

# PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO – UHE CANA BRAVA



**Tractebel Energia**  
GDF SVEZ

**Relatório Técnico Referente à  
Campanha de Monitoramento  
- Setembro de 2012**

## **EQUIPE TÉCNICA**

### **Coordenadora do projeto**

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto Curti  
CRBio nº 30921/D

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

Bióloga Esp. Kátia Bittar Haddad  
Biólogo M.Sc. Leonardo de Assis Ítalo  
Biólogo Wagner Batista Xavier  
Biólogo Paulício Maconi Filho  
Biólogo Rafael Martins Figueiredo  
Biólogo Ricardo Costa Dantas  
Bióloga Lívia Ferreira e Silva  
Químico Brunno Misofante da Silva Gomides  
Téc. Aline Caetano Luz  
Biólogo Dr. Luiz Felipe Machado-Velho (Zooplâncton)  
Bióloga Dra. Luzia Cleide Rodrigues (Fitoplâncton)  
Bióloga M.Sc. Carolina Bussadori Piva (Zoobentos)

## Sumário

1. Introdução	01
2. Resumo Executivo	01
3. Objetivos específicos do relatório	05
4. Descrição da Coleta	05
5. Coleta e Análise dos Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	07
5.1. Resultados e Discussão	08
5.1.1. Variáveis Abióticas	08
5.1.2. Variáveis Bacteriológicas	24
5.1.3. Perfil vertical dos pontos 20 e 21	25
6. Índice de Qualidade da Água (IQA)	27
7. Análise de mercúrio no sedimento	29
8. Comunidades Biológicas	32
8.1. Comunidade Fitoplanctônica	32
8.2. Comunidade Zooplanctônica	46
8.3. Comunidade Zoobentônica	52
9. Próximas Atividades	59
10. Referências	60
ANEXO I – Resultados obtidos no monitoramento realizado em setembro de 2012	64

## **1. Introdução**

A transformação de um trecho de rio em reservatório desencadeia uma série de processos biogeoquímicos, que resultam em interferências nas características do ambiente aquático, destacando-se a instabilidade física e química e a alteração das comunidades biológicas.

Tais modificações constituem um forte impacto sobre os corpos aquáticos e, dependendo dos usos da bacia de drenagem, essas alterações podem levar a um alto grau de degradação destes reservatórios (Branco e Senna, 1994). Assim, os programas de monitoramento limnológico (que incluem as principais assembleias biológicas) são primordiais para a identificação e avaliação dos impactos ambientais causados por empreendimentos hidrelétricos.

O objetivo desse relatório é apresentar os resultados obtidos em setembro de 2012, no monitoramento de 13 pontos localizados no reservatório da UHE Cana Brava.

## **2. Resumo Executivo**

### ***Características limnológicas***

Considerando que as águas do sistema monitorado são enquadradas na classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, grande parte do trecho monitorado no reservatório da UHE Cana Brava, em setembro de 2012, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. As seguintes não conformidades foram observadas:

- densidade de coliformes termotolerantes superior a 1.000 NMP/100ml no ponto 22 (localizado no rio Bonito).

De maneira geral, assim como observado em junho de 2012, o trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava apresentou águas com elevada transparência da água (baixos valores de turbidez), baixos valores de compostos nitrogenados e fosfatados e DBO<sub>5</sub>, além de baixos valores de densidade de coliformes termotolerantes (com exceção somente do ponto localizado no rio Bonito).

Assim como registrado em meses anteriores, o ponto 22 (situado no rio Bonito) apresentou os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais

dissolvidos, alcalinidade e CO<sub>2</sub> total (medida indireta da concentração de carbono inorgânico total), além das maiores concentrações de fósforo total e nitrogênio total.

Os valores de IQA foram elevados ao longo dos três meses de monitoramento limnológico (março, junho e setembro de 2012), principalmente devido aos baixos valores de turbidez e nutrientes no trecho monitorado. O menor valor de IQA registrado nesse mês no ponto 22 ocorreu devido, principalmente, as elevadas densidades de coliformes termotolerantes registradas.

### ***Perfil vertical***

Em setembro de 2012, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a 1,4°C no ponto 21. Tais diferenças foram inferiores às registradas em março e junho de 2012. Assim, nesse mês, a coluna da água não apresentou estratificação térmica. A análise do perfil vertical dos pontos 1, 6, 20 e 21 demonstrou um decréscimo nas concentrações de oxigênio ao longo das maiores profundidades de coleta, principalmente nos pontos 20 e 21, ou seja, nas regiões mais profundas do reservatório. No entanto, a menor concentração registrada (4,22 mg/L no ponto 21) não representa uma condição adversa para a fauna aquática. De fato, baixas concentrações de oxigênio são esperadas em locais elevada profundidade (por exemplo, 20 metros), tendo em vista as maiores taxas de decomposição da matéria orgânica nesses ambientes e, conseqüentemente, maior consumo desse gás pelos microorganismos decompositores

Além disso, foi observado similaridade nos valores dos parâmetros analisados entre as profundidades de coleta, como por exemplo, pH, condutividade elétrica, turbidez e nutrientes.

### ***Características do sedimento***

Em setembro de 2012, o sedimento analisado no reservatório da UHE Cana Brava apresentou concentrações de mercúrio abaixo do esperado para ambientes poluídos.

### ***Comunidade fitoplanctônica***

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência da UHE Cana Brava em setembro de 2012 mostrou alta complexidade taxonômica, sendo registrados 97 táxons, os quais foram distribuídos entre nove grupos taxonômicos. Elevada diversidade gama tem sendo registrada neste sistema durante o monitoramento, sendo maior nos meses correspondentes ao período seco. Bacillariophyceae Chlorophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae foram os grupos mais especiosos em setembro de 2012, como também verificado para os meses anteriores de estudo.

Foram verificados altos valores de riqueza de espécies nos pontos monitorados na área de influência da UHE Cana Brava, em setembro de 2012, sendo os maiores nos pontos 7 e 21, localizados na região lântica do reservatório e os menores nos pontos situados nos tributários. De acordo com os critérios estabelecidos por Vollenweider os resultados de biovolume obtidos para o reservatório de Cana Brava em setembro de 2012 indicaram condições oligotróficas, como verificado durante a maior parte do período de estudo.

Cyanobacteria foi o grupo dominante nos pontos localizados na região lântica do reservatório, apresentando altos valores de densidade e baixos valores de biomassa. A baixa contribuição deste grupo ao biovolume permitiu o enquadramento das águas dos pontos monitorados na classe 2 ( $< 5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ), utilizando-se os critérios estabelecidos para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

### ***Comunidade zooplanctônica***

Os resultados de composição do zooplâncton, obtidos para a área de influência do Reservatório de Cana Brava, em setembro de 2012, evidenciaram a ocorrência de 43 táxons.

Temporalmente, observa-se novamente, em setembro de 2012, um incremento substancial no número de espécies para a área de estudo, quando comparado àquele obtido em março. Como discutido em relatórios anteriores, em geral, o que se tem observado para a área de estudo, pelo menos nos últimos períodos de amostragem, são alterações cíclicas no número de espécies para a área de estudo, determinadas pelas variações hidrodinâmicas sazonais, associadas ao regime de chuvas, com uma maior diversidade do

zooplâncton no período de estiagem (setembro) e um reduzido número de espécies no período de chuvas (março).

Os valores de densidade também foram superiores aqueles registrados no mês de março de 2012, e similares aos obtidos em setembro de 2011. Maiores valores de densidade do zooplâncton foram registrados, novamente, nos pontos predominantemente lênticos, os pontos 7 e 21, onde predominaram os microcrustáceos, especialmente os copépodes. Apesar deste incremento na densidade no período de estiagem, os valores deste atributo para a área de influência do reservatório de Cana Brava devem ser considerados baixos.

Entre os ciclopídeos, destaca-se mais uma vez, a ocorrência de *Thermocyclops minutus* cuja ocorrência e abundância sugere, novamente, um reduzido grau de eutrofização e uma boa qualidade ambiental para a área de influência da UHE Cana Brava.

### **Comunidade zoobentônica**

Em setembro de 2012 foram identificados 23 táxons zoobentônicos, semelhante ao registrado neste mesmo período em 2011. Foi verificado um padrão de distribuição entre os períodos seco e chuvoso, demonstrando assim a diferença entre a sazonalidade. Em março a riqueza apresentou-se menor, tanto em 2011 quanto em 2012, quando comparada à riqueza obtida em setembro de 2011 e 2012.

Dentre os táxons registrados, destaca-se Chironomidae e Oligochaeta. Esses táxons foram os que apresentaram maiores valores de frequência e abundância durante todo o monitoramento da comunidade bentônica realizado no período pós-enchimento da UHE Cana Brava. Na maioria dos pontos amostrados o substrato coletado foi areia fina e matéria orgânica, favorecendo a maior densidade desses táxons.

É importante mencionar que os táxons da comunidade bentônica registrados na área da UHE Cana Brava são comumente registrados em outros reservatórios. O monitoramento dessa comunidade é extremamente importante, especialmente para acompanhar o molusco *Melanoides*, que é exótico. É importante mencionar que apesar desse fator não há registro de que esse molusco tenha causado prejuízos à geração de energia elétrica. O

molusco *Limmoperma fortunei* (mexilhão dourado), que causa prejuízos à geração de energia elétrica, não foi verificado até o presente momento.

### 3. Objetivos específicos do relatório

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

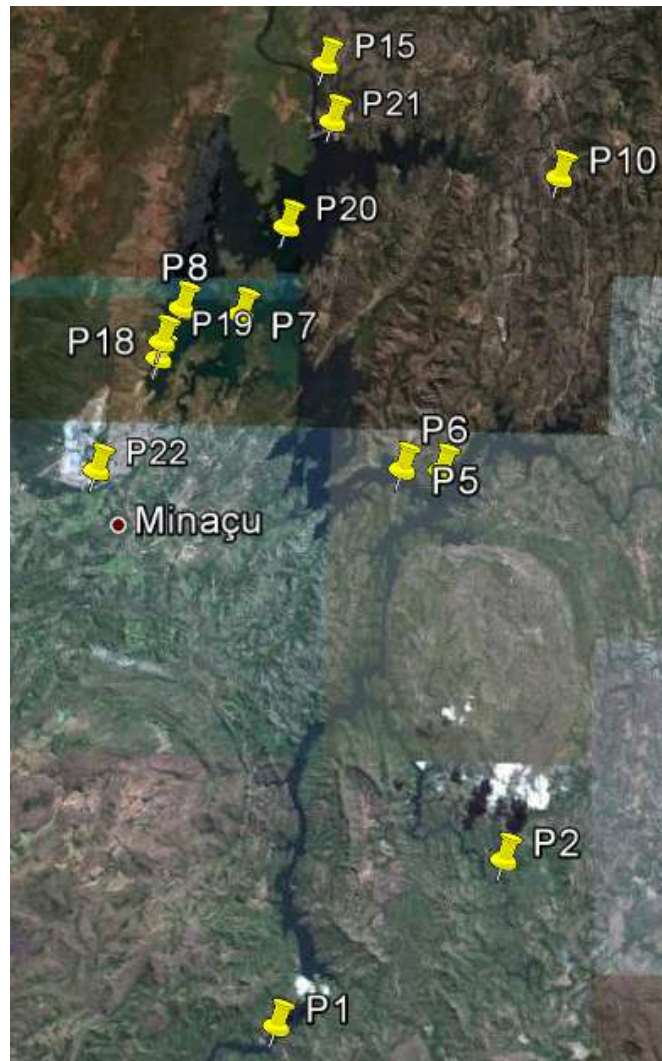
- (i) descrever os métodos analíticos que foram utilizados para determinação das variáveis físicas, químicas e biológicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em setembro de 2012, em 13 pontos de monitoramento localizados no reservatório da UHE Cana Brava e, assim, contribuir com a caracterização 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.

### 4. Descrição da Coleta

A campanha de campo foi realizada entre os dias 18 e 19 de setembro de 2012.

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) (**Figura 1 e Tabela 1**).





**Figura 1.** Pontos de coleta localizados na área de influência da UHE Cana Brava.

**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

## 5. Coleta e Análise dos Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos

Em campo, foram obtidos os valores de temperatura do ar (termômetro), pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e temperatura da água (utilizando uma sonda YSI 556). A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach. A transparência da coluna da água foi mensurada através do disco de Secchi.

Amostras de água foram coletadas abaixo da superfície (aproximadamente 20 cm) com frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. Parte das amostras foi filtrada em membranas Whatman GF/C. As amostras de água filtrada e não filtrada foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo. As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas e encaminhadas para o laboratório de limnologia situado na “Life – Projetos Limnológicos”, em Goiânia para realização das análises. As variáveis limnológicas foram determinadas utilizando os seguintes métodos e equipamentos:

- Alcalinidade: titulação com ácido sulfúrico;
- Cloreto: determinado através do método de cromato de potássio e espectrofotômetro (Método 4500-Cl<sup>-</sup> B, Standard Methods, 2005);
- Coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*: método dos tubos múltiplos;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>): consumo de oxigênio nas amostras durante uma incubação de 05 (cinco) dias, a uma temperatura constante de 20°C (Método 5210, Standard Methods, 2005);
- Ferro total: método da ortofenotrolina (Método 3500, Standard Methods, 2005);
- Fósforo total: determinado diretamente nas amostras não filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Orto-fosfato (fosfato solúvel reativo): determinado diretamente nas amostras filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);

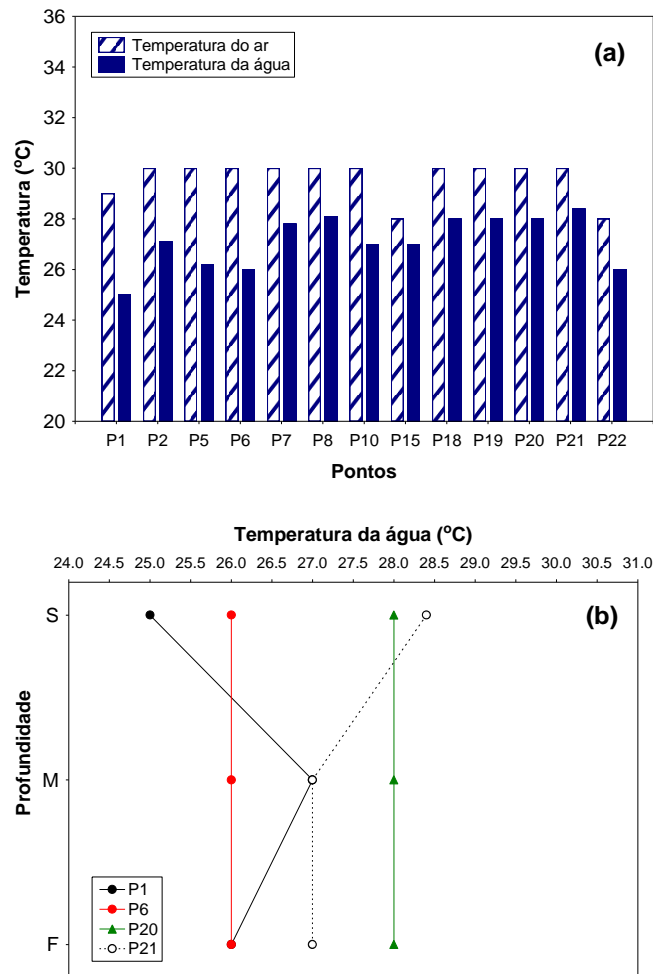
- Nitrato: método de redução do cádmion e leitura em espectrofotômetro a 400 nm (Método 4500-NO<sub>3</sub>-E, Standard Methods, 2005);
- Nitrito: método colorimétrico onde o nitrito reage com o ácido sulfanílico, formando um composto que é determinado em espectrofotômetro a 507 nm (Método 4500-NO<sub>2</sub>-B, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio amoniacal: método fenol, e posterior leitura em espectrofotômetro a 655 nm (Método 4500-NH<sub>3</sub> F, Standard Methods, 2005);
- Óleos e graxas: obtenção através de extração com um solvente (Hexano – 5520B, Standard Methods, 2005);
- Sulfato e Sulfeto: determinados através de espectrofotometria (Método 4500, Standard Methods, 2005).

## 5.1. Resultados e Discussão

Os resultados referentes aos parâmetros físicos e químicos estão no **Anexo I**.

### 5.1.1. Variáveis Abióticas

Durante o período de coleta, os valores de temperatura do ar variaram entre 28°C e 30°C (média igual a 29,6°C) (**Figura 2a**). Os valores da temperatura da água foram, em média, iguais a 27,1°C, na superfície da coluna da água (**Figura 2a**). Considerando o perfil térmico dos pontos mais profundos, localizados no interior do reservatório da UHE Cana Brava (pontos 1, 6, 20 e 21), foi possível verificar que a maior diferença nos valores de temperatura entre a superfície e o hipolímnio (1,4°C) foi obtida no ponto 21 (ponto localizado próximo a barragem).(**Figura 2b**). Tal diferença foi inferior àquela registrada em março de 2012 (3,1°C no ponto 20) e junho de 2012 (1,6°C no ponto 21), indicando a ausência de estratificação térmica nesse mês.



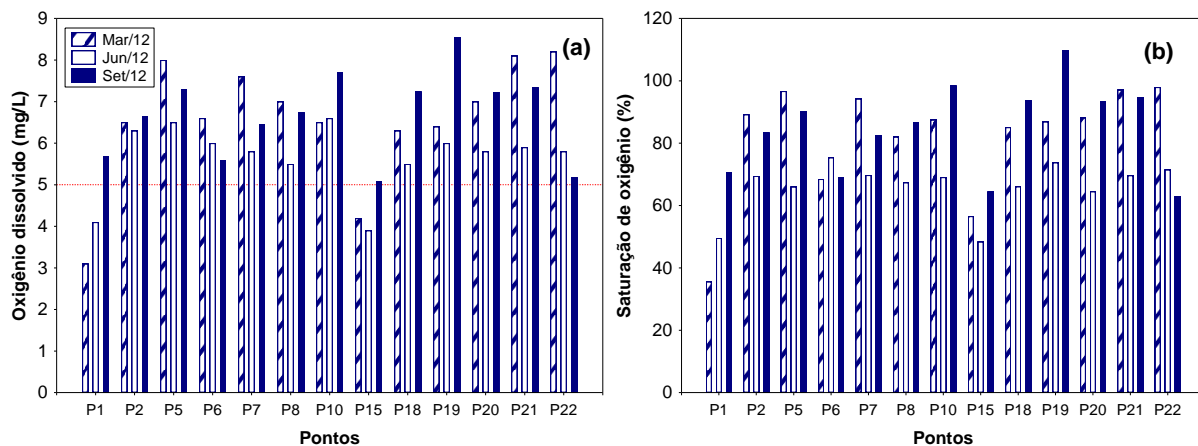
**Figura 2.** Valores de temperatura do ar e da água nos 13 pontos de coleta, mensurados em março, junho e setembro de 2012 (a) e perfil vertical da temperatura da água nos pontos localizados no interior do reservatório (b), em setembro de 2012.

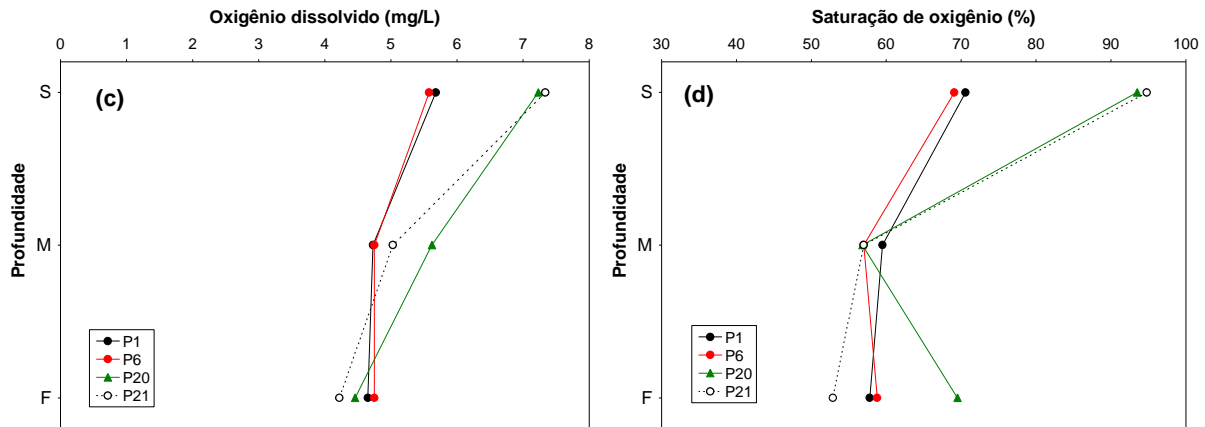
O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbicos. Sua disponibilidade no ambiente aquático depende de trocas com a atmosfera e da produção pelos organismos fotossintéticos, como fontes, e das demandas bioquímica (oxidação de matéria orgânica) e química (oxidação de íons como o ferro e o manganês), perdas para atmosfera (favorecidas pelo aquecimento da coluna d'água) e respiração de organismos aquáticos, como fenômeno de redução (Esteves, 1998).

Em setembro de 2012, as concentrações deste gás na superfície da coluna da água variaram entre 5,08 mg/L (ponto 15 – jusante da barragem) e 8,55 mg/L (ponto 19 – parte externa da praia de Minaçu) (**Figura 3a**). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de oxigênio superiores ao limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA n°

357/2005 para águas da classe 2 (5,0 mg/L). A porcentagem de saturação de oxigênio também foi elevada na maior parte dos pontos de coleta (**Figura 3b**).

Em média, as menores concentrações desse gás foram registradas nas maiores profundidades de coleta (média igual a 6,67 mg/L na superfície; 5,03 mg/L no meio e 4,52 mg/L no fundo dos pontos de coleta) (**Figura 3c**). A análise do perfil vertical dos pontos 1, 6, 20 e 21 demonstrou um decréscimo nas concentrações de oxigênio ao longo das maiores profundidades de coleta, principalmente nos pontos 20 e 21, ou seja, nas regiões mais profundas do reservatório (**Figuras 3c e 3d**). Concentrações de oxigênio abaixo de 5,0 mg/L foram registradas no meio da coluna da água dos pontos 1 e 6 (a 9 e 10 metros de profundidade, respectivamente) e no fundo de todos os pontos de coleta, com o mínimo de 4,22 mg/L no fundo do ponto 21 (20 metros de profundidade). De fato, baixas concentrações de oxigênio são esperadas em locais com essa elevada profundidade, tendo em vista as maiores taxas de decomposição da matéria orgânica nesses ambientes e, conseqüentemente, maior consumo desse gás pelos microorganismos decompositores. Assim, concentrações superiores a 4,0 mg/L nessas profundidades não representam condições adversas a comunidade aquática.



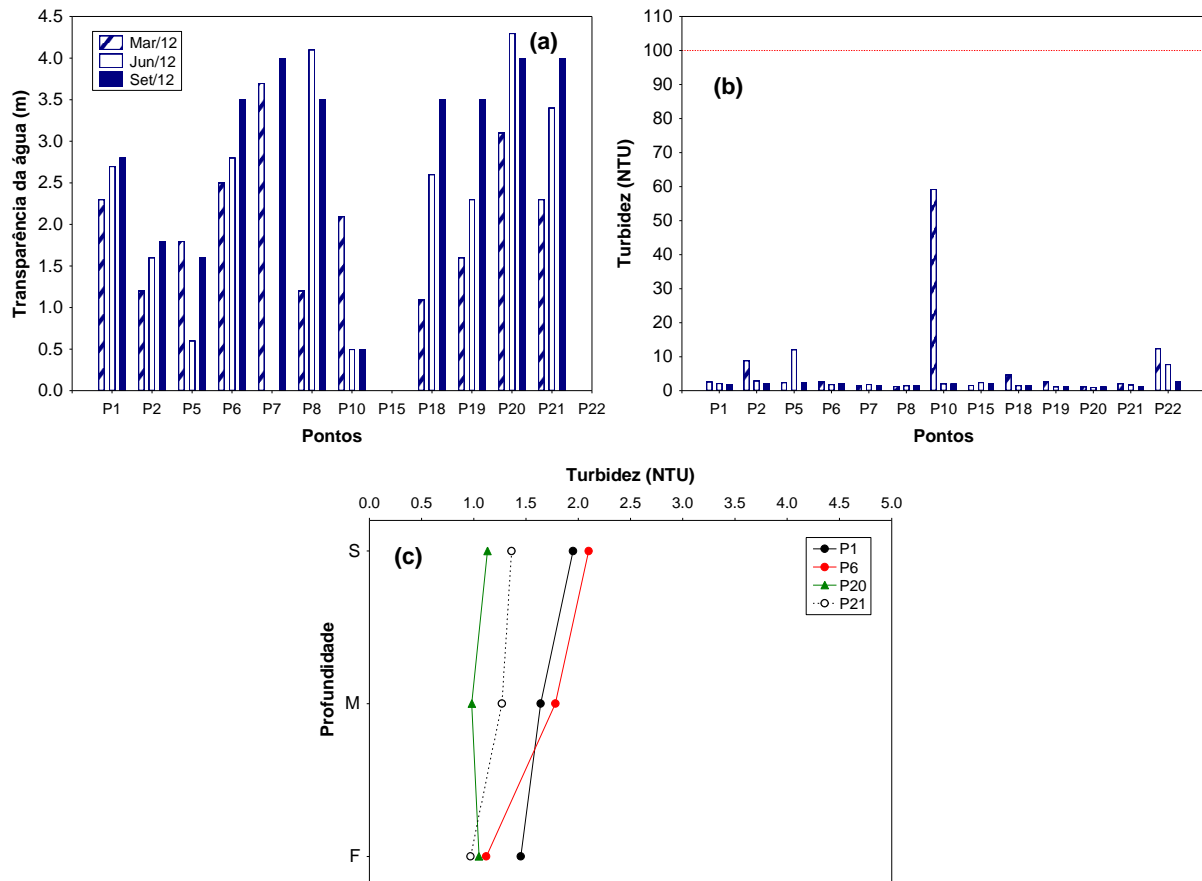


**Figura 3.** Concentrações de oxigênio dissolvido (a), porcentagem de saturação de oxigênio mensurados em março, junho e setembro de 2012 (b) e perfil vertical das concentrações de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio em setembro de 2012(c, d).

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

Em setembro de 2012, o reservatório da UHE Cana Brava apresentou águas com elevada transparência da água. Nesse mês, a maior profundidade do disco de Secchi (maior transparência da água; 4,0 metros) foi registrada nos pontos 20 e 21 (pontos localizados no meio do reservatório e nas proximidades da barragem, respectivamente) (**Figura 4a**).

De maneira similar, foram registrados baixos valores de turbidez, no trecho estudado, variando entre 1,13 NTU (ponto 20) e 2,64 NTU (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 4b**). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU), assim como registrado nos meses anteriores de monitoramento (média igual a 7,96 NTU em março de 2012; 3,11 NTU em junho e 1,83 NTU em setembro de 2012). Além disso, não houve diferença significativa entre as profundidades de coleta (**Figura 4c**), ou seja, também foram registrados baixos valores de turbidez no meio e fundo da coluna da água do reservatório.



**Figura 4.** Valores de transparência da água (a) e turbidez (b) mensurados em março, junho e setembro de 2012 e perfil vertical dos valores de turbidez no corpo central do reservatório obtido em setembro de 2012 (c).

#### ***pH, condutividade elétrica, STD, alcalinidade e carbono inorgânico***

Os valores do pH registrados variaram entre 7,8 e 8,2, estando assim, dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 357/2005 (6,0-9,0) (**Figura 5a**). De fato, frequentemente, os valores de pH mensurados no trecho monitorado estão de acordo com a referida resolução. Em média, houve similaridade nos valores de pH mensurados na superfície, meio e fundo dos pontos de coleta (média igual a 8,0; 7,8 e 7,8, respectivamente) (**Figura 6a**).

Os valores de condutividade elétrica variaram entre 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ponto 2) e 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ponto 22- rio Bontio) (**Figura 5b**). De maneira geral, houve similaridade nos valores de condutividade elétrica entre os pontos de coleta, com exceção somente dos pontos 10 e 22, que apresentaram os maiores valores. Além disso, os valores de condutividade elétrica foram similares entre as profundidades amostradas (média igual a 90,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na superfície; 91  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no meio e 89,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo da coluna da água; **Figura 6b**).



Resultado similar foi obtido considerando as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), que variou entre 25 mg/L e 103 mg/L (ponto 22), sendo inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (500 mg/L) (**Figura 5c e 6c**). De fato, houve uma forte estrutura de correlação entre os valores de condutividade elétrica e STD ( $r = 0,99$ ;  $P < 0,001$ ).

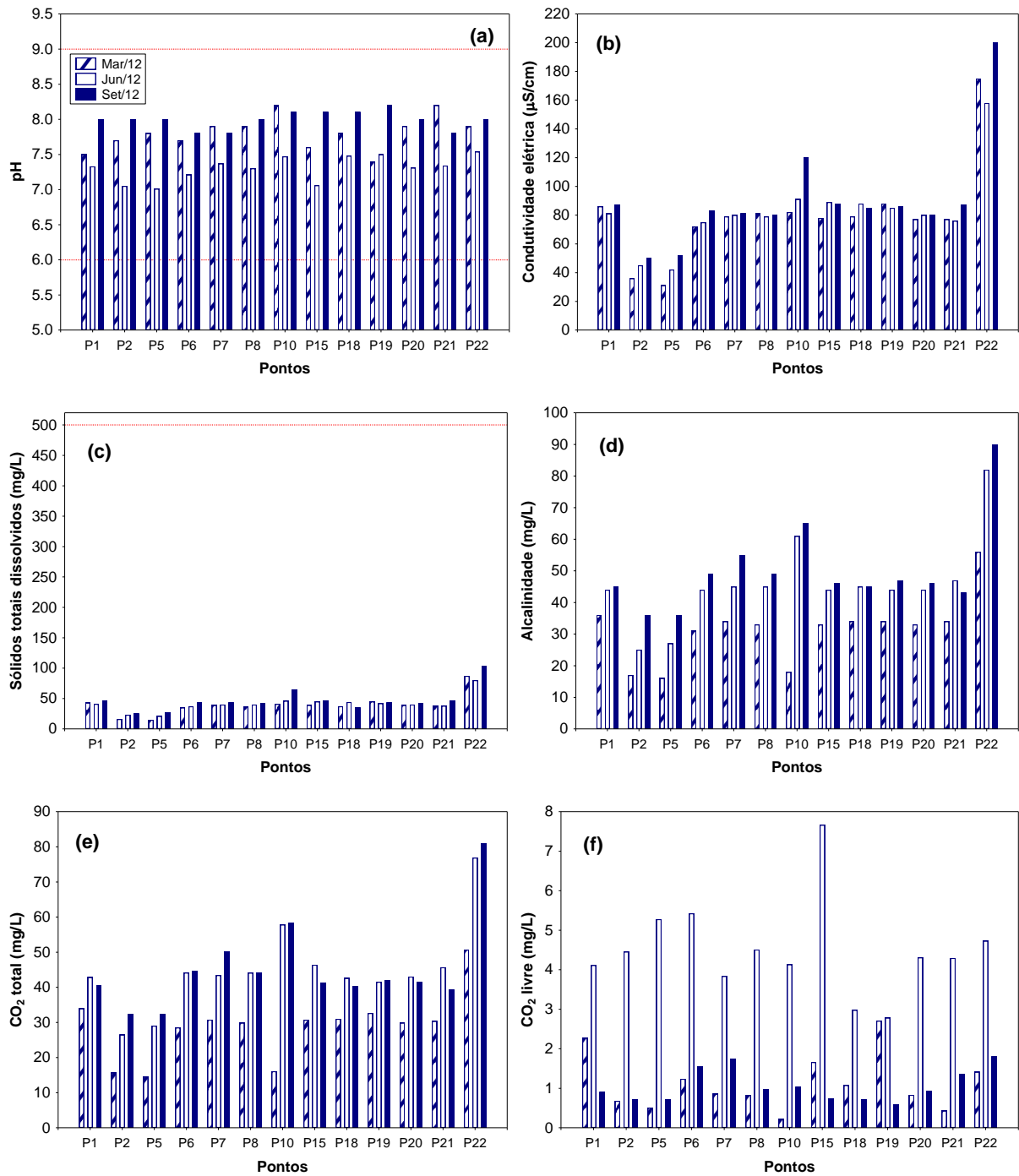
A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos apresentada por um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (Esteves, 1998). Nesse mês, tais valores variaram entre 36 mg/L e 90 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 5d**). Assim como observado para os valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade, a maior concentração de CO<sub>2</sub> total (medida indireta da concentração de carbono inorgânico total) também foi registrada no rio Bonito (ponto 22) (81 mg/L) (**Figura 5e**). Tais resultados demonstram a elevada concentração de íons, principalmente carbono inorgânico, nesse local.

Além disso, as maiores concentrações de CO<sub>2</sub> total, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica foram registradas nesse mês de setembro, comparando com março e junho de 2012. Tais resultados indicam a maior concentração de íons no trecho monitorado durante o período de estiagem, quando não há grande influência do processo de diluição. Resultados similares também foram registrados em meses anteriores de monitoramento limnológico na região.

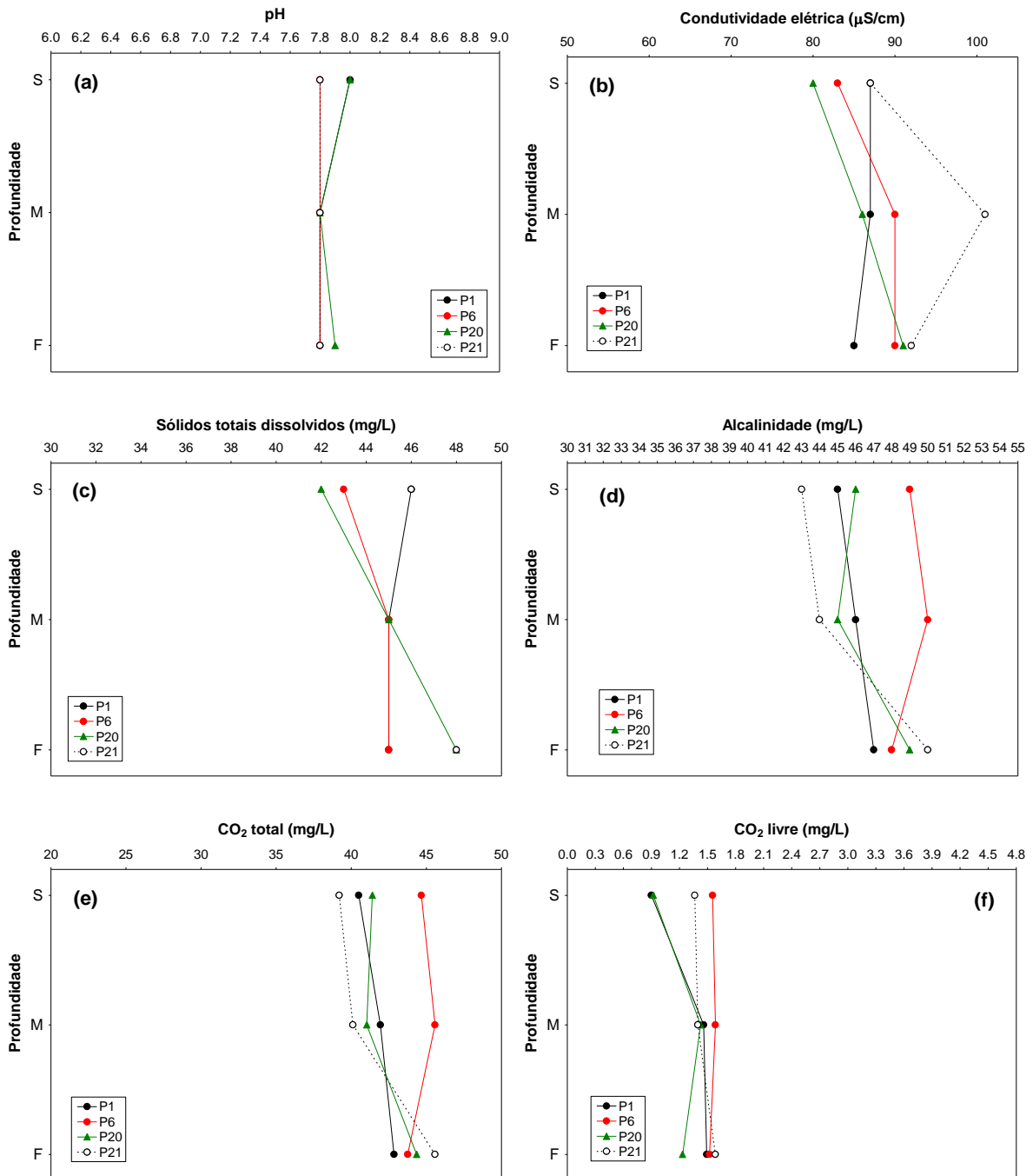
Considerando o perfil vertical nos pontos localizados no interior do reservatório, foi possível observar similaridade nos valores de alcalinidade e CO<sub>2</sub> total nas três profundidades amostradas, assim como observado para os valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (**Figuras 6d e 6e**).

As concentrações de CO<sub>2</sub> livre variaram entre 0,59 mg/L e 1,8 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (**Figura 5f**). A análise do perfil vertical demonstrou um aumento nas concentrações de CO<sub>2</sub> livre ao longo das maiores profundidades, principalmente no fundo do ponto 21 (local com maior profundidade) (**Figura 6f**).





**Figura 5.** Valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO<sub>2</sub> total (e) e CO<sub>2</sub> livre (f) mensurados nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março, junho e setembro de 2012.



**Figura 6.** Perfil vertical dos valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO<sub>2</sub> total (e) e CO<sub>2</sub> livre (f) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava em setembro de 2012.

### **Cloreto, sulfato, sulfeto e ferro total**

Todas as águas naturais contêm íons cloretos resultantes da dissolução de minerais ou de sais ou, em regiões próximas do mar, da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloretos 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). No trecho monitorado, as concentrações de cloreto foram inferiores ao limite de detecção do método ( $<0,5$  mg/L) na maior parte dos pontos de coleta. As maiores concentrações de cloreto (2,5 mg/L) foram registradas nos pontos 6, 21 e 22. Assim, todos os locais apresentaram concentrações significativamente inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (250 mg/L) (**Figura 7a**).

Baixas concentrações de cloreto também foram registradas nas maiores profundidades de coleta (meio e fundo dos pontos 1, 6, 20 e 21). A maior concentração (3,5 mg/L) foi mensurada no fundo do ponto 6 (**Figura 8a**).

Em ecossistemas aquáticos, o enxofre pode ocorrer em diferentes formas, tais como, 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 outras. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais freqüentes. No entanto, o íon sulfato apresenta maior importância para a produtividade do ecossistema, uma vez que é a principal fonte de enxofre usada pelos produtores primários (Esteves, 1998). Em setembro de 2012, as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite de detecção do método ( $<1$  mg/L) em todos os pontos (**Figura 7b**) e profundidades de coleta, ou seja, todos os locais monitorados apresentaram concentrações do íon sulfato que coadunam com o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (250 mg/L). Resultado similar foi obtido em setembro e dezembro de 2011 e março de 2012.

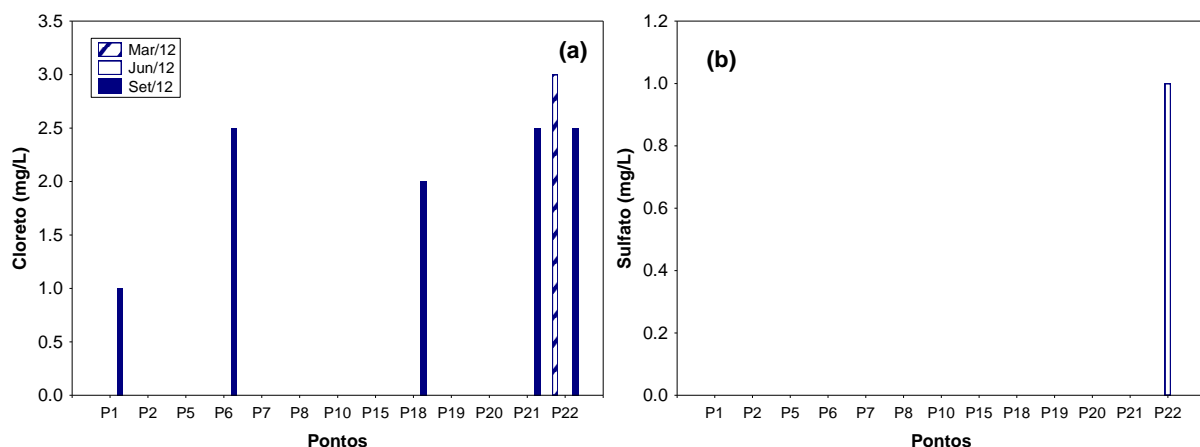
De maneira similar, em setembro de 2012, as concentrações de sulfeto também foram inferiores ao limite de detecção do método ( $<0,001$  mg/L) em todos os pontos e profundidades de coleta (**Figura 7c**). Assim, todos os locais apresentaram valores inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA (0,002 mg/L).

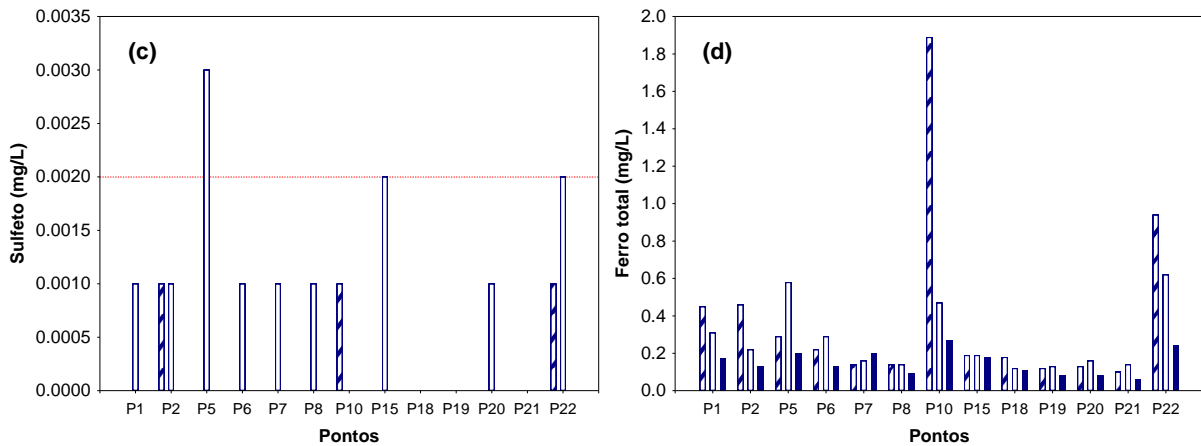
Considerando que as concentrações de sulfato e sulfeto foram inferiores ao limite de detecção dos respectivos métodos em todos os pontos e profundidades de coleta, não serão apresentados aqui os gráficos dos perfis verticais desses parâmetros.

O ferro é de grande importância para o metabolismo dos seres vivos e apresenta clara influência sobre a precipitação do fósforo. Assim, em

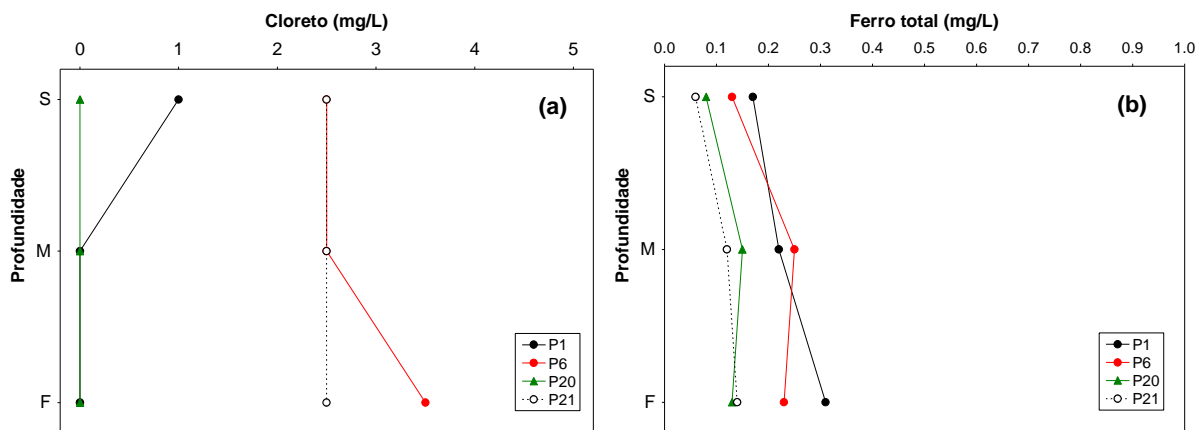
ambientes onde predominam altas concentrações de oxigênio e pH próximo ao neutro, grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma oxidada ( $\text{Fe}^{3+}$  - íon férrico), podendo assim adsorver-se ao íon fosfato e acarretar a precipitação do fósforo no sedimento (Esteves, 1998). Em ambientes que não estão submetidos a impactos, o ferro e o manganês são registrados em baixas concentrações, pois as suas formas predominantes são as oxidadas que são mais insolúveis ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ). Em setembro de 2012, as concentrações de ferro total, na superfície da coluna da água, variaram entre 0,06 mg/L (ponto 21) e 0,27 mg/L (ponto 10 – rio do Carmo) (**Figura 7d**). Em média, houve um decréscimo gradual nas concentrações de ferro total no trecho monitorado, comparando com março e junho de 2012 (média igual a 0,40 mg/L em março; 0,27 mg/L em junho e 0,15 mg/L em setembro de 2012). De fato, as maiores concentrações de ferro total tem sido registradas durante o período de chuvas na região, quando ocorre influência do sistema terrestre adjacente sobre o ambiente aquático.

Considerando a análise do perfil vertical, foi possível observar maiores concentrações de ferro total nas maiores profundidades de coleta (**Figura 8b**). De fato, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas nas maiores profundidades favorecem a liberação de ferro do sedimento para a coluna da água.





**Figura 7.** Concentrações de cloreto (a), sulfato (b), sulfeto (c) e ferro total (d) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março, junho e setembro de 2012.

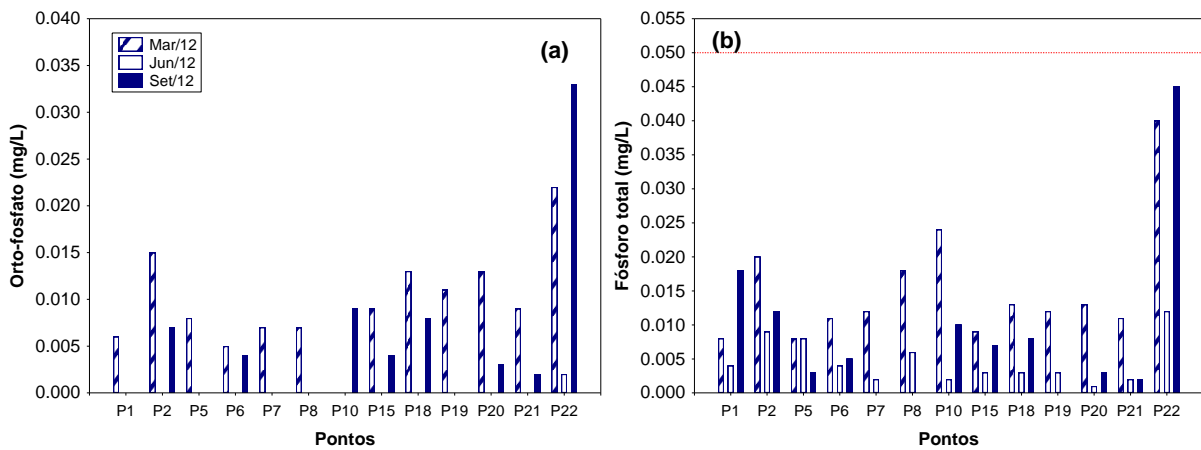


**Figura 8.** Perfil vertical das concentrações de cloreto (a) e ferro total (b) no corpo central do reservatório, em setembro de 2012.

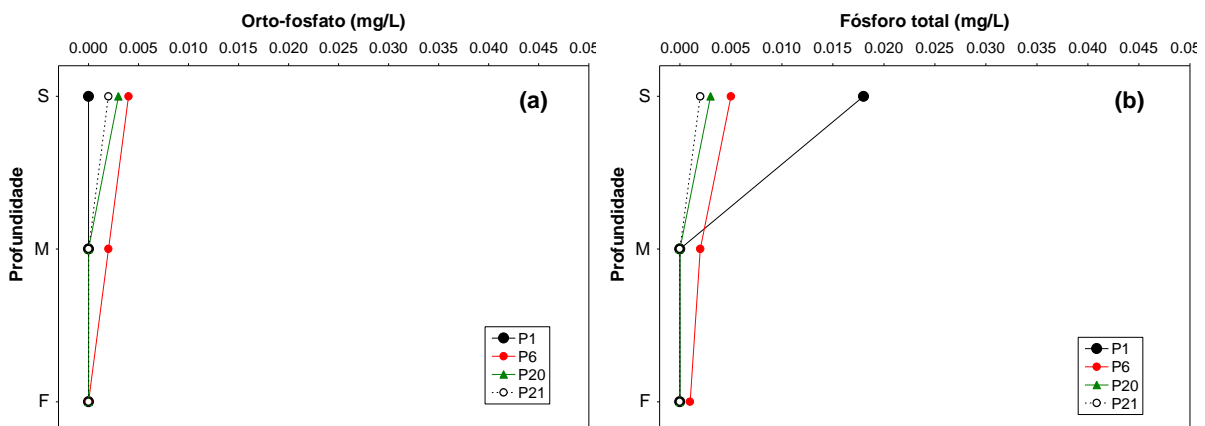
### ***Nutrientes fosfatados e nitrogenados***

Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (aumento da disponibilidade e da taxa de utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). Mesmo com o avanço tecnológico dos sistemas de controle de fontes pontuais de nutrientes, a eutrofização (causada pelo incremento de N e P) ainda pode ser considerada o principal problema de qualidade de água em diferentes partes do mundo. Quando prevalecem baixas concentrações de oxigênio, o fósforo pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (Kalf, 2002; Baumgarten e Pozza, 2001).

Em setembro de 2012, as concentrações de orto-fosfato variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ( $<0,001$  mg/L) e  $0,033$  mg/L (ponto 22- rio Bonito) (**Figura 9a**). As concentrações de fósforo total também variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ( $<0,001$  mg/L) e  $0,045$  mg/L (ponto 22) (**Figura 9b**). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de fósforo total inferiores ao limite máximo indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 ( $0,05$  mg/L). Além disso, não houve diferença significativa nas concentrações de orto-fosfato ou fósforo total entre as diferentes profundidades de coleta (**Figuras 10a e 10b**). Resultados similares foram obtidos em março e junho de 2012.



**Figura 9.** Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março, junho e setembro de 2012.



**Figura 10.** Perfil vertical das concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) no corpo central do reservatório, em setembro de 2012.

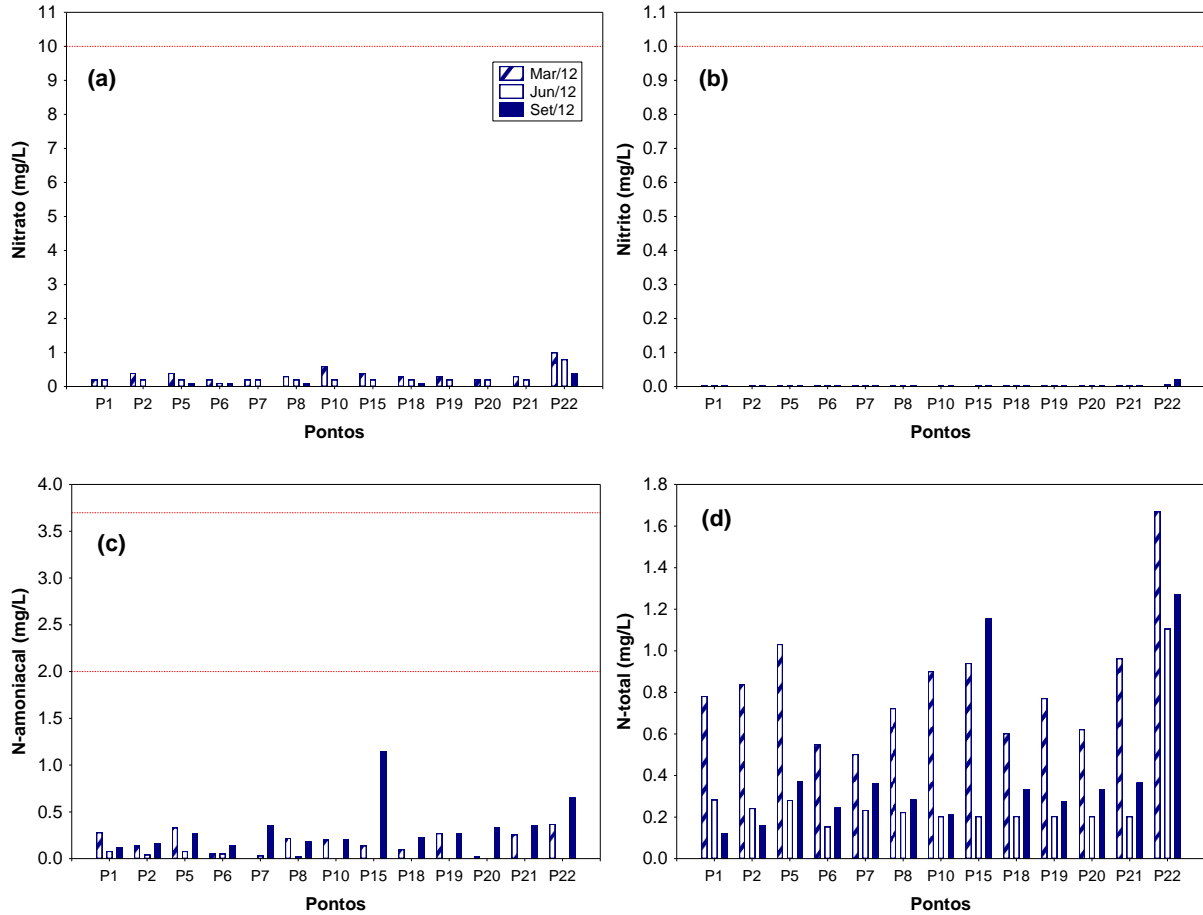
A importância do nitrogênio para o funcionamento dos ecossistemas pode ser atribuída à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode atuar como fator limitante da produção primária. Dentre as diferentes formas, os teores de nitrato e do íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações, principalmente em ambientes oxigenados (Esteves, 1998).

Considerando as formas inorgânicas de nitrogênio, as concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ( $<0,1$  mg/L) e  $0,4$  mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 11a**). As concentrações de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) variaram entre  $0,002$  mg/L e  $0,022$  mg/L (ponto 22) (**Figura 11b**), enquanto que as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre  $0,12$  mg/L e  $1,15$  mg/L (ponto 15 – jusante da barragem) (**Figura 11c**). A maior concentração de nitrogênio total ( $1,27$  mg/L) também foi registrada no ponto 22 (rio Bonito) (**Figura 11d**). Em média, as maiores concentrações de nitrogênio total foram registradas em março de 2012, ou seja, durante o período de chuvas na região (média igual a  $0,84$  mg/L em março;  $0,29$  mg/L em junho e  $0,42$  mg/L em setembro de 2012).

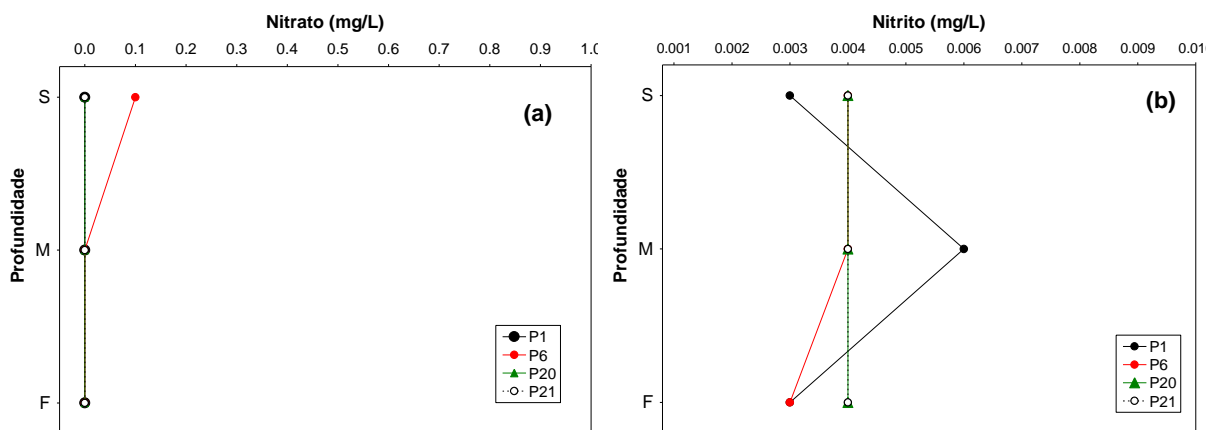
De maneira geral, todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de nitrato e nitrito que coadunam com os limites indicados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 ( $10$  mg/L para nitrato e  $1,0$  mg/L para nitrito). De acordo com a referida resolução, o limite para a concentração de nitrogênio amoniacal é dependente do valor de pH. Em ambientes com valores de pH inferiores a  $7,5$ , o valor máximo estabelecido para 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 é  $2,0$  mg/L; e em ambientes com valores de pH entre  $8,0$  e  $8,5$  o valor máximo permitido é  $1,0$  mg/L. Assim, todo o trecho monitorado também apresentou concentrações de N-amoniacal inferiores ao limite indicado pela Resolução.

Considerando o perfil vertical dos pontos localizados no interior do reservatório da UHE Cana Brava, foi possível verificar semelhança nas concentrações mensuradas nas diferentes profundidades de coleta (**Figuras**

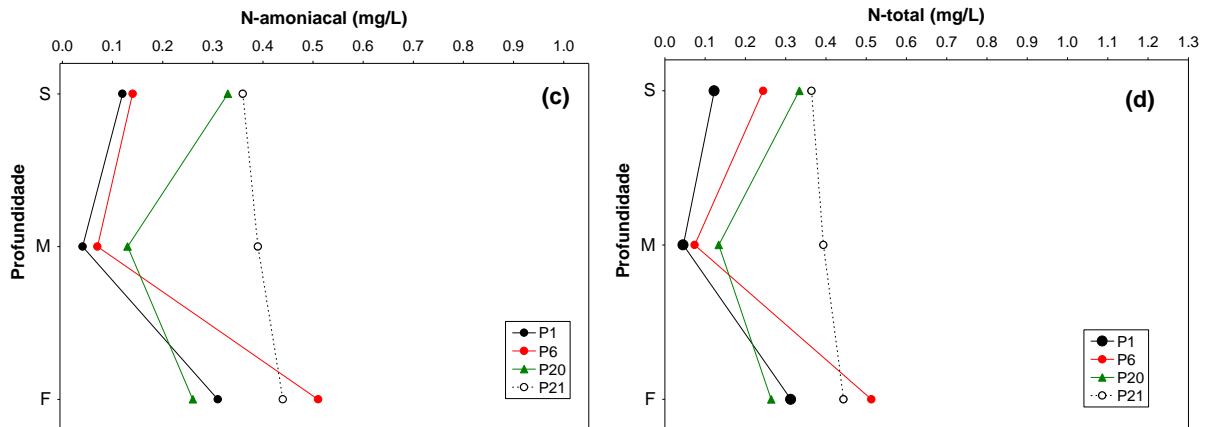
12a, b, c, d). Destaca-se apenas as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal nas maiores profundidades de coleta, principalmente, corroborando com as baixas concentrações de oxigenio dissolvido nesse local.



**Figura 11.** Concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniacal (c) e nitrogênio total (d) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março, junho e setembro de 2012.







**Figura 12.** Perfil vertical das concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniacal (c) e nitrogênio total (d) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em setembro de 2012.

### Clorofila-a

Em setembro de 2012 foi realizada a análise de clorofila-a no ponto 21, localizado próximo à barragem. Esse local foi escolhido tendo em vista que representa a região com características que tendem a favorecer o desenvolvimento da comunidade planctônica, sendo a região com menor velocidade da água (característica lântica) e maiores valores de transparência da coluna da água.

Nesse mês, a concentração de clorofila-a no ponto 21 foi muito inferior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (30 µg/L) (**Tabela 2**), indicando baixos valores de densidade e biomassa da comunidade fitoplanctônica. Esse resultado é corroborado pela análise da comunidade fitoplanctônica (item 8.1 desse relatório).

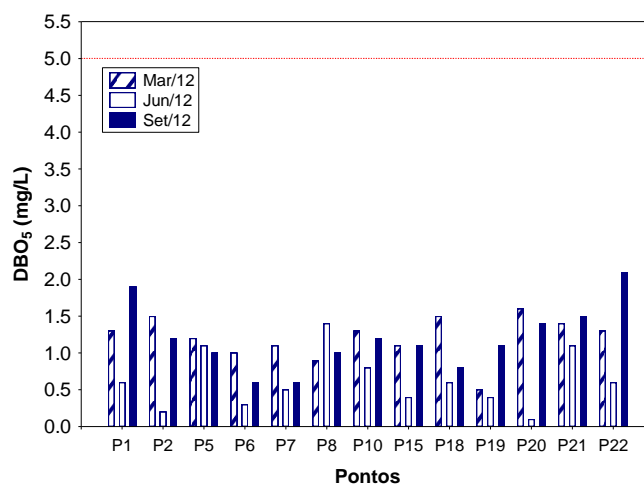
**Tabela 2.** Concentração de clorofila-a no ponto 21, em setembro de 2012.

Local	Concentração (µg/L)
Ponto 21, nas proximidades da barragem	1,638

### DBO<sub>5</sub>

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) é definida como a quantidade de oxigênio que será utilizada pelos microorganismos presentes em uma amostra na oxidação da matéria orgânica para uma forma inorgânica

estável (Kalff, 2002). No trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, as concentrações de  $\text{DBO}_5$  variaram entre 0,6 mg/L e 2,1 mg/L (ponto 22) (**Figura 13**). Todos os locais apresentaram valores de  $\text{DBO}_5$  abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/L), assim como observado em meses anteriores de monitoramento.



**Figura 13.** Valores de  $\text{DBO}_5$  obtidos em março, junho e setembro de 2012.

### Óleos e Graxas

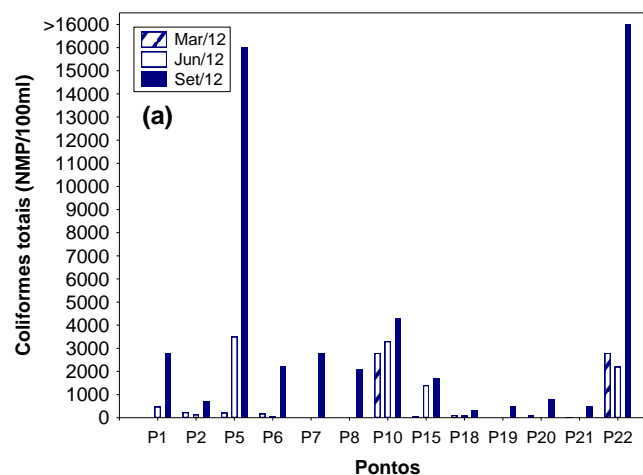
“Óleos e graxas” incluem, além dos hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos, ceras e também outros materiais cuja extração química pelo solvente seja possível. A maior dificuldade encontrada no estabelecimento do limite oficial tolerável para óleos e graxas está no fato deste parâmetro não possuir categorias químicas definidas, mas incluir vários compostos orgânicos com variáveis físicas, químicas e propriedades toxicológicas diferentes (Baumgarten e Pozza, 2001). Quando presentes em quantidade excessiva, esses compostos podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos.

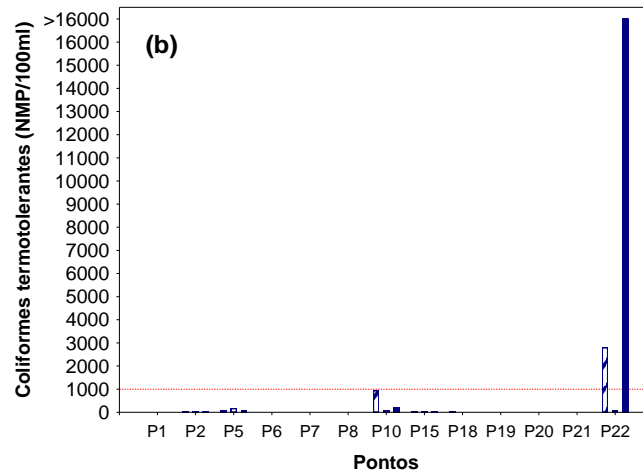
Em setembro de 2012, as concentrações de óleos e graxas no trecho monitorado estavam de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (i.e., para águas de classe 2 as concentrações de óleos e graxas devem ser virtualmente ausentes - V.A.). Resultado similar foi observado em março e junho de 2012.

### 5.1.2. Variáveis bacteriológicas

A presença de coliformes na água indica o potencial da presença de microrganismos patogênicos. O grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, o que limita sua aplicação como indicador geral de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes fecais (termotolerantes) os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada ( $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ).

No trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, a densidade de coliformes totais variou entre 320 NMP/100ml e valor  $>16.000$  NMP/100ml (ponto 22) (**Figura 14a**). A densidade de coliformes termotolerantes (fecais) variou entre valores inferiores ao limite de detecção do método ( $< 18$  NMP/100ml, na maior parte dos pontos de coleta) e valor  $>16.000$  NMP/100ml (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 14b**). Para águas de classe 2, no mês de setembro de 2012, somente o ponto 22, localizado no rio Bonito apresentou densidade de coliformes termotolerantes superior ao limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (1.000 NMP/100 ml), assim como observado em março de 2012.





**Figura 14.** Densidade de coliformes totais (a) e coliformes termotolerantes (b) no trecho monitorado da UHE Cana Brava, em março, junho e setembro de 2012.

### 5.1.3. Perfil vertical dos pontos 20 e 21

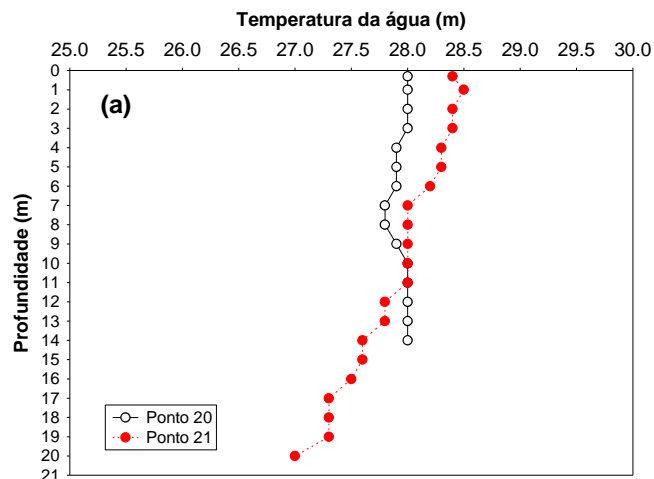
Os padrões de estratificação térmica influenciam sobremaneira a distribuição vertical dos parâmetros limnológicos, principalmente o oxigênio dissolvido. Os lagos profundos (acima de 20 m) de regiões tropicais quando relativamente protegidos da ação do vento, permanecem estratificados na maior parte do ano, desestratificando-se somente no inverno, por curtos períodos. Nestes lagos, durante o período de estratificação térmica, o oxigênio produzido no epilímnio (correspondendo à zona eufótica) não atinge o hipolímnio (Esteves, 1998). O padrão de circulação da coluna de água durante o inverno e estratificação durante os demais meses do ano é característicos de ecossistemas aquáticos monomíticos quentes. Ressalta-se ainda, que as condições de hipóxia (baixa concentração de oxigênio dissolvido) ou mesmo anoxia, muitas vezes prolongadas, em lagos tropicais, proporcionam um habitat com características adversas para a fauna aquática, principalmente peixes. Esta situação torna-se ainda mais limitante, com a formação de gases nocivos, tais como gás sulfídrico e metano, formados em condições anaeróbicas no ambiente (Esteves, 1998).

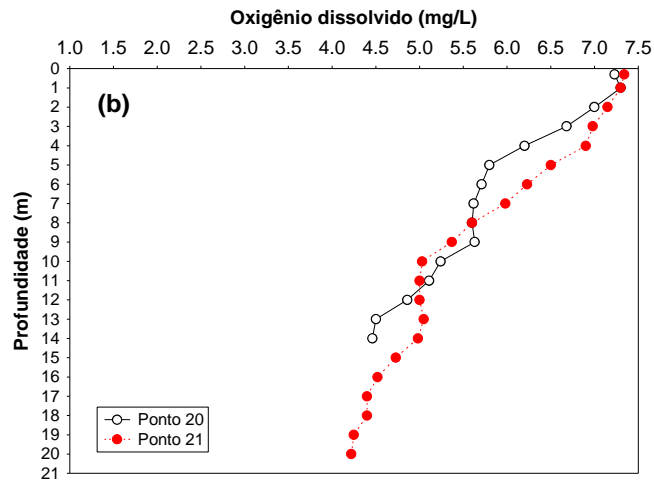
Assim, em setembro de 2012 foi realizada a análise do perfil vertical nos pontos 20 e 21, no interior do reservatório da UHE Cana Brava, com o objetivo principal de verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a

temperatura da água e concentração de oxigênio dissolvido, até a profundidade de 20 metros (**Figura 15**).

Nesse mês, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a 1,4°C no ponto 21. No ponto 20, a maior diferença de temperatura foi igual a 0,2°C ao longo da análise do perfil vertical (**Figura 15a**). Tal diferença foi inferior àquela registrada em março de 2012 (3,1°C no ponto 20) e junho de 2012 (1,6°C no ponto 21), indicando a ausência de estratificação térmica nesse mês.

A análise das concentrações de oxigênio dissolvido demonstrou valores inferiores a 5,0 mg/L a partir de 12 metros de profundidade no ponto 20 e a partir de 14 metros de profundidade no ponto 21, com o mínimo de 4,22 mg/L na maior profundidade desse local (20 metros de profundidade) (**Figura 15b**). De fato, baixas concentrações de oxigênio são esperadas em locais com elevada profundidade, tendo em vista as maiores taxas de decomposição da matéria orgânica nesses ambientes e, conseqüentemente, maior consumo desse gás pelos microorganismos decompositores. Assim, concentrações superiores a 4,0 mg/L nessas profundidades não representam condições adversas a comunidade aquática.





**Figura 15.** Perfil vertical dos valores de temperatura da água (a) e oxigênio dissolvido (b) em dois pontos localizados no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em setembro de 2012.

## 6. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Índices de qualidade da água (IQA) são bastante úteis para facilitar a comunicação entre público geral e corpo técnico, para avaliar tendências temporais da qualidade da água e permitir uma comparação entre diferentes cursos d'água. Normalmente, um índice de qualidade de água varia entre 0 (zero) e 100 (cem), sendo que quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água.

### **Metodologia**

O IQA pode ser determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total ([http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap\\_iqa.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp)). A seguinte fórmula foi utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

**IQA** = Índice de qualidade da água. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$ . Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

$w_i$  = peso correspondente ao parâmetro  $i$  fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo  $n$  o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A qualidade das águas interiores, indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, pode ser classificada em categorias narrativas da seguinte forma:

IQA	QUALIDADE
80 – 100	Qualidade Ótima
52 – 79	Qualidade Boa
37 – 51	Qualidade Aceitável
20 – 36	Qualidade Ruim
0 – 19	Qualidade Péssima

### **Resultados**

Em setembro de 2012, o trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava apresentou valores de IQA que variaram entre 52,911 (ponto 22 - rio Bonito) e 85,173 (ponto 19) (**Tabela 3**). De maneira geral, nesse mês houve decréscimo nos valores de IQA no ponto localizado no rio Bonito (ponto 22), comparando com os demais meses de monitoramento em 2012. Esse decréscimo foi consequência, principalmente, dos maiores valores de densidade de coliformes termotolerantes registrados nesse local. Por outro lado, em média, elevados valores de IQA foram registrados em todos os meses estudados (março, junho e setembro de 2012).

**Tabela 3.** Índice de Qualidade da água (IQA) por ponto de coleta, obtidos março, junho e setembro de 2012.

Pontos	Descrição	Mar/2012		Jun/2012		Set/2012	
		IQA	Qualidade	IQA	Qualidade	IQA	Qualidade
	Tocantins/Córrego						
P1	Florêncio	65,202	Boa	73,919	Boa	77,208	Boa
P2	Rio Preto	76,224	Boa	73,931	Boa	75,791	Boa
P5	Rio São Félix	76,34	Boa	72,508	Boa	73,190	Boa
	Tocantins/ Foz São						
P6	Félix	84,844	Ótima	81,176	Ótima	77,506	Boa
P7	Rio Bonito	86,474	Ótima	81,568	Ótima	83,126	Ótima
P8	Córrego Varjão	85,081	Ótima	81,677	Ótima	82,881	Ótima
P10	Rio do Carmo	63,333	Boa	73,651	Boa	71,064	Boa
	Tocantins/Rio Cana						
P15	Brava	72,481	Boa	64,620	Boa	72,969	Boa
	Praia de Minaçu -						
P18	parte interna	76,899	Boa	81,485	Ótima	84,128	Ótima
	Praia de Minaçu -						
P19	parte externa	82,68	Boa	81,704	Ótima	85,173	Ótima
	No meio do						
P20	reservatório	85,387	Ótima	81,54	Ótima	84,128	Ótima
	Tocantins/Próximo à						
P21	barragem	85,057	Ótima	81,485	Ótima	84,587	Ótima
	Rio Bonito (acima do						
P22	ponto 7)	63,949	Boa	69,629	Boa	52,911	Boa
<b>Média</b>		<b>77,227</b>		<b>76,837</b>		<b>77,282</b>	

## 7. Análise de mercúrio no sedimento

### *Metodologia*

A análise para determinação de mercúrio no sedimento foi realizada através de espectrofotometria por absorção atômica. A coleta do sedimento foi realizada nos pontos 2, 7, 10, 21 e 22.

### *Resultados*

Devido à capacidade do sedimento de liberar metais 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.



O Mercúrio é um metal traço extremamente tóxico e não-essencial que não tem função bioquímica ou nutricional. No ambiente aquático, ele 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 d'água é geralmente pequena.

Para se controlar os níveis de contaminação, os órgãos ambientais estabelecem limites máximos de concentrações permissíveis desses elementos para que não ocorram danos aos organismos e à saúde pública. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 344/2004 estabelece limites para as concentrações de metais no sedimento aquático (diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras).

Os valores orientadores, adotados na Resolução CONAMA, têm como referência algumas publicações canadenses e norte-americanas. De fato, os limites propostos pela referida resolução utiliza os valores-guia gerados no Canadá, que 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 nível 1 ou TEL (*threshold effect level*) e o nível 2 ou PEL (*probable effect level*). O menor limite (Nível 1 ou TEL), representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos aquáticos, enquanto que o maior limite (Nível 2 ou 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.

Em setembro de 2012, o sedimento analisado no reservatório da UHE Cana Brava apresentou concentrações de mercúrio abaixo do esperado para

ambientes poluídos (abaixo do limite de detecção do método) (**Tabela 4**). Valores inferiores ao nível 1 (TEL) são classificados como “ótimos”. Resultados similares foram obtidos nos meses anteriores de monitoramento.

**Tabela 4.** Concentração de mercúrio no sedimento (mg/kg), no trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, em março e setembro de 2012.

<b>Locais</b>	<b>Mar/12</b>	<b>Set/12</b>
P2	<0,05	<0,05
P7	<0,05	<0,05
P10	<0,05	<0,05
P21	<0,05	<0,05
P22	<0,05	<0,05
<hr/>		
Nível 1 (TEL)	0,17	
Nível 2 (PEL)	0,486	

## **8. Comunidades Biológicas**

O simples monitoramento das alterações de variáveis físicas e químicas da água não é um meio seguro de avaliação de impactos, pois, muitas vezes, estas ocorrem em um período de tempo tão curto, que não são detectadas. Por outro lado, o compartimento biótico oferece um registro confiável das pressões naturais ou não, impostas ao sistema, constituindo numa somatória temporal das condições ambientais (Brandinarte *et al.*, 1999).

Assim, simultaneamente às coletas das amostras de água para as análises dos parâmetros físicos e químicos (descritos anteriormente), foram também amostradas as comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos, em 05 (cinco) pontos de coleta (P2, P7, P10, P21 e P22).

### **8.1. Comunidade Fitoplanctônica**

#### ***Metodologia***

As amostragens da comunidade fitoplanctônica foram realizadas a sub-superfície, utilizando-se frascos de vidro. As amostragens para o estudo quantitativo da comunidade fitoplanctônica foram fixadas com solução de lugol acético e guardadas no escuro até o momento da identificação e contagem dos organismos. Paralelamente, foram realizadas coletas com rede de plâncton de 15 micrômetros de abertura de malha, para auxiliar no estudo qualitativo, sendo estas amostras fixadas com solução de Transeau, segundo Bicudo e Menezes (2006).

O estudo taxonômico e quantitativo do fitoplâncton foi efetuado através de microscópio invertido, com aumento de 400X. A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958) com prévia sedimentação 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.

Analisou-se a presença de cianobactérias visando atender a Resolução CONAMA nº 357/2005. Para a contagem do número de células de cianobactérias utilizou-se o retículo de Whipple, normalmente empregado para contagem de Unidade-Padrão de Área (UPA). As colônias intactas foram

sobrepostas ao quadrado e contou-se o número de células. O retículo foi calibrado e as contagens foram realizadas utilizando câmaras de Utermöhl ou Sedgwick Rafter.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através do biovolume, multiplicando-se o volume pela densidade de cada táxon. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma das células, como esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipses e outros (Sun e Liu, 2003).

## **Resultados**

### **Composição e riqueza**

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência da UHE Cana Brava em setembro de 2012 mostrou alta complexidade taxonômica (**Tabela 5**), sendo registrados 97 táxons, os quais foram distribuídos entre nove grupos taxonômicos (**Tabela 6**). Elevada diversidade gama tem sendo registrada neste sistema durante o monitoramento, sendo maior nos meses correspondentes ao período seco.

Bacillariophyceae Chlorophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae foram os grupos mais especiosos em setembro de 2012, como também verificado para os meses anteriores de estudo (**Tabela 5**), os quais também têm sido registrados como os mais freqüentes e/ou abundantes nos reservatórios Peixe Angical e São Salvador situados no rio Tocantins (dados não publicados).

As cianobactérias apresentaram uma média de 17 táxons ao longo do período de estudo, sendo representadas por táxons tipicamente planctônicos (**Tabela 6**). 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 altas temperaturas (Codd et al. 2005).

**Tabela 5.** Composição fitoplanctônica na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de setembro de 2004 a setembro de 2012.

Táxons	2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	Set	Jul	Dez	Jun	Dez	Set	Fev	Ago	Fev	Out	Fev	Set	Mar	Set	Mar	set		
<b>Bacillariophyceae</b>	23	29	11	25	24	34	14	26	13	20	28	20	10	32	19	28		
<b>Cyanobacteria</b>	12	15	14	14	21	21	16	15	14	25	17	17	14	23	14	18		
<b>Chlorophyceae</b>	29	38	30	38	37	50	33	30	20	27	20	26	20	29	23	28		
<b>Chrysophyceae</b>	4	3	1	4	2	3	6	3	2	1	3	5	3	3	2	3		
<b>Euglenophyceae</b>	2	1	6	5	6	3	2	2		5		3	1	3	2	1		
<b>Cryptophyceae</b>	3	3	4	5	4	4	3	3	3	3	3	2	1	3	2	3		
<b>Zygnemaphyceae</b>	12	11	4	13	19	18	7	17	7	17	5	15	10	18	6	13		
<b>Dinophyceae</b>	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	3	2	2	1	2		
<b>Xanthophyceae</b>		1		3	3	4	2	1	1	1			1	1				
<b>Oedogoniophyceae</b>					2	1	1	1	1	1				1	1	1		
<b>Total</b>	<b>87</b>	<b>102</b>	<b>71</b>	<b>108</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	<b>86</b>	<b>99</b>	<b>63</b>	<b>101</b>	<b>77</b>	<b>91</b>	<b>62</b>	<b>115</b>	<b>70</b>	<b>97</b>		

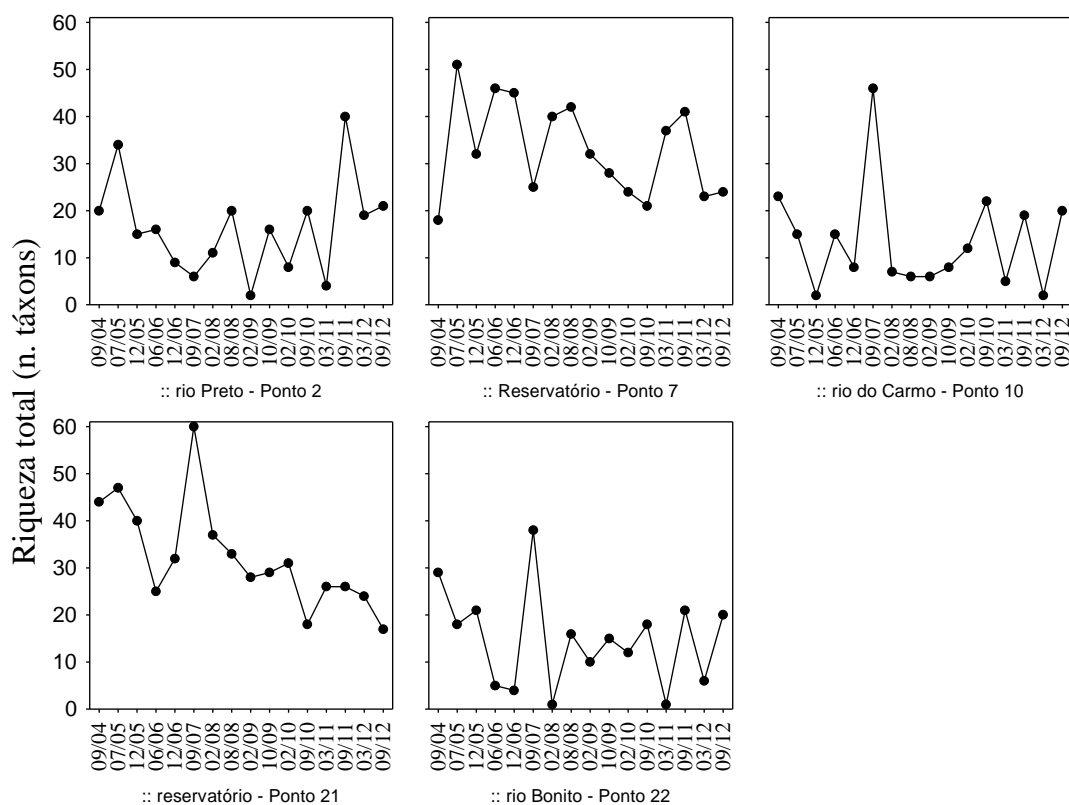
**Tabela 6.** Táxons fitoplanctônicos inventariados na área de influência da UHE Cana Brava (GO), em setembro de 2012.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>					
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.			x		x
<i>Achnanthes</i> sp.	x				
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grun.					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
<i>Cocconeis</i> sp.					x
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.			x		
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee		x	x	x	x
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	x	x			x
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow		x		x	x
<i>Cymbella naviculiformes</i>			x		
<i>Fragilaria capuccina</i>	x				
<i>Fragilaria</i> sp.	x	x			x
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst			x		
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.	x				
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.			x		x
<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & Rumrich					x
<i>Navicula jacobii</i> Manguin	x		x	x	x
<i>Nitzschia gracilis</i>					x
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.					x
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Smth	x				
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	x		x		x
<i>Orthoseira</i> sp.	x	x			
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve	x		x		x
<i>Pinnularia</i> sp.	x				
<i>Surirella</i> sp.	x		x		x
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Comp.	x		x		x
<i>Urosolenia eriensis</i> (Smith) Round e Craw.			x		
<b>CYANOBACTERIA</b>					
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West	x	x		x	
<i>Aphanocapsa elachista</i> W. & West		x		x	
<i>Aphanocapsa holsatica</i>		x		x	
<i>Aphanotece</i> sp.				x	
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemmerm.	x				
<i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres & Komárek	x				
<i>Cyanoduction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.			x	x	
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Wawrik) Hindák			x		
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (W.) Seen. & Sub. Rajú			x		
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnth.) Wacklin et al. ( <i>Anabaena planctonica</i> Brun.)	x				
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Gom.) Anag.		x		x	
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis	x				
<i>Geitlerinema</i> sp.					x

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		X		X	
<i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmerm.) Komárk.-Legn. & Cronb.		X		X	
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek		X			
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek	X				X
<i>Snowella atomus</i> Komárek & Hind	X	X		X	
<b>CHLOROPHYCEAE</b>					
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turn.) Lem.		X		X	
<i>Chlamydomonas</i> sp.				X	
<i>Coelastrum astroideum</i> de Notaris			X		
<i>Coenochloris planconvexa</i> Hindák	X				
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E. Hegew.	X				
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) Hegew.			X		X
<i>Elakatothrix</i> sp.		X		X	
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenb.	X	X			
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek Sensu Komárek	X	X	X	X	
<i>Hindakia tetrachotoma</i> (Printz) C.Bock, Proschold & Krienitz		X	X		
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing					X
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hindák	X				
<i>Monoraphidium circinale</i> (Nygaard) Nygaard			X		
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárk.-Legn.	X	X	X		
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárk.-Legn.	X	X	X		
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	X				
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk.- Legn.	X				
<i>Nephrochlamys subsolitaria</i> (GSWest) Korshikov			X		
<i>Oocystis borgei</i> Snow				X	
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.	X				
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen			X		X
<i>Scenedesmus linearis</i> Komárek		X			
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen	X				
<i>Spermatozopsis exsultans</i> Korschikoff	X				
<i>Sphaerellopsis</i> sp.					X
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Kors.) Bourr.	X	X	X	X	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.				X	
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák			X		
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.		X		X	X
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenb.		X			
<i>Mallomonas</i> sp.	X				
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>					
<i>Euglena</i> sp.					X
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>					
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	X				
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	X				
<i>Cryptomonas</i> sp.	X		X	X	X
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>					
<i>Actinotaenium perminutum</i> ( G.S. West ) Teil.					X
<i>Cosmarium candianum</i> Delponte			X		
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.			X		
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lund.) Roy & Biss	X				
<i>Cosmarium pyramidatum</i> Breb.					X
<i>Cosmarium sphagnicolum</i> West & West	X	X		X	
<i>Desmidium swartzii</i> C.Agardh ex Ralfs	X	X		X	
<i>Gonatozygon pilosum</i> Wolle		X			
<i>Hyalotheca dissiliens</i> Bréb. ex Ralfs			X		
<i>Mougeotia</i> sp.	X	X	X		X
<i>Spirogyra</i> sp.	X				
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs		X		X	
<i>Staurastrum trifidum</i> Nordst.	X		X		
<b>DINOPHYCEAE</b>					
<i>Peridinium</i> sp.		X		X	
<i>Peridinium</i> sp1.	X	X	X	X	
<b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>					
<i>Oedogonium</i> sp.			X		

Foram verificados altos valores de riqueza de espécies nos pontos monitorados na área de influência da UHE Cana Brava em setembro de 2012, os quais variaram de 17 no ponto 21 a 24 no ponto 7, com média de 20 táxons por amostra. Estes valores foram superiores aos verificados em março de 2012 (Figura 16).

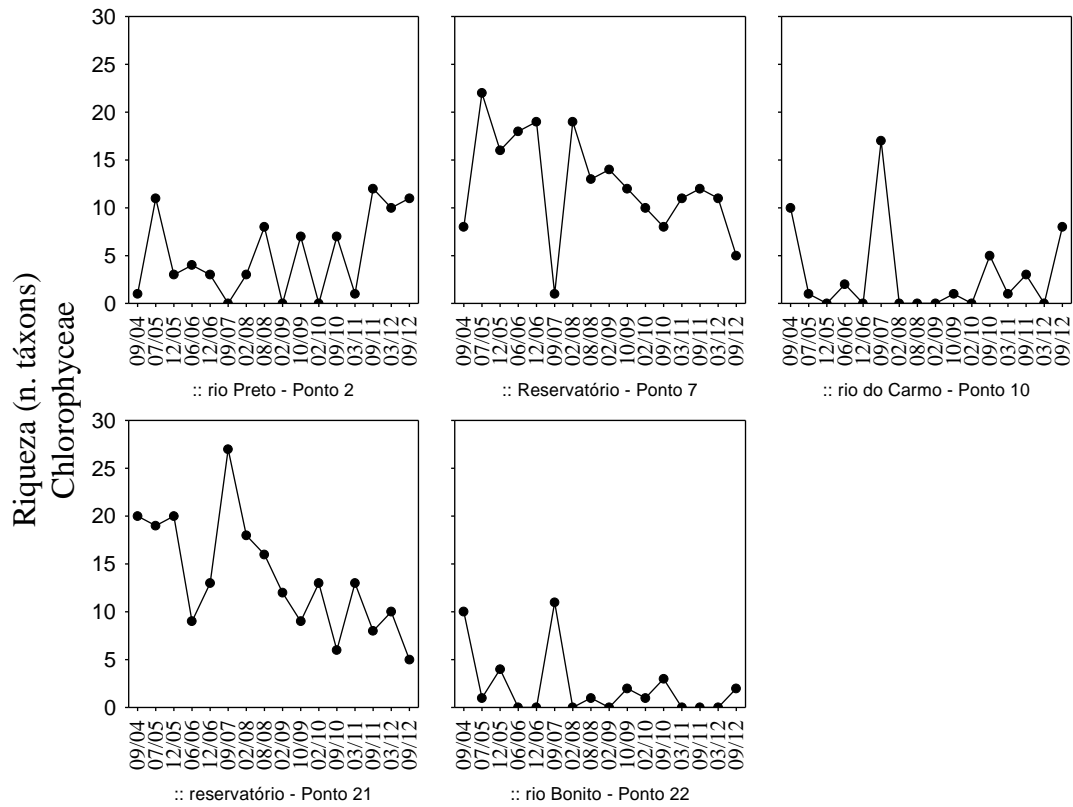
Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria apresentaram maior contribuição a riqueza de espécies em setembro de 2012, como também verificado nos meses de estudo anteriores (Figuras 17, 18, 19). Durante o período de estudo, os maiores valores ocorreram nos pontos 7 e 21, localizados no corpo do reservatório e os menores nos pontos situados nos tributários (Figura 16). Temporalmente os maiores valores ocorreram no período chuvoso e os menores no período seco (Figura 16).



**Figura 16.** Riqueza de espécies fitoplânctônicas na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

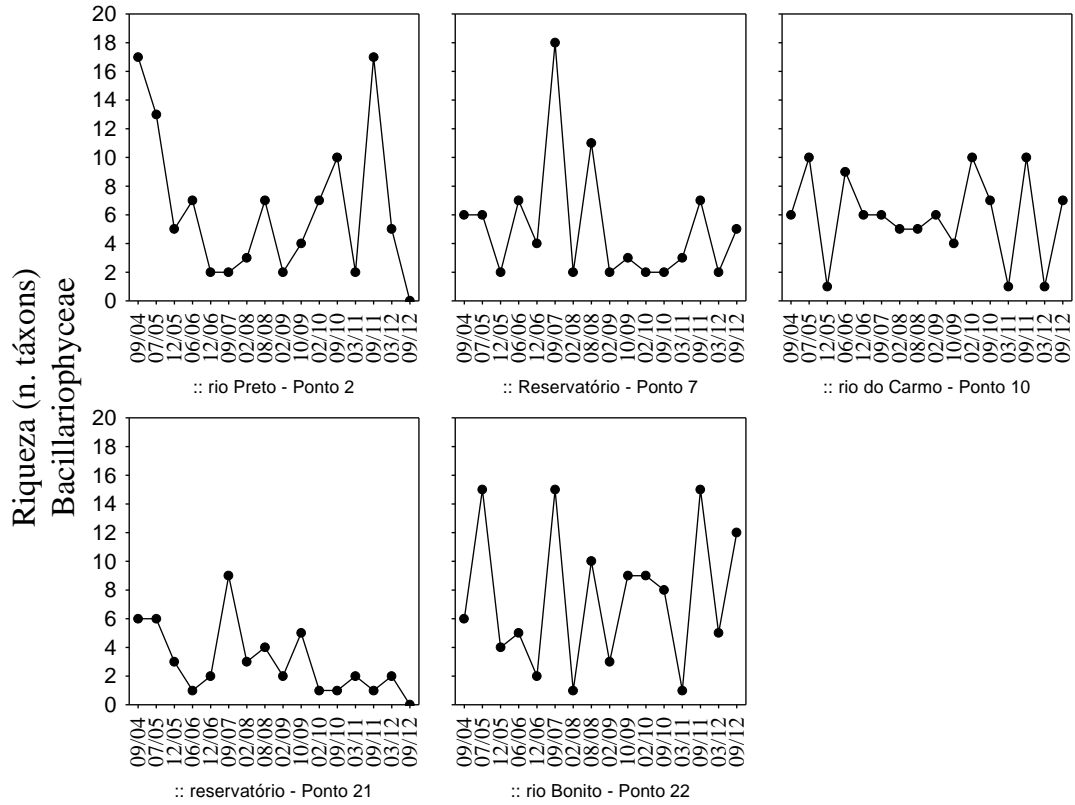
As clorofíceas foram favorecidas pela alta disponibilidade de luz, fósforo e mistura da coluna de água. As bacilariofíceas, representadas por táxons tico-planctônicos e meroplanctônicos os quais são comuns em sistemas com

alta velocidade de fluxo da água e alta turbidez, foram as mais bem representadas no ponto 22, situado no rio Bonito. As cianobactérias foram mais importantes quanto a riqueza nos pontos 7 e 21.

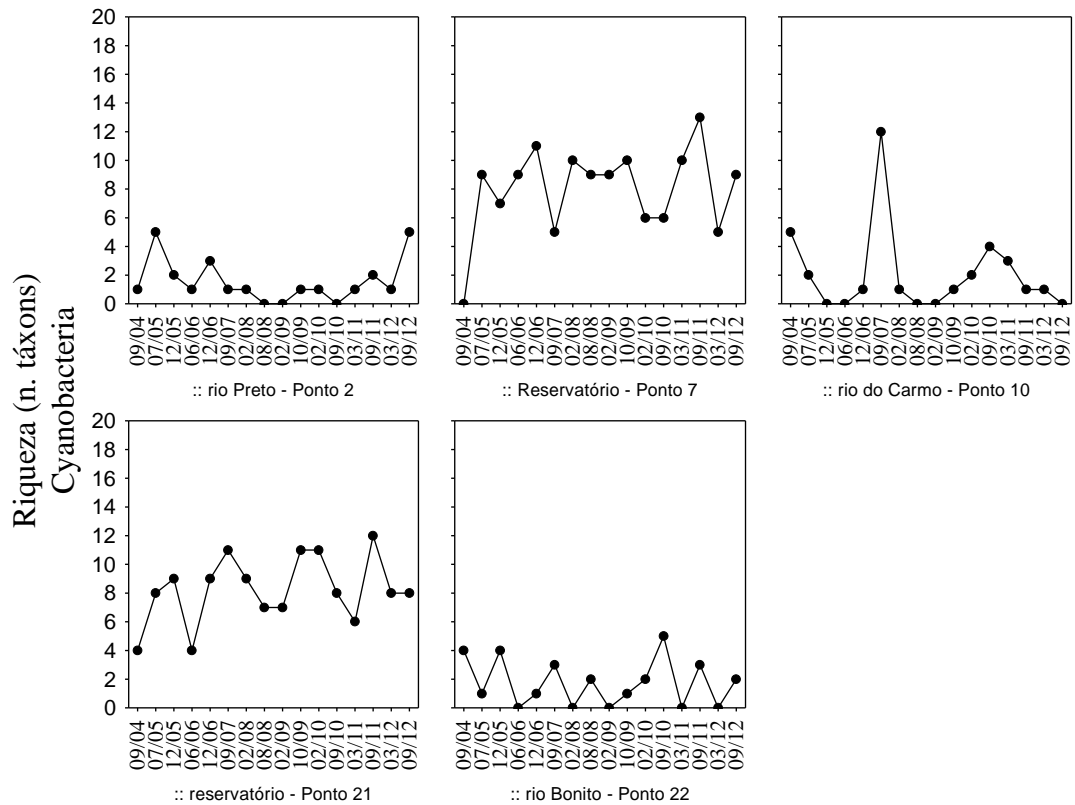


**Figura 17.** Riqueza de espécies de Chlorophyceae na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.





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



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

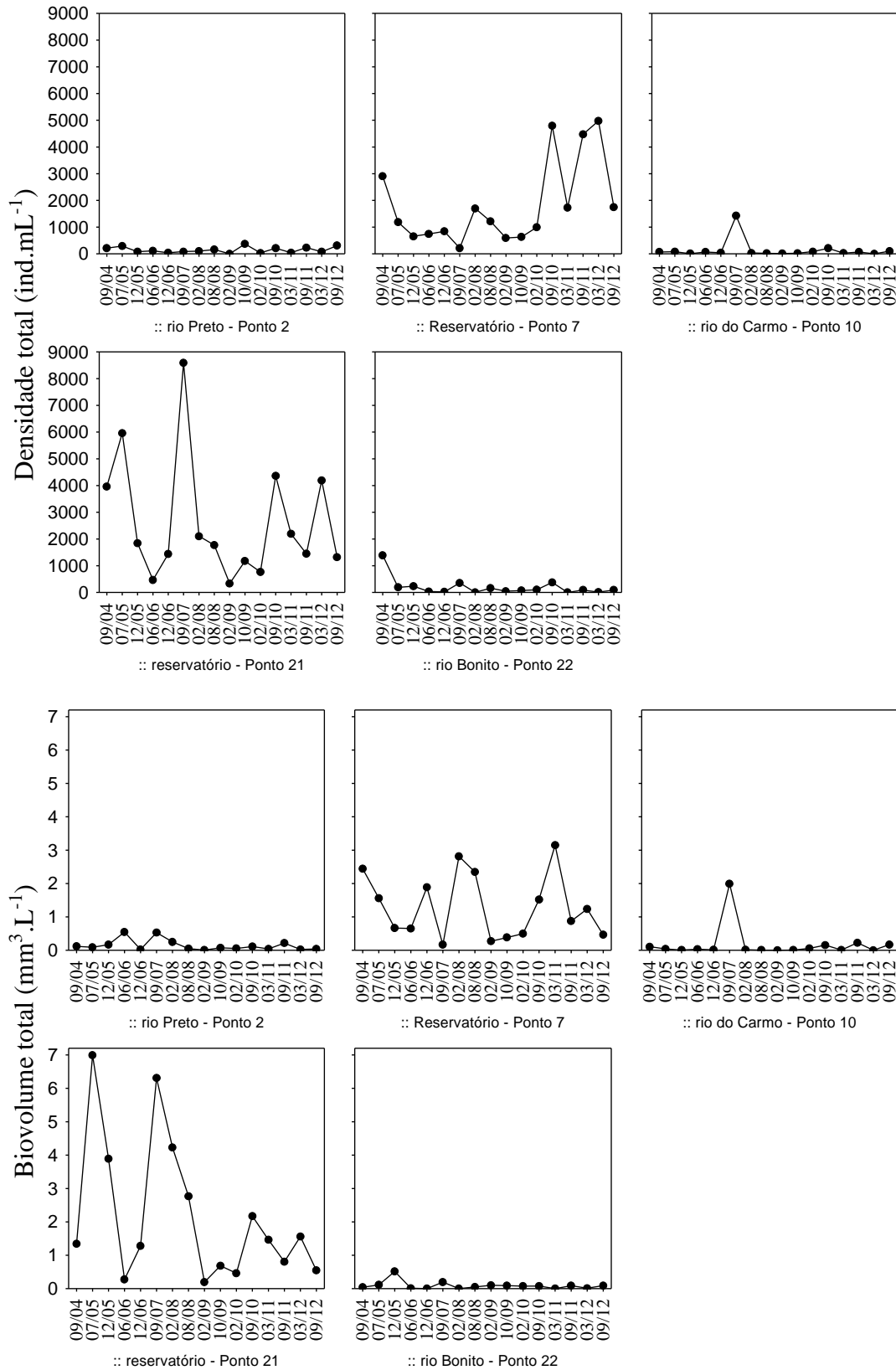
### **Densidade e biomassa fitoplanctônica**

Ao longo do estudo da comunidade fitoplanctônica na área de influência da UHE Cana Brava, têm sido registrados baixos valores de densidade e biomassa nos pontos amostrados na região lótica e elevados valores destes atributos nos pontos amostrados na região lêntica do reservatório, em especial nos pontos 7 e 21 (**Tabela 7, Figura 20**). Maiores valores ocorreram nos meses de seca e os menores no período chuvoso.

Em setembro de 2012, os valores de densidade fitoplanctônica variaram de 91 ind.mL<sup>-1</sup> no ponto 22 a 1754 ind.mL<sup>-1</sup> no ponto 7 (**Figura 20**), com média de 715 ind.mL<sup>-1</sup> por amostra. Os valores de biomassa estiveram entre 0,04 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup> no ponto 2 a 0,55 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup> no ponto 21 (**Figura 20**), com média de 0,26 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup> por amostra. Os valores de biovolume fitoplanctônico permitiram enquadrar as águas do reservatório de Cana Brava como oligotróficas, utilizando os critérios estabelecidos por Vollenweider (1968, apud Lind et al., 1993), para a caracterização trófica dos ambientes. Estes resultados seguiram o verificado na maior parte do período de estudo.

O maior desenvolvimento fitoplanctônico na região lêntica do reservatório pode ser atribuído ao maior tempo de retenção da água e consequente maior estabilidade da coluna de água nesta região. Por outro lado, os menores valores de densidade e biomassa obtidos nos pontos 2, 10 e 22 (**Figura 20**), 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. A alta vazão e a carga de sólidos são os principais fatores que regulam as alterações das variáveis físicas, químicas e da comunidade fitoplanctônica de sistemas lóticos (Chételat et al., 2006; Reynolds, 2006).

Cyanobacteria, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Zygnemaphyceae, Cryptophyceae e Chrysophyceae mostraram maior contribuição aos valores de densidade e biomassa durante o período de estudo. Em setembro de 2012, Cyanobacteria dominou massivamente nos pontos 7 e 21 (**Figura 21**) seguido por Chlorophyceae (**Figura 22**) e Bacillariophyceae (**Figura 23**).



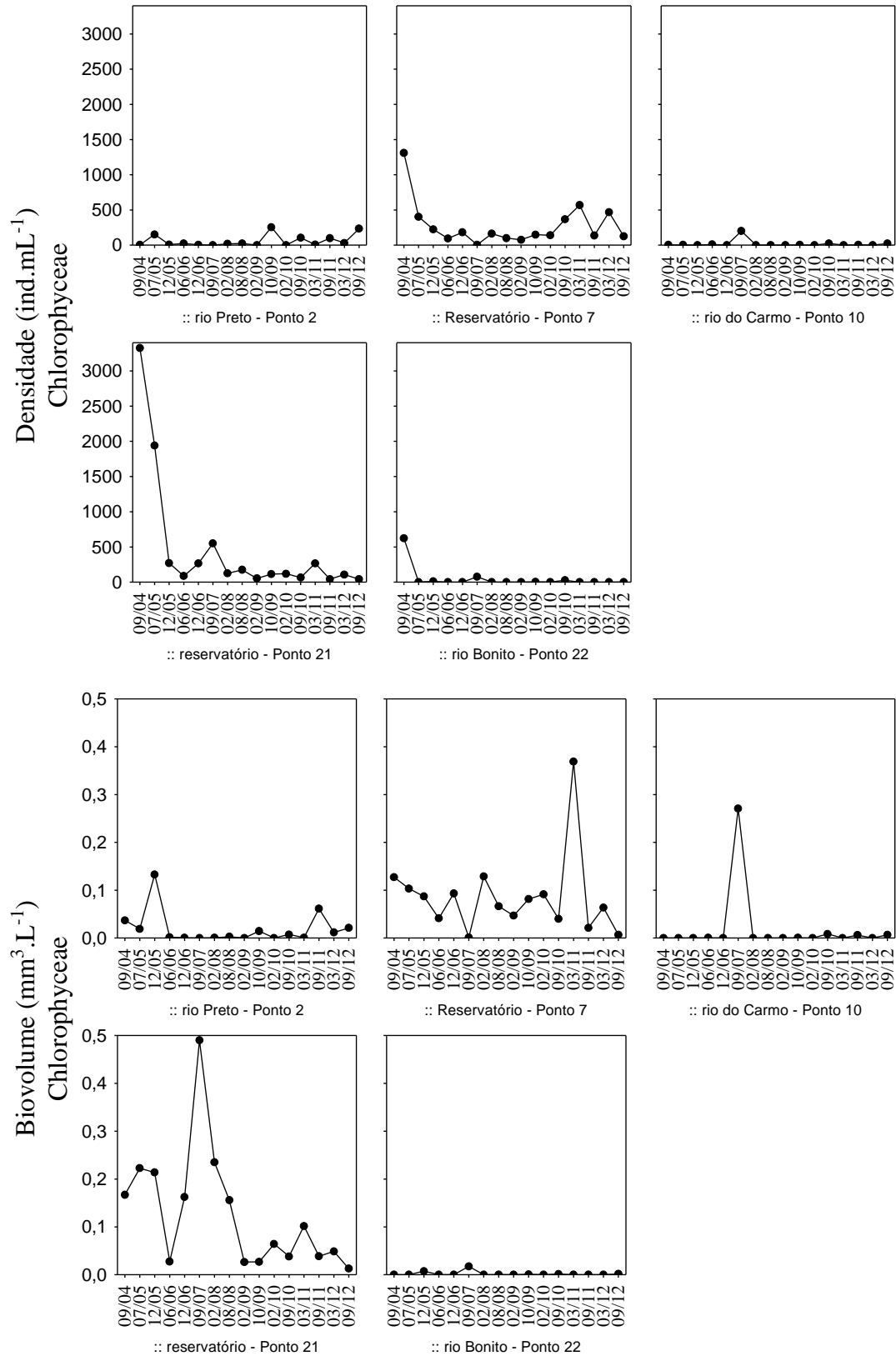
**Figura 20.** Densidade e biovolume fitoplânctônico nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

Como verificado nos meses de estudo anteriores, as cianobactérias foram representadas por coloniais dos gêneros *Cyanoduction*, *Lemmermanniella*, *Snowella* e *Aphanocapsa* e pela filamentosa homocitada *Planktolyngbya limnetica*, os quais possuem pequenas dimensões, o que justifica os baixos valores de biovolume registrados na maior parte do período de estudo.

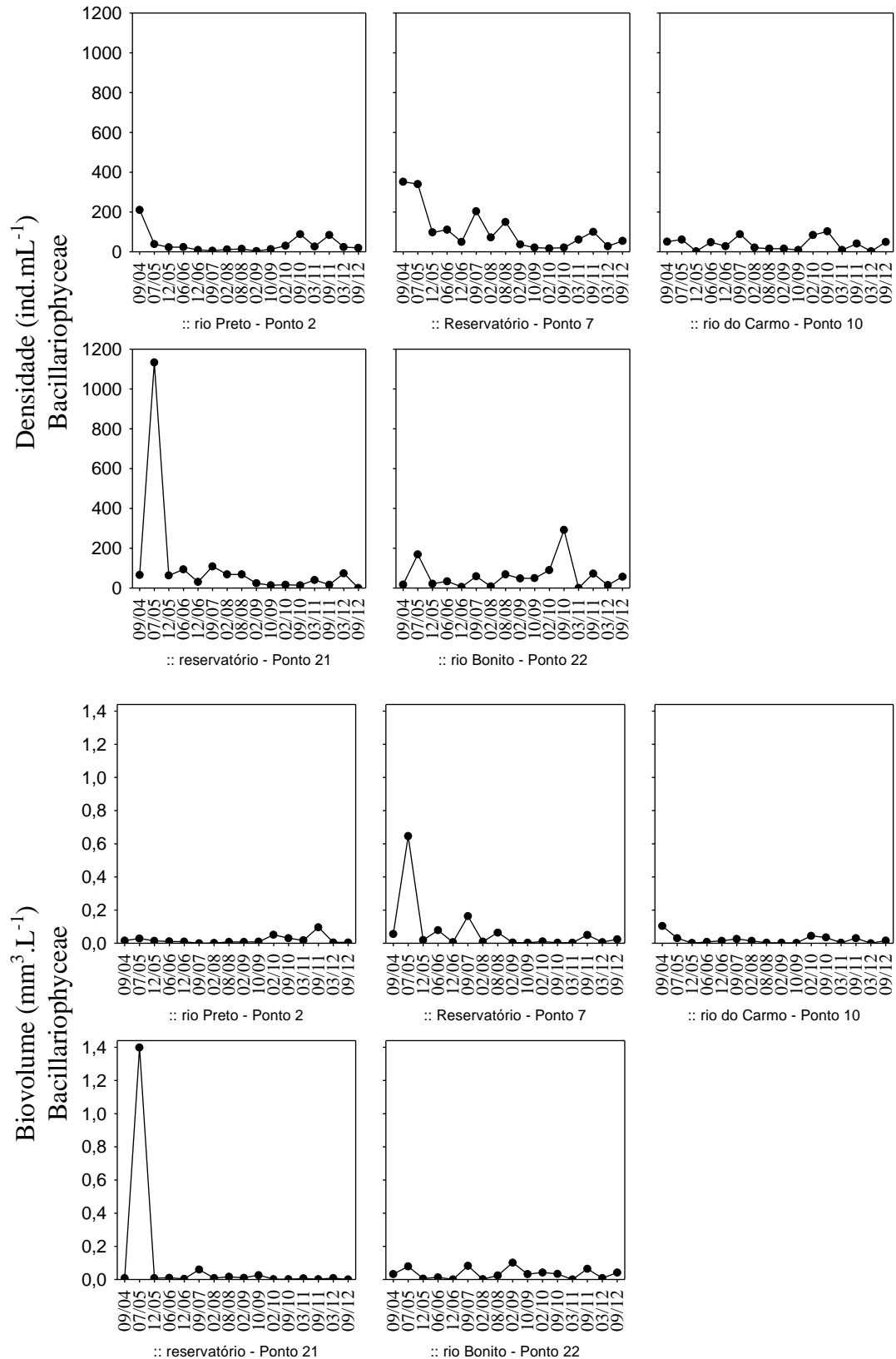
Assim como verificado ao longo do monitoramento, os resultados de biovolume de cianobactérias obtidos em setembro de 2012 possibilitaram o enquadramento das águas dos pontos monitorados na Classe 2 ( $< 5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ), de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

As bacilarófitas apresentaram baixa contribuição em todos os pontos em setembro de 2012, sendo representadas por táxons meroplanctônicos no ponto 21 e ticoplanctônicos nos pontos lóticos, provavelmente relacionado à adaptação que estas apresentam às condições lóticas, devido à alta taxa de crescimento, alta razão superfície-volume e baixo limiar de saturação de luz (Reynolds, 1994; Reynolds e Descy, 1996).





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



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

**Tabela 7.** Densidade (ind.mL<sup>-1</sup>) dos táxons fitoplanctônicos nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava, em (GO), em setembro de 2012.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>					
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.					9
<i>Achnanthes</i> sp.	3				
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>granulata</i>		1			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.					3
<i>Cocconeis</i> sp.					6
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.			17		
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee		42	20		3
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.		1			3
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow					3
<i>Cymbella naviculiformes</i>			3		
<i>Fragilaria capuccina</i>	1				
<i>Fragilaria</i> sp.	3	10			3
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.			1		3
<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & Rumrich					6
<i>Navicula jacobii</i> Manguin	3		3		3
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.					6
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Smth	1				
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	9		3		9
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Comp.			3		
<i>Urosolenia eriensis</i> (Smith) Round e Craw.		1			
<b>CYANOBACTERIA</b>					
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West	14	125		71	
<i>Aphanocapsa elachista</i> W. & West		10		31	
<i>Aphanocapsa holsatica</i>		1		8	
<i>Aphanotece</i> sp.				8	
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemmerm.	3				
<i>Cyanodictyon</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		94		252	
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Wawrik) Hindák		125			
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (W.) Seen. & Sub. Rajú		21			
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis	3				
<i>Geitlerinema</i> sp.					14
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		31		71	
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmerm.) Komárk.-Legn. & Cronb.		31		8	
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek	1				3
<i>Snowella atomus</i> Komárek & Hind	9	1082		795	
<b>CHLOROPHYCEAE</b>					
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turn.) Lem.		1			
<i>Chlamydomonas</i> sp.				1	
<i>Coenochloris planconvexa</i> Hindák	1				
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E. Hegew.	3				
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) Hegew.			3		1
<i>Elakatothrix</i> sp.		1		24	
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek Ssensu Komárek	3			8	
<i>Hindakia tetrachotoma</i> (Printz) C.Bock, Proschold & Krienitz		10	3		
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hindák	3				
<i>Monoraphidium circinale</i> (Nygaard) Nygaard			6		
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárk.-Legn.	3	21	1		
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárk.-Legn.	176	94	1		
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.	23				
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk.- Legn.	6				
<i>Nephrochlamys subsolitaria</i> (GSWest) Korshikov			3		
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	9				
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen			3		
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen	1				
<i>Spermatozopsis exsultans</i> Korschikoff	6				
<i>Sphaerellopsis</i> sp.					1
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Kors.) Bourr.				8	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.				1	
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák			3		
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.		10		8	6
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenb.		10			



Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>					
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	6				
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	12				
<i>Cryptomonas</i> sp.	1		3	8	3
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>					
<i>Actinotaenium perminutum</i> ( G.S. West ) Teil.					3
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.			17		
<i>Cosmarium pyramidatum</i> Breb.					3
<i>Cosmarium sphagnicolum</i> West & West	3	1		8	
<i>Mougeotia</i> sp.			6		
<i>Spirogyra</i> sp.					
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs		10		8	
<b>DINOPHYCEAE</b>					
<i>Peridinium</i> sp1	3	21	1		
<b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>					
<i>Oedogonium</i> sp.			3		

## 8.2. Comunidade Zooplanctônica

### Metodologia

As amostras de zooplâncton foram obtidas logo abaixo da superfície utilizando-se uma moto-bomba. Por amostra, 1000 litros de água foram filtrados 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.

Previamente às análises, as amostras de zooplâncton foram coradas com Rosa de Bengala, a fim de aprimorar a visualização dos organismos nas amostras. Em seguida, foram concentradas em um volume conhecido e variável (75 a 600 mL), considerando a quantidade de organismos e, principalmente, a quantidade de material em suspensão na amostra, que dificultou a visualização dos espécimes na mesma.

A composição zooplanctônica foi avaliada utilizando-se lâminas e lamínulas comuns e microscópio óptico. A abundância da comunidade foi estimada através da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de 05 (cinco) sub-amostras, de 1,5 ml (total de 7,5 ml), obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempell, sendo os resultados de densidade final apresentados em indivíduos por  $\text{m}^3$ . Visto que o método de sub-amostragem não é suficiente para fornecer resultados satisfatórios de riqueza de espécies, após as contagens das sub-amostras, procedeu-se uma análise qualitativa das mesmas. Como riqueza de

espécies, considerou-se o número de espécies presentes em cada unidade amostral (ponto de amostragem).

## **Resultados**

Os resultados de composição do zooplâncton, obtidos para a área de influência do Reservatório de Cana Brava, em setembro de 2012, evidenciaram a ocorrência de 43 táxons, destacando-se neste período os protozoários testáceos e rotíferos, com 15 espécies, seguidos por cladóceros com 9 e copépodes com 4 espécies (**Tabela 8**).

Temporalmente, observa-se novamente, em setembro de 2012, um incremento substancial no número de espécies para a área de estudo (mais de 100%), quando comparado àquele obtido em março (21 espécies). Como discutido em relatórios anteriores, em geral, o que se tem observado para a área de estudo, pelo menos nos últimos períodos de amostragem, são alterações cíclicas no número de espécies para a área de estudo, determinadas pelas variações hidrodinâmicas sazonais, associadas ao regime de chuvas, com uma maior diversidade do zooplâncton no período de estiagem (setembro) e um reduzido número de espécies no período de chuvas (março).

Em relação à composição, observou-se em setembro de 2012 a co-dominância de testáceos e rotíferos em termos de número de espécies (**Tabela 8**), o que evidencia, para este período, a ocorrência de áreas predominantemente lênticas, onde desenvolveram-se populações planctônicas de rotíferos (e também de microcrustáceos), bem como de áreas lóticás, determinando uma elevada diversidade de organismos pseudoplanctônicos como os protozoários testáceos.

**Tabela 8.** 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 setembro de 2012.

GRUPO	FAMÍLIA	ESPÉCIES/ PONTOS	Ponto 2	ponto 7	ponto 10	Ponto 21	Ponto 22	
Testacea	Arcellidae	<i>Arcella dentata</i>				20	1	
		<i>A. discoides</i>	100		520		440	
		<i>A. megastoma</i>			40		20	
	Centropxyidae	<i>Centropxyis aculeata</i>	100		760	20	940	
		<i>C. aerophyla</i>					80	
		<i>C. cassis</i>	1					
		<i>C. discoides</i>					1	
		<i>C. ecornis</i>	20		120		240	
		<i>C. spinosa</i>	20		40			
	Cyclopyxis	<i>Cyclopyxis kahli</i>	1		80		60	
	Diffugiidae	<i>Diffugia corona</i>				40	120	
		<i>D. gramen</i>				1	20	
		<i>D. lobostoma</i>				280	560	
		<i>Diffugia</i> sp.					20	
Lesquereusidae	<i>Lesquereusia spiralis</i>			40		20		
<b>TOTAL TECAMEBAS</b>			<b>242</b>	<b>0</b>	<b>1921</b>	<b>40</b>	<b>2522</b>	
Rotifera	Brachionidae	<i>Brachionus falcatus</i>	20					
		<i>Keratella americana</i>	20	4	1			
		<i>K. cochlearis</i>			1			
		<i>Plathyas quadricornis</i>	20		1			
		<i>Plathyonus patulus patulus</i>	1	3				
	Euchlanidae	<i>Dipleuchlanis propatula</i>	20					
		<i>Euchlanis dilatata</i>				40	40	
	Floscularidae	<i>Pitygura</i> sp.		80				
	Lecanidae	<i>Lecane bulla</i>	1		120		40	
		<i>Lecane curvicornis</i>	1					
		<i>Lecane leontina</i>	1					
	Lepadellidae	<i>Lepadella ovalis</i>			40		40	
	Mytilinidae	<i>Mytilinia ventralis</i>					1	
	Notomatidae	<i>Cephalodella</i> sp.					40	
	Philodinidae	Bdeloidea	20	1	120	20	260	
	<b>TOTAL ROTÍFEROS</b>			<b>104</b>	<b>89</b>	<b>322</b>	<b>20</b>	<b>421</b>
	Cladocera	Bosminidae	<i>Bosmina hagdmani</i>		40			
			<i>Bosminopsis deitersi</i>	760	120	1		
		Chydoridae	<i>Disparalona dadayi</i>	20		1		
<i>Leydigia leydigia</i>			1					
<i>Nicsmirnovilus fitzpatricki</i>							1	
Daphnidae		<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	120	40		3		
		<i>Daphnia gessneri</i>		80		1		
Moinidae		<i>Moina minuta</i>		1				
Sididae		<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	1	1		100	1	
<b>TOTAL CLADÓCEROS</b>			<b>902</b>	<b>282</b>	<b>2</b>	<b>104</b>	<b>2</b>	
copepoda	Cyclopidae	<i>Metacyclops mendocinus</i>	1					
		<i>Thermocyclops minutus</i>		40		120		
		nauplio de Cyclopoida	100	640	1	1480	20	
		Copepodito de Cyclopoida	20	80		480	1	
	Diaptomidae	<i>Argirodiaptomus azevedoi</i>				20		
		<i>Notodiaptomus cearensis</i>		320		200		

GRUPO	FAMÍLIA	ESPÉCIES/ PONTOS	Ponto 2	ponto 7	ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
		Nauplio de Calanoida		1280		260	
		Copepodito de Calanoida		520		340	
		<b>TOTAL CLADÓCEROS</b>	<b>121</b>	<b>2880</b>	<b>1</b>	<b>2900</b>	<b>21</b>

Em relação à composição dos diferentes grupos, em setembro de 2012, destacaram-se, mais uma vez, entre os testáceos, as famílias Arcellidae, Diffugiidae e Centropixidae (**Tabela 8**), famílias estas frequentemente registradas como as mais especiosas de testáceos, em ambientes aquáticos dulcícolas, como rios, lagos e reservatórios (Velho, 1999, Vieira et al., 2007, Lansac-Tôha *et al.*, 2007; Alves et al., 2010).

Para os rotíferos, corroborando o padrão frequentemente registrado em ambientes aquáticos continentais tropicais, observou-se o predomínio das famílias Brachionidae e Lecanidae (**Tabela 8**).

Entre os cladóceros destacaram-se as famílias planctônicas Bosminidae e Daphnidae, e ainda os Chydoridae, tipicamente litorâneos (**Tabela 8**). Tal composição de espécies entre os cladóceros reforça a ideia da ocorrência tanto de áreas predominantemente lênticas como áreas lóticas neste último período de amostragem.

Entre os copépodes, registrou-se em setembro de 2012, a ocorrência de 4 espécies entre os copépodes, sendo duas de diaptomídeos e duas de Cyclopidae (**Tabela 8**).

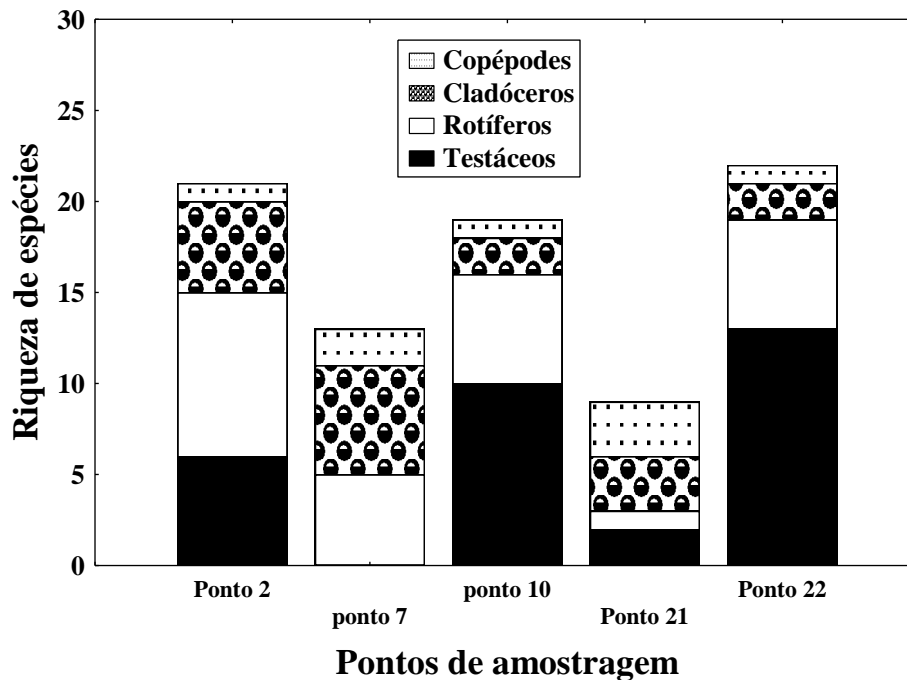
### **Riqueza de espécies**

Os resultados de riqueza de espécies obtidos em setembro de 2012 evidenciaram valores variando entre 9 e 22 espécies (**Figura 24**), com média aproximada de 17 espécies para a área de estudo, sendo este valor médio cerca de 150% maior que aquele registrado em março último.

Temporalmente, assim como para a diversidade gama (número total de espécies) também para a riqueza (diversidade alfa) tem sido registradas alterações sazonais, com maiores valores de riqueza média nos meses de estiagem (setembro), e os menores durante o período de chuva (março).

Espacialmente, maiores valores de riqueza de espécies foram registrados nos pontos 2, 10 e 22, onde observou-se, novamente, o grande

predomínio de testáceos e rotíferos. Por outro lado, os menores valores deste atributo foram verificados nos pontos 7 e 21, caracterizados pela baixa representatividade de rotíferos e protozoários testáceos, e o predomínio de microcrustáceos (**Figura 24**).



**Figura 24.** Variação espacial da riqueza de espécies dos diferentes grupos zooplânctônicos registrados nos pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em setembro de 2012.

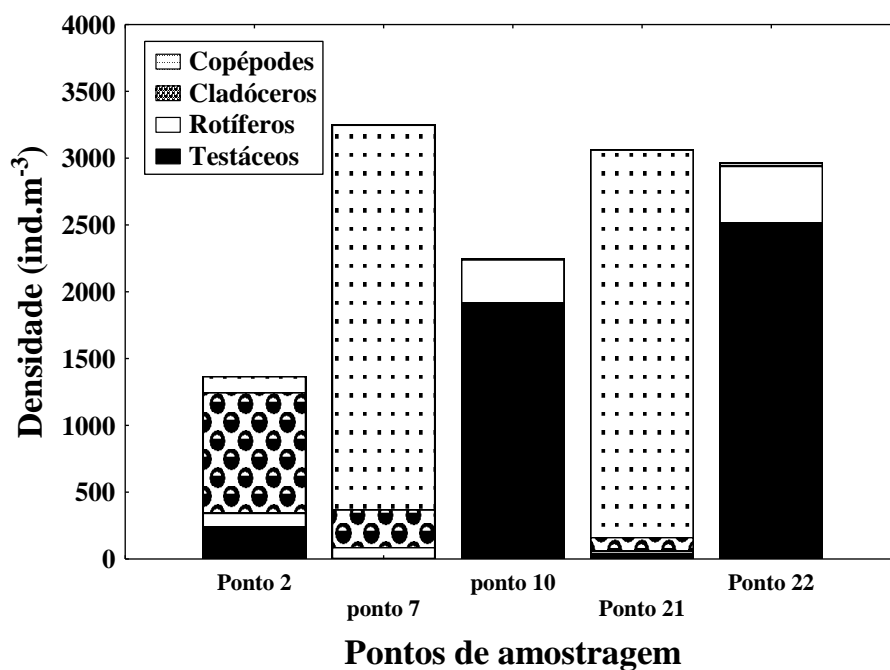
### Abundância

Em setembro de 2012, os valores de densidade do zooplâncton foram bem menos variáveis que aqueles observados em março último, flutuando entre 1.369 e 3.064 ind.m<sup>-3</sup> (**Figura 25**), com uma densidade média aproximada de 2.579 ind.m<sup>-3</sup> para a área de estudo. Temporalmente esse resultado evidencia um novo incremento na densidade do zooplâncton para a área de estudo, duas vezes maior que aquele registrado em março, e muito similar àquela densidade média observada em setembro de 2011.

Apesar deste incremento na densidade no período de estiagem, os valores deste atributo para a área de influência do reservatório de Cana Brava devem ser considerados baixos. Como discutido em relatório anterior, reservatórios com elevado grau de trofia as densidades do zooplâncton

atingem valores muito superiores aos aqui observados, valores estes próximos a 1.000.000 ind.m<sup>-3</sup> (Lansac-Tôha *et al.*, 2005).

Especialmente, foi registrado um padrão inverso ao observado para a riqueza de forma que maiores valores de densidade do zooplâncton foram registrados, novamente, nos pontos predominantemente lênticos, os pontos 7 e 21, onde predominaram os microcrustáceos, especialmente os copépodes, e em setembro último também no ponto 22, onde foi observado um elevado valor de densidade de protozoários testáceos (**Figura 25**). Por outro lado, menores valores de densidade do zooplâncton foram registrados nos pontos 2 e 10, sendo os cladóceros os mais abundantes no primeiro, e os testáceos, assim como no ponto 22, mais abundantes no segundo (**Figura 25**).



**Figura 25.** Variação espacial da abundância dos diferentes grupos zooplanctônicos registrados nos pontos de amostragem do programa de monitoramento do reservatório de Cana Brava, em setembro de 2012.

Considerando-se a contribuição das diferentes espécies para a abundância do zooplâncton, entre os protozoários testáceos, dominantes nos pontos 10 e 22, destacaram-se novamente *Centropyxis aculeata* e *Arcella discoides* (**Tabela 8**).

Entre os rotíferos, que também foram mais abundantes nos pontos 10 e 22, destacaram-se novamente, em setembro de 2012, os bdelóideos (**Tabela 8**).

Para os cladóceros, abundantes principalmente no ponto 2, ressaltam-se as elevadas densidades de *Bosminopsis deitersi* (**Tabela 8**).

Entre os copépodes, grupo dominantes nos pontos caracteristicamente lênticos do reservatório (pontos 7 e 21) destacaram-se, novamente, suas formas jovens (náuplios e copepoditos), tando de ciclopídeos como de diaptomídeos (**Tabela 8**). Como já amplamente discutido em relatórios anteriores, a dominância de náuplios e copepoditos em relação aos adultos é freqüentemente registrada em reservatórios brasileiros (Cabianca & Sendacz, 1985; Lopes *et al.*, 1997; Lansac-Tôha *et al.*, 1999; Serafim Jr, 2002), sendo a produção de um grande número de formas larvais uma estratégia reprodutiva do grupo (Cabianca e Sendacz, 1985).

Para os adultos deste grupo, assim como em períodos anteriores, predominaram novamente os diaptomídeos, representados, principalmente, por *Notodiaptomus cearensis*. Entre os ciclopídeos, destaca-se mais uma vez, a ocorrência de *Thermocyclops minutus* cuja ocorrência e abundância sugere, novamente, um reduzido grau de eutrofização e uma boa qualidade ambiental para a área de influência da UHE Cana Brava.

### **8.3. Comunidade Zoobentônica**

#### **Metodologia**

A amostragem qualitativa e quantitativa dos organismos bentônicos foi realizada com uma draga de Petersen em todos os pontos. O material coletado foi levado ao laboratório e processado utilizando uma série de peneiras com diferentes aberturas de malhas, para facilitar o processo de triagem. Em seguida foi acondicionado em frascos plásticos e fixado com álcool 80%. A análise desse material (triagem, identificação e contagem dos táxons encontrados) foi realizada com estereomicroscópio. Foram utilizadas as seguintes referências bibliográficas para auxílio nas identificações dos táxons: Edmondson (1959), Wiggins (1977), Edmunds Jr. et al. (1979), Wiederholm (1983), Pérez (1987), McCafferty (1988), Peckarsky et al. (1990), Thorp e Covich (1991), Epler (1992), Trivinho-Strixino e Strixino (1995), Merrit e

Cummins (1996), Rosemberg e Resh, (1996) Pes et al. (2005) e Mugnai et al. (2010).

A densidade numérica dos invertebrados bentônicos foi calculada pela área do amostrador Petersen e o resultado expresso em indivíduos por metro quadrado.

## **Resultados**

Em setembro de 2012 foram identificados 23 táxons, semelhante ao registrado neste mesmo período em 2011, onde foram identificados 21 táxons. A composição taxonômica também apresentou-se semelhante, assim como observado entre março de 2011 e março de 2012. Foi verificado um padrão de distribuição entre os períodos seco e chuvoso, demonstrando assim a diferença entre a sazonalidade. Em março a riqueza apresentou-se menor, tanto em 2011 quanto em 2012, quando comparada à riqueza obtida em setembro de 2011 e 2012 (**Figura 26 e Tabela 9**).

Dentre os táxons anotados, destaca-se Chironomidae e Oligochaeta, registrados em todos os locais monitorados (**Tabela 9**). Esses táxons foram os que apresentaram maiores valores de frequência e abundância durante todo o monitoramento da comunidade bentônica realizado no período pós-enchimento do lago s UHE Cana Brava.

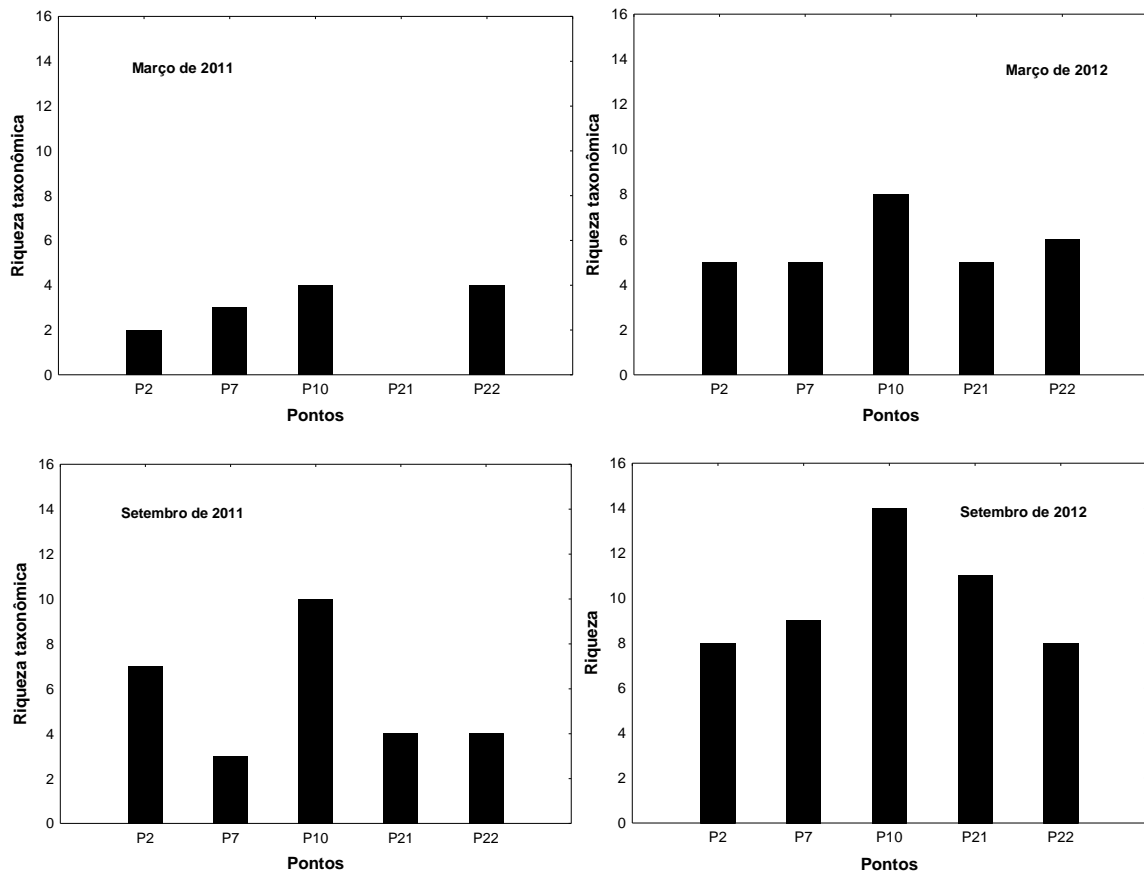
Na fase de operação do reservatório tem sido verificado um padrão de distribuição e composição ao longo das amostragens, geralmente realizadas em março e setembro de cada ano. Nos meses de março tem-se observado uma redução da riqueza de Ephemeroptera e Trichoptera, que são mais sensíveis em relação aos dados obtidos em setembro, onde esses táxons apresentam um aumento significativo da riqueza, especialmente no ponto 10, que é um ambiente lótico e apresenta substrato formado por folhíço e pedra.

Em setembro de 2012 foi verificado um aumento da riqueza taxonômica em relação à setembro de 2011, sendo o maior valor verificado no ponto 10, assim como nas amostragens anteriores (**Figura 26**). O ponto 21, próximo à barragem, além de apresentar riqueza de apenas táxons mais resistentes, registrou o Gastropoda *Melanoides*, que é um molusco invasor que domina os locais onde vive devido ausência de predador natural. Foi verificado um



aumento da densidade desse táxon em relação às amostragens anteriores. Esse local apresenta a maior profundidade dentre os monitorados, por isso a presença de táxons mais resistentes. No ponto 2 também foi verificada a presença de *Melanoides*, que apesar de invasor não causa prejuízo à geração de energia. Geralmente, quando em alta densidade, começa a provocar redução da biodiversidade do local.

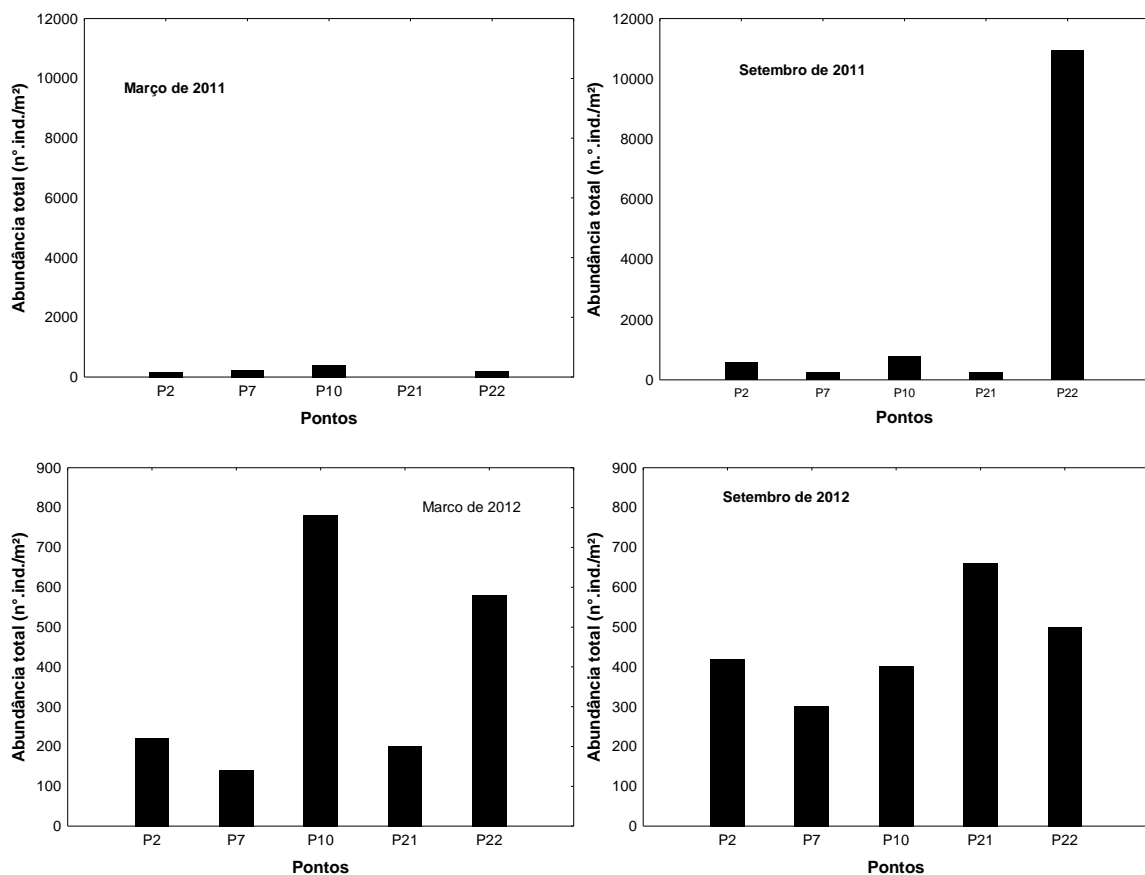
A variação da riqueza taxonômica verificada entre as amostragens deve-se principalmente à sazonalidade, uma vez que sempre no período chuvoso o reservatório em questão apresenta influência de vários tributários o que o torna mais sujeito às alterações físicas impostas pela influência pluvial. Assim, nas amostragens realizadas em março, a riqueza sempre é menor do que a verificada em setembro.



**Figura 26.** Riqueza taxonômica registrada nos locais amostrados, em março e setembro de 2011 e março e setembro de 2012.

Em setembro de 2012 foi verificado o aumento da abundância total em relação à março de 2012, sendo verificada grande semelhança entre o obtido em 2011. Apenas no ponto 22 foi verificada redução significativa da

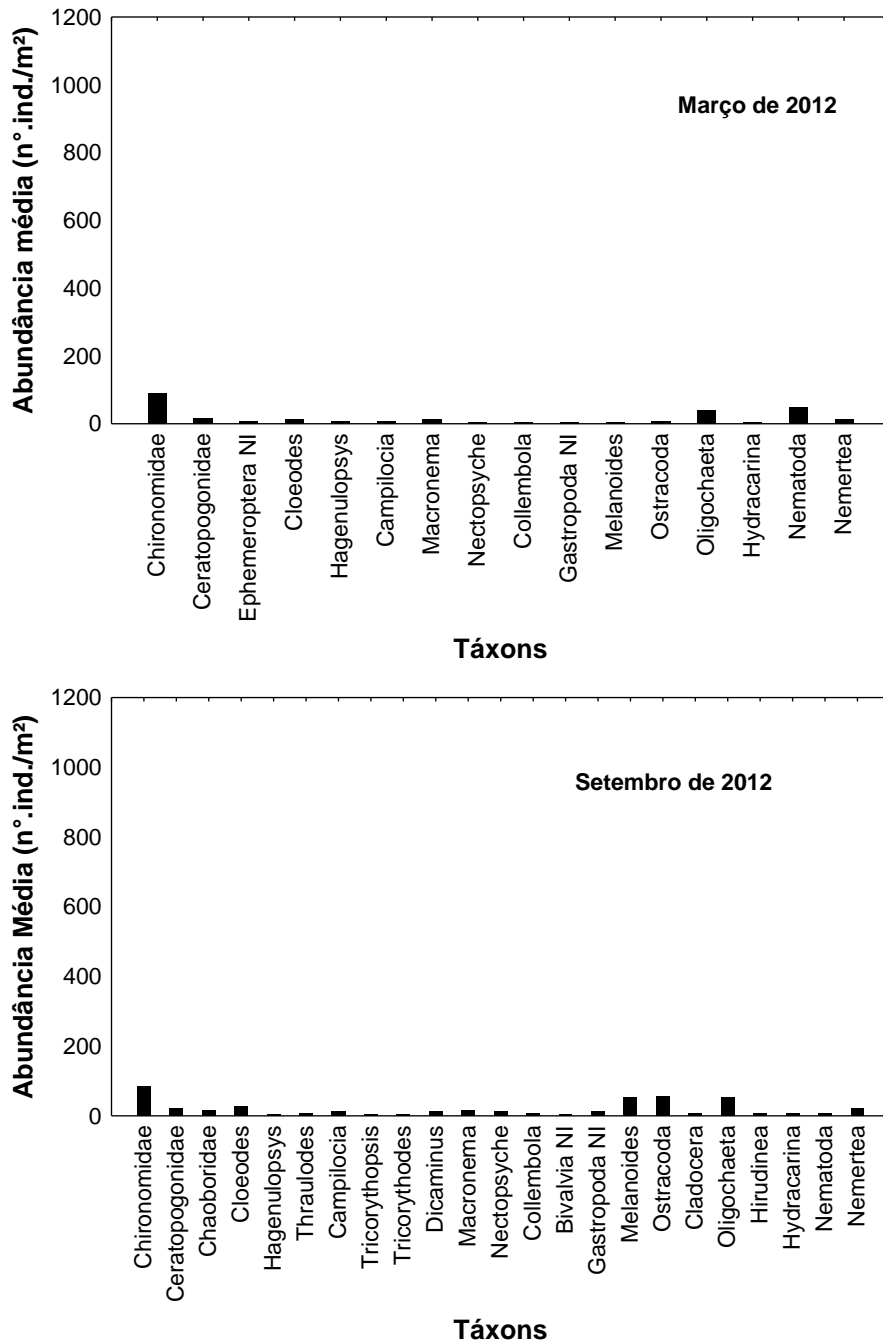
abundância total em relação à setembro de 2011, onde foi registrada uma abundância acima de 10.000 ind./m<sup>2</sup>. O ponto 21 apresentou a maior abundância total em setembro de 2012, devido à maior densidade de *Melanoides* registrada (**Figura 27**). Decorrente da maior densidade desse gênero, este local apresentou o menor índice de equitabilidade, embora ainda alto, o que não caracteriza o local com baixa uniformidade ambiental (**Figura 27 e Tabela 9**).



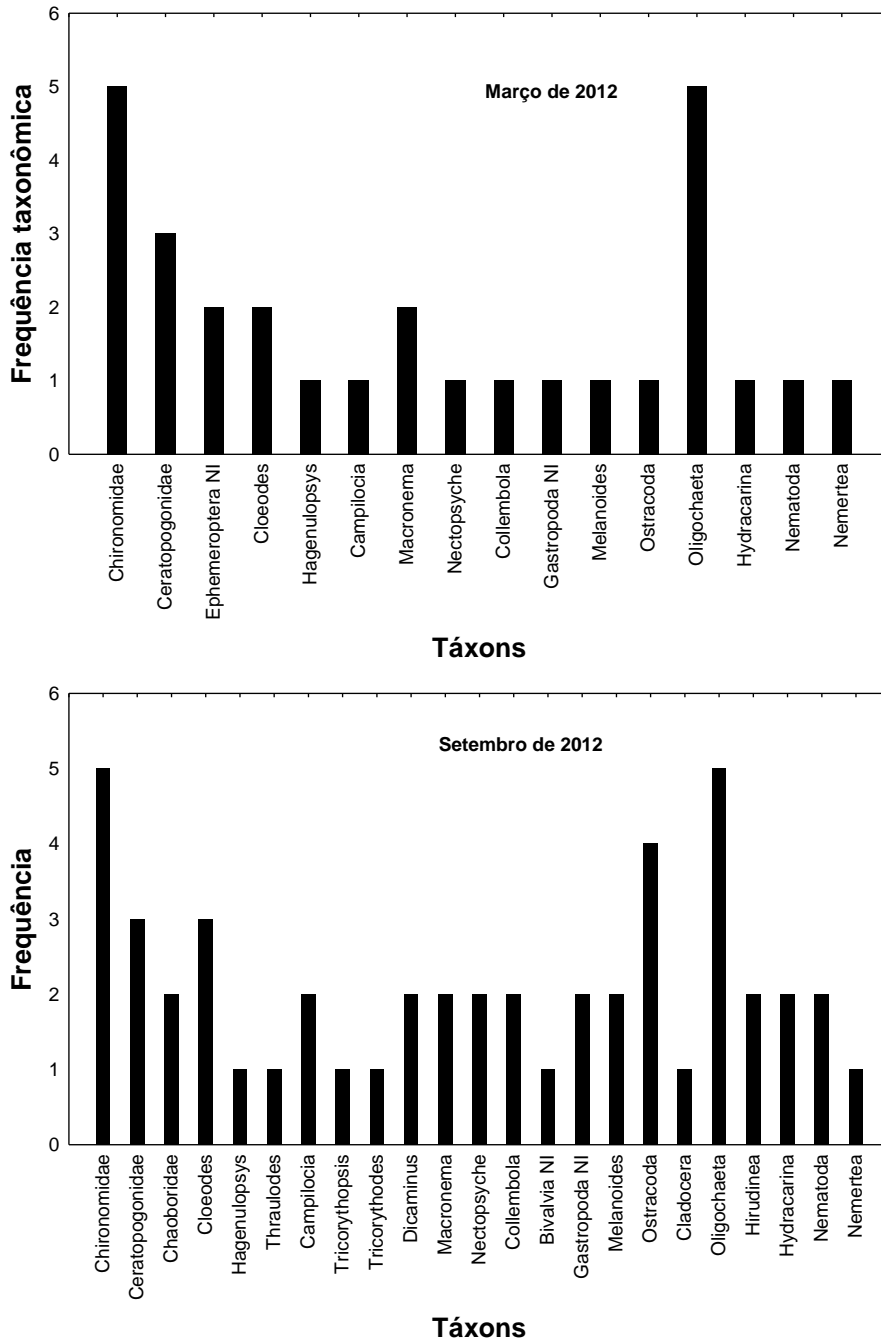
**Figura 27.** Abundância total registrada nos pontos amostrados em março e setembro de 2011 e março e setembro de 2012.

Em setembro de 2012, assim como nas amostragens anteriores, os táxons Chironomidae e Oligochaeta foram os mais frequentes. Chironomidae, *Melanoides*, Ostracoda e Oligochaeta registraram as maiores abundâncias médias (**Figuras 28 e 29**). Chironomidae e Oligochaeta são táxons que se destacam na fauna bentônica de sedimentos lânticos, por participarem do aspecto funcional e estrutural da comunidade (Silva *et al.*, 2009). Além disso, são extremamente resistentes à mudanças que o ambiente possa vir a sofrer,

vivendo tanto em locais poluídos como em ambientes que apresentam ótima qualidade da água.



**Figura 28.** Abundância média dos táxons amostrados em março e setembro de 2012.



**Figura 29.** Frequência taxonômica registrada nos locais amostrados em março e setembro de 2012

Na maioria dos 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 (Merrit e Cummins, 1996), além de servir de abrigo e local para fixação.

**Tabela 9.** Comunidade de invertebrados bentônicos em setembro de 2012.

	P2	P7	P10	P21	P22	Abundância Média	Frequência
<b>Diptera</b>							
Chironomidae	120	40	20	140	100	84	5
Ceratopogonidae	0	20	0	40	40	20	3
Chaoboridae	0	20	0	60	0	16	2
<b>Ephemeroptera</b>							
<i>Cloeodes</i>	80	0	40	0	20	28	3
<i>Hagenulopsys</i>	0	0	20	0	0	4	1
<i>Thraulodes</i>	0	0	40	0	0	8	1
<i>Campilocia</i>	40	0	0	20	0	12	2
<i>Tricorythopsis</i>	0	0	20	0	0	4	1
<i>Tricorythodes</i>	0	0	20	0	0	4	1
<b>Trichoptera</b>							
<i>Dicaminus</i>	40	0	20	0	0	12	2
<i>Macronema</i>	20	0	60	0	0	16	2
<i>Nectopsyche</i>	0	40	0	20	0	12	2
<b>Collembola</b>							
	0	0	20	20	0	8	2
<b>Bivalvia NI</b>							
	0	0	20	0	0	4	1
<b>Gastropoda</b>							
Gastropoda NI	0	20	0	0	40	12	2
<i>Melanoides</i>	20	0	0	240	0	52	2
<b>Ostracoda</b>							
	80	80	40	0	80	56	4
<b>Cladocera</b>							
	0	0	0	40	0	8	1
<b>Anellida</b>							
Oligochaeta	20	40	40	40	120	52	5
Hirudinea	0	20	20	0	0	8	2
Hydracarina	0	0	20	0	20	8	2
<b>Nematoda</b>							
	0	20	0	20	0	8	2
<b>Nemertea</b>							
	0	0	0	20	80	20	1
Abundância Total	420	300	400	660	500		
Riqueza	8	9	14	11	8		
Índice de Shannon	0,903	0,954	1,146	1,041	0,903		
Equitabilidade	0,9	0,938	0,968	0,815	0,92		

Em setembro de 2012 os maiores índices de diversidade foram registrados nos pontos 10 e 21, devido às maiores valores de riqueza registrados nesses locais. A equitabilidade apresentou valores similares entre os locais monitorados, com exceção do ponto 21, que devido ao predomínio de *Melanoides*, registrou uma equitabilidade mais baixa (**Tabela 9**).

Em geral, os pontos do reservatório apresentaram uma estrutura similar, apresentando alterações especialmente decorrentes da sazonalidade. Além disso, tem sido verificado um padrão de composição e estrutura da

comunidade bentônica em relação às amostragens anteriores do período pós-enchimento. É importante mencionar que os táxons da comunidade bentônica registrados na área da UHE Cana Brava são comumente registrados em reservatórios. O monitoramento dessa comunidade é extremamente importante, especialmente para acompanhar o molusco *Melanoides*, que é exótico. É importante mencionar que apesar desse fator não há registro de que esse molusco tenha causado prejuízos à geração de energia elétrica.

O molusco *Limmoperma fortunei* (mexilhão dourado), que causa prejuízos à geração de energia elétrica, não foi verificado até o presente momento.

## **9. Próximas atividades**

Em dezembro de 2012 será realizada a campanha de campo trimestral, onde serão coletadas, somente, amostras de água para as análises físico-químicas.

## 10. Referências

- ALVES, G.M. ; VELHO, LFM ; SIMÕES, NR ; LANSAC-TÔHA, FA. Biodiversity of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats of a lake in the Upper Paraná River floodplain. **European Journal of Protistology**, 46, p. 310-318, 2010.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. São Carlos: RIMA, 2006. 489 p.
- CABIANCA, M.A.A., SENDACZ, S. Limnologia do reservatório do Borba (Pindamonhangaba,SP). II-Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.12, n. 3, p. 86-95, 1985.
- CHÉTELAT, J. *et al.* Potamoplankton size structure and taxonomic composition: Influence of river size and nutrient concentrations. **Limnology Oceanography**, 51(1, part 2): 681–689, 2006.
- CODD, G.A. et al. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. **Toxicol. and Applied Pharm.**, v. 203, p. 264-272, 2005.
- EDMUNDS Jr., G.F.; JENSEN, S.L.; BERNER, L. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, 1979. 330 p.
- EPLER, J. H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida**. Florida, USA, 1992.
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência – FINEP, Rio de Janeiro, 1998. 575p.
- FERNÁNDEZ, H. R., DOMINGUEZ (eds.). **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, 282p, 2001.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. (IBP Handbook, no. 8) 214 p.
- KALFF, J. **Limnology**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 592 p.

- LANSAC-TOHA, F.A. *et al.* 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. cap. 12, p. 347-74, 1999.
- LANSAC-TOHA, F.A. *et al.* 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, 2004. p. 75-84.
- LANSAC-TOHA, F.A., *et al.* Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. **Acta Scientiarum**, v. 29, p. 63-74, 2007.
- LIND, O.T., *et al.* Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In STRASKRABA, M., *et al* (eds). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Kluwer Academic Press, Netherlands, 1993. p. 57-67.
- LOPES, R.M. *et al.* Comunidade zooplanctônica do Reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. (ed.). **Reservatório de Segredo**: bases ecológicas para o manejo. Maringá: Eduem. 1997. Cap. 3, p. 39-60.
- MACKERETH, F.Y.H.; HERON, J.G.; TALLING, J.J. **Water analysis some revised methods for limnologist**. Ambleside: Freshwater Biological Association, 1978. (Freshwater Biological Association. Scientific Publication, v. 36) 120 p.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton Univ. Press, New Jersey, 179p., 1988.
- MCCAFFERTY, W.P. **Aquatic entomology**. Ed. Jones and Bartlett Publishers, Boston, USA, 1988.
- MERRITT, R.W., CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, USA, 1996.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L., BAPTISTA, D.F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Technical Books, 2010. 176p.
- NESSIMIAN J.L., CARVALHO A.L. Ecologia de Insetos Aquáticos. **Séries Oecologia Brasiliensis**, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.



- PECKARSKY, B.L., FRAISSINET, P.R., PENTON, M.A., CONKLIN Jr., D.J. **Freshwater macroinvertebrates of northeastern North America.** Cornell University Press, USA, 1990.
- PÉREZ, G.R. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.** Colombia, 1987.
- PES, A.M.O., HAMADA, N., NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 181-204, 2005.
- REYNOLDS, C.S. The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. **Hydrobiologia**, 289: 9-22, 1994.
- REYNOLDS, C.S. *The Ecology of Phytoplankton.* University Press, Cambridge, 2006.
- REYNOLDS, C.S., DESCY, J.P. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. **Archiv für Hydrobiologie/Suppl. band 113(1-4):** 161-187, 1996.
- REYNOLDS, C.S. *et al.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **J. Plankton Res.**, v. 24, n. 5, 417-428, 2002.
- ROSEMBERG, D.M.; RESH, V.M. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** London: Chapman & Hall, 1996. 488 p.
- SENDACZ, S. *et al.* Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.12, p.187-207, 1985.
- SERAFIM-JUNIOR, M. **Efeitos do represamento em um trecho do rio Iguaçu sobre a estrutura e dinâmica da comunidade zooplanctônica.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- SILVA, F.L, SILVEIRA, A.L, TALAMONI, B., RUIZ, S.S. Temporal variation of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in the Batalha River, Midwestern São Paulo State, Brazil. **Ciência et Praxis** v. 2, n. 3, 2009.
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, p. 1331-1346, 2003.

- THORP, J.H., COVICH, A.P. **Ecology and classification of North American freshwater invertebrates**. Academic Press, Inc. EUA, San Diego, USA, 1991.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos/Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, São Carlos, São Paulo, Brasil, 1995.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. **Mitt. int. Verein. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VELHO, L.F.M. *et al.* Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton on the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 411, p.103-113, 1999.
- VELHO, L.F.M., *et al.* Distribuição longitudinal da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: RODRIGUES, L., *et al.* (eds). **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RIMA, 2005. p. 129-140.
- VIEIRA, L.C.G. *et al.* Influence of spatial complexity on the abundance and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. **Archiv für Hydrobiologie**, v.170, p. 77-85, 2007.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.
- WIEDERHOLM, T. **Chironomidae of the Holartic Region**. Keys and Diagnoses. Part. 1 Larvae. Montala. Borgströms Tryckeri AB, (Entomologica Scandinavica, supplement 19), 1983.
- WIGGINS, G.B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. University of Toronto Press, 1977. 393 p.

**ANEXO I .** Resultados obtidos no monitoramento realizado em setembro de 2012, na área de influência da UHE Cana Brava. Os valores destacados em vermelho referem-se a resultados fora do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		29	30	30	30	30	30	30	28	30	30	30	30	28
Temperatura da água (°C)	S	25	27,1	26,2	26	27,8	28,1	27	27	28	28	28	28,4	26
	M	27			26							28	27	
	F	26			26							28	27	
Transparência da água (m)		2,8	1,8	1,6	3,5	4	3,5	0,5		3,5	3,5	4	4	
Turbidez (NTU)	S	1,95	2,13	2,34	2,1	1,63	1,56	1,98	2,27	1,44	1,32	1,13	1,36	2,64
	M	1,64			1,78							0,98	1,27	
	F	1,45			1,12							1,05	0,97	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	S	5,68	6,64	7,3	5,58	6,45	6,74	7,7	5,08	7,24	8,55	7,23	7,34	5,18
	M	4,73			4,75							5,62	5,03	
	F	4,65			4,75							4,46	4,22	
pH	S	8	8	8	7,8	7,8	8	8,1	8,1	8,1	8,2	8	7,8	8
	M	7,8			7,8							7,8	7,8	
	F	7,8			7,8							7,9	7,8	
Condutividade elétrica	S	87	50	52	83	81	80	120	88	85	86	80	87	200
	M	87			90							86	101	
	F	85			90							91	92	
STD (mg/L)	S	46	25	27	43	43	42	65	47	35	43	42	46	103
	M	45			45							45	51	
	F	45			45							48	48	
Alcalinidade (mg/L)	S	45	36	36	49	55	49	65	46	45	47	46	43	90
	M	46			50							45	44	
	F	47			48							49	50	
CO <sub>2</sub> livre (mg/L)	S	0,90	0,72	0,72	1,55	1,74	0,98	1,03	0,73	0,71	0,59	0,92	1,36	1,80
	M	1,46			1,58							1,43	1,39	
	F	1,49			1,52							1,23	1,58	
CO <sub>2</sub> total (mg/L)	S	40,50	32,40	32,40	44,67	50,14	44,10	58,23	41,21	40,31	41,95	41,40	39,20	81,00
	M	41,94			45,58							41,03	40,11	
	F	42,85			43,76							44,35	45,58	

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Cloretos (mg/L)	S	1	<0,5	<0,5	2,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2	<0,5	<0,5	2,5	2,5
	M	<0,5			2,5							<0,5	2,5	
	F	<0,5			3,5							<0,5	2,5	
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	<0,001
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
Ferro total (mg/L)	S	0,17	0,13	0,2	0,13	0,2	0,09	0,27	0,18	0,11	0,08	0,08	0,06	0,24
	M	0,22			0,25							0,15	0,12	
	F	0,31			0,23							0,13	0,14	
Orto-fosfato (mg/L)	S	<0,001	0,007	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	0,009	0,004	0,008	<0,001	0,003	0,002	0,033
	M	<0,001			0,002							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
Fósforo total (mg/L)	S	0,018	0,012	0,003	0,005	<0,001	<0,001	0,01	0,007	0,008	<0,001	0,003	0,002	0,045
	M	<0,001			0,002							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			0,001							<0,001	<0,001	
Nitrato (mg/L)	S	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4
	M	<0,1			<0,1							<0,1	<0,1	
	F	<0,1			<0,1							<0,1	<0,1	
Nitrito (mg/L)	S	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,022
	M	0,006			0,004							0,004	0,004	
	F	0,003			0,003							0,004	0,004	
N-amoniaco (mg/L)	S	0,12	0,16	0,27	0,14	0,36	0,18	0,21	1,15	0,23	0,27	0,33	0,36	0,65
	M	0,04			0,07							0,13	0,39	
	F	0,31			0,51							0,26	0,44	
Nitrogênio total (mg/L)	S	0,123	0,162	0,373	0,244	0,363	0,283	0,213	1,153	0,333	0,274	0,334	0,364	1,272
	M	0,046			0,074							0,134	0,394	
	F	0,313			0,513							0,264	0,444	
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	S	1,9	1,2	1,0	0,6	0,6	1,0	1,2	1,1	0,8	1,1	1,4	1,5	2,1

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Óleos e graxas (mg/L)	S	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.	V.A.
Coliformes totais	S	2800	700	16000	2200	2800	2100	4300	1700	320	480	790	480	>16000
Coliformes termotolerantes	S	<18	20	68	<18	<18	<18	210	18	<18	<18	<18	<18	>16000

*Juliana Machado do Couto Curti*

---

**Biól. MSc. Juliana Machado do Couto Curti**  
**Diretora Técnica**  
**CRBio n° 30921/D**

**Life Projetos Limnológicos**  
**[www.lifelimnologia.com.br](http://www.lifelimnologia.com.br)**

Fone/Fax: (62) 3223 1530

Rua 14A nº 99  
CEP 74070-110 Setor Aeroporto  
Goiânia - Goiás - Brasil

