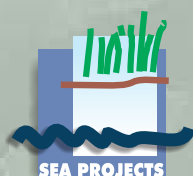




Monitoramento da Qualidade da Água do  
Rio Pirai à Montante do Túnel de Tócos, na  
Região Hidrográfica II - Guandu, em  
Conformidade com o Plano da Bacia

# 1º Relatório Bimestral

Novembro de 2011 e Janeiro de 2012



Monitoramento da Qualidade da Água do  
Rio Pirai à Montante do Túnel de Tócos, na  
Região Hidrográfica II - Guandu, em  
Conformidade com o Plano da Bacia

# 1º Relatório Bimestral

Novembro de 2011 e Janeiro de 2012

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1. Parametros Físicos, Químicos e Microbiológicos na Avaliação de Águas Ambientais .....	14
2.1.1. Temperatura da Água .....	14
2.1.2. Oxigênio dissolvido (OD) .....	15
2.1.3. Potencial Hidrogênico (pH) .....	15
2.1.4. Condutividade .....	15
2.1.5. Turbidez e Cor .....	16
2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	16
2.1.7. Carbono Orgânico Dissolvido (COD) .....	17
2.1.8. Macronutrientes (Série Nitrogenada e Fosforada) .....	17
2.1.9. Fluoreto .....	19
2.1.10. Fenóis e Surfactantes .....	19
2.1.11. Metais .....	20
2.1.12. Coliformes totais, Escherichia coli e Clostridium perfringens .....	26
<b>3. OBJETIVO .....</b>	<b>28</b>
<b>4. ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>29</b>
4.1. MALHA AMOSTRAL .....	36
4.1.1. Ponto Controle .....	36
4.1.2. Ponto # 1.....	38
4.1.3. Ponto # 2.....	40
4.1.4. Ponto # 3.....	41
4.1.5. Ponto # 4.....	43



4.1.6. Ponto # 5 .....	44
4.1.7. Ponto Controle.....	46
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS:.....</b>	<b>49</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
6.1. Temperatura da Água .....	55
6.2. Oxigênio Dissolvido (OD).....	56
6.3. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	57
6.4. Condutividade .....	58
6.5. Turbidez e Cor .....	59
6.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)60	
6.7. Carbono Orgânico Dissolvido (COD) .....	61
6.8. Macronutrientes (Série Nitrogenada e Fosforada) .....	62
6.8.1. Nitrogênio .....	62
6.8.2. Fósforo .....	64
6.8.3. Razão N:P .....	65
6.9. Fluoreto.....	66
6.10. Fénois e Surfactantes .....	67
6.11. Metais .....	67
6.11.1. Sódio (Na) .....	68
6.11.2. Potássio (K) .....	69
6.11.3. Ferro (Fe) .....	69
6.11.4. Alumínio (Al) .....	70
6.11.5. Manganês (Mn).....	70
6.11.6. Zinco (Zn) .....	71
6.11.7. Cromo (Cr).....	72



6.11.8. Bário (Ba).....	73
6.11.9. Chumbo (Pb).....	73
6.11.10. Cobre (Cu).....	74
6.11.11. Níquel (Ni) .....	74
6.11.12. Cádmio (Cd) .....	75
6.11.13. Mercúrio (Hg).....	75
6.12. Coliformes totais, Escherichia coli e Clostridium perfringens .....	75
6.13. ANÁLISE INTEGRADA .....	78
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>86</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema representativo dos reservatórios hidrelétricos. A elipse vermelha destaca o trecho correspondente ao objeto de estudo deste trabalho(Fonte: ANA/COPPETEC, 2002).	12
<b>Figura 2:</b> Volume de chuva (mm) na estação de monitoramento em Lídice (Fonte: SNIRH, 2011).	30
<b>Figura 3:</b> Distribuição das áreas rurais do município de Rio Claro – RJ no ano de 2006. Adaptado do Censo Agropecuário 2006 (SIDRA/IBGE, 2011).	32
<b>Figura 4:</b> Mapa de distribuição dos pontos amostrais do Projeto de Monitoramento da Qualidade da Água do rio Piraí à montante do túnel de Tócos.	38
<b>Figura 5:</b> Ponto #1 – A – Acesso à ponte pela estrada; B – Sensores no corpo hídrico; C - Rio a montante do ponto; D – Rio a jusante do ponto; E – Vegetação na área de entorno.	39
<b>Figura 6:</b> Ponto # 2– A – Ponte de acesso a Estação Ferroviária de Lídice; B – Coleta de Água (no detalhe os restos de animais); C e D – Vista a montante da ponte; D, G e H – Vista a jusante da ponte; I e J– Detalhe do lançamento de um efluente no Rio Piraí, sendo o registro I referente a primeira campanha de monitoramento e o J referente a segunda campanha.	41
<b>Figura 7:</b> Ponto # 3 – A –Ponte sobre o rio Piraí; B – Coleta de água, C e D – vista a montante e a jusante, respectivamente; E – Animais nas águas do rio Piraí; F – Animais pastando nas margens do rio Piraí; G- Encontro do rio do Braço com o rio Piraí.	43
<b>Figura 8:</b> Ponto # 4 – A – Posto de Gasolina Cascata, visto da estrada, referência do local a ser amostrado; B – Instalações do Posto de Gasolina, vistas do rio; C – Medição de parâmetros <i>in situ</i> no rio; D - Vista do rio Piraí a montante do ponto #4 ;	

E – Vista do rio Piraí a jusante do ponto #4; F – Placas de sinalização do rio Cascata, no trecho em que deságua no rio Piraí..... 44

**Figura 9:** A – Barragem do Túnel de Tócos; B – Medição de parâmetros *in situ* no rio; C - Vista do rio Piraí a montante do ponto; D – Vista do rio Piraí a jusante do ponto, E – Trecho estreito do rio a montante do ponto de coleta. F – Vegetação no entorno do ponto #5..... 46

**Figura 10:** A e B – Baixo curso do rio do Braço, com pastagem nas margens..... 47

**Figura 11:** A – Ponte sobre o rio do Braço onde localiza-se o ponto amostral; B – Vista do rio do Braço a montante do ponto controle; B – Vista do rio do Braço a jusante do ponto controle; C – Entrada da Reserva Nossa Senhora das Graças; D – Placa da RPPN; F – Riacho em frente a entrada da RPPN que deságua no rio do Braço; G – Instalações da RPPN..... 48

**Figura 12:** Sequência de método de coleta – A - sonda multiparâmetros na água (acoplada ao cabo extensor para que a medição não fosse próxima a margem); B - Registro em planilha de campo dos dados medidos *in situ*; C - Coleta de água com auxílio do cabo extensível; D – Acondicionamento da água coletada em frasco, com o auxílio de um funil em inox. .... 50

**Figura 13:** Temperatura da água (°C) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 56

**Figura 14:** Concentrações de oxigênio dissolvido (OD) (mg.L<sup>-1</sup>) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 57

**Figura 15:** Valores de pH nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 58



**Figura 16:** Valores de condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....58

**Figura 17:** Valores de turbidez (UNT) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....59

**Figura 18:** Valores de cor ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Pt) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....60

**Figura 19:** Valores de DBO ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{O}_2$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....61

**Figura 20:** Valores de DQO ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{O}_2$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....61

**Figura 21:** Concentrações de COD ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....62

**Figura 22:** Concentrações de nitrato (A) e nitrito (B) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....63

**Figura 23:** Concentrações nitrogênio amoniacal (A) e nitrogênio orgânico (B) ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  N) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. ....64

**Figura 24:** Concentrações de ortofosfato dissolvido (A) e fósforo total (B) (D) ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  P) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de



monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

..... 65

**Figura 25:** Concentrações de fluoreto ( $\text{mg.L}^{-1} \text{F}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 67

**Figura 26:** Concentrações de sódio ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Na}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 68

**Figura 27:** Concentrações de potássio ( $\text{mg.L}^{-1} \text{K}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 69

**Figura 28:** Concentrações de ferro ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Fe}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 70

**Figura 29:** Concentrações de alumínio ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Al}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 70

**Figura 30:** Concentrações de manganês ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Mn}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de ..... 71

**Figura 31:** Concentrações de zinco ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Zn}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 72

**Figura 32:** Concentrações de cromo ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Cr}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. .... 72



**Figura 33:** Concentrações de bário ( $\text{mg.L}^{-1}$  Ba) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....73

**Figura 34:** Concentrações de chumbo ( $\text{mg.L}^{-1}$  Pb) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....74

**Figura 35:** Concentrações de cobre ( $\text{mg.L}^{-1}$  Cu) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....74

**Figura 36:** Concentrações de níquel ( $\text{mg.L}^{-1}$  Ni) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....75

**Figura 37:** Concentrações de coliformes totais\* (A) e *E. coli* (B) ( $\text{NMP.100mL}^{-1}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. \*As barras com linhas em destaque correspondem a  $>16.000$ .....77

**Figura 38:** Concentrações de *C. perfringens* ( $\text{NMP.100mL}^{-1}$ ) nos seis pontos amostrais na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, janeiro de 2012...77

**Figura 39:** Índice de Qualidade Ambiental (IQA) calculado para os seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....80

**Figura 40:** Representação gráfica da análise de componentes principais (ACP) realizada a partir dos parâmetros analisados nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....82

## INDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Vazões naturais médias mensais do rio Pirai ( $m^3.s^{-1}$ ) entre os anos de 1931 e 2006 (GEOPROJETOS, 2007). .....	30
<b>Tabela 2:</b> Unidades e áreas dos estabelecimentos na Agropecuária no município de Rio Claro – RJ, no ano de 2006. Fonte: Censo Agropecuário 2006 (SIDRA/IBGE, 2011).....	31
<b>Tabela 3:</b> Produção agrícola municipal no ano de 2010. Fonte: Produção Agrícola Municipal 2010 (SIDRA/IBGE, 2011). .....	33
<b>Tabela 4:</b> Produção agrícola municipal no ano de 2010. Fonte: EMATER - RJ, 2012. ....	34
<b>Tabela 5:</b> Produção pecuária municipal no ano de 2010. Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (SIDRA/IBGE, 2011). .....	35
<b>Tabela 6:</b> Coordenadas dos pontos monitorados no Projeto de Monitoramento da Qualidade da Água do rio Pirai à montante do túnel de Tócos.....	37
<b>Tabela 7:</b> Horário de realização de amostragem em cada ponto monitorado na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. ....	49
<b>Tabela 8:</b> Variáveis do monitoramento da qualidade da água e respectivos métodos e limites analíticos (limite de quantificação – LQ – e limite de detecção – LD). .....	51
<b>Tabela 9:</b> Parâmetros e pesos relativos ao IQA. ....	54
<b>Tabela 10:</b> Razão N/P nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. ....	66
<b>Tabela 11:</b> Limites de classe de trofia para os resultados de Índice de Estado Trófico (IET) de acordo com Lamparelli (2004). ....	79



<b>Tabela 12:</b> Índice de Estado Trófico (IET) calculado para os seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.....	79
<b>Tabela 13:</b> Limites de classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA) (MINAS GERAIS, 2005).....	80
<b>Tabela 14:</b> Matriz de correlação de <i>Spearman</i> a partir dos parâmetros analisados na primeira campanha de monitoramento do rio Piraí, novembro de 2011.....	84
<b>Tabela 15:</b> Matriz de correlação de <i>Spearman</i> a partir dos parâmetros analisados na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, janeiro de 2012. ....	85



## 1. INTRODUÇÃO

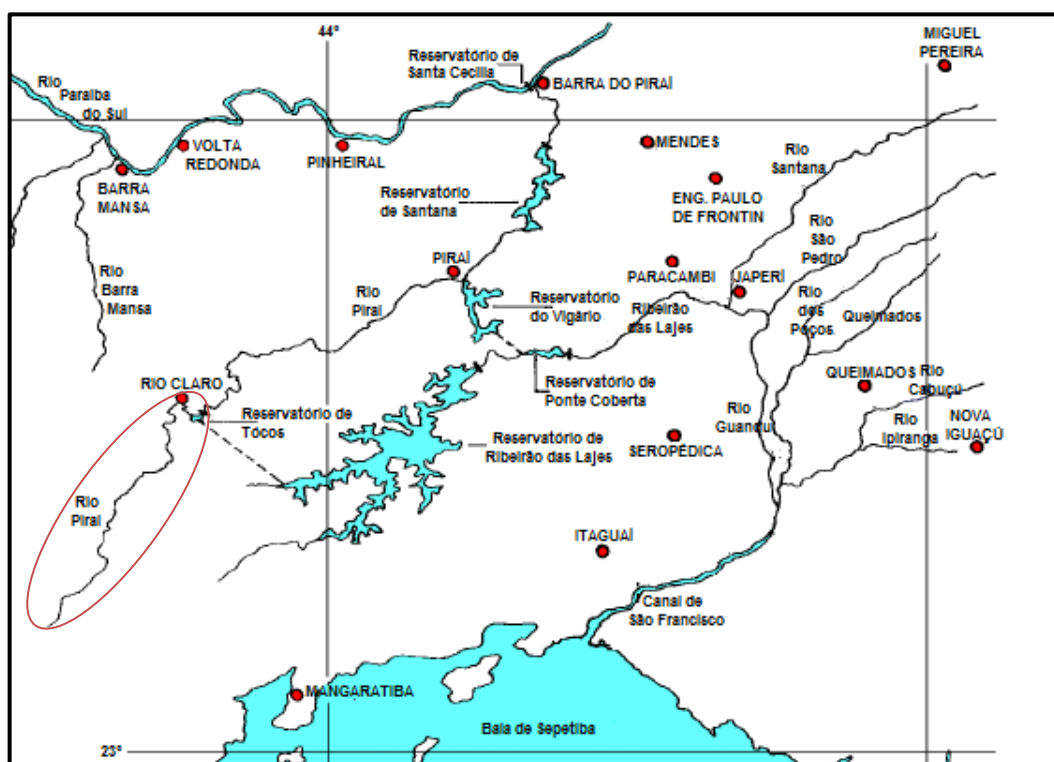
O rio Piraí nasce no distrito de Lídice (município de Rio Claro-RJ) e percorre as cidades de Rio Claro, Piraí e Barra do Piraí até desaguar no rio Paraíba do Sul. Entre seus afluentes cita-se o rio das Pedras, Parado, Braço, Claro e o rio das Canoas. Cabral (2006) menciona que o início do rio Piraí, na Serra do Sinfrônio (município de Lídice-RJ), é discutível, já tendo sido indicada a sua origem a partir do encontro do rio Papudos com o rio Alto da Serra e após o encontro dos rios Papudos, Alto da Serra e rio das Pedras (formado pelos córregos Grande e do Morro), na Fazenda São Sebastião. O curso deste rio teve duas alterações significativas no seu percurso, sendo a primeira, o desvio de suas águas por uma barragem construída em Tócos (município de Rio Claro-RJ) para alimentar a represa de Ribeirão das Lajes; e a segunda, uma inversão do curso do rio seguida da transposição de parte das águas do rio Paraíba do Sul à jusante na cidade de Barra do Piraí-RJ, alterando a foz do rio Piraí (CABRAL, 2006). O trecho desde Lídice (distrito de Rio Claro) até o reservatório de Tócos é objeto de estudo desse projeto.

11

Embora o rio Piraí originalmente deságue no rio Paraíba do Sul, o trecho monitorado no atual estudo corresponde à uma área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Guandu, pois o trecho desviado segue até o Ribeirão das Lajes, que, por sua vez, é um dos formadores do rio Guandu (AGEVAP, 2011).

As águas desviadas do rio Piraí na altura do reservatório de Tócos chegam até o reservatório de Lajes através do túnel de Tócos (**Figura 1**). O reservatório de Tócos integra o Subsistema Lajes, composto pelo reservatório de Lajes e pela Usina Fontes Nova, produtora de energia. O desvio de parte das águas do rio Piraí foi realizado com o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica do reservatório de Lajes, que recebe através do túnel de 8,5 km uma contribuição média de  $12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do rio Piraí (LIGHT, 2011). O reservatório de Lajes, por sua vez, tem importância

estratégica para o município do Rio de Janeiro e seus municípios adjacentes, posto que, além da geração de energia, a reserva hídrica estabelecida pelo setor elétrico pode abastecer a região metropolitana do Rio de Janeiro por cerca de 8 dias em caso de interrupção no bombeamento em Santa Cecília ou acidente no rio Paraíba do Sul (SONDOTÉCNICA/ANA, 2006, GEOPROJETOS, 2007).



12

**Figura 1:** Esquema representativo dos reservatórios hidrelétricos. A elipse vermelha destaca o trecho correspondente ao objeto de estudo deste trabalho (Fonte: ANA/COPPETEC, 2002).

Um dos fatores que impulsiona a realização do presente estudo é a importância das águas do reservatório de Lajes e, por conseguinte do rio Pirai. Parte significativa das águas do reservatório de Lajes chegaram a ser consideradas como de classe especial, devido as ótimas condições de qualidade e de proteção da bacia de drenagem, porém estudos recentes indicam que essa classificação não se manteve com o tempo (SONDOTÉCNICA/ANA, 2006). Dentre os motivos para a citada queda de qualidade estariam a introdução de criação de peixes em tanques-rede,



atividades decorrentes de práticas esportivas com utilização de motor a combustão e descargas de esgotos domésticos, influências antrópicas que chegariam pelo túnel de Tócos. Posto isso, se torna necessário ações para mitigar os impactos destas atividades antrópicas situadas a montante do túnel de desvio do reservatório de Tócos.

O atual projeto busca a caracterização da qualidade da água no trecho do rio Pirai a montante do túnel de Tócos. Essa caracterização possibilitará identificar a qualidade das águas do rio, suas flutuações (ao longo de períodos sazonais) bem como, a presença de fontes poluentes, através da análise de diversos parâmetros químicos e microbiológicos em campanhas de monitoramento, levantamento de dados de atividades realizadas na região de entorno e aplicação de indicadores e índices ambientais.

O presente documento registra e discute os resultados verificados na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, realizadas, respectivamente, nos meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012. Cabe ressaltar que o projeto prevê a realização de dez campanhas de monitoramento, sendo as mesmas distribuídas ao longo de um ano.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este item apresenta breves descrições sobre as variáveis ambientais que serão abordadas neste estudo, citando a importância do monitoramento dos mesmos e auxiliando a fundamentar a discussão dos resultados.

### 2.1. Parametros Físicos, Químicos e Microbiológicos na Avaliação de Águas Ambientais

Tundisi & Mutsumura Tundisi (2008) salientaram que os rios são sistemas de transporte de matéria orgânica e inorgânica e que os padrões de descarga determinariam as propriedades do sistema. As variações estacionais e diurnas dependeriam dos ciclos climatológicos e hidrológicos, que controlariam os processos físicos, químicas e biológicos.

Berner e Berner (1987) e Horne e Goldman (1994 *apud* TUNDISI & MUTSUMURA TUNDISI, 2008) citaram um conjunto de materiais transportado nas águas, como alumínio, ferro, silício, cálcio, potássio, magnésio, sódio e fósforo, dentre a matéria inorgânica dissolvida,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ , como íons dissolvidos principais, nitrogênio, fósforo e silício, como nutrientes dissolvidos, além de matéria orgânica dissolvida e particulada, gases (ex.  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ ) e metais traços (em forma dissolvida ou particulada).

#### 2.1.1. Temperatura da Água

As alterações de temperatura influenciam em diversos processos no meio, caso da solubilidade de gases, como exemplo a diminuição da solubilidade do oxigênio quando há elevação da temperatura, e alterações nos ciclos vitais de peixes, posto que determinadas espécies possuem limitações de temperatura para migração, desova e incubação de ovos (ESTEVEZ, 1998)

Mudanças na temperatura de corpos hídricos por influência antrópica, podem ocorrer devido ao lançamento de efluentes térmicos, como águas quentes utilizadas



na refrigeração de refinarias, centrais elétricas, usinas nucleares, siderúrgicas e indústrias diversas.

### **2.1.2. Oxigênio dissolvido (OD)**

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nos corpos hídricos sofrem variações de acordo com processos químicos e biológicos, como fonte para o meio aquoso cita-se a atmosfera e a fotossíntese, já as perdas se devem ao consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), as perdas para a atmosfera, a respiração de organismos e a oxidação de íons metálicos (ESTEVES, 1998). Chapman & Kimstach (1992) mencionam que concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  ameaçam o funcionamento e a sobrevivência da comunidade biológica e abaixo de  $2 \text{ mg.L}^{-1}$  podem levar à morte da maioria dos peixes .

### **2.1.3. Potencial Hidrogênico (pH)**

O pH é uma variável importante na avaliação da qualidade da água pois é capaz de influenciar diversos processos químicos e biológicos no meio, a variável remete a quantidade de ácido no meio, ambientes com pH 7 são considerados neutros, abaixo ácidos e acima alcalinos. Chapman & Kimstach (1992) comentam que a faixa de pH geralmente encontrada em águas naturais é de 6 a 8,5, mas valores mais baixos podem ser encontrados em águas com elevada concentração de matéria orgânica. Segundo Esteves (1998), a faixa ideal de pH para vida e crescimento dos organismos seria entre 6 e 9. A entrada de ácidos orgânicos e inorgânicos no meio altera os valores de pH e áreas com maior biomassa vegetal tendem a maiores e mais rápidas alterações do pH do meio (PRADO, 2004).

15

### **2.1.4. Condutividade**

O parâmetro condutividade refere-se à presença de substâncias dissolvidas na água que se dissociam em ânions e cátions (sais), podendo indicar indiretamente a concentração de poluentes no meio. Brigante *et al.* (2003) mencionaram valores



entre 10 e 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para condutividade de águas naturais e até 1000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para ambientes poluídos. Salienta-se que para captação de águas para uso industrial é importante que a mesma apresente baixa condutividade.

#### **2.1.5. Turbidez e Cor**

Lenzi *et al* (2009) definem a turbidez da água com o efeito causado pela dispersão da luz num corpo d'água. Em outras palavras, a turbidez corresponde ao grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, entre outros.

O parâmetro cor em um corpo d'água se altera conforme a presença de determinadas substâncias e organismos (como o fitoplâncton, por exemplo) no meio. Essas substâncias e organismos absorvem radiação em determinado comprimento e a soma de absorbâncias define a cor (LENZI *et al*, 2009). CETESB (2011a) salienta que os sólidos dissolvidos na água definem a cor, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico, como os ácidos húmico e fúlvico, dentre os orgânicos, e os óxidos de ferro e manganês e outros metais presentes em efluentes industriais, dentre os inorgânicos.

#### **2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

Chama-se de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) a capacidade da matéria orgânica na água de consumir oxigênio pela ação de microorganismos. Essa decomposição aeróbica tem papel fundamental para devolver os elementos ao meio (BAIRD, 2002). Elevações nas concentrações de matéria orgânica, como por despejos de esgoto doméstico, por exemplo, acarretam em acréscimos nos valores de DBO.



A Demanda Química de Oxigênio (DQO), por sua vez, corresponde a capacidade de consumir o oxigênio não só pela degradação da matéria orgânica, mas também através de reações químicas, em processos mais lentos no meio natural. Logo os valores de DQO são naturalmente mais altos que os de DBO (BAIRD, 2002).

### **2.1.7. Carbono Orgânico Dissolvido (COD)**

O carbono é elemento constituinte de toda a matéria viva e tem um ciclo vital complexo no meio ambiente, de onde é possível destacar o consumo de CO<sub>2</sub> pelas células vegetais e devolução de carbono ao ambiente em processos de respiração e decomposição orgânica. O carbono orgânico dissolvido (COD) nas águas dos rios pode participar de processos de adsorção, reações iônicas ou complexação. As principais fontes de carbono para o meio aquoso são a atmosfera e a biomassa (LENZI *et al.*, 2009), mas o elemento também sofre grande incremento pela poluição.

17

### **2.1.8. Macronutrientes (Série Nitrogenada e Fosforada)**

#### **2.1.8.1. Nitrogênio**

O nitrogênio e o fósforo constituem ferramentas importantes na avaliação de um corpo d'água, por serem elementos essenciais à produção primária e por possibilitarem o acompanhamento de elevações em suas concentrações, indicando, principalmente, a entrada de matéria orgânica no meio (por lançamento de esgoto não tratado, por exemplo), que em altos níveis, resulta em condições de eutrofização dos corpos hídricos.

A série nitrogenada é constituída por diversas formas de nitrogênio presentes no ambiente, neste monitoramento são analisadas as concentrações de nitrogênio amoniacal (íon amônio + ácido conjugado amônia), nitrito, nitrato e nitrogênio orgânico.



Nos corpos hídricos são encontradas diferentes formas de nitrogênio, sendo o nitrogênio orgânico e ureia as principais formas que chegam ao meio através de descargas de esgoto, os mesmos ao atingirem o corpo d'água são degradados (transformados), tendendo à remineralização em ambientes oxidados, através de processos de oxi-redução, aumentando, assim, os níveis de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na coluna d'água. Santiago et al. (2004) destacaram que concentrações altas de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal indicam contaminação por esgoto com fonte próxima. Além do esgoto como fonte antrópica, Baird (2002) menciona o *input* de nitrato em áreas rurais, assim como o escoamento terrígeno e lixiviação de solos levando das terras agrícolas para rios resíduos oxidados de animais junto com nitrato de amônio não absorvido e fertilizantes com outras formas nitrogenadas.

18

Destaca-se que a principal forma de nitrogênio assimilada pelo fitoplâncton são nitrato e nitrogênio amoniacal, a utilização de nitrogênio amoniacal demanda menor gasto de energia pelas células, porém o elemento aparece em baixas concentrações no ambiente, acarretando em uma maior utilização de nitrato. Segundo Santiago et al. (2004) o nitrato em águas naturais aparecem na faixa de 0,1 a 10 mg.L<sup>-1</sup> N, em águas muito poluídas pode chegar a 200 mg.L<sup>-1</sup> N e em águas próximas a áreas com uso intenso de fertilizantes é possível verificar mais de 600 mg.L<sup>-1</sup> N. O nitrito, por sua vez, é um produto intermediário entre nitrogênio amoniacal e nitrato, sendo uma forma instável e encontrada em baixas concentrações no ambiente (ESTEVES, 1998).

#### 2.1.8.2. Fósforo

Já o fósforo (orgânico e inorgânico) tem entre suas fontes naturais, a ação do intemperismo das rochas fosfáticas, o material particulado da atmosfera e a decomposição de organismos de origem alóctone, e entre as antrópicas (majoritariamente em formas inorgânicas), os fertilizantes químicos nos solos, material particulado de origem industrial na atmosfera e os efluentes urbanos

(domésticos ou industriais, principalmente pelos polifosfatos de produtos de limpeza e ortofosfato e fosfatos inorgânicos) (ESTEVES, 1998, OSORIO & OLIVEIRA, 2004 *apud* MARINS *et al.*, 2007).

Esteves (1998) ressalta que todas as formas de fósforo presentes em águas naturais referem-se a fosfatos e que para estudos limnológicos o ortofosfato (P-orto, também referido como fosfato inorgânico dissolvido ou fosfato reativo) tem a maior relevância, visto que constitui a principal forma de fosfato assimilada pelas células vegetais. O autor ainda menciona que os íons de P-orto predominantes em águas continentais (devido ao pH entre 5 e 8) são  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ . No atual monitoramento são analisadas as concentrações de fósforo total e ortofosfato.

#### 2.1.9. Fluoreto

O flúor é um elemento muito reativo, o que faz com que o mesmo não seja encontrado na forma elementar no meio ambiente. Nanni (2008) destacou as fontes de flúor para meio, dentre elas o intemperismo de rochas que contenham o elemento, como fonte natural, e as fábricas de fertilizantes, como fonte antrópica. Devido a essas fontes, as maiores concentrações de fluoreto são reportadas para águas subterrâneas (mais próximas as rochas fonte) e área com indústrias de fertilizantes. Menciona-se também a utilização de flúor em produtos de higiene bucal e nas águas de abastecimento público

19

#### 2.1.10. Fenois e Surfactantes

Os surfactantes são compostos sintéticos utilizados industrialmente na produção de cosméticos, alimentos, corantes, papel e, sobretudo em detergentes e produtos de limpeza (ROMANELLI, 2004). Chegando aos corpos hídricos através de esgoto doméstico e industrial os surfactantes são motivo de grande preocupação pelo sua elevada toxicidade e também pela formação de espumas na água que, além de danos a biota, acarreta em poluição visual do meio. Rocha *et al* (1985) mencionaram



danos a biota e produção pesqueira, posto que os surfactantes confeririam gosto atípico à carne de peixes, reduzindo seu valor comercial, e nas espumas seria possível observar bactérias e fungos patogênicos, além de metais pesados.

### **2.1.11. Metais**

Os metais são objeto de estudo em diversos levantamentos ambientais, devido, principalmente, a preocupação com efeitos tóxicos e com o fato de não serem biodegradáveis, podendo acumular-se no meio e até ao longo da cadeia trófica. O termo metais refere-se à maioria dos elementos da tabela periódica, entretanto, os mesmos apresentam características em comum, como alto ponto de fusão, dureza e boa condutividade, e características distintas, como quanto à solubilidade e aos efeitos em organismos e nos homens. Alguns metais são essenciais ao metabolismo humano, como sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio, outros são tóxicos (mesmo em baixas concentrações), como mercúrio, cádmio, arsênio, estanho e chumbo, e outros, embora passam de essenciais à tóxicos conforme a concentração, caso do zinco, ferro e níquel, por exemplo.

#### **2.1.11.1. Sódio (Na)**

O sódio é um elemento naturalmente abundante, seus sais são altamente solúveis em água (encontrando-se na forma iônica  $\text{Na}^+$ ) e o mesmo está presente em plantas e animais, pois é um elemento ativo para os organismos vivos. É utilizado em processos como refino de petróleo, fabricação de sabões, na metalurgia, produção de remédios, lâmpadas e, principalmente na produção de sal, logo elevações nas concentrações de sódio nos corpos hídricos podem ser associadas a lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais (CETESB, 2011a). Tundisi & Mutsumura Tundisi (2008) citaram como média em águas de rio da América Latina concentrações de sódio de  $3,3 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Na}$ , já Santiago *et al.* (2004) mencionaram uma faixa ampla de sódio para águas doces, de 1 a  $150 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Na}$ . É bastante solúvel em água, SENDO elemento vital as plantas e está presente em fertilizantes

agrícolas (SANTIAGO *et al.*, 2004). De acordo com os mesmos autores as concentrações de potássio nas águas doces oscilam entre 0,1 e 10,0 mg.L<sup>-1</sup> K. Tundisi & Mutsumura Tundisi (2008) mencionaram como concentração média em águas de rios da América Latina, 1,0 mg.L<sup>-1</sup> K.

#### 2.1.11.2. Ferro (Fe)

O metal ferro no ambiente aparece, em geral, combinado ao oxigênio, enxofre e silício formando minérios de ferro de coloração variada (SIENKO, 1977 *apud* LIMA & PEDROZO, 2001). Esse metal é um elemento essencial e está presente na crosta terrestre em altas concentrações. O elemento chega ao meio ambiente de forma natural por processos de intemperismo de rochas e solos que contenham minérios de ferro e de forma antrópica por atividades de mineração, fundição, soldagem, polimentos de metais, pelo uso como antidetonante na gasolina e na composição de fertilizantes (LIMA & PEDROZO, *op. cit.*). CETESB (2009) destaca que concentrações elevadas de ferro podem trazer problemas ao abastecimento público de água, como alterações na cor e sabor da água e manchas em roupas e utensílios, além da possibilidade de desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias.

21

#### 2.1.11.3. Alumínio (Al)

O metal alumínio tem forte presença no nosso cotidiano, sendo utilizado, por exemplo, na produção de bens de consumo, como utensílios de cozinha, latas, janelas, fiações, entre outros, além de sua utilização na indústria de transportes, construção civil e no tratamento de água (sulfato de alumínio). Esse metal pode chegar às águas dos rios por lançamentos de efluente não tratados, seja industrial ou doméstico ou ainda estar presente em maiores concentrações, principalmente em águas subterrâneas, através do intemperismo de rochas. CETESB (2011a) destaca que o mesmo pode ocorrer em diferentes formas na água, sofrendo influência pelo





pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. Acrescentando ainda que este metal apresenta baixa solubilidade quando o pH está entre 5,5 e 6,0, concentrações de Al dissolvido entre 0,001 e 0,05 mg.L<sup>-1</sup> Al em águas com pH neutro e concentrações entre 0,5 e 1 mg.L<sup>-1</sup> Al em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em altas concentrações este metal pode representar malefícios para saúde, aumentando as chances de doenças como de mal de Alzheimer.

#### 2.1.11.4. Manganês (Mn)

Participa de processos vitais no organismo (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981). Abundante na crosta terrestre e rochas, esse metal é utilizado para variados fins industriais, como produção de esmaltes, pilhas, cerâmica, suplementos alimentares, fertilizantes, fungicidas, eletrodos, desinfetantes e, com destaque, na fabricação de ligas, ligas estas utilizadas principalmente na fabricação de aço (MARTINS & LIMA, 2001). WHO (1999 *apud* MARTINS & LIMA, 2001) salientam que em rios o manganês é adsorvido e transportado ligado a partículas suspensas.

#### 2.1.11.5. Zinco (Zn)

O zinco é um metal essencial ao organismo, importante para diversas funções vitais, como o funcionamento de mais de 200 enzimas, estabilização do DNA e transmissão de sinais nervosos, porém quando em concentrações elevadas pode ser prejudicial (IZA, 1997). Este metal pode chegar ao meio ambiente de forma natural, como através de erosão de rochas ou incêndios florestais, ou por meio antropogênico, como resíduos da mineração, da produção de zinco, corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carvão e combustível, remoção e incineração de lixo e uso de fertilizantes e agroquímicos que contenham zinco (ICZ, 2012). Van Assche *et al.* (1996 *apud* IZA, 1997) mencionaram que concentrações naturais de zinco em águas de rios seriam entre 0,005 e 0,040 mg.L<sup>-1</sup> Zn, baseado





em rios de planícies aluviais ricos em nutrientes da Europa, e menores que  $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$ , baseado em rios de regiões montanhosas de formação geológica antiga.

#### 2.1.11.6. Cromo (Cr)

O cromo tem utilidades diversas, como em fundição e siderurgia, fábrica de eletrodos, indústria química, fabricação de pigmentos, cerâmica, borrachas, entre outras (SILVA & PEDROZO, 2001). As fontes para o meio ambiente deste metal seriam: incêndios florestais e erupções vulcânicas, dentre as naturais, e emissões associadas à fabricação ou uso de cimento, soldagens, manufaturas de aços, lâmpadas, lixo urbano e industrial, incineração de lixo, curtumes, preservativos de madeira e fertilizantes, dentre as antrópicas. Em águas superficiais e potáveis as concentrações naturais de cromo são a baixas, cerca de  $0,001$  a  $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$  Cr (SILVA & PEDROZO, *op. cit.*).

#### 2.1.11.7. Bário (Ba)

Segundo Savazzi (2008) o bário pode ser encontrado no meio ambiente por fontes naturais, como pelo intemperismo de rochas baritas ou feldspatos ricos em bário, ou fontes antrópicas, como resíduo de produção de fogos, pigmentos, vidros ou seu uso em defensivos agrícolas ou água de perfuração de poços. Em água naturais a concentração deste metal é variável, de  $0,0007$  até  $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$  Ba e os compostos mais comumente encontrados são o sulfato de bário e o carbonato de bário (SAVAZZI, *op.cit.*). ATSDR (2007) mencionou o bário como prejudicial à saúde, podendo causar aos homens danos gastrointestinais, musculares e até câncer, e ainda citou a acumulação desse metal em peixes e outros organismos.

#### 2.1.11.8. Chumbo (Pb)

As concentrações do chumbo no meio ambiente vem crescendo com a intensificação de seu uso industrial, porém nos dias atuais o chumbo vem sendo



utilizado na fabricação de canos, revestimentos, cabos elétricos, chapas para pias, cisternas e telhados, baterias, entre outros, em detrimento, da utilização na gasolina e em tintas, que tem diminuído (LARINI, 1993). Lenzi *et al.* (2009) destacaram que, pela sua grande utilização no passado, hoje o chumbo é um elemento ubíquo no ambiente e citou concentrações do metal em grandes rios americanos entre 0 e 0,055 mg.L<sup>-1</sup> Pb, com média de 0,004 mg.L<sup>-1</sup> Pb, afirmando ainda que as concentrações em águas não poluídas seriam em torno de 0,003 mg.L<sup>-1</sup> Pb. Salienta-se que o chumbo é um metal pesado e possui efeito tóxico a biota, WHO (1989) mencionou que a captação deste metal pelos organismos é influenciada por características da água, como pH, temperatura, salinidade e presença de ácidos húmicos.

#### 2.1.11.9. Cobre (Cu)

O metal cobre é utilizado por diversos ramos da indústria, como elétrica e eletrônica, itens de construção civil, em equipamentos de transporte, ar condicionado e refrigeração, equipamentos de engenharia, utensílios domésticos, entre outros, o que contribui para fontes antrópicas do metal para o meio ambiente, além das atividades de mineração e fundição, da queima do carvão, incineradores municipais, agricultura e esgoto doméstico (WHO, 1998 *apud* PEDROZO & LIMA, 2001). Mas além da utilização pelo homem, deve-se considerar as fontes naturais, posto que o cobre está presente na crosta terrestre, sendo liberado em processos de erosão e lixiviação que liberam o metal para o ar, solo e águas superficiais (PEDROZO & LIMA, 2001). Segundo estudos realizados nos Estados Unidos, as concentrações do metal em águas superficiais seriam entre 0,0005 e 1 mg.L<sup>-1</sup> Cu, com média de 0,01 mg.L<sup>-1</sup> Cu (CETESB, 2011b).

#### 2.1.11.10. Níquel (Ni)

O metal níquel pode ser tóxico para vegetais e organismos aquáticos, dependendo de fatores como pH e oxigênio na água e variando o efeito conforme a concentração

(eg. tóxico para plantas em concentrações de  $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$  Ni, altera a reprodução de crustáceos de água doce quando acima de  $0,095 \text{ mg.L}^{-1}$  Ni e prejudicial a reprodução de pequenos peixes de água doce quando acima de  $0,73 \text{ mg.L}^{-1}$  Ni), além da capacidade de afetar o sistema respiratório e o coração de humanos (ROEKENS, 1988; MARQUES, 1993 *apud* FURTADO, 2007). Como fonte deste metal para o meio aquoso cita-se erosão dos solos e rochas, lixo municipal e efluentes industriais, destacando que quando no rio, o níquel é transportado com partículas precipitadas com material orgânico (CETESB, 2011c). Cabe acrescentar que as concentrações naturais de níquel na água doce variam de  $0,002$  a  $0,010 \text{ mg.L}^{-1}$  Ni (CETESB, 2011c).

#### 2.1.11.11. Cádmió (*Cd*)

O metal **cádmió** é um metal pesado, relativamente raro, não encontrado em estado puro na natureza, mas, em geral, associado a sulfetos de minérios de zinco, cobre e chumbo. Este metal demanda atenção pela capacidade de bioacumulação em plantas aquáticas, invertebrados, peixes e mamíferos (CETESB, 2010). Cabe acrescentar que a maior parte do cádmio produzido é como subproduto da fusão de zinco e dentre suas fontes antrópicas para o meio cita-se indústrias (como pelo uso em pigmentos para plástico, dispositivos fotovoltaicos, baterias de níquel e cádmio e monitores de TV), queima de carvão e lixo, que contenha material com cádmio, e uso na agricultura de fertilizantes de fosfato com Cd iônico (BAIRD, 2002). O metal é encontrado em baixas concentrações em águas doces, geralmente inferiores a  $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$  Cd (CETESB, *op. cit.*).

#### 2.1.11.12. Mercúrio (*Hg*)

O mercúrio é um metal de elevada toxicidade e persistência, apresentando inclusive potencial de biomagnificação ao longo da cadeia trófica (UNEP, 2002 *apud* LACERDA & MALM, 2008). A principal fonte antrópica deste metal no país é o



garimpo (na extração de ouro), mas o mesmo também já foi bastante utilizado na fabricação de cloro e soda cáustica, além da presença em compostos fungicidas e herbicidas (estes proibidos nos dias atuais). Em resumo tem utilização em indústrias, mineração e garimpos e pode chegar a atmosfera, e em sequência nos corpos hídricos, após a queima de materiais fósseis (como carvão e petróleo) e não fósseis (como lenha, material orgânico, lixo, florestas) (LENZI *et al.*, 2009). A concentração deste metal em águas não poluídas é baixa, entre 10 e 100 ng.L<sup>-1</sup> Hg, enquanto para rios brasileiros de áreas de garimpo já foram reportadas concentrações de 100 a 8600 ng.L<sup>-1</sup> Hg (LENZI *et al.*, *op. cit.*).

#### 2.1.12. Coliformes totais, *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*

Os coliformes totais são um grupo de bactérias gram-negativas que podem ser aeróbicas ou anaeróbicas, que fermentam lactose, produzindo ácido e gás à 35/37°C. Enquanto os coliformes fecais (ou termotolerantes) são um subgrupo de coliformes que suportam temperatura superior à 40°C e são excretados nas fezes de animais de sangue quente, indicando indiretamente poluição recente por fezes de humanos, mamíferos em geral e pássaros (SOUZA *et al.*, 1983; VARNAM & SUTHERLAND, 1994 *apud* SANT'ANA *et al.*, 2003). No entanto, somente a *Escherichia coli*, bactéria pertencente a este grupo, seria de origem exclusivamente fecal, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenha recebido contaminação fecal, os demais termotolerantes podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição, podendo ser encontrados igualmente em águas de regiões tropicais ou sub-tropicais, sem qualquer poluição evidente por material de origem fecal. No homem, quando fora do intestino, a *E. coli* pode causar doenças, principalmente referentes ao trato urinário.



*Clostridium perfringens* é uma bactéria que também indica contaminação fecal, mas difere da *E. coli* e outros coliformes pela sua maior resistência, mantendo-se como organismo indicador em ambientes em que não se encontre mais outras bactérias. A *C. perfringens* é uma bactéria anaeróbia em forma de bastonete, gram positiva, esporogênica, sulfito redutora, com ampla distribuição na natureza e integrante da microbiota intestinal normal do homem e de animais (HATHEWAY *et al*, 1980 *apud* JUNQUEIRA *et. al*, 2006). No intestino as mesmas produzem esporos, que após eliminados nas fezes podem chegar aos corpos d'água, meio em que apresentam grande longevidade e resistência a condições ambientais desfavoráveis. Destaca-se que essas bactérias causam doenças intestinais e são resistentes aos tratamentos convencionais de água (JUNQUEIRA *et. al*, 2006).



### 3. OBJETIVO

O Projeto de Monitoramento da Qualidade da Água do rio Pirai à montante do túnel de Tócos, na Região Hidrográfica II – Guandu o qual está sendo realizado por solicitação da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul ( AGEVAP) - Comitê Guandu (CBHG), e executado pela SEA PROJECTS, tem por objetivo geral expandir e aprofundar o nível de conhecimento sobre a qualidade da água do rio Pirai a montante do túnel de Tócos, buscando identificar fontes poluidoras e propor soluções hierarquizadas para a mitigação dos potenciais impactos negativos identificados na área do estudo em questão.



#### 4. ÁREA DE ESTUDO

O trecho monitorado por este estudo está inserido no município de em Rio Claro., o qual está localizado ao sul do estado do Rio de Janeiro, fazendo fronteira com os municípios fluminenses de Angra, Mangaratiba, Itaguaí, Piraí, Volta Redonda, Barra Mansa e o município paulista de Bananal. Rio Claro já teve outros nomes e passou por processos de emancipação e junção com outras áreas até constituir o território atual, no qual estão inclusos os distritos de Rio Claro (sede), Getulândia, Passa Três, São João Marcos e Lídice (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO, 2011). O território atual do município corresponde a 841 km<sup>2</sup> e sua população residente é de 17.425 habitantes, sendo cerca de 79% de população urbana e 21% de população rural (IBGE, 2011).

De acordo com Geoprojetos (2007) a região de Rio Claro e seu entorno tem altitude média 390 m, com um clima tropical de altitude, caracterizado por verões quentes, com estação seca reduzida e temperatura média anual de 21,5°C. O período de menores volumes de chuva na área seria de abril a setembro, com destaque para os meses de junho e julho (SNIRH, 2011) (**Figura 2**). O menor volume de chuvas reflete na vazão do rio Piraí, objeto de estudo desse projeto, que de acordo com medições à montante do túnel de Tócos levantadas pela Light entre os anos de 1931 a 2006, teria vazão média de 13,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, ressaltando que ao longo do período ocorreram grandes oscilações e que os meses de agosto e setembro apresentaram as menores vazões, com médias de 6,1 e 6,4 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 1). (GEOPROJETOS, *op. cit.*)

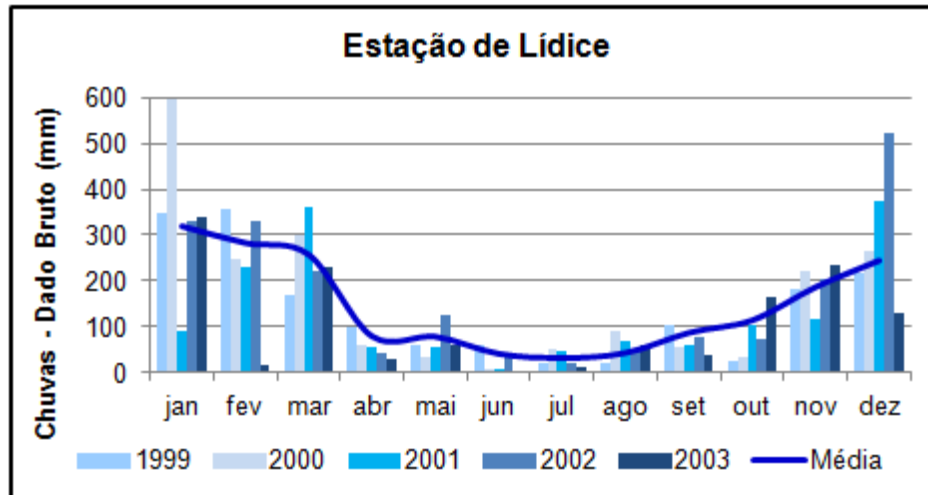


Figura 2: Volume de chuva (mm) na estação de monitoramento em Lídice (Fonte: SNIRH, 2011).

Tabela 1: Vazões naturais médias mensais do rio Pirai ( $m^3.s^{-1}$ ) entre os anos de 1931 e 2006 (GEOPROJETOS, 2007).

VAZÕES	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
máxima	61,0	76,5	54,9	36,3	24,6	15,9	11,7	10,5	14,9	14,3	28,8	35,6	13,5
média	22,8	24,0	22,0	17,2	12,0	8,6	7,1	6,1	6,4	7,5	11,4	17,2	
mínima	6,6	5,3	8,0	8,7	6,2	5,3	4,4	3,7	2,9	3,2	4,7	4,8	

30

Quanto à economia do município, após o início da colonização da região, a agricultura começou a surgir com o cultivo de produtos de subsistência e cana de açúcar na área que hoje corresponde a cidade de Rio Claro. Durante a maior parte do século XIX a região teve sua economia baseada na produção de café, porém, no final do mesmo século, com o declínio da economia cafeeira na região do Vale do Paraíba, as atividades voltaram-se para pecuária e horticultura (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO, 2011).

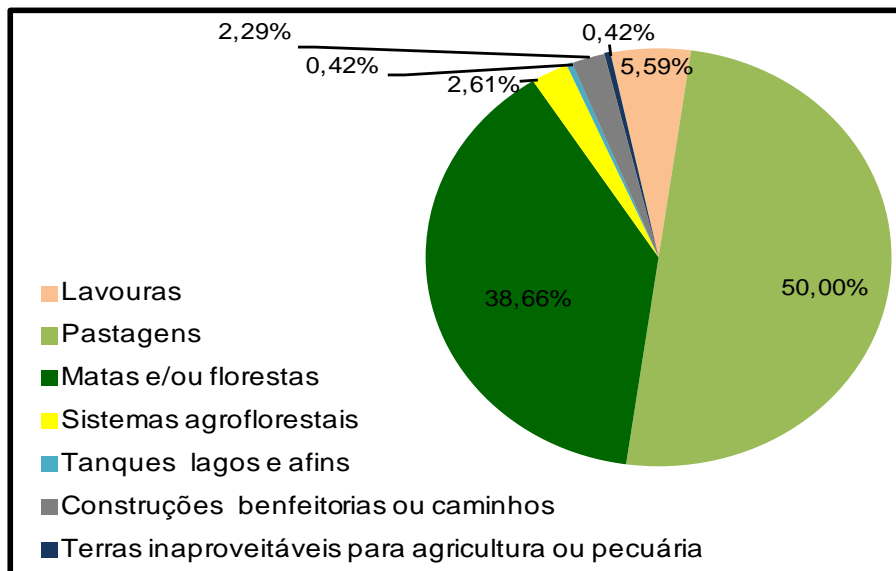
O censo agropecuário de 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) levantou os estabelecimentos dedicados a agropecuária na área e como se distribuem as áreas rurais do município. A Tabela 2 apresenta os dados por tipo de área e a Figura 3 condensa em um número menor de categorias, em ambas fica evidente a presença da pecuária no município, ocupando 50 % da área rural com



pastagens naturais ou plantadas. As áreas de matas e/ou florestas também representam um percentual alto, com 38,66 % do total. Uma observação importante é que a maior contribuição das áreas de lavoura é de forrageiras para corte, o que volta a remeter a criação de animais no município.

**Tabela 2:** Unidades e áreas dos estabelecimentos na Agropecuária no município de Rio Claro – RJ, no ano de 2006. Fonte: Censo Agropecuário 2006 (SIDRA/IBGE, 2011).

Descrição	Unidade	Área (Hectare)
Total	622	53161
Lavouras - permanentes	127	432
Lavouras - temporárias	143	448
Lavouras - área plantada com forrageiras para corte	214	2055
Lavouras - área para cultivo de flores (inclusive hidroponia e plasticultura), viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação	1	-
Pastagens - naturais	225	10059
Pastagens - plantadas degradadas	20	850
Pastagens - plantadas em boas condições	254	15356
Matas e/ou florestas - naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	96	8540
Matas e/ou florestas - naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais)	244	11768
Matas e/ou florestas - florestas plantadas com essências florestais	2	-
Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastejo por animais	19	1369
Tanques lagos açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura	87	219
Construções benfeitorias ou caminhos	492	1205
Terras degradadas (erodidas desertificadas salinizadas etc.)	3	9
Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos areais pedreiras etc.)	54	221



**Figura 3:** Distribuição das áreas rurais do município de Rio Claro – RJ no ano de 2006. Adaptado do Censo Agropecuário 2006 (SIDRA/IBGE, 2011).

32

Dados mais atuais permitem observar a que tipo de produção se dedicam a agricultura e a pecuária no município de Rio Claro. O produto com maior valor de produção na região para o ano de 2011 foi a banana, com 1.498.000 reais, já entre os produtos denominados como de lavoura temporária se destaca a cana-de-açúcar, com valor de produção em 2011 de 480.000 reais, produto de produção tradicional na área. Observando as áreas que as produções ocupam verifica-se que o cultivo de banana, responsável pela maior renda, também representou a maior área plantada (com 360 ha). Dentre os produtos de lavoura temporária, os cultivos de feijão (com 200 ha) e milho (com 150 ha) chegam a ocupar maior área que a cana-de-açúcar (com 120 ha) (**Tabela 3**).

Tabela 3: Produção agrícola municipal no ano de 2010. Fonte: Produção Agrícola Municipal 2010 (SIDRA/IBGE, 2011).

Produto	Descrição	Unidade	Valor
<b>Lavoura Temporária</b>			
Cana-de-açúcar	Quantidade produzida	toneladas	9600
	Valor da produção	mil reais	480
	Área plantada	hectares	120
	Área colhida	hectares	120
	Rendimento médio	quilogramas por hectare	80000
Feijão (em grão)	Quantidade produzida	toneladas	200
	Feijão (em grão) - Valor da produção	mil reais	400
	Feijão (em grão) - Área plantada	hectares	200
	Feijão (em grão) - Área colhida	hectares	200
	Feijão (em grão) - Rendimento médio	quilogramas por hectare	1000
Mandioca	Mandioca - Quantidade produzida	toneladas	70
	Mandioca - Valor da produção	mil reais	48
	Mandioca - Área plantada	hectares	7
	Mandioca - Área colhida	hectares	7
	Mandioca - Rendimento médio	quilogramas por hectare	10000
Milho	Milho (em grão) - Quantidade produzida	toneladas	240
	Milho (em grão) - Valor da produção	mil reais	91
	Milho (em grão) - Área plantada	hectares	150
	Milho (em grão) - Área colhida	hectares	150
	Milho (em grão) - Rendimento médio	quilogramas por hectare	1600
Tomate	Tomate - Quantidade produzida	toneladas	90
	Tomate - Valor da produção	mil reais	54
	Tomate - Área plantada	hectares	2
	Tomate - Área colhida	hectares	2
	Tomate - Rendimento médio	quilogramas por hectare	45000
<b>Lavoura Permanente</b>			
Banana	Banana (cacho) - Quantidade produzida	toneladas	4680
	Banana (cacho) - Valor da produção	mil reais	1498
	Banana (cacho) - Área plantada	hectares	360
	Banana (cacho) - Área colhida	hectares	360
	Banana (cacho) - Rendimento médio	quilogramas por hectare	13000

Destaca-se que de acordo com dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro (EMATER-RJ) é possível observar outras culturas realizadas na área, como alface, cebolinha, abobrinha, porém, o órgão reitera a maior produção local de banana, milho e feijão (embora alguns números apresentem pequena divergência) (Tabela 4).

**Tabela 4:** Produção agrícola municipal no ano de 2010. Fonte: EMATER - RJ, 2012.

Cultura	Área colhida (ha)	Produção colhida (kg)
Abóbora	1,00	10.000
Abobrinha	4,20	29.800
Agrião	0,70	700
Aipim	1,00	15.000
Alface	9,00	106.000
Banana	360,00	860.000
Berinjela	0,50	13.000
Beterraba	0,10	1.000
Brócolis	1,50	24.500
Cebolinha	4,50	48.000
Couve	8,70	177.600
Couve flor	0,10	2.000
Feijão	81,00	91.000
Inhame	1,00	8.000
Jiló	2,40	35.100
Mandioca	7,40	81.000
Milho	110,00	260.000
Milho verde	18,00	108.000
Palmito	1,10	900
Pepino	0,40	7.000
Pimentão	0,50	12.000
Quiabo	2,30	18.400
Repolho	3,20	92.000
Tangerina	0,20	1.000
Tomate	0,80	21.000
Vagem	0,70	10.700

Na Tabela 5 é possível observar a produção animal no ano de 2010 no município de Rio Claro, onde verifica-se uma grande produção de galináceos (com 3.700.000 cabeças de galos, frangas e pintos e 5.600 cabeças de galinhas), devido a instalação no município de grandes granjas, caso da RICA. O efetivo de bovinos também é alto, com 31.500 cabeças, além das 6.200 cabeças de vacas de ordenho, justificando a grande ocupação do município com áreas de pastagem. Destacam-se também os valores de produção de leite e ovos (de galinha e de codornas).

**Tabela 5:** Produção pecuária municipal no ano de 2010. Fonte: Pesquisa Pecuária Municipal (SIDRA/IBGE, 2011).

Descrição	Unidade	Valor
Bovinos - efetivo dos rebanhos	cabeças	31.500
Eqüinos - efetivo dos rebanhos	cabeças	1.400
Bubalinos - efetivo dos rebanhos	cabeças	40
Asininos - efetivo dos rebanhos	cabeças	15
Muares - efetivo dos rebanhos	cabeças	420
Suínos - efetivo dos rebanhos	cabeças	800
Caprinos - efetivo dos rebanhos	cabeças	200
Ovinos - efetivo dos rebanhos	cabeças	800
Galos, frangas e pintos - efetivo dos rebanhos	cabeças	3.700.000
Galinhas - efetivo dos rebanhos	cabeças	5.600
Coelhos - efetivo dos rebanhos	cabeças	110
Vacas ordenhadas - quantidade	cabeças	6.200
Leite de vaca - produção - quantidade	Mil litros	12.016
Ovos de galinha - produção - quantidade	Mil dúzias	58
Ovos de codorna - produção - quantidade	Mil dúzias	60
Mel de abelha - produção - quantidade	Kg	8.000

Um fato relevante na caracterização de Rio Claro é a gestão ambiental que ocorre em sua área de abrangência, cabendo destacar que o município correspondeu a segunda maior arrecadação de ICMS verde do estado do Rio de Janeiro no ano de 2011 tendo ocorrido o mesmo no ano anterior (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2011).



De acordo com o relatório apresentado pela cidade de Rio Claro ao Governo do Estado do Rio de Janeiro, o município passou a beneficiar-se da Lei Estadual nº 5.100/2007 que incorporou à componente ambiental, um índice calculado em que os municípios com melhores resultados devido a melhor gestão de suas unidades de conservação, qualidade da água de seus mananciais e gestão dos resíduos sólidos recebem maior repasse das verbas oriundas do ICMS. Por conta desses critérios, o município foi pontuado devido a seus mananciais de abastecimento (bacia do Ribeirão das Lajes e do rio Santana e bacia do rio Piraí), a destinação de lixo (em aterro sanitário com vida útil maior que 5 anos e com captação e queima de gases), por não possuir vazadouros e possuir 7 unidades de conservação (APA Alto Piraí, Parque Estadual do Cunhambebe, RPPN Fazenda Simbaíba, RPPN Fazenda Roça Grande, RPPN Fazenda São Benedito, RPPN Reserva Nossa Senhora das Graças e RPPN Sítio Fim da Picada). O repasse de 2011 para Rio Claro correspondeu a 4.900.000 reais (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2011). O incentivo do estado demonstra a importância que deve ser dada a gestão ambiental e os dados apresentados pelo município apontam para a manutenção na região de áreas voltadas para conservação e destacam a presença de importantes bacias naquela área.

36

#### 4.1. MALHA AMOSTRAL

A malha amostral do presente estudo compreende cinco pontos distribuídos ao longo do rio Piraí, desde o distrito de Lídice até o reservatório de Tócos, e um ponto controle, localizado no rio do Braço (**Tabela 6**).

##### 4.1.1. Ponto Controle

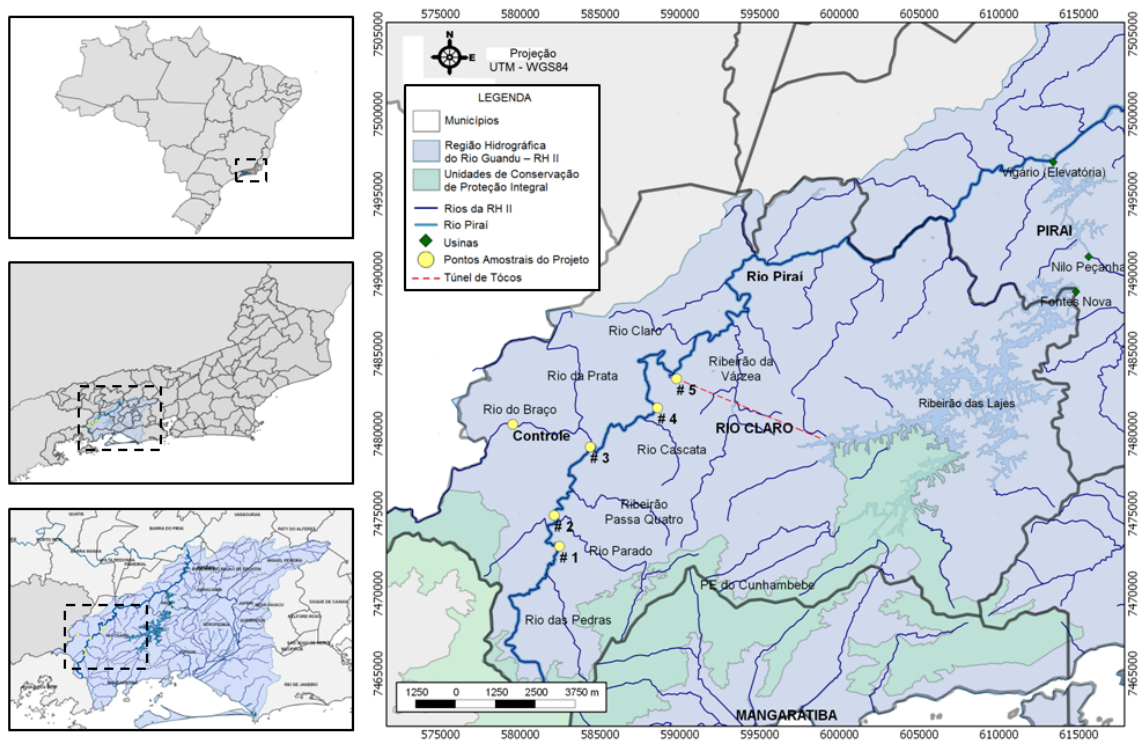
O ponto controle permitirá a comparação dos resultados encontrados ao longo do rio Piraí com valores próximos a características naturais. Tal ponto localiza-se em um trecho no alto curso do rio e que corre ao lado de uma Reserva Particular do

Patrimônio Natural (RPPN), o que auxilia na manutenção de características naturais do rio. O rio do Braço, afluente do rio Piraí, possui águas mais limpas e características hidrológicas similares, salientando-se que o mesmo localiza-se próximo ao rio Piraí, em uma área com maior manutenção de características de áreas conservadas, como por exemplo, número pequeno de estabelecimentos e domicílios nas suas margens e vegetação vasta e densa. À montante do rio do Braço há uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) instalada, chamada de PCH Braço, cujos levantamentos de dados podem fomentar a base de dados do presente estudo.

**Tabela 6:** Coordenadas dos pontos monitorados no Projeto de Monitoramento da Qualidade da Água do rio Piraí à montante do túnel de Tócos.

Ponto	Coordenadas (m)*	
	X	Y
# 1	582525	7472987
# 2	582198	7474922
# 3	584452	7479203
# 4	588669	7481648
# 5	589865	7483467
Controle	579599	7480615

\*Projeção UTM - WGS84 Zona 23



38

**Figura 4:** Mapa de distribuição dos pontos amostrais do Projeto de Monitoramento da Qualidade da Água do rio Piraí à montante do túnel de Tócos.

#### 4.1.2. Ponto # 1

O ponto # 1 está localizado em Lídice, sendo o ponto mais próximo do início do rio Piraí, chegando a ser referido como rio das Pedras pela população local,. Neste trecho, o rio é estreito, com cerca de 4 m de largura e 1,3 m de profundidade apresentando em geral menor velocidade do fluxo de suas águas, considerando seu ponto a jusante . O ponto monitorado localiza-se sob uma ponte que dá acesso a área de granjas. O rio passa próximo a estrada, porém trata-se de uma área com poucas construções no entorno e vegetação de porte baixo, médio e alto, principalmente na lateral oposta a estrada. Em ambas as margens, à jusante e à montante do ponto, há vegetação natural (**Figura 5**).





**Figura 5:** Ponto #1 – A – Acesso à ponte pela estrada; B – Sensores no corpo hídrico; C - Rio a montante do ponto; D – Rio a jusante do ponto; E – Vegetação na área de entorno.

#### 4.1.3. Ponto # 2

O ponto # 2 (**Figura 6**) está localizado no centro de Lídice, sob uma ponte, que dá acesso a estação ferroviária. Neste trecho a profundidade é de aproximadamente de 1,1 m e a largura de 9 m , apresentando baixa velocidade do fluxo de suas águas. No entorno do respectivo trecho do rio, a presença de mata ciliar, se contrapõe a influência da área urbana, como, residências, algumas lojas comerciais e o trânsito de veículos sobre a ponte é relativamente contínuo, embora não intenso. Sinais de impacto antrópico na área, estenderam-se a observação de carcaça de animais em suas águas, bem como, o lançamento de efluentes, domésticos.







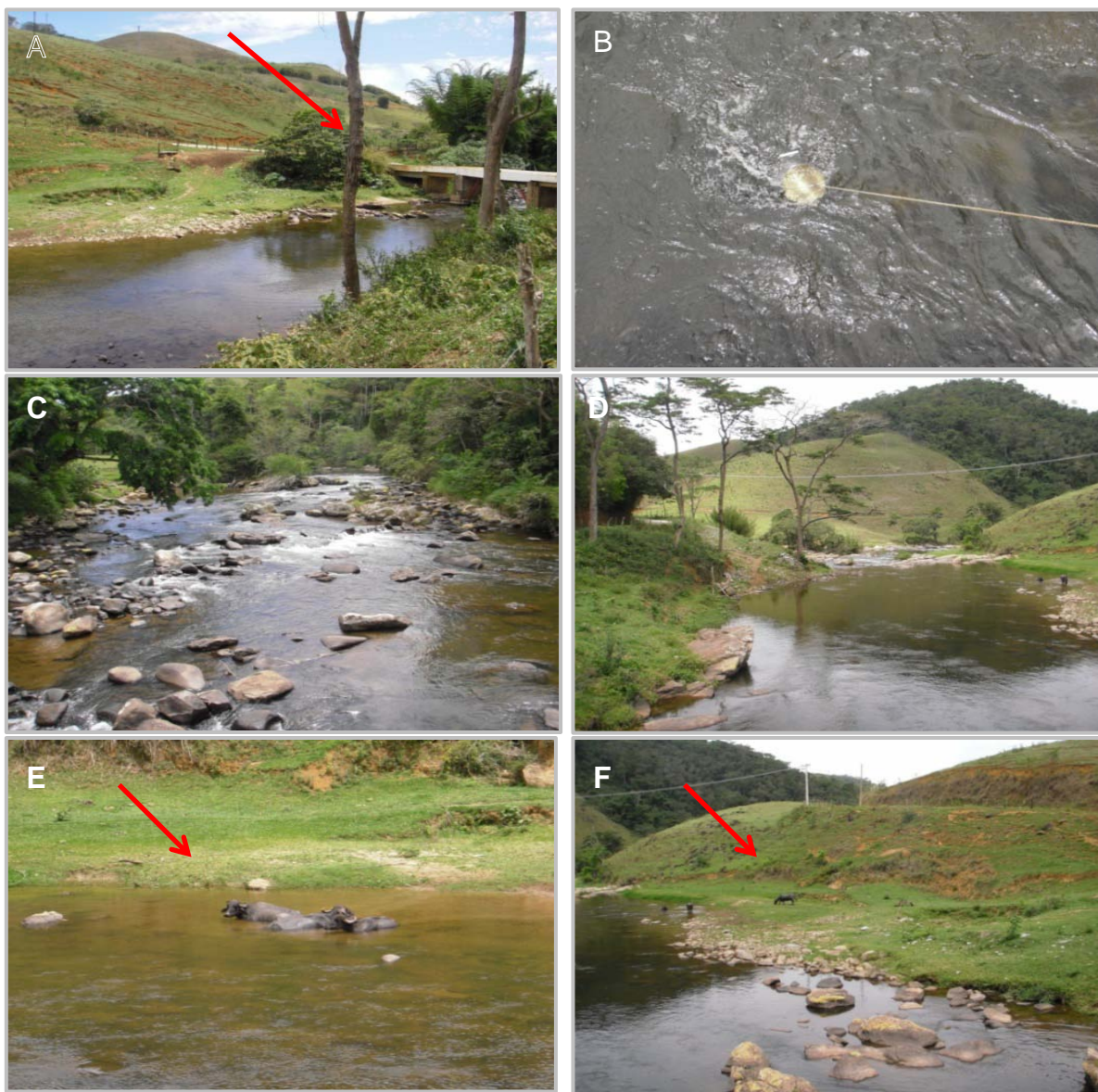
**Figura 6:** Ponto # 2– A – Ponte de acesso a Estação Ferroviária de Lídice; B – Coleta de Água (no detalhe os restos de animais); C e D – Vista a montante da ponte; D, G e H – Vista a jusante da ponte; I e J– Detalhe do lançamento de um efluente no Rio Pirai, sendo o registro I referente a primeira campanha de monitoramento e o J referente a segunda campanha.

#### 4.1.4. Ponto # 3

O ponto #3 (**Figura 7**), localizado sob uma ponte na saída da estrada principal de acesso a Lídice , seguindo na direção do rio do Braço (Fig.07). O rio neste trecho tem aproximadamente 8 m de largura e 2,10 m de profundidade. As margens próximas a essa área são cercadas, limitadas por propriedade particular, onde há criação de gado, tendo sido observada a presença de animais às margens do rio Pirai. O trecho a montante apresenta relativamente maior energia (correnteza), onde



verifica-se maior presença de rochas, e, em seguida torna-se mais largo e com águas mais calmas. Adiante do ponto está localizado o encontro do rio Pirai com o rio do Braço, afluente este de águas pouco antropizadas. A vegetação no entorno é composta principalmente por pastagem, com alguns exemplares de árvores de alto porte.





**Figura 7:** Ponto # 3 – A – Ponte sobre o rio Piraí; B – Coleta de água, C e D – vista a montante e a jusante, respectivamente; E – Animais nas águas do rio Piraí; F – Animais pastando nas margens do rio Piraí; G- Encontro do rio do Braço com o rio Piraí.

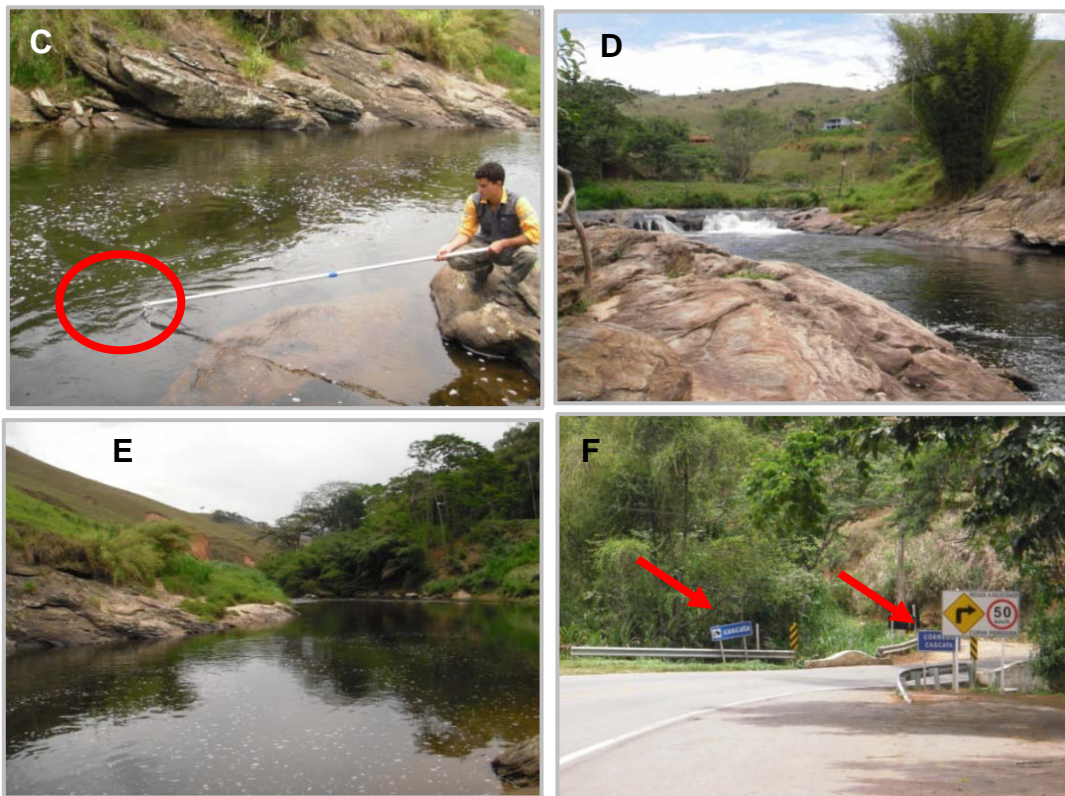
#### 4.1.5. Ponto # 4

O trecho do rio monitorado como ponto #4 (**Figura 8**) localiza-se próximo a estrada principal (Rodovia Engenheiro Francisco Saturnino Braga), havendo um posto de gasolina instalado em sua margem direita. A distância entre as margens do rio é de aproximadamente 6 m e a profundidade, de 2,7 m. aproximadamente. Entre as características deste trecho de rio cita-se: rochas nas margens, o deságue do rio Cascata a pouco metros à montante do ponto e a presença de pescadores. À montante do ponto de coleta há uma pequena queda, que causa oxigenação na água, logo em seguida o rio segue com menor velocidade.

43







44

**Figura 8:** Ponto # 4 – A – Posto de Gasolina Cascata, visto da estrada, referência do local a ser amostrado; B – Instalações do Posto de Gasolina, vistas do rio; C – Medição de parâmetros *in situ* no rio; D - Vista do rio Pirai a montante do ponto #4 ; E – Vista do rio Pirai a jusante do ponto #4; F – Placas de sinalização do rio Cascata, no trecho em que deságua no rio Pirai.

#### 4.1.6. Ponto # 5

O ponto # 5 (**Figura 9**) tem a intenção de representar a qualidade da água do Reservatório de Tócos, que consiste na água anterior a chegada ao Túnel de Tócos, que leva as mesmas até o Reservatório de Lajes. O acesso ao ponto é possível pela estrada de terra indicada na rodovia principal por uma placa “Barragem de Tócos”, a coleta é realizada no trecho do rio anterior ao estreitamento do mesmo que segue até as instalações da barragem. No ponto de coleta a largura do rio aproximadamente 5 m e a profundidade de 1,6 m, o trecho é de baixa energia. O rio corre em uma área mais baixa, com áreas planas anexas as suas margens, que logo

dão lugar a formas de relevo mais acentuadas. A área de entorno do reservatório é pouco alterada, com presença de vegetação nativa, que entretanto, em certo trecho observou-se, animais e áreas de pastagens de gado.







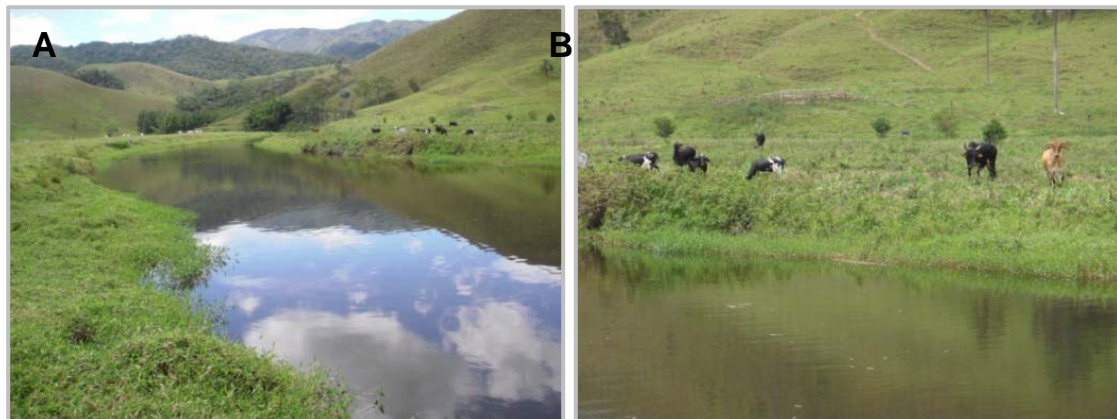
**Figura 9:** A – Barragem do Túnel de Tócos; B – Medição de parâmetros in situ no rio; C - Vista do rio Pirai a montante do ponto; D – Vista do rio Pirai a jusante do ponto, E – Trecho estreito do rio a montante do ponto de coleta. F – Vegetação no entorno do ponto #5.

46

#### 4.1.7. Ponto Controle

O ponto controle (**Figura 11**) localiza-se no rio do Braço, afluente do rio Pirai, na definição do ponto procurou-se subir o rio, com o objetivo de uma representação mais próxima das características naturais do corpo hídrico. Ao longo do trajeto do rio foi possível observar áreas menos antropofizadas comparadas ao trajeto do rio Pirai. Neste rio há poucas residências instaladas nas margens, em seu baixo curso, principalmente, verifica-se áreas de pastagem (**Figura 10**) e a vegetação natural se torna cada vez mais densa em direção a montante. Destaca-se que na altura do ponto de amostragem há ainda menos construções e está instalada uma RPPN (denominada Reserva Nossa Senhora das Graças). O rio neste trecho é raso (em torno de 1,7 m) e com distância entre as margens de cerca de 4 m. Um pouco acima do ponto deságua um riacho, vindo do interior da RPPN.





**Figura 10:** A e B – Baixo curso do rio do Braço, com pastagem nas margens.





**Figura 11:** A – Ponte sobre o rio do Braço onde localiza-se o ponto amostral; B – Vista do rio do Braço a montante do ponto controle; B – Vista do rio do Braço a jusante do ponto controle; C – Entrada da Reserva Nossa Senhora das Graças; D – Placa da RPPN; F – Riacho em frente a entrada da RPPN que deságua no rio do Braço; G – Instalações da RPPN.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS:

A primeira campanha de caracterização da qualidade da água foi realizada no dia 29 de novembro de 2011, um dia de chuva fraca pela manhã e céu encoberto (8/8) durante a primeira metade da campanha e parcialmente encoberto (4/8) no período restante. Enquanto a segunda campanha ocorreu no dia 05 de janeiro de 2012, dia de sol, com céu com poucas nuvens (2/8), porém destaca-se dias de chuvas fortes no início da mesma semana. A **Tabela 7** apresenta os horários de amostragem em cada ponto para cada campanha.

**Tabela 7:** Horário de realização de amostragem em cada ponto monitorado na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

Campanha	Parâmetros	Ponto					
		#1	#2	#3	#4	#5	Controle
Nov/11	Hora Inicial	16:10	15:40	13:50	12:20	11:35	14:45
	Hora Final	16:30	16:00	14:20	12:55	12:00	15:05
Jan/12	Hora Inicial	11:50	12:25	14:25	13:06	16:24	15:04
	Hora Final	12:05	12:45	14:50	13:23	16:46	15:30

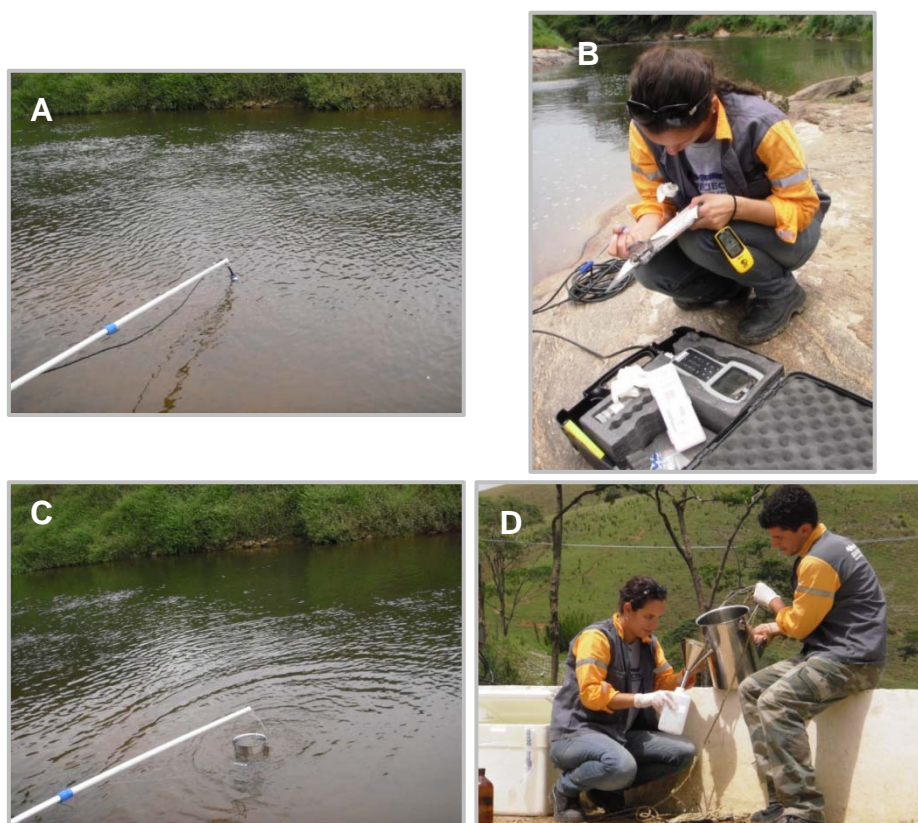
49

Em campo foram mensurados parâmetros físico-químicos com a utilização de uma sonda multiparâmetros da marca YSI modelo 556 MPS (Multi Probe System). Os parâmetros analisados *in situ* foram temperatura, pH, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido. Os sensores da sonda foram dispostos afastados das margens, buscando uma melhor representação do corpo hídrico.

Em seguida, coletou-se água para análise de diversos parâmetros em laboratório. Optou-se pela utilização de um amostrador de inox para a coleta de água, de acordo com o ponto o mesmo era acoplado a um cabo extensível, para que a coleta ocorresse a partir da margem, ou lançando com cabo, em pontos sob pontes. Após coletada a água foi acondicionada em frascaria específica para cada análise (podendo conter reagentes de acordo com o parâmetro) e, em seguida, refrigerada. Terminada a campanha, os frascos seguiram para o laboratório ECOLABOR para a



realização das análises em tempo hábil, como previsto na legislação adotada como referência (CONAMA 357 de 17 de março de 2005).



**Figura 12:** Sequência de método de coleta – A - sonda multiparâmetros na água (acoplada ao cabo extensor para que a medição não fosse próxima a margem); B - Registro em planilha de campo dos dados medidos *in situ*; C - Coleta de água com auxílio do cabo extensível; D – Acondicionamento da água coletada em frasco, com o auxílio de um funil em inox.

Menciona-se que os parâmetros analisados em laboratório para as duas campanhas realizadas corresponderam a: cor, turbidez, DBO (demanda bioquímica de oxigênio com método de incubação a 20 graus Celsius durante 5 dias), DQO (demanda química de oxigênio), carbono orgânico dissolvido, fósforo total, ortofosfato dissolvido, série nitrogenada (nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, nitrogênio orgânico), sódio, potássio, fluoreto, fenóis, surfactantes, alumínio, bário, cádmio, cromo, chumbo, zinco, cobre, ferro, manganês, mercúrio, níquel, coliformes totais, coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) e *Clostridium perfringens*.

A **Tabela 8** apresenta as variáveis utilizadas para avaliação da qualidade da água, seus respectivos métodos de determinação e os limites de detecção de quantificação.

**Tabela 8:** Variáveis do monitoramento da qualidade da água e respectivos métodos e limites analíticos (limite de quantificação – LQ – e limite de detecção – LD).

Variável	Método analítico	LQ	LD	Unidade
Cor	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 2120B.	4	1	mg.L <sup>-1</sup> Pt
Turbidez	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 2130 B	0,6	0,2	UNT
DBO	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 5210 B	2	1	mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>
DQO	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 5220 C	22	7	mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>
COD	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 5310A e 5310 B	1,0	0,5	mg.L <sup>-1</sup>
Fósforo Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 4500-P	0,016	0,005	mg.L <sup>-1</sup>
Ortofósforo	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 4500-P E	0,007	0,002	mg.L <sup>-1</sup> P
Nitrato	USEPA - Método 300.1, 1997	0,008	0,003	mg.L <sup>-1</sup> N
Nitrito	USEPA - Método 300.1, 1997	0,004	0,001	mg.L <sup>-1</sup> N
Nitrogênio Amoniacal	SMEWW 21ª Ed. - Método(s):4500 NH <sub>3</sub> F	0,023	0,007	mg.L <sup>-1</sup> N
Nitrogênio Orgânico	SMEWW 21ª Ed. - Método(s):4500 N org.	0,18	0,06	mg.L <sup>-1</sup> N
Sódio	SMEWW 21ª Ed - Método 3030 F e 3120 B.	0,5	0,2	mg.L <sup>-1</sup> Na
Potássio	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,065	0,031	mg.L <sup>-1</sup> K
Fluoreto	USEPA - Método(s): 300.1/1997.	0,0140	0,004	mg.L <sup>-1</sup> F
Fenóis Totais (baixa conc.)	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 5530C D	0,003	0,001	mg.L <sup>-1</sup> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Surfactantes Aniônicos	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 5540C	0,011	0,003	mg.L <sup>-1</sup> LAS
Alumínio Dissolvido	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,033	0,10	mg.L <sup>-1</sup> Al
Bário Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,0008	0,0002	mg.L <sup>-1</sup> Ba
Cádmio Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,0005	0,0002	mg.L <sup>-1</sup> Cd
Cromo Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,0008	0,0002	mg.L <sup>-1</sup> Cr
Chumbo Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,0014	0,0004	mg.L <sup>-1</sup> Pb
Zinco Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,007	0,002	mg.L <sup>-1</sup> Zn
Cobre Dissolvido	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,0015	0,0005	mg.L <sup>-1</sup> Cu
Ferro Dissolvido	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,017	0,006	mg.L <sup>-1</sup> Fe



## MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PIRAI À MONTANTE DE TÓCOS, NA REGIÃO HIDROGRÁFICA II – GUANDU

Variável	Método analítico	LQ	LD	Unidade
Manganês Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,0008	0,0002	mg.L <sup>-1</sup> Mn
Mercúrio Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3112 B	0,0002	0,0001	mg.L <sup>-1</sup> Hg
Níquel Total	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 3030 F e 3120 B	0,0008	0,0002	mg.L <sup>-1</sup> Ni
Coliformes totais	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 9221E	18	-	NMP.100mL <sup>-1</sup>
Coliformes termotolerantes	SMEWW 21ª Ed. - Método(s): 9223E	18	-	NMP.100mL <sup>-1</sup>

\*\*SMEWW- Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 21 edição.

\*USEPA-United States Environmental Protection Agency.

Os dados obtidos foram representados em gráficos de barra. A discussão dos mesmos abordou a distribuição de valores espacialmente e entre as duas campanhas já realizadas. Utilizou-se como valores de referência os limites estipulados pela Resolução CONAMA 357/05, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

52

Para testar a diferença significativa entre os resultados encontrados em cada campanha foi utilizado o teste *U* de *Mann-Whitney* aplicado para dados não paramétricos, comparando dois grupos de variáveis independentes. O teste foi aplicado para cada parâmetro comparando o conjunto das duas amostras (no caso, cada campanha), com nível de significância de 95%, em que  $p < 0,05$  corresponde a diferença significativa. O software STATISTICA 8.0 foi utilizado para a realização dos testes.

Para análise dos dados como um conjunto as ferramentas utilizadas foram aplicação de índices (Índice de Estado Trófico – IET – e Índice de Qualidade de Água – IQA) e análises estatísticas, como a análise de correlação de *Spearman* e análise dos componentes principais (ACP).

Ressalta-se que o IET, índice desenvolvido por Carlson (1977), foi calculado segundo a adaptação de Lamparelli (2004) para rios (ambientes lóticos), pela fórmula abaixo (considerando as concentrações de fósforo total - PT).

$$IET(P) = 10X\left(6 - \left(0,42 - \frac{0,36X(\ln PT)}{\ln 2}\right)\right) - 20$$

O IQA, utilizado conforme Minas Gerais (2005), integra resultados obtidos para de diversos parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e biológicos. Os parâmetros considerados foram temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrato, fosfato, sólidos totais e turbidez. Calculados pela fórmula:

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

onde:

53

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

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100 obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

wi: 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:

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

Sendo “n” correspondente ao número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

E os pesos de cada parâmetro tendo os valores descritos abaixo:



MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PIRAI À  
MONTANTE DE TÓCOS, NA REGIÃO HIDROGRÁFICA II – GUANDU

**Tabela 9:** Parâmetros e pesos relativos ao IQA.

PARÂMETRO	WI
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO (5 dias a 20°C)	0,10
Nitrato	0,10
Fosfato	0,10
Temperatura da água	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

A análise dos componentes principais (ACP) foi aplicada para visualização do conjunto de variáveis de forma sintética, realizada a através do aplicativo PC-ORD 5.0. A análise consiste em um método de ordenação multivariada, baseado em uma matriz de correlação, em que as diversas dimensões de dados são projetadas em duas dimensões, sem haver perda expressiva das informações originais.

Por fim, o software STATISTICA 8.0 foi novamente utilizado para a análise de correlação de *Spearman*, que verifica relações entre dados não paramétricos.





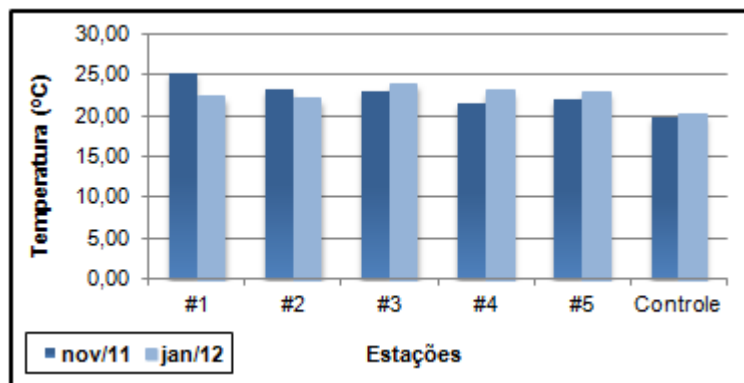
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item apresenta e discute os resultados encontrados na primeira e na segunda campanha de monitoramento de um trecho do rio Piraí, realizadas respectivamente em novembro de 2011 e janeiro de 2012, em períodos de primavera e verão. Os parâmetros mensurados são interpretados buscando inferir a participação dos mesmos nos processos no meio e entender suas variações ao longo do tempo. Destaca-se que a Resolução CONAMA 357/05 será recorrentemente citada ao longo da descrição dos dados, buscando comparar os resultados encontrados com os valores recomendados pela legislação para águas doces.

### 6.1. Temperatura da Água

Em campo foram mensuradas características físicas básicas da água nos seis pontos de monitoramento do presente estudo, como a temperatura. A temperatura da água é reflexo de fatores como clima, altitude, tipo e extensão de mata ciliar e contribuição de águas subterrâneas e efluentes (TUNDISI & MUTSUMURA TUNDISI, 2008).

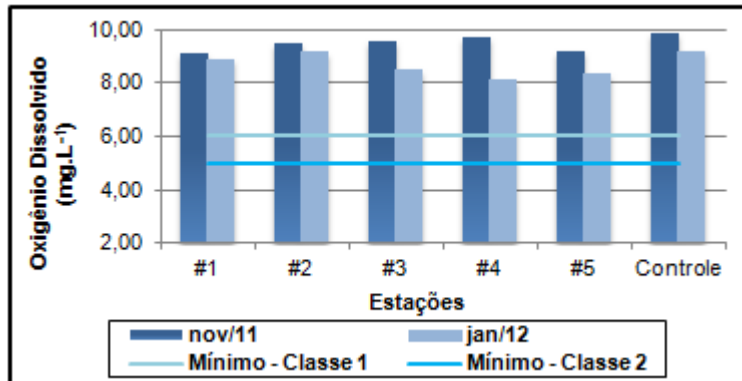
Os valores de temperatura verificados não apresentaram grande oscilação entre os pontos no rio Piraí, já o ponto Controle apresentou temperaturas um pouco menores, comparadas as demais, o que pode estar relacionado com a maior altitude nesse ponto e vegetação mais densa no entorno. Em novembro de 2011 a temperatura variou entre 19,71 °C (Controle) e 25,20 °C (#1), com média de 22,43 °C, e em janeiro de 2012 a variação do parâmetro foi entre 19,97 °C (Controle) e 23,80 °C (#3), com média de 22,27 °C (Figura 13). O teste U de Mann-Whitney não demonstrou diferença significativa entre as duas campanhas ( $p=1,000$ ).



**Figura 13:** Temperatura da água (°C) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

## 6.2. Oxigênio Dissolvido (OD)

Os valores de OD encontrados neste estudo foram elevados, superiores aos mínimos tanto para águas doce classe 1 quanto classe 2 da Resolução CONAMA 357/05, o que remete a ausência de impacto à biota. Na campanha de novembro de 2011 o menor valor de oxigênio encontrado correspondeu a  $9,12 \text{ mg.L}^{-1}$ , no ponto #1, o maior a  $9,90 \text{ mg.L}^{-1}$ , no ponto Controle, e a média foi  $9,49 \text{ mg.L}^{-1}$ . Na campanha de janeiro de 2012 os resultados foram um pouco inferiores, com OD de  $8,10 \text{ mg.L}^{-1}$ , no ponto #4, até  $9,20 \text{ mg.L}^{-1}$ , também no ponto Controle e média de  $8,69 \text{ mg.L}^{-1}$ , o que resultou em diferença significativa entre as campanhas ( $p=0,013$ ) (Figura 14). Os valores mais elevados de OD no ponto Controle podem estar associados tanto as melhores condições ambientais do rio do Braço, quanto aos valores diferenciados de temperatura e pressão (pela maior altitude).



**Figura 14:** Concentrações de oxigênio dissolvido (OD) (mg.L<sup>-1</sup>) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH verificado nas duas campanhas já realizadas remeteram a águas ácidas, com alguns valores inferiores ao mínimo recomendado pela Resolução CONAMA 357/05. O ocorrido pode estar relacionado aos ácidos húmicos, gerados na transformação de resíduos vegetais, como restos de galhos e folhas. Na campanha de novembro de 2011 o menor valor observado de pH correspondeu a 5,35, no ponto #1, já o maior valor foi 6,93, no ponto #2, localizada dentro do centro urbano de Lídice, a média foi 6,10. Já na campanha de janeiro de 2012 os valores foram ligeiramente inferiores, com mínimo de 4,97, novamente no ponto #1, e máximo de 6,46, no ponto #5, já no reservatório de Tócos, a média da campanha foi 5,64 (**Figura 15**). As campanhas não apresentaram resultados significativamente distintos ( $p=0,200$ ).

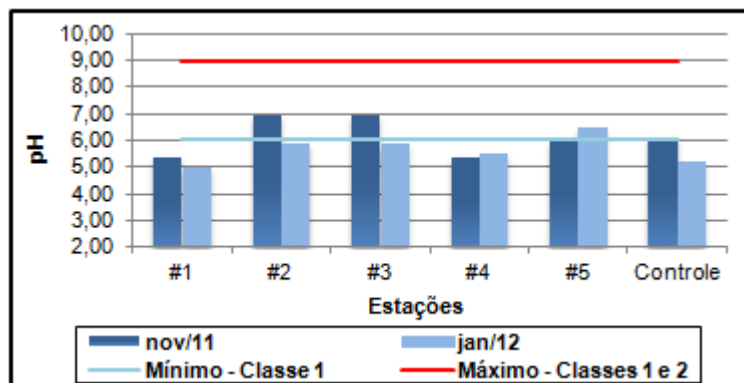


Figura 15: Valores de pH nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.4. Condutividade

Os valores de condutividade das águas do rio Piraí e Braço oscilaram entre os pontos e campanhas, porém mantendo-se baixos, inferidos como de águas naturais. Na campanha de novembro de 2011 os valores foram de  $18 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (#3) a  $47 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (#5), com média de  $32 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a campanha seguinte teve intervalo de  $12 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Controle) a  $60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (#1) e média de  $32 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Os pontos #3 e controle apresentaram baixas condutividades em ambas as campanhas (**Figura 16**). Salienta-se que o teste *U* não demonstrou diferença estatística significativa entre as campanhas ( $p=0,689$ ).

58

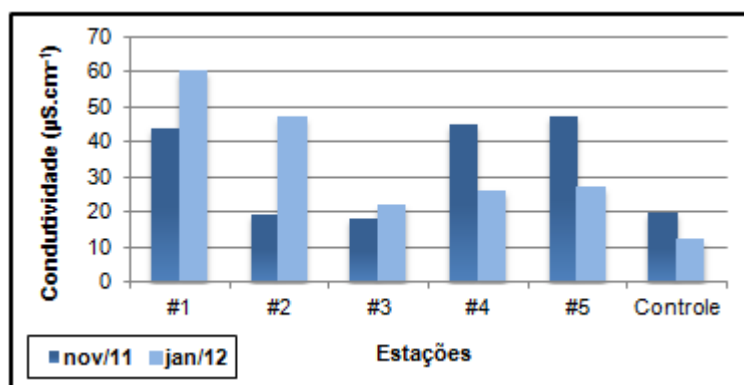
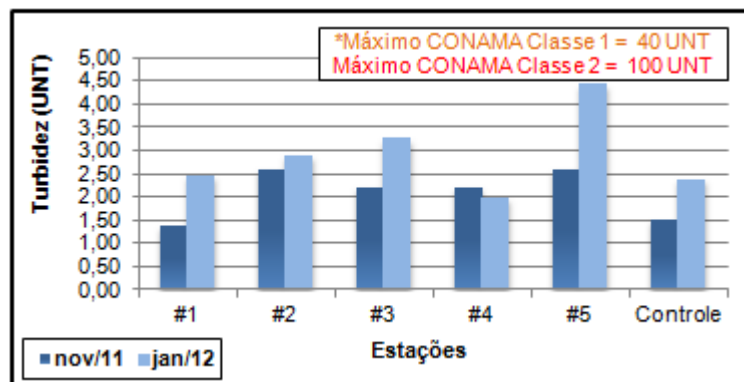


Figura 16: Valores de condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.5. Turbidez e Cor

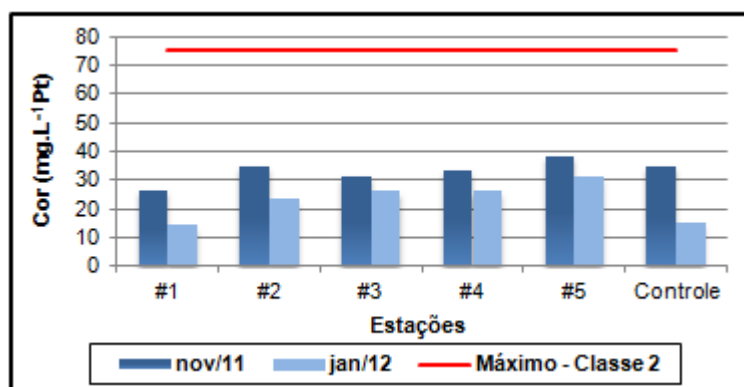
Na campanha de novembro de 2011 os valores de turbidez nos seis pontos monitorados no projeto oscilaram entre 1,4 UNT (#1) e 2,6 UNT (#2 e #5), os resultados encontrados em janeiro de 2012 foram um pouco mais elevados (sem diferença estatisticamente significativa –  $p=0,108$ ), entre 1,98 UNT e 4,42 UNT, sendo o menor valor correspondente ao ponto #4 e o maior, novamente, ao ponto #5, ponto do reservatório de Tócos, local de menor energia. Em ambas as campanhas os resultados foram bastante inferiores ao limite classe 1 para águas doce da Resolução CONAMA 357/05, o que demonstra uma boa condição desse corpo hídrico (**Figura 17**).



**Figura 17:** Valores de turbidez (UNT) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

Os resultados de cor verificados nos pontos de monitoramento na campanha de novembro de 2011 apresentaram comportamento similar aos resultados de turbidez, com menor valor no ponto #1 ( $26 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Pt}$ ) e maior no ponto #5 ( $38 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Pt}$ ). Na campanha de janeiro de 2012 o ponto #1 também apresentou valor mais baixo ( $14 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Pt}$ ) e o #5 o máximo da campanha ( $31 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Pt}$ ) (**Figura 18**). Comparando as duas campanhas realizadas observa-se um decréscimo em janeiro de 2012, com diferença significativa ( $p=0,013$ )

A Resolução CONAMA 357/05 estipula cor para águas classe 1 como “natural” do corpo hídrico, porém a ausência de estudos pretéritos nesse rio não permite a definição desse valor. Destaca-se, entretanto, que o valor encontrado no ponto controle, sujeito a pouca influência antrópica, foi semelhante aos dos demais pontos, o que indica que os resultados verificados se aproximam do que se entende como natural.

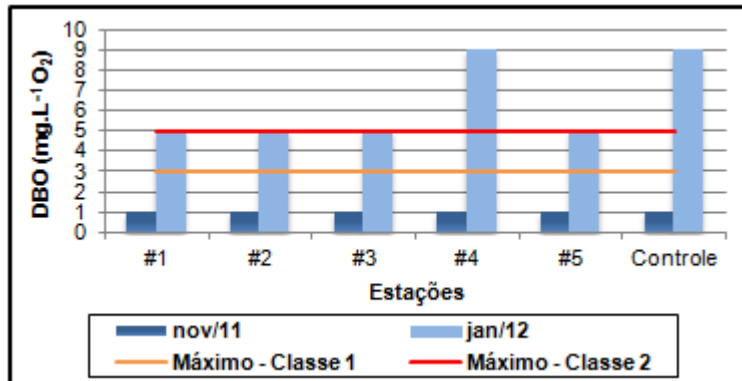


60

**Figura 18:** Valores de cor ( $\text{mg.L}^{-1}$  Pt) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

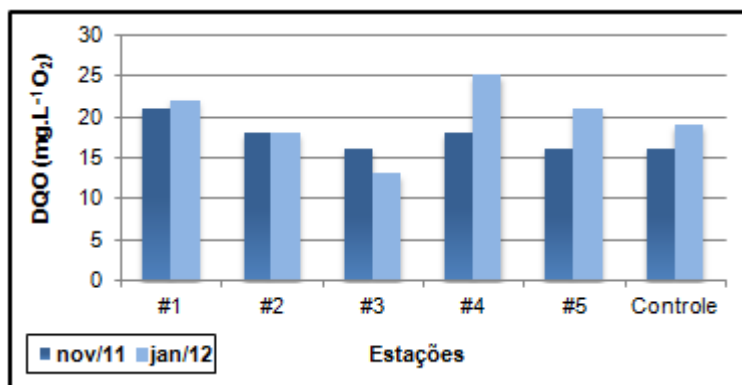
Na campanha de novembro de 2011 foi encontrado o valor de DBO de  $1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$  para os seis pontos amostrais. Já na campanha de janeiro de 2012 os valores foram mais elevados, variando entre  $5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$  e  $9 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ . Nos pontos #4 e controle os valores da segunda campanha chegaram a ultrapassar o máximo estipulado para águas doce classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 (**Figura 19**). A diferença entre as campanhas foi significativa, com  $p=0,002$ .



**Figura 19:** Valores de DBO (mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraiá, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

Os resultados de DQO foram mais elevados, com mínimo de 16 mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (pontos #3, #5 e controle) e máximo de 21 mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (#1) na campanha de novembro de 2011, e mínimo de 13 mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (#3) e máximo de 25 mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (#4) na campanha de janeiro de 2012 (sem diferença significativa entre as campanhas, com  $p=0,167$ ) (Figura 20).

61

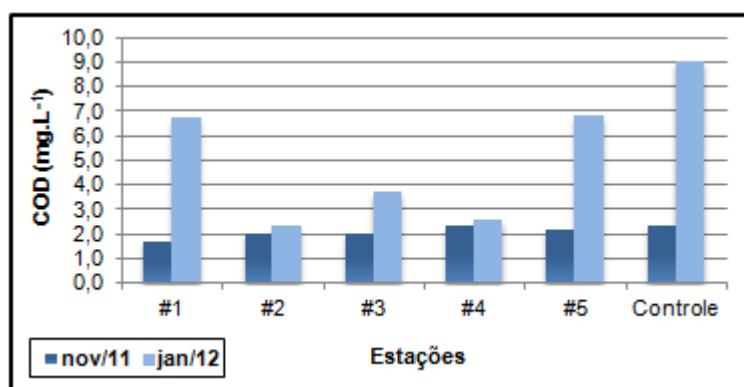


**Figura 20:** Valores de DQO (mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraiá, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.7. Carbono Orgânico Dissolvido (COD)

Os valores encontrados de COD nos seis pontos amostrais em novembro de 2011 foram baixos e bastante próximos entre si, com intervalo entre 1,7 m.L<sup>-1</sup> (#1) e 2,3 m.L<sup>-1</sup> (#5 e controle). Na campanha de janeiro de 2012, por sua vez, verifica-se

valores mais elevados (entre 2,3 e 9 m.L<sup>-1</sup>, respectivamente no pontos #2 e controle), o que analisado em conjunto com o aumento da DBO e DQO infere um maior aporte orgânico no corpo hídrico durante essa segunda campanha (**Figura 21**). O teste estatístico ratificou a diferença entre as campanhas, com  $p=0,006$ .



**Figura 21:** Concentrações de COD (mg.L<sup>-1</sup>) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

## 6.8. Macronutrientes (Série Nitrogenada e Fosforada)

62

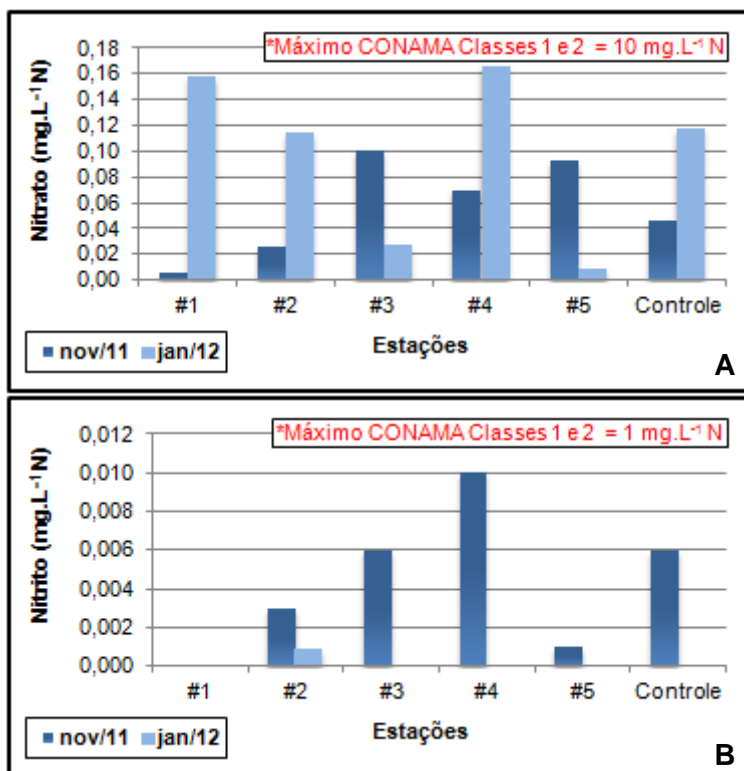
### 6.8.1. Nitrogênio

Dentre as formas nitrogenadas, o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio orgânico apresentaram as maiores concentrações na campanha de novembro de 2011. Observa-se nas **Figura 23** e **Figura 23** que as concentrações de nitrato na primeira campanha oscilaram entre 0,005 mg.L<sup>-1</sup> N (#1) e 0,100 mg.L<sup>-1</sup> N (#3), de nitrito entre não detectado (#1) e 0,010 mg.L<sup>-1</sup> N (#4), de nitrogênio amoniacal entre 0,023 mg.L<sup>-1</sup> N (#4) e 0,123 mg.L<sup>-1</sup> N (#2) e nitrogênio orgânico entre 0,06 mg.L<sup>-1</sup> N (#3) e 0,23 mg.L<sup>-1</sup> N (#2). Na campanha de janeiro de 2012 o nitrato foi encontrado em concentrações mais elevadas, variando entre 0,009 mg.L<sup>-1</sup> N (#5) e 0,167 mg.L<sup>-1</sup> N (#4), o nitrito, por sua vez, só foi detectado no ponto #2, com 0,001 mg.L<sup>-1</sup> N, o nitrogênio amoniacal teve decréscimo, com concentrações de 0,014 mg.L<sup>-1</sup> N (#4) a 0,102 mg.L<sup>-1</sup> N (#2) e o nitrogênio orgânico, em geral, apresentou incremento, com

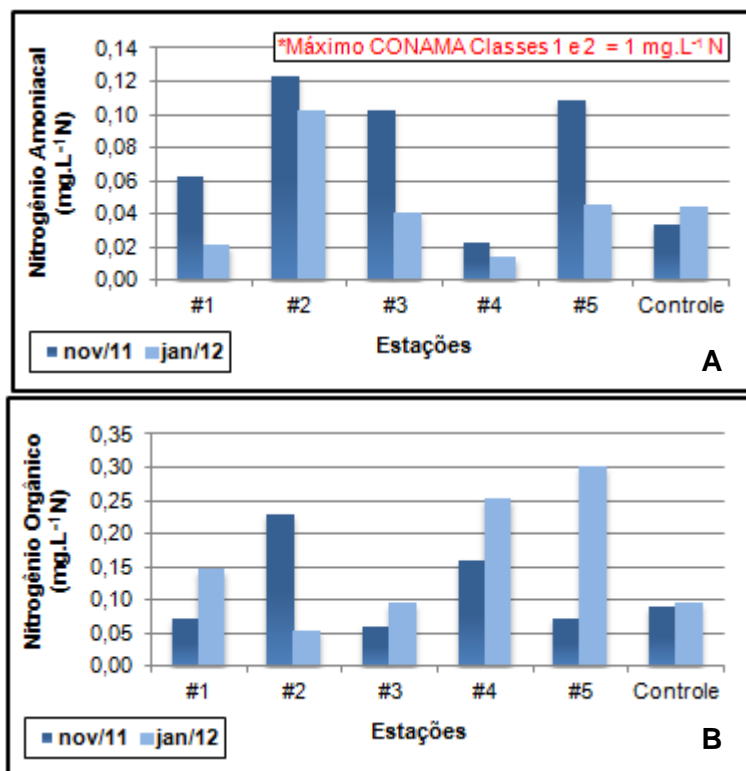


0,054 mg.L<sup>-1</sup> N (#2) a 0,301 mg.L<sup>-1</sup> N (#5). Somente o nitrito apresentou diferença significativa entre as campanhas (com  $p=0,013$ ).

Salienta-se que as concentrações encontradas neste estudo para nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal foram inferiores aos máximos recomendados para águas doce classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 (sendo 10 mg.L<sup>-1</sup> N de nitrato, 1 mg.L<sup>-1</sup> N de nitrito e 3,7 mg.L<sup>-1</sup> N de nitrogênio amoniacal).



**Figura 22:** Concentrações de nitrato (A) e nitrito (B) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

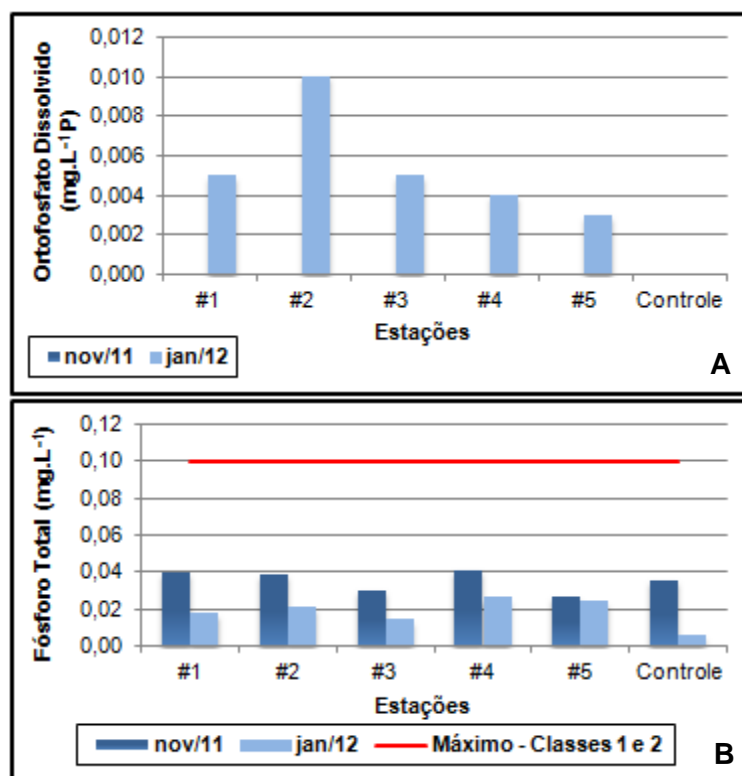


**Figura 23:** Concentrações nitrogênio amoniacal (A) e nitrogênio orgânico (B) (mg.L<sup>-1</sup> N) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.8.2. Fósforo

Os resultados de ortofosfato e fósforo total são descritos a seguir. Destaca-se que não foram encontradas concentrações acima do limite de detecção para ortofosfato dissolvido em nenhum dos pontos monitorados em novembro de 2011. Em janeiro de 2012 este íon já foi detectado na maioria dos pontos, exceto no ponto controle, as concentrações variaram entre não detectado (ponto controle) e 0,010 mg.L<sup>-1</sup> P (#2), com isso as campanhas foram significativamente distintas ( $p=0,016$ ) (Figura 24). A menor concentração no ponto controle e a maior no ponto #2 respondem a influência do entorno, com o ponto controle em área mais preservada e o ponto #2 na área de maior urbanização do monitoramento.

As concentrações de fósforo total neste estudo foram baixas. Na primeira campanha os resultados oscilaram entre 0,027 mg.L<sup>-1</sup> (#5) e 0,041 mg.L<sup>-1</sup> (#4) e na segunda as concentrações foram de 0,006 mg.L<sup>-1</sup> (ponto controle) a 0,026 mg.L<sup>-1</sup> (#4). Esses resultados permaneceram como estipulado para águas doce classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05, abaixo de 0,1 mg.L<sup>-1</sup> (Figura 24).



**Figura 24:** Concentrações de ortofosfato dissolvido (A) e fósforo total (B) (D) (mg.L<sup>-1</sup> P) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.8.3. Razão N:P

O cálculo da razão entre nitrogênio e fósforo indica a limitação de nutrientes do ambiente, no presente estudo utilizou-se a razão molar entre o nitrogênio dissolvido total ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- + \text{NH}_3\text{-NH}_4^+ + \text{N-orgânico}$ ) e o fósforo total (P-total). Acrescenta-se que a razão entre as concentrações de nitrogênio e fósforo, costuma ser abordada através da razão de Redfield, onde N:P-16:1, sendo os resultados



encontrados indicativos se a produção primária de um ambiente é limitada por nitrogênio ( $N/P < 16$ ) ou por fósforo ( $N/P > 16$ ) (GEIDER & LA ROCHE, 2002). Diversos autores citam outros valores para a relação, como Sallas & Martino (1990), que propõem a razão N:P de 9:1, sendo sistemas com razões inferiores a 9 tidos como limitados por nitrogênio e Wetzel (2001), que considera a razão N:P de 7:1 como aquela requerida para o crescimento balanceado do fitoplâncton.

Na **Tabela 10** observa-se os cálculos para as duas campanhas do monitoramento, considerada a razão proposta por Wetzel (2001), que aborda ecossistemas de rios, verifica-se que na primeira campanha ora os valores indicam limitação por fósforo, ora por nitrogênio, enquanto na segunda campanha a limitação por fósforo é bem marcada. UNEP-IETC (1999) destaca que razões altas corresponderiam a sistemas mesotróficos e oligotróficos, em oposição aos baixos valores, que remetem a sistemas eutróficos, mais afetos a florações de cianobactérias.

66

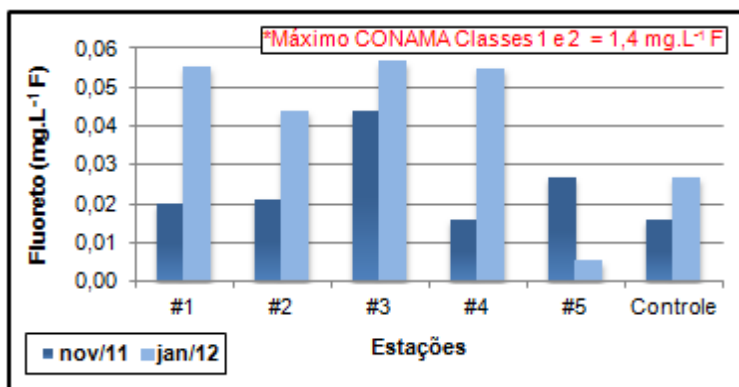
**Tabela 10:** Razão N/P nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

Pontos/Campanhas	Novembro/2011	Janeiro/2012
#1	3,45	18,06
#2	9,79	12,93
#3	8,93	11,70
#4	6,41	16,68
#5	10,07	14,85
Controle	4,89	42,95

### 6.9. Fluoreto

As análises de fluoreto para os seis pontos amostrais na campanha de novembro de 2011 resultaram em valores entre  $0,016 \text{ mg.L}^{-1} \text{ F}$  (#4 e controle) e  $0,044 \text{ mg.L}^{-1} \text{ F}$  (#3). Na campanha de janeiro de 2012 a faixa encontrada de fluoreto foi de  $0,006 \text{ mg.L}^{-1} \text{ F}$  (#5) a  $0,057 \text{ mg.L}^{-1} \text{ F}$  (#3). Destaca-se que o valor recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 para máximo de fluoreto é de  $1,4 \text{ mg.L}^{-1} \text{ F}$  para águas

doce classe 1, superior as concentrações aqui percorridas, mantendo assim, o corpo hídrico estudado condizente aos limites classe1 (**Figura 25**).



**Figura 25:** Concentrações de fluoreto ( $\text{mg.L}^{-1} \text{F}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.10. Fénois e Surfactantes

Nas campanhas de novembro de 2011 e janeiro de 2012 não detectou-se fenóis em nenhum dos seis pontos monitorados. Mantendo-se, com isso, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, que estipula para águas doce classe 1 máximo de  $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$ .

67

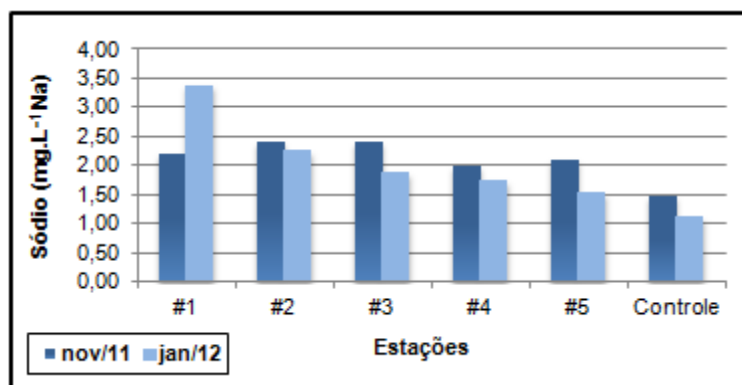
Assim como para análise de fenóis, não detectou-se surfactantes nas duas campanhas já realizadas.

#### 6.11. Metais

Neste monitoramento serão analisados ao longo das campanhas os metais sódio (Na), potássio (K), alumínio (Al), bário (Ba), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e zinco (Zn).

### 6.11.1. Sódio (Na)

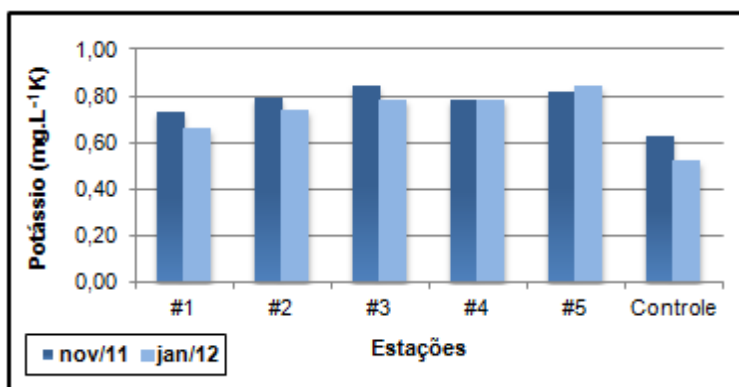
O sódio encontrado nos pontos monitorados neste projeto apresentou concentrações entre 1,49 mg.L<sup>-1</sup> Na e 2,40 mg.L<sup>-1</sup> Na na campanha de novembro de 2011 e entre 1,12 mg.L<sup>-1</sup> Na e 3,39 mg.L<sup>-1</sup> Na na campanha de janeiro de 2012 (com  $p=0,802$ ), sendo as concentrações mínimas correspondentes ao ponto controle, enquanto os demais pontos apresentaram concentrações bastante similares na campanha de novembro e na campanha de janeiro o ponto #1 teve valor um pouco mais elevado (**Figura 26**). O valor no ponto #1 foi próximo a média citada por Tundisi & Mutsumura Tundisi (2008).



**Figura 26:** Concentrações de sódio (mg.L<sup>-1</sup> Na) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.11.2. Potássio (K)

O potássio apresentou comportamento similar ao do sódio na campanha de novembro de 2011, com menor concentração no ponto controle,  $0,631 \text{ mg.L}^{-1} \text{ K}$ , e máximo no ponto #3,  $0,844 \text{ mg.L}^{-1} \text{ K}$ . Na campanha de janeiro de 2012 a concentração mínima também foi verificada no ponto controle, com  $0,523 \text{ mg.L}^{-1} \text{ K}$ , já a máxima ocorreu no ponto #5, com  $0,842 \text{ mg.L}^{-1} \text{ K}$ . As concentrações foram semelhantes entre as campanhas (com  $p=0,642$ ) (**Figura 27**).

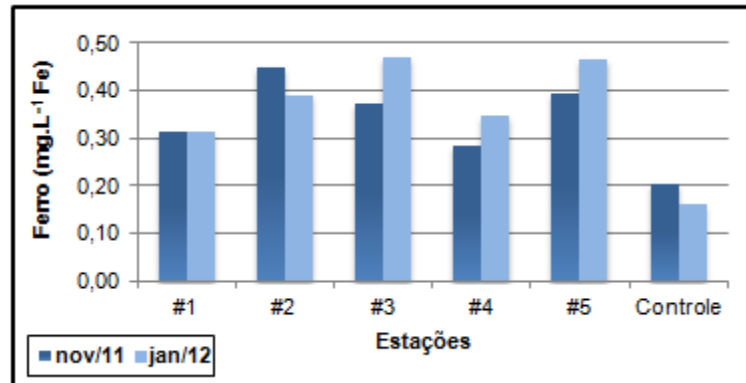


69

**Figura 27:** Concentrações de potássio ( $\text{mg.L}^{-1} \text{ K}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.11.3. Ferro (Fe)

O metal ferro na campanha de novembro de 2011 apresentou concentrações entre  $0,206 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Fe}$  (ponto controle) e  $0,451 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Fe}$  (#2) e na campanha de janeiro de 2012 entre  $0,160 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Fe}$  (ponto controle) e  $0,470 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Fe}$  (#3). A distribuição entre os pontos foi similar entre as campanhas, assim como as concentrações, que testadas não demonstraram diferença significativa ( $p=0,575$ ) (**Figura 28**).

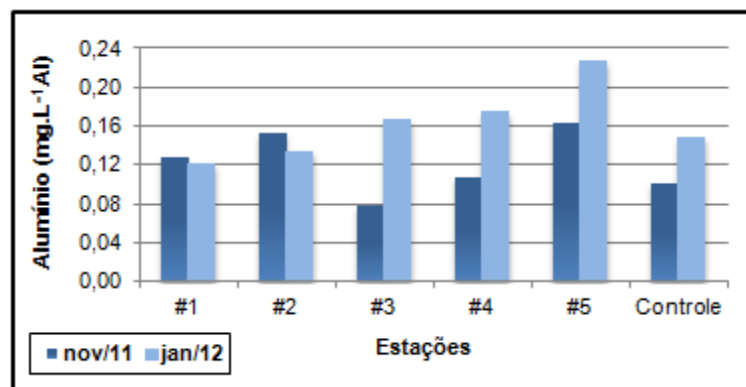


**Figura 28:** Concentrações de ferro ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Fe}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.11.4. Alumínio (Al)

Salienta-se que neste monitoramento foi mensurado alumínio total. Na campanha de novembro de 2011 a menor concentração do metal ocorreu no ponto #3, com  $0,079 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Al}$ , e a maior no ponto #5, já no reservatório de Tócos, com  $0,164 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Al}$ . Na campanha de janeiro de 2012 as concentrações oscilaram entre  $0,122 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Al}$  (#1) e  $0,227 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Al}$  (#5) (**Figura 29**). Os resultados das duas campanhas não apresentaram diferença significativa ( $p=0,078$ ).

70



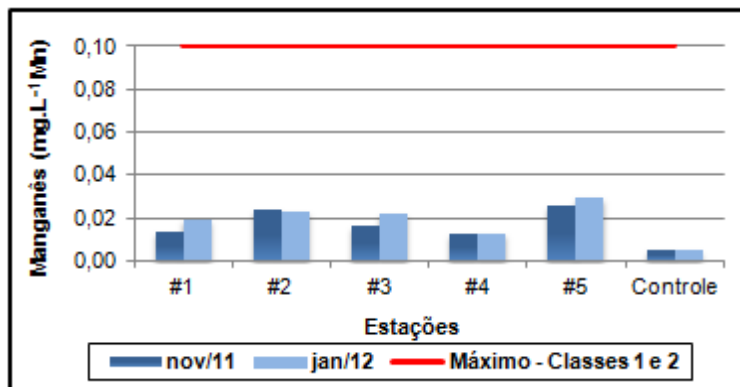
**Figura 29:** Concentrações de alumínio ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Al}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.11.5. Manganês (Mn)

Na campanha de novembro de 2011 a concentração mínima de manganês foi



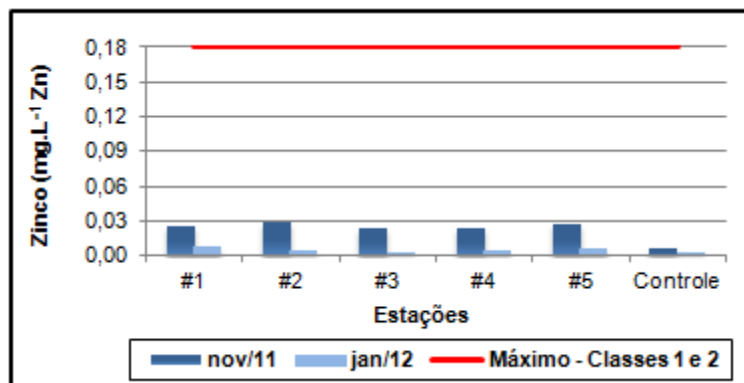
verificada no ponto controle, com  $0,0048 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Mn}$ , e a máxima foi novamente observada no ponto #5, sendo  $0,0260 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Mn}$ , o mesmo ocorreu em janeiro de 2012, com concentrações entre  $0,0046$  e  $0,0293 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Mn}$ . O teste estatístico confirmou que as campanhas não apresentaram diferença significativa ( $p=0,749$ ). Ressalta-se que os valores foram inferiores ao máximo recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 classes 1 e 2 ( $0,1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Mn}$ ) (**Figura 30**).



**Figura 30:** Concentrações de manganês ( $\text{mg.L}^{-1} \text{ Mn}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.11.6. Zinco (Zn)

O zinco observado no rio Pirai na campanha de novembro de 2011 apresentou maiores concentrações quando comparado ao ponto controle no rio do Braço, o valor mínimo dessa campanha foi de  $0,007 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Zn}$  (ponto controle) e o máximo de  $0,028 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Zn}$  (#2). Concentrações inferiores foram encontradas no mês de janeiro de 2012, entre  $0,003 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Zn}$  (ponto controle) e  $0,008 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Zn}$  (#1). A queda nas concentrações no mês de janeiro diferenciou as duas campanhas ( $p=0,007$ ). Todos as concentrações encontradas neste monitoramento foram condizentes ao máximo estipulado para classes 1 e 2 pela Resolução CONAMA 357/05 ( $0,18 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Zn}$ ) (**Figura 31**).

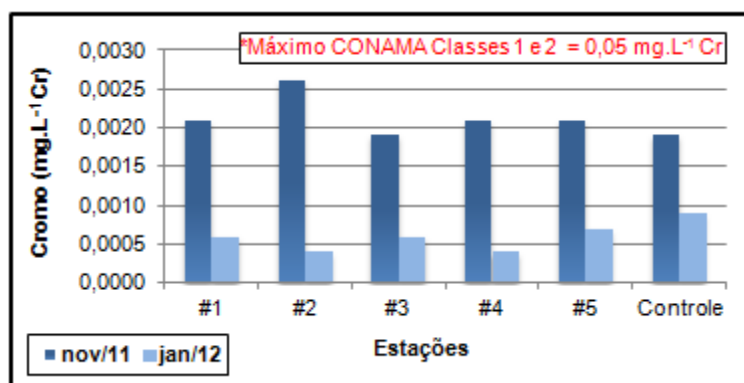


**Figura 31:** Concentrações de zinco (mg.L<sup>-1</sup> Zn) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.11.7. Cromo (Cr)

As concentrações de cromo encontradas nas duas campanhas remeteram a águas naturais. A variação em novembro de 2011 foi entre 0,0019 mg.L<sup>-1</sup> Cr (pontos controle e #3) e 0,0026 mg.L<sup>-1</sup> Cr (#2) e em janeiro de 2012, quando também diminuiram, como o zinco, entre 0,0004 mg.L<sup>-1</sup> Cr (#2 e #4) a 0,0009 mg.L<sup>-1</sup> Cr (controle). Verificou-se diferença significativa entre as campanhas ( $p=0,004$ ). Na **Figura 32** é possível observar que as concentrações verificadas foram bastante inferiores ao limite classe 1 e 2 da Resolução CONAMA 357/05 (0,05 mg.L<sup>-1</sup> Cr).

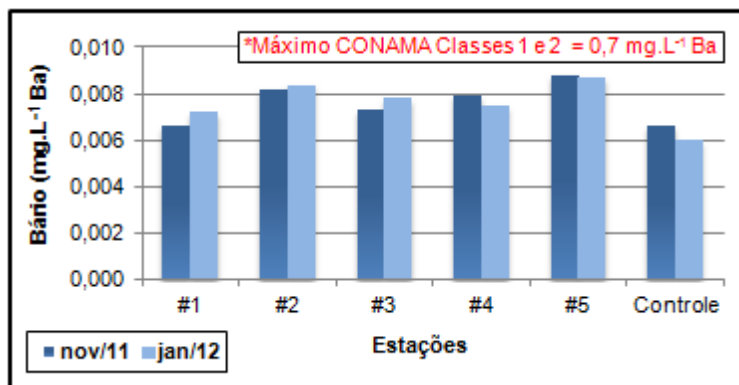
72



**Figura 32:** Concentrações de cromo (mg.L<sup>-1</sup> Cr) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.11.8. Bário (Ba)

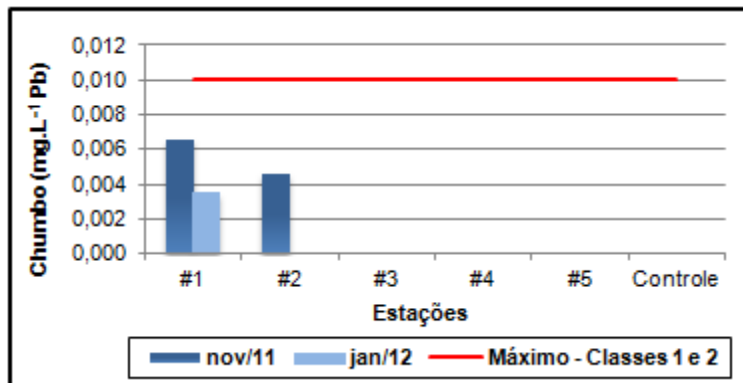
Neste estudo as concentrações verificadas de bário foram baixas, entre 0,0066 mg.L<sup>-1</sup> Ba e 0,0088 mg.L<sup>-1</sup> Ba na campanha de novembro de 2011 e entre 0,0060 mg.L<sup>-1</sup> Ba e 0,0087 mg.L<sup>-1</sup> Ba na campanha de janeiro de 2012, em ambas o mínimo correspondeu ao ponto controle e o máximo ao ponto #5. As concentrações foram bastante semelhantes entre as campanhas ( $p=1,000$ ). A concentração limite estipulada pela Resolução CONAMA 357/05 para o bário é de 0,7 mg.L<sup>-1</sup> Ba para águas doce classes 1 e 2 (**Figura 33**).



**Figura 33:** Concentrações de bário (mg.L<sup>-1</sup> Ba) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

### 6.11.9. Chumbo (Pb)

O chumbo na campanha de novembro de 2011 só foi detectado nos pontos #1e #2, com, respectivamente 0,0066 mg.L<sup>-1</sup> Pb e 0,0046 mg.L<sup>-1</sup> Pb. Na campanha de janeiro de 2012 o ponto #1 foi o único com concentração de chumbo detectada, com 0,0035 mg.L<sup>-1</sup> Pb. Embora as concentrações tenham se mantido baixas, é importante acompanhá-las ao longo do monitoramento e estudar a fonte de chumbo para esse ponto. Não foi verificada diferença significativa entre as duas campanhas realizadas ( $p=0,401$ ). Os valores encontrados mantiveram-se de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (máximo de 0,01 mg.L<sup>-1</sup> Pb para águas doce classes 1 e 2) (**Figura 34**).

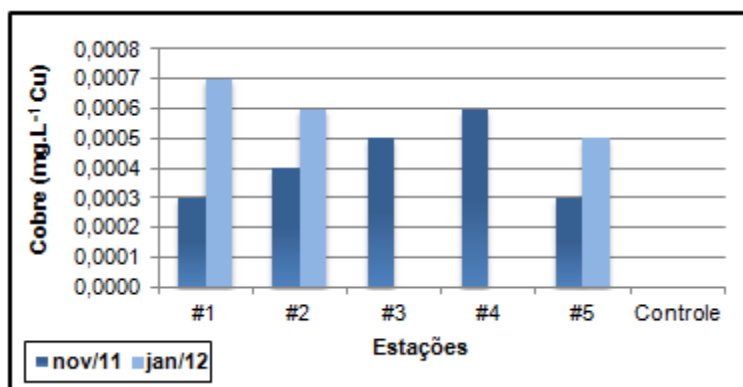


**Figura 34:** Concentrações de chumbo ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Pb}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.11.10. Cobre (Cu)

Na campanha de novembro de 2011<sup>o</sup> o cobre variou pouco entre os pontos, entre não detectado (ponto controle) e  $0,0006 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cu}$  (#4), na campanha seguinte (janeiro de 2012) o metal só foi detectado em três pontos, com menor valor no ponto #5,  $0,0005 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cu}$ , e maior no ponto #1,  $0,0007 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cu}$  (**Figura 35**). A diferença entre as campanhas não foi significativa ( $p=401$ ).

74

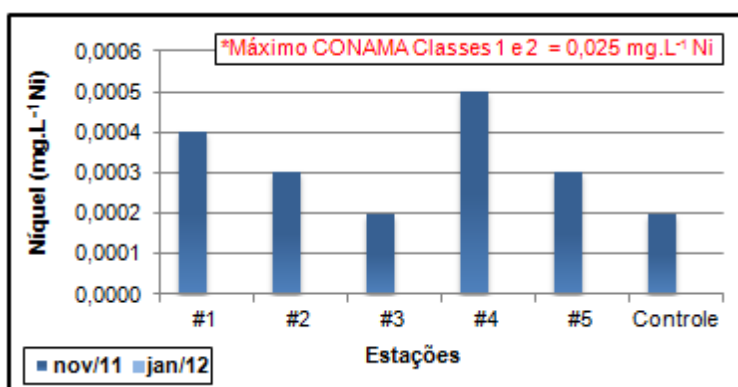


**Figura 35:** Concentrações de cobre ( $\text{mg.L}^{-1} \text{Cu}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.11.11. Níquel (Ni)

As concentrações de níquel verificadas no mês de novembro de 2011 foram de  $0,0002 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Ni}$  (ponto #3 e controle) até  $0,0005 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Ni}$  (#5), já no mês de

janeiro de 2012 este metal não foi detectado em nenhum ponto, com isso a diferença entre as campanhas foi significativa ( $p=0,002$ ). A resolução CONAMA 357/05 estipula concentração máxima de níquel para águas doce classes 1 e 2 de  $0,025 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Ni}$  (Figura 36).



**Figura 36:** Concentrações de níquel ( $\text{mg.L}^{-1} \text{ Ni}$ ) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.11.12. Cádmio (Cd)

75

Não foram detectadas concentrações de cádmio nas águas do trecho monitoradas nas campanhas de novembro de 2011 e janeiro de 2012.

#### 6.11.13. Mercúrio (Hg)

O metal mercúrio também não foi detectado em ambas as campanhas já realizadas nesse projeto de monitoramento.

#### 6.12. Coliformes totais, *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*

As análises bacteriológicas neste monitoramento para as campanhas de novembro de 2011 e janeiro de 2012 incluíram coliformes totais, *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*. Salienta-se que no projeto ainda estão incluídas análises de cistos de *Giardia* sp. e oocisto de *Cryptosporidium* sp, porém as mesmas só serão realizadas em duas das dez campanhas, sendo prevista a realização para os meses

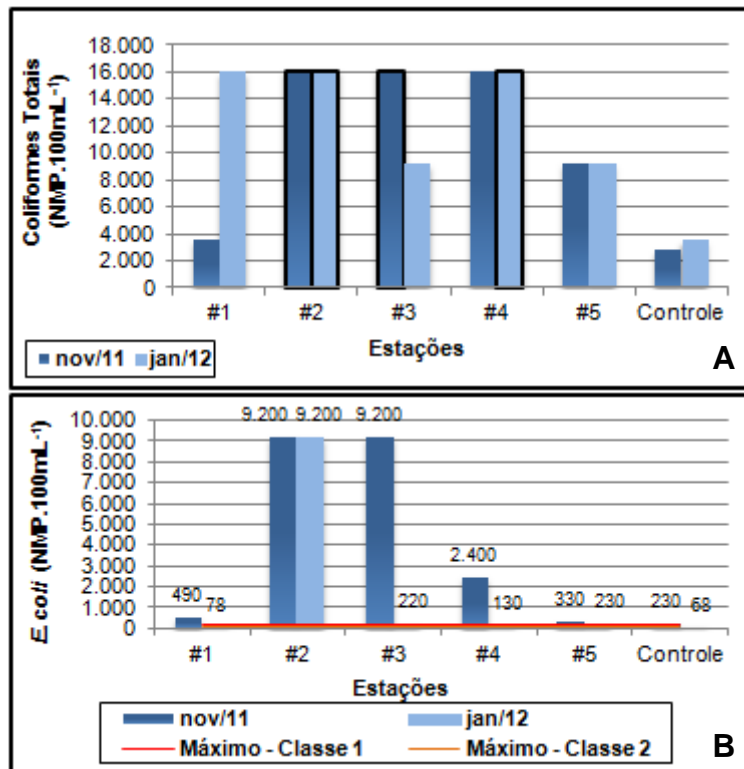


de junho e agosto de 2012, ambos meses representativos do período seco, em que se espera uma menor vazão do rio.

As concentrações de coliformes totais e de *E. coli* observadas na campanha de novembro de 2011 refletiram a influência dos efluentes domésticos, posto que as concentrações nos pontos #2 e #3 foram mais elevadas, chegando a mais de 16.000 NMP.100mL<sup>-1</sup> de coliformes totais e 9.200 NMP.100mL<sup>-1</sup> de *E. coli*, inferido como melhor indicador de contaminação fecal. As concentrações encontradas em janeiro de 2012 ratificaram a contaminação no ponto #2, pelo valor de coliformes totais e pela mais alta concentração de *E. coli*, embora coliformes totais também tenham sido registrados em altas concentrações nos pontos #4 e #1. Na campanha de janeiro de 2012 os valores de coliformes totais oscilaram entre 3.500 e 16.000 NMP.100mL<sup>-1</sup> e de *E. coli* entre 68 e 9.200 NMP.100mL<sup>-1</sup>. Os resultados de coliformes totais não demonstraram diferença significativa entre os pontos ( $p=0,730$ ), já os resultados de *E. coli* se diferenciaram ( $p=0,043$ ).

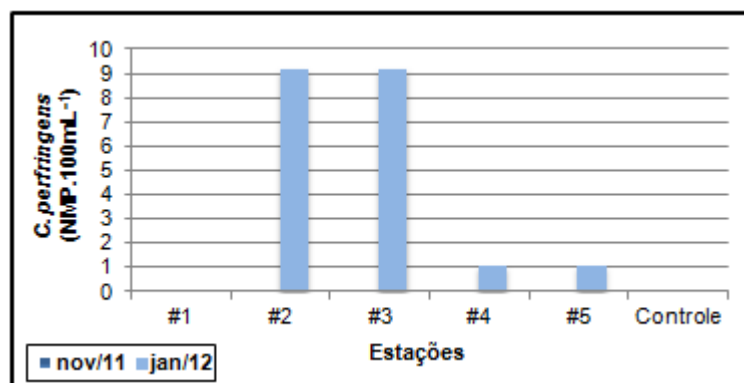
76

Cabe ressaltar, entretanto, que os coliformes também podem ser associados a outros animais, como gado e equinos, frequentes no entorno no ponto #3. O ponto controle apresentou as menores concentrações tanto de coliformes totais (2.800 NMP.100mL<sup>-1</sup> em novembro e 3.500 NMP.100mL<sup>-1</sup> e janeiro) quanto *E. coli* (230 NMP.100mL<sup>-1</sup> em novembro e 68 NMP.100mL<sup>-1</sup> e janeiro). Porém mesmo o ponto controle chegou a superar o valor de referência citado pela Resolução CONAMA 357/05 na primeira campanha, acrescentando-se que a citada Resolução menciona um valor para um percentual de ao menos 6 resultados anuais em um mesmo ponto, o que ainda não se aplica ao atual projeto.



**Figura 37:** Concentrações de coliformes totais\* (A) e *E. coli* (B) (NMP.100mL<sup>-1</sup>) nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012. \*As barras com linhas em destaque correspondem a >16.000.

*Clostridium prerfringens* foi analisada na segunda campanha, onde encontrou-se desde não detecção (pontos #1 e controle) a 9,2 NMP.100mL<sup>-1</sup> (pontos #2 e #3).



**Figura 38:** Concentrações de *C. prerfringens* (NMP.100mL<sup>-1</sup>) nos seis pontos amostrais na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, janeiro de 2012.



### 6.13. ANÁLISE INTEGRADA

Este item busca observar o conjunto de resultados para melhor visualização da qualidade da água em cada ponto monitorado, para tal foram aplicados índices e análises estatísticas.

Branco (1999) destacou que a relação entre determinados parâmetros é capaz de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microrganismos que possam comprometer a qualidade da água em relação à sua estética e à sua salubridade. A análise conjunta de parâmetros resulta em índices, neste monitoramento foram calculados o Índice de Estado Trófico (IET) e o Índice de Qualidade Ambiental (IQA).

78

O IET baseia-se no nível de enriquecimento nutricional do meio, indicando a mudança do grau de trofia do ambiente, o mesmo pode ser obtido a partir dos valores de transparência, fósforo e/ou clorofila-a. O índice criado por Carlson (1977) foi adaptado por Lamparelli (2004) para emprego em ambientes lóticos. Destaca-se que é comum a não utilização da transparência, posto que o parâmetro pode sofrer modificação por outros aspectos que não eutrofização, o resultado mais preciso usa a média aritmética entre o fósforo e clorofila-a, entretanto, pode ser utilizado somente um dos parâmetros, no caso do presente estudo foram considerados os valores de fósforo total. Chapman & Kimstach (1992) salientaram que a eutrofização do ambiente relaciona-se com valores elevados de fósforo total e coliformes fecais, pois representam um aumento das concentrações de matéria orgânica e nutrientes no ambiente.

Os resultados de IET para as duas campanhas já realizadas no trecho do rio Pirai variaram de mesotrófica para ultraoligotrófica, se diferenciando devido a queda na concentração de fósforo na segunda campanha. Observa-se que os valores mais elevados da primeira campanha foram próximos ao limite para classificação como



oligotrófico e que os pontos #3, em área próxima a fazendas, e o ponto #5, já no reservatório de Tócos, foram classificados como oligotróficos. A classificação como ambiente oligotrófico foi predominante de forma geral (considerando ambas as campanhas), o que indica que o corpo hídrico não tem excesso de nutrientes como característica, porém a classificação intermediária (mesotrófica) precisa ser acompanhada ao longo do monitoramento (**Tabela 11** e **Tabela 12**).

**Tabela 11:** Limites de classe de trofia para os resultados de Índice de Estado Trófico (IET) de acordo com Lamparelli (2004).

Categoria Trófica	Ponderação (IET)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET = 52$
Mesotrófico	$52 < IET = 59$
Eutrófico	$59 < IET = 63$
Supereutrófico	$63 < IET = 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

79

**Tabela 12:** Índice de Estado Trófico (IET) calculado para os seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

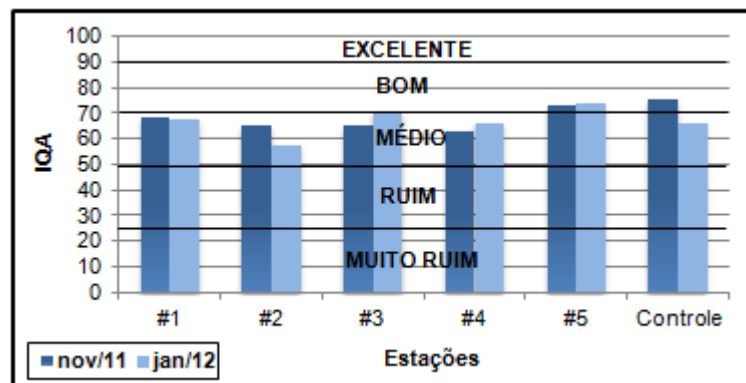
Pontos/Campanhas	Novembro/2011	Janeiro/2012
#1	53,10	48,95
#2	52,97	49,75
#3	51,61	47,65
#4	53,23	50,86
#5	51,06	50,45
Controle	52,55	43,25

O Índice de Qualidade da Água (IQA) que considera um conjunto de parâmetros (como oxigênio, coliformes, pH, DBO, nitrato, fosfato e turbidez) classificou as águas do trecho monitorado como qualidade média na maioria dos pontos e boa nos pontos #3 (campanha de janeiro de 2012), #5 (ambas as campanhas) e controle (campanha de novembro de 2011). Verifica-se que os menores valores corresponderam ao ponto #2, pela sua localização em área de maior concentração

urbana, estando sujeito a um maior *input* de poluentes com fonte próxima (**Tabela 13 e Figura 39**).

**Tabela 13:** Limites de classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA) (MINAS GERAIS, 2005).

Categoria	Ponderação
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$0 \leq IQA \leq 25$



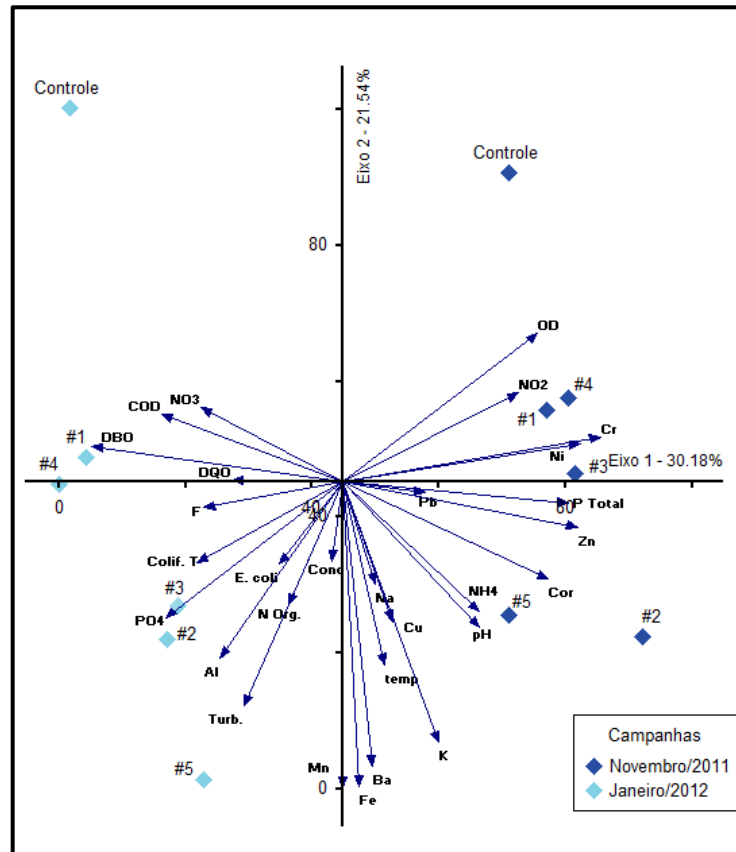
**Figura 39:** Índice de Qualidade Ambiental (IQA) calculado para os seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

Uma análise de componentes principais foi realizada a partir dos dados obtidos nas duas primeiras campanhas de monitoramento. Verifica-se a separação marcada entre as duas campanhas e também entre o ponto controle e os demais (**Figura 40**).

O eixo 1, que explica 30,18% da distribuição dos dados, delimitou a separação da campanha de novembro de 2011 e a de janeiro de 2012. Do lado positivo verifica-se cor, pH e metais, mesmo área dos resultados de novembro, posto que em janeiro, esses parâmetros apresentaram queda expressiva. Do lado oposto, os parâmetros indicativos de descarga orgânica, como carbono orgânico dissolvido, DBO, DQO, fosfato e turbidez, mesma área onde se distribuíram os dados de janeiro de 2012 (**Figura 40**).



O eixo 2, responsável por 21,54% da distribuição dos dados. Com foco nesse eixo, vê-se que na parte superior, para onde estão voltadas poucas variáveis, se localizou o ponto controle, que apresentou maiores concentrações de oxigênio. Ainda na porção positiva do eixo verifica-se nitrato e nitrito (em lados opostos, possivelmente por representarem estágios distintos do processo de nitrificação e desnitrificação), carbono orgânico dissolvido e DBO e os pontos #1 e #4 em ambas as campanhas, que apresentaram picos desses nutrientes. Na região negativa, verifica-se a maioria das variáveis com diferentes pesos, destacando-se ferro, bário, turbidez e fosfato. A oposição dos metais ao ponto controle, deu-se pelas baixas concentrações de metais nesse ponto, situação oposta ao ponto #5, já no reservatório de Tócos, em que observou-se elevações nos metais, além de maior turbidez. Destaca-se ainda o ponto #2 associado às variáveis fosfato e coliformes (**Figura 40**).



**Figura 40:** Representação gráfica da análise de componentes principais (ACP) realizada a partir dos parâmetros analisados nos seis pontos amostrais na primeira e na segunda campanha de monitoramento do rio Pirai, respectivamente, novembro de 2011 e janeiro de 2012.

Matrizes de correlação para cada uma das campanhas permitiram observar relações entre as variáveis. Na primeira campanha verifica-se a relação inversa esperada entre oxigênio e temperatura, posto que menores temperaturas propiciam uma maior solubilidade do oxigênio, além dessa relação ter sido melhor observada no ponto controle, que devido a diferenças de altitude e a menor degradação, tem melhores níveis de oxigênio e menores valores de temperatura. Relações com a condição ambiental também foram corroboradas pelas relações positivas entre nitrogênio amoniacal (que indica poluição recente por esgoto – observada principalmente no ponto 2) com zinco, ferro e manganês, mesmos metais que também se relacionaram



entre si, além de chumbo com DQO (associado as ocorrências nos pontos #1 e #2) (**Tabela 14**).

Quanto aos dados de janeiro de 2012 observa-se a mesma relação negativa entre temperatura e oxigênio e destaca-se as relações entre condutividade, zinco e cobre, pela distribuição semelhante, com valores mais elevados nos pontos #1 e #2. Além das relações positivas entre alguns metais (potássio com alumínio, bário e ferro) que apresentaram distribuição similar entre os pontos, concentrações baixas no ponto controle e mais elevadas no ponto #5 (**Tabela 15**).



MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PIRAÍ À MONTANTE DE TÓCOS, NA REGIÃO HIDROGRÁFICA II – GUANDU

Tabela 14: Matriz de correlação de Spearman a partir dos parâmetros analisados na primeira campanha de monitoramento do rio Pirai, novembro de 2011.

	temp	OD	pH	Cond	Cor	Turb.	DQO	COD	P Total	NO3	NO2	NH4	N Org.	Na	K	F	Al	Ba	Cr	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Colif. Totais	E. coli	
temp	1,00																											
OD	<b>-0,83</b>	1,00																										
pH	-0,03	0,31	1,00																									
Cond	-0,26	-0,26	-0,71	1,00																								
Cor	-0,49	0,17	0,38	0,35	1,00																							
Turb.	-0,03	-0,09	0,56	0,09	0,70	1,00																						
DQO	0,62	-0,46	-0,46	0,12	-0,55	-0,32	1,00																					
COD	<b>-0,97</b>	0,79	0,00	0,35	0,54	0,14	-0,48	1,00																				
P Total	0,14	0,09	-0,43	0,09	-0,52	-0,41	<b>0,83</b>	0,00	1,00																			
NO3	-0,43	0,31	0,26	-0,03	0,23	0,41	-0,77	0,35	-0,60	1,00																		
NO2	0,17	0,03	-0,64	-0,03	<b>-0,87</b>	<b>-0,85</b>	0,63	-0,18	0,75	-0,41	1,00																	
NH4	0,54	-0,54	0,60	-0,26	0,38	0,68	-0,12	-0,53	-0,54	0,03	-0,55	1,00																
N Org.	-0,17	0,29	0,20	0,09	0,35	0,28	0,38	0,36	0,55	-0,49	0,26	-0,03	1,00															
Na	<b>0,81</b>	-0,52	0,46	-0,58	-0,31	0,33	0,20	-0,81	-0,14	0,03	-0,34	0,72	-0,21	1,00														
K	0,26	-0,26	0,43	-0,20	0,12	0,68	-0,37	-0,26	-0,54	0,71	0,00	0,60	-0,41	0,67	1,00													
F	0,46	-0,46	0,43	-0,32	0,04	0,49	-0,36	-0,54	-0,70	0,52	-0,34	0,75	-0,59	0,76	<b>0,90</b>	1,00												
Al	0,31	-0,66	-0,14	0,60	0,52	0,53	0,28	-0,18	-0,09	-0,31	-0,64	0,54	0,32	0,09	0,09	0,12	1,00											
Ba	0,00	-0,23	0,29	0,35	0,66	<b>0,96</b>	-0,19	0,13	-0,32	0,38	-0,04	0,58	0,25	0,24	0,64	0,43	0,67	1,00										
Cr	0,49	-0,52	0,00	0,28	0,20	0,49	0,63	-0,29	0,37	-0,49	-0,38	0,46	0,63	0,33	0,06	-0,02	0,80	0,58	1,00									
Pb	<b>0,85</b>	-0,68	-0,17	-0,14	-0,43	-0,26	<b>0,82</b>	-0,78	0,44	<b>-0,85</b>	-0,69	0,30	0,19	0,46	-0,27	-0,03	0,37	-0,22	0,58	1,00								
Zn	0,71	-0,77	0,26	0,03	0,23	0,62	0,28	-0,62	-0,20	-0,20	-0,67	<b>0,89</b>	0,12	0,70	0,49	0,58	0,77	0,64	0,77	0,54	1,00							
Cu	0,12	0,12	0,09	-0,14	-0,32	0,31	0,22	0,00	0,38	0,38	0,53	-0,09	0,12	0,38	0,52	0,18	-0,20	0,34	0,22	-0,15	0,06	1,00						
Fe	0,60	-0,60	0,49	-0,14	0,29	0,77	0,03	-0,53	-0,37	0,09	-0,46	<b>0,94</b>	0,03	0,78	0,71	0,75	0,60	0,72	0,62	0,30	<b>0,94</b>	0,20	1,00					
Mn	0,49	-0,66	0,31	0,09	0,38	0,77	-0,12	-0,44	-0,54	0,26	-0,52	<b>0,89</b>	-0,17	0,64	0,77	<b>0,81</b>	0,66	0,78	0,49	0,14	<b>0,89</b>	0,12	<b>0,94</b>	1,00				
Ni	0,24	-0,35	-0,68	0,62	-0,24	-0,05	0,78	-0,05	0,74	-0,38	-0,09	-0,29	0,37	-0,12	-0,21	-0,40	0,44	0,19	0,64	0,37	0,18	0,40	-0,03	-0,03	1,00			
Colif. Totais	0,21	0,03	0,39	-0,27	-0,09	0,59	0,10	-0,09	0,15	0,39	0,40	0,27	0,18	0,59	0,70	0,40	-0,03	0,55	0,36	-0,11	0,33	<b>0,92</b>	0,52	0,39	0,22	1,00		
E. coli	0,52	-0,12	0,46	-0,58	-0,37	0,36	0,27	-0,45	0,20	0,14	0,19	0,38	0,09	<b>0,82</b>	0,61	0,47	-0,14	0,26	0,33	0,22	0,41	0,79	0,55	0,35	0,09	<b>0,89</b>	1,00	

**Tabela 15:** Matriz de correlação de *Spearman* a partir dos parâmetros analisados na segunda campanha de monitoramento do rio Piraí, janeiro de 2012.

	temp	OD	pH	Cond	Cor	Turb.	DBO	DQO	COD	P Total	PO4	NO3	NH4	N Org.	Na	K	F	Al	Ba	Cr	Zn	Cu	Fe	Mn	Colif. Totais	E. coli	
temp	1,00																										
OD	<b>-0,83</b>	1,00																									
pH	0,26	-0,31	1,00																								
Cond	-0,09	-0,09	0,03	1,00																							
Cor	0,64	-0,72	<b>0,81</b>	-0,23	1,00																						
Turb.	0,26	-0,09	0,71	0,20	0,49	1,00																					
DBO	-0,21	0,00	-0,41	-0,62	-0,11	<b>-0,83</b>	1,00																				
DQO	0,03	-0,49	-0,37	0,31	-0,06	-0,54	0,41	1,00																			
COD	-0,31	0,26	-0,26	-0,37	-0,12	0,09	0,21	0,09	1,00																		
P Total	0,37	-0,77	0,43	0,43	0,55	-0,03	0,00	0,60	-0,49	1,00																	
PO4	0,17	0,06	0,12	0,61	-0,19	0,20	-0,63	-0,32	<b>-0,81</b>	0,12	1,00																
NO3	-0,14	-0,03	-0,77	0,09	-0,55	<b>-0,94</b>	0,62	0,66	-0,20	0,14	0,00	1,00															
NH4	-0,49	0,49	0,66	0,09	0,14	0,60	-0,41	-0,60	0,03	-0,14	0,12	-0,71	1,00														
N Org.	0,41	-0,75	0,09	0,12	0,49	0,06	0,11	0,72	0,35	0,58	-0,51	0,03	-0,41	1,00													
Na	0,14	0,03	-0,20	0,77	-0,41	0,09	-0,62	-0,03	-0,60	0,09	<b>0,90</b>	0,20	-0,14	-0,29	1,00												
K	0,75	<b>-0,84</b>	0,75	0,06	<b>0,94</b>	0,55	-0,32	0,06	-0,23	0,67	0,01	-0,49	0,03	0,57	-0,12	1,00											
F	0,54	-0,14	-0,43	0,09	-0,26	-0,14	-0,21	-0,14	-0,43	-0,20	0,58	0,31	-0,60	-0,26	0,66	-0,09	1,00										
Al	0,54	-0,71	0,60	-0,43	<b>0,93</b>	0,26	0,21	0,14	0,14	0,49	-0,52	-0,37	-0,03	0,64	-0,66	<b>0,81</b>	-0,37	1,00									
Ba	0,37	-0,43	<b>0,94</b>	0,31	0,75	0,77	-0,62	-0,26	-0,37	0,54	0,32	-0,71	0,54	0,17	0,09	<b>0,81</b>	-0,26	0,49	1,00								
Cr	-0,32	0,35	-0,12	-0,44	-0,06	0,24	0,11	-0,15	<b>0,97</b>	-0,59	-0,75	-0,38	0,21	0,19	-0,62	-0,21	-0,44	0,15	-0,26	1,00							
Zn	0,20	-0,49	-0,03	<b>0,83</b>	0,03	0,14	-0,41	0,66	-0,09	0,60	0,20	0,14	-0,26	0,64	0,49	0,32	0,03	-0,03	0,26	-0,24	1,00						
Cu	-0,33	0,21	-0,03	<b>0,94</b>	-0,40	0,27	-0,66	0,15	-0,15	0,15	0,52	-0,03	0,27	-0,03	0,70	-0,15	-0,03	-0,58	0,21	-0,19	0,70	1,00					
Fe	0,71	-0,49	0,77	0,03	0,75	0,77	-0,62	-0,49	-0,37	0,26	0,38	-0,71	0,26	0,06	0,14	<b>0,81</b>	0,20	0,49	<b>0,83</b>	-0,24	0,03	-0,09	1,00				
Mn	0,26	-0,26	<b>0,83</b>	0,49	0,55	<b>0,89</b>	<b>-0,83</b>	-0,31	-0,26	0,37	0,41	-0,77	0,60	0,12	0,26	0,67	-0,20	0,26	<b>0,94</b>	-0,15	0,37	0,46	0,77	1,00			
Colif. Totais	0,15	-0,31	-0,09	0,77	-0,17	-0,25	-0,22	0,43	-0,77	0,62	0,70	0,49	-0,28	0,02	0,77	0,08	0,37	-0,34	0,15	<b>-0,87</b>	0,62	0,56	0,00	0,15	1,00		
E. coli	0,26	-0,26	<b>0,89</b>	0,37	0,58	0,66	-0,62	-0,37	-0,60	0,49	0,55	-0,60	0,60	-0,12	0,26	0,64	-0,14	0,26	<b>0,94</b>	-0,47	0,14	0,27	0,77	<b>0,89</b>	0,31	1,00	



## 7. CONCLUSÃO

A primeira e a segunda campanha de monitoramento do rio Piraí a montante do túnel de Tócos demonstraram resultados condizentes a um ambiente com qualidade de boa a intermediária.

Em relação aos valores de referência estipulados pela Resolução CONAMA 357/05, somente os parâmetros pH, DBO e *Escherichia coli* não se enquadraram nas faixas recomendadas. O pH apresentou resultados abaixo do recomendado para as águas classe 1 e 2 em diversos pontos em ambas as campanhas realizadas, o que remeteu a águas mais ácidas, característica associada a aporte de matéria orgânica. Os resultados de DBO foram elevados na segunda campanha, também chegando a ultrapassar o recomendado para a classe 2. A bactéria *E. coli* foi observada acima do valor citado pela Resolução nas duas campanhas, com destaque para o ponto #2.

86

As campanhas de novembro de 2011 e janeiro de 2012 se diferenciaram principalmente por acréscimos na segunda campanha nos valores de parâmetros que remetem a *input* orgânico, como turbidez, DBO, COD e coliformes totais. O volume de chuvas pode estar relacionado e esse maior carreamento de matéria exógena. Embora este estudo não tenha apresentado dados de precipitação recentes, o mês de janeiro apresentou volume superior de chuvas em relação a novembro na série histórica.

Ressalta-se que os metais analisados apresentaram baixas concentrações, chegando a não ser detectados nas duas campanhas os metais pesados cádmio e mercúrio. O ponto controle apresentou concentrações menores de metais em relação aos demais pontos, demonstrando menor influência antrópica na área, contudo, cabe acrescentar, que o citado ponto também apresentou outras propriedades físicos-químicas diferenciadas, como maiores concentrações de





oxigênio e menor temperatura da água, o que pode indicar solubilidade distinta nesse trecho do rio.

Quanto a distribuição espacial dos pontos, foi possível perceber a representação de diferentes influências ao longo do rio. O ponto #2 apresentou indicativos de lançamentos de efluentes domésticos, como as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal, ortofosfato e coliformes. O ponto controle, além das menores concentrações de metais, também apresentou menores valores de nutrientes, coliformes totais e *E. coli*. E o ponto #1 demanda atenção quanto as concentrações de chumbo ao longo do monitoramento, pois pode representar um local com fonte próxima, posto que foi o único ponto com concentrações deste metal em ambas as campanhas, embora essas concentrações tenham sido inferiores ao máximo para águas classe 1 da Resolução CONAMA 357/05.

A continuidade do monitoramento viabilizará a análise do comportamento do rio Pirai em função de diferenças de vazão, diferenças nas condições meteorológicas e das diferentes ações antrópicas.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR). 2007. **Bario y compuestos de bário**. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.
- AGEVAP, 2011. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul – AGEVAP. Disponível em: [http://www.agevap.org.br/agevap/index.php?comite=cm\\_guandu](http://www.agevap.org.br/agevap/index.php?comite=cm_guandu). Acessado em nov. 2011.
- ANA/COPPETEC. 2002. **Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Diretrizes e critérios de cobrança pelo uso dos recursos hídricos - PGRH-RE-010 – Volume 7. 81p.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002
- BARBEAU, B.; BOULOS, L.; DESJARDINS, R.; COALLIER, J.; PRÉVOST, M. Examining the use of aerobic spore-forming bacteria to assess the efficiency of chlorination. *WaterResearch*, v.33, n.13, p.2941-2948, 1999.
- BRANCO, S. M. **Água, Meio Ambiente e Saúde. Águas Doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.
- BRASIL. *Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Oficial da União, 18 de março de 2005, p.58-63.
- BRIGANTE, J.; ESPINDOLA, E.L.G. **Limnologia fluvial – Um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RiMa, 2003.**
- CABRAL, E.M.G.. **Rio Piraí: Mudanças Ambientais e Transformações Socio-Culturais - Curso, Percurso e Transcurso de um Corpo D'Água**. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado) - Serviço Social PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ.



CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, v.22, p.361-80,1977.

CETESB, 2009. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Série relatórios. Apêndice A. Governo do Estado de São Paulo Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>

CETESB, 2010. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. FIT - Ficha de informação Toxicológica – Cádmiio. Agosto de 2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cadmio.pdf>

CETESB. 2011a. Variáveis de qualidade das águas. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Secretaria de Estado do Meio Ambiente. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>. Acessado em: Set/2011.

CETESB. 2011b. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. FIT - Ficha de informação Toxicológica – Cobre. Fevereiro de 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cobre.pdf>

CETESB. 2011c. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. FIT - Ficha de informação Toxicológica – Níquel. Março de 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/niquel.pdf>

CHAPMAN, D. & KIMSTACH, V. The selection of water quality variables. In: Chapman, D. (Org.), **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. Edition, Cambridge: University Press.1992. p.51-117.

EMATER - RJ, 2012. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro. Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola – ASPA. Disponível em: <http://www.emater.rj.gov.br/tecnica.asp>. Acessado em jan 2012.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência/FINEP. 1998.



FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G.T.W. **Metal pollution in the aquatic environment**, 2ed. New York, Springer-Verlag. 1981.

FURTADO, J.G.C. **Estudo de impactos ambientais causados por metais pesados em água do mar na baía de São Marcos: correlações e níveis de background**. 2007. 74 p. Dissertação (Mestrado) - Química Analítica, Faculdade de João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

GEIDER, R.J. & LA ROCHE, J.. Redfield revisited: Variability of C : N : P in marine microalgae and its biochemical basis. *Eur. J. Phycol.* v.37. p.1–17. 2002.

GEOPROJETOS, 2007. Relatório do Projeto Básico AHE Lajes. Disponível em: [http://www.light.com.br/web/institucional/projetos\\_geracao/teprojeto\\_ahelajes.asp?mid=868794277226257227#](http://www.light.com.br/web/institucional/projetos_geracao/teprojeto_ahelajes.asp?mid=868794277226257227#)

GIANSANTE, A. E. A variação de relação DQO/DBO em esgotos sanitários: o caso da ETE Jundiaí. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental., 3p. 2002.

90

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2011. Secretaria de Estado do Ambiente - Subsecretaria de Política e Planejamento Ambiental - Relatórios Municipais 2011 - Dados do ICMS Ecológico 2011 do município de Rio Claro. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=164974>. Acessado em nov. 2011.

IBGE, 2011. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=330440>. Acessado em nov. 2011

ICZ, 2012. Instituto de Metais Não Ferrosos. Disponível em: <http://www.icz.org.br/zinco-meio-ambiente.php>. Acessado em jan. 2012.

IZA, 1997. Zinc Association. Zinc in the Environment - An introduction 2ed. Brussels, Belgium.



- JUNQUEIRA, V.C.A; NETO, R.C.; SILVA, N.; TERRA, J.H.; SILVA, D.F. Ocorrência de esporos de *Cloristidium perfringens* em amostras de águas brutas e tratadas, na cidade de Campinas, São Paulo, Brasil. *Rev. Higiene Alimentar*. v.20. n.144. 2006
- LACERDA L.D, MALM O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. *SciELO Brasil*. v.22. p.173-190. 2008.
- LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.
- LARINI, L. **Toxicologia**. São Paulo: Manole. 1993..
- LENZI, E.; FAVERO, L.O.B.; LUCHESE, E.B. **Introdução à Química da Água: Ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro. LTC: 2009.
- LIGHT, 2011. Light Energia S.A. Disponível em: <http://www.lightenergia.com.br/parque-gerador/complexo-de-lajes/subsistema-lajes/>. Acessado em nov. 2011.
- LIMA, I.V. & PEDROZO, M.F.M. **Ecotoxicologia do Ferro e seus Compostos**. Salvador: CRA, 2001.
- MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J.; ROCHA, C.A.S. Geoquímica de fósforo como indicadora de qualidade ambiental e dos processos estuarinos do Rio Jaguaribe- Costa Nordeste Oriental Brasileira, *Quimica Nova*, v. 30, n. 5, p. 1208-1214,. 2007.
- MARTINS, I. & LIMA, V.I. **Ecotoxicologia do Manganês e seus Compostos**. Salvador: CRA, 2001.
- MINAS GERAIS (Estado). Sistema de cálculo da qualidade da água. Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA). Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais; Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA II). Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água, 2005.



NANNI A.S. **O flúor em Águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: Origem e Condicionamento Geológico.** 2008. 115p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Belo Horizonte.

PEDROZO, M.F.M. & LIMA I.V. **Ecotoxicologia do Cobre e seus Compostos.** Salvador: CRA, 2001.

PINHEIRO, Z.B.; DAMASCENO, EP ; SILVA, G M.M. ; RODRIGUES, K.A.; SAMPAIO, G.M.M.S. **Degradação de fenol por *Aspergillus niger* an400 em reatores em batelada.** In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. 2007. João Pessoa. Paraíba.

PRADO, R.B. **Análise espacial e temporal das alterações na qualidade da água do reservatório de Barra Bonita (SP) em função da dinâmica do uso da terra.** 2004. 172p. Tese (Doutorado) - Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

92 PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO, 2011. Disponível em: <http://www.rioclaro.rj.gov.br/Municipio/historia.php>. Acessado em nov. 2011.

REPULA, C.M.M. & QUINÁIA, S.P.. Avaliação da qualidade das águas do córrego Viaduto utilizando análise de componentes principais. *Ambiência*, Guarapuava, PR v.5 n.3 p.433 – 442. 2009.

ROCHA, A.A.; PEREIRA, D.N.; PÁDUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). *Rev. Saúde pública.* v.19, p.401-410, 1985.

ROMANELLI, M F. Avaliação da toxicidade aguda e crônica dos surfactantes DSS e LAS submetidos à irradiação com feixe de elétrons. 2004. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - USP, São Paulo.

SALAS, H. J. & MARTINO, P. 1990. Metodologias simplificadas para la evaluacion de eutrofication en lagos calidos tropicales. Programa Regional CEPIS/HPE/OPS.



SANT'ANA, A.S.; SILVA, S.C.F.L.; FARANI, J.I. O.; AMARAL, C.H.R.; MACEDO, V.F. Qualidade microbiológica de águas minerais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, supl., p. 190-194, 2003.

SANTIAGO, M.M.F.; SILVA, C.M.S.V.; FRISCHKORN, H., FILHO, J.M.; VERÍSSIMO, L.S. 2004. Hidrogeoquímica da Bacia Sedimentar do Cariri. Fortaleza. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrog\\_bacia\\_sed\\_cariri.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrog_bacia_sed_cariri.pdf).

SAVAZZI, E.A. Determinação da presença de Bário, Chumbo e Crômio em amostras de água subterrânea coletadas no Aquífero Bauru. 2008. 87f. Dissertação

SIDRA/IBGE, 2011. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acessado em out. 2011.

SILVA, C.S. & PEDROZO, M.F. M. 2001. **Ecotoxicologia do Cromo e seus Compostos**. Salvador: CRA, 2001.

SNIRH, 2011. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>. Acessado em out. 2011.

SONDOTÉCNICA/ANA, 2006. Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim (PERH Guandu). Rio de Janeiro.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

UNEP-IETC. 1999. Planning and management of lakes and reservoirs, na integrated approach to eutrophication. International Environmental Technology Centre. Osaka/Shiga, Japan. 375 p.

WETZEL R.G. **Limnology. Lake and river ecosystems**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2001.





MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PIRÁÍ À MONTANTE DE  
TÓCOS, NA REGIÃO HIDROGRÁFICA II – GUANDU

WHO, 1989. World Health Organization. IPCS. Lead environmental aspects, Environmental Health Criteria 85. Geneva.



*Todo papel utilizado na confecção desse relatório é reciclado. Esta é mais uma ação da SEA PROJECTS que além de procurar resolver questões ambientais através de idéias criativas, procura dar exemplos de condutas sócio-ambientais corretas para seus clientes e fornecedores.*