

Tractebel Energia
GDF SVEZ

Life
Projetos Limnológicos

**UHE CANA BRAVA
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

FASE OPERAÇÃO

**XXIX RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL REFERENTE À
CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2010**



Novembro de 2010

EQUIPE RESPONSÁVEL

Coordenadora do laboratório

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto

Trabalhos de campo e laboratório

Bióloga Kátia Bittar Haddad

Biólogo Wagner Batista Xavier

Biólogo Paulício Maconi Filho

Bióloga Lívia Ferreira e Silva

Químico Brunno Misofante da Silva Gomides

Química Andréia Cintra Braga

Análise das comunidades aquáticas

Biólogo Dr. Luiz Felipe Machado-Velho (Zooplâncton)

Bióloga Dr. Luzia Cleide Rodrigues (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 físicos e químicos	07
3.2. Concentração de mercúrio no sedimento	19
3.3. Parâmetros bacteriológicos	21
3.4. Perfil vertical dos pontos 20 e 21	22
3.5. Parâmetros biológicos	24
3.5.1. Fitoplâncton	24
3.5.2. Zooplâncton	36
3.5.3. Zoobentos	42
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
5. BIBLIOGRAFIA	51
ANEXO I - RESULTADOS DA CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2010	54

1. APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada em setembro de 2010.

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 setembro de 2010, 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_5), coliformes totais e coliformes fecais (termotolerantes) 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.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	LONG.(W)	LAT.(S)	REFERENCIAL
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 físicos, químicos e bacteriológicos.

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 ⁺ - 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 ₂		4500 - O - G
Oxigênio dissolvido (Winkler)	iodométrico	0 – 30 mg/L O ₂		4500 - O - B
Turbidez	nefelométrico	0-1000 NTU		2130 - B
Alcalinidade	titulação com ácido sulfúrico	10 – 4000 mg/l CaCO ₃	X	2320B
Acidez	titulação com hidróxido de sódio	0 - 400 mg/L CaCO ₃	X	23/10B
Cloreto	titulação com nitrato de mercúrio	0 – 40 mg/l Cl ⁻	X	4500 - Cl ⁻ - C
Dureza total	titulação usando método EDTA	10 – 4000 mg/l CaCO ₃	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 ₃ ⁻		4500 - NO ₃ ⁻ - E
Nitrito	Espectrofotometria pelo método Diazotação	0 – 0,300 mg/l NO ₂ ⁻	X	4500 - NO ₂ ⁻ - B
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotometria pelo método do Salicilato	0 – 2,50 mg/L NH ₃		4500 - NH ₃
Orto-fosfato	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO ₄ ³⁻	X	4500 - P - E
Fósforo total	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO ₄ ³⁻	X	
Sulfato	Espectrofotometria pelo método do Sulfa Ver 4	0 – 70 mg/L SO ₄ ²⁻	X	4500 - SO ₄ ²⁻ - F
Sulfeto	Espectrofotometria pelo método do Azul de Metileno	0 – 0,600 mg/l S ⁻	X	4500 - S ²⁻ - 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 Laboratório Bioagri Ambiental de Piracicaba-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 (2005) 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; Sun & Liu, 2003).

O índice de diversidade (H), expresso em 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 μm 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. 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 cm^2) em todos os pontos. Somente a amostragem no ponto 10 foi realizada com surber (1000 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^2 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 setembro de 2010, a temperatura média do ar foi igual a 30,5°C, semelhante ao valor registrado em março de 2010 (30,23°C) e setembro de 2009 (30,5°C) (Figura 1A). O valor da temperatura da água foi, em média, igual a 27,4°C na superfície; 26,35°C no meio e 26,1°C no fundo da coluna da água (Figura 1B). Nesse mês, a maior diferença nos valores de temperatura mensurados entre o epilímnio e hipolímnio foi registrada no ponto 20 (diferença igual 1,8°C), que apresentou profundidade igual a 26 metros. Tais diferenças foram inferiores às registradas em setembro de 2009 (4,3°C no ponto 6 e 4,52°C no ponto 21) e dezembro de 2009 (diferença igual a 3,5°C no ponto 6 e 2,8°C no ponto 21). Assim, nesse mês, não foi observada estratificação térmica da coluna da água no ponto 1, assim como observado em junho de 2010.

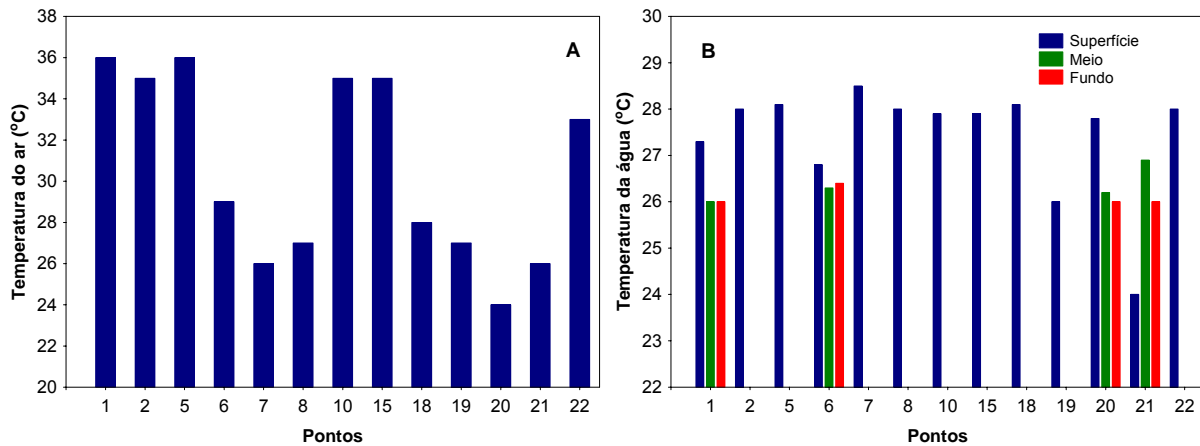


Figura 1. Valores da temperatura do ar (A) e temperatura da água (B), em setembro de 2010.

Em setembro, a concentração de oxigênio dissolvido foi, em média, igual a 7,51 mg/L na superfície; 7,22 mg/L no meio e 7,13 mg/L no fundo da coluna da água (Figura 2). Na superfície da coluna da água, tais concentrações variaram entre 5,7 mg/L (ponto 1 - foz do córrego Florêncio) e 9,0 mg/L (ponto 5 - rio São Félix). Considerando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (5,0 mg/L), a superfície de todos os pontos de coleta apresentaram concentrações desse gás superiores a 5,0 mg/L. Nesse mês, não foram detectadas concentrações inferiores a 5,0 mg/L ao longo de toda a coluna da água, no trecho monitorado.

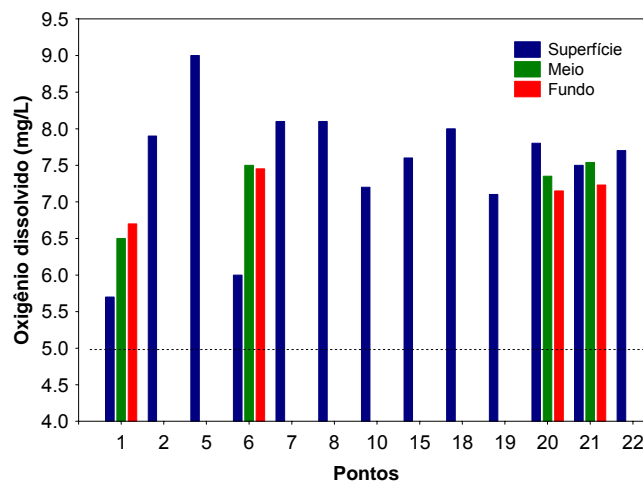


Figura 2. Concentração de oxigênio dissolvido.

Variáveis indicadoras de luminosidade subaquática

Nesse mês, o maior valor de transparência da água (4,1 m) foi mensurado nos pontos 18 e 19 (praia de Minaçu - parte interna e externa, respectivamente), seguido pelo ponto 20 (3,9 m) (Figura 3).

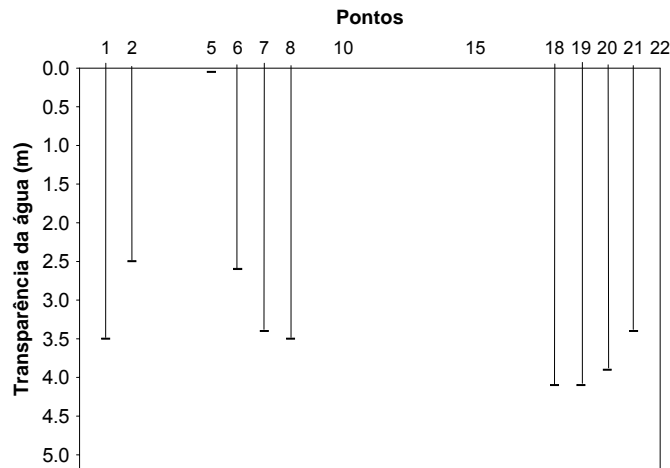


Figura 3. Valores de transparência da água.

Os valores de turbidez corroboram os resultados da transparência da água, ou seja, o reservatório da UHE Cana Brava apresenta águas transparentes. Em setembro de 2010, os valores de turbidez variaram entre 1,02 NTU (superfície do ponto 21 - próximo à barragem) e 61,6 NTU (fundo do ponto 6- foz do rio São Félix) (Figura 4). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU). Resultado similar foi detectado em junho de 2010.

De maneira geral, os menores valores de turbidez foram detectados no corpo central do reservatório, provavelmente devido as maiores taxas de sedimentação do material em suspensão nesta região.

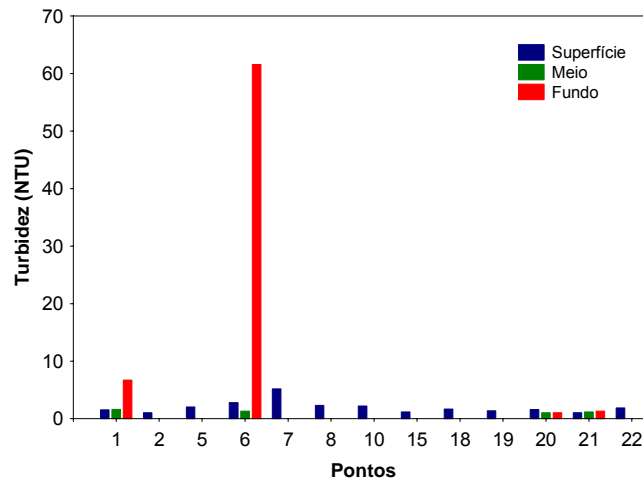


Figura 4. Valores de turbidez.

pH, condutividade elétrica, STD, alcalinidade, CO₂ livre e CO₂ total

Em setembro, os valores de pH foram, em média, iguais a 7,87; 7,65 e 7,8 na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 5). De maneira geral, todos os locais monitorados apresentaram valores de pH dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0). Além disso, as águas do reservatório podem ser consideradas neutras, ocorrendo poucas transgressões da resolução CONAMA, durante o período monitorado na fase de operação do reservatório.

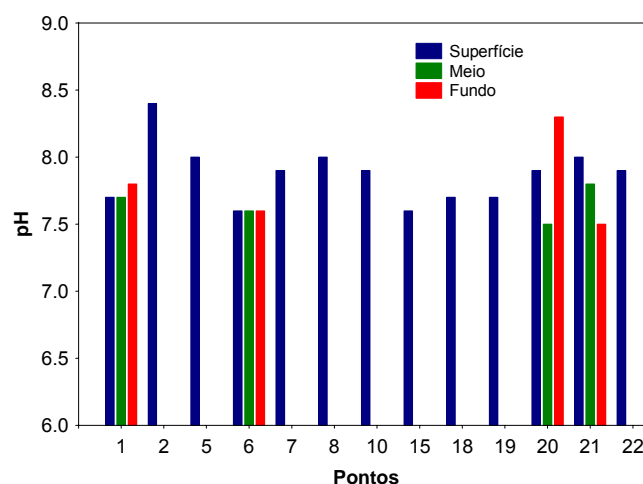


Figura 5. Valores de pH.

Os valores de condutividade elétrica variaram entre 61 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto 5 - rio São Félix) e 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto 22 - rio Bonito) (Figura 6A). De maneira geral, os maiores valores de condutividade elétrica freqüentemente são obtidos no rio Bonito. Em média, tais valores foram superiores àqueles obtidos nos meses anteriores de 2010 (valores médios na superfície da coluna da água iguais a 72,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em março de 2010; 84,54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em junho e 100,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em setembro).

Assim como observado nos demais meses de monitoramento, houve uma forte estrutura de correlação entre as variáveis condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD) no mês de setembro ($r = 0,99$; $P < 0,001$), ou seja, locais que apresentam elevados valores de condutividade elétrica também apresentam elevadas concentrações de STD. Nesse mês, as concentrações de STD variaram entre 29 mg/L (ponto 5) e 97 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (Figura 6B). De maneira geral, ao longo de todo o período de monitoramento limnológico, todos os locais apresentaram concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (500 mg/L).

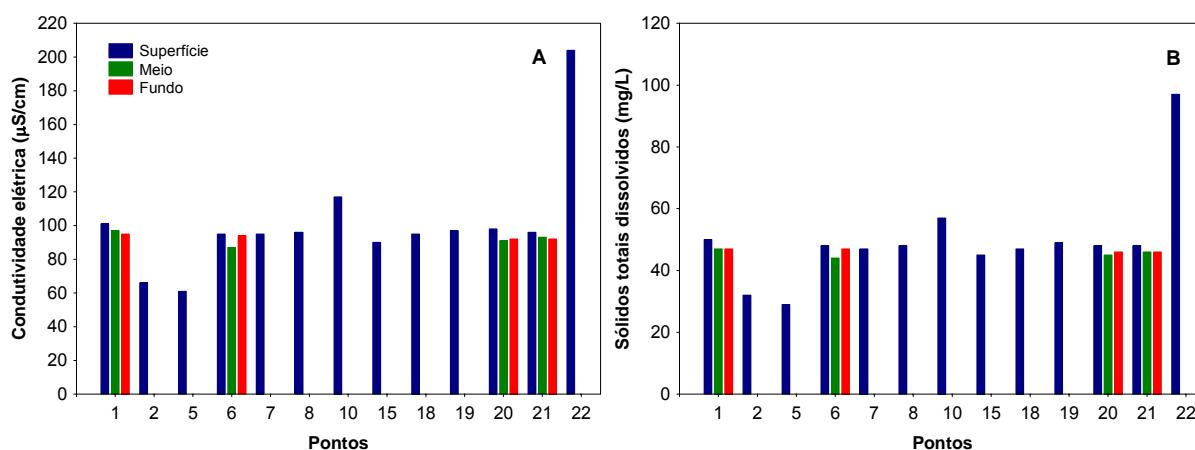


Figura 6. Valores de condutividade elétrica (A) e sólidos totais dissolvidos (STD; B).

Em média, os valores de alcalinidade foram iguais a 140,6 mg/L na superfície; 131,5 mg/L no meio e 121,2 mg/L no fundo (Figura 7). A maior concentração (309 mg/L) foi registrada no ponto 22 (rio Bonito). De maneira geral, os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e

alcalinidade são registrados no ponto 22 (rio Bonito), indicando a elevada concentração de íons nesse ambiente, principalmente, íons carbonato e bicarbonato.

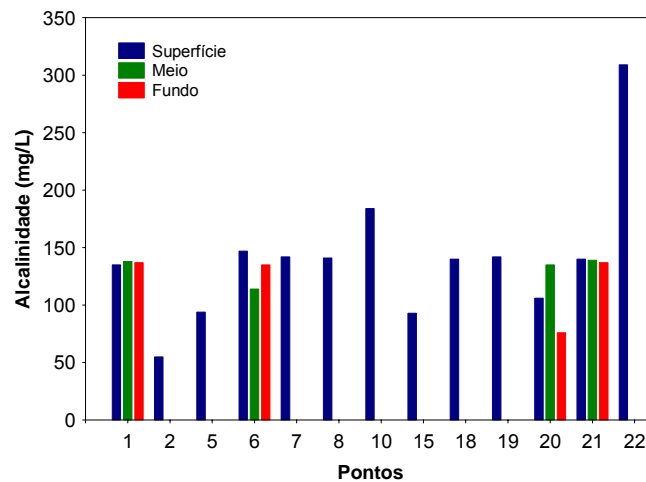


Figura 7. Valores de alcalinidade.

As produções e eliminações de CO_2 resultantes das atividades fotossintéticas e de respiração podem ser avaliadas a partir das variações de CO_2 dissolvido e de CO_2 total, o qual correspondente a soma de todas as formas carbonatadas dissolvidas (CARMOUZE, 1994). De maneira geral, as concentrações de CO_2 total indicam, de maneira indireta, as concentrações de carbono inorgânico dissolvido (formas dissolvidas do ácido carbônico, como CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-}).

Nesse mês, as concentrações de CO_2 livre variaram entre 0,29 mg/L (ponto 2 - rio Preto) e 8,66 mg/L (fundo do ponto 21) (Figura 8A). Em média, as maiores concentrações desse gás foram detectadas nas maiores profundidades de coleta. As concentrações de CO_2 total variaram entre 40,77 mg/L (ponto 2) e 279,7 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (Figura 8B). A maior concentração de CO_2 total registrada no rio Bonito corrobora os elevados valores de alcalinidade nesse local, ou seja, esse ambiente apresenta águas com elevada concentração de carbono inorgânico.

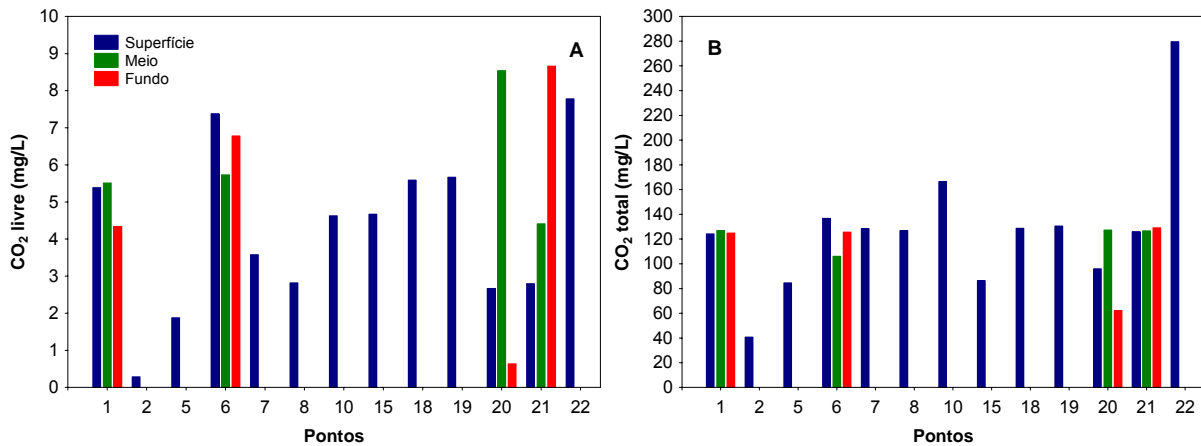


Figura 8. Concentrações de CO₂ livre (A) e CO₂ total (B).

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 e Pozza, 2001). Em setembro, as concentrações de cloreto foram inferiores ao limite de detecção do método (<0,5 mg/L) na maior parte dos pontos de coleta. Somente o fundo do ponto 20 apresentou concentração igual a 0,5 mg/L (Figura 9). Assim, todos os locais amostrados apresentaram concentrações inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (250 mg/L), assim como observado nos demais meses de monitoramento. De maneira geral, concentrações extremamente baixas de cloreto são freqüentes no reservatório da UHE Cana Brava.

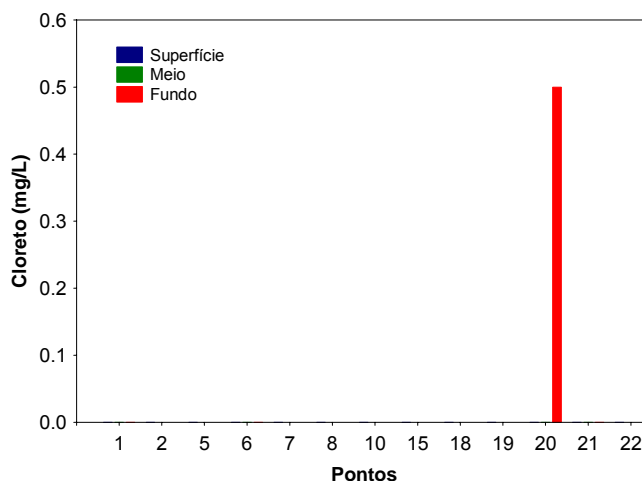


Figura 9. Concentrações de cloreto.

O enxofre em ecossistemas aquáticos pode apresentar-se sob várias formas: como íon sulfato (SO_4^{2-}), íon sulfito (SO_3^{2-}), íon sulfeto (S^{2-}), gás sulfídrico (H_2S), 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 setembro, as concentrações de sulfato variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($<1,0$ mg/L na maior parte dos pontos monitorados) e $16,0$ mg/L (ponto 15 – jusante da barragem) (Figura 10A). As concentrações de sulfeto variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L) e $0,004$ mg/L (fundo do ponto 6) (Figura 10B). Considerando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA para as concentrações de sulfato (250 mg/L), todos os locais monitorados apresentaram valores inferiores ao referido limite, assim como observado em meses anteriores. Somente o fundo do ponto 6 apresentou concentração de sulfeto superior ao limite preconizado pela Resolução CONAMA ($0,002$ mg/L).

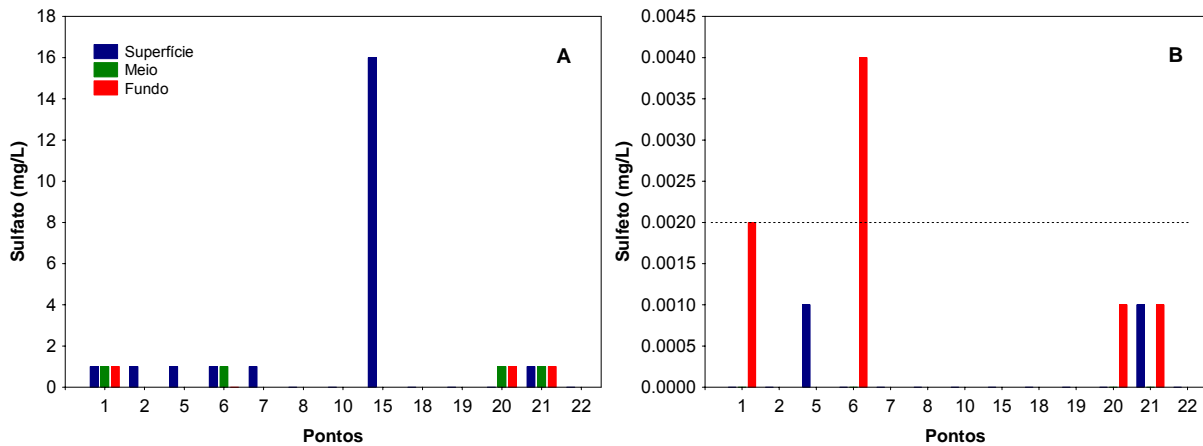


Figura 10. Concentrações de sulfato (A) e sulfeto (B).

As concentrações de ferro total nas águas do reservatório variaram entre 0,07 mg/L (superfície dos pontos 20 e 21) e 18,2 mg/L (fundo do ponto 20) (Figura 11). Em média, tais concentrações foram inferiores àquelas mensuradas ao longo do ano de 2010 (valores médios iguais a 0,32 mg/L em dezembro de 2009; 0,7 mg/L em março de 2010; 0,27 mg/L em junho e 0,17 mg/L em setembro), provavelmente devido às elevadas concentrações de oxigênio dissolvido registradas em setembro ao longo de toda a coluna da água.

As maiores concentrações de ferro mensuradas nas maiores profundidades são esperadas, 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.

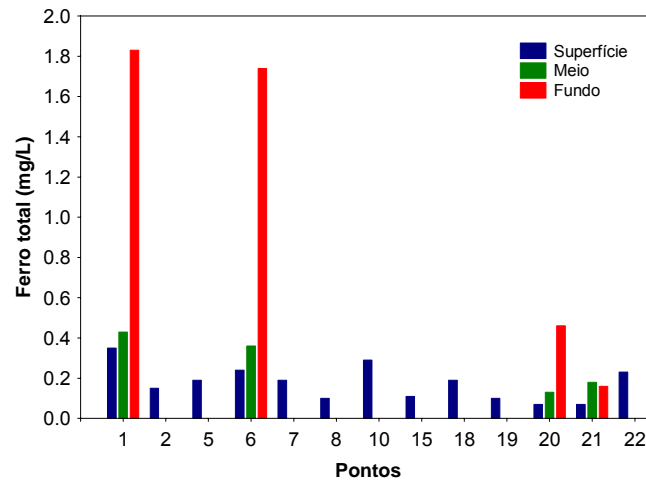


Figura 11. Concentrações de ferro total.

Nutrientes

O fósforo é um importante nutriente para os produtores primários, e, juntamente com o nitrogênio, é o principal nutriente responsável pelo processo de eutrofização dos ecossistemas aquáticos (Kalff, 2002; Baumgarten e Pozza, 2001). Em setembro de 2010, as concentrações de orto-fosfato foram inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 mg/L) na maior parte dos pontos de coleta (Figura 12A). Somente o fundo do ponto 6 apresentou concentração igual a 0,004 mg/L.

As concentrações de fósforo total variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 mg/L na maior parte dos pontos de coleta) e 0,01 mg/L (fundo do ponto 6) (Figura 12B). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de fósforo total inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,05 mg/L; em ambientes intermediários), assim como observado em junho de 2010.

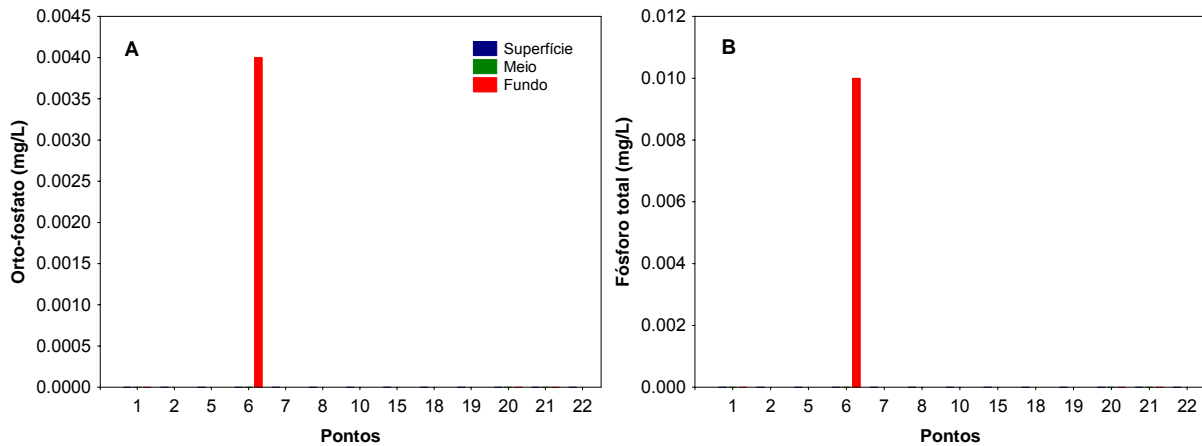


Figura 12. Concentrações de orto-fosfato (A) e fósforo total (B).

Juntamente com o fosfato, o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtos primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados.

As concentrações de nitrato variaram entre 0,5 mg/L e 1,1 mg/L (fundo do ponto 20) (Figura 13A). A maior concentração de nitrito (0,008 mg/L) foi mensurada no ponto 22 (rio Bonito) (Figura 13B). As concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre 0,08 mg/L e 0,37 mg/L (ponto 10 - rio do Carmo) (Figura 13C).

Assim como observado nos demais meses de monitoramento, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de nitrato e nitrito dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (10 mg/L para nitrato e 1,0 mg/L para nitrito). Além disso, de acordo com a referida resolução, o limite permitido para a concentração de nitrogênio amoniacal é dependente do valor de pH do meio. Em ambientes com valores de pH inferiores a 7,5, o valor máximo permitido para a concentração de nitrogênio amoniacal é igual a 3,7 mg/L; em ambientes com valores de pH entre 7,5 e 8,0 o valor máximo permitido para a concentração de nitrogênio amoniacal é 2,0 mg/L; enquanto que em ambientes com valores de pH entre 8,0 e 8,5 o valor máximo permitido

é 1,0 mg/L. Assim, o trecho monitorado apresentou concentrações inferiores ao limite preconizado pela resolução.

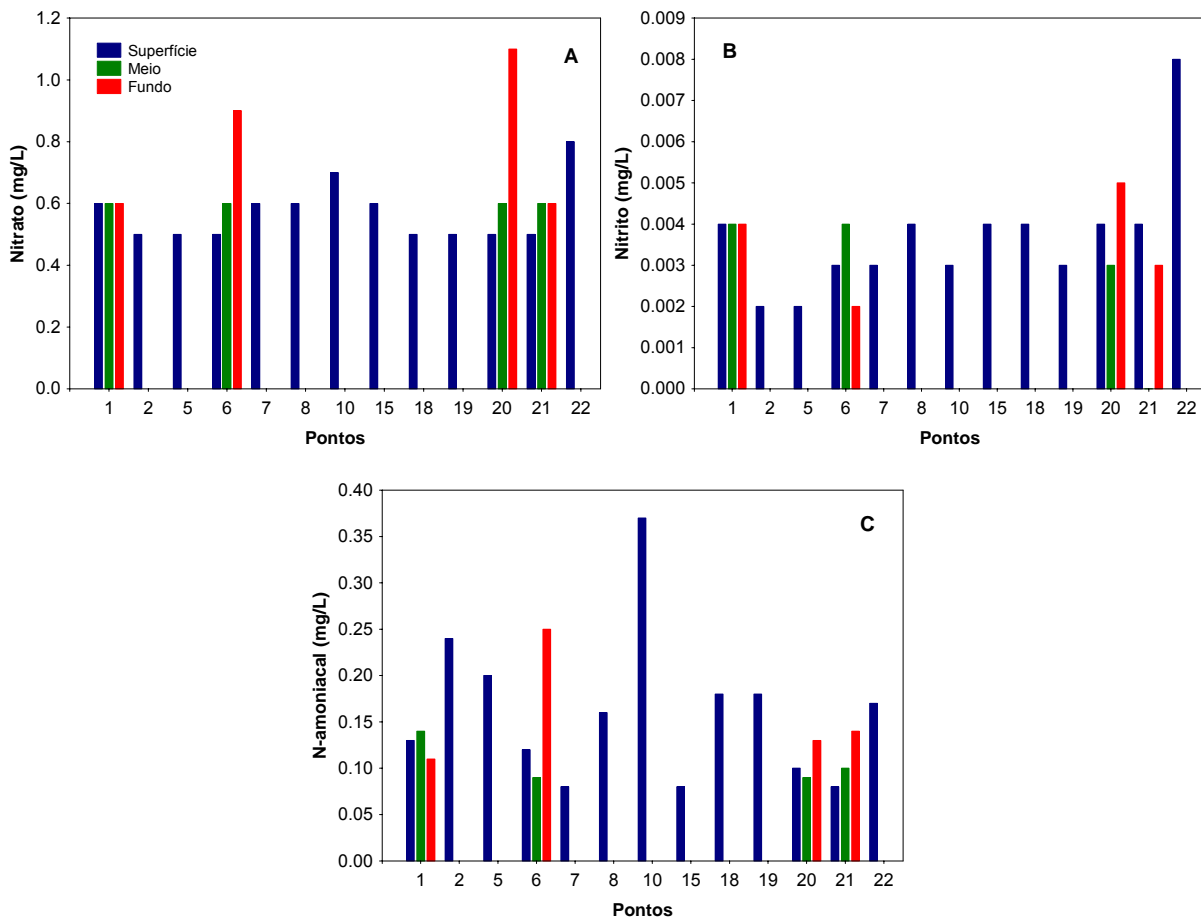


Figura 13. Concentração de nitrato (A), nitrito (B) e nitrogênio amoniacoal (C).

A demanda bioquímica de oxigênio avalia a quantidade de oxigênio dissolvido consumido pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Em setembro, os valores de DBO₅ variaram entre 0,2 mg/L e 5,3 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (Figura 14). Assim, nesse mês, somente o ponto 22 apresentou valor superior ao limite preconizado pela Resolução nº 357 de março de 2005 (5,0 mg/L).

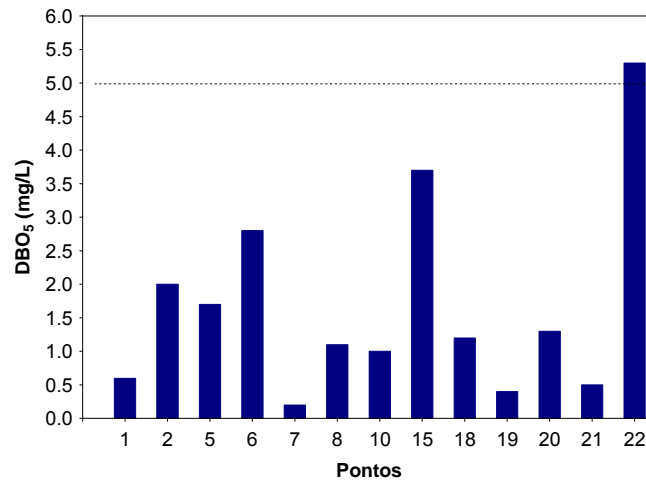


Figura 14. Valores de DBO₅.

3.2. 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.

No Brasil, a resolução CONAMA estabelece limites para as concentrações de metais na água, no entanto, ainda não existe legislação pertinente para a concentração desses compostos no sedimento aquático. Para efeito de comparação e para se ter uma idéia sobre as conseqüências dos teores de metais nos sedimentos, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), utiliza os valores-guia gerados no Canadá, na avaliação da contaminação das águas paulista desde 2002. De maneira geral, Os valores-guia do Canadá são baseados em um banco de dados químicos e biológicos obtidos na América do Norte e elaborados sob patrocínio do Conselho Canadense de Ministérios do Meio Ambiente (CCME), o qual originou o Protocolo de Derivação dos Princípios Canadenses para a Qualidade dos Sedimentos e para a Proteção da Vida Aquática (Environment Canadá, 1995). A elaboração desse protocolo teve por objetivo estabelecer critérios para avaliação da qualidade dos sedimentos e do significado toxicológico das substâncias associadas aos mesmos para os organismos aquáticos.

Nesse caso foram derivados dois valores guia, o TEL (*threshold effect level*) e o PEL (*probable effect level*). O menor limite (TEL), representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos aquáticos, enquanto que o maior limite (PEL), representa a concentração acima da qual são freqüentemente esperados efeitos adversos para os organismos. Na faixa entre TEL e PEL situam-se os valores onde, ocasionalmente, espera-se a ocorrência de tais efeitos.

De maneira geral, o sedimento analisado ao longo do reservatório da UHE Cana Brava apresentou concentração de mercúrio abaixo do esperado para ambientes poluídos (Tabela 3). Considerando ainda os limites propostos pela Agência Ambiental Canadense, foi possível verificar as baixas concentrações de mercúrio no trecho estudado.

Tabela 3. Concentração de mercúrio (mg/kg) no sedimento dos pontos monitorados na UHE Cana Brava, em setembro de 2010.

Pontos	Concentração de mercúrio (mg/kg)
P2	<0,033
P7	0,070
P10	<0,025
P21	<0,029
P22	<0,038
TEL	0,17
PEL	0,486

Além disso, 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 todos os locais de coleta apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do método. Resultado similar foi obtido em agosto de 2008, fevereiro e setembro de 2009 e março de 2010.

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 esses 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.

3.3. Parâmetros Bacteriológicos

Em setembro, a densidade de coliformes totais no reservatório da UHE Cana Brava variou entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<18 NMP/100ml) e valor superior a 16000 NMP/100ml (ponto 15 - jusante da barragem) (Figura 15A). A densidade de coliformes fecais (termotolerantes)

variou entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<18 NMP/100ml) e 9200 NMP/100ml (ponto 22 - rio Bonito) (Figura 15B).

De acordo com a Resolução CONAMA, para águas de classe 2, nesse mês, os pontos 21 (próximo à barragem) e 22 (rio Bonito) apresentaram densidade de coliformes fecais (termotolerantes) acima do limite permitido (1000 NMP/100ml).

Em março e junho de 2010, elevadas densidades de coliformes termotolerantes também foram detectadas no ponto 22. De fato, o rio Bonito (ponto 22) freqüentemente apresenta elevadas densidades de coliformes termotolerantes (superiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA). Além disso, os tributários do reservatório tendem a apresentar as maiores densidades de coliformes totais e termotolerantes (como demonstrado no relatório referente a dezembro de 2009).

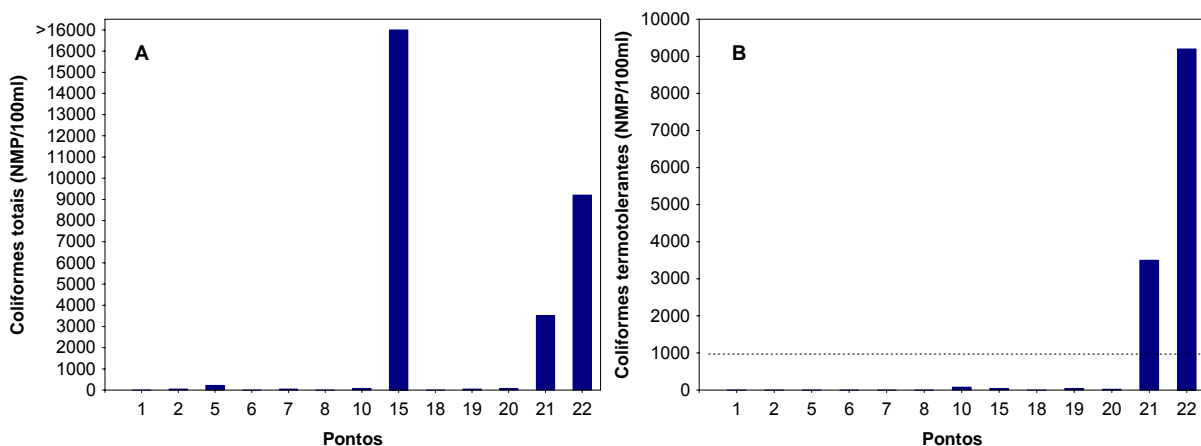


Figura 15. Densidade de coliformes totais (A) e fecais (termotolerantes; B).

3.4. Perfil vertical dos pontos 20 e 21

O perfil vertical dos pontos 20 e 21 têm como objetivo verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido, até a profundidade de 26 metros (ponto 20) e 35 metros (ponto 21) (Figura 16).

Em setembro de 2010, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a 2,1°C no ponto 20 e 1,9°C no ponto 21 (Figura 16A). Tais diferenças foram inferiores àquelas registradas em fevereiro de 2009 (3,2°C), setembro de 2009 (5,0°C no ponto 20 e 4,5°C no ponto 21), dezembro de 2009 (2,8°C em ambos os pontos) e março de 2010 (2,6°C no ponto 21). Assim, nesse mês não foi verificada a existência de estratificação térmica no reservatório da UHE Cana Brava. A análise das concentrações de oxigênio dissolvido também demonstrou elevadas concentrações desse gás ao longo de toda a coluna da água (Figura 16B).

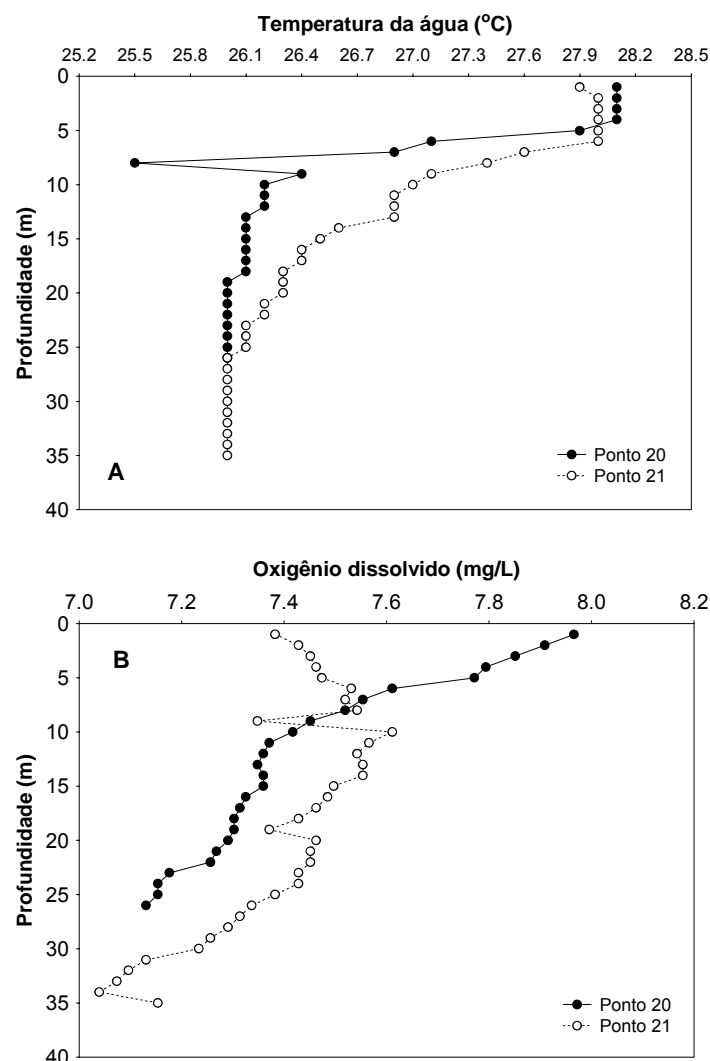


Figura 16. Gradiente vertical de temperatura da água (A) e concentração de oxigênio dissolvido (B), nos pontos 20 e 21, em setembro de 2010.

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 setembro de 2010, no reservatório da UHE Cana Brava (GO).

3.5.1. Fitoplâncton

Composição

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência da UHE Cana Brava em setembro de 2010 foi representada por alto número de táxons (99), sendo este número superior ao verificado em fevereiro de 2010 (77 táxons) e inferior ao obtido em outubro de 2009, quando foram registrados 101 táxons (Tabela 4).

Em setembro de 2010 foram registrados 8 grupos taxonômicos. Como registrado ao longo do monitoramento da UHE Cana Brava, os grupos taxonômicos mais especiosos em setembro de 2010 foram Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae (Tabela 4).

Os grupos taxonômicos registrados como os mais importantes neste estudo, têm sido comumente registrados como os mais freqüentes e/ou abundantes em ambientes dulcícolas. Chlorophyceae e Zygnemaphyceae estão geralmente associadas à alta disponibilidade de luz, fósforo e mistura da coluna de água (Reynolds et al., 2002). As bacilariofíceas foram representadas por táxons ticoplanctônicos e meroplanctônicos, sendo comuns em sistemas com alta velocidade de fluxo da água e alta turbidez.

As cianobactérias ocorreram em todas as amostras em setembro de 2010, sendo representadas por táxons toxigênicos e comuns em ambientes eutróficos (Tabela 4). As cianobactérias são adaptadas a uma gama de variabilidade ambiental, e podem desenvolver florações em condições de estabilidade da coluna de água, alta concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, e em altas temperaturas (Codd et al. 2005).

Tabela 4. Táxons fitoplanctônicos inventariados na área de influência da UHE Cana Brava (GO), em setembro de 2010.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	x				x
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.	x		x		x
<i>Amphipleura</i> sp.	x	x		x	x
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>granulata</i>		x			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	x	x			
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee		x		x	x
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	x				
<i>Cymbella</i> sp.			x		
<i>Fragilaria capuccina</i>	x				x
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.	x				x
<i>Gyrosigma</i> sp.		x			x
<i>Navicula</i> sp.	x		x		x
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	x				x
<i>Nitzschia</i> sp.	x		x		
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve			x		
<i>Pinnularia</i> sp.	x		x		
<i>Surirella</i> sp.	x	x	x	x	x
<i>Surilela</i> sp2	x				
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Comp.	x	x			x
Pennales não identificada			x		x
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena</i> sp.	x				
<i>Anabaena</i> sp 1	x				
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West		x		x	x
<i>Cyanoduction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		x		x	
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Gom.) Anag.		x			x
<i>Geitlerinema</i> sp.	x				
<i>Komvophoron</i> sp.		x			
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		x	x	x	x
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.			x	x	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.					x
<i>Planktolynghya limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.-Legn. & Cronb.	x	x		x	x
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. & Kom.	x				
<i>Pseudanabaena</i> sp.			x		
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind		x		x	x
<i>Woronichinia</i> sp.		x		x	
<i>Pseudanabaenaceae</i>		x		x	
Phormidiaceae não identificada			x		
CHLOROPHYCEAE					
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Cor.		x			
<i>Chlamydomonas</i> sp.	x				
<i>Coelastrum proboscideum</i> Bohl.			x		
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.			x		
<i>Coenochloris</i> sp.		x		x	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West	x	x		x	x
<i>Desmodesmus</i> sp.			x		
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood		x	x	x	
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Komárek Sensu Kom.	x	x		x	
<i>Fusola</i> sp.		1		x	
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hindák	x				x
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárek - Legn	x	x		x	
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárek.-Legn.	x		x		
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárek.-Legn.		x			

<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	x				
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Komárk.-Legn.		x		x	x
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk.- Legn.			x		
<i>Monoraphidium</i> sp.		x			
<i>Oocystis borgei</i> Snow				x	
<i>Pandorina morum</i> (Muller) Bory			x		x
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenb.) Ralfs	x				x
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lag.) Chod.					x
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb. ex Ralfs) Chod.	x	x			
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák			x		
Chlorococcales não identificada 1					x
Chlorococcales não identificada 2			x		
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Dinobryon divergens</i> O. E. Imhof		x			
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenb.				x	
<i>Kephyrion</i> sp.		x		x	
<i>Mallomonas</i> sp.	x				
Chrysophyceae não identificada					x
EUGLENOPHYCEAE					
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.	x				
<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>armata</i> (Ehrenb.) Stein			x		
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F. Stein					x
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja		x		x	x
<i>Cryptomonas</i> sp.		x	x		
ZYGNEMAPHYCEAE					
<i>Closterium toxon</i> W. West.			x		
<i>Closterium</i> sp.					x
<i>Cosmarium decoratum</i> W. G. & S. West			x		
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.					x
<i>Cosmarium</i> sp.			x		x
<i>Cosmarium</i> sp 1			x		
<i>Hyalotheca dissiliens</i> Bréb. ex Ralfs	x			x	
<i>Micrasterias truncata</i> (Corda) Bréb ex Ralfs			x		
<i>Mougeotia</i> sp.	x				
<i>Spirogyra</i> sp.			x		
<i>Spirogyra</i> sp1			x		
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt.	x				
<i>Staurastrum trifidum</i> Nordst.			x		
<i>Staurodesmus brevispina</i> (Breb. ex Ralfs) Croasd.				x	
<i>Staurodesmus</i> sp.	x				
DINOPHYCEAE					
<i>Glenodinium</i> sp.			x		
<i>Peridinium</i> sp.	x	x		x	x
<i>Peridinium</i> sp1			x	x	

Foram registrados altos valores de riqueza de espécies nos pontos monitorados na área de influência da UHE Cana Brava durante o período de estudo. Os maiores valores ocorreram nos pontos 7 e 21, localizados no corpo do reservatório e os menores nos pontos situados nos tributários (Figura 17). Em setembro de 2010, os valores de riqueza mostraram baixa variação espacial, estando entre 18 nos pontos 21 e 22, situados respectivamente na

região lacustre do reservatório e rio Bonito, a 22 no ponto 10, situado no rio do Carmo (Tabela 4, Figura 17).

Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria foram os grupos com maior contribuição à riqueza de espécies fitoplancônicas durante o período de estudo (Tabela 4, Figuras 18, 19, 20). As bacilariofíceas foram dominantes no ponto 10, localizado rio do Carmo, ponto 22, situado no rio Bonito e ponto 2, situado no rio Preto, por serem adaptadas às condições lólicas. As cianobactérias, clorofíceas e zignemafíceas foram as mais importantes nos pontos localizados na região lântica do reservatório.

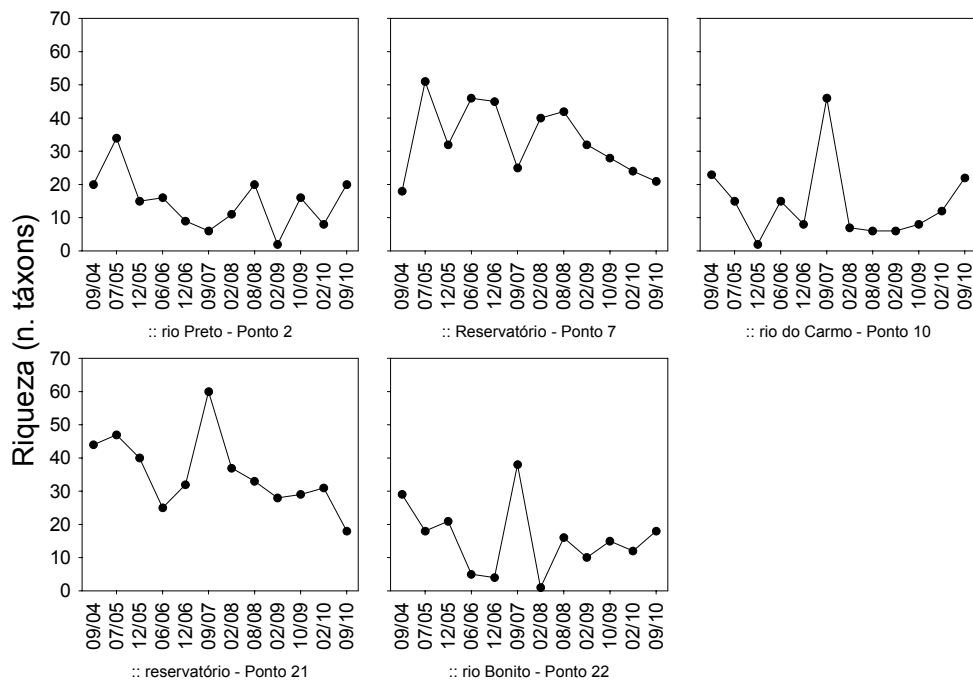


Figura 17. Riqueza de espécies fitoplancônicas na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

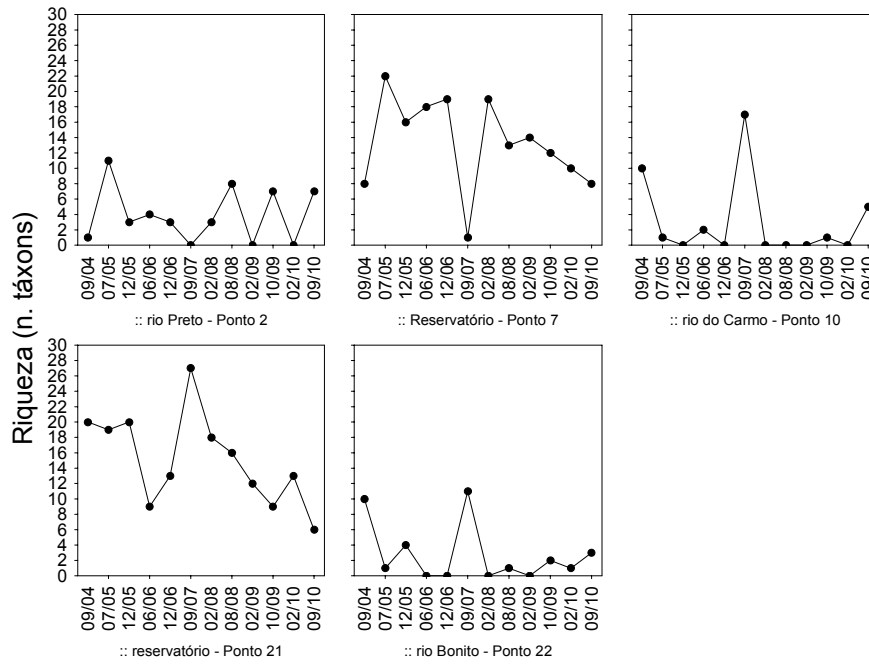


Figura 18. Riqueza de espécies de Chlorophyceae na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

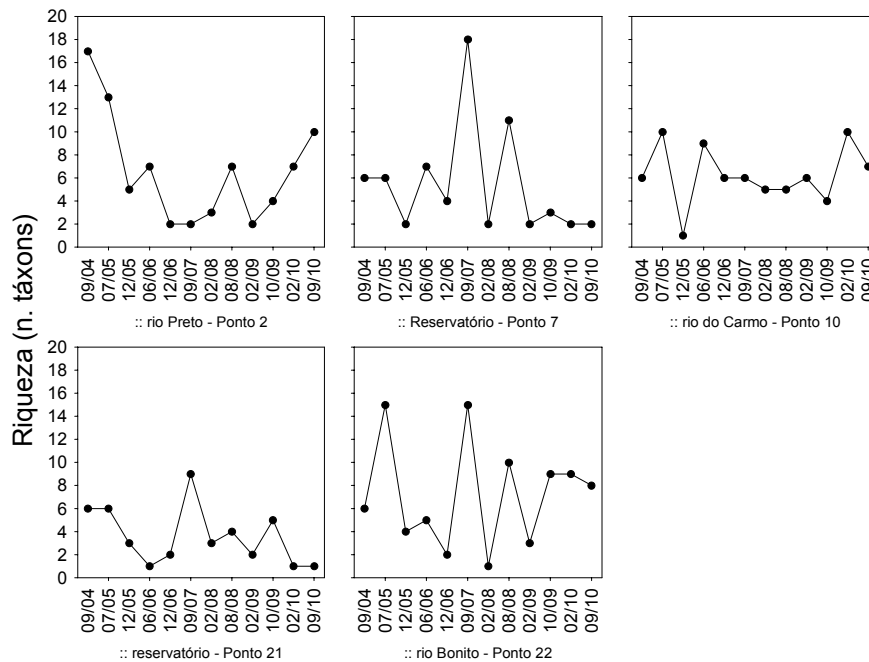


Figura 19. Riqueza de espécies de Bacillariophyceae na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

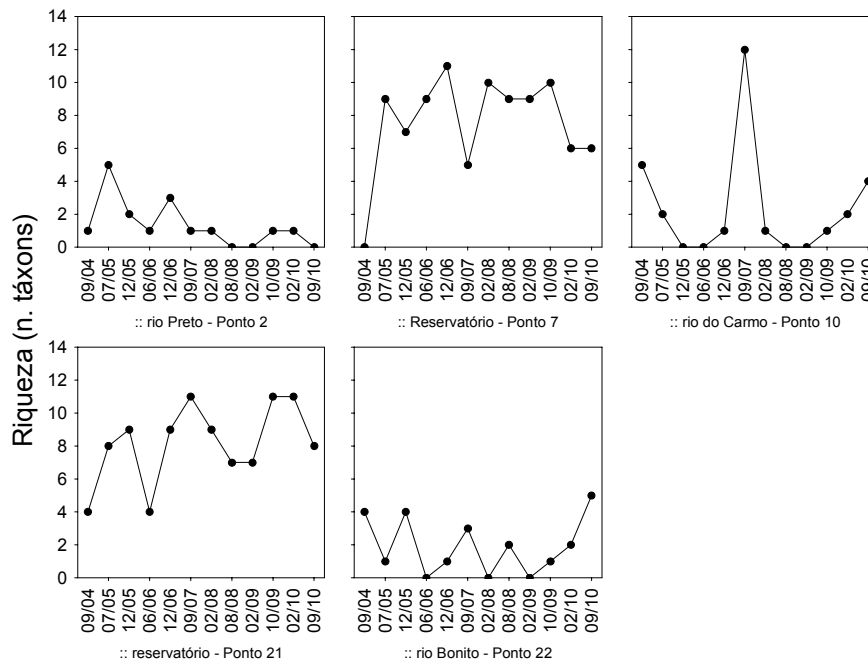


Figura 20. Riqueza de espécies de Cyanobacteria na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

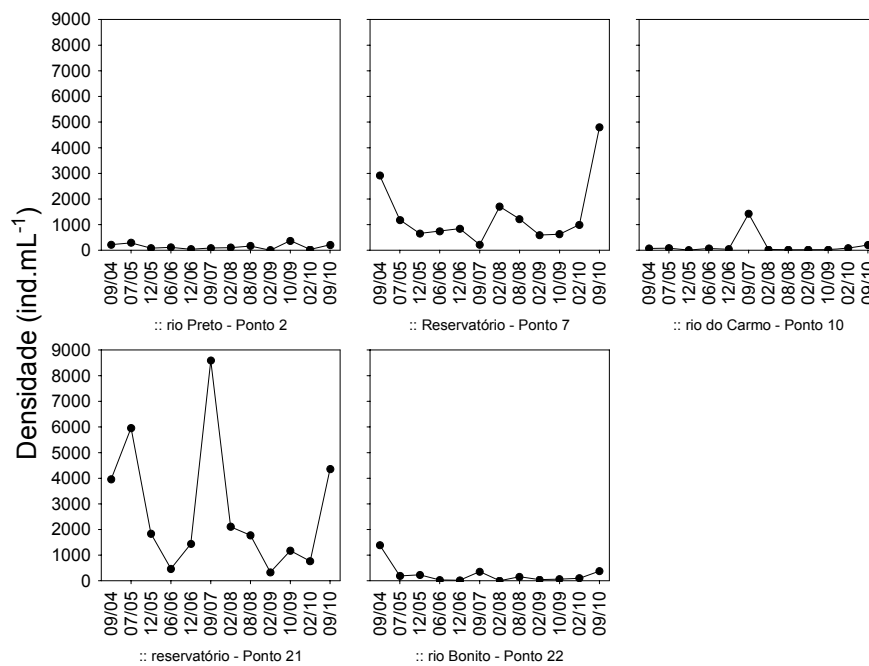
Densidade e biomassa fitoplanctônica

Foram registrados baixos valores de densidade e biomassa fitoplanctônica na maioria dos pontos amostrados na área de influência do reservatório de Cana Brava durante o período de estudo, exceto na região lântica do reservatório, em especial no ponto 21, localizado próximo a barragem (Tabela 5, Figura 21). Os pontos localizados nos tributários apresentaram os menores valores (Figura 21). O regime de chuvas na região imprimiu uma marcada sazonalidade aos valores de densidade e biomassa sendo os maiores valores registrados nos meses correspondentes ao período de seca.

Em setembro de 2010, foram registrados valores de densidade e biomassa fitoplanctônica muito superiores aos verificados em fevereiro de 2010, com média de 1990 ind.mL⁻¹ e 0,81 mm³.L⁻¹ neste último mês. De acordo com os critérios estabelecidos por Vollenweider (1968, apud Lind et al., 1993), os resultados de biovolume obtidos para o reservatório de Cana Brava durante todo o período mostraram condições oligotróficas (< 2 mm³.L⁻¹) nos pontos

localizados nos tributários, durante todo o período de estudo e condições eutróficas nos pontos situados no corpo do reservatório, nos meses de seca.

O maior desenvolvimento fitoplanctônico na região lântica do reservatório pode ser atribuído ao maior tempo de retenção da água e conseqüente maior estabilidade da coluna de água nesta região, como tem sido verificado para o reservatório de Lajeado e Peixe Angical situados no rio Tocantins, reservatório de Corumbá III, situado no rio Corumbá e Serra do facão, localizado no rio São Marcos (dados não publicados).



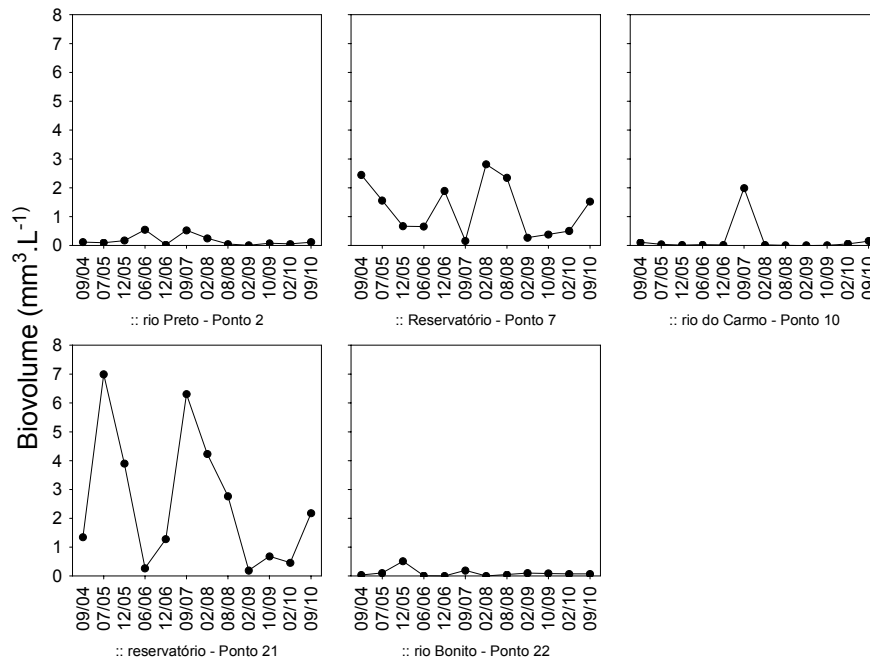


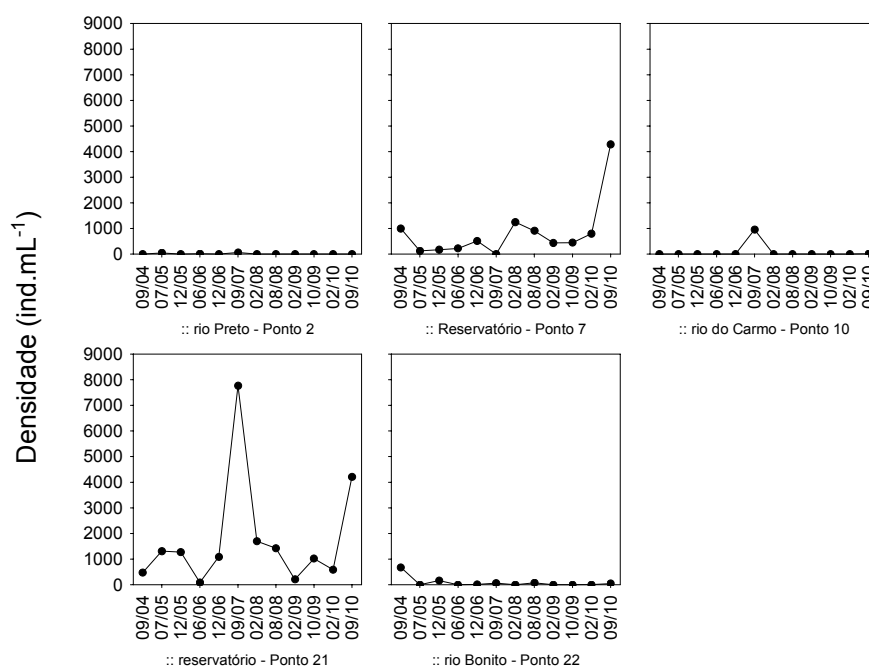
Figura 21. Densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

Os menores valores obtidos nos pontos 2, 10 e 22 (Figura 21), localizados respectivamente no rio Preto, rio do Carmo e rio Bonito, foram provavelmente decorrentes da maior velocidade de corrente e turbidez que estes ambientes apresentam, assim como tem sido verificado para outros sistemas lóticos.

Ao longo do monitoramento os grupos com maior contribuição aos valores de densidade e biomassa foram Cyanobacteria, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Zygnemaphyceae, Cryptophyceae e Chrysophyceae. Em setembro de 2010 os grupos com maior contribuição foram Cyanobacteria (Figura 22), Chlorophyceae (Figura 23) e Bacillariophyceae (Figura 24). As cianobactérias ocorreram na maioria dos pontos, exceto no ponto 2, e foram representadas por algas coloniais dos gêneros *Snowella*, *Lemmermanniella*, *Aphanocapsa* e *Cyanodictyon* e pela filamentosa homocitada *Planktolyngbya limnetica*. Estes táxons apresentam pequenas dimensões, o que justifica os baixos valores de biovolume registrados na maior parte do período de estudo.

Os resultados de biovolume de cianobactérias obtidos na maioria das amostras possibilitaram o enquadramento das águas dos pontos monitorados na Classe 2 ($< 5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05. Valores superiores a $5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ocorreram no ponto 21 em setembro de 2007. Ressalta-se, no entanto que as cianobactérias dominaram em densidade nos pontos 7 e 21 durante todo o período, e foram representadas por táxons reconhecidamente toxigênicos, os quais formam florações que constituem risco potencial à saúde animal e humana (Codd et al., 2005).

As clorofíceas, representadas quase que exclusivamente pela Ordem Chlorococcales, representaram o segundo grupo mais importante para a abundância fitoplanctônica nos pontos 7 e 21 e foram dominantes no ponto 2, como também verificado em fevereiro de 2010 (Figura 23). Estas algas são favorecidas em condições de disponibilidade luminosa e nutrientes, especialmente o fósforo, e mistura da coluna de água (Reynolds et al., 2002). Bacillariophyceae foi dominante nos pontos 2, 10 e 22 devido a maior velocidade de fluxo e turbidez nos mesmos e foi o terceiro grupo com maior contribuição nos pontos 10 e 22 (Figura 24).



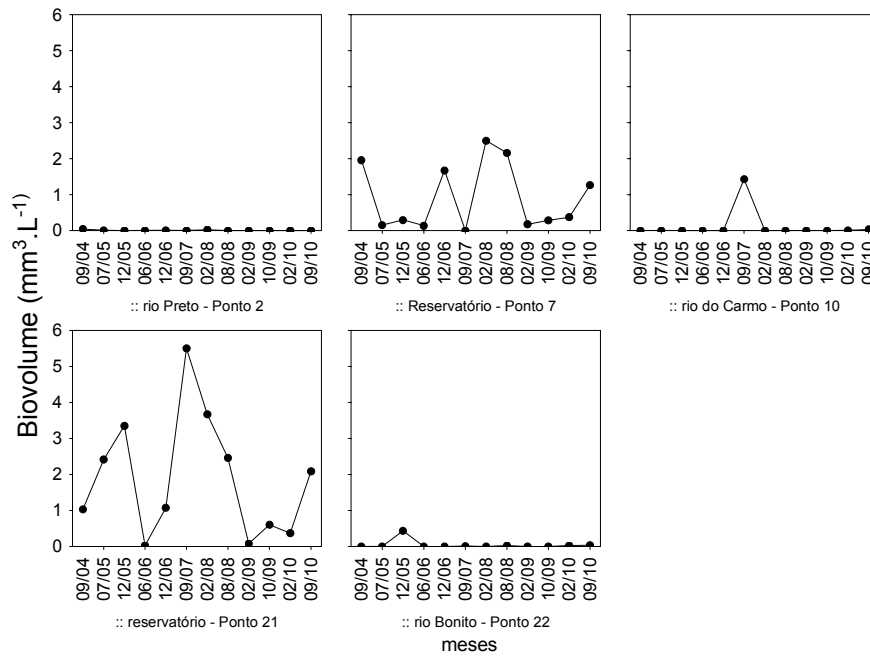
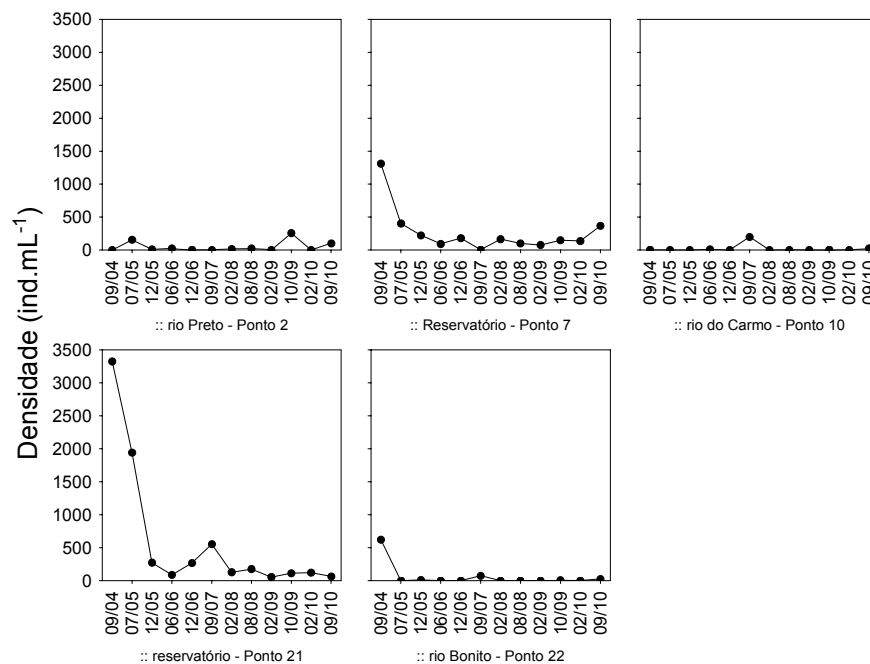


Figura 22. Densidade e biovolume de Cyanobacteria nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.



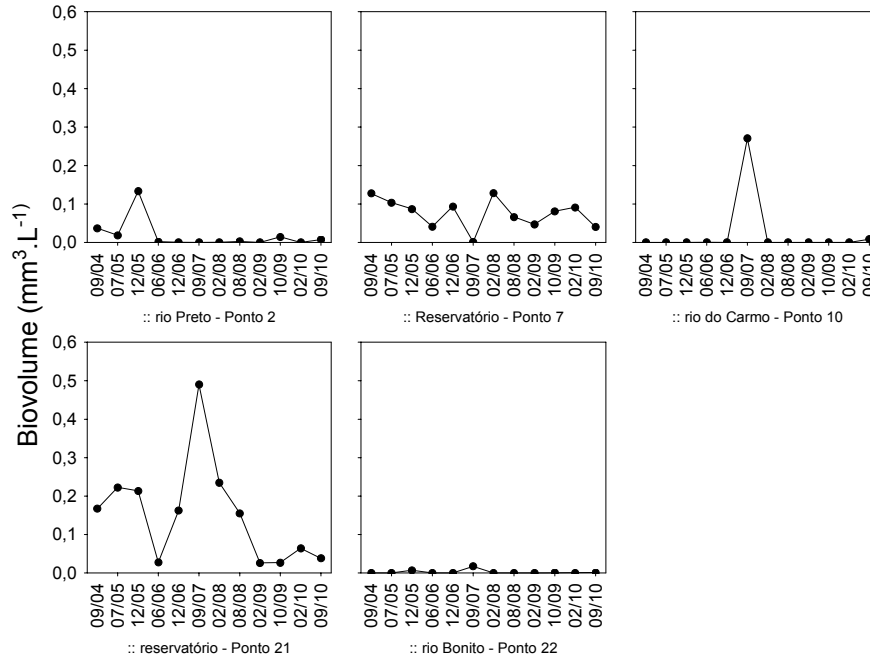
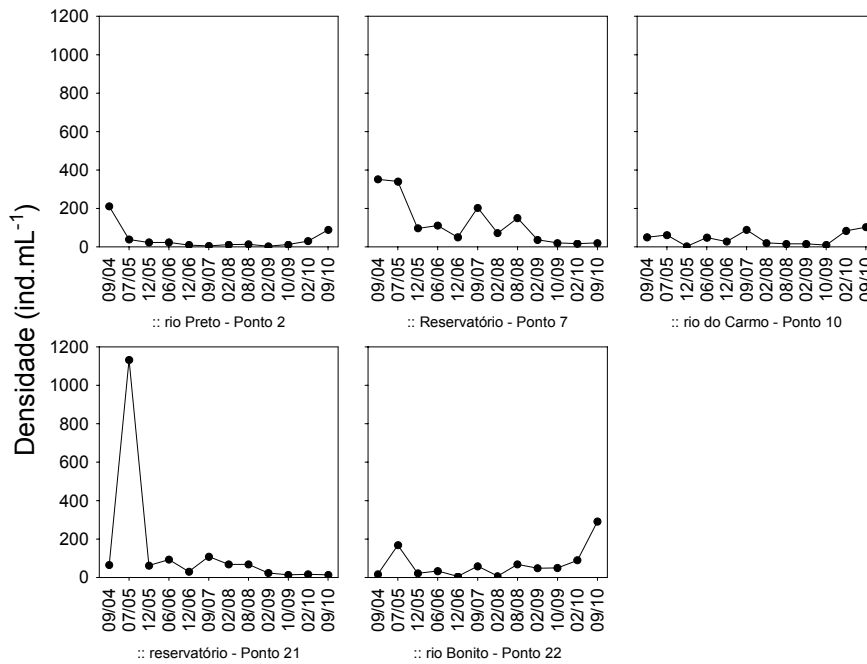


Figura 23. Densidade e biovolume de Chlorophyceae nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.



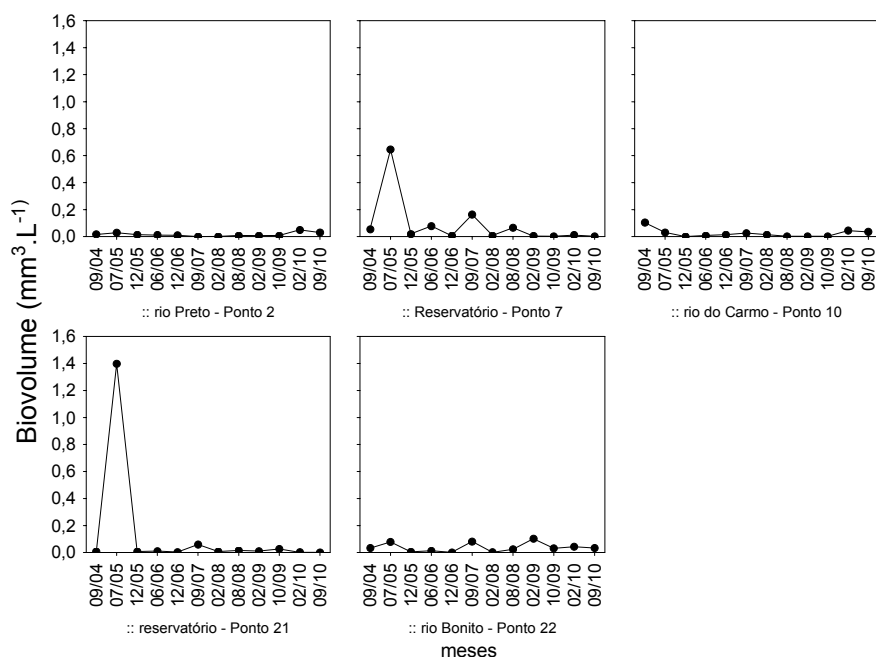


Figura 24. Densidade e biovolume de Bacillariophyceae nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

Tabela 5. Densidade (ind.mL⁻¹) dos táxons fitoplânctônicos nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava, em (GO), em setembro de 2010.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	16				54
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.	13		41		173
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee		20		14	1
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	3				
<i>Cymbella</i> sp.			5		
<i>Fragilaria capuccina</i> Desm.	3				8
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.	3				8
<i>Gyrosigma</i> sp.		1			
<i>Navicula</i> sp.	5		3		5
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	22				32
<i>Nitzschia</i> sp.	8		5		
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve			5		
<i>Pinnularia</i> sp.	11		1		
<i>Surirella</i> sp.	5				
Pennales não identificada			43		11
CYANOBACTERIA					
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West		13		28	8
<i>Cyanoduction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		385		350	
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Gom.) Anag.					8
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		230	3	337	8
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.			8	106	
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.-Legn. & Cronb.		239		1162	19
<i>Pseudanabaena</i> sp.			3		
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind		3407		2214	8
<i>Woronichinia</i> sp.		13		9	

Pseudanabaenaceae não identificada				9	
Phormidiaceae não identificada			3		
CHLOROPHYCEAE					
<i>Chlamydomonas</i> sp.	5				
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.			14		
<i>Coenochloris</i> sp.		7		1	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West	3	20		18	
<i>Desmodesmus</i> sp.			1		
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood				5	
<i>Fusola</i> sp.		1		14	
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.	11				8
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn	26	311		14	
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárk.-Legn.	3		3		
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.		1			
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	54				
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Komárk.-Legn.		13		14	16
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk.-Legn.			3		
<i>Monoraphidium</i> sp.		13			
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lag.) Chod.					3
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb. ex Ralfs) Chod.	3	1			
Chlorococcales não identificada 2			3		
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Dinobryon divergens</i> O. E. Imhof		74			
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenb.				37	
<i>Kephyrion</i> sp.		13		23	
<i>Mallomonas</i> sp.	8				
EUGLENOPHYCEAE					
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.	3				
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja		7		5	5
<i>Cryptomonas</i> sp.		13	3		
ZYGNEMAPHYCEAE					
<i>Cosmarium</i> sp.			35		3
<i>Cosmarium</i> sp 1			5		
<i>Spirogyra</i> sp.			3		
DINOPHYCEAE					
<i>Glenodinium</i> sp.			14		
<i>Peridinium</i> sp.	5	13			
<i>Peridinium</i> sp1			5		

3.5.2. Zooplâncton

Composição

A análise da composição específica da comunidade zooplanctônica, nas amostras coletadas em setembro de 2010, na área de influência do Reservatório de Cana Brava, evidenciou a ocorrência de 62 táxons, destacando-se, neste período, os rotíferos e protozoários testáceos, com 24 e 23 espécies, respectivamente, seguidos por cladóceros com 10 espécies e copépodes com 5 espécies (Tabela 6).

Temporalmente, o número de espécies registrado em setembro de 2010 é bem superior ao registrado nos últimos períodos de amostragem, com um incremento substancial especialmente no número de espécies de rotíferos e cladóceros (Tabela 6). Os valores registrados nesse período são, no entanto, muito similares aos observados em setembro de 2007, quando foram registradas 60 espécies para a área de estudo.

Essa co-dominância entre rotíferos e protozoários testáceos, na área de estudo, é certamente determinada pelo estabelecimento de áreas lóxicas e lênticas no delineamento amostral, de forma que, um grande número de espécies de testáceos é observado nas áreas predominantemente lóxicas, enquanto muitas espécies de rotíferos são registradas nas áreas com predomínio de condições lênticas, mas também naquelas onde predominam condições lóxicas (Tabela 6).

Tabela 6. Inventário de espécies registradas nas amostras de zooplâncton e suas respectivas densidades, nos diferentes pontos de amostragem no reservatório da UHE Cana Brava, em setembro de 2010.

GRUPO	FAMÍLIA	ESPÉCIES/ PONTOS	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
Testacea	Arcellidae	<i>Arcella artocrea</i>					1
		<i>A. costata</i>			40		
		<i>A. dentata</i>	20				20
		<i>A. discoides</i>	40	1	320		200
		<i>A. hemisphaerica</i>			20		
		<i>A. megastoma</i>	1		2		80
		<i>A. vulgaris</i>	1				
	Centropyxidae	<i>Centropyxis aculeata</i>	60	40	300	20	420
		<i>C. discoides</i>	20		40	1	120
		<i>C. eornis</i>	20		20	20	120
		<i>C. marsupiformis</i>					1
		<i>C. spinosa</i>			20		1
	Cyclopyxis	<i>Cyclopyxis kahli</i>	20		40		120
		<i>C. impressa</i>			1		
	Difflugidae	<i>Diffugia corona</i>			20		1
		<i>D. echinulata</i>			20		20
		<i>D. gramen</i>	1		60		20
		<i>D. lobostoma</i>			100		20
		<i>Diffugia</i> sp.					1
		<i>D. urceolata</i>	1				
Lesquereusidae	<i>Lesquereusia modesta</i>			1		20	
	<i>L. spiralis</i>		1	80		1	
Plagyopyxidae	<i>Plagyopyxis</i> sp.	1		1			

			TOTAL TECAMEBAS	185	42	1085	41	1146
Rotifera	Brachionidae	<i>Brachionus falcatus</i>	20	40				1
		<i>B. quadridentatus</i>				20		
		<i>Keratella americana</i>	1					
		<i>Plathyas quadricornis</i>	1		1	1		
		<i>Plathyonus patulus patulus</i>		1			1	
	Conochilidae	<i>Conochilus coenobasis</i>		40				
	Dicranophoridae	<i>Dicranophorus sp.</i>	40					
	Epiphanidae	<i>Epiphanis cf. clavatula</i>	3					
	Euchlanidae	<i>Euchlanis dilatata</i>	20					
	Gastropodidae	<i>Ascomorpha ecaudis</i>		40				
	Lecanidae	<i>Lecane bulla</i>	60		40		120	
		<i>L. cornuta</i>	6		1			
		<i>L. curvivornis</i>		1				
		<i>L. elsa</i>	20					
		<i>L. ludwigi</i>				20		
		<i>L. lunaris</i>				20		
	Lepidellidae	<i>Lepadella ovalis</i>	20		20		60	
	Mytilinidae	<i>Mytilinia ventralis</i>					2	
	Notomatidae	<i>Cephalodella sp.</i>				20	1	
		<i>Notomata sp.</i>					20	
Philodinidae	Bdeloidea	140	1	40	20	60		
Synchaetidae	<i>Polyarthra vulgaris</i>				20			
Testudinellidae	<i>Testudinella patina</i>	1						
Trichotridae	<i>Macrochaetus sericus</i>	60	80	20		40		
TOTAL ROTÍFEROS			392	203	162	81	305	
Cladocera	Bosminidae	<i>Bosmina hagmanni</i>		320				
		<i>Bosminopsis deitersi</i>	320	80	1	1	1	
	Chydoridae	<i>Alona sp.</i>			3			
		<i>Alona glabra</i>				6		
		<i>Disparalona dadayi</i>	1		1	1		
	Daphnidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	1	520		20		
	Macrothrycidae	<i>Macrothryxis cf. elegans</i>	20			20	120	
		<i>Bunops tuberculata</i>					1	
	Moinidae	<i>Moina minuta</i>		40				
	Sididae	<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	20	40				
TOTAL CLADÓCEROS			362	1000	5	48	122	
copepoda	Cyclopidae	<i>Eucyclops sp.</i>					20	
		<i>Thermocyclops minutus</i>		240		20	40	
		<i>Tropocyclops prasinus</i>					40	
		náuplio de Cyclopoida	160	2240	20	680	220	
		copepodito de Cyclopoida	1	520	1	260	180	
	Diaptomidae	<i>Argirodiaptomus azevedoi</i>				1		
		<i>Notodiaptomus sp.</i>		320	20	280		
		náuplio de Calanoida	9	1600	1	220		
		copepodito de Calanoida		1320		720		
		TOTAL COPÉPODES			170	6240	42	2181

Reforçando o padrão frequentemente observado para ambientes dulcícolas, amplamente aquáticos (Velho, 1999, Vieira et al., 2007, Lansac-Tôha et al., 2007), bem como aquele observado para todo o monitoramento, neste último período de amostragem destacaram-se, entre os testáceos, os arcellídeos, difflugídeos e centropixídeos como as famílias mais especiosas (Tabela 6).

Entre os rotíferos destacaram-se, mais uma vez, os lecanídeos e braquionídeos (Tabela 6), famílias estas registradas, em geral, entre as mais especiosas de rotíferos em ambientes dulcícolas tropicais (Lansac-Tôha et al., 2004).

Entre os cladóceros destacou-se como mais especiosa, este mês, a família Chydoridae, com 3 espécies (Tabela 6). Esta família é representada, em grande parte, por espécies litorâneas e seu predomínio está certamente associado ao grande número de áreas lóticadas amostradas.

Entre os copépodes destacaram-se, mais uma vez, neste último período de amostragem, os ciclopídeos, representados por 3 espécies (Tabela 6).

Riqueza de espécies

Os resultados de riqueza de espécies obtidos em setembro de 2010 evidenciaram valores variando entre 14 e 26 espécies (Figura 25), com média de 21 espécies para a área de estudo. Este resultado representa um incremento no valor médio de riqueza para a área de estudo, considerando os valores obtidos nos últimos meses de amostragem (entre 15 e 18 espécies).

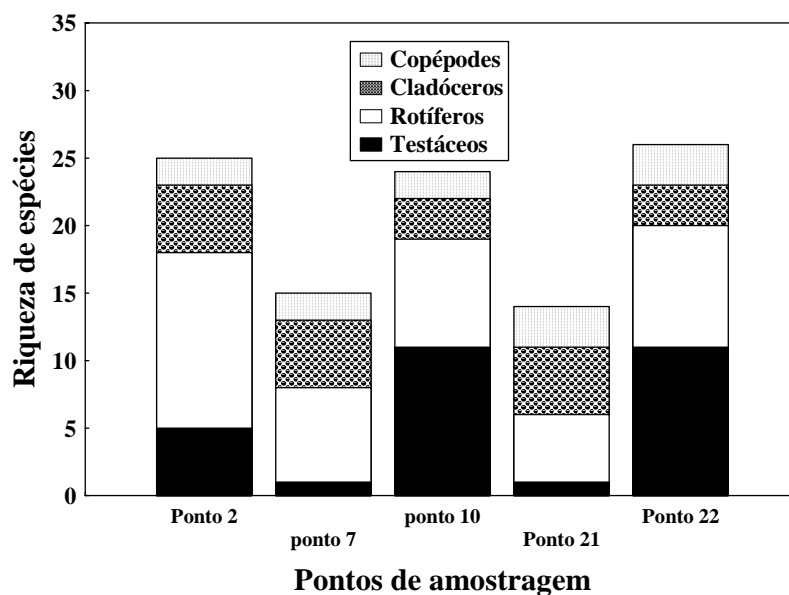


Figura 25. Variação espacial da riqueza de espécies dos diferentes grupos zooplânctônicos registrados nos pontos de amostragem no reservatório da UHE Cana Brava, em setembro de 2010.

Corroborando o padrão observado, em geral, ao longo de todo o monitoramento, neste último período de amostragem, maiores valores de riqueza de espécies foram observados, mais uma vez, nos pontos 2, 10 e 22, pontos onde os protozoários testáceos têm sido mais bem representados, evidenciando certa influência lótica nestas regiões. Por outro lado, menores valores deste atributo foram observados, novamente nos pontos 7 e 21, áreas predominantemente lênticas onde os testáceos são pobremente representados e onde predominaram grupos tipicamente planctônicos como microcrustáceos e rotíferos (Figura 25).

Abundância

Em setembro de 2010, os valores de densidade variaram entre 1109 e 7485 ind.m⁻³ (Figura 26), com uma densidade média de 2863 ind.m⁻³ para a área de estudo. Temporalmente esse valor médio é cerca de 3 vezes menor que aquele observado em março último sendo, no entanto, próximo ao observado em setembro de 2009.

Especialmente, os resultados de abundância do zooplâncton, obtidos neste último período de amostragem reforçam, mais uma vez, o padrão freqüentemente observado ao longo de todo o período de estudo, de forma que, ao contrário da riqueza de espécies, maiores valores de densidade foram registrados nos pontos predominantemente lênticos (pontos 7 e 21), enquanto que os menores valores deste atributo foram registrados nos pontos com maior influência de condições lóticicas (pontos 2, 10 e 22) (Figura 26).

Em relação à contribuição dos diferentes grupos para a abundância do zooplâncton, no ponto 2, cladóceros, rotíferos e testáceos foram, em geral, co-dominantes; nos demais pontos, predominantemente lóticos, destacaram-se os testáceos, enquanto que nos pontos com o predomínio de condições lênticas, o zooplâncton foi dominado, em grande parte pelos copépodes (Figura 26).

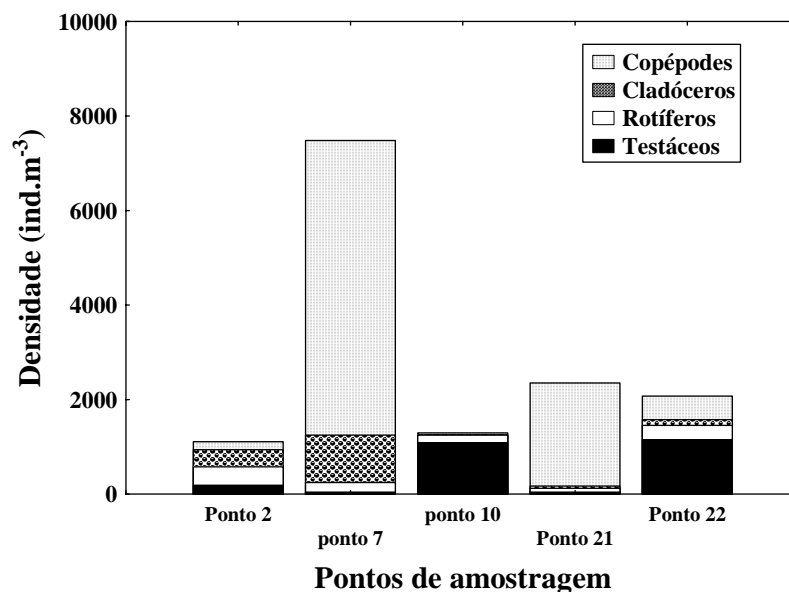


Figura 26. Variação espacial da abundância dos diferentes grupos zooplanctônicos registrados nos pontos de amostragem no reservatório da UHE Cana Brava, em setembro de 2010.

Considerando-se a abundância das diferentes espécies, entre os protozoários testáceos, dominantes nos pontos 10 e 22, destacaram-se, mais uma vez, *Centropyxis aculeata* e *Arcella discoides* (Tabela 6).

Entre os rotíferos predominaram, novamente, os bdelóideos, além das espécies *Lecane bulla* e *Macrochaetus sericus* (Tabela 6). Entre os cladóceros destacaram-se, mais uma vez, em setembro de 2010, os bosminídeos, e neste período as espécies *Bosmina hagdmani* e *Bosminopsis deitersi*. Além destas, grande parte da abundância de cladóceros este mês esteve representada pelo dafinídeo *Ceriodaphnia cornuta* (Tabela 6).

Entre os copépodes, grupo mais representativo em termos de abundância nos pontos localizados nas áreas predominantemente lênticas (pontos 7 e 21), destacaram-se, mais uma vez, suas formas jovens (náuplios e copepoditos) (Tabela 6). Como já amplamente discutido em relatórios anteriores, a dominância de náuplios e copepoditos em relação aos adultos de copépodes é freqüentemente registrada em reservatórios brasileiros (Cabianca & Sendacz, 1985; Lopes et al., 1997; Lansac-Tôha et al., 1999; Serafim Jr, 2002). Segundo Cabianca e Sendacz, (1985), a produção de um grande número de formas larvais pode ser considerada como uma estratégia reprodutiva do grupo.

Em relação aos adultos de copépodes, neste último período de amostragem destacaram-se, mais uma vez, os diaptomídeos, representados por *Notodiaptomus cearensis*. Entre os ciclopídeos, registrou-se a dominância de *Thermocyclops minutus* (Tabela 6). Considerando que *T. minutus* predomina em reservatórios de bacias preservadas, enquanto sua congênica, *T. decipiens* predomina em reservatórios eutrofizados (Sendacz et al., 1985), a dominância de *T. minutus* na área de influência do Reservatório de Cana Brava sugere, mais uma vez, uma boa qualidade ambiental para a área de estudo.

3.5.3. Zoobentos

A comunidade bentônica registrada na área de influência da UHE Cana Brava registrou 14 táxons, nas amostragens realizadas entre fevereiro de 2009 e setembro de 2010 (Figura 27).

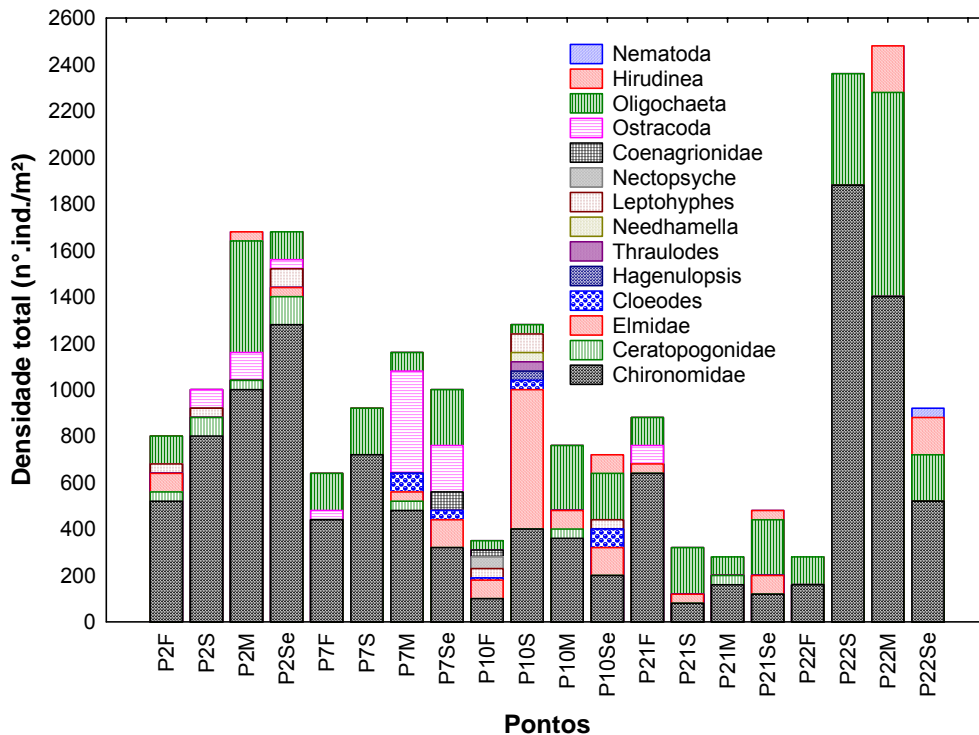


Figura 27. Densidade dos táxons amostrados em fevereiro (F) e setembro (S) de 2009 e março (M) e setembro (Se) de 2010.

Como nas amostragens realizadas nos meses anteriores, em setembro de 2010 o ponto 22 registrou uma baixa riqueza taxonômica (4 táxons). O ponto 21, localizado no rio Tocantins (próximo a barragem) também registrou uma riqueza de 4 táxons (Figura 28). Dentre os locais monitorados, após o enchimento do reservatório, esses locais sempre apresentaram baixos valores para esse atributo refletindo as características físicas e químicas adquiridas pela formação do reservatório. O ponto 21 apresenta uma grande profundidade. A profundidade e a característica do substrato são fatores que influenciam diretamente na estrutura da comunidade.

Em setembro, os pontos 2, 7 e 10 registraram 6 táxons, sendo observado um pequeno aumento para este atributo em relação à amostragem realizada em março de 2010 (Figura 28). Esses resultados demonstram a influência do período seco sobre a comunidade. No período seco a comunidade bentônica geralmente apresenta uma maior estabilidade, devido ao menor volume de água e uma menor entrada de matéria orgânica advinda do ambiente terrestre. Apesar do maior valor de riqueza registrados nesses

locais, a riqueza de táxons sensíveis foi muito baixa. No ponto 10 foram anotados 2 táxons de Ephemeroptera e nos pontos 1 e 7, 1 táxon (Figura 28). Nesses locais, Chironomidae apresentou a maior densidade em setembro de 2010. Dentre esses locais, o ponto 10 apresenta o tipo de substrato mais favorável ao desenvolvimento da comunidade.

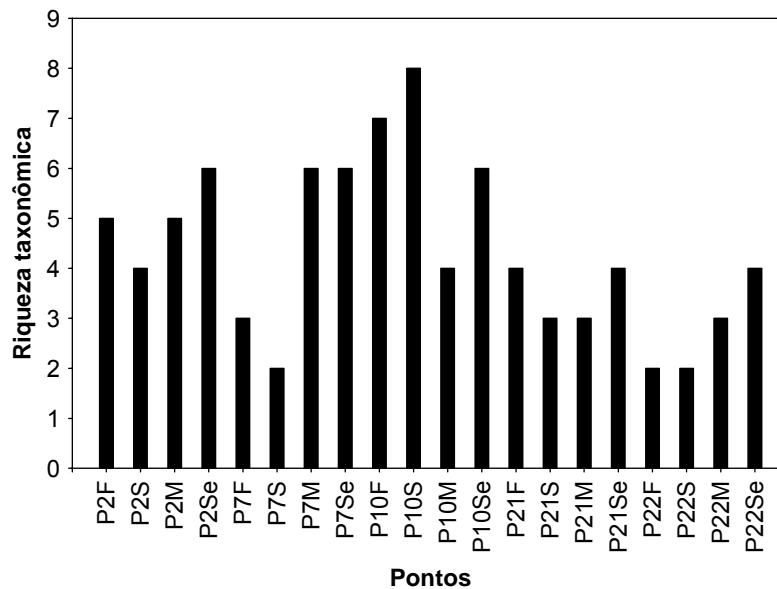


Figura 28. Riqueza taxonômica registrada nos locais amostrados, em fevereiro (F) e setembro (S) de 2009 e setembro (Se) de 2010.

Em setembro de 2010 a maior abundância total foi anotada no ponto 2, devido a alta densidade de Chironomidae. Por outro lado, o ponto 21 apresentou a menor abundância, devido aos baixos valores de riqueza e densidade dos táxons registrados (Figuras 27 e 29). Devido sua grande profundidade, os táxons que conseguem sobreviver neste local são extremamente resistentes e generalistas (que sobrevivem em quaisquer lugares).

Nos pontos localizados no reservatório é comum a presença de táxons resistentes (Chironomidae, Oligochaeta, Nematoda, Hirudinea), porém a alta densidade indica baixa uniformidade de recursos e alterações na qualidade da água e do sedimento. O tipo de substrato tem sido usado como um preditor da abundância e da diversidade de macroinvertebrados (Vannote *et al.*, 1980).

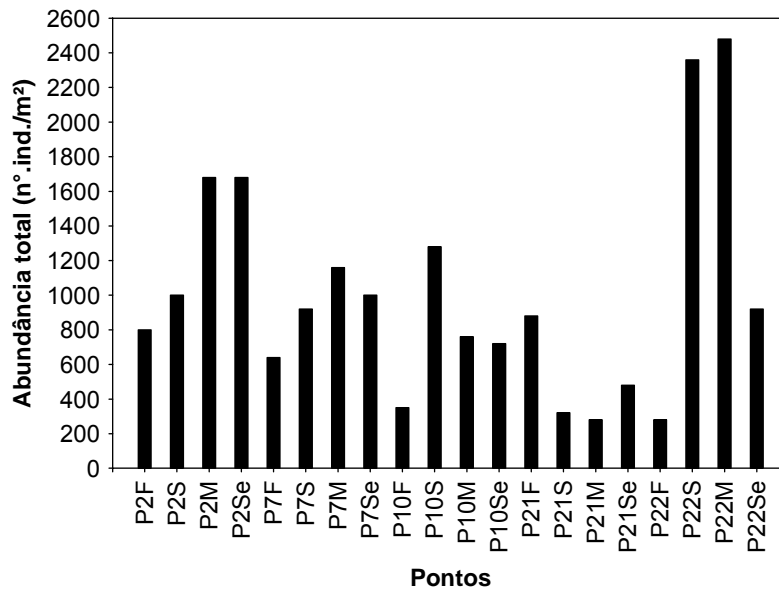


Figura 29. Abundância total registrada nos pontos amostrados, em fevereiro (F) e setembro (S) de 2009 e setembro (Se) de 2010.

Em setembro de 2010, assim como em março de 2010, fevereiro e setembro de 2009, os táxons Chironomidae e Oligochaeta apresentaram as maiores abundâncias médias e freqüências (Figuras 30 e 31). O táxon Oligochaeta consome matéria orgânica, sendo registrado em menores quantidades em locais que apresentaram areia, cascalho e/ou folhiço como substrato principal. No presente estudo, a grande quantidade de matéria orgânica registrada nesses locais amostrados favoreceu a alta abundância média e freqüência dos Oligochaeta e Chironomidae (Figuras 30 e 31). As larvas de Chironomidae representam um dos principais componentes da macrofauna bentônica presente nos sedimentos e na vegetação dos sistemas aquáticos continentais (Trivinho-Strixino e Strixino 1998). Entre os colonizadores, geralmente a família Chironomidae é dominante, já que suas características eurióticas, somadas ao seu comportamento de dispersão pela deriva, conferem a ela a condição de pioneirismo. Além disso, são extremamente tolerantes a baixas concentrações de oxigênio.

Chironomidae não tem preferência em relação ao tipo de substrato (Piva, 2004). Esse resultado geral tem sido encontrado em outros estudos realizados na região Neotropical (Balbour, 1999). A maioria dos Oligochaeta está adaptada a ocupar os sedimentos moles, de arenosos a lodosos, o que

explica a ocorrência em todos os pontos. Resultados semelhantes foram observados nas amostragens anteriores.

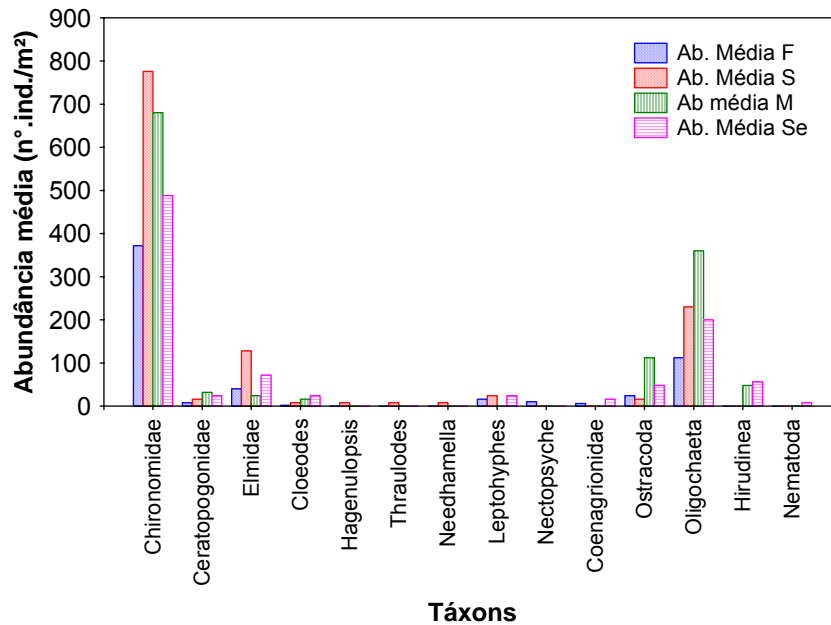


Figura 30. Abundância média dos táxons amostrados, em fevereiro (F) e setembro (S) de 2009 e setembro (Se) de 2010.

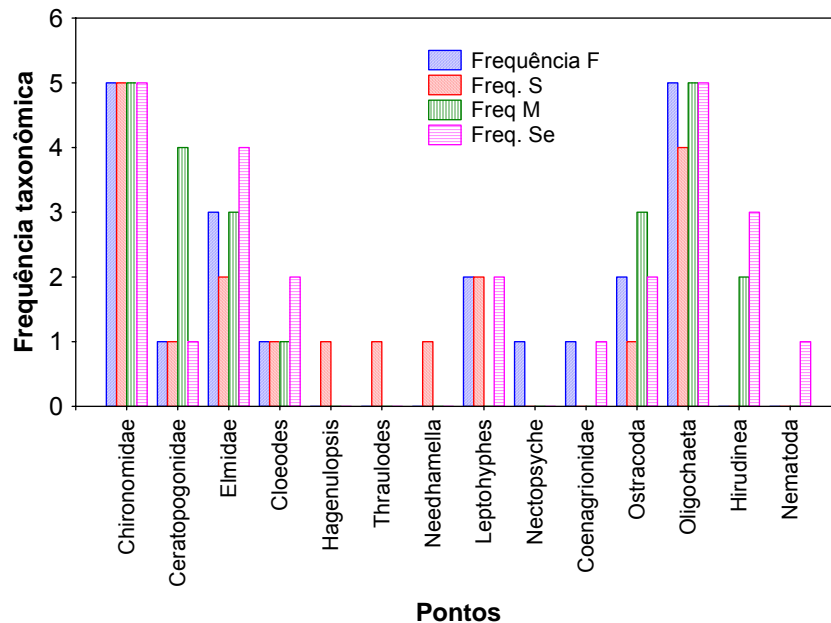


Figura 31. Freqüência taxonômica registrada nos locais amostrados, em fevereiro (F) e setembro (S) de 2009 e setembro (Se) de 2010.

Na maioria dos pontos amostrados o substrato coletado foi areia fina e matéria orgânica, favorecendo então os táxons registrados com as maiores densidades e freqüências (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.

Em setembro de 2010 os maiores índices de diversidade de Shannon foram registrados nos pontos 2, 7 e 10 (setembro), devido às maiores riquezas registradas nestes locais. A equitabilidade apresentou-se mais alta no ponto 7, devido a uma melhor equidistribuição entre os táxons (Tabela 7).

Tabela 7. Comunidade de invertebrados bentônicos em fevereiro (F) e setembro (S) de 2009, março (M) e setembro (Se) de 2010.

	P2F	P2S	P2M	P2Se	P7F	P7S	P7M	P7Se	P10F	P10S	P10M	P10Se	P21F	P21S	P21M	P21Se	P22F	P22S	P22M	P22Se
Diptera																				
Chironomidae	520	800	1000	1280	440	720	480	320	100	400	360	200	640	80	160	120	160	1880	1400	520
Ceratopogonidae	40	80	40	120	0	0	40	0	0	0	40	0	0	0	40	0	0	0	0	0
Coleoptera																				
Elmidae	80	0	0	40	0	0	40	120	80	600	80	120	40	40	0	80	0	0	0	0
Ephemeroptera																				
<i>Cloeodes</i>	0	0	0	0	0	0	80	40	10	40	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hagenulopsis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thraulodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Needhamella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptohyphes</i>	40	40	0	80	0	0	0	0	40	80	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera																				
<i>Nectopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata																				
<i>Coenagrionidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	80	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microcrustacea																				
Ostracoda	0	80	120	40	40	0	440	200	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
Anellida																				
Oligochaeta	120	0	480	120	160	200	80	240	40	40	280	200	120	200	80	240	120	480	880	200
Hirudinea	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	40	0	0	200	160
Nematoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
Abundância Total	800	1000	1680	1680	640	920	1160	1000	350	1280	760	720	880	320	280	480	280	2360	2480	920
Riqueza	5	4	5	6	3	2	6	6	7	8	4	6	4	3	3	4	2	2	3	4
Índice de Shannon	0,699	0,602	0,699	0,778	0,477	0,301	0,778	0,778	0,845	0,903	0,602	0,778	0,602	0,477	0,477	0,602	0,301	0,301	0,477	0,602
Equitabilidade	0,68	0,513	0,642	0,506	0,708	0,755	0,744	0,901	0,915	0,689	0,803	0,926	0,622	0,819	0,87	0,865	0,985	0,729	0,813	0,79

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 setembro de 2010, no reservatório da UHE Cana Brava, apresentaram resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. As seguintes transgressões foram observadas:

- Concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/L no fundo do ponto 6 (foz do rio São Félix);
- Valor de DBO₅ superior a 5,0 mg/L no ponto 22 (rio Bonito);
- Concentrações detectáveis de óleos e graxas nos pontos 19, 20, 21 e 22;
- Densidade de coliformes fecais (termotolerantes) superior a 1000 NMP/100ml nos pontos 21 (jusante da barragem) e 22 (rio Bonito).

De maneira geral, em junho e setembro de 2010, foram registrados baixos valores de turbidez e nutrientes no trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, comparando com março de 2010 e dezembro de 2009 (período de chuvas).

Em setembro, os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade, CO₂ total, CO₂ livre, nitrito, DBO₅ e coliformes fecais (termotolerantes) foram mensurados no ponto 22 (rio Bonito). Resultado similar foi obtido em março e junho de 2010. De fato, o rio Bonito freqüentemente apresenta elevadas concentrações de íons, nutrientes e coliformes totais e termotolerantes, demonstrando a influência antrópica sobre esse ambiente.

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência da UHE Cana Brava em setembro de 2010 foi representada por alto número de táxons (99), sendo este número superior ao verificado em fevereiro de 2010 (77 táxons) e inferior ao obtido em outubro de 2009, quando foram registrados 101 táxons. Em setembro de 2010, foram registrados 8 grupos taxonômicos.

Foram registrados altos valores de riqueza nos pontos monitorados na área de influência do reservatório de Cana Brava. Os valores de densidade e

biomassa fitoplanctônica, seguiram o mesmo padrão verificado nos meses anteriores, com valores mais altos no ponto 7 e menores nos pontos 2, 10 e 22.

De acordo com os critérios estabelecidos por Vollenweider os resultados de biovolume obtidos para o reservatório de Cana Brava em setembro de 2010 indicaram condições oligotróficas ($< 2 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) para todos os pontos monitorados. Cyanobacteria foi dominante nos pontos localizados na região lântica do reservatório, os quais apresentaram maior tempo de retenção da água. Os resultados de biovolume de cianobactérias obtidos em setembro de 2010 possibilitaram o enquadramento das águas dos pontos monitorados, na classe 2 ($< 5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

Em setembro de 2010, a co-dominância entre rotíferos e protozoários testáceos, na área de estudo, é certamente determinada pelo estabelecimento de áreas lólicas e lânticas no delineamento amostral, de forma que, um grande número de espécies de testáceos é observado nas áreas predominantemente lólicas, enquanto muitas espécies de rotíferos são registradas nas áreas com predomínio de condições lânticas, mas também naquelas onde predominam condições lólicas. Maiores valores de riqueza de espécies foram observados, mais uma vez, nos pontos 2, 10 e 22, pontos onde os protozoários testáceos têm sido mais bem representados, evidenciando certa influência lólica nestas regiões. Por outro lado, menores valores deste atributo foram observados, novamente nos pontos 7 e 21, áreas predominantemente lânticas onde os testáceos são pobremente representados e onde predominaram grupos tipicamente planctônicos como microcrustáceos e rotíferos.

Considerando que *T. minutus* predomina em reservatórios de bacias preservadas, enquanto sua congênica, *T. decipiens* predomina em reservatórios eutrofizados, a dominância de *T. minutus* na área de influência do reservatório da UHE Cana Brava sugere, mais uma vez, uma boa qualidade ambiental para a área de estudo.

Em setembro de 2010, assim como em março de 2010 e em setembro e fevereiro de 2009, a comunidade bentônica registradas nos 5 pontos de amostragem apresentou em sua maioria táxons mais resistentes à alterações

ambientais, principalmente Chironomidae e Oligochaeta. Nesse mês, foram identificados alguns táxons de Ephemeroptera nos pontos 2, 7 e 10. Esses locais, por apresentarem características semi-lóticas e lóticas, aliadas aos substratos formados por folhas e cascalho apresentaram durante os meses monitorados uma comunidade melhor estruturada.

5. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA) (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association Publications, Washington DC.

Balbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D., Stribling, J.D. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. *Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. 2ª ed., New York.

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.

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

Codd, G. A. *et al.* (2005). Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. *Toxicology and Applied Pharmacology* 203:264-272.

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

Edler, L. (1979) *Recomendations 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*. 3rd 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.

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

Lind, O. T. *et al.* (1993) Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In Straskraba, M., J. G. *et al* (eds), *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Kluwer Academic Press, Netherlands: 57-67.

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.

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

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

Piva, C.B. (2004). *Estrutura da comunidade de insetos aquáticos em córregos localizados na APA Nascentes do Rio Vermelho, NE do estado de Goiás*. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação da UFG, para obtenção do título de mestre em biologia, área de concentração em ecologia.

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

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

Sun, J., Liu, D. (2003) Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *J. Plankton Res.*, 25: 1331–1346.

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.; 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.

Vieira, L.C.G. *et al.* (2007). Influence of spatial complexity on the abundance and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. *Archiv für Hydrobiologie*, v.170, p. 77-85.

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

ANEXO I

RESULTADOS DA CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2010

Resultados referentes à campanha de setembro de 2010, na UHE Cana Brava.

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		36	35	36	29	26	27	35	35	28	27	24	26	33
Temperatura da água (°C)	S	27,3	28	28,1	26,8	28,5	28	27,9	27,9	28,1	26	27,8	24	28
	M	26			26,3							26,2	26,9	
	F	26			26,4							26	26	
Transparência da água (m)		3,5	2,5	-	2,6	3,4	3,5	-	-	4,1	4,1	3,9	3,4	-
Turbidez (NTU)	S	1,54	1,03	2,04	2,79	5,17	2,32	2,21	1,16	1,68	1,38	1,58	1,02	1,86
	M	1,64			1,31							1,05	1,19	
	F	6,72			61,6							1,03	1,34	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	S	5,7	7,9	9,0	6,0	8,1	8,1	7,2	7,6	8,0	7,1	7,8	7,5	7,7
	M	6,5			7,5							7,35	7,54	
	F	6,7			7,45							7,15	7,23	
pH	S	7,7	8,4	8,0	7,6	7,9	8,0	7,9	7,6	7,7	7,7	7,9	8,0	7,9
	M	7,7			7,6							7,5	7,8	
	F	7,8			7,6							8,3	7,5	
Condutividade elétrica	S	101	66	61	95	95	96	117	90	95	97	98	96	204
	M	97			87							91	93	
	F	95			94							92	92	
STD (mg/L)	S	50	32	29	48	47	48	57	45	47	49	48	48	97
	M	47			44							45	46	
	F	47			47							46	46	
Alcalinidade (mg/L)	S	135	55	94	147	142	141	184	93	140	142	106	140	309
	M	138			114							135	139	
	F	137			135							76	137	
CO ₂ livre (mg/L)	S	5,39	0,29	1,88	7,38	3,58	2,82	4,63	4,67	5,59	5,67	2,67	2,8	7,78
	M	5,51			5,73							8,54	4,41	
	F	4,34			6,78							0,64	8,66	
CO ₂ total (mg/L)	S	124,19	40,77	84,6	136,74	128,54	126,9	166,55	86,51	128,79	130,63	95,95	126	279,7
	M	126,95			106,05							127,34	126,73	
	F	124,9			125,58							62,24	129,22	

Cloretos (mg/L)	S	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	M	<0,5			<0,5							<0,5	<0,5	
	F	<0,5			<0,5							0,5	<0,5	
Sulfato (mg/L)	S	1	1	1	1	1	<1	<1	16	<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	<0,001
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	0,002			0,004							0,001	0,001	
Ferro total (mg/L)	S	0,35	0,15	0,19	0,24	0,19	0,1	0,29	0,11	0,19	0,1	0,07	0,07	0,23
	M	0,43			0,36							0,13	0,18	
	F	1,83			1,74							0,46	0,16	
Orto-fosfato (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	<0,001
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			0,004							<0,001	<0,001	
Fósforo total (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	<0,001
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	0,01			0,01							<0,001	<0,001	
Nitrato (mg/L)	S	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8
	M	0,6			0,6							0,6	0,6	
	F	0,6			0,9							1,1	0,6	
Nitrito (mg/L)	S	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,008
	M	0,004			0,004							0,003	<0,001	
	F	0,004			0,002							0,005	0,003	
N-amoniaco (mg/L)	S	0,13	0,24	0,2	0,12	0,08	0,16	0,37	0,08	0,18	0,18	0,1	0,08	0,17
	M	0,14			0,09							0,09	0,1	
	F	0,11			0,25							0,13	0,14	
DBO ₅ (mg/L)	S	0,6	2,0	1,7	2,8	0,2	1,1	1,0	3,7	1,2	0,4	1,3	0,5	5,3
Óleos e graxas (mg/L)	S	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	13,3	10,5	16,5	10,8
Coliformes totais	S	<18	45	220	<18	45	<18	78	>16000	<18	45	78	3500	9200
Coliformes termotolerantes	S	<18	<18	<18	<18	<18	<18	78	45	<18	45	20	3500	9200