



**UHE CANA BRAVA  
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

**FASE OPERAÇÃO**

**X RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL REFERENTE À  
CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2005**

**OUTUBRO DE 2005**

## **EQUIPE RESPONSÁVEL**

Biol. M.Sc. Juliana Machado do Couto

Biol. M.Sc. Priscilla de Carvalho

Biol. Larice de Fátima Machado do Couto (Mestranda)

Bio. Kátia Bittar Haddad

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	01
2. METODOLOGIA	02
2.1. Variáveis físico-químicas e bacteriológicas	02
3. RESULTADOS	5
3.1. Parâmetros físico-químicos	5
3.1.1. Perfil vertical do ponto 21	16
3.2. Parâmetros bacteriológicos	19
4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS	20
5. BIBLIOGRAFIA	21
ANEXO I	22

## 1. APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada em setembro de 2005.

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

- (i) descrever os métodos analíticos que foram utilizados para determinação das variáveis físico-químicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em setembro de 2005, em 13 pontos de monitoramento localizados no reservatório da UHE Cana Brava e, assim, contribuir com a caracterização limnológica deste trecho;
- (iii) apresentar os resultados da análise de mercúrio em sedimento do reservatório da UHE Cana Brava;
- (iv) comparar os resultados obtidos com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, para águas da Classe 2;

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Variáveis físico-químicas e bacteriológicas**

#### Coleta das amostras

Foram coletadas amostras de água em 13 pontos de coletas (Tabela 1). As coletas de água foram realizadas com barco. Nas estações localizadas no corpo central do reservatório (pontos 1, 6, 20 e 21) foram coletadas amostras de superfície, meio e fundo. Nos demais pontos, foram amostrados somente água na superfície. Os parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), coliformes totais e coliformes fecais foram determinados apenas na superfície em todos os pontos amostrados. As amostras de água foram coletadas com uma garrafa de Van Dorn horizontal com capacidade para 3 litros, a qual foi submersa até a profundidade desejada, presa num cabo de poliamida graduado.

Em campo foram obtidos os valores de pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) (potenciômetro digital), oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação de oxigênio, temperatura da água (YSI 550A), temperatura do ar (termômetro de mercúrio) e transparência da água (disco de Secchi).

A profundidade do disco de Secchi também foi utilizada para estimar a extensão da zona eufótica (para maiores detalhes ver relatórios de dezembro de 2003 e abril de 2004). Desta maneira, assumiu-se como o meio da coluna da água (para as coletas nos pontos 1, 6, 20 e 21) o final da zona eufótica. A zona afótica (onde não ocorre penetração de luz), localizada nas maiores profundidades foi classificada como fundo nestes mesmos pontos.

#### Coleta de Sedimento

Foram coletadas amostras de sedimentos em 5 pontos no reservatório de Cana Brava: 2 pontos no Rio Preto; 2 pontos no Rio Carmo e 1 ponto no Rio Cana Brava. As coordenadas geográficas de cada ponto amostrado estão na Tabela 3.

Amostras de sedimento foram coletadas com draga (amostrador tipo Petersen, 252 cm<sup>2</sup>), acondicionadas em potes de polietileno e mantidas em caixas de isopor até o laboratório.

### Análise das amostras

As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas, e encaminhadas para o laboratório de limnologia da Naturae, em Goiânia para realização das análises. A determinação dos parâmetros físico-químicos foi analisada segundo os métodos do manual de operação do laboratório portátil DR 2010 da HACH, conforme relacionados na Tabela 2.

### Determinação de mercúrio

O método utilizado para determinação de mercúrio foi espectrofotometria por absorção atômica - atomização com gerador de hidretos (Hatch e Ott, 1968).

Tabela 1. Pontos de coleta selecionados para o monitoramento limnológico.

<b>PONTO</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>LONG.(W)</b>	<b>LAT.(S)</b>	<b>REFERENCIAL</b>
1	Tocantins/Córrego Florêncio	48°09'09"	13° 46'23"	Montante
2	Rio Preto	48°03'36"	13°42'10"	Montante
5	Rio São Félix	48°06'27"	13°32'47"	Montante
6	Tocantins/ Foz São Félix	48°05'28"	13°32'47"	Montante
7	Rio Bonito	48°10'36"	13°29'09"	Montante
8	Córrego Varjão	48°12'05"	13°29'03"	Montante
10	Rio do Carmo	48° 02'46"	13°25'36"	Montante
15	Tocantins/Rio Cana Brava	48°09'56"	13°11'49"	Jusante
18	Praia de Minaçu - parte interna	48°12'37"	13°30'17"	Montante
19	Praia de Minaçu - parte externa	48°12'33"	13°29'53"	Montante
20	No meio do reservatório	48°09'33"	13°26'59"	Montante
21	Tocantins/Próximo à UHE Cana Brava	48°08'29"	13°24'24"	Montante
22	Rio Bonito (acima do ponto 7)	48°14'04"	13°33'03"	Montante

Tabela 2. Métodos de análise e faixa de detecção dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico.

Parâmetro	Metodologia	Faixa	Referências	
			USEPA *	Standard Methods
Temperatura	termômetro	0 – 100°C		-
Transparência	disco de secchi	0 – Desaparecimento		-
pH	potenciométrico	0 -14		4500 - H <sup>+</sup> - B
Condutividade elétrica	potenciométrico	0 – 199,9µS/cm		2510 - B
Sólidos totais dissolvidos	potenciométrico	0 – 750 mg/l		-
Oxigênio dissolvido	potenciométrico	0 – 30 mg/L O <sub>2</sub>		4500 - O - G
Turbidez	nefelométrico	0-1000 NTU		2130 - B
Alcalinidade	titulação com ácido sulfúrico	10 – 4000 mg/l CaCO <sub>3</sub>	X	2320B
Acidez	titulação com hidróxido de sódio	0 - 400 mg/L CaCO <sub>3</sub>	X	23/10B
CO <sub>2</sub>	titulação com hidróxido de sódio	0 - 125 mg/l CO <sub>2</sub>	X	4500 - CO <sub>2</sub> - C
Cloreto	titulação com nitrato de mercúrio	0 – 40 mg/l Cl <sup>-</sup>	X	4500 - Cl <sup>-</sup> - C
Dureza total	titulação usando método EDTA	10 – 4000 mg/l CaCO <sub>3</sub>	X	2340C
Ferro total	Espectrofotometria pelo método Ferro Ver	0 – 3,00 mg/L	X	3500B
Nitrato	Espectrofotometria pelo método Redução de Cádmio	0 – 4,5 mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		4500 - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - E
Nitrito	Espectrofotometria pelo método Diazotação	0 – 0,300 mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	X	4500 - NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - B
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotometria pelo método do Salicilato	0 – 2,50 mg/L NH <sub>3</sub>		4500 - NH <sub>3</sub>
Orto-fosfato	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	X	4500 - P - E
Sulfato	Espectrofotometria pelo método do Sulfa Ver 4	0 – 70 mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	X	4500 - SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - F
Sulfeto	Espectrofotometria pelo método do Azul de Metileno	0 – 0,600 mg/l S <sup>2-</sup>	X	4500 - S <sup>2-</sup> - D
DBO <sub>5</sub>	diferença entre oxigênio final e inicial	-		5210 - B
Coliformes fecais	tubos múltiplos	-		9222 - D / 9221 - E
Coliformes totais	tubos múltiplos	-		9222 - B / 9221 - B

Metodologias adaptadas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

\* Metodologia aprovada pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA – United States Environmental Protection Agency).

### 3. RESULTADOS

Os resultados gerais se encontram no Anexo I.

#### 3.1. Parâmetros Físico-Químicos

Em setembro de 2005, a temperatura do ar apresentou valor médio de 31,5°C (Tabela 3). O maior valor de temperatura (38°C) foi mensurado às 13:30 h. Os valores de temperatura da água foram altamente correlacionados com os valores da temperatura do ambiente ( $r = 0,6$ ;  $P = 0,03$  – Figura 1), refletindo a influência do ambiente sobre a temperatura da água na superfície dos locais amostrados e, da mesma maneira, dos horários de coleta sobre as variações nos valores da temperatura da água.

Tabela 3. Valores da temperatura do ambiente durante a coleta realizada em setembro de 2005.

Pontos de coleta	Temperatura ambiente (°C)
1	31
2	34,5
5	38
6	34
7	31
8	31
10	29
15	28
18	31
19	31
20	32
21	32
22	27

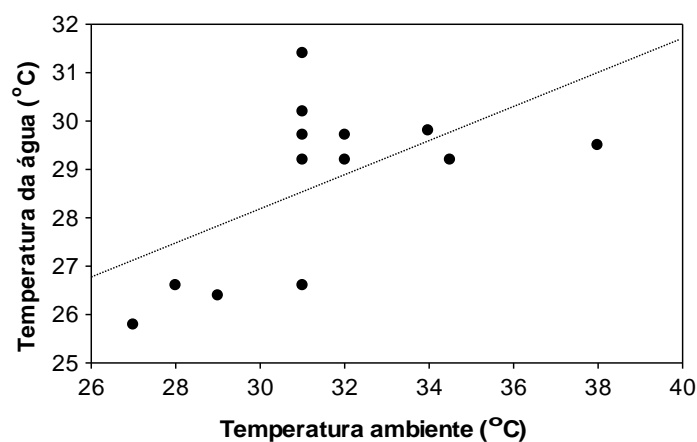


Figura 1. Relação entre temperatura ambiente e temperatura da água na superfície dos locais amostrados.



Os valores da temperatura da água variaram entre 25,8°C na superfície do ponto 22 (às 10:25h), em local sombreado, e 31,4°C na superfície do ponto 8. A temperatura média da água nas maiores profundidades foi igual a 27,5°C no meio e 26,8°C no fundo (Figura 2).

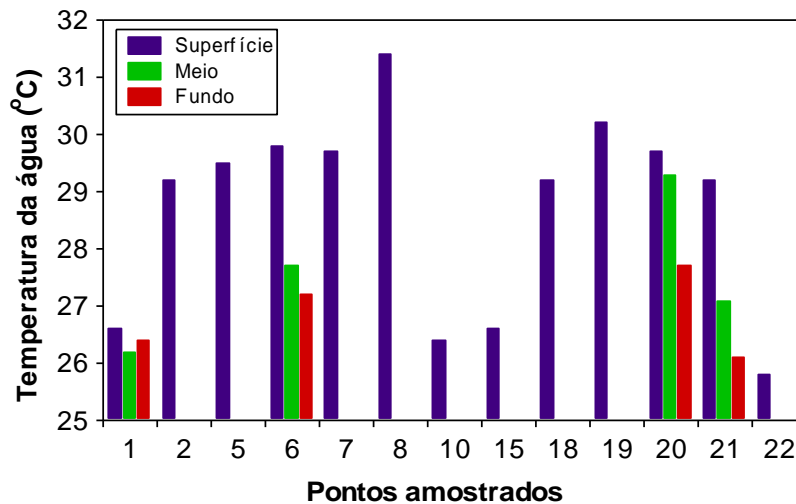


Figura 2. Valores da temperatura da água.

Assim como observado em julho de 2005, os valores de turbidez em setembro de 2005 foram baixos. Em outras palavras, durante o período de estiagem, o reservatório da UHE Cana Brava apresenta águas bastante transparentes (média igual a 3,0 metros nos locais mais profundos). Em média, os valores de turbidez, mensurados em setembro, foram iguais a 2,91 NTU, 1,26 NTU e 1,49 NTU na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 3). O menor valor foi obtido na superfície do ponto 15 (0,83 NTU) enquanto que o maior valor foi mensurado na superfície do ponto 8 (20,1 NTU). Em setembro de 2005, todos os locais amostrados apresentaram valores de turbidez dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357 de março de 2005 (100 NTU).

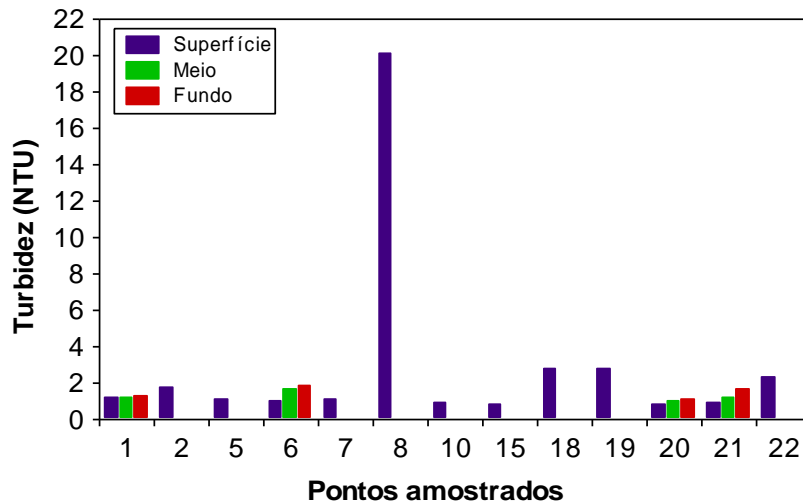


Figura 3. Valores de turbidez.

Os valores médios de oxigênio dissolvido para as águas do reservatório foram 7,98; 5,99 e 3,69 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração de oxigênio dissolvido (9,08 mg/l) foi obtida na superfície do ponto 22, enquanto que a menor concentração (1,16 mg/l) foi obtida no fundo do ponto 21 (28 metros) (Figura 4a). As menores concentrações de oxigênio dissolvido foram mensuradas nas maiores profundidades do reservatório (fundo dos pontos 1, 6, 20 e 21). Em setembro, diferentemente do observado em julho, alguns locais apresentaram concentrações de oxigênio abaixo do limite permitido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/l):

- superfície, meio (9 metros) e fundo (14 metros) do ponto 1;
- fundo do ponto 6 (16 metros);
- fundo do ponto 20 (18 metros);
- fundo do ponto 21 (28 metros).

A porcentagem de saturação de oxigênio se comportou da mesma maneira que a concentração de oxigênio dissolvido, sendo mensurado menores valores em setembro de 2005, comparado com o mês de julho. Em média, a porcentagem de saturação de oxigênio foi igual a 103,5% na superfície, 76,2% no meio e 46,6% no fundo dos pontos amostrados. A menor porcentagem (14,6%) foi mensurada no fundo do ponto 21 (Figura 4b).

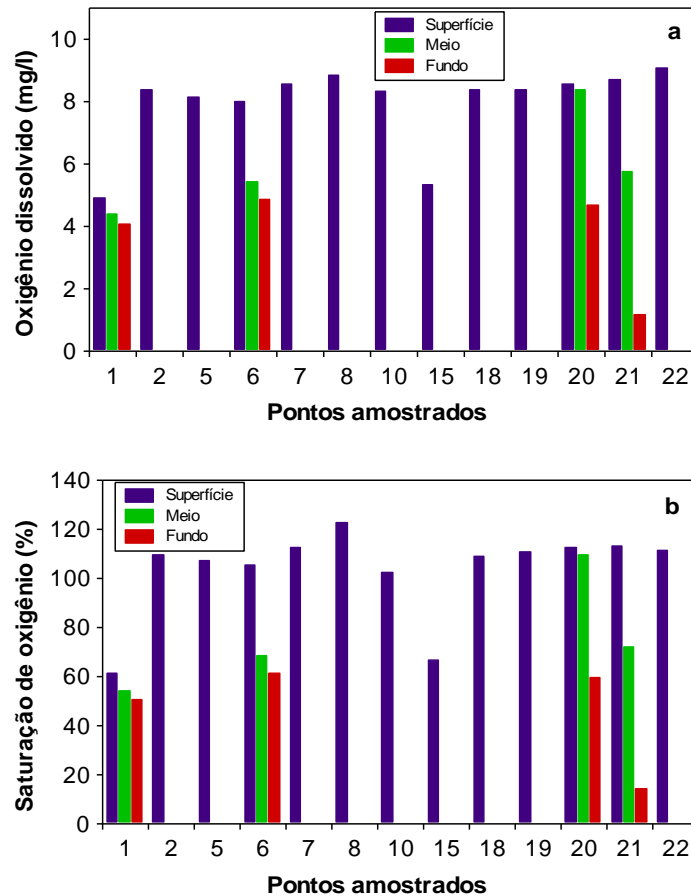


Figura 4. Concentração de oxigênio dissolvido (a) e porcentagem de saturação de oxigênio (b).

De maneira geral, as águas do reservatório tendem a serem neutras. Os valores médios de pH foram 7,3; 6,87 e 6,96, na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (8,11) foi obtido na superfície do ponto 10, e o menor valor (5,81) foi obtido na superfície do ponto 1. De maneira geral, a maioria dos locais amostrados apresentaram valores de pH menores do que o estabelecido pela resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0), com exceção apenas da superfície e meio do ponto 1 (Figura 5).

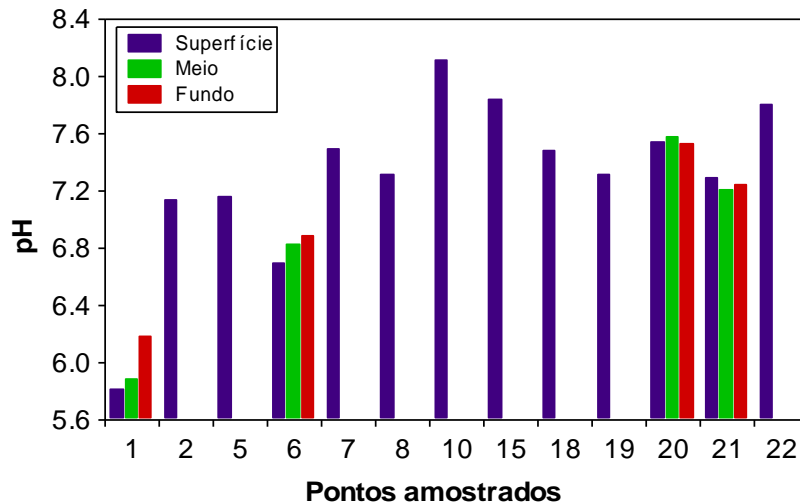


Figura 5. Valores de pH.

O menor valor de condutividade elétrica ( $23 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi mensurado no meio (9 metros de profundidade) do ponto 1, enquanto que o maior valor ( $166 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi obtido no ponto 22 (rio Bonito), assim como nos demais meses (Figura 6). O mesmo padrão foi encontrado quando analisou-se a concentração de sólidos totais dissolvidos, ou seja, menor concentração ( $11 \text{ mg}/\text{l}$ ) mensurada no meio do ponto 1, e maior concentração ( $83 \text{ mg}/\text{l}$ ) no ponto 22. De fato, assim como já demonstrado em relatórios anteriores, existe uma forte estrutura de correlação entre essas duas variáveis ( $r = 0,99$ ;  $P < 0,001$ ). Além disso, todos os locais e profundidades amostrados apresentaram valores de sólidos totais dissolvidos inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 ( $500 \text{ mg}/\text{l}$ ).

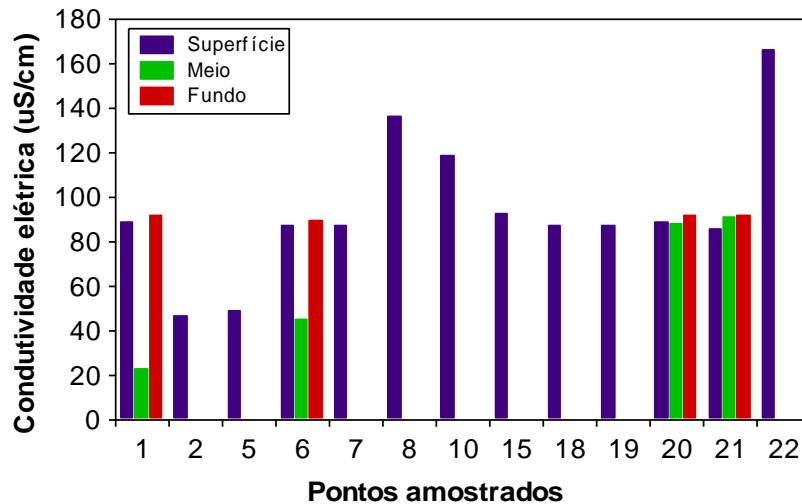


Figura 6. Valores de Condutividade elétrica.

Em setembro de 2005, os valores de alcalinidade variaram entre 18 mg/l (ponto 2) e 72 mg/l (ponto 22) (Figura 7). Assim como observado nos demais meses de monitoramento, as variáveis condutividade elétrica e alcalinidade, mensuradas na superfície da água, foram significativamente correlacionadas ( $r = 0,85$ ;  $P < 0,001$ ). Assim, os pontos de coleta com elevadas concentrações iônicas são também os que apresentam os maiores valores de alcalinidade, sugerindo que o bicarbonato de cálcio e de magnésio encontra-se entre os principais íons que determinam a condutividade.

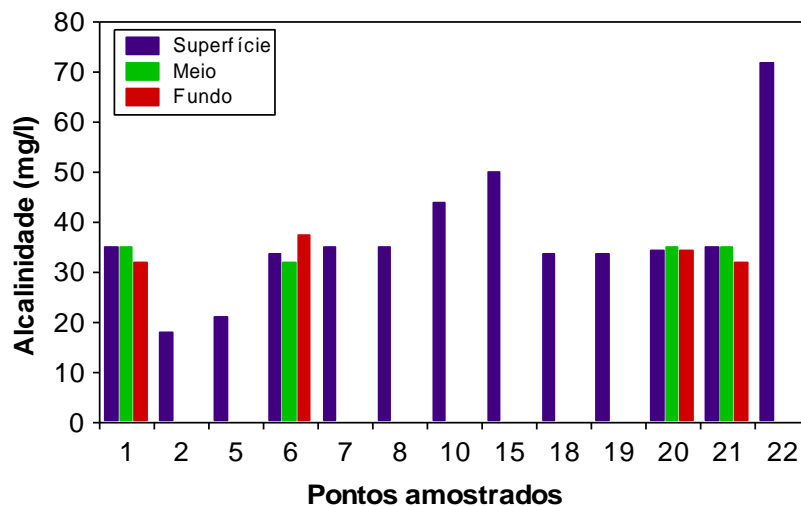


Figura 7. Valores de Alcalinidade.

Em média os valores de acidez total nas águas do reservatório foram 3,17; 3,3 e 3,0 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (5,2 mg/l) foi obtido no meio do ponto 1, e o menor valor (2,4 mg/l) foi obtido no fundo do ponto 20 e 21 e meio do ponto 21 (Figura 8).

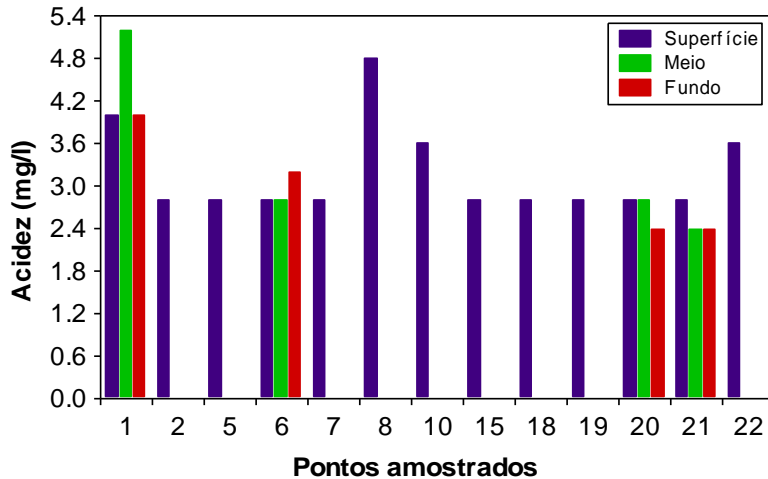


Figura 8. Valores de acidez.

A menor concentração de cloreto (1,6 mg/l) foi mensura na superfície do ponto 1, enquanto que a maior concentração (4,8 mg/l) foi obtida no ponto 8 (Figura 9). A análise das concentrações de cloretos sugere que dificilmente o limite máximo de 250 mg/l, preconizado pela resolução CONAMA n° 357, será ultrapassado, mesmo nos pontos de coleta que apresentam evidentes problemas de qualidade da água (e.g. pontos 22 -rio Bonito; e ponto 8 – córrego Varjão). Resultados semelhantes foram encontrados nos demais meses de monitoramento.

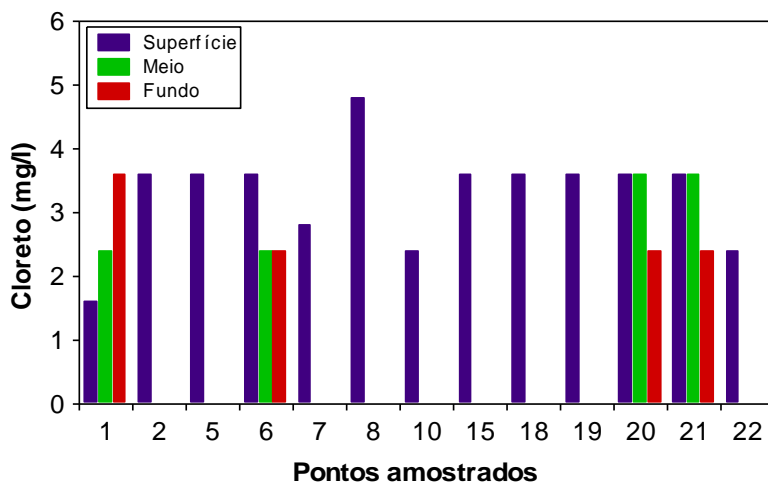


Figura 9. Concentração de cloreto.

Em média, as concentrações de sulfato foram de 0,54 mg/l na superfície, 0,25 no meio e 0,5 no fundo, inferiores às concentrações médias mensuradas em julho de 2005. A maior concentração (3,0 mg/l) foi mensurada no ponto 7 (Figura 10a). Grande parte dos locais amostrados apresentaram concentrações de sulfato inferiores ao limite de detecção do método. Todos os locais apresentaram concentrações de sulfato inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 de março de 2005, para águas de classe 2 (250 mg/l). Da mesma maneira, a maior parte dos pontos amostrados apresentaram concentração de sulfeto abaixo do limite de detecção do método (Figura 10b). Somente a superfície dos pontos 7, 8, 18 e 19; e o fundo do ponto 6, apresentaram concentrações acima do limite de detecção. O maior valor (0,006 mg/l) foi mensurado no ponto 8. Assim, todos os locais apresentaram concentrações de sulfeto dentro dos limites preconizados pela referida Resolução (0,002 mg/l), com exceção do córrego Varjão (ponto 8).

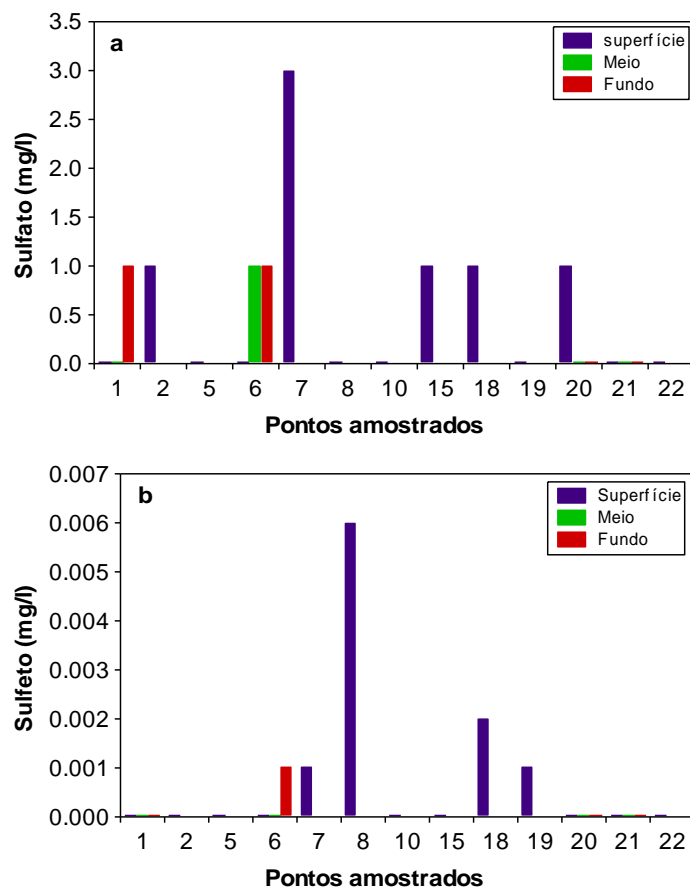


Figura 10. Concentração de sulfato (a) e sulfeto (b).

A concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,18; 0,15 e 0,24 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (0,74 mg/l) foi obtido na superfície do ponto 7, enquanto que o menor valor (0,01 mg/l) foi mensurado em todas as profundidades do ponto 21 (Figura 11). As concentrações de ferro mensuradas em setembro de 2005 foram superiores, em média, às aquelas mensuradas em julho de 2005, no entanto, ainda são inferiores às concentrações obtidas durante a época de chuvas (abril de 2005 e dezembro de 2004) em grande parte dos pontos monitorados. De maneira geral, as maiores concentrações de ferro mensuradas nas maiores profundidades é esperada, tendo em vista a baixa oxigenação destes ambientes e a liberação de ferro do sedimento para a coluna da água.

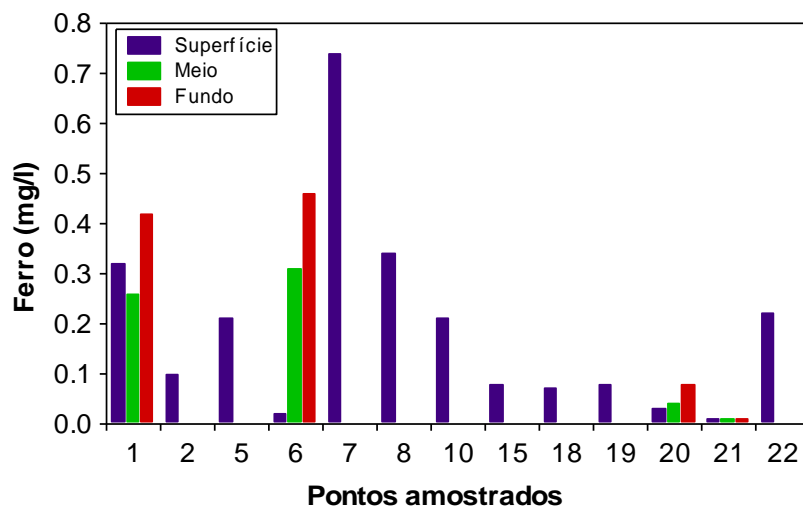


Figura 11. Concentração de Ferro total.

A concentração de fósforo total engloba todas as formas fosfatadas no ambiente, ou seja, as formas dissolvidas e particuladas (material em suspensão). No reservatório da UHE Cana Brava, a menor concentração de fósforo total (0,008 mg/l) foi obtida na superfície do ponto 20, enquanto que a maior concentração (0,057 mg/l) foi mensurada no ponto 8 (córrego Varjão) (Figura 12a). De maneira geral, a maioria dos locais amostrados apresentaram concentrações de fósforo total inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (0,050 mg/l), com exceção do ponto 8.



A variável orto-fosfato assume grande relevância por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos. Em setembro de 2005 as concentrações de orto-fosfato foram, em média, iguais a 0,0063 mg/l na superfície, 0,0037 mg/l no meio e 0,0038 mg/l no fundo dos locais amostrados (Figura 12b). A maior concentração (0,02 mg/l) foi mensurada no ponto 22 (rio Bonito). Tanto as concentrações de fósforo total quanto de orto-fosfato foram similares àquelas mensuradas em julho de 2005.

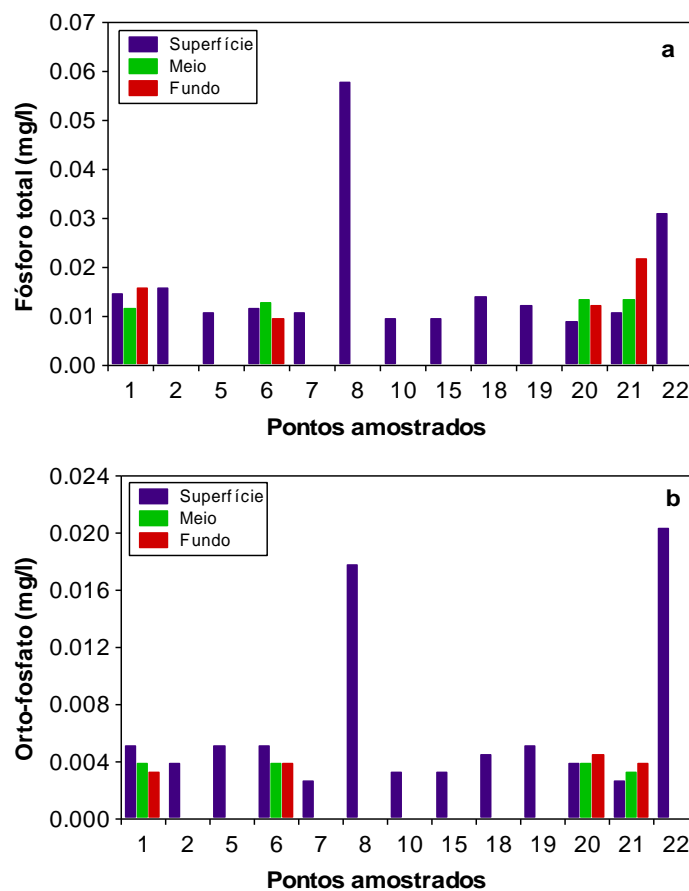


Figura 12. Concentração de fósforo total (a) e orto-fosfato (b).

Em setembro de 2005, a maior concentração de nitrato (0,3 mg/l) foi mensurada no ponto 8 (Figura 13). A superfície dos pontos 21 e 22, apresentaram concentrações inferiores ao limite de detecção do método. Todos os locais amostrados apresentaram concentrações de nitrato inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA para águas de classe 2 (10 mg/l).

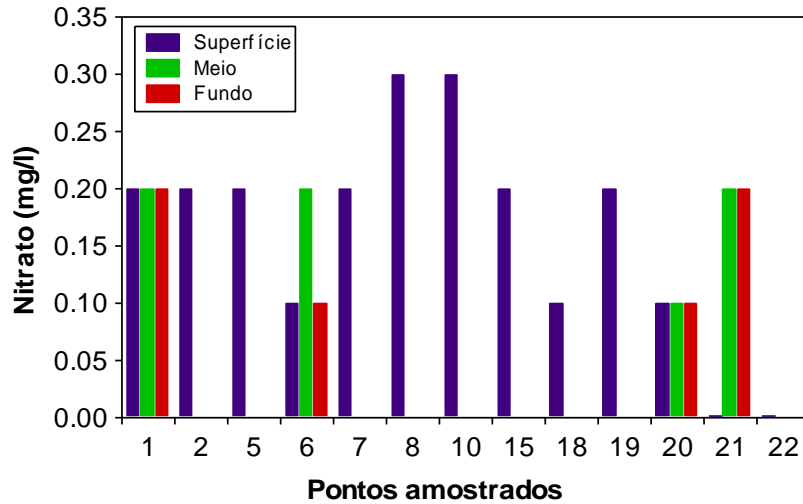


Figura 13. Concentração de nitrato.

A concentração média de nitrito foi igual a 0,0032 mg/l na superfície, 0,0032 mg/l no meio e 0,0025 mg/l no fundo dos locais amostrados. A maior concentração (0,007 mg/l) foi mensurada no ponto 8 (Figura 14). Todos os locais e profundidades amostradas apresentaram concentrações de nitrito inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (1,0 mg/l).

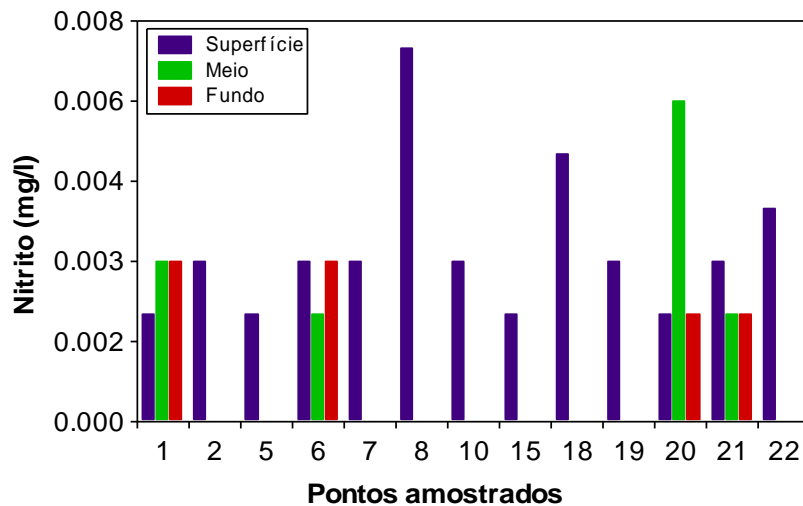


Figura 14. Concentração de nitrito.

A demanda bioquímica de oxigênio avalia a quantidade de oxigênio dissolvido que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. O menor valor de  $DBO_5$  (0,1 mg/l) foi mensurado nos pontos 2, 5, 6, 10 e 20, enquanto que o maior valor (2,7 mg/l) foi obtido no ponto 8 (Figura 15). Todos os locais monitorados apresentaram valores de  $DBO_5$  inferiores ao limite preconizado pela Resolução nº 357 de março de 2005 (5,0 mg/l).

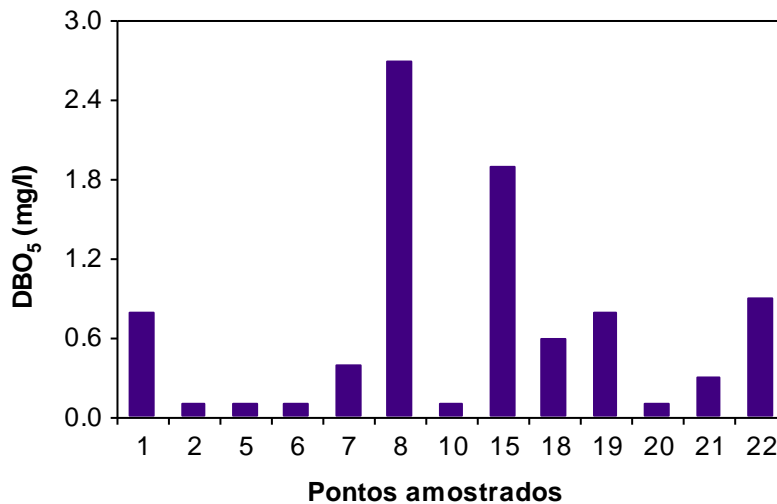


Figura 15. Valores de  $DBO_5$ .

### 3.1.1. PERFIL VERTICAL DO PONTO 21

O perfil vertical do ponto 21 tem como objetivo verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio (quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura) (Figura 16).

Em setembro de 2005 a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura de aproximadamente  $3,1^{\circ}\text{C}$ , superior à diferença encontrada em julho de 2005 e julho de 2004. Assim como observado no ano de 2004, em setembro tende a ocorrer uma maior diferença nos valores de temperatura, comparando com o mês de julho (diferença obtida em julho de 2004= $0,7^{\circ}\text{C}$ ; setembro de 2004= $3,9^{\circ}\text{C}$ ; dezembro de 2004= $4,5^{\circ}\text{C}$ ; abril de

2005=4,0 °C; e julho de 2005=0,3°C). Desta maneira pode-se concluir que durante a estação de verão (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) o lago do reservatório da UHE Cana Brava torna-se estratificado, com uma grande diferença nos valores de temperatura entre o hipolimnio e epilimnio. No entanto, tal diferença torna-se menor durante o inverno, com a menor diferença sendo observada no mês de julho. No mês de setembro já pode-se observar a presença de estratificação térmica do lago.

O mesmo padrão é observado quando analisamos as concentrações de oxigênio dissolvido e a porcentagem de saturação de oxigênio. A concentração de oxigênio dissolvido em setembro de 2005 apresentou uma diferença de 7,7 mg/l (ou 99,6% de saturação), entre a concentração na superfície e no fundo da coluna da água, diferença esta superior à mensurada em julho de 2005 (1,6 mg/l). Esta diferença nas concentrações de oxigênio foi similar àquela mensurada em dezembro de 2004 (7,0 mg/l) e abril de 2005 (6,3 mg/l), ou seja, época de chuvas. Em setembro de 2005, a partir de 12 metros de profundidade, o ambiente se torna hipóxico (baixas concentrações de oxigênio), se tornando anóxico a 26 metros de profundidade. Os demais pontos monitorado no lago da UHE Cana Brava (pontos 1, 6 e 20) também apresentaram baixas concentrações de oxigênio dissolvido nas maiores profundidades monitorada (exceção apenas do meio – 9 metros – do ponto 20).

Desta maneira, pode-se concluir que o reservatório de Cana Brava apresente um padrão de circulação da coluna de água, principalmente, nos meses de julho (período de estiagem), o que é característico de ecossistemas monomíticos quentes (circulação da coluna de água durante o inverno e estratificação durante os demais meses do ano). Os lagos profundos (acima de 20 m) de regiões tropicais quando relativamente protegidos da ação do vento, permanecem estratificados na maior parte do ano, desestratificando-se somente no inverno, por curtos períodos. Nestes lagos, durante o período de estratificação térmica, o oxigênio produzido no epilimnio (correspondendo à zona eufótica) não atinge o hipolimnio (Esteves, 1998).

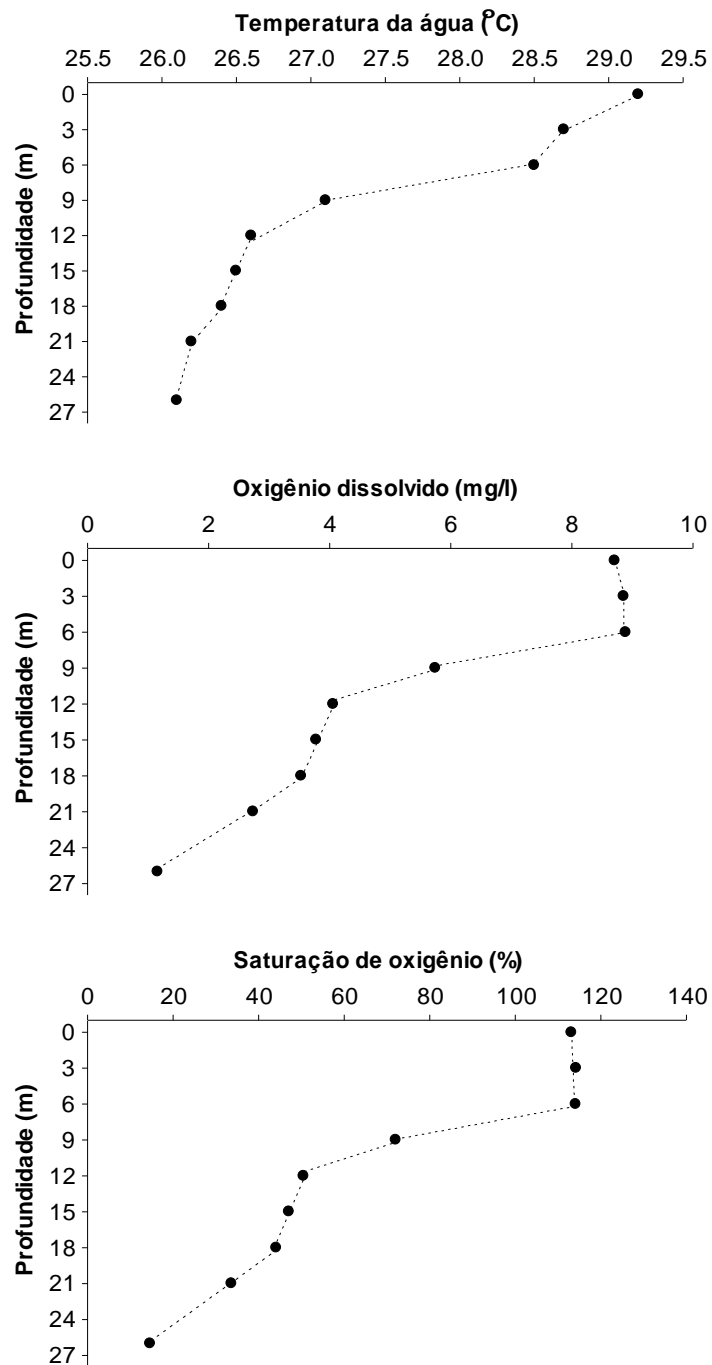


Figura 16. Gradientes de temperatura e oxigênio obtidos no ponto 21, em setembro de 2005.

### Sedimento

A concentração máxima de mercúrio encontrada nas amostras de sedimento foi de 269,4 ng/g no Rio Preto 1 (ponto mais distante do

reservatório) e a menor concentração foi 9,8ng/g no Rio Preto 2 (ponto localizado próximo do reservatório) Tabela 3.

Tabela 3: Concentração de mercúrio no sedimento nos pontos amostrados no reservatório de Cana Brava.

Amostras	Concentração de Mercúrio (ng/g)
Rio Preto 1	269,4
Rio Preto 2	9,8
Rio Cana Brava	132,4
Rio do Carmo 1	69,4
Rio do Carmo 2	187,5

### 3.2. Parâmetros Bacteriológicos

A maior concentração de coliformes totais nas águas do reservatório (110000 NMP/100ml) foi encontrada no ponto 8, e a menor concentração (Valor Ausente) foi encontrada nos pontos 7, e 20 (Tabela 4). Em relação à concentração de coliformes fecais, o maior valor (110000 NMP/100ml) também foi encontrado no ponto 8, enquanto que a menor concentração foi encontrada nos pontos 7, 20 e 21 (Valores Ausentes). Considerando a Resolução CONAMA n° 357 de 2005, os pontos 8 e 22 (córrego Varjão e rio Bonito) apresentaram valores de abundância de coliformes termotolerantes (coliformes fecais), acima do limite permitido (1000 NMP/100ml).

Tabela 4. Abundância de coliformes totais e fecais nos pontos amostrados no reservatório da UHE Cana Brava em setembro de 2005.

<b>Pontos de Coleta</b>	<b>Coliformes totais NMP/100ml</b>	<b>Coliformes fecais NMP/100ml</b>
1	40	40
2	90	40
5	230	40
6	40	40
7	AUSENTE	AUSENTE
8	110000	110000
10	23000	400
15	40	40
18	2300	210
19	90	90
20	AUSENTE	AUSENTE
21	40	AUSENTE
22	15000	7500

#### **4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS**

Considerando que as águas do sistema monitorado enquadram-se na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, os resultados obtidos no programa de monitoramento da qualidade da água do reservatório da UHE de Cana Brava foram contrastados com as condições limnológicas preconizadas pela referida resolução:

- Considerando grande parte das variáveis analisadas, os locais amostrados apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA.
- Concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 5,0 mg/l em todas as profundidades do ponto 1 e no fundo dos pontos 6, 20 e 21.
- Os valores de pH foram inferiores a 6,0 na superfície e meio do ponto 1;
- Concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/l no ponto 8 (córrego Varjão);
- As concentrações de fósforo total foram superiores a 0,050 mg/l no ponto 8 (córrego Varjão);

- Abundância de coliformes fecais (termotolerantes) acima de 1000 NMP/100ml, nos pontos 8 (córrego Varjão) e 22 (rio Bonito).

De maneira geral, durante o período de estiagem, os locais amostrados são mais similares entre si, ocorrendo maiores concentrações de oxigênio dissolvido, menores concentrações de fósforo e turbidez. Durante este período, não se observa diferenças bruscas entre as condições limnológicas dos tributários e as do corpo central do reservatório, como é observado durante o período de chuvas. No entanto, em setembro de 2005, diferentemente do observado em julho, foi observada a estratificação térmica no lago, ou seja, maior diferença nos valores de temperatura e oxigênio dissolvido entre o epilimnio e hipolimnio da coluna da água. Assim, a partir de 10 metros de profundidade o ambiente apresentou condições hipóxicas, ou mesmo anóxicas. Também observou-se baixas concentrações de oxigênio dissolvido em todas as profundidades amostradas no ponto 1, local onde, anteriormente, foram registrados a morte de alguns peixes, provavelmente, devido as baixas concentrações de oxigênio.

Além disso, destaca-se o ponto 8 (córrego Varjão) como tendo as maiores concentrações de fósforo total, sulfeto e coliformes fecais (todos acima dos limites preconizados pela Resolução CONAMA), e o ponto 22, também com valores de coliformes fecais acima do limite estabelecido pela referida resolução. Tais locais já foram destacados em relatórios anteriores como tendo as características limnológicas mais preocupantes para o lago da UHE Cana Brava.

Mesmo devido à importância do sedimento para o ecossistema, não há normas no Brasil que especifiquem concentrações mínimas de mercúrio permissíveis no sedimento para garantir sua qualidade. No entanto ressalta-se a importância de um monitoramento contínuo a fim de verificar as possíveis causas das concentrações encontradas.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

ESTEVES, F.A. (1998) *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência.



WETZEL, R. G., LINKENS, G.E. (2000) *Limnological analyses*. New York: Springer-Verlag.

AZEVEDO, F. A. 2003. Toxicologia do Mercúrio. RiMa: São Carlos.

COSTA, J. B., Espíndola, E. L. G. 2002. Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento em tributários do Reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê Superior, SP). In: Espíndola, E. L. G., Paschoal, C. M. R. B., Rocha, O., Bohrer, M. B. C., Neto, A. L. O. (eds.). *Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI*. p. 75-93.

HATCH, W., Ott, W. 1968. Determination of submicrogram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. *Anal. Chem.* 40: 2085-2087.

## **ANEXO I**

### **RESULTADOS DA CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2005**

## Resultados referentes à campanha de setembro de 2005 na UHE Cana Brava

PONTO		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Acidez (mg/l)	S	4	2,8	2,8	2,8	2,8	4,8	3,6	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	3,6
	M	5,2			2,8							2,8	2,4	
	F	4			3,2							2,4	2,4	
Alcalinidade (mg/l)	S	35,2	18	21,2	33,6	35,2	35,2	44	50	33,6	33,6	34,4	35,2	72
	M	35,2			32							35,2	35,2	
	F	32			37,6							34,4	32	
Cloreto (mg/l)	S	1,6	3,6	3,6	3,6	2,8	4,8	2,4	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	2,4
	M	2,4			2,4							3,6	3,6	
	F	3,6			2,4							2,4	2,4	
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	89	47	49	87	87	136	119	93	87	87	89	86	166
	M	23			45							88	91	
	F	92			90							92	92	
DBO <sub>5</sub>	S	0,8	0,1	0,1	0,1	0,4	2,7	0,1	1,9	0,6		0,1	0,3	0,9
Ferro total (mg/l)	S	0,32	0,1	0,21	0,02	0,74	0,34	0,21	0,08	0,07	0,08	0,03	0,01	0,22
	M	0,26			0,31							0,04	0,01	
	F	0,42			0,46							0,08	0,01	
Fósforo total (mg/l)	S	0,0146	0,0159	0,0108	0,0115	0,0108	0,0577	0,0096	0,0096	0,0140	0,0121	0,0089	0,0108	0,0311
	M	0,0115			0,0127							0,0134	0,0134	
	F	0,0159			0,0096							0,0121	0,0216	
Nitrato (mg/l)	S	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0	0
	M	0,2			0,2							0,1	0,2	
	F	0,2			0,1							0,1	0,2	
Nitrito (mg/l)	S	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,007	0,003	0,002	0,005	0,003	0,002	0,003	0,004
	M	0,003			0,002							0,006	0,002	
	F	0,003			0,003							0,002	0,002	
Orto-fosfato (mg/l)	S	0,0051	0,0039	0,0051	0,0051	0,0026	0,0178	0,0032	0,0032	0,0045	0,0051	0,0039	0,0026	0,0203
	M	0,0039			0,0039							0,0039	0,0032	
	F	0,0032			0,0039							0,0045	0,0039	

Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	4,93	8,36	8,16	7,99	8,59	8,87	8,32	5,34	8,38	8,4	8,57	8,71	9,08
	M	4,41			5,41							8,39	5,75	
	F	4,07			4,85							4,69	1,16	
Oxigênio saturação (%)	S	61,4	109,4	107,2	105,5	112,6	122,9	102,5	66,7	109	111,1	112,6	113,1	111,5
	M	54,3			68,8							109,6	72,1	
	F	50,9			61,1							59,8	14,6	
pH	S	5,81	7,14	7,16	6,7	7,49	7,32	8,11	7,84	7,48	7,31	7,54	7,29	7,81
	M	5,89			6,83							7,58	7,21	
	F	6,18			6,89							7,53	7,24	
STD (mg/l)	S	44	23	25	43	43	67	59	49	43	43	44	43	83
	M	11			22							44	45	
	F	46			45							45	46	
Sulfato (mg/l)	S	0	1	0	0	3	0	0	1	1	0	1	0	0
	M	0			1							0	0	
	F	1			1							0	0	
Sulfeto (mg/l)	S	0	0	0	0	0,001	0,006	0	0	0,002	0,001	0	0	0
	M	0			0							0	0	
	F	0			0,001							0	0	
Temperatura da água (°C)	S	26,6	29,2	29,5	29,8	29,7	31,4	26,4	26,6	29,2	30,2	29,7	29,2	25,8
	M	26,2			27,7							29,3	27,1	
	F	26,4			27,2							27,7	26,1	
Turbidez (NTU)	S	1,2	1,76	1,08	1,07	1,14	20,1	0,97	0,83	2,81	2,82	0,89	0,93	2,35
	M	1,21			1,64							1,03	1,19	
	F	1,29			1,85							1,11	1,71	
Coliformes totais (NMP/100ml)	S	40	90	230	40	0	110000	23000	40	2300		0	40	15000
Coliformes fecais (NMP/100ml)	S	40	40	40	40	0	110000	400	40	210		0	0	7500