



**UHE CANA BRAVA  
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

**FASE OPERAÇÃO**

**XVI RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL REFERENTE À  
CAMPANHA DE MARÇO DE 2007**

**ABRIL DE 2007**

## **EQUIPE RESPONSÁVEL**

Biol. M.Sc. Juliana Machado do Couto

Biol. M.Sc. Larice de Fátima Machado do Couto

Biol. M.Sc. Carolina Bussadori Piva

Biol. Kátia Bittar Haddad

## SUMÁRIO

1. Apresentação	01
2. Metodologia	02
3. Resultados	05
3.1. Parâmetros físicos e químicos	05
3.1.1. Perfil vertical do ponto 21	19
3.2. Parâmetros bacteriológicos	21
4. considerações gerais sobre os parâmetros físicos e químicos	22
5. bibliografia	24
ANEXO I	25

## 1. APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada em março de 2007.

Foram coletadas amostras de água, destinadas à determinação dos parâmetros físico-químicos em 13 pontos de coleta ao longo do reservatório.

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

- (i) descrever os métodos analíticos que foram utilizados para determinação das variáveis físicas e químicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em março de 2007, em 13 pontos de monitoramento localizados no reservatório da UHE Cana Brava e, assim, contribuir com a caracterização limnológica deste trecho;
- (iii) 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

### 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. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) foi determinada 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, (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. A porção iluminada da coluna da água é denominada zona eufótica, e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação correspondente a 1% da que atinge a superfície. Esta profundidade da coluna da água é também chamada de “ponto de compensação”, uma vez que a produção primária líquida é aproximadamente igual à respiração das comunidades (Esteves, 1998; Kalff, 2002). 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.

### Análise das amostras

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

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
Oxigênio dissolvido	potenciométrico	0 – 30 mg/L O <sub>2</sub>		4500 - O - G
Oxigênio dissolvido (Winkler)	iodométrico	0 – 30 mg/L O <sub>2</sub>		4500 - O - B
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
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
Fósforo total	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		4500 - P
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
Óleos e graxas	extração de hexano	15 – 3000mg/L HEM		5520 - B
DBO	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 das análises dos parâmetros físicos e químicos se encontram no Anexo I.

#### 3.1. Parâmetros Físicos e Químicos

Em março de 2007, os valores da temperatura ambiente foram, em média, iguais a 30,7°C. A maior temperatura (39°C) foi registrada às 15:10h, durante a coleta realizada no ponto 20. Os valores da temperatura da água variaram entre 24,7°C e 33,5°C, na superfície da coluna da água. As maiores profundidades apresentaram, em média, menores valores da temperatura da água (média = 29,35°C na superfície, 28,4°C no meio e 27,2°C no fundo da coluna da água) (Figura 1).

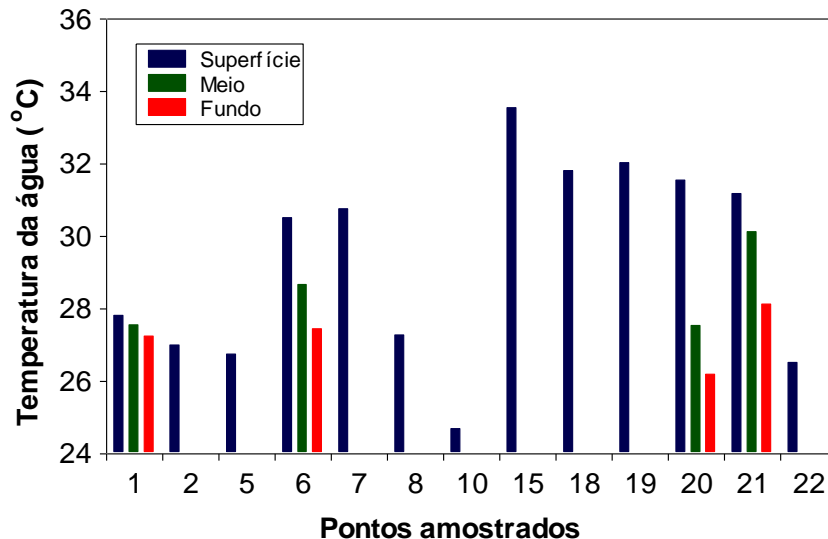


Figura 1. Valores da temperatura da água.

O ponto 20 (meio do reservatório) apresentou o maior valor de transparência da água (6,3 metros), seguido pelo ponto 7 (foz do rio Bonito) com 5,7 metros (Figura 2). Os pontos 8, 10 e 22 apresentam transparência total, tendo em vista que são tributários com menor profundidade.



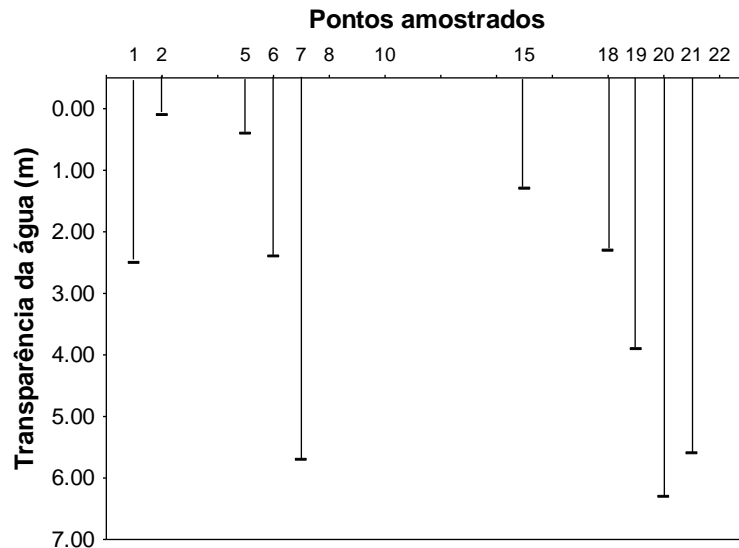


Figura 2. Valores de transparência da água.

Em março de 2007, os valores de turbidez da água foram, em média, iguais a 9,32 NTU; 3,25 NTU e 40,7 NTU, na superfície, meio e fundo, respectivamente. Na superfície da coluna da água, o maior valor de turbidez (28,1 NTU) foi mensurado no ponto 5 (rio São Félix), enquanto que no fundo, o maior valor (83 NTU) foi obtido no ponto 6 (Figura 3). Todos os locais apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU).

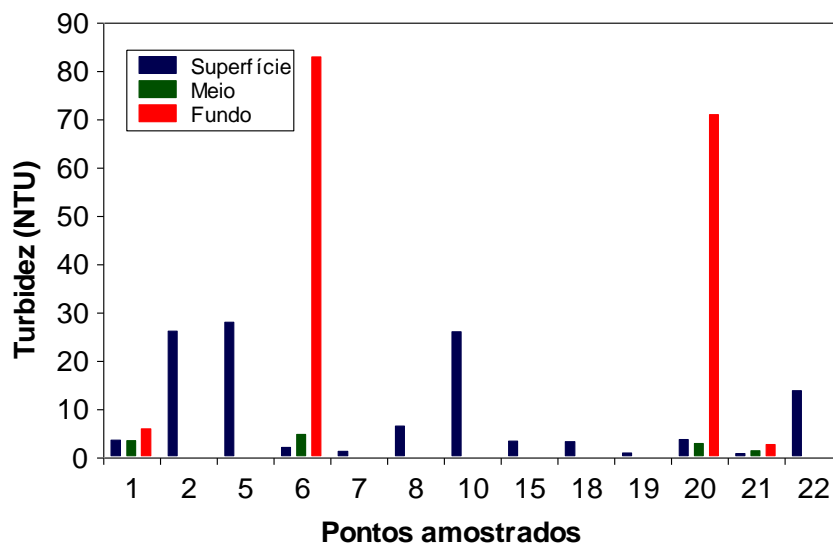


Figura 3. Valores de turbidez.

De maneira geral, a superfície da coluna da água do reservatório da UHE Cana Brava é bem oxigenada, ocorrendo um decréscimo nas maiores profundidades. Em média, as concentrações de oxigênio dissolvido foram iguais a 8,2 mg/l; 4,03 mg/l e 1,76 mg/l, na superfície, meio e fundo, respectivamente. Na superfície da coluna da água, as concentrações variaram entre 2,65 mg/l (ponto 8-córrego Varjão) e 12,34 mg/l (ponto 2) (Figura 4).

Grande parte dos locais monitorados apresentou concentração de oxigênio dissolvido superior ao limite preconizado pela resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/l). As seguintes transgressões foram observadas:

- superfície dos pontos 1 e 8;
- meio dos pontos 1 e 20;
- fundo de todos os locais monitorados.

O ponto 1 apresentou baixas concentrações deste gás, variando entre 2,1 mg/L no meio e 3,95 mg/L na superfície da coluna da água. Tal resultado foi observado em meses anteriores, o que pode afetar a fauna aquática na região.

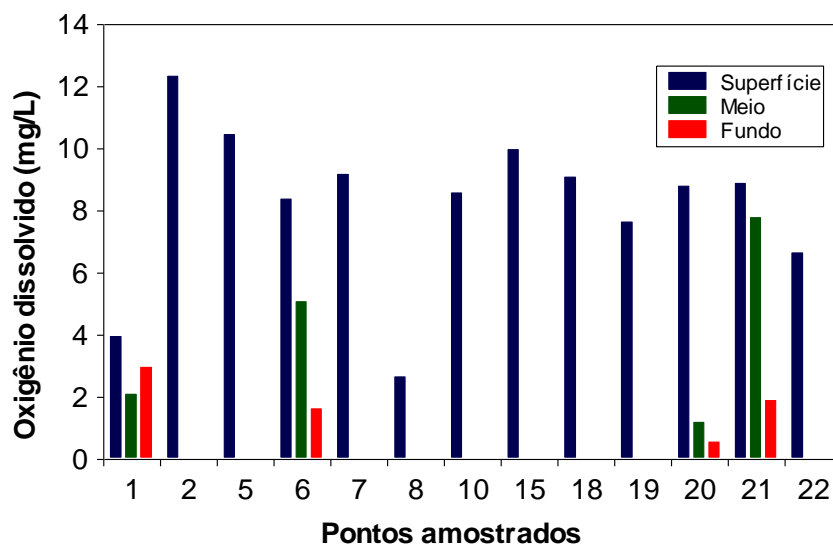


Figura 4. Concentração de oxigênio dissolvido.

Em média, a porcentagem de saturação de oxigênio foi igual a 107,4% na superfície, 52,1% no meio e 22,3% no fundo dos pontos amostrados. A menor porcentagem (6,9%) foi mensurada no fundo do ponto 20, enquanto que a maior porcentagem de oxigênio (155,3%) foi obtida na superfície do ponto 2 (rio Preto) (Figura 5).

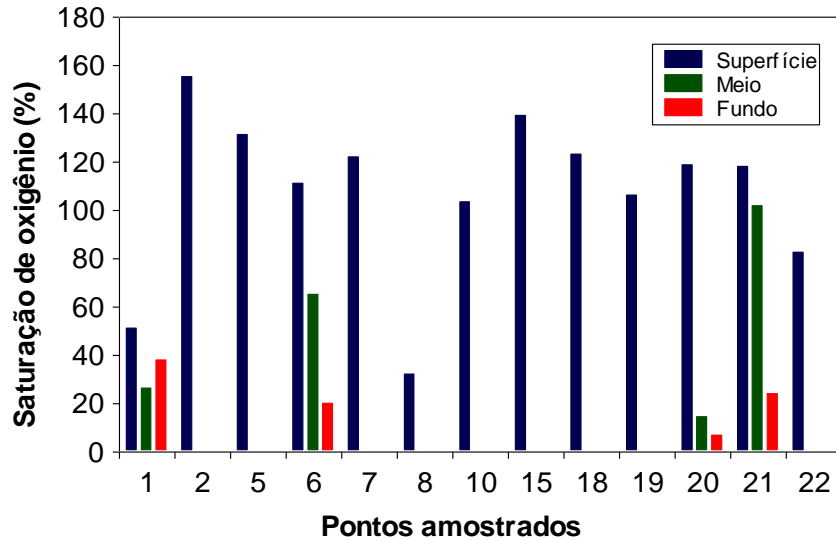


Figura 5. Porcentagem de saturação de oxigênio.

Os valores médios de pH foram iguais a 7,7; 7,3 e 6,82, na superfície, meio e fundo, respectivamente. De maneira geral, as águas do reservatório são neutras (Figura 6). Todos os locais monitorados apresentaram valores de pH menores do que o estabelecido pela resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0).

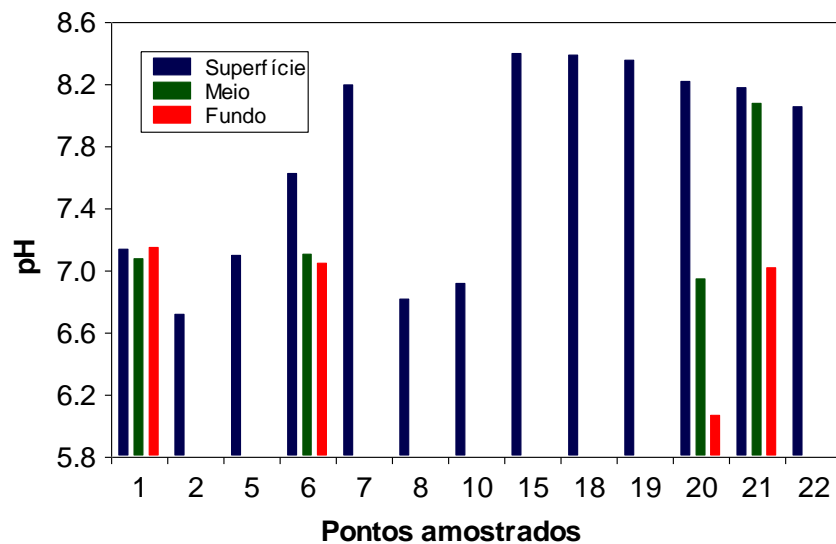


Figura 6. Valores de pH.

Em março de 2007, os valores de condutividade elétrica foram, em média, iguais a 89,53  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na superfície, 84  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no meio e 79  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo (Figura 7). Na superfície da coluna da água, os valores de condutividade variaram entre 23  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ponto 2 – rio Preto) e 179  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ponto 22 – rio Bonito). Considerando as maiores profundidades (meio e fundo), o maior valor (92  $\mu\text{S}/\text{cm}$  foi obtido no fundo do ponto 1).

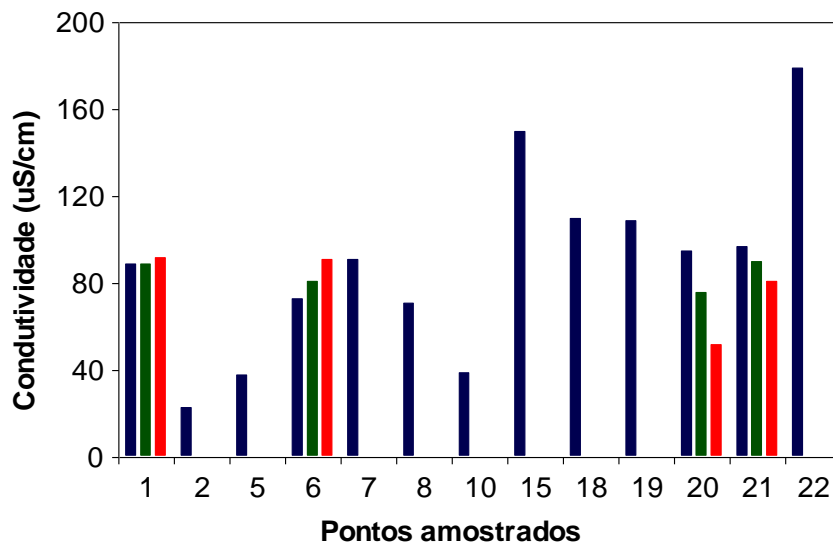


Figura 7. Valores de condutividade elétrica.

De maneira geral, não houve diferença significativa entre as profundidades amostradas no reservatório, considerando os valores de alcalinidade (média = 37,7 mg/L na superfície; 38,5 mg/L no meio e 37,0 no fundo) (Figura 8). A superfície da coluna da água apresentou concentrações que variaram entre 15 mg/L e 72 mg/l (pontos 2 e 22, respectivamente) enquanto que as concentrações nas maiores profundidades variaram entre 25 mg/L (fundo do ponto 20) e 42 mg/l (fundo do ponto 1).

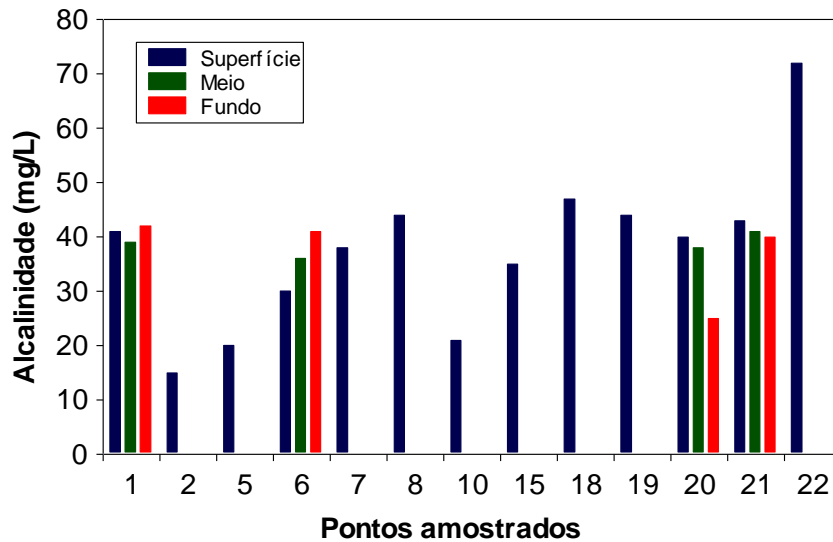


Figura 8. Valores de alcalinidade.

Os valores de acidez variaram entre 2,7 mg/l (ponto 15) e 7,8 mg/l (ponto 22), similar aos valores freqüentemente obtidos no reservatório da UHE Cana Brava (Figura 9).

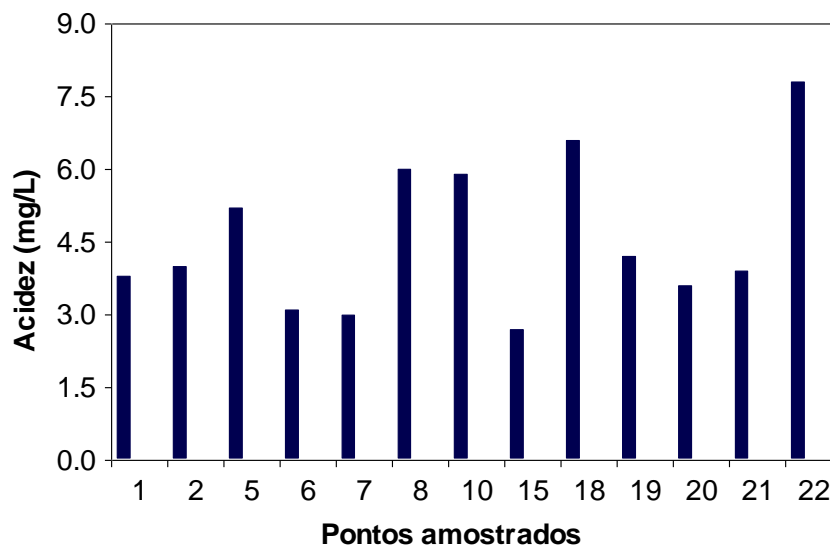


Figura 9. Valores de acidez.

A dureza da água depende basicamente da concentração de sais de cálcio e magnésio dissolvidos. Estes íons normalmente ocorrem sob a forma de carbonatos e bicarbonatos e são importantes também para a condutividade, pH e alcalinidade. Em março de 2007, os valores de dureza foram, em média,

iguais a 66,6 mg/L na superfície; 76 mg/L no meio e 54,5 mg/L no fundo (Figura 10). Na superfície da coluna da água, tais valores variaram entre 40 mg/L (ponto 5 – rio São Félix) e 112 mg/L (ponto 22 – rio Bonito). Segundo Baumgarten e Pozza (2001), águas com valores de dureza inferiores a 125 mg/L são classificadas como moles.

De maneira geral, o rio Bonito (ponto 22) apresentou as maiores concentrações de íons, principalmente carbonatos e bicarbonatos, tendo em vista os maiores valores de alcalinidade, dureza e condutividade elétrica neste local.

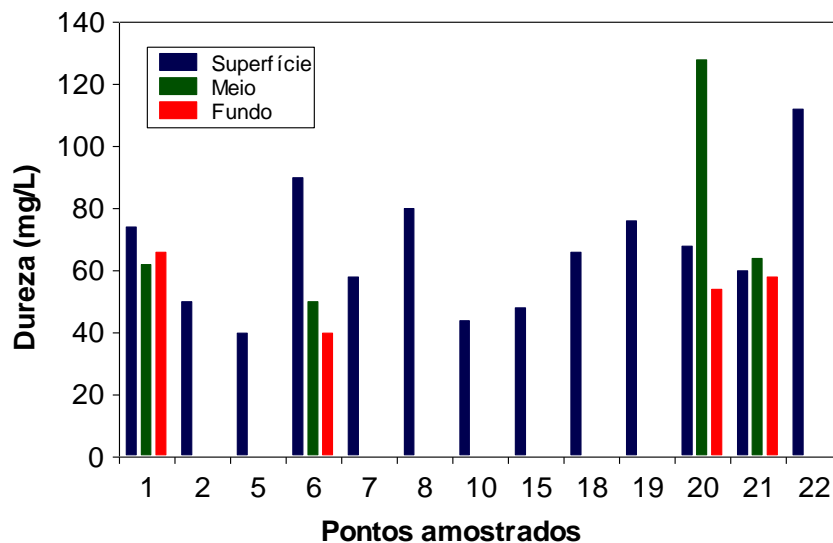


Figura 10. Valores de dureza.

Em março de 2007, as concentrações de cloreto foram, em média, iguais a 0,95 mg/L na superfície; 1,0 mg/L no meio e 0,6 mg/L no fundo (Figura 11). Tais concentrações variaram entre 0,4 mg/L (superfície dos pontos 15 e 19; e fundo dos pontos 20 e 21) e 2,0 mg/L (ponto 18 – parte interna da praia de Minaçu). De maneira geral, não houve diferença significativa nas concentrações de cloreto entre os locais e profundidades amostradas. Além disso, todos os locais amostrados apresentaram concentrações de cloreto inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005 (250 mg/L).

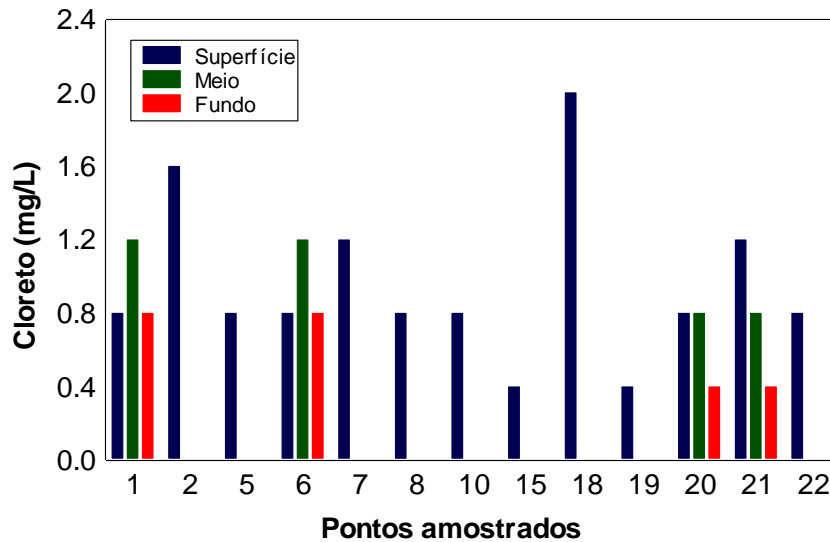


Figura 11. Concentração de cloreto.

O enxofre em ecossistemas aquáticos pode apresentar-se sob várias formas: como íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), íon sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), íon sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), entre outros. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais freqüentes, sendo que o íon sulfato assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários (Esteves, 1998). A distribuição do íon sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema. Em ecossistemas de águas interiores sujeitos à contaminação antropogênica, podem ser encontrados valores altos para a concentração de sulfato. O íon sulfeto é utilizado como fonte de energia por bactérias sulfurosas durante a fotossíntese (Esteves, 1998).

Em média, as concentrações de sulfato foram iguais a 4,92 mg/l na superfície; 1,5 mg/l no meio e 1,5 mg/l no fundo. A maior concentração (20,0 mg/l) foi mensurada na superfície do ponto 1 (Figura 12). De maneira geral, as concentrações de sulfato foram similares ao longo dos pontos amostrados, destacando-se apenas, a superfície dos pontos 1 e 6. Todas as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005 (250 mg/l), assim como observado nos demais meses de monitoramento limnológico na região.

As concentrações de sulfeto também foram inferiores ao limite preconizado pela referida resolução (0,002 mg/L) na maior parte dos pontos monitorados, com exceção apenas do ponto 2 (rio Preto – 0,006 mg/L) (Figura 13). Na superfície da coluna da água, as concentrações de sulfeto variaram entre valores abaixo do limite de detecção do método e 0,006 mg/L (ponto 2). Considerando as maiores profundidades, as maiores concentrações deste íon (0,001 mg/L) foram obtidas no meio dos pontos 1, 6 e 20, e no fundo dos pontos 1, 20 e 21.

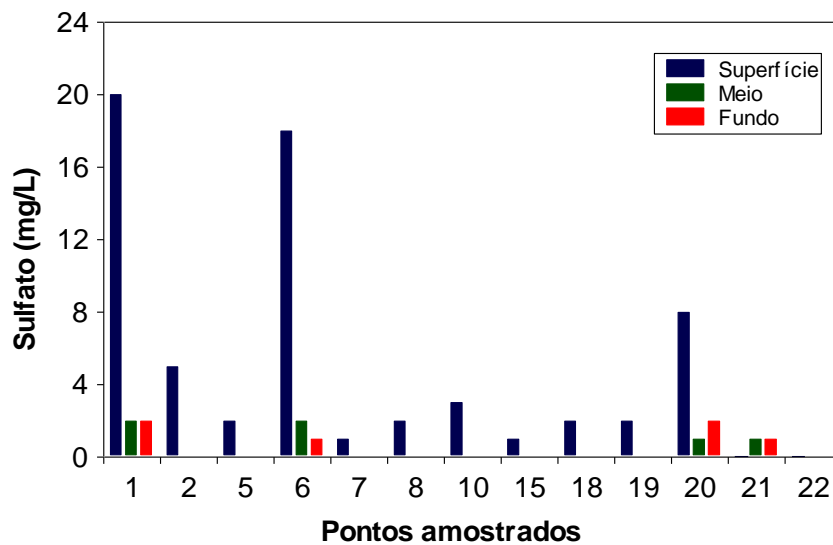


Figura 12. Concentração de sulfato.

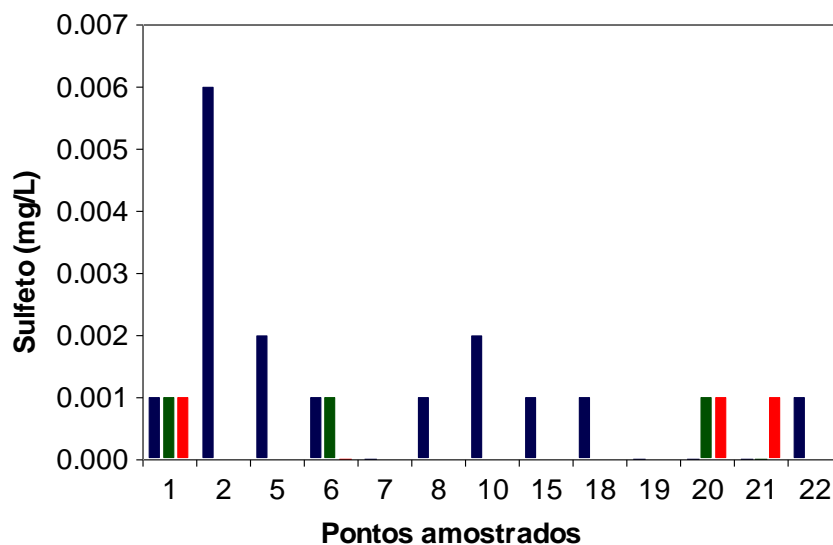


Figura 13. Concentração de sulfeto.



O ferro pertence ao grupo de elementos indispensáveis ao metabolismo dos seres vivos, é um micronutriente. Entre todos os íons que interferem na precipitação do fosfato, os de ferro tem o papel mais importante. Em março de 2007, a concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,406; 0,267 e 0,765 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (1,74 mg/l) foi obtido no fundo do ponto 6 (Figura 14). Altas concentrações de ferro no hipolimnion (região profunda) do lago são esperadas tendo em vista as baixas concentrações de oxigênio dissolvido nesses ambientes. Assim, em condições anóxicas ou hipóxicas, o íon ferro encontra-se na forma reduzida ( $Fe^{2+}$ ), o que o torna solúvel no ambiente aquático, juntamente com o fósforo.

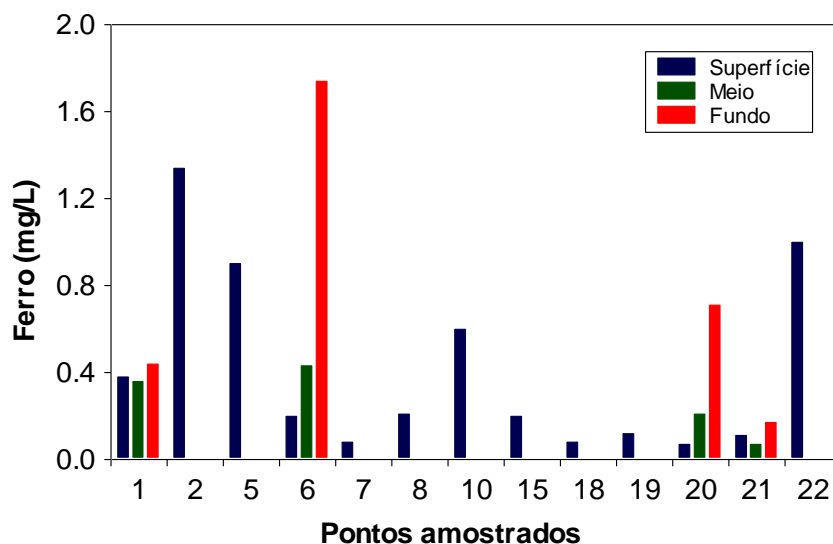


Figura 14. Concentração de ferro total.

O fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e ao crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, e, na forma de fosfatos dissolvidos, é um importante nutriente para os produtores primários. Juntamente com o nitrogênio, o fósforo é o principal nutriente responsável pelo processo de eutrofização dos ecossistemas aquáticos (Kalff, 2002). Além disso, o lançamento de despejos ricos em fosfatos num curso d' água pode estimular o crescimento de micro e macroorganismos fotossintetizadores, chegando até o desencadeamento de florações indesejáveis (Baumgarten e Pozza, 2001).

Em março, as concentrações de orto-fosfato foram, em média, iguais a 5,03 µg/L na superfície; 3,71 µg/L no meio e 3,71 µg/L no fundo (Figura 15). Na superfície da coluna da água, os valores de orto-fosfato variaram entre 3,24 µg/L e 13,37 µg/L (ponto 20), enquanto que nas maiores profundidades, a maior concentração (5,14 µg/L) foi mensurada no fundo do ponto 21.

As concentrações de fósforo total variaram entre 7,7 µg/L (meio do ponto 1) e 130,57 µg/L (fundo do ponto 20) (Figura 16). Em média, as concentrações de fósforo total foram iguais a 22,53 µg/L na superfície; 16,7 µg/L no meio e 71,5 µg/L no fundo. Em março de 2007, o fundo dos pontos 1, 6 e 20 apresentaram concentrações de fósforo total superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,050 mg/l).

Assim como discutido anteriormente, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido no fundo do reservatório da UHE Cana Brava (condições de hipoxia) resultam nas maiores concentrações de ferro e fósforo total na água.

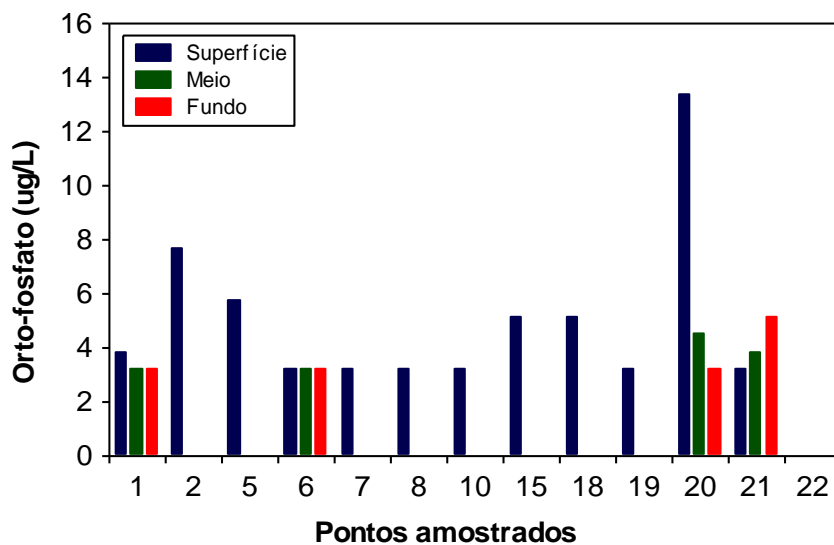


Figura 15. Concentração de orto-fosfato.

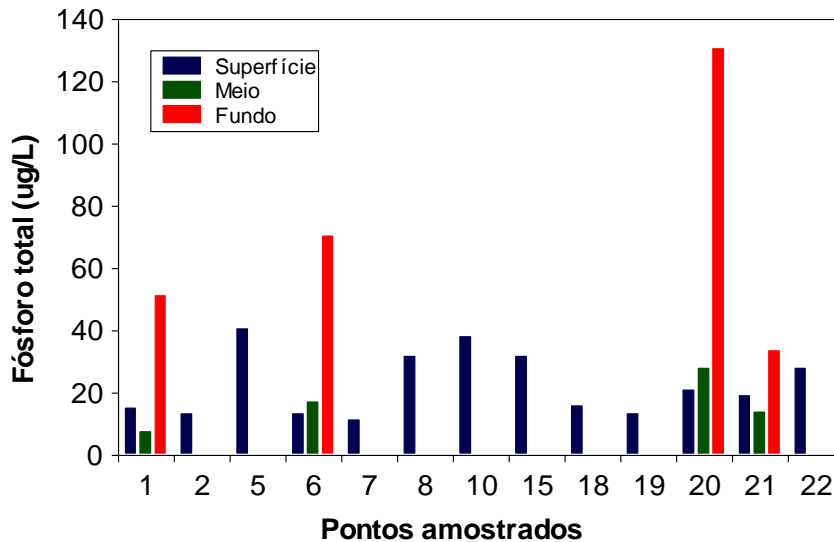


Figura 16. Concentração de fósforo total.

Juntamente com o fosfato, o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos. Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtos primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados.

Em média, as concentrações de nitrato foram iguais a 0,176 mg/L na superfície; 0,05 mg/L no meio e 0,05 mg/L no fundo (Figura 17). Na superfície da coluna da água, a maior concentração (0,4 mg/L) foi mensurada no rio Bonito (ponto 22). Todos os locais amostrados apresentaram concentrações de nitrato inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA para águas de classe 2 (10 mg/l.).

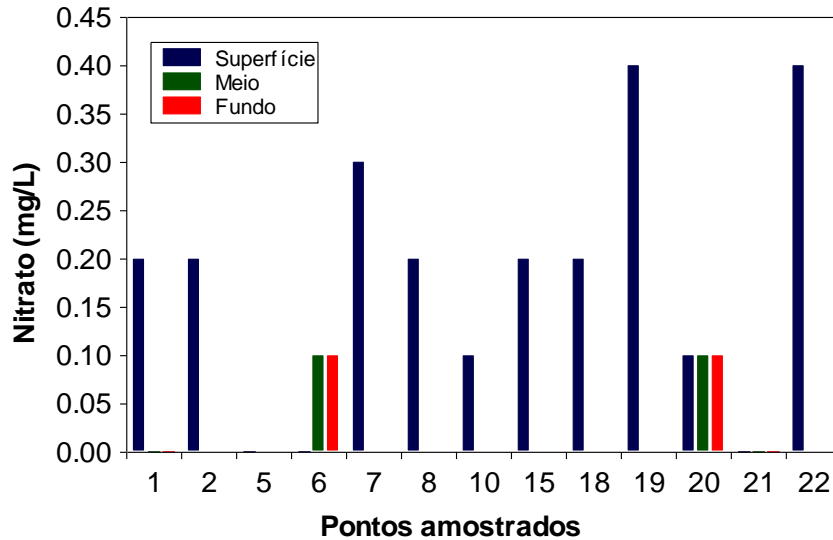


Figura 17. Concentração de nitrato.

Todos os locais e profundidades amostradas também apresentaram concentrações de nitrito inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (1,0 mg/l). Tais valores foram, em média, iguais a 0,0016 mg/l na superfície; 0,001 mg/l no meio e 0,0025 mg/l no fundo dos locais amostrados (Figura 18). A maior concentração (0,005 mg/l) foi mensurada na superfície dos pontos 2 e 22. Altas concentrações de nitrito no hipolímnio são esperadas, tendo em vista as baixas condições de oxidação do nitrogênio em ambientes hipóxicos.

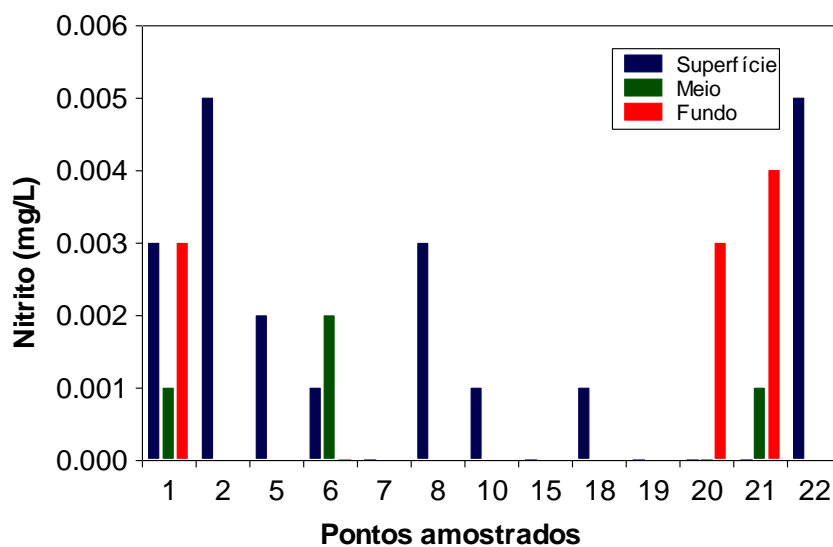


Figura 18. Concentração de nitrito.

As concentrações de nitrogênio amoniacal foram, em média, iguais a 0,06 mg/L na superfície; 0,06 mg/L no meio e 0,095 mg/L no fundo (Figura 19). Assim como observado para as concentrações de nitrito, as concentrações de nitrogênio amoniacal foram maiores no fundo dos pontos amostrados. A maior concentração deste nutriente (0,14 mg/L) foi mensurada no fundo do ponto 21 (próximo à barragem).

De acordo com os valores de pH nas águas monitoradas, pode-se afirmar que as concentrações de nitrogênio amoniacal foram inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (3,7 mg/l para  $\text{pH} \leq 7,5$ ; 2,0 mg/l para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ; e 1,0 mg/L para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ).

De maneira geral, ao longo de todo o período de monitoramento limnológico, as concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal jamais ultrapassaram o limite preconizado pela referida resolução.

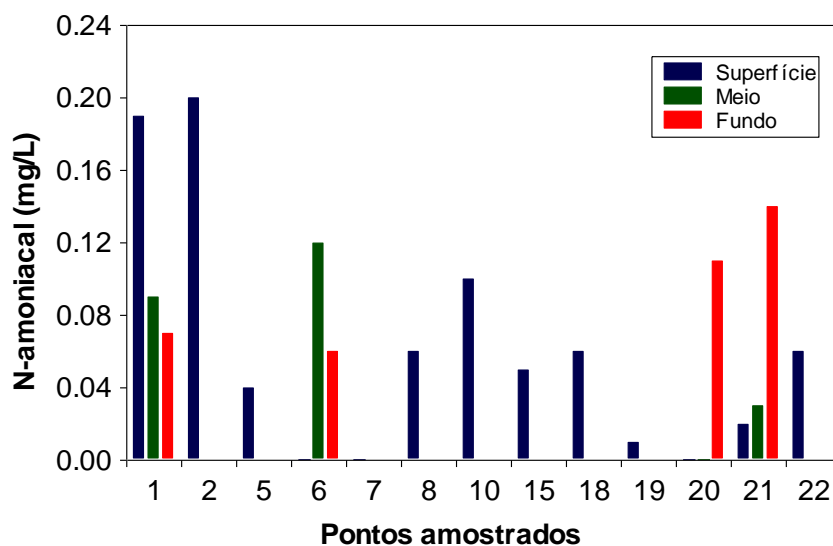


Figura 19. Concentração de nitrogênio amoniacal.

Em março de 2007, os valores de  $\text{DBO}_5$  variaram entre 0,2 mg/l (pontos 6 (Tocantins/Foz do rio São Félix), 10 (rio do Carmo) e 19 (parte externa da praia de Minaçu) e 2,3 mg/l (ponto 15 – jusante da barragem) (média = 0,93 mg/l;  $\text{IC}_{95\%} = 0,52-1,35$ ) (Figura 20). Todos os valores foram inferiores ao limite preconizado pela Resolução nº 357 de março de 2005 (5,0 mg/l).

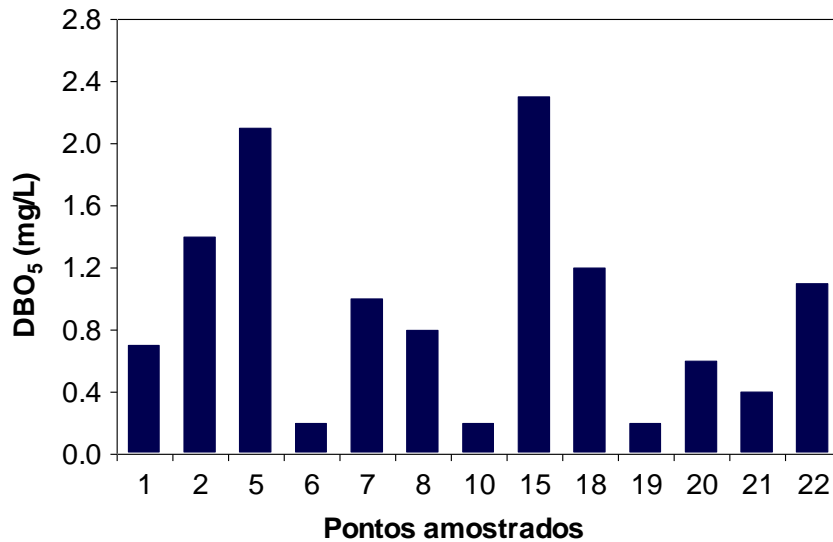


Figura 20. Valores de DBO<sub>5</sub>.

### 3.1.1. Perfil vertical do ponto 21 (próximo à barragem)

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

Assim, comparando as concentrações mensuradas na superfície e fundo do ponto 21, observou-se uma diferença de 4,3 mg/l de oxigênio dissolvido (Figura 21), ou seja, inferior àquelas obtidas no mês de dezembro. Além disso, a partir de 10 metros de profundidade as concentrações deste gás foram inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA n. 357/2005 (5,0 mg/L).

De maneira geral, ao longo dos meses monitorados, observou-se a existência de estratificação térmica durante o verão, resultando em um hipolímnio anóxico (baixas concentrações de oxigênio). De fato, 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

epilímnio (correspondendo à zona eufótica) não atinge o hipolímnio (Esteves, 1998). Tais condições podem ser desfavoráveis para os organismos aquáticos, tendo em vista a formação de gás sulfídrico, e a possibilidade de morte de peixes na região. A situação pode também se tornar crítica à jusante, caso a água proveniente das turbinas corresponda em grande parte àquela que se encontrava acumulada no hipolímnio e não seja diluída pela água do vertedouro (Esteves, 1998).

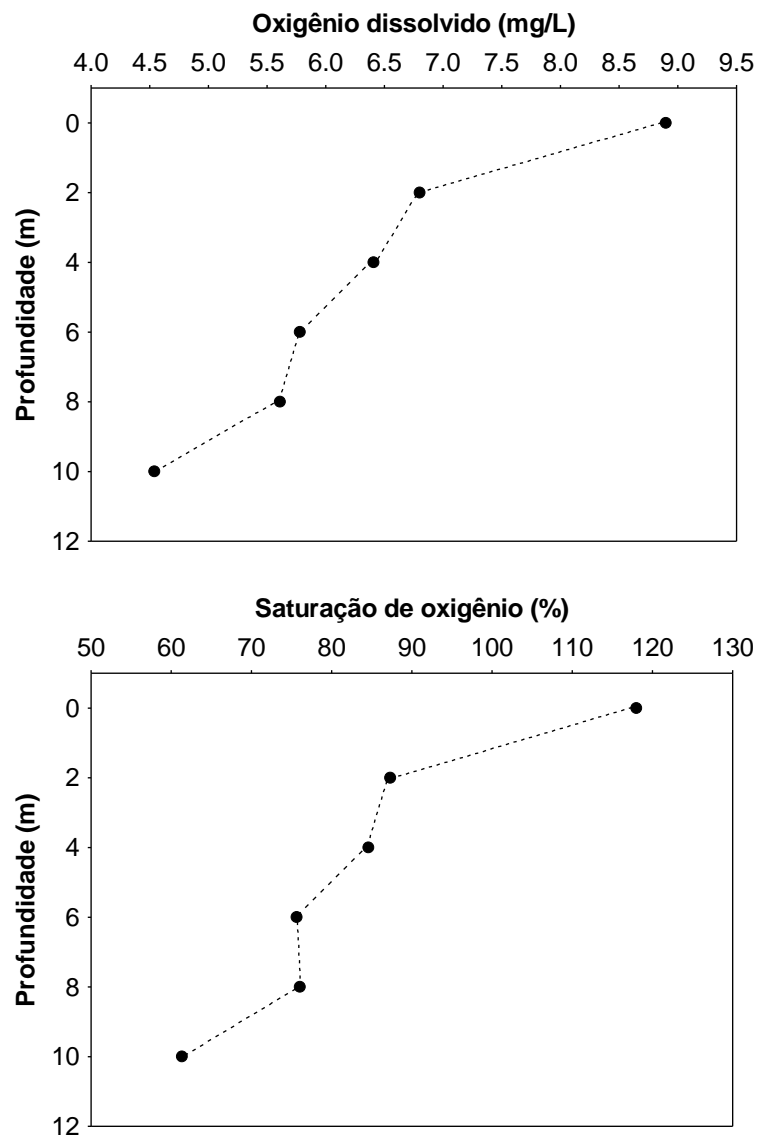


Figura 21. Gradiente vertical de oxigênio obtido no ponto 21, em março de 2007.

### 3.2. Parâmetros Bacteriológicos

Em março de 2007, a densidade de coliformes totais no reservatório da UHE Cana Brava variou entre valores ausentes (pontos 7, 20 e 21) e 34 NMP/100ml (pontos 5, 10 e 22) (Tabela 3). A densidade de coliformes fecais (termotolerantes) variou entre valores ausentes e 34 NMP/100ml (pontos 5 – rio São Félix; e 22 – rio Bonito). Assim como observado em monitoramento anteriores, as maiores densidades de bactérias do grupo coliformes tem sido detectadas no ponto 22 (rio Bonito). De acordo com a resolução CONAMA, para águas de classe 2, no mês de março, todos os locais monitorados apresentaram densidade de coliformes fecais (termotolerantes) abaixo do limite permitido (1000 NMP/100ml).

Tabela 3. Abundância de coliformes totais e fecais nos pontos amostrados no reservatório da UHE Cana Brava em março de 2007.

<b>Pontos</b>	<b>Coliformes totais (NMP/100ml)</b>	<b>Coliformes fecais (NMP/100ml)</b>
1	26	11
2	33	33
5	34	34
6	12	4
7	Ausente	Ausente
8	33	26
10	34	33
15	9	3
18	22	2
19	4	2
20	Ausente	Ausente
21	Ausente	Ausente
22	34	34



#### 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

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.

- As concentrações de oxigênio dissolvido foram inferiores a 5,0 mg/l na superfície dos pontos 1 (Tocantins / córrego Florêncio) e 8 (córrego Varjão); meio dos pontos 1 e 20; e fundo de todos os pontos monitorados;

- As concentrações de sulfeto foram superiores a 0,002 mg/l na superfície do ponto 2 (rio Preto);

- As concentrações de fósforo total foram superiores a 50 µg/L (ou 0,050 mg/L) no fundo dos pontos 1, 6 e 20.

Considerando a concentração de oxigênio, pode-se esperar que as maiores profundidades, de fato, apresentem baixas concentrações deste gás (hipoxia), tendo em vista a profundidade do reservatório e a prevalência do processo de decomposição nessa região. De fato, o perfil vertical do ponto 21, indica as baixas concentrações deste gás a partir de 10 ou 12 metros de profundidade durante o período de verão.

No entanto, as baixas concentrações mensuradas em toda a coluna da água do ponto 1 (Tocantins / córrego Florêncio), inclusive superfície, merecem especial atenção, assim como enfatizado em relatórios anteriores. Tais condições podem afetar a fauna aquática, **podendo ter sido o principal fator responsável pela morte de peixes na região no ano de 2004**. Além disso, as baixas concentrações de oxigênio no hipolímnio do reservatório favoreceram o

incremento de ferro, fósforo, nitrito e nitrogênio amoniacal na água, como discutido anteriormente neste relatório.

De maneira geral, em março de 2007, os pontos monitorados foram similares entre si, principalmente no corpo central do reservatório. Além disso, foram detectadas baixas concentrações de íons, nutrientes, turbidez, e, principalmente, coliformes totais e fecais. Além disso, tendo em vista que, durante o período de chuvas ocorrem as maiores transgressões da resolução CONAMA, devido à influência do ambiente terrestre sobre o ecossistema aquático, pode-se considerar que o reservatório da UHE Cana Brava não apresenta problemas com o uso do solo, tais como erosão ou lançamento de esgoto.

## 5. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA) (1998) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19<sup>th</sup> edn. American Public Health Association Publications, Washington DC.

Baumgarten, M. G. Z., Pozza, S. A. 2001. *Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Rio Grande: Editora FURG, 166p.

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

Wetzel, R. G., Linkens, G.E. (2001) *Limnological analyses*. New York: Springer-Verlag.

## **ANEXO I**

### **RESULTADOS DA CAMPANHA DE MARÇO DE 2007**

Resultados referentes à campanha de março de 2007, na UHE Cana Brava.

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		29	31	29	31	30	28	28	32	31	31	39	33	28
	S	27,83	27,01	26,76	30,52	30,77	27,28	24,7	33,56	31,82	32,03	31,56	31,19	26,53
Temperatura da água (°C)	M	27,56			28,67							27,54	30,13	
	F	27,26			27,45							26,2	28,14	
Transparência da água (m)		2,5	0,1	0,4	2,4	5,7	total	total	1,3	2,3	3,9	6,3	5,6	total
	S	3,78	26,2	28,1	2,27	1,44	6,61	26,1	3,51	3,43	1,09	3,81	0,91	14
Turbidez (NTU)	M	3,61			4,89							3,01	1,49	
	F	6,01			83							71,1	2,79	
	S	7,14	6,72	7,1	7,63	8,2	6,82	6,92	8,4	8,39	8,36	8,22	8,18	8,06
pH	M	7,08			7,11							6,95	8,08	
	F	7,15			7,05							6,07	7,02	
	S	89	23	38	73	91	71	39	150	110	109	95	97	179
Condutividade elétrica (mS/cm)	M	89			81							76	90	
	F	92			91							52	81	
	S	3,95	12,34	10,47	8,38	9,17	2,65	8,59	9,97	9,08	7,64	8,8	8,89	6,65
Oxigênio dissolvido (mg/l)	M	2,1			5,08							1,19	7,78	
	F	2,96			1,63							0,57	1,89	
	S	51,3	155,3	131,5	111,2	122,2	32,2	103,6	139,4	123,4	106,3	119	118,3	82,7
Saturação de oxigênio (%)	M	26,5			65,2							14,7	102	
	F	38,2			20,2							6,9	24,2	
	S	0,055	0,029	0,024	0,042	0,053	0,043	0,025	0,084	0,063	0,062	0,055	0,057	0,113
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	M	0,055			0,049							0,047	0,053	
	F	0,057			0,056							0,033	0,05	
	S	41	15	20	30	38	44	21	35	47	44	40	43	72
Alcalinidade (mg/l)	M	39			36							38	41	
	F	42			41							25	40	
	S	3,8	4	5,2	3,1	3	6	5,9	2,7	6,6	4,2	3,6	3,9	7,8
Acidez (mg/l)														
	S	74	50	40	90	58	80	44	48	66	76	68	60	112
Dureza total (mg/l)	M	62			50							128	64	
	F	66			40							54	58	

Cloreto (mg/l)	S	0,8	1,6	0,8	0,8	1,2	0,8	0,8	0,4	2,0	0,4	0,8	1,2	0,8
	M	1,2			1,2							0,8	0,8	
	F	0,8			0,8							0,4	0,4	
Ferro (mg/l)	S	0,38	1,34	0,9	0,2	0,08	0,21	0,6	0,2	0,08	0,12	0,07	0,11	1
	M	0,36			0,43							0,21	0,07	
	F	0,44			1,74							0,71	0,17	
Sulfato (mg/l)	S	20	5	2	18	1	2	3	1	2	2	8	ALD	ALD
	M	2			2							1	1	
	F	2			1							2	1	
Sulfeto (mg/l)	S	0,001	0,006	0,002	0,001	ALD	0,001	0,002	0,001	0,001	ALD	ALD	ALD	0,001
	M	0,001			0,001							0,001	ALD	
	F	0,001			ALD							0,001	0,001	
Orto-fosfato (ug/l)	S	3,88	7,68	5,78	3,24	3,24	3,24	3,24	5,14	5,14	3,24	13,38	3,24	
	M	3,24			3,24							4,51	3,88	
	F	3,24			3,24							3,24	5,14	
Fósforo total (ug/l)	S	15,28	13,38	40,62	13,38	11,48	31,75	38,09	31,75	15,91	13,38	20,98	19,08	27,95
	M	7,68			17,18							27,95	14,01	
	F	51,39			70,39							130,58	33,65	
Nitrato (mg/l)	S	0,2	0,2	ALD	ALD	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	ALD	0,4
	M	ALD			0,1							0,1	ALD	
	F	ALD			0,1							0,1	ALD	
Nitrito (mg/l)	S	0,003	0,005	0,002	0,001	ALD	0,003	0,001	ALD	0,001	ALD	ALD	ALD	0,005
	M	0,001			0,002							ALD	0,001	
	F	0,003			0							0,003	0,004	
N-amoniaco (mg/l)	S	0,19	0,2	0,04	ALD	ALD	0,06	0,1	0,05	0,06	0,01	ALD	0,02	0,06
	M	0,09			0,12							ALD	0,03	
	F	0,07			0,06							0,11	0,14	
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	S	0,7	1,4	2,1	0,2	1,0	0,8	0,2	2,3	1,2	0,2	0,6	0,4	1,1
Coliformes totais (NMP/100ml)	S	26	33	34	12	Ausente	33	34	9	22	4	Ausente	Ausente	34
Coliformes fecais (NMP/100ml)	S	11	33	34	4	Ausente	26	33	3	2	2	Ausente	Ausente	34

ALD=abaixo do limite de detecção do método.