



**UHE CANA BRAVA**  
**PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

**FASE OPERAÇÃO**

**XXII RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL REFERENTE À**  
**CAMPANHA DE AGOSTO DE 2008**

**Dezembro de 2008**

## **EQUIPE RESPONSÁVEL**

### **Coordenadora do laboratório**

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto

### **Trabalhos de campo e laboratório**

Bióloga Kátia Bittar Haddad

Bióloga Lívia Naves de Moraes

Biólogo Wagner Batista Xavier

Biólogo Paulício Maconi

### **Análise das comunidades aquáticas**

Biólogo Dr. Luiz Felipe Machado-Velho (Nupelia, UEM) (Zooplâncton)

Bióloga Dr. Luzia Cleide Rodrigues (Nupélia, UEM) (Fitoplâncton)

Bióloga M.Sc. Carolina Bussadori Piva (Zoobentos)

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	01
2. METODOLOGIA	02
2.1. Variáveis físico-químicas e bacteriológicas	02
2.2. Análise de mercúrio no sedimento	05
2.3. Variáveis biológicas	05
3. RESULTADOS	07
3.1. Parâmetros físico-químicos	07
3.2. Perfil vertical do ponto 21	34
3.3. Concentração de mercúrio no sedimento	36
3.4. Parâmetros bacteriológicos	38
3.5. Parâmetros biológicos	40
3.5.1. Fitoplâncton	40
3.5.2. Zooplâncton	49
3.5.3. Análise temporal das comunidades de fitoplâncton e zooplâncton	53
3.5.4. Zoobentos	58
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
5. BIBLIOGRAFIA	65
ANEXO I	70

## **1. APRESENTAÇÃO**

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada em agosto de 2008.

Foram coletadas amostras de água, destinadas à determinação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em 13 pontos de coleta ao longo do reservatório. Além disso, amostras de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos foram coletadas em 5 locais, já monitorados anteriormente (rio Preto, rio Bonito-dentro da cidade de Minaçu, rio Bonito-região lacustre, rio do Carmo, e região próximo a barragem-P21).

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

- (i) descrever os métodos analíticos que foram utilizados para determinação das variáveis físicas, químicas e biológicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em agosto de 2008, 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;
- iv) apresentar os resultados referentes à análise de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos na área do reservatório da UHE Cana Brava.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Variáveis físicas, 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. 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 da água	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
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>	X	
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>-</sup>	X	4500 - S <sup>2-</sup> - D
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).

## **2.2. Análise de mercúrio no sedimento**

A análise para determinação de mercúrio no sedimento foi realizada pelo Centro de Assistência Toxicológica (CEATOX) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) - Botucatu – SP, através de espectrofotometria por absorção atômica. A coleta do sedimento foi realizada nos pontos 2, 7, 10, 21 e 22.

## **2.3. Variáveis biológicas**

As amostragens da comunidade fitoplanctônica foram realizadas na subsuperfície, utilizando-se frascos de vidro. As amostras foram fixadas com lugol acético e guardadas no escuro até o momento da identificação e contagem dos organismos (Bicudo & Bicudo, 1970).

O estudo taxonômico e quantitativo do fitoplâncton foi efetuado através de microscópio invertido (Carl Zeiss – modelo Axiovert 135), com aumento de 400 vezes. Para o estudo taxonômico também foram analisadas as amostras coletadas com a rede.

A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958) com prévia sedimentação de 10 mililitros da amostra. A densidade fitoplanctônica foi calculada de acordo com APHA (1998) e o resultado foi expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através do biovolume, multiplicando-se os valores de densidade de cada espécie pelo volume médio de suas células, considerando-se as dimensões médias das espécies mais abundantes. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma dos indivíduos, como esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipses e outros (Edler, 1979; Wetzel & Likens, 2000).

O índice de diversidade ( $H'$ ), expresso em  $\text{bits.ind.}^{-1}$ , foi estimado segundo Shannon e Wiener. A equitabilidade, como uma medida de quão homogeneamente a biomassa ou densidade é distribuída entre as espécies, foi expressa em porcentagem. Como riqueza de espécies considerou-se o número de espécies presentes em cada amostra quantitativa. As espécies dominantes



foram definidas como aquelas que apresentaram densidades ou biovolume superiores a 50% do total da amostra (Huszar, 1994).

As amostras de zooplâncton foram coletadas com auxílio de uma moto-bomba, tendo sido filtrados 1000 litros de água nos pontos 2, 10 e 22, e 500 litros de água nos pontos 7 e 21, em uma rede de plâncton de 68  $\mu\text{m}$  de abertura de malha. O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

A abundância zooplanctônica foi determinada a partir da contagem das amostras em câmaras de Sedwigck-Rafter, sob microscópio ótico. As amostras foram concentradas em um volume de 75 mL, e as contagens realizadas a partir de 3 sub-amostras (7,5 mL) tomadas com pipeta do tipo Stempel, sendo a densidade final expressa em indivíduos. $\text{m}^{-3}$ . Visto que as amostras não foram contadas na íntegra e que o método de sub-amostragens não é eficiente para fornecer resultados de riqueza de espécies (apesar de fornecer uma estimativa confiável da abundância total, as espécies pouco abundantes podem não ocorrer nas sub-amostras), após as contagens das 3 sub-amostras, uma análise qualitativa da amostra foi realizada. Assim, em cada amostra, sub-amostras foram analisadas até que nenhuma nova espécie fosse encontrada.

A amostragem quali-quantitativa dos organismos bentônicos foi realizada com um amostrador tipo Petersen (252  $\text{cm}^2$ ) em todos os pontos, uma vez que a profundidade encontrava-se alta em todos os pontos devido ao período chuvoso. No mês de agosto, a amostragem nos pontos 2 e 10 foi realizada com surber (1000  $\text{cm}^2$ ), por apresentar pequena profundidade e substrato pedregoso. Em cada ponto foram feitas três réplicas, para obtenção de uma melhor representatividade da comunidade. O material coletado foi acondicionado em galões plásticos (5L), fixado com formol 5% e identificado com uma etiqueta.

Em laboratório, o material foi lavado através de uma série de peneiras com diferentes aberturas de malhas, para facilitar o processo de triagem, quando é feita a separação dos organismos do sedimento, com o auxílio de um microscópio estereoscópio. Logo após, estes foram identificados, contados e conservados em frascos plásticos com álcool 80%. A partir da contagem, foi

estimado o número de indivíduos por m<sup>2</sup> de área de substrato. As seguintes referências bibliográficas foram consultadas para auxílio nas identificações taxonômicas: Edmunds Jr., G. F. & Waltz, R. D. (1996), Edmunds Jr. et al. (1979), El Moor-Loureiro (1997), Fernández & Dominguez (2001), Merrit & Cummins (1996), Peckarsky et al. (1990) e Wiggins (1977).

Os dados foram tabulados e utilizados para o cálculo da abundância média e frequência de cada táxon, abundância total, índice de diversidade de Shannon (H'), Equitabilidade (J) (Magurran, 1988) e riqueza taxonômica para cada ponto amostral.

### **3. RESULTADOS**

Os resultados das análises se encontram no Anexo I.

#### **3.1. Parâmetros Físicos e Químicos**

Em agosto de 2008, a temperatura média do ar foi igual a 26,9°C. Os valores da temperatura da água foram, em média, iguais a 26,06°C na superfície, 26,1°C no meio e 25,6°C no fundo dos pontos amostrados (Figura 1). Em média, tais valores foram inferiores àqueles obtidos em fevereiro e maio de 2008. Nos pontos onde foi mensurada a temperatura da água em três profundidades, a maior diferença nos valores entre a superfície e fundo da coluna da água foi observado no ponto 20 (meio do reservatório; diferença igual a 2,02°C). Tal valor foi inferior àquele obtido em maio de 2008, onde a maior diferença (2,52°C) foi observada no ponto 21. De maneira geral, tais diferenças foram inferiores àquelas mensuradas em novembro de 2007, onde as maiores diferenças nos valores de temperatura da água foram mensuradas nos pontos 20 (4,9°C) e 21 (3,4°C) (meio do reservatório e região próxima à barragem). Dessa maneira, assim como observado em maio de 2008, em agosto, provavelmente, não houve estratificação térmica no trecho monitorado.

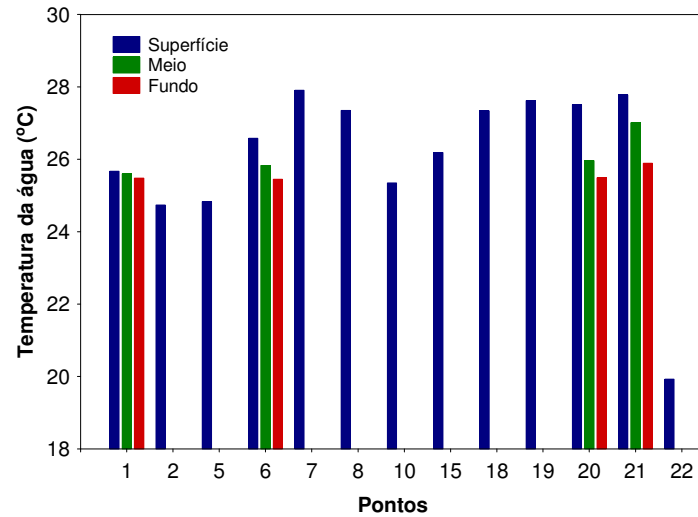
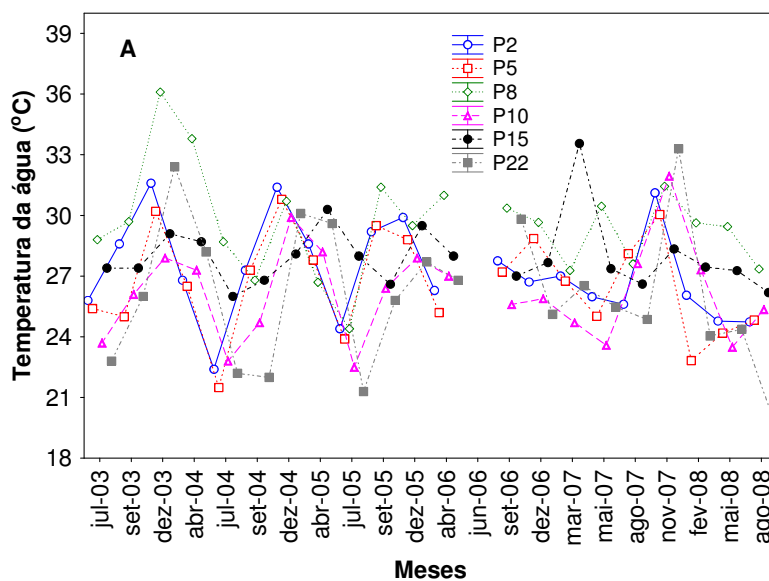


Figura 1. Valores da temperatura da água.

Considerando todo o período monitorado durante a fase de operação do reservatório (desde julho de 2003), observou-se que a sazonalidade é bem demarcada na região, com as maiores temperaturas ocorrendo durante os meses de dezembro e as menores temperaturas ocorrendo em julho (Figura 2).



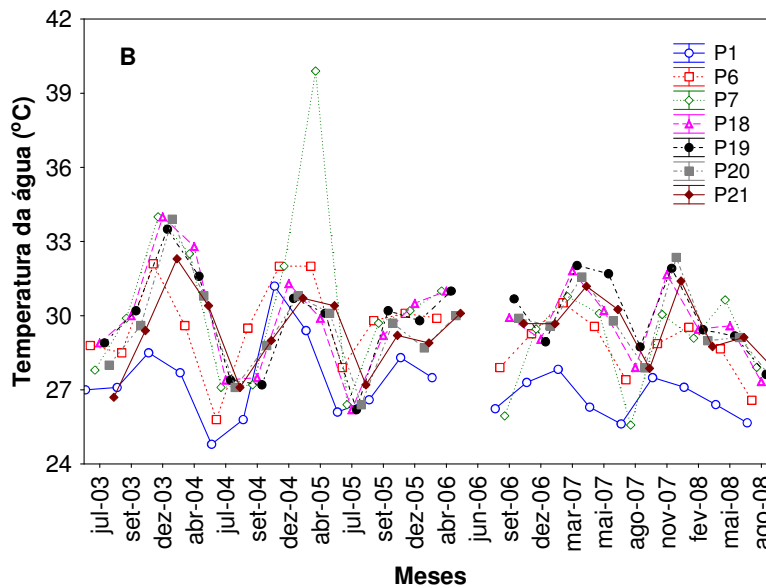


Figura 2. Avaliação temporal da temperatura da água nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em agosto de 2008, as concentrações de oxigênio dissolvido foram, em média, iguais a 7,98 mg/L; 6,17 mg/L e 5,19 mg/L, na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 3). Tais valores foram superiores àqueles registrados em maio de 2008 (média igual a 7,06 mg/l; 5,17 mg/l e 4,29 mg/l, na superfície, meio e fundo, respectivamente). Na superfície da coluna da água, tais concentrações variaram entre 5,5 mg/L (ponto 1 – foz do córrego Florêncio) e 9,7 mg/L (ponto 18 – parte interna da praia de Minaçu).

Considerando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (5,0 mg/L), todos os locais apresentaram concentrações desse gás superiores ao referido limite, na superfície e meio da coluna da água. O fundo dos pontos 1 e 21 apresentaram concentrações de oxigênio inferiores a 5,0 mg/L. Em maio de 2008, o ponto 1 também apresentou as menores concentrações de oxigênio em todas as profundidades amostradas.

Em agosto, o ponto 21 apresentou a maior diferença nas concentrações desse gás entre a superfície e fundo da coluna da água (diferença igual a 3,79 mg/L de oxigênio).

O mesmo padrão foi observado considerando a porcentagem de saturação de oxigênio, que foi, em média, igual a 89,7% na superfície, 73,9% no meio e 56,7% no fundo dos pontos amostrados. A menor porcentagem

(50,8%) foi mensurada no fundo do ponto 1 (foz do córrego Florêncio; Figura 4).

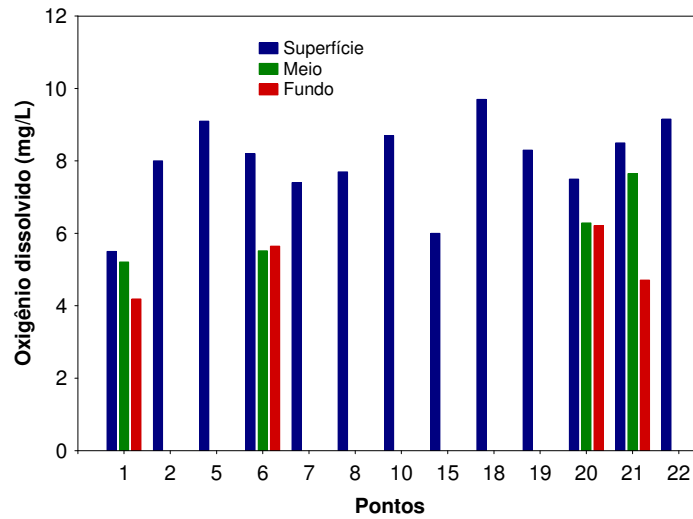


Figura 3. Concentração de oxigênio dissolvido.

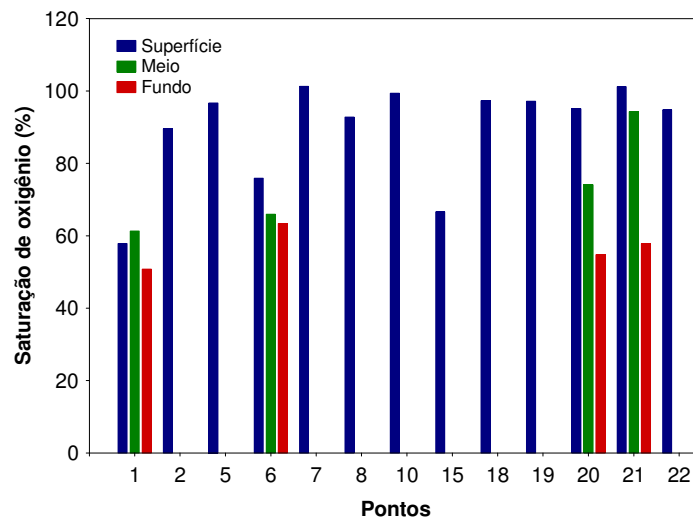


Figura 4. Porcentagem de saturação de oxigênio.

Ao longo de todo o período monitorado, durante a fase de operação da UHE Cana Brava, pode-se observar que, dentre os tributários, o ponto 2 (rio Preto) apresentou, em média, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido. Além disso, o ponto 15 (jusante da barragem) freqüentemente apresenta as menores concentrações desse gás. No corpo central do reservatório, o ponto 1 (foz do córrego Florêncio) freqüentemente apresenta as menores concentrações de oxigênio, mesmo considerando a superfície da coluna da água (Figura 5). No entanto, em agosto, novembro de 2007 e fevereiro de 2008 observou-se um acréscimo nas concentrações desse gás

nos pontos 1 e 15, com novo decréscimo em maio de 2008. Em agosto de 2008, na superfície desses pontos (P1 e P15), tais concentrações foram acima de 5,0 mg/L.

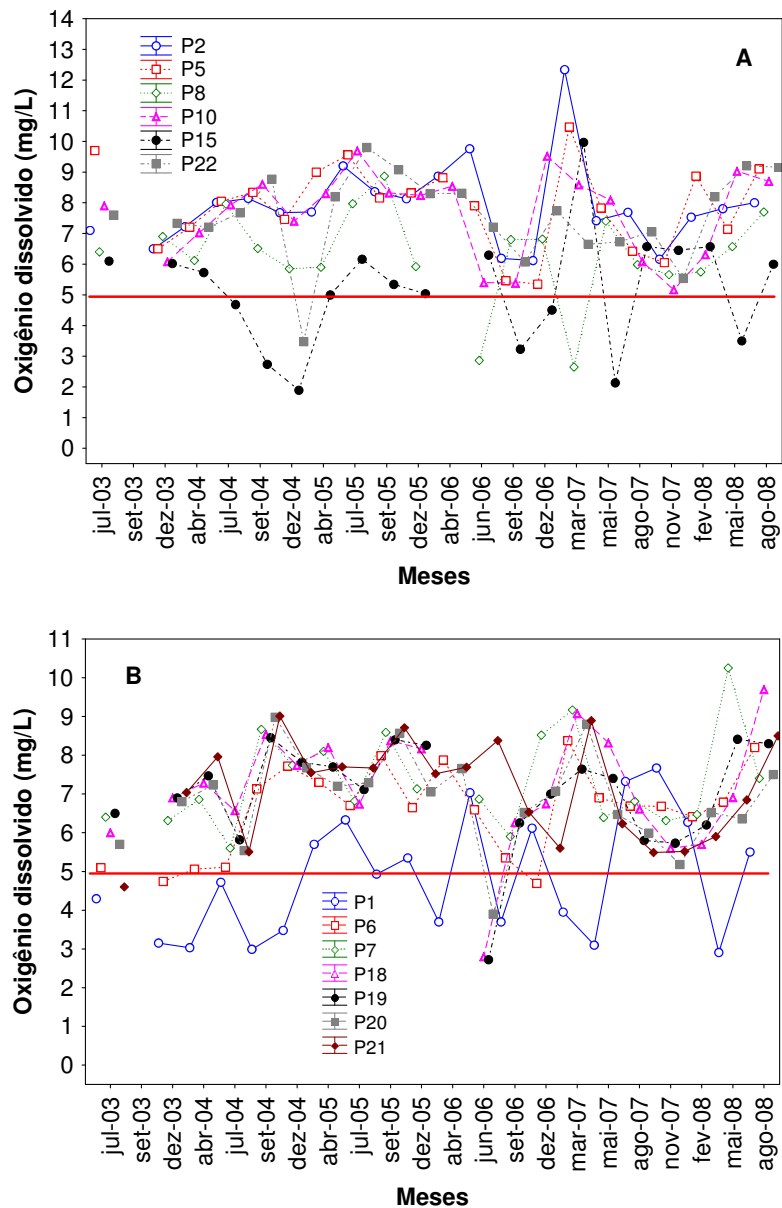


Figura 5. Avaliação temporal da concentração de oxigênio dissolvido nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

### ***Variáveis indicadoras de luminosidade subaquática***

O maior valor de transparência da água (3,7 m) foi obtido no ponto 8 (córrego Varjão) e ponto 20 (meio do reservatório) (Figura 6). Os pontos 5 (rio São Félix), 10 (rio do Carmo) e 22 (rio Bonito) apresentaram valor de

transparência total, tendo em vista a pequena profundidade desses ambientes. De maneira geral, os pontos localizados no eixo central do reservatório da UHE Cana Brava apresentam os maiores valores de transparência, provavelmente devido as maiores taxas de sedimentação do material em suspensão nesta região.

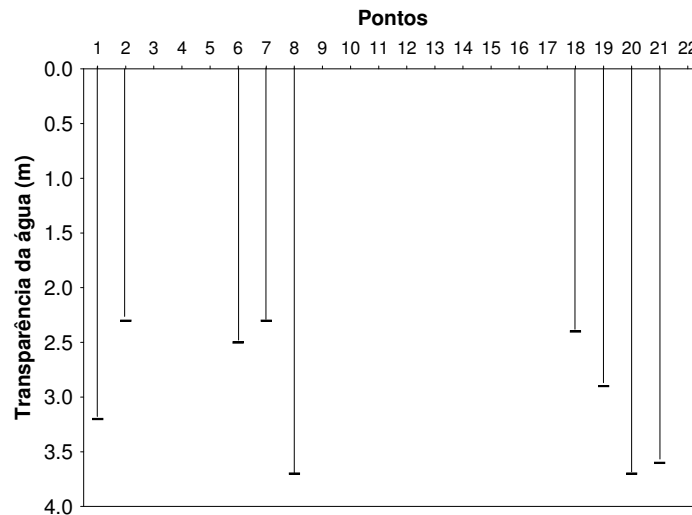


Figura 6. Valores de transparência da água.

Os valores de turbidez corroboram os resultados da transparência da água, ou seja, o reservatório da UHE Cana Brava apresenta águas transparentes. Em agosto, os valores de turbidez variaram entre 1,12 NTU (superfície do ponto 21 e fundo do ponto 20) e 5,94 NTU (fundo do ponto 21) (Figura 7). Em média, os maiores valores de turbidez foram mensurados no fundo da coluna da água (média = 1,98 NTU na superfície; 2,11 NTU no meio e 3,58 NTU no fundo). Tais valores foram similares àqueles mensurados em maio de 2008, e inferiores aos obtidos em fevereiro.

Assim, em agosto, todos os locais monitorados apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU).

Analisando a variabilidade temporal dos dados, os menores valores de turbidez foram obtidos no corpo central do reservatório mesmo durante o período de chuvas (Figura 8B). Considerando os tributários, grande parte dos locais amostrados apresentaram valores de turbidez dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe II

(100 NTU), com exceção dos pontos 5 e 10, no mês de setembro de 2003; ponto 2 no mês de abril de 2004; ponto 22 em dezembro de 2006; e pontos 5 e 22 em fevereiro de 2008 (Figura 8). Pode-se concluir que mesmo em períodos onde foram observados altos valores de turbidez nos tributários, estes não afetaram significativamente o corpo central do reservatório, onde o material em suspensão acaba sendo depositado no sedimento.

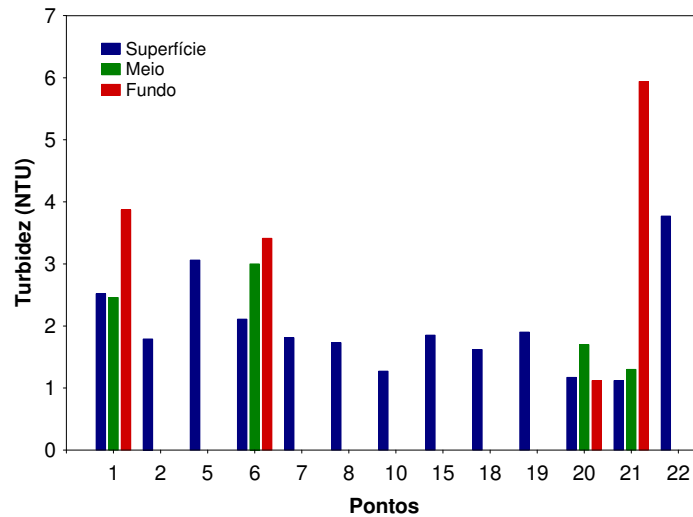
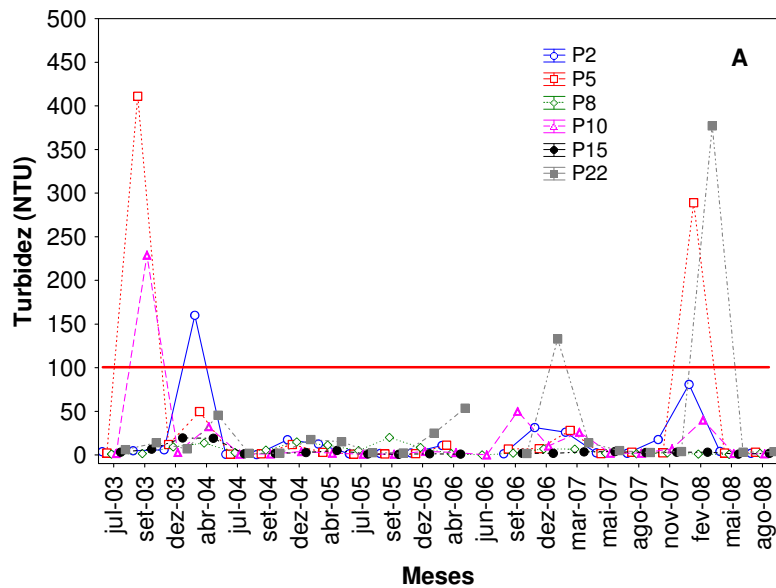


Figura 7. Valores de turbidez.





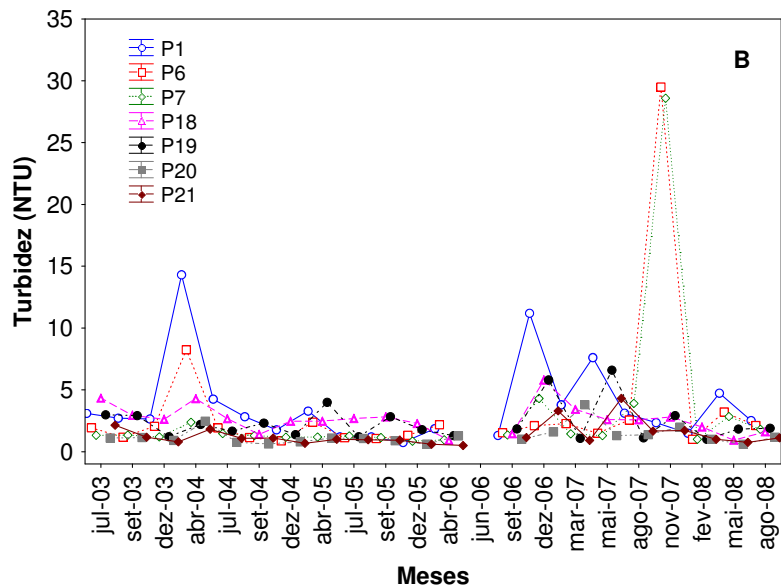


Figura 8. Avaliação temporal da turbidez nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

### ***pH, condutividade elétrica, STD, alcalinidade, acidez e dureza***

Os valores médios de pH foram iguais a 7,97; 7,30 e 7,69, na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 9). De maneira geral, todos os locais monitorados apresentaram valores de pH dentro do limite preconizado pela resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0).

De maneira geral, as águas do reservatório podem ser consideradas neutras (Figura 10). Em média, o corpo central do reservatório apresentou valores iguais a 7,53 ( $IC_{95\%} = 7,41-7,65$ ), enquanto que os tributários apresentaram valores próximos a 7,31 ( $IC_{95\%} = 7,18-7,44$ ). Além disso, observou-se maior variabilidade entre os pontos de coleta, considerando os tributários. Ao longo de todo o período monitorado, durante a fase de operação do reservatório, foram observadas poucas transgressões da resolução CONAMA, considerando os valores de pH.

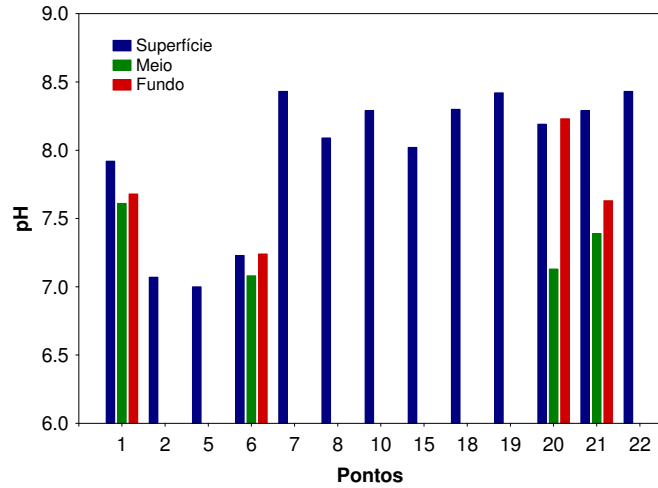


Figura 9. Valores de pH.

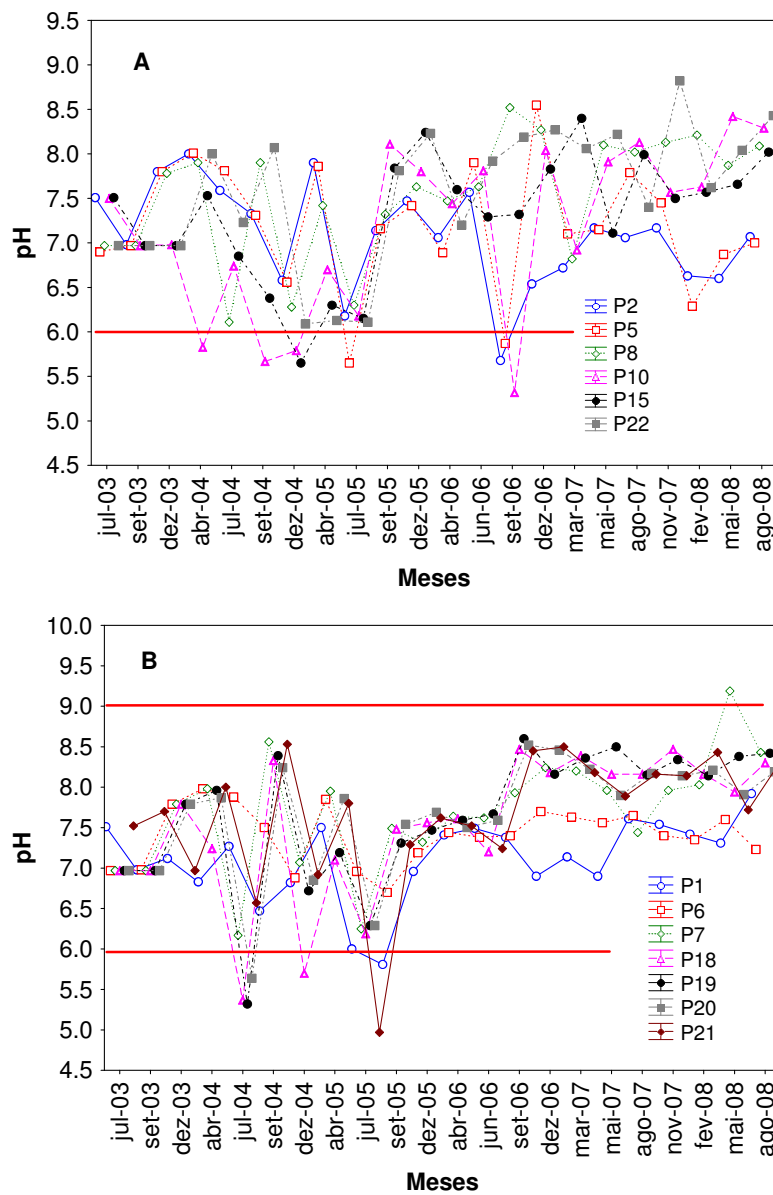


Figura 10. Avaliação temporal dos valores de pH nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em agosto de 2008, os valores de condutividade elétrica foram, em média, iguais a 92,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na superfície; 90,75  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no meio e 90,75  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo (Figura 11). O menor valor (50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi mensurado no ponto 2 (rio Preto), enquanto que o maior valor (164  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi obtido na superfície do ponto 22 (rio Bonito). Resultado similar foi observado em maio de 2008.

Dentre os tributários, os pontos 2 (Rio Preto) e 5 (Rio São Félix) tendem a apresentar os menores valores de condutividade elétrica, enquanto que os pontos 22 (Rio Bonito) e 8 (Córrego Varjão) apresentam os maiores valores (Figura 12A). No corpo central do reservatório, os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados em agosto e novembro de 2007 no ponto 7 (foz do rio Bonito). Além disso, considerando todo o período de monitoramento, não existe diferença significativa entre os pontos amostrados no corpo central do reservatório (Figura 12B).

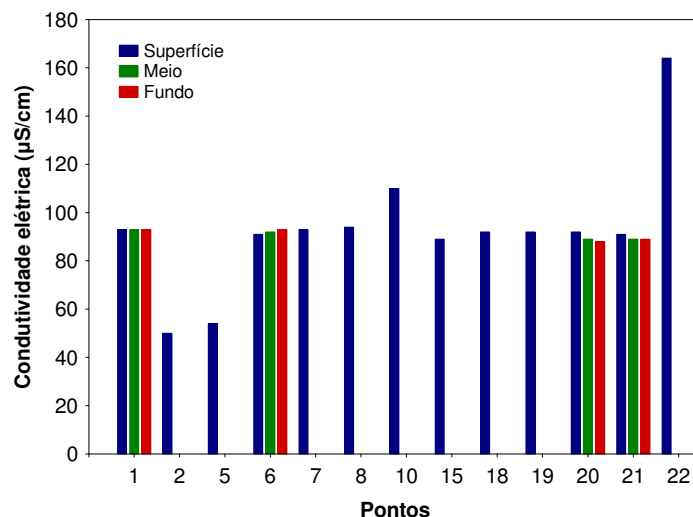


Figura 11. Valores de condutividade elétrica.

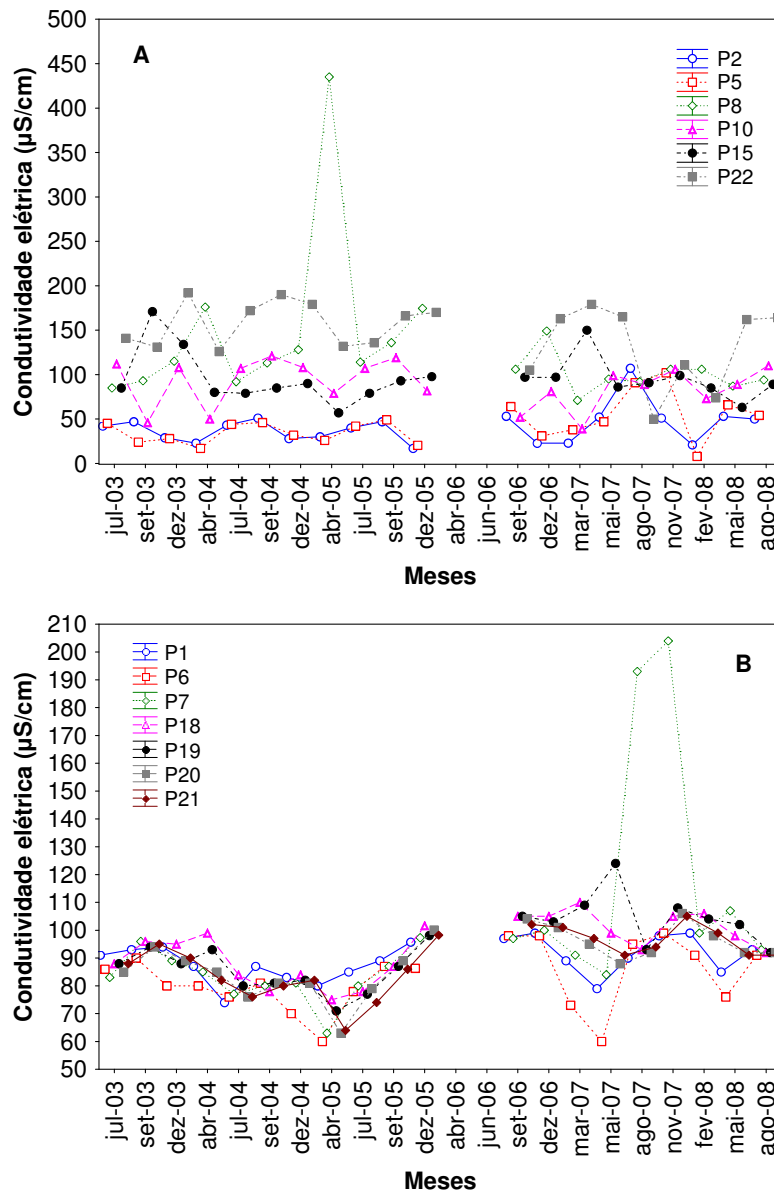


Figura 12. Avaliação temporal dos valores de condutividade elétrica nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em agosto, os valores de condutividade elétrica foram altamente correlacionados com as concentrações de sólidos totais dissolvidos ( $r = 0,95$ ;  $P < 0,001$ ). Tais concentrações, na superfície da coluna da água, variaram entre 33 mg/L (ponto 2 – rio Preto) e 119 mg/L (ponto 22 - rio Bonito (Figura 13). Assim, todos os locais apresentaram concentrações de sólidos totais dissolvidos inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L).

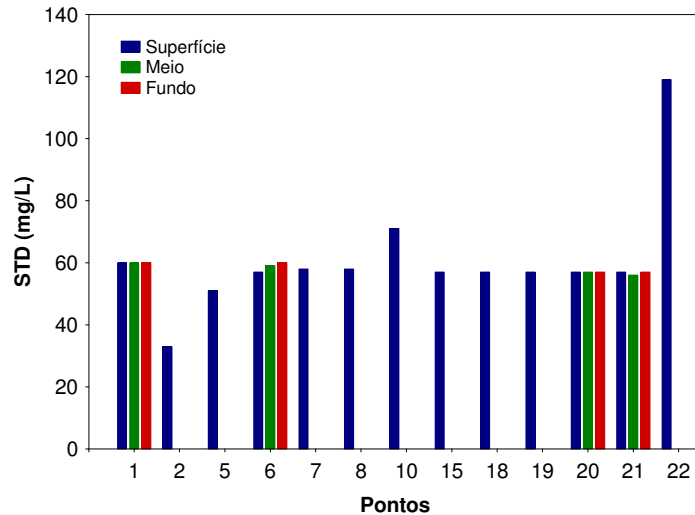


Figura 13. Concentração de sólidos totais dissolvidos (STD).

Em média, os valores de alcalinidade foram iguais a 40,9 mg/L na superfície, 41 mg/L no meio e 42,2 mg/L no fundo dos pontos amostrados (Figura 14). Tais valores foram similares àqueles mensurados em maio de 2008. A maior concentração (72 mg/L) foi mensurada no rio Bonito (ponto 22).

Os valores de acidez variaram entre 3,0 mg/l (ponto 22) e 5,9 mg/l (pontos 7 e 8; foz do rio Bonito e córrego Varjão, respectivamente) (Figura 15).

De maneira geral, não houve diferença significativa entre as profundidades amostradas, considerando os valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) e alcalinidade.

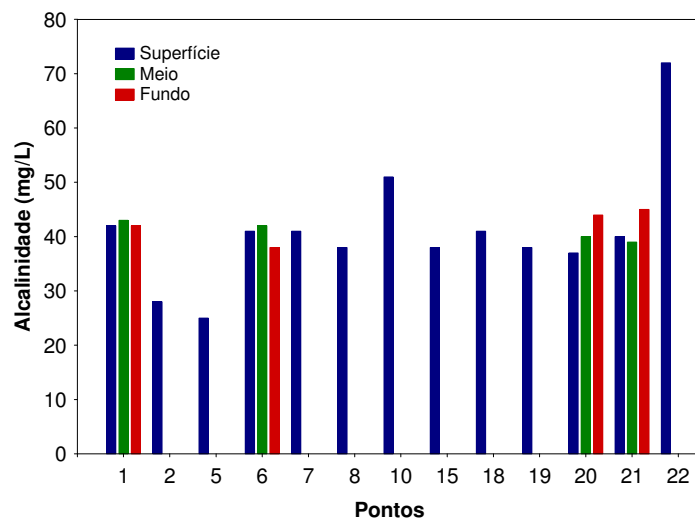


Figura 14. Valores de alcalinidade.

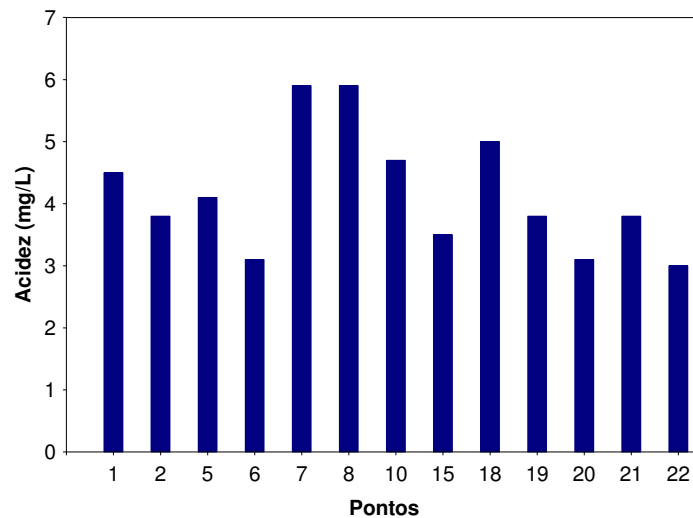


Figura 15. Valores de acidez.

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. Águas com teores destes sais inferiores a 125 mg/l são classificadas como moles; de 125 a 230 mg/l, como médias ou ligeiramente duras e de 230 a 450 mg/l como duras. Esta classificação não tem aplicação biológica, somente é importante em termos de tratamento de água (Baumgarten e Pozza, 2001). Os valores de dureza no sistema monitorado variaram entre 48 mg/L (ponto 2 – rio Preto) e 142 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (Figura 16). Resultado similar foi obtido em meses anteriores. De maneira geral, a água do reservatório da UHE Cana Brava pode ser classificada como mole.

Provavelmente, em agosto de 2008, o ponto 22 (rio Bonito) apresentou elevadas concentrações de íons carbonato e bicarbonato, tendo em vista os maiores valores de alcalinidade, dureza e condutividade elétrica. Além disso, há uma forte estrutura de correlação entre as variáveis dureza e condutividade elétrica ( $r = 0,95$ ;  $P < 0,001$ ) e entre dureza e alcalinidade ( $r = 0,94$ ;  $P < 0,001$ ), indicando que os locais que apresentam maiores valores de alcalinidade e dureza também apresentam elevados valores de condutividade elétrica.

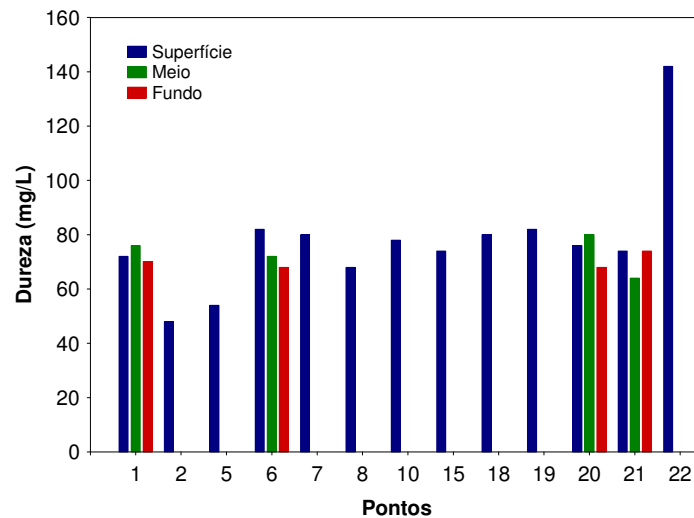


Figura 16. Valores de dureza.

### ***Íons cloreto, sulfato, sulfeto e ferro***

Todas as águas naturais, em maior ou menor escala contêm íons cloreto resultantes da dissolução de minerais ou de sais e da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloreto impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais (dessalinização), bem como causam danos a estruturas metálicas (corrosão) (Baumgarten & Pozza, 2001). Em agosto, as concentrações de cloreto foram, em média, iguais a 0,83 mg/L; 0,90 mg/L e 1,0 mg/L na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (1,2 mg/l) foi obtida em vários pontos e profundidades de coleta (Figura 17). Todos os locais amostrados apresentaram concentrações de cloreto inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (250 mg/L), assim como observado nos demais meses de monitoramento.

Considerando os meses entre julho de 2003 e agosto de 2008, não houve diferença significativa nas concentrações de cloreto mensuradas no corpo central do reservatório (média = 1,49 mg/L; IC<sub>95%</sub> = 1,28-1,70 mg/L) e àquelas obtidas nos tributários do reservatório (média = 1,69 mg/L; IC<sub>95%</sub> = 1,41-1,97 mg/L) (Figura 18). Assim, a análise das concentrações de cloretos sugere que dificilmente o limite máximo de 250 mg/l, preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005, será ultrapassado, mesmo nos pontos de

coleta que apresentam evidentes problemas de qualidade da água (e.g. ponto 22 de coleta, situado no Rio Bonito e ponto 8, no córrego Varjão).

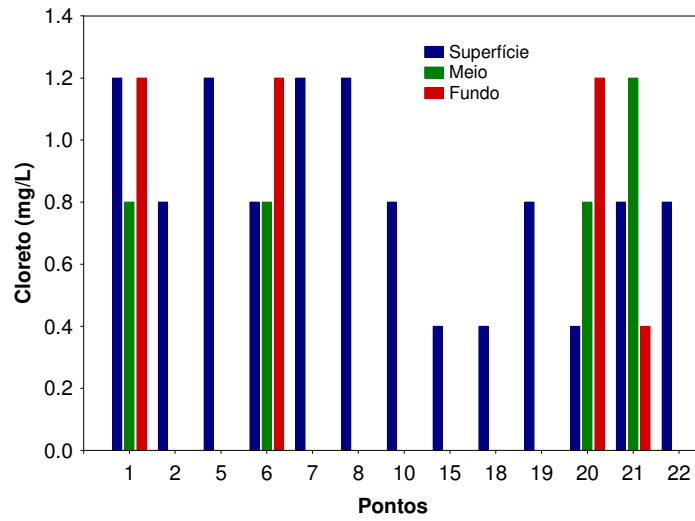
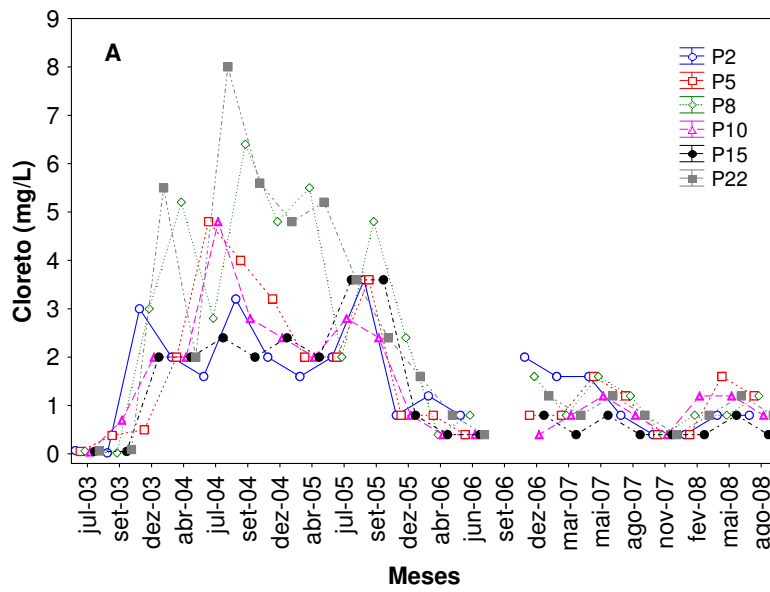


Figura 17. Concentração de cloretos.





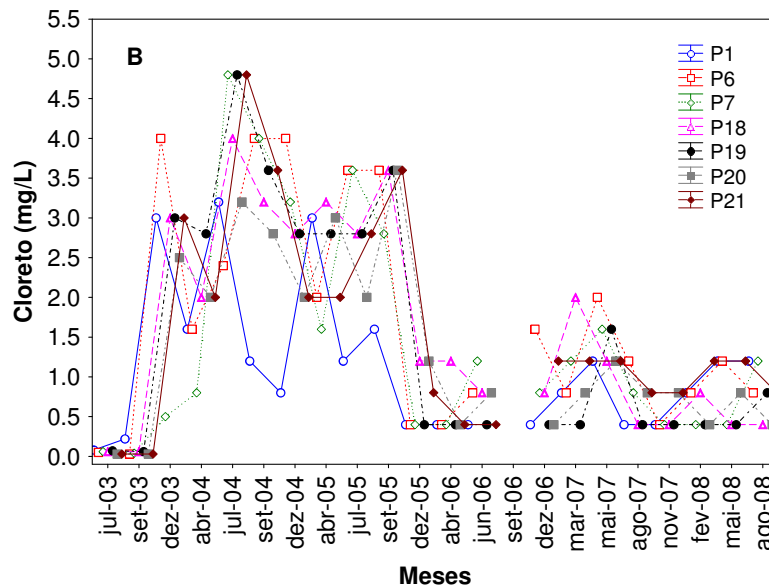


Figura 18. Avaliação temporal das concentrações de cloreto nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

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). Em ecossistemas de águas interiores sujeitos à contaminação antropogênica, podem ser encontrados valores altos para a concentração de sulfato.

Em agosto de 2008, a concentração de sulfato foi detectada somente no fundo do ponto 1 (foz do córrego Florêncio; 1,0 mg/L). Os demais locais de coleta apresentaram concentrações inferiores ao limite de detecção do método (<1,0 mg/L). Assim, tais concentrações foram inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (250 mg/l), como observado nos demais meses de monitoramento limnológico.

As concentrações de sulfeto variaram entre valores abaixo do limite de detecção do método e 0,007 mg/l (ponto 22 – rio Bonito) (Figura 19). Em agosto de 2008, somente o ponto 22 apresentou concentração de sulfeto superior ao limite estabelecido pela resolução CONAMA (0,002 mg/l).

Considerando a variabilidade temporal, as maiores concentrações de sulfeto foram encontradas nos pontos 5 e 10 no mês de setembro de 2003 (Figura 20A). No corpo central do reservatório freqüentemente são mensuradas baixas concentrações de sulfeto (média no corpo central = 0,0022 mg/L; média nos tributários = 0,0108 mg/L) (Figura 20B). Não foi observado um padrão sazonal nas concentrações de sulfeto no reservatório da UHE Cana Brava.

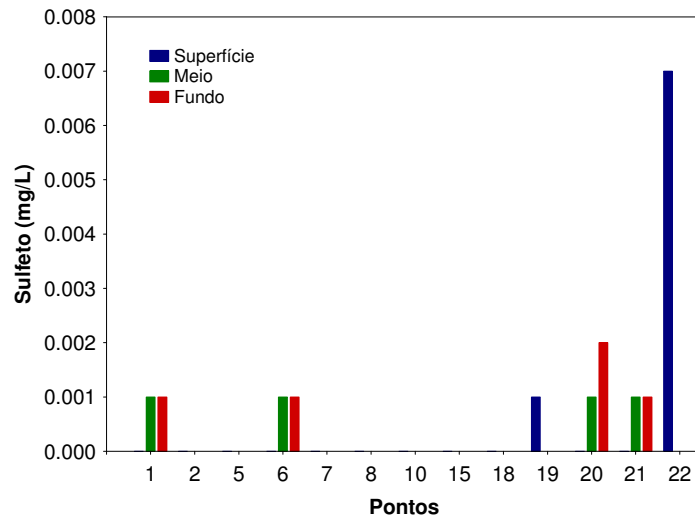
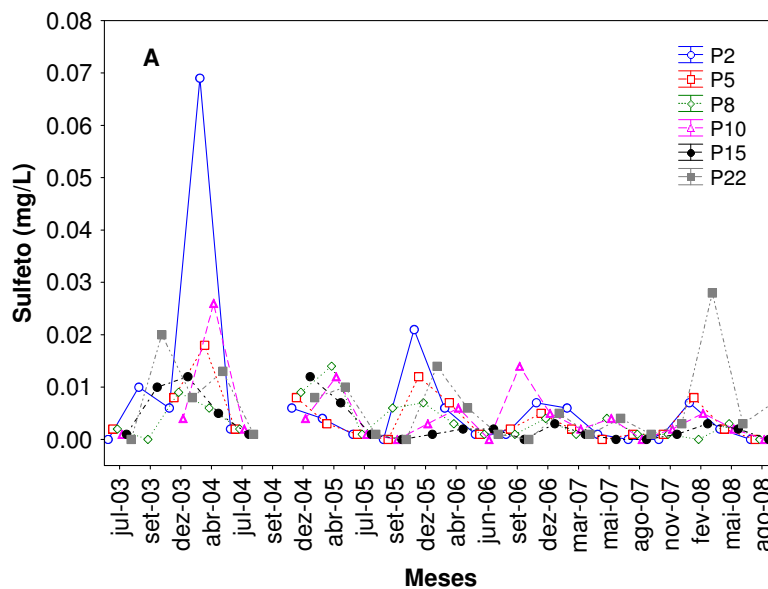


Figura 19. Concentração de sulfeto.



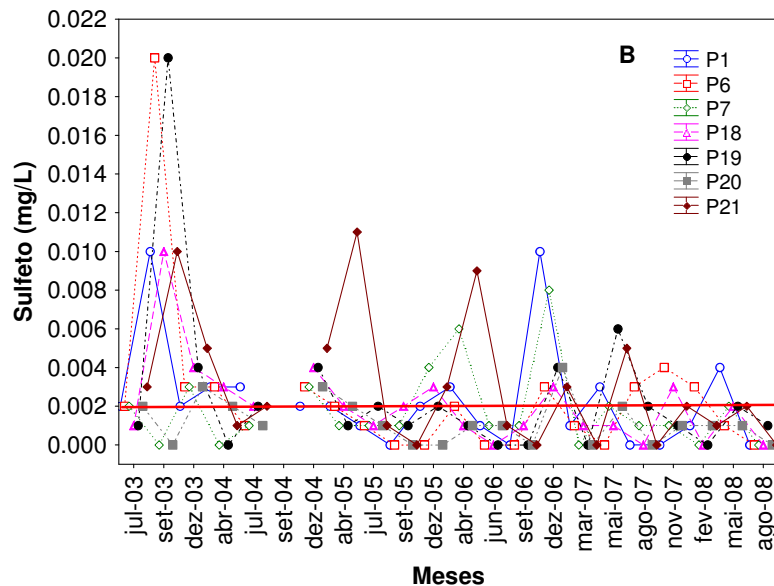


Figura 20. Avaliação temporal da concentração de sulfeto nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,18 mg/L; 0,21 mg/L e 0,92 mg/L na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (2,05 mg/L) foi obtido no fundo do ponto 20 (meio do reservatório), enquanto que o menor valor (0,03 mg/L) foi mensurado na superfície do ponto 21 (Figura 21). A maior concentração de ferro nas maiores profundidades de coleta pode ser explicada pela menor concentração de oxigênio dissolvido nesses locais, tendo em vista que em ambientes onde predominam condições redox (baixas concentrações de oxigênio), grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma reduzida ( $Fe^{2+}$ ), tornando-se solúvel no ambiente aquático e, liberando o fósforo do sedimento para a coluna da água.

De maneira geral, os tributários tendem a apresentar maiores concentrações de ferro total (média = 0,54 mg/L;  $IC_{95\%}$  = 0,40-0,68), comparando com o corpo central do reservatório (média = 0,21 mg/L;  $IC_{95\%}$  = 0,12-0,29) (Figura 22), destacando-se o ponto 22 (Rio Bonito) em abril, junho, dezembro de 2006 e fevereiro de 2008. No corpo central do reservatório, as maiores concentrações de ferro são freqüentemente obtidas nas maiores profundidades, com exceção apenas do ponto 6 em setembro de 2003.

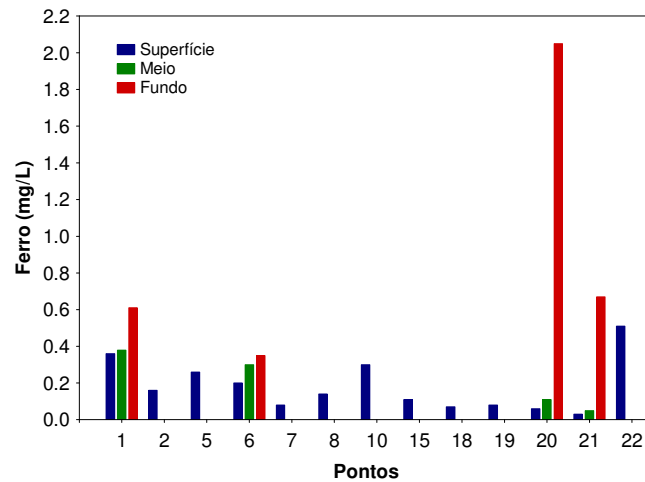


Figura 21. Concentração de ferro total.

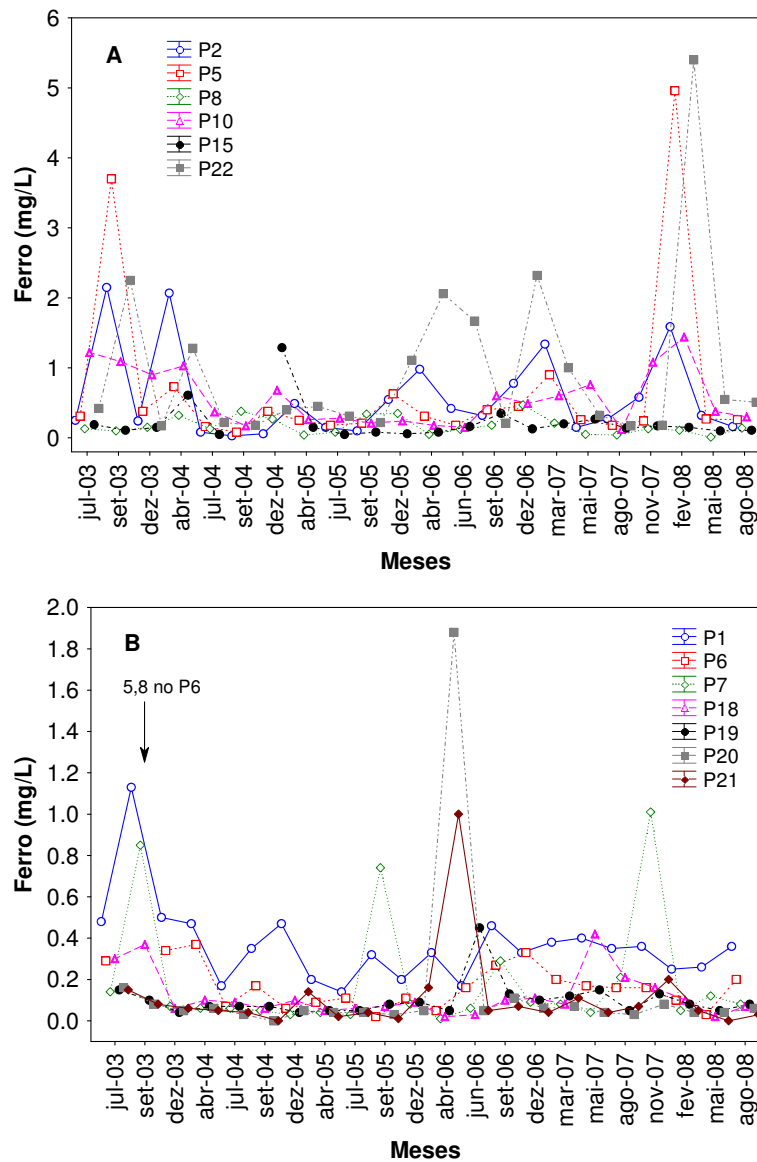


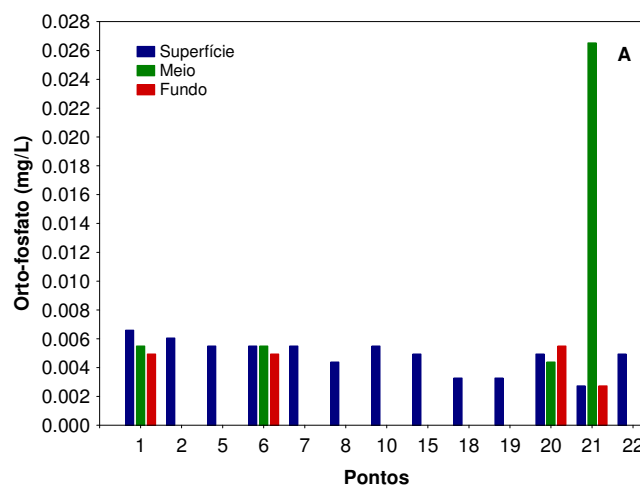
Figura 22. Avaliação temporal da concentração de ferro total nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

## Nutrientes

Em agosto de 2008, as concentrações de orto-fosfato foram, em média, iguais a 0,0048 mg/L na superfície, 0,010 mg/L no meio e 0,0045 mg/L no fundo dos pontos amostrados. A maior concentração (0,026 mg/L) foi obtida no meio do ponto 21 (Figura 23A).

A concentração de fósforo total engloba todas as formas fosfatadas no ambiente, ou seja, as formas dissolvidas e particuladas (material em suspensão). Em agosto, a maior concentração de fósforo total (0,0475 mg/L) foi obtida na superfície do ponto 10 (rio do Carmo) (Figura 23B). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de fósforo total inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,050 mg/l), assim como observado em maio e fevereiro de 2008.

Entre julho de 2005 e agosto de 2008, a maior concentração média de fósforo total foi mensurada nos tributários (média = 0,032 mg/L; IC<sub>95%</sub>=0,026-0,039), comparando com o corpo central do reservatório (média = 0,026; IC<sub>95%</sub>=0,022-0,029) (Figura 24). De maneira geral as maiores concentrações de fósforo total nos tributários foram obtidas em abril de 2006 (média = 0,082 mg/l), enquanto que no corpo central as maiores concentrações foram mensuradas em maio de 2007 e junho de 2006 (média = 0,0417 mg/L e 0,0406 mg/L, respectivamente).



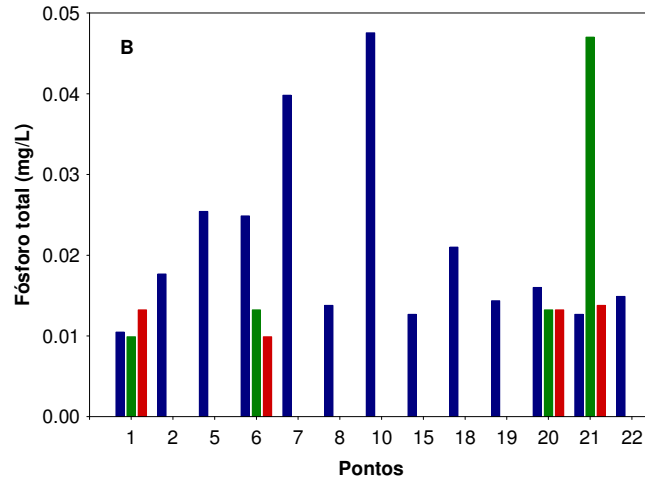


Figura 23. Concentração de orto-fosfato (A) e fósforo total (B).

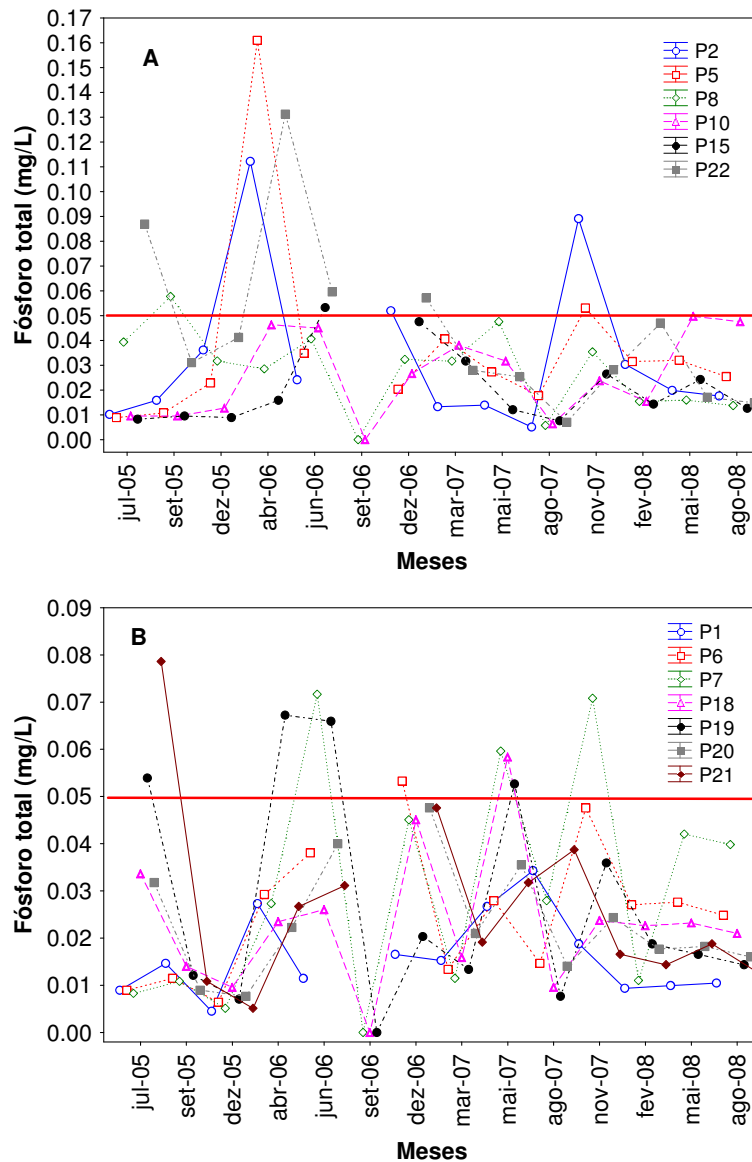


Figura 24. Avaliação temporal da concentração de fósforo total nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em média, as concentrações de nitrato foram iguais a 0,13 mg/L; 0,15 mg/L e 0,17 mg/L na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (0,4 mg/l) foi obtida no ponto 22 (Rio Bonito), assim como observado em maio de 2008 (Figura 25).

Todos os locais amostrados apresentaram concentrações de nitrato inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA para águas de classe 2 (10 mg/l). Assim como observado para grande parte das variáveis mensuradas, as concentrações de nitrato são menores no corpo central do reservatório (média = 0,124 mg/L no corpo central do reservatório e 0,260 mg/L nos tributários) (Figura 26).

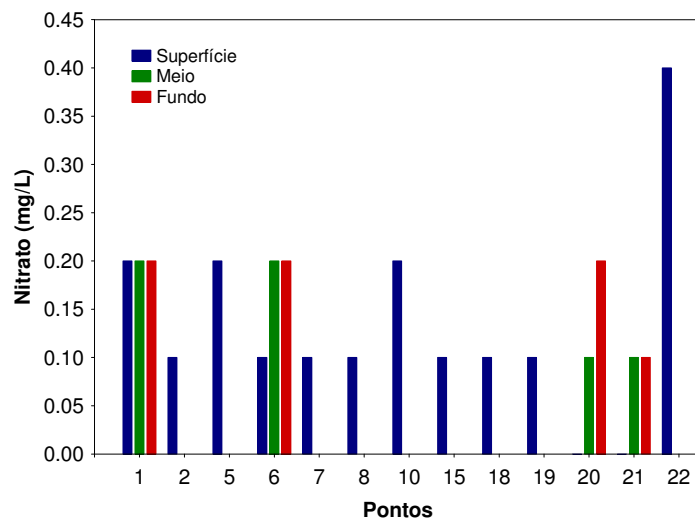
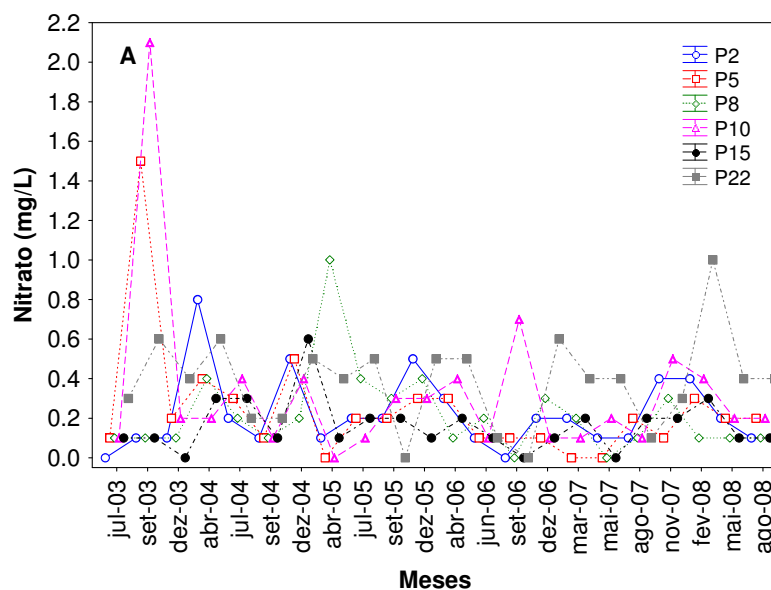


Figura 25. Concentração de nitrato.



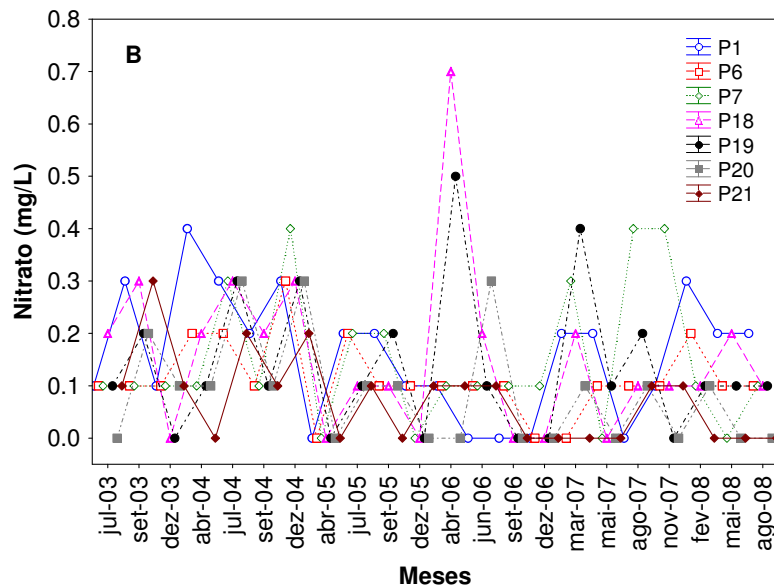


Figura 26. Avaliação temporal da concentração de nitrato nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A concentração média de nitrito foi igual a 0,014 mg/L na superfície, 0,008 mg/L no meio e 0,013 mg/L no fundo dos pontos amostrados. Em agosto, a maior concentração de nitrito (0,024 mg/L) foi obtida no fundo do ponto 1 (foz do córrego Florêncio) (Figura 27). Tais concentrações foram, em média, superiores àquelas registradas em maio de 2008, e inferiores às obtidas em fevereiro (média = 0,014 mg/L em fevereiro; 0,002 mg/L em maio e 0,012 mg/L em agosto).

Todos os locais e profundidades amostradas apresentaram concentrações de nitrito inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (1,0 mg/l).

Em média, as maiores concentrações de nitrito tem sido mensuradas nos tributários do reservatório da UHE Cana Brava (média = 0,0094 mg/L;  $IC_{95\%}=0,0070-0,0117$ ), comparando com o trecho monitorado no corpo central do reservatório (média = 0,0047 mg/L;  $IC_{95\%}=0,0043-0,0052$ ) (Figura 28). Dentre os tributários, as maiores concentrações foram obtidas no ponto 10 (rio do Carmo) em setembro de 2003, ponto 2 (rio Preto) em abril de 2004, ponto 8 (córrego Varjão) em abril de 2005, ponto 22 (rio Bonito) em abril de 2006 e ponto 10 em fevereiro de 2008 (Figura 28A). No entanto, mesmo considerando essas maiores concentrações, estas são significativamente inferiores ao limite



preconizado pela resolução CONAMA (1,0 mg/L). No corpo central do reservatório, a maior concentração foi obtida em agosto de 2008, no ponto 18 (parte interna da praia de Minaçu) (Figura 28B).

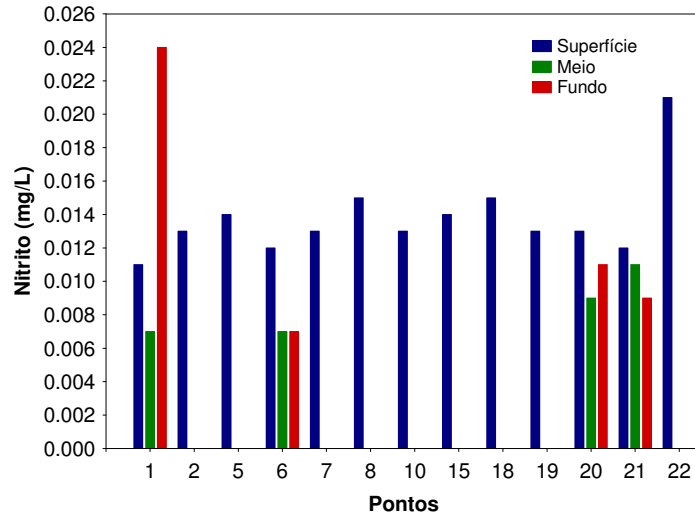
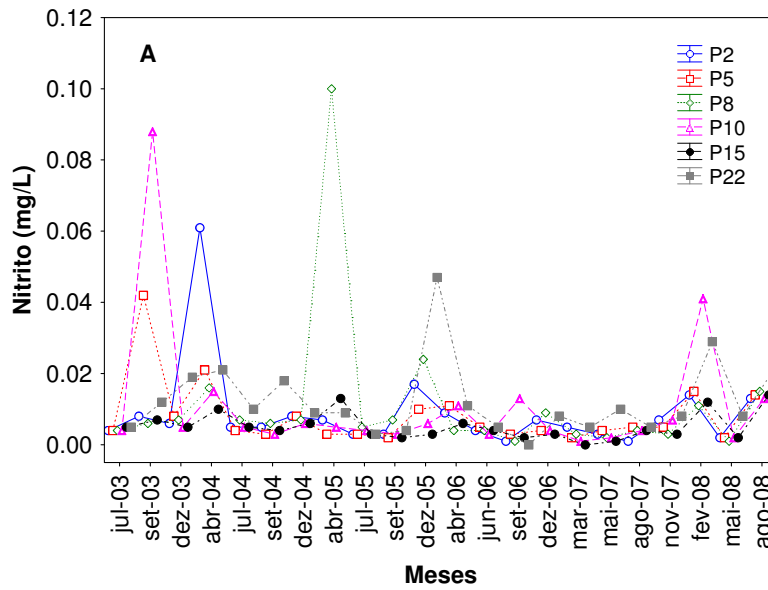


Figura 27. Concentração de nitrito.



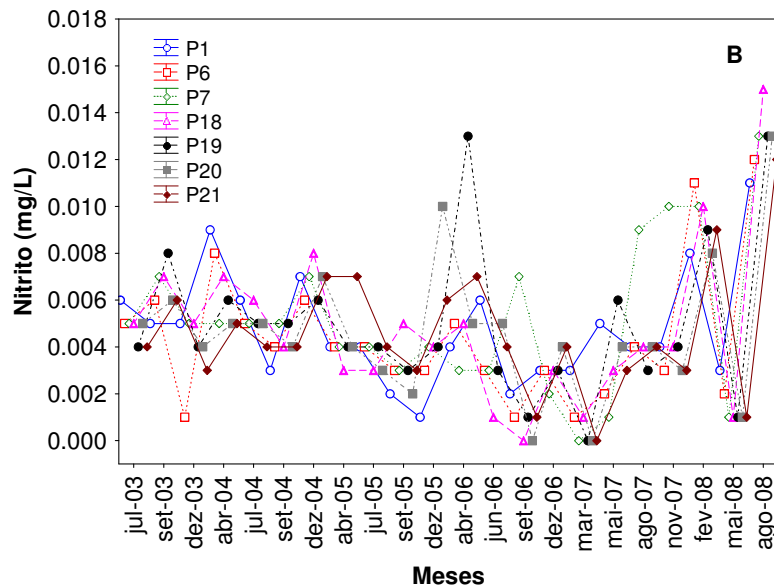


Figura 28. Avaliação temporal da concentração de nitrito nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em agosto, as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método e 0,23 mg/L (fundo do ponto 1) (Figura 29). 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 para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ).

Elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal foram determinadas apenas em setembro de 2003 em alguns pontos monitorados (ponto 10, 5 e 20), e em fevereiro de 2008 no ponto 22 (rio Bonito) (Figura 30). Assim, concentrações abaixo do limite preconizado pela resolução CONAMA são freqüentes no trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava.

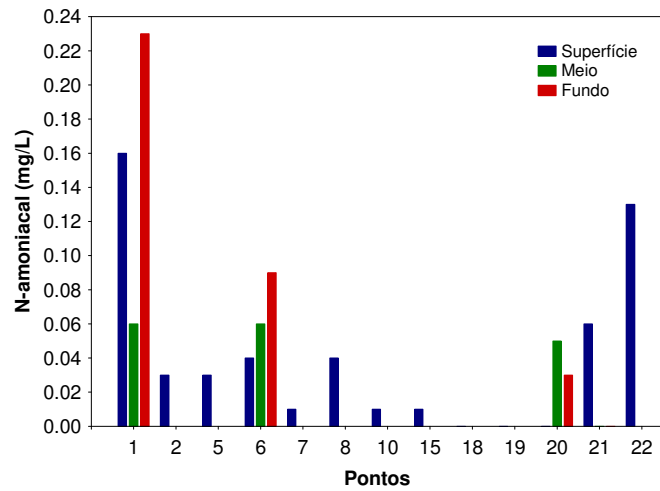


Figura 29. Concentração de nitrogênio amoniacoal.

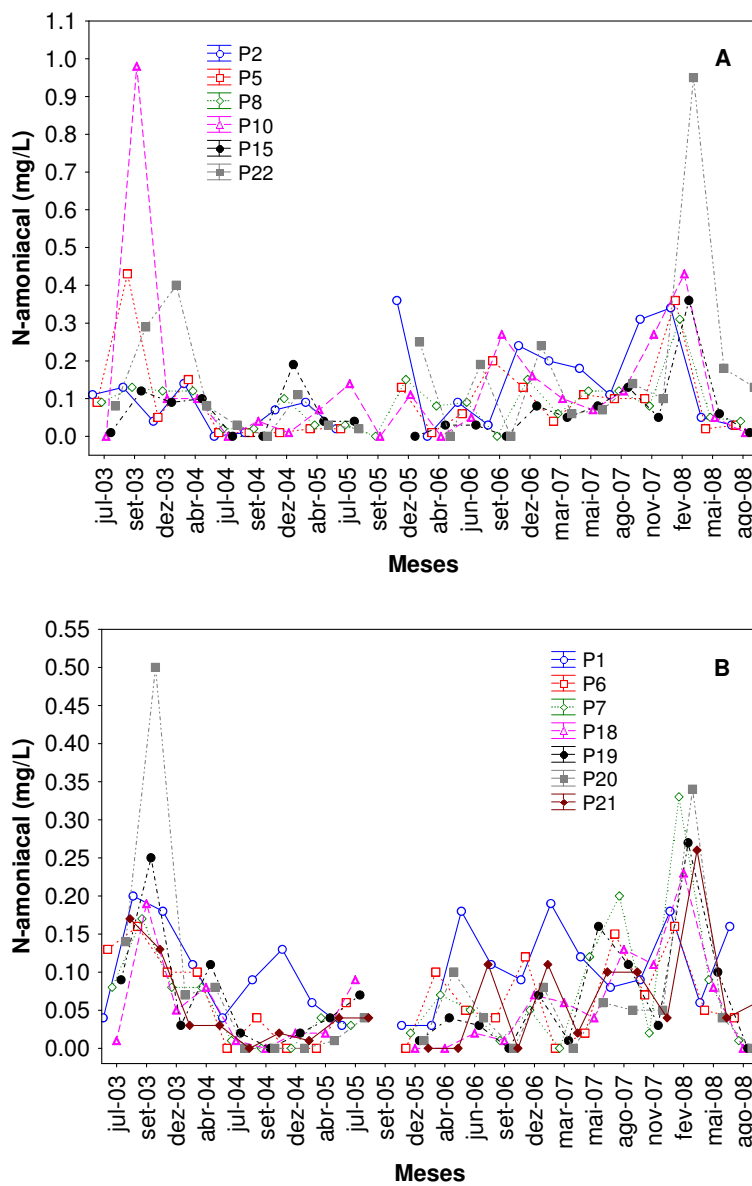


Figura 30. Avaliação temporal da concentração de nitrogênio amoniacoal nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A demanda bioquímica de oxigênio avalia a quantidade de oxigênio dissolvido consumido pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Em agosto de 2008, os valores de DBO<sub>5</sub> variaram entre 0,1 mg/L (superfície do ponto 20) e 4,8 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (Figura 31). Assim, tais valores foram inferiores ao limite preconizado pela Resolução n° 357 de março de 2005 (5,0 mg/l).

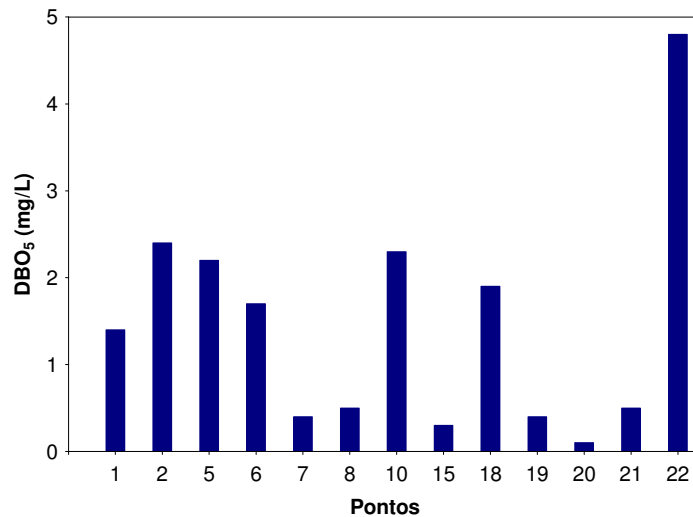


Figura 31. Valores de DBO<sub>5</sub>.

De maneira geral, os tributários apresentaram maiores valores de DBO<sub>5</sub> (média = 2,44 mg/l; IC<sub>95%</sub> = 2,07-2,82), comparando com o corpo central do reservatório (média = 1,94 mg/l; IC<sub>95%</sub> = 1,67-2,22) (Figura 32). De maneira geral, pode-se observar um padrão sazonal de variação nos valores de DBO<sub>5</sub>, sendo que as maiores concentrações vem sendo obtidas durante o período de chuvas (entre novembro e março).

Além disso, pode-se observar que, de maneira geral, as concentrações tendem a ser inferiores que 5,0 mg/l (limite máximo permitido pelo CONAMA).

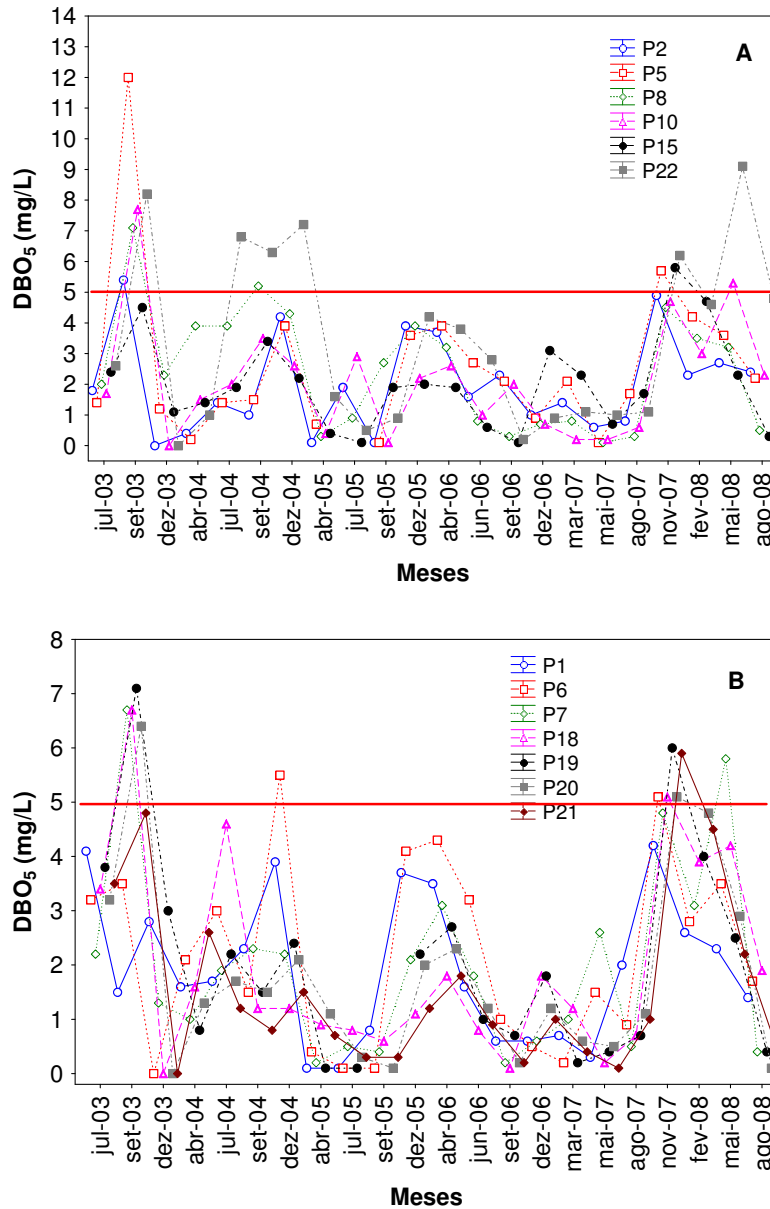


Figura 32. Avaliação temporal da DBO<sub>5</sub> nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

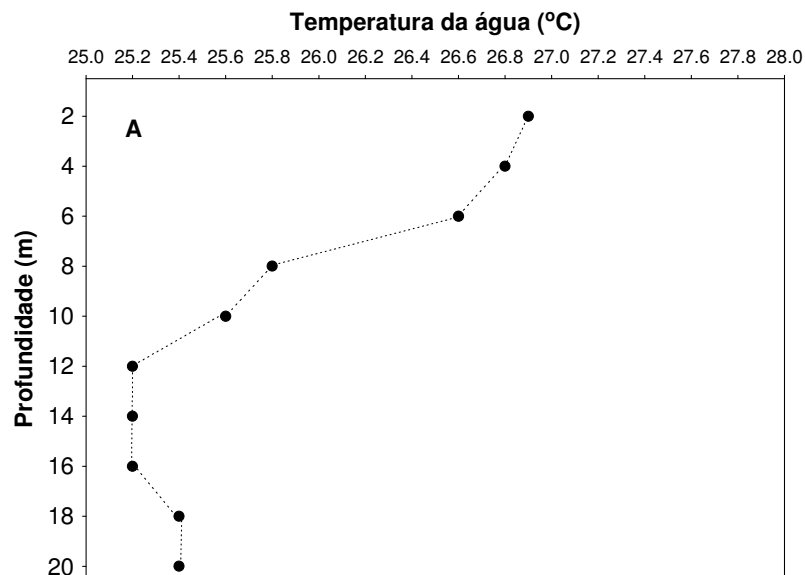
### 3.2. Perfil vertical do ponto 21 (próximo à barragem)

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), até a profundidade de 20 metros (Figura 33).

Em agosto de 2008, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura de aproximadamente 2,38°C, superior à registrada em maio de 2008. A concentração de oxigênio dissolvido apresentou uma diferença de, aproximadamente, 6,73 mg/L, entre a maior e menor concentração. A partir de 10 metros de profundidade o ambiente passou a se tornar hipóxico, chegando a 1,01 mg/L de oxigênio a 18 metros de profundidade.

Assim, em agosto de 2008, o decréscimo nos valores de temperatura da água, com o aumento da profundidade do lago, foi acompanhado pelo decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido. Dependendo da profundidade da tomada da água do reservatório, essas baixas concentrações de oxigênio dissolvido pode afetar significativamente os locais a jusante da barragem, tornando-o hipóxico também.

Assim como destacado em relatórios anteriores, sugere-se a análise do perfil vertical de outro ponto de monitoramento limnológico (por exemplo, P20), além do ponto 21, para que seja possível uma melhor interpretação dos resultados.



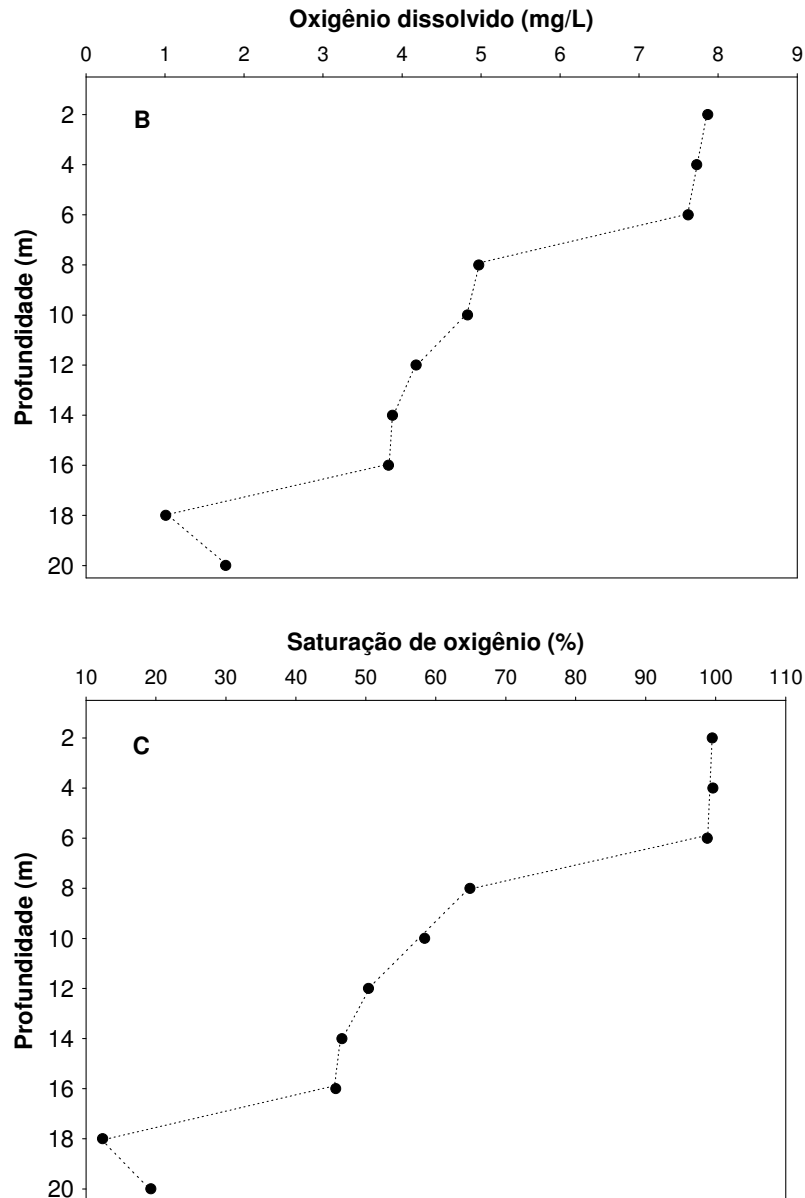


Figura 33. Gradiente vertical de temperatura (A), oxigênio dissolvido (B) e porcentagem de saturação de oxigênio (C), no ponto 21, em agosto de 2008.

### 3.3. Concentração de mercúrio no sedimento

Simultaneamente à coleta das amostras de água no reservatório da UHE Cana Brava, foram coletadas amostras de sedimento para posterior análise de mercúrio nos pontos 2, 7, 10, 21 e 22.

Devido à capacidade do sedimento de liberar metais e/ou biocidas para a coluna da água por muitos anos após cessarem as fontes desses poluentes, a análise das concentrações desses compostos no material particulado, nos

organismos aquáticos e nos sedimentos fornece maiores informações sobre a poluição do ambiente do que as análises das concentrações desses poluentes dissolvidos na água.

Os metais são introduzidos no ambiente aquático pela lixiviação de solos e rochas, erupções vulcânicas e por uma variedade de atividades humanas envolvendo mineração e processos industriais pelo uso de metais ou de substâncias que contenham metais. Alguns metais como manganês, ferro, cobre e zinco são micronutrientes essenciais, enquanto outros como mercúrio, cádmio e chumbo não são requeridos mesmo em baixas quantidades pelos organismos.

O mercúrio é um metal traço extremamente tóxico e não-essencial que não tem função bioquímica ou nutricional. No ambiente aquático, o mercúrio é mais comumente encontrado no estado mercúrico (II), e o seu destino, uma vez que o composto é lançado, é dominado pela adsorção rápida no material orgânico solúvel e particulado; seguido pela floculação, precipitação e o acúmulo final no sedimento de fundo. Devido à força com a qual o mercúrio se liga ao sedimento, a troca com a coluna de água é geralmente pequena.

De maneira geral, o sedimento analisado ao longo do reservatório da UHE Cana Brava apresentou concentrações abaixo do esperado para ambientes poluídos (Tabela 3). No Brasil, não existe legislação para o nível de contaminação de mercúrio em sedimentos. De acordo com a legislação dos Estados Unidos o nível de mercúrio (Hg) de 0,696 mg/kg é considerado o limite a partir do qual ocorrem efeitos biológicos adversos na comunidade aquática. (EPA, 2003). Assim, conforme a tabela 3, nenhum local apresentou concentração superior à legislação estabelecida pelos Estados Unidos, sendo que a maior concentração foi no rio Bonito (ponto 22) com 0,15 mg/kg.

Sedimentos analisados em rios da Bacia do Alto Paraguai nos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, apresentaram concentrações de mercúrio no sedimento similares às observadas no reservatório da UHE Cana Brava, sendo consideradas baixas (Antunes *et al.*, 2007). Nesse estudo, somente um rio (Bento Gomes) apresentou elevada concentração de mercúrio (0,365 mg/kg). Segundo esse autores, o rio Bento Gomes localiza-se numa



área próxima a garimpo, o que deve contribuir de uma certa forma para a poluição do ecossistema aquático.

Tabela 3. Concentração de mercúrio no sedimento dos pontos monitorados na UHE Cana Brava, em agosto de 2008.

<b>Pontos</b>	<b>Concentração de mercúrio (mg/kg)</b>
P2	0,037
P7	0,062
P10	0,035
P21	0,083
P22	0,15

### **3.4. Parâmetros Bacteriológicos**

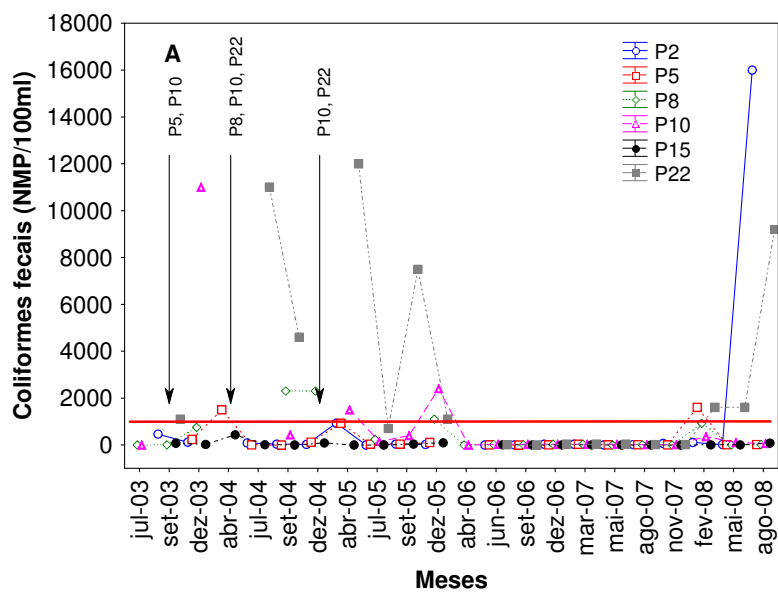
Em agosto de 2008, a densidade de coliformes totais no reservatório da UHE Cana Brava variou entre valores ausentes e valores maiores que 16000 NMP/100ml (pontos 2 e 22) (Tabela 4). A densidade de coliformes fecais (termotolerantes) variou entre valores ausentes (pontos 1, 18, 20 e 21) e 16000 NMP/100ml (ponto 2 – rio Preto) (Tabela 4).

De acordo com a resolução CONAMA, para águas de classe 2, no mês de agosto, os pontos 2 (rio Preto) e 22 (rio Bonito) apresentaram densidade de coliformes fecais (termotolerantes) acima do limite permitido (1000 NMP/100ml).

Entre fevereiro e agosto de 2008, o rio Bonito (ponto 22) apresentou elevadas densidades de coliformes fecais (superiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA), o que não era registrado desde abril de 2006 (Figura 34).

Tabela 4. Abundância de coliformes totais e fecais nos pontos amostrados no reservatório da UHE Cana Brava em agosto de 2008. Valores em negrito representam resultados acima do limite permitido pela resolução CONAMA.

Pontos	Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes fecais (NMP/100ml)
1	Ausente	Ausente
2	>16000	<b>16000</b>
5	260	18
6	90	18
7	90	18
8	80	18
10	2200	60
15	170	80
18	Ausente	Ausente
19	80	40
20	600	Ausente
21	80	Ausente
22	>16000	<b>9200</b>



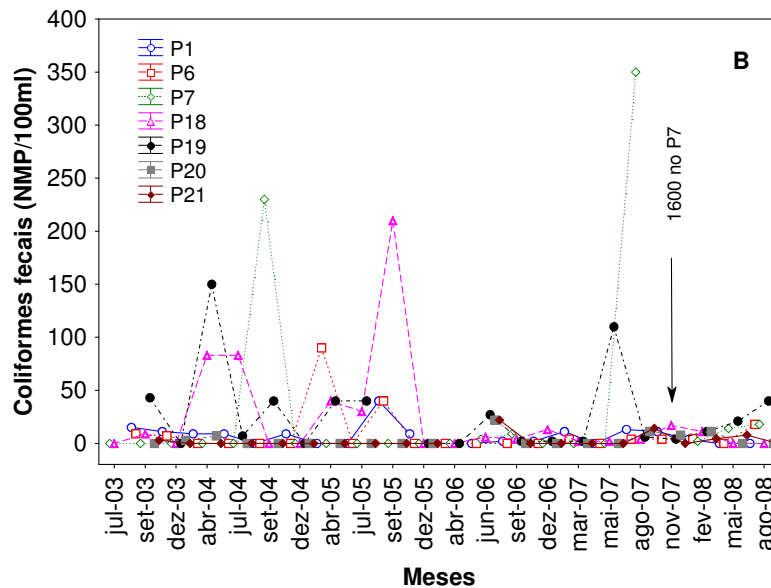


Figura 34. Avaliação temporal da densidade de coliformes fecais nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava. As flechas indicam valores que ultrapassaram o limite preconizado pela resolução CONAMA, e que estão acima do limite máximo do eixo Y no gráfico.

### 3.5. PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Neste relatório são apresentados os resultados obtidos através da análise qualitativa e quantitativa das comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e zoobentônica referente à amostragem realizada no mês de agosto de 2008, no reservatório da UHE Cana Brava (GO).

#### 3.5.1. Fitoplâncton

##### *Composição*

A análise das amostras qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica coletadas no reservatório de Cana Brava no mês de agosto de 2008, revelou alta diversidade gama (99 táxons), distribuídos entre 10 grupos taxonômicos.

As clorofíceas apresentaram o maior número de espécies, seguida das bacilariofíceas e zignemafíceas, as quais representaram, respectivamente, 30%, 26% e 17% do total de táxons registrado (Tabela 5), como já verificado para este reservatório nos meses anteriores. Estes grupos fitoplanctônicos têm

sido registrados como os mais representativos para a diversidade de espécies e para a biomassa do fitoplâncton em diversos rios e reservatórios brasileiros (Borges *et al.*, 2003; Train & Rodrigues, 2004; Train *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2005; Pivato *et al.*, 2006; Borges *et al.* 2008).

Destaque para os gêneros *Monoraphidium* e *Scenedesmus*, os melhores representados dentre as clorofíceas, com 6 e 3 táxons respectivamente, e para os gêneros *Navicula* e *Nitzschia* dentre as bacilariofíceas.

A análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica amostrada no mês de agosto de 2008 mostrou altos valores de riqueza de espécies na maioria dos pontos monitorados. Os maiores valores ocorreram nos pontos localizados no corpo do reservatório - ponto 7- (42 táxons) e na região lacustre - ponto 21 (37 táxons), devido a menor velocidade do fluxo da água nesta região, que favoreceu o desenvolvimento algal.

A menor riqueza de espécies ocorreu no ponto 10, localizado no rio do Carmo, que apresentou apenas 6 táxons. Nos pontos 2 (rio Preto) e 22 (rio Bonito) foram registrados 20 e 16 táxons, respectivamente (Tabela 5 e Figura 35). Os grupos Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria foram os que mais contribuíram para os valores de riqueza de espécies fitoplanctônicas nos pontos monitorados.

O registro dos maiores valores de riqueza no corpo do reservatório e os menores nos pontos localizados no rio Bonito, rio do Carmo e rio Preto, foi anteriormente verificado para este reservatório nos meses de dezembro de 2005, junho e dezembro de 2006 e fevereiro de 2008, sendo determinado principalmente pelas características hidrodinâmicas distintas entre os ambientes com características lóticis e aqueles localizados no corpo do reservatório.

Tabela 5. Táxons fitoplanctônicos inventariados a partir das amostras qualitativas e quantitativas dos pontos monitorados no reservatório Cana Brava, em (GO), em agosto de 2008.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>					
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	x	x			x
<i>Achnanthes</i> sp.		x			
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.		x	x		x
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.		x		x	
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.		x			
<i>Cymbella microcephala</i> Grun.	x		x		
<i>Cymbella</i> sp.					x
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grun.) Houk & Klee, comb. Nova		x		x	x
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.				x	x
<i>Fragilaria goulardii</i> Bréb.	x				
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	x		x		
<i>Gyrosigma</i> sp.					x
<i>Melosira varians</i> Agard.				x	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	x		x		
<i>Navicula schroterii</i> Meist.		x	x		x
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehr.		x			x
<i>Navicula</i> sp.			x		x
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantz. ex Rabenh.		x			
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	x				x
<i>Nitzschia tubicola</i> Grun.	x	x		x	
<i>Nitzschia</i> sp.	x	x			
<i>Pinnularia microstaurom</i> (Ehr.) Cl.		x			
<i>Pinnularia</i> sp.		x			x
<i>Surirella</i> sp.				x	x
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Comp.		x			x
Penales não identificada					x
<b>CYANOBACTERIA</b>					
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West		x		x	
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Stroem		x		x	
<i>Borzia</i> sp.		x			
<i>Coelomorum tropicale</i> Senna et al.		x		x	
<i>Cyanoduction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		x		x	
<i>Geitlerinema</i> sp.					x
<i>Jaagnema</i> sp.					x
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemm.) Geit.		x		x	
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.		x		x	
<i>Merismopedia glauca</i> Breb.		x			
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. & Cronb.		x		x	x
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. & Kom.				x	
<i>Phormidium</i> sp.	x				
<i>Pseudanabaena</i> sp.	x	x		x	x
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.		x		x	
<b>CHLOROPHYCEAE</b>					
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Cor.	x	x			
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turn.) Lem.		x			
<i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott				x	
<i>Closteriopsis</i> sp.		x			
<i>Coelastrum indicum</i> Turn.		x			
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West		x		x	
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P. Richter) E. Hegewald		x			
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lag.) E. Heg.		x			
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.					x
<i>Euastropsis richteri</i> (Schim.) Lag.				x	
<i>Eutetramorus fotti</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom.	x	x		x	x
<i>Fusola</i> sp.		x		x	

<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.	x		x		
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Kom.-Legn.		x		x	
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.		x		x	
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	x	x		x	
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.	x				
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G. S. West) Kom.- Legn.	x				
<i>Nephrocytium lunatum</i> W. West		x		x	
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.				x	
<i>Oocystis solitaria</i> Wittr.				x	
<i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>				x	
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs		x		x	
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.				x	
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehr. ex Ralfs) Chod.		x		x	
<i>Scenedesmus linearis</i> Kom.		x			
<i>Schroederia antillarum</i> Kom.	x				
<i>Spermatozopsis exsultans</i> Korschikoff	x				
<i>Tetraedron caudatum</i> (Cor.) Hansg.				x	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.				x	
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.	x				
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehr.	x			x	
<i>Mallomonas</i> sp.	x			x	
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>					
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.		x			
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.		x			
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>					
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	x	x		x	x
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	x	x		x	x
<i>Cryptomonas</i> sp.	x	x	x		
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>					
<i>Closterium setaceum</i> Ehr. ex Ralfs			x		
<i>Closterium</i> sp.					x
<i>Cosmarium candianum</i> Del.		x			
<i>Cosmarium</i> cf. <i>contractum</i> Kirch.		x			
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lund.) Roy & Biss		x			x
<i>Cosmarium</i> cf. <i>punctulatum</i> Bréb.		x			
<i>Cosmarium quadrum</i> Lundell.		x			
<i>Cosmarium reniforme</i> (Ralfs) W. Archer.					x
<i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh.	x		x		
<i>Hyalotheca dissiliens</i> Bréb. ex Ralfs	x				
<i>Spirogyra</i> sp.	x				
<i>Staurastrum muticum</i> (Breb.) Ralfs		x			
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs		x		x	
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>excavatum</i>		x			
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordst.		x			
<i>Staurastrum pseudosebaldi</i> Wille		x			
<i>Staurastrum trifidum</i> Nordst.		x			x
<b>DINOPHYCEAE</b>					
<i>Peridinium</i> sp1				x	
<b>XANTHOPHYCEAE</b>					
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reins.) Skuja		x			
<b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>					
<i>Oedogonium</i> sp.	x				x

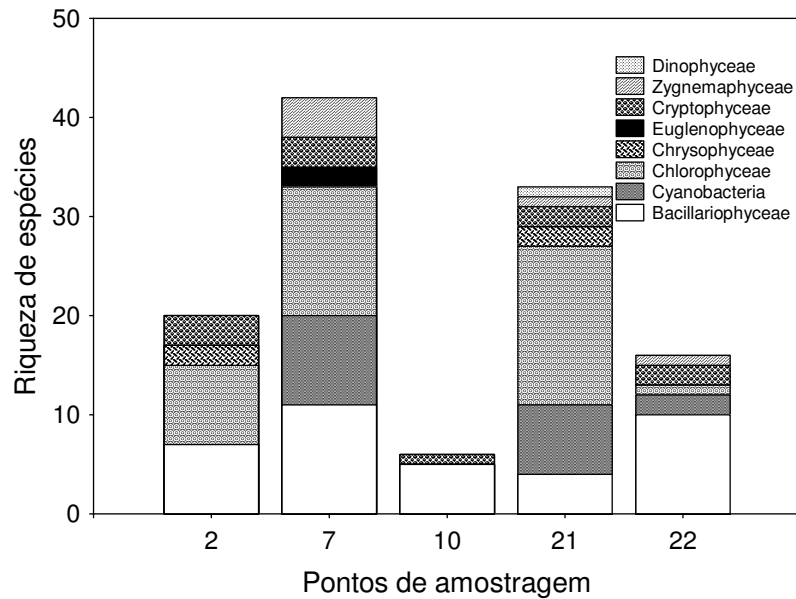


Figura 35. Riqueza de espécies fitoplanctônicas nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), no mês de agosto de 2008.

### ***Densidade e biomassa fitoplanctônica***

Como registrado nos meses anteriores na área de influência do reservatório de Cana Brava, os pontos amostrados no mês de agosto de 2008 mostraram altos valores de densidade e biomassa fitoplanctônica (Figura 36). Os maiores valores de densidade e biomassa ocorreram nos pontos 21 (1775 ind.mL<sup>-1</sup> e 2,76 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>) e 7 (1216 ind.mL<sup>-1</sup> e 2,34 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>). Já os pontos 2, 10 e 22 apresentaram baixos valores destes atributos, o que pode ser atribuído à elevada turbidez, considerando a elevada concentração de material inorgânico em suspensão nas amostras.

Neste mês, observou-se novamente um gradiente longitudinal quanto à densidade e biomassa fitoplanctônica, com os maiores valores registrados no ponto localizado próximo a barragem, já descrito para este reservatório nas amostragens realizadas nos meses de setembro de 2007, dezembro de 2005 e fevereiro de 2008. Houve também um decréscimo em relação ao mês de fevereiro de 2008, na maioria dos pontos monitorados, exceto nos pontos 2 e 22, os quais apresentaram um acréscimo dos valores de densidade.

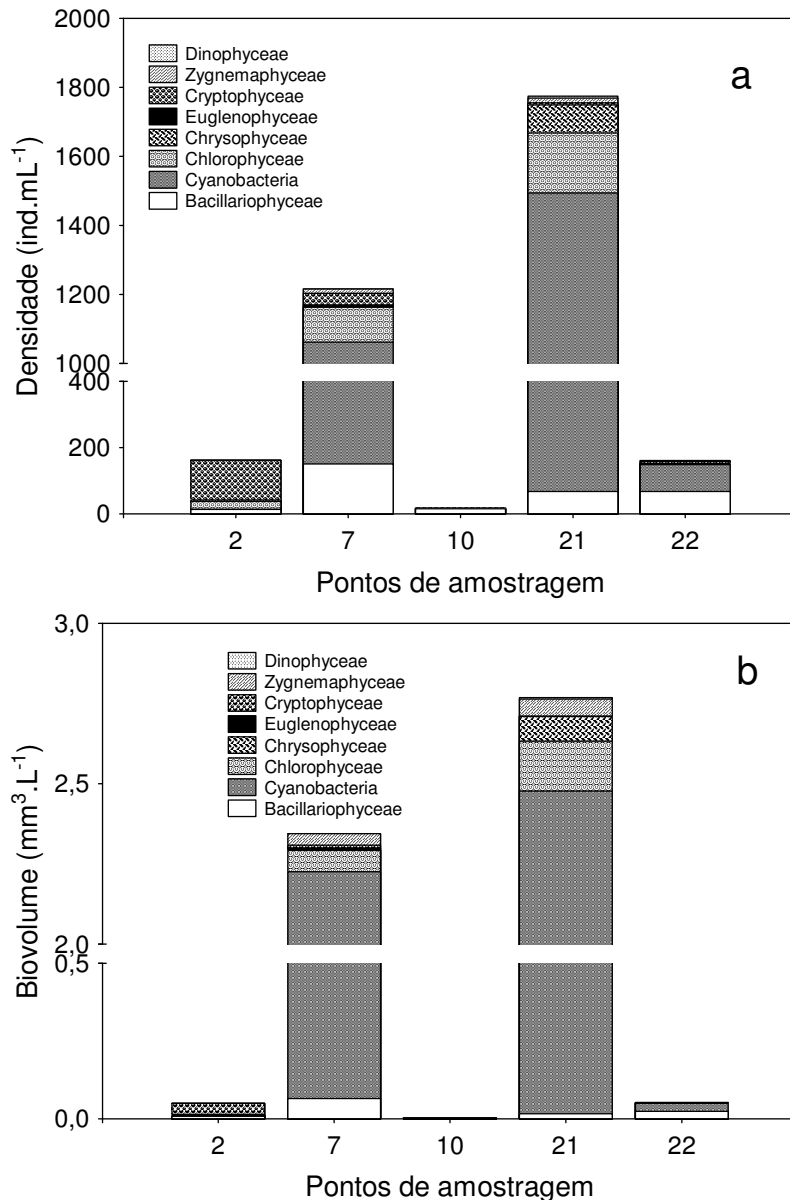


Figura 36. Densidade (a) e biovolume (b) dos grupos fitoplanctônicos nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), em agosto de 2008.

O maior desenvolvimento fitoplanctônico registrado no corpo central e na região lacustre do reservatório está relacionado, principalmente, ao aumento do tempo de residência da água no reservatório, que favorece o desenvolvimento do fitoplâncton, principalmente, pela redução do fluxo e maior estabilidade da coluna de água (Straškraba *et al.*, 1993; Tundisi *et al.*, 1993; Straškraba, 1999). A maior transparência da água e disponibilidade de nutrientes nestas regiões do reservatório, certamente contribuiu para maior biomassa fitoplanctônica.



Seguindo o padrão registrado nos meses anteriores, os menores valores ocorreram nos pontos 2, 10 e 22, localizados respectivamente no rio Preto, rio do Carmo e rio Bonito, provavelmente decorrente da maior velocidade de corrente que estes ambientes apresentam. Baixos valores de abundância fitoplanctônica constituem um padrão recorrente em ambientes lóticos tropicais (Train e Rodrigues, 2004; Borges *et al.*, 2003; Borges *et al.* 2008), sendo atribuídos principalmente pela baixa disponibilidade luminosa e elevado fluxo da água (Reynolds, 1994; 1995).

As cianobactérias foram responsáveis pelos altos valores de densidade e biomassa nos pontos 7 e 21, sendo representadas principalmente, por algas coloniais dos gêneros *Aphanocapsa*, *Cyanoduction* e *Lemmermanniella* e pela filamentosa homocitada *Planktolyngbya limnetica* (Tabela 6). Estes táxons são conhecidos por serem capazes de produzir toxinas, as quais representam risco potencial à saúde animal e humana (Carmichael, 1994; 1997).

Como discutido nos relatórios anteriores, as florações de cianobactérias promovem alterações visuais, odor e sabor desagradável da água, além de alterar o equilíbrio ecológico do ecossistema aquático. As toxinas produzidas por este grupo de algas podem ser acumuladas na teia trófica, ocasionando diversos efeitos de intoxicação. Mortandade de peixes e animais domésticos tem sido registrada em diversas partes do mundo associadas a cianotoxinas (Codd, 2000).

As clorofíceas também contribuíram para a abundância fitoplanctônica nos pontos 7 e 21, sendo representadas principalmente por *Fusola* sp., *Monoraphidium* spp., *Pediastrum tetras* e *Eutetramorus fottii* (Tabela 6). Este grupo apresenta alta taxa reprodutiva, e, portanto, são adaptadas à condições de turbulência (Reynolds, 1997). *Cymbella affinis* e *Discostella stelligera* foram as principais representantes das bacilariofíceas nos pontos citados acima, sendo favorecida em condições de mistura da coluna de água (Reynolds *et al.*, 2002).

Tabela 6. Densidade (ind.mL<sup>-1</sup>) dos táxons fitoplanctônicos nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava, em (GO), em agosto de 2008.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>					
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	2	2			
<i>Achnanthes</i> sp.					
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.		12	2		5
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.		2		3	
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.		86			
<i>Cymbella microcephala</i> Grun.	2		2		
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grun.) Houk & Klee, comb. Nova		14		56	5
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.				6	3
<i>Fragilaria gouldarii</i> Bréb.	2				
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	2		2		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	2		5		
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehr.		2			5
<i>Navicula schroterii</i> Meist.		10	5		27
<i>Navicula</i> sp.					3
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantz. ex Rabenh.		2			
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	2				11
<i>Nitzschia tubicola</i> Grun.	2	7		3	
<i>Nitzschia</i> sp.		2			
<i>Pinnularia</i> sp.					3
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Comp.		2			3
Penales não identificada					3
<b>CYANOBACTERIA</b>					
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West		149		543	
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Stroem		2			
<i>Borzia</i> sp.		2			
<i>Coelomorum tropicale</i> Senna et al.				3	
<i>Cyanoduction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		29		132	
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemm.) Geit.		185		336	
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.		458		291	
<i>Merismopedia glauca</i> Breb.		2			
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. & Cronb.		82		115	11
<i>Pseudanabaena</i> sp.					70
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.		2		6	
<b>CHLOROPHYCEAE</b>					
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Cor.	2	2			
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turn.) Lem.		2			
<i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott				3	
<i>Closteriopsis</i> sp.		2			
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West		10		6	
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.					3
<i>Euastropsis richteri</i> (Schim.) Lag.				17	
<i>Eutetramorus fotti</i> (Hind.) Kom. Senu Kom.	2	19		6	
<i>Fusola</i> sp.		12		6	
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.	2				
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Kom.-Legn.		10		25	
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.		14		22	
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	10	12		11	
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.	2				
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G. S. West) Kom.- Legn.	2				
<i>Nephrocytium lunatum</i> W. West		2		8	
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.				14	
<i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>				7	
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs		5		26	
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.				3	
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehr. ex Ralfs) Chod.		7		6	

<i>Scenedesmus linearis</i> Kom.		4			
<i>Schroederia antillarum</i> Kom.	2				
<i>Spermatozopsis exsultans</i> Kors.	2				
<i>Tetraedron caudatum</i> (Cor.) Hansg.				3	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.				11	
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>					
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehr.	2			78	
<i>Mallomonas</i> sp.	2			3	
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>					
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.		5			
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.		2			
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>					
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	24	14		3	3
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	17	5		3	3
<i>Cryptomonas</i> sp.	79	14	2		
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>					
<i>Closterium</i> sp.					3
<i>Cosmarium candianum</i> Del.		2			
<i>Cosmarium</i> cf. <i>contractum</i> Kirch.		7			
<i>Cosmarium</i> cf. <i>punctulatum</i> Bréb.		2			
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs				14	
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>excavatum</i>		2			
<b>DINOPHYCEAE</b>					
<i>Peridinium</i> sp1				6	

Quanto ao nível trófico, o valor de biovolume registrado para o reservatório de Cana Brava indicou condições mesotróficas ( $2-10\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ) para os pontos 7 e 21, enquanto nos demais pontos de amostragem os valores de biovolume ( $< 2\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ) indicaram condições oligotróficas, de acordo com os critérios de Reynolds (1980).

Os resultados de biovolume de cianobactérias possibilitaram o enquadramento das águas dos pontos monitorados, na Classe 1 ( $< 2\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ), com exceção dos pontos 7 e 21 ( $>2\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ), que se enquadram na Classe 2, de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

Como destacado em relatórios anteriores, a dominância de cianobactérias no Reservatório de Cana Brava é preocupante, considerando que os táxons registrados são potenciais produtores de toxinas, afetando a qualidade da água e seus múltiplos usos. Sugere-se um rigoroso critério para o uso de suas águas com fins de abastecimento humano mesmo após tratamento convencional, uso para aquicultura, irrigação e esportes de contato primário.

### 3.5.2. Zooplâncton

#### **Composição**

A análise da composição de espécies da comunidade zooplanctônica, nas amostras obtidas na área de influência do Reservatório de Cana Brava, em agosto de 2008 evidenciou a ocorrência de apenas 25 táxons. Esse resultado revela uma redução marcante no número de espécies na área de estudo, tendo em vista as 57 espécies registradas em fevereiro de 2008. Como discutido em relatório anterior, o número de espécies nas amostras de zooplâncton vinha se mantendo relativamente constante, desde dezembro de 2006, variando entre 50 e 60 espécies, sendo essa redução drástica registrada em agosto, uma exceção para a área de estudo.

Em relação à participação dos diferentes grupos, os protozoários testáceos foram, mais uma vez, o grupo mais especioso, com 21 espécies, seguidos pelos rotíferos com apenas 2 espécies, cladóceros com 1 espécie e copépodes com pelo menos 1 espécie, tendo em vista que apenas larvas de ciclopídeos (náuplios) foram registrados (Tabela 7).

Como já discutido anteriormente, os rotíferos freqüentemente se constituem no grupo mais especioso no plâncton de reservatórios (Rolla *et al.*, 1992; Moreno, 1996; Lopes *et al.*, 1997; Sendacz, 1997; Lansac-Tôha *et al.*, 1999; Nogueira, 2001; Sampaio *et al.*, 2002). No entanto, esse padrão se refere, em geral, às áreas lênticas dos reservatórios. Quando áreas de montante e jusante, predominantemente lótic, são incluídas no monitoramento, a importância de protozoários testáceos é, em geral, evidenciada (Lansac-tôha *et al.*, 1999, 2005; Velho *et al.*, 2005).

Nas amostras obtidas em agosto, os protozoários testáceos estiveram, mais uma vez, representados por seis diferentes famílias, destacando-se os difflugídeos (9 espécies) arcellídeos (5 espécies) e centropixídeos (4 espécies) (Tabela 7). Estudos sobre os testáceos, em diferentes compartimentos de ambientes aquáticos amplamente dulcícolas, têm freqüentemente evidenciado predomínio destas famílias (Velho, 1999, Lansac-Tôha *et al.*, 2007).

Os rotíferos estiveram representados por apenas 2 famílias, cada uma delas com apenas 1 táxon (3 espécies) (Tabela 7). Dentre elas, a família

Philodinidae, representando os Bdelloídeos, se caracteriza por ser constituída por espécies sésseis, típicas do sedimento e da região litorânea, a qual tem sido constantemente registrada na área de estudo.

Entre os microcrustáceos, os cladóceros estiveram representados por apenas 1 família, a família Bosminidae, com apenas 1 espécie (Tabela 7). Os bosminídeos são típicos do plâncton de lagos e reservatórios brasileiros (Lansac-Tôha *et al.*, 2004). Entre os copépodos, estes foram representados apenas por larvas de Cyclopidae, sugerindo a Obrigado(a), ocorrência de pelo menos uma espécie desta família. A família Diaptomidae, tipicamente planctônica, não esteve representada nas amostras tomadas em agosto de 2008, nem mesmo por suas formas jovens (Tabela 7).

Tabela 7. Inventário de espécies registradas nas amostras de zooplâncton e suas respectivas densidades, nos diferentes pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em agosto de 2008.

GRUPO	FAMÍLIA	ESPÉCIES/ PONTOS	Ponto 2	ponto 7	ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
Testacea	Arcellidae	<i>Arcella artocrea</i>					1
		<i>A. discóides</i>	60	2	160		30
		<i>A. gibbosa</i>	20				
		<i>A. megastoma</i>		1	40		50
		<i>A. vulgaris</i>	3				
	Centropyxidae	<i>Centropyxis aculeata</i>	120	200	80		30
		<i>C. constricta</i>					1
		<i>C. discóides</i>	20				
		<i>C. ecornis</i>		40	40		6
	Diffugiidae	<i>Diffugia cf. bryophila</i>					1
		<i>D. corona</i>		40			
		<i>D. capreolata</i>				1	
		<i>D. echinulata</i>	20			1	
		<i>D. gramen</i>	60			1	
		<i>D. litophyla</i>	20				
		<i>D. lobostoma</i>	20			1	20
		<i>D. cf. muriformis</i>	1			40	
		<i>Diffugia sp</i>	20	1			
		<i>Euglypha acantophora</i>	20				
	Lesquereusidae	<i>Lesquereusia spiralis</i>	100	1			
Plagyopyxidae	<i>Plagyopyxis cf. callida</i>	20	1	1		20	
	TOTAL TECAMEBAS	504	286	365	1	158	
Rotífera	Lepadellidae	<i>Lepadella ovalis</i>		1			
	Philodinidae	Bdeloidea	2	160		1	163
		TOTAL ROTÍFEROS	2	161	0	1	163
Cladocera	Bosminidae	<i>Bosmina hagmanni</i>	1			4	
		TOTAL CLADÓCEROS	1	0	0	4	0
Copepoda	Cyclopidae	náuplio de Cyclopoida			40		
		TOTAL COPÉPODES	0	0	40	0	0

### **Riqueza de espécies**

Os resultados de riqueza de espécies, obtidos em agosto de 2008, na área de monitoramento do reservatório de Cana Brava, evidenciaram valores entre 3 e 16 espécies, com média de 10 espécies para a área de estudo (Figura 37). Temporalmente, esses resultados evidenciam uma redução marcante nos valores também deste atributo, tendo em vista a média de 17 espécies registrada em fevereiro.

Maiores valores de riqueza de espécies foram observados nos pontos 2 e 10, e o menor no ponto 21 (Figura 37). Embora, de certa forma, congruente com o registrado em períodos anteriores de amostragem, observa-se, em agosto, uma alteração representativa no padrão espacial de distribuição da riqueza de espécies. Neste sentido, não foi observado em agosto o padrão claro que vinha se registrando ao longo do monitoramento, quando elevados valores deste atributo eram observados nos pontos 2, 10 e 22, com predomínio de protozoários testáceos; e os menores valores eram registrados nos pontos 10 e 21, com o predomínio de microcrustáceos. Em agosto de 2008, os protozoários testáceos foram os mais especiosos, em geral, em todos os pontos de amostragem, e microcrustáceos e rotíferos estiveram pobremente representados (Figura 37).

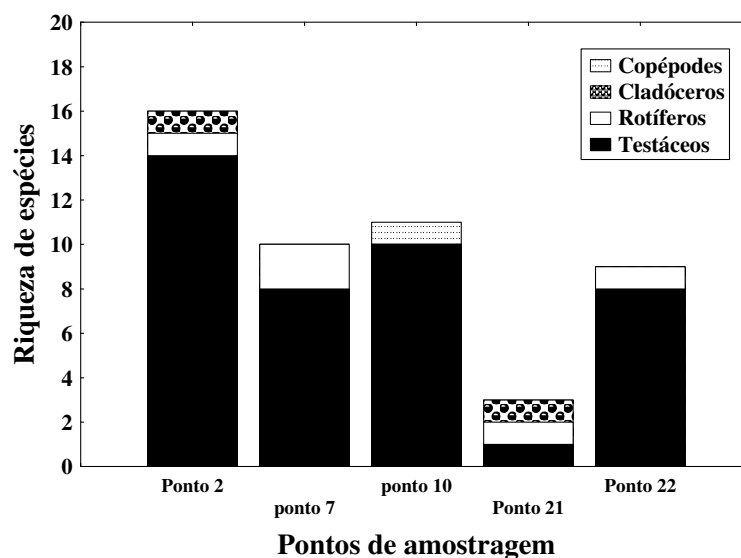


Figura 37. Variação espacial da riqueza de espécies dos diferentes grupos zooplancctônicos registrados nos pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em agosto de 2008.

## **Abundância**

Assim como observado para a riqueza de espécies, os resultados de abundância, em agosto de 2008, diferiram marcadamente do padrão freqüentemente observado para a área de estudo. Desta forma, o maior valor de abundância foi registrado no ponto 2, seguido pelos pontos 7 e 10 (Figura 38). Por outro lado, o menor valor deste atributo foi registrado no ponto 21 (Figura 38).

Além disso, ao contrário do registrado em períodos anteriores de amostragem, os protozoários testáceos predominaram, em geral, em todos os pontos de amostragem, com exceção do ponto 21, onde cladóceros foram os mais abundantes, apesar das densidades extremamente reduzidas, e no ponto 22, onde rotíferos co-dominaram junto aos testáceos (Figura 38). Destacam-se, ainda, as densidades extremamente reduzidas observadas em agosto, em todos os pontos de amostragem.

Baixos valores de densidade são esperados em ambientes lóticos, considerando que populações planctônicas são fortemente limitadas pelo fluxo da água, desenvolvendo elevadas densidades apenas quando a velocidade de corrente é menor que suas taxas reprodutivas (Basu e Pick, 1996; Kobayashi et al., 1998).

Sendo assim, em agosto de 2008, valores de densidade variaram entre 6 e 507 ind.m<sup>-3</sup> (Figura 38), com uma densidade média de 337 ind.m<sup>-3</sup> para a área de estudo, aproximadamente 20 vezes menor que aquela observada em fevereiro de 2008.

Considerando-se a abundância das diferentes espécies, entre os protozoários testáceos destacaram-se, mais uma vez, espécies do gênero *Centropyxis* como *C. aculeata*, *C. ecornis*. Além destas foram ainda abundantes *Arcella discoides*, *A. megastoma* e *Lesquereusia spiralis* (Tabela 7).

Entre os rotíferos, pobremente representados em termos de riqueza de espécies, destacaram-se como mais abundantes os Bdelóideos, os quais foram especialmente abundantes também nos pontos 7 e 22. Estes organismos são, em geral, organismos de hábito sésil e característicos do potamoplâncton.

Entre os cladóceros apenas *Bosmina hagdmani* foi registrada em agosto de 2008, ocorrendo em reduzida densidade, e maior representatividade no ponto 21 (Tabela 7).

Entre os copépodos, apenas as formas jovens de ciclopídeos foram registrada neste último período de amostragem (Tabela 7). Náuplios e copepoditos têm sido, em geral, dominantes entre os copépodes, ao longo de todo o monitoramento e, como amplamente discutido em relatórios anteriores, este predomínio está relacionado à estratégia reprodutiva do grupo.

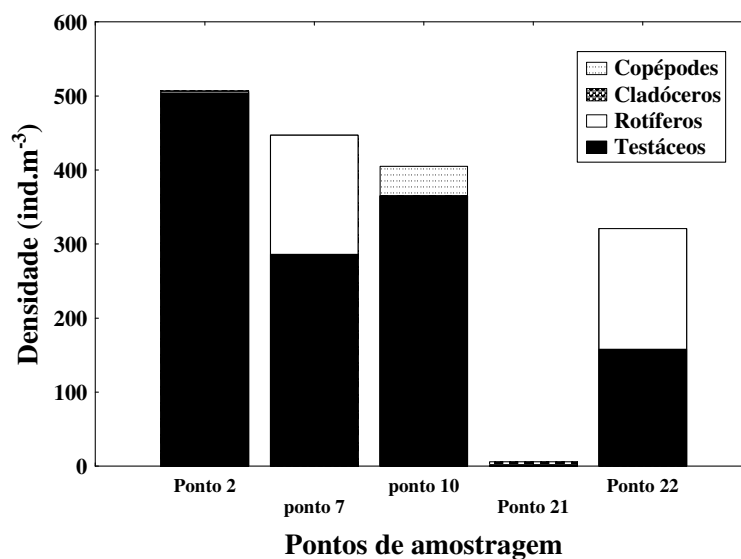


Figura 38. Variação espacial da abundância dos diferentes grupos zooplânctônicos registrados nos pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em agosto de 2008.

### 3.5.3. Análise temporal das comunidades de fitoplâncton e zooplâncton

#### *Fitoplâncton*

A análise das amostras de fitoplâncton coletadas no período de setembro de 2004 a agosto de 2008 na área de influência do reservatório de Cana Brava revelou alta biodiversidade, com uma média de 100 táxons. Chlorophyceae, Zygnemaphyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria contribuíram com alto número de táxons durante todo o período estudado, e são comumente registrados como os mais freqüentes e ou abundantes nos ambientes dulcícolas.



As especificidades ecológicas de Zygnemaphyceae e Bacillariophyceae podem ter contribuído para a alta representatividade destes grupos nos ambientes estudados, como por exemplo, pelo fato de serem meroplanctônicas ou perifíticas e que podem ter sido favorecidas pela presença de macrófitas aquáticas na área de influência deste reservatório e as quais estes grupos estão associados ou aderidos.

Maior desenvolvimento fitoplanctônico foi registrado no corpo central e na região lacustre do reservatório e está relacionado, principalmente, ao aumento do tempo de residência da água no reservatório, que favorece o fitoplâncton, principalmente, pela redução do fluxo de água. A maior transparência da água e disponibilidade de nutrientes nestas regiões do reservatório, certamente contribuiu para maior biomassa fitoplanctônica.

Os menores valores de densidade e biomassa ocorreram nos pontos 2, 10 e 22, localizados respectivamente no rio Preto, rio do Carmo e rio Bonito, provavelmente decorrente da maior velocidade de corrente que estes ambientes apresentam. Baixos valores de abundância fitoplanctônica constituem um padrão recorrente em ambientes lóticos tropicais, sendo atribuídos principalmente à baixa disponibilidade luminosa e elevado fluxo da água.

As cianobactérias foram responsáveis pelos altos valores de densidade e biomassa nos pontos 7 e 21, sendo representadas principalmente, por algas coloniais dos gêneros *Aphanocapsa*, *Cyanoduction* e *Lemmermanniella* e pela filamentosa homocitada *Planktolyngbya limnetica*. Estes táxons são toxigênicos, as quais representam risco potencial à saúde animal e humana. As clorofíceas também contribuíram para a abundância fitoplanctônica nos pontos 7 e 21, as quais apresentam alta taxa reprodutiva, e, portanto, são adaptadas à condições de turbulência.

Os resultados de biovolume evidenciaram um gradiente trófico no reservatório de Cana Brava, sendo verificadas condições eutróficas ( $3-10 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ) nos pontos localizados na região lântica do reservatório (ponto 7 e 21) e oligotróficas ( $<3 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ) nos demais pontos de amostragem. Ressalta-se que embora haja grande variação sazonal destes valores, há uma tendência de

manutenção de condições eutróficas especialmente nos pontos com características lênticas.

A delimitação das distintas regiões do reservatório permite identificar porções do reservatório que são adequadas para diferentes usos, como por exemplo, pesca, criação de peixes em tanques, recreação e abastecimento de água. O gradiente trófico registrado confirma a afirmação de Lind et al. (1993), de que amostragens realizadas em reservatórios apenas na porção lêntica, próximo à barragem, são inadequadas para caracterizar os mesmos, quanto à trofia, dada a heterogeneidade, tanto espacial, quanto temporal destes sistemas. A classificação errônea de reservatórios quanto ao seu estado trófico, pode acarretar em ineficientes estratégias de manejo.

Quanto ao biovolume de cianobactérias foi possível enquadrar as águas da maioria dos pontos monitorados na Classe I ( $< 2 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ), de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05. No entanto, valores superiores ocorreram nos pontos 7 e 21. Como destacado em relatórios anteriores, a dominância de cianobactérias no Reservatório de Cana Brava é preocupante, considerando que os táxons registrados são potenciais produtores de toxinas, afetando a qualidade da água e seus múltiplos usos, o que possibilita sugerir um rigoroso critério para o uso das águas destas regiões, para fins de abastecimento, mesmo após tratamento convencional, uso para aquicultura, irrigação e esportes de contato primário.

### *Zooplâncton*

A composição de espécies da comunidade zooplanctônicas, na área de influência do Reservatório de Cana Brava, tem evidenciado um zooplâncton composto por um elevado número de espécies, com valores variando, em geral, entre 50 e 60 espécies.

Ao longo do monitoramento, protozoários testáceos e rotíferos têm sido registrados como os grupos mais especiosos na área de estudo, sendo os primeiros representados especialmente pelas famílias Arcellidae, Diffugidae e Centropyxidae, enquanto entre os rotíferos predominam as famílias Brachionidae e Lecanidae. Entre os cladóceros se destacaram os Chydoridae e

Osminidae, em geral, enquanto que para os copépodes Cyclopida foram sempre os mais especiosos. O Predomínio destas famílias para estes grupos corrobora um padrão recorrente em diferentes ambientes aquáticos continentais brasileiros.

Se por um lado a dominância de rotíferos, em termos de número de espécies é um padrão frequentemente observado para reservatórios brasileiros, a elevada diversidade de protozoários testáceos está, por outro lado, relacionada à inclusão de regiões predominantemente lólicas no delineamento amostral. Assim, protozoários testáceos têm sido predominantes nas regiões caracteristicamente lólicas como, por exemplo, regiões de montante e jusante dos reservatórios, enquanto que os rotíferos tendem a ser mais diversos nos pontos onde predominam condições lênticas.

Em relação à riqueza de espécies, ao longo do monitoramento, os valores têm variado, em geral, entre 15 e 30 espécies para os diferentes pontos de amostragem. Maiores valores tem sido registrados nos pontos 2, 10 e 22, onde predominam aparentemente condições lólicas, evidenciadas pela maior riqueza de protozoários testáceos nestes pontos. Por outro lado, baixos valores deste atributo têm sido observados nos pontos 7 e 21, pontos estes com características lênticas, tendo em vista o predomínio de grupos tipicamente planctônicos como rotíferos e cladóceros nestas regiões.

Temporalmente, maiores valores médios de riqueza de espécies foram observados em dezembro de 2005, enquanto que menores valores médios deste atributo foram registrados, em geral, no último ano de coleta, especialmente em agosto de 2008. Neste último período, os resultados obtidos são bem distintos dos padrões observados, em geral, ao longo de todo monitoramento, tanto em relação aos menores valores de riqueza, quanto ao predomínio de protozoários testáceos em todos os pontos amostrados, associado à reduzida riqueza de grupos tipicamente planctônicos, como rotíferos e microcrustáceos, inclusive nos pontos predominantemente lênticos (pontos 7 e 21).

Os resultados de abundância do zooplâncton, obtidos para a área de influência direta do reservatório da UHE Cana Brava, evidenciam padrões opostos àqueles obtidos para a riqueza de espécies. Assim, ao longo do

monitoramento, maiores valores de densidade tem sido observados nos pontos com características lânticas, os pontos 7 e 21, com o predomínio marcante de copépodes (especialmente suas formas jovens) seguidos, em geral, por cladóceros. Por outro lado, reduzidos valores de abundância zooplanctônica tem sido em geral, registrados nos pontos com predomínio de condições lólicas onde se destacaram como mais abundantes, os protozoários testáceos.

Temporalmente, maiores valores médios de densidade do zooplâncton foram observados no inverno de 2005 e 2006 (julho e junho, respectivamente), com valores máximos entre 70000 e 130000 ind.m<sup>-3</sup>, enquanto que os menores foram observados para os últimos períodos de amostragem (entre setembro de 2007 e agosto de 2008), especialmente em agosto de 2008. Neste período, assim como para a riqueza, um padrão marcadamente distinto do observado ao longo do monitoramento foi registrado. Assim, os protozoários testáceos predominaram, em geral, em todos os pontos de amostragens, com maiores valores de densidade nos pontos 2, 10 e 22, variando entre 6 e 507 ind.m<sup>-3</sup>, valor máximo aproximadamente 150 a 250 vezes menor que os maiores observados ao longo do monitoramento.

Como um padrão geral para todo o período de estudo, entre os testáceos destacou-se, em termos de abundância, as espécies de *Centropyxis*, como *C. aculeata* e *C. ecornis*. Entre os rotíferos, os braquionídeos como as espécies dos gêneros *Keratella*, *Plationus* e *Brachionus*, tem sido em geral, as mais abundantes.

Entre os microcrustáceos, os cladóceros têm sido especialmente representados, em termos de abundância, pelos Bosminidae *B. deitersi* e *B. hagmanni*, espécies estas que têm, em geral, caracterizado o zooplâncton de reservatórios tropicais. Entre os copépodes, a espécie mais abundante nas amostras, ao longo de todo o monitoramento, tem sido o ciclopídeo *Thermocyclops minutus*. Essa espécie é, em geral, registrada em reservatórios de bacias preservadas, enquanto que sua congênica, *T. decipiens*, é geralmente dominante sob condições eutróficas. Dessa forma, apesar da ocorrência freqüente de *T. decipiens* na área de estudo, a dominância de *T. minutus* tem sugerido um baixo grau de trofia para a área de influência do reservatório de Cana Brava.

### 3.5.4. Zoobentos

Foram amostrados 8 táxons em agosto de 2008, 4 a menos do que amostrado em fevereiro de 2008. Ao contrário do esperado, não houve um aumento da riqueza taxonômica na presente amostragem (período seco) em relação à amostragem anterior (período chuvoso). Dentre os 8 táxons amostrados, 6 são insetos, como registrado na maioria dos trabalhos (Tabela 8). Os insetos são os maiores representantes do ecossistema aquático (Merritt & Cummins, 1996).

Tabela 8. Comunidade bentônica (ind./m<sup>2</sup>) identificada nos pontos amostrados em agosto de 2008.

Táxons		P2	P7	P10	P21	P22	Ab. Média	Frequência
Diptera	Chironomidae	110	160	110	480	120	196	5
	Ceratopogonidae	0	0	0	40	0	8	1
Coleoptera	Elmidae	60	0	90	0	0	30	2
Ephemeroptera	<i>Leptohyphes</i>	0	0	140	0	0	28	1
Trichoptera	<i>Nectopsyche</i>	20	0	20	0	0	8	2
Odonata	<i>Coenagrionidae</i>	0	40	0	0	0	8	1
Microcrustacea	Ostracoda	0	40	0	0	0	8	1
Anellida	Oligochaeta	40	80	30	40	80	54	5
Ab. Total		230	320	390	560	200		
Riqueza		4	4	5	3	2		

**Legenda:**

**Ab. Total - abundância total**

**Ab. Média - abundância média**

**Freq. - frequência**

É importante ressaltar a diferença de profundidade e substrato entre os pontos, o que ocasionou a utilização de amostradores diferentes. Os pontos 2 e 10 foram amostrados com surber, pois a profundidade é menor e o substrato formado por pedra, cascalho e folhiço. O substrato pedregoso geralmente abriga maior riqueza da comunidade, devido maior heterogeneidade ambiental, maior oferta de alimentos e maior estabilidade no período seco. Em agosto, foi observada uma diminuição da riqueza taxonômica no ponto 2. Além disso, ao contrário das amostragens anteriores, não foi observado no ponto 2 táxons sensíveis (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera). Por outro lado, no ponto 10 a riqueza foi mantida, sendo a maior entre os pontos estudados neste mês (Figura 39). Assim, em agosto de 2008 a riqueza taxonômica foi baixa, não

ultrapassando 5 táxons (ponto 10), devido provavelmente a presença de areia nas amostras. A areia é considerada um substrato instável, principalmente em águas correntes, sendo registrados apenas táxons mais resistentes a estresses físicos.

O tipo de substrato tem sido usado como um preditor da abundância e da diversidade de macroinvertebrados (Vannote *et al.*, 1980). Em agosto, o maior valor de riqueza taxonômica foi detectada em áreas de folhiço e cascalho (ponto 10), assim como os assinalados por Baptista *et al.* (1998, 2000), Buss *et al.* (2004) e Kikuchi & Uieda (1998). Os menores valores em substrato arenoso eram esperados (demais pontos), tanto pela instabilidade deste substrato, que está sujeito a grandes modificações pela velocidade da correnteza, quanto pela baixa quantidade de matéria orgânica, levando à baixa oferta de alimento (Baptista *et al.*, 2000). Fidelis *et al.* (2008), registraram maior riqueza em substratos retidos pela correnteza (folhiço) em ambientes de correnteza, e menor riqueza em ambientes que apresentaram areia como substrato principal. Apesar da maior riqueza observada no ponto 10, esta ainda está extremamente baixa.

Assim como as características do substrato, a profundidade do ambiente também interfere na estruturação e na dinâmica da comunidade bentônica. Locais que apresentam grande profundidade, geralmente apresentam baixas concentrações de oxigênio ou até mesmo a anoxia. O ponto 21 (próximo à barragem), apresentou o menor valor de riqueza, provavelmente devido a sua maior profundidade e característica do sedimento (matéria orgânica e areia).

O ponto 22 que localiza-se na cidade de Minaçu (rio Bonito), apresentou principalmente sua riqueza formada por táxons mais resistentes, o que demonstra claramente a influência antrópica sobre o referido manancial. Nestes pontos, a comunidade de invertebrados bentônica vem mantendo um padrão de distribuição.

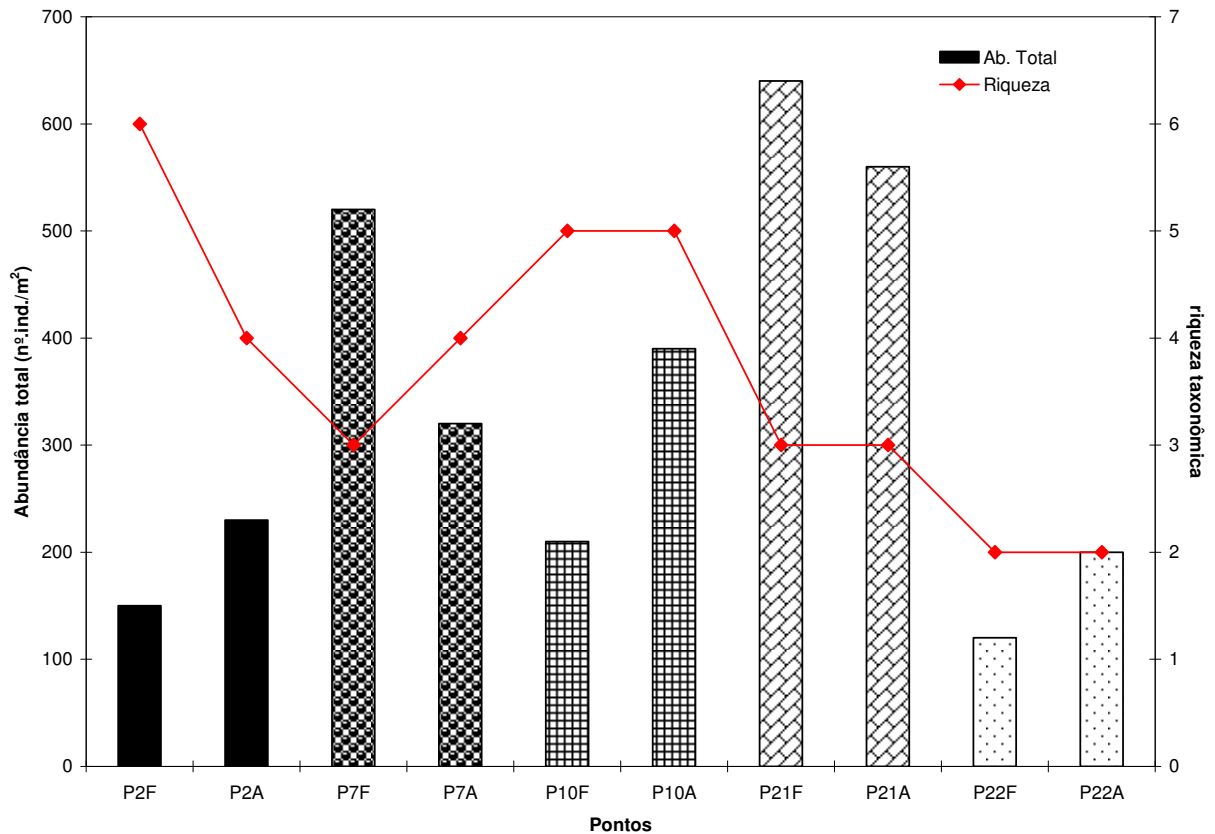


Figura 39. Riqueza taxonômica e abundância total registrada nos pontos em fevereiro (F) e agosto (A) de 2008.

Na maioria dos pontos a abundância total também foi menor em agosto de 2008 (Figura 40). Os táxons que apresentaram maior abundância média e frequência nesta amostragem e na amostragem anterior foram Chironomidae e Oligochaeta (Figuras 40 e 41). A abundância e a distribuição de Chironomidae (Diptera) são fortemente influenciadas pelas condições físicas, químicas e tróficas do habitat, e por isso são particularmente usados para estudar os efeitos das dinâmicas espacial e temporal. As larvas de Chironomidae podem ocupar posição importante na dinâmica trófica de ecossistemas aquáticos de água doce, devido a sua abundância numérica e o papel na reciclagem de nutrientes nos sedimentos. Elas alteram a composição da fina matéria orgânica particulada e provêm importantes subsídios energéticos para os predadores (Sankarperumal & Pandian, 1992). Além disso, como eles têm um ciclo de vida suficientemente longo e movem-se pouco, eles integram muito bem vários processos biológicos aquáticos e podem servir como indicadores de condições

ambientais (Seminara & Bazzanti, 1988). Juntamente com os Oligochaeta, os Chironomidae são extremamente tolerantes à poluição orgânica, vivendo em locais fortemente impactados.

A maioria dos Oligochaeta está adaptada a ocupar os sedimentos moles, de arenosos a lodosos, o que explica a ocorrência em todos os pontos, formados principalmente por areia. Além disso, esse táxon é altamente resistente às mudanças ambientais e a ambientes com alto grau de poluição.

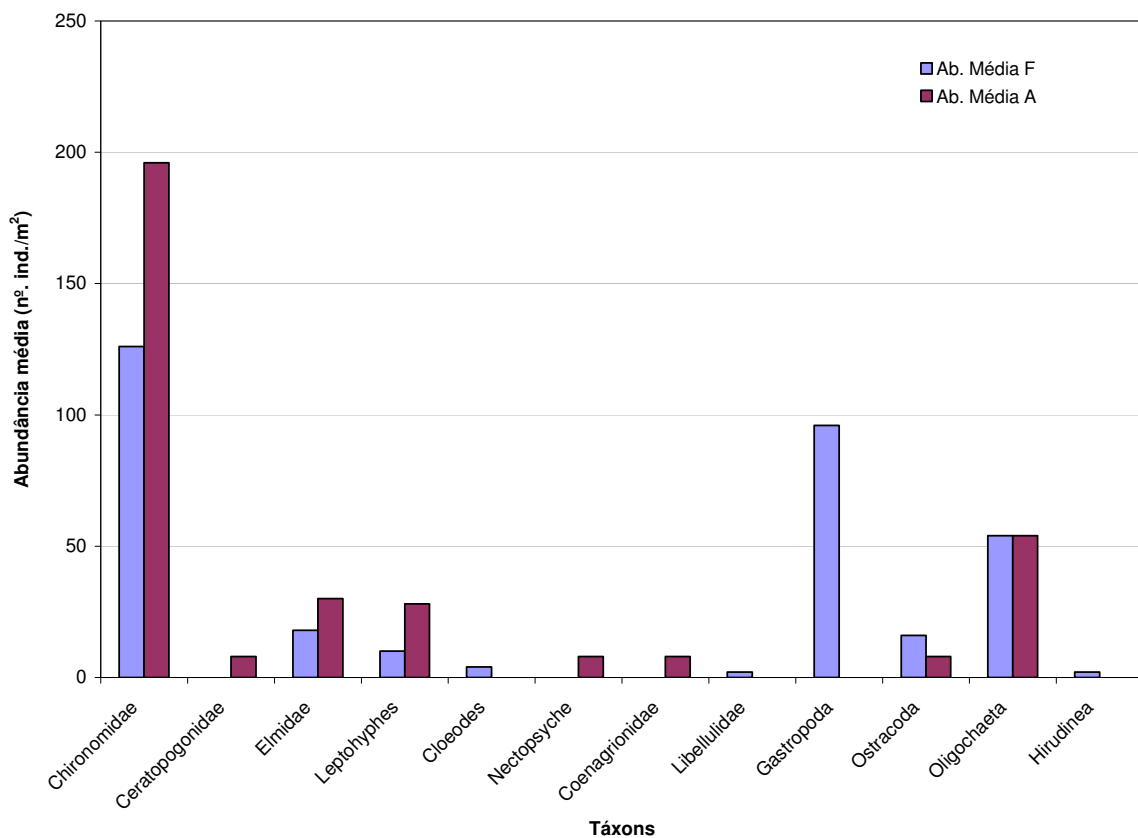


Figura 40. Abundância média dos táxons em fevereiro (F) e agosto (A) de 2008.



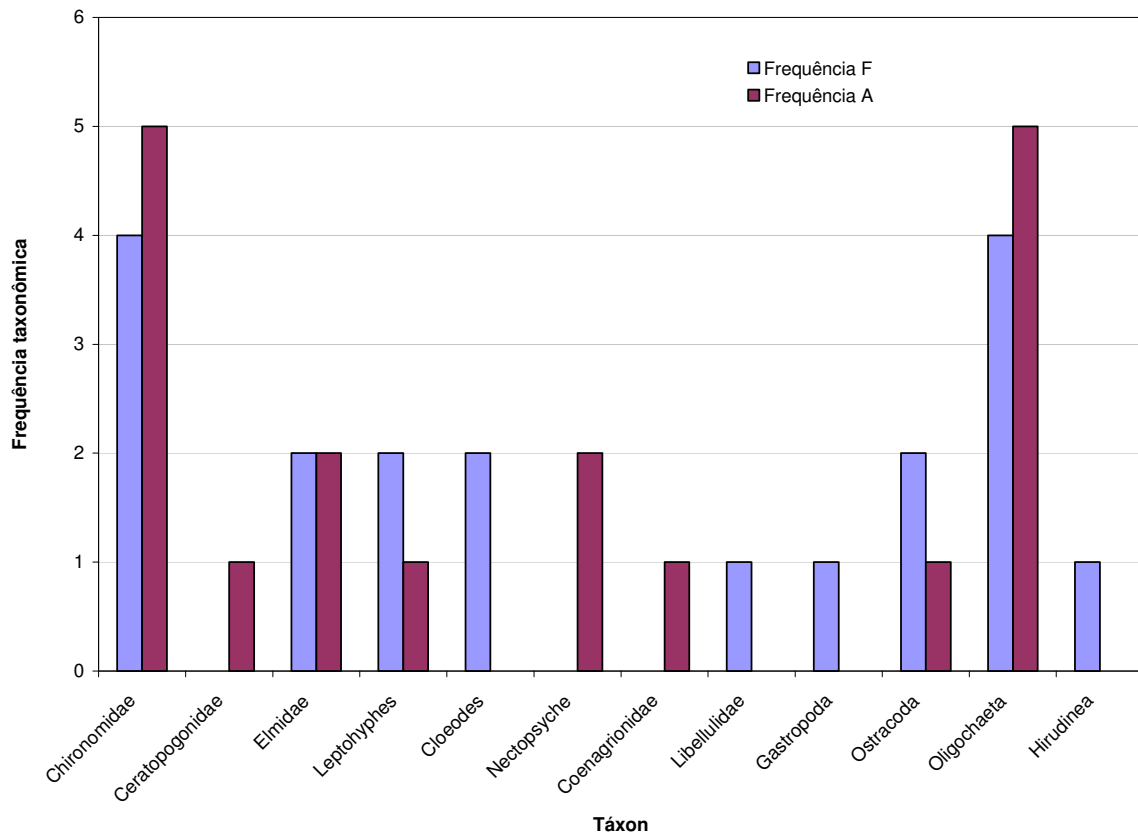


Figura 41. Frequência dos táxons em fevereiro (F) e agosto (A) de 2008.

Em quase todos os pontos amostrados o substrato coletado foi areia fina e matéria orgânica, favorecendo então os táxons registrados com as maiores densidades e frequências (Oligochaeta e Chironomidae). O tipo de substrato interfere na fauna bentônica, pois esta depende dele essencialmente como fonte de alimento sob a forma de substâncias autóctones ou alóctones rica em energia (Lellak, 1966), além de servir de abrigo e local para fixação.

Nesta campanha, foi encontrado um padrão de riqueza semelhante ao das amostragens anteriores, porém com redução de riqueza no ponto 2, sendo importante a continuidade do monitoramento para verificar se esta redução foi ao acaso ou se existe problemas com a qualidade da água.

Nos demais pontos o que determinou a riqueza da comunidade bentônica foi o tipo de substrato, o regime da água (lótico ou lêntico), a profundidade e no caso do ponto 22, as alterações antrópicas.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pressupondo que as águas do sistema monitorado são enquadradas na Classe 2 da Resolução nº 357 de março de 2005 do CONAMA, grande parte do trecho monitorado, em agosto de 2008, no reservatório da UHE Cana Brava, apresentaram resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. As seguintes transgressões foram observadas:

- Concentração de oxigênio dissolvido inferior a 5,0 mg/L no fundo dos pontos 1 (foz do córrego Florêncio) e 21 (próximo à barragem);
- Concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/L no ponto 22 (rio Bonito);
- Densidade de coliformes fecais (termotolerantes) superior a 1000 NMP/100ml nos pontos 2 (rio Preto) e 22 (rio Bonito).

Em agosto, pode-se destacar os baixos valores de turbidez, compostos nitrogenados e, principalmente, fósforo total. Além disso, ressalta-se as baixas concentrações de oxigênio dissolvido nas maiores profundidades do ponto 1 (foz do córrego Florêncio), o que é preocupante, tendo em vista a morte de peixes que ocorreu no local em anos anteriores. A elevada concentração de ferro no fundo do ponto 1, também indica as condições anóxicas do ambiente. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido também foram registradas no ponto 1 em maio de 2008.

Considerando a variabilidade espacial, em agosto, o ponto 22 (rio Bonito) apresentou os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade e dureza, indicando a elevada concentração de íons, principalmente carbonatos e bicarbonatos, nesse ambiente. O rio Bonito também apresentou elevada concentração de ferro total, sulfeto, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e DBO<sub>5</sub>. Elevada densidade de coliformes fecais foram observadas no ponto 22 e no ponto 2 (rio Preto). Destaca-se também que as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas nas maiores profundidades do ponto 1 (foz do córrego Florêncio) refletiram nas elevadas concentrações de ferro total, nitrito e nitrogênio amoniacal nesse ambiente.

Analisando a variabilidade temporal dos dados, os pontos monitorados no corpo central do reservatório tenderam a apresentar concentrações de alguns parâmetros, similares entre si. Os maiores valores de turbidez, ferro

total, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e DBO<sub>5</sub> foram registrados nos tributários do reservatório. Dentre os tributários, destaca-se o Rio Bonito (ponto 22) e Córrego Varjão (ponto 8), como sendo os locais que apresentam o maior número de parâmetros que transgridem a resolução CONAMA, no entanto, tais tributários não estão afetando significativamente as características limnológicas da água no corpo central do reservatório. Além disso, os pontos 15 (jusante do reservatório) e 1 (foz do córrego Florêncio) freqüentemente apresentam as menores concentrações de oxigênio dissolvido, mesmo considerando a superfície da coluna da água.

A análise do perfil vertical do ponto 21 (próximo a barragem) indicou que, em agosto de 2008, houve grande diferença nos valores de temperatura da água e nas concentrações de oxigênio dissolvido entre a superfície e o fundo da coluna da água. A partir de 10 metros de profundidade o ambiente passou a se tornar hipóxico, chegando a 1,01 mg/L de oxigênio a 18 metros de profundidade. Assim, dependendo da profundidade da tomada da água do reservatório, essas baixas concentrações de oxigênio dissolvido pode afetar significativamente os locais a jusante da barragem, tornando-o hipóxico também.

A análise das amostras qualitativas e quantitativas da comunidade fitoplanctônica coletadas no reservatório de Cana Brava no mês de agosto de 2008, revelou alta diversidade (99 táxons). As clorofíceas apresentaram o maior número de espécies, seguida das bacilariofíceas e zignemafíceas. Os maiores valores de riqueza de espécies ocorreram nos pontos localizados no corpo do reservatório (ponto 7 com 42 táxons e ponto 21 com 37 táxons), devido a menor velocidade do fluxo da água nesta região. O registro dos maiores valores de riqueza no corpo do reservatório e os menores nos pontos localizados no rio Bonito, rio do Carmo e rio Preto, foi anteriormente verificado para este reservatório nos meses de dezembro de 2005, junho e dezembro de 2006 e fevereiro de 2008, sendo determinado principalmente pelas características hidrodinâmicas distintas entre os ambientes. Como discutido em relatórios anteriores, os maiores valores de biomassa fitoplanctônica também foram registrados nos pontos localizados no corpo central do reservatório, principalmente no ponto 21.

Quanto ao nível trófico, o valor de biovolume registrado para o reservatório de Cana Brava indicou condições mesotróficas ( $2-10\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ) para os pontos 7 e 21, enquanto nos demais pontos de amostragem os valores de biovolume ( $< 2\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ) indicaram condições oligotróficas, de acordo com os critérios de Reynolds (1980). Os resultados de biovolume de cianobactérias possibilitaram o enquadramento das águas dos pontos monitorados, na Classe 1 ( $< 2 \text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ), com exceção dos pontos 7 e 21 ( $>2 \text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ ), que se enquadram na Classe 2, de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

A análise da composição de espécies da comunidade zooplanctônica, em agosto de 2008, evidenciou a ocorrência de apenas 25 táxons. Os protozoários testáceos foram, mais uma vez, o grupo mais especioso, com 21 espécies. Temporalmente, esses resultados evidenciam uma redução marcante nos valores também deste atributo. Assim como observado para a riqueza de espécies, os resultados de abundância, em agosto de 2008, diferiram marcadamente do padrão freqüentemente observado para a área de estudo. Desta forma, o maior valor de abundância foi registrado no ponto 2, seguido pelos pontos 7 e 10, enquanto que o menor valor deste atributo foi registrado no ponto 21.

Considerando a comunidade zoobentônica, em agosto foram identificados 8 táxons. De maneira geral, observou-se um padrão de riqueza taxonômica semelhante ao das amostragens anteriores, porém houve redução de riqueza no ponto 2.

## 5. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA) (1998) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association Publications, Washington DC.

Antunes, K.C.P., Castro E Silva, E., Da Silva, J.D., Freitas, R.M., Guesdes, S.F., Magalhães, A., Silva, D. D. 2007. Mercúrio em Sedimento de alguns rios da Bacia do Alto Paraguai. Resumo, 47º Congresso Brasileiro de Química, Natal, 2007.

Baptista, D.F.; Dorvillé, L.F.M.; Buss, D.F.; Nessimian, J.L.; Soares, L.H.J. 1998. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do Sudeste brasileiro. *In*: Nessimian, J.L.; Carvalho, A.L. (Eds.), *Ecologia de insetos aquáticos*. Series Oecologia Brasiliensis, vol.V. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p.191-207.

Basu, B.K. E Pick, F.R. (1996) Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate river. *Journal of Plankton Research*, 19: 237-253.

Bicudo, C.E.M.; Bicudo, R.M.T. (1970) *Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação de gêneros*. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências.

Borges, P. A. F. *et al.* (2003) Spatial variation of phytoplankton and some abiotic variables in the Pirapó River – Pr (Brazil) in august 1999: a preliminary study. *Acta Scientiarum*, **25**, 1-8.

Borges, P.A.F. *et al.* (2008) Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*; 607, 63-74.

Buss, D.F., Baptista, D.F., Nessimian, J.L. & Egler, M., 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrates assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia*. 518:179-188.

Cabianca, M.A.A.; Sendacz, S. (1985) Limnologia do reservatório do Borba (Pindamonhangaba,SP). II-Zooplâncton. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, **12** (3), p. 86-95.

Carmichael, W.W. (1994) The toxins of cyanobacteria. *Scientific American*, New York, no. 270, p. 64-72.

Carmichael, W.W. (1997) The cyanotoxins. *Advances in Botanical Research*, London, v. 27, p. 211-256.

Codd, G. A. (2000) Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritization of eutrofication control. *Ecological engineering*, **16**, p. 51-60.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 357*, de março de 2005, Brasília, SEMA, 2005.

Edler, L. (1979) *Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea, phytoplankton and chlorophyll*. [Paris]: Unesco, 38 p. (UNESCO, Working Group, 11, Baltic Marine Biologists).

Edmunds Jr., G. F. & Waltz, R. D. (1996). Ephemeroptera. In: Merrit, R. W. & Cummins, K. W. (eds). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3<sup>rd</sup> ed. Kendall / Hunt Publishing Company, 129 – 163.

Edmunds Jr., G. F., Jensen, S. L. & Berner, L., (1979). *The Mayflies of North and Central America*. University of Minnesota Press. 330p.

El Moor – Loureiro, L. M. (1997). Manual de identificação de cladoceros límnicos do Brasil. Ed. Universa-UCB. p. 155.

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

Fernández, H. R. & Dominguez (eds.), (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, 282p.

Fidelis L., Nessimian J.L. , Hamada, N. (2008). Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. *Acta Amazônica*. Vol. 38(1) 2008: 127 - 134

Kikuchi, R.M.; Uieda, V.S. (1998). Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: Nessimian, J.L.; Carvalho, A.L. (Eds.), *Ecologia de insetos aquáticos*. Series Oecologia Brasiliensis, vol.V. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro. p.157-173.

Kobayashi, T.R.J. et al. (1998). Freshwater zooplankton in the Hawkesbury-Nepean River: comparison of community structure with other rivers. *Hydrobiologia*, 377: 133-145.

Lansac-Tôha, F.A *et al.* (2000) On the occurrence of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) in Brazilian inland waters. I. Family Arcellidae. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n. 2, p. 355-363.

Lansac-Tôha, F.A *ET AL.* (2001). On the occurrence of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) in Brazilian inland waters. III. Family Diffugiidae genus Diffugia. *Acta Scientiarum*, v23: 305-319.

Lansac-Tôha, F.A *et al.* (2004) Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In: Agostinho, A. A. *et al.* (Org.). *Structure and Function of the Paraná River and its floodplain*. Eduem, Maringá: p. 75-84.

Lansac-Tôha, F.A. *et al.* (1997) Comunidade zooplanctônica. in: VAZZOLER, A.E.A.M., *et al.* (Ed). *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Eduem, Maringá: p.117-155.

Lansac-Tôha, F.A. *et al.* (1999) Estrutura da comunidade zooplanctônica antes e após a formação do reservatório de Corumbá-GO. In: Henry, R (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: Fundibio/Fapesp, 1999. cap. 12, p. 347-74.

Lansac-Tôha, F.A. *ET AL.* (2005). A COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIOS. IN: *BIOCENOSSES EM RESERVATÓRIOS: PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS*. SÃO CARLOS: RIMA, p.129-136.

Lansac-Tôha, F.A. *et al.* (2007). Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. *Acta Scientiarum*, v. 29, p. 63-74.

Lopes, R.M. *et al.* (1997) Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo. In: Agostinho, A.A.; Gomes L.C. (Ed.). *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Maringá: Eduem, cap. 3, p. 39-60.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton Univ. Press, New Jersey, 179p  
Mérigoux, S. & Dolédec, S. 2004. Hydraulic requirements of stream communities: a case study on invertebrates. *Freshwater Biology*. Vol. 49: 600-613.

Merrit, R. W. & Cummins, K. W. (eds.). (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3ª ed. Kendall/Hunt Pub. 862p.

Moreno, I. H. *Estrutura da comunidade planctônica do reservatório da UHE - Balbina (floresta tropical úmida-Amazonas) e sua relação com as condições limnológicas apresentadas na fase de enchimento e pós-enchimento, 1987-1990*. 1996. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

Nogueira, M.G. (2001) Zooplankton composition dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brasil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, **455**, p. 1-18.

Pearl, H.W. (1988) Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). In: Sandgren, C. G. (ed.). *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*: 261-315. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Peckarsky, B. L., Fraissinet, P. R., Penton, M. A. & Conklin Jr., D. J. (1990). *Freshwater macroinvertebrates o Northeastern North America*. Cornell Univ. Press. 442p.

Pivato, B. M. *et al.* (2006) Dinâmica nictemeral das assembléias fitoplanctônicas em um reservatório tropical (reservatório de Corumbá – GO), em dois períodos do ciclo hidrológico. *Acta Sci. Biol. Sci.* Maringá, 28, (1), 19-29.

Reynolds, C. S. (1980) Phytoplankton assemblages and their periodicity in stratifying lake systems. *Holarctic Ecology*, 3, p. 141-159.

Reynolds, C. S. (1994) The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia*, 289, 9-21.

Reynolds, C. S. (1995). River Plankton: The Paradigm Regained. In: Harper, D. M.; Ferguson, A. J. D. (eds). *The ecological basis for river management*. pp.161-180. John Willet & Sons publishers.

Reynolds, C. S. (1997) *Vegetation process in the pelagic: A model for ecosystem theory*. Oldendorf. Ecology Institute

Reynolds, C.S. *et al.* (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.*, Oxford, 24 (5), p. 417-428.

Rodrigues, L. C. *et al.* (2005) Assembléias Fitoplanctônicas de 30 Reservatórios do Estado do Paraná. In: Rodrigues, L., *et al.* (eds). *Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais*. São Carlos: RIMA, p. 57-72.

Rolla, M.E. *et al.* (1992) Inventário limnológico do rio Grande na área de influência da futura Usina Hidrelétrica (UHE) de Igarapava. *Acta Limnol. Brasil.*, São Paulo, **4**, p. 139-162.

Sampaio, E. V. *et al.* (2002) Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, **62** (3), p. 525-545.

Sankarperumal, G. & Pandian, T.J. (1992). Larval abundance of *Chironomus circumdatus* in relation to biotic and abiotic factors. *Hydrobiol.* 246:205-212.

Seminara, M., Bazzanti, M. (1988). Trophic level assessment of profundal sediments of the artificial lake Campotosto (Central Italy), using midge larval community (Diptera: Chironomidae). *Hydrobiol. Bull.* 22 :183-193.

Sendacz, S. (1997) Zooplankton studies of floodplain lakes of the upper Paraná River, São Paulo State, Brazil. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, Stuttgart, 26, p. 621-627.

Sendacz, S. *et al.* (1985) Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplâncton. *Boletim do Instituto de Pesca*, 12, p.187-207.

Serafim-Junior, M. (2002) *Efeitos do represamento em um trecho do rio Iguaçu sobre a estrutura e dinâmica da comunidade zooplanctônica*. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

Straškraba, M. (1999) Retention time as a key variable of reservoir limnology. In: Tundisi, J.G. & Straškraba, M. *Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers. p.385-410.

Straškraba, M.; Tundisi, J. G.; Duncan, A. (1993) State-of-the-art of reservoir limnology and water quality management. In: Straškraba, M.; Tundisi, J. G.; Duncan, A. Eds. *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Netherlands, Kluwer Academic Press.

Train, S. *et al.* (2004) Phytoplankton Composition and biomass in environments of the Upper Paraná River Floodplain. In *Structure and function of the Paraná River and its floodplain* (Eds Agostinho, A. A. *et al.*). Maringá. EDUEM. p. 63-73.

Train, S., Rodrigues, L. C. (2004) Assemblages Phytoplanktonic. In: *The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation* (Eds Thomaz, S. M. *et al.*), pp. 103-124. Backhuys, Leiden.

Tundisi, J. G. *et al.* (1993) Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: Straškraba, M.; Tundisi, J.G. & Duncan, A. *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Kluwer Academic Publishers. p.25-55.

Utermöhl, H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. *Mitt. int. Verein. Limnol.*, 9, 1-38.

Vannote, R.L.; G.W. Minshall; K.W.L. Cummins; J.R. Sedell & C.E. Cushing. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.

Velho, L. F. M. *ET AL.* (2005). Distribuição longitudinal da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. São Carlos: RiMa, p. 129-136.

Velho, L. F. M.; Lansac-Tôha, F.A.; BINI, L. M. (1999). Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton on the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 411, p.103-113.

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

Wiggins, G. B. (1977). *Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)*. University of Toronto Press, 393p.



## **ANEXO I**

### **RESULTADOS DA CAMPANHA DE AGOSTO DE 2008**

## Resultados referentes à campanha de agosto de 2008, na UHE Cana Brava.

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		28	30	30	30	25	25	30	29	24	24	26	28	21
Temperatura da água (°C)	S	25,67	24,74	24,83	26,58	27,91	27,35	25,35	26,19	27,34	27,62	27,51	27,78	19,93
	M	25,6			25,83							25,96	27,01	
	F	25,48			25,45							25,49	25,89	
Transparência da água (m)		3,2	2,3	-	2,5	2,3	3,7	-	-	2,4	2,9	3,7	3,6	-
Turbidez (NTU)	S	2,52	1,79	3,06	2,11	1,81	1,73	1,27	1,85	1,62	1,9	1,17	1,12	3,77
	M	2,46			3							1,7	1,3	
	F	3,87			3,41							1,12	5,94	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	S	5,5	8	9,1	8,2	7,4	7,7	8,7	6	9,7	8,3	7,5	8,5	9,16
	M	5,21			5,52							6,29	7,65	
	F	4,19			5,65							6,21	4,71	
Saturação de oxigênio (%)	S	57,9	89,6	96,7	75,9	101,3	92,8	99,4	66,6	97,3	97,2	95,1	101,2	94,8
	M	61,3			66							74,1	94,3	
	F	50,8			63,4							54,8	57,8	
pH	S	7,92	7,07	7	7,23	8,43	8,09	8,29	8,02	8,3	8,42	8,19	8,29	8,43
	M	7,61			7,08							7,13	7,39	
	F	7,68			7,24							8,23	7,63	
Condutividade elétrica	S	93	50	54	91	93	94	110	89	92	92	92	91	164
	M	93			92							89	89	
	F	93			93							88	89	
STD (mg/L)	S	60	33	51	57	58	58	71	57	57	57	57	57	119
	M	60			59							57	56	
	F	60			60							57	57	
Alcalinidade (mg/L)	S	42	28	25	41	41	38	51	38	41	38	37	40	72
	M	43			42							40	39	
	F	42			38							44	45	
Dureza total (mg/L)	S	72	48	54	82	80	68	78	74	80	82	76	74	142
	M	76			72							80	64	
	F	70			68							68	74	
Acidez (mg/L)	S	4,5	3,8	4,1	3,1	5,9	5,9	4,7	3,5	5,0	3,8	3,1	3,8	3,0

Cloretos (mg/L)	S	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	1,2	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8
	M	0,8			0,8							0,8	1,2	
	F	1,2			1,2							1,2	0,4	
Sulfato (mg/L)	S	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	M	<1			<1							<1	<1	
	F	1			<1							<1	<1	
Sulfeto (mg/L)	S	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,007
	M	0,001			0,001							0,001	0,001	
	F	0,001			0,001							0,002	0,001	
Ferro (mg/L)	S	0,36	0,16	0,26	0,2	0,08	0,14	0,3	0,11	0,07	0,08	0,06	0,03	0,51
	M	0,38			0,3							0,11	0,05	
	F	0,61			0,35							2,05	0,67	
Orto-fosfato (mg/L)	S	0,0066	0,0061	0,0055	0,0055	0,0055	0,0044	0,0055	0,0049	0,0033	0,0033	0,0049	0,0027	0,0049
	M	0,0055			0,0055							0,0044	0,0265	
	F	0,0049			0,0049							0,0055	0,0027	
Fósforo total (mg/L)	S	0,0105	0,0177	0,0254	0,0249	0,0398	0,0138	0,0476	0,0127	0,0210	0,0144	0,0160	0,0127	0,0149
	M	0,0099			0,0132							0,0132	0,0470	
	F	0,0132			0,0099							0,0132	0,0138	
Nitrato (mg/L)	S	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,4
	M	0,2			0,2							0,1	0,1	
	F	0,2			0,2							0,2	0,1	
Nitrito (mg/L)	S	0,011	0,013	0,014	0,012	0,013	0,015	0,013	0,014	0,015	0,013	0,013	0,012	0,021
	M	0,007			0,007							0,009	0,011	
	F	0,024			0,007							0,011	0,009	
N-amoniaco (mg/L)	S	0,16	0,03	0,03	0,04	0,01	0,04	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,13
	M	0,06			0,06							0,05	<0,01	
	F	0,23			0,09							0,03	<0,01	
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	S	1,4	2,4	2,2	1,7	0,4	0,5	2,3	0,3	1,9	0,4	0,1	0,5	4,8
Coliformes totais	S	Ausente	>16000	260	90	90	80	2200	170	Ausente	80	600	80	>16000
Coliformes fecais	S	Ausente	16000	18	18	18	18	60	80	Ausente	40	Ausente	Ausente	9200