação por coliformes termotolerantes, possivelmente devido à suinocultura praticada no passado, atividades extrativistas e sitiantes que vivem a montante deste local. Ressalta-se que se trata de região contida dentro dos limites do Parque Estadual da Pedra Branca. Os níveis de coliformes termotolerantes foram extremamente altos neste e nos demais pontos de coleta, na maioria das vezes atingindo o limite máximo de quantificação do método ( $1600 \text{ coliformes} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ );
5. Nas coletas de verão (dezembro e janeiro) o OD sofreu a maior variação espacial. Em janeiro, nos pontos 1 (a montante da Vila Cascatinha) e 8 a concentração de OD foi de  $7,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , chegando a  $0,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  no ponto 4 (a jusante desta comunidade).

---

<sup>8</sup> As água doce classe 4 podem ser destinadas para navegação e harmonia paisagística.

6. A comunidade da Vila Cascatinha é um importante contribuinte na carga de contaminantes do Canal Morro do Bruno, porém este corpo hídrico já apresenta sinais de contaminação por esgotos domésticos à montante desta comunidade. O mesmo ocorre com o Rio Branco, que aparentemente não possui assentamento informal, mas apresenta sinais de contaminação por esgotos domésticos.
7. Os resultados do Índice de Qualidade de Água apresentaram-se relevantes na comparação entre os resultados das amostras, tanto na análise espacial quanto sazonal. Porém, os resultados obtidos através deste Índice, levam a crer que a água possui qualidade superior do que quando analisados os parâmetros individuais face à Resolução CONAMA 357/05 vigente. Ou seja, neste caso o IQA demonstrou-se menos restritivo que a Resolução;
8. A adição de cloro na água para consumo humano realizado pela CEDAE, embora seja alvo de crítica dos moradores, se mostrou necessária, uma vez que a montante de sua captação, o rio Sacarrão apresenta alta concentração de coliformes termotolerantes. No entanto, talvez o uso do cloro pudesse ser racionalizado sazonalmente;
9. A poluição na bacia do Rio Morto parece ser preponderantemente de origem doméstica, constatado pela presença de despejos irregulares nos corpos hídricos como ligação de tubulações de esgotos domésticos diretamente ao rio, tanto de residências quanto de pequenos estabelecimentos comerciais;
10. Ao longo de todo o trabalho foi possível verificar a complexidade dos sistemas fluviais urbanos e peri-urbanos e a necessidade de estudá-los profundamente, para assim, manejá-los corretamente. Não é exclusividade dos assentamentos informais o lançamento de efluentes nos cursos d'água. Os resultados avaliados nos corpos hídricos a jusante dos assentamentos formais justificam a conclusão de que estes, também de alguma forma canalizam e lançam efluentes nos rios da região.

Ressaltam-se, no entanto, algumas limitações deste trabalho, que justificam futuros estudos complementares:

1. A concentração de coliformes termotolerantes foi mais alta que o esperado no início do projeto, atingindo na maioria das amostras o limite máximo de quantificação do método utilizado (1600 NMP 100mL<sup>-1</sup>);
2. As amostragens devem ocorrer mensalmente, para que a análise sazonal possa ser mais precisa;
3. Os moradores locais devem ser envolvidos no trabalho de monitoramento, seja através do uso de kits de análise simplificada *in loco* ou convidando um membro da comunidade para auxiliar na coleta das amostras, demonstrando para este a importância do monitoramento e valores dos resultados encontrados e seus impactos na saúde coletiva;
4. Os resultados deste trabalho não foram comparados com os dados da extinta Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, FEEMA nem com os da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas, SERLA, atuais Instituto Estadual do Ambiente, INEA, apesar dos esforços dispensados para contatar estes órgãos para propor uma parceria e compartilhamento de dados;
5. O laboratório contratado para realizar as análises microbiológicas apresentou alguns resultados absolutamente fora do esperado, sem justificativa para isto, indicando que houve erro analítico;
6. A literatura indica que os parâmetros OD e pH devem ser medidos *in situ* para garantir a acuracidade do resultado. Os equipamentos para tais análises em campo não estavam disponíveis, por isso optou-se pela análise laboratorial destes parâmetros;
7. Não foi realizada a coleta ponderada por vazão. Isso ocorreu por falta dos instrumentos de medição necessários para este tipo de coleta e análise;
8. Não foi realizada a análise da água subterrânea utilizada por alguns moradores que escavaram poços para abastecimento próximos aos canais e rios onde há lançamento de efluentes;

Assim sugere-se para continuação deste trabalho que:

1. Para quantificação dos coliformes termotolerantes seja utilizado um laboratório que possua metodologia analítica para este parâmetro cujo resultado seja o número mais provável absoluto;

2. Seja desenvolvido um cronograma de coletas mensais antes do início das atividades;
3. Seja incorporado ao Projeto o uso de algum kit simples para monitoramento da qualidade da água. Um exemplo é o kit utilizado pela Fundação SOS Mata Atlântica desde 2001, onde algumas pessoas selecionadas da comunidade são capacitadas e realizam as análises *in situ* e apresentam as principais conclusões nas escolas locais e para a comunidade. Com esta metodologia o processo participativo se reflete na discussão dos dados locais e maior interação e interesse do público-alvo com o Projeto;
4. Haja uma maior interação entre os participantes deste Projeto e os diversos órgãos que atuam no local como a SERLA, o Instituto Estadual de Florestas – IEF e a FEEMA, todos extintos desde 12 de janeiro de 2009 com a implantação do Instituto Estadual do Ambiente – INEA. Com a integração dos órgãos ambientais do estado, espera-se que a comunicação e troca de informações seja facilitada;
5. Antes da escolha do laboratório para análise de microrganismos seja realizada uma consulta com diversos usuários deste seguimento, procurando sempre a melhor qualidade. Ainda assim, sugere-se que rotineiramente seja enviado junto às amostras um frasco com conteúdo padrão e conhecido para verificar a qualidade dos resultados obtidos pelo laboratório. É importante ressaltar que o laboratório utilizado no presente trabalho possui todos os certificados, credenciamentos e acreditações necessárias para realização destas análises;
6. A coleta ponderada por vazão é importante para avaliar as condições da água em eventos extremos. No final deste trabalho foi instalado em dois locais de coleta uma sonda para medir a vazão dos rios. Na continuação deste trabalho será possível realizar a coleta ponderada pela vazão;
7. Sempre que possível seja realizado as análises de OD e pH no momento da coleta.
8. Na análise dos resultados pode ser útil realizar um tratamento estatístico dos dados com abordagem apropriadas aos dados ambientais como o teste de normalidade, o cálculo das medianas, o desvio-quartil, a amplitude interquartil e a comparação entre as medianas (Mann-Whitney). Este tipo de

tratamento nos dados eliminam os valores incompatíveis e facilitam a leitura dos resultados.

Além de dar continuidade ao monitoramento da qualidade das águas na bacia do Rio Morto é importante realizar novos estudos nesta região. Desta forma sugere-se ainda dois novos estudos na Bacia do Rio Morto.

Esta comunidade possui duas fontes de abastecimento de água. A mais comum é a ligação clandestina das tubulações da CEDAE. A outra é o consumo da água de poços artesianos, perfurados sem os cuidados necessários. Muitos destes poços estão a poucos metros do canal Morro do Bruno, o que pode ser uma fonte de contaminação para o lençol freático e um risco para a saúde dos moradores desta localidade. Por tanto a primeira recomendação para um novo estudo é monitorar a qualidade da água nos diversos poços da comunidade. Este trabalho será útil para avaliar o grau de contaminação que estas pessoas estão expostas e qual o risco de impactar o lençol freático através destes poços não outorgados. O monitoramento das águas dos poços de abastecimentos é uma solicitação dos próprios moradores da Vila Cascatinha.

A segunda sugestão de trabalho nesta região é o uso de biodigestores ou biossistemas para o tratamento do esgoto da comunidade e o monitoramento deste sistema para verificar sua capacidade de depuração do efluente.

O Projeto HIDROCIDADES realizou uma série de reuniões com a comunidade da Vila Cascatinha. Nestas oportunidades o diálogo entre os pesquisadores e a comunidade era estimulado através de técnicas de reunião participativas. Nestes encontros foi possível perceber que a maior preocupação da comunidade em relação ao ambiente onde vivem é o canal Morro do Bruno, o qual eles se referem como “valão”. Quando perguntados sobre qual seria a solução ideal para este problema, a resposta foi sempre a mesma: “manilhar o valão”.

Esta idéia de manilhar o valão mostra o que Capra (2003) chama de “analfabetismo ecológico”. O que os moradores favoráveis a canalização do canal não sabem, é que este ato apenas retirará de seu campo de visão o problema, mas a jusante deste local a contaminação às lagoas costeiras e ao mar continuará ocorrendo. Ou seja, o impacto será lançado, literalmente, rio abaixo.

A Vila Cascatinha possui todas as características para a instalação com sucesso de um biossistema. Entre as características importantes pode-se destacar:

- A comunidade está com seu crescimento horizontal controlado, com limites físicos claramente demarcados;
- Quase todo o esgoto da comunidade é direcionado para um único corpo hídrico, o canal Morro do Bruno;
- O biogás poderá ser aproveitado por uma das casas próximas ao biodigestor, em contra partida o usuário seria responsável pela manutenção do sistema;
- O clima quente da região favorece a decomposição do esgoto pelas bactérias anaeróbias;
- A área para instalação do biossistema integrado poderia ser negociada com o Parque Aquático Water Planet, criando uma integração entre o parque a comunidade no entorno.

No biossistema, o esgoto não é visto apenas como um resíduo, e sim como fonte geradora de energia e nutrientes. Neste conceito, o tratamento biológico do dejetos humano é definido como a reciclagem de nutrientes da biomassa, utilizando processos naturais de purificação de águas servidas com a recuperação de nutrientes para a agricultura e uso de energias renováveis.

Um experimento piloto com o uso do biodigestor pode servir de base para futuros projetos em comunidades carentes no Rio de Janeiro. Este pode ser o primeiro passo para estabelecer uma política socioambiental que leve à integração da favela com a cidade formal.

Finalmente, destaca-se que a pesquisa desenvolvida nesta dissertação foi importante para registrar o cenário atual e serve como parâmetro de comparação com futuros trabalhos na região.

## Bibliografia

ALVES, A. C.; *Bases jurídicas e administrativas para a gestão cooperada de águas de interesse comum à União e aos estados federados*. Nota Técnica 03-003 A – Programa de Investimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, Trecho Paulista, elaborada pelo Consórcio ICF Kaiser – Logos Engenharia. São Paulo, 1998.

ANDRADE, L.M.S; GOUVÊA, L.A.C; *Vila Varjão: O Problema da Habitação como uma Questão Ambiental* IN *I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável; X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. 15p. São Paulo, Julho de 2004.

BAIRD, C. *Química Ambiental* – tradução Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera, 2ª Ed. Porto Alegre, Bookman, 2002.

BERNER, E. K. & BERNER, R. A. *Global Environment: Water, Air and Geochemical Cycles*. Editora Prentice Hall 379p. Connecticut, EUA, 1995.

BEZERRA, S. A. *Gestão ambiental da propriedade suinícola: Um modelo baseado em um biosistema integrado*. Tese de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 270p. 2002.

BILICH, M. R; LACERDA, M.P.C.; *Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento*. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2059-2065. 2005.

BLUM, J. R. C.; 2003 *Crítérios e Padrões de Qualidade de Água* IN: MANCUSO, P. C. S & SANTOS, H.F. (editores) *Reúso de Água*, 2003, Barueri, SP. Editora Manole, 2003.

BRAGA, B. *et al. Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª edição. Editora Prentice Hall São Paulo, 2002.

CAPRA, F. *Alfabetização Ecológica: O Desafio para a Educação do século 21*. IN Trigueiro, A. (org.) *Meio Ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento*. Rio de Janeiro: Ed. Sextante; 367p. 2003

CASTRO, L.M.A. *Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. 321p. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2007.

CASTRO, L. M. A. *Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos da Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 118p, 2002.

CEBALLOS, B.S.O; *Microbiología Sanitaria y Ambiental* IN MENDONÇA, S.R. *Sistemas de lagunas de estabilización: como utilizar aguas residuales tratadas em sistema de regadío*. Buenos Aires, MC Graw Hill p. 6-106, 2001.

CERQUEIRA, L.F.F. *Os Impactos dos Assentamentos Informais de Baixa Renda nos Recursos Hídricos e na Saúde Coletiva, O Caso da Bacia de Jacarepaguá, Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. 171p. 2006

CERQUEIRA, L.F.F.; PIMENTEL DA SILVA, L; *Environmental Impacts by Low-income Settlements in Rio de Janeiro* in II – International Congress on Environmental Planning and management. TU- Berlim, 4p. 2007.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo – Série Relatórios*. – Governo do Estado de São Paulo – Secretaria de Meio Ambiente, 2007.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2004*. São Paulo: CETESB, 2005. 273p, Governo do Estado de São Paulo- Secretaria do Meio Ambiente, 2005

CHOCAT, B. (Coord.) *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*. Lavoisier. Paris, França. 1124 p, 1997.

CONSAG – CONSELHO DAS ÁGUAS DA BAIXADA DE JACAREPAGUÁ. *Diagnóstico Ambiental: Uso do Solo*. Encomendado pela Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura do Rio de Janeiro. 68p. Rio de Janeiro, 1995.

CORREA DA SILVA, V; NASCIMENTO, A.R; MOURÃO, A.P.C; COIMBRA NETO, S.V; COSTA, F.N; *Contaminação por Enterococcus da água das praias do município de São Luis, Estado do Maranhão*. Acta. Sci. Technol. Vv.30 n.2 p.187-192, Maringá, 2008

COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y. *Analysis of water quality indices*. Journal of Environmental Management, v.21, p.161-179, 1985.

DE SWAAN, A. *In care of the state. Health care, educational and welfare in Europe and USA in the Modern Era*. 352p. Oxford University Press, EUA: Polity Press, 1990.

EATON, A.D; CLESCERI, L.S; RICE, E.W; GREENBERG, A.E; FRANSON, M.A.H. (Eds.) *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater: Centennial Edition*. 21st Edition. American Water Works Association, Washington, EUA. 1368p. 2005.

EIGER, S.; 2003 *Auto depuração dos cursos d'água* IN: MANCUSO, P. C. S & SANTOS, H.F. (editores) *Reúso de Água*, 2003, Barueri, SP. Editora Manole, 2003.

ENGELKIRK, P. G., BURTON, G. R. W. *Microbiologia para Ciências da Saúde*. Editora Guanabara Koogan. 7ª edição. pp. 444, 2005.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. 2ª edição. Editora Interciência/FINEP. 575 p. 1988.

FALKENMARK, M., 1989. *Water availability as carrying capacity determinant: a new factor in third world demography*. IN: ZABA, B., CLARKE, J.(Eds.), *Environmental and Population Change*, International Union for the Scientific Study of population (IUSSP). Derouaux Ordina Editions, Liege (Belgium), pp. 325–347.

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. *Lagoa Rodrigo de Freitas – Diagnóstico dos Problemas Ambientais*. Relatório anual da FEEMA/DEP/DIAG-01. 93p. Rio de Janeiro, 1991.

- FRANCO, B.D.M. *Microbiologia dos Alimentos*. Ed. Atheneu, São Paulo, 196p. 2005.
- FRIDMAN, F. *Donos do Rio em nome do Rei: Uma História Fundiária da Cidade do Rio de Janeiro*. Editora Jorge Zahar, 304p. Rio de Janeiro, 1999.
- FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M.; *Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio*. Cad. Saúde Pública, May/June 2001, vol.17, nº. 3, p.651-660, 2001
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA – *Saneamento – PAC: Programa de Aceleração do Crescimento*. Ministério da Saúde. 10p. Brasília, 2007.
- GASPAR, R.M.B.L.; *Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com ênfase na Agregação de Valor: Um estudo de caso na Região de Toledo-PR*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina. 119p. Florianópolis, 2003.
- GASTALDINI, M.C.C.; *Índices de Qualidade da Água: Estado da Arte e Estudo de Caso* IN: Primer Simposio Latinoamericano de Tratamiento y Reuso Del Agua y Residuos Industriales. Ciudad de Mexico, 25 al 29 de maio p.66.1-66.12, 1998.
- GAUZIN-MÜLLER, D.; *Arquitetura Ecológica*. Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, 2002
- GEO BRASIL: *Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Ministério do Meio Ambiente; Agencia Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 264p. Brasília: MMA; ANA; PNUMA, 2007.
- GIATTI, L.L; *et al. Condições de Saneamento Básico em Iporanga, Estado de São Paulo*. Revista Saúde Pública, São Paulo, 38 (4): 517-537, 2004.
- HALL, M.J; *Urban Hydrology*, London; New York: Elsevier Applied Science Publishers, 299 p. 1984.

HARMANCIOGLU, N.B.; OZKUL, S.A.; ALPASLAN, M.N.; *Water monitoring and network design*. IN: HARMANCIOGLU, N.B.; SINGH, V.P.; ALPASLAN, M.N. (Ed.) *Environmental data management*. The Hague: Kluwer Academic Publishers, 1998. p.61-100. Water Science Technology Library, 1998.

HELLER, L. *Basic Sanitation in Brazil: Lessons from the Past, Opportunities from the Present, Challenges for the Future*. Journal of Comparative Social Welfare (Special Issue) - Comparative Experiences in the Provision of Water and Sanitation Services: Challenges and Opportunities for Achieving Universal Acces. v. 23, n. 2, p. 141–153, 2007.

HITCHINS, A.D.; FENG, P.; WATKINS W.D.; RIPPEY, S.R. & CHANDLER, L.A. 2002. *Escherichia coli and the Coliform bacteria*. IN *Bacteriological Analytical Manual Online*. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov> Acessado em 21 de dezembro de 2008.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Atlas do Censo Demográfico 2000*. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em 23 de dezembro de 2008.

IDB – International Data Base, 2009. U.S. Census Bureau. Disponível em: <http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpopgraph.html>. Acessado em 20 de fevereiro de 2009.

IPP - INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS. *Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro, 1998*. 864p. Rio de Janeiro, 2000.

IPEA & IPLAN – Instituto de Planejamento Econômico e Social & Instituto de Planejamento. *Subsídios para a Elaboração de Programas em Saneamento Rural*. Série Saneamento Rural 3. 43p. Brasília, 1989.

JORDÃO, E.D; PESSÔA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos* 4ª Edição, Rio de Janeiro: ABES, 932, 1995

KOBIYAMA, M., MOTA, A.A. & CORSEUIL, C.W. *Recursos Hídricos e Saneamento*, Editora Organic Trading, Curitiba. 160p, 2008.

- LAWS, E. A. *Aquatic Pollution*. 2nd Ed. John Willey & Sons, Inc. New York, 611p. 1993.
- LEE, S.C; FUNG, C.P; LIU, P.Y; WANG, T.C; LEE, N; CHEN, S.C; SHIEH, W.B; *Nosocomial infections with ceftazidime-resistant Pseudomonas aeruginosa: risk factors and outcome*. Infect Control Hosp Epidemiol, (20): 205-207, 1999.
- LEITÃO, G.A. *Construção do Eldorado Urbano: O Plano Piloto da Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá – 1970 -1988*. 132p. Editora EdUff. Niteroi, 1999.
- LIBES, S. M. *An Introduction to Marine Biogeochemistry*. John Willey & Sons, Inc. New York. 734p. 1992.
- LUCAS JÚNIOR, J. *Estudo comparativo de biodigestores modelos Indiano e Chinês*. Botucatu, 114p. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista. 1987.
- MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. *Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas*. Resposta Técnica sobre Agricultura e Pecuária, subitem Biosistema Integrado na Suinocultura; Biodigestores. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 3p. 2005.
- MADULU, N.F. *Linking poverty levels to water resource use and conflicts in rural Tanzania*. Physics and Chemistry of the Earth 28 (20–27), 911–917, 2003.
- MADULU, N.F. *Environment, poverty and health linkages in the Wami River basin: A search for sustainable water resource management*. Physics and Chemistry of the Earth 30. 950-960pp. Elsevier, 2005.
- MARQUES, J.S. *Estruturação do Sistema Ambiental da Baixada de Jacarepaguá*. Geografia,9 (17/18) 187-94, Rio Claro, 1984.
- MATHEUS, C.E; MORAES, A.J; TUNDISI, T.M; TUNDISI, J.G. *Manual de Análises limnológicas*. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Universidade de São Paulo. 62p. São Carlos, 1995.
- MELO, A.C.; DIAS, V. *Fósforo, o vilão dos rios*. Jornal da USP, São Paulo, ano 17, nº 596, maio de 2002.

METCALF & EDDY – *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4a ed. Boston: Mc Graw Hill, 1819 p, 2003.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA)* Relatório 1. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD. 19p. Junho , 2005.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Resoluções do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008*. 2ª edição. 927p. Brasília, 2008.

MUEHE, D.; VALENTINI, E. *O Litoral do Estado do Rio de Janeiro: Uma caracterização físico-ambiental*. FEMAR – Fundação de Estudos do Mar. 99p. Rio de Janeiro, 1998.

MURARO, L. G. *Caracterização da Qualidade da Água ao Longo do Curso do Rio dos Macacos, Município do Rio de Janeiro, RJ*. Monografia de Bacharelado apresentada ao Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 78p. 2001

NASCIMENTO, E.F; LUCAS JR. J. *Biodigestão anaeróbia do estrume de suínos: produção de biogás e redução de sólidos em cinco tempos de retenção hidráulica*. Energia na Agricultura. Botucatu, v.10, n.4, p.21-31, 1995.

NASCIMENTO, L. V. *Os Padrões Brasileiros de Qualidade das Águas e os Critérios para Proteção da Vida Aquática, Saúde Humana e Animal*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

OMS - Organização Mundial de Saúde. 1996. *Guidelines for drinking water quality*. Volume 2. Health criteria and other supporting information. Genebra, Suíça,145p. 1996

ONU – Organização das Nações Unidas. *World Population Prospects: The 1998 Revision: Volume III: Analytical Report*. UN Population Division, Population Studies. 260p, 1998.

ONU – Organização das Nações Unidas. *World Population Prospects: The 2003 Revision. Data, Tables and Highlights*. UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 195p. Nova Iorque, 2004.

ONU – Organização das Nações Unidas. *Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment*. Gordon, B; Mackay, R; Rehfuss, E. (editors). 33p. Brighton, 2008.

OLIVEIRA, C.M.R; *O Comércio da Natureza: A construção do espaço no bairro de Vargem Grande, Cidade do Rio de Janeiro*. Revista de Graduação do Departamento de Geografia da PUC-Rio. Ano I nº1. 26p. 1º semestre, 2008.

OLIVEIRA, C. M. R.;. *O Bairro de Vargem Grande (Rio de Janeiro) e seu Processo de Urbanização* (notas preliminares). Departamento de Geografia. Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro. 14p. 2006.

OLIVEIRA, V. S. *Percepção social acerca da degradação ambiental e medidas de qualidade de água do Rio Paraíba do Sul no trecho entre Itaocara e São João da Barra, RJ*. Monografia de Graduação. Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, 61p. 2006.

PADUA, H.B. *Variáveis físicas, químicas e biológicas para caracterização das águas em sistemas abertos*. In: Martos, H. L. ; Maia, N. B. (Coord.). *Indicadores ambientais*. Sorocaba: Bandeirantes Indústria Gráfica. p. 89-98, 1997.

PARRY, R. *Agriculture Phosphorus and Water Quality: a U.S. Environmental Protection Agency Perspective*. *Journal of Environmental Quality*, v. 27, p. 258-261, 1998.

PARSONS, R.P.; MAITA, Y.; LALLI, C.M.D.; *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. 184p. Pergamon Press, 1992.

PEPPER, I.L; GERBA, C.P; BRUSSEAU, M.L (eds); *Pollution Science*. Editora Academic Press, Inc. California, EUA. 397p, 1996.

PIMENTEL DA SILVA, L.; MACRAE, F.R.; CASTRO, E.M.N.V.; MARY, W; GOMES, M.M.; CERQUEIRA, L.F.F.; ROSA, E.U; MORAES, M.F. *Métodos não*

*convencionais na conservação da água em bacias peri-urbanas*. VIII Encontro Nacional de Águas Urbanas, Rio de Janeiro, RJ Brasil, 2008.

PINEDA, M.D; SHÄFER, A; *Adequação de Critérios e Métodos de Avaliação da Qualidade de Águas Superficiais baseada no Estudo Ecológico do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil*. Ciência e Cultura, v. 39, p. 198-206, 1987.

PORTO, M. F. A. *Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas*. pp.387-428. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L; BARROS, M. T. Drenagem Urbana. Editorada UFRGS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 428p. 1995.

RACANICCHI, R.M.Z.V.; *Influência da Implantação de Estação de Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de Estabilização na Recuperação da Qualidade da Água do Córrego Cabeceira da Mula em Santa Fé do Sul – SP* Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, UNESP. 168p. Ilha Solteira, 2002.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. *O Saneamento no Brasil: políticas e interfaces*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 310 p. 2002.

RUBINGER, S. D. *Desvendando o Conceito de Saneamento no Brasil: Uma análise da percepção da poluição e do discurso técnico contemporâneo*. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídrico da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. 213p. Belo Horizonte, 2008.

ROSA, E.U. *Desenvolvimento de Procedimentos Computacionais para Integração de Sistemas de Informação Geográfica com Modelo Hidrológico Chuva-Vazão em Bacias Urbanas*. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. 131p., 2002

RUEDA, S. *Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles. Taller sobre Indicadores de Huella e Calidad Ambiental Urbana*. Fundació Forum Ambiental / Departament de Medi Ambient de La Generalitat de Catalunya. Barcelona, 1999.

SÁ E BENEVIDES, S. C. *Análise da Expansão Urbana na Microbacia dos Campos de Sernambetiba, Município do Rio de Janeiro*. Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC). Prefeitura do Rio de Janeiro. 13p. 2006.

SADER, H.S; GALES, A.C; PFALLER, M.A; MENDES, R.E; ZOCCOLI, C; BARTH, A; JONES, R.N; *Pathogen frequency and resistance patterns in Brazilian hospital: summary of results from three years of the SENTRY Antimicrobial Surveillance Program*. Braz J. Infect Dis (5) 200-214, 2001.

SEIDL, M.; SERVAIS, P.; MOUCHEL, J.M. *Organic matter transport and degradation in the river Seine (France) after a combine sewer overflow*. War. Res. Vol. 32, N. ° 2, pp3569-3580, 1995, 1998.

SILVA, L. L; GOULART, A. T.; MELO, C. & OLIVEIRA, R. C. W. *Avaliação Microbiológica, Química e Físico-Química da Contaminação no Rio Paranaíba* IN: Sociedade & Natureza, Uberlândia, 18 (34): 45-62, jun, 2006.

SILVEIRA, G. L., SILVA, C. E., IRION, C. A. O., CRUZ, J. C. & RETZ, E. F. *Balanco de Cargas Poluidoras pelo Monitoramento Quali-quantitativo dos Recursos Hídricos em Pequena Bacia Hidrográfica*. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 8, n 1. 5-11, Jan/Mar, 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H; *Influência do “Óxido de Cálcio Propéixico” na Qualidade da Água e de Peixes Criados em Viveiros de Piscicultura*. Relatório parcial do projeto. 46p. Jaboticabal, 1998

TCHOBANOGLIOUS, G. & SCHROEDER. *Water Quality*. New York, Addison-Wesley, 780p. 1985.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G.; *Índice de Qualidade de Água em Microbacia sob Uso Agrícola e Urbano*. Scientia Agricola, v.59, nº1 p. 181-186, jan/mar, 2002.

TOGORO, E.S; *Qualidade da Água e Integridade Biótica: Estudo de Caso num Trecho Fluminense do Rio Paraíba do Sul*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 175p. 2006.

TOMAZONI, J. C., MANTOVANI, L. E., BITTENCOURT, A. V. L. & ROSA FILHO, E. F. *Utilização de Medidas de Turbidez na Quantificação da Movimentação de Sólidos por Veiculação Hídrica nas Bacias dos Rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau Sudoeste do Estado do Paraná*. Boletim Paranaense de Geociências, n. 57, p. 49-56. Editora UFPR, 2005.

TRIGUEIRO, A.(org.) *Mundo Sustentável: Abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação*. 302p. Editora Globo, Rio de Janeiro, 2005.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org). *Inundações urbanas na América do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. 471p. 2003.

VALENTINI, E. *Parecer Técnico de Vistoria de Campo ao Sistema Lagunar de Maricá- RJ*. Relatório Técnico COPPETEC: ET. Para SERLA – Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. 35p. Rio de Janeiro, 1994.

VASCONCELOS, G. C. & MELLO, C. A. B. *As Águas do Rio Paraíba do Sul: Uma Análise de Tendências dos Elementos e das Substâncias*. In: BIZERRIL, C. R. S. F.: TOSIN, P. C. & ARAÚJO, L.M. N. (Orgs) 1998. Contribuição ao conhecimento da bacia do Rio Paraíba do Sul: Coletânea de estudos. ANEEL: CPRM. Rio de Janeiro. 128p, 1998.

VON SPERLING, M; *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias*, vol.1,DESA-UFMG, ABES, Belo Horizonte, 1995.

WORLD BANK. CLEAVER, K., SCHREIBER, G., 1992. *The Population, Agriculture and Environment Nexus in Sub-Saharan Africa*. IBRD – International Bank for Reconstruction and Development ,Washington, 1992.

WORLD HEALTH ORGANIZATION –WHO *Inheriting the World: The Atlas of Children´s Health and the Environment*. 33 p. Genebra, Suíça, 2004.

WORLD RESOURCES INSTITUTE – WRI World Resources 2005: The Wealth of the Poor: Managing Ecosystems to Fight Poverty. Washington, DC, outubro de 2006.

YOKOYAMA, L. *Estudo da Interconversão de Lodo em Água do Mar*. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) 125p. Rio de Janeiro, 1999.

ZEE, D.M.W.; FILIPPO, A.M.; SABINO, C.M.; COUTO, R.J.; GAHYVA, D.L. *Estudo Ambiental: Poluição dos Recursos Hídricos da Baixada de Jacarepaguá*. 75p. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Rio de Janeiro, 1992

ZHANG, R.H.; NORTH, J.R.; DAY, D.L. *Operation of a field scale anaerobic digester on a swine farm*. Applied Engineering in Agriculture, St. Joseph, v.6, n.6, p.771-776, 1990.

## Anexos

Anexo 1 – Análise realizada pela CEDAE próximo ao ponto 8 deste trabalho.

ANO		2008	
SISTEMA DE ABASTECIMENTO			Sacarrão
MANANCIAL			Rio Sacarrão / Rio do Café
ORIGEM DA AMOSTRA			Água Bruta
DATA DA COLETA			28/02/08

Parâmetros	Unidade	VMP	Resultados
<b>Resultados Analíticos - Condições da Água Doce Classe 2</b>			
Materiais Flutuantes	Presente/Ausente	Ausente	Ausente
Óleos e Graxas Visíveis	Presente/Ausente	Ausente	Ausente
Substâncias que Comunicam Odor	Presente/Ausente	Ausente	Ausente
Corantes Artificiais	Presente/Ausente	Ausente	Ausente
Resíduos Sólidos Objetáveis	Presente/Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes Totais	col./100 mL	Não Aplicável	5800
Coliformes Fecais	col./100 mL	1000	36
DBO	mg/L	5	2
Oxigênio Dissolvido	mg/L	6,0*	7,8
Turbidez	UNT	100	0,3
Condutividade	µS/cm	Não Requerido	27
Cor	Pt/L	75	12
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> / L	Não Requerido	19
pH	pH	6,0 a 9,0	6,9

\* Valor Mínimo

Parâmetros	Unidade	VMP	Resultados
<b>Resultados Analíticos - Padrão de Qualidade de Água Doce Classe 2</b>			
Clorofila a	µg/L	30	3
Contagem de Cianobactérias	cél./mL	50000	0
Contagem Outras Algas	cél./mL	Não Requerido	245
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	14

Parâmetros	Unidade	VMP	Resultados
<b>Resultados Analíticos - Padrões Inorgânicos de Qualidade - Doce Classe 2</b>			
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,1	0,27
Antimônio	mg/L	0,005	<0,005
Arsênio	mg/L	0,01	<0,01
Bário	mg/L	0,7	<0,05
Berílio	mg/L	0,04	<0,04
Boro	mg/L	0,5	<0,5
Cádmio	mg/L	0,001	<0,001
Chumbo	mg/L	0,01	<0,01
Cianeto	mg/L	0,005	<0,005
Cloreto	mg/L	250	3,2



**GERÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA**

**RESULTADOS DOS PARÂMETROS SEMESTRAIS - CONAMA 357/05**

ANO	2008		
SISTEMA DE ABASTECIMENTO			Sacarrão
MANANCIAL			Rio Sacarrão / Rio do Café
Cloro Residual	mg/L	0,01	<0,01
Cobalto	mg/L	0,05	<0,025
Cobre Dissolvido	mg/L	0,009	<0,001
Cromo	mg/L	0,05	<0,001
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,17
Fluoreto	mg/L	1,4	0,05
Fósforo Total	mg/L	0,02	0,19
Lítio	mg/L	2,5	<0,025
Manganês	mg/L	0,1	0,004
Mercurio	mg/L	0,0002	<0,0002
Níquel	mg/L	0,025	<0,025
Nitrato (como N)	mg/L	10	0,4
Nitrito (como N)	mg/L	1	<0,1
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Obs. (*)	<1
Prata	mg/L	0,01	<0,01
Potássio	mg/L	Não Requerido	3,6
Selênio	mg/L	0,01	<0,01
Sódio	mg/L	Não Requerido	12,0
Sulfato	mg/L	250	<5
Sulfetos (como H <sub>2</sub> S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002
Urânio	mg/L	0,02	<0,004
Vanádio	mg/L	0,1	<0,05
Zinco	mg/L	0,18	<0,001

Parâmetros	Unidade	VMP	Resultados
<b>Resultados Analíticos - Padrões Orgânicos de Qualidade - Doce Classe 2</b>			
Substâncias Tensoativas	mg LAS / L	0,5	<0,05

\_\_\_\_\_  
 Químico Sergio Claudio Couñago Marques  
 Chefe do Depto. Controle de Qualidade da Água - CEDAE  
 Reg. 17550-1

\_\_\_\_\_  
 Eng° José Roberto da Costa Dantas  
 Gerente do Controle de Qualidade da Água - CEDAE  
 Reg. 10110-1