



GOVERNO DO  
Rio de Janeiro

Secretaria  
do Ambiente

**inea** instituto estadual  
do ambiente



# AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO RIO PARAÍBA DO SUL

- Trecho Funil - Santa Cecília -

- novembro de 2010 -

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO MÉDIO PARAÍBA  
SERVIÇO DE INFORMAÇÃO E MONITORAMENTO

**Estado do Rio de Janeiro**

Governador

SERGIO CABRAL

Vice Governador

LUIZ FERNANDO PEZÃO

**Secretaria de Estado do Ambiente - SEA**

Secretária de estado

MARILENE DE OLIVEIRA RAMOS MÚRIAS DOS SANTOS

**Instituto Estadual do Ambiente - INEA**

Presidente

LUIZ FIRMINO MARTINS PEREIRA

Vice-Presidente

PAULO SCHIAVO

**Superintendência Regional do Médio Paraíba - SUPMEP**

Superintendente

MIGUEL ARCHANJO DA ROSA

**Serviço de Informação e Monitoramento**

JOSÉ ROBERTO DE SOUZA ARAÚJO

# AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO RIO PARAÍBA DO SUL - TRECHO FUNIL - SANTA CECÍLIA -

- RELATÓRIO TÉCNICO -

*novembro de 2010*

*Revisão 01*

**USO RESTRITO**

*A utilização, bem como a reprodução de informações e dados contidos no presente documento devem ser submetidos à prévia autorização do INEA.*

**AUTORES*****José Roberto de Souza Araújo***

Engenheiro Químico de formação. Analista Ambiental; Chefe do Serviço de Informação e Monitoramento da Superintendência Regional do Médio Paraíba - SUPMEP / INEA.

***Wilson Oliveira Ribeiro de Moura***

Engenheiro Agrônomo de formação. Analista Ambiental, cedido temporariamente pela Prefeitura Municipal de Resende à Superintendência Regional do Médio Paraíba, SUPMEP / INEA, a partir de março de 2007.

***Gustavo Wilson Nunan***

Biólogo de formação. Professor de Ictiologia do Programa de Pós-Graduação em Zoologia do Museu Nacional / UFRJ; M.Sc. em Biologia e Recursos Vivos pela Universidade de Miami, E.U.A. e Ph.D. em Ictiologia pela Universidade de Newcastle upon Tyne, Inglaterra.

**EQUIPE TÉCNICA E OPERACIONAL*****Michel Bastos Silva***

Biólogo de Formação. Analista ambiental da Superintendência Regional do Médio Paraíba - SUPMEP / INEA.

***André Leone Rigueti***

Farmacêutico de Formação. Analista ambiental da Gerência de Avaliação de Qualidade da Água, GEAG / INEA.

***Gisele Alves Gômara***

Bióloga de formação. Analista ambiental. Serviço de Análises Biológicas, SEABIO / INEA.

***Helaine da Silva Mendonça***

Bióloga de formação. Mestre e Doutora em Zoologia pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Museu Nacional / Universidade Federal do Rio de Janeiro.

***Sergio Ricardo Brito Santos***

Biólogo de formação. Mestre em Zoologia pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Museu Nacional / Universidade Federal do Rio de Janeiro.

***Wagner Bandeira***

Biólogo de formação. Mestre em Zoologia pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Museu Nacional / Universidade Federal do Rio de Janeiro.

***Edgar Ramalho Loureiro***

Agente ambiental da Gerência de Avaliação de Qualidade da Água, GEAG / INEA.

### **Pescadores artesanais**

*Nivaldo Dias Barbosa* - região de Itatiaia / Resende;

*Agenor Adelino dos Santos* - região de Bulhões, distrito de Porto Real;

*Roberto de Oliveira Rocha* - região de Floriano, distrito de Barra Mansa

*Amilton da Silva* - região de Pinheiral e Vargem Alegre

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE TABELAS E QUADROS</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>vi</b>
<b>1. AREA DE ESTUDO.</b>	<b>1</b>
<b>1.1. A Bacia do rio Paraíba do Sul.</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. Localização e breve histórico.</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2. Hidrelétricas e barragens.</b>	<b>2</b>
<b>1.1.3. Cobertura florestal e a demanda por água.</b>	<b>2</b>
<b>1.1.4. Poluição hídrica.</b>	<b>2</b>
<b>1.1.5. Extração de areia.</b>	<b>3</b>
<b>1.1.6. Acidentes ambientais.</b>	<b>3</b>
<b>1.1.7. O Estado do Rio de Janeiro – Usuário de Jusante.</b>	<b>3</b>
<b>1.2. O trecho Funil - Resende, a área de estudo.</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1. Considerações gerais.</b>	<b>4</b>
<b>1.2.3. Principais afluentes.</b>	<b>6</b>
<b>2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Água.</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1. Considerações.</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2. Caracterização dos locais de amostragem.</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2.1. Ponto FN06.</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2.2. Ponto PS1.</b>	<b>11</b>
<b>2.1.2.3. Ponto PS2.</b>	<b>11</b>
<b>2.1.2.4. Ponto PS3.</b>	<b>11</b>
<b>2.1.2.5. Ponto PS4.</b>	<b>11</b>
<b>2.1.2.6. Ponto PS5</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.5. Ponto PS6</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.5. Ponto PS7</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.5. Ponto PS8</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.6. Ponto PS9.</b>	<b>12</b>
<b>2.1.3. Parâmetros físicos e inorgânicos.</b>	<b>12</b>
<b>2.1.3.1. Temperatura.</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3.2. pH.</b>	<b>16</b>
<b>2.1.3.3. Oxigênio dissolvido - OD.</b>	<b>19</b>
<b>2.1.3.4. Condutividade</b>	<b>22</b>
<b>2.1.3.5. Turbidez.</b>	<b>25</b>
<b>2.1.3.6. Cor.</b>	<b>28</b>
<b>2.1.3.7. Sólidos em suspensão.</b>	<b>30</b>
<b>2.1.3.8. Nitrato.</b>	<b>32</b>
<b>2.1.3.9. Nitrito.</b>	<b>34</b>
<b>2.1.3.10. Nitrogênio amoniacal.</b>	<b>36</b>
<b>2.1.3.11. Fósforo.</b>	<b>38</b>
<b>2.1.3.12. Alcalinidade total.</b>	<b>38</b>
<b>2.1.3.13. Dureza total.</b>	<b>40</b>
<b>2.1.3.14. Fluoretos.</b>	<b>42</b>
<b>2.1.3.15. Alumínio dissolvido.</b>	<b>44</b>
<b>2.1.3.16. Arsênio.</b>	<b>47</b>
<b>2.1.3.17. Cádmio.</b>	<b>48</b>
<b>2.1.3.18. Cromo.</b>	<b>50</b>
<b>2.1.3.19. Cobre total e dissolvido.</b>	<b>52</b>
<b>2.1.3.20. Ferro total e dissolvido.</b>	<b>54</b>
<b>2.1.3.21. Manganês Total.</b>	<b>57</b>
<b>2.1.3.22. Mercúrio.</b>	<b>59</b>
<b>2.1.3.23. Chumbo.</b>	<b>59</b>

2.1.3.24. Zinco total.	61
2.1.4. Parâmetros orgânicos.	63
2.1.4.1. BTEX.	64
2.1.4.2. Fenóis.	64
2.1.4.3. Hidrocarbonetos aromáticos polinucleares.	65
2.2. Sedimentos.	67
2.2.1. Considerações.	67
2.2.2. Locais de amostragem.	68
2.2.3. Metais Pesados.	71
2.2.3.1 Chumbo.	75
2.2.3.2 Cobre.	76
2.2.3.3. Cromo.	77
2.2.3.4. Ferro.	78
2.2.3.5. Manganês.	79
2.2.3.6. Mercúrio.	80
2.2.3.7. Zinco.	81
2.2.3.8. Alumínio.	82
2.2.3.9. Antimônio.	83
2.2.13. Arsênio.	83
2.2.4. Substâncias Orgânicas.	84
2.2.4.1. Resultados.	85
3. ICTIOFAUNA.	88
3.1. Ictiofauna da Bacia do Rio Paraíba do Sul.	88
3.1.1. Considerações Gerais.	88
3.1.2. Espécies de peixes da bacia do rio Paraíba do Sul.	90
3.2. Ictiofauna da bacia de drenagem do trecho do rio Paraíba do Sul entre a UHE do Funil e a Barragem de Santa Cecília	90
3.2.1. Espécies registradas	90
3.2.2. Efeitos das alterações ambientais na ictiofauna	93
3.3. Monitoramento da ictiofauna	94
3.3.1. Considerações gerais	94
3.3.2. Locais das amostragens	95
3.3.3. Amostragem	98
3.3.4. Avaliação e interpretação dos resultados	100
3.3.4.1. Índice de integridade biótica de peixes (IIBP)	102
3.3.4.2. Número de espécies intolerantes	104
3.3.4.3. Proporção de espécies tolerantes	105
3.3.4.4. Espécies de peixes cujas populações foram mais atingidas	106
3.3.4.5. Considerações finais	108
4. PLÂNCTON	109
4.1 Considerações.	109
4.2. Amostragem.	109
4.3. Resultados	110
4.3.1. Zooplâncton	110
4.3.2. Fitoplâncton	110
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
6. BIBLIOGRAFIA	114



**LISTA DE FIGURAS.**

<b>Figura 1.1. Bacia de drenagem do rio Paraíba do Sul entre o reservatório do Funil e a barragem de Santa Cecília.</b>	<b>5</b>
<b>Figura 2.1. Localização dos pontos de amostragem no trecho do rio Paraíba do Sul compreendido entre o reservatório do Funil e a barragem de Santa Cecília</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2.2. Localização do ponto FN06 no reservatório e próximo à barragem da UHE de Funil.</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2.3. Variação de temperatura encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.4. Representação gráfica e resultados das medições de temperatura (°C) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2.5. Variação de pH encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.6. Representação gráfica e resultados das medições de pH nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.7. Variação de OD (mg/L) encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2.8. Representação gráfica e resultados das medições de OD (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2.9. Variação de Condutividade específica (µS/cm) encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2.10. Representação gráfica e resultados das medições da condutividade específica (µS/cm) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2.11. Variação de turbidez (UNT) encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2.12. Representação gráfica e resultados das medições da turbidez (UNT) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>27</b>
<b>Figura 2.13. Representação gráfica e resultados das medições da Cor (mg Pt/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2.14. Representação gráfica e resultados das medições de sólidos em suspensão (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>31</b>
<b>Figura 2.15. Representação gráfica e resultados das medições de nitrato (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>33</b>
<b>Figura 2.16. Representação gráfica e resultados das medições de nitrito (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>35</b>
<b>Figura 2.17. Representação gráfica e resultados das medições de nitrogênio amoniacal (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 2.18. Representação gráfica e resultados das medições da alcalinidade total (mg/L CaCO<sub>3</sub>) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>39</b>
<b>Figura 2.19. Representação gráfica e resultados das medições da dureza total (mg/L CaCO<sub>3</sub>) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 2.20. Representação gráfica e resultados das medições de fluoreto total (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.</b>	<b>43</b>
<b>Figura 2.21. Representação gráfica e resultados das medições de Alumínio dissolvido (mg/L) nos pontos de amostragem, com as inúmeras violações de padrão entre 2008 e 2010.</b>	<b>46</b>
<b>Figura 2.22. Representação gráfica e resultados das medições de ferro dissolvido (mg/L) nos pontos de amostragem, com as inúmeras violações de padrão no período de 2007 a 2010.</b>	<b>55</b>
<b>Figura 2.23. Representação gráfica e resultados das medições de ferro total (mg/L) nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.</b>	<b>56</b>



LISTA DE FIGURAS (continuação).

Figura 2.24. Representação gráfica e resultados das medições de manganês total (mg/L) nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.	58
Figura 2.25. Representação gráfica e resultados das medições de zinco total (mg/L)	62
Figura 2.26. Busca fundo modelo Van-Veen utilizado nas amostragens de sedimentos	68
Figura 2.27. Locais de amostragem de sedimentos no rio Paraíba do Sul.	69
Figura 2.28. Representação gráfica e resultados das medições de chumbo (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	75
Figura 2.29. Representação gráfica e resultados das medições de cobre (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	76
Figura 2.30. Representação gráfica e resultados das medições de cromo (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	77
Figura 2.31. Representação gráfica e resultados das medições de ferro (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	78
Figura 2.32. Representação gráfica e resultados das medições de manganês (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	79
Figura 2.33. Representação gráfica e resultados das medições de mercúrio (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	80
Figura 2.34. Representação gráfica e resultados das medições de zinco (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	81
Figura 2.35. Representação gráfica e resultados das medições de alumínio (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	82
Figura 2.36. Representação gráfica e resultados das medições de arsênio (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	83
Figura 3.1. Comparação entre o número de espécies de peixes com ocorrências registradas na bacia do rio Paraíba do Sul e na bacia de drenagem do trecho Funil - Santa Cecília.	92
Figura 3.2. Locais de amostragem no rio Paraíba do Sul, nas regiões da Estrada do Funil e (à esquerda) e foz do rio Bonito (à direita).	95
Figura 3.3. Áreas de amostragem no rio Paraíba do Sul, na altura de Bulhões – Pólo Industrial Resende / Porto Real (à esquerda) e Floriano (à direita).	96
Figura 3.4. Áreas de amostragem no rio Paraíba do Sul, na altura de Pinheiral (à esquerda) e Vargem Alegre (à direita).	96
Figura 3.5. Trecho do rio Paraíba do Sul entre o reservatório do Funil e Barra do Pirai destacando-se os trechos de amostragem de peixes	97
Figura 3.6. Representação gráfica mostrando os resultados do índice de integridade biótica de peixes - IIBP nos quatro trechos. Observa-se a redução nítida nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre após o acidente com o inseticida endosulfan.	103
Figura 3.7. Representação gráfica mostrando a redução das espécies intolerantes nos diversos trechos de amostragem após o acidente do endosulfan.	105
Figura 3.8. Representação gráfica mostrando o aumento na proporção de espécies tolerantes nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre.	106
Figura 3.9. Representação gráfica mostrando as espécies que sofreram redução populacional drástica nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre.	107

**LISTA DE FIGURAS (continuação).**

Figura 4.1. Exemplo de resultados de análises baseados na média de 03 amostragens realizadas em maio e agosto de 2009 e fevereiro de 2010 mostrando a concentração, em número de células por litro, de cianobactérias e clorofíceas.	111
Figura 4.2. Floração do Fitoplâncton no reservatório do Funil com predominância de cianobactérias.	111
Figura 4.3. Exemplo de resultados de análises baseados na média de 03 amostragens realizadas em maio e agosto de 2009 e fevereiro de 2010 mostrando a concentração, em número de células por litro, de organismos fitoplanctônicos das principais Classes. Observa-se as maiores concentrações no ponto FN06.	112

**LISTA DE TABELAS E QUADROS.**

Tabela 2.1. Coordenadas de referência dos pontos de amostragem.	10
Tabela 2.2. Valores medianos, mínimos e máximos de temperatura encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	14
Tabela 2.3. Valores medianos, mínimos e máximos de pH encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	17
Tabela 2.4. Valores medianos, mínimos e máximos de OD encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	20
Tabela 2.5. Valores medianos, mínimos e máximos de condutividade específica encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	23
Tabela 2.6. Valores medianos, mínimos e máximos de turbidez encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	26
Tabela 2.7. Valores medianos, mínimos e máximos de Cor (mg Pt/L) encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	28
Tabela 2.8. Valores medianos, mínimos e máximos de sólidos em suspensão encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	30
Tabela 2.9. Valores medianos, mínimos e máximos de nitrato encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	32
Tabela 2.10. Valores medianos, mínimos e máximos de nitrito encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	34
Tabela 2.11. Valores medianos, mínimos e máximos de nitrogênio amoniacal encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	36
Tabela 2.12. Valores medianos, mínimos e máximos de alcalinidade total nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	38
Tabela 2.13. Valores medianos, mínimos e máximos de dureza total nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	40
Tabela 2.14. Valores medianos, mínimos e máximos de fluoretos nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.	42
Tabela 2.15. Solos encontrados na região do trecho Funil - Santa Cecília do rio Paraíba do Sul (CPRM, 2001). Os dados comprovam a predominância de solos com características álicas (altas concentrações de alumínio).	44
Tabela 2.16. Valores medianos, mínimos e máximos de alumínio dissolvido nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.	45
Tabela 2.17. Resultados das análises de arsênio (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2008 a fevereiro de 2010.	47
Tabela 2.18. Resultados das análises de cádmio (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.	49
Tabela 2.19. Resultados das análises de cromo total (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.	51
Tabela 2.20. Resultados das análises de cobre total (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.	53

## LISTA DE TABELAS E QUADROS (continuação).

Tabela 2.21. Valores medianos, mínimos e máximos de ferro dissolvido nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.	54
Tabela 2.22. Valores medianos, mínimos e máximos de ferro total nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.	54
Tabela 2.23. Resultados das análises de chumbo (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.	60
Tabela 2.24. Valores medianos, mínimos e máximos de zinco total nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.	61
Tabela 2.25. Amostragens de parâmetros orgânicos realizadas no período de abril/07 a dezembro/09.	63
Tabela 2.26. Limites de referência internacionais para metais em sedimentos para preservação da vida aquática.	68
Tabela 2.27. Localização e relação de amostras de Sedimentos coletadas no Rio Paraíba do Sul no trecho Funil - Santa Cecília, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.	70
Tabela 2.28. Resultados das análises de metais pesados em amostras de sedimentos coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2008 a outubro de 2009.	72
Tabela 2.29. Limites de referência internacionais para HAPs e PCBs em sedimentos para preservação da vida aquática.	85
Tabela 2.30. Resultados de fenóis, PCBs e HAPs em amostras de sedimentos coletadas em julho de 2008.	87
Tabela 3.1. Relação das espécies de peixes com ocorrência comprovada na calha do rio Paraíba do Sul, trecho Funil – Santa Cecília. As espécies exóticas (introduzidas) estão assinaladas com um asterisco (*).	91
Tabela 3.2. “Kits” padronizados de redes de monofilamento de Nylon, para amostragem quantitativa da ictiofauna.	98
Tabela 3.3. Amostragens realizadas nos 6 trechos do rio Paraíba do Sul entre janeiro de 2006 e abril de 2007.	99
Tabela 3.4. Síntese dos resultados obtidos através do tratamento dos dados das 190 amostragens realizadas no período de janeiro de 2006 a abril de 2010.	101
Quadro 3.1. Causas e efeitos das pressões antrópicas sobre a ictiofauna do rio Paraíba do Sul, trecho UHE Funil – Barragem de Santa Cecília.	93
Quadro.3.2. Critérios para interpretação do índice de integridade biótica de peixes (IIBP) do rio Paraíba do Sul, Trecho Funil – Santa Cecília.	102

## INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico foi elaborado pelo Serviço de Informação e Monitoramento da Superintendência Regional do Médio Paraíba, SUPMEP / INEA, com apoio da equipe de pesquisadores do Setor de Ictiologia do Museu Nacional, UFRJ. As atividades foram realizadas com apoio dos contratos firmados entre a Votorantim Siderurgia, Unidade de Resende, a Companhia Siderúrgica Nacional e a Fundação Educacional Ciência e Desenvolvimento, FECD, com sede no Centro de Ciências da Saúde, CCS, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. O objetivo dos contratos foram viabilizar o suporte científico, administrativo e financeiro para a execução de uma série de estudos no rio Paraíba do Sul na região do Médio Paraíba compreendida entre o reservatório do Funil e a barragem de Santa Cecília, envolvendo as Empresas, a Universidade e o Órgão Ambiental do estado do Rio de Janeiro. Os estudos consistem do monitoramento físico, químico e biológico, principalmente da ictiofauna, com o objetivo de avaliar o status da qualidade ambiental do rio Paraíba do Sul na região

Tal tipo de parceria vem se confirmando como de grande valia para o controle ambiental local, tendo os resultados obtidos servido, tanto para atender os interesses dos setores de controle ambiental das empresas, bem como para subsidiar o planejamento de ações relacionadas à recuperação ambiental no Médio Paraíba.

O exemplo mais significativo da importância do projeto refere-se à utilização dos resultados no diagnóstico do impacto ambiental causado pelo vazamento do inseticida endossulfan pela empresa Servatis, situada no município de Resende, em novembro de 2008. O projeto foi ainda imprescindível para a elaboração do "Programa de recuperação da ictiofauna nativa do rio Paraíba do Sul" pelo INEA. Este documento foi elaborado pela SUPMEP / INEA, com apoio do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Peixes Continentais, CEPTA / ICMBio, do Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura da Universidade de Mogi das Cruzes, UMC, da Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Paraibuna da, CESP e de pesquisadores do Setor de Ictiologia do Museu Nacional, UFRJ.

Os resultados apresentados no presente documento abordam estudos e pesquisas referentes ao monitoramento físico-químico e biológico realizado no entre abril de 2007 e fevereiro de 2010 no trecho do rio Paraíba do Sul compreendido entre o reservatório do Funil e a barragem de Santa Cecília .

As amostragens de parâmetros físico-químicos e plâncton foram realizadas em 09 pontos na calha do rio Paraíba do Sul e 01 no reservatório do Funil próximo à barragem. A amostragem da ictiofauna foi realizada em seis trechos do rio Paraíba do Sul no trecho compreendido entre as barragens do Funil em Itatiaia e de Santa Cecília em Barra do Pirai.

Os resultados do monitoramento de parâmetros físico-químicos obtidos a partir de fevereiro de 2010 e da ictiofauna obtidos a partir de abril de 2010, serão apresentados no segundo semestre de 2011, devido à necessidade de manutenção de séries históricas por períodos sazonais.

Para a avaliação dos resultados dos parâmetros físico-químicos na água utilizou-se como referência os padrões da Resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA (CONAMA, 2005). Para os sedimentos, como não existem limites de referência para sedimentos de ecossistemas de água doce brasileiros, foram utilizados limites recomendados no Canadá e Estados Unidos da

América (CANADA, 2003; WISCONSIN, 2003). A metodologia, bem como os resultados do monitoramento da água e sedimentos estão descritos detalhadamente no Capítulo 2.

O monitoramento de plâncton, especialmente fitoplâncton, forneceu informações suplementares ajudando a comprovar a influência do reservatório do Funil nos pontos de amostragem na calha do RPS à jusante.

O monitoramento da ictiofauna foi realizado de acordo com metodologia descrita em detalhes nas revisões 3 e 4 do caderno técnico da Superintendência Regional do Médio Paraíba, SUPMEP / INEA: *Critérios e procedimentos para o monitoramento da ictiofauna da Bacia do rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecília* (ARAUJO & NUNAN, 2009-10). A aplicação da metodologia permite estimar, dentro dos critérios estabelecidos, o índice de integridade biótica de peixes, IIBP, e também definir o status da qualidade ambiental do rio Paraíba do Sul na região.

## 1. ÁREA DE ESTUDO.

Para um melhor entendimento sobre a área de estudo é necessário situá-la dentro de um cenário maior que é a bacia do rio Paraíba do Sul, considerando, principalmente, a evolução das transformações ambientais.

### 1.1. A Bacia do rio Paraíba do Sul.

#### 1.1.1. Localização e breve histórico.

O rio Paraíba do Sul nasce na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, e deságua no norte fluminense, percorrendo uma extensão de 1.137 km de sua nascente, no rio Paraitinga, até a sua foz em Atafona. A Bacia do Rio Paraíba do Sul está compreendida entre os paralelos 20°26' e 23° 38' S e os meridianos 41°00' e 46°30' W possuindo uma área de drenagem de cerca de 55.500 km<sup>2</sup>, abrangendo áreas dos estados de São Paulo (13.900 km<sup>2</sup>), Minas Gerais (20.700 km<sup>2</sup>) e Rio de Janeiro (20.900km<sup>2</sup>).

Ao norte o divisor de águas situa-se na Serra da Mantiqueira, entre os Rios Grande (Bacia do Paraná) e Doce; ao sul, a Serra do Mar isola a bacia por diversos rios pequenos que fluem diretamente para o Oceano Atlântico. Na região Leste, o isolamento da Bacia do Paraíba do Sul se dá por meio de relevos montanhosos localizados entre a Serra da Mantiqueira e a Serra do Mar, que separam o sistema da bacia do Rio Itabapoana. A oeste, o divisor de águas com o rio Tietê (Bacia do Rio Paraná) é constituído por ramificações diversas dos maciços da Serra do Mar e Mantiqueira.

O processo de degradação ambiental da bacia do Paraíba do Sul foi desencadeado no século XVII, quando se iniciou a devastação da cobertura vegetal para implantação da cultura da cana de açúcar no vale do Paraíba paulista e região dos Goitacazes (Campos dos Goitacazes), no Estado do Rio de Janeiro. Foi intensificado nos séculos XVIII e XIX, nas regiões do alto e médio Paraíba, com o ciclo do café. No final do século XIX, houve o colapso da cultura cafeeira devido à abolição da escravatura. Por esta época, porém, a dramática redução da área original de cobertura vegetal do vale do Paraíba do Sul já se fazia sentir, com o surgimento de problemas originados pela erosão acelerada, assoreamento de rios e perda da fertilidade do solo. Como consequência, as plantações transformaram-se em pastagens. Ainda assim, na primeira metade do século XX a atividade econômica da bacia ainda se limitava basicamente a atividades agropecuárias. O desenvolvimento industrial e a consequente expansão urbana foi iniciada na década de 1940.

Atualmente a bacia está consideravelmente descaracterizada em relação às condições ambientais originais, não somente pela devastação quase total da cobertura vegetal, mas também pela expansão urbana e industrial, a construção de barragens, a regularização da vazão do rio Paraíba do Sul em seu curso superior e médio, e a transposição de suas águas pelo sistema Rio-Light. Como grave consequência dos barramentos, o rio está sendo gradativamente compartimentado em segmentos delimitados pelas barragens. Cada trecho influenciado por barragens vêm adquirindo características ecológicas próprias em decorrência de impactos localizados e grandemente influenciados por ações antrópicas.



### **1.1.2. Hidrelétricas e barragens.**

Além dos inevitáveis conflitos sociais, os problemas causados pelas hidrelétricas e barragens implicam na divisão de rios em compartimentos e ocasionam inevitáveis alterações nas características ecológicas dos segmentos da bacia hidrográfica onde cada obra hidráulica está inserida, além dos inevitáveis problemas sociais. As barragens impõem um obstáculo físico – efeito barreira – que altera habitats, diminui a vazão original, cria regime de escoamento irregular, altera a qualidade da água e aumenta a vulnerabilidade das comunidades de peixes. Limitam a livre movimentação de espécies nativas migratórias para montante ou jusante do obstáculo, reduzindo ou impedindo o seu acesso a áreas fundamentais para o seu ciclo de vida. Tal fragmentação populacional causa desequilíbrio na estrutura das populações e, a médio prazo, provoca o desaparecimento de espécies migratórias a montante e jusante.

Esta situação vem se agravando gradualmente na bacia do rio Paraíba do Sul em função da construção de novas barragens de UHEs e PCHs na calha principal do rio bem como nos seus principais afluentes: rios Preto, Paraibuna, Grande, Piabanha, Pomba, entre outros. Isto pode determinar, além de outros problemas, o desaparecimento de grande parte das populações das espécies de peixes nativas da bacia, incluindo o aumento dos riscos para as espécies já ameaçadas, como o surubim do Paraíba e a Piabanha (Brasil, 2008).

As Hidrelétricas que estão sendo construídas ou planejadas são: UHE de Itaocara, complexo PCH Anta / UHE Simplício, PCH de Barra do Pomba, PCH de Cambucí, PCH de Lavrinhas e PCH de Queluz - as duas últimas no estado de São Paulo, em início de operação.

### **1.1.3. Cobertura florestal e a demanda por água.**

As florestas primitivas Bacia do Rio Paraíba do Sul foram sistematicamente devastadas, influenciando enormemente a produção de água, que hoje se configura como uma situação preocupante em relação a futuras demandas. Considera-se também, como consequência, o desgaste dos solos com perda da fertilidade em espaço de tempo relativamente curto. A exploração da agricultura em algumas regiões, a pecuária extensiva e a expansão urba

na desordenada potencializaram o desgaste dos solos, acentuando os processos erosivos, o que também representa um sério problema.

### **1.1.4. Poluição hídrica.**

As principais fontes da poluição hídrica na bacia do Rio Paraíba do Sul são os esgotos domésticos e os efluentes industriais. O tratamento de esgotos domésticos na bacia fluminense ainda é incipiente, com perspectivas para tratamento de esgotos a curto e médio prazo com apoio do PAC, principalmente para a região do Médio Paraíba.

Mesmo considerando o licenciamento ambiental e a obrigatoriedade de enquadramento das atividades industriais na Legislação e Normas Ambientais, o monitoramento e controle dos efluentes gerados pelas indústrias são insuficientes. As Normas com os padrões de lançamento precisam ser revistas, devendo-se incluir, além dos limites de concentração de poluentes específicos, limites de carga para alguns parâmetros prioritários, principalmente para a Bacia do Rio Paraíba do Sul.

### **1.1.5. Extração de areia.**

A exploração de areia no Vale do Paraíba tem se revelado como um problema histórico. A intensa extração mineral teve início na década de 50 com o predomínio da extração no leito do rio por pequenas empresas e com impacto ambiental relativamente baixo. Devido ao crescimento da demanda por agregados para a construção civil e para atender aos mercados regionais, principalmente no estado de São Paulo, novas necessidades surgiram na década de 70, esgotando a capacidade de extração de areia no leito do rio. Conseqüentemente, foram aparecendo as primeiras cavas às margens do rio Paraíba do Sul que aumentaram de maneira desordenada e sem critérios. Essa atividade mineradora se revela de forma ostensiva no Vale do Paraíba paulista.

No estado do Rio de Janeiro a extração de areia na bacia do rio Paraíba do Sul é realizada principalmente na calha, incluindo de alguns afluentes. O licenciamento ambiental dessas atividades na região do Médio Paraíba é problemático.

### **1.1.6. Acidentes ambientais.**

A fabricação, estocagem, transporte e utilização de produtos químicos tóxicos e perigosos na bacia do rio Paraíba do Sul constituem um risco permanente para os ecossistemas aquáticos e para o abastecimento público de água. Frequentemente acontecem vazamentos ou derrames acidentais no transporte desses produtos. Na região do Médio Paraíba fluminense foram registrados vários acidentes por vazamento de produtos químicos tóxicos e perigosos em indústrias químicas da região. O mais recente ocorreu na madrugada do dia 18 de novembro de 2008, na empresa Servatis, localizada no município de Resende, quando uma operação não acompanhada da transferência de uma solução contendo 20% do inseticida endosulfan proveniente de um caminhão tanque, deu origem a um vazamento de aproximadamente 8 mil litros (informação da empresa, dados não confirmados) do produto para o rio Pirapitinga, afluente do rio Paraíba do Sul. Este incidente iniciou um processo implacável de mortandade de peixes no rio Paraíba do Sul, sendo a maior observada historicamente na região do Médio Paraíba. A mortandade afetou sem discriminação praticamente todas as populações da ictiofauna regional (Araujo *et al.*, 2009).

### **1.1.7. O Estado do Rio de Janeiro – Usuário de Jusante.**

O estado do Rio de Janeiro como usuário de jusante, está totalmente vulnerável à poluição, interferências e manipulação dos recursos hídricos pelos usuários de montante: os Estados de São Paulo e Minas Gerais. A entrada do Rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro é pelo reservatório do Funil, o qual recebe toda a carga poluente da bacia vinda do território paulista. Há um grande engano em afirmar que o reservatório do Funil funciona como um “depurador” da poluição. A carga de nutrientes gerada em território paulista, principalmente por esgotos sanitários, está transformando o reservatório devido à excessiva produção de biomassa planctônica, inclusive de cianobactérias. Devido ao “input” e reciclagem interna dos nutrientes o reservatório é hoje o equivalente a um enorme lançamento de esgoto “in natura”. Ressalte-se também o acúmulo de poluentes nos sedimentos finos dentro do reservatório, principalmente metais pesados, podendo-se tornar um sério problema no futuro.

Com relação à bacia drenante proveniente do estado de Minas Gerais, vale ressaltar que o estado do Rio de Janeiro está totalmente vulnerável a acidentes, podendo-se citar

como exemplo a ocorrência de alguns de extrema gravidade: rompimento do dique de contenção da lagoa da Companhia Paraibuna de Metais em Juiz de Fora, MG, em 1977; rompimento do dique de contenção da lagoa de rejeitos da Cia de Papel Cataguases em Cataguases, MG, em 2003; rompimento do dique de contenção de bauxita da Mineradora Rio Pomba em Mirai, MG, em 2007.

## **1.2. O trecho Funil - Santa Cecília, a área de estudo.**

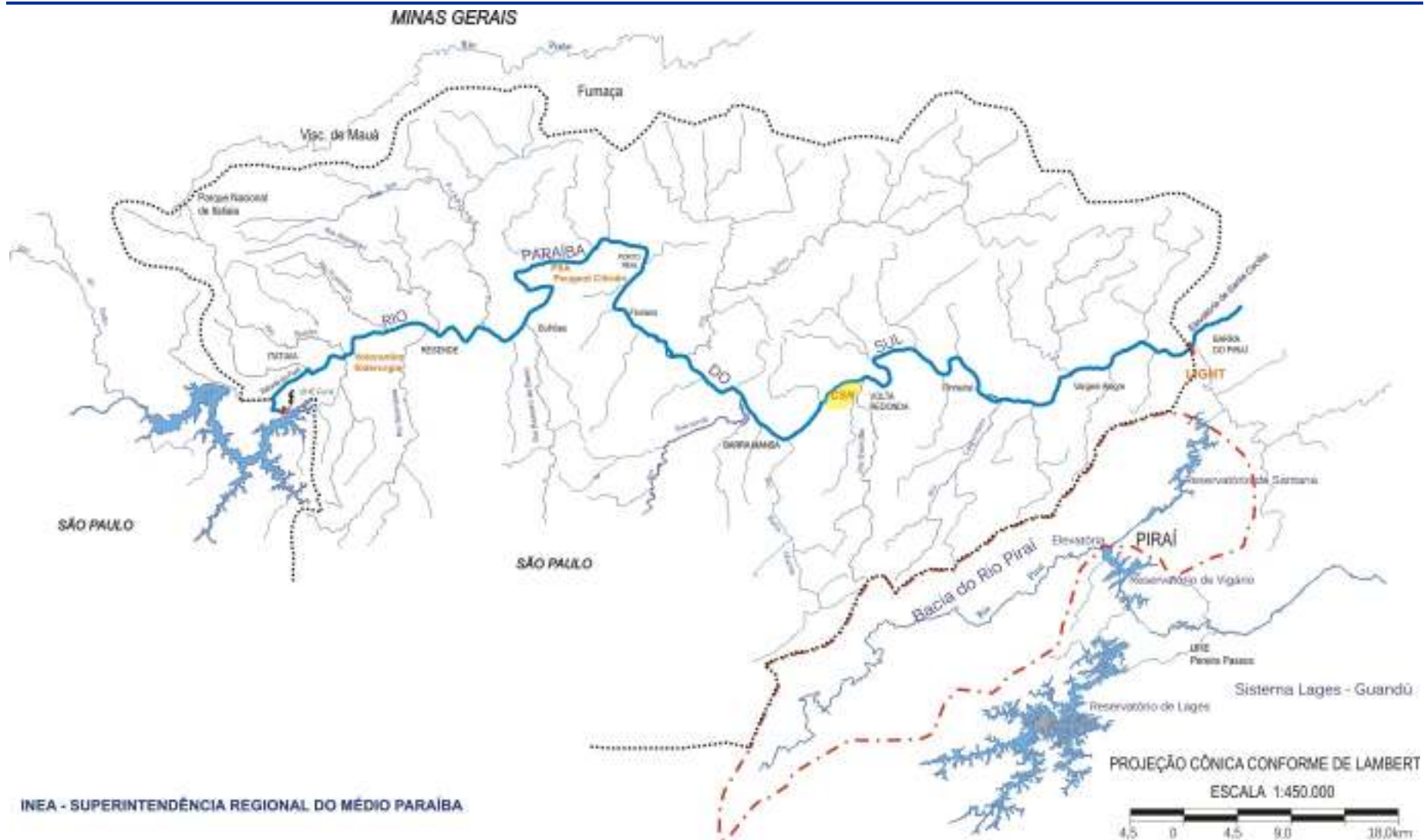
### **1.2.1. Considerações gerais.**

Para atendimento aos objetivos propostos foi escolhido o trecho compreendido entre a barragem do Funil e o pólo industrial de Resende (Figura 1.1). Neste trecho o rio Paraíba do Sul percorre uma distância de aproximadamente 120 quilômetros, recebendo uma contribuição afluyente da bacia de drenagem de cerca de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  e vazão afluyente da UHE do Funil de  $230 \text{ m}^3/\text{s}$  (médias estimadas para condições normais, havendo variação diária acentuada em função da demanda de energia elétrica).

A partir de maio de 1980, o sistema de reservatórios deveria ter passado a obedecer a uma configuração de regularização intermediária, para atender com prioridade máxima uma vazão de  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  para a jusante da barragem de Santa Cecília em Barra do Pirai, sendo a energia elétrica subproduto da regularização. A situação atual, porém, não permite tal configuração, tendo as usinas hidrelétricas passado a atender prioritariamente às demandas de energia elétrica para evitar um colapso no sistema interligado de distribuição e os sistemas de abastecimento de água, principalmente do Guandu. Não há atualmente, portanto, regras definidas sendo cumpridas, estando a vazão do rio Paraíba do Sul e aspectos hidrológicos relacionados, dependentes das prioridades descritas.

A barragem do Funil tem comprimento de 385 metros, abóbada de concreto de dupla curvatura, altura de 85 m, vertedouros de superfície e fundo (com controle) e comportas tipo “segmento”. O Reservatório teve o início de seu enchimento em outubro de 1969 e a entrada em operação da última de suas três unidades geradoras em abril de 1970. Esta intervenção decretou involuntariamente o início do processo de extinção das populações das espécies de peixes de piracema à jusante da barragem. A vazão do rio Paraíba do Sul na região é determinada principalmente pelas operações da barragem do Funil que provocam variações significativas de nível na calha do rio nos trechos próximos à jusante.

Parte da carga poluente da bacia de drenagem paulista é depurada e sedimentada no Reservatório do Funil. A carga de nutrientes está aumentando gradativamente, provocando florações sistemáticas de cianobactérias dentro do reservatório, o que pode comprometer a qualidade da água à jusante. Após a barragem do Funil, o rio passa outra vez a sofrer diretamente os efeitos das atividades antrópicas a partir do Município de Itatiaia. Deste ponto em diante é severamente impactado por receber toda a carga de esgotos domésticos sem tratamento, assim como efluentes líquidos de indústrias e de atividades agropecuárias localizadas na bacia de drenagem.



INEA - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO MÉDIO PARAÍBA

Figura 1.1. Bacia de drenagem do rio Paraíba do Sul entre o reservatório do Funil e a barragem de Santa Cecília.

### 1.2.2. Principais afluentes.

Os principais afluentes do rio Paraíba do Sul na região considerando vazão e importância ecológica são:

#### **Afluentes de margem esquerda.**

**Rio Bonito** (Rio Campo Belo): nasce nas montanhas do Parque Nacional de Itatiaia, sendo caracterizado por grande declividade em seu curto percurso, água clara e pouca vazão. Abastece a cidade de Itatiaia, recebendo os efluentes líquidos da fábrica de pneus Michelin próximo à sua foz. Sua foz está localizada em frente à área da Votorantim Siderurgia, Unidade de Resende;

**Rio Alambari**: nasce igualmente nas montanhas do Parque Nacional de Itatiaia, mostrando grande declividade no início de seu percurso, água clara e pouca vazão. Abastece a Academia Militar das Agulhas Negras – AMAN, da qual recebe seus efluentes líquidos, assim como o esgoto da cidade de Resende próximo à foz. Sua foz está localizada na área urbana de Resende

**Rio Pirapitinga**: nasce nas montanhas do Parque Nacional de Itatiaia, caracterizando-se por grande declividade no início do percurso e águas claras. Abastece e recebe os efluentes líquidos da Servatis próximo à sua foz que está localizada à jusante de Resende.

**Rio Turvo**: nasce na vertente da Serra da Mantiqueira, na localidade de São José do Turvo. Percorre uma região degradada pelo desmatamento, possuindo água turva. Neste rio, há atividade limitada de extração de areia.

#### **Afluentes de margem direita.**

**Rio Sesmaria**: nasce no município de São José do Barreiro, SP. Devido aos desmatamentos históricos das áreas de sua bacia, é um rio que recebe altas contribuições de sedimentos os quais são transportados para a calha do Rio Paraíba do Sul. Sua foz está localizada na área urbana de Resende.

**Rio Barreiro de Baixo**: nasce no município de Arapeí, SP. Devido aos desmatamentos históricos das áreas de sua bacia é um rio que recebe altas contribuições de sedimentos os quais são transportados para a calha do Rio Paraíba do Sul. Sua foz está localizada em Bulhões, na divisa dos municípios de Resende e Porto Real.

**Rio Bananal**: nasce na vertente norte da Serra da Bocaina, no município de Bananal, SP, abrangendo uma pequena porção do planalto. É drenando nas suas cabeceiras, a escarpa interior da Serra da Bocaina, até atingir a região do médio Paraíba do Sul, desaguardo próximo à cidade de Barra Mansa. Tem águas turvas nas áreas baixas e é o principal afluente regional do rio Paraíba do Sul em termos de vazão. Além da atividade de extração de areia, este rio recebe esgotos domésticos em Barra Mansa. Sua foz está localizada dentro do parque industrial da Siderúrgica Barra Mansa, SBM.



## 2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

### 2.1. Água.

#### 2.1.1. Considerações.

O monitoramento da qualidade da água é parte de um conjunto de estudos, cujas informações servem para avaliar as condições ambientais do trecho do rio Paraíba do Sul compreendido entre a barragem do Funil e a região de Resende.

Os padrões brasileiros de qualidade das águas em vigor são definidos para subsidiar a proposta de enquadramento dos corpos d'água e são estabelecidos pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA (Brasil, 2005).

As águas do rio Paraíba do Sul são consideradas Classe 2 de acordo com os seus usos preponderantes podendo ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;
- c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) a aquicultura e a atividade de pesca.

Deve-se considerar que os padrões da resolução CONAMA 357/05 para o enquadramento dos corpos d'água Classe 1 e 2 têm como principal objetivo a proteção das populações das comunidades de organismos aquáticos. Portanto, a inclusão de estudos de comunidades aquáticas, principalmente da ictiofauna (Capítulo 3), para avaliação do status da qualidade ambiental de segmentos de bacias hidrográficas torna-se imprescindível para o diagnóstico.

O rio Paraíba do Sul na área de estudo é altamente influenciado pela Usina Hidrelétrica do Funil, tanto pelo reservatório, como pelas regras operacionais da barragem, ou seja: geração de energia e regularização de vazão. O reservatório influi também no transporte de sedimentos do território paulista para o estado do Rio de Janeiro, sendo que a maior parte desses sedimentos decanta no reservatório.

Como critério e para melhor entendimento pode-se dividir a sazonalidade na região em duas épocas: Seca e cheias. Essa divisão é importante para os estudos da qualidade ou características físicas e químicas da água, bem como para os estudos das comunidades aquáticas:

- A seca abrange os meses de abril a setembro, podendo haver exceções em alguns anos quando ocorrem chuvas torrenciais no início de abril e final de setembro.
- As cheias abrangem os meses de outubro a março, principalmente novembro a março, quando ocorrem mudanças significativas nas características das águas incluindo: temperatura, concentrações de oxigênio dissolvido, cor, turbidez e aumento de alguns metais de origem natural como o ferro e alumínio.

Essas alterações são acentuadas devido à degradação ambiental da bacia do rio Paraíba do Sul em função da devastação da cobertura vegetal e ocupação desordenada do solo.



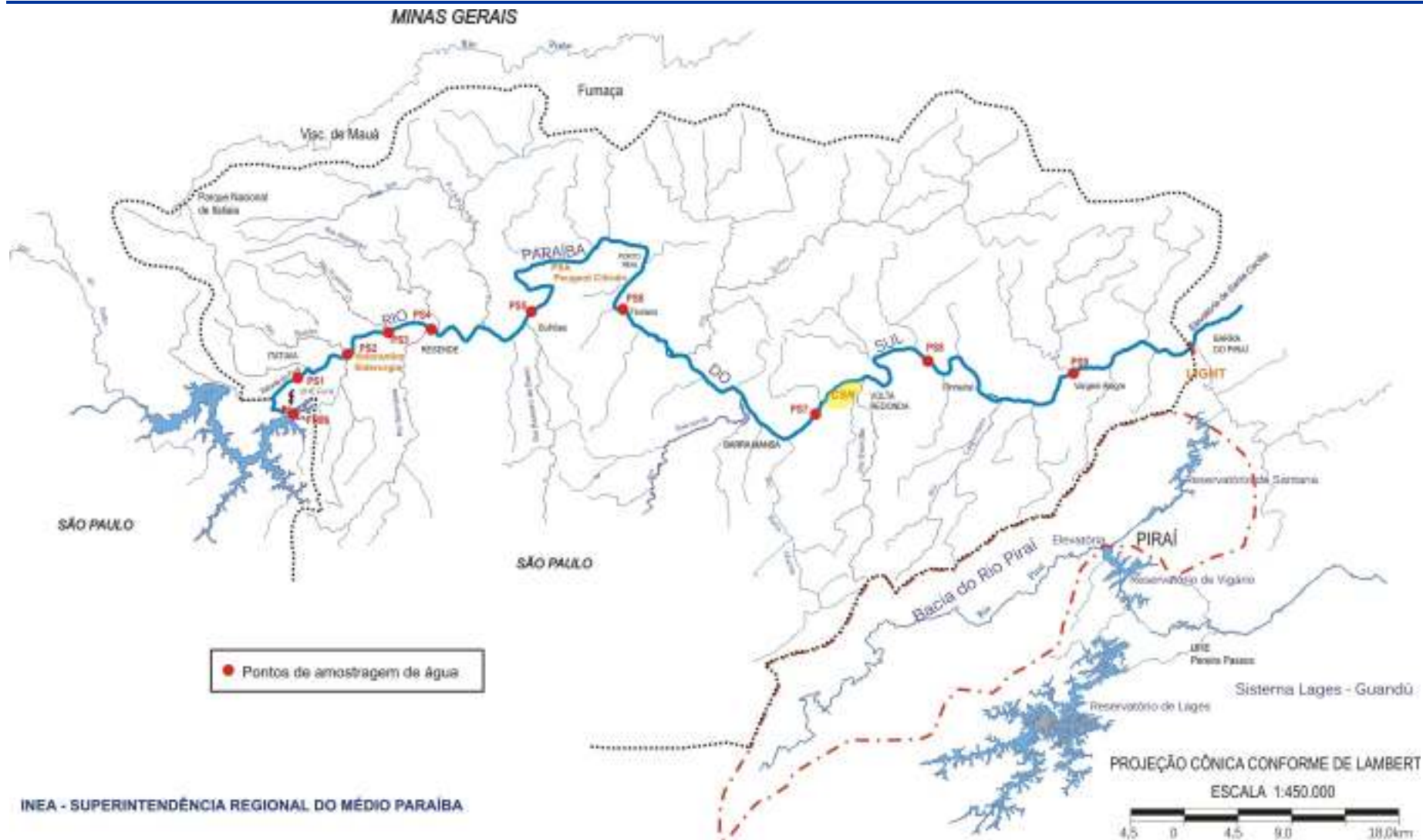
Os resultados apresentados neste capítulo são referentes ao monitoramento realizado entre abril de 2007 e fevereiro de 2010 com suporte do convênio FECD / Votorantim e a partir de janeiro de 2009 com reforço do convênio FECD / CSN. Os resultados obtidos a partir de fevereiro de 2010 serão apresentados no segundo semestre de 2011.

### **2.1.2. Caracterização dos locais de amostragem.**

Como critério foram escolhidos inicialmente 04 pontos de amostragem na calha do rio Paraíba do Sul e 01 no reservatório do Funil próximo à barragem (projeto FECD / Votorantim), codificados como PS1, PS2, PS3, PS4 e FN06 respectivamente. Esses pontos estão sendo amostrados a partir de abril de 2007 com apoio

Em outubro e dezembro de 2007 e março de 2008 foram realizadas amostragens em mais quatro pontos à jusante da cidade de Resende com o objetivo de se comparar os resultados das amostragens à montante e verificar a necessidade da inclusão de mais algum ponto. Esses pontos foram codificados como PS5, PS6, PS7 e PS8. Após comparação dos resultados, o ponto PS5 foi incluído no programa de amostragem mensal do projeto FECD / Votorantim a partir de março de 2008. A partir de janeiro de 2009 foram incluídos os pontos PS6 a PS9 para atender ao convênio FECD / CSN.

A Figura 2.1 mostra a localização dos pontos e a Tabela 2.1 as coordenadas de referência.



INEA - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO MÉDIO PARAÍBA

Figura 2.1. Localização dos pontos de amostragem no trecho do rio Paraíba do Sul compreendido entre o reservatório do Funil e a barragem de Santa Cecília.

**Tabela 2.1. Coordenadas de referência dos pontos de amostragem**

	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>FN06</b>	22° 31' 46"	44° 33' 51"
<b>PS1</b>	22° 30' 27.6"	44° 34' 3.1"
<b>PS2</b>	22° 28' 53.6"	44° 30' 47.3"
<b>PS3</b>	22° 28' 7.9"	44° 29' 17"
<b>PS4</b>	22° 28' 1.8"	44° 26' 50.1"
<b>PS5</b>	22° 27' 19.6"	44° 22' 14.6"
<b>PS6</b>	22°27'1.37"	44°18'1.15"
<b>PS7</b>	22°31'36.22"	44° 8'8.45"
<b>PS8</b>	22°28'42.86"	44° 3'47.47"
<b>PS9</b>	22°29'55.89"	43°56'4.92"

Para as amostragens de água foram utilizadas garrafas de profundidade com capacidade para 02 litros, construídas em acrílico e aço inoxidável de acordo com modelo cedido à FEEMA pelo projeto GTZ - Alemanha. Para amostras de superfície foram utilizados balde de aço inoxidável e recipiente de polietileno, ambos com capacidade de 04 litros.

As análises foram realizadas pelo laboratório Analytical Solutions localizado na cidade do Rio de Janeiro.

#### **2.1.2.1. Ponto FN06.**

O ponto está localizado dentro do reservatório do Funil próximo à barragem e foi incluído por representar a água do rio Paraíba do Sul que entra no estado do Rio de Janeiro.



**Figura2.2. Localização do ponto FN06 no reservatório e próximo à barragem da UHE de Funil.**

#### **2.1.2.2. Ponto PS1.**

Está situado próximo ao centro da cidade de Itatiaia na localidade conhecida como Estrada do Funil. A área próxima é constituída de pastagens, sem indústrias nas proximidades, com poucas residências e pouco lançamento de esgoto in natura.

#### **2.1.2.3. Ponto PS2.**

Está situado imediatamente à jusante da Votorantim Siderurgia, Unidade Resende. A margem esquerda do rio Paraíba do Sul pertence ao município de Itatiaia, localidade de Marechal Jardim. A comunicação entre os dois municípios na área é feita pela ponte denominada Acesso Oeste referente ao município de Resende. A margem direita é parte da Votorantim Siderurgia no município de Resende.

À montante estão localizadas duas indústrias: a fábrica de pneus da Michelin que lança afluentes no rio Campo Belo afluente do rio Bonito e a Xerox que lança afluentes no rio Paraíba do Sul.

A área próxima é constituída de pastagens na margem esquerda, da Unidade Resende da Votorantim na margem direita, com poucas residências e pouco lançamento de esgoto in natura.

#### **2.1.2.4. Ponto PS3.**

Está situado em frente à foz do rio Portinho (margem esquerda) e próximo aos bairros Alegria e Itapuca na cidade de Resende (margem direita). Com referência à calha do RPS, está localizado a 14,1 Km à jusante da barragem do Funil, e 4 Km à jusante da Votorantim Siderurgia, Unidade Resende.

A área da margem esquerda do rio Paraíba do Sul próxima ao ponto é constituída por pastagens divididas pelo do rio Portinho que é cruzado pela rodovia Presidente Dutra. Na margem direita estão localizados bairros residenciais populares de Resende- Alegria, Itapuca, Primavera, entre outros - que lançam esgoto in natura na margem direita, tanto à montante como à jusante.

É bom ressaltar que nesta área está localizada à montante, margem esquerda, aproximadamente 1,5Km do ponto, a Reciclagem Sudeste. Esta empresa operava principalmente com reciclagem de sucatas da Xerox e foi desativada por problemas ambientais e questões jurídicas. Seu passivo ambiental (sucatas e resíduos) ainda permanece na área.

#### **2.1.2.5. Ponto PS4.**

Está situado no centro urbano de Resende. Neste ponto as águas do rio Paraíba do Sul são influenciadas pelo lançamento de esgoto dos municípios de Itatiaia e Resende e efluentes industriais das indústrias de montante. Com referência à calha do RPS, está localizado a 24,3 Km à jusante da barragem do Funil, e 8,5 Km à jusante da Votorantim Siderurgia, Unidade Resende.

#### **2.1.2.6. Ponto PS5.**

Está situado na ponte ferroviária sobre o rio Paraíba do Sul à montante dos pólos industriais de Resende e Porto Real, próximo à rodovia Presidente Dutra, à jusante da foz do rio Barreiro de Baixo (margem direita). Com referência à calha do RPS, está localizado a 29,8 Km à jusante da barragem do Funil, e 18,9 Km à jusante da Votorantim Siderurgia, Unidade Resende.

#### **2.1.2.7. Ponto PS6.**

Está situado em Floriano na ponte rodoviária sobre o rio Paraíba do Sul. Neste ponto as águas do rio Paraíba do Sul são influenciadas pelo lançamento de esgoto dos municípios de Itatiaia, Resende, Porto Real e Quatis, e efluentes industriais das indústrias dos pólos industriais de Resende e Porto Real e outras à montante.

#### **2.1.2.8. Ponto PS7**

Está situado em Volta Redonda no bairro Belmonte na ponte rodoviária sobre o rio Paraíba do Sul conhecida como "Ponte Alta". Neste ponto as águas do rio Paraíba do Sul são influenciadas pelo lançamento de esgoto dos municípios de Itatiaia, Resende, Porto Real, Quatis e Barra Mansa, e efluentes industriais das indústrias dos pólos industriais de Resende e Porto Real, da SBM, da Saint Gobain Canalização e outras à montante.

#### **2.1.2.9. Ponto PS8.**

Está situado em Volta Redonda na ponte da rodovia BR393 que cruza o rio Paraíba do Sul. Neste ponto as águas do rio Paraíba do Sul são influenciadas pelo lançamento de esgoto dos municípios de Itatiaia, Resende, Porto Real, Quatis, Barra Mansa e Volta Redonda, e efluentes industriais das indústrias dos pólos industriais de Resende e Porto Real, da SBM, da Saint Gobain Canalização, da CSN e outras à montante.

#### **2.1.2.10. Ponto PS9.**

Está situado em Vargem Alegre, distrito de Barra do Piraí, na ponte que cruza o rio Paraíba do Sul. Neste ponto as águas do rio Paraíba do Sul são influenciadas pelo lançamento de esgoto dos municípios de Itatiaia, Resende, Porto Real, Quatis, Barra Mansa, Volta Redonda e Pinheiral, e efluentes industriais das indústrias dos pólos industriais de Resende e Porto Real, da SBM, da Saint Gobain Canalização, da CSN e outras à montante.

### **2.1.3. Parâmetros físicos e inorgânicos.**

Foram escolhidos parâmetros que podem indicar alterações das características físicas e químicas da água, tanto naturais como provocadas por poluição industrial ou esgoto.

Os parâmetros monitorados são: Temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, cor, sólidos em suspensão, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fósforo, alcalinidade total, dureza, fluoretos, alumínio dissolvido, arsênio, cádmio, cromo, cobre, cobre dissolvido, ferro, ferro dissolvido, mercúrio, manganês, chumbo e zinco.

### **2.1.3.1. Temperatura.**

#### **Considerações gerais.**

A temperatura da água é extremamente importante, pois influencia na solubilidade das substâncias e gases e na produtividade primária. A solubilidade das substâncias e gases na água é inversamente proporcional à temperatura. Alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos como oxigênio dissolvido, condutividade, pH, fotossíntese, toxicidade, etc. são altamente influenciados pela temperatura. A temperatura tem um efeito direto sobre a taxa ou cinética das reações químicas, nas estruturas protéicas e funções enzimáticas dos organismos. As atividades biológicas dos organismos aquáticos são alteradas de acordo com as alterações da temperatura ambiente.

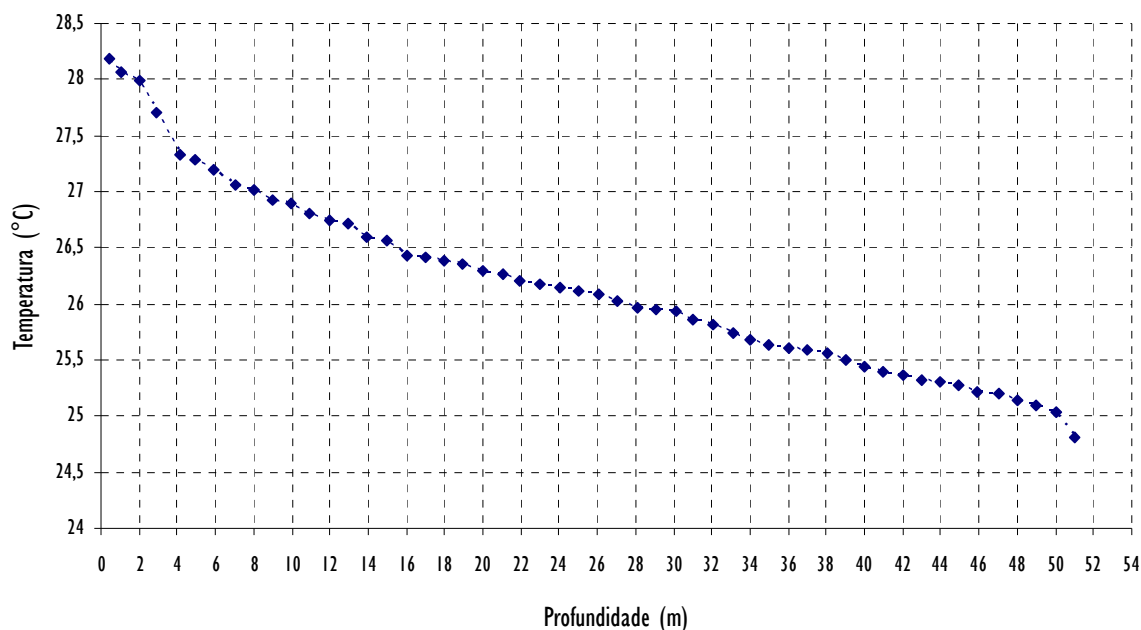
#### **Resultados.**

Na região de estudo a temperatura da água do rio Paraíba do Sul varia naturalmente em função da sazonalidade regional. No reservatório do Funil as variações são maiores devido às características lânticas e aos perfis de profundidade.

A Figura 2.3 mostra um exemplo de variação de temperatura no reservatório do Funil, ponto FN06, no mês de novembro de 2009. Esta situação pode alterar em função das variações de nível e hidrodinâmica do reservatório e da sazonalidade regional. Para uma caracterização detalhada há necessidade de estudos específicos no reservatório

A Tabela 2.2 e Figura 2.4 mostram as variações de temperatura nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.





**Figura 2.3. Variação de temperatura encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.**

**Tabela 2.2. Valores medianos, mínimos e máximos de temperatura encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (°C)	23,6	22,2	22,0	23,3	23,2	22,8	22,9	23,3	23,7	24,1	23,9	23,7
Mínimo (°C)	20,2	19,3	19,0	19,3	19,0	19,1	19,0	19,0	19,7	19,4	19,5	19,8
Máximo (°C)	28,4	26,6	25,7	25,9	26,0	25,8	26,0	26,1	26,7	27,0	27,3	27,2



### 2.1.3.2. pH.

#### **Considerações gerais.**

As águas superficiais naturalmente possuem um pH entre 4 e 9. A alcalinidade (pH alcalino) das águas deve-se à presença de carbonatos e bicarbonatos, sendo que nesses casos o pH indica o tipo de solo onde a água percorre.

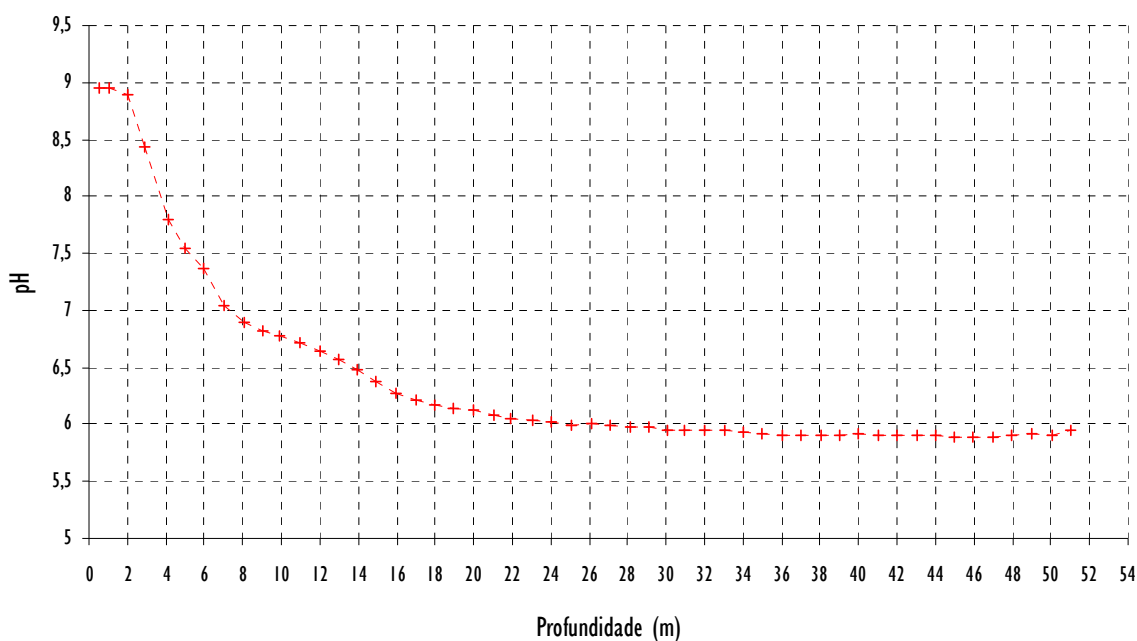
Em ambientes lânticos (lagos, lagoas e reservatórios) com atividade fitoplanctônica acentuada, o pH pode atingir valores relativamente altos (e.g. 9 ou mais) devido ao consumo de gás carbônico pelas algas durante a fotossíntese. É comum o pH muito ácido ou muito alcalino estar associado à presença de despejos industriais.

Considerando as condições naturais, o pH das águas do rio Paraíba do Sul varia de ligeiramente ácido a neutro devido aos pouquíssimos afloramentos calcários (Tremembé, SP) encontrados na Bacia. Os demais solos são constituídos principalmente por latossolos amarelos, latossolos vermelho-amarelos, podzólicos vermelho-amarelos, afloramentos Rochosos da serra da Mantiqueira, cambissolos, solos litólicos e solos aluviais. (CPRM, 2001)

#### **Resultados.**

A Figura 2.5 exemplifica a variação de pH encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. Esta situação pode variar em função da sazonalidade regional, das variações de nível e hidrodinâmica do reservatório. Para uma caracterização detalhada há necessidade de estudos específicos no reservatório.

Foram observados poucos resultados fora dos limites recomendados pela Resolução CONAMA 357/05 (Figura 2.6). Esses resultados foram encontrados no reservatório do Funil provavelmente devido à atividade fitoplanctônica na superfície, fenômenos de estratificação térmica e metabolismo bacteriano nas camadas mais profundas. Nos demais pontos, especialmente PS1, também foram encontrados poucos resultados fora dos limites, provavelmente devido à influência do reservatório do Funil no ponto PS1.

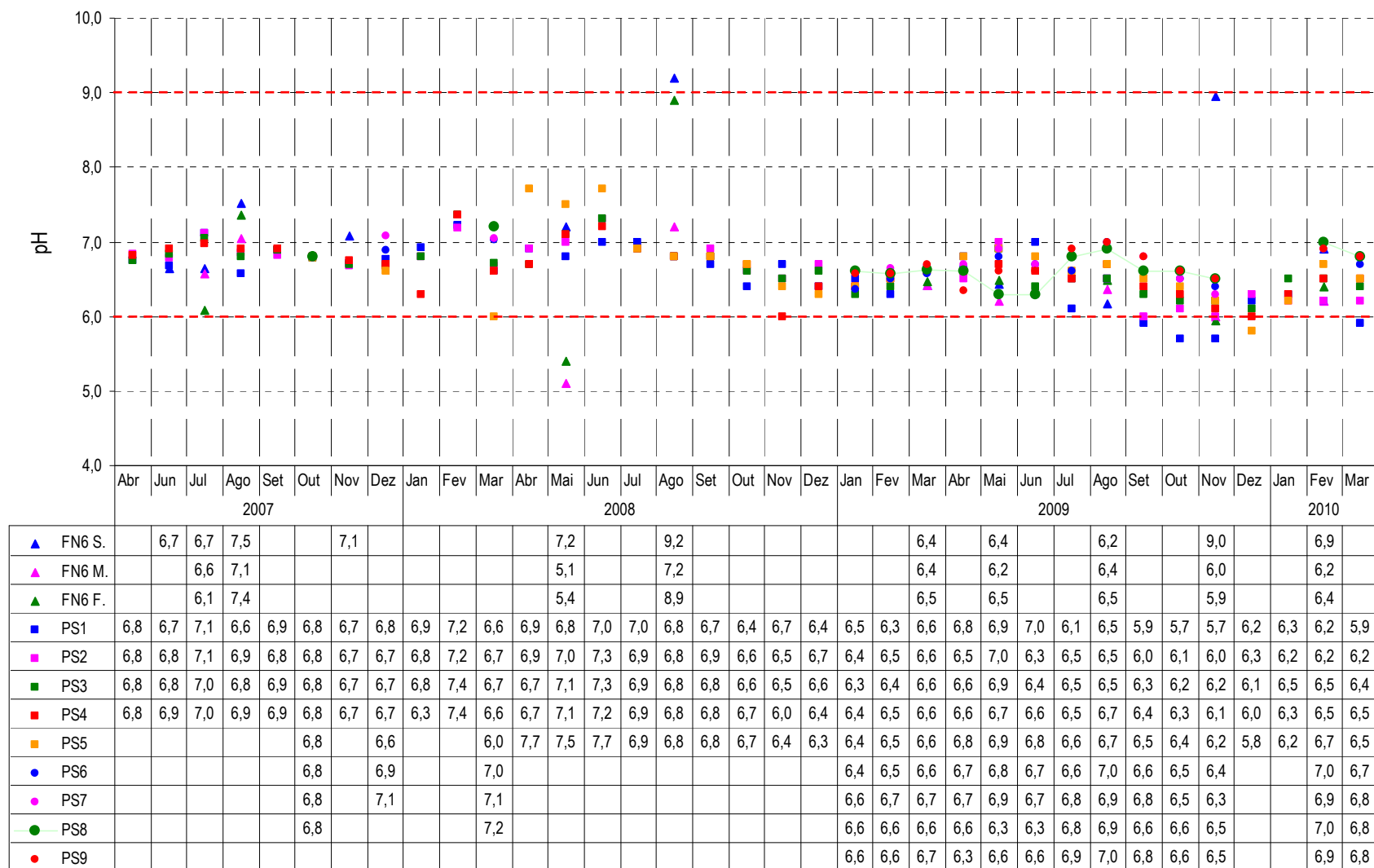


**Figura 2.5. Variação de pH encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.**

A Tabela 2.3 e Figura 2.6 mostram os resultados das medições de pH nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.3. Valores medianos, mínimos e máximos de pH encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (pH)	6,9	6,4	6,5	6,7	6,7	6,7	6,7	6,6	6,7	6,8	6,6	6,6
Mínimo (pH)	6,2	5,1	5,4	5,7	6,0	6,1	6,0	5,8	6,4	6,3	6,3	6,3
Máximo (pH)	9,2	7,2	8,9	7,2	7,3	7,4	7,4	7,7	7,0	7,1	7,2	7,0



--- CONAMA 357/05 = 6 a 9

Figura 2.6. Representação gráfica e resultados das medições de pH nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.

### 2.1.3.3. Oxigênio dissolvido - OD.

#### Considerações gerais.

O oxigênio dissolvido é responsável pela capacidade de autodepuração dos corpos d'água garantindo a sobrevivência de microorganismos aeróbicos, bem como outras formas de vida. A sobrevivência dos peixes, por exemplo, requer concentrações mínimas de OD entre a 10% e 60% de saturação, dependendo da espécie e outras características do sistema aquático. É essencial para o metabolismo respiratório da maior parte dos organismos aquáticos.

A dinâmica da distribuição do oxigênio na água é determinada pelas fontes, perdas e consumo. As principais fontes são a atmosfera e fotossíntese. As perdas são para a atmosfera, pela oxidação de matéria orgânica, pela nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos (e.g.  $Fe^{+2}$ ) e consumo pela respiração de organismos aquáticos. A solubilidade do oxigênio na água é inversamente proporcional à temperatura e diretamente proporcional à pressão atmosférica.

#### Resultados.

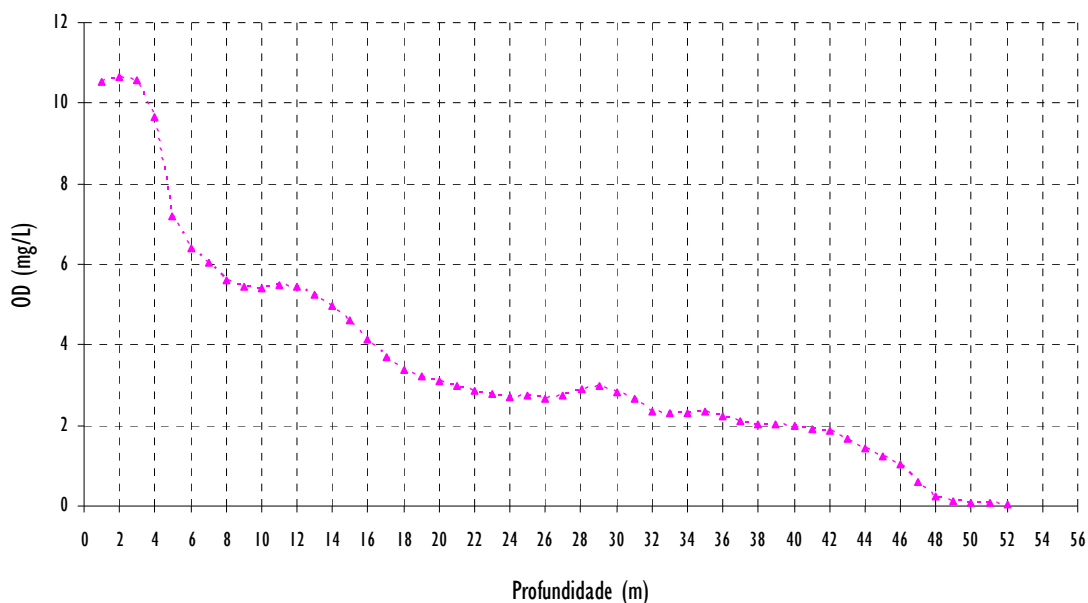
Na região de estudo, as concentrações de OD na água do rio Paraíba do Sul variam em função da sazonalidade regional observando-se valores inferiores a 5 mg/L principalmente na época das cheias. Essas mudanças são provocadas principalmente pelas chuvas torrenciais que alteram significativamente as características da água pelo carreamento de altas quantidades de sólidos e outros materiais.

No reservatório do Funil as variações são maiores devido à alta atividade fitoplanctônica, às características lânticas do reservatório e aos perfis de profundidade.

A Figura 2.7 mostra um exemplo de variação de OD no reservatório do Funil, ponto FN06, no mês de novembro de 2009. Os valores de OD encontrados no fundo tendem a "zero" e na superfície estão acima da saturação (>10 mg/L) devido à fotossíntese. Esta situação pode alterar em função das variações de nível, hidrodinâmica do reservatório e sazonalidade regional. Para uma caracterização detalhada há necessidade de estudos específicos no reservatório.

A Tabela 2.4 e Figura 2.8 mostram as variações de OD nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.





**Figura 2.7. Variação de OD (mg/L) encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.**

**Tabela 2.4. Valores medianos, mínimos e máximos de OD (mg/L) encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	7,8	4,3	5,2	6,1	6,1	6,0	6,0	6,3	6,3	6,9	6,5	6,7
Mínimo (mg/L)	4,1	2,3	0,1	3,2	3,7	3,4	4,0	5,1	5,2	5,8	5,1	5,5
Máximo (mg/L)	10,5	7,3	10,7	7,7	7,1	8,1	7,0	7,8	7,6	8,1	7,8	7,6

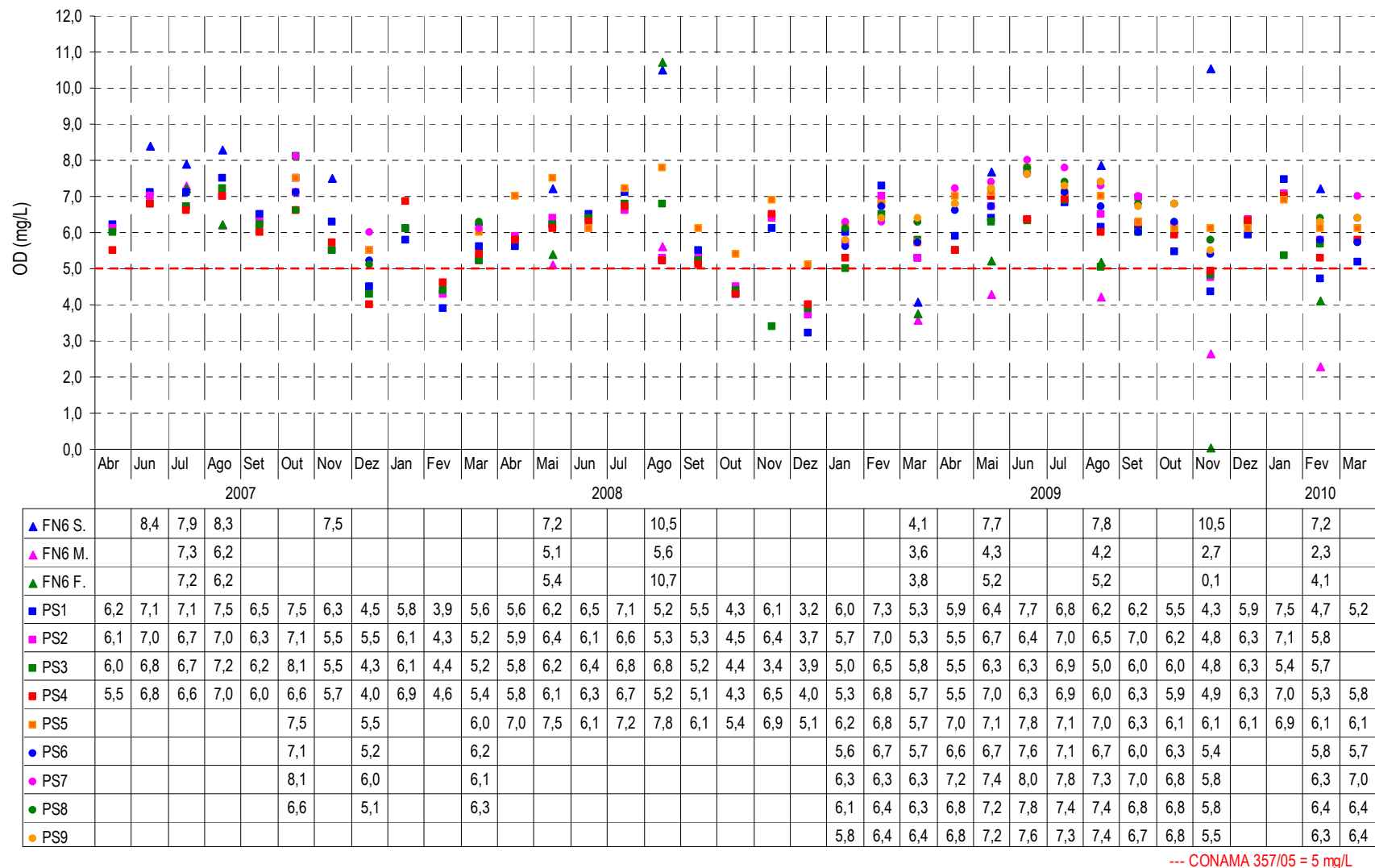


Figura 2.8. Representação gráfica e resultados das medições de OD (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.

#### 2.1.3.4. Condutividade

##### Considerações gerais

Condutividade é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água. Nas águas continentais os íons mais comuns diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são: cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos. A condutividade varia com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. A condutividade também é alterada por íons  $H^+$  e  $OH^-$  devido a variações extremas do pH em águas com baixa concentração de sais dissolvidos. Esta situação ocorre em lagos e reservatórios também com alta atividade fitoplanctônica.

Lançamentos de efluentes e resíduos industriais, de mineração e esgotos contribuem com o aumento da condutividade das águas.

A condutividade específica é a medida da condutividade a qual é corrigida para uma temperatura de referência (e.g. 25°C).

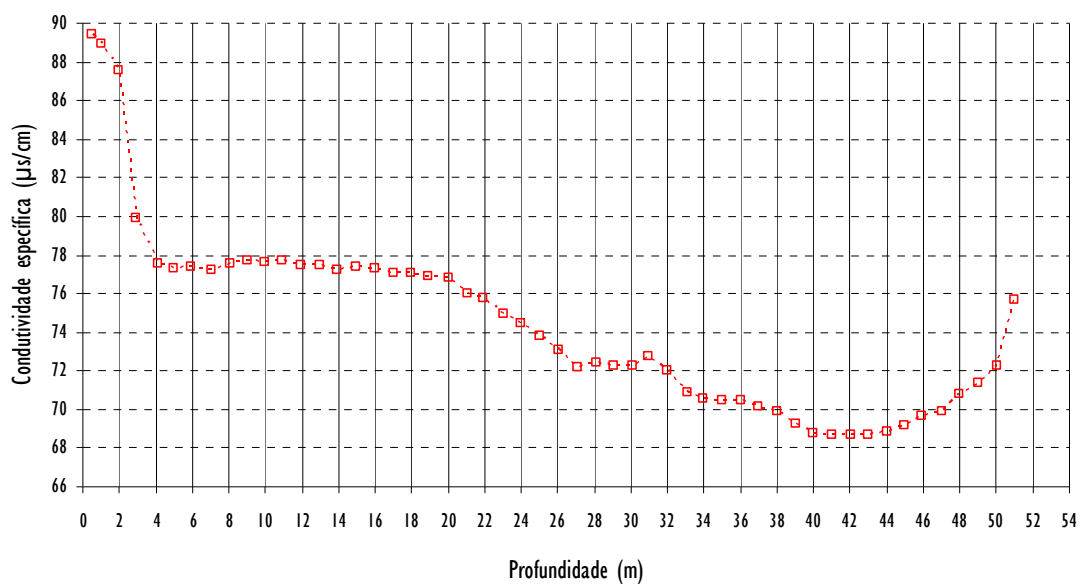
Na região de estudo, a condutividade na água do rio Paraíba do Sul varia também em função da sazonalidade regional observando-se valores menores principalmente na época das cheias devido à alta diluição das águas do RPS pelas chuvas torrenciais, apesar do grande carreamento de sedimentos.

No reservatório do Funil as variações ocorrem devido à alta atividade fitoplanctônica, às características lênticas do reservatório e aos perfis de profundidade.

##### Resultados

A Figura 2.9 mostra um exemplo de variação de condutividade no reservatório do Funil, ponto FN06, no mês de novembro de 2009. Pode se verificar valores maiores na superfície e caindo abruptamente a partir dos 2m de profundidade.

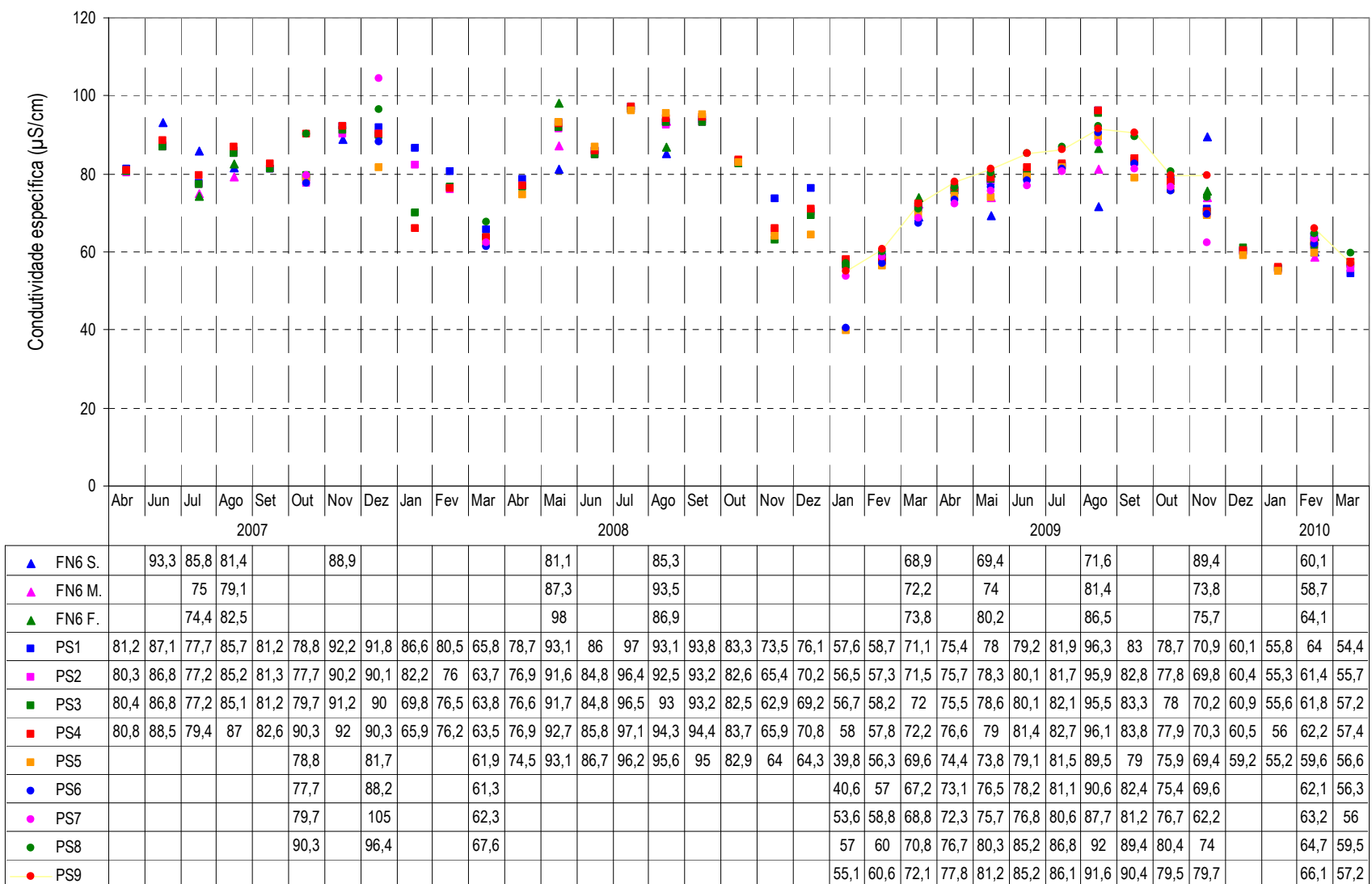
A Tabela 2.5 e Figura 2.10 mostram as variações de condutividade nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.



**Figura 2.9. Variação de condutividade específica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.**

**Tabela 2.5. Valores medianos, mínimos e máximos de condutividade específica encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	81,4	75,0	80,2	79,2	78,3	78,6	79,4	74,5	74,3	74,0	78,5	79,5
Mínimo ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	60,1	58,7	64,1	54,4	55,3	55,6	56,0	39,8	40,6	53,6	57,0	55,1
Máximo ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	93,3	93,5	98,0	97,0	96,4	96,5	97,1	96,2	90,6	104,5	96,4	91,6



**Figura 2.10. Representação gráfica e resultados das medições da condutividade específica (µS/cm) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

### 2.1.3.5. Turbidez.

#### Considerações gerais.

A turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de material em suspensão: sólidos finamente divididos ou em estado coloidal e organismos microscópicos. O tamanho das partículas em suspensão varia desde grosseiro ao colóide, dependendo do grau de turbulência. A presença destas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa tanto para o consumo humano como para a vida aquática.

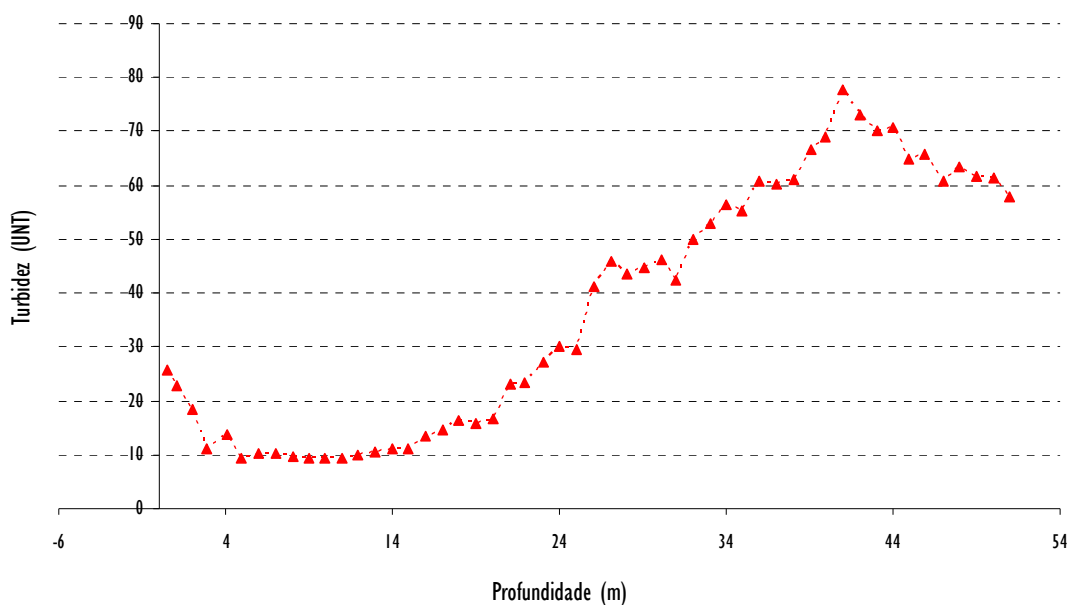
Na bacia do rio Paraíba do Sul a turbidez varia em função da sazonalidade regional observando-se valores extremos na época das cheias devido às chuvas torrenciais aumentando a concentração de material em suspensão na água.

#### Resultados.

No reservatório do Funil a turbidez ocorre influenciada pela hidrodinâmica do reservatório no canal principal nas camadas mais profundas e um pouco na superfície devido principalmente à concentração de fitoplâncton (Figura 2.11).

A Tabela 2.6 e Figura 2.12 mostram as variações de turbidez nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

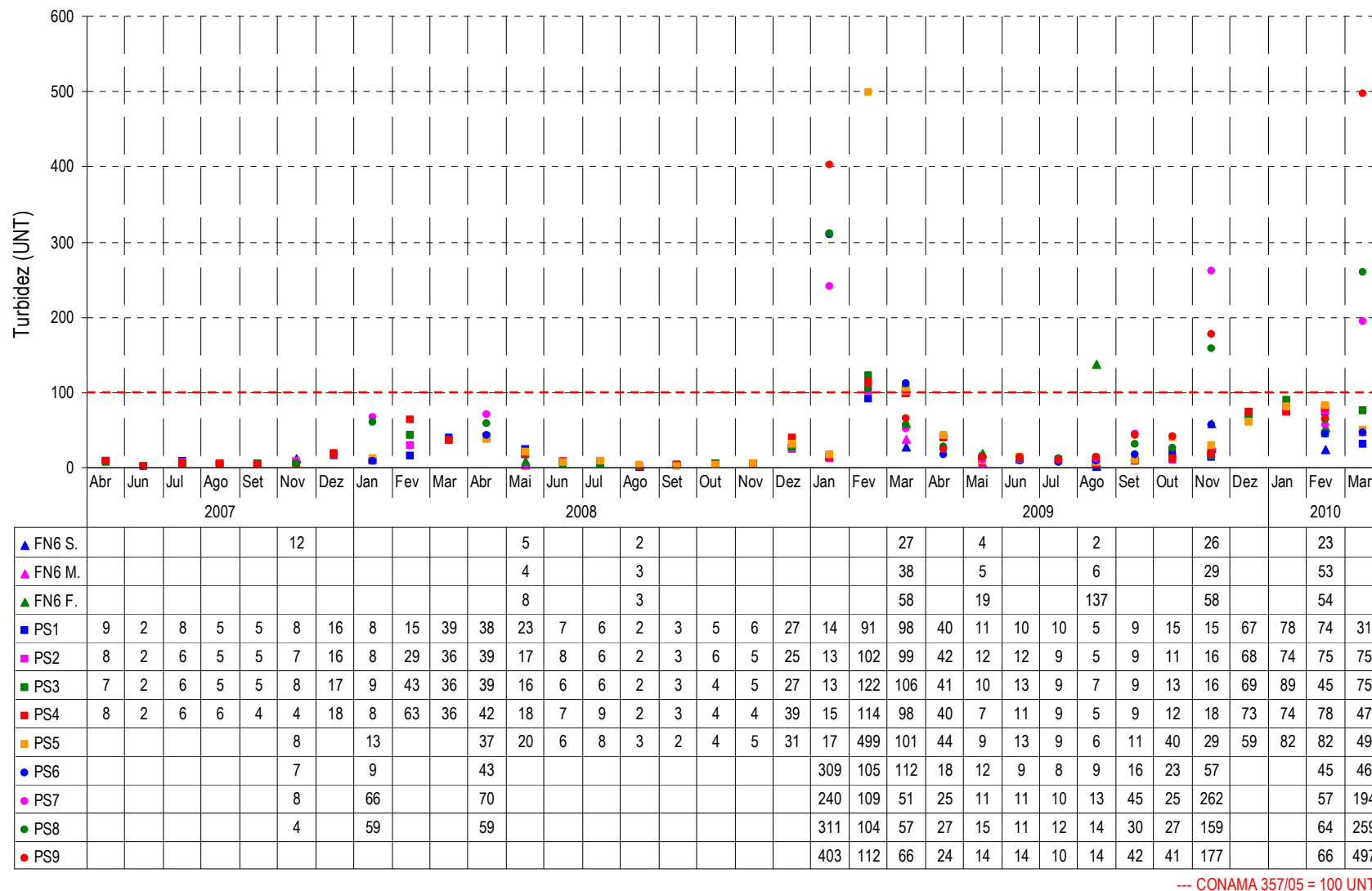




**Figura 2.11. Variação de turbidez (UNT) encontrada no perfil do ponto FN06 no reservatório do Funil em novembro de 2009. As medições foram feitas com sonda multiparamétrica marca In-Situ Inc, modelo Troll 9500XP.**

**Tabela 2.6. Valores medianos, mínimos e máximos de turbidez encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (UNT)	9	6	54	11	11	11	10	15	21	48	43	42
Mínimo (UNT)	2	3	3	2	2	2	2	2	7	8	4	10
Máximo (UNT)	27	53	137	98	102	122	114	499	309	262	311	497



**Figura 2.12. Representação gráfica e resultados das medições da turbidez (UNT) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

### 2.1.3.6. Cor.

#### Considerações gerais.

A cor das águas interiores ocorre naturalmente de acordo com as características regionais do solo e biomassa florestal presente em determinadas regiões, devido a presença de substâncias dissolvidas como: ferro, manganês, ácidos húmicos ou ferro associado a ácidos húmicos

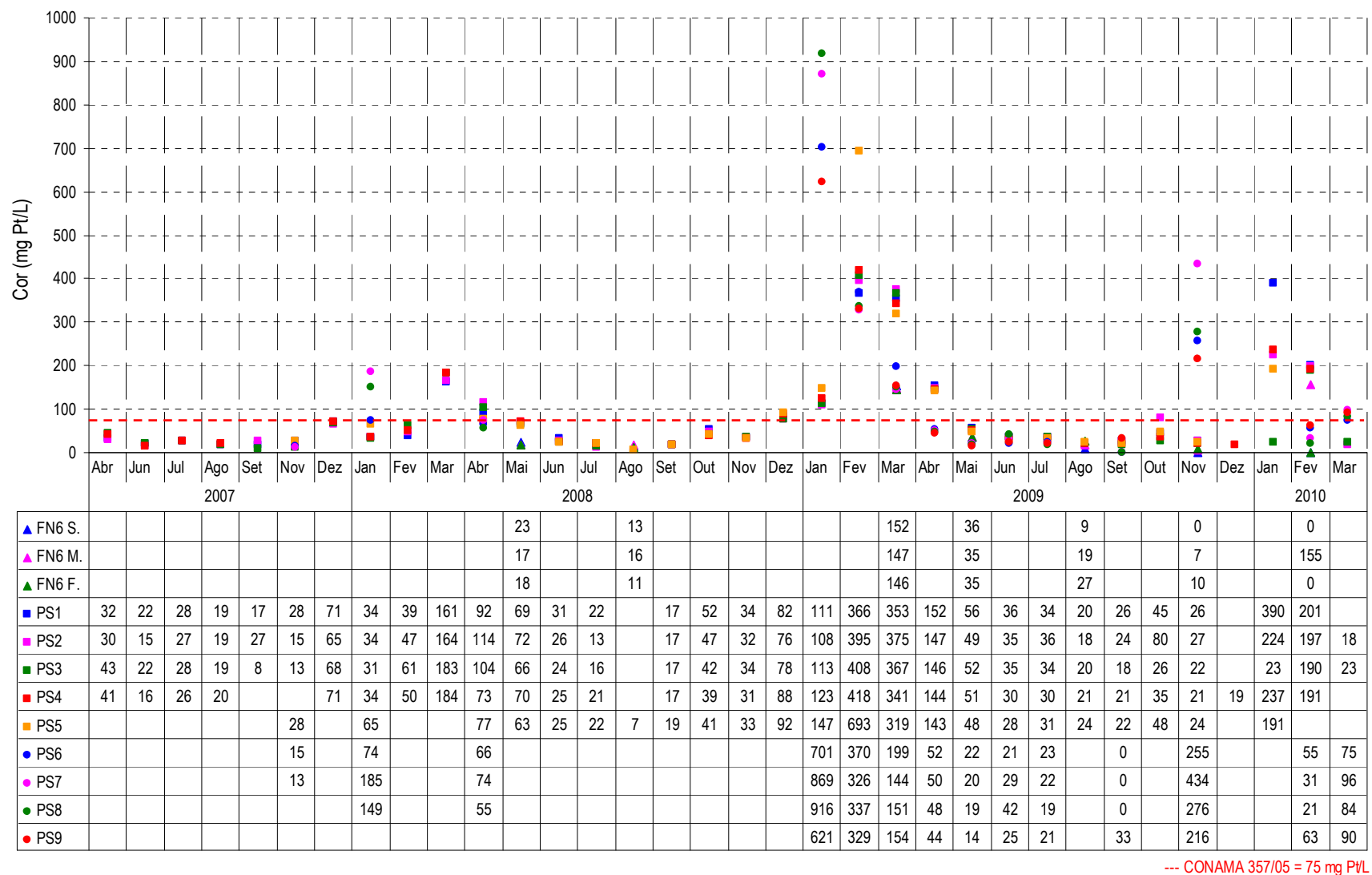
O aumento significativo da cor da água do rio Paraíba do Sul, como também da turbidez, é conseqüente da lixiviação do solo e de matéria orgânica vegetal e carreamento de sedimentos na época das cheias. Varia em função da sazonalidade regional observando-se valores extremos época das cheias devido às chuvas torrenciais aumentando a concentração ultrapassando significativamente o padrão (75 mg Pt/L) recomendado pela resolução CONAMA 357/05.

#### Resultados.

A Tabela 2.7 e Figura 2.13 mostram as variações de cor nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.7. Valores medianos, mínimos e máximos de Cor (mg Pt/L) encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg Pt/L)	23	19	23	36	36	34	37	41	66	74	70	63
Mínimo (mg Pt/L)	0	6,8	0	17	12,8	8	16	7	0	0	0	14
Máximo (mg Pt/L)	152	155	146	390	395	408	418	693	701	869	916	621



**Figura 2.13. Representação gráfica e resultados das medições da Cor (mg Pt/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

### 2.1.3.7. Sólidos em suspensão.

#### Considerações gerais.

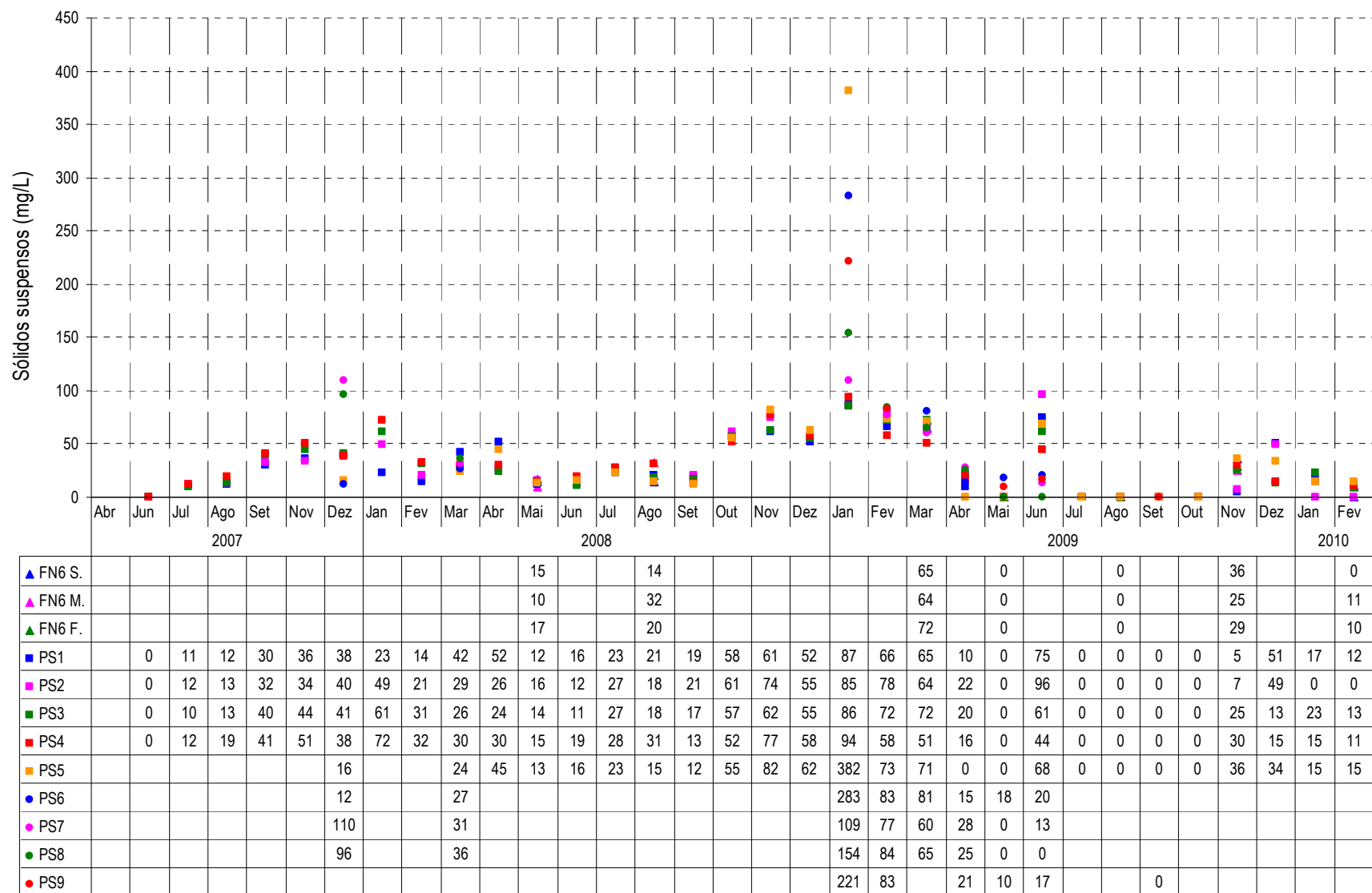
Na bacia do rio Paraíba do Sul a quantidade de sólidos em suspensão na água, também como a turbidez e cor, varia em função da sazonalidade regional observando-se valores extremos época das cheias. Os materiais em suspensão na região podem ocorrer também em função da poluição provocada principalmente por atividades de mineração e serviços de terraplanagem e depósitos de resíduos não controlados.

#### Resultados.

A Tabela 2.8 e Figura 2.14 mostram as variações nas concentrações de sólidos em suspensão nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.8. Valores medianos, mínimos e máximos de sólidos em suspensão (mg/L) encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	26	25	20	27	31	27	31	34	24	60	75	21
Mínimo (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0
Máximo (mg/L)	65	64	72	87	96	86	94	382	283	110	154	221



**Figura 2.14. Representação gráfica e resultados das medições de sólidos em suspensão (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**



### 2.1.3.8. Nitrato.

#### Considerações gerais.

O nitrato ocorre naturalmente do nitrogênio encontrado no solo e devido à sua alta mobilidade no ambiente está presente nas águas superficiais. A formação do nitrato é parte do ciclo do nitrogênio no ambiente. Suas fontes mais comuns são: adubos e fertilizantes, esgoto sanitário e fixação de nitrogênio atmosférico por bactérias e plantas. Em quantidades moderadas na água o nitrato é inofensivo.

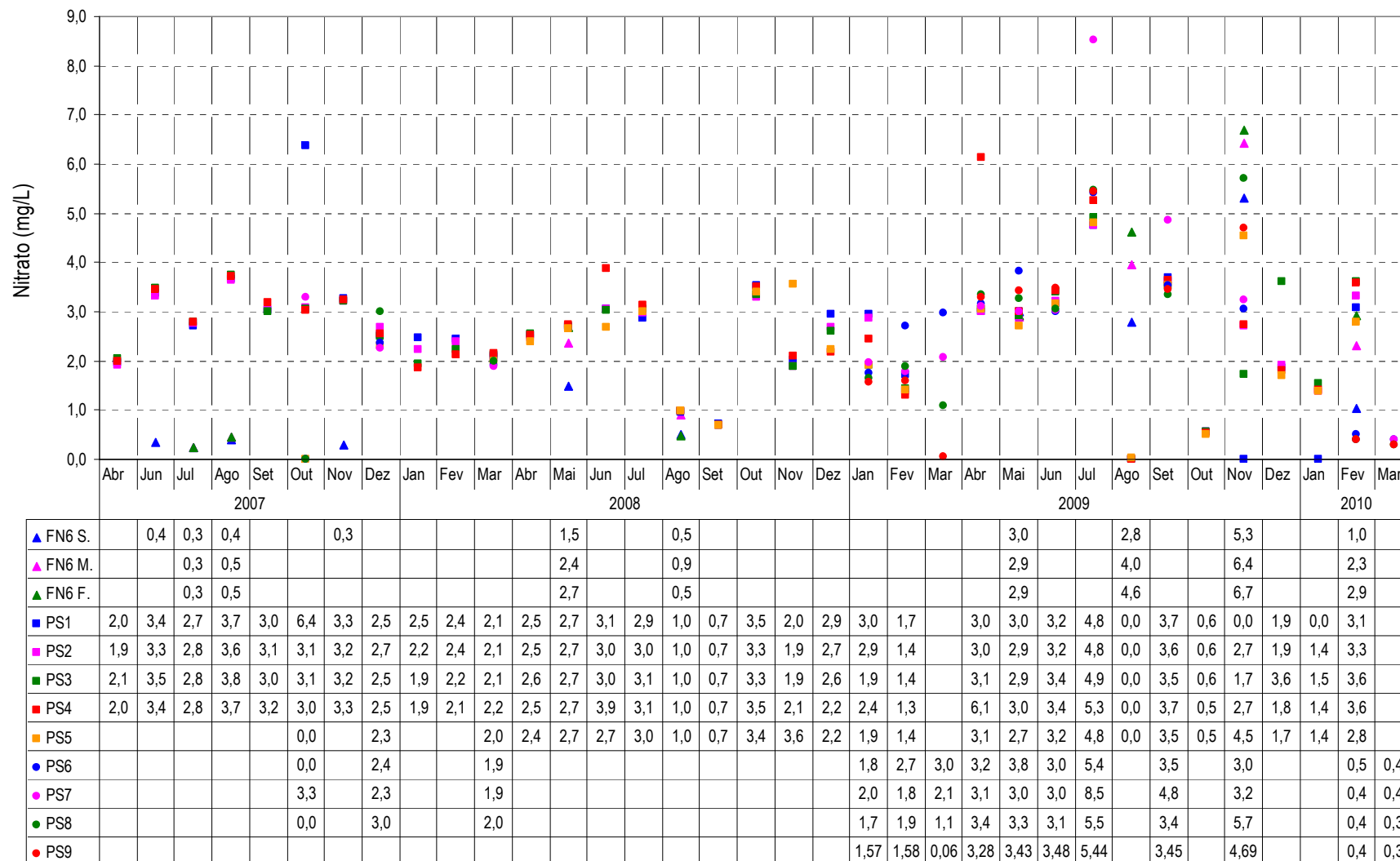
#### Resultados.

Todos os resultados de nitrato encontrados nas amostragens estão abaixo do padrão recomendado pela resolução CONAMA 357/05 (10 mg/L N)

A Tabela 2.9 e Figura 2.15 mostram as variações nas concentrações nitrato nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.9. Valores medianos, mínimos e máximos de nitrato (mg/L) encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	0,8	2,3	2,8	2,9	2,7	2,8	2,7	2,5	3,0	2,6	3,0	3,3
Mínimo (mg/L)	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1
Máximo (mg/L)	5,3	6,4	6,7	6,4	4,8	4,9	6,1	4,8	5,4	8,5	5,7	5,4



CONAMA 357/05 = 10 mg/l

**Figura 2.15. Representação gráfica e resultados das medições de nitrato (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

### 2.1.3.9. Nitrito.

#### Considerações gerais.

A presença de nitrito nas águas superficiais e solos é decorrente da decomposição de matéria orgânica contendo nitrogênio orgânico em amônia, a qual é oxidada para nitrito e nitrato. Pode ser originário também de efluentes industriais e esgoto. O nitrato é mais comumente encontrado na natureza devido à facilidade do nitrito se oxidar para nitrato. Em águas com baixas concentrações de oxigênio dissolvido é comum a presença de nitrito.

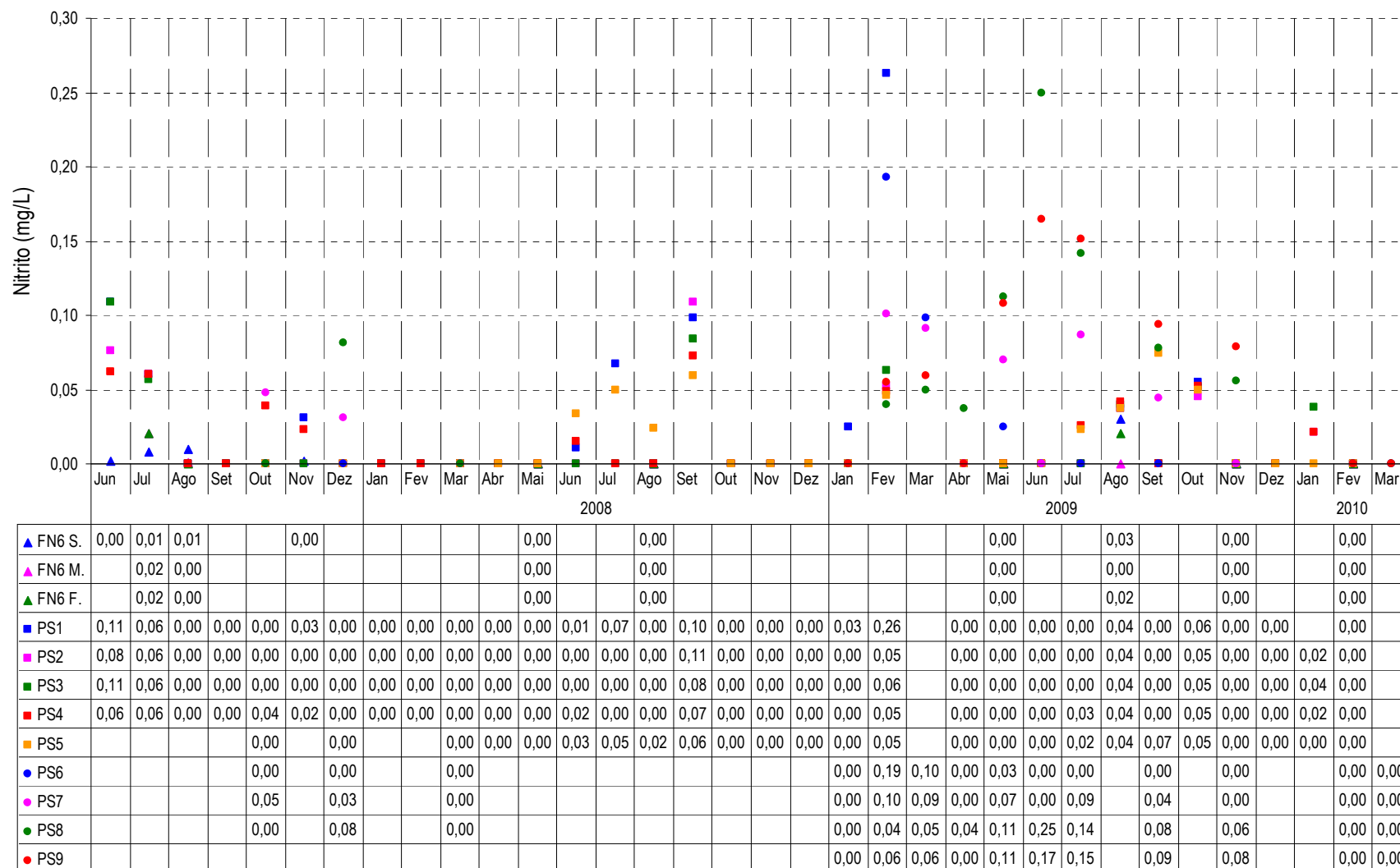
#### Resultados.

Todos os resultados de nitrito encontrados nas amostragens estão abaixo do padrão recomendado pela resolução CONAMA 357/05 (1 mg/L N)

A Tabela 2.10 e Figura 2.16 mostram as variações nas concentrações de sólidos em suspensão nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.10. Valores medianos, mínimos e máximos de nitrito (mg/L) encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09
Mínimo (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo (mg/L)	0,03	0,02	0,02	0,26	0,11	0,11	0,07	0,07	0,19	0,10	0,25	0,17



CONAMA 357/05 = 1,0 mg/L

**Figura 2.16. Representação gráfica e resultados das medições de nitrito (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

### 2.1.3.10. Nitrogênio amoniacal.

#### Considerações gerais.

A presença de nitrogênio amoniacal na água se dá da mesma forma que o nitrito. A amônia é extremamente tóxica para os organismos aquáticos.

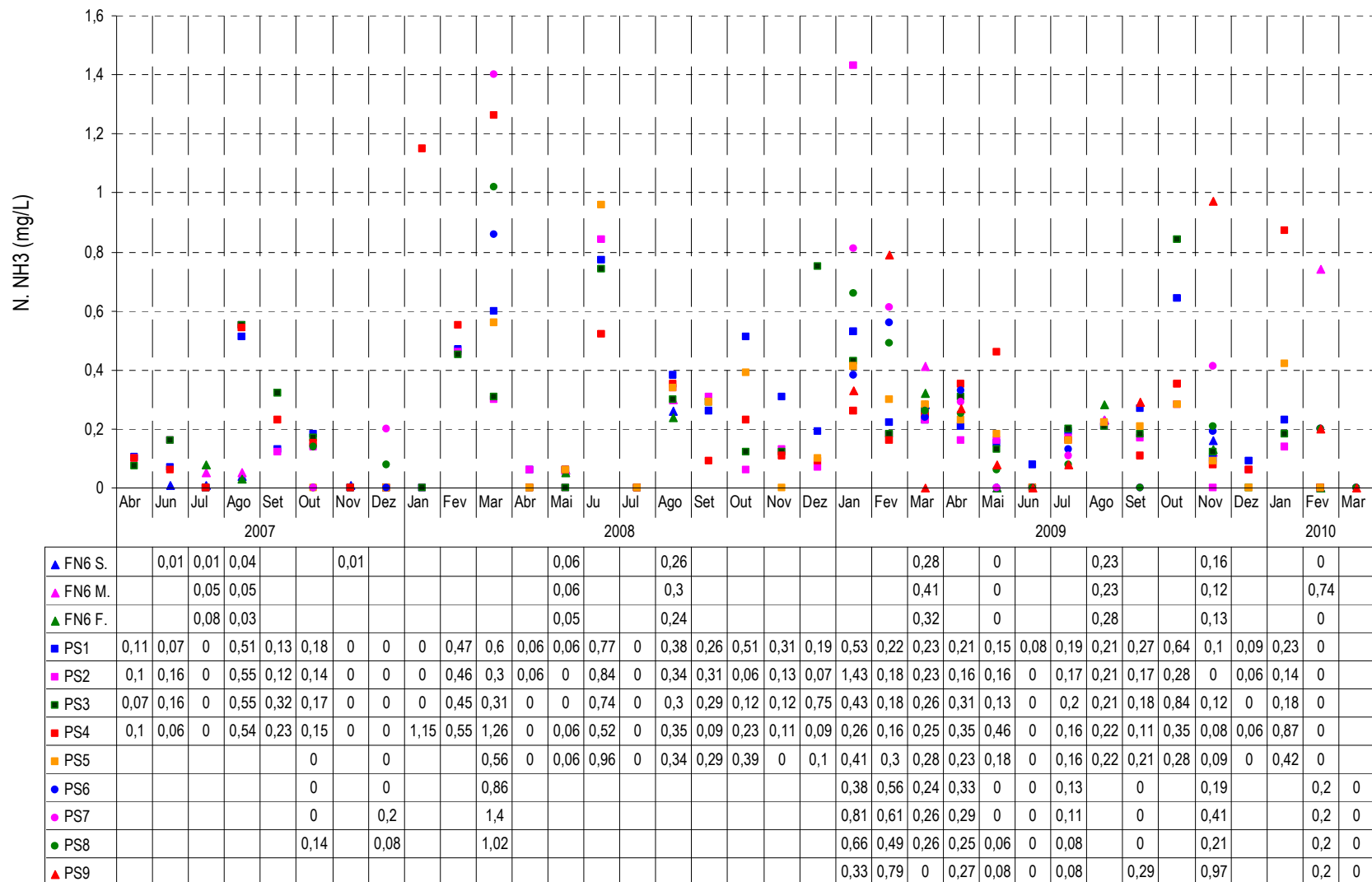
#### Resultados.

Todos os resultados de nitrogênio amoniacal encontrados nas amostragens na calha do RPS estão abaixo do padrão recomendado pela resolução CONAMA 357/05 (3,7 mg/L N pH  $\leq$ 7,5). No reservatório do Funil foram encontrados valores de pH acima de 8,5 em agosto de 2008 (02 resultados) e novembro de 2009 (01 resultado), nestes casos o padrão CONAMA passa a ser 0,5 mg/L N. Mesmo assim os valores de nitrogênio amoniacal ficaram dentro do padrão para as situações encontradas no reservatório.

A Tabela 2.11 e Figura 2.17 mostram as variações nas concentrações de nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.11. Valores medianos, mínimos e máximos de nitrogênio amoniacal (mg/L) encontrados nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (	0,06	0,18	0,13	0,22	0,17	0,24	0,23	0,28	0,29	0,29	0,21	0,28
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	0,28	0,74	0,32	0,77	1,43	0,84	1,26	0,96	0,86	1,40	1,02	0,97



CONAMA 357/05 = 3,7 mg/L N (pH ≤7,5) RPS -- 0,5 mg/L N (pH >8,5) Funil

**Figura 2.17. Representação gráfica e resultados das medições de nitrogênio amoniacal (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**



### 2.1.3.11. Fósforo.

Os resultados de fósforo (total e solúvel) não serão apresentados no presente relatório devido a discrepâncias encontradas nos resultados, provavelmente devido à metodologia analítica empregada pelos laboratórios prestadores de serviços.

Estão sendo realizadas novas amostragens e as análises estão sendo feitas por outro laboratório. Os resultados serão avaliados, comparados e apresentados no relatório referente às amostragens realizadas no período de 2010 e 2011.

### 2.1.3.12. Alcalinidade total.

#### Considerações gerais.

A alcalinidade da água é uma medida da sua capacidade de neutralização de ácidos. Corresponde a presença de sais de ácidos fracos, bases fortes e bases fracas.

A alcalinidade é devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos e é expressa em mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Os compostos mais comuns são: hidróxidos de cálcio ou de magnésio; carbonatos de cálcio ou de magnésio; bicarbonatos de cálcio, magnésio, sódio ou potássio

#### Resultados.

As águas do RPS têm naturalmente alcalinidade baixa. A Tabela 2.12 e Figura 2.18 mostram as variações nas concentrações da alcalinidade total nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.12. Valores medianos, mínimos e máximos de alcalinidade total (mg /L CaCO<sub>3</sub>) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	18,9	20,7	21,0	19,3	19,5	18,4	20,0	18,7	17,9	19,0	22,2	20,9
Mínimo (mg/L)	12,4	18,4	5,0	9,1	9,1	9,1	7,3	5,0	5,0	5,4	7,6	5,0
Máximo (mg/L)	32,8	27,6	32,6	26,2	30,3	32,6	32,1	37,8	22,6	25,1	30,0	30,9

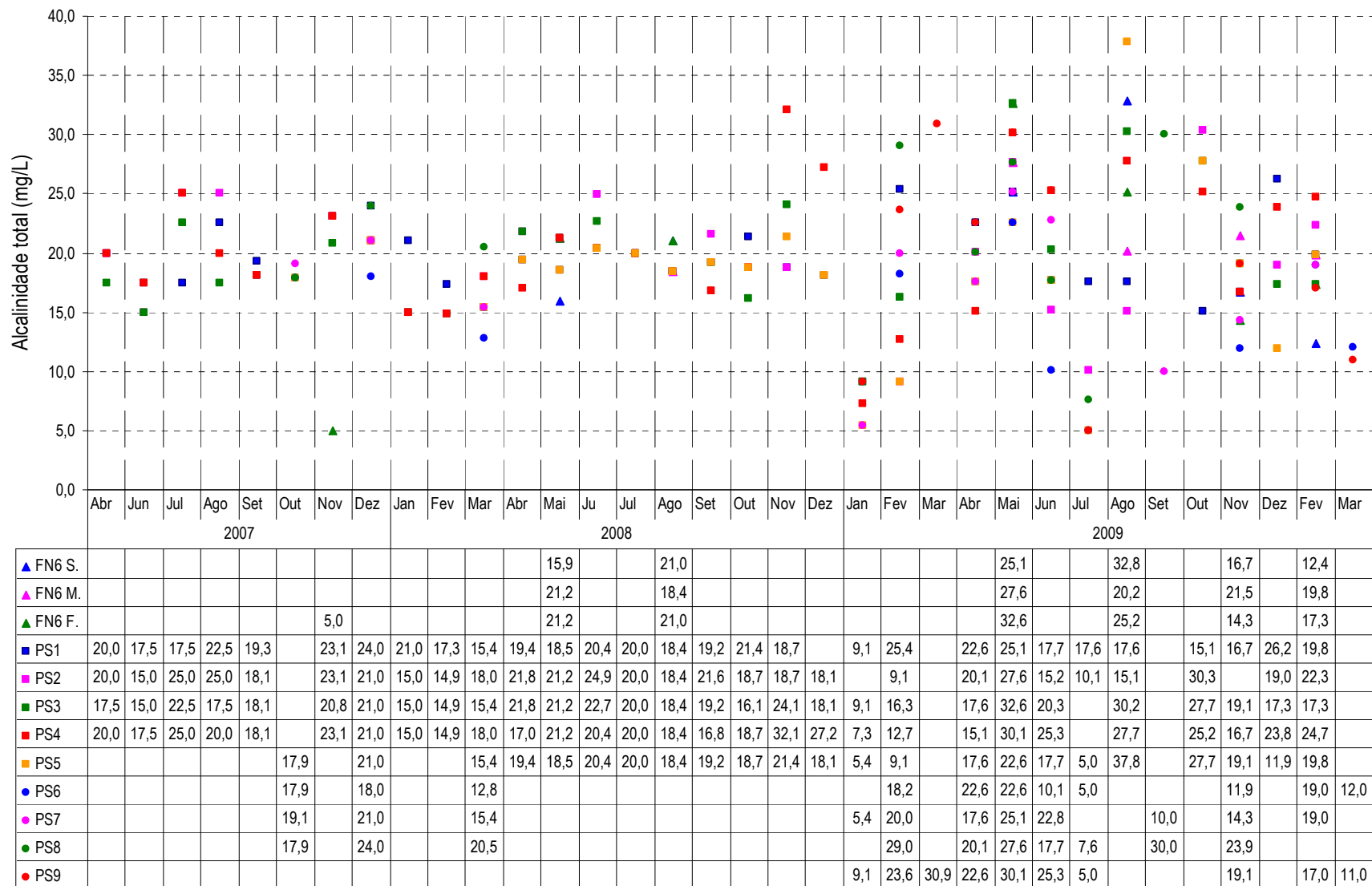


Figura 2.18. Representação gráfica e resultados das medições da alcalinidade total (mg/L CaCO<sub>3</sub>) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.

### 2.1.3.13. Dureza total.

#### Considerações gerais.

Dureza da água é a soma das concentrações de cálcio e magnésio, expressas em termos de carbonato de cálcio - mg/L CaCO<sub>3</sub>. O cálcio e magnésio estão presentes na água, principalmente nas formas de bicarbonatos de cálcio e de magnésio e sulfatos de cálcio e de magnésio. Os bicarbonatos de cálcio e de magnésio, que também são responsáveis pela alcalinidade, causam a dureza chamada temporária, que pela ação de calor ou de substâncias alcalinas geram a precipitação dos carbonatos destes íons.

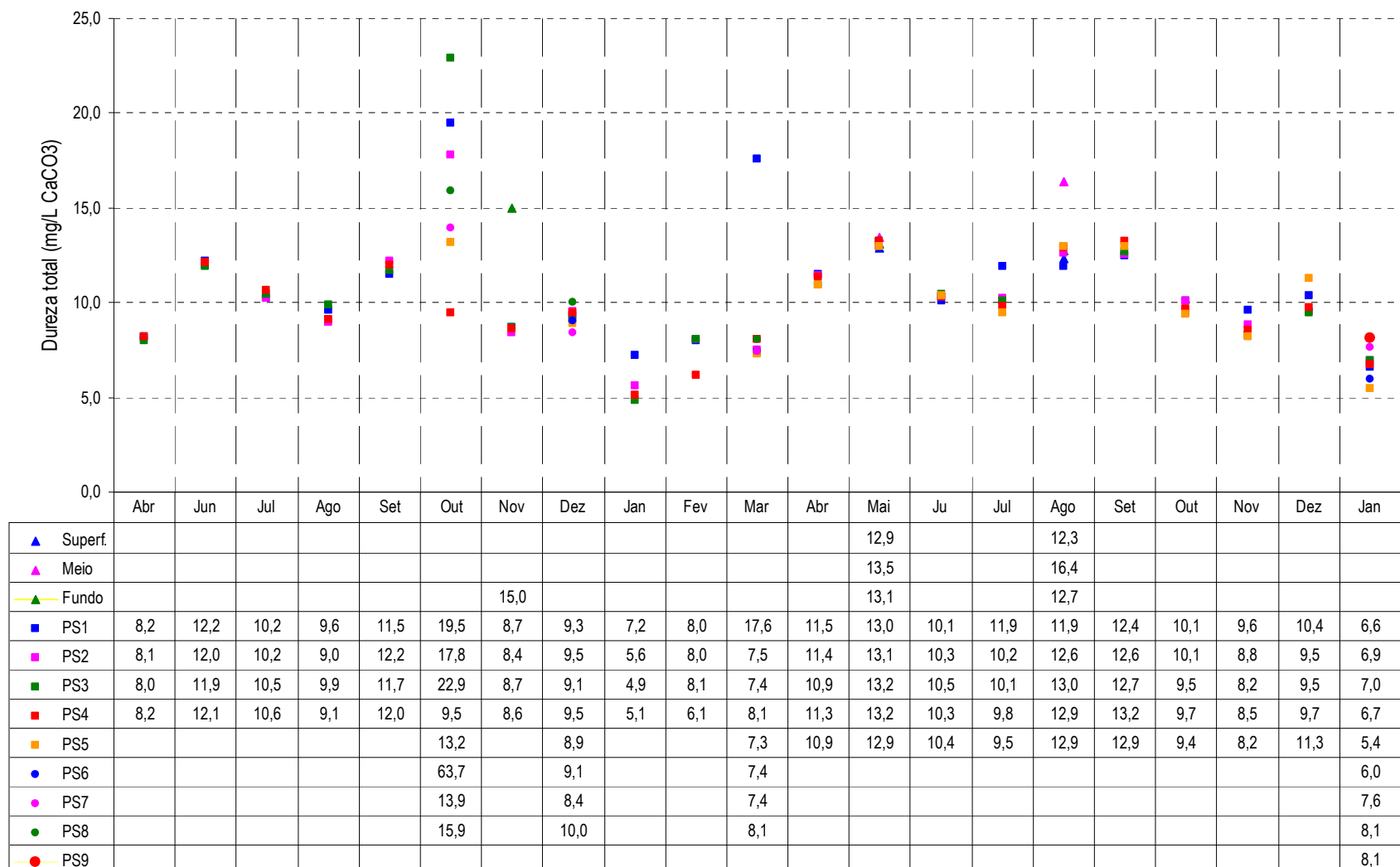
As águas do RPS são consideradas muito "moles" devido à baixa concentração de íons de cálcio e magnésio. Devido a estas características - incluindo valores de pH abaixo de 7 e baixa alcalinidade - o ecossistema aquático torna-se bastante sensível a presença de substâncias tóxicas principalmente de íons de metais pesados. Mesmo considerando que o material particulado fino (argilas), em suspensão ou presente nos sedimentos, têm a capacidade de adsorver íons de metais pesados, esses poluentes estarão sempre presentes no ambiente podendo ser disponibilizados para a biota aquática a qualquer momento principalmente pelas alterações do pH da água.

#### Resultados.

A Tabela 2.13 e Figura 2.19 mostram as variações nas concentrações de dureza total nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.13. Valores medianos, mínimos e máximos de dureza total (mg/L CaCO<sub>3</sub>) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	12,6	14,9	13,1	10,2	10,1	9,9	9,7	10,4	8,2	8,0	9,1	8,1
Mínimo (mg/L)	12,3	13,5	12,7	6,6	5,6	4,9	5,1	5,4	6,0	7,4	8,1	8,1
Máximo (mg/L)	12,9	16,4	15,0	19,5	17,8	22,9	13,2	13,2	63,7	13,9	15,9	8,1



**Figura 2.19. Representação gráfica e resultados das medições da dureza total (mg/L CaCO<sub>3</sub>) nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010.**

### 2.1.3.14. Fluoretos.

#### Considerações gerais,

O flúor é um elemento que ocorre naturalmente e em pequenas quantidades nas águas naturais (0,1 a 2,0 mg/L). É produto da erosão de minerais no qual é elemento principal ou secundário: fluorita, apatita, flúor-apatita, turmalina, topázio e mica. O flúor liberado pela erosão destes minerais passa para as soluções aquosas na forma do íon fluoreto, de alta mobilidade.

Como produto de atividades antrópicas o flúor é originado de atividades industriais: siderurgia, fundições, fabricação do alumínio, de louças e esmaltados, vidro, teflon, entre outras. Estas atividades são responsáveis pela sua introdução no ciclo hidrológico pelo lançamento na atmosfera ou em corpos hídricos superficiais.

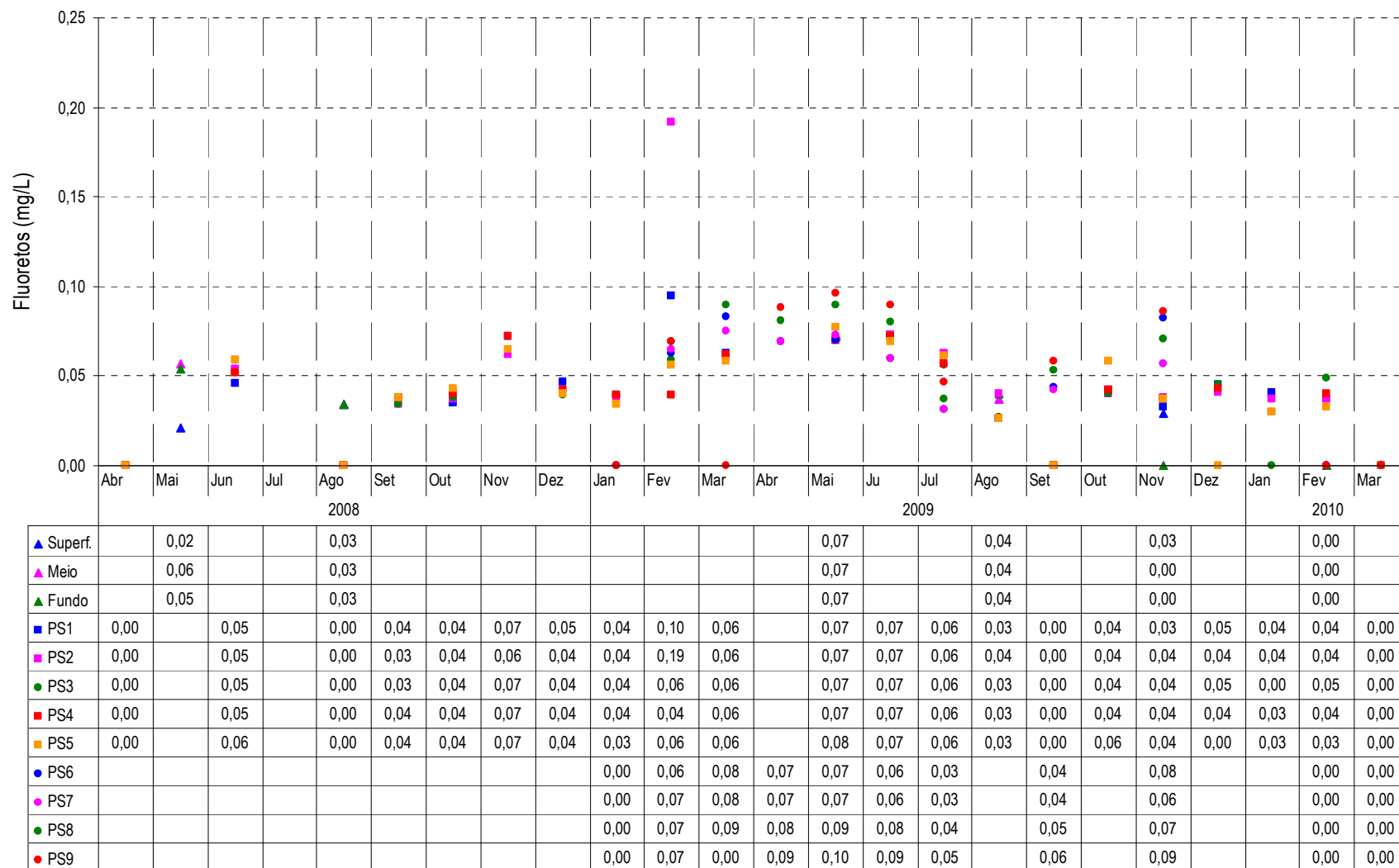
#### Resultados.

Na região de estudo os valores de fluoreto total encontrados em amostras coletadas no período de abril de 2008 a fevereiro de 2010 estão abaixo do padrão recomendado pela resolução CONAMA 357/07 (1,4 mg/L F)

A Tabela 2.14 e Figura 2.20 mostram as variações nas concentrações de fluoreto total nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2008 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.14. Valores medianos, mínimos e máximos de fluoretos nos pontos de amostragem entre 2007 e 2010**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09
Mínimo (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo (mg/L)	0,07	0,07	0,07	0,10	0,19	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10



CONAMA 357/05 = 1,4 mg/L

**Figura 2.20. Representação gráfica e resultados das medições de fluoreto total (mg/L) nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.**

### 2.1.3.15. Alumínio dissolvido.

#### Considerações gerais.

O alumínio é o elemento mais comum na crosta terrestre. Na água ocorre em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5-1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica

As altas concentrações de alumínio na água do RPS na região devem-se provavelmente às características dos solos predominantemente álicos com concentrações de alumínio superiores a 50%. A maior jazida de alumínio não explorada do estado do Rio de Janeiro encontra-se no local denominado Morro Redondo em Itatiaia, área do entorno do Parque Nacional do Itatiaia.

Os solos da região do Médio Paraíba são constituídos principalmente por Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Podzólicos Vermelho-Amarelos, Afloramentos Rochosos do maciço do Itatiaia e, em menor parte por Cambissolos, Solos Litólicos e Solos Aluviais.

A tabela 2.15 resume a distribuição dos tipos de solo na região.

**Tabela 2.15. Solos encontrados na região do trecho Funil - Santa Cecília do rio Paraíba do Sul (CPRM, 2001). Os dados comprovam a predominância de solos com características álicas (altas concentrações de alumínio).**

<b>LVa:</b> Latossolo Vermelho-Amarelo álico	Maior predominância na região. Municípios de Resende, Quatis, Barra Mansa, Volta Redonda.
<b>Ca:</b> Cambissolo álico	Entorno do Parque Nacional do Itatiaia, Município de Itatiaia, distritos de Pedra Selada e Fumaça
<b>PVa:</b> Podzólico Vermelho-Amarelo álico	Vertentes próximas ao rio Paraíba do Sul nos Municípios de Itatiaia, Resende Porto Real, Barra Mansa, Pinheiral, Barra do Piraí.
<b>LAa:</b> Latossolo Amarelo álico.	Regiões baixas próximas ao rio Paraíba do Sul nos municípios de Itatiaia, Resende Porto Real
<b>PVd:</b> Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico ou álico	Barra Mansa Piraí Barra do Piraí
<b>PVe:</b> Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico	Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheiral, Piraí, Barra do Piraí
<b>Ae:</b> Aluvial eutrófico	Várzeas às margens do rio Paraíba em Resende e Porto Real.
<b>Ce:</b> Cambissolo eutrófico	Pequena área às margens do rio Paraíba em Resende
<b>Ar:</b> Afloramento Rochoso	Maciço do Itatiaia

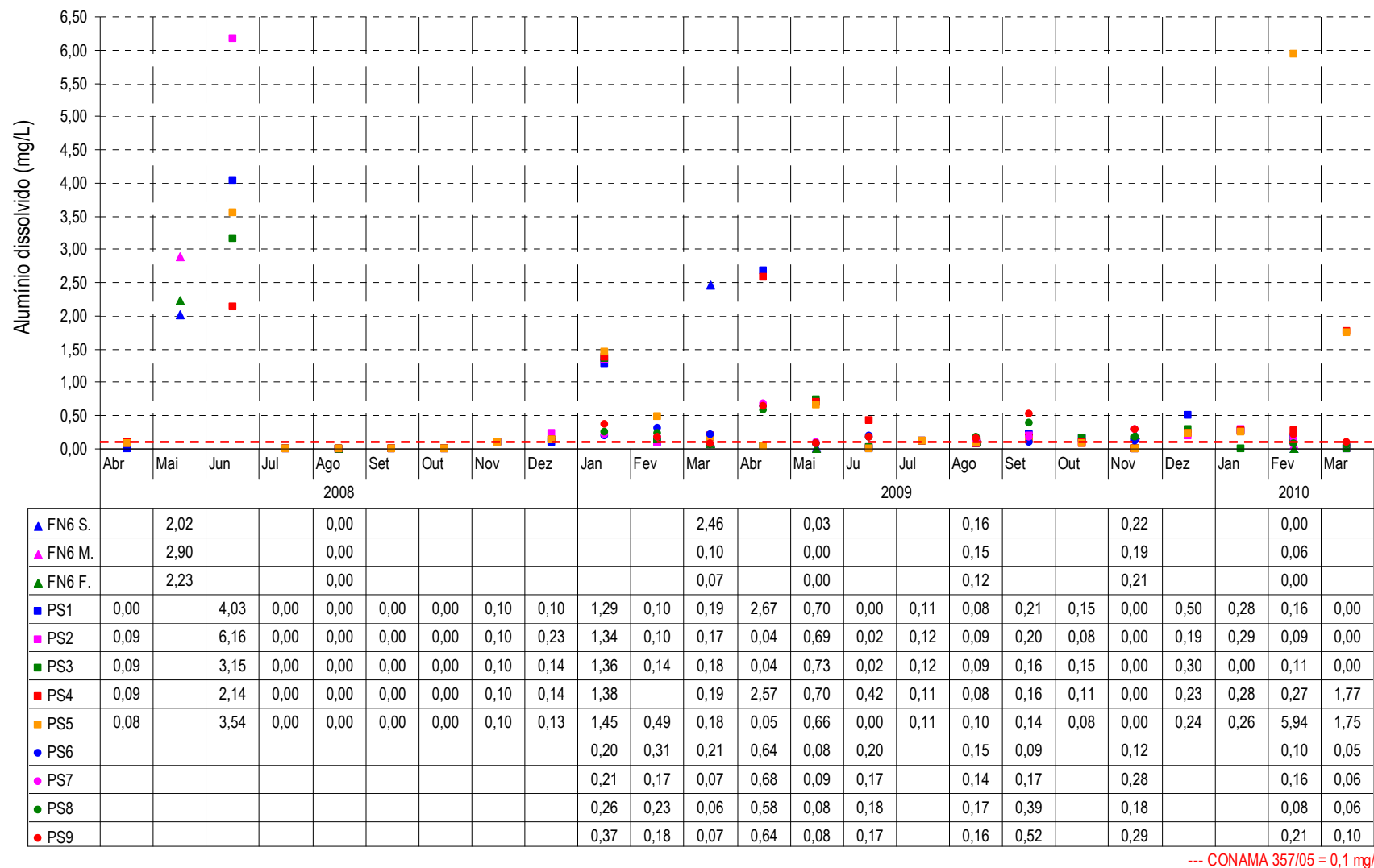
#### Resultados.

A Tabela 2.16 e Figura 2.21 mostram as variações nas concentrações de alumínio dissolvido nos pontos de amostragem com inúmeras violações de padrão, no período compreendido entre abril de 2008 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.16. Valores medianos, mínimos e máximos de alumínio dissolvido nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	0,22	0,15	0,17	0,19	0,12	0,14	0,23	0,18	0,15	0,17	0,18	0,18
Mínimo (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,06	0,06	0,07
Máximo (mg/L)	2,46	2,90	2,23	4,03	6,16	3,15	2,57	5,94	0,64	0,68	0,58	0,64





**Figura 2.21. Representação gráfica e resultados das medições de Alumínio dissolvido (mg/L) nos pontos de amostragem, com as inúmeras violações de padrão entre 2008 e 2010.**

### 2.1.3.16. Arsênio.

#### Considerações gerais.

O arsênio ocorre naturalmente nas rochas, solos, água, plantas e animais. Em águas naturais, o arsênio está presente principalmente na forma de compostos inorgânicos, onde possui as valências 3<sup>+</sup> e 5<sup>+</sup>. A toxicidade das diversas formas de arsênio decresce na seguinte ordem: compostos de As<sup>+3</sup> inorgânico, compostos de As<sup>+5</sup> inorgânico, compostos de As<sup>+3</sup> orgânico, compostos de As<sup>+5</sup> orgânico. As formas inorgânicas de arsênio trivalente são muito tóxicas.

#### Resultados.

Nas amostragens realizadas no período de abril/08 a fevereiro/10 foi detectada a presença de arsênio em amostras coletadas em outubro/09 e janeiro e fevereiro/10. As amostras de outubro/09 - pontos PS1, PS2 e PS5 - e fevereiro/10 - ponto PS5 - apresentaram valores acima do padrão da resolução CONAMA 357/05 (0,01 mg/L As). As demais amostras mostraram resultados abaixo dos limites de detecção do método analítico. A violação do padrão ocorreu em 04 das 184 amostras analisadas (2,17%)

A Tabela 2.17 mostra os resultados das análises de arsênio nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2008 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.17. Resultados das análises de arsênio (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2008 a fevereiro de 2010.**

Ano	Mês				RPS (Calha)								
		Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
2008	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ju				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2009	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mar	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jun				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Out				0,011	0,014	0,007	0,009	0,018				
	Nov	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
2010	Jan				N.D.	N.D.	0,006	0,007	N.D.				
	Fev	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1,007	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. = Não detectado

Violação de padrão

### **2.1.3.17. Cádmio.**

#### **Considerações gerais.**

O cádmio é um elemento relativamente raro na natureza, mas é tóxico para a vida aquática em baixas concentrações. Ocorre naturalmente como componente de minerais e pode entrar no meio ambiente por várias fontes antropogênicas, como: mineração e metalurgia do zinco, processos de galvanoplastia, produção de ferro e aço, pigmentos e fertilizantes.

#### **Resultados.**

Nas amostragens realizadas no período de abril/07 a fevereiro/10 foi detectada a presença de cádmio em amostras coletadas em julho/07 no reservatório do Funil e novembro/09 no ponto PS2, acima do padrão da resolução CONAMA 357/05 (0,01 mg/L Cr total). As demais amostras mostraram resultados abaixo dos limites de detecção do método analítico. A violação do padrão ocorreu em 03 das 237 amostras analisadas (1,27%).

A Tabela 2.18 mostra os resultados das análises de cádmio nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.18. Resultados das análises de cádmio (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.**

Ano	Mês	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
		Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
2007	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Jun				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Jul	0,002	0,002	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2008	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Mar				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ju				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2009	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mar	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jun				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,001	N.D.	N.D.
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,004	N.D.
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2010	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Fev	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. = Não detectado

Violação de padrão

### 2.1.3.18. Cromo.

#### Considerações gerais.

O cromo é um elemento que pode ser encontrado nas águas, ar, minerais, solos e em toda matéria biológica, não sendo comum a ocorrência natural de concentrações elevadas em águas. O cromo possui dois estados de oxidação no ambiente natural: hexavalente e trivalente. O  $\text{Cr}^{+3}$  é pouco móvel nas águas e apresenta toxicidade relativamente baixa para os organismos aquáticos. O  $\text{Cr}^{+6}$  é altamente móvel e comprovadamente carcinogênico e tóxico, mesmo em baixas concentrações. É um forte agente e reage com a matéria orgânica e outros agentes redutores formando  $\text{Cr}^{+3}$  que eventualmente pode precipitar na forma de  $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . As águas naturais ricas em matéria orgânica o cromo  $\text{Cr}^{+6}$  tem vida relativamente curta.

O cromo é obtido do minério cromita. O cromo metálico e ligas também são encontrados em atividades industriais como: galvanoplastia, soldagens, produção de ligas ferro-cromo, curtume, produção de cromatos, dicromatos, pigmentos e vernizes.

#### Resultados.

Foi detectada a presença de cromo em 13 das 237 amostras. As amostras de julho/07 - ponto PS2, maio/08 - ponto PS1 e abril/09 - ponto PS3, apresentaram valores acima do padrão CONAMA 357/05 (0,05 mg/L Cr total). As demais amostras mostraram resultados abaixo dos limites de detecção do método analítico. A violação do padrão ocorreu em 03 amostras (1,27%).

A Tabela 2.19 mostra os resultados das análises de cromo total nos pontos de amostragem no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010.

**Tabela 2.19. Resultados das análises de cromo total (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.**

Ano	Mês	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
		Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
2007	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Jun	N.D.			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Jul	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,065</b>	N.D.	N.D.					
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2008	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Mar				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,060</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ju				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	2009	Jan				N.D.	<b>0,035</b>	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,038</b>	N.D.	<b>0,040</b>
Fev					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,013</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>
Mar		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Abr					<b>0,015</b>	<b>0,125</b>	<b>0,08</b>	N.D.	N.D.	N.D.	0,016	N.D.	N.D.
Mai		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Jun					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Jul					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ago		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Set					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,012</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Out					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
Nov		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Dez					N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2010	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Fev	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. = Não detectado

**Violação de padrão**

### **2.1.3.19. Cobre total e dissolvido.**

#### **Considerações gerais.**

O cobre está geralmente presente nas águas superficiais como íon cúprico ( $\text{Cu}^{+2}$ ) e como todos os metais pode estar associado à matéria orgânica na fração particulada ou associado a compostos orgânicos e inorgânicos na fração dissolvida. O material particulado não apresenta formas tóxicas enquanto os inorgânicos e íons hidratados são considerados biodisponíveis, ou seja, tóxicos à biota aquática.

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem: minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão e cobre, efluentes industriais e de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais, etc.

O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais e é um nutriente essencial em baixas doses. Em níveis relativamente elevados, o cobre é tóxico no ambiente aquático e pode causar efeitos adversos em peixes, invertebrados, plantas e anfíbios. Os efeitos de toxicidade aguda podem causar mortalidade dos organismos e os efeitos crônicos podem resultar na redução da sobrevivência, da reprodução e crescimento.

#### **Resultados.**

##### **Cobre dissolvido.**

Foram coletadas 185 amostras para análise de cobre dissolvido no período compreendido entre julho de 2007 e fevereiro de 2010. Não foi detectada a presença de cobre dissolvido acima do padrão CONAMA 357/05 (0,009 mg/L Cu).

##### **Cobre total.**

Foram coletadas 237 amostras para análise de cobre total no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010. Foi detectada a presença de cobre total em amostras conforme apresentado na tabela 2.20. A resolução CONAMA 357/05 não faz referência de padrões para cobre total.

**Tabela 2.20. Resultados das análises de cobre total (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.**

Ano	Mês	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
		Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
2007	Abr				<b>0,007</b>	N.D.	0,015	0,009					
	Jun				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Jul	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,066</b>	N.D.	N.D.					
	Ago	<b>0,020</b>	<b>0,015</b>	<b>0,020</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2008	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Mar				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ju				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				<b>0,006</b>	<b>0,008</b>	<b>0,007</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>				
	Dez				<b>0,116</b>	<b>0,213</b>	<b>0,260</b>	<b>0,213</b>	<b>0,264</b>				
2009	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,012</b>	<b>0,007</b>	<b>0,007</b>	<b>0,008</b>
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,008</b>	<b>0,011</b>
	Mar	N.D.	N.D.	N.D.	0,187	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jun				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jul				N.D.	N.D.	0,006	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Set				<b>0,007</b>	<b>0,006</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-
	Nov	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>	<b>0,007</b>	N.D.	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>	N.D.	N.D.	N.D.	<b>0,009</b>
	Dez				<b>0,006</b>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-
2010	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-
	Fev	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. = Não detectado



### 2.1.3.20. Ferro total e dissolvido.

#### Considerações gerais.

O ferro é o segundo metal mais comum na crosta terrestre, apenas em menor quantidade que o alumínio. É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas interiores do Brasil. O ferro no estado ferroso ( $Fe^{+2}$ ) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. A forma oxidada ( $Fe^{3+}$ ) forma naturalmente o hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita dando cor amarelada à água.

No ambiente natural, a origem desse elemento está relacionada a depósitos orgânicos, detritos de plantas, podendo associar-se a colóides ou ácidos húmicos, o que dá também a cor amarelada à água. O ferro pode ocorrer sob diversas formas químicas e, freqüentemente, aparece associado ao manganês. Teores elevados deste elemento em águas superficiais são encontrados, com maior freqüência, nos seguintes casos: Águas com matéria orgânica, nas quais o ferro se apresenta ligado ou combinado e, freqüentemente, em estado coloidal; águas poluídas por resíduos industriais ou atividades de mineração.

Na bacia do rio Paraíba do Sul os teores de ferro dissolvido e total aumentam significativamente na época das cheias devido ao tipo de solo e ao carreamento de sedimentos, ultrapassando freqüentemente o padrão de ferro dissolvido (0,3 mg/L Fe) recomendado pela resolução CONAMA 357/05.

#### Resultados.

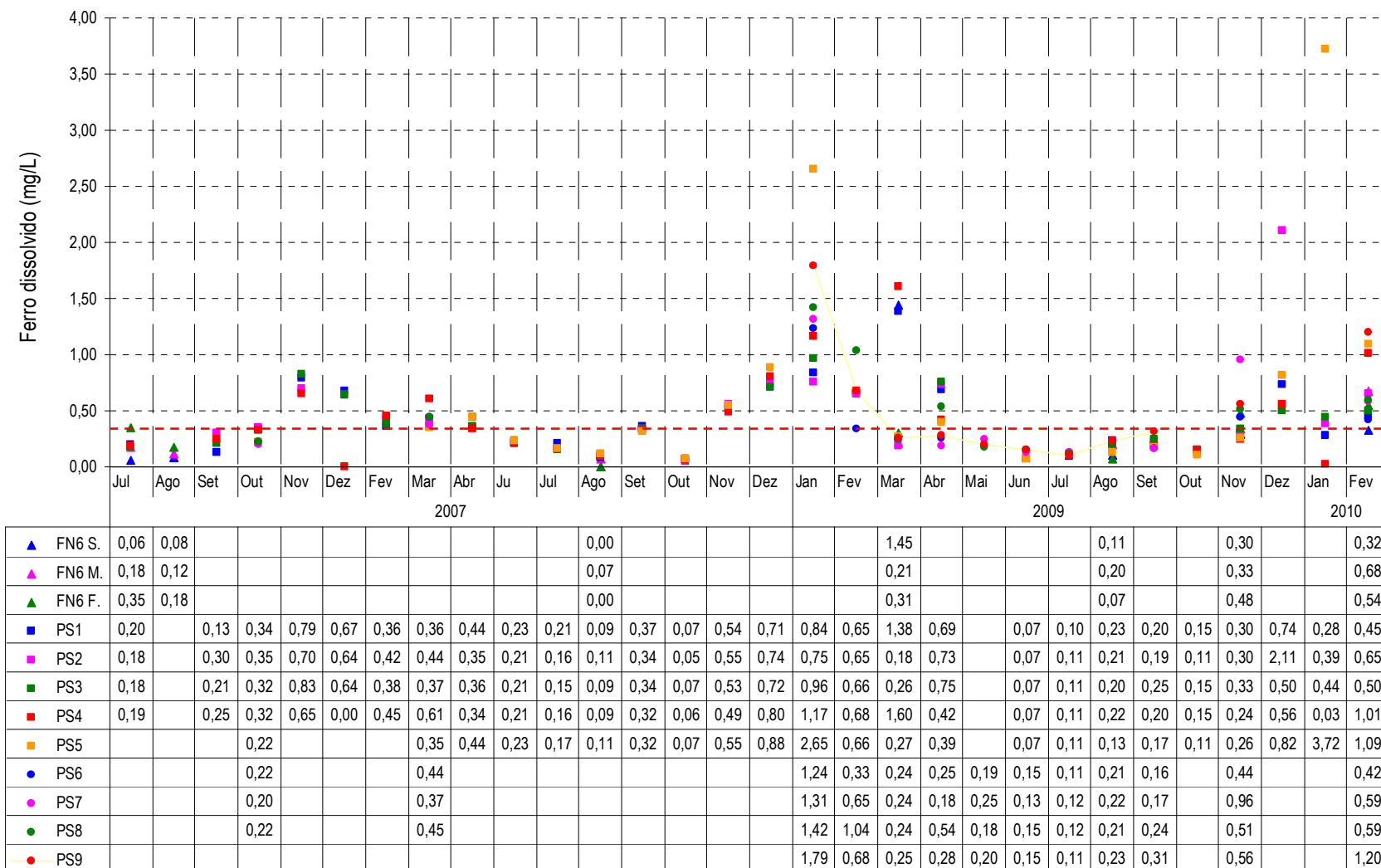
Foram coletadas 160 amostras para análise de ferro dissolvido e 180 para ferro total, no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010. As Tabelas 2.21 e 2.22, e Figuras 2.22 e 2.23, mostram as variações nas concentrações de ferro dissolvido e total nos pontos de amostragem. Observa-se inúmeras violações de padrão de ferro dissolvido (Figura 2.22) de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (0,3 mg/L Fe) principalmente nas cheias. Para ferro total não há padrão.

**Tabela 2.21. Valores medianos, mínimos e máximos de ferro dissolvido nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	0,20	0,20	0,33	0,35	0,34	0,34	0,32	0,27	0,24	0,24	0,24	0,28
Mínimo (mg/L)	0,00	0,07	0,00	0,07	0,05	0,07	0,00	0,07	0,11	0,12	0,12	0,11
Máximo (mg/L)	1,45	0,68	0,54	1,38	2,11	0,96	1,60	3,72	1,24	1,31	1,42	1,79

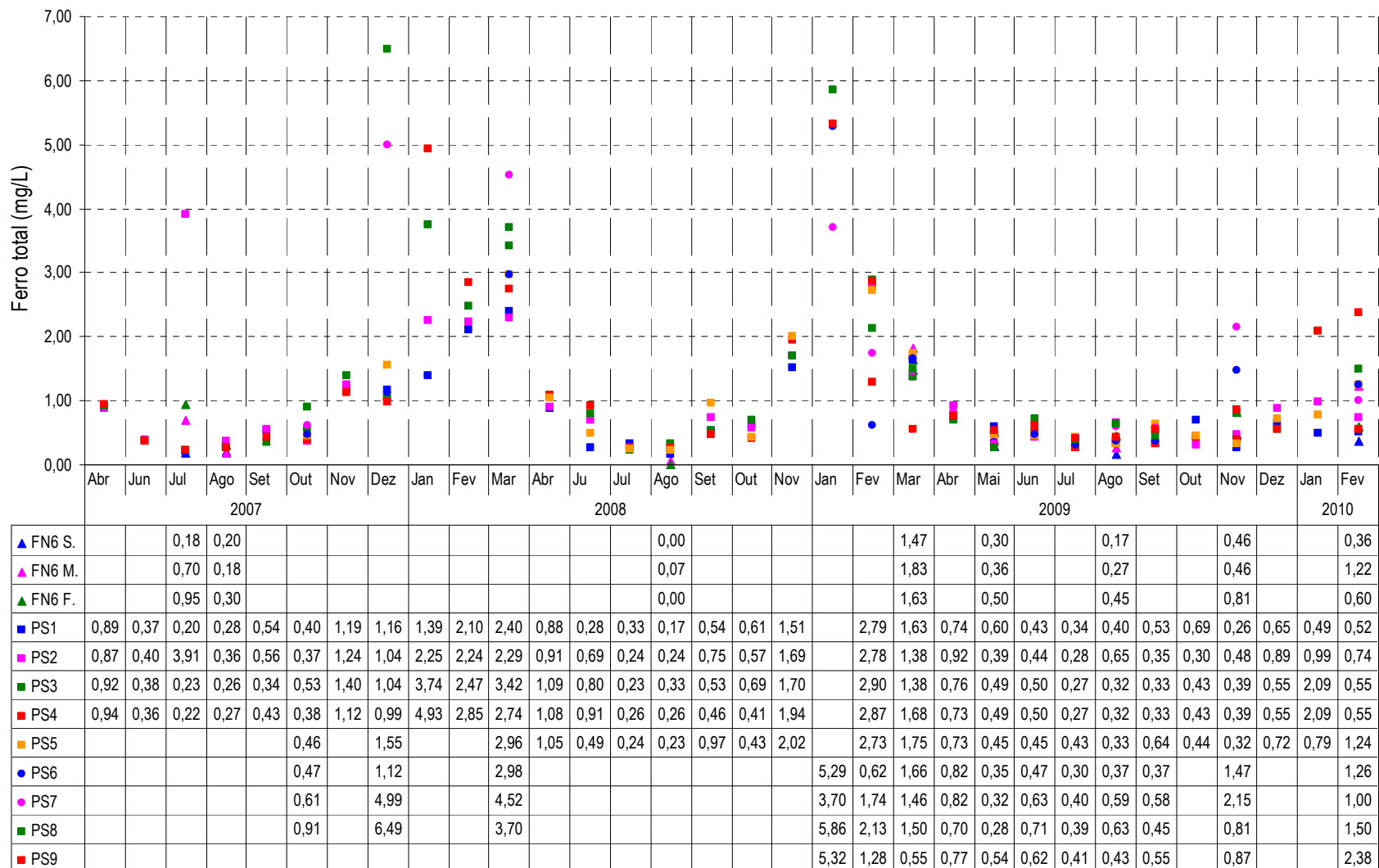
**Tabela 2.22. Valores medianos, mínimos e máximos de ferro total nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	0,30	0,41	0,60	0,54	0,74	0,55	0,50	0,64	0,72	0,91	0,86	0,62
Mínimo (mg/L)	0,00	0,07	0,00	0,17	0,24	0,23	0,22	0,23	0,30	0,32	0,28	0,41
Máximo (mg/L)	1,47	1,83	1,63	2,79	3,91	3,74	4,93	2,96	5,29	4,99	6,49	5,32



--- CONAMA 357/05 = 0,3 mg/L

**Figura 2.22. Representação gráfica e resultados das medições de ferro dissolvido (mg/L) nos pontos de amostragem, com as inúmeras violações de padrão no período de 2007 a 2010.**



**Figura 2.23. Representação gráfica e resultados das medições de ferro total (mg/L) nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.**

### **2.1.3.21. Manganês Total.**

O manganês é um elemento que acompanha o ferro em virtude de seu comportamento geoquímico. Está presente nas águas superficiais principalmente na sua forma insolúvel (Mn<sup>2+</sup>). Normalmente, 90 a 95% do manganês total encontrado na água estão associados ao material particulado e dependendo da sua concentração confere coloração negra à mesma. O manganês é um micronutriente essencial para os organismos aquáticos, sendo considerado moderadamente tóxico em concentrações elevadas. É muito usado na fabricação de ligas metálicas, baterias, tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros.

#### **Resultados.**

Foram coletadas 244 amostras para análise de Manganês total no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010. Os resultados (Figura 2.24) mostram 10 violações de padrão (4,1%) de manganês total de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (0,1 mg/L Mn)



### 2.1.3.22. Mercúrio.

#### Considerações gerais.

As principais fontes antropogênicas de contaminação ambiental por Hg são as indústrias de processamento de metais, produção de cloro-soda, fabricação de pilhas, lâmpadas fluorescentes e agroquímicos contendo Hg, disposição inadequada de componentes contendo mercúrio e atividades de garimpo não regularizadas.

O mercúrio ocorre no meio natural em três estados de oxidação: mercúrio elementar, íon mercúrico ( $\text{Hg}^{+2}$ ) e íon mercurioso ( $\text{Hg}_2^{+2}$ ) o qual é pouco estável em sistemas naturais. Essas diferentes formas apresentam solubilidade, reatividade e toxicidade diferentes, conseqüentemente comportam-se de diferentes modos no meio ambiente, provocando distintos impactos nos ecossistemas.

As formas inorgânicas de mercúrio liberadas para o ambiente podem ser convertidas, através de processos biológicos, em metilmercúrio. O processo de metilação do mercúrio, que aumenta significativamente sua biodisponibilidade e acumulação ao longo da cadeia alimentar, é favorecido em ambientes aquáticos anóxicos ou subóxicos, levemente ácidos, com concentrações elevadas de matéria orgânica dissolvida e atividade microbiológica intensa. Em áreas de remanso, lagos marginais e de inundação e em reservatórios artificiais, essas características biogeoquímicas estão mais propensas a ocorrer. O metil mercúrio tem alta capacidade de biomagnificação na cadeia alimentar em meio aquático tornando-se a maior preocupação sobre a emissão e a mobilização do mercúrio no ambiente.

#### Resultados.

Foram coletadas 246 amostras para análise de mercúrio no período compreendido entre abril de 2007 e fevereiro de 2010. Não foi detectada a presença de mercúrio acima do padrão estabelecido pela resolução 357/05 do CONAMA (0,001 mg/L).

### 2.1.3.23. Chumbo.

#### Considerações gerais.

O chumbo é um metal relacionado à poluição sendo tóxico, bioacumulativo e sem função biológica conhecida, tanto para as plantas como para os seres humanos. Formas orgânicas tóxicas deste metal estão também presentes no meio ambiente a partir de fontes diretas, além da possível metilação químico/biológica de chumbo inorgânico nos sedimentos anaeróbios. Uma fração significativa de chumbo insolúvel pode ser incorporada ao material particulado ou aos sedimentos como íons sorvidos (adsorvidos e absorvidos). A maior parte do chumbo é retida nos sedimentos.

As principais fontes não naturais de chumbo são: encanamentos, soldas, tubos de raios catódicos, plásticos, tintas, pigmentos, baterias chumbo ácidas, forros para cabos, munições, proteção contra raios-X. O chumbo tetraetila foi utilizado no Brasil por muitos anos como aditivo da gasolina sendo proibido e substituído por álcool etílico.

## Resultados.

Foram coletadas 246 amostras para análises de chumbo no período de abril/07 a fevereiro/10. Foi detectada a presença de chumbo em 08 amostras (3,3%) com violação do padrão da resolução CONAMA 357/05 (0,01 mg/L Pb). Os resultados estão apresentados na tabela 2.23

**Tabela 2.23. Resultados das análises de chumbo (mg/L) em amostras coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.**

Ano	Mês	Funil (FN06)					RPS (Calha)						
		Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5				
2007	Abr				0,011	N.D.	0,023	0,013					
	Jun				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Jul	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Ago	0,02	0,02	0,02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2008	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.					
	Mar				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ju				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Nov				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.				
2009	Jan				N.D.	0,015	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Fev				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mar	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Abr				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Mai	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jun				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Jul				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Ago	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Set				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Out				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-
	Nov	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,012	N.D.	N.D.
	Dez				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-
2010	Jan				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-
	Fev	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. = Não detectado

Violação de padrão

### 2.1.3.24. Zinco total.

#### Considerações gerais.

Ocorre em vários minerais e em diferentes formas (sulfetos ou carbonatos de Zn), seu maior uso é na galvanização. É utilizado em baterias, fertilizantes, aros e rodas de veículos, tintas, plásticos, borrachas, em alguns cosméticos e produtos farmacêuticos.

As principais fontes de poluição de zinco estão associadas à sua mineração e metalurgia. A toxicidade pelo zinco é rara e ocorre geralmente quando ingerido em altas doses diárias. É bioacumulativo como a maioria dos metais pesados.

Em ambientes aquáticos o zinco normalmente está ligado ao material particulado. É um micronutriente essencial para todos os organismos. Em concentrações elevadas é mais tóxico para microorganismos e suas espécies solúveis estão prontamente disponíveis para a biota. Tem sido demonstrado que a presença zinco na água é melhor indicada na contaminação de tecidos de peixes, que em sedimentos ou invertebrados.

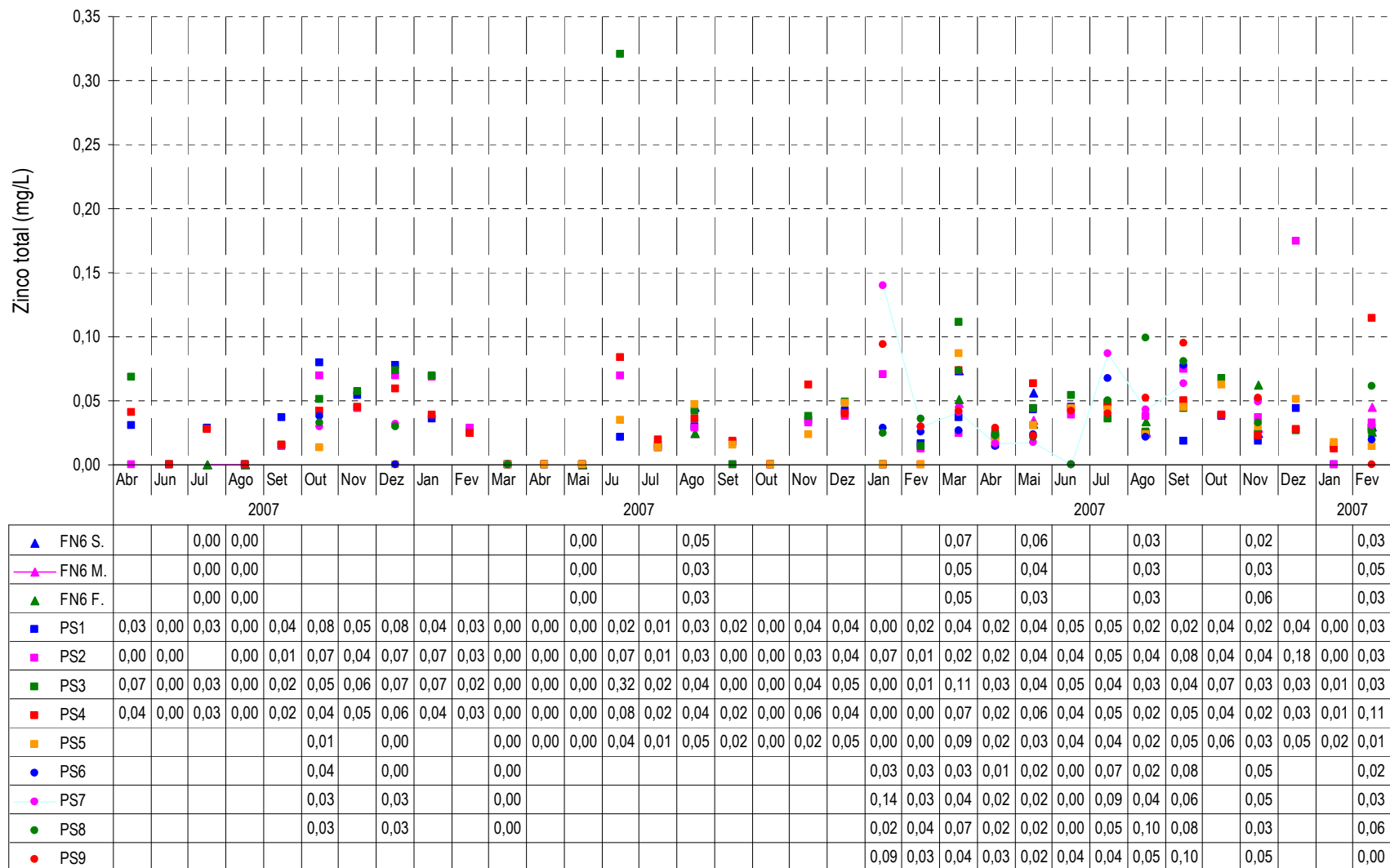
#### Resultados.

Foram coletadas 198 amostras para análises de zinco total no período de abril/07 a fevereiro/10. Os resultados são mostrados na Tabela 2.24 e Figura 125 Observou-se somente uma violação do padrão no ponto PS3 em julho de 2007 (Figura 2.25).

**Tabela 2.24. Valores medianos, mínimos e máximos de zinco total nos pontos de amostragem entre 2008 e 2010.**

	Funil (FN06)			RPS (Calha)								
	Superf.	Meio	Fundo	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
Mediana (mg/L)	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
Mínimo (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo (mg/L)	0,07	0,05	0,06	0,08	0,18	0,32	0,11	0,09	0,08	0,14	0,10	0,10





--- CONAMA 357/05 = 0,18 mg/L

**Figura 2.25. Representação gráfica e resultados das medições de zinco total (mg/L) nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a fevereiro de 2010.**

### 2.1.4. Parâmetros orgânicos.

Foram escolhidos os parâmetros orgânicos com maior possibilidade de serem encontrados na região: BTEX, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares e Fenóis. Esses poluentes estão relacionados a combustíveis, combustão, atividades de siderurgia, metalurgia e química.

Inicialmente foram realizadas amostragens mensais no período de abril/07 a março/08 no trecho Funil - Resende. Como não foi detectada a presença de nenhum dos poluentes nas 12 amostragens iniciais decidiu-se que, a partir de março/08, não seria necessário manter a frequência mensal dessas amostragens.

A partir de janeiro de 2009 com a renovação do convênio FECD/CSN foram iniciadas amostragens nos pontos PS6 a PS9.

As amostras foram coletadas de acordo com a tabela abaixo.

**Tabela 2.25. Amostragens de parâmetros orgânicos realizadas no período de abril/07 a dezembro/09.**

Ano	Mês	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7	PS8	PS9
2007	abril	x	x	x	x					
	junho	x	x	x	x					
	julho	x	x	x	x					
	agosto	x	x	x	x					
	setembro	x	x	x	x					
	outubro	x	x	x	x	x				
	novembro	x	x	x	x					
	dezembro	x	x	x	x	x				
2008	janeiro	x	x	x	x					
	fevereiro	x	x	x	x					
	março	x	x	x	x	x				
	setembro	x	x	x	x	x				
2009	janeiro						x	x	x	x
	fevereiro						x	x	x	x
	março	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	abril						x	x	x	x
	maio						x	x	x	x
	agosto	x	x	x	x	x				
	setembro	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	outubro						x	x	x	x
	dezembro	x	x	x	x	x				
2010	janeiro									
	fevereiro						x	x	x	x

#### 2.1.4.1. BTEX.

##### Considerações.

**BTEX** representa os nomes dos compostos aromáticos: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos. É um grupo importante de compostos voláteis encontrados no petróleo e seus derivados.

Os BTEX são encontrados no meio ambiente devido à poluição gerada por todas as atividades que envolvem a produção, manuseio, transporte comercialização e utilização de combustíveis. Possuem alta mobilidade no meio ambiente podendo contaminar rapidamente o solo, água e atmosfera. Sendo hidrocarbonetos aromáticos são geralmente mais tóxicos que os compostos alifáticos com o mesmo número de carbono. Além de migrarem mais rapidamente através das águas atingindo águas superficiais e subterrâneas, esses compostos apresentam uma toxicidade crônica mais significativa do que os hidrocarbonetos alifáticos.

De todos os BTEX o benzeno apresenta caráter mais tóxico, pois está relacionado diretamente com o seu potencial carcinogênico e mutagênico

##### Resultados.

Não foi detectada a presença de BTEX acima dos limites de detecção do método analítico (0,1µg/L) ou seja, abaixo dos padrões recomendados pela resolução CONAMA 357/05.

#### 2.1.4.2. Fenóis.

##### Considerações gerais.

Fenóis e substâncias fenólicas são hidroxi compostos aromáticos classificados como mono-hídricos (e.g. Fenol, cresóis, Xilenóis, metil fenol), di-hídricos (e.g. catecóis, resorcinóis) e poli-hídricos (com três ou mais grupos hidroxila). São utilizados como desinfetantes, biocidas, preservativos, pesticidas, na fabricação de corantes e resinas, etc. Os fenóis são os principais subprodutos ou rejeitos na siderurgia, metalurgia, indústrias de papel, de petróleo, e de química mineral. As indústrias de processamento da borracha, de colas e adesivos, de resinas impregnantes, de componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais.

Os fenóis podem ocorrer naturalmente nos ambientes aquáticos originário da decomposição de vegetação aquática. A toxicidade dos fenóis na água varia de acordo com as espécies, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura.

##### Resultados.

Os fenóis analisados nas amostras foram:

- Fenol -
- 2-Metilfenol
- 3-Metilfenol
- 4-Metilfenol
- 2-Clorofenol
- 2,4-Dimetilfenol
- 4-Cloro-3-Metilfenol
- 2,6-Diclorofenol
- 2,4-Diclorofenol
- 2-Nitrofenol
- 2,4,6-Triclorofenol
- 4-Nitrofenol
- 2,4,5-Triclorofenol
- 2,3,4,6-Tetraclorofenol
- Pentaclorofenol

Não foi detectada a presença de Fenóis acima dos limites de detecção do método analítico (0,05µg/L) ou seja, abaixo dos padrões recomendados pela resolução CONAMA 357/05.

#### **2.1.4.3. Hidrocarbonetos aromáticos polinucleares.**

##### **Considerações gerais.**

Os Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares HAPs formam um grupo de compostos orgânicos constituídos de dois ou mais anéis de Benzeno e, eventualmente, alguns anéis não aromáticos. São formados por combustão incompleta de matéria orgânica, principalmente madeira, óleos combustíveis e carvão mineral. São pouco solúveis em água e fortemente adsorvidos em partículas. Os principais processos industriais que geram HAPs são os que utilizam combustíveis fósseis, com destaque para as indústrias de petróleo e petroquímica, além das siderúrgicas.

Muito do interesse pelos HAPs deve-se ao fato de que grande número deles apresenta propriedades carcinogênicas. Entre os carcinogênicos mais perigosos incluem-se os derivados do 1,2 - Benzoantraceno, destacando-se o 3,4 - Benzopireno (Benzo-a-Pireno). Raramente ocorrem isolados, sendo encontrados sempre em misturas, sendo que quase a totalidade da carcinogenicidade deve-se a HAPs de 4 a 7 anéis aromáticos. O Benzo-a-pireno é responsável por 10% da carcinogenicidade total, mas a presença de outros HAPs (Pireno e Fluoranteno) reforça seu efeito carcinogênico. São altamente lipossolúveis (solúveis em gorduras), sendo prontamente absorvidos pelos intestinos e pulmões. Transportados pelo sangue e fígado, distribuem-se por vários tipos de tecidos, tendendo a se localizar nas gorduras. Estudos demonstram que, apesar de lipossolúveis, os HAPs não são bioconcentrados nas gorduras por serem prontamente metabolizados.

Os HAPs podem induzir a síntese das enzimas responsáveis pelo seu metabolismo, ou seja, a eficiência da metabolização aumenta com a exposição. Vários outros fatores, no entanto, influenciam o sistema enzimático, como: sexo, idade e alimentação, o que torna problemática qualquer previsão sobre o aumento ou diminuição da carcinogenicidade dos HAPs com o tempo.

##### **Benzo-a-pireno - BaP.**

Na água, o Benzo-a-pireno é prontamente adsorvido pelo material particulado em suspensão, constituindo a sedimentação o mecanismo primário de sua remoção da coluna d'água. Ocorrendo a sedimentação o BaP é persistente e muito lentamente transformado, estimando-se de 0,3 a 58 anos sua meia vida de degradação (Herbes and Schwall, 1978) Experimentos demonstram ser o BaP carcinogênico em todas os grupos de animais testados (ratos e camundongos, cobaias, coelhos, esquilo, patos, macacos e peixes), tendo efeito local e sistêmico.

O metabolismo do BaP se dá em dois estágios. O inicial, ou metabolismo Fase I, envolve sua interação com as oxidases de função mista e formação de diol-epóxidos, incluindo o trans-9,10-epoxi-7,8-dihidrodiol B[a]P. Este diol-epóxido é considerado como o carcinogênico final. Note-se que o BaP (bem como outros HAPs) é um potente indutor das oxidases de função mista, podendo assim potencializar sua própria toxicidade. O metabolismo Fase II envolve a conjugação dos metabólitos intermediários com a glutadiona, os sulfatos e os ácidos mercaptúrico e glucorônico. Conjugados, estes são muito mais solúveis em água,

o que permite sua rápida excreção via fígado. Desta forma, o fígado é considerado o local primário do metabolismo. Registre-se, porém, que significativo metabolismo ocorre também nos tecidos do pulmão, trato gastrointestinal, placenta e pele.

### **Resultados.**

Os HAPs analisados nas amostras foram:

- Naftaleno
- Acenaftileno
- Acenafteno
- Fluoreno
- Fenantreno
- Antraceno
- Fluoranteno
- Pireno
- Benzo[a]antraceno
- Criseno
- Benzo[b]fluoranteno
- Benzo[k]fluoranteno
- Benzo[a]pireno
- Indeno[1,2,3-cd]pireno
- Dibenzo[a,h]antraceno
- Benzo[ghi]perileno
- Benzo[b]fluoranteno
- Benzo([k]fluoranteno
- Benzo[a]pireno
- Indeno[1,2,3-cd]pireno
- Dibenzo[a,h]antraceno
- Benzo[ghi]perileno

Não foi detectada a presença de HAPs acima dos limites de detecção do método analítico (0,05µg/L).

## 2.2. Sedimentos.

### 2.2.1. Considerações.

Os sedimentos, como a água e a biota, constituem um importante compartimento no monitoramento da qualidade ambiental dos corpos d'água. Através deles é possível avaliar e identificar a presença de substâncias tóxicas persistentes e suas possíveis fontes de contaminação. Entretanto, nos rios, os sedimentos não são estáticos e são transportados na época das cheias, principalmente os sedimentos mais finos.

Os sedimentos / substratos superficiais da calha do rio Paraíba do Sul na região são constituídos em sua quase totalidade por areia, cascalho e pedras, com pequena proporção de finos (silte e argilas). A sedimentação de finos, na calha principal, se dá nas margens e remansos, em locais de mínima corrente, podendo também ser transportados nas cheias.

A tendência de se caracterizar a contaminação dos sedimentos baseando-se em resultados de amostragens com equipamentos convencionais (busca-fundos tradicionais), realizadas basicamente em margens e remansos, pode provocar erros significativos na interpretação dos dados. Neste caso as amostras são coletadas onde se consegue coletar com o equipamento.

De uma maneira geral, esta é uma situação típica nas amostragens de sedimentos na calha do RPS. Devido a isso, não é recomendada a extrapolação dos resultados de amostras coletadas em remansos de margens para a calha como um todo, mesmo se utilizando os mais sofisticados modelos matemáticos. Este tipo de amostragem é útil para verificar se existe contaminação, mas não o tamanho da contaminação. Em ambientes lênticos (lagos e reservatórios) a situação é totalmente diferente com relação aos sedimentos.

Para o mapeamento e caracterização confiável dos sedimentos há necessidade de equipamentos sofisticados, mergulhadores e inúmeras amostragens, inclusive em áreas centrais da calha. As amostras devem ser caracterizadas e quantificadas quanto à sua granulometria e as frações de finos analisadas para se verificar contaminação por substâncias químicas. Desta forma pode-se quantificar a extensão e tamanho da contaminação, entretanto, o custo torna-se inviável.

As amostragens dos sedimentos tiveram como objetivo verificar a possível contaminação trecho da calha do RPS utilizado para os estudos, considerando todas as restrições expostas acima. Os limites de referência utilizados (Tabela 2.27) para interpretação dos dados são baseados nos limites: *ISQG - Interim sediment quality guideline* do documento *Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines* (CANADA, 2003) e *TEC - Threshold Effects Concentrations* do documento *Consensus-Based Sediment Quality Guidelines* (WISCONSIN, 2003). A legislação ambiental brasileira não estabelece padrões ou limites para substâncias químicas orgânicas e inorgânicas nos sedimentos com o objetivo de enquadramento dos corpos d'água ou proteção da vida aquática.

As amostragens foram realizadas com busca fundo marca *Hydro-Bios Apparatebau GmbH* modelo *Van-Veen* (Figura 2.26), construída em aço inoxidável.

**Tabela 2.26. Limites de referência internacionais para metais em sedimentos para preservação da vida aquática.**

Metais (mg/kg)	CANADÁ ISQG	WISCONSIN, USA TEC
Antimônio		2
Arsênio		9,8
Cádmio	0,6	0,99
Chumbo	35,0	36
Cobre	35,7	32
Cromo Total	37,3	43
Ferro Total		20000
Manganês		460
Merúrio	0,17	0,18
Níquel		23
Zinco	123,0	120

ISQG = *Interim Sediment Quality Guideline* (CANADA, 2003)

TEC = *Threshold Effects Concentrations* (WISCONSIN, 2003)



**Figura 2.26. Busca fundo modelo Van-Veen utilizado nas amostragens de sedimentos**

### 2.2.2. Locais de amostragem.

Como critério foram escolhidos 05 trechos para amostragem de sedimentos na calha do rio Paraíba do Sul tendo como referência os pontos de amostragem de água. Foram coletadas 49 amostras nas margens esquerda e direita no período de abril/07 a outubro/09.

A Figura 2.27 mostra a localização dos pontos e a Tabela 2.28 a relação das amostras bem como as coordenadas de referência.



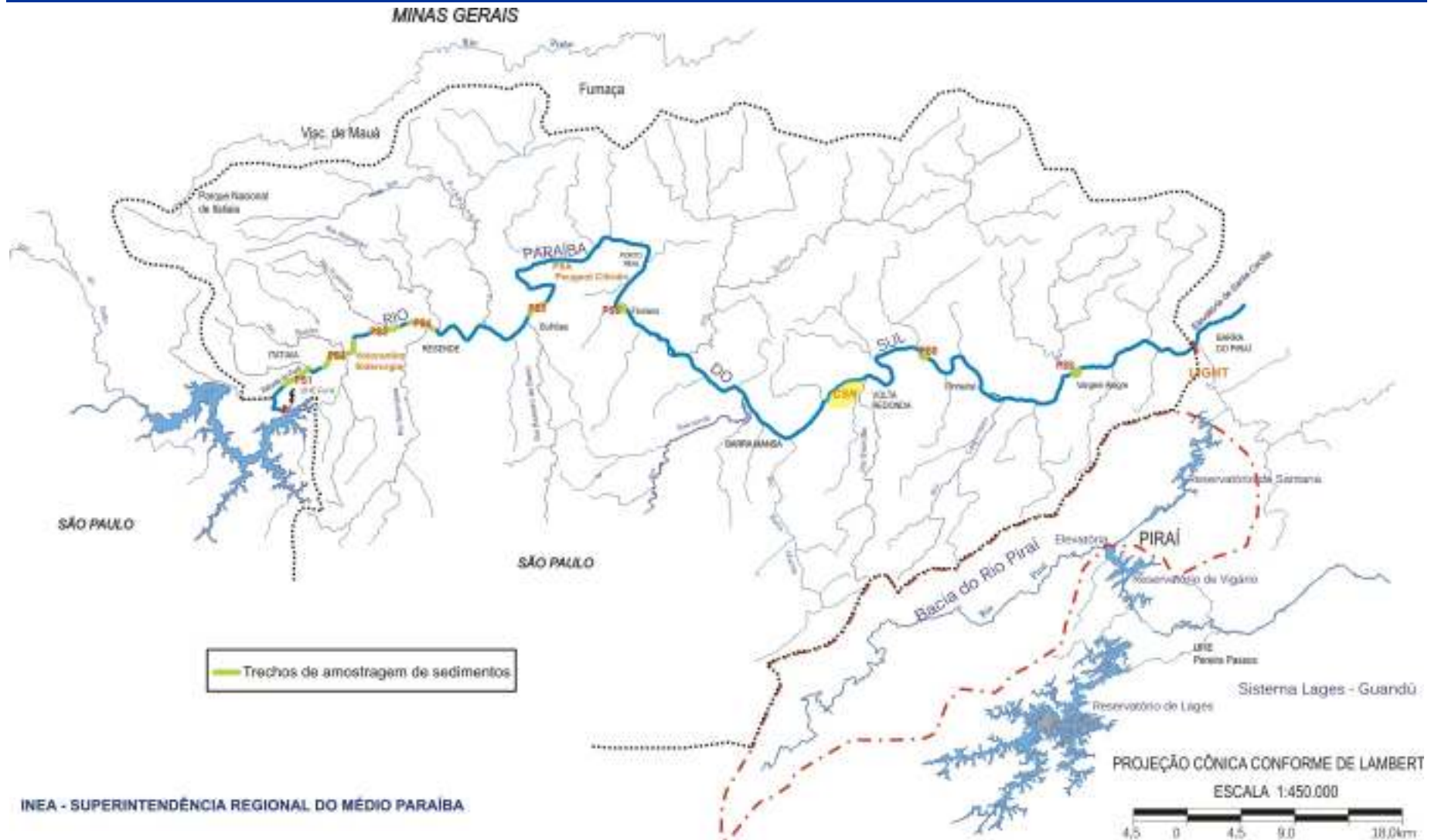


Figura 2.27. Locais de amostragem de sedimentos no rio Paraíba do Sul.



**Tabela 2.27. Localização e relação de amostras de Sedimentos coletadas no Rio Paraíba do Sul no trecho Funil - Santa Cecília, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

Data	Local	Código do ponto	Localização / Coordenadas	Observações
19/04/07	PS1	S1	22° 30' 11,46" S – 44° 33' 29,34" O	Amostra composta: S1 + S2
19/04/07	PS1	S2	22° 30' 7,50" S – 44° 33' 16,56" O	
19/04/07	PS2	S1	22° 28' 57,54" S – 44° 30' 47,52" O	Amostra composta: S1 + S2
19/04/07	PS2	S2	22° 28' 37,74" S – 44° 30' 47,58" O	
19/04/07	PS3	S1	22° 28' 5,46" S – 44° 29' 19,26" O	Amostra composta: S1 + S2
19/04/07	PS3	S2	22° 28' 9,66" S – 44° 29' 19,56" O	
19/04/07	PS4	S1	22° 28' 5,34" S – 44° 26' 42,66" O	Amostra composta: S1 + S2
19/04/07	PS4	S2	22° 27' 59,52" S – 44° 26' 48,66" O	
24/07/07	PS1	-	22° 30' 7,60" S – 44° 33' 16,5" O	Amostras individuais
24/07/07	PS2	-	22° 28' 25,8" S – 44° 30' 50,2" O	
24/07/07	PS3	-	22° 28' 5" S – 44° 29' 17,3" O	
24/07/07	PS4	-	22° 28' 2" S – 44° 26' 52,2" O	
27/11/07	PS1	-	22° 30' 2,10" S – 44° 33' 15,3" O	
27/11/07	PS2	-	22° 29' 2,6" S – 44° 30' 48,2" O	
27/11/07	PS3	-	22° 28' 9,8" S – 44° 29' 19,1" O	
27/11/07	PS4	-	22° 28' 5,1" S – 44° 26' 42,99" O	
10/07/08	PS1	MD1	22° 29' 47,1" S – 44° 32' 57,3" O	
10/07/08	PS1	ME1	22° 29' 48,1" S – 44° 33' 2,4" O	
09/07/08	PS2	MD1	22° 29' 12,7" S – 44° 31' 41,4" O	
09/07/08	PS2	MD2	22° 29' 17,5" S – 44° 31' 19" O	
09/07/08	PS2	MD3	22° 28' 48,7" S – 44° 30' 46,22" O	
09/07/08	PS2	ME1	22° 29' 9,8" S – 44° 31' 46,7" O	
09/07/08	PS2	ME2	22° 29' 13,6" S – 44° 31' 13,4" O	
09/07/08	PS2	ME3	22° 29' 2,6" S – 44° 30' 48,2" O	
09/07/08	PS3	MD1	22° 28' 18,6" S – 44° 30' 19,9" O	
09/07/08	PS3	MD2	22° 28' 16,1" S – 44° 30' 9,3" O	
09/07/08	PS3	MD3	22° 28' 8,4" S – 44° 29' 32,1" O	
09/07/08	PS3	ME1	22° 28' 14,5" S – 44° 30' 16,7" O	
09/07/08	PS3	ME2	22° 28' 10,5" S – 44° 30' 6" O	
09/07/08	PS3	ME3	22° 28' 4" S – 44° 29' 11,4" O	
08/07/08	PS4	MD1	22° 27' 45,5" S – 44° 28' 12,7" O	
08/07/08	PS4	MD2	22° 27' 42" S – 44° 28' 2,7" O	
08/07/08	PS4	MD3	22° 27' 41,1" S – 44° 27' 53",1 O	
08/07/08	PS4	MD4	22° 27' 53,8" S – 44° 28' 32" O	
08/07/08	PS4	ME1	22° 27' 41,5" S – 44° 28' 14,1" O	
08/07/08	PS4	ME2	22° 27' 38,9" S – 44° 28' 3,5" O	
08/07/08	PS4	ME3	22° 27' 37,5" S – 44° 27' 38,7" O	
23/07/08	PS5	MD1	22° 27' 4,5" S – 44° 21' 57,5" O	
23/07/08	PS5	MD2	22° 26' 53,5" S – 44° 21' 33,8" O	
23/07/08	PS5	ME1	22° 27' 9,8" S – 44° 22' 11,3" O	
23/07/08	PS5	ME2	22° 26' 50,7" S – 44° 21' 33,8" O	
28/10/09	PS1	-	22° 30' 25,6" S – 44° 34' 3,1" O	
28/10/09	PS2	ME2	22° 29' 13,6" S – 44° 31' 13,4" O	
28/10/09	PS2	MD2	22° 29' 17,5" S – 44° 31' 19" O	
28/10/09	PS3	MD3	22° 28' 8,4" S – 44° 29' 32,1" O	
28/10/09	PS3	ME3	22° 28' 4" S – 44° 29' 11,4" O	
28/10/09	PS4	MD1	22° 27' 45,5" S – 44° 28' 12,7" O	
28/10/09	PS4	MD3	22° 27' 41,1" S – 44° 27' 53",1 O	
28/10/09	PS4	ME3	22° 27' 37,5" S – 44° 27' 38,7" O	
28/10/09	PS6	MD1	22° 27' 1.37" S - 44° 18' 1.15" O	
28/10/09	PS8	MD1	22° 28' 42.86" S - 44° 3' 47.47" O	
28/10/09	PS9	ME1	22° 29' 55.89" S - 43° 56' 4.92" O	

S1 = Amostra 1 - S2 = Amostra 2 MD = Margem direita – ME = Margem esquerda.

### 2.2.3. Metais Pesados.

A distribuição, o transporte e a biodisponibilidade de metais em ambientes aquáticos são primariamente controlados pelo sedimento e pela coluna de água, respectivamente. A mobilização de metais depende da textura física e da natureza química do sedimento, na qual sua variação determina a quantidade e a força de ligação do metal. A composição físico-química da coluna d'água determina os mecanismos de transporte do metal, determinando a sua distribuição entre as formas particulada, coloidal, iônica dissolvida e complexada dissolvida.

As substâncias húmicas, a matéria orgânica natural, são responsáveis pela complexação dos metais e possuem importância fundamental no destino e biodisponibilidade de metais pesados nos corpos d'água. A adsorção de metais na fração particulada também ocorre pela associação do metal a partículas minerais de oxi-hidróxidos de ferro, manganês e alumínio e também pelos argilominerais silicatados, ou seja: basicamente todos os componentes principais das argilas.

Os oxi-hidróxidos de ferro, de uma maneira geral, são os minerais mais abundantes em águas naturais e desempenham um papel importante no comportamento de metais na coluna de água. Entretanto, outras partículas inorgânicas podem atuar no comportamento geoquímico de metais em águas naturais, dependendo de sua reatividade e concentração.

Os metais diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos, por serem definitivamente não-degradáveis e bioacumulativos. A maioria dos ambientes aquáticos naturais tem uma dada capacidade de reduzir os efeitos tóxicos de metais-traço devido à presença de ligantes naturais e de origem antrópica que os complexam, tornando-os menos biodisponíveis. Além disto, a adsorção de metais pelos constituintes do material particulado causa também a redução da sua toxicidade.

Os metais analisados nas amostras coletadas foram: alumínio, antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel, zinco. A tabela 2.29 apresenta os resultados de todas as amostras coletadas.

**Tabela 2.28. Resultados das análises de metais pesados em amostras de sedimentos coletadas nos diversos pontos de amostragem no período de abril de 2008 a outubro de 2009.**

	2007			2008							2009					
	Abr	Jul	Nov	Jul MD1	Jul MD2	Jul MD3	Jul MD4	Jul ME1	Jul ME2	Jul ME3	Out MD1	Out MD2	Out MD3	Out ME1	Out ME2	Out ME3
<b>Chumbo (mg/Kg) - ISQG = 35 mg/Kg</b>																
PS1	3,75	8,60	16,01	14,58				5,89						11,92		
PS2	4,92	17,25	32,05	11,04	14,27	16,68		7,48	14,45	15,24		15,02			23,32	
PS3	4,18	9,08	18,28	8,13	11,76	15,24		17,17	8,49	18,37			14,85			19,21
PS4	7,16	32,07	48,96	7,73	26,49	19,94	15,48	11,12	9,00	10,49	33,04		28,15			18,31
PS5				14,31	12,59			27,14	5,44							
PS6											40,4					
PS8											34,5					
PS9														37,3		
<b>Cobre (mg/Kg) - ISQG = 35,7</b>																
PS1	1,87	12,38	N.D.	5,09				2,16						9,62		
PS2	3,49	10,41	9,53	4,30	4,18	5,73		2,55	7,23	6,37		21,74			20,80	
PS3	4,23	4,75	5,11	3,25	3,16	6,13		5,50	2,63	7,62			18,26			21,65
PS4	23,46	16,24	35,07	3,65	9,63	14,75	6,67	5,38	5,37	4,44	31,47		26,38			17,57
PS5				5,84	5,11			20,65	3,19							
PS6											41,3					
PS8											52,2					
PS9														47,6		
<b>Cromo (mg/Kg) - ISQG = 37,3 mg/Kg</b>																
PS1	5,36	14,44	7,62	17,65				8,46						23,41		
PS2	9,90	30,18	18,13	15,90	18,39	23,59		10,29	21,37	24,28		25,97			39,86	
PS3	9,86	21,77	11,07	18,10	19,51	26,80		28,02	14,79	43,05			46,00			51,28
PS4	11,85	57,61	31,27	15,54	37,69	36,74	33,23	27,63	20,58	23,15	61,99		50,67			38,84
PS5				32,73	24,86			53,98	12,30							
PS6											90,4					
PS8											92,0					
PS9														93,8		
<b>Ferro (mg/Kg) - TEC = 20000 mg/Kg</b>																
PS1	5425	12139	8370	17473				7956						21643		
PS2	7869	24108	20766	14352	17755	19418		8469	24561	20054		23898			32254	
PS3	7834	14236	12120	15461	16690	20307		25344	12966	73058			29334			42599
PS4	9922	51735	31294	13446	38318	30581	26181	20163	10957	17770	52495		47209			32175
PS5				27520	20546			37235	7887							
PS6											31957					
PS8											28948					
PS9														30244		

**Tabela 2.28. Continuação.**

	2007			2008							2009					
	Abr	Jul	Nov	Jul MD1	Jul MD2	Jul MD3	Jul MD4	Jul ME1	Jul ME2	Jul ME3	Out MD1	Out MD2	Out MD3	Out ME1	Out ME2	Out ME3
<b>Manganês (mg/Kg) - TEC = 460 mg/Kg</b>																
PS1	109,6	187,9	365,4	223				240						439		
PS2	179,7	316,1	752,1	350	439	246		271	534	497		553			777	
PS3	157,3	260,2	450,8	355	519	325		678	431	748			409			530
PS4	237,7	664,3	981,8	203,9	742,7	1203,1	886,5	514,4	132,1	382,2	770		1090			691
PS5				605,4	755,1			653,9	173,7							
PS6											2012					
PS8											1539					
PS9														1788		
<b> Mercúrio (mg/Kg) - ISQG = 0,17 mg/Kg</b>																
PS1	N.D.	N.D.	N.D.	0,14				N.D.						0,348		
PS2	N.D.	N.D.	N.D.	0,16	0,83	0,82		N.D.	0,29	0,16		0,811			0,588	
PS3	N.D.	N.D.	N.D.	0,15	0,13	0,23		0,52	0,14	0,53			0,367			0,431
PS4	N.D.	N.D.	N.D.	0,13	0,17	0,25	0,61	0,12	N.D.	0,40	0,411		0,595			0,458
PS5				0,35	0,24			0,74	0,60							
<b>Zinco (mg/Kg) - ISQG = 123 mg/Kg</b>																
PS1	12,73	33,04	N.D.	42				23						53,29		
PS2	16,03	68,15	N.D.	42	53	37		27	75	60		141,22			97,9	
PS3	22,88	41,61	N.D.	47	45	70		63	34	91			104,01		105,13	
PS4	26,75	66,52	N.D.	45,44	90,87	88,81	78,26	62,49	46,33	53,85	147,55		121,39			95,97
PS5				63,55	53,93			115,55	22,54							
PS6											166					
PS8											243					
PS9														255		
<b>Alumínio (mg/Kg)</b>																
PS1				7432				6010						17420		
PS2				8651	9497	7534		5409	14558	10490		23966			29760	
PS3				6884	8478	10134		14120	6215	44019			23278			36733
PS4				6250	17526	15256	14291	10566	9037	8986	42007		39493			25284
PS5				11567	8225			26605	4364							
PS6											50696					
PS8											42746					
PS9														41026		

**Tabela 2.28. Continuação.**

	2007			2008							2009					
	Abr	Jul	Nov	Jul MD1	Jul MD2	Jul MD3	Jul MD4	Jul ME1	Jul ME2	Jul ME3	Out MD1	Out MD2	Out MD3	Out ME1	Out ME2	Out ME3
<b>Antimônio (mg/Kg) - TEC = 2 mg/Kg</b>																
PS1				N.D.				N.D.						N.D.		
PS2				N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.		N.D.			N.D.	
PS3				N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.			N.D.			N.D.
PS4				N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.			N.D.
PS5				N.D.	N.D.					N.D.	N.D.					
PS6											0,331					
PS8											0,385					
PS9														0,557		
<b>Arsênio (mg/Kg) - TEC = 9,8 mg/Kg</b>																
PS1				0,95				N.D.						4,80		
PS2				0,90	0,53	1,09		0,71	0,66	1,28		6,06			6,28	
PS3				0,96	0,94	1,37		1,35	1,43	1,12			2,74			6,38
PS4				1,20	1,76	1,53	1,53	1,01	1,53	0,96	6,68		5,01			5,40
PS5				1,21	1,16			1,43	0,78							
PS6											9,4					
PS8											6,4					
PS9														9,4		

ISQG = *Interim Sediment Quality Guideline* (CANADA, 2003) - TEC = *Threshold Effects Concentrations* (WISCONSIN, 2003)

N.D. - Não detectado (abaixo do limite de detecção do método analítico)

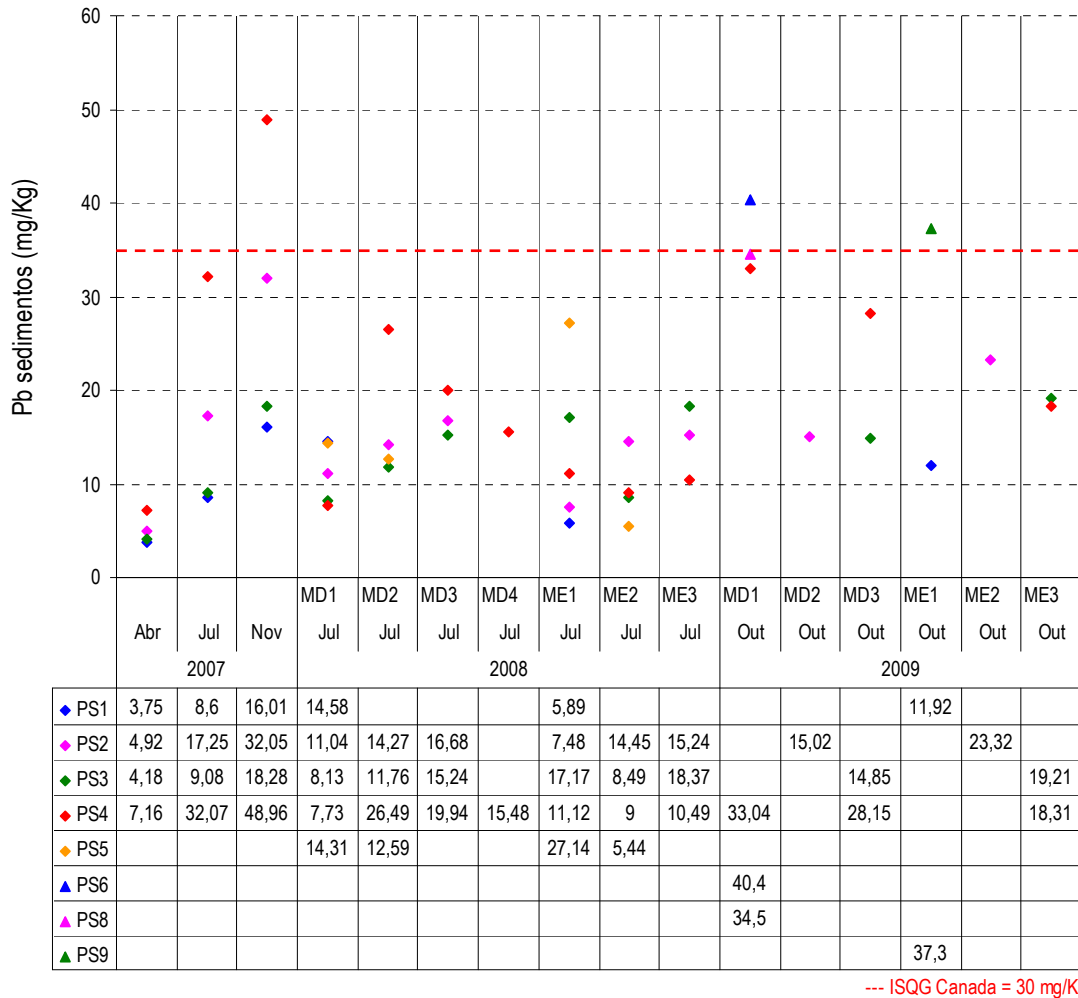
(mg/Kg) tendo como base o peso seco das amostras

Os números em vermelho significam valores acima dos limites recomendados pelas referências citadas.

No item 2.1. (Água) estão incluídas as considerações gerais para cada metal. Os itens a seguir abordam comentários parciais e resultados para cada metal.

### 2.2.3.1 Chumbo.

Foi detectada a presença da chumbo em todas as amostras. 03 amostras (Pontos PS2, PS6 e PS9) apresentaram resultados acima do limite (ISQG) recomendado pela referência citada (Figura 2.28).

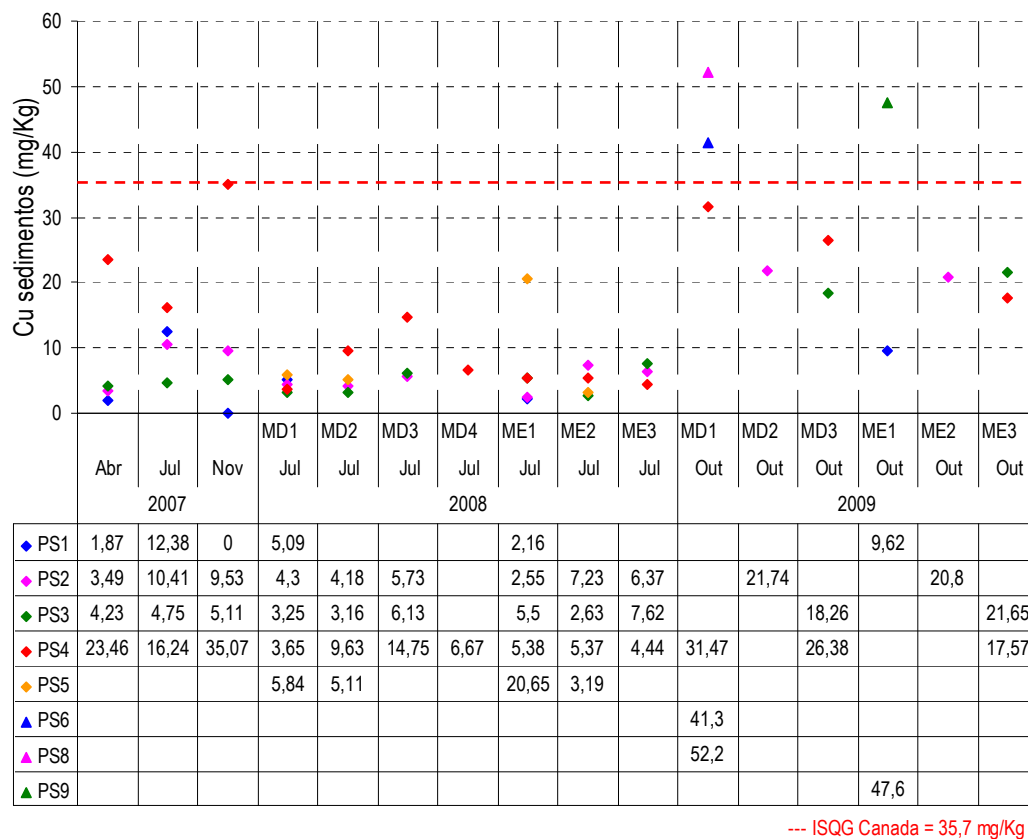


MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.28. Representação gráfica e resultados das medições de chumbo (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

### 2.2.3.2 Cobre.

Foi detectada a presença de cobre em todas as amostras, sendo que 03 (pontos PS6, PS7 e PS9) apresentaram valores acima do limite (ISQG) recomendado pela referência citada (Figura 2.29).

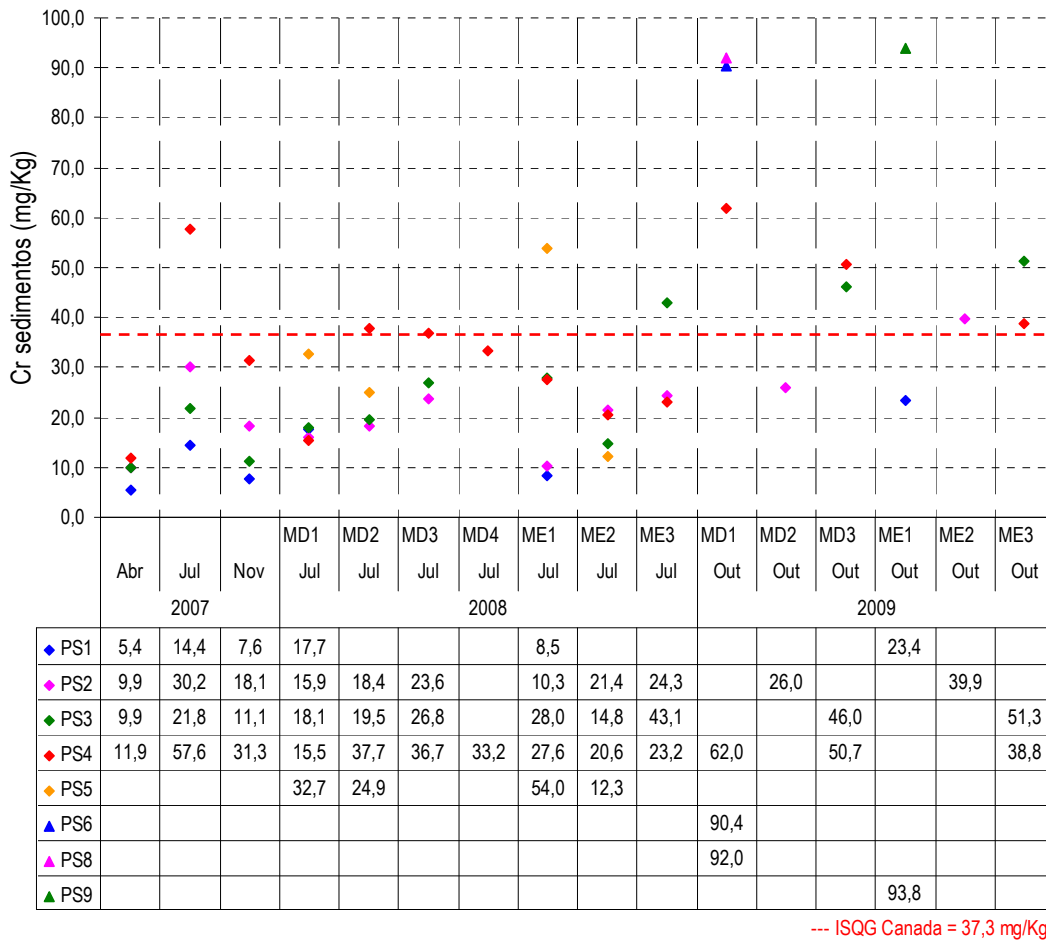


MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.29. Representação gráfica e resultados das medições de cobre (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

### 2.2.3.3. Cromo.

Foi detectada a presença de cromo em todas as amostras. Amostras coletadas nos pontos PS2 (01 amostra), PS3 (03 amostras), PS4 (03 amostras), e PS5 (01 amostra), PS6 (01 amostra), PS8 (01 amostra), PS9 (01 amostra), apresentaram resultados acima do limite (ISQG) recomendado pela referência citada (Figura 2.30).



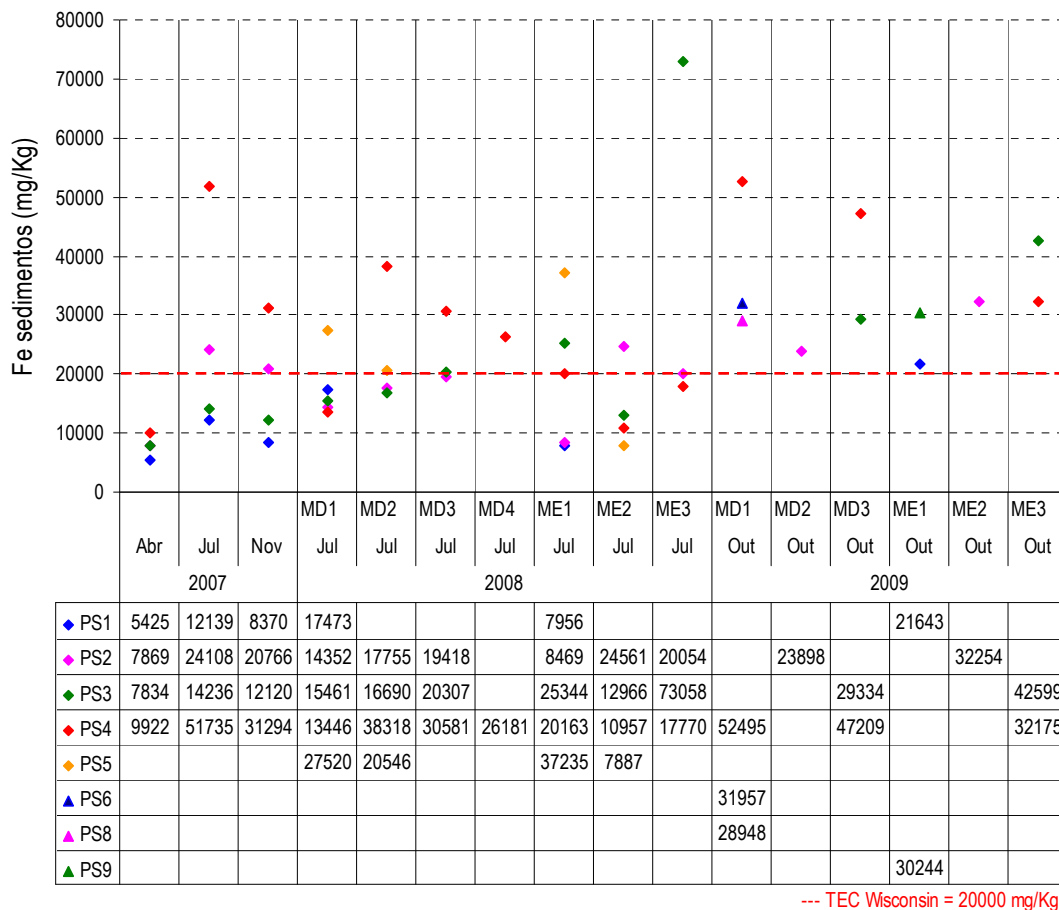
MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.30. Representação gráfica e resultados das medições de cromo (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**



### 2.2.3.4. Ferro.

Foi detectada a presença de ferro em todas as amostras, como já esperado. Entretanto, grande parte das amostras em todos os pontos mostrou resultados acima do limite (TEC) recomendado pela referência citada (Figura 2.31).

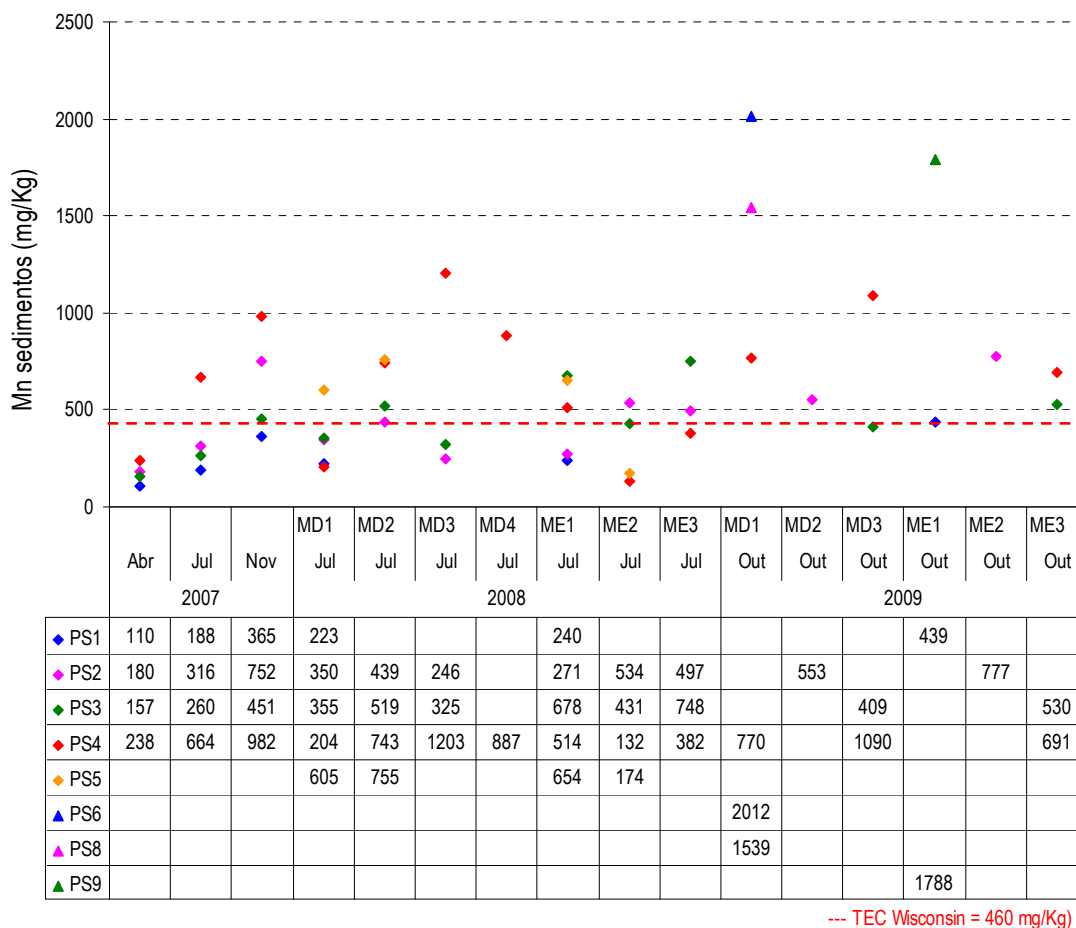


MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.31. Representação gráfica e resultados das medições de ferro (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

### 2.2.3.5. Manganês.

Foi detectada a presença de manganês em todas as amostras, como já esperado. Entretanto, grande parte das amostras em todos os pontos mostrou resultados acima do limite (TEC) recomendado pela referência citada (Figura 2.32).



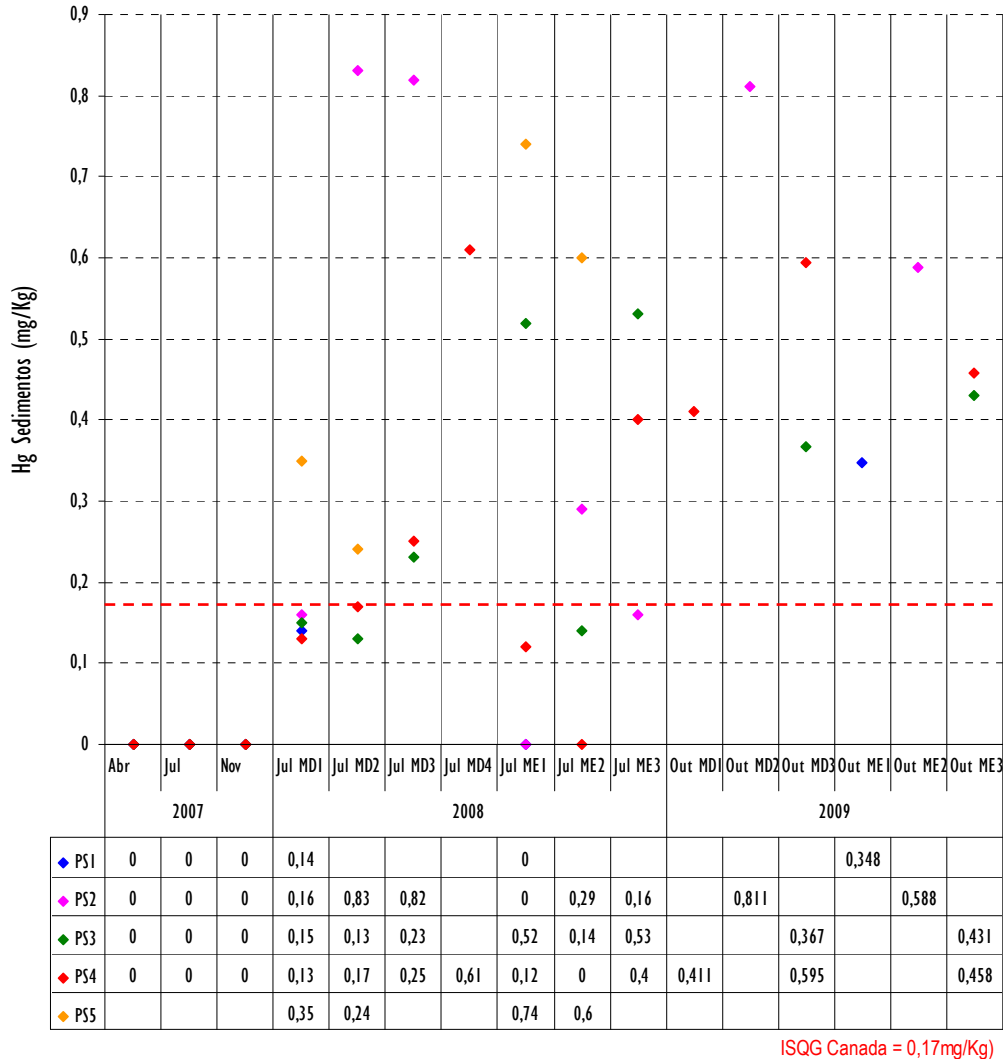
MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.32. Representação gráfica e resultados das medições de manganês (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

### 2.2.3.6. Mercúrio.

Os resultados das análises servem como um **alerta** devido ao mercúrio ser um metal tóxico, bioacumulativo e ter alta mobilidade no meio ambiente. Foi detectada a presença de mercúrio na maioria das amostras coletadas (Figura 2.33), sendo que grande parte acima do limite (ISQG) recomendado pela referência citada.

Esta situação deverá ser melhor caracterizada nas fases subseqüentes do projeto (a partir de abril de 2010), cujas amostras serão enviadas para um novo laboratório.

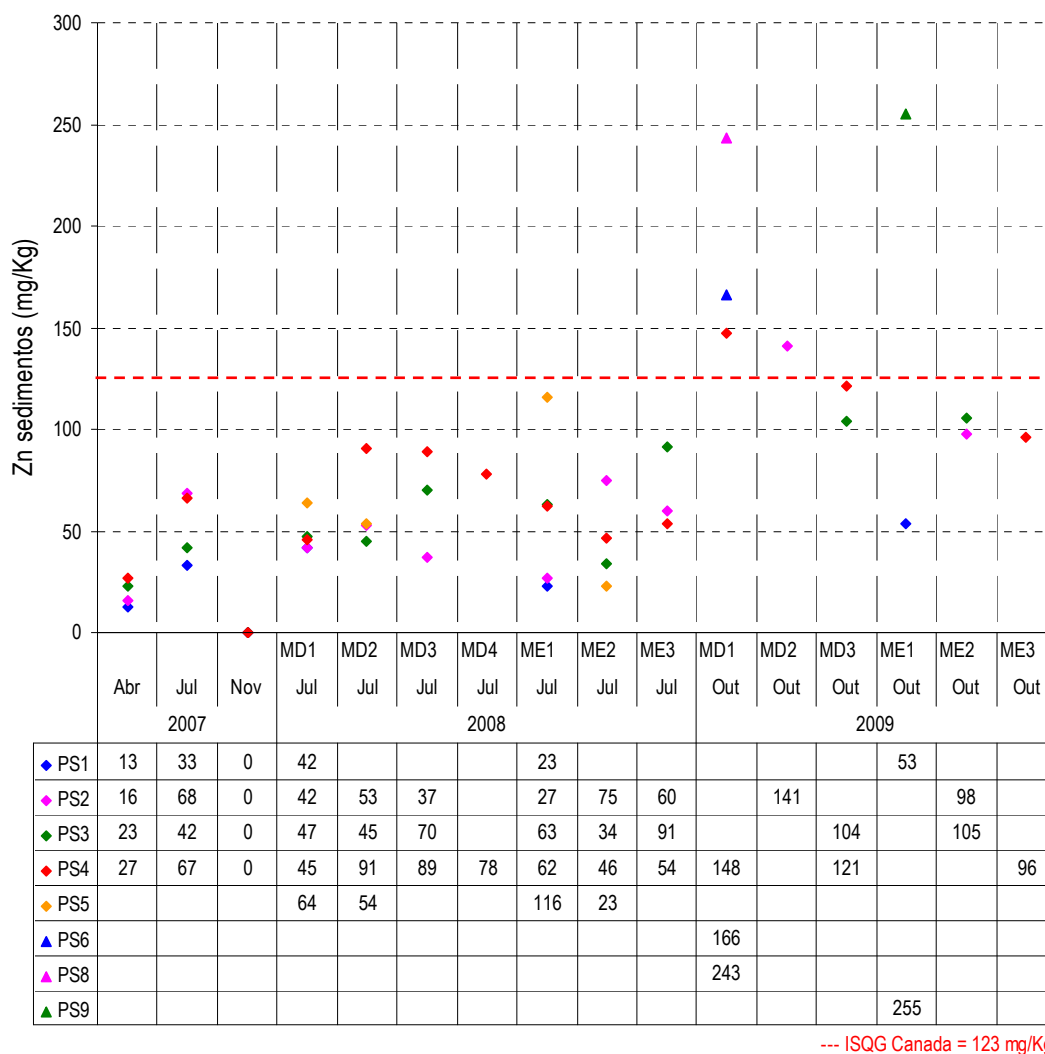


MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.33. Representação gráfica e resultados das medições de mercúrio (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

### 2.2.3.7. Zinco.

Foi detectada a presença de zinco na maioria das amostras sendo que 05 amostras coletadas nos pontos PS2, PS4, PS6, PS8 e PS9; 05 apresentaram resultados acima do limite (ISQG) recomendado pela referência citada (Figura 2.28).

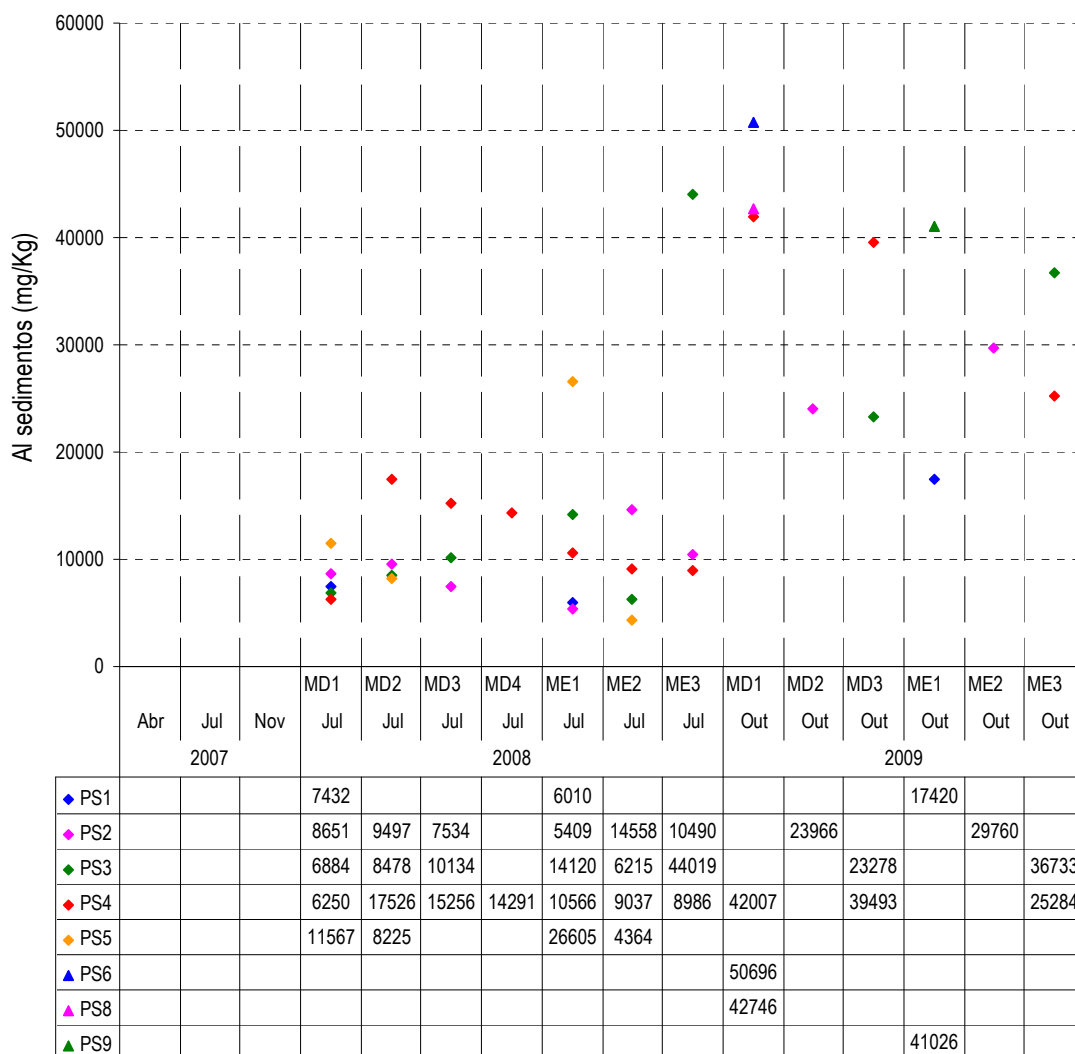


MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.34. Representação gráfica e resultados das medições de zinco (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

### 2.2.3.8. Alumínio.

Foi detectada a presença de alumínio (Figura 2.35) em todas as amostras dentro das expectativas levando-se em consideração o descrito o item 2.1.3.14. Não foram encontrados limites de referência para alumínio em sedimentos na bibliografia internacional consultada.



MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

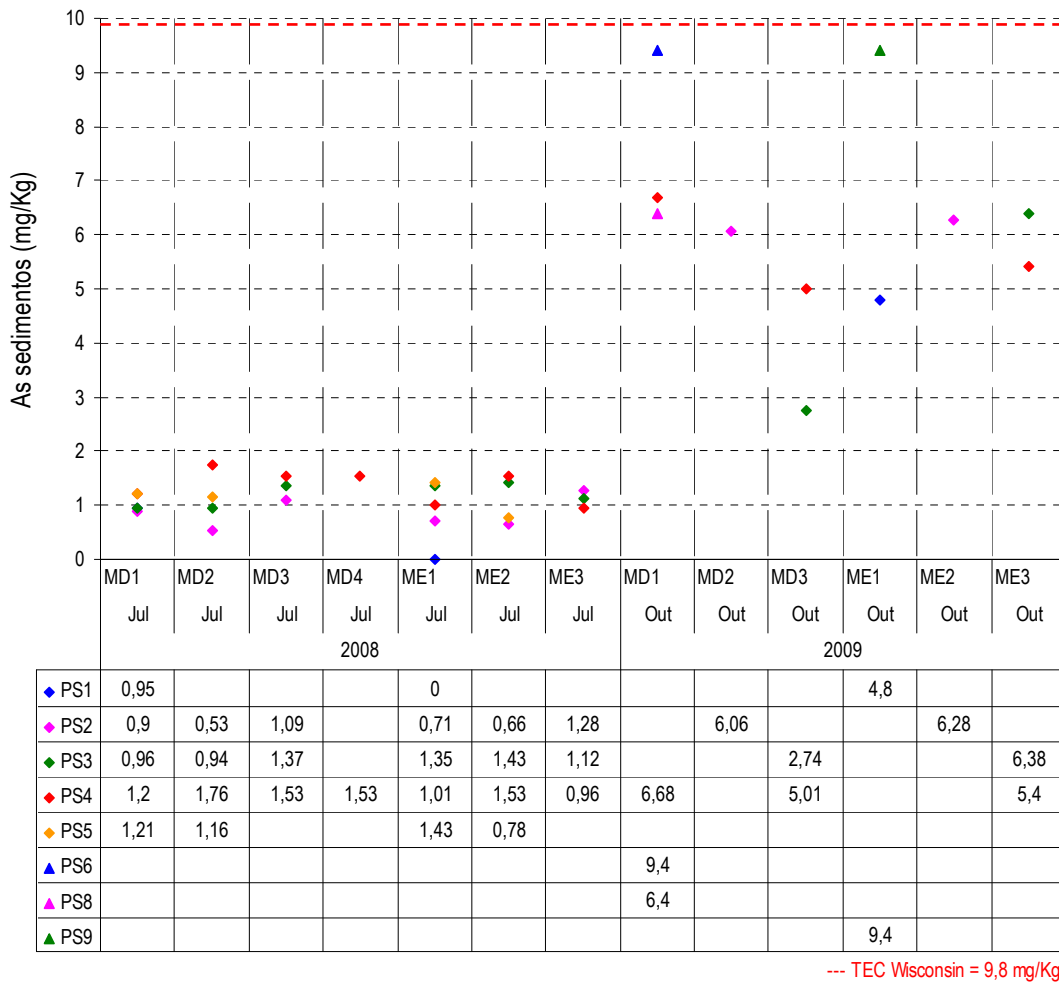
**Figura 2.35. Representação gráfica e resultados das medições de alumínio (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

**2.2.3.9. Antimônio.**

Foi detectada a presença de antimônio em 03 amostras abaixo dos limites recomendados.

**2.2.13. Arsênio.**

Foi detectada a presença de arsênio em todas as amostras, entretanto abaixo do limite recomendado (TEC = 9,8 mg/Kg) na bibliografia citada.



MD = Margem Direita - ME = Margem esquerda

**Figura 2.36. Representação gráfica e resultados das medições de arsênio (mg/Kg) em sedimentos coletados nos pontos de amostragem, no período de abril de 2007 a outubro de 2009.**

#### 2.2.4. Substâncias Orgânicas.

Foram escolhidos os grupos de substâncias orgânicas com maiores possibilidades de estarem presentes nos sedimentos do rio Paraíba na região: fenóis (ver item 2.1.4.2), hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, HAPs (ver item 2.1.4.3) e bifenilas policloradas (PCBs). A possibilidade da ocorrência das substâncias associadas a esses grupos deve-se às inúmeras atividades antrópicas na região, principalmente industriais e comerciais, com potencial para geração desses poluentes, tanto no presente como no passado.

Os fenóis e os HAPs são passíveis de degradação, biotransformação e metabolização, apesar de alguns componentes terem características tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas.

As bifenilas policloradas (PCBs) além de suas características tóxicas e bioacumulativas são altamente persistentes no meio ambiente e estão entre os 12 poluentes orgânicos persistentes (POPs) listados na Convenção de Estocolmo de 2001. Pertencem a um grupo de compostos químicos popularmente conhecidos como askarel devido à marca Askarel que caracterizava o produto da mistura de PCBs com solvente clorado. Sua decomposição térmica pode produzir furanos e dioxinas, muito mais tóxicas e perigosas.

Os PCBs começaram a ser utilizados em 1929 principalmente como fluidos refrigerantes e isolantes nos transformadores e capacitores. Devido à persistência no ambiente e toxicidade, a produção e comercialização dos PCBs estão proibidas no mundo todo. Em 1981, a Legislação brasileira proibiu a fabricação de equipamentos que utilizassem PCBs, a mesma lei permite a utilização dos equipamentos já existentes até o final de sua vida útil. A contaminação por PCBs é originária principalmente dos vazamentos acidentais e disposição inadequada de transformadores e capacitores. Resíduos de PCBs podem ser encontrados em ambientes aquáticos sendo altamente prejudiciais para os organismos devido à capacidade de bioacumulação e biomagnificação através da cadeia alimentar.

Foram coletadas 52 amostras de sedimentos nos pontos PS1 a PS9 para análise de fenóis, HAPs e PCBs nas margens esquerda e direita no período de abril/07 a outubro/09. O detalhamento da amostragem está apresentado no item 2.2.2 anterior.

Os limites de referência utilizados para HAPs e PCBs (Tabela 2.30) para interpretação dos dados são baseados nos limites: *ISQG - Interim sediment quality guideline* do documento *Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines* (CANADA, 2003). Para fenóis não foram encontrados limites de referência na bibliografia consultada. A legislação ambiental brasileira não estabelece padrões ou limites para substâncias químicas orgânicas e inorgânicas nos sedimentos com o objetivo de enquadramento dos corpos d'água ou proteção da vida aquática.

**Tabela 2.29. Limites de referência internacionais para HAPs e PCBs em sedimentos para preservação da vida aquática.**

Parâmetros	CANADÁ ISQG
<b>HAPs (µg/kg)</b>	
Naftaleno	34,6
Acenaftileno	5,87
Acenafteno	6,71
Fluoreno	21,2
Fenantreno	86,7
Antraceno	46,9
Fluoranteno	113
Pireno	153
Benzo[a]antraceno	74,8
Criseno	108
Benzo[a]pireno	88,8
Dibenzo[a,h]antraceno	6,22
<b>PCBs (µg/kg)</b>	
Total PCBs	21,5

ISQG = *Interim Sediment Quality Guideline* (Canada, 2003)

#### 2.2.4.1. Resultados.

Os fenóis analisados nas amostras de sedimentos foram:

- Fenol -
- 2-Metilfenol
- 3-Metilfenol
- 4-Metilfenol
- 2-Clorofenol
- 2,4-Dimetilfenol
- 4-Cloro-3-Metilfenol
- 2,6-Diclorofenol
- 2,4-Diclorofenol
- 2-Nitrofenol
- 2,4,6-Triclorofenol
- 4-Nitrofenol
- 2,4,5-Triclorofenol
- 2,3,4,6-Tetraclorofenol
- Pentaclorofenol



Os HAPs analisados nas amostras de sedimentos foram:

- Naftaleno
- Acenaftileno
- Acenafteno
- Fluoreno
- Fenantreno
- Antraceno
- Fluoranteno
- Pireno
- Benzo[a]antraceno
- Criseno
- Benzo[b]fluoranteno
- Benzo[k]fluoranteno
- Benzo[a]pireno
- Indeno[1,2,3-cd]pireno
- Dibenzo[a,h]antraceno
- Benzo[ghi]perileno
- Benzo[b]fluoranteno
- Benzo([k]fluoranteno
- Benzo[a]pireno
- Indeno[1,2,3-cd]pireno
- Dibenzo[a,h]antraceno
- Benzo[ghi]perileno

Os PCBs analisados nas amostras de sedimentos foram:

- Tricloro BZ 28
- Tetracloro BZ 52
- Pentacloro BZ 101
- Pentacloro BZ 118
- Hexacloro BZ 153
- Hexacloro BZ 138
- Heptacloro BZ 180
- Total non-targeted isomers
- Grand Total PCB

Das 52 amostras analisadas, somente 04 coletadas em julho de 2008 apresentaram resultados positivos para Fenóis, HAPs e PCBs (tabela 2.30). Os resultados assinalados em vermelho na tabela representam valores acima dos limites recomendados pela bibliografia citada.

**Tabela 2.30. Resultados de fenóis, PCBs e HAPs em amostras de sedimentos coletadas em julho de 2008.**

Pontos de amostragem	PS1	PS3	PS4	PS5
	MD1	MD3	MD4	MD2
<b>Fenóis (µg/Kg)</b>				
Fenol	46	38	49	44
2,4-Diclorofenol	N.D.	N.D.	27	N.D.
<b>PCBs (µg/kg)</b>				
Tetracloro BZ 52	N.D.	N.D.	0,50	N.D.
Pentacloro BZ 118	N.D.	N.D.	0,50	N.D.
Hexacloro BZ 153	N.D.	N.D.	1,30	N.D.
Total non-targeted isomers	N.D.	N.D.	9,41	N.D.
Grand Total PCB	N.D.	N.D.	11,71	N.D.
<b>HAPs (µg/Kg)</b>				
Naftaleno	N.D.	N.D.	45	34
Fenantreno	N.D.	N.D.	102	N.D.
Antraceno	N.D.	N.D.	20	N.D.
Fluoranteno	38	N.D.	179	N.D.
Pireno	32	N.D.	142	N.D.
Benzo[a]antraceno	52	N.D.	64	N.D.
Criseno	N.D.	N.D.	78	N.D.
Benzo[b]fluoranteno	53	N.D.	86	N.D.
Benzo[k]fluoranteno	N.D.	N.D.	37	N.D.
Benzo[a]pireno	N.D.	N.D.	55	N.D.
Indeno[1,2,3-cd]pireno	N.D.	N.D.	39	N.D.
Dibenzo[a,h]antraceno	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Benzo[ghi]perileno	N.D.	N.D.	49	N.D.

### 3. ICTIOFAUNA.

#### 3.1. Ictiofauna da Bacia do Rio Paraíba do Sul.

##### 3.1.1. Considerações Gerais.

Até o início da década de 1980, a fauna ictiológica da Bacia do Rio Paraíba do Sul foi muito pouco estudada. Apenas FOWLER (1948-51) e BRITSKI (1970) contribuíram para seu conhecimento preliminar, o primeiro através de uma lista compilada da literatura dos peixes de água doce citados para o Brasil e o segundo abordando aspectos taxonômicos dos peixes dos rios do Estado de São Paulo. Na época, em termos de inventário faunístico, nenhum trabalho conhecido abrangia especificamente a bacia do rio Paraíba do Sul, à exceção das pesquisas desenvolvidas pelo projeto “Biodeteção de Tóxicos em Sistemas Fluviais de Utilização em Sistemas Públicos de Abastecimento”. Este projeto, com coordenação da FEEMA e apoio do Museu Nacional, realizou o primeiro inventário detalhado da ictiofauna da Bacia do rio Paraíba do Sul abrangendo o trecho UHE do Funil - Barragem de Santa Cecília (FEEMA, 1983; NUNAN, 1983).

Em meados da década de 1980, com a previsão da construção de hidrelétricas nas localidades de Anta, Simplício e Itaocara, a FEEMA exigiu, através de instruções técnicas para atendimento aos EIA/RIMAs, que Furnas S/A se responsabilizasse por estudos detalhados sobre a ictiofauna da área de influência das mesmas. Tal extensão abrangia toda a bacia a partir da barragem de Santa Cecília. Os estudos foram desenvolvidos pelo Departamento de Ecologia do Instituto de Biologia da UFRJ, através da empresa Engevix Engenharia S.A., então responsável pelos projetos de FURNAS.

Os resultados das pesquisas, realizadas em áreas de maior diversidade biológica, contribuíram para aumentar o volume de dados iniciais produzidos pelo projeto da FEEMA e incentivaram novos estudos, publicações e divulgação de resultados. Com relação à ictiofauna da calha principal do rio Paraíba do Sul do trecho Funil – Santa Cecília, os dados mais recentes são os produzidos pela SUPMEP / INEA juntamente com os projetos FECD / Votorantin Siderurgia e FECD/CSN.

Tradicionalmente, os estudos relacionados à bacia do rio Paraíba do Sul adotam sua subdivisão em 4 unidades geográficas definidas por AB’SABER (1958):

- Alto Vale - Compreende as nascentes do Rio Paraíba (situadas à cerca de 1800 m de altitude) e seu curso até as cercanias de Guararema. Este trecho possui fortes declives (cerca de 4,9 m/km), com regime torrencial;
- Médio Vale Superior - O curso médio superior se desenvolve em traçado sinuoso por cerca de 300 km, entre Guararema e Cachoeira Paulista. A declividade média deste setor é de 0,19 m/km. Destaca-se no trecho a presença de vários meandros mortos, refletindo o trabalho fluvial sobre terrenos sedimentares de origem Terciária. Muitos dos meandros mortos mencionados existem em função da retificação do curso original do rio feita pelo homem;
- Médio Vale Inferior - O curso médio inferior possui comprimento aproximado de 430 km a partir de Cachoeira Paulista, apresentando declividade média de 1m/km. Trechos encachoeirados são observados neste setor;
- Baixo Vale - A área do baixo Paraíba do Sul se estende de São Fidélis até a foz, atravessando a região denominada Planície dos Goitacazes, que abrange toda a planície litorânea da orla da Lagoa Feia até a divisa dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Nesta unidade geográfica, há um apreciável número de sistemas lênticos (i.e., brejos, lagos e lagoas) que, em muitos casos, são alimentados pelo

transbordamento do Rio Paraíba do Sul. O trecho em questão exibe pequena declividade, com valores médios de 0,22 m/km.

De acordo com BIZERRIL (2001): “através da avaliação da paisagem de cada uma das grandes divisões descritas acima e interagindo as variações longitudinais com o aspecto dos diferentes trechos, é possível identificar a existência de subunidades ambientais inseridas dentro dos grandes domínios geográficos”. Para o seu estudo, dividiu a bacia em 7 subunidades, as quais denominou respectivamente de: *Domínio das serras e do planalto* (nascente até Jacareí); *Domínio dos meandros com lagoas marginais* (Jacareí até Barra do Pirai); *Domínio de meandros com condicionamento estrutural* (Barra do Pirai até Andrade Pinto); *Domínio das corredeiras* (Andrade Pinto até São Sebastião da Paraíba); *Domínio das ilhas fluviais* (São Sebastião da Paraíba até a foz do rio Dois Rios); *Domínio dos depósitos fluviais* (foz do rio Dois Rios até a foz do rio Muriaé); *Domínio das lagoas* (foz do rio Muriaé até a foz do rio Paraíba do Sul).

Ainda que estas subdivisões correspondam a condições naturais e como já descrito no item 1.1, subitem 1.1.1, a bacia está totalmente descaracterizada de sua situação original devido à devastação quase total de sua cobertura vegetal, à expansão urbana e industrial, à construção de barragens, a regularização de vazão do rio Paraíba do Sul e a transposição de suas águas pelo sistema Rio-Light. Em consequência, o rio se mostra hoje subdividido em segmentos artificialmente delimitados pelas barragens, nos quais são impostas características ecológicas localizadas devido à ação do homem. Desta forma, entende-se que subdivisões naturais da bacia correspondam apenas aos trechos que se estendem das bacias dos rios Paraitinga e Paraibuna até a UHE Paraibuna, e a partir da UHE Ilha dos Pombos até a foz do Paraíba do Sul. Entre as barragens, as alterações ecológicas e hidrológicas são muito radicais.

Para efeito de monitoramento da ictiofauna para avaliação ecológica, a divisão em segmentos delimitados por barragens na calha do rio Paraíba do Sul é a mais adequada, já que as barragens impõem perda de conectividade entre os diversos segmentos, impedindo a livre movimentação das espécies de peixes, principalmente das migratórias. As regularizações de vazões também alteram significativamente a composição e estrutura das comunidades de peixes, principalmente nos segmentos entre barragens, já que as inundações naturais constituíam um estímulo para a reprodução de muitas espécies. Os impactos das regularizações de vazão não se limitam apenas à calha principal do Paraíba do Sul, já que a maioria dos afluentes não tem vazão suficiente para estimular migrações reprodutivas. As enchentes naturais provocaram o represamento da foz dos afluentes e o alagamento de áreas de várzea e planícies adjacentes, O controle das enchentes eliminou inteiramente as áreas preferenciais de reprodução de algumas espécies locais.

### 3.1.2. Espécies de peixes da bacia do rio Paraíba do Sul.

Para se atingir os objetivos do presente trabalho, direcionado ao trecho Funil - Resende localizado no segmento compreendido entre as barragens do Funil em Itatiaia e de Santa Cecília em Barra do Piraí, houve necessidade de situar o tema em cenário mais amplo, constituído pela bacia do rio Paraíba do Sul como um todo.

Neste contexto, vem sendo realizada extensa pesquisa em toda a documentação bibliográfica disponível sobre estudos taxonômicos e inventários relativos à fauna ictiológica da bacia, priorizando-se dados primários e exemplares testemunho (depositados em museus) que comprovassem cientificamente a ocorrência das espécies e sua distribuição espacial nos diversos ecótopos da bacia, como: calha principal, afluentes, áreas de montanha, reservatórios e lagoas (ARAUJO & NUNAN, 2009-10). As espécies exóticas introduzidas na bacia foram igualmente identificadas;

Tendo em vista os critérios adotados, e os resultados das pesquisas apoiadas pelos projetos FECD / Votorantim Siderurgia e FECD / CSN foram obtidos os seguintes resultados relevantes em relação à composição da ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul:

- Total geral de espécies = 131;
- Total de espécies nativas da bacia = 112;
- Total de espécies exóticas introduzidas na bacia = 19;
- Total de espécies nativas que ocorrem na calha principal = 47;
- Total de espécies introduzidas que ocorrem na calha principal = 19;
- Espécies nativas que ocorrem somente em afluentes e lagoas da bacia = 66.

Os valores acima, ainda que reflitam consistentemente a composição da fauna de peixes da bacia, podem ainda sofrer alterações mínimas à medida que dados comprobatórios de ocorrências adicionais sejam obtidos.

## 3.2. Ictiofauna da bacia de drenagem do trecho do rio Paraíba do Sul entre a UHE do Funil e a Barragem de Santa Cecília

### 3.2.1. Espécies registradas

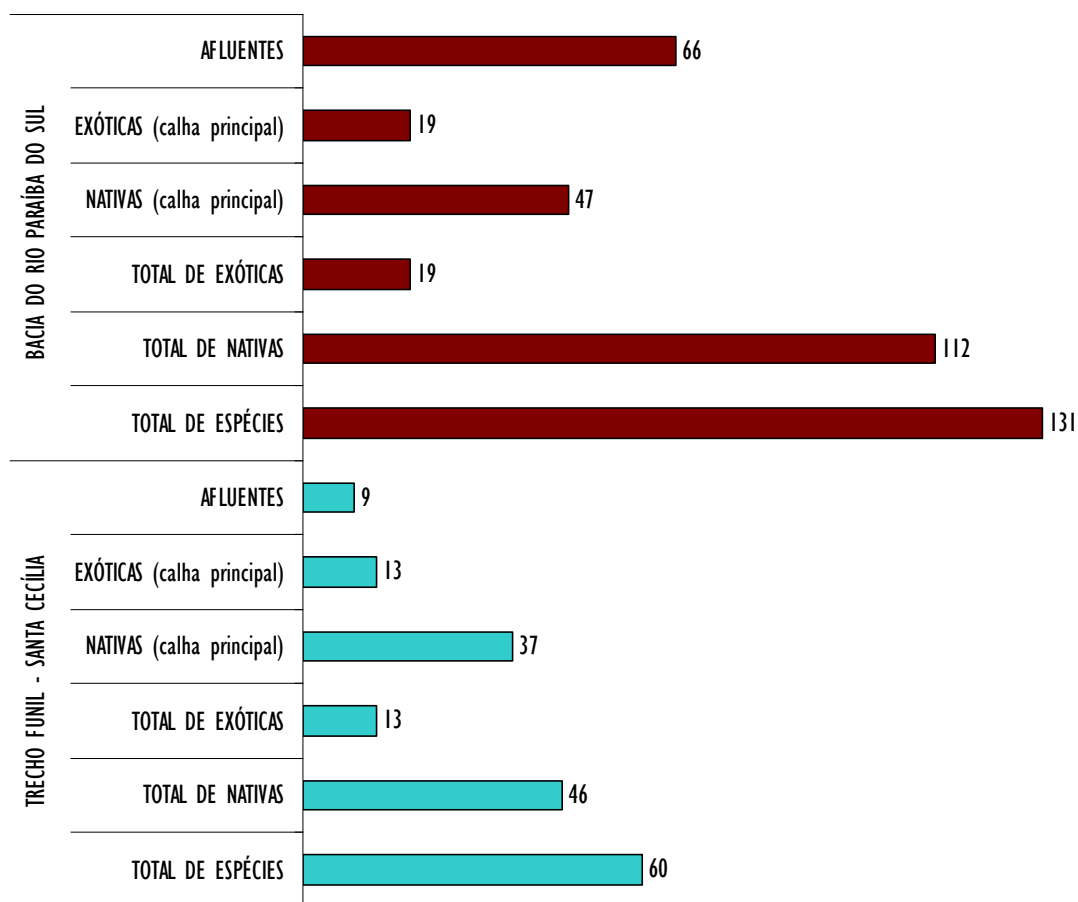
A ictiofauna do trecho Funil – Santa Cecília está praticamente restrita à bacia de drenagem limitada pelas duas barragens. Para a calha principal, dentro dos critérios adotados para toda a bacia, foram obtidos os resultados mostrados nas Tabelas 3.1.

**Tabela 3.1. Relação das espécies de peixes com ocorrência comprovada na calha do rio Paraíba do Sul, trecho Funil – Santa Cecília. As espécies exóticas (introduzidas) estão assinaladas com um asterisco (\*).**

<b>CHARACIFORMES</b>	<b>SILURIFORMES</b>
<i>Família Erythrinidae</i>	<b>Família Auchenipteridae</b>
<i>Hoplerethrinus unitaeniatus</i> – jejú, morobá	<i>Trachelyopterus striatulus</i> – cumbaca
<i>Hoplias malabaricus</i> – traíra	<i>Glanidium melanopterum</i> – cumbaca
<b>Família Prochilodontidae</b>	<b>Família Loricariidae</b>
<i>Prochilodus lineatus</i> – curimbatá	<i>Harttia loricariformes</i> – viola
<i>Prochilodus vimboides</i> – curimbatá	<i>Rineloricaria nigricauda</i> – violinha
<b>Família Curimatidae</b>	<i>Hypostomus affinis</i> – cascudo-pintado
<i>Cyphocarax gilbert</i> – sairú	<i>Hypostomus luetkeni</i> – cascudo-preto
<b>Família Anostomidae</b>	<i>Rinelepis aspera</i> – cascudo-preto
<i>Leporinus conirostris</i> – piapara	<i>Pogonopoma parahybae</i> – cascudo-preto
<i>Leporinus copelandii</i> – piau	<b>Família Callichthyidae</b>
<i>Leporinus mormyrops</i> – timburé	<i>Callichthys callichthys</i> – tamboatá
<b>Família Characidae</b>	<i>Hoplosternum littorale</i> – tamboatá
<i>Astyanax bimaculatus</i> - lambari-rabo-amarelo	<b>Família Clariidae</b>
<i>Astyanax giton</i> – lambari	<i>*Clarias gariepinus</i> – bagre-africano
<i>Astyanax intermedius</i> – lambari	<b>GYMNOTIFORMES</b>
<i>Astyanax parahybae</i> – lambari-rabo-vermelho	<b>Família Sternopygidae</b>
<i>Brycon insignis</i> – piabanha	<i>Eigenmannia virescens</i> – tuvira
<i>*Brycon orbignyanus</i> - piracanjuba	<b>Família Gymnotidae</b>
<i>*Hyphessobrycon eques</i> – mato-grosso	<i>Gymnotus carapo</i> – sarapó
<i>Oligosarcus hepsetus</i> – bocarra	<b>CYPRINODONTIFORMES</b>
<i>Probolodus heterostomus</i> – lambari	<b>Família Poeciliidae</b>
<i>*Salminus brasiliensis</i> – dourado	<i>Phalloceros caudimaculatus</i> - guarú
<b>Família Characidae (Subfamília Serrasalminae)</b>	<i>*Poecilia reticulata</i> – guppy
<i>*Metynnis maculatus</i> : pacu-peva	<b>SYNBRANCHIFORMES</b>
<i>*Piaractus mesopotamicus</i> – pacu	<b>Família Synbranchidae</b>
<b>Família Parodontidae</b>	<i>Synbranchus marmoratus</i> – muçum
<i>Apareiodon cf. machrissi</i>	<b>PERCIFORMES</b>
<b>CYPRINIFORMES</b>	<b>Família Cichlidae</b>
<b>Família Cyprinidae</b>	<i>Australoheros facetus</i> – acará-preto
<i>*Cyprinus carpio</i> – carpa-comum	<i>*Cichla kelberi</i> – tucunaré-amarela
<b>SILURIFORMES</b>	<i>Crenicichla lacustris</i> – cabo de foíce; jacundá
<i>Família Pimelodidae</i>	<i>Geophagus brasiliensis</i> – acará
<i>Pimelodus fur</i> – mandi-prata	<i>*Oreochromis niloticus</i> - tilápia-do-Nilo
<i>Pimelodella eigenmanni</i> – mandi chorão	<i>*Parachromis managuensis</i> - jaguar, guapote
<i>*Pimelodus maculatus</i> – mandi-amarelo	<i>Tilapia rendalli</i> – tilapia (*)
<i>*Pseudoplatystoma corruscans</i> – pintado	<b>Família Sciaenidae</b>
<i>*Pseudoplatystoma sp.</i>	<i>*Plagioscion squamosissimus</i> - pescada-do-Piauí
<i>Rhamdia quelen</i> – bagre	<i>Pachyurus adspersus</i> – corvina
<i>Steindachneridion parahybae</i> surubim-do- Paraíba	

Resumo das espécies comprovadamente registradas na bacia de drenagem (incluindo afluentes) do trecho UHE o Funil – barragem de Santa Cecília:

- Total de espécies = 60
- Total de espécies nativas = 46
- Total de espécies introduzidas = 13
- Total de espécies nativas que ocorrem na calha principal do RPS = 37
- Total de espécies introduzidas que ocorrem na calha principal do RPS = 13
- Espécies encontradas somente em afluentes do RPS = 09



**Figura 3.1. Comparação entre o número de espécies de peixes com ocorrências registradas na bacia do rio Paraíba do Sul e na bacia de drenagem do trecho Funil - Santa Cecília.**



### 3.2.2. Efeitos das alterações ambientais na ictiofauna

Na década de 1940 iniciou-se a expansão industrial na região do Médio Paraíba fluminense, sendo a CSN a pioneira. Em 1952 entrou em operação a barragem de Santa Cecília, quando foi interrompida a migração das espécies de peixes de piracema de jusante que se reproduziam na área de Floriano / Porto Real. Em 1969, foi inaugurada a Usina Hidrelétrica do Funil, condenando à decadência e eventual extinção populacional todas as espécies migratórias de longa distância do Trecho Funil – Santa Cecília, o que inventários recentes comprovam.

O Quadro 3.1. mostra algumas das principais causas que afetaram e continuam afetando a ictiofauna.

**Quadro 3.1. Causas e efeitos das pressões antrópicas sobre a ictiofauna do rio Paraíba do Sul, trecho UHE Funil – Barragem de Santa Cecília.**

CAUSAS	EFEITOS / OBSERVAÇÕES
Perda de conexão pelas barragens do Funil e Santa Cecília	Redução considerável ou extinção de populações das espécies migratórias de longa distância.
Regularização de vazão do rio Paraíba do Sul e alterações nas regras operacionais dos reservatórios	Redução considerável ou extinção de populações das espécies de migração moderada, devido à alteração radical no sistema natural de cheias do rio, extinguindo as áreas de reprodução constituídas pela planície de inundação de Porto Real / Resende e foz dos afluentes do Paraíba do Sul.
Poluição industrial	Redução das populações de várias espécies, devido aos efeitos tóxicos da água e sedimentos. Mortandades observadas na década de 1970 e em 2008 devido a descargas de efluentes altamente tóxicos e acidentes em indústrias químicas da região(1). Efeitos adversos nos peixes (teratogenia, neoplasias).
Esgoto doméstico	Impacto em determinadas populações, devido à disponibilidade desequilibrada de alimentos (excesso de nutrientes e matéria orgânica); aumento de indivíduos doentes e infestados por parasitas. Presença de substâncias tóxicas no esgoto.
Baixa vazão dos afluentes do rio Paraíba do Sul	Falta de estímulo natural para migrações reprodutivas de curta distância (subindo afluentes ou direcionando-se até áreas inundadas).
Ocupação do solo e desmatamentos	Perda das condições naturais da bacia hidrográfica.

(1) – Década de 1970: Indústrias Químicas Resende / Sandoz S.A, atualmente Clariant / Novartis; Cyanamid Química do Brasil S.A.; DuPont S.A. Indústrias Químicas. Recentemente : Servatis S.A. (ex Cyanamid / Basf)

As observações do Quadro acima são válidas para a ictiofauna da calha principal do rio Paraíba do Sul no segmento compreendido entre as duas barragens mencionadas. A situação da ictiofauna dos afluentes, que deve ser avaliada separadamente, não é relevante para os estudos da calha principal do rio na região em referência.

Espécies nativas cujas populações diminuíram consideravelmente ou desapareceram na região: *Bricon insignis* (piabanha), *Prochilodus lineatus* (curimbatá), *Prochilodus vimboides* (curimbatá), *Steindachneridion parahybae* (surubim do Paraíba); *Cyphocharax gilbert* (sairú), *Leporinus conirostris* (piapara), *Pachyurus adpersus* (corvina de água doce); *Pogonopoma parahybae* (cascudo preto ou leiteiro); *Rhinelepis aspera* (cascudo preto); *Pimelodella eigenmanni* (mandi chorão);



Espécies nativas cujas populações estão em processo de redução populacional: *Astyanax parahybae* (lambari), *Astyanax giton* (lambari), *Leporinus copeladii* (piauí), *Pimelodus fur* (mandi branco); *Rhandia quelen* (bagre).

### 3.3. Monitoramento da ictiofauna

#### 3.3.1. Considerações gerais

De acordo com o apresentado no item 3.2.2, Quadro 3.1, a ictiofauna do trecho Funil Santa Cecília vem apresentando indícios significativos de decadência devido aos diversos fatores relacionados às pressões antrópicas, necessitando intervenções para a sua recuperação. Esta situação vem sendo historicamente comprovada por estudos realizados pela FEEMA e pesquisadores do Setor de Ictiologia do Museu Nacional da UFRJ (FEEMA, 1983; NUNAM *et al.*, 1983), pela Comissão Permanente de Defesa do Meio Ambiente da ALERJ (ALERJ, 1996, 2004, 2005, 2006) e pelos convênios da CSN e Votorantim Siderurgia com a Fundação Educacional Ciência e Desenvolvimento - FECD, coordenados por pesquisador do Setor de Ictiologia do Museu Nacional da UFRJ com apoio técnico e operacional (a partir de 2007) da SUPMEP-INEA (FECD/CSN, 2004, 2005, 2008a, 2008b).

A poluição industrial na região tem sido tradicionalmente considerada a principal causa da degradação do rio Paraíba do Sul, sendo sempre responsabilizada pela redução das populações de peixes. Entretanto, as populações da ictiofauna respondem negativamente a uma grande variedade de distúrbios, e não somente as de um determinado tipo. Fazem-se necessárias, portanto, análises criteriosas (inclusive numéricas) para reforçar o entendimento sobre a questão da degradação ambiental.

As informações contidas neste trabalho, que representam o resultado de 03 anos de pesquisas realizadas durante três fases do projeto FECD / Votorantim incluindo também 07 anos do projeto FECD / CSN podem ser consideradas em conjunto como o arcabouço fundamental para o diagnóstico das condições atuais da ictiofauna do trecho Funil – Santa Cecília. Em termos de levantamento e produção de dados, os principais produtos / resultados das pesquisas realizadas até o momento incluem:

- Base de dados montada com suporte das pesquisas pretéritas realizadas sobre a ictiofauna, características ambientais e qualidade ecológica da bacia do rio Paraíba do Sul;
- Resolução dos problemas taxonômicos relativos a algumas das espécies ocorrentes;
- Base de dados montada sobre metodologia que utiliza índices de integridade biótica de peixes (IIBP) para classificar a qualidade ecológica de rios (Araujo & Nunan, 2009-10);
- Estabelecimento de critérios e protocolos para amostragens precisas e avaliação ecológica;
- Organização de dados gerais sobre a bacia do rio Paraíba do Sul e enquadramento dos dados relativos ao trecho Funil – Santa Cecília, e especificamente no trecho Funil - Resende, no cenário maior de toda a bacia;
- Volume significativo de amostras e dados produzidos através de inúmeras amostragens, trabalhos de campo e laboratório, tendo sido preservados exemplares testemunho de todas as espécies coletadas;
- Classificação das espécies de peixes quanto a seus respectivos atributos utilizáveis para definição de métricas biológicas;
- Classificação da composição e estrutura das comunidades;
- Observações sobre a ocorrência de anomalias anatômicas;

- Avaliação do esforço de pesca.

### 3.3.2. Locais das amostragens

O monitoramento da ictiofauna do trecho Funil - Santa Cecília já vinha sendo realizado sistematicamente. Entretanto, em função do vazamento do inseticida endossulfan à jusante de Resende (ARAUJO *et al.*, 2009) e com o projeto FECD / Votorantim em andamento e renovação do projeto FECD/CSN, o monitoramento foi intensificado.

No trecho Funil - Resende foram selecionados 02 trechos do rio Paraíba do Sul para a amostragem: próximo ao local conhecido como estrada do Funil em Itatiaia e região da foz do rio Bonito próxima à Votorantim Siderurgia, Unidade de Resende (Figura 3.2). Foram realizadas 74 amostragens quantitativas entre abril 2007 e abril de 2010:

- **Região da estrada do Funil** (37 amostragens) - Trecho com aproximadamente 3km localizado próximo da barragem do Funil tendo como referência a estrada de Furnas que dá acesso à UHE do Funil margeando o rio Paraíba do Sul. O trecho parte é constituído de locais com substrato de cascalho ou areia grossa, pedras, poucos remansos e algumas ilhas;
- **Região da foz do rio Bonito** (37 amostragens) - Trecho com aproximadamente 2,5 km localizado entre as corredeiras próximas à Xerox e a curva do RPS em frente à sede administrativa da Votorantim Siderurgia, Unidade Resende e tendo como referência a foz do rio Bonito. O trecho é constituído de locais com substrato de cascalho ou areia poucos remansos e sem ilhas na maior parte da sua extensão. Próximo à Xerox há uma corredeira com pedras, cascalho e algumas ilhotas.



**Figura 3.2. Locais de amostragem no rio Paraíba do Sul, nas regiões da Estrada do Funil e (à esquerda) e foz do rio Bonito (à direita).**

No trecho Resende - Barra do Pirai foram selecionados 04 trechos do rio Paraíba do Sul para a amostragem: Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre (Figuras 3.3e 3.4).

- **Região de Bulhões** (29 amostragens) – Pólo Industrial de Resende / Porto Real: o trecho do rio tem aproximadamente 3,0 km de extensão e está localizado entre a ponte ferroviária da MRS em Bulhões até a montante da fábrica de ônibus e caminhões da Volkswagen, em local denominado Poço do Coqueiro. Trecho sem ilhas ou corredeiras, na região da bacia sedimentar de Porto Real.
- **Região de Floriano** (29 amostragens): o trecho tem aproximadamente 2,5 km de extensão e está localizado entre a foz do rio Turvo e a localidade conhecida como Poço da Igrejinha. Na maior parte é constituído de locais de corredeiras, fundos de

pedra, substrato de cascalho ou areia grossa. Existem várias ilhas, e alguns remansos;



**Figura 3.3. Áreas de amostragem no rio Paraíba do Sul, na altura de Bulhões – Pólo Industrial Resende / Porto Real (à esquerda) e Floriano (à direita).**

- **Região de Pinheiral** (29 amostragens): trecho de aproximadamente 3,0 km de extensão, a contar da foz do rio Caximbau para montante. Também constituído por locais de corredeiras, sendo o fundo do rio pedregoso, com substrato de cascalho e areia grossa em sua maior parte. Igualmente existem algumas ilhas, mas poucos remansos.
- **Região de Vargem Alegre** (29 amostragens): : trecho de aproximadamente 3,0 km de extensão, a contar da ponte de Vargem Alegre para montante. Área com uma ilha próxima à Vargem Alegre, sem corredeiras.



**Figura 3.4. Áreas de amostragem no rio Paraíba do Sul, na altura de Pinheiral (à esquerda) e Vargem Alegre (à direita).**

A Figura 3.5. mostra a localização dos trechos onde são realizadas as amostragens de peixes.

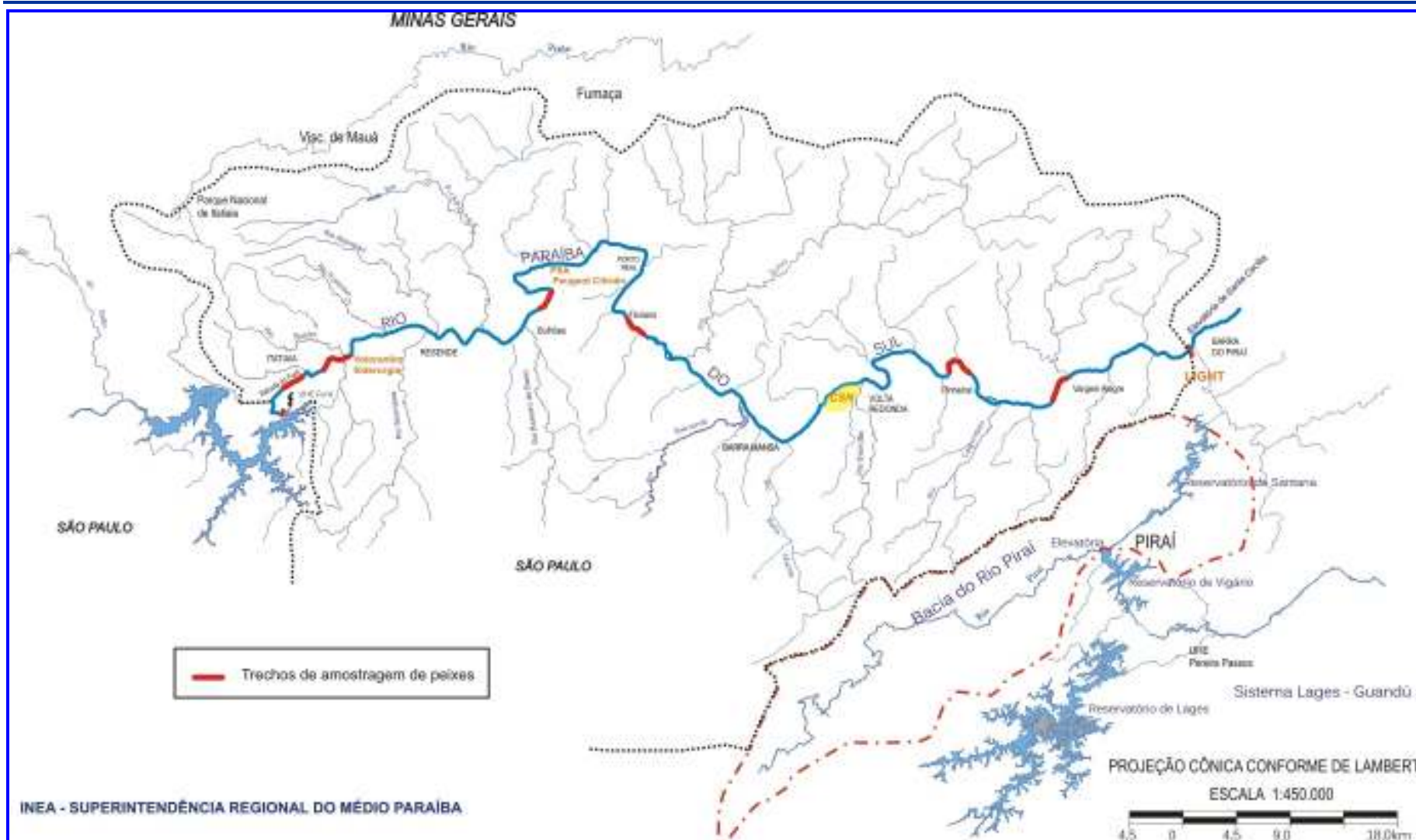


Figura 3.5. Trecho do rio Paraíba do Sul entre o reservatório do Funil e Barra do Pirai destacando-se os trechos de amostragem de peixes.



### 3.3.3. Amostragem

Para as amostragens, bem como para avaliação e interpretação dos resultados foi utilizada a metodologia descrita em detalhes nas revisões 3 e 4 do caderno técnico da Superintendência Regional do Médio Paraíba, SUPMEP / INEA: *Crítérios e procedimentos para o monitoramento da ictiofauna da Bacia do rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecília* (ARAUJO & NUNAN, 2009-10). Adotou-se como critério a aplicação do mesmo *Esforço de pesca* em todos os trechos amostrados, ou seja: os mesmos petrechos de pesca para o mesmo tipo de esforço de pesca. Foram utilizadas redes de emalhar de espera (estáticas), conforme apresentado na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2. “Kits” padronizados de redes de monofilamento de Nylon, para amostragem quantitativa da ictiofauna.**


Distância entre nós (mm)	Malha (mm)	Comprimento (m)	Altura (m)	Ø Fio (mm)	Quantidade (*)	Área (m <sup>2</sup> )	Posição de imersão	Código de identificação
15	30	5,0	1,0	0,20	01	5	Superfície	15S
15	30	5,0	1,0	0,20	01	5	Fundo	15F
20	40	5,0	1,0	0,20	01	5	Superfície	20S
20	40	5,0	1,0	0,20	01	5	Fundo	20F
25	50	5,0	1,5	0,25	01	7,5	Fundo	25F
30	60	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	30F
35	70	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	35F
40	80	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	40F
45	90	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	45F
50	100	5,0	1,5	0,35	01	7,5	Fundo	50F
60	120	5,0	1,5	0,35	01	7,5	Fundo	60F

Procura-se evitar o aumento do esforço de pesca com a utilização de um grande número de redes. Os peixes capturados por redes de emalhar normalmente morrem ou têm que ser sacrificados, pois se ferem ou são mutilados por predadores quando presos na rede, o que inviabiliza a sua devolução ao ambiente natural.

Durante as amostragens, os peixes retirados das redes foram colocados em sacos plásticos identificados com os códigos de cada rede (Tabela 3.2). As amostras foram transportadas para local apropriado, onde os peixes foram observados individualmente, tiveram seu status taxonômico determinado e foram processadas para gerar dados biométricos (comprimento total e padrão, peso do corpo). Observações anatômicas foram realizadas no intuito de constatar a eventual ocorrência de anomalias. Todas as informações foram anotadas em planilhas apropriadas. A tabela 3.3 mostra os períodos e a quantidade das amostragens por trecho.

**Tabela 3.3. Amostragens realizadas nos 6 trechos do rio Paraíba do Sul entre janeiro de 2006 e abril de 2007**

ANO	MESES	Estr. do Funil	Rio Bonito	Bulhões	Floriano	Pinheiral	V. Alegre
2006	JAN			2		2	1
	FEV				2	1	1
	MAR			1	1		
	ABR			1	1		
	MAI			1	1	1	2
	JUN			1	1	1	1
	JUL				1	1	1
	AGO			1		1	1
	SET			1	1	1	1
	OUT			1	1	1	1
	NOV			1	1	1	1
2007	MAR			1	1	1	1
	ABR	1	1				
	MAI	1	1				
	JUN	1	1				
	JUL	1	1				
	AGO	1	1				
	SET	1	1				
	OUT	1	1				
	NOV	1	1				
2008	DEZ	1	1				
	JAN	1	1				
	FEV	1	1				
	MAR	1	1				
	ABR	1	1				
	MAI	1	1				
	JUN	1	1				
	JUL	1	1				
	AGO	1	1				
	SET	1	1				
	OUT	1	1				
	NOV	1	1				
	DEZ	1	1				
2009	JAN	1	1	2	2	2	2
	FEV	1	1		1		1
	MAR	1	1	3	2	3	2
	ABR	1	1	1	1	1	1
	MAI	1	1	1	1	1	1
	JUN	1	1	1	1	1	1
	JUL	1	1	1	1	1	1
	AGO	1	1	1	1	1	1
	SET	1	1	1	1	1	1
	OUT	1	1	1	1	1	1
	NOV	1	1	1	1	1	1
	DEZ	1	1	1	1	1	1
2010	JAN	1	1	1	1	1	1
	FEV	1	1	1	1	1	1
	MAR	1	1	1	1	1	1
	ABR	1	1	1	1	1	1

 Períodos de amostragens

### 3.3.4. Avaliação e interpretação dos resultados

Para interpretação dos resultados foram utilizados dados referentes a 190 amostragens quantitativas, realizadas entre janeiro de 2006 e abril de 2010, divididas em 05 períodos nos 06 trechos do rio Paraíba do Sul. Levou-se em consideração também a data do vazamento do endosulfan (18 de novembro de 2008).

Os resultados das amostragens por local foram lançados em planilha do MS Excel, desenvolvida especificamente para tratamento e interpretação de dados relacionados ao monitoramento da ictiofauna na região, que permite calcular principalmente o especificado a seguir:

- a. **Índice de Integridade Biótica de Peixes (IIBP).** O IIBP é obtido utilizando-se métricas, que são valores numéricos que medem atributos previsíveis em comunidades de peixes. Consiste de uma síntese de diversas métricas biológicas representando os efeitos da influência humana sobre a qualidade biológica de um determinado ecossistema.
- b. **Esforço de pesca.** O *Esforço de Pesca* é tradicionalmente empregado para quantificar amostragens ictiológicas, proporcionando valores de densidade e biomassa, que variam de acordo com a metodologia de captura empregada. Para permitir comparações entre locais ou áreas, a metodologia de captura tem que ser rigorosamente idêntica para todos os pontos de amostragem. Podem ser utilizadas as variáveis *peso*, *quantidade*, ou ambas.

Para estimar o esforço de pesca com redes de emalhar na região do Médio Paraíba, utilizou-se o critério de Captura por Unidade de Esforço (CPUE), que corresponde ao número (ou peso) de indivíduos capturados em 24 horas por 10m<sup>2</sup> de área de rede(s) armada(s). A área da rede por seu tempo de imersão corresponde à *unidade de esforço*.

$$CPUE = [(n. / A_r . T_i) . (24 . 10)] \text{ ou } CPUE = [(m. / A_r . T_i) . (24 . 10)]$$

Onde: **n.** = n<sup>o</sup> de indivíduos capturados; **m.** (gramas) = peso dos indivíduos capturados; **A<sub>r</sub>** (m<sup>2</sup>) = área de uma rede individual ou das várias redes como um todo; **T<sub>i</sub>** (horas) = tempo de imersão de uma rede individual ou das várias redes como um todo;

- c. **Índice de Diversidade de Shannon (H').** Serve para avaliar a diversidade e abundância relativa de espécies em uma comunidade. O Índice de Shannon é calculado pela fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \qquad H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Onde: **S** = número total de espécies; **i** = espécies; **N** = número total de indivíduos de todas as espécies; **p<sub>i</sub>** = proporção do total de indivíduos que ocorre na espécie *i* ( $p_i = n_i/N$ ).

Além do especificado acima, foram aplicadas todas as possibilidades de cálculos para avaliar as condições da ictiofauna na região levando-se também em consideração impacto causado pelo vazamento do inseticida endosulfan. A Tabela 3.4 apresenta uma síntese de todos os resultados obtidos através do tratamento dos dados das amostragens. A maioria dos dados é necessária para cálculo do IIBP

**Tabela 3.4. Síntese dos resultados obtidos através do tratamento dos dados das 190 amostragens realizadas no período de janeiro de 2006 a abril de 2010.**

	Períodos de amostragem																			
	Antes do acidente do endosulfan*								Após o acidente do endosulfan*											
	Jan/06 a Mar/07				Abr/07 a Jan/08		Fev/08 a Nov/08		Dez/08 a Jul/09						Ago09 a Abr/10					
	BU	FL	PI	VA	EF	RB	EF	RB	EF	RB	BU	FL	PI	VA	EF	RB	BU	FL	PI	VA
<b>Nº de amostragens</b>	11	11	11	11	10	10	10	10	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
<b>Total de indivíduos</b>	389	483	240	470	375	255	289	193	217	205	316	147	358	550	326	361	558	196	410	606
<b>Nº espécies nativas</b>	19	20	17	21	16	22	23	20	17	18	14	14	14	13	17	21	19	16	15	16
<b>Nº espécies exóticas</b>	3	3	1	1	1	1	3	2	3	3	3	2	4	3	3	4	4	3	3	5
<b>Nº espécies migratórias</b>	7	7	6	6	6	6	7	8	7	7	6	6	6	5	7	8	10	8	8	8
<b>Nº espécies intolerantes - todas</b>	6	6	2	5	4	4	8	4	5	5	1	1	1	0	2	3	3	3	2	2
<b>% espécies tolerantes</b>	36,4	34,8	44,4	36,4	41,2	43,5	34,6	40,9	35,0	38,1	52,9	62,5	50	62,5	40,0	32,0	39,1	52,6	44,4	47,6
<b>Nº de espécies bentônicas nativas</b>	5	6	4	6	5	5	7	4	5	4	2	2	2	3	4	4	3	3	3	3
<b>Nº de espécies reofilicas nativas</b>	6	6	5	5	5	5	6	6	5	6	5	5	5	4	6	6	8	7	7	6
<b>% indivíduos generalistas / oportunistas</b>	72,2	60,5	56,3	63,2	71,2	73,3	55,4	74,1	67,7	60,0	91,1	82,3	88,8	91,1	58,3	59,8	84,8	73,0	80,5	83,3
<b>Índice de Shannon (Hn) - todas espécies</b>	2,6	2,7	2,6	2,4	2,2	2,4	2,2	2,3	2,6	2,4	2,0	2,1	1,9	1,6	2,4	2,7	2,1	2,3	2,0	2,1
<b>Equitabilidade (Pielou)</b>	0,83	0,88	0,91	0,79	0,77	0,77	0,69	0,76	0,86	0,80	0,72	0,75	0,64	0,59	0,81	0,84	0,68	0,78	0,70	0,71
<b>CPUEn (todas as espécies)</b>	8,4	10,4	5,2	10,1	8,9	6,0	6,8	4,6	6,4	6,1	8,3	3,9	9,4	14,4	8,6	9,5	14,7	5,1	10,8	15,9
<b>CPUEn – excl. espécies exóticas e toler.</b>	4,1	6,8	2,0	7,01	4,8	1,9	3,3	1,5	3,4	3,4	2,5	0,9	1,7	1,13	4,0	5,4	7,8	1,2	2,63	4,3
<b>CPUEm (todas as espécies)</b>	-	-	-	-	608	1232	552	464	744	721	749	232	530	852	881	1354	1240	605	859	1281
<b>% anomalias (todas as espécies)</b>	1,29	0,83	0,83	1,06	0,53	0,78	0,69	0,00	0,46	0,49	0,32	2,04	0,28	0,00	0,31	0,55	0,36	1,02	0,24	0,17
<b>IIBP</b>	26	30	20	28	20	22	30	26	28	30	14	12	14	14	28	30	26	18	18	18

\* Data do acidente: 19 de outubro de 2008. **EF** = Estrada do Funil - **RB** = Foz do Rio Bonito - **BU** = Bulhões - **FL** = Floriano - **PI** = Pinheiral - **VA** = Vargem Alegre



### 3.3.4.1. Índice de integridade biótica de peixes (IIBP)

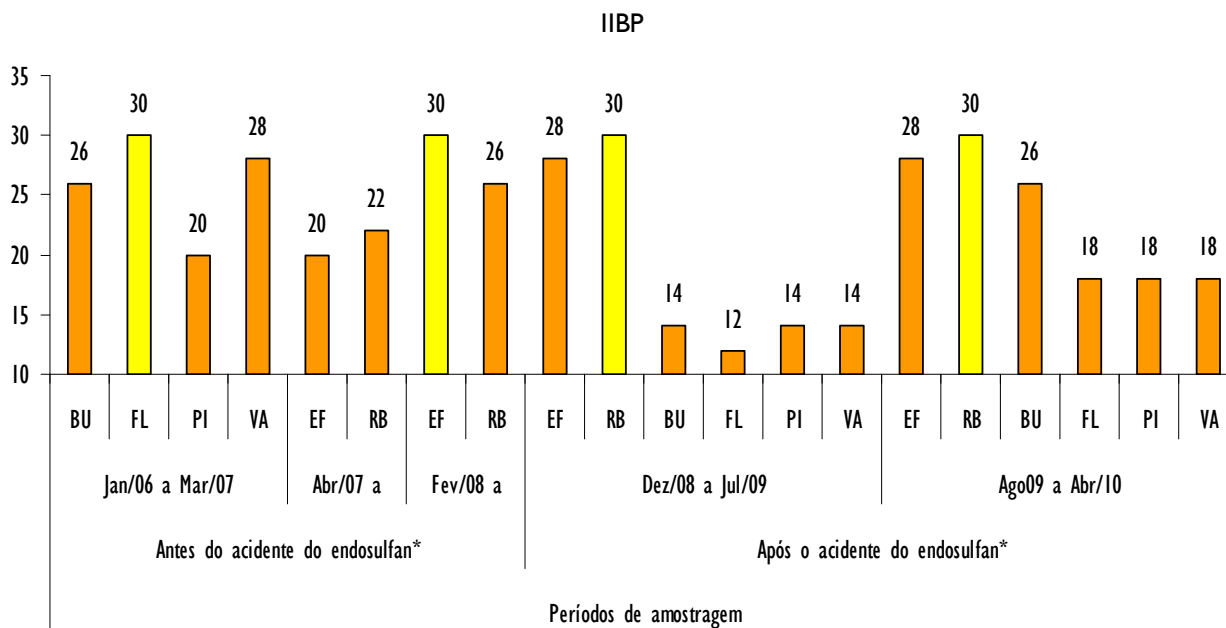
O IIBP constitui uma das principais ferramentas para avaliação do status da qualidade ambiental de segmentos de rios respondendo a uma grande variedade de alterações ambientais. De acordo com os critérios adotados, o índice serve como indicador das alterações na estrutura e funcionamento das comunidades ictiológicas, que são parte integrante do ecossistema do rio Paraíba do Sul no trecho Funil Santa Cecília.

O IIBP é estimado utilizando-se métricas de avaliação biológica que medem atributos de determinada comunidade de peixes e estão associadas às métricas funcionais que medem a intensidade dos processos biológicos que ocorrem no ecossistema aquático. Pressupõem que qualquer alteração física, química ou biológica (stress ecológico) atua sobre a estrutura e funcionamento das comunidades de peixes. A resposta das comunidades depende do tipo de stress que são submetidas e das espécies que as compõem, podendo se manifestar com maior ou menor intensidade.

Os resultados (ver Quadro 3.2 e Figura 3.5) indicam influências e alterações na estruturas e função do ecossistema em questão, que podem ser biológicas, físicas, químicas ou hidrológicas. Como as comunidades de peixes apresentam características distintas, devem ser previstos diferentes processos de reação e recuperação diante da variedade de impactos agindo eventualmente sobre as mesmas. Processos esses que, em última análise, podem simplesmente estar refletindo impactos ambientais da região como um todo.

**Quadro.3.2. Critérios para interpretação do índice de integridade biótica de peixes (IIBP) do rio Paraíba do Sul, Trecho Funil – Santa Cecília.**

IIBP	Classes de integridade (Status de qualidade ambiental)	Características
45-50	Ótima	Condição excelente da ictiofauna
37-44	Boa	Decréscimo na riqueza das espécies, especialmente espécies intolerantes e migratórias.
29-36	Regular	Redução de espécies intolerantes e de migração longa e redução das populações de espécies de migração moderada; Redução de resultados do esforço de pesca e do índice de diversidade de Shannon.
10-28	Ruim	Poucas espécies intolerantes e de migração longa; aumento de peixes tolerantes e oportunistas; aumento de anomalias; redução e desequilíbrio das populações.
<10	Péssima	Presença de pouquíssimas espécies tolerantes ou ausência.



**Figura 3.6. Representação gráfica mostrando os resultados do índice de integridade biótica de peixes - IIBP nos quatro trechos. Observa-se a redução nítida nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre após o acidente com o inseticida endossulfan.**

Os trechos localizados na região da estrada do Funil e foz do rio Bonito vêm apresentando variações no IIBP entre 20 e 30 e classificação "ruim" e "regular" (ver Quadro 3.2 anterior), demonstrando a influência de impactos diversos. É importante enfatizar que esses trechos não foram diretamente impactados pelo acidente, mas são altamente impactados pela proximidade da Barragem do Funil e pelas operações da mesma, sendo ambientalmente classificados como ruins ou regulares de acordo com o IIBP.

Nos trechos localizados nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre localizados à jusante de Resende e da foz do rio Pirapitinga onde ocorreu o vazamento do inseticida endossulfan, os valores do IIBP, que também já classificavam os trechos estudados como "regular" ou "ruim" - 26, 30, 20, 28 respectivamente - foram reduzidos significativamente para 14, 12, 14, 14 no período de amostragem imediatamente após o acidente. Os resultados obtidos na região de Floriano demonstram o maior impacto devido à relativa proximidade e, provavelmente, à solução do veneno (endossulfan) ter sofrido maior dispersão atingindo todos os setores do corpo d'água. As regiões de Pinheiral e Vargem Alegre, apesar da maior distância do vazamento também foram duramente afetadas.

A região de Bulhões, próxima ao local do vazamento, também foi bastante impactada, entretanto tem chances de recuperação mais acelerada devido à proximidade com locais não atingidos à montante. Essas afirmações podem ser comprovadas com os resultados das amostragens mais recentes, realizadas no período de agosto de 2009 a abril de 2010. Essas amostragem mostraram recuperações mais lentas nas regiões de Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre, com os IIBPs aumentando de 12 para 18, 14 para 18 e 14 para

18, respectivamente, e rápida na região de Bulhões, com o IIBP aumentando de 14 para 26, ou seja, voltando à condição anterior ao vazamento.

É importante ressaltar que nos meses de julho e outubro de 2009 foram realizadas 03 solturas de alevinos no rio Paraíba do Sul em Resende para reforço populacional, objetivando minimizar o impacto da mortandade de peixes causadas pelo acidente do endosulfan e dar início ao programa de recuperação da ictiofauna nativa do rio Paraíba do Sul (ARAÚJO *et al.*, 2009). Foram soltos 25 mil alevinos de *Prochilodus lineatus* (curimbatá), 5 mil de *Brycon insignis* (piabanha) e 22 mil de *Astyanax paraguayensis* (lambari), provenientes da Estação de Hidrobiologia e Aqüicultura de Paraíba da CESP, em 03 solturas patrocinadas pela Light, Votorantim Siderurgia e Servatis.

Das espécies mencionadas, duas (piabanha e curimbatá) eram raras ou já tinham suas populações comprometidas antes do incidente do endosulfan, o que foi comprovado pelos dados produzidos pelo monitoramento que vem sendo realizado nos últimos 07 anos no trecho Funil - Santa Cecília. O lambari (*Astyanax paraguayensis*) estava passando por um processo de redução populacional devido à manipulação dos recursos hídricos na região.

Vale também observar que nos períodos das cheias de 2008/09 e 2009/10 a região passou período atípico de enchentes, tanto nos afluentes como na calha do RPS. Estas situações, ocorridas em períodos de desova, alteraram o comportamento das populações de algumas espécies de peixes, principalmente das de menor porte e de desenvolvimento mais rápido, que conseguiram sobreviver aos efeitos do veneno. Os resultados das amostragens mostraram que algumas espécies, notadamente *Astyanax bimaculatus* e *Astyanax paraguayensis* conseguiram reproduzir-se com maior intensidade aproveitando a situação de cheias..

A presença nas amostragens recentes (2009/10) de inúmeros exemplares de *Prochilodus lineatus* (curimbatá) em toda a região, além de demonstrar o efeito da soltura de alevinos em 2008, mostra também o efeito das enchentes, que permitiram que indivíduos desta espécie provavelmente conseguissem passar pelas comportas da barragem de Santa Cecília.

A captura de alguns (poucos) exemplares juvenis de *Brycon insignis* (piabanha) nas regiões de Bulhões e Floriano, provavelmente foi consequência também da soltura dos 5 mil alevinos dessa espécie em 2008.

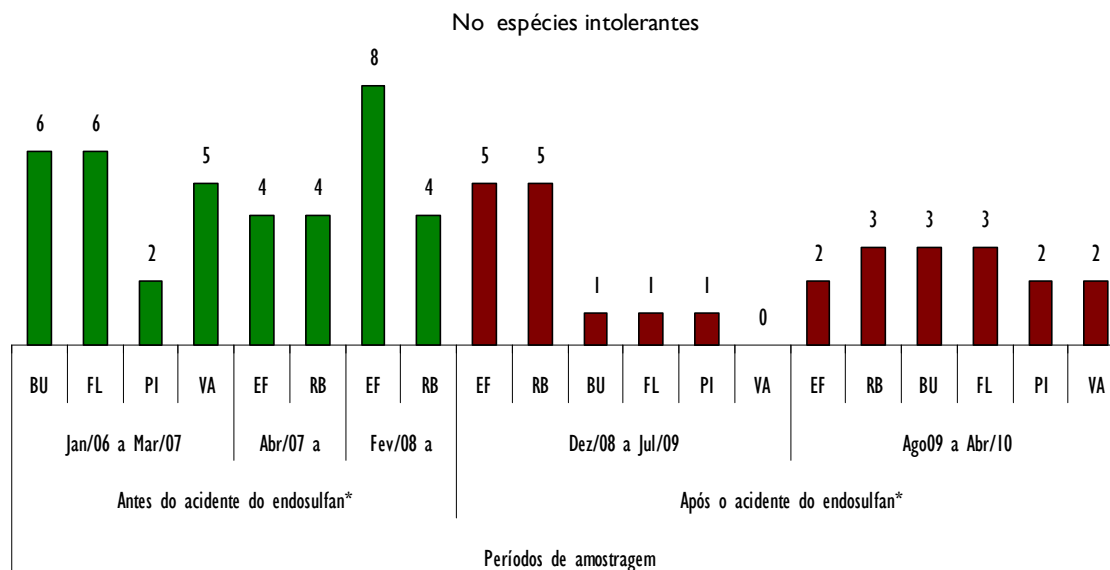
Baseando-se nos resultados obtidos do IIBP pode-se afirmar que:

- a qualidade ambiental nas regiões da estrada do Funil e foz do rio Bonito não foi afetada pela mortandade de peixes provocada pelo inseticida endosulfan, mantendo as classificações "ruim" e "regular" (IIBP entre 20 e 30);
- a qualidade ambiental nas regiões Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre foi seriamente afetada pela mortandade de peixes provocada pelo inseticida endosulfan;
- As regiões de Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre vêm apresentando recuperação lenta, obtendo-se valores de IIBP = 18 nas amostragens mais recentes;
- A região de Bulhões vem apresentando uma recuperação acelerada, mostrando recentemente o resultado do IIBP = 26, idêntico ao anterior ao vazamento.

### 3.3.4.2.. Número de espécies intolerantes

As espécies intolerantes respondem negativamente a uma grande variedade de distúrbios ambientais. A resposta pode vir de forma diversificada devido: a alta susceptibilidade a doenças, à intolerância a substâncias químicas tóxicas ou insalubres, à intolerância a alterações físicas e químicas no ecossistema.

De acordo com os critérios adotados as espécies consideradas intolerantes são: *Astyanax giton*, *Brycon insignis*, *Crenicichla lacustris*, *Cyphocharax gilbert*, *Leporinus conirostris*, *Leporinus mormyrops*, *Pachyurus adspersus*, *Pimelodella eigenmanni*, *Pogonopoma parahybae*, *Prochilodus vimboides*, *Rinelepis aspera*, *Steindachneridion parahybae*. As espécies *Brycon insignis* (piabanha), *Pogonopoma parahybae* (cascudo leiteiro) e *Steindachneridion parahybae* (surubim do Paraíba), são consideradas como ameaçadas de extinção (Brasil, 2008).



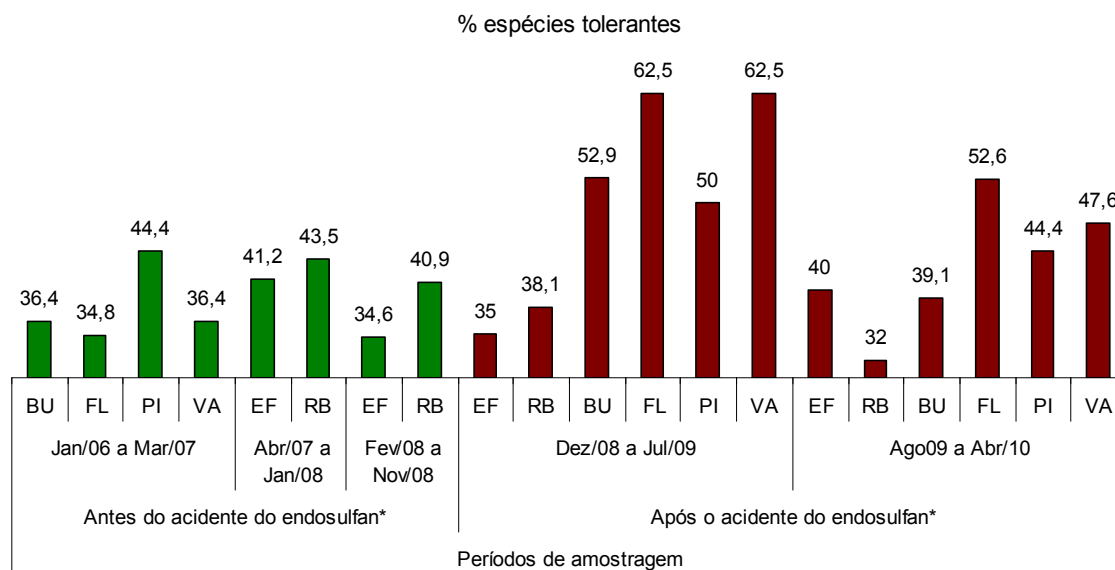
**Figura 3.7. Representação gráfica mostrando a redução das espécies intolerantes nos diversos trechos de amostragem após o acidente do endossulfan.**

Nas amostragens realizadas até novembro de 2008 (data do acidente do endossulfan) foi registrada a ocorrência de até 8 espécies intolerantes de um total de 12 com registro científico de ocorrência na região. Após o acidente nota-se uma redução em todos os trechos de amostragem (Figura 3.7 acima). Os valores obtidos indicam consequência do impacto da mortandade, entretanto, como o IIBP informa sobre o conjunto de impactos, é necessário a análise de mais dados das amostragens que já estão sendo realizadas para se chegar a uma conclusão definitiva.

### 3.3.4.3. Proporção de espécies tolerantes

As espécies tolerantes predominam em condições de estresse ambiental significativo e resistem a distúrbios ambientais. As percentagens de espécies ou indivíduos tolerantes tendem a ficar proporcionalmente maiores com o aumento da degradação ambiental.

De acordo com os critérios adotados, as espécies consideradas tolerantes são: *Astyanax bimaculatus*, *Callichthys callichthys*, *Geophagus brasiliensis*, *Gymnotus carapo*, *Hoplerythrinus unitaeniatus*, *Hoplias malabaricus*, *Hoplosternum littorale*, *Oligosarcus hepsetus*, *Rhamdia quelen* e *Synbranchus marmoratus*. As tolerantes exóticas são: *Clarias gariepinus*, *Tilapia rendalli*, *Oreochromis niloticus* e *Pimelodus maculatus*.



**Figura 3.8. Representação gráfica mostrando o aumento na proporção de espécies tolerantes nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre.**

O gráfico da Figura 3.7 mostra o aumento significativo na proporção de espécies tolerantes nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre, nas amostragens realizadas no período de dezembro/08 a julho/09 indicando o desequilíbrio provocado pelo acidente com o endosulfan. Na região de bulhões observou-se uma redução significativa nas amostragens mais recentes. Nas regiões de Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre a redução foi bem menor, confirmando a lenta recuperação.

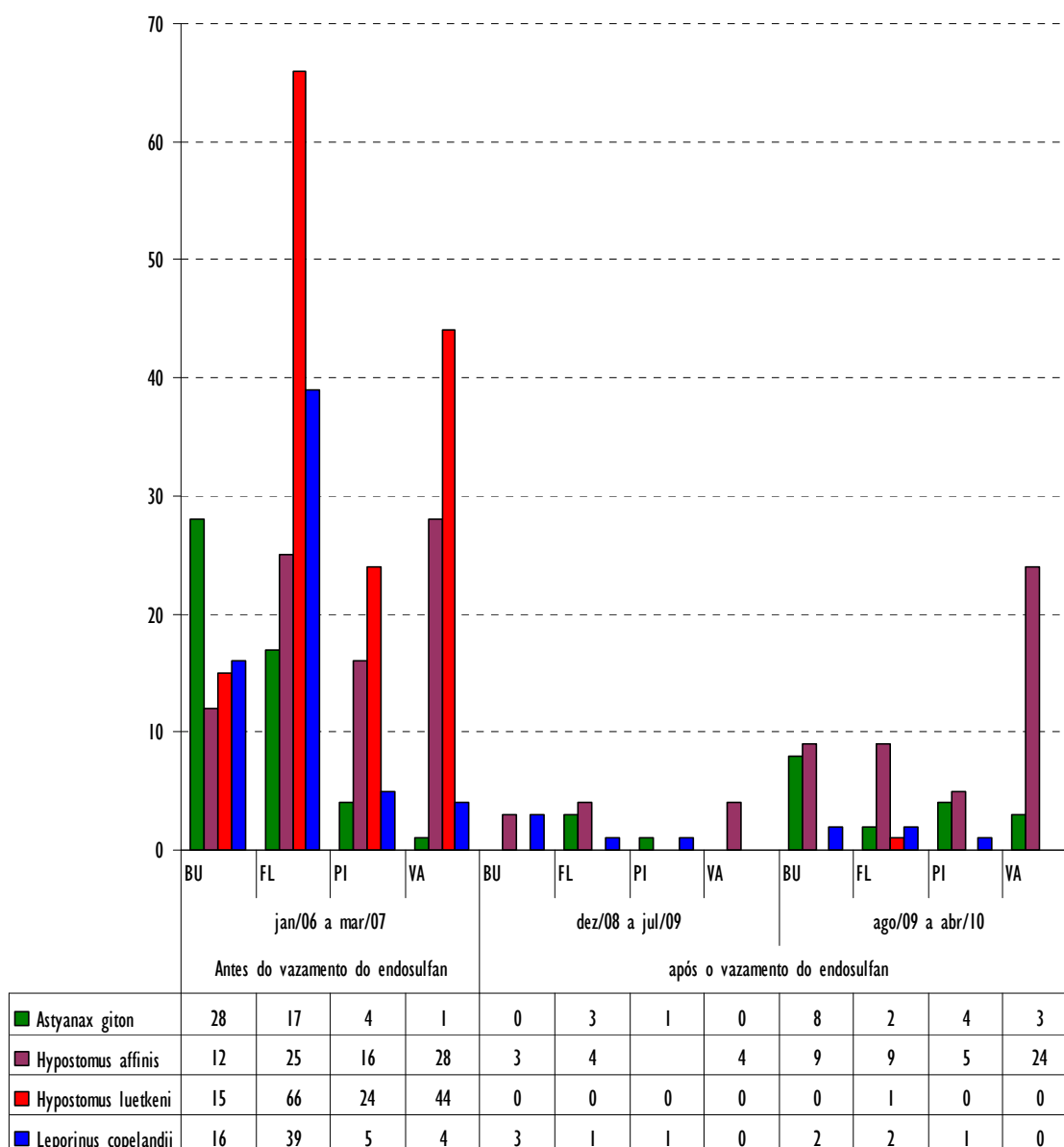
#### 3.3.4.4. Espécies de peixes cujas populações foram mais atingidas

De acordo com a Figura 3.5, observou-se que a quantidade de indivíduos de algumas espécies nativas foi muito reduzida nas regiões à jusante do vazamento do inseticida endosulfan.

As espécies mais afetadas foram *Hypostomus Luetkeni* (cascudo preto) e *Leporinus copelandii* (piauí) a quais vêm mostrando pouco ou nenhum sinal de recuperação até o último período de amostragem avaliado (agosto/09 a abril/10).

A espécie *Hypostomus affinis* (cascudo pintado) tem demonstrado sinais de recuperação, principalmente na região de Vargem Alegre.

A espécie *Astyanax giton* (lambari) "reapareceu" nas região de Bulhões no último período de amostragem, mas o número de indivíduos amostrados em todas as regiões à jusante do acidente ainda é muito pequeno.



**Figura 3.9. Representação gráfica mostrando as espécies que sofreram redução populacional drástica nas regiões de Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre.**

Na figura acima não estão incluídas algumas espécies raras na região ou ameaçadas de extinção na bacia do RPS: *Brycon insignis*, *Cyphocharax gilbert*, *Pachyurus adspersus*, *Pogonopoma parahybae*, *Prochilodus vimboides*, *Rinelepis aspera*, *Steindachneridion parahybae*. Estas espécies já estavam todas ameaçadas na região devido ao processo de degradação ambiental e à carência de programas específicos para a sua recuperação.

### 3.3.4.5. Considerações finais

As considerações a seguir são baseadas em informações de vários estudos realizados na região do Médio Paraíba incluindo, principalmente, do relatório técnico da SUPMEP/INEA : "*Avaliação do impacto do vazamento do endosulfan na ictiofauna do rio Paraíba do Sul no trecho Funil - Santa Cecília*" (Araujo, Nunan & Moura, 2009). Entretanto, vale ressaltar que para a elaboração de tal relatório foram utilizadas inúmeros dados e informações dos projetos FECD / Votorantim Siderurgia e FECD / CSN.

Foi sugerido que as barragens são as causadoras do desaparecimento ou diminuição das populações de espécies de peixes migratórias no trecho Funil - Santa Cecília (ALERJ, 2005). Os impactos das barragens têm que ser minimizados através de uma série de ações e intervenções que garantam, pelo menos, a manutenção da biodiversidade da ictiofauna nativa nas áreas de influência das mesmas, tanto à montante como à jusante. Não existe na região programas que atendam a esta demanda por parte das concessionárias das barragens. Programas de peixamentos esporádicos sem suporte técnico adequado, sem controle e sem a intervenção dos órgãos oficiais responsáveis podem comprometer ainda mais o equilíbrio do ecossistema que se quer recuperar.

Não se deve desprezar, entretanto, o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento e a poluição gerada pelos efluentes líquidos industriais que contribuem para o aumento dos problemas e riscos. No trecho Funil Santa Cecília existem 03 fábricas produzindo inseticidas, fungicidas, herbicidas e outros produtos tóxicos destinados ao controle de pragas, constituindo estas substâncias um risco potencial para a vida aquática e para o abastecimento de água da maioria da população do Estado. O caso do vazamento do endosulfan na Servatis demonstrou a conseqüência do risco. Vale lembrar que no passado ocorreram outros acidentes similares e com menor repercussão, tanto na CYANAMID Química do Brasil S/A, antecessora da Servatis, como na IQR / Sandoz, antecessora da Clariant / Novartis.

Torna-se impossível analisar os problemas causados pelo acidente do endosulfan sem abordar os problemas crônicos que já vinham ameaçando a ictiofauna nativa da região. Os efeitos do vazamento do endosulfan nas populações da ictiofauna nativa já bastante comprometidas vieram piorar a situação, exigindo intervenções urgentes, como o programa de recuperação da ictiofauna nativa do INEA (ARAÚJO *et al.*, 2009). Este programa, com a participação do setor empresarial e da sociedade de uma maneira geral, incentivará outras ações necessárias para a recuperação ambiental da bacia do Rio Paraíba do Sul.

De acordo com resultados obtidos ficou comprovada a redução nas populações de várias espécies de peixes que ainda conseguiam se manter na região. A pesca artesanal de subsistência realizada por pouquíssimos profissionais no trecho Funil - Santa Cecília, praticamente acabou.



## 4. PLÂNCTON.

### 4.1 Considerações.

De acordo com o Capítulo III, § 3º da Resolução 357 / 05 do CONAMA: "A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas". Estas recomendações tornam-se viáveis quando as informações obtidas através do monitoramento têm representatividade significativa no diagnóstico do corpo d'água.

As comunidades planctônicas constituem um importante elo da cadeia alimentar respondendo a uma série de influências antrópicas nos ambientes aquáticos. Entretanto, existem diferenças acentuadas entre os ambientes lênticos e lóticos relacionadas à estrutura e comportamento dessas comunidades.

Em ambientes lóticos a produtividade primária é influenciada principalmente pela correnteza, quantidade de sólidos em suspensão, e disponibilidade de nutrientes na massa d'água. Esses fatores e condições influenciam significativamente na fotossíntese, reprodução e capacidade de ciclagem de nutrientes pelo fitoplâncton. Os organismos zooplancônicos, por sua vez, são também influenciados devido à sua grande dependência do fitoplâncton e à mobilidade relativamente baixa.

Nos ambientes lênticos (e.g. lagos e reservatórios) as condições tornam-se muito mais favoráveis à produtividade primária tornando as comunidades de organismos planctônicos excelentes indicadoras da qualidade ambiental desses ecossistemas.

Na região de estudo o único local onde há viabilidade de utilização das comunidades planctônicas como indicadoras da qualidade ambiental é o reservatório do Funil. Entretanto, o ponto de amostragem escolhido dentro do reservatório serve somente como referência da água que entra no rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. Para um melhor entendimento das condições ambientais do reservatório há necessidade de estudos específicos e diferentes daqueles que fazem parte dos objetivos do projeto.

Na calha do RPS, o monitoramento da ictiofauna atende melhor aos objetivos do projeto não havendo necessidade de outros estudos detalhados envolvendo os diversos compartimentos da cadeia alimentar trófica.

As amostragens de plâncton foram incluídas no projeto com o objetivo de fornecer informações suplementares e, possivelmente, ajudar a comprovar a influência do reservatório do Funil nos pontos de amostragem na calha do RPS à jusante.

### 4.2. Amostragem.

As amostras de fitoplâncton total foram coletadas com os mesmos equipamentos utilizados para as amostras de parâmetros físico-químicos e preservadas com lugol acético, de acordo com orientações do Serviço de Análises Biológicas, SEABIO / GELAB / INEA.

As amostras de zooplâncton foram coletadas com amostrador cônico confeccionado com rede de nylon, abertura de malha de 50µm, boca de 20cm de diâmetro em arrastos de 3 minutos e preservadas em solução de sacarose / formaldeído. Foram encaminhadas para o laboratório prestador de serviços.



### 4.3. Resultados.

#### 4.3.1. Zooplâncton.

Os laudos das análises de zooplâncton foram apresentados pelo laboratório prestador de serviços identificando a maioria dos organismos a nível de táxon, o que não atendeu às expectativas e às necessidades para interpretação de resultados. O monitoramento de organismos zooplânctônicos está sendo reavaliado para se verificar a sua representatividade, bem como a qualidade das análises, as quais devem ser realizadas por técnicos altamente especializados no assunto.

#### 4.3.2. Fitoplâncton.

As amostras de fitoplâncton foram analisadas com a colaboração de especialistas do SEABIO / INEA. Os resultados foram apresentados a nível de espécie da maioria dos organismos presentes nas amostras

O principal alerta na região com relação à produtividade primária do fitoplâncton é referente às florações de microalgas, especialmente de gêneros de cianobactérias, potencialmente tóxicas que vêm ocorrendo com intensa frequência no reservatório do Funil. Essas florações favorecem mudanças na estrutura e na dinâmica populacional das comunidades biológicas, afetando a relação entre as diversas espécies presentes nos ecossistemas.

De acordo com os especialistas da SEABIO, as toxinas de cianobactérias são endotoxinas e, portanto, somente uma pequena proporção é liberada naturalmente para a coluna d'água. Entretanto, quando ocorre a lise celular devido à morte natural das células, as cianotoxinas são substancialmente liberadas para a coluna d'água.

A estabilidade e toxicidade das hepatotoxinas e das neurotoxinas indicam que estas moléculas podem causar sérios riscos a população através do consumo de água potável. As intoxicações humanas podem ser causadas pelo contato direto com as células tóxicas ou pelo consumo de água contaminada com cianotoxinas. A utilização de água contaminada com cianobactérias tóxicas, sem o tratamento adequado para a remoção das células ou das cianotoxinas, pode ser a causa de doenças agudas e crônicas, dependendo da dose e tempo de exposição. O Reservatório de Funil vem nas últimas décadas apresentando intensas e constantes florações de cianobactérias produtoras de toxinas.

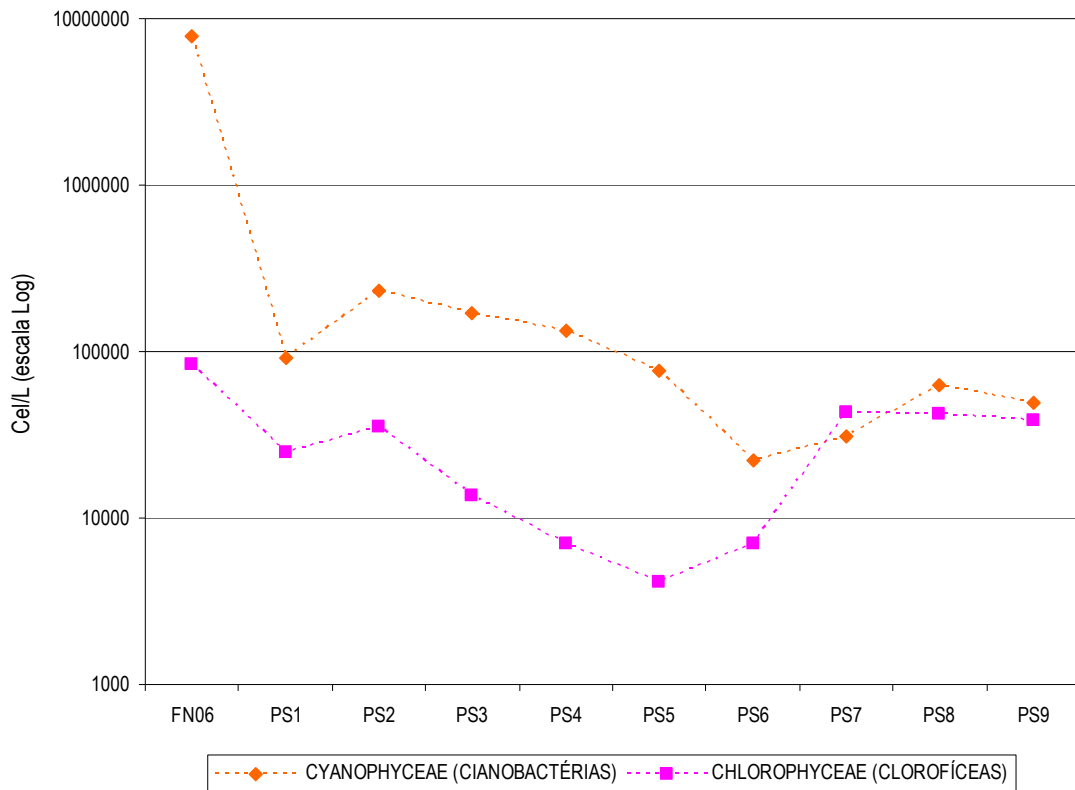
Foram coletadas 40 amostras na calha do rio Paraíba do Sul (pontos PS1 a PS5) e 12 no reservatório do Funil (ponto FN06) entre 2007 e 2010.

O limite de concentração de cianobactérias recomendado pela resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água classe 2 é de 50000 Cel/ml. Nenhuma das amostras analisadas tanto no reservatório como na calha do RPS apresentaram resultados acima do padrão.

A alta produtividade de cianobactérias no reservatório do Funil contribui para a presença significativa desses organismos na calha do RPS à jusante do reservatório, mesmo que em concentrações menores.

Em todos os períodos de amostragem, entre 2007 e 2010, o comportamento do fitoplâncton na calha do RPS foi similar. As Figuras 4.1 e 4.2 exemplificam a influência do reservatório mostrando a predominância de cianobactérias na calha do RPS, sua considerável diminuição até os pontos PS5 e PS6 e novamente aumentando nos demais pontos (PS7, PS8 e PS9), provavelmente devido ao aumento de carga orgânica e nutrientes na água. Os resultados das análises estão disponíveis para consulta, entretanto, os comentários e

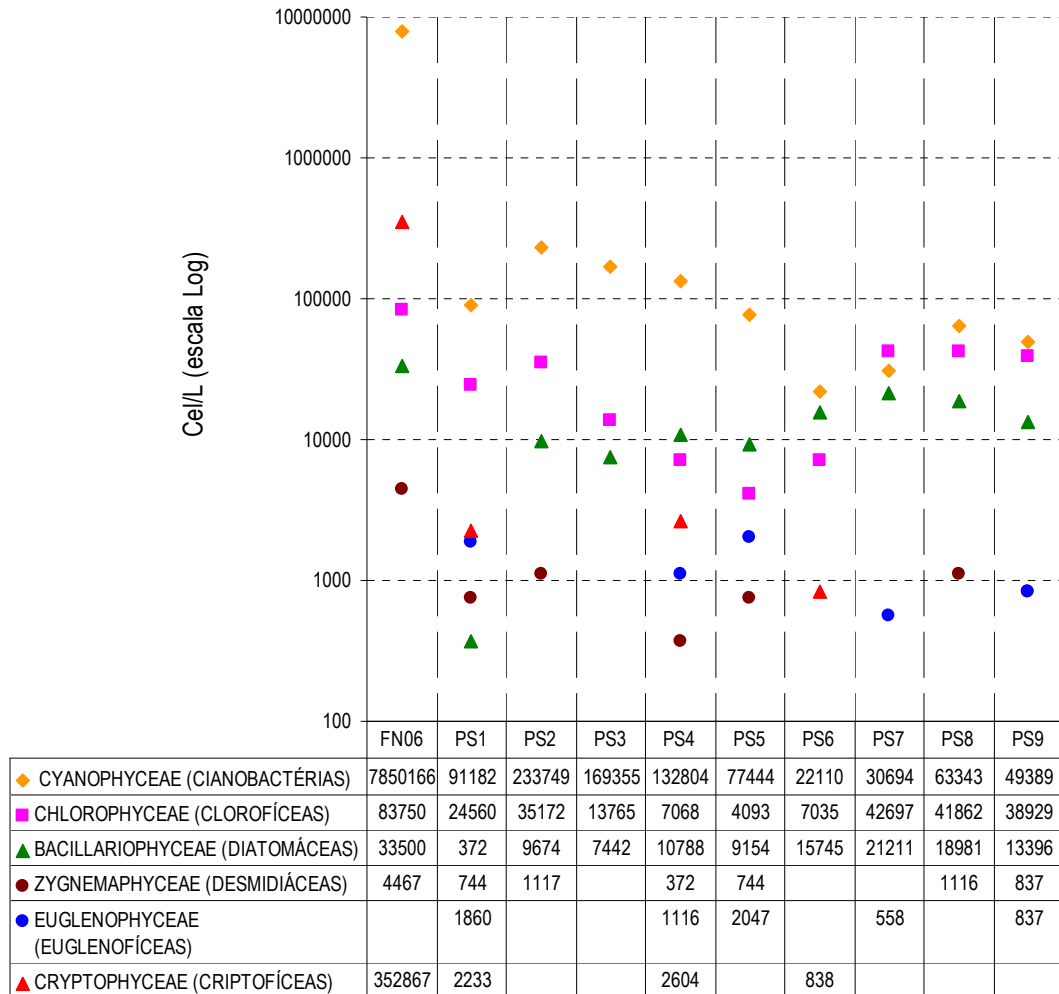
observações acima e os exemplos das figuras abaixo resumem as informações necessárias e que atendem os objetivos do projeto.



**Figura 4.1.** Exemplo de resultados de análises baseados na média de 03 amostragens realizadas em maio e agosto de 2009 e fevereiro de 2010 mostrando a concentração, em número de células por litro, de cianobactérias e clorofíceas.



**Figura 4.2.** Floração do Fitoplâncton no reservatório do Funil com predominância de cianobactérias.



**Figura 4.3. Exemplo de resultados de análises baseados na média de 03 amostragens realizadas em maio e agosto de 2009 e fevereiro de 2010 mostrando a concentração, em número de células por litro, de organismos fitoplanctônicos das principais Classes. Observa-se as maiores concentrações no ponto FN06.**

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul está consideravelmente descaracterizada em relação às condições ambientais originais, não somente pela devastação quase total da cobertura vegetal, mas também pela expansão urbana e industrial e a construção de barragens. As principais fontes da poluição hídrica na bacia hidrográfica são os esgotos domésticos, os efluentes industriais, além da ampla influência dos processos erosivos, os quais ocorrem na época das cheias com carreamento de enorme quantidade de material proveniente do solo degradado.

O material em suspensão na água, decorrente dos processos erosivos, é formado por partículas finamente divididas ou em estado coloidal que provocam a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência nebulosa, cor vermelho tijolo, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, tanto para o consumo humano como para os organismos aquáticos. Esta condição vem aumentando gradativamente o custo do tratamento da água, principalmente para o consumo humano. Deve-se considerar que tal situação não é um processo natural que ocorre na época das cheias, mas um tipo de poluição decorrente de inferências históricas e recentes na bacia hidrográfica as quais podem ser incrementadas pelas atividades de mineração, serviços de terraplanagem, depósitos de resíduos não controlados e acidentes - rompimentos ou vazamentos - em bacias e sistemas de decantação de rejeitos industriais.

O tratamento de esgotos domésticos na bacia hidrográfica é insuficiente e na região fluminense ainda é incipiente e com perspectivas para implantação em curto ou médio prazo com apoio do Programa de Aceleração do Crescimento, PAC. As condições sanitárias atuais do rio estão precárias, não havendo necessidade de estudos para comprovar tal situação. Isto reflete no status da qualidade ambiental do rio como um todo.

A fabricação, estocagem, transporte e utilização de produtos químicos tóxicos e perigosos na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul constituem um risco permanente para os ecossistemas aquáticos e para o abastecimento público de água. Frequentemente acontecem vazamentos ou derrames acidentais no transporte desses produtos. Na região do Médio Paraíba fluminense foram registrados vários acidentes, inclusive recentes, por vazamento de produtos químicos tóxicos e perigosos em indústrias da região.

Baseando-se nos estudos e pesquisas realizados e na experiência dos técnicos envolvidos com o projeto pode-se considerar a qualidade da água do rio Paraíba do Sul na região de estudo como "aceitável". Verificou-se pequenas violações de padrões dos parâmetros tóxicos e inúmeras dos parâmetros turbidês, cor, alumínio dissolvido e ferro dissolvido, provavelmente devido às condições dos solos na região e situações descritas acima. Com relação aos sedimentos foi constatado a contaminação (histórica ou recente) por diversos metais, havendo necessidade de confirmações mais detalhadas.

A qualidade ambiental do ecossistema do rio Paraíba do Sul na região de estudo pode ser considerada como "ruim" devido à toda a problemática apresentada no presente relatório. O índice de integridade biótica de peixes (IIBP), considerado internacionalmente como um excelente indicador do status da qualidade ambiental de rios, confirma a prevalência desta situação em vários locais de amostragem na região.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A. N. & Bernardes, N. 1958. **Vale do Paraíba, serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo**. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 303 p.
- ABELHA, M.C.F. et al. 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**, Ciências Biológicas, Maringá, 23(2): 425-434.
- ALERJ. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 1996. **Rio Paraíba do Sul, Trecho Funil Santa Cecília; Problemas Ambientais e Água de Abastecimento Público**. Comissão Permanente de Defesa do Meio Ambiente, Rio de Janeiro. Relatório, 25 p.
- ALERJ. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 2004. **Reservatório do Funil: Problemas ambientais, metais pesados e substâncias orgânicas em peixes e sedimentos**. Comissão Permanente de Defesa do Meio Ambiente, Rio de Janeiro. Relatório, 43 p, il.
- ALERJ. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 2005. **Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul; Danos Ambientais e Sociais Causados por Barragens, Hidrelétricas e Poluição no Trecho Fluminense**. Comissão Permanente de Defesa do Meio Ambiente, Rio de Janeiro. Relatório, 59 p. il. Disponível em: <<http://www.minc.com.br/mandato/meioambi/relatoriopeixesbarragens.pdf>>
- ALERJ. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 2006. **Rio Paraíba do Sul - Reservatório do Funil: Poluição e Degradação Ambiental**. Comissão Permanente de Defesa do Meio Ambiente, Rio de Janeiro. Relatório, 52 p. il. Disponível em: <<http://www.minc.com.br/mandato/meioambi/FUNIL%20RELAT%20RIO%202005%202006%20revisao2.pdf>>
- ARANHA J. M. R., GOMES J. H. & Fogaça F. N. O., 2000. Feeding of two sympatric species of Characidium, *C. lanei* and *C. pterostictum* (Characidiinae) in a coastal stream of Atlantic Forest (Southern Brazil). **Braz. arch. biol. Technol.**, Curitiba, 43 (5):
- ARAÚJO, F.G. 1998. Adaptação do Índice de Integridade Biótica usando a comunidade de peixes para o Rio Paraíba do Sul. **Rev. Brasil. Biol.**, 58 (4): 547-558.
- ARAUJO, J.R.S. & NUNAN, G.W. 2009. **Critérios e procedimentos para o monitoramento da ictiofauna do Rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecília**. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico.Revisão 03. 91 p.
- ARAUJO, J.R.S. & NUNAN, G.W. 2010. **Critérios e procedimentos para o monitoramento da ictiofauna do Rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecília**. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico. Revisão 04. 98 p.
- ARAUJO, J.R.S. 1988. **Rio Paraíba do Sul, trecho Funil – Santa Cecília – Guandú: avaliação ecotoxicológica** (estudos preliminares). FEEMA, Rio de Janeiro, 1 vol., il.
- ARAUJO, J.R.S. et al., 2009. **Proposta de recuperação da ictiofauna do rio Paraíba do Sul**. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Revisão. 29p.

- ARAÚJO, J.R.S., NUNAN, G.W. & MOURA, W.O.R., 2009. **Avaliação do impacto do vazamento do endosulfan na ictiofauna do rio Paraíba do Sul no trecho Funil - Santa Cecília**. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Relatório Técnico. 60 p.
- BARBIERI, G. *et al.* 2004. Estratégias reprodutivas do dourado, *Salminus maxillosus* e do curimatá, *Prochilodus lineatus* no Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, com ênfase nos parâmetros matemáticos da dinâmica populacional. **Acta Scientiarum**, Ciências Biológicas, 26(2): 169-174.
- BAUMANN, P. *et al.* 2000. **Fish tumors or other deformities**. Lake Erie Lakewide Management Plan (LaMP). Technical Report Series. Lake Erie LaMP Technical Report, No. 6, 59 p.
- BIZERRIL, C.R.F.S. & PRIMO, P.B. 2001. **Peixes de Águas Interiores do Estado do Rio de Janeiro**. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, PLANÁGUA-SEMADS/GT. FEMAR – SEMADS. Rio de Janeiro, 417 p., il.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, 2005, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, 2008. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. **Volume II. Peixes**, 8 - 285. Grafica e Editora Rona Ltda. 2 v. il.
- BRITSKI, H. 1970. Peixes de água doce do estado de São Paulo; Sistemática, pp. 79-108 In: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná – Uruguai. **Poluição e Piscicultura**, São Paulo.
- BUTLER, L. H., PERILLO, J. A. & Richardson, W.J., 2000. **Biological assessment of the Wissahickon watershed** (spring 2001). Philadelphia Water Department, PA, 180p.
- CANADA, Canadian Environmental Quality Guidelines, 2003, **Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines**. Summary Table, December 2003. 7p. Disponível em: <[http://www.ccme.ca/assets/pdf/sedqg\\_summary\\_table.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/sedqg_summary_table.pdf)> . Acesso em: outubro de 2010.
- CARAMASCHI, E.P. 1995. Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies no trecho a jusante de Três Rios (RJ). I. Objetivos e resultados gerais. Projeto. Rio de Janeiro, RJ, 1993. In: **X Encontro Brasileiro de Ictiologia**, Resumos. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CEIVAP. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, 2009. **Pelas Águas do Paraíba. III**, 3:7-19
- CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. MME, Brasília. 612p.
- CPRM. Companhia de pesquisa de Recursos Minerais, 1997. **Hidrogeologia: Conceitos e aplicações**. Coordenadores: Feitosa F. A. C. & Filho, J. M. Fortaleza: CPRM, LABHID- UFPE, MME.



- DIAS, S. C. 2004. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal da Paraíba. **Acta Scientiarum**, Ciências Biológicas, 26 (4): 373-379.
- DIXON, H. L. **New Perspectives in Electrofishing**. USEPA, United States Environmental Protection Agency; Western Ecology Division. USA: Allen-Gil. 2000. 71p.
- DNR, Maryland Department of Natural Resources. 2000. **Refinement and Validation of a Fish Index of Biotic Integrity for Maryland Streams.Chesapeake Bay and Watershed Programs Monitoring and Non-Tidal Assessment**. CBWP-MANTA-EA-00-2. USA, 2000. Disponível em: <[http://www.dnr.state.md.us/streams/pubs/ea00-2\\_fibi.pdf](http://www.dnr.state.md.us/streams/pubs/ea00-2_fibi.pdf)> . Acesso em: outubro de 2010.
- ELETROBRÁS, Centrais Elétricas Brasileiras S.A. 1995 Seminário Sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro. COMASE, Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico. Reuniões Temáticas Preparatórias. Rio de Janeiro, 70 p.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2007. **Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Relatório Final**. EPP-1-70-0001 RE R0. 220 p.
- EUROPA. European Economic Community. EEC Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. Establishing a Framework for Community action in the field of water policy. **Official Journal of the European Communities**. L 327/1, dec. 22, 2000.
- FAME Consortium, 2005. **Manual for the application of the European Fish Index - EFI**. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive, 2004. Version 1.1, 92 p.
- FECD / CSN, 2004, **Caracterização da Situação Atual e Acompanhamento da Evolução das Alterações Ambientais Relacionadas a Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul a Montante e Jusante da CSN, em Volta Redonda, RJ**. Projeto. Convênio: Companhia Siderúrgica Nacional – Fundação Educacional Charles Darwin. Relatório 2002-2003, 47p.
- FECD / CSN, 2005, **Caracterização da Situação Atual e Acompanhamento da Evolução das Alterações Ambientais Relacionadas a Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul a Montante e Jusante da CSN, em Volta Redonda, RJ**. Projeto. Convênio: Companhia Siderúrgica Nacional – Fundação Educacional Charles Darwin. Relatório 2004-2005, 136p.
- FECD / CSN, 2008a, **Diagnóstico ambiental do Rio Paraíba do Sul no trecho Funil Santa Cecília com base no monitoramento da ictiofauna**. Caracterização da Situação Atual e Acompanhamento da Evolução das Alterações Ambientais Relacionadas a Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul a Montante e Jusante da CSN, em Volta Redonda, RJ. Projeto. Convênio: Companhia Siderúrgica Nacional – Fundação Educacional Charles Darwin. Relatório 2005-2007. Volume I. 64p.

- FECD / CSN, 2008b, **Crítérios e procedimentos para o monitoramento da ictiofauna da Bacia do Rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecília**. Caracterização da Situação Atual e Acompanhamento da Evolução das Alterações Ambientais Relacionadas a Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul a Montante e Jusante da CSN, em Volta Redonda, RJ. Projeto. Convênio: Companhia Siderúrgica Nacional – Fundação Educacional Charles Darwim. Relatório 2005-2007. Volume II. 125p.
- FEEMA, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1983. **Biodeteção de Tóxicos em Sistema Fluviais de Utilização em Captação de Água para Sistemas Públicos de Abastecimento**. Convênio DEPEA/BNH / UERJ / Museu Nacional, UFRJ. Relatório.. 4 vol., il.
- FOWLER, H. 1948-51. Os peixes de água doce do Brasil. 1a-3a entrega. *Arq. Zool.*, São Paulo, 6: 1-628.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P. D., 2001, PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica.* , 4(1): 9pp. Disponível em: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) e <http://www.nhm.uio.no/norges/past/download.html>
- HARRIS, J.H. & SILVEIRA. 1999. Large-scale assessments of river health using and Index of Biotic Integrity with low-diversity fish community. *Freshwater Biology*, 41: 235-252.
- HEBERT, P. D. N., CYWINSKA, A., BALL, S. L., deWaard, J. R. (2003a). Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 270:313-322.
- HEBERT, P. D. N., RATNASINGHAM, S., DEWAARD, J. R. (2003b). Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proc. Biol. Sci.*, 270:S96-99.
- HERBES, S.E. and SCHWALL, L.R. 1978. Microbial transformation of polycyclic aromatic hydrocarbons in pristine and petroleum-contaminated sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 35: 306-316.
- IHSSEN, P.E., Booje, H.E., Casselman, J.M., Mcglade, J.M., Payne, N.R., Utter, F.M., 1981. Stock identification: materials and methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1838-1855.
- KARR, J. R., FAUSCH, K. D., ANGERMIER, P. L., YANT, P.R. & SCHLOSSER, I. J. 1986, Assessing biological integrity in running waters, a method and its rationale. III. *Nat. Hist. Surv. Spec. Public.* 5., Urbana, 28p.
- KARR, J. R., 1981, Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries..* 6(6): 21-27.
- KLEYNHANS, C. J. 1999. The development of a fish index to assess the biological integrity f South African rivers. Institute for Water Quality Studies, Department of Water. Affairs and Forestry. ISSN 0378-4738 . *Water S.A.*, 25(3): 265-278.
- LAFONT, M. A. 2001. Conceptual approach to the biomonitoring of freshwater: the Ecological Ambience System. *Freshwater J. Limnol., Suppl.* 1, 60: 17-24.



- MARET, T. R.; OTT, D. S. 2004. Assessment of fish assemblages and minimum sampling effort required to determine Biotic Integrity of large rivers in Southern Idaho, 2002. USGS, U.S. Geological Survey. **Water-Resources Investigations**. Report 03-4274. 23p.
- MASSACHUSETTS, Department of Environmental Protection, 2006. **Revised Sediment Screening Values Update to: Section 9 of Guidance for Disposal Site Risk Characterization** – In. Support of the Massachusetts Contingency Plan (1996). Disponível em : <<http://www.mass.gov/dep/water/laws/ecoturss.pdf>>
- MATSUMOTO, C.K., HILSDORF, A.W.S. 2009. Microsatellite variation and population genetic structure of a neotropical endangered Bryconiae species (*Brycon insignis Steindachner, 1877*): implications for its conservation and sustainable management. **Neotropical Ichthyology**, 7:395-402.
- MENEZES, N. 1970. Distribuição e origem da fauna de peixes de água doce das grandes bacias fluviais do Brasil, pp. 73-78 in: Comissão Estadual da Bacia do Paraná – Uruguai. **Poluição e Piscicultura**, São Paulo.
- MURDOCH, M.H., Hebert, P.D.N. 1994. Mitochondrial DNA diversity of brown bullhead from contaminated and relatively pristine site in the great lakes. **Environmental Toxicology** 13: 1281-1289.
- NEW YORK STATE, Department of Environmental Conservation, 2003, Division of Fish Wildlife and Marine Conservation. **Technical Guidance for Screening Contaminated Sediments. January, 1999**. 45p.  
Disponível em <[http://www.dec.ny.gov/docs/wildlife\\_pdf/seddoc.pdf](http://www.dec.ny.gov/docs/wildlife_pdf/seddoc.pdf)>. Acesso em: outubro de 2010.
- NUNAN, G.W., CARDOSO, L.E. & BANDEIRA, W.D. 1983. Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul. Trecho Represa do Funil - Cidade de Barra do Pirai, Estado do Rio de Janeiro. In: **X Congresso Brasileiro de Zoologia, Resumos**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: 212 p.
- OHIO, Environmental Protection Agency., 1987a, Biological criteria for the protection of aquatic life: **Volume II. Users manual for biological field assessment of Ohio surface waters, Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Surface Water**. Columbus, Ohio.  
Disponível em: <http://www.epa.state.oh.us/dsw/bioassess/BioCriteriaProtAqLife.html>
- OHIO, Environmental Protection Agency., 1987b, Biological criteria for the protection of aquatic life: **Volume II. Appendix C. Modified index of well-being(Iwb)**. Columbus, Ohio. Disponível em:  
<[http://www.epa.state.oh.us/dsw/documents/BioCrit88\\_Vol2ApxC.pdf](http://www.epa.state.oh.us/dsw/documents/BioCrit88_Vol2ApxC.pdf)>
- RIO DE JANEIRO, Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, SEMADS. 2001. **Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses**. Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental. ISBN 85-87206-10-9. Rio de Janeiro, 73 p., il.
- ROTH, N.E. et al., 2000, *Refinement and validation of a fish index of biotic integrity for Maryland streams*. Maryland Department of Natural Resources. Annapolis, 68p.

- SANDERS, R.E., MILTNER, R.J., YODER, C.O. & Rankin, E.T., 1999, **The use of external deformities, erosion, lesions, and tumors (DELT anomalies) in fish assemblages for characterizing aquatic resources - A case study of seven Ohio streams**, in. Simon, T.P., *Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities*: New York, CRC Press. 671 p.
- SILVA, M.H., 2008. **Endosulfan risk characterization document .Medical Toxicology and Worker Health and Safety Branches**, Department of Pesticide Regulation, California Environmental Protection Agency. Vol II, 383p.
- SIMON, T.P., 1999, **Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities**: New York, CRC Press. 671 p.
- SIFR, Swedish Institute of Freshwater Research. 2000. **Swedish Standard Methods for Sampling Freshwater Fish With Multi-Mesh Gillnets**. Fiskeriverket Information 2000:1. Drottningholm, SW: Magnus Appelberg, 33 p.
- UÉVORA, Universidade de Évora. 2005. Mestrado Luso – Brasileiro em Gestão e Políticas Públicas. Módulo1, **Fundamentos em Ciências Ambientais**, 1.3 - Ecossistemas Aquáticos Epicontinentais; Indicadores Biológicos. Évora, Pt, 25p.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency, 2002. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish**. EPA 841-B-99-002. Second Edition. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/>> Acesso em: Junho de 2005.
- VIEIRA, F. & POMPEU, P. S. 2001. Peixamentos: uma alternativa eficiente? **Ciência Hoje**, 30 (175), 6 p.
- WHO. World Health Organization, 2004. **Endosulfan in Drinking-water**. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, WHO/SDE/WSH/03.04/92. 15p.
- WISCONSIN, Department of Natural Resources, 2003, **Consensus-Based Sediment Quality Guidelines**. Madson, WI. December, 2003. 40 p.  
disponível em: <[http://dnr.wi.gov/org/aw/rr/technical/cbsqg\\_interim\\_final.pdf](http://dnr.wi.gov/org/aw/rr/technical/cbsqg_interim_final.pdf)> .  
Acesso em: outubro de 2010.
- YODER, C.O. et. al., 2006. **The Spatial and Relative Abundance Characteristics of the Fish Assemblages in Three Maine Rivers - 2002 and 2003**. Center for Applied Bioassessment & Biocriteria, Midwest Biodiversity Institute, Columbus, 269p.