

PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO – UHE CANA BRAVA



Tractebel Energia
GDF SVEZ

Relatório Técnico Referente à
Campanha de Monitoramento
- Março de 2013

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
Bióloga Lívia Ferreira e Silva
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	26
5.1.3. Perfil vertical dos pontos 20 e 21	27
6. Índice de Qualidade da Água (IQA)	29
7. Análise de mercúrio no sedimento	31
8. Comunidades Biológicas	34
8.1. Comunidade Fitoplanctônica	34
8.2. Comunidade Zooplanctônica	48
8.3. Comunidade Zoobentônica	49
9. Próximas Atividades	49
10. Referências	50
ANEXO I – Resultados obtidos no monitoramento realizado em março de 2013	54

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 março de 2013, 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 março de 2013, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. As seguintes não conformidades foram observadas:

- concentração de oxigênio dissolvido inferior a 5,0 mg/L nos pontos 1 (foz do córrego Florêncio) e 19 (Praia de Minaçu - parte externa);
- valor de turbidez superior a 100 NTU no ponto 22 (localizado no rio Bonito);
- concentração de fósforo total superior a 0,05 mg/L no ponto 22;
- concentração de DBO₅ superior a 5,0 mg/L no ponto 22.

Comparando com os meses anteriores de 2012, foi possível verificar que os maiores valores de turbidez, ferro total, fósforo total e nitrogênio total, foram registradas durante o período de chuvas (por exemplo, março de 2012,

dezembro de 2012 e março de 2013), quando ocorre maior escoamento superficial do ambiente terrestre para o sistema aquático. No entanto, mesmo considerando esses maiores valores, a maior parte dos parâmetros analisados nesse mês também se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005

De maneira geral, em março de 2013 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_5 , além de baixos valores de densidade de coliformes termotolerantes (como algumas exceções no ponto 22 – rio Bonito).

Assim como registrado em meses anteriores, o ponto 22 (situado no rio Bonito) apresentou os maiores valores de ferro total, sulfato, sulfeto, fósforo, nitrogênio total, DBO_5 e densidade de coliformes termotolerantes, demonstrando a influência antrópica sobre esse ambiente.

Os valores de IQA foram elevados ao longo dos meses monitorados em 2012 e março de 2013. Em março de 2013, o menor valor de IQA foi registrado no ponto 22 (localizado no rio Bonito, classificado como “Aceitável”), tendo em vista os elevados valores de turbidez, fósforo total, nitrogênio total e DBO_5 nesse local.

Perfil vertical

Em março de 2013, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a $1,2^\circ\text{C}$ no ponto 20 e $1,0^\circ\text{C}$ no ponto 21. Tais diferenças foram inferiores àquelas registrada em março de 2012 ($3,1^\circ\text{C}$ no ponto 20), junho ($1,6^\circ\text{C}$ no ponto 21) e setembro de 2012 ($1,4^\circ\text{C}$ no ponto 21), indicando a ausência de estratificação térmica nesse mês. Em dezembro de 2012 também foi registrada uma pequena diferença nos valores de temperatura mensurados ($0,8^\circ\text{C}$ no ponto 20 e $1,1^\circ\text{C}$ no ponto 21).

A análise das concentrações de oxigênio dissolvido demonstrou valores inferiores a $5,0 \text{ mg/L}$ a partir de 5 metros de profundidade no ponto 20 e a partir de 4 metros de profundidade no ponto 21, com o mínimo de $3,0 \text{ mg/L}$ no fundo do ponto 21. 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.

Além disso, foi observado similaridade nos valores dos parâmetros analisados entre as profundidades de coleta, como por exemplo, pH, condutividade elétrica, turbidez e nutrientes (análise dos valores em 03 profundidades de coleta nos pontos 1, 6, 20 e 21).

Características do sedimento

Em março de 2013, o sedimento analisado no reservatório da UHE Cana Brava apresentou concentrações de mercúrio abaixo do esperado para ambientes poluídos, assim como observado em março e setembro de 2012.

Comunidade fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência da UHE Cana Brava em março de 2013 mostrou alta complexidade taxonômica, sendo registrados 67 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 março de 2013, como também verificado para os meses anteriores de estudo.

Em março de 2013, foram verificados altos valores de riqueza de espécies nos pontos 7 e 21, localizados na região lântica do reservatório e baixo número de táxons nos pontos situados nos tributários, os quais apresentam características lóticas. De acordo com os critérios estabelecidos por Vollenweider os resultados de biovolume obtidos para o reservatório de Cana Brava em março de 2013 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 (Brasil, 2005). Todavia, o

registro de táxons toxigênicos é preocupante, pois o aumento de cianobactérias em condições de estabilidade da coluna de água e disponibilidade de nutrientes tem causado problemas em muitos reservatórios brasileiros, dentre eles a diminuição da biodiversidade e o aumento dos custos para o gerenciamento.

Comunidade zooplanctônica

Os resultados serão entregues posteriormente.

Comunidade zoobentônica

Os resultados serão entregues posteriormente.

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 março de 2013, 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 21 de março de 2013.

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**).

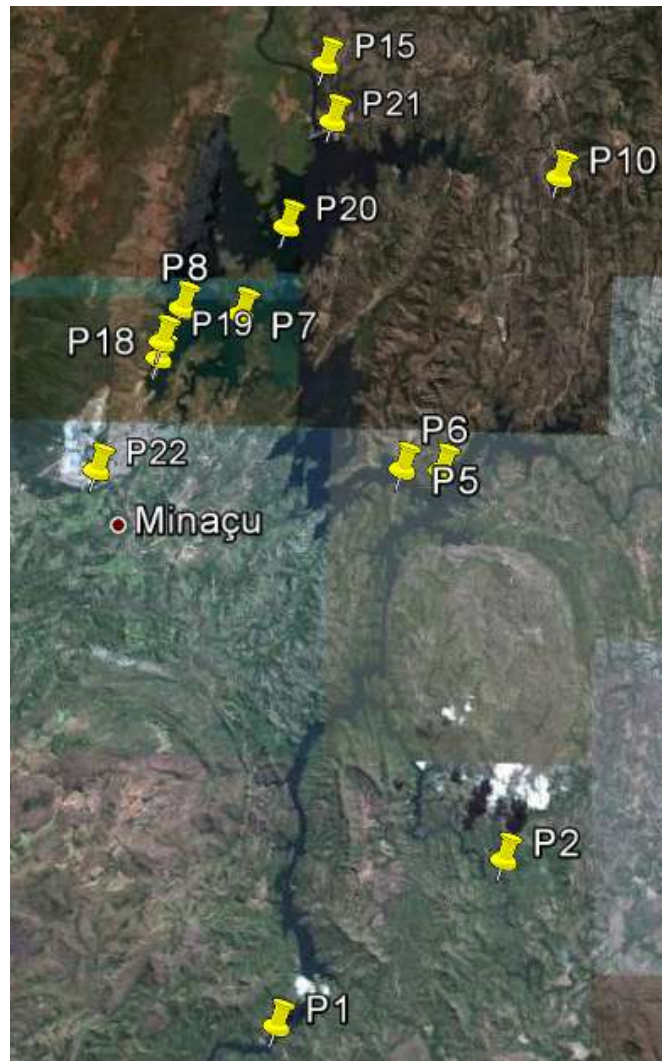


Figura 1. Pontos de coleta localizados na área de influência da UHE Cana Brava.

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⁻ B, Standard Methods, 2005);
- Coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*: método dos tubos múltiplos;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): 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-NO₃-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-NO₂-B, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio amoniacal: método fenol, e posterior leitura em espectrofotômetro a 655 nm (Método 4500-NH₃ 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

Em março de 2013, os valores de temperatura do ar foram, em média, iguais a 27,2°C (**Figura 2a**). Os valores da temperatura da água variaram entre 24,8°C e 31,7°C (média igual a 28°C), sendo similar aos valores registrados em dezembro de 2012 (**Figura 2b**).

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 (1,2°C) foi obtida no ponto 20 (localizado no meio do reservatório) (**Figura 2c**). Tal diferença foi inferior àquela registrada em março de 2012 (3,1°C no ponto 20), junho de 2012 (1,6°C no ponto 21) e setembro (1,4°C no ponto 21), indicando a ausência de estratificação térmica nesse mês. Em dezembro, a maior diferença entre os valores de temperatura mensurados no epilímnio e hipolímnio também foi pequena (1,1°C no ponto 21).

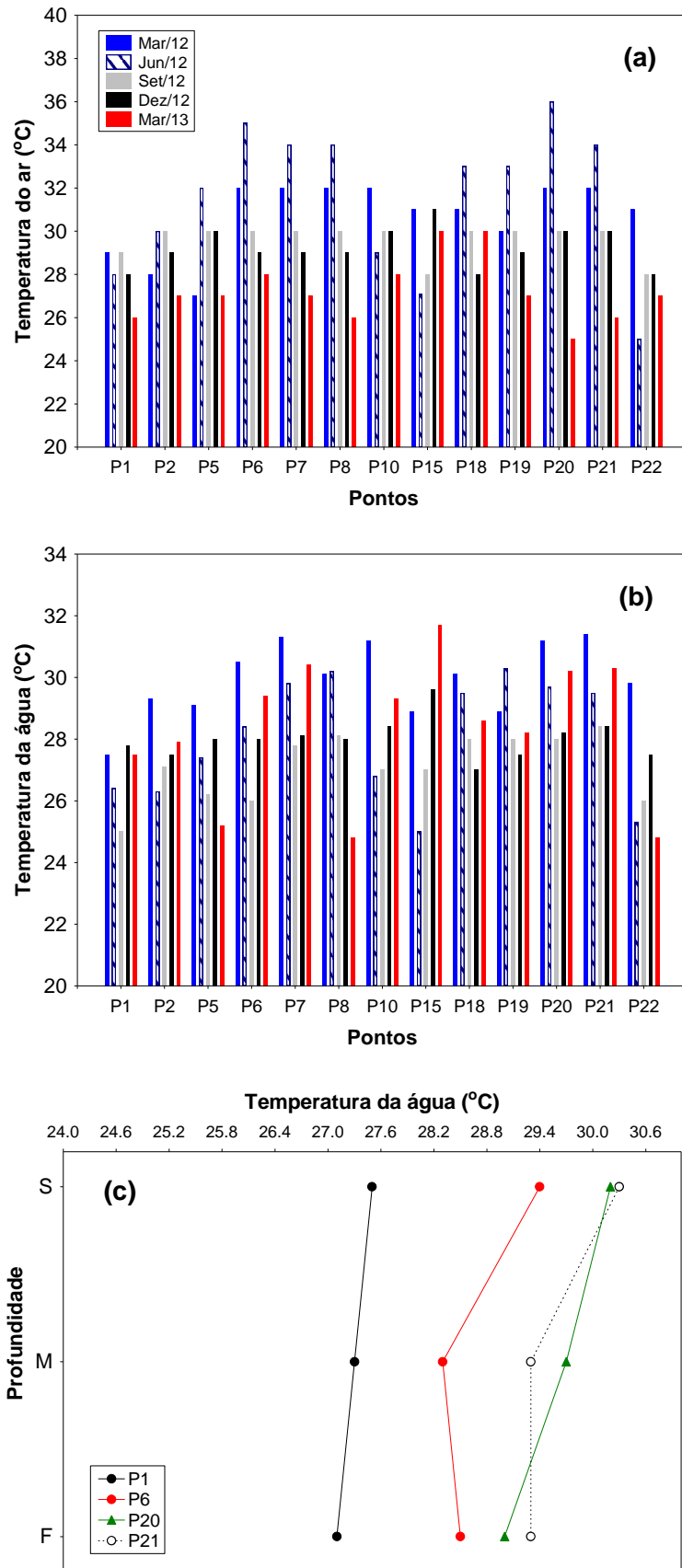


Figura 2. Valores de temperatura do ar (a) e da água (b) nos 13 pontos de coleta, mensurados entre março de 2012 e março de 2013 (a) e perfil vertical da temperatura da água nos pontos localizados no interior do reservatório (b), em março de 2013.

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 março de 2013, as concentrações deste gás na superfície da coluna da água variaram entre 3,9 mg/L (ponto 1 – foz do córrego Florêncio) e 7,1 mg/L (ponto 15 – jusante da barragem) (**Figura 3a**). Nesse mês, os pontos 1 e 19 (Praia de Minaçu - parte externa) apresentaram concentrações de oxigênio inferiores ao limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas da classe 2 (5,0 mg/L). A porcentagem de saturação de oxigênio também foi elevada na superfície da 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 5,9 mg/L na superfície; 3,9 mg/L no meio e 3,12 mg/L no fundo dos pontos de coleta) (**Figura 4**). 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 4a e 4b**). Concentrações de oxigênio abaixo de 5,0 mg/L foram registradas no meio da coluna da água e no fundo de todos os locais analisados (pontos 1, 6, 20 e 21). De fato, o ponto 1 (foz do córrego Florêncio) apresentou baixas concentrações desse gás ao longo de toda a coluna de água. Baixas concentrações de oxigênio que são frequentemente mensuradas no ponto 1.

Além disso, 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.

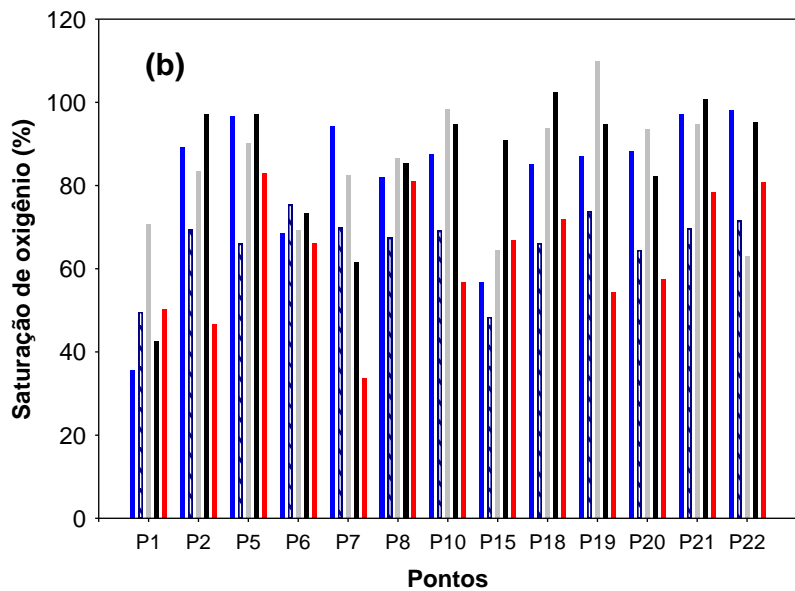
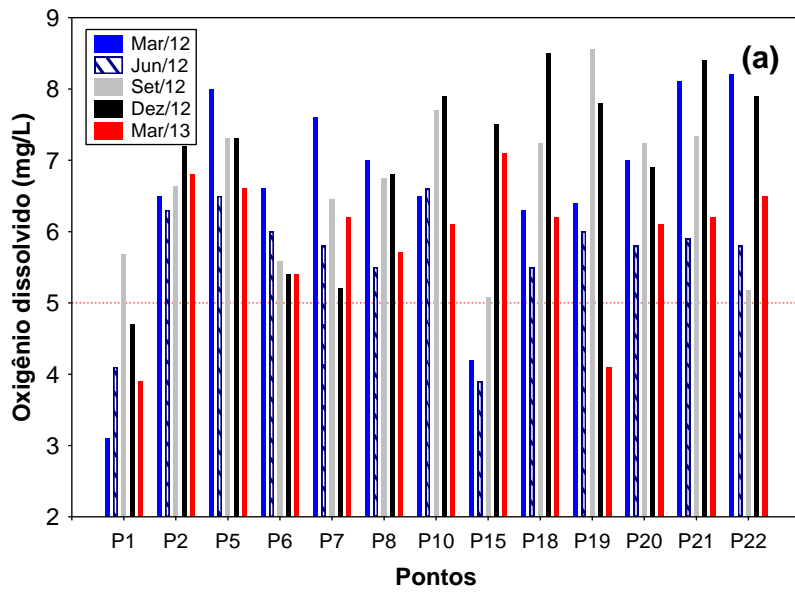


Figura 3. Concentrações de oxigênio dissolvido (a) e porcentagem de saturação de oxigênio (b) mensurados entre março de 2012 e março de 2013.

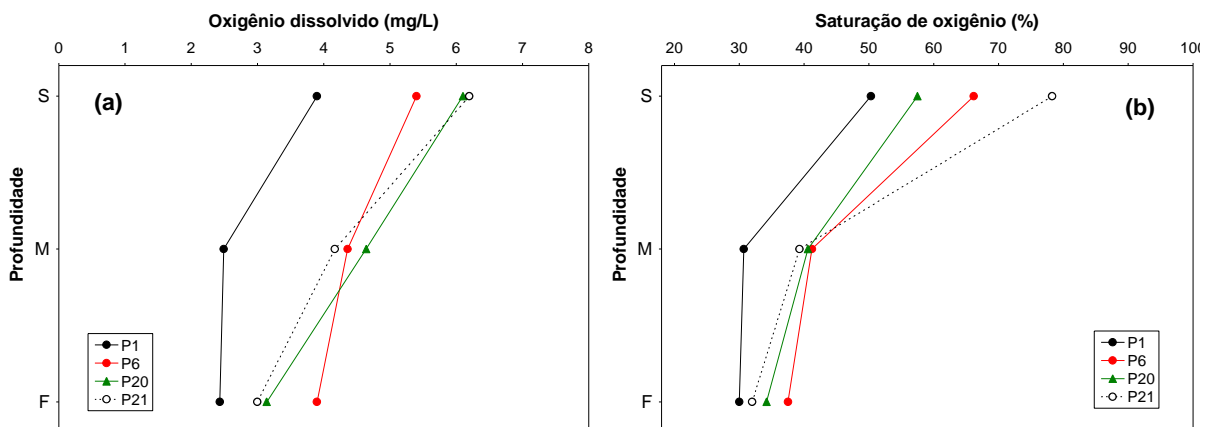


Figura 4. Perfil vertical das concentrações de oxigênio dissolvido (a) e saturação de oxigênio (b) em março de 2013.

Variáveis indicadoras de luminosidade subaquática

Em março de 2013, 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; 4,2 metros) foi registrada no ponto 20, localizado no meio do reservatório (**Figura 5a**). Em média, os menores valores de transparência da água foram registrados em março de 2012 e março de 2013 (média igual a 2,08 metros e 1,7 metros; respectivamente).

De maneira similar aos demais meses, foram registrados baixos valores de turbidez, no trecho estudado, variando entre 0,74 NTU e 542 NTU (ponto 22 -rio Bonito) (**Figura 5b**). Tais valores foram superiores aqueles registrados nos meses anteriores, monitorados em 2012, tendo em vista, principalmente, o valor extremamente alto de turbidez registrado no ponto 22 (média igual a 7,96 NTU em março de 2012; 3,11 NTU em junho; 1,83 NTU em setembro; 10,76 NTU em dezembro e 55,37 NTU em março de 2013). No entanto, ressalta-se a elevada transparência da água na maior parte dos pontos de coleta ao longo de todo o período de monitoramento. Em março de 2013, somente o ponto 22 apresentou valor de turbidez superior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU). Nos demais locais, os valores foram significativamente inferiores ao referido limite, assim como registrado nos meses anteriores de monitoramento.

Considerando a análise do perfil vertical, não houve diferença significativa entre as profundidades de coleta (**Figura 6**), ou seja, também foram registrados baixos valores de turbidez no meio e fundo da coluna da água do reservatório.

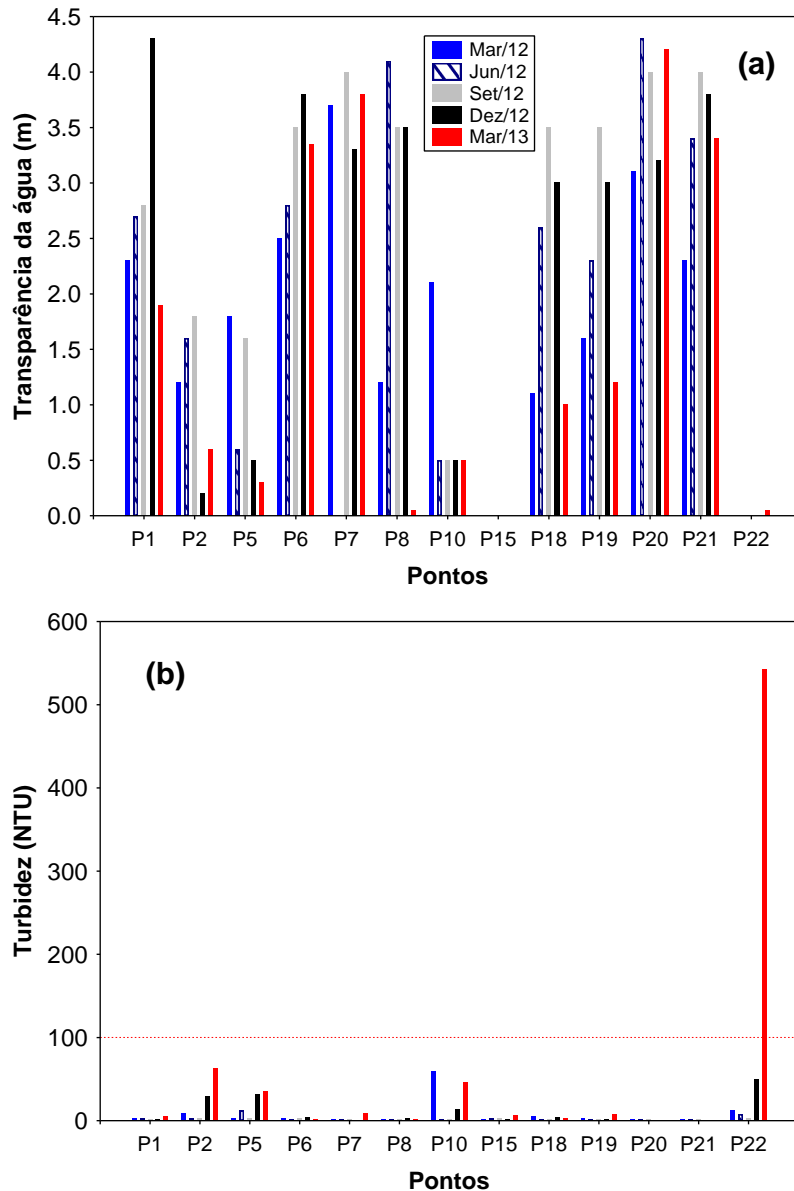


Figura 5. Valores de transparência da água (a) e turbidez (b) mensurados entre março de 2012 e março de 2013.

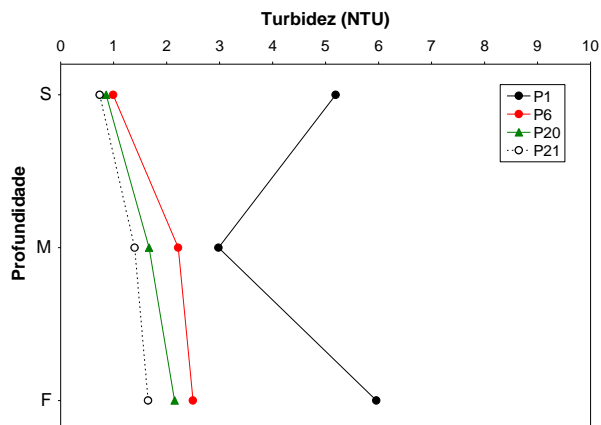


Figura 6. Perfil vertical dos valores de turbidez no corpo central do reservatório obtido em março de 2013.

pH, condutividade elétrica, STD, alcalinidade e carbono inorgânico

Os valores do pH registrados variaram entre 6,97 e 8,1, estando assim, dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (6,0-9,0) (**Figura 7a**). 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 7,68; 7,5 e 7,4, respectivamente) (**Figura 8a**).

Os valores de condutividade elétrica variaram entre 19,66 $\mu\text{S/cm}$ (ponto 5) e 77,7 $\mu\text{S/cm}$ (ponto 18) (**Figura 7b**). De maneira geral, houve similaridade nos valores de condutividade elétrica entre os pontos de coleta. Além disso, os valores de condutividade elétrica foram similares entre as profundidades amostradas (média igual a 63,1 $\mu\text{S/cm}$ na superfície; 75 $\mu\text{S/cm}$ no meio e 73 $\mu\text{S/cm}$ no fundo da coluna da água; **Figura 8b**). Resultado similar foi obtido considerando as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), que variou entre 10,1 mg/L e 39 mg/L (ponto 18), sendo inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L) (**Figura 7c e 8c**). De fato, houve uma forte estrutura de correlação entre os valores de condutividade elétrica e STD ($r = 0,99$; $P < 0,001$).

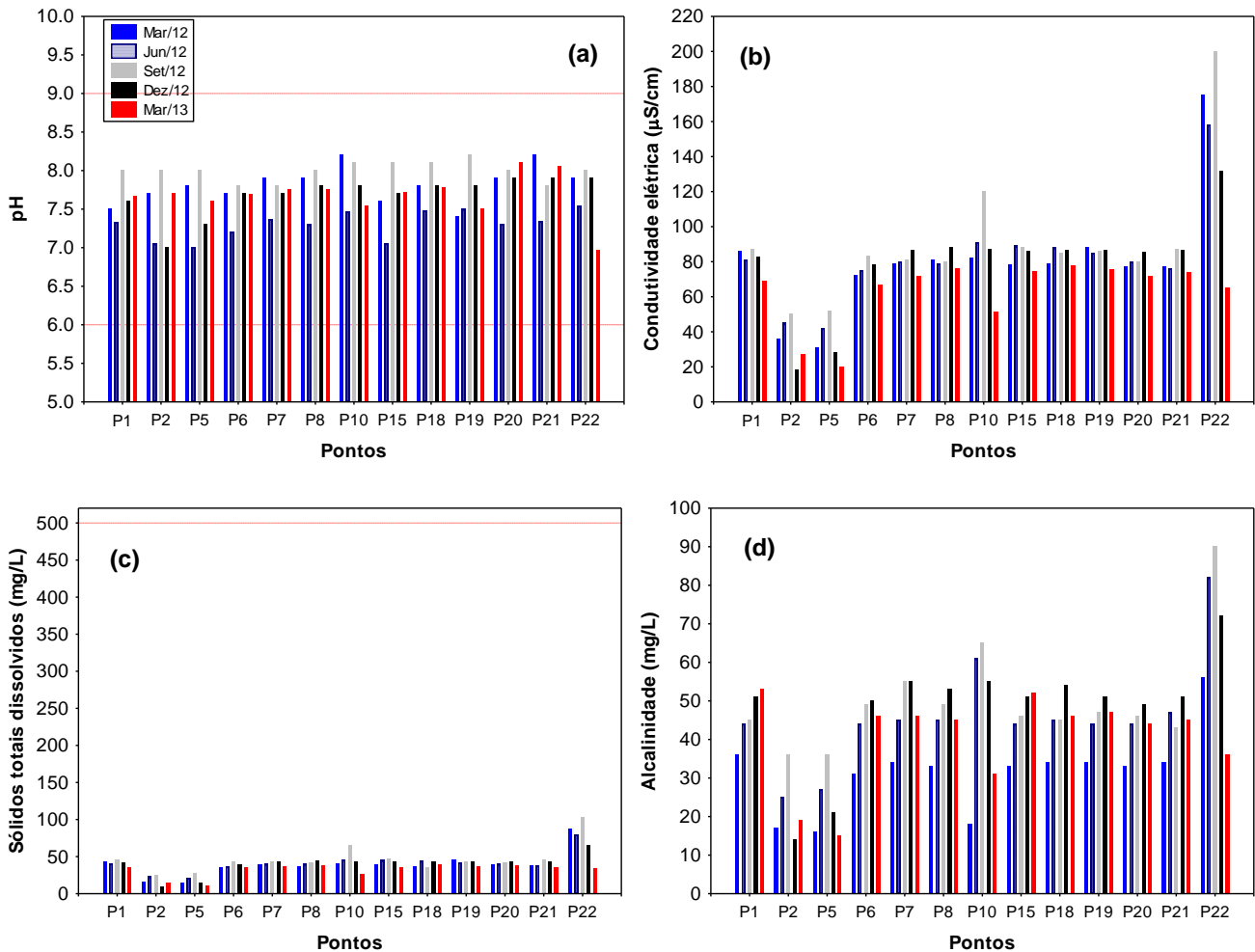
A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos apresentada por um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (Esteves, 1998). Nesse mês, tais valores variaram entre 15 mg/L e 53 mg/L (ponto 1 – foz do córrego Florêncio) (**Figura 7d**). Assim como observado para os valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade, a maior concentração de CO_2 total (medida indireta da concentração de carbono inorgânico total) também foi registrada no ponto 1 (48,9 mg/L) (**Figura 7e**). Tais resultados demonstram a elevada concentração de íons, principalmente carbono inorgânico, nesse local.

Além disso, nesse mês, foram registradas as menores concentrações de CO_2 total, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e alcalinidade, assim como observado em março de 2012. Tais resultados indicam a maior concentração de íons no trecho monitorado durante o período de estiagem, quando não há grande influencia do processo de diluição.

Considerando o perfil vertical nos pontos localizados no interior do reservatório, foi possível observar similaridade nos valores de alcalinidade e

CO₂ total nas três profundidades amostradas, assim como observado para os valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (**Figuras 8d e 8e**).

As concentrações de CO₂ livre variaram entre 0,66 mg/L e 7,7 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (**Figura 7f**). A análise do perfil vertical demonstrou um aumento nas concentrações de CO₂ livre ao longo das maiores profundidades, principalmente no fundo do ponto 20 (meio do reservatório) (**Figura 8f**).



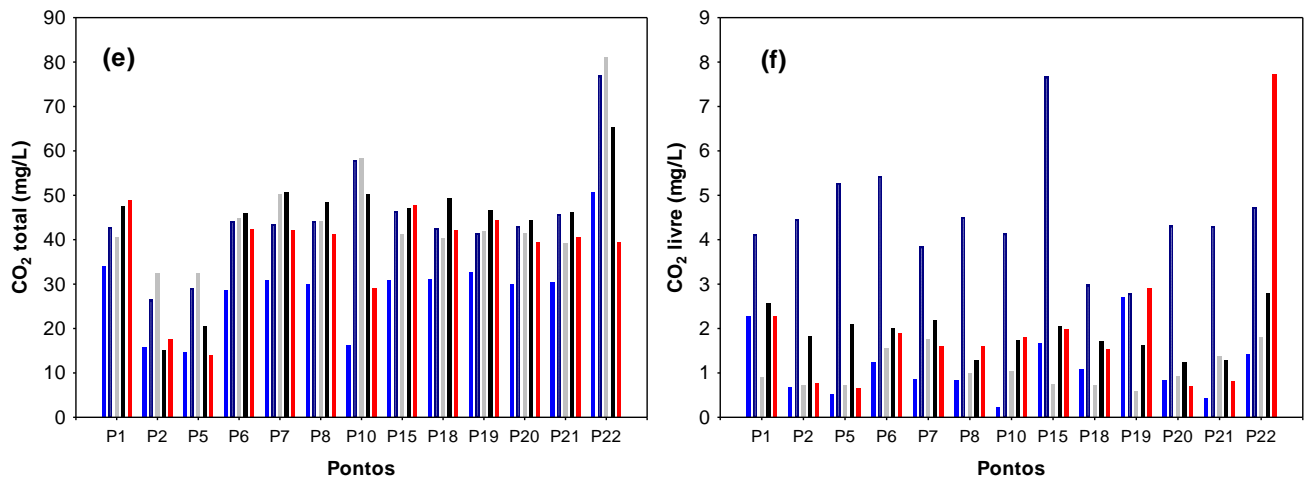
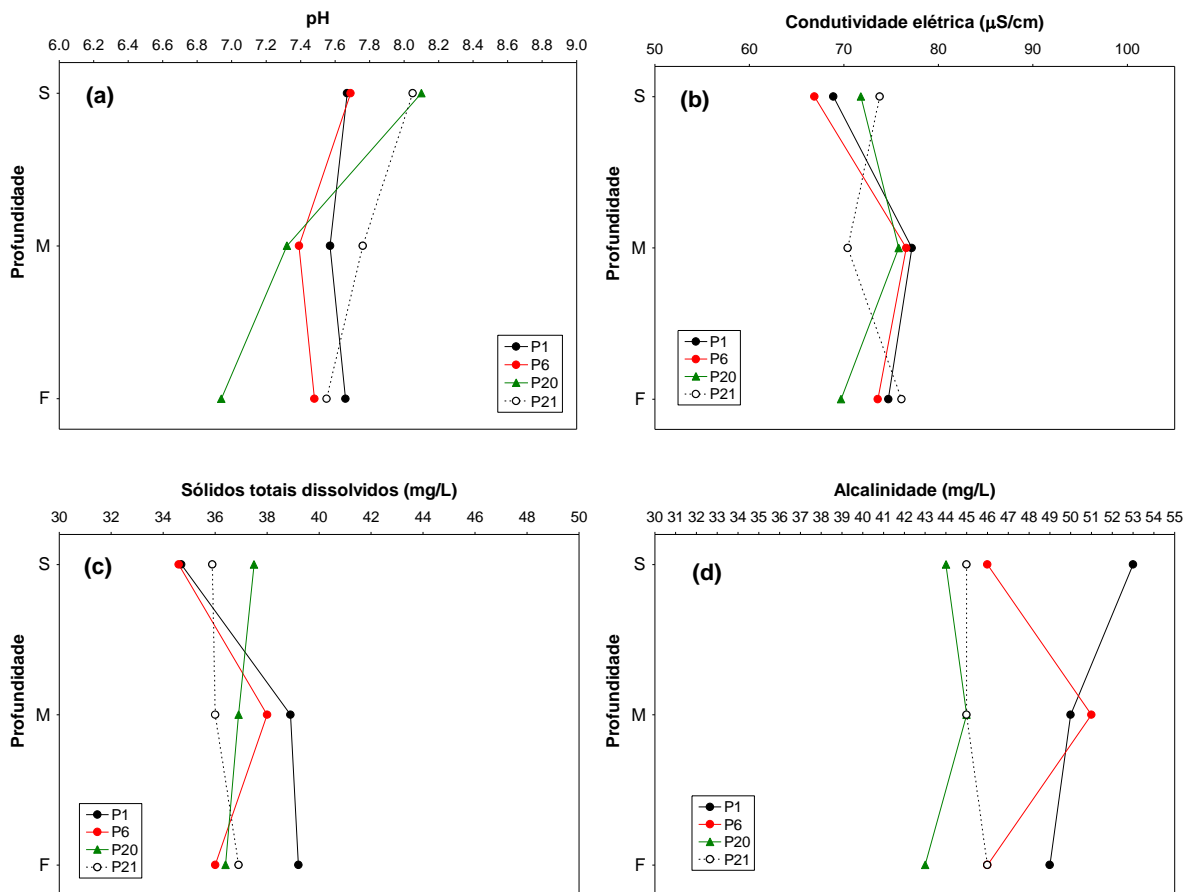


Figura 7. Valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO₂ total (e) e CO₂ livre (f) mensurados nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, entre março de 2012 e março de 2013.



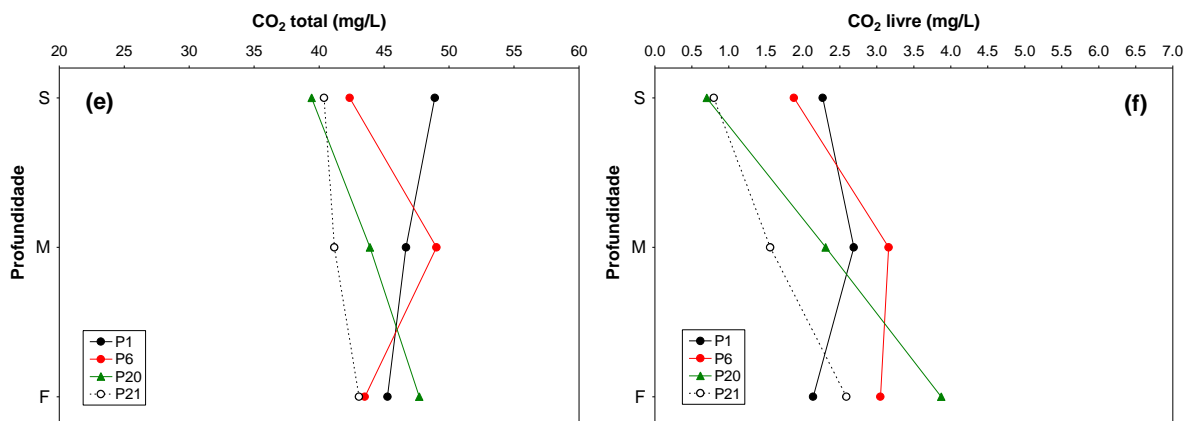


Figura 8. Perfil vertical dos valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO₂ total (e) e CO₂ livre (f) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava em março de 2012.

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) em todos os pontos de coleta, assim como observado em dezembro de 2012. Assim, todos os locais apresentaram concentrações significativamente inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (250 mg/L) (**Figura 9a**). Além disso, tais concentrações também foram inferiores ao limite de detecção do método (<0,5 mg/L) nas maiores profundidades de coleta (meio e fundo dos pontos 1, 6, 20 e 21).

Em ecossistemas aquáticos, o enxofre pode ocorrer em diferentes formas, tais como, como íon sulfato (SO₄²⁻), íon sulfito (SO₃²⁻), íon sulfeto (S²⁻), gás sulfídrico (H₂S), 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 março de 2012, as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite de detecção do método (<1 mg/L) na maior parte dos pontos

de coleta, com exceção, somente, do ponto 22 (concentração igual a 5,0 mg/L) (**Figura 9b**). Tais concentrações também foram inferiores ao limite de detecção do método (<1,0 mg/L) nas maiores profundidades de coleta (meio e fundo dos pontos 1, 6, 20 e 21). Assim, todos os locais e profundidades monitoradas 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).

As concentrações de sulfeto também foram inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA (0,002 mg/L) na maior parte dos pontos de coleta. A maior concentração (0,009 mg/L) foi registrada no ponto 22 (rio Bonito) (**Figura 9c**). Assim, somente o ponto 22 apresentou concentração de sulfeto superior ao limite preconizado pela Resolução CONAMA (0,002 mg/L). Tais concentrações também foram inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 mg/L) nas maiores profundidades de coleta (meio e fundo dos pontos 1, 6, 20 e 21).

Considerando que as concentrações de cloreto, sulfato e sulfeto foram inferiores ao limite de detecção dos respectivos métodos em todos os pontos e profundidades de coleta (ponto 1, 6, 20 e 21), 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 (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 (Fe^{3+} e Mn^{4+}).

Em média, as maiores concentrações de ferro total foram mensuradas em março de 2012, dezembro de 2012 e março de 2013, ou seja, durante o período de chuvas na região (média igual a 0,40 mg/L em março de 2012; 0,27 mg/L em junho; 0,15 mg/L em setembro; 0,33 mg/L em dezembro e 0,48 mg/L em março de 2013) (**Figura 9d**). 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 10**). De fato, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas nas maiores profundidades favorecem a liberação de ferro do sedimento para a coluna da água.

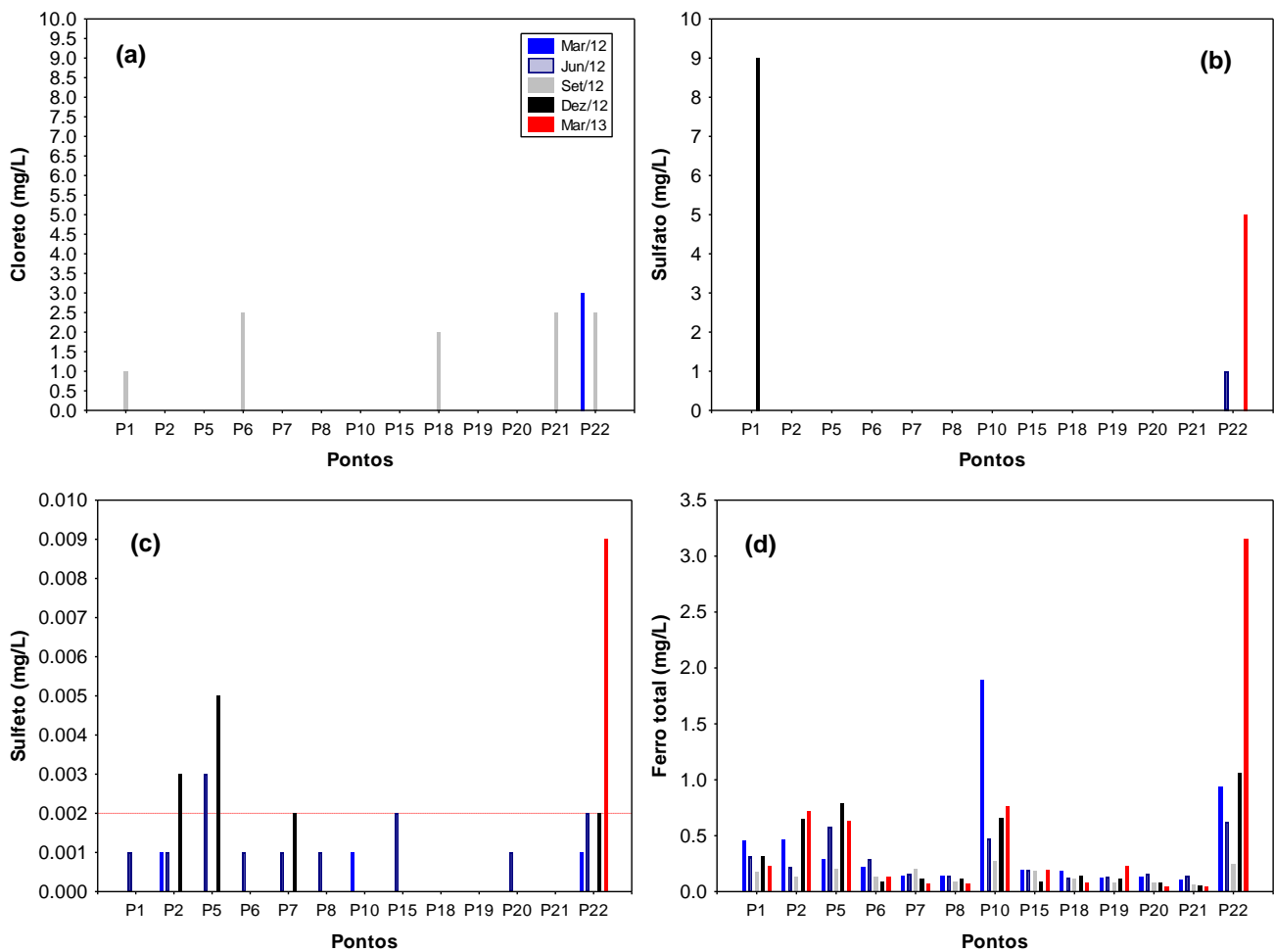


Figura 9. Concentrações de cloro (a), sulfato (b), sulfeto (c) e ferro total (d) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, entre março de 2012 e março de 2013.

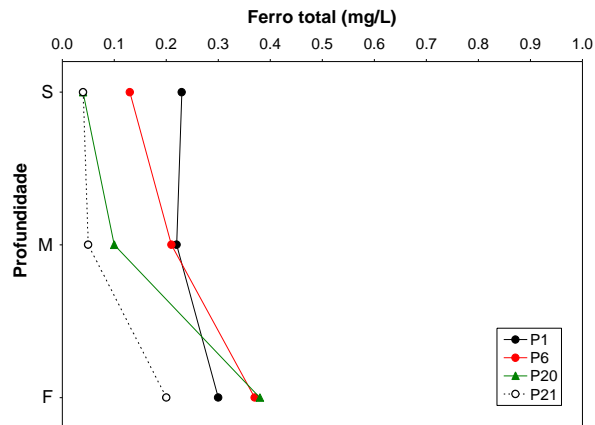


Figura 10. Perfil vertical das concentrações de ferro total no corpo central do reservatório, em março de 2013.

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 março de 2013, as concentrações de orto-fosfato variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 mg/L) e 0,071 mg/L (ponto 22- rio Bonito) (**Figura 11a**). As concentrações de fósforo total também variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 mg/L) e 0,23 mg/L (ponto 22) (**Figura 11b**). Assim, nesse mês, somente o ponto localizado no rio Bonito (ponto 22) apresentou concentração de fósforo total inferior 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 12a e 12b**). Resultados similares foram obtidos em março, junho, setembro e dezembro de 2012.

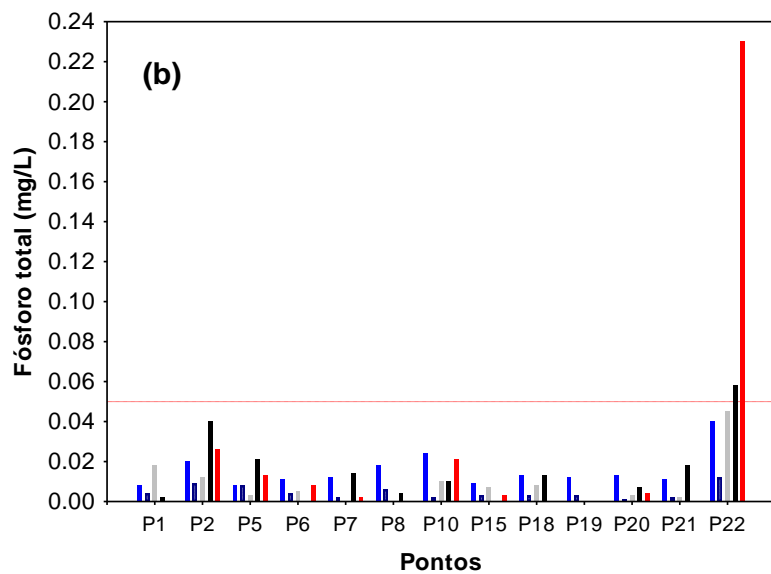
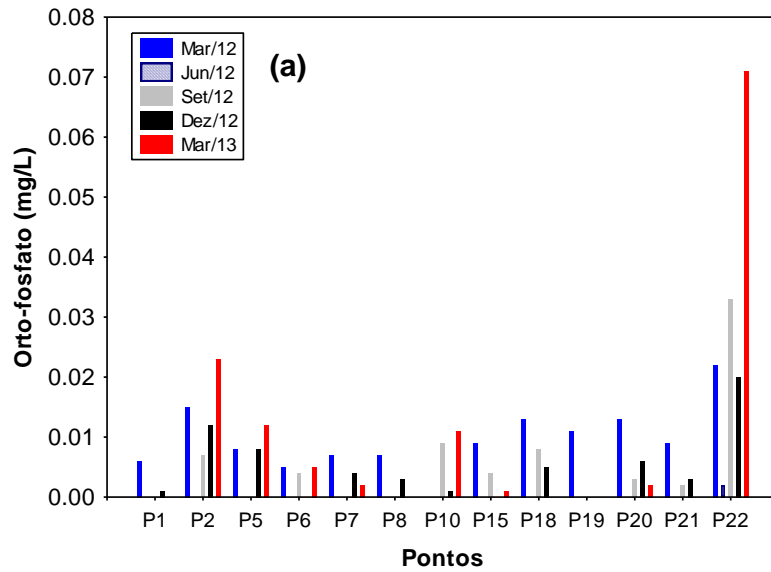


Figura 11. Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, entre março de 2012 e março de 2013.

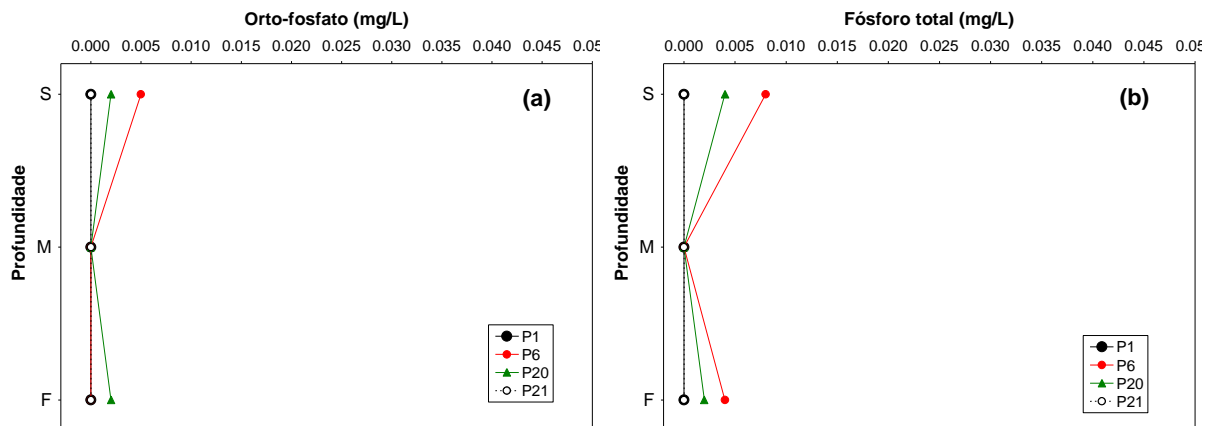


Figura 12. Perfil vertical das concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) no corpo central do reservatório, em março de 2013.

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 (NO_3^-) variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($<0,1$ mg/L) e 1,6 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 13a**). As concentrações de nitrito (NO_2^-) variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L) e 0,008 mg/L (ponto 18) (**Figura 13b**), enquanto que as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L) e 2,22 mg/L (ponto 22) (**Figura 13c**). A maior concentração de nitrogênio total (4,6 mg/L) também foi registrada no ponto 22 (rio Bonito) (**Figura 13d**). Em média, as maiores concentrações de nitrogênio total foram registradas em março de 2012 e março de 2013, ou seja, durante o período de chuvas na região (média igual a 0,84 mg/L em março de 2012; 0,29 mg/L em junho; 0,42 mg/L em setembro; 0,71 mg/L em dezembro e 0,91 mg/L em março de 2013).

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 14a, b, c, d**). Destaca-se apenas as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal nas maiores profundidades de coleta, principalmente, corroborando com as baixas concentrações de oxigênio dissolvido nesse local.

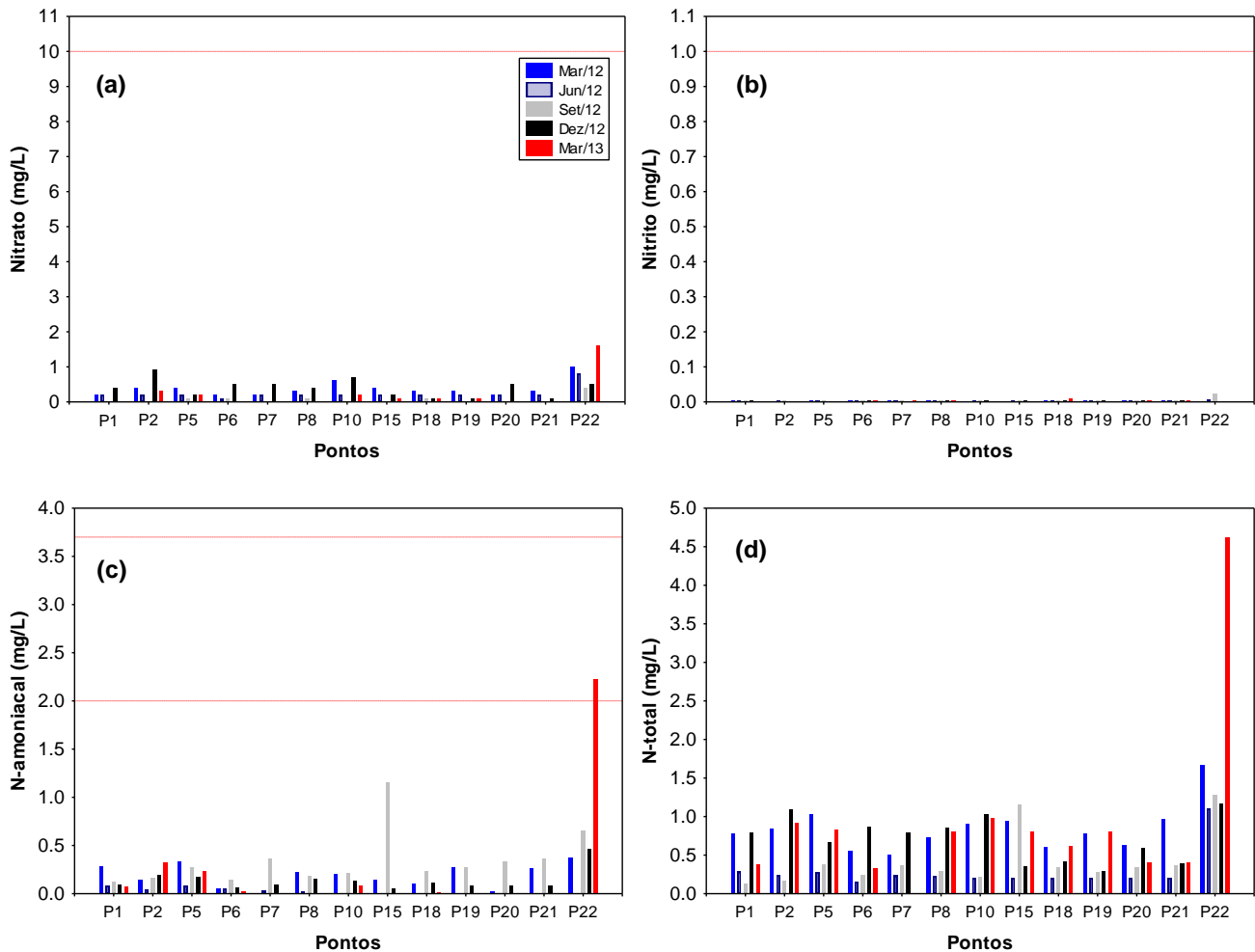


Figura 13. Concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniacal (c) e nitrogênio total (d) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, entre março de 2012 e março de 2013.

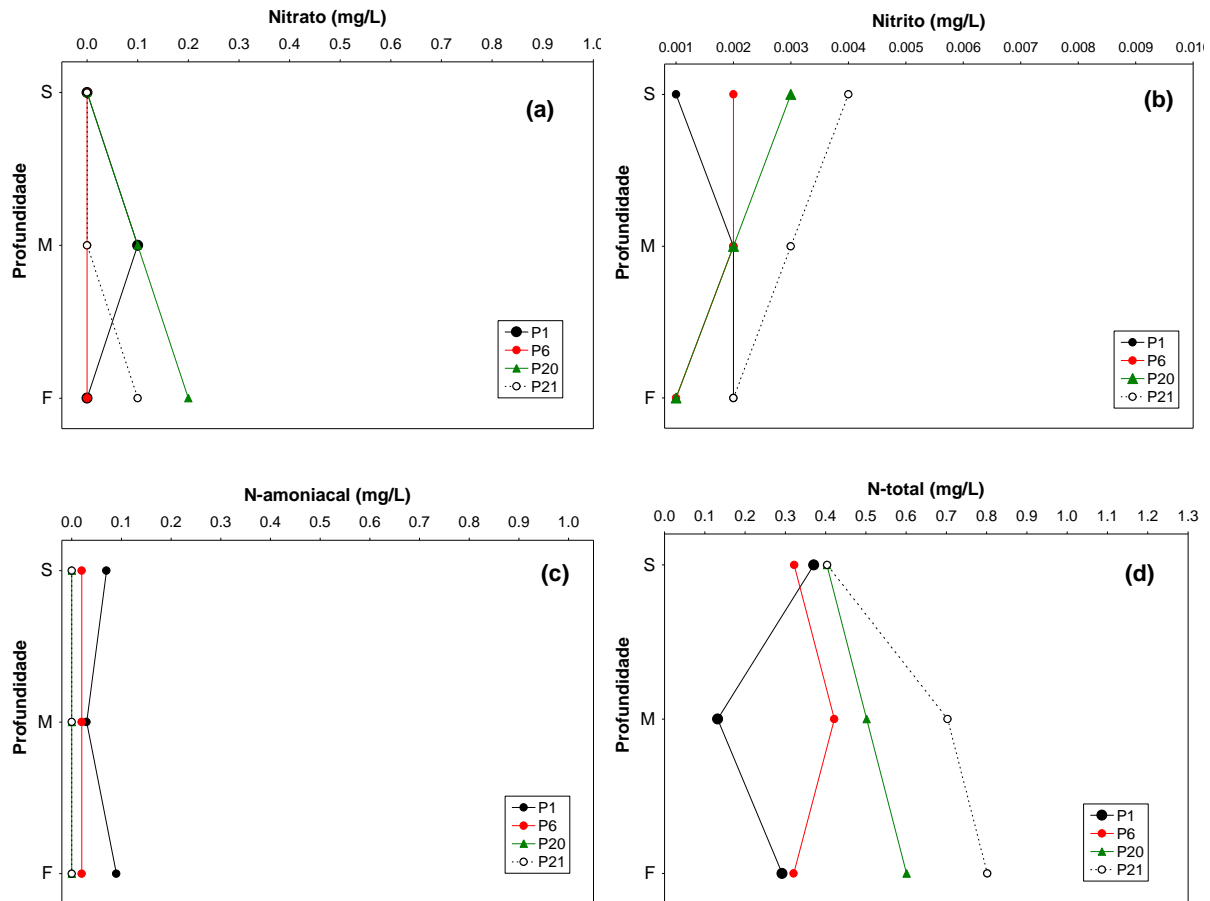


Figura 14. Perfil vertical das concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniacal (c) e nitrogênio total (d) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em março de 2013.

Clorofila-a

A partir de setembro de 2012, a análise de clorofila-a passou a ser realizada 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.

Em março de 2013, a concentração de clorofila-a no ponto 21 foi muito inferior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (30 µg/L), assim como observado em setembro e dezembro de 2012 (**Figura 15**). Esse resultado é corroborado pela análise da comunidade fitoplanctônica, que apresentou baixos valores de densidade e biomassa nesse local (item 8.1 desse relatório).

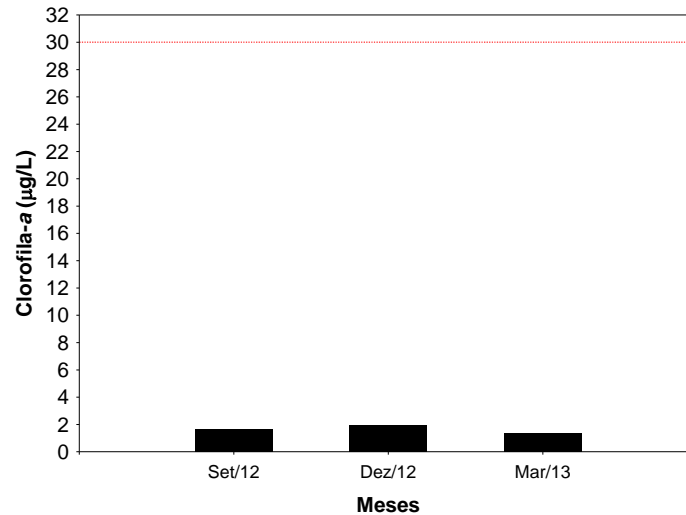


Figura 15. Concentrações de clorofila-a no ponto 21, em setembro e dezembro de 2012, e em março de 2013.

DBO₅

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) 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 DBO₅ variaram entre 0,3 mg/L (ponto 20) e 5,4 mg/L (ponto 22 – rio Bonito) (**Figura 16**). Assim, nesse mês, somente o ponto localizado no rio Bonito (ponto 22) apresentou valor de DBO₅ superior ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/L).

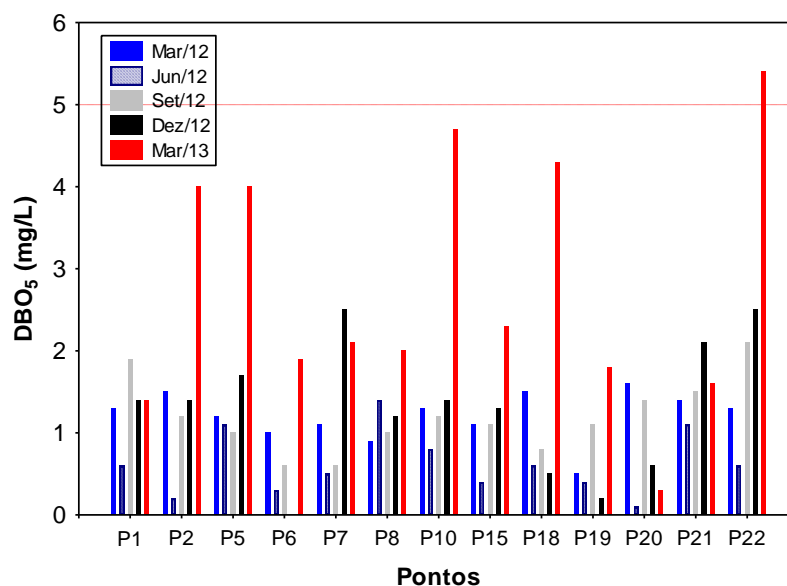


Figura 16. Valores de DBO₅ obtidos entre março de 2012 e março de 2013.

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 março de 2013, as concentrações de óleos e graxas no trecho monitorado estavam de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 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, junho, setembro e dezembro 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, em março de 2013, a densidade de coliformes totais variou entre 45 NMP/100ml (ponto 20) e valor >16.000 NMP/100ml (ponto 22 – rio Bonito) (**Figura 17a**). A densidade de coliformes termotolerantes (fecais) variou entre valores inferiores ao limite de detecção do método (< 18 NMP/100ml, nos pontos 6, 8, 19, 20 e 21) e valor 240 NMP/100ml (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 17b**). Nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram densidade de coliformes termotolerantes inferiores ao limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (1.000 NMP/100 ml).

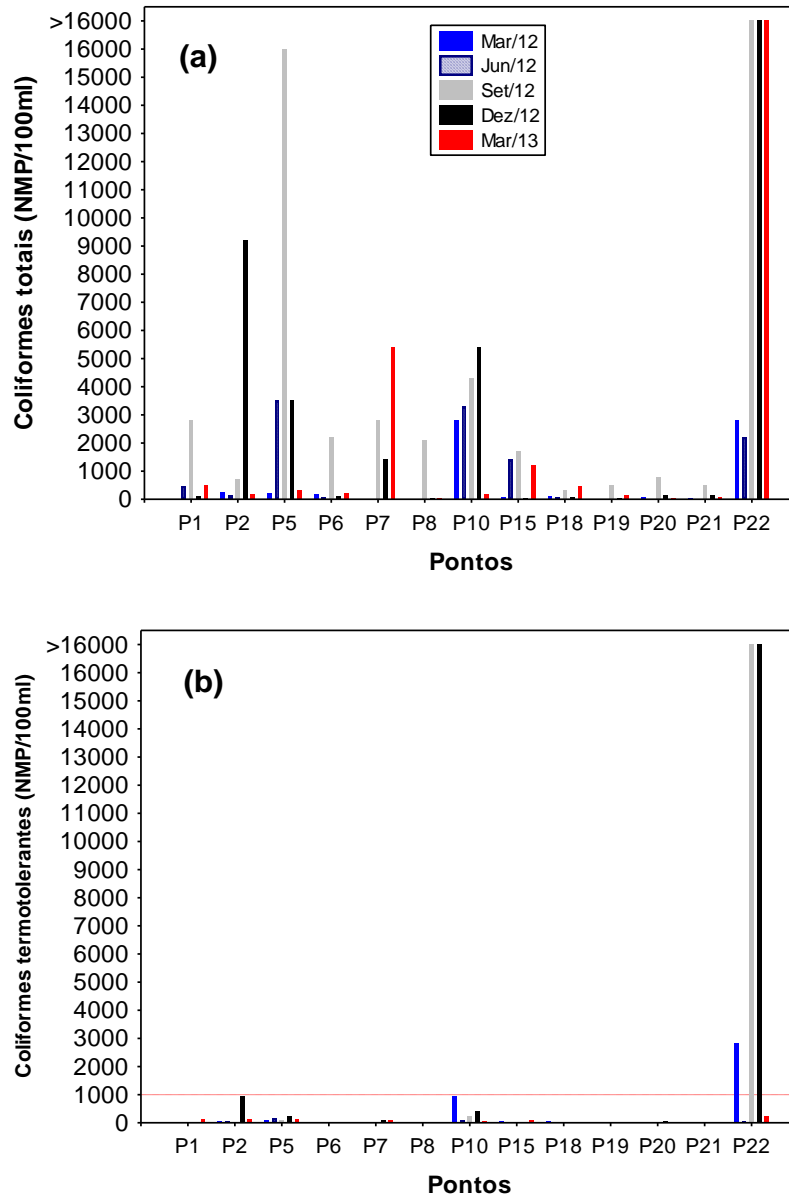


Figura 17. Densidade de coliformes totais (a) e coliformes termotolerantes (b) no trecho monitorado da UHE Cana Brava, entre março de 2012 e março de 2013.

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 março de 2013 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 12 metros (**Figura 18**).

Nesse mês, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a 1,2°C no ponto 20 e 1,0°C no ponto 21 (**Figura 18a**). Tais diferenças foram inferiores àquelas registrada em março de 2012 (3,1°C no ponto 20), junho (1,6°C no ponto 21) e setembro de 2012 (1,4°C no ponto 21), indicando a ausência de estratificação térmica nesse mês. Em dezembro de 2012 também foi registrada uma pequena diferença nos valores de temperatura mensurados (0,8°C no ponto 20 e 1,1°C no ponto 21).

A análise das concentrações de oxigênio dissolvido demonstrou valores inferiores a 5,0 mg/L a partir de 5 metros de profundidade no ponto 20 e a partir de 4 metros de profundidade no ponto 21, com o mínimo de 3,0 mg/L no fundo do ponto 21 (**Figura 18b**). 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.

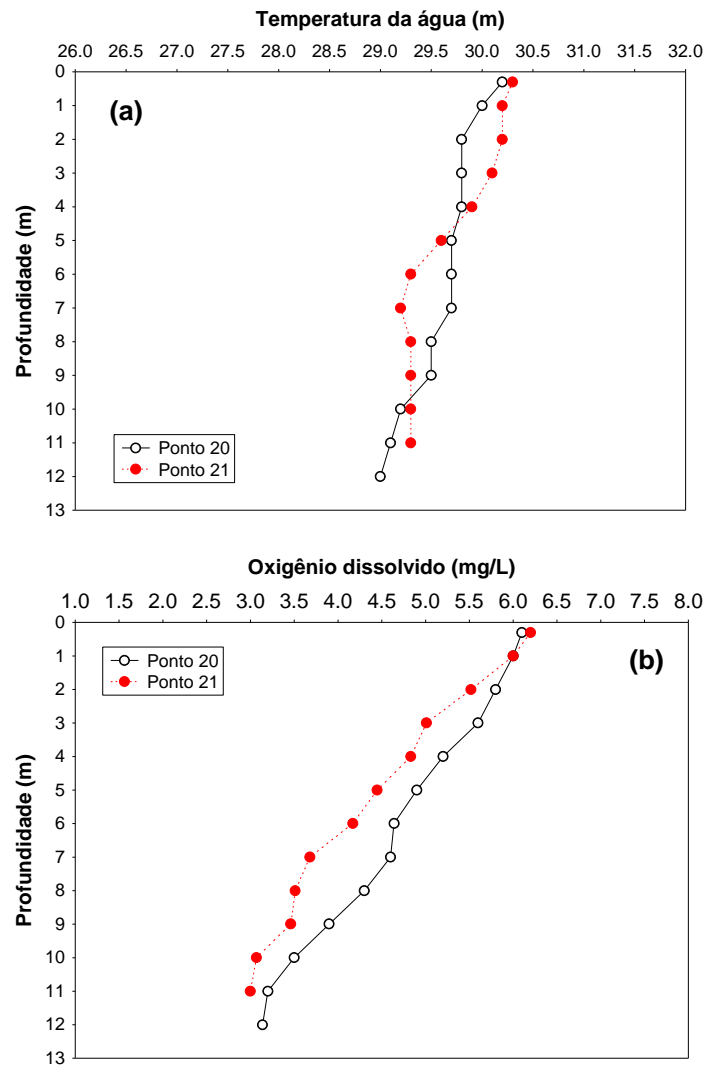


Figura 18. Perfil vertical dos valores de temperatura da água (a) e oxigênio dissolvido (b) em dois pontos localizados no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em março de 2013.

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 (DBO₅), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total (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 março de 2013, o trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava apresentou valores de IQA que variaram entre 47,508 e 83,425 (ponto 20, meio do reservatório) (**Tabela 2**). Conforme pode ser verificado na tabela e

figura abaixo, houve um leve decréscimo nos valores de IQA obtidos em março de 2013, comparando com os meses anteriores de 2012, principalmente no ponto localizado no rio Bonito (ponto 22).

Em março de 2013, a maior parte dos pontos de coleta foram classificados como apresentando águas com “Boa” e “Ótima Qualidade”. O baixo valor de IQA registrado nesse mês (classificado como “Aceitável”) deve-se aos elevados valores de turbidez, fósforo total, nitrogênio total e DBO₅ registrados nesse local (**Tabela 2**).

Tabela 2. Índice de Qualidade da água (IQA) por ponto de coleta, obtidos entre março de 2012 e março de 2013.

Pontos	Mar/2012		Jun/2012		Set/2012		Dez/2012		Mar/2013	
	IQA	Qualidade	IQA	Qualidade	IQA	Qualidade	IQA	Qualidade	IQA	Qualidade
P1	65,202	Boa	73,919	Boa	77,208	Boa	74,608	Boa	60,013	Boa
P2	76,224	Boa	73,931	Boa	75,791	Boa	58,656	Boa	64,703	Boa
P5	76,34	Boa	72,508	Boa	73,190	Boa	67,463	Boa	64,783	Boa
P6	84,844	Ótima	81,176	Ótima	77,506	Boa	71,956	Boa	81,458	Ótima
P7	86,474	Ótima	81,568	Ótima	83,126	Ótima	56,805	Boa	72,398	Boa
P8	85,081	Ótima	81,677	Ótima	82,881	Ótima	82,845	Ótima	75,748	Boa
P10	63,333	Boa	73,651	Boa	71,064	Boa	70,616	Boa	68,72	Boa
P15	72,481	Boa	64,620	Boa	72,969	Boa	84,590	Ótima	73,92	Boa
P18	76,899	Boa	81,485	Ótima	84,128	Ótima	77,520	Ótima	74,503	Boa
P19	82,68	Boa	81,704	Ótima	85,173	Ótima	84,316	Ótima	73,954	Boa
P20	85,387	Ótima	81,54	Ótima	84,128	Ótima	76,710	Boa	83,425	Ótima
P21	85,057	Ótima	81,485	Ótima	84,587	Ótima	83,748	Ótima	83,311	Ótima
P22	63,949	Boa	69,629	Boa	52,911	Boa	68,488	Boa	47,508	Aceitável
Média	77,227		76,837		77,282		73,717		71,111	

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 março de 2013, 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 3**). Valores inferiores ao nível 1 (TEL) são classificados como “ótimos”. Resultados similares foram obtidos nos meses anteriores de monitoramento.

Tabela 3. Concentração de mercúrio no sedimento (mg/kg), no trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava, em março e setembro de 2012, e em março de 2013.

Locais	Mar/12	Set/12	Mar/13
P2	<0,05	<0,05	<0,05
P7	<0,05	<0,05	<0,05
P10	<0,05	<0,05	<0,05
P21	<0,05	<0,05	<0,05
P22	<0,05	<0,05	<0,05
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 mostrou alta complexidade taxonômica em março de 2013, sendo registrados 67 táxons (**Tabela 4**), os quais foram distribuídos entre nove grupos taxonômicos (**Tabela 5**). Elevada diversidade gama tem sendo registrada neste sistema durante o monitoramento, sendo maior nos meses correspondentes ao período seco.

Assim como registrado em setembro de 2012 e também para os meses anteriores de estudo, Bacillariophyceae Chlorophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae foram os grupos mais especiosos em março de 2013 (**Tabela 4**), 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 5**). As cianobactérias são adaptadas a uma gama de variabilidade ambiental (Codd et al. 2005).

Tabela 4. Composição fitoplanctônica na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de setembro de 2004 a março de 2013.

Táxons	2004	2005		2006		2007	2008		2009		2010		2011		2012		2013
	Set	Jul	Dez	Jun	Dez	Set	Fev	Ago	Fev	Out	Fev	Set	Mar	Set	Mar	Set	Mar
Bacillariophyceae	23	29	11	25	24	34	14	26	13	20	28	20	10	32	19	28	19
Cyanobacteria	12	15	14	14	21	21	16	15	14	25	17	17	14	23	14	18	15
Chlorophyceae	29	38	30	38	37	50	33	30	20	27	20	26	20	29	23	28	18
Chrysophyceae	4	3	1	4	2	3	6	3	2	1	3	5	3	3	2	3	2
Euglenophyceae	2	1	6	5	6	3	2	2		5		3	1	3	2	1	3
Cryptophyceae	3	3	4	5	4	4	3	3	3	3	3	2	1	3	2	3	1
Zygnemaphyceae	12	11	4	13	19	18	7	17	7	17	5	15	10	18	6	13	7
Dinophyceae	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	3	2	2	1	2	1
Xanthophyceae		1		3	3	4	2	1	1	1			1	1			1
Oedogoniophyceae					2	1	1	1	1	1				1	1	1	
Total	87	102	71	108	120	140	86	99	63	101	77	91	62	115	70	97	67

Tabela 5. Táxons fitoplanctônicos inventariados na área de influência da UHE Cana Brava (GO), em março de 2013.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.		x			
<i>Achnantes exigua</i> (Grunow) D.B.Czarn.			x		
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow	x				x
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O.	x				
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee	x			x	
<i>Eunotia</i> sp.	x				
<i>Fragilaria</i> sp.	x				
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.			x		
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.			x		
<i>Melosira varians</i> Agard.					x
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.			x		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	x				
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	x		x		x
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow			x		
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	x				x
<i>Surirella tenera</i> W.Gregory	x				
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Comp.			x		
Penales não identificada 1	x	x			x
Penales não identificada 2		x	x		
CYANOBACTERIA					
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West		x		x	
<i>Aphanocapsa holsatica</i>		x		x	
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemmerm.		x			
<i>Cyanodocyton</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		x		x	
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Wawrik) Hindák		x		x	
<i>Geitlerinema</i> sp.			x		
<i>Komvophoron</i> sp.			x		
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		x		x	
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.		x		x	
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.-Legn. & Cronb.				x	
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.	x	x			
<i>Romeria gracilis</i> Koczw.		x			
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind		x		x	
<i>Spirulina</i> sp.		x			
Cyanobacteria não identificada			x		
CHLOROPHYCEAE					
<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korshikov		x			
<i>Chlorella</i> sp.				x	
<i>Closteriopsis</i> sp.		x			
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.		x			

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West	x				
<i>Elakatothrix</i> sp.		x		x	
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom.	x	x		x	
<i>Frustulia</i> sp.		x			
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn				x	
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárk.-Legn.	x				
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.				x	
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.				x	
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald		x		x	
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb. ex Ralfs) Chod.		x			
<i>Scenedesmus linearis</i> Kom.		x		x	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.		x		x	
<i>Tetrastrum homoiacanthum</i> (Huber-Pestal.) Comas		x		x	
Chlorophyceae não identificada		x			
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.				x	
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenb.		x		x	
EUGLENOPHYCEAE					
<i>Phacus horridus</i> Pochm.			x		
<i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemm.) Defl.	x				
<i>Trachelomonas lacustris</i> Dezepolski			x		
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Cryptomonas</i> sp.	x	x		x	
ZYGNEMAPHYCEAE					
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	x				x
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lund.) Roy & Biss	x				
<i>Cosmarium regnesi</i> Reins.		x			
<i>Cosmarium</i> sp.			x		
<i>Staurastrum leptacanthum</i> Nordstedt.				x	
<i>Staurastrum triangulare</i> WBTurner		x			
<i>Staurastrum</i> sp.				x	
DINOPHYCEAE					
<i>Peridinium</i> sp.	x	x		x	
XANTHOPHYCEAE					
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reins.) Skuja				x	

Em março de 2013, os ambientes monitorados na área de influência da UHE Cana Brava apresentaram altos valores de riqueza de espécies nos pontos com características lênticas e baixos nos lóticos, os quais variaram de 2 táxons no ponto 22 a 23 táxons no ponto 21, com média de 12 táxons por amostra (**Figura 19**). Estes valores foram menores que os verificados em setembro de 2012.

Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria apresentaram maior contribuição a riqueza de espécies em março de 2013, como também verificado nos meses monitorados anteriormente (**Tabela 6, Figuras 20, 21, 22**). Durante todo 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 (**Tabela 6, Figura 19**). Temporalmente os maiores valores ocorreram no período chuvoso e os menores no período seco, para os

ambientes lênticos e o contrário foi registrado para os pontos com características lóticis (**Figura 19**).

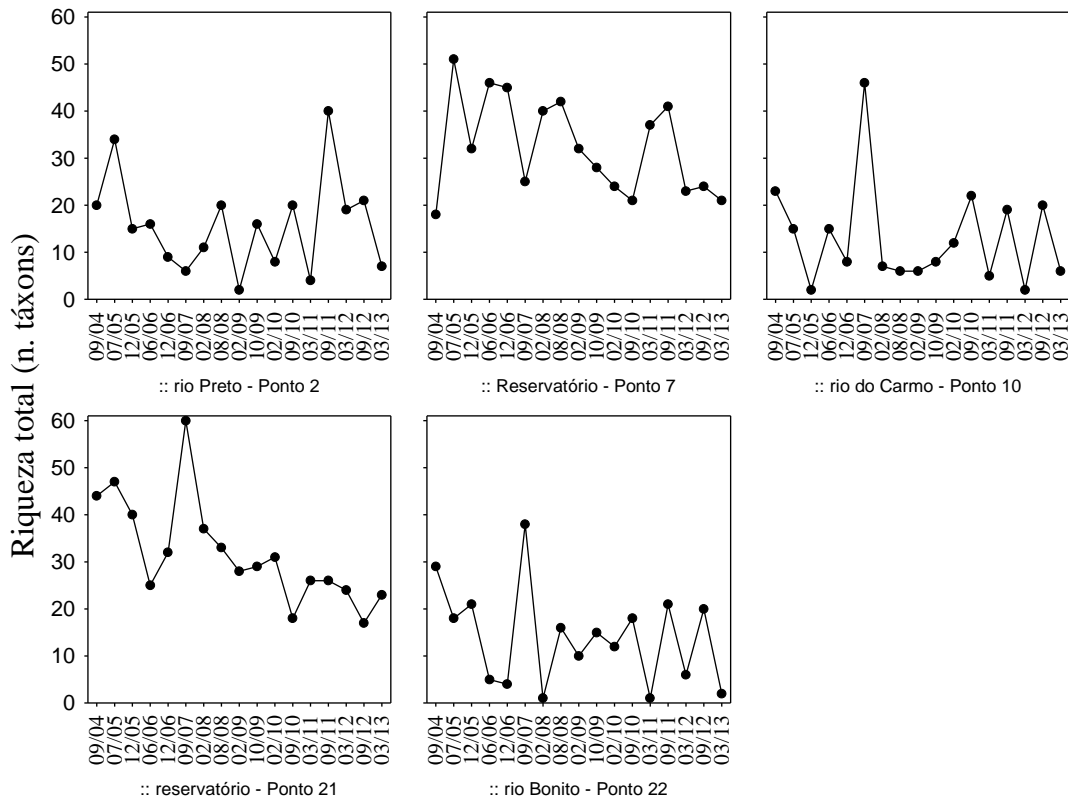


Figura 19. Riqueza de espécies fitoplânctônicas na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

As clorófitas foram favorecidas pela alta disponibilidade de luz, fósforo e mistura da coluna de água, e juntamente as cianobactérias, foram as mais importantes quanto a riqueza nos pontos 7 e 21. As bacilariófitas, representadas por táxons ticoplânctônicos e meroplânctônicos os quais são comuns em sistemas com alta velocidade de fluxo da água e alta turbidez, foram as mais bem representadas nos pontos 2, 10 e 22, sendo o único grupo registrado no rio Bonito (ponto 22).

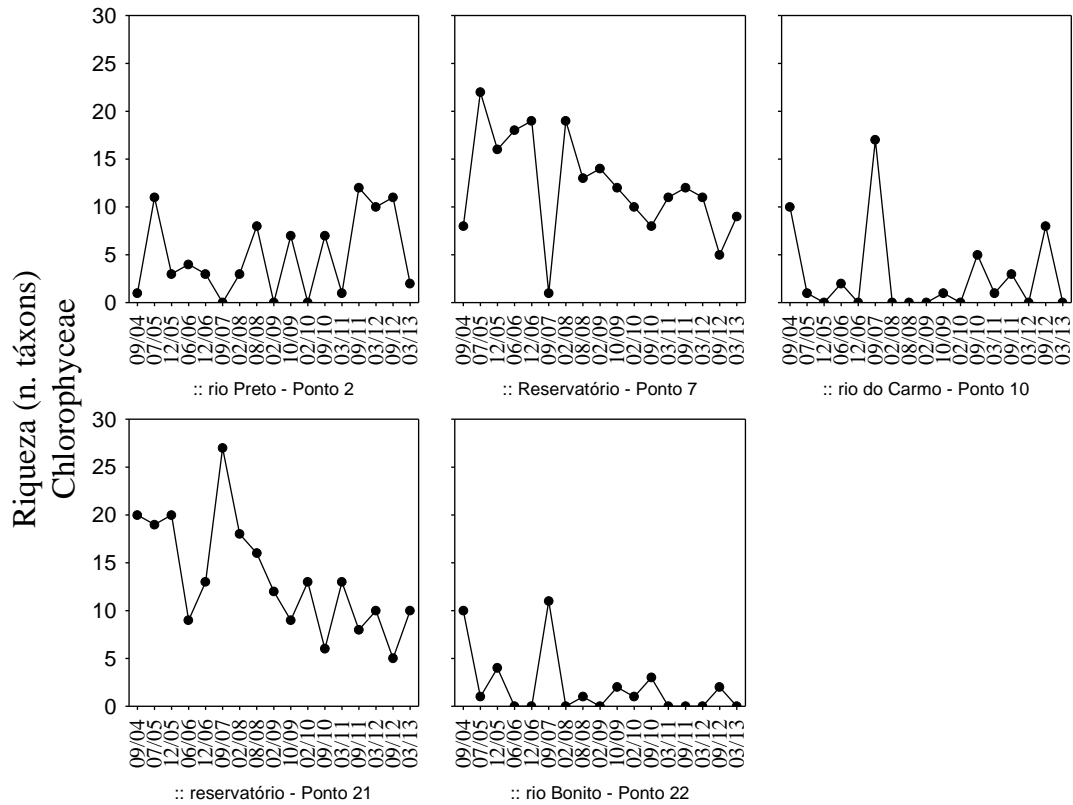


Figura 20. Riqueza de espécies de Chlorophyceae na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

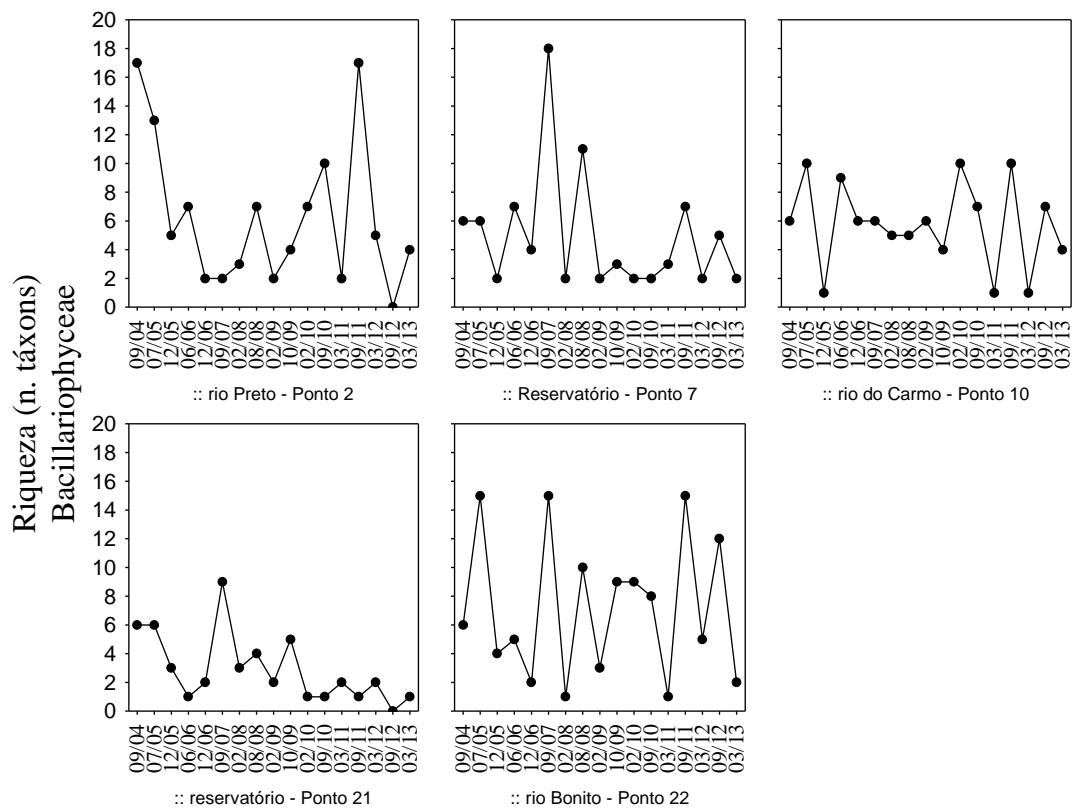


Figura 21. Riqueza de espécies de Bacillariophyceae na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

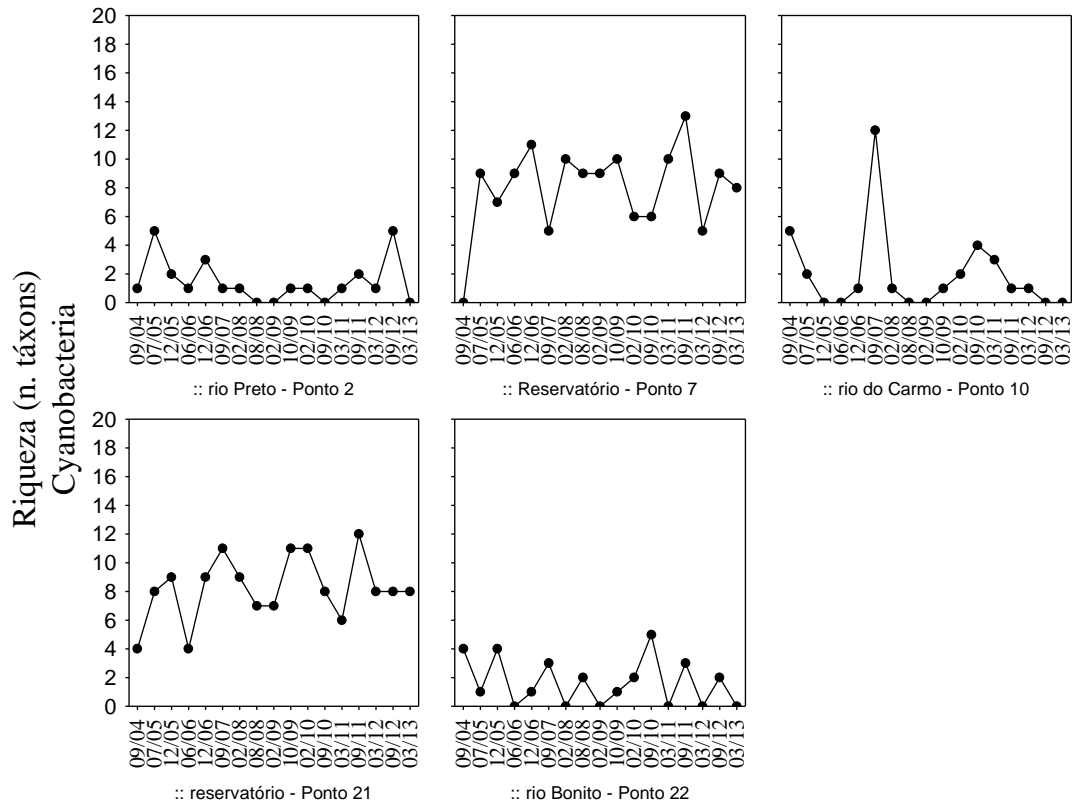


Figura 22. Riqueza de espécies de Cyanobacteria na área de influência da UHE Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

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 lântica do reservatório, em especial nos pontos 7 e 21 (**Figura 23**). Maiores valores ocorreram nos meses de seca e os menores no período chuvoso.

Em março de 2013, os valores de densidade fitoplanctônica variaram de 2 ind.mL⁻¹ no ponto 22 a 969 ind.mL⁻¹ no ponto 21 (**Figura 23, Tabela 6**), com média de 388 ind.mL⁻¹ por amostra. Os valores de biomassa estiveram entre 0,002 mm³.L⁻¹ no ponto 22 a 0,42 mm³.L⁻¹ no ponto 7 (**Figura 23**), com média de 0,19 mm³.L⁻¹ 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 lântica do reservatório pode ser atribuído ao maior tempo de retenção da água e conseqüente 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 23**), 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 (**Tabela 6**). Em março de 2013, Cyanobacteria foi dominante nos pontos 7 e 21 (**Figura 24**) seguido por Chlorophyceae (**Figura 25**), enquanto que nos pontos 2, 10 e 22 o principal grupo foi Bacillariophyceae (**Figura 26**).

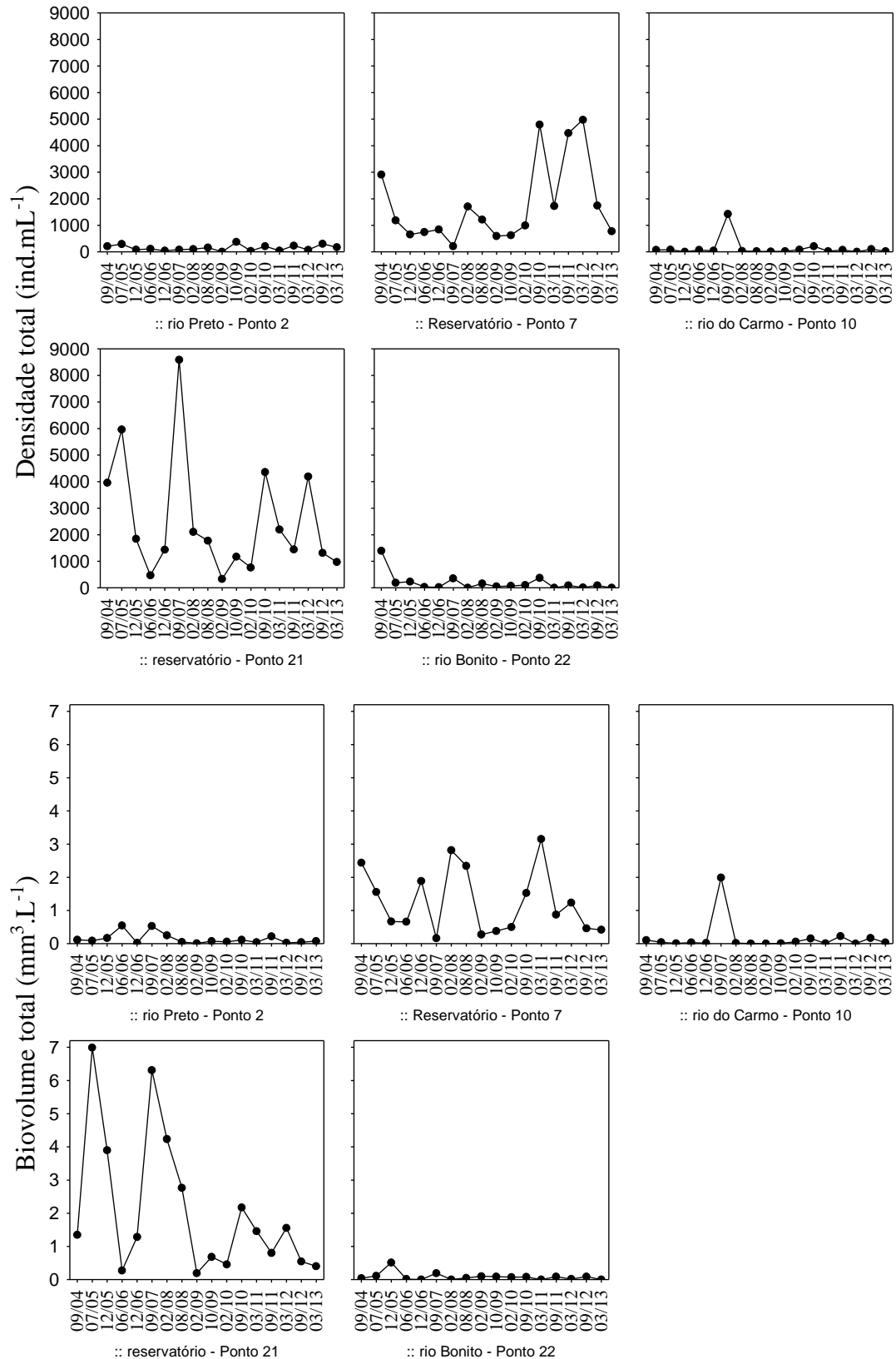


Figura 23. Densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

Como verificado nos meses de estudo anteriores, as cianobactérias foram representadas por coloniais dos gêneros *Cyanoduction*, *Lemmermanniella*, *Snowella* e *Aphanocapsa* e pelas filamentosas homocitadas *Planktolyngbya limnetica* e *Pseudanabaena limnetica* (**Tabela 6**), as quais possuem pequenas dimensões, o que justifica os baixos valores de biovolume registrados na maior parte do período de estudo. O registro de densidades de cianobactérias características de ambientes meso-eutróficos e eutróficos (Reynolds et al., 2002) sugere alta concentração de nutrientes nestas regiões e ressalta a influência dos usos da bacia de drenagem na área de influência do reservatório.

Assim como verificado ao longo do monitoramento, os resultados de biovolume de cianobactérias obtidos em março de 2013 possibilitaram o enquadramento das águas dos pontos monitorados na Classe 2 ($< 5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), de acordo com o padrão estabelecido para as águas doces quanto a este parâmetro pela resolução do CONAMA n. 357/05.

Em março de 2013, as bacilariofíceas apresentaram maior contribuição nos tributários, sendo representadas por táxons ticoplanctônicos que apresentam adaptações às condições lóticas, como alta taxa de crescimento, alta razão superfície-volume e baixo limiar de saturação de luz (Reynolds, 1994; Reynolds & Descy, 1996).

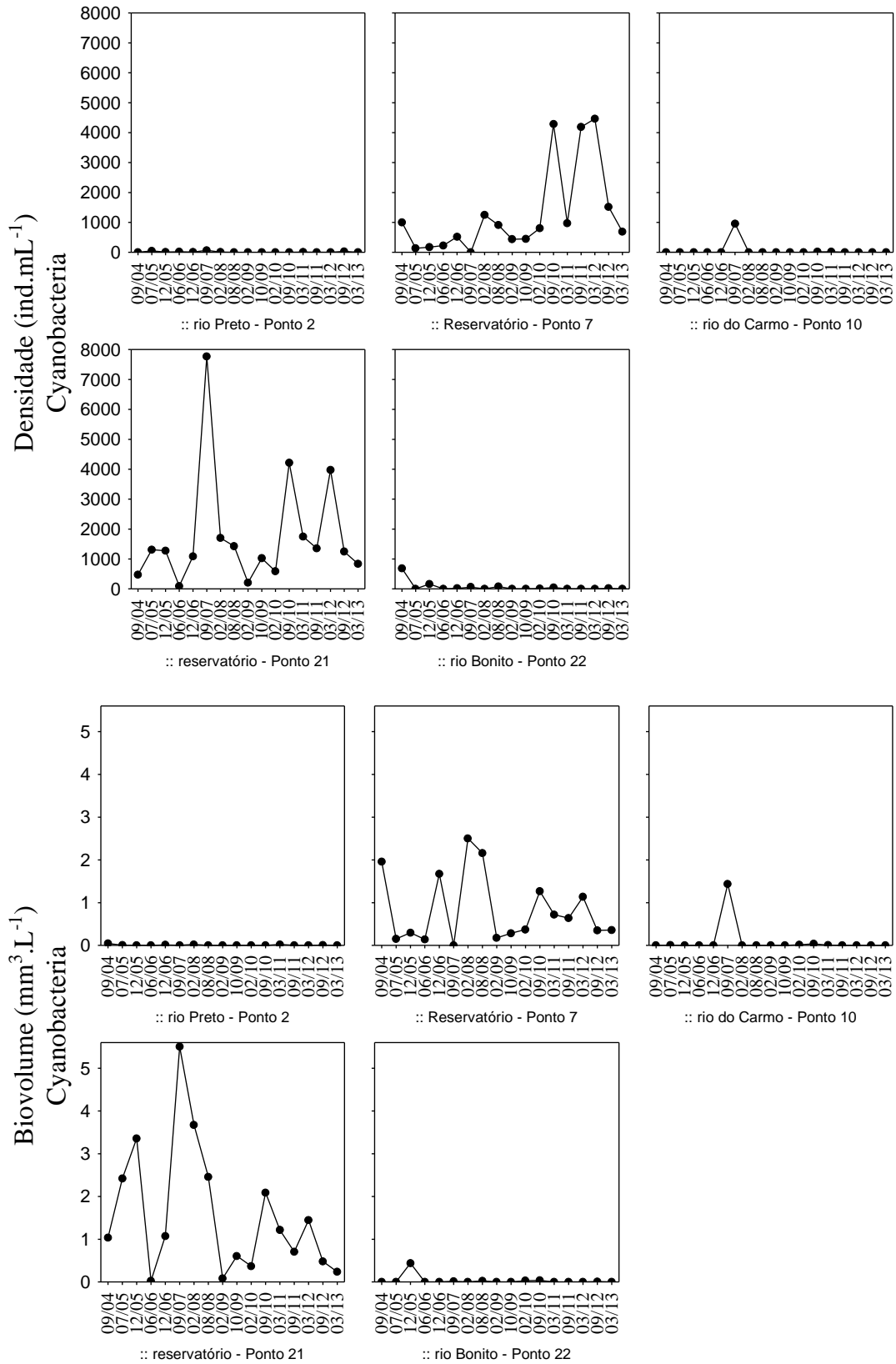


Figura 24. Densidade e biovolume de Cyanobacteria nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

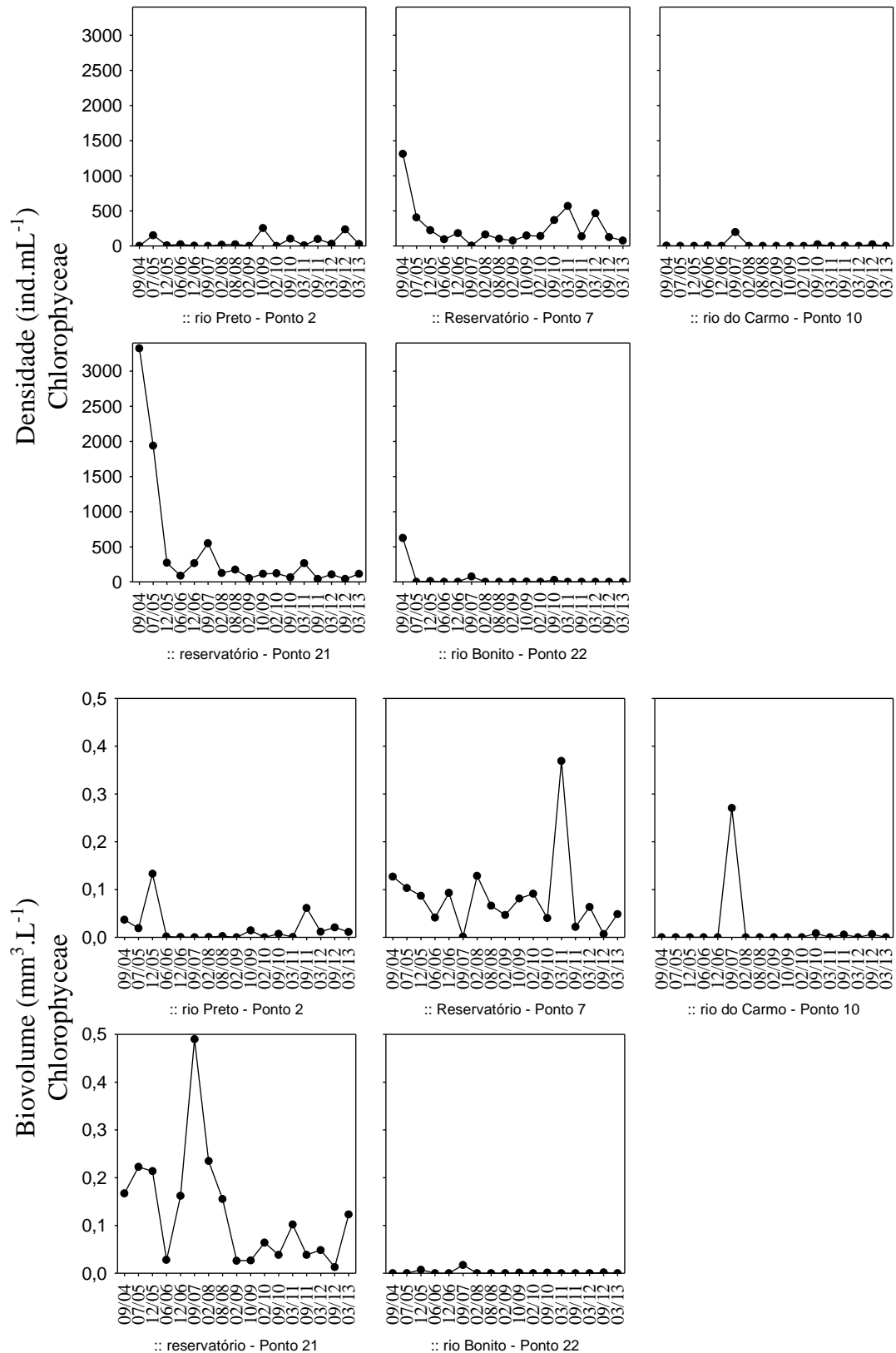


Figura 25. Densidade e biovolume de Chlorophyceae nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

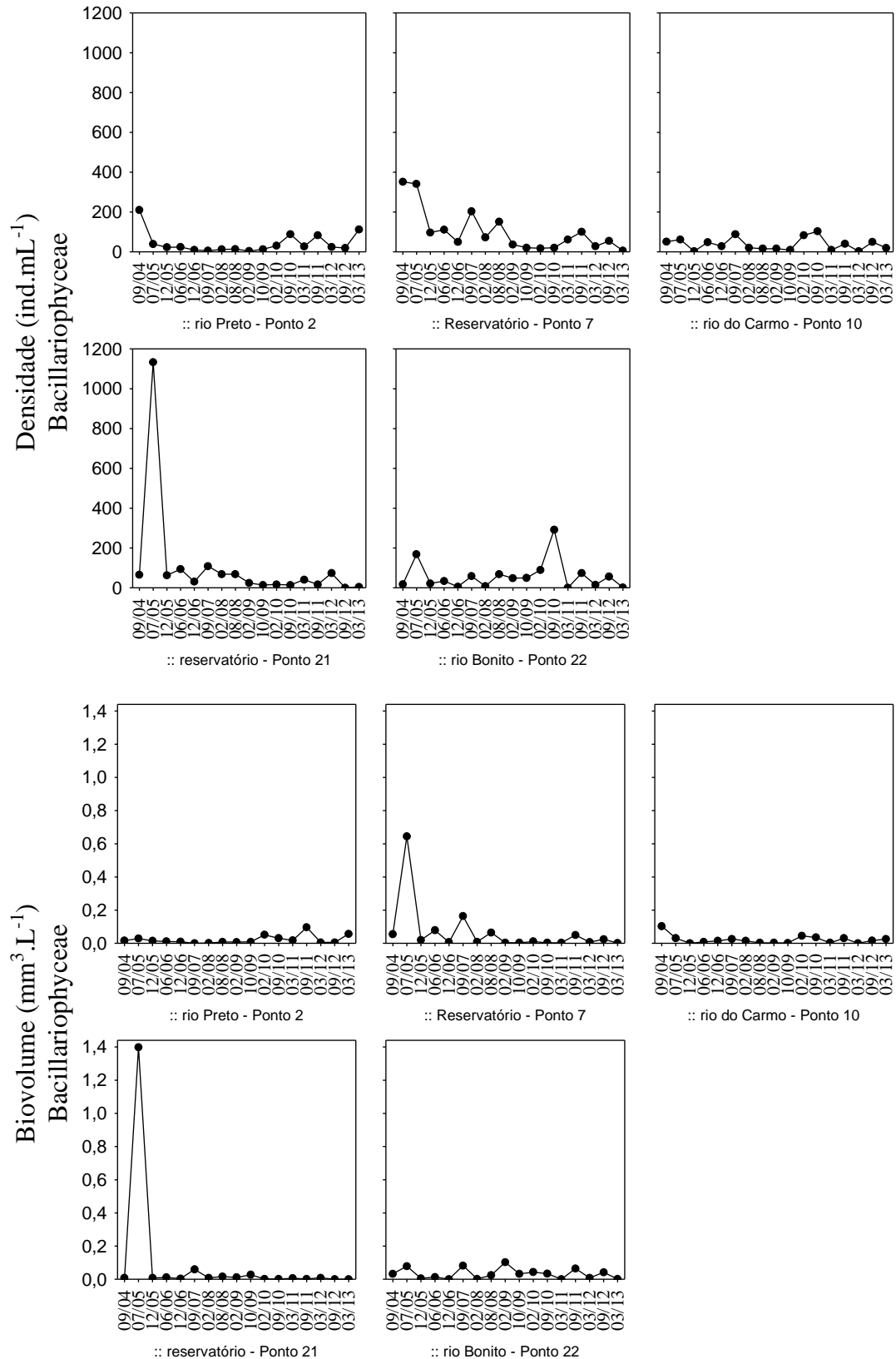


Figura 26. Densidade e biovolume de Bacillariophyceae nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava (GO), durante o período de estudo.

Tabela 6. Densidade (ind.mL⁻¹) dos táxons fitoplanctônicos nos pontos monitorados no reservatório Cana Brava, em (GO), em março de 2013.

Táxons	Ponto 2	Ponto 7	Ponto 10	Ponto 21	Ponto 22
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Achnantes exigua</i> (Grunow) D.B.Czarn.			3		
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grunow) Houk & Klee				5	
<i>Eunotia</i> sp.	14				
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.			3		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	14				
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith					1
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow			11		
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	14				1
Penales não identificada 1	70	3			
Penales não identificada 2		3	3		
CYANOBACTERIA					
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West		19		3	
<i>Aphanocapsa holsatica</i>				3	
<i>Cyanoduction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. & Weib.		92		123	
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Wawrik) Hindák		5		3	
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmerm.) Geit.		50		22	
<i>Lemmermanniella parva</i> Hind.		5		3	
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.-Legn. & Cronb.				304	
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.		173			
<i>Romeria gracilis</i> Koczw.		8			
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind		335		377	
CHLOROPHYCEAE					
<i>Chlorella</i> sp.				1	
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.		19			
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West	14				
<i>Elakatothrix</i> sp.		22		3	
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom.		3		5	
<i>Frustulia</i> sp.		1			
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn				3	
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárk.-Legn.	14				
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.				5	
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.				1	
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald		11		42	
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb. ex Ralfs) Chod.		5			
<i>Scenedesmus linearis</i> Kom.		1		1	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.		8		17	
<i>Tetrastrum homoiacanthum</i> (Huber-Pestal.) Comas		8		36	
CHRYSOPHYCEAE					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.				1	
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenb.		3		3	
EUGLENOPHYCEAE					
<i>Trachelomonas lacustris</i> Dezepolski			1		
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Cryptomonas</i> sp.	28	5		3	
ZYGNEMAPHYCEAE					
<i>Cosmarium</i> sp.			3		
DINOPHYCEAE					
<i>Peridinium</i> sp.				5	

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 μm de abertura de malha. O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

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 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 referentes às análises da comunidade zooplanctônica serão enviados posteriormente.

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

Os resultados referentes às análises da comunidade zoobentônica serão enviados posteriormente.

9. Próximas atividades

Em junho de 2013 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**. 2nd 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 março de 2013, 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)		26	27	27	28	27	26	28	30	30	27	25	26	27
Temperatura da água (°C)	S	27,5	27,9	25,2	29,4	30,4	24,8	29,3	31,7	28,6	28,2	30,2	30,3	24,8
	M	27,3			28,3							29,7	29,3	
	F	27,1			28,5							29	29,3	
Transparência da água (m)		1,9	0,6	0,3	3,35	3,8	0,05	0,5	-	1,0	1,2	4,2	3,4	0,05
Turbidez (NTU)	S	5,19	63	35,16	0,99	8,39	0,98	45,99	6,47	2,59	7,44	0,86	0,74	542
	M	2,98			2,22							1,67	1,4	
	F	5,96			2,5							2,15	1,65	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	S	3,9	6,8	6,6	5,4	6,2	5,7	6,1	7,1	6,2	4,1	6,1	6,2	6,5
	M	2,49			4,36							4,64	4,17	
	F	2,43			3,9							3,14	3	
pH	S	7,67	7,7	7,6	7,69	7,76	7,75	7,54	7,72	7,78	7,51	8,1	8,05	6,97
	M	7,57			7,39							7,32	7,76	
	F	7,66			7,48							6,94	7,55	
Condutividade elétrica	S	68,9	27,16	19,66	66,9	71,8	75,9	51,2	74,6	77,7	75,6	71,8	73,8	64,9
	M	77,2			76,6							75,8	70,4	
	F	74,7			73,6							69,7	76,1	
STD (mg/L)	S	34,7	13,75	10,15	34,6	36,5	37,8	25,6	35,9	39	36,9	37,5	35,9	33,4
	M	38,9			38							36,9	36	
	F	39,2			36							36,4	36,9	
Alcalinidade (mg/L)	S	53	19	15	46	46	45	31	52	46	47	44	45	36
	M	50			51							45	45	
	F	49			46							43	46	
CO ₂ livre (mg/L)	S	2,27	0,76	0,66	1,88	1,6	1,6	1,79	1,98	1,53	2,9	0,7	0,8	7,71
	M	2,69			3,16							2,31	1,56	
	F	2,14			3,05							3,87	2,59	
CO ₂ total (mg/L)	S	48,9	17,48	13,86	42,36	42,08	41,2	29,07	47,74	42	44,26	39,42	40,4	39,39
	M	46,69			49,04							43,91	41,16	
	F	45,26			43,53							47,71	43,07	

Variáveis / Pontos	Prof	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Cloretos (mg/L)	S	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	M	<0,5			<0,5							<0,5	<0,5	
	F	<0,5			<0,5							<0,5	<0,5	
Sulfato (mg/L)	S	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5
	M	<1,0			<1,0							<1,0	<1,0	
	F	<1,0			<1,0							<1,0	<1,0	
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	0,009
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
Ferro total (mg/L)	S	0,23	0,72	0,63	0,13	0,07	0,07	0,76	0,19	0,08	0,23	0,04	0,04	3,15
	M	0,22			0,21							0,1	0,05	
	F	0,3			0,37							0,38	0,2	
Orto-fosfato (mg/L)	S	<0,001	0,023	0,012	0,005	0,002	<0,001	0,011	0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,071
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			<0,001							0,002	<0,001	
Fósforo total (mg/L)	S	<0,001	0,026	0,013	0,008	0,002	<0,001	0,021	0,003	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,230
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			0,004							0,002	<0,001	
Nitrato (mg/L)	S	<0,1	0,3	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	1,6
	M	0,1			<0,1							0,1	<0,1	
	F	<0,1			<0,1							0,2	0,1	
Nitrito (mg/L)	S	0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,002	<0,001	0,001	0,008	0,001	0,003	0,004	<0,001
	M	0,002			0,002							0,002	0,003	
	F	0,002			0,001							0,001	0,002	
N-amoniaco (mg/L)	S	0,07	0,32	0,23	0,02	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,22
	M	0,03			0,02							<0,01	<0,01	
	F	0,09			0,02							<0,01	<0,01	
Nitrogênio total (mg/L)	S	0,371	0,92	0,83	0,322	0,002	0,802	0,98	0,801	0,618	0,801	0,403	0,404	4,62
	M	0,132			0,422							0,502	0,703	
	F	0,292			0,321							0,601	0,802	
DBO ₅ (mg/L)	S	1,4	4,0	4,0	1,9	2,1	2,0	4,7	2,3	4,3	1,8	0,3	1,6	5,4

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	490	170	330	210	5.400	45	170	1200	460	130	45	68	>16.000
Coliformes termotolerantes	S	110	130	110	<18	92	<18	45	92	18	<18	<18	<18	240

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

Fone/Fax: (62) 3223 1530

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

