

ANA PAULA DE SOUZA SILVA

**QUALIDADE DA ÁGUA E USO DO SOLO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO  
DA USINA HIDRELÉTRICA DE PETI, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586q  
2005

Silva, Ana Paula de Souza, 1977-

Qualidade da água e uso do solo no entorno do reser-  
vatório da Usina Hidrelétrica de Peti, Minas Gerais / Ana  
Paula de Souza Silva – Viçosa : UFV, 2005.

xvi, 99f : il. ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 92-96.

1. Água - Qualidade - Peti (MG).
  2. Reservatórios - Peti (MG).
  3. Solo - Uso - Peti (MG).
  4. Água - Represamento - Peti (MG).
  5. Mata ciliar - Peti (MG).
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9116

ANA PAULA DE SOUZA SILVA

**QUALIDADE DA ÁGUA E USO DO SOLO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO  
DA USINA HIDRELÉTRICA DE PETI, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de julho de 2005

---

Prof. Elias Silva  
(Conselheiro)

---

Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos  
(Conselheiro)

---

Prof. Guido Assunção Ribeiro

---

Prof. José Marinaldo Gleriani

---

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias  
(Orientador)

Aos meus pais, Adão e Helena.

## AGRADECIMENTOS

A Deus e ao meu anjo da guarda, pela proteção em todos os momentos da minha vida.

Ao curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro em parte do período do mestrado.

Ao professor Herly Carlos Teixeira Dias, pela orientação, amizade e confiança.

Ao professor Rafael Bastos, por todo apoio, pela orientação, pela amizade e pelos ensinamentos durante toda a minha vida acadêmica.

Ao professor Elias Silva, pela confiança, pelos valiosos ensinamentos e pelo estímulo.

Ao professor José Marinaldo Gleriani, por todo apoio e pelos ensinamentos; e ao professor Guido Assunção Ribeiro, pelas sugestões ao trabalho.

À CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), pelo apoio, pelo fornecimento de dados e pelas informações, essenciais para o andamento deste trabalho; em especial ao Sr Antônio Procópio Sampaio Resende, aos biólogos Maria Edith Rolla e Jefferson Ribeiro da Silva; e também, a Marcelo Martins Santos e Renaldo Vilela.

A todos os funcionários da Estação Ambiental de Peti, em especial ao Leotácilio da Fonseca, que não mede esforços para ajudar os pesquisadores.

A todos os funcionários e estagiários da Divisão de Água e Esgotos da UFV, em especial ao Luiz Eduardo do Nascimento e ao Sr Raimundo Jacinto, pelo apoio em todo o trabalho.

Aos amigos Antonio Jorge, Christian e Thaís, pelo apoio nas coletas e pelo incentivo ao trabalho; aos companheiros do EPEHF: Chris, Kelly, Marcelo e Zezão, pela amizade e troca de conhecimentos; e à Isabel Maria Andrade, por todo apoio e pela amizade.

Aos funcionários do DEF, em especial ao Chiquinho, Jamile, Rita e Rose, pela amizade e dedicação de todos os dias.

Aos meus pais, pelo amor, pela dedicação e pela confiança; por todos os sacrifícios; e pela pessoa que sou hoje.

Ao meu amor, Alexandre, pelo carinho, pela dedicação, pelo estímulo, pela amizade, pelo companheirismo e pela presença constante em todos os momentos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## CONTEÚDO

LISTA DE QUADROS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
<b>1. Introdução.....</b>	<b>01</b>
<b>2. Referencial Teórico.....</b>	<b>03</b>
2.1 As represas e os reservatórios.....	03
2.2. Dinâmica da qualidade da água em represas e reservatórios.....	03
2.3 Parâmetros indicadores da qualidade da água.....	06
2.4 O uso do solo no entorno de reservatórios.....	11
2.5 A importância das matas ciliares.....	12
<b>3. Material e Métodos.....</b>	<b>15</b>
3.1 Caracterização da área de estudo.....	15
3.2 Procedimentos Metodológicos.....	17
3.2.1 Caracterização do uso e da cobertura do solo no entorno do reservatório de Peti.....	17
3.2.2 Programa de monitoramento da qualidade da água.....	18
3.2.2.1 Pontos de coleta no reservatório.....	18
3.2.2.2 Parâmetros analisados.....	22
3.2.3 Análise dos dados.....	23
<b>4. Resultados e Discussão.....</b>	<b>24</b>
4.1 Precipitação pluviométrica e variação do nível do reservatório.....	24
4.2 Caracterização do uso e da cobertura do solo no entorno do reservatório de Peti.....	25
4.3 Qualidade da água do reservatório.....	28
4.3.1 Análise por ponto de coleta – série temporal.....	28
4.3.2 Análise por profundidade de coleta e variação sazonal - estiagem x chuva – do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	49
4.3.2.1 Superfície.....	50
4.3.2.2 Profundidade média.....	66
4.3.2.3 Profundidade funda.....	79

4.3.5 Análises Complementares.....	89
<b>5. Conclusões.....</b>	<b>91</b>
<b>6. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>92</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>97</b>
Anexo 1.....	98
Anexo 2.....	99



## LISTA DE QUADROS

Página

Quadro1 - Pontos de coleta de amostras de água no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	19
Quadro 2 – Precipitação pluviométrica e variação do nível da água no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti no período de coleta de dados.....	24
Quadro 3 - Classes de uso e cobertura do solo no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	25
Quadro 4 - Temperatura da água nos pontos de coleta nos dias amostrados no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	49

## LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Localização do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Estado de Minas Gerais.....	15
Figura 2 - Pontos de coleta no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	20
Figura 3 - Localização dos pontos de coleta de água no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	21
Figura 4 - Precipitação pluviométrica e variação do nível da água no período de setembro de 2004 a maio de 2005 no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	25
Figura 5 - Mapa do bacia do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti com os diferentes usos do solo.....	26
Figura 6 - Valores de temperatura nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	30
Figura 7 - Valores de OD nos pontos de 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	32
Figura 8 – Valores de CE nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti. ....	34
Figura 9 - Valores de pH nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	36
Figura 10 – Valores de turbidez nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	38
Figura 11 – Valores de cor nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	40
Figura 12 – Valores de ST nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	42
Figura 13 – Valores de SF nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	43
Figura 14 – Valores de SV nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	45

Figura 15 – Valores de SS nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	47
Figura 16 – Valores de Sd nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	48
Figura 17 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	50
Figura 18 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	52
Figura 19 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	53
Figura 20 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	54
Figura 21 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	55
Figura 22 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	56
Figura 23 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	57
Figura 24 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	57
Figura 25 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	59
Figura 26 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	59

Figura 27 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	60
Figura 28 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	61
Figura 29 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	61
Figura 30 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	62
Figura 31 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	63
Figura 32 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	63
Figura 33 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	64
Figura 34 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	65
Figura 35 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	65
Figura 36 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	66
Figura 37 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	67

Figura 38 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	68
Figura 39 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	68
Figura 40 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	69
Figura 41 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	70
Figura 42 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	71
Figura 43 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	72
Figura 44 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	72
Figura 45 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	73
Figura 46 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	73
Figura 47 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2,7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	74
Figura 48 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2,7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	74

Figura 49 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2,7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	75
Figura 50 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	75
Figura 51 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	76
Figura 52 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	77
Figura 53 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	77
Figura 54 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	78
Figura 55 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	78
Figura 56 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	79
Figura 57 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	80
Figura 58 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	80
Figura 59 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	81

Figura 60 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	82
Figura 61 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	83
Figura 62 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	83
Figura 63 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	84
Figura 64 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	85
Figura 65 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	85
Figura 66 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	86
Figura 67 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	86
Figura 68 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	87
Figura 69 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	87
Figura 70 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8 no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	88

Figura 71 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	88
Figura 72 – Valores de DBO nos pontos 1, 6, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	89
Figura 73 – Valores de DQO nos pontos 1, 6, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	90
Figura 74 – Valores de ferro nos pontos 1 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.....	90



## RESUMO

SILVA, Ana Paula de Souza, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2005. **Qualidade da água e uso do solo no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Peti, Minas Gerais.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias; Conselheiros: Elias Silva e Rafael Kopschitz Xavier Bastos.

Este trabalho foi desenvolvido no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, localizado nos municípios de Barão de Cocais, Santa Bárbara e São Gonçalo do Rio Abaixo, em Minas Gerais, durante o período de setembro de 2004 a maio de 2005, visando avaliar a influência do uso do solo do entorno do reservatório na qualidade da água. Para isso, foram escolhidos oito pontos no reservatório que representassem os diferentes usos e cobertura do solo e analisados os parâmetros físico-químicos: temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, turbidez, cor, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, sólidos totais em suspensão e sólidos sedimentáveis em três profundidades de cada ponto de coleta; o parâmetro transparência foi analisado em cada ponto. Além do monitoramento da qualidade da água do reservatório, foi gerado, a partir da interpretação em tela das imagens CCD/CBERS do dia 23/09/2004 e da carta 1:100.000 de Itabira (SE-23-Z-D-IV), um mapa de distância (Buffer) do uso e cobertura do solo no entorno do reservatório de 0 a 100 m e no limite delimitado pela bacia do entorno. A área total da bacia do entorno de Peti é de 7.629 ha. As áreas de classes de uso e cobertura do solo encontradas no limite topográfico arbitrado foram: mata, plantio de eucalipto, uso agrícola, pastagem, solo exposto e área urbana, mostrando que 47% ainda se encontram bem preservadas. Os resultados de qualidade da água foram divididos em época de estiagem (setembro, outubro, abril e maio) e chuvosa (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) e no geral apresentaram variação sazonal. Na época chuvosa, parâmetros como sólidos, turbidez e cor aumentaram a concentração; foi observada também maior variação entre as profundidades na época de estiagem, e à medida que se adentra no reservatório (montante para jusante) parâmetros como turbidez, cor, sólidos totais em suspensão e sedimentáveis diminuem em função da sua própria dinâmica. Pelos parâmetros analisados não foi possível detectar nitidamente a influência dos diferentes usos do solo na qualidade da água.

## ABSTRACT

SILVA, Ana Paula de Souza, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.

**Water quality and land use around the reservoir of the Hydro-Electric Power Station of Peti, Minas Gerais.** Adviser: Herly Carlos Teixeira Dias. Committee Members: Elias Silva and Rafael Kopschitz Xavier Bastos.

This work was developed at the Reservoir of the Hydro-Electric Power Station (UHE) of Peti, located in the municipalities of Barão de Cocais, Santa Bárbara and São Gonçalo do Rio Abaixo, in Minas Gerais State, Brazil, during the period from September 2004 to May 2005, to evaluate the influence of the land use around the reservoir upon water quality. For this purpose, eight points in the reservoir representing the various land covers and uses were chosen and the following physical and chemical parameters were analysed: temperature, dissolved oxygen, electric conductivity, pH, turbidity, color, total solids, fixed total solids, volatile total solids, total solids in suspension and sedimentary solids in three depths at each point of collection. The parameter transparency was analysed in each of the points. Besides monitoring water quality of the reservoir, and a map of distance (Buffer) of the land use and cover was made based on the interpretation of the screen images CCD/CBERS on 09/23/2004 and on the 1:100,000 chart of Itabira (SE-23Z-D-IV), of the neighborhoods of the reservoir from 0 to 100 meters and to the limit bordering the basin around the area. The total area of the basin around Peti is of 7,629 ha. The areas of the classes of land use and cover found within the topographic limit determined were: forest, eucalypt plantation, agricultural use, pasture, bare land and urban area, showing that 47% are still well preserved. The results of water quality were divided into dry weather period (September, October, April and May), and rainy period (November, December, January, February and March) and generally they showed a seasonal variation. In the rainy period, parameters such as solids, turbidity and color increased. Also a greater variation among the depths in the dry weather period was observed, when going farther inside the reservoir (from upstream to downstream) parameters such as turbidity, color, total solids in suspension and sedimentary decrease because of their dynamics. By the parameters analysed it was not possible to clearly detect the influence of the various land uses in the water quality.

## **1. Introdução**

Dentre os recursos naturais essenciais, a água apresenta um significativo destaque, pois sua manutenção em condições ideais é extremamente importante a todo tipo de vida no Planeta. Porém, devido à forma não-sustentável como a humanidade conduz a exploração dos recursos hídricos, estes se encontram hoje em escassez, ocasionando sérios problemas de ordem ambiental, social e econômica.

Diversos fatores, como o crescimento populacional, o processo intensivo de urbanização, a expansão da fronteira agrícola e a implantação de indústrias de grande porte, podem ser apontados como responsáveis pelo aumento na demanda de água para a agricultura irrigada, o abastecimento para consumo humano e industrial e a produção de energia elétrica (MULLER, 1996).

O Brasil é um país cujo potencial hídrico estimula a implantação de reservatórios para suprir as necessidades de abastecimento de água para fins diversos. Porém, a construção de barragens, com a transformação abrupta de um ambiente lótico (rio) em lântico (lago), provoca alterações nos regimes dos recursos hídricos e consideráveis desequilíbrios na estrutura físico-química e hidrobiológica do meio aquático, podendo gerar significativos impactos ambientais, muitas vezes negativos, a montante e a jusante do barramento (BASTOS, 1998). O uso e a ocupação do solo nas respectivas bacias de drenagem são também determinantes na saúde dos lagos (CALIJURI, 1999).

A mitigação dos impactos e a preservação da qualidade e dos usos múltiplos de um reservatório dependem de um manejo integrado, para o que é fundamental o conhecimento aprofundado desses sistemas, incluindo informações sobre a qualidade de suas águas e do uso do solo em seu entorno. O monitoramento da qualidade da água, além de registrar as variações espaço-temporais, relaciona os diversos mecanismos do sistema hídrico com toda a sua bacia de drenagem (JONG et al., 1995).

Nesse contexto, o reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, localizado em área de transição da Mata Atlântica com o cerrado, tem em seu entorno diferentes usos e coberturas do solo e recebe o aporte do rio Santa Bárbara, influenciando a qualidade da água.

Com base no exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do uso do solo do entorno na qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, município de São Gonçalo do Rio Abaixo, Minas Gerais.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. As represas e os reservatórios**

As represas e os reservatórios são ambientes lacustres provenientes do barramento induzido de cursos d'água, seja para obtenção de um volume adequado às diversas utilizações, principalmente abastecimento de água para centros urbanos e indústrias, além de irrigação, ou para garantir uma altura de queda d'água suficiente para geração de energia (SPERLING, 1999).

Segundo o autor, ao contrário dos lagos, as represas apresentam tempos médios de residência da água bastante curtos, tendo em vista o escoamento de grandes vazões de água através dos equipamentos nela existentes (vertedores, turbinas, torres de tomada, canais de desvio). Em geral as bacias de drenagem de represas são de grande porte, de formato alongado, e apresentam uma pequena área de contribuição direta, enquanto as bacias de lagos apresentam porte reduzido e formato próximo ao circular. Desta forma, ocorre uma distribuição aproximadamente eqüitativa da vazão afluyente ao longo do perímetro do corpo d'água. Já os tributários de represas são normalmente grandes cursos d'água, com seu fluxo dirigido ao longo do vale original. A variação do nível da água tende a ser muito mais intensa em represas do que em lagos, devido aos aspectos operacionais inerentes ao funcionamento das primeiras. As diferenças se estendem também à estratificação térmica (natural em lagos, com regime irregular em represas) e, conseqüentemente, à dinâmica de nutrientes e de outros compostos químicos: em lagos predominam gradientes verticais, ao passo que em represas ocorrem com mais freqüência gradientes horizontais.

### **2.2. Dinâmica da qualidade da água em represas e reservatórios**

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e antrópicos, sendo influenciada pelo clima, pela estação do ano, pelo solo, pela mineralogia da rocha e pela vegetação. Em contraposição à qualidade existente de uma determinada água, função da ocupação do solo na bacia hidrográfica, tem-se a qualidade desejável, relativa ao seu uso (von SPERLING, 2005). Quando a água natural estiver alterada

devido às atividades antrópicas, a ponto de não mais proporcionar um uso específico, diz-se que se encontra poluída. Portanto, poluição, ou perda de qualidade da água, é também um termo relacionado ao uso.

Em ambientes lênticos (lagos e reservatórios), a qualidade da água é determinada por uma conjunção de fatores relacionados com processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na bacia de drenagem e no próprio corpo d'água. Essas influências, conhecidas como fatores de força, determinam a evolução das diversas funções metabólicas, caracterizadas pela interação dos organismos com o sistema aquático, além de condicionar a dinâmica dos processos físico-químicos que ocorrem na massa líquida. Desta forma, obtém-se uma resultante do conjunto de influências, a qual é responsável pelo grau de qualidade da água no ambiente (SPERLING, 1999).

As águas represadas acumulam os sólidos carregados pelos rios, que, sedimentados, tendem a torná-las mais límpidas. Por outro lado, um projeto inadequado pode rapidamente ter sua vida útil reduzida pelo assoreamento do reservatório. Entretanto, as águas represadas acumulam também sais e nutrientes, podendo favorecer fenômenos como salinização e eutrofização do meio (BASTOS, 1998). O aporte natural de inúmeros materiais aos corpos hídricos é função da natureza e intensidade das atividades desenvolvidas na bacia, além das próprias características da área: tipos de solo, declividade, forma e dimensão.

Por poluição, eutrofização e, ou, assoreamento, a vida útil e os usos múltiplos de um reservatório podem ser seriamente comprometidos.

- **Eutrofização**

Resumidamente, a eutrofização de reservatórios ou de lagos pode ser descrita como o processo que resulta em aumento de nutrientes essenciais para o fitoplâncton e as plantas aquáticas superiores, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio, carbono e ferro. Este processo é, na realidade, um desequilíbrio ecológico comum a praticamente todos os tipos de lagos e reservatórios, inclusive os naturais não-poluídos. Apresenta múltiplas causas, que variam largamente de uma coleção de água para outra e acontece em escala de tempo geológica, embora as atividades do homem possam acelerá-la. O aporte de cargas orgânicas ricas em material biodegradável acaba por ser mineralizado, disponibilizando nutrientes no meio e,

assim, contribuindo indiretamente para o fenômeno da eutrofização. Por sua vez, o excesso de biomassa pode entrar em decomposição, contribuindo também para o acúmulo de minerais e o aumento da DBO (TUNDISI, 1986; von SPERLING, 1994; 2005).

- **Autodepuração de reservatórios**

A matéria orgânica introduzida em determinado ambiente aquático pode ter várias origens, como águas residuárias domésticas e industriais ou o transporte de matérias sólidas e coloidais pelas águas de escoamento superficial. A degradação da matéria orgânica pode variar em diferentes épocas do ano. Em períodos de chuva normalmente ocorre maior carreamento de materiais, mas, por outro lado, há maior diluição das diferentes substâncias no meio aquático.

Os corpos d'água possuem uma capacidade natural, e um limite, de absorção de cargas orgânicas. Através do fenômeno da autodepuração, ao longo do percurso de um corpo d'água, a matéria orgânica vai sendo mineralizada, o que gera um déficit e a posterior recuperação dos teores de oxigênio dissolvido (OD), por incorporação de OD do ar atmosférico ou produção fotossintética. O fenômeno da autodepuração pode acontecer de forma mais rápida e mais intensa quando a carga lançada não é altamente concentrada, não apresenta substâncias de difícil degradação e volume elevado e, por outro lado, quando as condições do corpo receptor, como vazão ou volume de água, temperatura, oxigenação, dentre outras, sejam favoráveis. Nos rios, alguns fatores como distância, velocidade de escoamento, morfologia, vazão, coeficientes de dispersão e de difusão e oxigenação contribuem para que o processo de autodepuração aconteça de forma mais dinâmica e, muitas vezes, mais rapidamente. No caso de lagos e reservatórios, pelas características que apresentam, o processo de autodepuração acontece de forma mais complexa e lenta (BRANCO, 1977, 1978, 1999; von SPERLING, 1994, 2005).

- **Assoreamento e sedimentação**

A construção de uma usina hidrelétrica em canal fluvial faz com que a velocidade do fluxo que adentra o reservatório por ela formado seja drasticamente

reduzida, devido ao aumento da seção transversal corrente, o que provoca queda acentuada, ou mesmo eliminação, da turbulência do fluxo e, conseqüentemente, reduz a capacidade do transporte de sedimentos no rio, provoca a sedimentação da carga em suspensão e de arrasto e, quase sempre, resulta em assoreamento (CABRAL, 2005).

O assoreamento é o principal problema em lagos e reservatórios, pois implica a diminuição do volume de água utilizável e reduz a quantidade de energia gerada, tendo como causa principal a água da chuva que transporta sedimentos em suspensão e que são retidos através da sedimentação/decantação e pelo atrito com a superfície de fundo. Os sedimentos, sujeitos ao arrasto, são retidos na entrada do reservatório e nos afluentes, formando um delta pluvial. Esses sedimentos são originados mais pronunciadamente do solo exposto devido à retirada da vegetação e ao esgotamento do solo pelo uso inadequado, ocasionando o assoreamento dos reservatórios.

Todos os reservatórios, qualquer que seja sua finalidade, destinação, tamanho e características de operação, estão fadados a ter sua capacidade de armazenamento, parcial ou totalmente, tomada pelos sedimentos, proporcionando o processo de assoreamento.

### **2.3. Parâmetros indicadores da qualidade da água**

As características que descrevem as propriedades de um dado ecossistema aquático são conhecidas por propriedades limnológicas ou variáveis limnológicas. Estas, como o próprio nome evidencia, são propriedades que variam no tempo e no espaço, quer em dado sistema aquático, quer entre sistemas diferentes (NOVO & BRAGA, 1995).

Segundo von Sperling (2005), os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos de suas características físicas, químicas e biológicas, traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

O presente estudo envolveu a análise de 15 parâmetros de qualidade da água, apresentados a seguir, segundo, essencialmente, o descrito em Branco, (1978), Esteves (1998), Bastos et al. (2003) e von Sperling (2005).



- **Temperatura**

A água tem capacidade de absorver grandes quantidades de calor, sem que ocorram elevações bruscas de temperatura, que varia pouco durante o dia, garantindo a sobrevivência dos seres aquáticos. Variações na temperatura podem modificar outras propriedades da água, como a viscosidade, a densidade e a presença de oxigênio. A temperatura das águas superficiais varia com a localização geográfica e as condições meteorológicas. Nos reservatórios, as mudanças bruscas de temperatura podem causar danos às comunidades bióticas, além de alterar as características químicas da água.

Em lagos e reservatórios o perfil vertical de temperatura varia com as estações do ano. Esta variação de temperatura afeta a densidade da água e, em consequência, a capacidade de mistura e estratificação do corpo d'água. A estratificação térmica é constatada ao longo da coluna d'água, principalmente no período de verão, destacando-se três níveis ou camadas distintas de temperatura (e de qualidade da água): epilímnio, metalímnio e hipolímnio. Decorre deste fenômeno que as águas de superfície apresentam uma qualidade bem superior às de fundo. No entanto, com a desestratificação térmica durante as épocas mais frias, a mistura das camadas de água pode provocar uma deterioração temporária, porém acentuada, da qualidade geral da água.

- **Oxigênio dissolvido**

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (OD) é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. A concentração de OD na massa d'água está em permanente equilíbrio com a pressão parcial do oxigênio atmosférico. Essa concentração é proporcional à temperatura da água e pode ser expressa em termos de porcentagem de saturação. A atividade biológica (respiração e fotossíntese) é um dos principais fatores determinantes do balanço de oxigênio em um corpo d'água, podendo-se verificar oscilações significativas, sazonais, no perfil de profundidade ou entre períodos diurnos e noturnos. Quando a água recebe uma determinada carga de matéria orgânica, parte do oxigênio é utilizada na oxidação biológica da matéria orgânica introduzida,

reduzindo a concentração de OD na água e produzindo o que se denomina déficit de saturação. A reposição dos teores de OD por absorção do ar atmosférico, geralmente denominada reaeração, é função da intensidade de agitação da massa d'água (portanto típica em rios) e encontra limite no OD saturado. A recomposição do OD pode também decorrer da atividade fotossintética (portanto mais freqüente em lagos e reservatórios), sendo neste caso denominada reoxigenação, e pode levar à supersaturação, quando haverá desprendimento de oxigênio para a atmosfera. O OD normalmente é expresso em mg/L.

- **Condutividade elétrica (CE)**

A CE da água representa sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, principalmente inorgânicas, que se dissociam em cátions e ânions. Simplificadamente, a CE representa a concentração de íons, fornece informações sobre o metabolismo do sistema aquático e pode estar relacionada com fontes de poluição. Normalmente é expressa em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

- **Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH (potencial hidrogeniônico) da água é a medida da atividade dos íons hidrogênio e expressa a intensidade de condições ácidas ( $\text{pH} < 7,0$ ) ou alcalinas ( $\text{pH} > 7,0$ ). Como o pH é expresso em escala logarítmica, ao incremento e decréscimo de uma unidade de pH corresponde, respectivamente, um aumento de dez vezes em alcalinidade e acidez.

A maioria das águas naturais superficiais tende a apresentar um pH próximo da neutralidade devido à sua capacidade de tamponamento (resistência a alterações de pH por causa da introdução/presença de ácidos ou bases). Ecossistemas aquáticos que freqüentemente apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Por outro lado, uma atividade fotossintética intensa pode contribuir para a elevação do pH, em virtude do consumo de  $\text{CO}_2$ .

- **Turbidez**

É devido à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, de matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, de plâncton e de outros organismos microscópicos. Expressa a interferência à passagem de luz através do líquido, portanto, simplificada, a transparência da água. Em geral a turbidez da água bruta de mananciais superficiais apresenta variações sazonais significativas entre períodos de chuva. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese, que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio. Águas represadas geralmente apresentam turbidez mais reduzida, decorrente da sedimentação das partículas em suspensão. Normalmente é expressa em uT.

- **Cor**

A cor da água resulta da existência de substâncias em solução provenientes principalmente dos processos de decomposição da matéria orgânica que ocorrem no meio ambiente, podendo também estar associada à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, de plâncton, de macrófitas ou de despejos coloridos contidos em esgotos industriais. Quando a determinação da cor é realizada após centrifugação da amostra, para eliminar a interferência de partículas coloidais e suspensas, obtém-se a *cor verdadeira*. Caso contrário, tem-se a *cor aparente*. Normalmente é expressa em uC.

- **Sólidos**

Praticamente todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. Os sólidos podem ser classificados de acordo com as suas características físicas (tamanho e estado) ou químicas.

O teor de sólidos totais é usualmente determinado por evaporação da água de uma amostra. As partículas de menores dimensões, capazes de passar por um papel-filtro de tamanho especificado, correspondem aos sólidos dissolvidos (SD), enquanto as de maiores dimensões, retidas pelo filtro, são consideradas sólidos em suspensão (SS). Ao submeter os sólidos a uma temperatura elevada (550°), a fração orgânica é volatilizada (sólidos voláteis - SV), permanecendo após combustão

apenas a fração inorgânica (sólidos fixos - SF). Consideram-se como sólidos sedimentáveis (Sd) aqueles que sejam capazes de sedimentar no período de 1 hora em um recipiente denominado cone Imhoff. Os sólidos são expressos em ml/L para sólidos sedimentáveis (Sd) e em mg/L para sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (SF), sólidos totais voláteis (SV) e sólidos totais em suspensão (SS).

Águas represadas acumulam os sólidos carregados pelos rios, que, sedimentados, tendem a tornar as águas mais límpidas (menor turbidez). Portanto, os teores de ST, SS e, principalmente, Sd são importantes parâmetros de planejamento e projeto de reservatórios de água, como medida de previsão de assoreamento e vida útil. Os SD são naturalmente incorporados à água no contato com o solo e as rochas, ou pelo lançamento de cargas poluidoras, e encontram-se associados ao teor de sais na água.

- **Transparência**

A transparência de uma água é influenciada por uma vasta série de fatores ambientais, dentre eles a incidência de chuvas, a erodibilidade dos solos, o relevo de terreno, a floração de algas etc. Desta forma, é bastante freqüente a obtenção de valores muito oscilantes, como consequência da conjunção dos fatores ambientais citados (FONSECA et al., 1999).

- **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**

Essa variável representa a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos, sendo, portanto, uma medida indireta da matéria orgânica biodegradável sob condições padronizadas – 20°C, cinco dias. Nas condições-padrão especificadas, a DBO representa uma fração da matéria orgânica de mais fácil biodegradabilidade, a matéria carbonácea.

- **Demanda química de oxigênio (DQO)**

A DQO é uma medida da quantidade de oxigênio consumido pela oxidação química de substâncias orgânicas presentes nas águas, determinada em laboratório pela adição de um forte oxidante em meio ácido. É, portanto, também uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica e aproxima-se, mais que a DBO, da quantidade total de matéria orgânica. Genericamente pode-se afirmar que quanto mais próxima da unidade a relação DQO/DBO, mais biodegradável é a amostra, assim como o OD, a DBO e a DQO são os principais parâmetros de avaliação da qualidade e do grau de poluição de águas superficiais.

- **Ferro**

O ferro está presente na forma insolúvel ( $\text{Fe}^{3+}$ ) em uma grande quantidade de tipos de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido, o ferro se apresenta na forma solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Se a água conter a forma reduzida e for exposta ao ar atmosférico, o ferro volta a oxidar à sua forma insolúvel e causa cor na água. O ferro tem origem natural na dissolução de compostos do solo e antropogênica em despejos industriais. Em pequenas concentrações causa problemas de cor na água e em maiores concentrações podem ocorrer sabor e odor.

## **2.4 O uso do solo no entorno de reservatórios**

O levantamento do uso e da cobertura do solo é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações e os assoreamentos dos lagos e reservatórios são conseqüências do mau uso da terra (SANTOS et al., 1981). Sperling (1998) salienta que a qualidade da água é resultante dos inúmeros processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico e que os organismos aquáticos, em sua atividade metabólica, não só recebem influência do meio, mas podem também provocar alterações físicas e químicas na água.

Vários estudos demonstram a correlação entre a distribuição espacial das atividades humanas, o estado de conservação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica e o nível de degradação dos recursos hídricos (THORTON et al., 1990;

KIRA & SAZANAMI, 1995; TUFFORD, 1998). Porém, no Brasil são poucos os estudos relacionando o uso da terra com as propriedades da água, podendo ser citados Refosco (1994), Pião (1995) e Pereira Filho (2000).

Nos trópicos, devido a fatores climáticos, edáficos e bióticos, existe uma estreita relação entre o uso dos solos e a qualidade das águas em rios e lagos (SIOLI, 1981).

Segundo Valente & Castro (1981), as atividades do uso e da cobertura do solo podem modificar a qualidade da água. Solos com topografia acidentada, desprovidos de cobertura vegetal, ou com carências de práticas conservacionistas ficam expostos às chuvas, que desagregam partículas e lixiviam nutrientes, conduzindo-os ao curso d'água. Ocorrerá então uma alteração do material dissolvido e do material em suspensão, com conseqüências imprevisíveis.

Para Leite (1998), as atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica produzem um aumento na concentração de nutrientes de lagos, rios e reservatórios, tendo como conseqüência a mudança em suas características tróficas.

## **2.5. A importância das matas ciliares**

Matas ciliares ou florestas ripárias são assim denominadas por se assemelharem, na sua função, aos cílios que protegem os nossos olhos e, na sua forma, por ocorrerem em faixas estreitas, na forma de ripas. Podem ser definidas como formações vegetais do tipo florestal que se encontram associadas aos corpos d'água, ao longo dos quais podem estender-se por dezenas de metros a partir das margens e apresentar marcantes variações na composição florística e na estrutura comunitária, dependendo das interações que se estabelecem entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre adjacente (OLIVEIRA-FILHO, 1994).

Catharino (1989) dá uma outra ênfase ao termo "mata ciliar", em virtude de não se encontrarem apenas florestas nas beiras dos cursos d'água, mas também outras associações vegetais. Segundo o autor, encontram-se desde o pântano com água salobra, ou manguezais, formações abertas sob influência de água-doce, até florestas densas ao longo da calha de diversos rios brasileiros. Além destas, existem os diferentes estágios secundários na regeneração de cada formação vegetal, fator este que se relaciona aos ecossistemas ribeirinhos, e não mais a matas ciliares. De

acordo com Marinho Filho & Reis (1989), mata ou floresta, ciliar ou ripária, é toda formação florestal que acompanha os veios ou cursos d'água.

As matas ciliares são áreas de transição quanto às propriedades do solo e também quanto ao gradiente de umidade. Geralmente, o fator umidade é determinante no tipo de vegetação e exerce uma forte pressão de seleção, o que requer a presença de espécies bem adaptadas a esses ambientes (KAGEYAMA et al., 1989). Essas matas constituem ambientes de grande diversidade de espécies, na maioria das vezes com índices superiores aos encontrados em outras formações florestais.

Hidrologicamente, o ecossistema ripário desempenha funções importantes, como: i) estabilização das ribanceiras do rio, pelo desenvolvimento e pela manutenção de um emaranhado radicular; ii) tampão e filtro entre os terrenos mais altos e o ecossistema aquático, participando do controle do ciclo de nutrientes na bacia hidrográfica, através de ação tanto do escoamento superficial quanto da absorção de nutrientes do escoamento subsuperficial pela vegetação ciliar; iii) diminuição e filtragem do escoamento superficial, o que impede ou dificulta o carreamento de sedimentos para o sistema aquático, contribuindo, desta forma, para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas; iv) integração com a superfície da água, proporcionando cobertura e alimentação para peixes e outros componentes da fauna aquática; e v) interceptação e absorção da radiação solar através das copas das árvores, contribuindo para a estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água (LIMA, 1989).

As matas ciliares desempenham importantes funções e seus efeitos não são apenas locais, influenciando toda a bacia de drenagem e, assim, beneficiando a população em volta. Esses benefícios podem ser vistos na qualidade da água, pois com a função de tamponamento entre os cursos d'água e as áreas cultivadas próximas à mata ciliar retém uma grande quantidade de sedimentos, nutrientes, principalmente fósforo, nitrogênio e produtos tóxicos. O excesso desses nutrientes na água provoca o crescimento exagerado de algas e plantas aquáticas, alterando o nível de oxigênio, com conseqüente mortalidade de peixes e eutrofização do curso d'água, o que prejudica o abastecimento urbano e o aumentando o custo de tratamento da água para o consumo.

De acordo com o artigo 2º, da Lei 4771, de 15/09/1965, do Código Florestal, modificado em 1985, as matas ciliares abrangem, como área de preservação

permanente, as florestas e demais formas de vegetação existentes ao redor dos rios, nascentes, lagoas e reservatórios. Na resolução do CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002, no artigo 3º é estabelecido que constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno de reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de 30 m para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais.

Para Zakia (1998), apesar de sua importância, justamente pela proximidade com o curso d'água as matas ripárias têm sido alvo de intensas pressões antrópicas, resultando muitas vezes em sua completa extinção.



### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Peti está localizado nos municípios mineiros de São Gonçalo do Rio Abaixo, Santa Bárbara e Barão de Cocais, sendo os dois últimos a montante da barragem e o primeiro a jusante, entre as coordenadas 19°52'53" e 19°53'37" latitude sul e 43°22'04" e 43°21'59" longitude oeste de Greenwich (Figura 1). O reservatório é formado pelo represamento da água do rio Santa Bárbara, sub-bacia do rio Piracicaba, bacia do rio Doce.

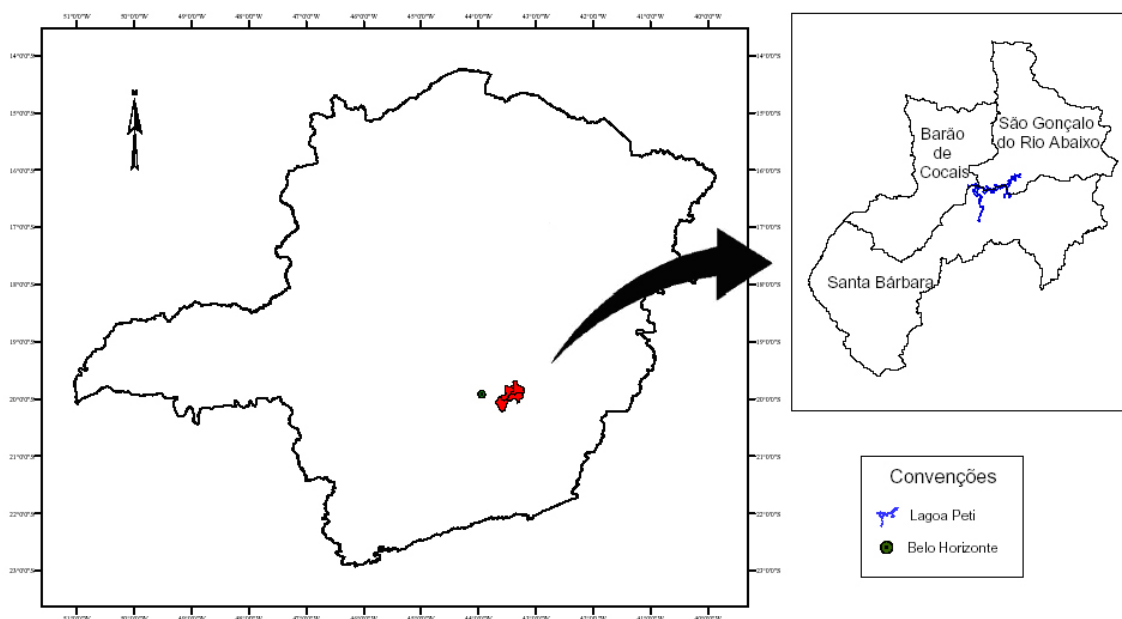


Figura 1 - Localização do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Estado de Minas Gerais (Fonte: CEDEF/IEF-MG, 2005).

A construção da Usina Hidrelétrica de Peti e a formação do reservatório ocorreram no período de 1941 a 1945, com o início de operação em 1946. A barragem possui 86 m de comprimento e 46 m de altura, com seis comportas para verter água e uma para limpeza. Um túnel de tomada d'água com 40 m de diâmetro

e 1.381 m de extensão leva a água do reservatório para a usina, sendo a sua potência efetiva de 9.400 Kw/h (FONSECA, 2005<sup>1</sup>).

A extensão do reservatório é de 23 km, sendo sua largura máxima de 600 m e a área inundada de 6,776 km<sup>2</sup>. A área da bacia de drenagem é de 708 km<sup>2</sup>. O volume total do reservatório na cota de 712 m de altitude é de 42,5 milhões de m<sup>3</sup>. A cota máxima é de 712,12 m de altitude e a mínima de 702,00 m. A profundidade máxima do reservatório é de 22 m (CEMIG, 2003).

No entorno do reservatório localiza-se a Estação Ambiental de Peti, criada em 1983 com o objetivo de desenvolver trabalhos na área ambiental e gerar tecnologias para a preservação da fauna e flora em uma área remanescente da implantação da usina hidrelétrica homônima, num total de total de 606 ha de áreas preservadas. Além da unidade de conservação, a bacia hidrográfica do reservatório possui usos associados ao plantio de eucaliptos, a propriedades destinadas à pecuária e agricultura, a cidades como Santa Bárbara e Barão de Cocais que lançam seus rejeitos no rio Santa Bárbara, além da mineração, observada em toda a área, principalmente para exploração de minério (CEMIG, 2003).

Segundo Antunes (1986), o clima, pela classificação de Köppen, é do tipo Cwb -tropical de altitude- com verões frescos e estação seca bem definida, sendo os meses de outubro a março úmidos e os de maio a setembro relativamente secos. A temperatura média anual é de 21,7 °C.

O reservatório de Peti está localizado em região de extrema importância biológica, no contraforte ocidental da Serra do Espinhaço, na zona de transição da Floresta Estacional Subtropical (Mata Atlântica de Interior) com o cerrado.

Paula et al. (2002) citam que a bacia do rio Doce, originalmente coberta por florestas, teve sua paisagem inteiramente alterada a partir da segunda metade do século passado. No alto rio Doce e nas regiões dos seus afluentes, como o rio Piracicaba e o Santa Bárbara, a implantação do pólo siderúrgico no final da metade do século passado teve grande impacto nas formações florestais. Assim, as florestas hoje encontradas nessa região são caracteristicamente secundárias, resultantes da exploração seletiva de madeira ou de corte raso, e encontram-se em diferentes estádios de regeneração.

---

<sup>1</sup> Informações obtidas através de conversa informal com o Sr Leotacílio da Fonseca em 18 de abril de 2005.

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa, afloramentos de rochas, cambissolos e litossolos (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1989).

## **3.2. Procedimentos Metodológicos**

### **3.2.1. Caracterização do uso e da cobertura do solo no entorno do reservatório de Peti**

O levantamento do uso e da cobertura do solo no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti foi realizado a partir da interpretação em tela das imagens CCD/CBERS (*China-Brazil Earth Resource Satellite*), na composição 2B-3R-4G. As bandas 2 (0,52 a 0,59  $\mu\text{m}$ ), 3 (0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ) e 4 (0,77 a 0,89  $\mu\text{m}$ ) estão situadas na faixa do verde, vermelho e infravermelho próximo, respectivamente. A imagem utilizada da órbita/ponto 152/122 é do dia 23 de setembro de 2004. As interpretações foram realizadas através do aplicativo SPRING 4.1.1 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas).

As dúvidas de interpretação foram eliminadas através de um trabalho de reambulação<sup>2</sup>, em campo com o GPS Garmin II plus e impressões em papel *glossy* A4 na escala de 1:35.000, tendo uma transparência sobreposta. Nessa transparência os polígonos foram delineados e rotulados com o respectivo uso e cobertura. A composição RGB utilizada na impressão foi a mesma da tela. As impressões foram geradas no módulo Scarta do Spring.

A carta topográfica 1:100.000 (SE-23-Z-D-IV) de Itabira foi digitalizada, recortada e georreferenciada no ambiente SPRING. Com o auxílio da carta digitalizou-se na tela o divisor da bacia do entorno do reservatório e a hipsometria, para posterior geração da grade retangular, que foi acoplada com a imagem CCD/CBERS. O limite da bacia, que teve o limite oeste (montante) arbitrado<sup>3</sup>, foi utilizado como limite das classes de uso e cobertura do solo do entorno do reservatório.

---

<sup>2</sup> Processo de identificação, em trabalho de campo, das dúvidas provenientes da interpretação de fotos ou imagens impressas.

<sup>3</sup> O limite a jusante é estabelecido pela barragem; o limite a montante foi arbitrado, uma vez que a nascente do rio Santa Bárbara está muito distante.

A partir da interpretação da imagem e delimitação do espelho d'água do reservatório, foi gerado o mapa de distância (*buffer*) com a largura de 0 a 100 m. Esse mapa, assim como o mapa de uso do solo e cobertura vegetal, foi convertido do formato vetorial para matricial com células de 20 m, que é a mesma resolução da imagem CCD/CBERS.

Através da tabulação cruzada foram quantificadas as áreas das classes de uso e cobertura do solo na distância de 0 a 100 m e em toda a bacia do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti. Com o uso do LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) montou-se uma expressão Booleana para gerar o mapa das classes vizinhas da bacia.

### **3.2.2. Programa de monitoramento da qualidade da água**

#### **3.2.2.1. Pontos de coleta no reservatório**

Os pontos de monitoramento foram selecionados de forma que representassem os diferentes usos nas margens do reservatório e também o início e o meio do reservatório. Foram selecionados oito pontos, conforme o Quadro 1 e a Figura 2.

Foram realizadas nove coletas de amostras de água em frequência mensal, de setembro de 2004 a maio de 2005. Os pontos de coleta 7 e 8 foram incluídos com os trabalhos já em andamento, sendo realizadas quatro coletas de fevereiro a maio de 2005. Na Figura 3, observa-se a localização dos pontos de coleta no reservatório de Peti.

Quadro 1 - Pontos de coleta de amostras de água no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti

Pontos	Locais de Amostragem
1	A montante do reservatório, localizado na calha do rio Santa Bárbara
2	Próximo à margem cujo uso preponderante do solo é pastagem
3	Próximo à margem cujo uso preponderante do solo é mata ciliar
4	Próximo à margem cujo uso preponderante do solo é plantio de eucalipto
5	Próximo à margem cujo uso preponderante do solo é agrícola
6	No meio do reservatório
7	Braço do reservatório cujo uso preponderante do solo é plantio de eucalipto
8	Braço do reservatório cujo uso preponderante do solo é floresta em regeneração

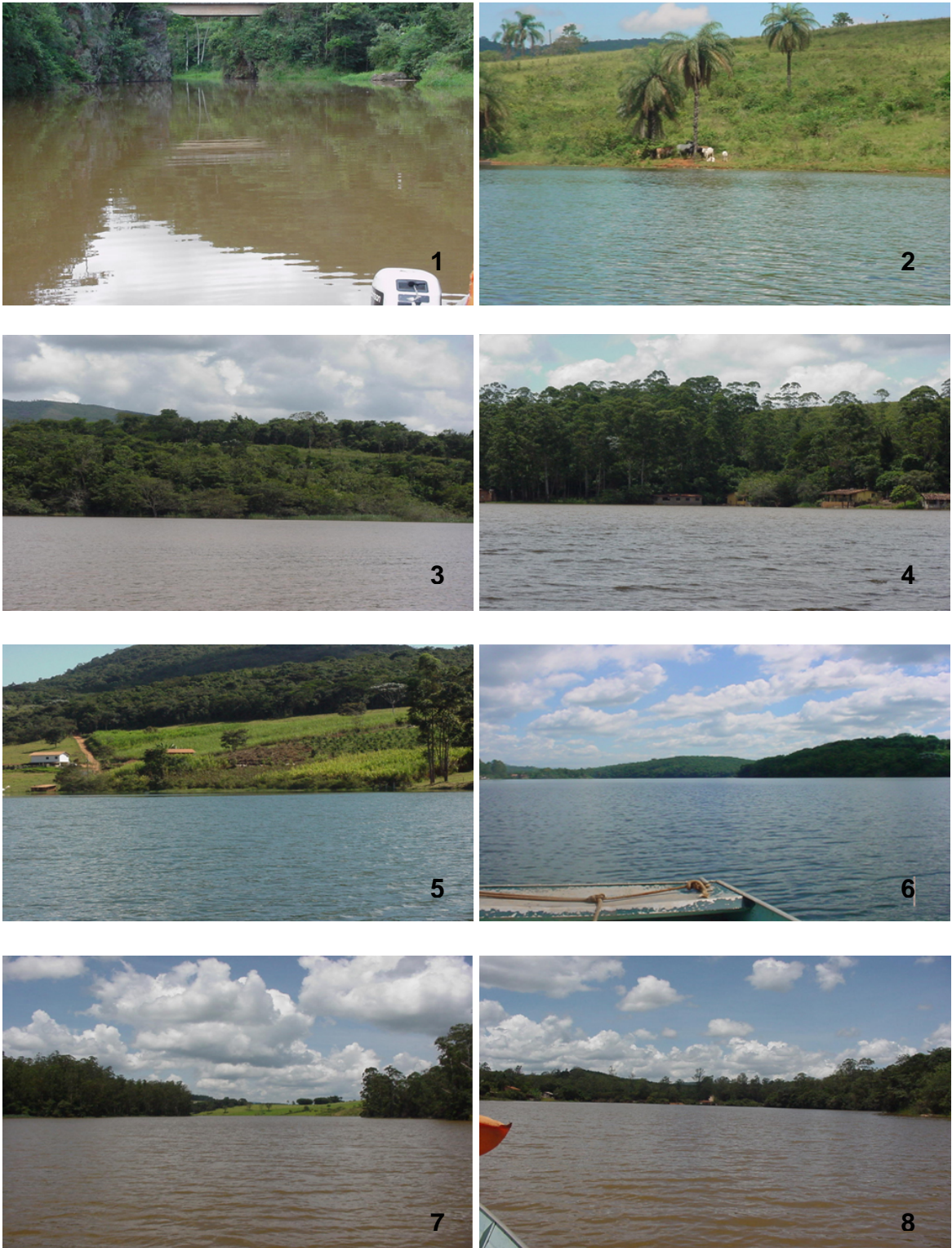


Figura 2 - Pontos de coleta no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

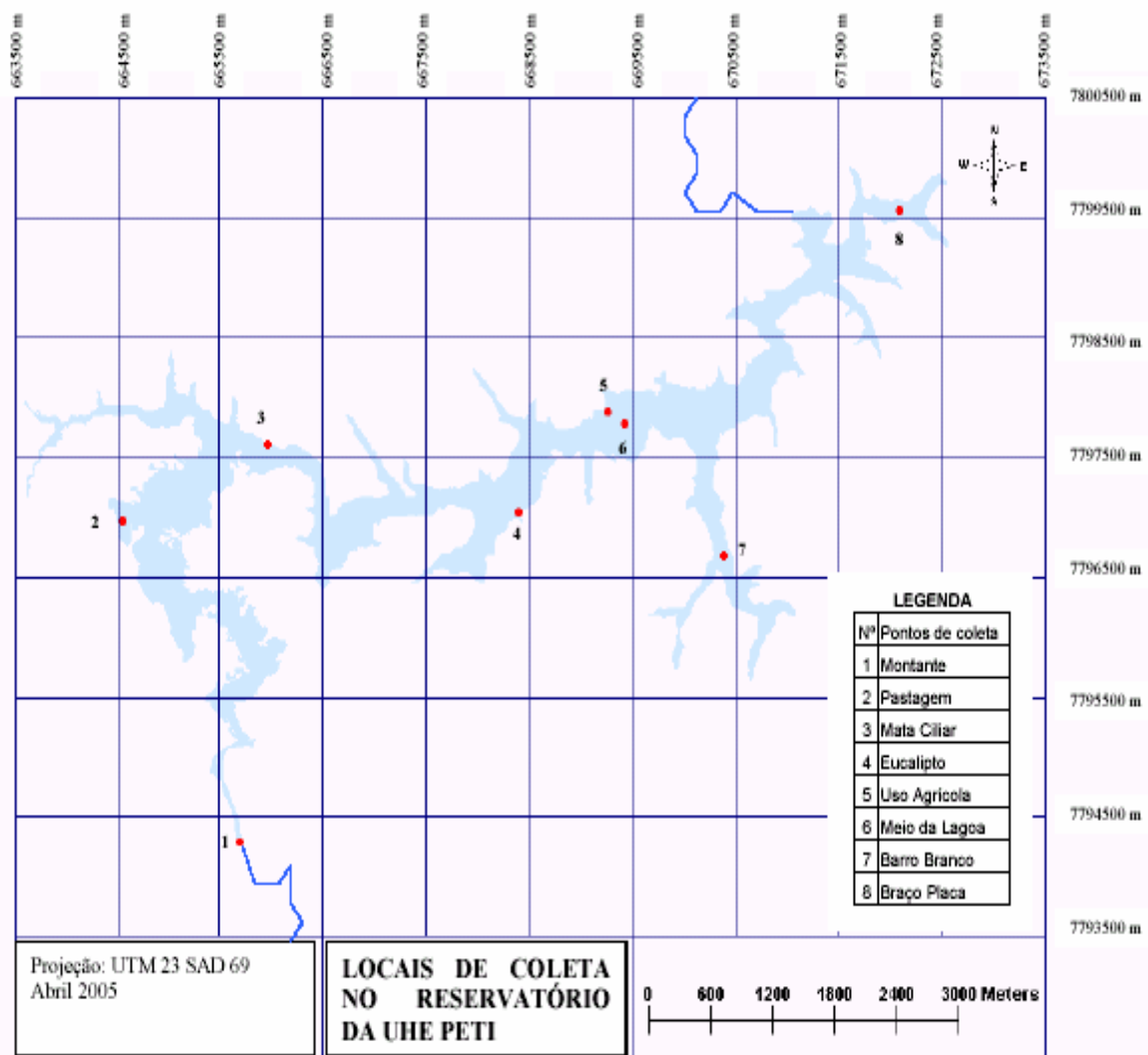


Figura 3 - Localização dos pontos de coleta de água no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.



A rotina de coleta, armazenamento e transporte de amostras de água seguiu as recomendações técnicas descritas em CETESB (1987).

Para as análises do perfil do reservatório, as coletas foram realizadas com o auxílio de um amostrador de profundidade, a 1 m da superfície, à profundidade média e no fundo do reservatório, em torno de 3 m de distância da margem. Essas profundidades variaram em função do nível do reservatório (Anexo 1).

### **3.2.2.2. Parâmetros analisados**

As águas do reservatório de Peti foram analisadas com base nos seguintes parâmetros: temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, transparência, turbidez, cor, sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis, sólidos totais em suspensão e sólidos sedimentáveis. Esses parâmetros foram selecionados com o intuito de aferir influência do aporte externo na qualidade da água. Adicionalmente, nos pontos de coleta 1, 6, 7 e 8, de fevereiro a maio de 2005, foram determinadas a DBO e a DQO; nos pontos 1 e 6, de fevereiro a abril de 2005, foram feitas as análises de ferro.

As variáveis transparência, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e pH foram determinadas *in situ*. A transparência foi medida com disco de Secchi de 30 cm de diâmetro. O oxigênio dissolvido e a temperatura foram medidos com sonda de profundidade acoplada a um oxímetro DM 04 Digimed. A condutividade elétrica foi determinada no aparelho DM 03 Digimed e o pH foi determinado no aparelho Lutron modelo pH 206.

Os demais parâmetros foram determinados no Laboratório de Controle de Qualidade da Água da Divisão de Água e Esgotos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), seguindo as especificações contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Para os parâmetros DBO, DQO e ferro, as análises foram determinadas por meio de amostras compostas das diferentes profundidades para cada ponto de coleta.



### **3.2.3. Análise dos dados**

O banco de dados com os resultados das análises de qualidade da água do reservatório de Peti foi dividido em época de estiagem e de chuva. Para isso, a CEMIG, através da Usina Hidrelétrica de Peti, disponibilizou dados referentes à precipitação pluviométrica e à variação do nível da água no reservatório no período de coleta de amostras. Os resultados de qualidade da água e possíveis associações com os usos e cobertura do solo foram discutidos em termos descritivos.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Precipitação pluviométrica e variação do nível do reservatório

No Quadro 2 e na Figura 4 encontram-se os dados de precipitação pluviométrica mensal durante o período de amostragem e do nível do reservatório nos dias de coleta de amostras de água.

A partir desses dados foram definidas as estações de estiagem e a chuvosa, sendo setembro e outubro de 2004 e abril e maio de 2005 os meses de menor precipitação, e novembro e dezembro de 2004 e janeiro, fevereiro e março de 2005 os meses de maior precipitação. No período de estiagem, o nível do reservatório esteve próximo da cota máxima de 712,12 m; de novembro a março as comportas foram abertas, para contenção de cheias.

Quadro 2 - Precipitação pluviométrica e variação do nível da água no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, no período de coleta de dados

Meses	Precipitação (mm)	Nível do Reservatório (m)
Setembro	0	711,55
Outubro	56,1	709,87
Novembro	176,7	707,5
Dezembro	343,1	707,35
Janeiro	196,0	707,37
Fevereiro	171,4	707,32
Março	385,4	711,92
Abril	24,3	712,01
Maio	39,9	711,58

Fonte: CEMIG (2005)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Informações obtidas através da Usina Hidrelétrica de Peti.

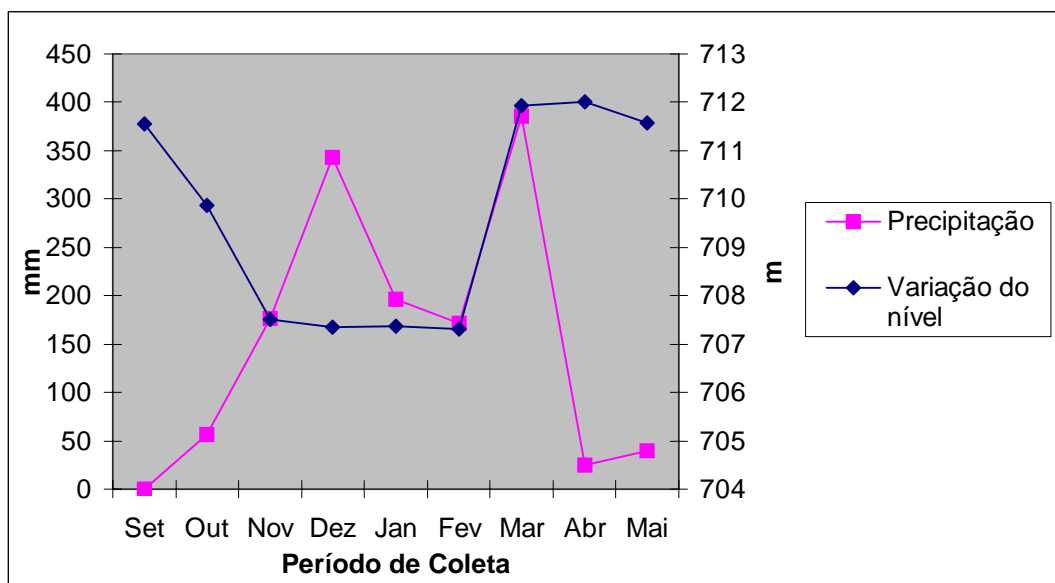


Figura 4 - Precipitação pluviométrica e variação do nível da água no período de setembro de 2004 a maio de 2005, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

#### 4.2 Caracterização do uso e da cobertura do solo no entorno do reservatório de Peti

As classes de uso e cobertura do solo encontradas no entorno do reservatório de Peti foram mata nativa, plantio de eucalipto, uso agrícola, pastagem, solo exposto e área urbana (Quadro 3).

Quadro 3 - Classes de uso e cobertura do solo na bacia do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti

Local	Classes de Uso e Cobertura do Solo (ha)					
	Mata	Eucalipto	Uso Agrícola	Pastagem	Solo Exposto	Área Urbana
Dentro do Buffer (100m)	403	63	8	96	8	-
Toda bacia	3.569	2.174	17	1.386	330	152
% da bacia	46,79	28,50	0,23	18,17	4,32	1,99

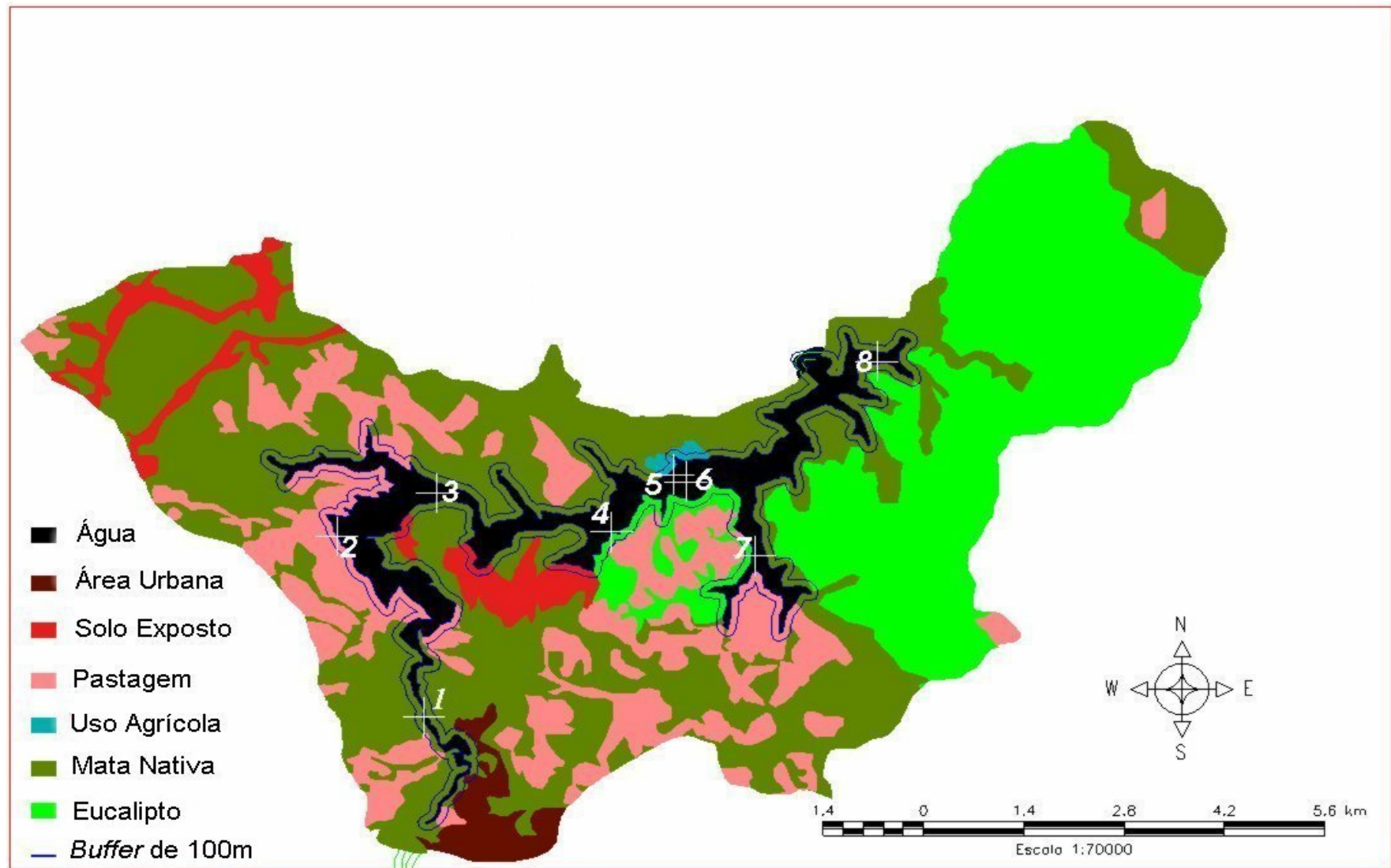


Figura 5 - Mapa da bacia hidrográfica do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti com os diferentes usos do solo.

Na Figura 5 observam-se as classes de uso e cobertura do solo no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, tanto na faixa de 100 m, considerada pela legislação vigente área de preservação permanente, como na área delimitada pelo divisor topográfico. Observam-se ainda no mapa a localização dos pontos de coleta de amostras de água no reservatório e o uso e a cobertura que os influencia. O ponto 1 no início da formação do reservatório está bem preservado por mata, o ponto 2 situa-se próximo à área de pastagem, o ponto 3 localiza-se em área de mata, o ponto 4 está situado em área de eucalipto, o ponto 5 está próximo à área de uso agrícola, o ponto 6 situa-se no meio do reservatório, o ponto 7 localiza-se em braço com diferentes usos de eucalipto, pastagem e mata e o ponto 8, situado em outro braço do reservatório, recebe influência de mata e plantio de eucalipto.

A área total da bacia do reservatório delimitada pelo divisor topográfico é de 7.629 ha e, em grande parte (cerca de 47%), está preservada por mata, podendo ser cerrado ou Floresta Estacional Subtropical. Os demais usos exploratórios (plantio de eucalipto, uso agrícola, pastagem), o solo exposto e a área urbana do município de Santa Bárbara somam aproximadamente 53% da área da bacia do entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti. A ocupação pelas diferentes classes de uso e cobertura do solo no entorno do reservatório podem influenciar a qualidade da água, pois usos como pastagem, agricultura, solo exposto e a zona urbana podem carrear partículas de solos, nutrientes e poluição no escoamento superficial, deteriorando a qualidade da água. Na estação chuvosa foram observados maiores teores de turbidez, cor, sólidos totais e sólidos totais em suspensão na entrada do reservatório, indicando a influência do uso do solo na bacia do reservatório de Peti.

### **4.3. Qualidade da água do reservatório**

Ao considerar a localização de todos os pontos de coleta, percebe-se que alguns seguem um eixo longitudinal no reservatório (montante para jusante) e outros estão situados em braços do reservatório. A discussão é então dividida entre os pontos 1, 3, 4, 5 e 6 (do início para o meio do reservatório), seqüência onde pode prevalecer a dinâmica própria do reservatório, e os pontos dos braços dos reservatórios (2, 7 e 8), onde possivelmente a influência das margens possa ser mais nítida.

Para orientar a discussão, os dados são inicialmente apresentados em gráficos, em termos de médias por ponto de amostragem e por profundidade ao longo de todo o período de monitoramento. A seguir são reorganizados em termos de estatística descritiva (gráficos Box plot) por ponto de coleta, nas três profundidades e por período de estiagem e chuvas.

Deve-se mencionar que ocorreram problemas relativos à amostragem: problemas com o equipamento não permitiram a obtenção de dados de condutividade elétrica nos meses de fevereiro e março; no mês de dezembro não foi possível coletar nas profundidades média e funda do ponto 2, e em janeiro não foi possível coletar nas profundidades média e funda dos pontos 2 e 3, e funda nos pontos 4 e 5, pelo fato de nesse período o nível do reservatório estar mais baixo e as coletas terem sido feitas próximas às margens (cerca de 3 m de distância da margem) .

#### **4.3.1 Análise por ponto de coleta – série temporal**

- **Pontos de coleta: 1, 3, 4, 5 e 6**

A temperatura variou ao longo do ano de acordo com um padrão bastante uniforme em todos os pontos: queda de temperatura de setembro a novembro (estiagem, primavera e reservatório mais cheio), incremento a partir de dezembro até fevereiro (chuvas, verão e esvaziamento do reservatório) e novamente declínio a partir de março (outono e início do enchimento de reservatório). As maiores diferenças entre as profundidades foram verificadas nos meses de setembro, outubro, abril e maio (época de estiagem e quando o reservatório estava cheio),

como pode ser visto na Figura 6. Arcova et al. (1998) encontraram valores de temperatura da água abaixo de 20°C em microbacias situadas no domínio de Mata Atlântica, pois a vegetação que acompanha a zona ripária dessas microbacias proporciona sombreamento. No entanto, neste estudo as temperaturas médias estiveram sempre acima de 21°C, fenômeno típico da capacidade de retenção de calor de massas d'água represadas.

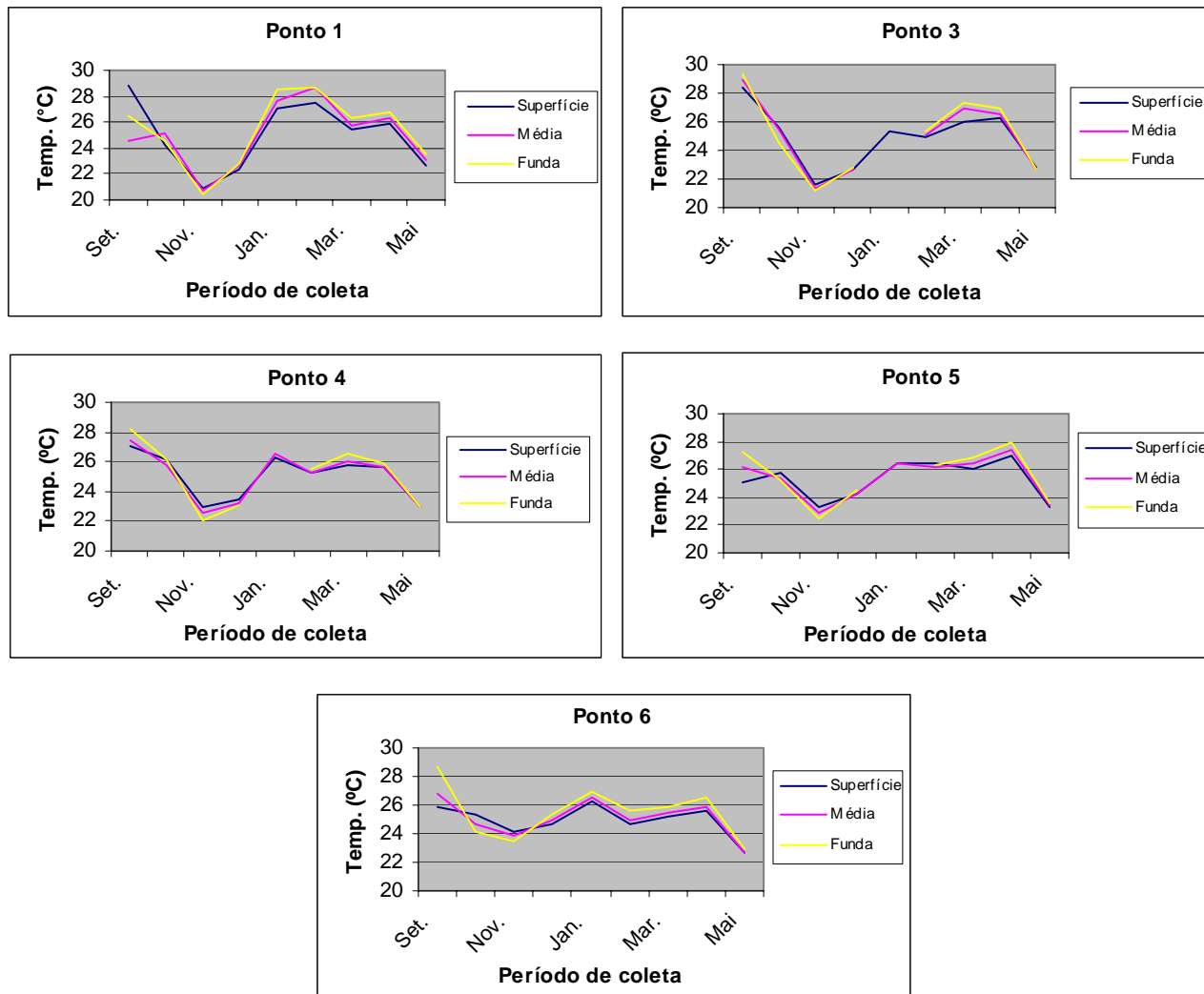


Figura 6 - Valores de temperatura nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.



O oxigênio dissolvido apresentou variações sazonais bem marcadas entre os períodos de estiagem e de chuvas. Na estiagem as concentrações de OD são mais elevadas, com valores médios na superfície próximos ou acima de 10 mg/L (supersaturação). No período chuvoso, mesmo à superfície, o OD chega a cair até 4 - 6 mg/L (Figura 7).

De acordo com Martins & Sperling (1997), a queda cada vez mais acentuada de oxigênio, à medida em que se vai da superfície para o fundo do reservatório, se deve ao crescente consumo na mineralização de detritos da biomassa algal morta decantante. Outros fatores concorrem para a queda de OD no perfil de profundidade, tal como a penetração de luz solar e a tendência à concentração das algas à superfície. Naturalmente, as maiores diferenças entre as profundidades foram observadas na época de estiagem, quando o reservatório estava mais profundo, e nos pontos mais ao interior do reservatório.

Cota et al. (2004) analisaram três microbacias com os diferentes usos do solo: floresta nativa, *Eucalyptus grandis* e pastagem na região do Vale do Aço e não encontraram diferenças significativas entre os teores de oxigênio dissolvido nas três áreas. Arcova & Cicco (1999) estudaram a influência de duas microbacias florestadas e duas com uso agrícola na qualidade das respectivas águas; apenas em uma microbacia com uso agrícola foram observados baixos valores de oxigênio dissolvido. Arcova et al. (1998) encontraram teores de oxigênio dissolvido entre 6,0 e 11,8 mg/L em três microbacias recobertas por Mata Atlântica.

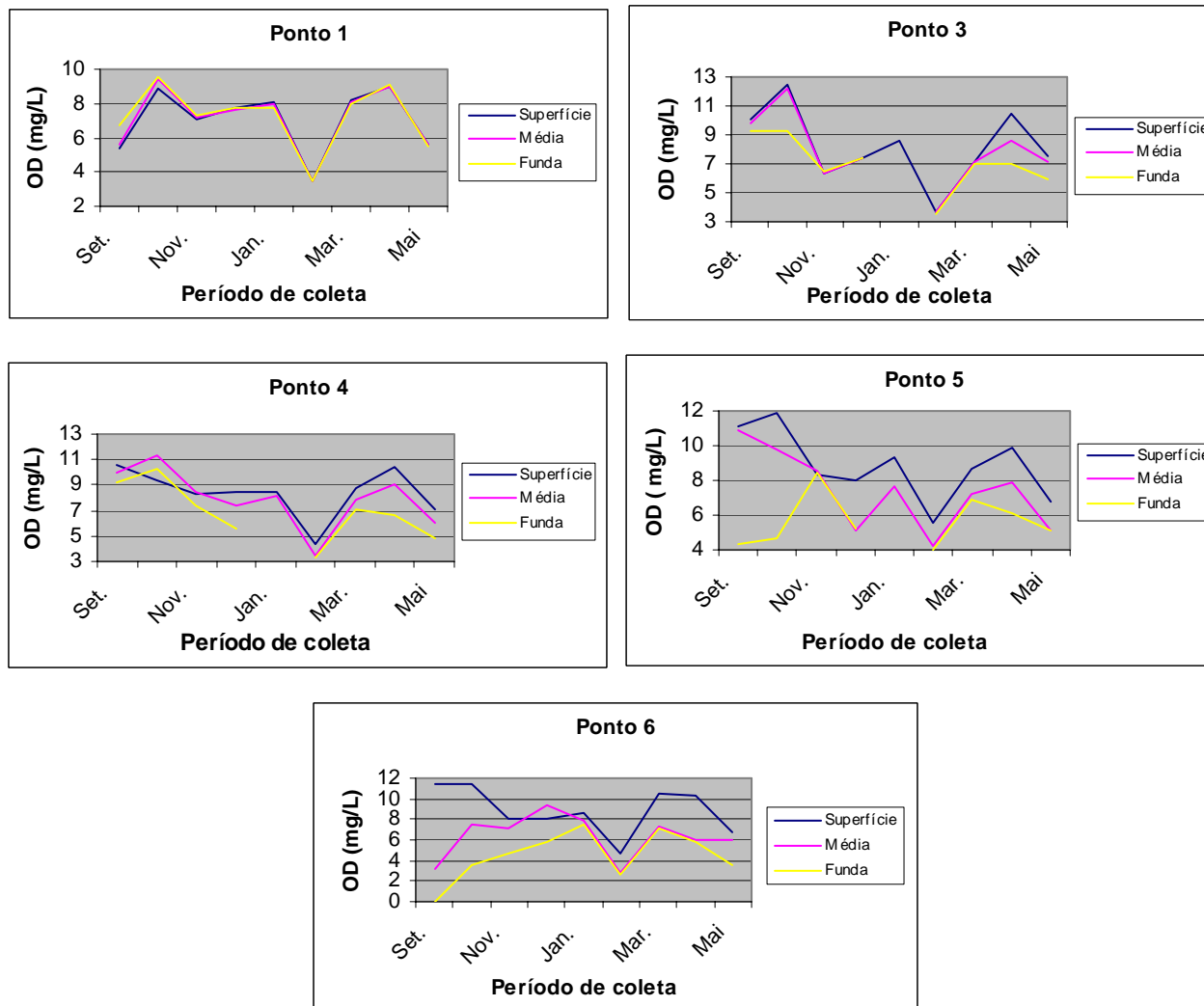


Figura 7 - Valores de OD nos pontos de 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

O mesmo padrão sazonal é verificado para a condutividade elétrica. No afluente ao reservatório (ponto 1) é verificada a maior amplitude de variação, entretanto, acomodada no reservatório. Neste parâmetro, a diferença entre as profundidades comparada à da sazonalidade não foi tão nítida. Na estiagem e nas chuvas a CE no reservatório varia, respectiva e aproximadamente, de 40-50  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e 50-60  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Figura 8). No reservatório de São Simão a homogeneidade na estrutura vertical da coluna d'água, em relação a este parâmetro, também foi observada (PINTO-COELHO et al., 2004).

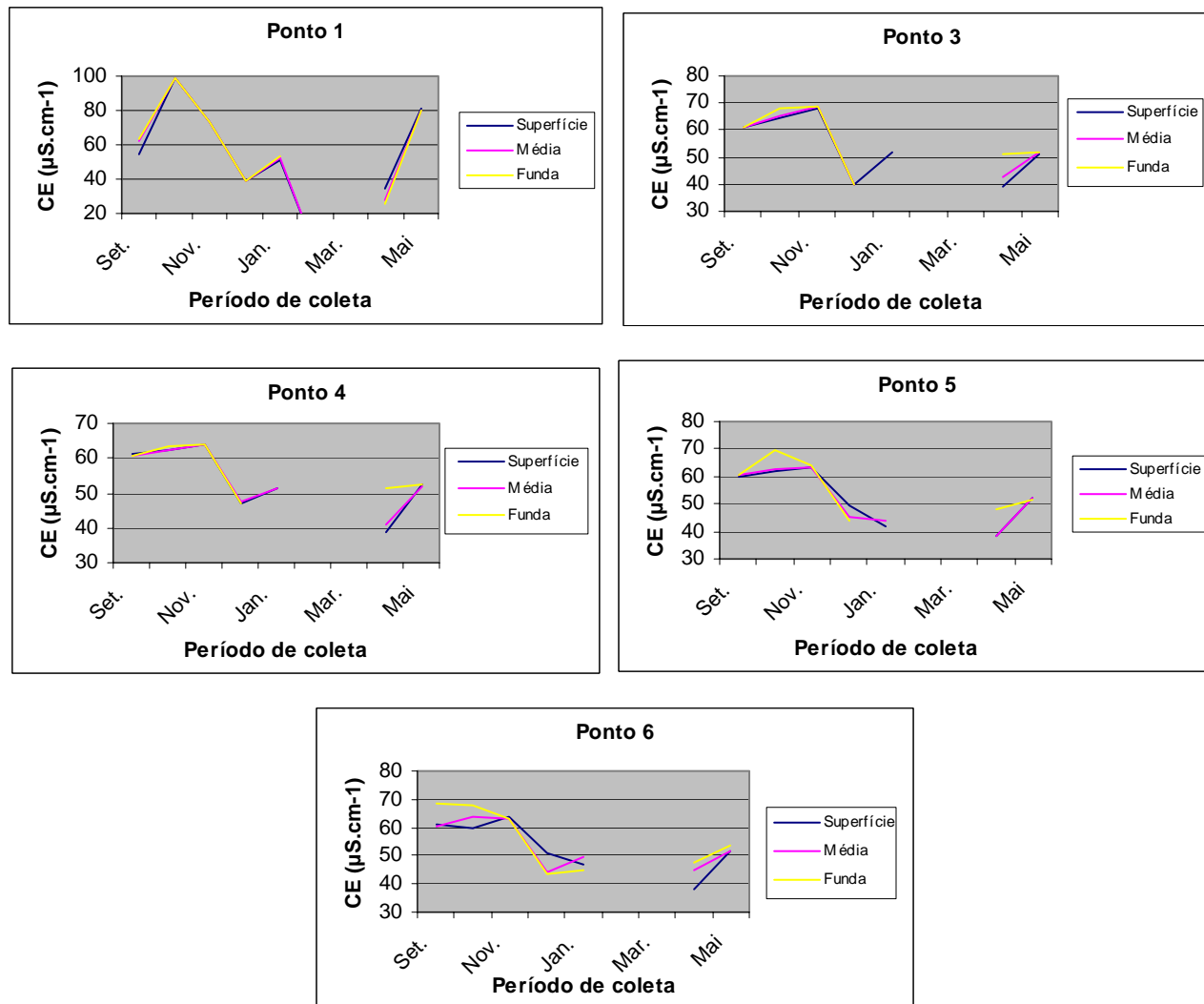


Figura 8 – Valores de CE nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Salvo raras exceções, os valores de pH oscilaram acima de 7 em todo o período de coleta e nas três profundidades. Observa-se tendência de elevação do pH nos períodos de chuvas, o que em tese pode aumentar o aporte de nutrientes. A variação entre as profundidades não foi tão nítida perante a sazonalidade, porém, naturalmente, é um pouco maior nos períodos em que o reservatório estava mais cheio e nos pontos mais ao interior do reservatório. Observa-se ainda que a mais ampla variação no afluente (ponto 1) é bem absorvida no reservatório (Figura 9). Cota et al. (2004) verificaram que os cursos d'água que drenam bacias com eucalipto (pH 5 a 7,2) e mata (pH 4,5 a 7,7) tendem a ser mais ácidos que os de cobertura de pastagem (6,7 a 8,1).

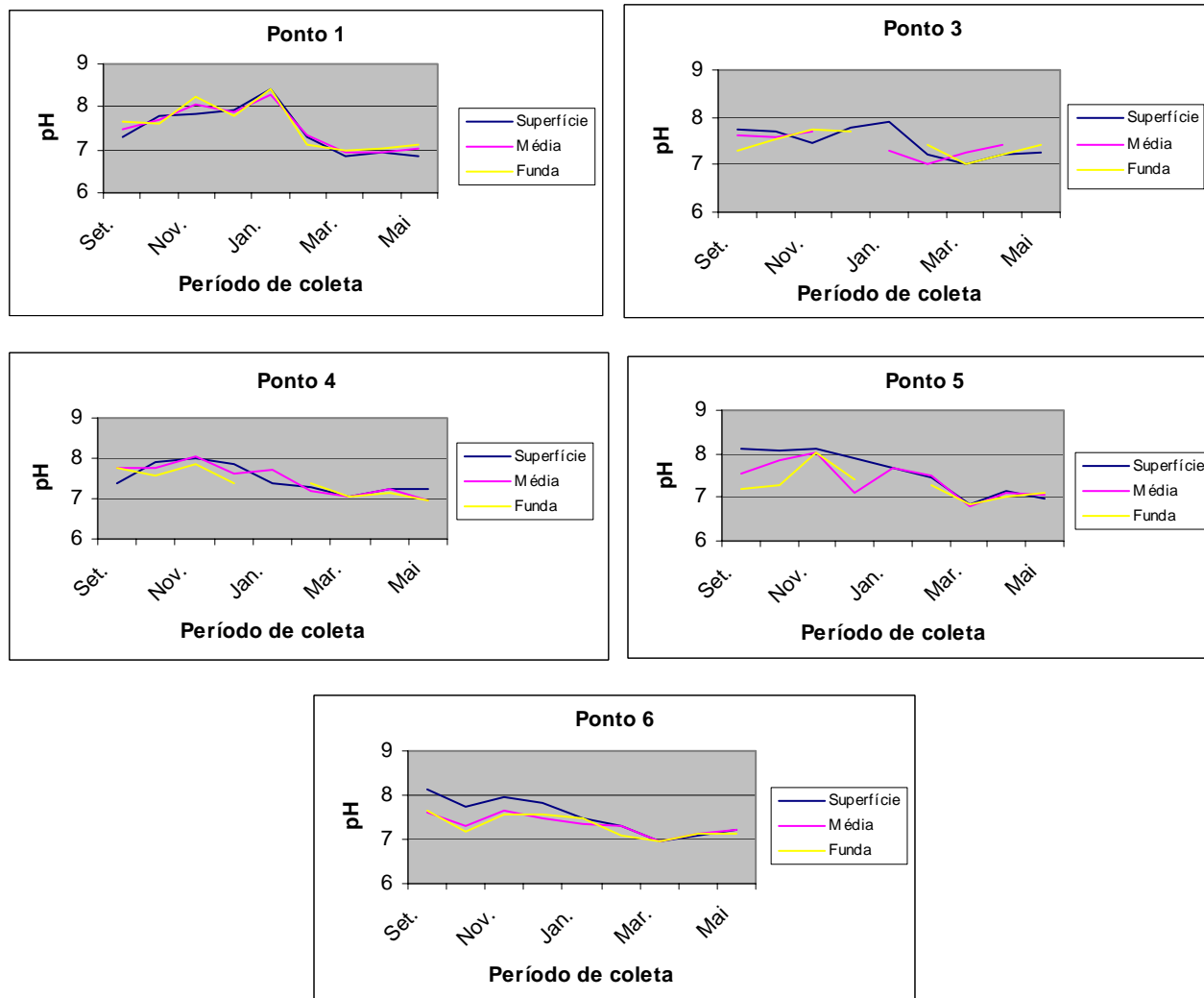


Figura 9 - Valores de pH nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

A turbidez demonstra, com maior nitidez, os impactos da estação chuvosa. Mais uma vez, as diferenças entre profundidades são mais visíveis com o reservatório mais profundo – época de estiagem e pontos mais a jusante. Verifica-se facilmente que as mais amplas variações e os mais elevados picos de turbidez são bem amortecidos no reservatório por efeito de sedimentação. Por exemplo, o pico médio máximo afluente nas chuvas foi de, aproximadamente, 200 uT; no reservatório, oscilaram entre 50 e 80 uT (Figura 10). Entretanto, há de se lembrar que a turbidez inclui também partículas em suspensão não-sedimentáveis, inclusive algas, e substâncias em solução, por exemplo ferro.

Na pesquisa de Arcova & Cicco (1999) foram encontrados valores de turbidez superiores nas microbacias com uso agrícola do que nas florestadas com mata; Arcova et al. (1993) encontraram em bacia hidrográfica recoberta por floresta de Mata Atlântica teores entre 0,15 e 4,9 uT, indicando a boa proteção da floresta contra a erosão do solo.

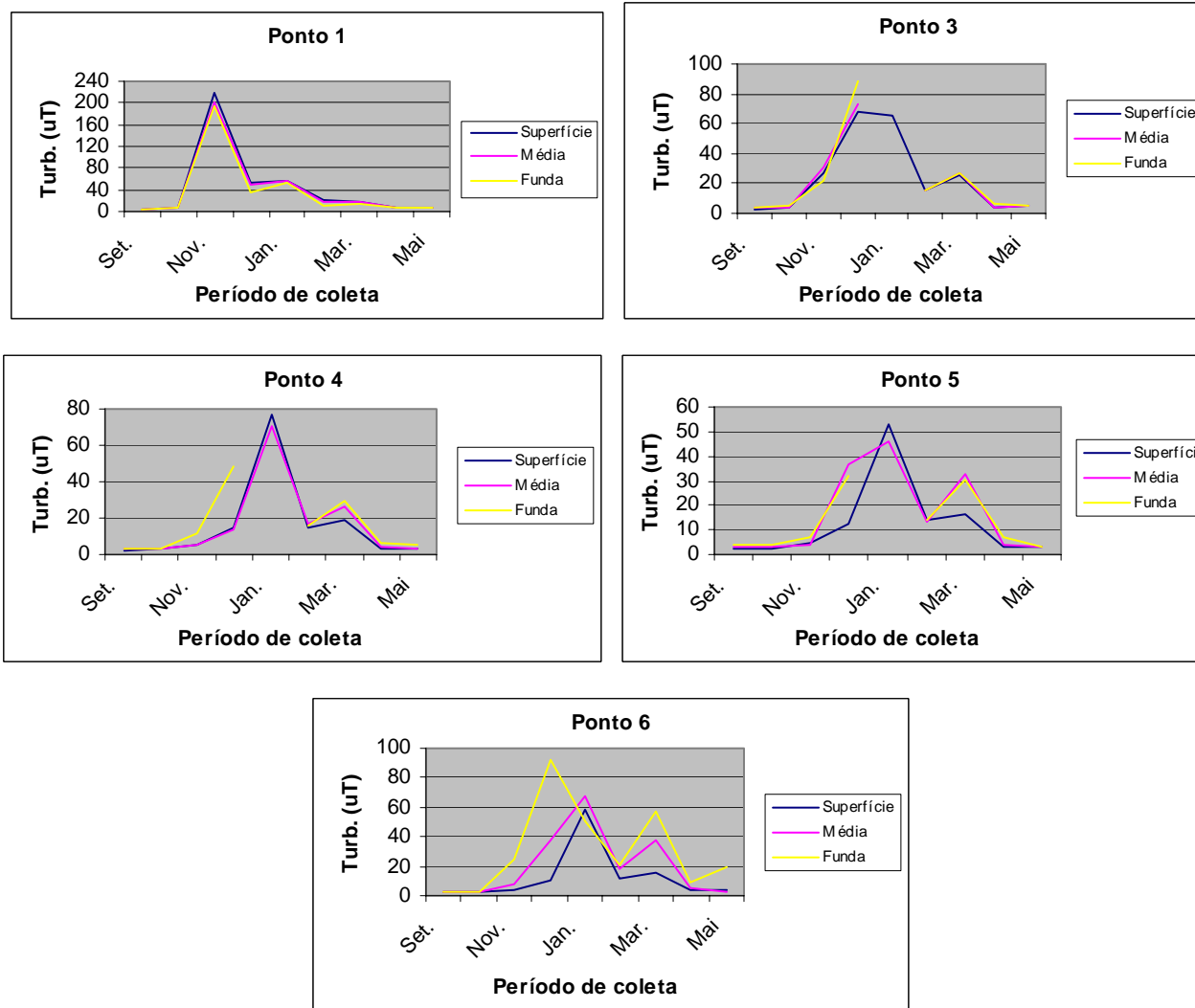


Figura 10 – Valores de turbidez nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.



Em relação à cor, destacam-se também as amplas variações entre os períodos de estiagem e chuvas. No reservatório, a amplitude de variação chega a ser maior que no afluente: período de estiagem - 20 uC a 35 uC e período de chuvas - 25 uC a 400 uC. É preciso lembrar que cor pode ser produzida em um reservatório por deterioração da matéria orgânica, introduzida ou de biomassa algal; deve-se também lembrar que tendo sido medida a cor aparente, os resultados têm a influência da turbidez (Figura 11).

No trabalho de Arcova & Cicco (1999), as microbacias com uso agrícola apresentaram valores maiores de cor aparente do que as com mata. Arcova et al. (2002) encontraram no rio Paraibuna valores máximos de 250 uC, cujo solo é protegido por floresta natural remanescente e áreas restritas com pastagens pouco utilizadas, e no rio Paraitinga, onde predominam pastagens desprovidas de práticas de conservação do solo e intensamente pisoteadas, o valor encontrado foi de 500 uC. Já Takino et al. (1984) encontraram valores de 420 uC no rio Casquilho, cuja bacia se encontra preservada pelo Parque Estadual de Campos de Jordão.

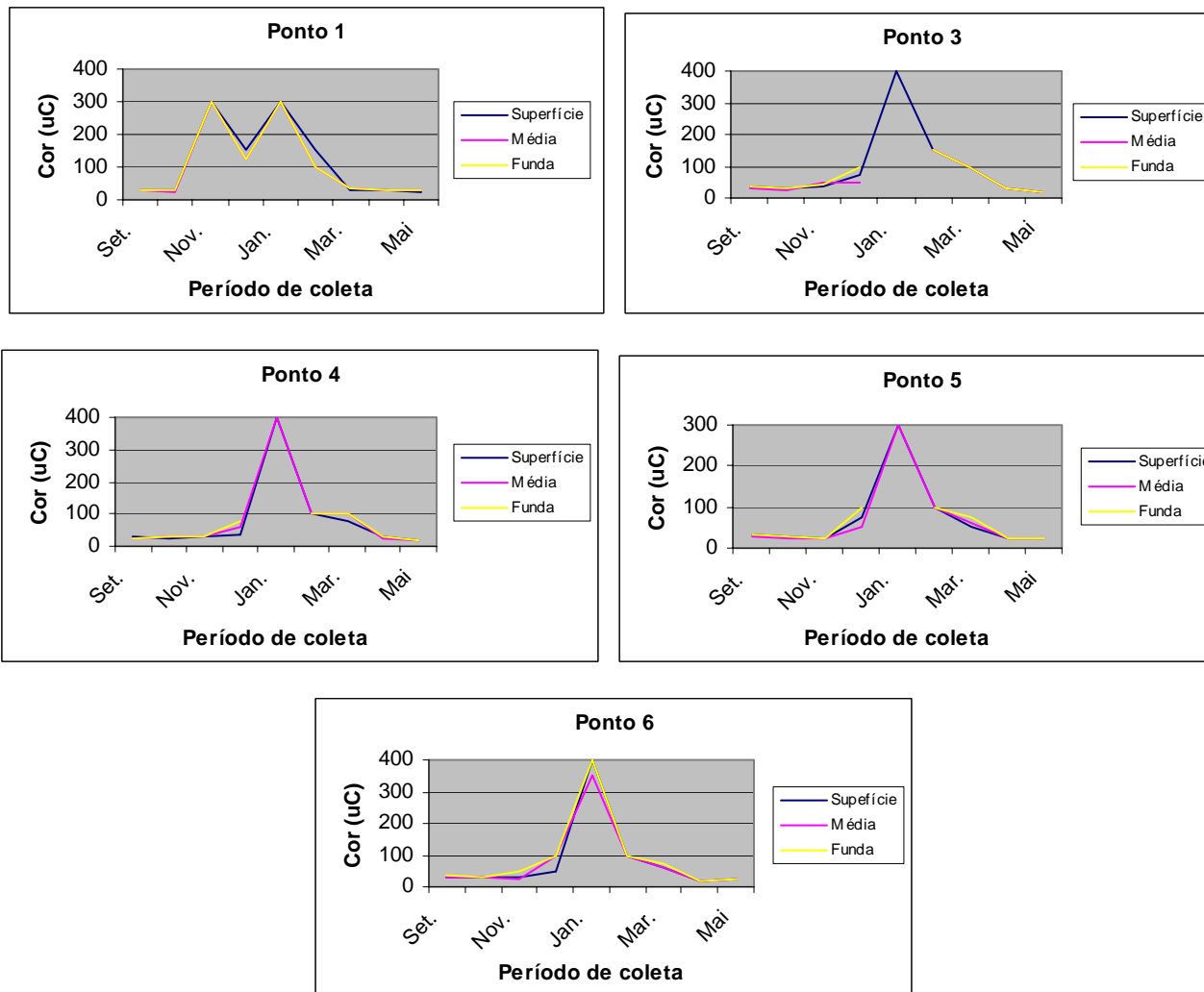


Figura 11 – Valores de cor nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Transparência, cor e turbidez são parâmetros intimamente relacionados. Coerentemente, a transparência do reservatório de Peti variou sazonalmente, apresentando redução no período chuvoso, que em muitos pontos chegou a 0,5 m; e no período de estiagem chegou a 1,5 m. Resultado semelhante foi observado no reservatório de São Simão (PINTO COELHO et al., 2004).

Os sólidos totais (Figura 12) também apresentaram amplas variações sazonais, porém, ao contrário da maioria dos demais parâmetros analisados, os picos médios mais elevados se dão no período de estiagem. Branco (1999) ressaltou que todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, que podem ser classificados pelas suas características físicas (suspensos e dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos). Cabe também destacar que os ST podem ser produzidos em um reservatório, seja por decomposição da matéria orgânica, seja pela proliferação de algas.

Poleto & Carvalho (2004) encontraram valores altos de sólidos totais em torno de 700 mg/L na microbacia do córrego do Ipê, em São Paulo, na época chuvosa. No entorno dessa microbacia há solo exposto e monoculturas, sendo observado carreamento de partículas em época chuvosa no curso d'água. Entretanto, em princípio, no reservatório de Peti, em que pesem alguns indícios de aporte externo na época de chuvas, as maiores variações parecem ser autóctones, na época em que o reservatório encontra-se mais cheio. De forma coerente, as maiores variações entre profundidades são observadas nos pontos onde o reservatório é mais profundo.

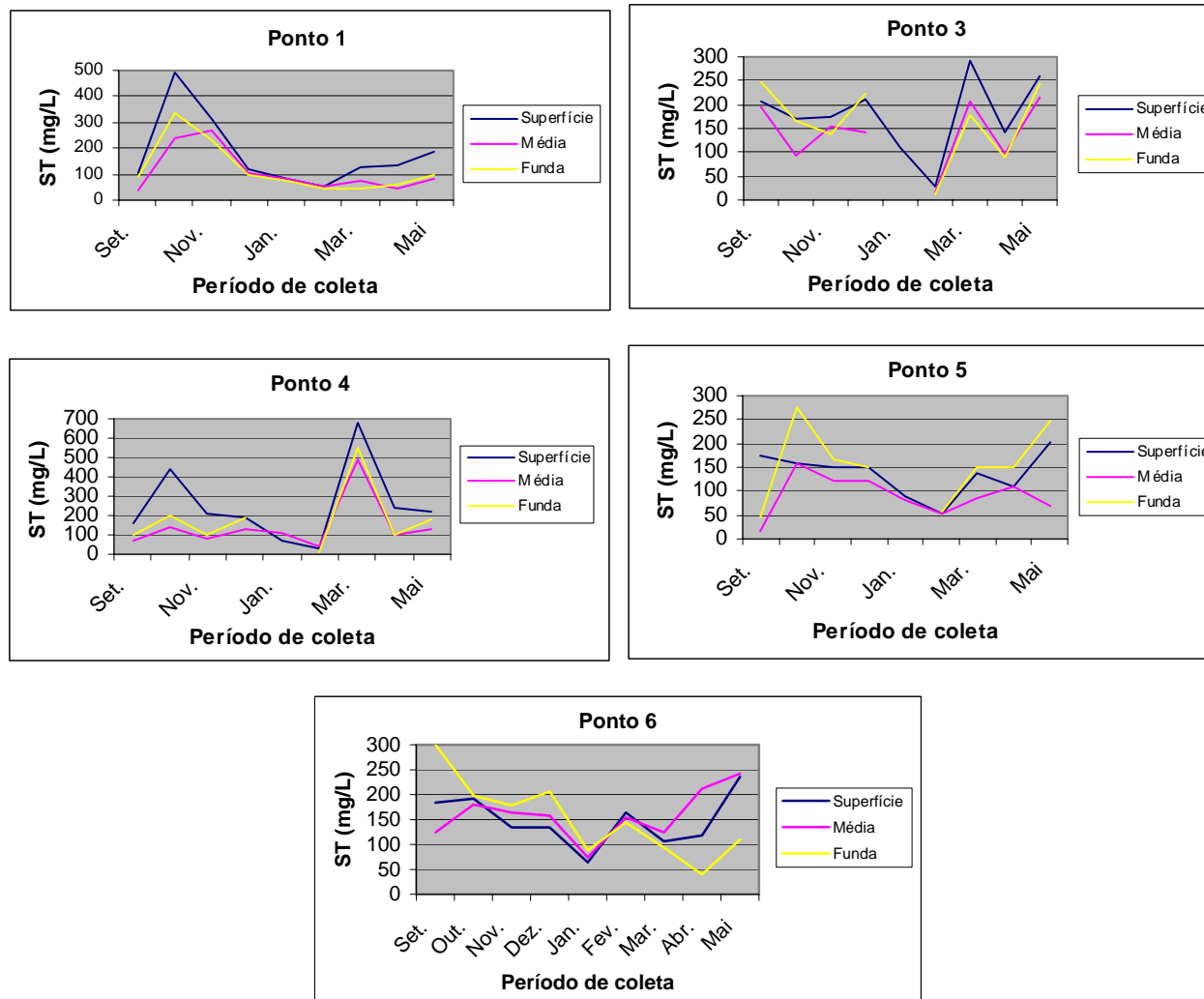


Figura 12 – Valores de ST nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

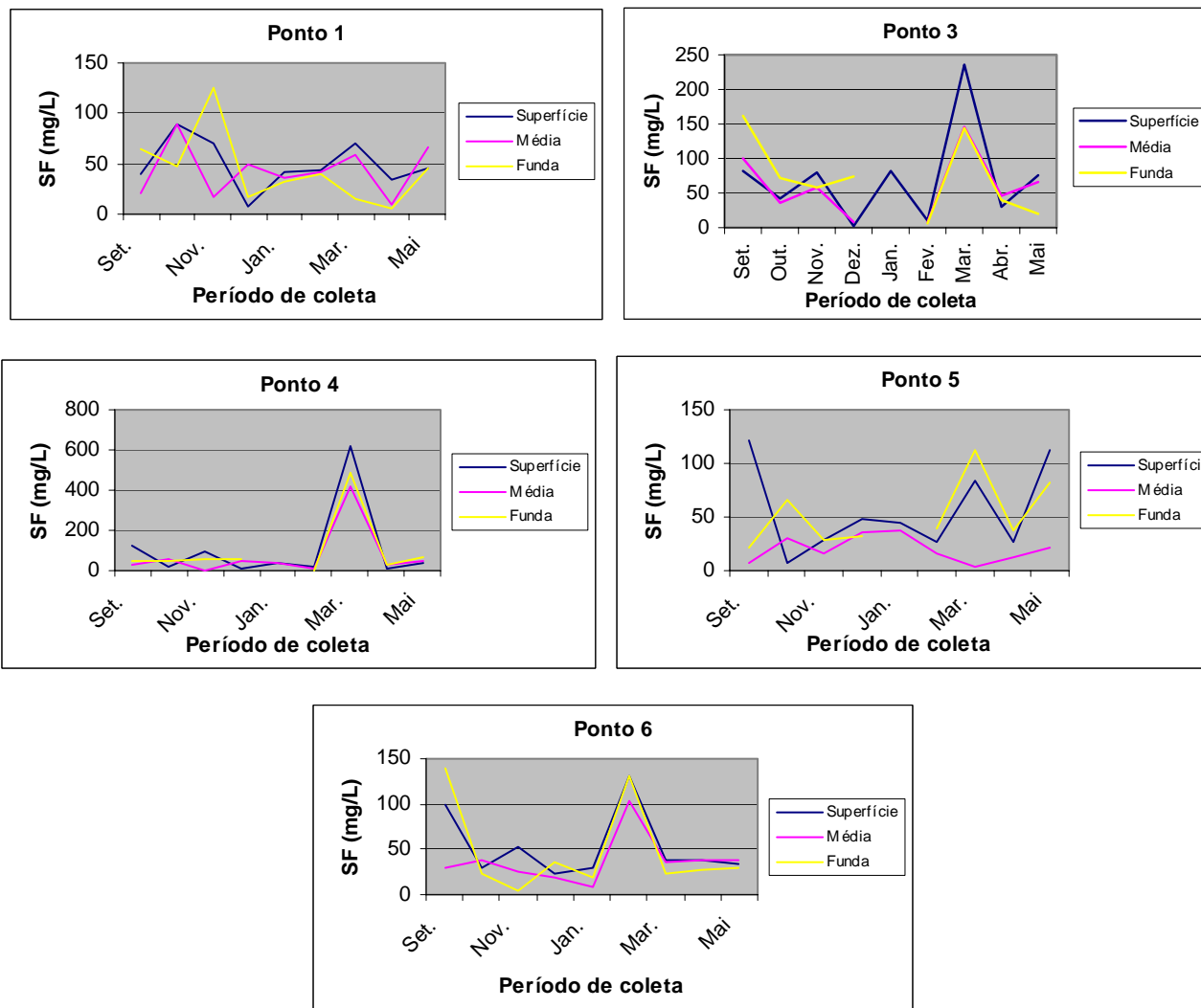


Figura 13 – Valores de SF nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Como componente dos ST, os sólidos totais fixos (SF) (fração inorgânica) apresentam incrementos mais concentrados na época de chuvas, o que, neste caso, pode ser indício de aporte externo por escoamento superficial (com destaque para o ponto 4, margeado por eucalipto), como observado na Figura 13.

Em contrapartida, as variações de sólidos totais voláteis (SV) (fração orgânica) parecem melhor espelhar as de ST, reforçando a hipótese da proliferação algal com o reservatório mais cheio, apesar das temperaturas mais baixas (estiagem) (Figura 14).

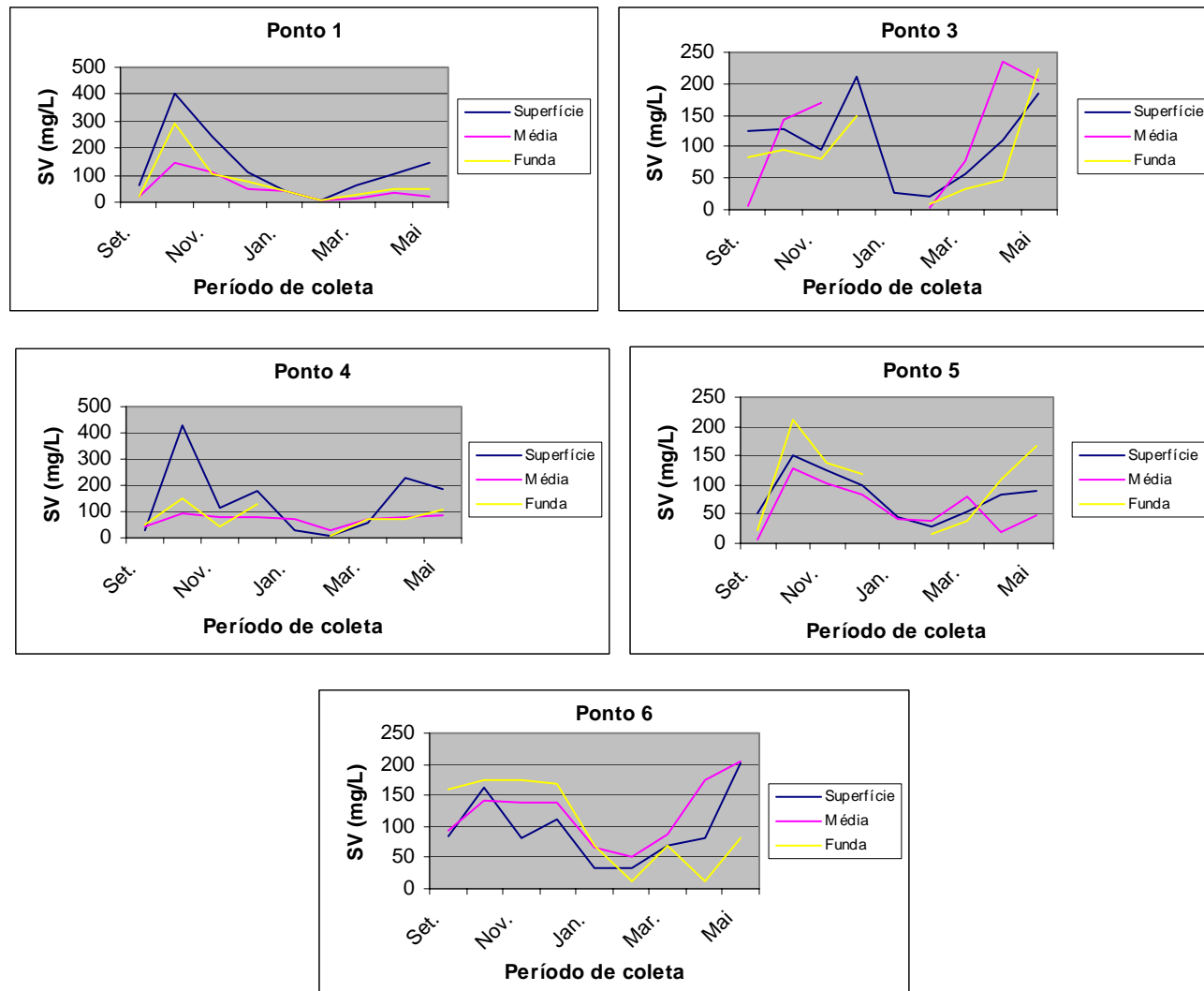


Figura 14 – Valores de SV nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Assim como a turbidez, os dados de sólidos em suspensão (SS) demonstram os impactos da estação chuvosa e da sedimentação no reservatório. Por exemplo, o pico médio máximo de afluentes nas chuvas foi de, aproximadamente, 150 mg/L; no reservatório oscilaram entre 60 e 80 mg/L, logo nos primeiros pontos de coleta, e entre 10 e 15 mg/L mais no interior do reservatório. Como os SS incluem as algas, naturalmente nesses últimos pontos registram-se as variações mais amplas entre as profundidades (Figura 15). Pinto-Coelho et al. (2004) encontraram valores muito maiores de SS na época chuvosa do que na estiagem no reservatório de São Simão, que é influenciado por atividades agrícolas e pecuárias na bacia de drenagem.

Algo bem similar ao constatado para os SS pode ser observado para os sólidos sedimentáveis (Sd) (Figura 16).

Em síntese, a avaliação da qualidade da água é um processo de análise da natureza física, química e da biota em relação à qualidade natural, aos efeitos humanos e dos usos comprometidos que possam afetar a saúde humana e do sistema aquático. A eficácia dessa tentativa de medir a qualidade da água muitas vezes não corresponde à expectativa, pois a natureza apresenta uma capacidade de resposta que nem sempre pode ser numericamente controlada (RAJAR, 1997).



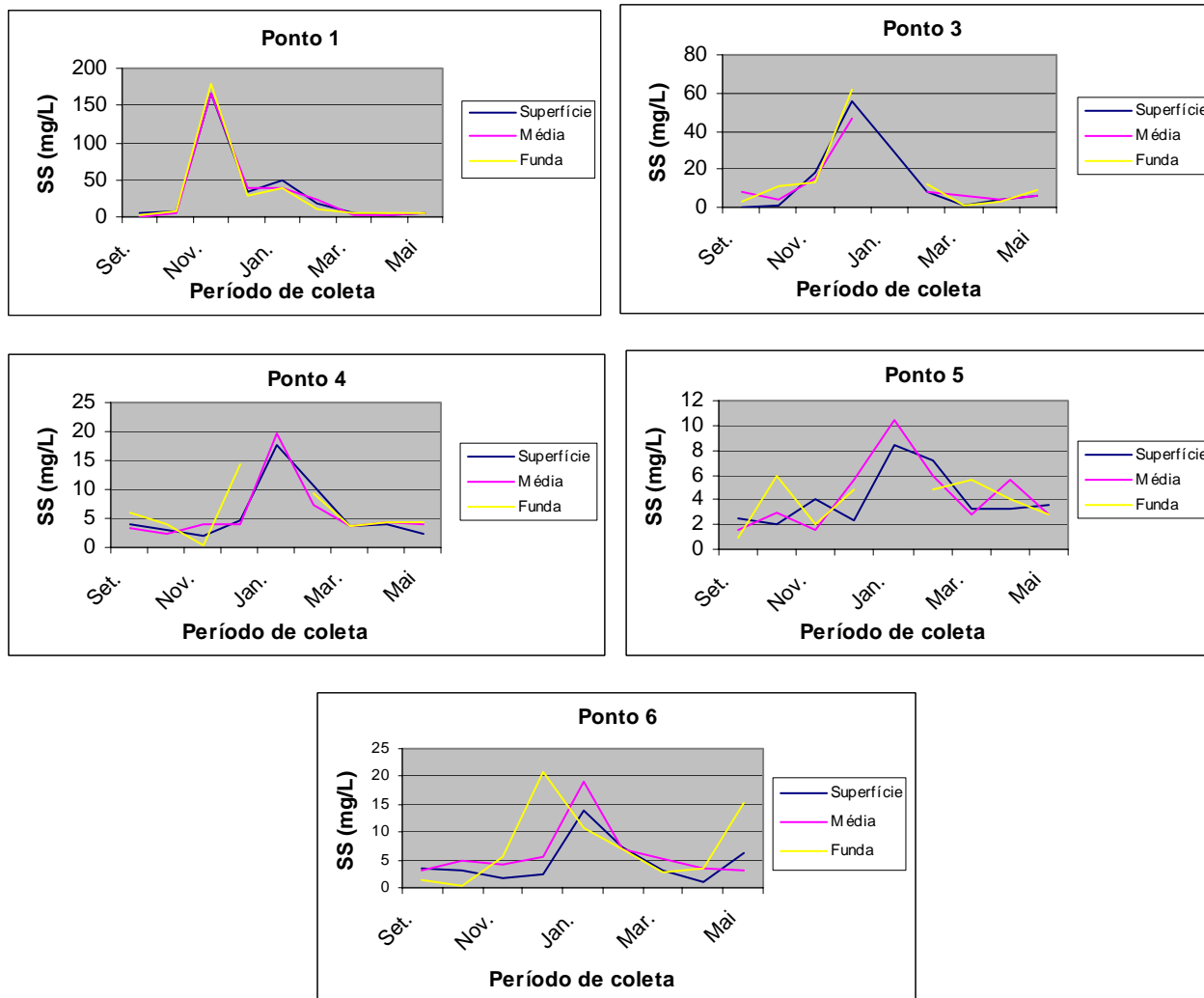


Figura 15 – Valores de SS nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

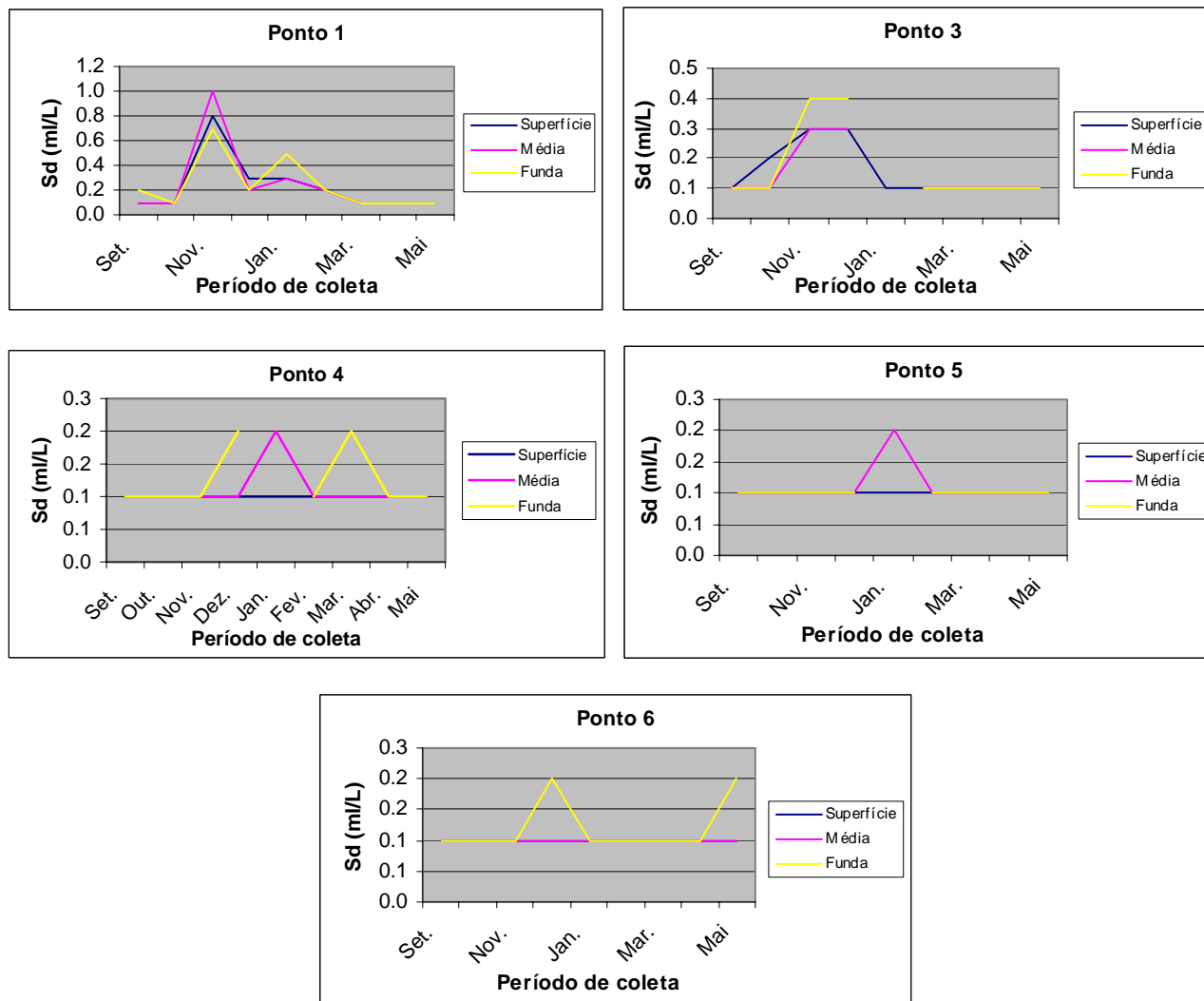


Figura 16 – Valores de Sd nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 nas três profundidades no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

- **Pontos de coleta 2, 7 e 8**

Os pontos 2, 7 e 8 caracterizam-se por estar situados em ambientes mais fechados do reservatório de Peti. O primeiro está mais próximo do início do reservatório, num ambiente reduzido similar a um remanso; os pontos 7 e 8 são braços próximos à barragem e neles foram coletadas amostras de fevereiro a maio de 2005.

A fim de evitar discussões muito repetitivas, as análises relativas a esses pontos estão apresentadas somente no item 4.3.2.

#### **4.3.2. Análise por profundidade de coleta e variação sazonal - estiagem x chuva – do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti**

- **Temperatura do reservatório de Peti**

Quadro 4 - Temperatura da água nos pontos de coleta nos dias amostrados no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti

Pontos de Coleta	Superfície			Profundidade Média			Profundidade Funda		
	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)
1	20,7	24,6	28,8	20,7	25,3	28,7	20,5	25,4	28,7
2	21,6	24,5	26,9	21,7	24,7	27,6	21,3	25,3	28,1
3	21,6	24,8	28,4	21,4	25	28,9	21,2	25	29,3
4	22,9	25	27,1	22,6	25	27,5	22	25,1	28,2
5	23,3	25,3	27	22,9	25,4	27,4	22,5	25,5	27,9
6	22,7	25	26,3	22,7	25,1	26,8	22,9	25,5	28,7
7	22,5	24,8	26,6	22,5	25	27,2	22,6	25,3	27,8
8	22,3	25,6	28,6	22,2	25,8	29,2	22,2	26,4	30,1

Não foram observadas diferenças no perfil de profundidade que pudessem caracterizar estratificação térmica.

### 4.3.2.1. Superfície

- Pontos de coleta 1, 3, 4, 5 e 6

A concentração de oxigênio dissolvido na superfície do reservatório foi nitidamente superior no período de estiagem, quando o reservatório estava mais cheio, do que no período chuvoso. Na época de estiagem, a mediana ficou próxima ou acima de 10 mg/L para a maioria dos pontos de coleta, exceto no ponto 1 (7,2 mg/L), com mínimo de 5,3 mg/L neste ponto e máximo de 12,4 mg/L no ponto 3. Na época de chuvas as medianas estiveram sempre abaixo de 9 mg/L, com mínimo de 3,5 mg/L no ponto 1 e máximo de 10,4 mg/L no ponto 6, como pode ser observado na Figura 17. Mais nitidamente na época de chuvas, à medida que se adentra o reservatório, os teores de OD são crescentes e a variação entre os pontos e em cada ponto de amostragem diminui, ao menos em termos de desvio interquartilício.

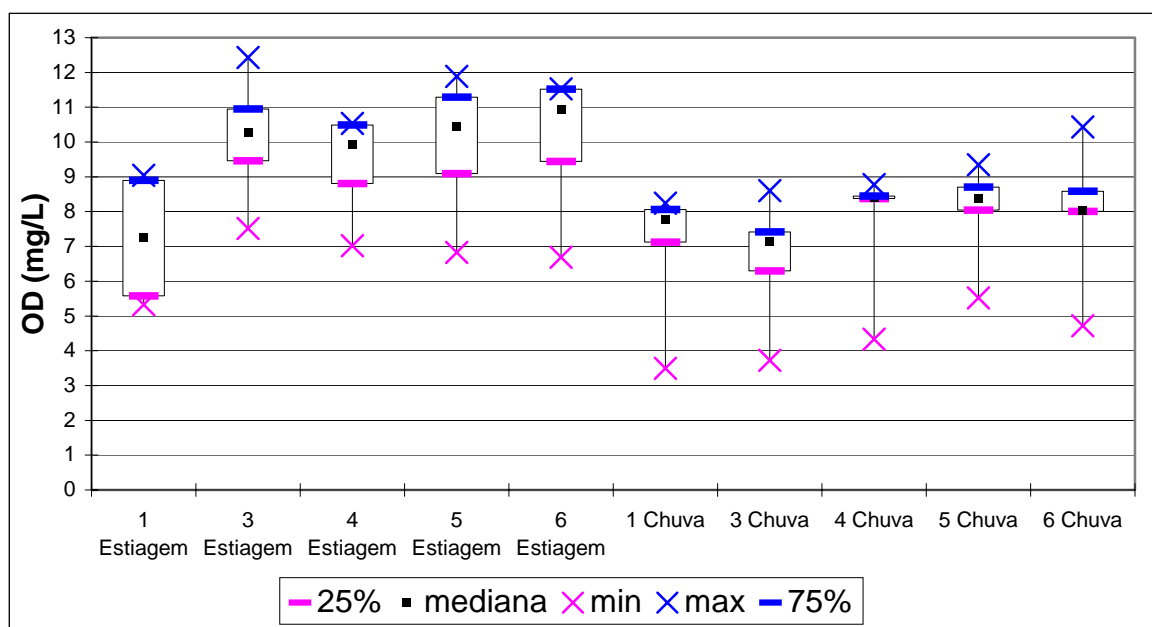


Figura 17 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Em relação às diferenças entre as épocas de estiagem e chuvas, em princípio pode-se especular sobre alguma influência de aporte de matéria orgânica por

escoamento superficial, mas, por outro lado, há de se considerar que as temperaturas mais elevadas no período de chuvas, em si, contribuem para a redução do OD na água.

O incremento de OD do ponto 1 ao 6 é próprio da dinâmica do reservatório (maior espelho d'água, maior produção fotossintética). Quanto aos menores teores de OD no ponto 3, se por um lado este está mais sujeito a influências de margens com cobertura vegetal menos densa (Figura 5), por outro a diferença em relação aos outros pontos não é tão grande.

Como observação de caráter geral, pode-se dizer que os dados de OD na superfície, em todos os pontos, indicam uma água de boa qualidade.

As variações de pH são menos visíveis. Apenas no ponto 1 (montante) nota-se um nítido aumento de pH na época de chuvas. Prado (2004) encontrou no reservatório de Barra Bonita valores mais elevados de pH na época chuvosa em todas as profundidades amostradas e creditou esse fenômeno ao aumento da entrada de nutrientes no ecossistema por meio do escoamento superficial. Entretanto, nesse estudo, eventuais incrementos de sais a montante do reservatório parecem ser bem absorvidos no reservatório.

Em geral, as medianas dos valores de pH da superfície oscilam em torno de 7,5, conforme pode ser observado na Figura 18, o que bem sugere os efeitos normais de capacidade de tamponamento de águas represadas.

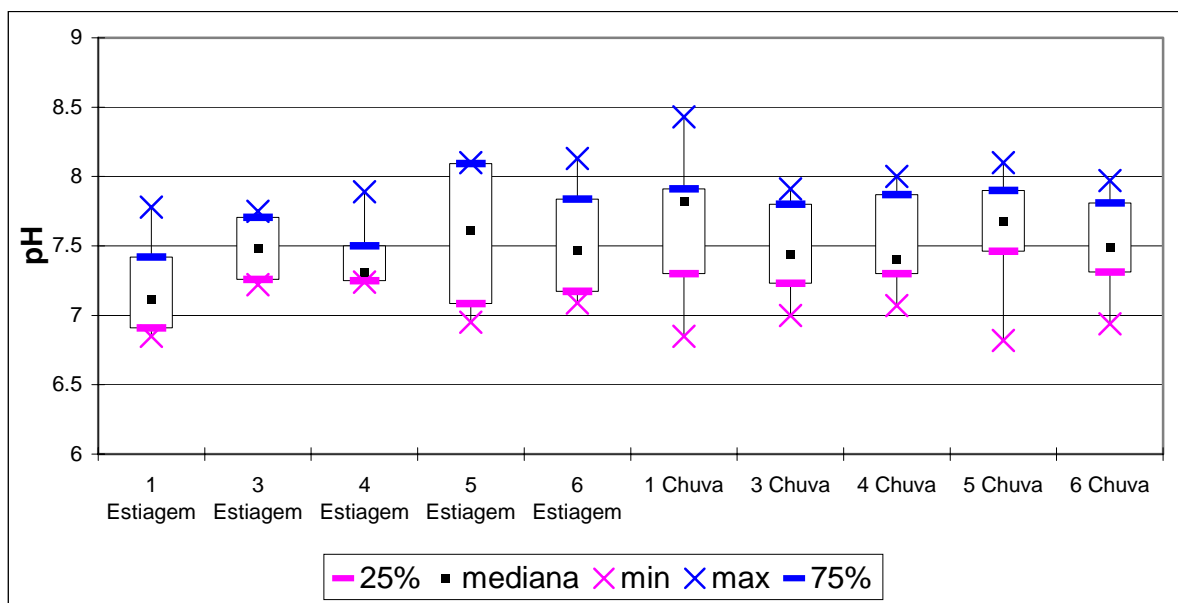


Figura 18 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Ao contrário do pH, a CE a montante do reservatório é mais elevada na época de estiagem. Pode-se especular que as maiores contribuições externas na época de chuvas são compensadas por efeito de diluição. Entretanto, nas águas superficiais do reservatório, tanto na estiagem quanto na chuva, de ponto a ponto e em cada ponto, as variações são muito estreitas, o que indicaria a capacidade natural do reservatório de absorver aportes externos. Em geral, os valores (medianas) de CE estiveram em torno de 50 - 60  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , típicos de águas de boa qualidade, como pode ser visto na Figura 19.

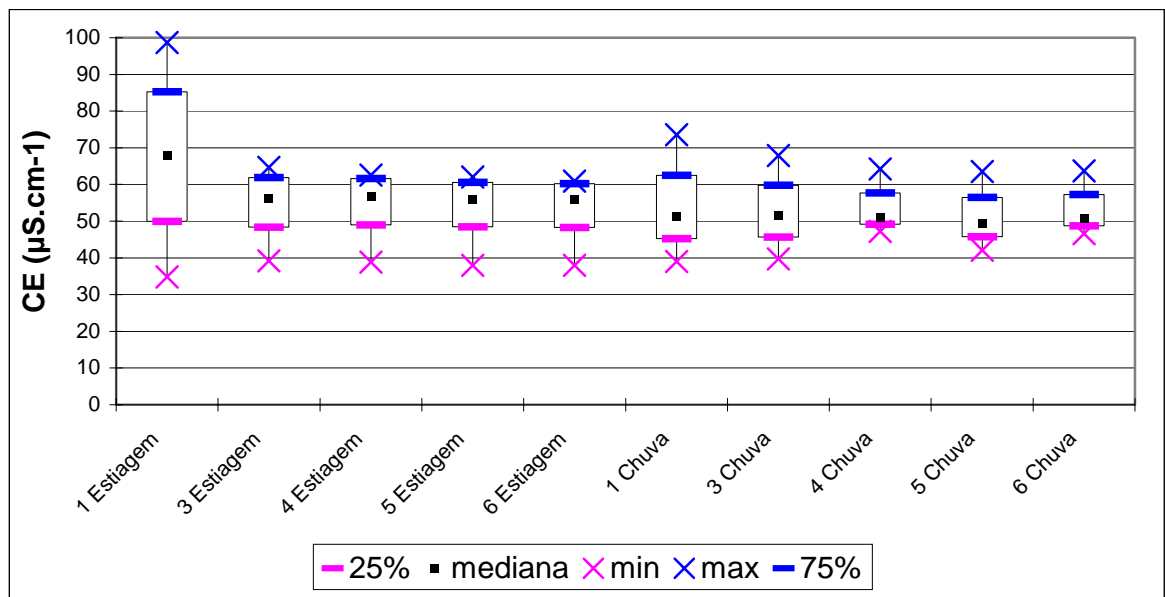


Figura 19 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

As variações sazonais (estiagem e chuvas) são nítidas nos dados de turbidez na superfície, em todos os pontos, o que pode ser observado na Figura 20. A redução e a menor variação da turbidez do ponto 1 ao 6 são próprias da dinâmica do reservatório (reservatório mais profundo e sedimentação contínua). Portanto, qualquer especulação de que os maiores valores de turbidez no ponto 3 pudessem ser creditados à maior exposição a margens com cobertura vegetal menos densa tem de ser relativizada. Há ainda de se considerar que mesmo os picos de turbidez a montante não são tão elevados e são bem absorvidos pelo reservatório já no primeiro ponto aqui analisado (ponto 3).

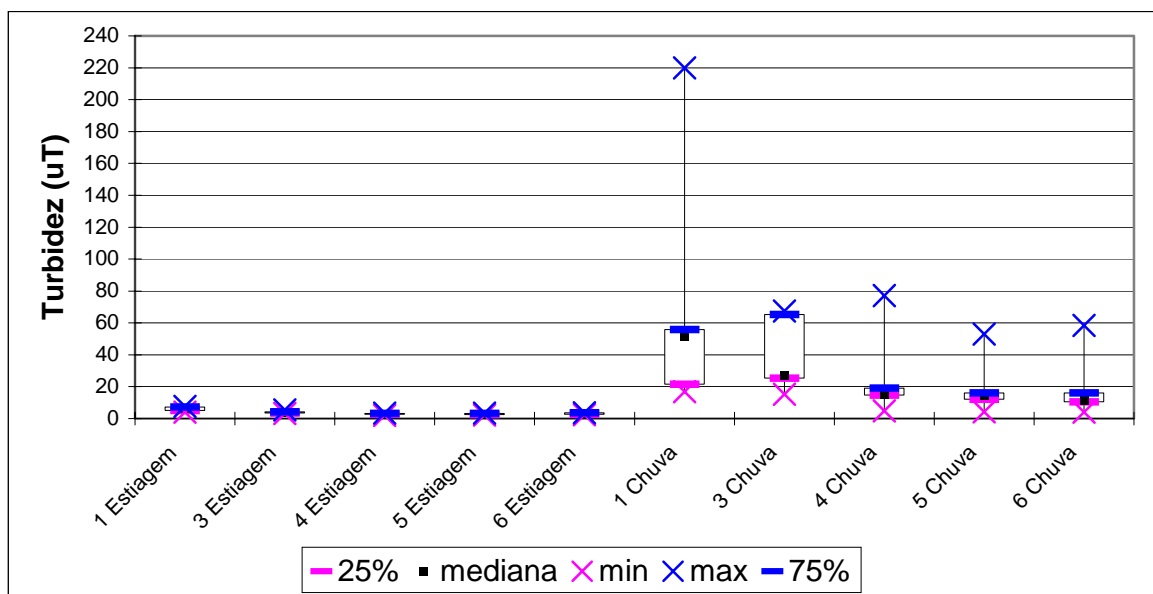


Figura 20 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Assim como a turbidez, a cor (Figura 21) nas águas superficiais é fortemente influenciada pelas chuvas. Na época de estiagem os valores são, em geral, baixos e praticamente não variam ao longo do perfil longitudinal do reservatório. Na época de chuvas os valores são bem mais elevados, assim como suas variações são bem mais elásticas. Observa-se, assim como na turbidez, a redução da cor da água reservatório adentro. Os maiores valores de cor observados no ponto 3 (chuvas) merecem as mesmas ressalvas feitas para a turbidez, haja vista que os valores determinados referem-se à cor aparente e, portanto, têm interferência de turbidez.



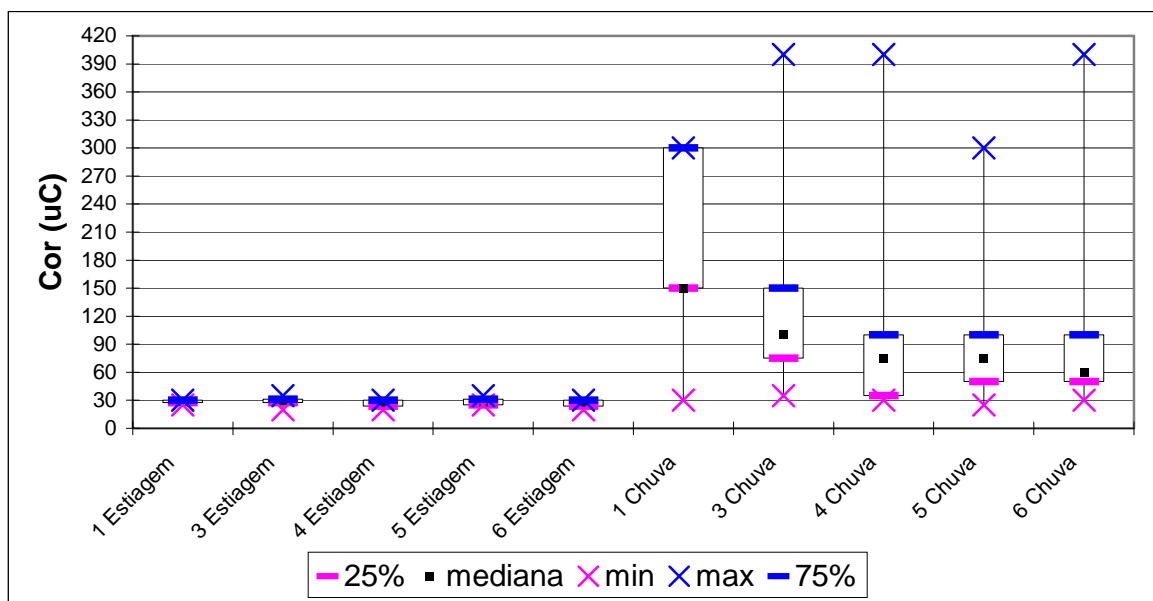


Figura 21 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os teores de sólidos totais (Figura 22) apresentam um padrão similar de variação ao longo do perfil longitudinal do reservatório nas épocas de estiagem e chuvas: ligeira tendência ao crescimento das medianas a montante até os pontos 3 e 4 e, na seqüência, redução nos pontos 5 e 6. Observa-se ainda que nos pontos mais no interior do reservatório (5 e 6) as variações são um pouco menos elásticas. Verifica-se também que os valores de ST na época de estiagem (reservatório mais cheio) são um pouco superiores aos da época de chuvas. Estas variações não são, entretanto, de fácil explicação, uma vez que os teores de ST incluem SS (partículas em suspensão, inclusive algas, que contribuem com turbidez e cor aparente) e SD (substâncias em solução que contribuem com turbidez e cor verdadeira). Torna-se, assim, difícil afirmar com segurança que os teores mais elevados de ST nos pontos 3 e 4 sejam devido a influências das margens.

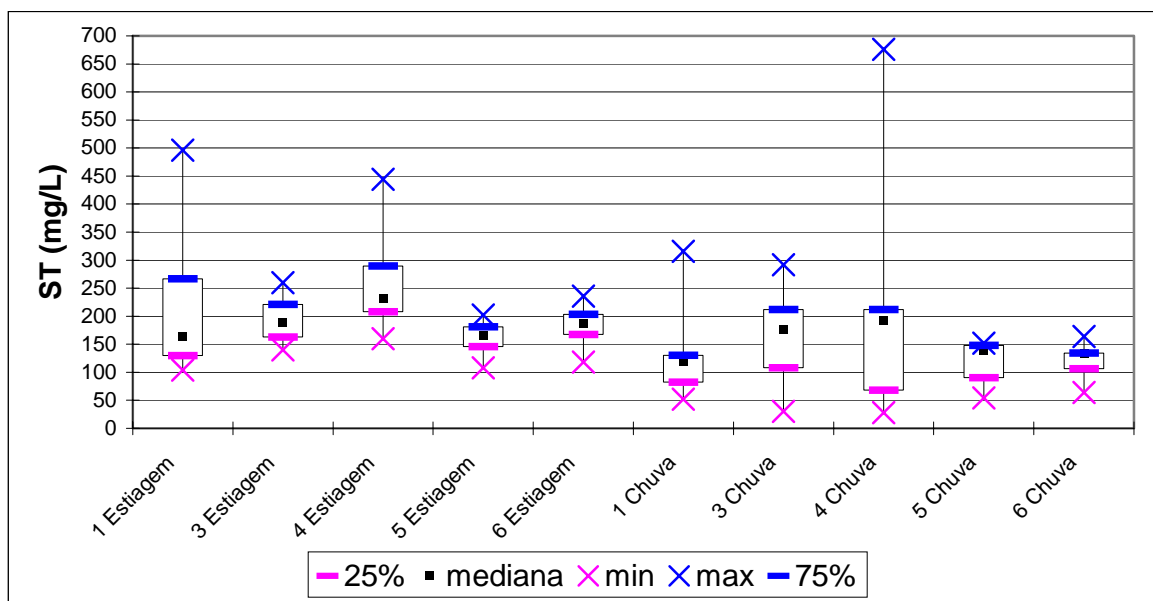


Figura 22 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os sólidos totais fixos (SF) também obedeceram a um padrão de variação similar para as épocas de chuvas e seca, com valores medianos mais elevados nos pontos 3 e 5, como pode ser observado na Figura 23. Entretanto, as variações relativamente amplas devem ocultar diferenças entre os pontos de coleta e entre épocas de estiagem e chuvas. À semelhança dos ST, na época de chuvas as variações nos pontos 5 e 6 (mais no interior do reservatório) são menos elásticas.

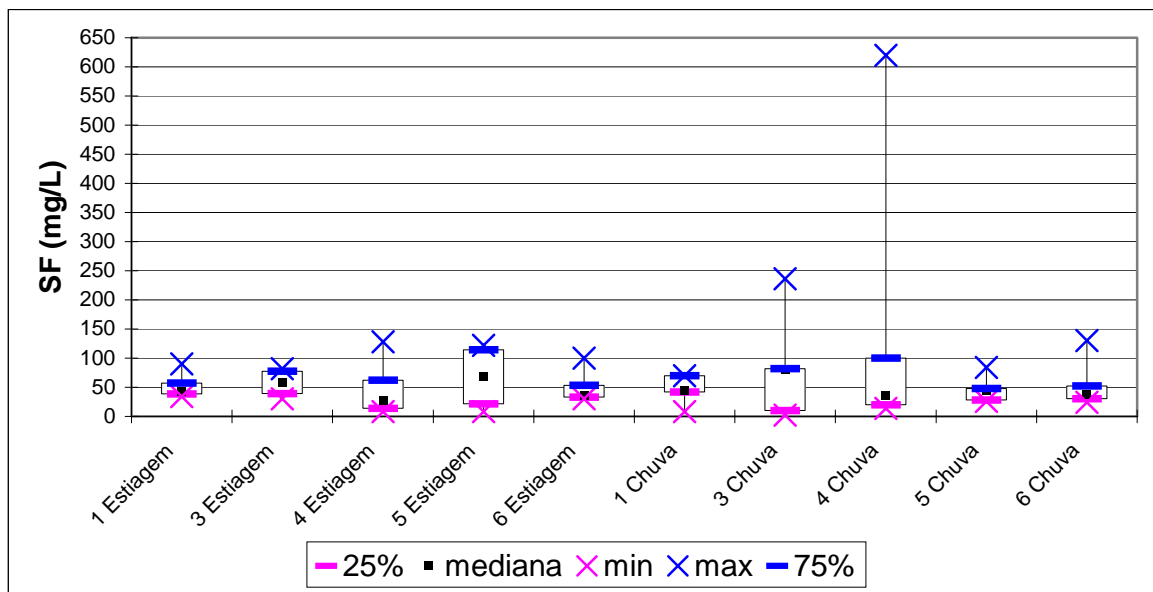


Figura 23 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os sólidos totais voláteis (Figura 24) apresentam valores mais elevados na época de estiagem, com pico no ponto 4. Entretanto, na época de chuvas os valores das medianas permanecem sensivelmente uniformes ao longo dos pontos de coleta.

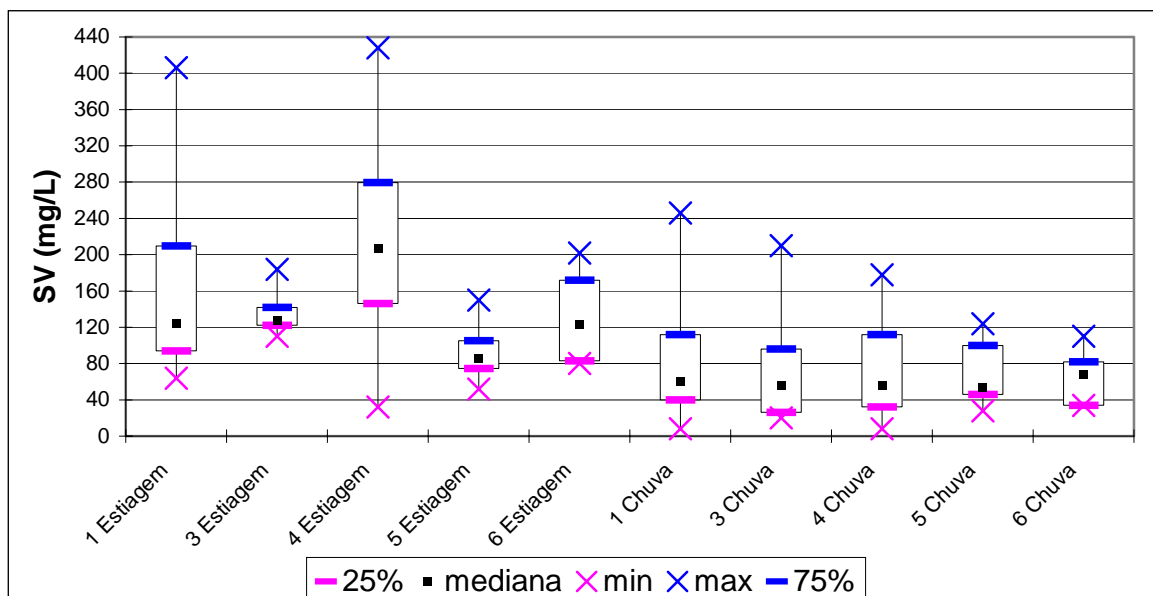


Figura 24 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

É interessante notar que na época de estiagem predominam, dentre os ST os SV (75, 68, 88, 52 e 65%, respectivamente, nos pontos 1 a 6), mas na época de chuvas estes percentuais caem (50, 32, 30, 39 e 51%). Nota-se também que os valores mais elevados de ST no ponto 3 parece ser devido ao incremento correspondente de SF, o que também é confirmado para o ponto 4 no período de chuvas.

Na estiagem, os elevados picos de ST (496 mg/L no ponto 1 e 444 mg/L no ponto 4) parecem poder ser explicados pelos picos correspondentes de STV, que é a estimativa de matéria orgânica. Na chuva, o pico no ponto 4 (cerca de 676 mg/L) parece ser devido à contribuição de SF, que é a estimativa de matéria inorgânica.

Os sólidos em suspensão apresentaram um padrão bem consistente com o de turbidez e cor: maiores valores e variações na época de chuva e redução de SS e de suas variações ao longo do perfil longitudinal do reservatório na época de chuvas (pontos 1 a 6), conforme pode ser observado na Figura 25. O mesmo se observa para os sólidos sedimentáveis (Figura 26). A percepção de um certo incremento de SS reservatório adentro na época de seca, com o reservatório mais cheio, parece coerente, uma vez que a determinação de SS inclui as algas. A observação do decréscimo de SS ao longo do reservatório na época de chuvas permite especular, com todas as ressalvas já feitas, que os acréscimos de ST possam ser devidos a aportes externos de sólidos dissolvidos (SD).

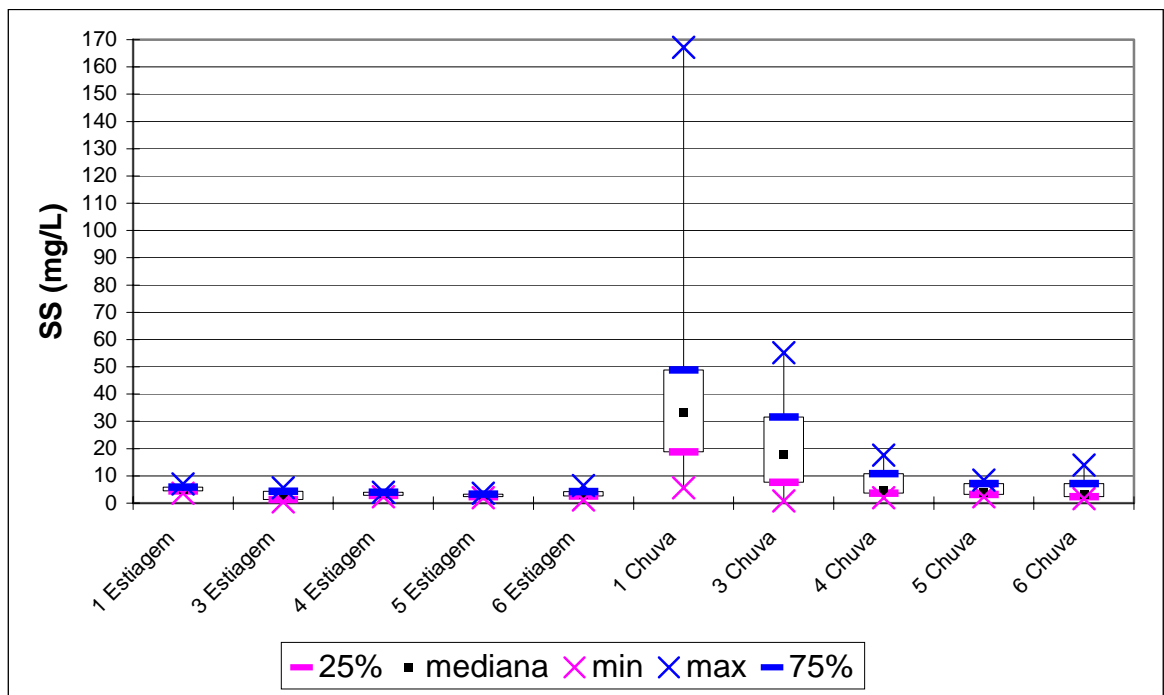


Figura 25 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

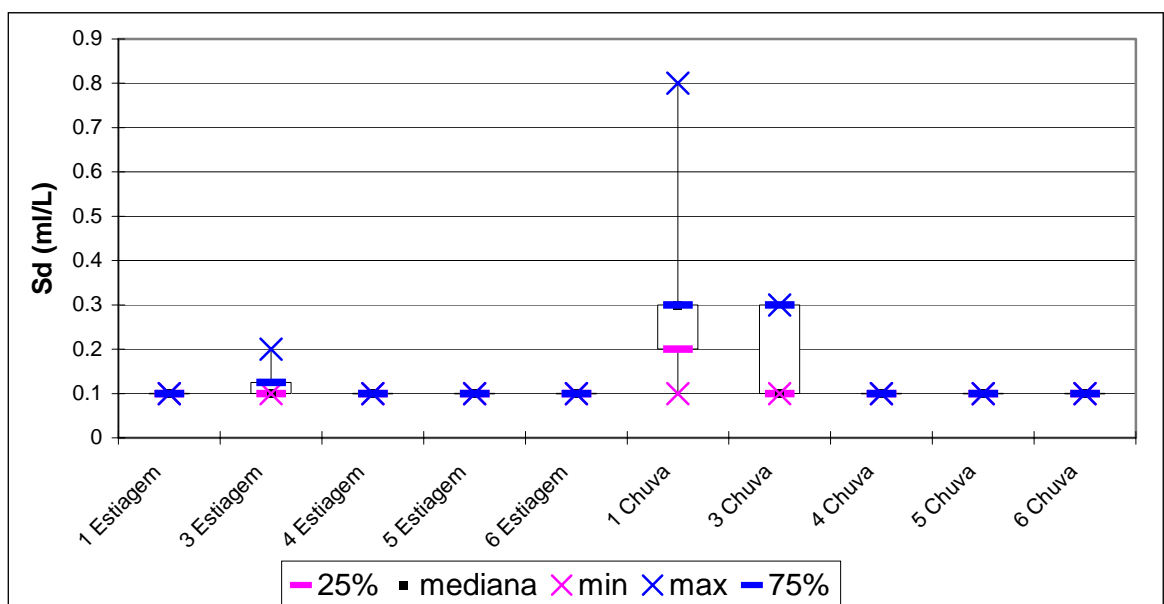


Figura 26 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

- **Pontos de coleta 2, 7 e 8**

Assim como nos demais pontos analisados, as concentrações de OD foram maiores na estiagem; no ponto 2 a mediana (10,8 mg/L) esteve próxima à dos demais pontos e nos pontos 7 e 8 ligeiramente inferior, mas ainda elevada (em torno de 8,0 mg/L). Na época de chuvas, nos pontos 7 e 8 as diferenças em relação aos demais foram maiores (medianas em torno de 6,5 mg/L) e bem mais acentuadas no ponto 2 (3,7 mg/L), como pode ser observado na Figura 27. As maiores concentrações encontradas na estiagem refletem a situação do reservatório, que estava próximo ao nível máximo e as temperaturas estavam mais elevadas.

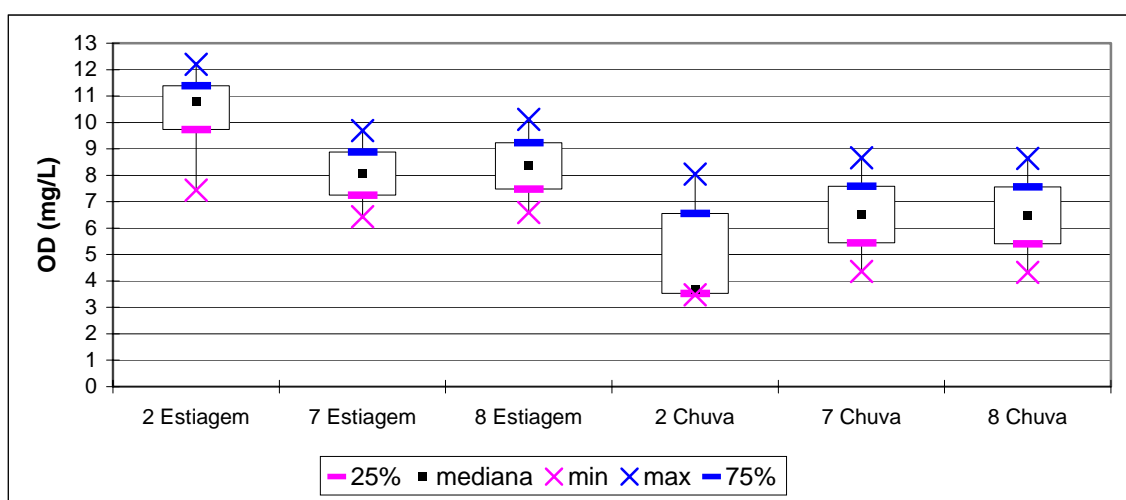


Figura 27 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

A condutividade elétrica (Figura 28) pouco variou entre os pontos 2, 7, 8 e os demais pontos, tanto na época de estiagem quanto na de chuvas. No entanto, nos pontos 7 e 8 observam-se valores um pouco mais baixos na época de estiagem, os quais se elevam nas chuvas.

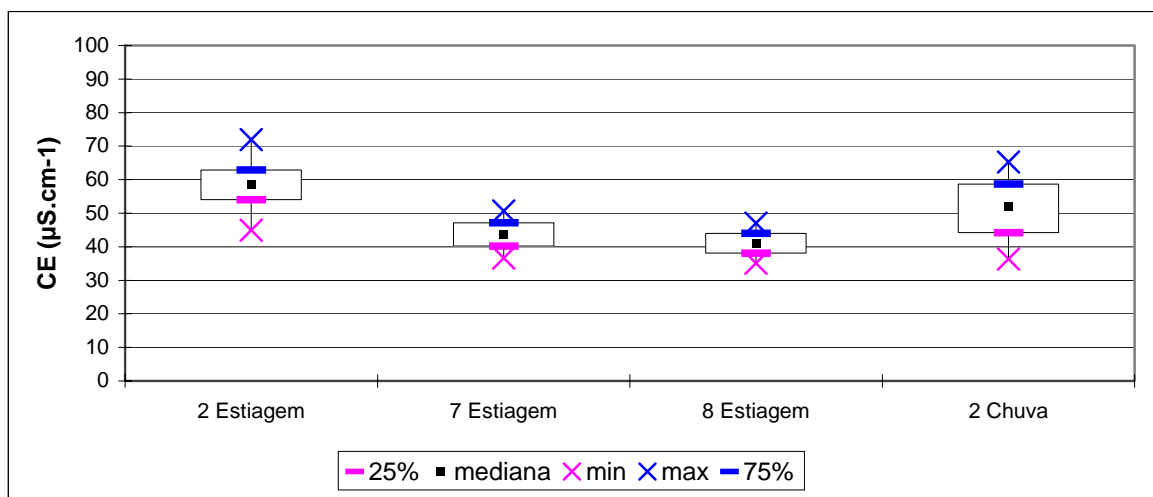


Figura 28 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

No período de estiagem, os pontos 2, 7, 8 apresentaram valores de pH (Figura 29) próximos entre si, um pouco abaixo e com variações menores do que aqueles mais ao meio do reservatório, o que era de se esperar. No período de chuvas os pontos 7 e 8 revelaram pH também com variações mais estreitas, mas com diferenças (para menor) mais acentuadas, principalmente o ponto 7.

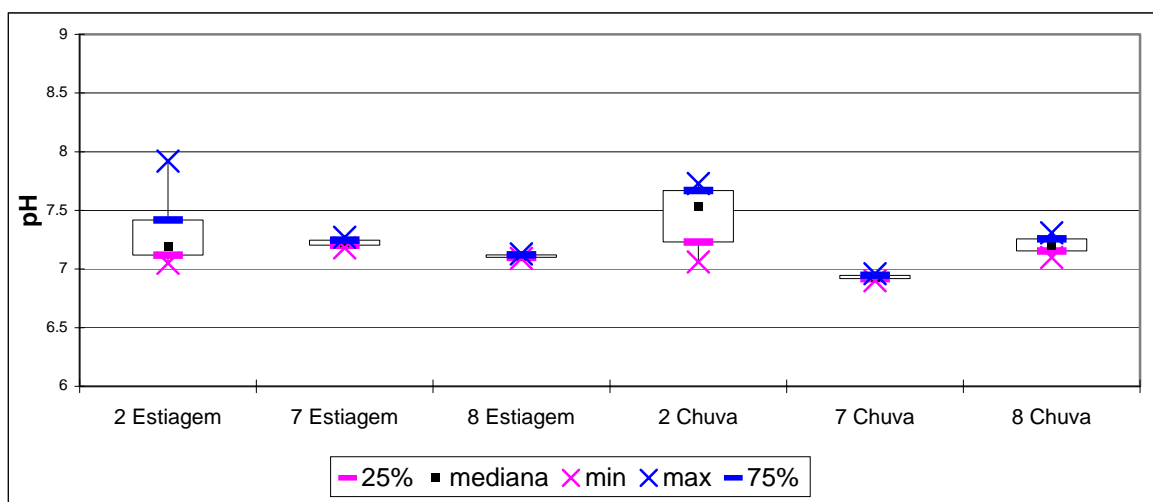


Figura 29 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

A turbidez no ponto 2, nos períodos de estiagem e chuva, esteve próximo à do ponto 3, com o qual guarda alguma correspondência. Algo similar pode ser dito

em relação aos pontos 7 e 8 (braços do reservatório e mais próximos da barragem), com turbidez próxima dos pontos 5 e 6. Na época de chuvas a turbidez do ponto 2 é quase o dobro da verificada nos pontos 7 e 8, o que pode ser verificado na Figura 30, mas há de se reconhecer que este ponto pode estar sob a influência do afluente ao reservatório via rio Santa Bárbara.

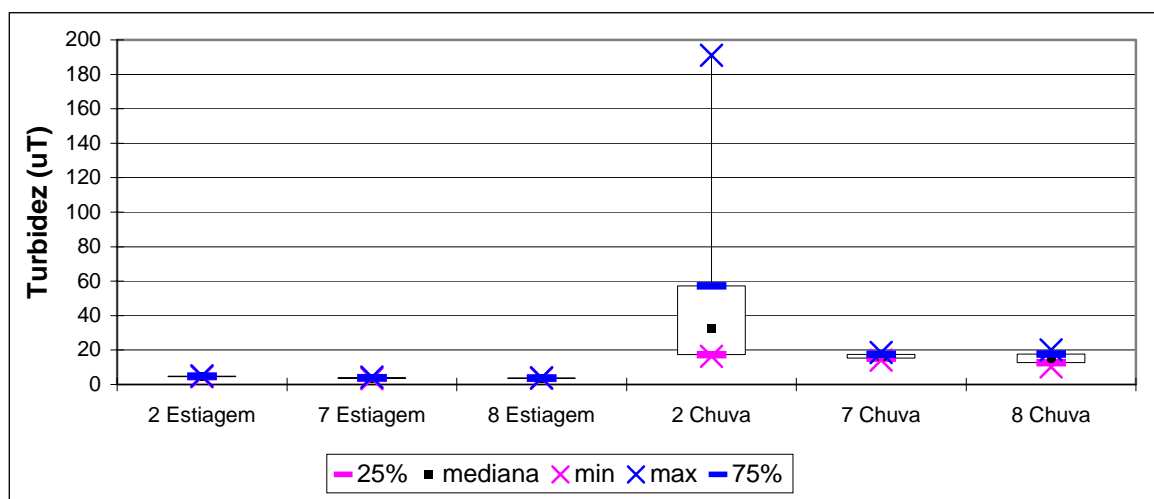


Figura 30 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Em relação à cor, destacam-se os valores mais elevados no ponto 8 no período de estiagem e no ponto 7 no período de chuvas. No ponto 2 a cor é bem semelhante à observada no ponto 3. No período de chuvas a cor verificada nos três pontos é da mesma ordem de grandeza mostrada na Figura 31.



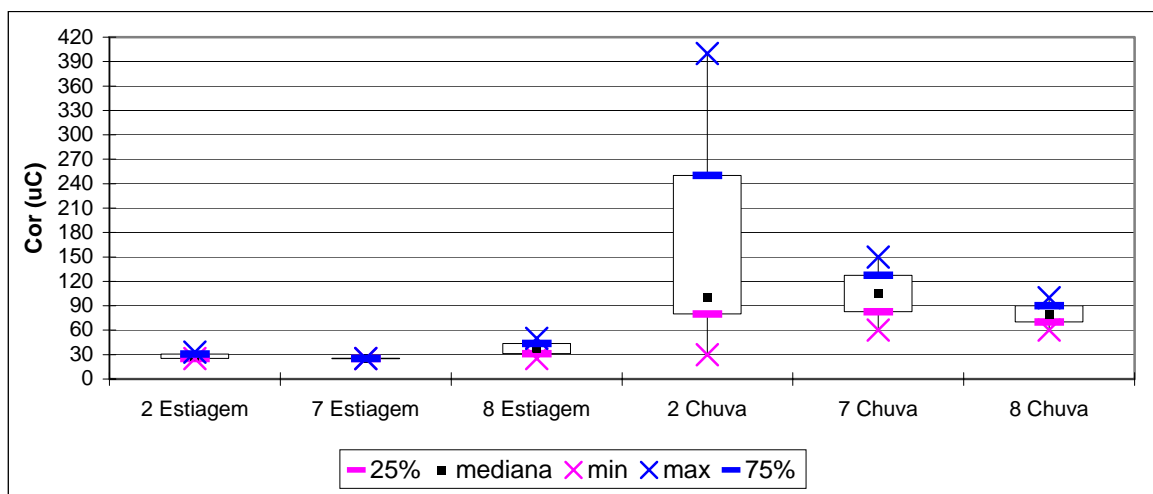


Figura 31 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

As concentrações de ST apresentaram um padrão de variação similar ao observado para os demais pontos: valores um pouco maiores na estiagem, o que pode ser observado na Figura 32. No ponto 2 os ST apresentam-se em concentrações condizentes e intermediárias entre pontos a montante (ponto 1) e a jusante (ponto 3). É interessante notar que no ponto 7, na época de estiagem, encontram-se os maiores valores de ST e próximos ao verificado no ponto 4, sendo ambos margeados por plantios de eucalipto.

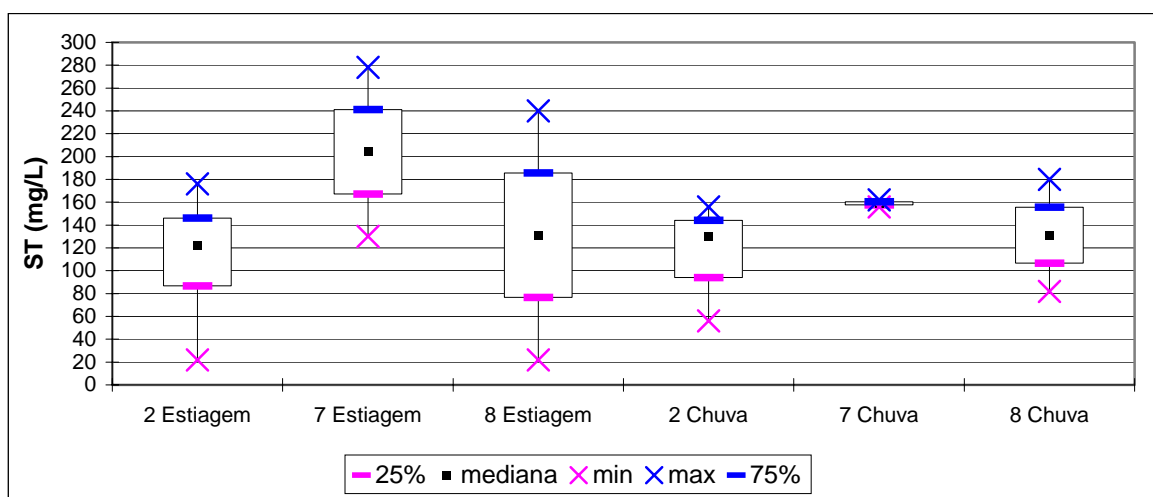


Figura 32 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Entretanto, as concentrações de SF (Figura 33) foram maiores na chuva do que na estiagem, mais destacadamente nos pontos 7 e 8. Afora esta particularidade, o padrão de variação acompanhou o registrado para os ST: concentrações no ponto 2 intermediárias entre pontos a montante (ponto 1) e a jusante (ponto 3) e valores mais elevados no ponto 7.

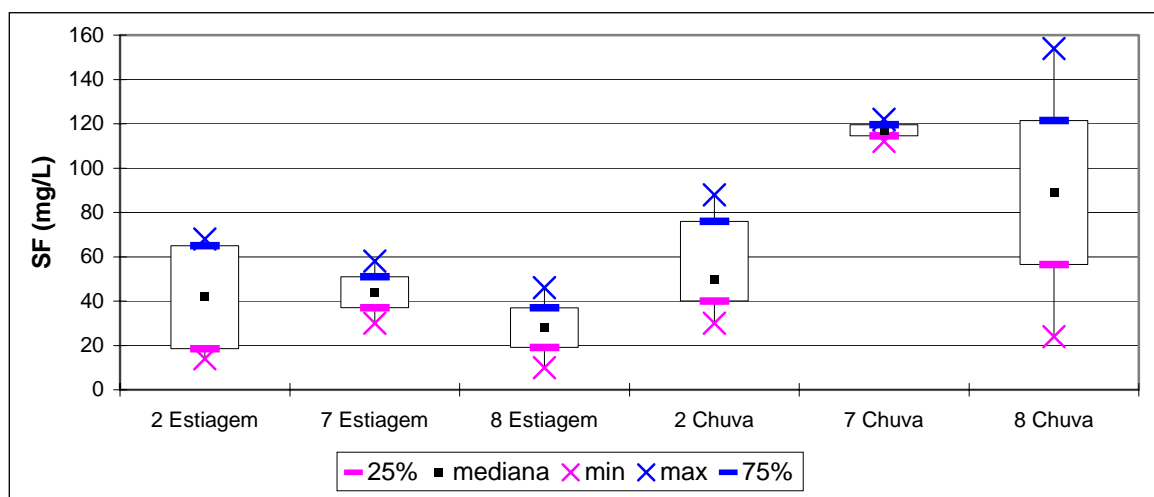


Figura 33 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

As concentrações de SV foram maiores na estiagem e, neste período, mais elevadas nos pontos 7 e 8, em comparação ao ponto 2. No período de chuva, a julgar pelos valores das medianas, os SV nos três pontos foram semelhantes, mas com variações mais amplas no ponto 2, como pode ser observado na Figura 34.

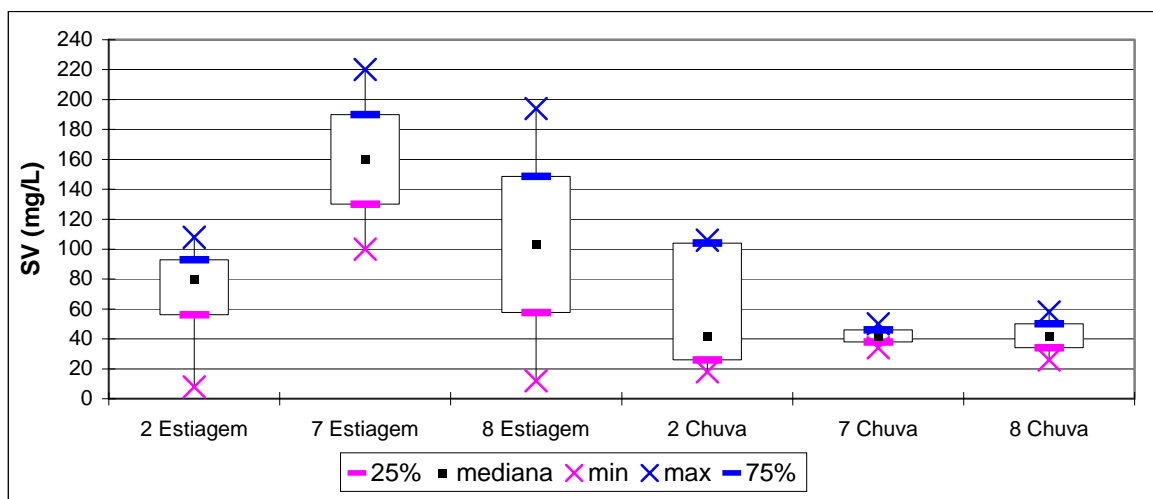


Figura 34 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os picos de ST na estiagem nos pontos 7 e 8 (278 e 240 mg/L) provêm de sólidos totais voláteis, que é a estimativa de matéria orgânica nos sólidos. Na chuva, os picos do 7 e 8 (162 e 180 mg/L) provêm dos sólidos totais fixos.

A maior influência da chuva nos SS (Figura 35) e Sd (Figura 36) ocorreu no ponto 2, novamente com valores próximos ao ponto 3 e superiores aos dos pontos 7 e 8.

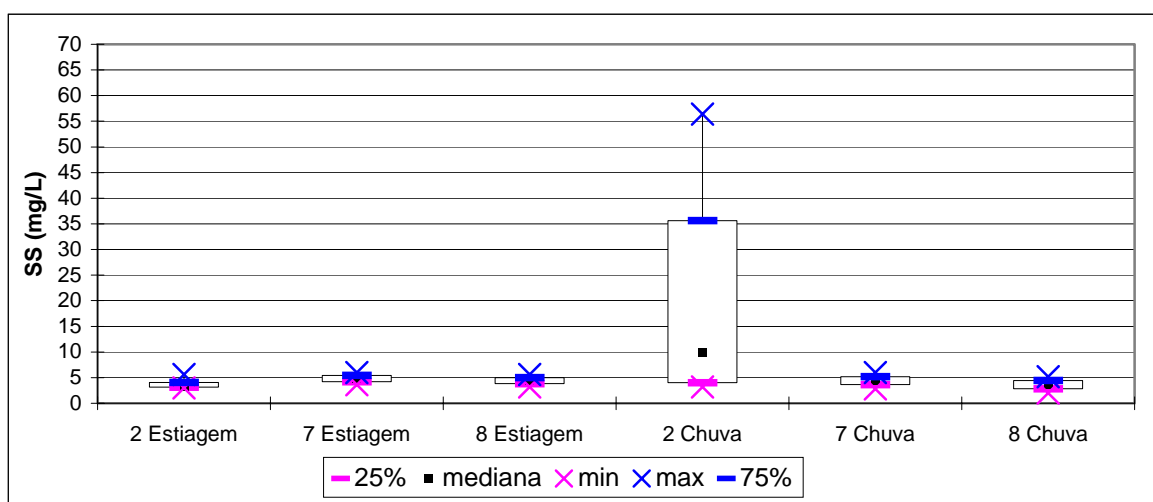


Figura 35 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

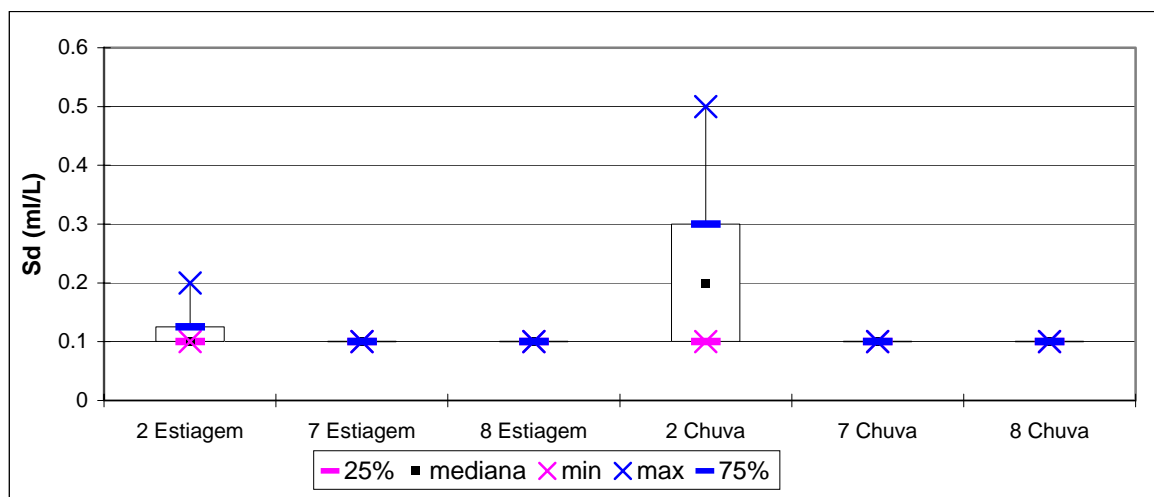


Figura 36 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na superfície, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

#### 4.3.2.2. Profundidade média

- **Pontos de coleta 1, 3, 4, 5 e 6**

Naturalmente, as concentrações de oxigênio dissolvido observadas na profundidade média foram menores do que na superfície, como pode ser observado na Figura 37. As outras observações cabíveis neste caso são, em parte, similares às das águas superficiais: concentrações de OD maiores na estiagem do que na chuva quando o reservatório estava mais cheio; mais nitidamente na época de estiagem, à medida que se adentra o reservatório, os teores de OD são crescentes, à exceção do ponto 6; as concentrações menores encontradas neste ponto, provavelmente, refletem a sua localização, já que é o ponto mais profundo de coleta (na maioria das vezes a 5 m da superfície). Nota-se ainda que pelo fato de o reservatório estar mais vazio na época de chuva a variação entre os pontos de coleta foi menor.

A julgar pelas medianas do período chuvoso, assim como na superfície, o ponto 3 apresentou as menores concentrações de OD. Como observação de caráter geral, pode-se dizer que os dados de OD, em todos os pontos, indicam uma água de boa qualidade.

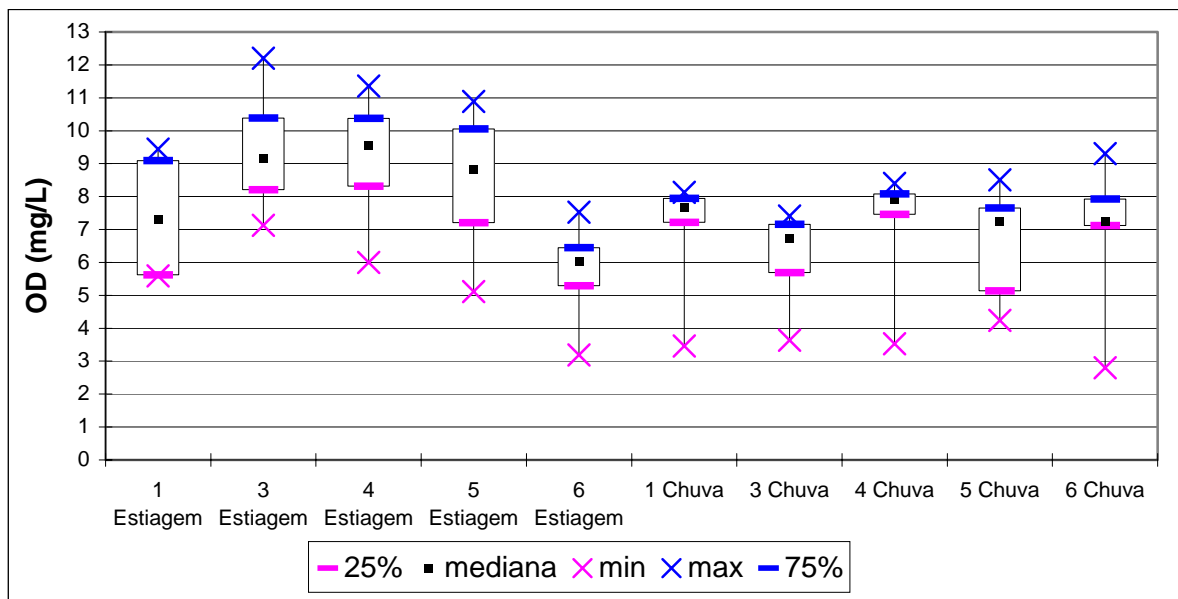


Figura 37 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

As variações de pH são pouco visíveis, em termos de estiagem x chuva, pontos de coleta e profundidade média x superfície. Apenas no ponto 1 (montante), nota-se um incremento mais nítido de pH na época de chuvas, entretanto, como nas águas superficiais, bem absorvido por efeito de tamponamento. Em geral, as medianas dos valores de pH oscilam em torno de 7,5 (Figura 38).

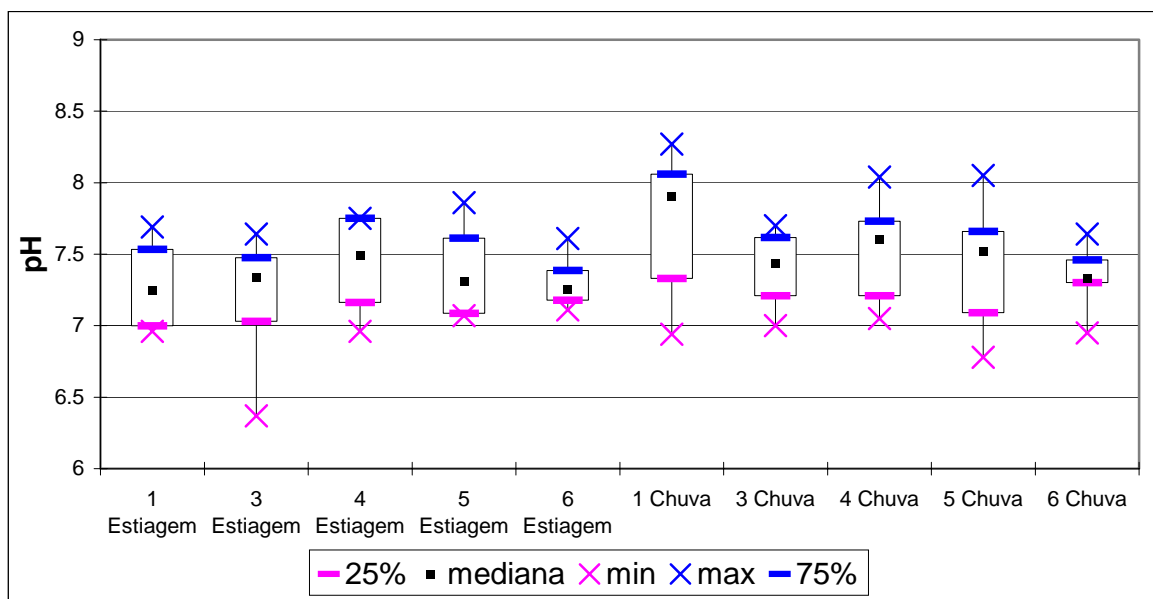


Figura 38 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

As observações relativas à CE (Figura 39) são praticamente as mesmas realizadas para a superfície. Os valores a montante do reservatório são mais elevados na época de estiagem, e no reservatório, em geral, estiveram em torno de  $50 - 60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , típicos de águas de boa qualidade.

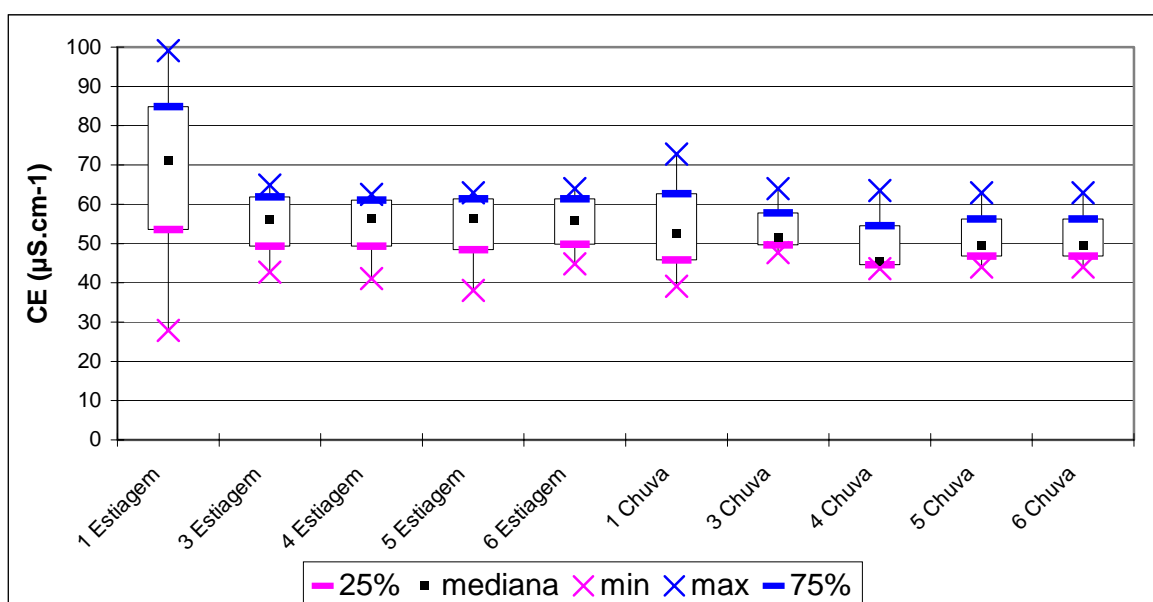


Figura 39 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

As variações sazonais (estiagem e chuvas) são também nítidas nos dados de turbidez na profundidade média, em todos os pontos (Figura 40). A redução da turbidez nas chuvas pode ser constatada do ponto 1 ao 4, a partir do qual se verificam ligeiros aumentos e maiores amplitudes de variação. Até o ponto 4 notam-se também valores próximos aos da superfície, a partir daí, sofrem, algum incremento. Pode-se assumir que de certa forma tal fato já era esperado, pois mais no interior do reservatório a sedimentação intensifica-se. Sendo assim, seria questionável imputar esses incrementos às influências das margens no ponto 5 (cujo uso preponderante é o agrícola).

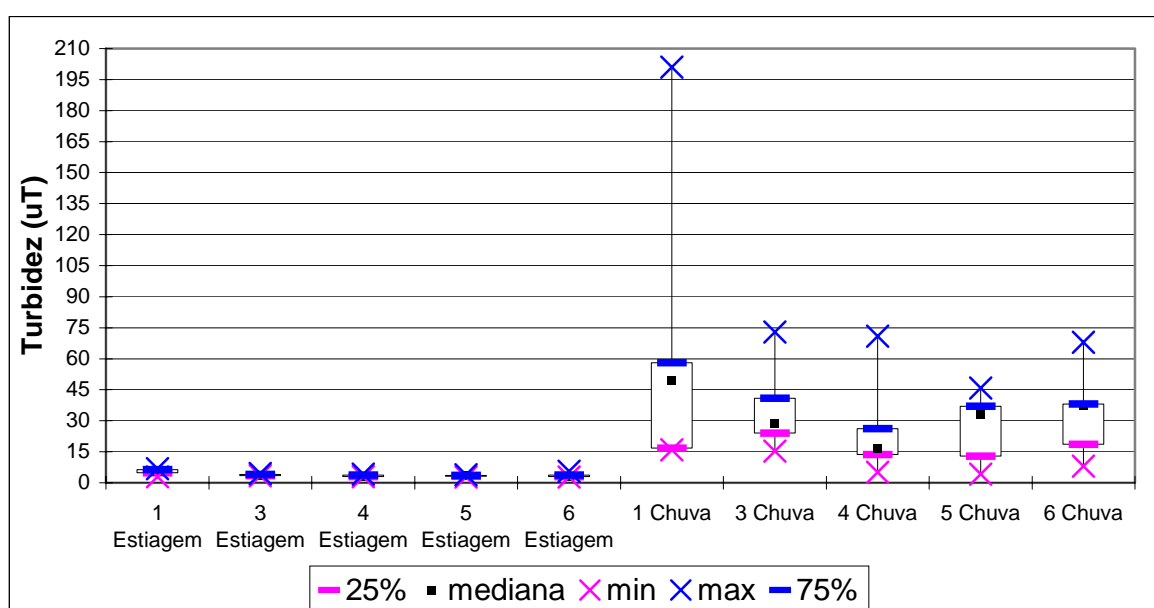


Figura 40 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Assim como na superfície, a cor na profundidade média (Figura 41) é fortemente influenciada pelas chuvas. Observa-se, embora com menos intensidade que a turbidez, a redução da cor reservatório adentro. A julgar pelas medianas e pelos intervalos interquartílicos, não há grandes diferenças entre os pontos de coleta no reservatório e entre superfície x profundidade média.

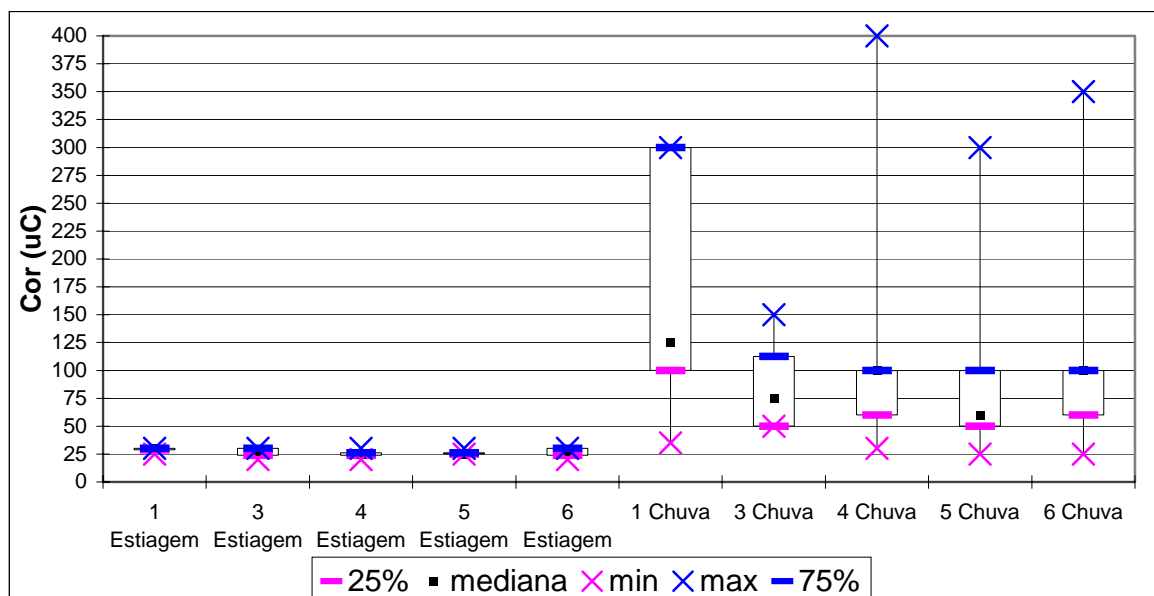


Figura 41 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os teores de sólidos totais na profundidade média (Figura 42), em geral, apresentam valores inferiores aos da superfície (Figura 22), à exceção do ponto 6. Apresentam ainda um padrão similar de variação, além de medianas bem próximas, ao longo do perfil longitudinal do reservatório nas épocas de estiagem e chuvas: tendência ao crescimento das medianas a montante até o ponto 3, decréscimo daí até o ponto 5 e incremento no ponto 6. Observa-se que onde se dão os picos de medianas na superfície ocorrem inflexões decrescentes de ST na profundidade média (ponto 4). Nesta profundidade (média) os picos de medianas se dão no ponto 6 (meio do reservatório), tanto na estiagem, quanto na chuva. Constata-se ainda que aos valores mais elevados de ST no ponto 6 correspondem valores também mais elevados de turbidez e cor.

Por outro lado, observa-se o pico (máximo) mais elevado no ponto 4 (488 mg/L), verificado também nos SF, o que pode sugerir algum aporte externo.



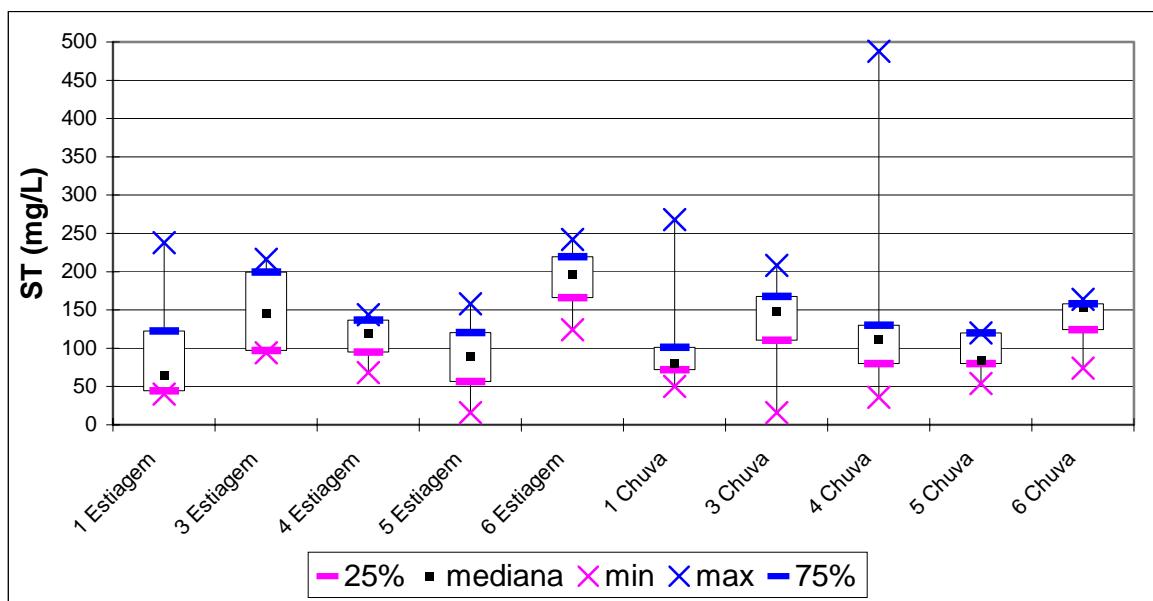


Figura 42 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os teores de SF (Figura 43), em geral, são também pouco inferiores na profundidade média do que na superfície (Figura 23). Os decréscimos de ST mencionados parecem ser, preponderantemente, por conta de decréscimos correspondentes de SF, bem como o acréscimo acentuado no ponto 6 por acréscimos correspondentes de SV (Figura 44).

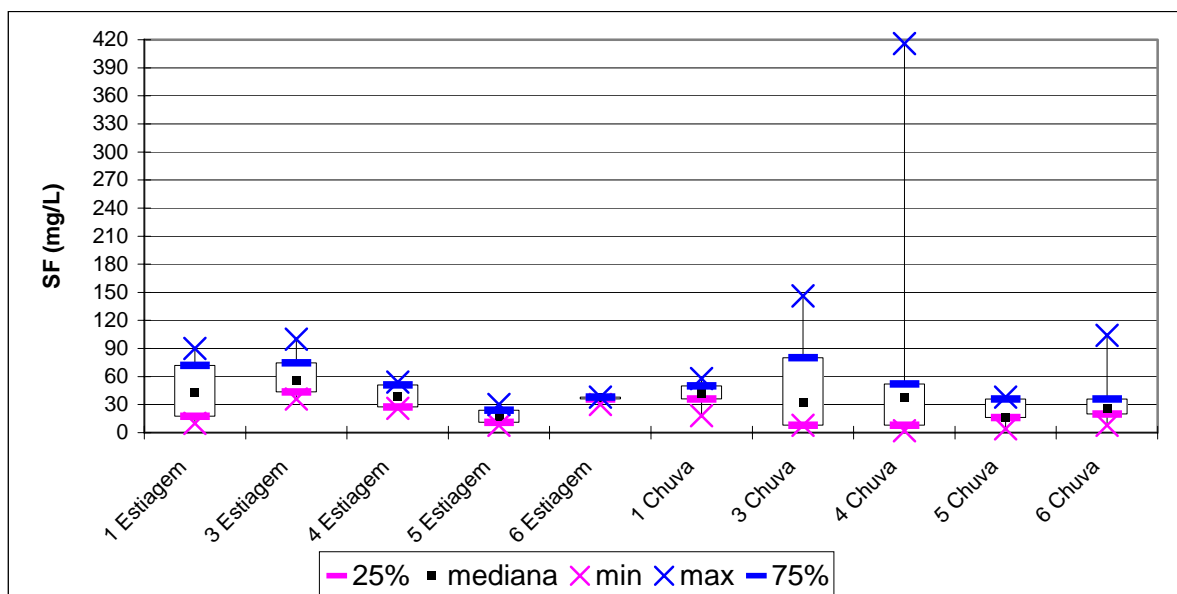


Figura 43 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

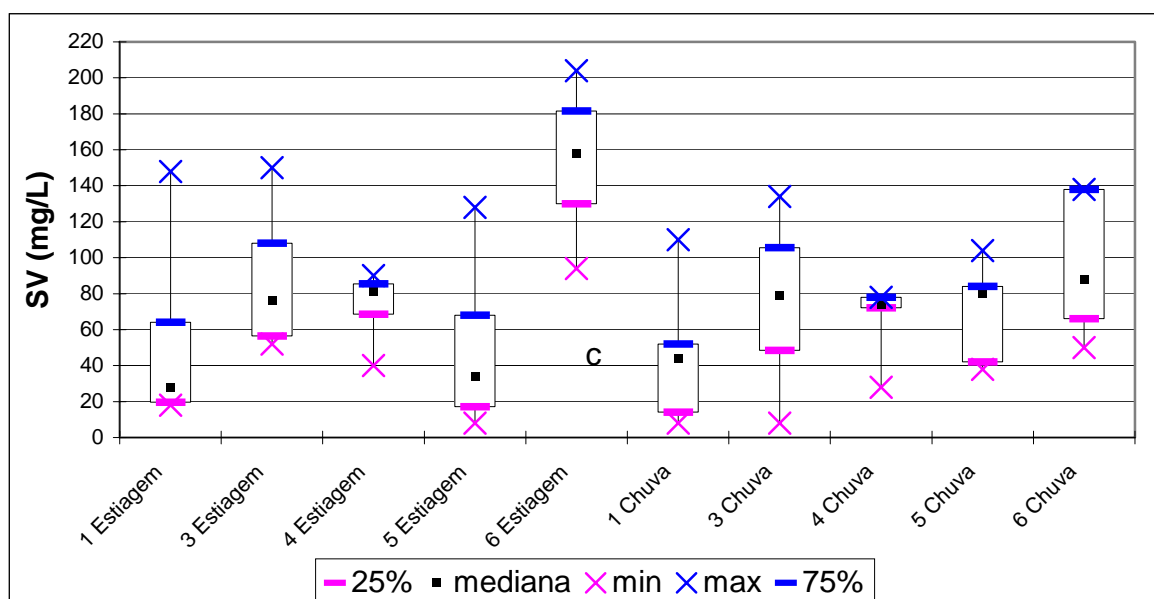


Figura 44 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os teores de SS e Sd (Figuras 45 e 46, respectivamente) apresentam-se em concentrações e padrão de variação bastante similares aos da superfície e parecem apenas refletir, sazonalmente, a dinâmica do reservatório com redução gradual de montante a jusante no período de chuvas.

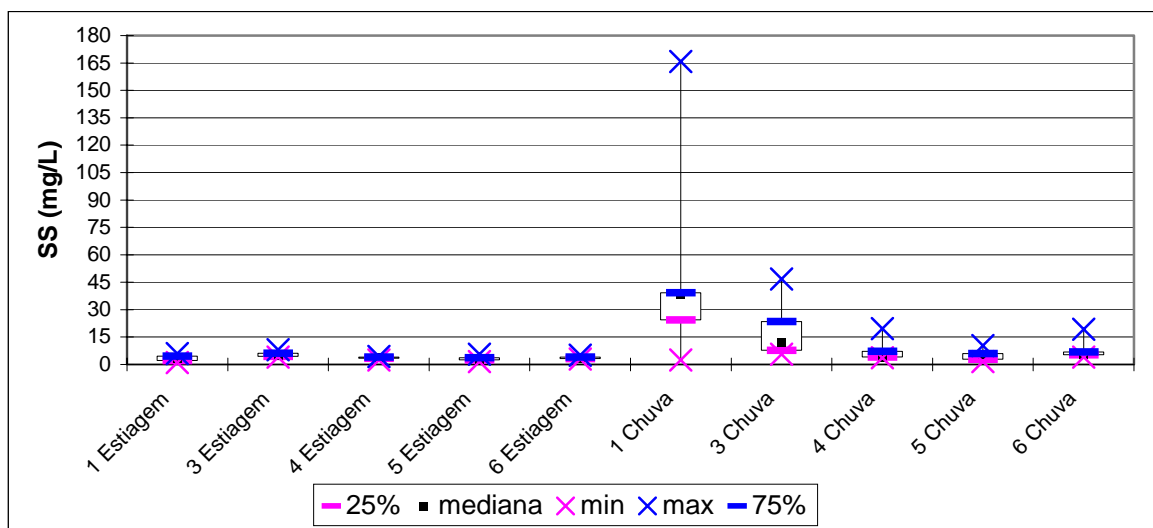


Figura 45 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

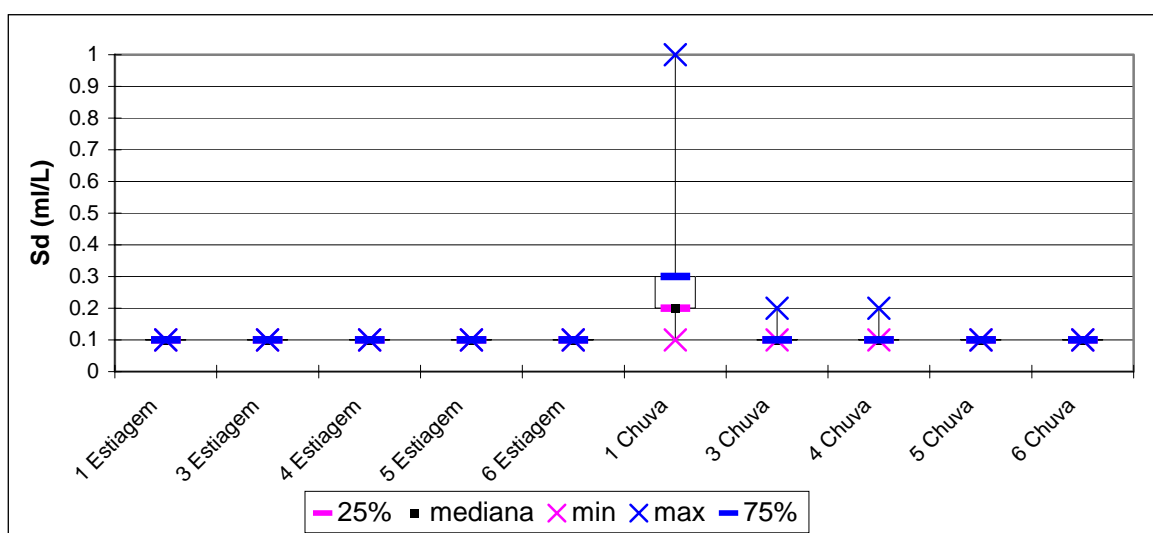


Figura 46 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

- **Pontos de coleta 2, 7 e 8**

As concentrações de OD apresentam-se em ordens de grandeza próximas na estiagem e nas chuvas e são, naturalmente, inferiores às observadas na superfície (Figura 47). Se há alguma sugestão de que a ocorrência de chuvas contribui para a redução de OD na superfície nos pontos 2, 7 e 8, não parece ser o caso na profundidade média.

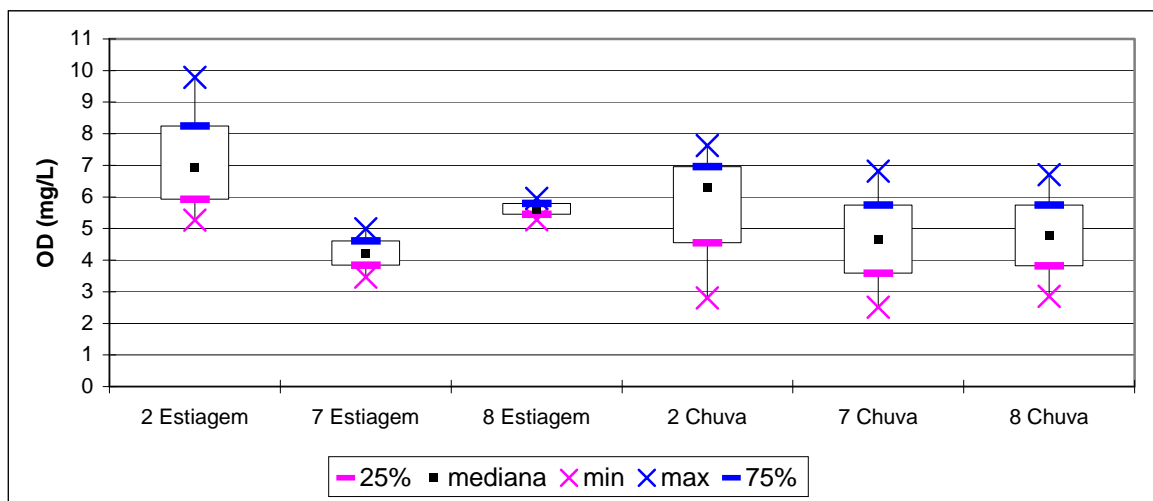


Figura 47 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2,7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Em relação à CE (Figura 48), verifica-se o mesmo que na superfície: valores um pouco mais baixos na época de estiagem nos pontos 7 e 8, os quais se elevam nas chuvas. No ponto 2 não há nada a destacar.

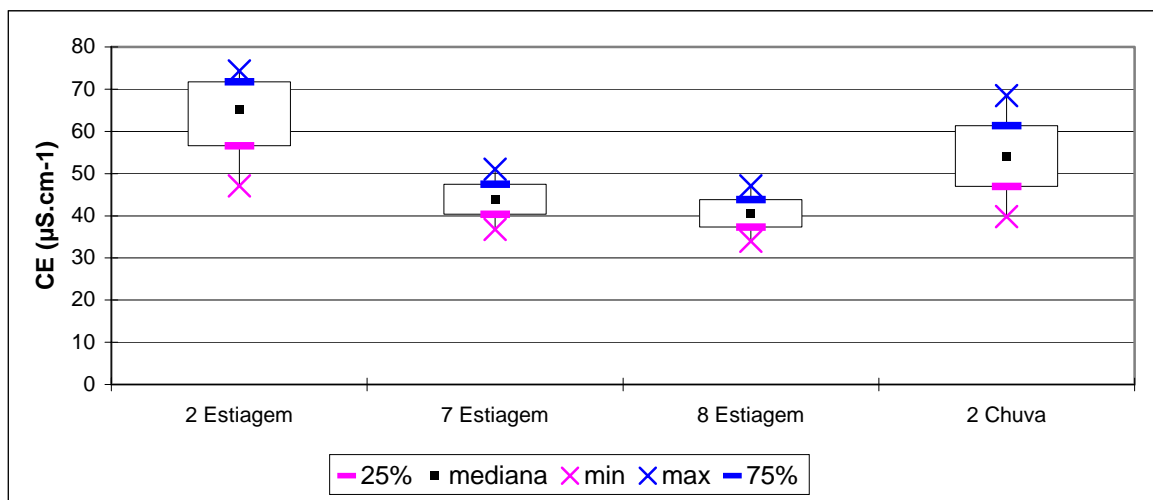


Figura 48 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2,7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Assim como na superfície, o pH (Figura 49) no ponto 2 não variou entre estiagem e chuva. Nos pontos 7 e 8 o pH já era um pouco inferior aos dos demais pontos e viu-se reduzido na estação chuvosa.

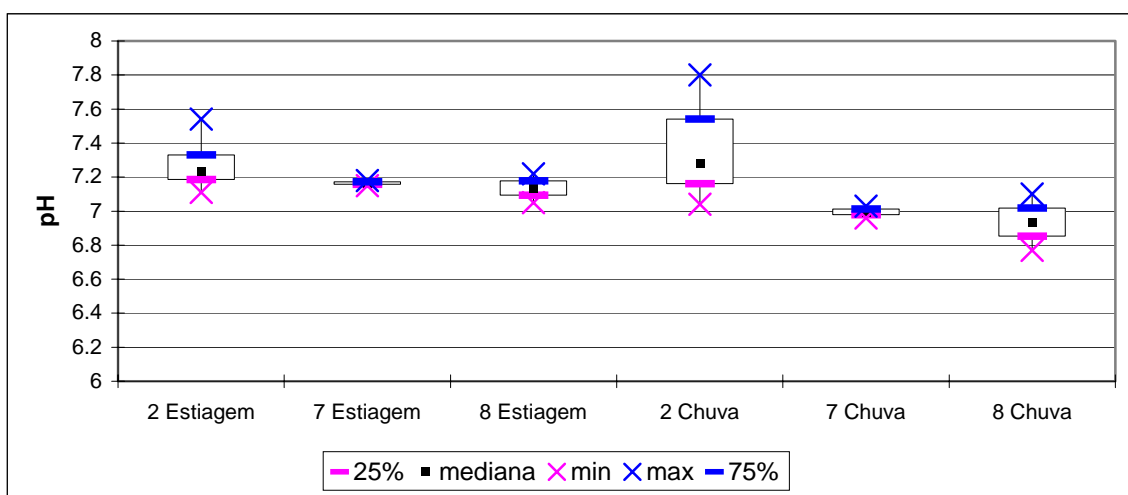


Figura 49 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Com as chuvas, nos três pontos a turbidez (Figura 50) se eleva em valores bastante próximos, mantendo-se em ordem de grandeza similar à dos demais pontos. Assim, pouca ou nenhuma inferência pode ser feita em termos de contribuições diferenciadas das margens.

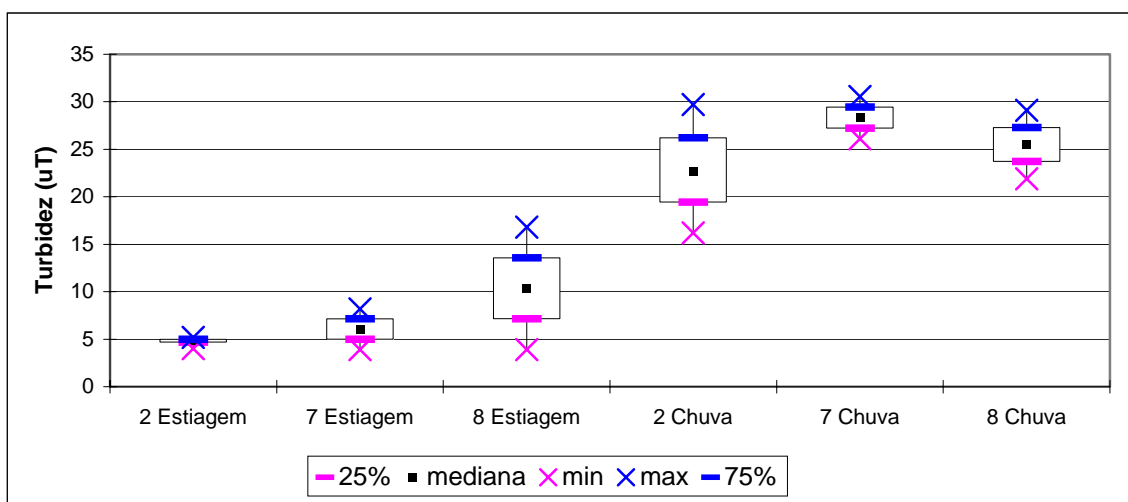


Figura 50 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Algo semelhante pode ser dito em relação à cor. No período de chuvas, assim como na superfície, a cor verificada nos três pontos é da mesma ordem de grandeza

e um pouco mais elevada que nos demais pontos, como pode ser observado na Figura 51. No ponto 2 a cor é bem semelhante à observada no ponto 3. Como já destacado, os maiores valores nesses pontos poderiam sugerir influências das margens pastagens, mas isto merece ressalvas, haja vista que os valores de cor determinados referem-se à cor aparente e, portanto, têm interferência de turbidez.

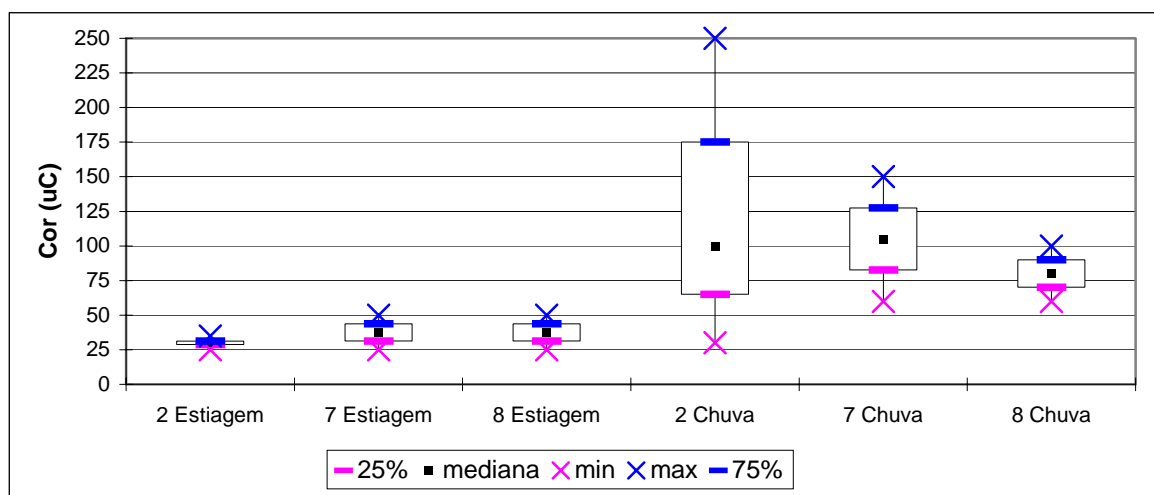


Figura 51 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

As concentrações de ST, em cada um dos três pontos, mostraram-se na mesma grandeza na estiagem e na chuva, como pode ser observado na Figura 52. Entretanto, no ponto 2 notam-se concentrações mais elevadas que na superfície e que nos demais pontos, inclusive os pontos 7 e 8. Destacam-se os valores bem mais baixos registrados no ponto 8, margeado por floresta em regeneração. Essas variações de ST parecem ser devido às variações de SV (Figura 53). Em compensação, os valores de SF (Figura 54) nos pontos 7 e 8 são mais elevados.

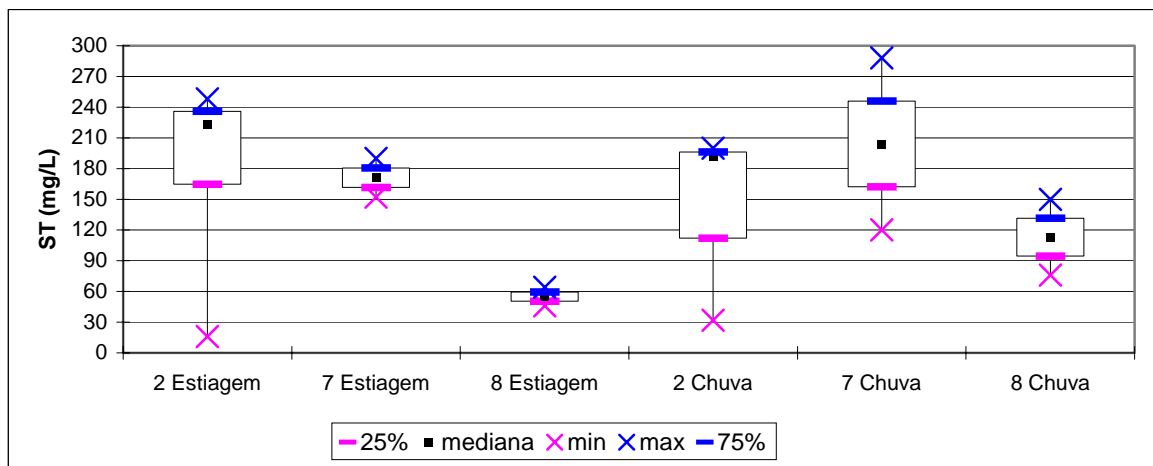


Figura 52 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

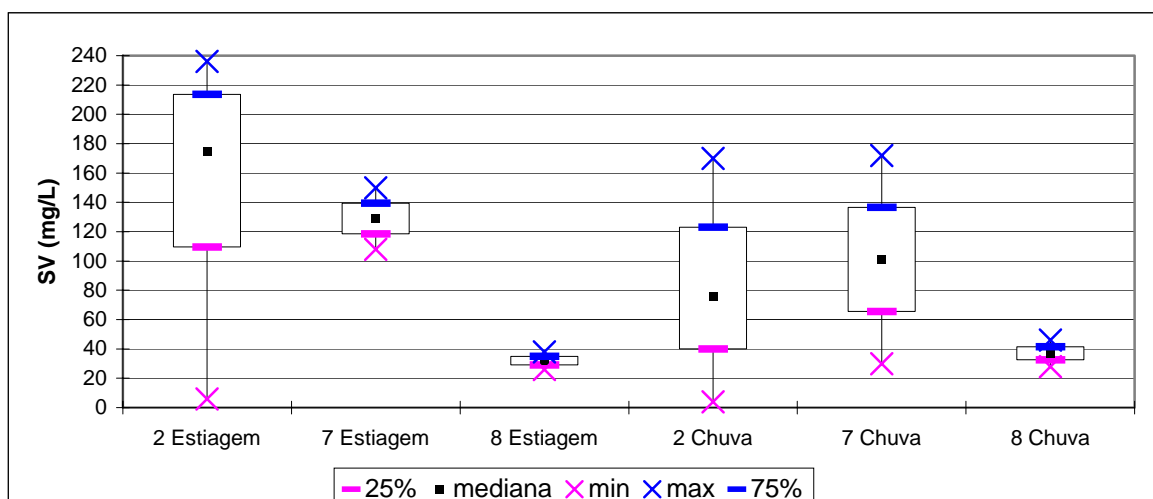


Figura 53 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

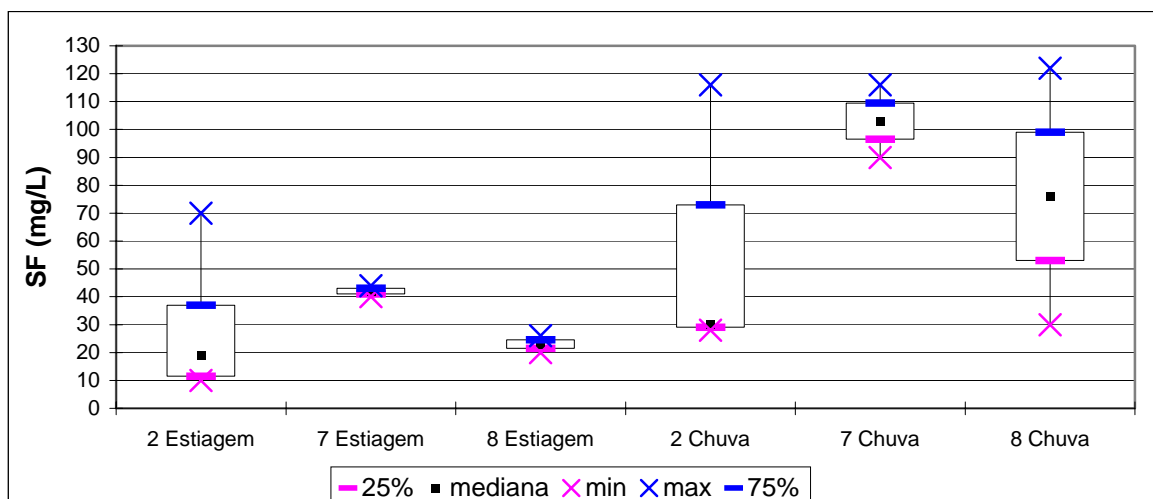


Figura 54 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

A maior influência da chuva nos Sd (Figura 55) ocorreu no ponto 2, com valores superiores aos dos pontos 7 e 8. Já os SS (Figura 56) aparecem em valores bem próximos nos três pontos.

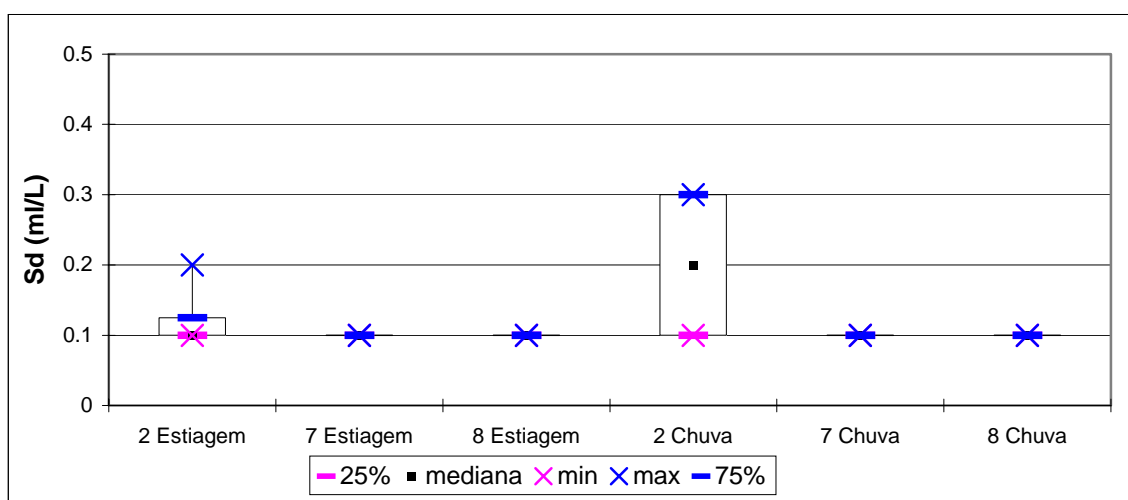


Figura 55 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.



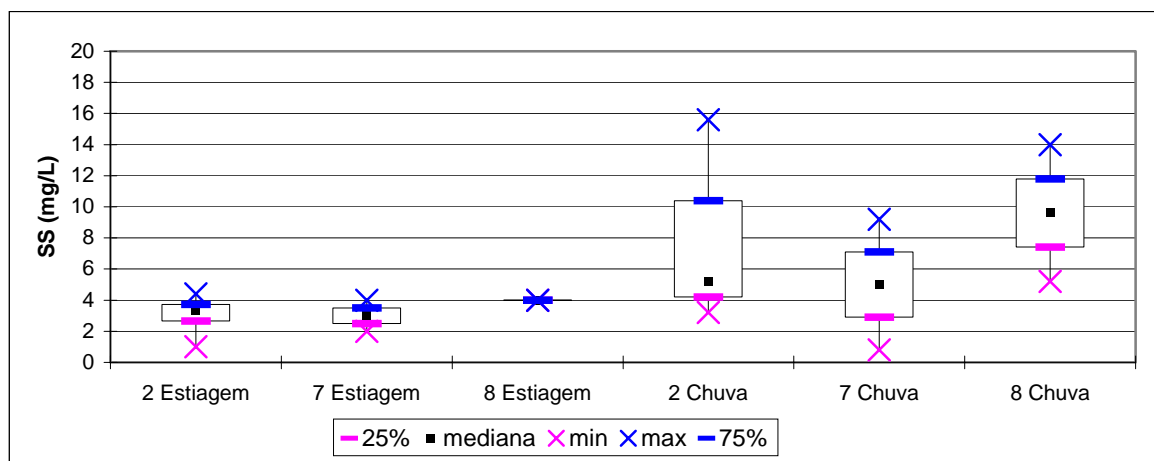


Figura 56 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na profundidade média, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

#### 4.3.2.3. Profundidade funda

- **Pontos de coleta 1, 3, 4, 5 e 6**

Obviamente os teores de OD a profundidades maiores são mais baixos. Como nas demais profundidades de coleta, na “profundidade funda” a concentração de OD foi maior na estiagem do que na chuva, exceto nos pontos 5 e 6 (os pontos de coleta mais profundos). Porém, ao contrário das demais profundidades de coleta, as concentrações de OD são, em geral, decrescentes em direção ao interior do reservatório, cada vez mais profundo. Mesmo na “profundidade funda”, em seu todo, os dados confirmam a boa qualidade da água do reservatório de Peti. Na estiagem, nos pontos menos profundos (2 e 3) as medianas estiveram em torno de 8,0 mg/L; nos pontos mais profundos (5 e 6), embora tenham sido detectados valores abaixo de 2,6 mg/L (25% dos dados no ponto 6) e valor mínimo nulo (ponto 6), as medianas estiveram em torno de 4,9 mg/L (ponto 5) e 3,6 mg /L (ponto 6). No período de chuvas (reservatório mais vazio), as variações entre os pontos de coleta são bem menores e as medianas giram em torno de 6,0 mg/L, conforme pode ser observado na Figura 57.

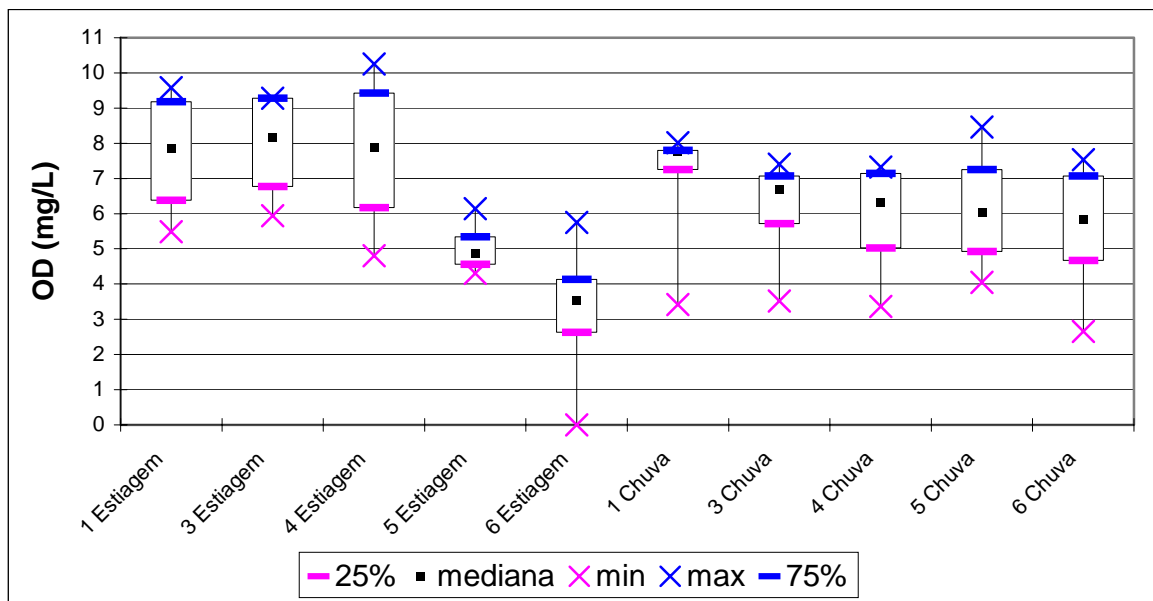


Figura 57 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Mesmo nas maiores profundidades o pH (Figura 58) se mantém sensivelmente constante ao longo de todos os pontos de coleta, em torno de 7,5, seja na época de estiagem ou de chuvas, o que também denota água de boa qualidade.

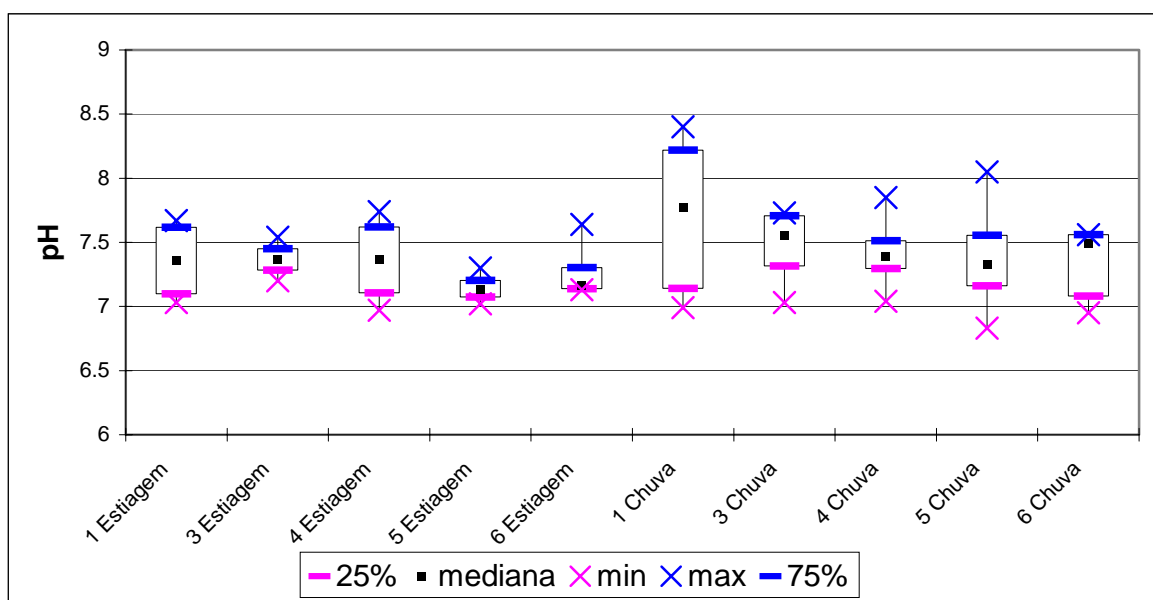


Figura 58 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Em relação à CE (Figura 59), mais uma vez os valores a montante do reservatório são mais elevados na época de estiagem, e no reservatório, em geral, estiveram em torno de 50 - 60  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sem destaque para qualquer diferença entre os pontos de amostragem.

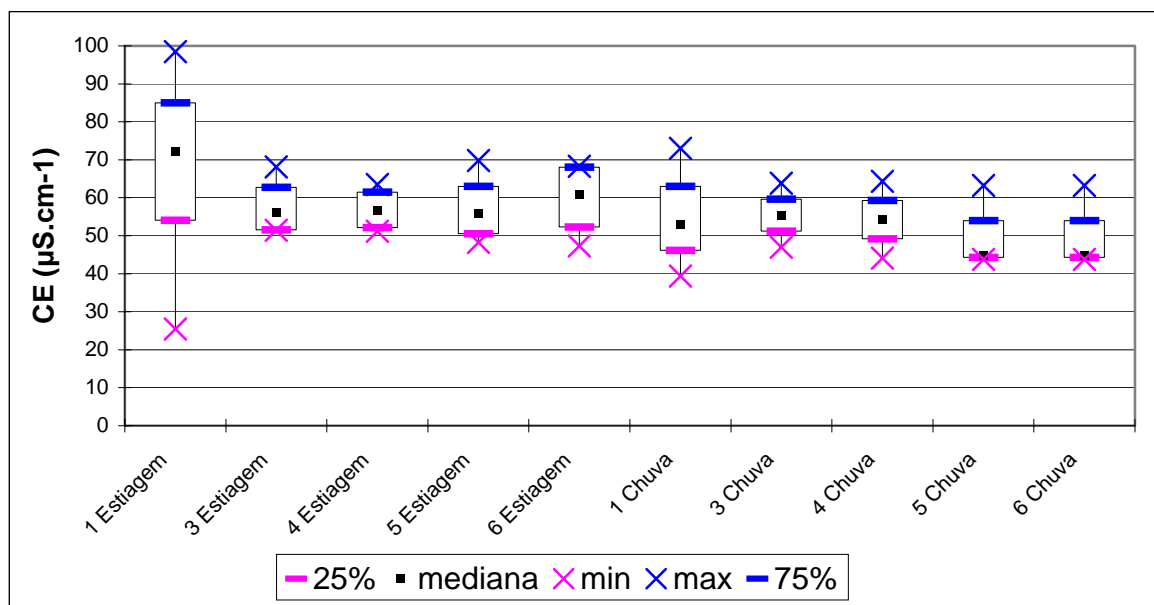


Figura 59 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Em relação à turbidez (Figura 60), valem praticamente as mesmas observações feitas para a profundidade média: influência das chuvas em todos os pontos, redução da turbidez de montante a jusante até o ponto mais no interior do reservatório, sem aumentos e maiores amplitudes de variação. Como nas demais profundidades, os dados de turbidez parecem apenas refletir a dinâmica própria do reservatório, sem permitir inferências comparativas de efeitos das margens. Este último comentário bem se aplica aos dados de cor, que apresentaram um padrão semelhante ao observado na profundidade média.

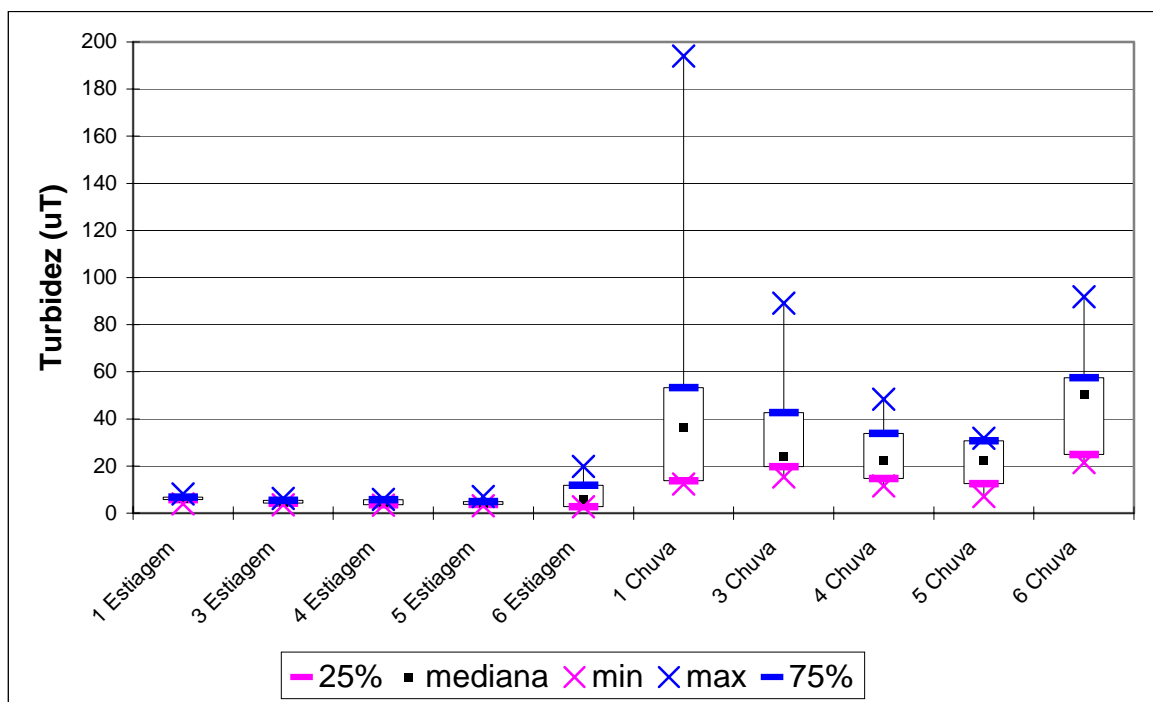


Figura 60 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os teores de sólidos totais (Figura 61) na “profundidade funda” apresentam a mesma ordem de grandeza na estiagem e chuva, e valores mais elevados que a profundidade média, às vezes, também maiores que os da superfície (como nos pontos 3 e 5 na estiagem e na chuva). Salvo exceções, a tendência é de crescimento à medida que se adentra o reservatório, com queda no meio do reservatório (ponto 6), onde se encontram as maiores profundidades. Estas variações parecem encontrar melhor explicação nos SV (Figura 62).

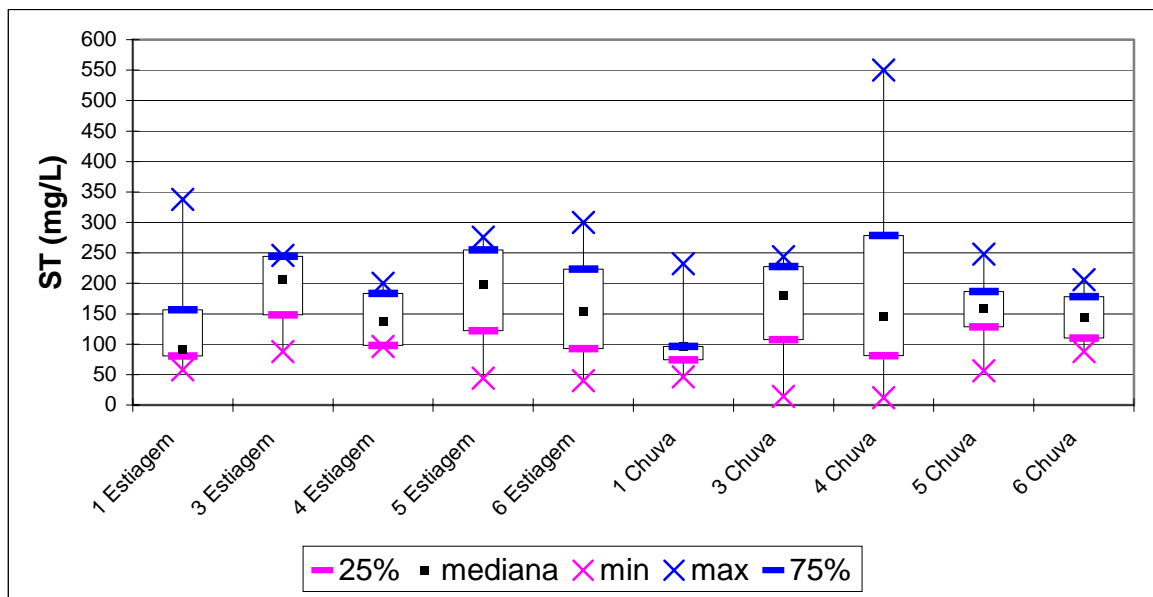


Figura 61 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

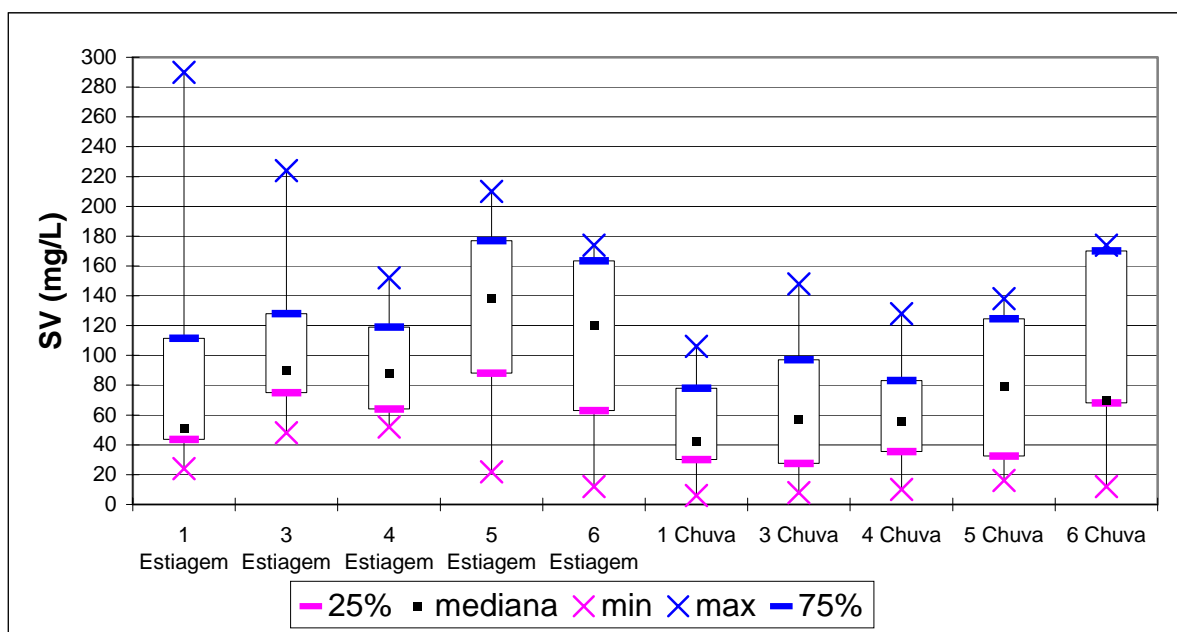


Figura 62 - Dados de SV em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Entretanto, o pico de ST observado no ponto 4 (550 mg/L) parece ser explicado pela alta concentração de SF (Figura 63), sendo o mesmo verificado nas três profundidades. É possível concluir então que neste ponto, no mês de março,

possa ter havido grande aporte de material inorgânico. Vale lembrar que o ponto 3 apresenta-se à contribuição de grandes áreas de pastagem.

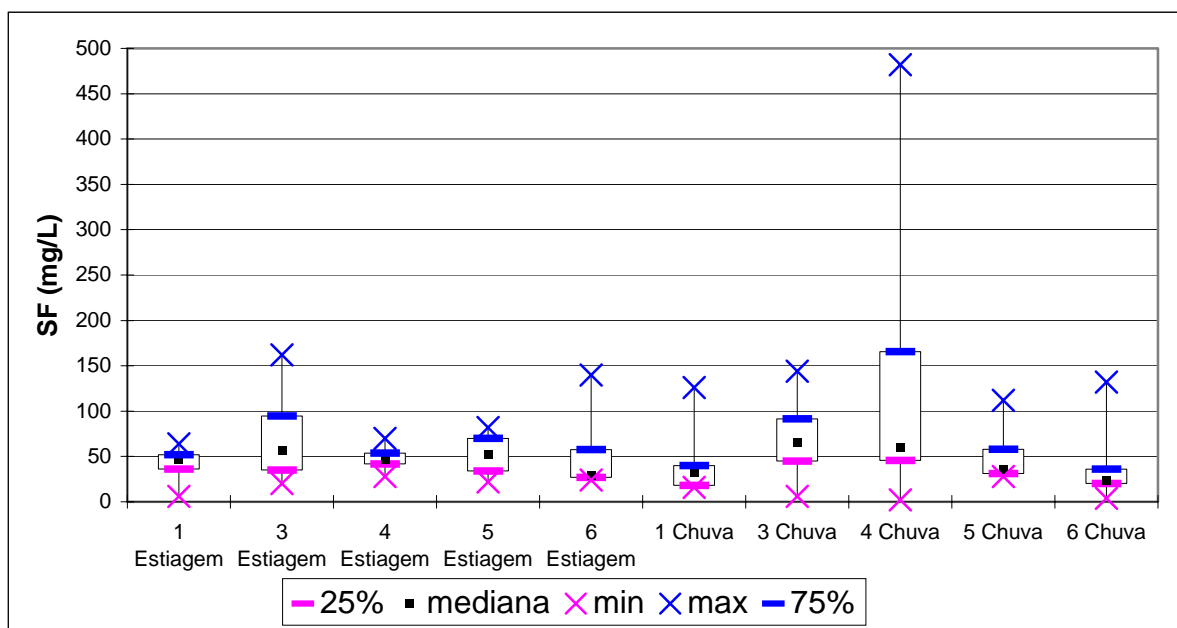


Figura 63 - Dados de SF em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Os teores de SS (Figura 64) e Sd (Figura 65) apresentam-se em concentrações e padrão de variação bastante similares aos da profundidade média e superfície, devendo-se ressaltar que as variações nos pontos mais a montante na superfície são mais largas.

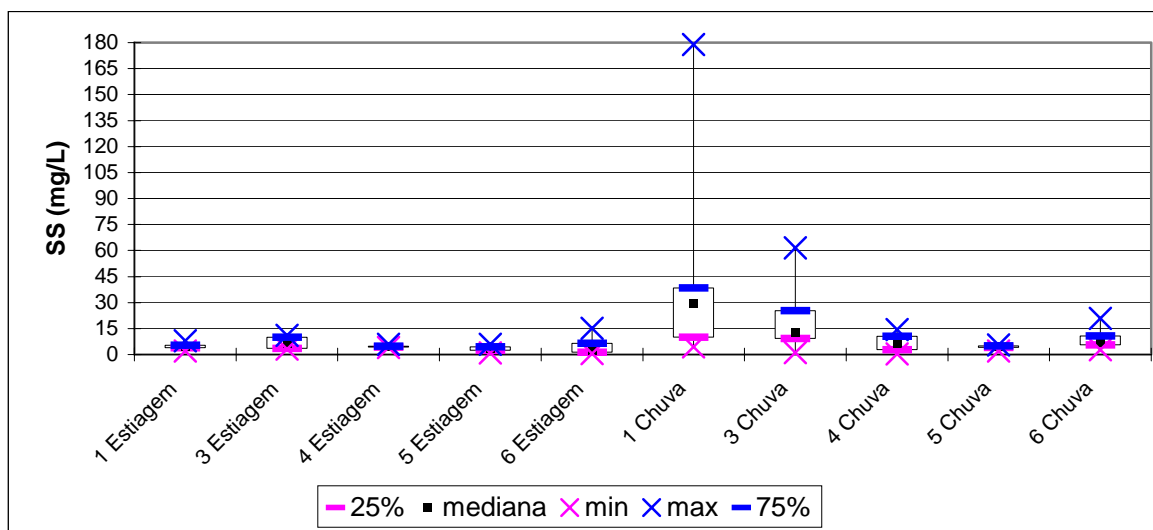


Figura 64 - Dados de SS em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

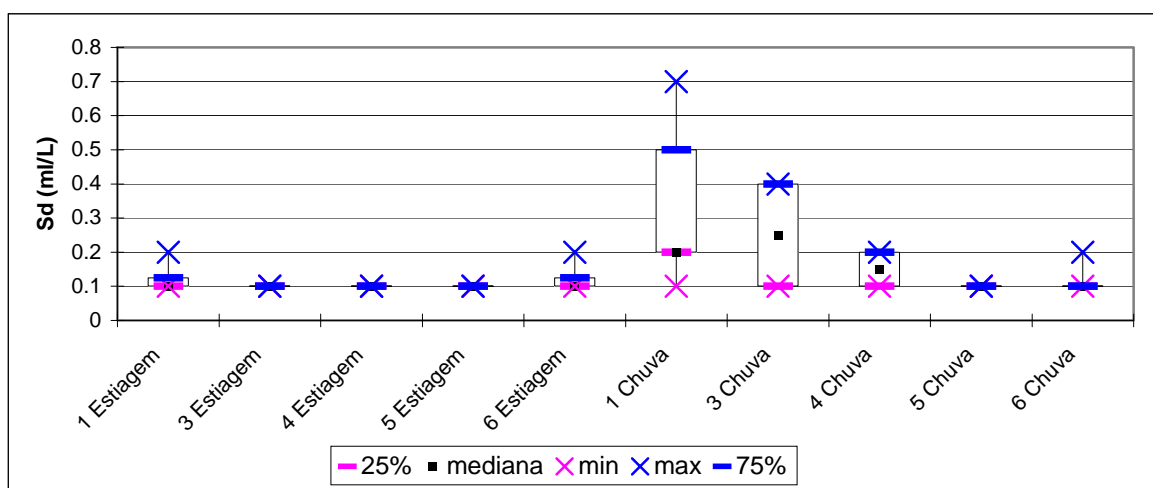


Figura 65 - Dados de Sd em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

- **Pontos de coleta 2, 7 e 8**

Tomando as medianas como referência, no ponto 2 as concentrações de OD registram uma pequena queda em relação às da profundidade média e da estiagem para as chuvas. Em contrapartida, o OD nos pontos 7 e 8 permanecem sensivelmente com os mesmos valores em ambas as situações, e com concentrações próximas às do ponto 2 (em torno de 4 mg /L), como pode ser observado na Figura 66.

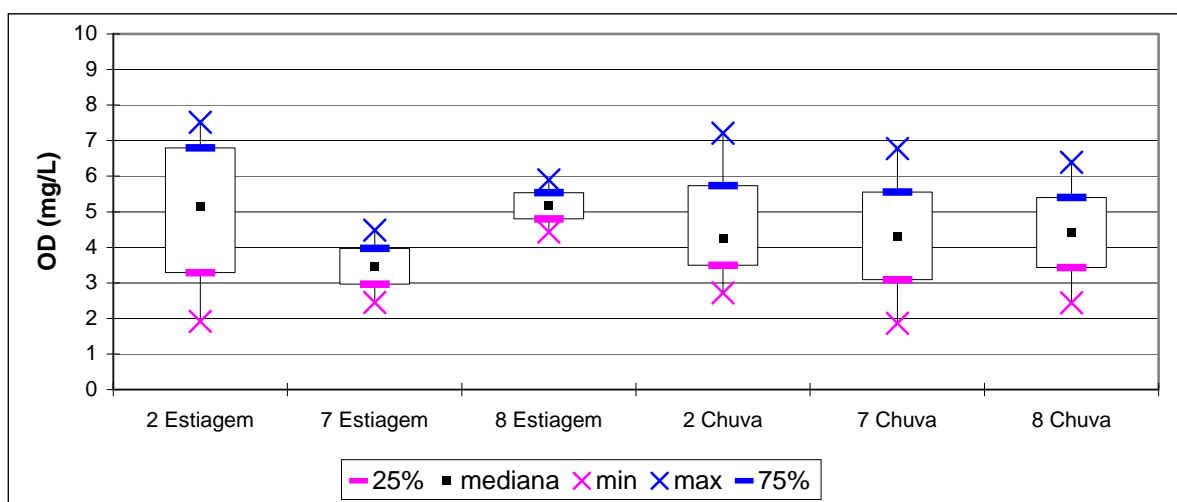


Figura 66 - Dados de OD em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Em relação à CE, verifica-se o mesmo que na superfície e profundidade média: valores um pouco mais baixos na época de estiagem nos pontos 7 e 8, os quais se elevam nas chuvas, como pode ser visto na Figura 67.

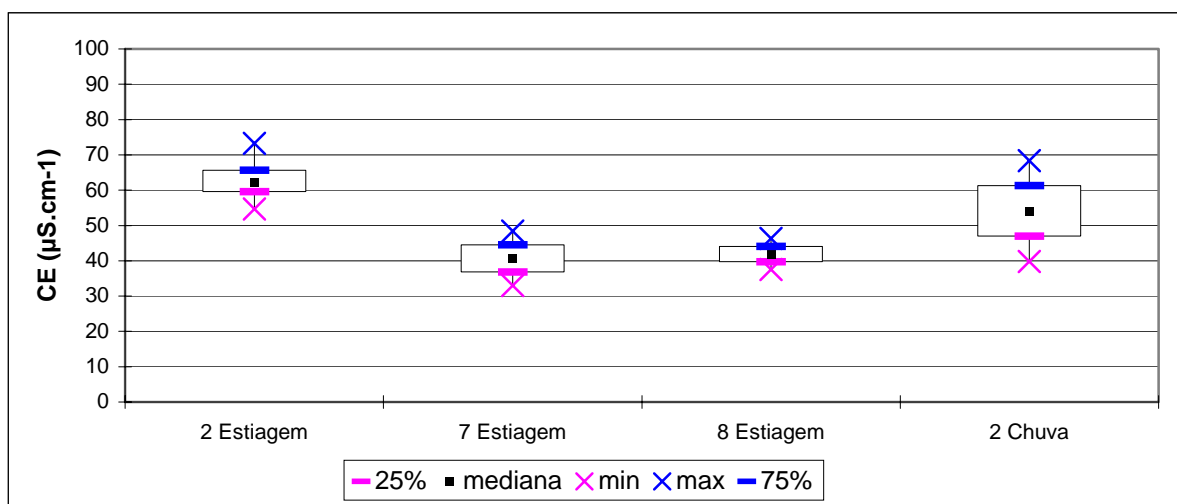


Figura 67 - Dados de CE em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Assim como na superfície e na profundidade média, o pH no ponto 2 não variou entre estiagem e chuva. Nos pontos 7 e 8, o pH já era um pouco inferior aos demais pontos e viu-se reduzido na estação chuvosa, mantendo-se na mesma



faixa de valores que nas outras profundidades (em torno de 7), como pode ser observado na Figura 68.

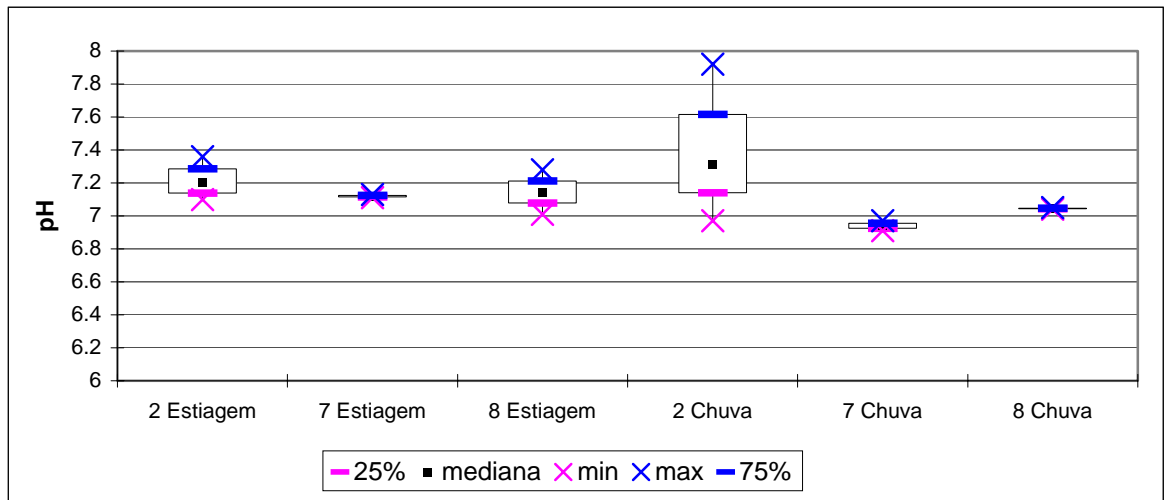


Figura 68 - Dados de pH em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Com as chuvas, nos três pontos a turbidez se eleva em valores bastante próximos, mantendo-se em ordem de grandeza similar à das demais profundidades e dos demais pontos na “profundidade funda” (em torno de 30 uT), salvo o ponto 6 (meio do reservatório – 50 uT), o que pode ser constatado na Figura 69.

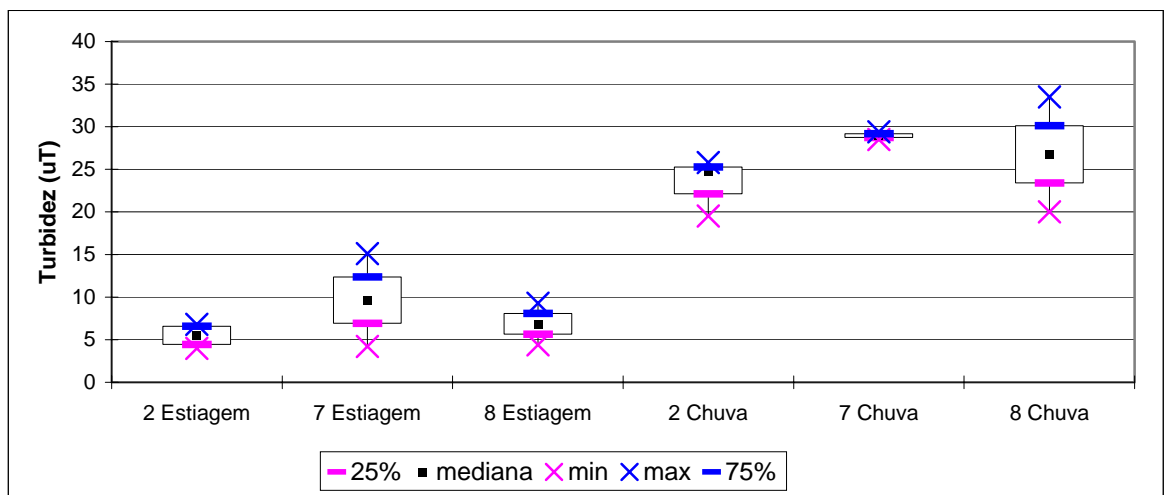


Figura 69 - Dados de turbidez em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

A cor comporta-se tal qual na profundidade média, como pode ser observado na Figura 70.

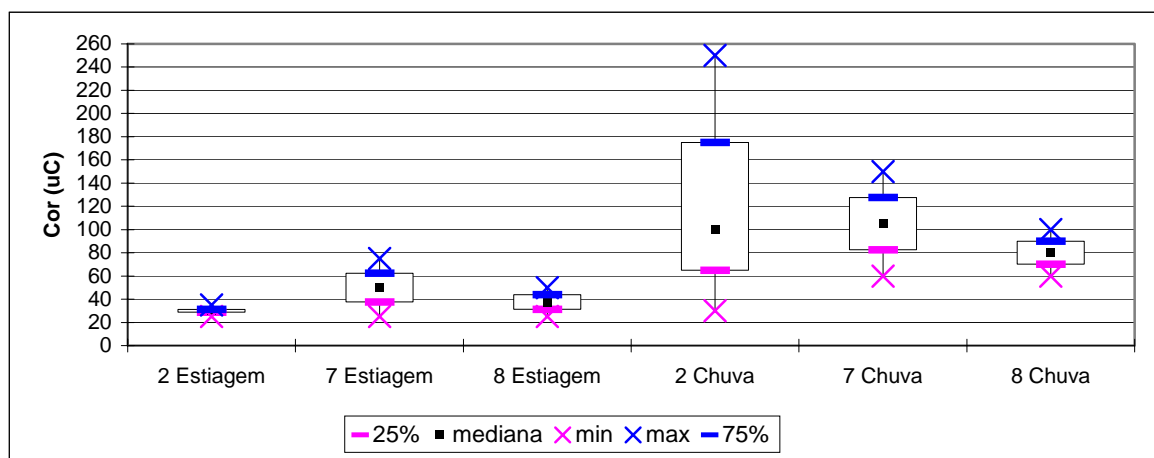


Figura 70 - Dados de cor em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

Apenas para reforçar algo já apontado, cabe destaque para os valores mais baixos de ST registrados no ponto 8, margeado por floresta em regeneração, como pode ser observado na Figura 71.

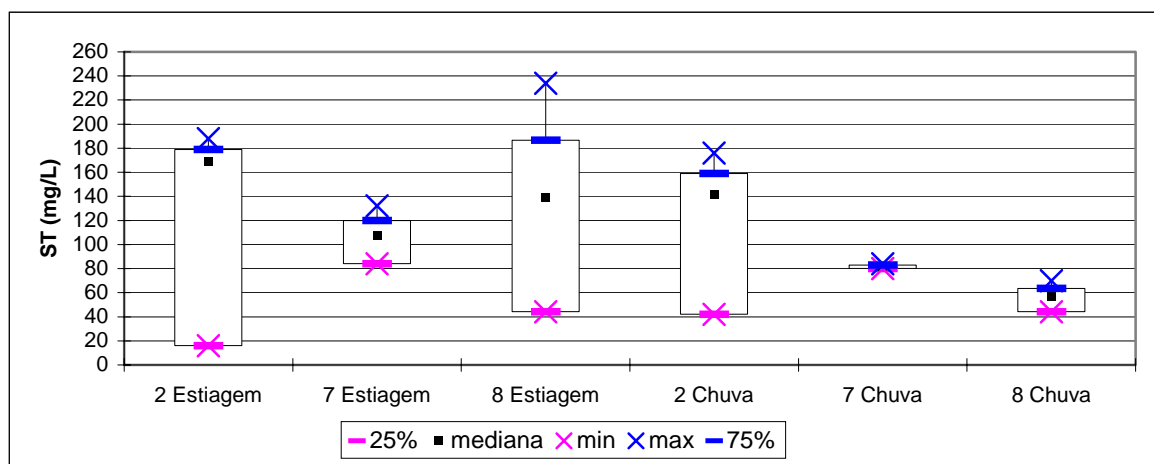


Figura 71 - Dados de ST em termos de estatística descritiva na profundidade funda, em período de estiagem e de chuva, nos pontos 2, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

### 4.3.3 Análises Complementares

A título de informação adicional, foram analisados os parâmetros DBO, DQO e ferro em alguns pontos do reservatório de Peti. Os parâmetros DBO e DQO foram analisados nos pontos 1, 6, 7 e 8, e o ferro foi analisado nos pontos 1 e 6. Para essas análises foram utilizadas amostras compostas das três profundidades no período de fevereiro até maio para os dois primeiros parâmetros e até abril para o ferro.

Em geral, a concentração de DBO foi baixa, caracterizando baixo teor de matéria orgânica no reservatório, como pode ser observado na Figura 72. Registra-se um aumento no mês de março, talvez devido à chuva. O menor valor encontrado foi 0,5 mg/L no ponto 1, em fevereiro, e o máximo foi 8,0 mg/L no ponto 7, em abril. Nos meses de fevereiro, março e abril a DBO no ponto 6 foi maior do que no ponto 1, indicando possível influência de aporte externo.

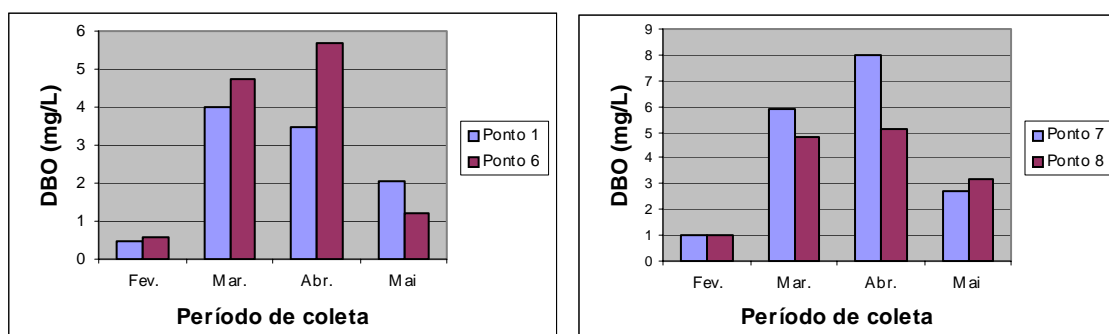


Figura 72 – Valores de DBO nos pontos 1, 6, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

A DQO foi maior nos meses de estiagem do que nos de chuva. O menor valor na chuva foi 34 mg/L no ponto 1 no mês de fevereiro e o maior valor foi 81 mg/L no ponto 7; na estiagem o menor valor foi 41,2 mg/L no ponto 7 em maio e o maior valor foi 118,2 mg/L no ponto 8 no mês de abril, como pode ser observado na Figura 73. Na análise destes números há de se considerar que o método de determinação de DQO (a amostra não foi filtrada) inclui a biomassa algal, daí, provavelmente, os maiores valores referentes à estiagem e as dificuldades de identificação de contribuições das margens.

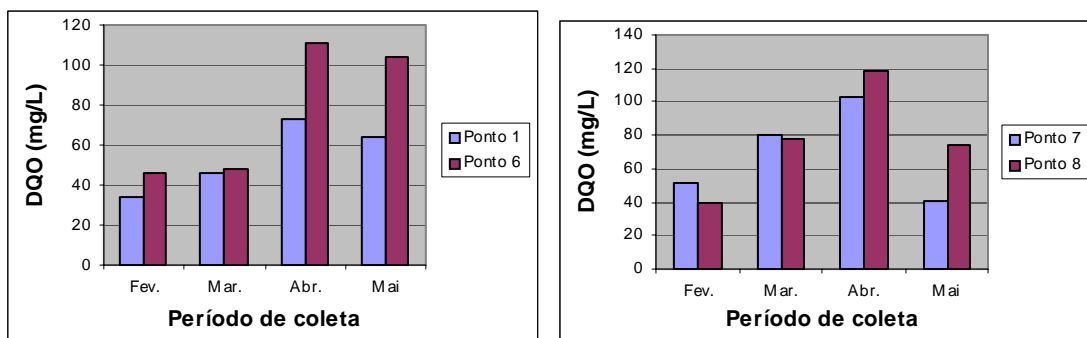


Figura 73 – Valores de DQO nos pontos 1, 6, 7 e 8, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

A determinação de ferro foi feita devido à presença de mineradoras próximas ao reservatório de Peti. A concentração de ferro ficou abaixo de 1mg/L no mês de fevereiro, nos dois pontos amostrados, e em março e abril ficou em torno de 1mg/L, como pode ser observado na Figura 74. Estas concentrações não são nada desprezíveis e sugerem a influência de ferro nos dados de cor e turbidez. Em um trabalho desenvolvido por Poletto & Carvalho (2004), na microbacia do córrego do Ipê, foram encontradas concentrações entre 0,5 e 3,0 mg/L.

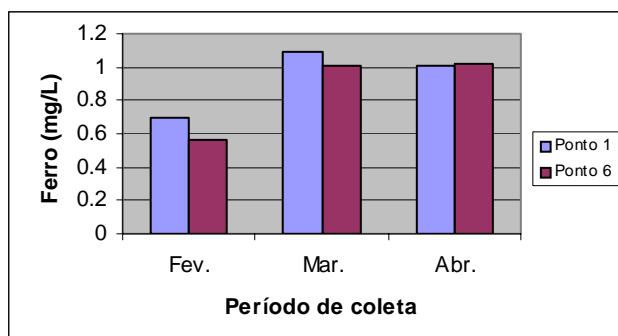


Figura 74 – Valores de ferro nos pontos 1 e 6, no reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti.

## 5. Conclusões

Com base nos resultados alcançados, as principais conclusões obtidas neste trabalho foram:

- Há alguma sugestão da influência das margens onde predominam pastagens na qualidade da água, em termos de turbidez, cor e sólidos. Esta inferência é feita com base nos resultados registrados no ponto de coleta de amostras (ponto 3), mais exposto a grandes áreas de contribuição de pastagens. Entretanto, estes indícios nem sempre são muito claros.

- O conjunto dos dados indica que o reservatório de Peti, bem preservado, com 3.569 ha (cerca de 47% da área) na bacia do entorno de área de floresta natural, e estabilizado em sua dinâmica (por ser um reservatório antigo), absorve bem os aportes externos, provindos do rio que o forma e das margens. Constata-se que a dinâmica própria do reservatório de Peti (característica de água represadas), através da sedimentação e autodepuração, faz com que a água que entra no reservatório chegue à barragem mais límpida, o que pode ser observado pelos teores de turbidez, sólidos em suspensão e sólidos sedimentáveis do início para o meio do reservatório.

- Pelos parâmetros analisados não foi possível detectar nitidamente a influência dos diferentes usos do solo; constatou-se que as variações de qualidade da água devem-se mais claramente a fenômenos sazonais de precipitação pluviométrica.

- Constatou-se que a qualidade da água do reservatório é, em geral, de boa qualidade: elevados teores de oxigênio dissolvido, baixa DBO, pH em torno da neutralidade, condutividade elétrica em valores relativamente baixos, picos sazonais de turbidez e sólidos absorvidos no reservatório.

## 6. Referências Bibliográficas

ANTUNES, F.N. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.12, p. 9-13, 1986.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington, DC: APHA, 1998.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; HONDA, E.A . Características físicas das águas dos rios Paraibuna e Paraitinga, região do Alto Paraíba-SP. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo, v.14, n.1, p.1-12, jun. 2002.

ARCOVA, F.C.S. e CICCIO, V.. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, n. 56, p. 125-134, dez. 1999.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo, v.10, n.2 p. 185-196, 1998.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; SHIMOMICHI, P.Y. Qualidade da água e dinâmica dos nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de Mata Atlântica. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo, v.5, n.1, p. 1-20, 1993.

BASTOS, R.K.X. Impactos da construção de centrais hidrelétricas relacionados com a água: pressupostos para a avaliação e proposição de medidas mitigadoras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 1, 1998, Poços de Caldas. **Anais...**São Paulo: CMGB. p. 63-75.

BASTOS, R.K.X; MOUNTEER, A. H; NASCIMENTO, L.E.. Qualidade da água. Viçosa [sn], 2003 (Apostila).

BRANCO, S. M.. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. Escrituras Editora, São Paulo - SP, 1999, p. 1-36.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2. ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

CABRAL, J.B.P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos de Geografia**, vol. 06 n°14, Uberlândia, MG, 2005, pp.62-69.

CALIJURI, M. C. **A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP)**. 211p. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CATHARINO, E.L.M. Florística de Matas Ciliares. In: Simpósio sobre Matas Ciliares, 1989, Campinas. **Anais....** Fundação Cargil, 1989.

CEMIG - GERÊNCIA DE PROGRAMAS E AÇÕES AMBIENTAIS. **Plano de negócios: Estação Ambiental de Peti, período 2003-2007**. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). 2003, 39p.

CETESB, 1987. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. 1ª ed. São Paulo, 155p.

COTA, V.O.; SANTANA, N.G. ; GARÇÃO, F.; SILVA, S.; MATSUMURA, M.S.; SABARÁ, M.G..**Comportamento de variáveis limnológicas em microbacias com cobertura de florestas nativas, *Eucalyptus Grandis* e pastagem..** Disponível em : <<http://cemac-ufla.com.br/AnaisTrabVoluntários.htm>> Acesso: 17 jun.2004.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP. 575p., 1998.

FONSECA, Y. M. de M., SPERLING, E. Von, MACHADO, J.N. de A.. **Avaliação do impacto de descarga profunda de reservatórios na operação de sistemas de produção da região metropolitana de Belo Horizonte**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, v.030, CD ROOM. 1999.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Composição florística e tipos vegetacionais da Estação de Proteção e Desenvolvimento Ambiental de Peti/CEMIG, MG**. Belo Horizonte: SAT/CETEC, 42p., Relatório Técnico. 1989.

JONG, J.; ROOY, P.T.J.C.; HOSPER, S.H.. Living with water: at the crossroads of change. **Water Science Technology**. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, The Netherlands, 1995. n.08, p. 393-400.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A.; CARPANEZZI, A.A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1989. p.130-143.

KIRA, T. & SAZANAMI, H.. Utilização de recursos hídricos e problemas de gerenciamento de lagos. In: HASHIMOTO, M. (ed.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. Japão, 1995. v.2, 6p.

LEITE, M.A. **Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP) e sua influência sobre as características limnológicas do sistema**. São Carlos, 1998. 164p. Dissertação

(Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

LIMA, W. de P.. Função Hidrológica da Mata Ciliar. In: Simpósio sobre Matas Ciliares, 1989, Campinas. **Anais...** . Fundação Cargil, 1989.

MARINHO FILHO, J.S.; REIS, M.L. A fauna de mamíferos associada as matas de galeria. In: Simpósio sobre Matas Ciliares, 1989, Campinas. **Anais....** Fundação Cargil, 1989,.

MARTINS, M.L.N. e SPERLING, E.V.. **Dinâmica do ferro e do manganês no hipolímio do Reservatório Serra Azul em Minas Gerais.** 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Foz do Iguaçu, cd room , 1997.

MULLER, A . C.. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento.** São Paulo: Makron Books. 1996.

NOVO, E.M.L.M.; BRAGA, C.Z.F. **Segundo relatório do projeto sensoriamento remoto de sistemas aquáticos.** Convênio CRHEA/USP – INPE/MCT. São José dos Campos, 1995. 103p.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.64-72, 1994.

PAULA, A. .; SILVA, A F.; SOUZA, A L.; SANTOS, F.A M. Alterações florísticas ocorridas num período de quatorze anos na vegetação arbórea de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.26, p 743-749, 2002.

PEREIRA FILHO, W. **Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do Reservatório de Tucuruí – Pará.** 138 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

PIÃO, A . C.S.. **Transporte de nitrogênio , fósforo e sedimentos pelo Ribeirão dos Carrapatos município de Itai, SP, sua relação com usos do solo e outros impactos antropogênicos e a sua deposição no braço do Taquari (Represa de Jurumirim).** 194p. Tese (Doutorado) – Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1995.

PINTO-COELHO, R.M.; AZEVEDO, L.M.A ; RIZZI, P.L.V.; ROLLA, M.E..**Origens e efeitos do aporte externo de nutrientes em um reservatório tropical de grande porte: Reservatório de São Simão (MG/GO).** In: Simpósio Ecologia de reservatórios: Impactos, ações de manejo e sistemas em cascata. 11-14/07, Avaré. Organização: Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP, 2004.

POLETO, C. e CARVALHO, S.L. **Avaliação da influência da degradação do solo de uma microbacia hidrográfica na qualidade da água do Córrego do Ipê,**



**município de Ilha Solteira-SP.** <<http://cemac-ufpa.com.br/AnaisTrabVoluntários.htm>> Acesso: 17 jun. 2004.

RAJAR, R., 1997, "The Role of Mathematical Models, Physical Models and Field Measurement in Water Pollution Problems. In: RAJAR, R., BREBIA, C (EDITORES) - Water Pollution IV", Boston, **Computational Mechanics Publications**, pp. 545-554.

REFOSCO, J. C. **Estudo comparativo da paisagem das bacias hidrográficas dos rios Araguá e da Prata. Modificações da paisagem e impactos na quantidade de material em suspensão no ambiente aquático.** 101p. Dissertação (Mestrado) – Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos . 1994.

SANTOS, A .P.; FORESTI, C.; NOVO, E.M.L.M.; NIERO, M.; LOMBARDO, M.A . **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra.** São José dos Campos: INPE-2261-MD/016-DSR/ANAMBI, 1981. 61p.

SIOLI, H.. Rios Tropicais: problemas ecológicos e relações à condições ambientais terrestres. **Brasil Florestal.** v.45: p. 9 – 21. 1981.

SPERLING, E. V.. Qualidade da água em atividades de mineração. In: DIAS, L.E. e MELLO, J.W.V. (eds.). **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: Unoversidade Federal de Viçosa, 1998. pp. 95-105

SPERLING, E V. . **Profundidades médias de lagos e represas brasileiros e sua influência na qualidade da água.** 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, v.28, CD ROOM. 1999.

SPERLING, E. V. **Morfologia de lagos e represas.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, 138p., 1999.

TAKINO, M.; MAIER, M.H.; STEMPNIEWISKI, H. L.. Características físicas e químicas da água em ambientes de altitude elevada – Campos do Jordão. **Boletim do Instituto de Pesca.** São Paulo, v.11, n. único. p.1-12, 1984.

THORTON , W.K.. Perspectives on Reservoir Limnology. In THORTON, W.K. et al. (ed.) **Reservoir Limnology: ecological perspectives.** Jonh Wiley and Sons, Inc. 1990.

TUFFORD, J.G.. Frontiers of brazilian research: reservoirs as complex systems. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the advancement of Science**, 1998. vol.48, pp. 383-387.

TUNDISI, J. G. Ambiente, Represas e Barragens. **Ciência Hoje.** v. 5. n. 27. São Paulo. 1986, p. 48-54.

VALENTE, O F. & CASTRO, P.S.. Manejo de bacias hidrográficas. **Informe Agropecuário**, ano 07, nº 80, p. 40-45, 1981.

von SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005 (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 1).

VON SPERLING, E. Avaliação do estado trófico de lagos e reservatórios tropicais. **Bio Engenharia Sanitária e Ambiental. Encarte técnico.** Ano III. p. 68-76. 1994

ZAKIA, M.J.B.. Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental : implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas. São Carlos, 1998. 99p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1998.

## **Anexos**

Anexo 1 – Profundidades (m) de coleta nos pontos de amostragem do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti nos dias de coleta

Locais de Amostragem	Profundidades (m) nos dias de coleta de amostras de água								
	24/set	25/out	21/nov	15/dez	24/jan	14/fev	14/mar	08/abr	10/mai
Ponto 1 Superfície	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
Ponto 1 Prof. Média	5.0	3.0	1.0	1.0	2.0	1.0	3.0	2.0	2.0
Ponto 1 Prof. Funda	8.0	5.0	2.0	2.0	4.0	1.5	5.0	4.0	4.0
Ponto 2 Superfície	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
Ponto 2 Prof. Média	2.0	2.0	1.0	*	*	1.0	2.0	2.0	2.0
Ponto 2 Prof. Funda	3.0	3.0	1.5	*	*	1.5	3.0	3.0	3.0
Ponto 3 Superfície	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
Ponto 3 Prof. Média	2.0	2.0	1.0	1.0	*	1.0	2.0	2.0	2.0
Ponto 3 Prof. Funda	3.0	3.0	1.5	2.0	*	2.0	3.0	3.0	3.0
Ponto 4 Superfície	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
Ponto 4 Prof. Média	2.0	2.0	1.0	1.0	1.5	1.0	2.0	2.0	2.0
Ponto 4 Prof. Funda	3.5	3.0	2.0	2.0	*	1.5	4.0	4.0	4.0
Ponto 5 Superfície	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
Ponto 5 Prof. Média	3.0	3.0	1.0	2.0	1.5	1.0	3.0	3.0	3.0
Ponto 5 Prof. Funda	5.0	5.0	2.0	3.0	*	1.5	5.0	4.0	4.0
Ponto 6 Superfície	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ponto 6 Prof. Média	5.0	5.0	3.0	5.0	2.0	5.0	5.0	5.0	3.0
Ponto 6 Prof. Funda	10.0	10.0	5.0	8.0	4.0	10.0	10.0	10.0	6.0
Ponto 7 Superfície	**	**	**	**	**	1.0	1.0	1.0	1.0
Ponto 7 Prof. Média	**	**	**	**	**	2.0	3.0	3.0	3.0
Ponto 7 Prof. Funda	**	**	**	**	**	4.0	5.0	5.0	5.0
Ponto 8 Superfície	**	**	**	**	**	1.0	1.0	1.0	1.0
Ponto 8 Prof. Média	**	**	**	**	**	2.0	3.0	3.0	3.0
Ponto 8 Prof. Funda	**	**	**	**	**	4.0	5.0	5.0	5.0

\*: Não houve coleta nestas profundidades (reservatório mais vazio);

\*\* : Neste período estes pontos ainda não tinham sido selecionados.

Anexo 2 – Horários de coleta nos pontos de amostragem do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti nos dias de coleta

Locais de Amostragem	Horários de coleta de amostras de água								
	24/set	25/out	21/nov	15/dez	24/jan	14/fev	14/mar	08/abr	10/mai
Ponto 1 Superfície	11:06	10:11	10:00	10:05	10:07	10:25	10:06	11:50	12:14
Ponto 1 Prof. Média	11:05	10:04	09:55	10:00	10:05	10:20	10:05	11:48	12:11
Ponto 1 Prof. Funda	11:04	10:00	09:50	09:57	10:00	10:15	10:04	11:45	12:08
Ponto 2 Superfície	11:27	10:36	10:34	10:28	10:25	10:50	10:34	12:16	13:00
Ponto 2 Prof. Média	11:26	10:32	10:30	*	*	10:45	10:33	12:13	12:58
Ponto 2 Prof. Funda	11:25	10:28	10:25	*	*	10:40	10:32	12:10	12:55
Ponto 3 Superfície	11:51	10:56	10:55	10:52	10:40	11:35	10:56	12:26	13:23
Ponto 3 Prof. Média	11:50	10:52	10:50	10:47	*	11:30	10:55	12:24	13:20
Ponto 3 Prof. Funda	11:48	10:49	10:45	10:41	*	11:25	10:54	12:22	13:17
Ponto 4 Superfície	12:11	11:20	11:14	11:15	11:00	12:05	11:26	12:45	13:49
Ponto 4 Prof. Média	12:10	11:15	11:10	11:12	10:55	12:03	11:25	12:43	13:45
Ponto 4 Prof. Funda	12:09	11:10	11:05	11:05	*	12:00	11:24	12:40	13:42
Ponto 5 Superfície	12:36	11:40	11:31	11:37	11:14	12:40	11:45	12:57	14:33
Ponto 5 Prof. Média	12:35	11:35	11:30	11:31	11:10	12:35	11:44	12:55	14:30
Ponto 5 Prof. Funda	12:34	11:30	11:25	11:26	*	12:30	11:43	12:53	14:27
Ponto 6 Superfície	12:26	12:05	11:47	11:58	11:30	13:22	12:05	13:05	14:58
Ponto 6 Prof. Média	12:25	12:00	11:46	11:51	11:25	13:20	12:04	13:04	14:54
Ponto 6 Prof. Funda	12:24	11:55	11:45	11:45	11:20	13:15	12:03	13:02	14:50
Ponto 7 Superfície	**	**	**	**	**	13:35	12:21	13:25	15:14
Ponto 7 Prof. Média	**	**	**	**	**	13:35	12:20	13:23	15:12
Ponto 7 Prof. Funda	**	**	**	**	**	13:32	12:19	13:20	15:10
Ponto 8 Superfície	**	**	**	**	**	13:55	12:49	13:40	15:46
Ponto 8 Prof. Média	**	**	**	**	**	13:53	12:47	13:38	15:43
Ponto 8 Prof. Funda	**	**	**	**	**	13:50	12:45	13:36	15:40

\*: Não houve coleta nestas profundidades (reservatório mais vazio);

\*\* : Neste período estes pontos ainda não tinham sido selecionados.