

PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO – UHE CANA BRAVA



Tractebel Energia
GDF SVEZ

**Relatório Técnico Referente à
Campanha de Monitoramento
- Junho 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 M.Sc. 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

Sumário

1. Introdução	01
2. Resumo Executivo	01
3. Objetivos específicos do relatório	03
4. Descrição da Coleta	03
5. Coleta e Análise dos Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	04
6. Resultados e Discussão	06
6.1. Variáveis Abióticas	06
6.2. Variáveis Bacteriológicas	22
6.3. Perfil vertical dos pontos 20 e 21	23
7. Índice de Qualidade da Água (IQA)	25
8. Considerações Finais	28
9. Próximas Atividades	29
10. Referências	30
ANEXO I – Resultados obtidos no monitoramento realizado em junho de 2013	31

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 junho 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 junho de 2013, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. A seguinte não conformidade foi observada:

- concentração de oxigênio dissolvido inferior a 5,0 mg/L no ponto 15 (localizado a jusante da barragem).

De maneira geral, em junho 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 DBO₅, além de baixos valores de densidade de coliformes termotolerantes. A concentração de clorofila-a mensurada no ponto 21 também foi significativamente inferior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA.

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 CO₂ total (medida indireta da concentração de carbono inorgânico total), além das maiores densidades de coliformes termotolerantes.

Comparando com março de 2013, foi possível verificar que os maiores valores de turbidez, ferro total, orto-fosfato, fósforo total, nitrogênio total e densidade de coliformes, foram registradas durante o período de chuvas, onde ocorre maior escoamento superficial do ambiente terrestre para o sistema aquático. No entanto, mesmo considerando esses maiores valores, a maior parte dos parâmetros analisados no mês de março também se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005

Perfil vertical

Nesse mês de junho, a análise do perfil vertical (coleta na superfície, meio e fundo) dos pontos localizados no interior do reservatório demonstrou similaridade nos valores dos parâmetros analisados entre as profundidades de coleta, como por exemplo, temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez e nutrientes.

Além disso, considerando a análise detalhada do perfil vertical nos pontos 20 e 21, pode-se concluir que, nesse mês, a coluna da água no reservatório não apresentou estratificação térmica, tendo em vista a pequena diferença nos valores da temperatura da água entre o epilímnio e hipolímnio dos pontos monitorados. O decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido ao longo das maiores profundidades de coleta era esperado, tendo em vista as menores taxas de produção de oxigênio pela fotossíntese nas maiores profundidades, além do maior consumo desse gás devido ao processo de decomposição no hipolímnio.

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 bacteriológicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em junho 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;

4. Descrição da Coleta

Foram coletadas amostras de água, destinadas à determinação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em 13 pontos de coleta ao longo do reservatório (**Tabela 1 e Figura 1**).

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

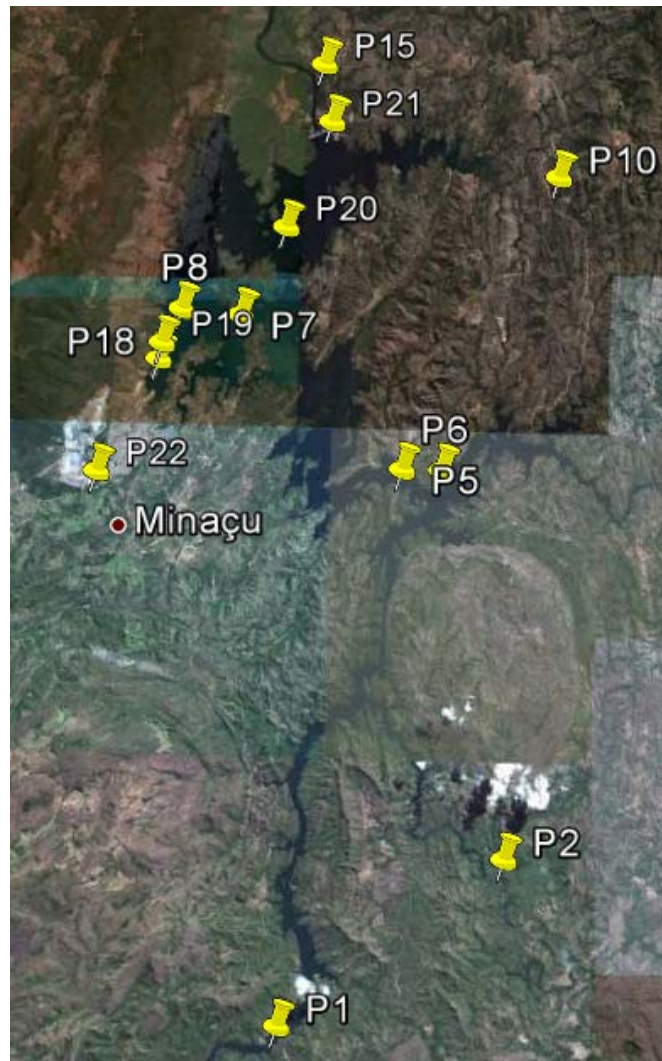


Figura 1. Pontos de coleta localizados na área de influência da UHE Cana Brava.

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

A campanha de campo foi realizada entre os dias 16 e 18 de junho de 2013.

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).

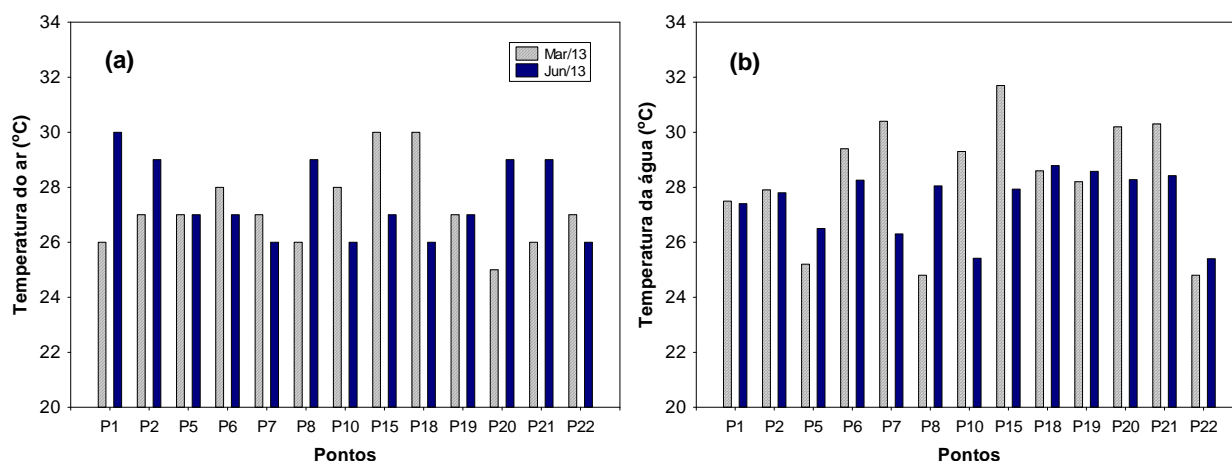
6. Resultados e Discussão

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

6.1. Variáveis Abióticas

Em junho de 2013, os valores de temperatura do ar foram, em média, iguais a 27,5°C (**Figura 2a**). Os valores da temperatura da água variaram entre 25,4°C e 28,79°C (média igual a 27,4°C) (**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 (1,1°C) foi obtida no ponto 21 (localizado próximo a barragem) (**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), assim como em março de 2013 (diferença igual a 1,2°C no ponto 20).



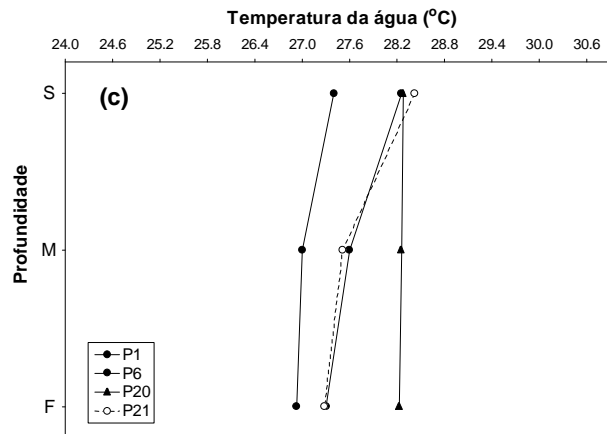


Figura 2. Valores de temperatura do ar (a) e da água (b) nos 13 pontos de coleta, mensurados em março e junho de 2013 (a) e perfil vertical da temperatura da água nos pontos localizados no interior do reservatório (b), em junho de 2013.

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 junho de 2013, as concentrações deste gás na superfície da coluna da água variaram entre 4,8 mg/L (ponto 15 – jusante da barragem) e 8,1 mg/L (ponto 18 – praia de Minaçu) (**Figura 3a**). Nesse mês, somente o ponto 15 apresentou concentração de oxigênio inferior 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 6,8 mg/L na superfície; 5,45 mg/L no meio e 4,4 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 no ponto 21, ou seja, no local com maior profundidade (**Figuras 4a e 4b**). Concentrações de oxigênio abaixo de 5,0 mg/L foram registradas no meio da coluna da água do ponto 1, e no fundo dos pontos 1, 6 e 21. O ponto 1

(foz do córrego Florêncio) apresentou baixas concentrações desse gás ao longo de toda a coluna de água, assim como observado nos demais meses de monitoramento limnológico.

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.

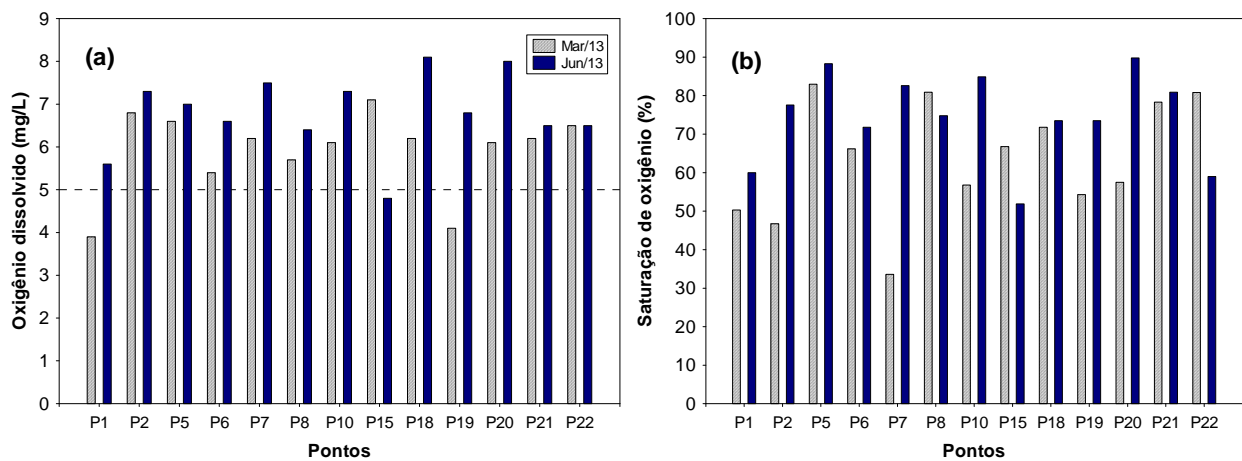


Figura 3. Concentrações de oxigênio dissolvido (a) e porcentagem de saturação de oxigênio (b) mensurados em março e junho de 2013.

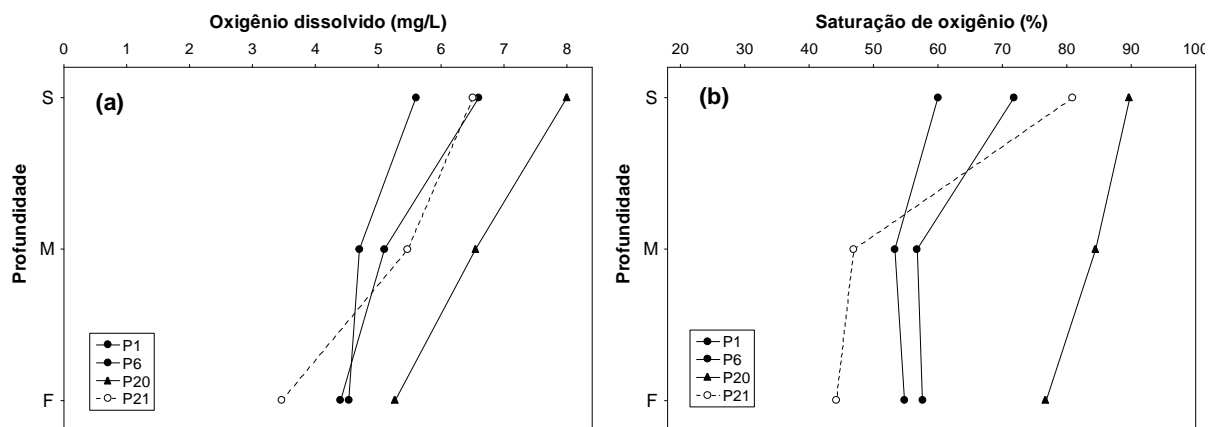


Figura 4. Perfil vertical das concentrações de oxigênio dissolvido (a) e saturação de oxigênio (b) em junho de 2013.

Variáveis indicadoras de luminosidade subaquática

Em junho 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; 5,7 metros) foi registrada no ponto 21, localizado próximo à barragem (**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 valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,1 NTU) e 1,78 NTU (ponto 6) (**Figura 5b**). Tais valores foram inferiores aqueles registrados nos meses anteriores, monitorados em 2012 e 2013, sendo similar aos valores registrados em setembro de 2012 (período de estiagem na região). Assim, ressalta-se a elevada transparência da água na maior parte dos pontos de coleta ao longo de todo o período de monitoramento. Em junho de 2013, todos os locais monitorados apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU).

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.

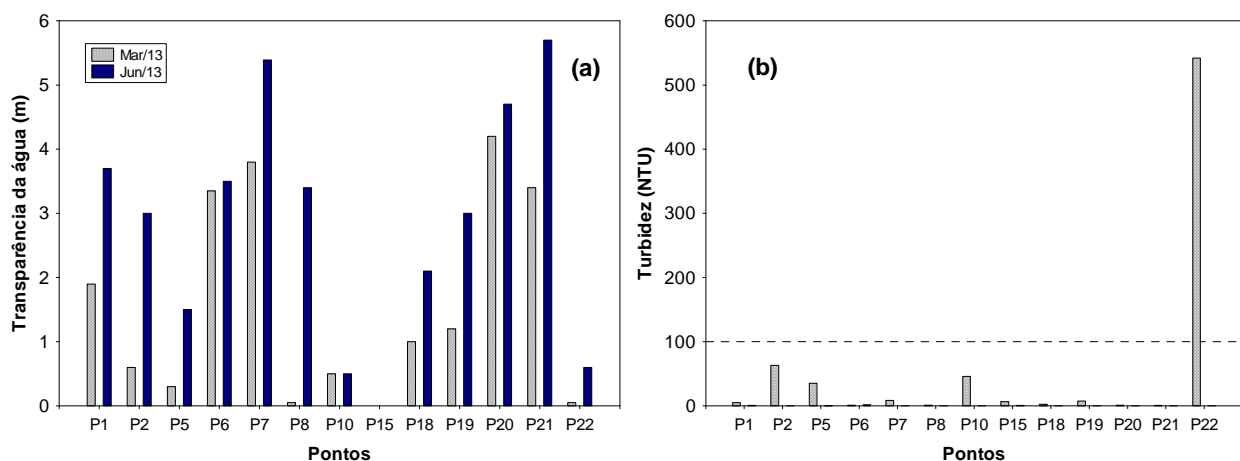


Figura 5. Valores de transparência da água (a) e turbidez (b) mensurados em março e junho de 2013.

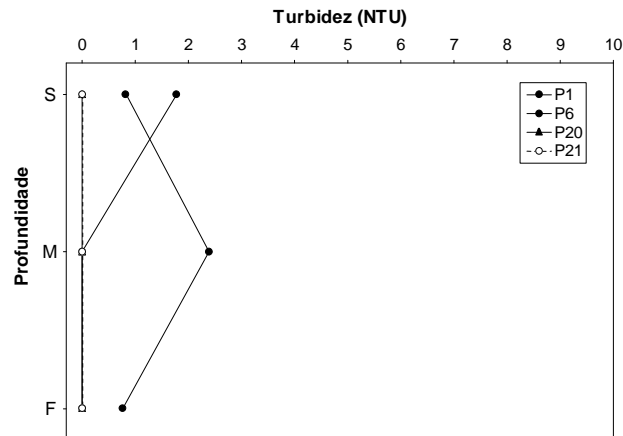


Figura 6. Perfil vertical dos valores de turbidez no corpo central do reservatório obtido em junho de 2013.

pH, condutividade elétrica, STD, alcalinidade e carbono inorgânico

Os valores do pH registrados variaram entre 7,69 e 8,87, 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 8,15; 8,05 e 7,7, respectivamente) (**Figura 8a**).

Os valores de condutividade elétrica variaram entre 39,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto 2) e 148,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto 22) (**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 78,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície; 75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no meio e 76,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no fundo da coluna da água; **Figura 8b**). Resultado similar foi obtido considerando as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), que variou entre 19,7 mg/L e 72,6 mg/L (ponto 22), 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 ($r = 0,99$; $P < 0,001$).

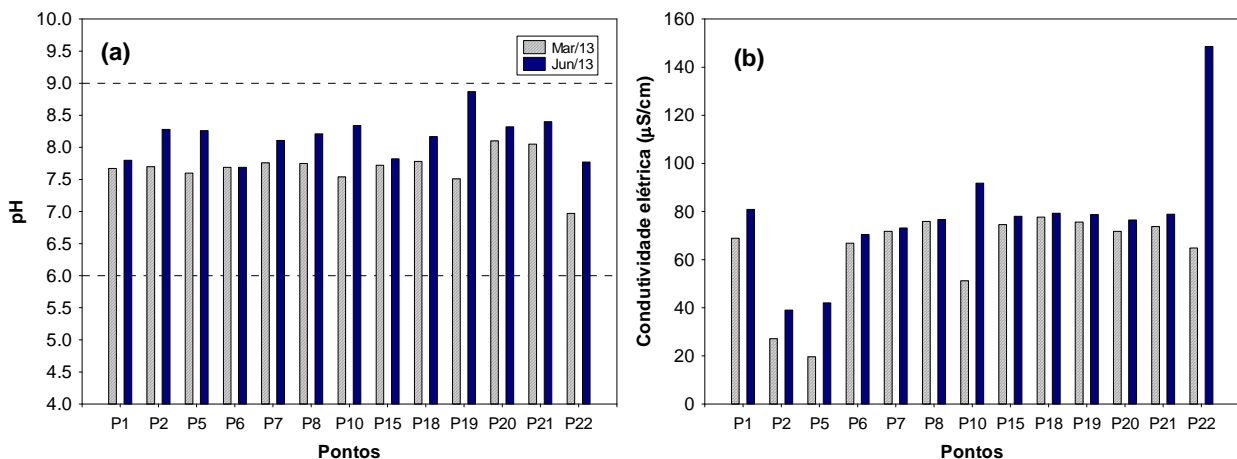
A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos apresentada por um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (Esteves, 1998). Nesse mês, tais valores variaram entre 25 mg/L e 72,6 mg/L (ponto 22 – localizado no rio Bonito) (**Figura 7d**). Assim como observado para os valores de condutividade elétrica, sólidos totais

dissolvidos e alcalinidade, a maior concentração de CO₂ total (medida indireta da concentração de carbono inorgânico total) também foi registrada no ponto 22 (77,6 mg/L) (**Figura 7e**). Tais resultados demonstram a elevada concentração de íons, principalmente carbono inorgânico, nesse local.

Além disso, nesse mês, foi registrado um acréscimo nos valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade no trecho monitorado, comparando com março de 2013. 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.

Considerando o perfil vertical nos pontos localizados no interior do reservatório, foi possível observar similaridade nos valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade e CO₂ total nas três profundidades amostradas (**Figuras 8d e 8e**).

As concentrações de CO₂ livre variaram entre 0,12 mg/L e 2,89 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 21 (local com maior profundidade de coleta) (**Figura 8f**).



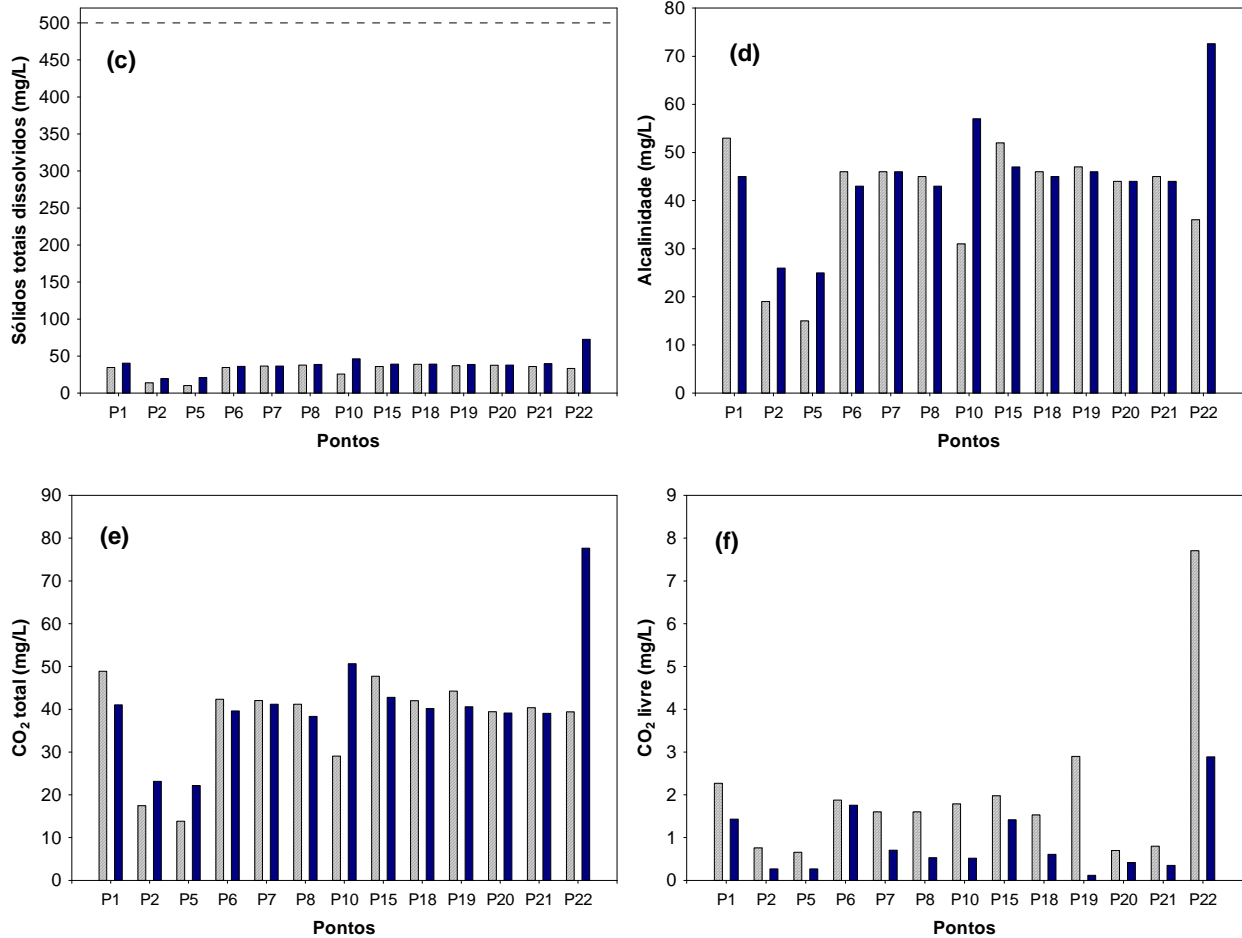
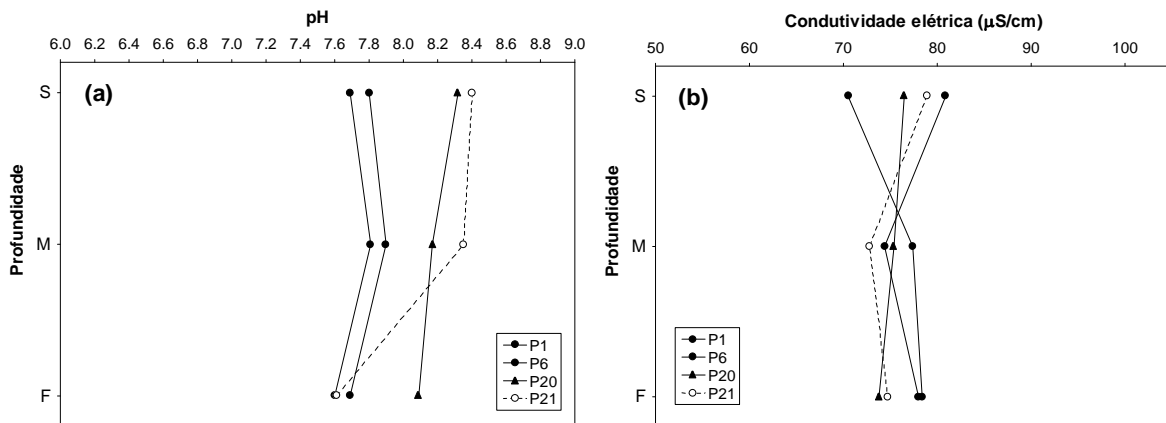


Figura 7. Valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO₂ total (e) e CO₂ livre (f) mensurados nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março e junho de 2013.



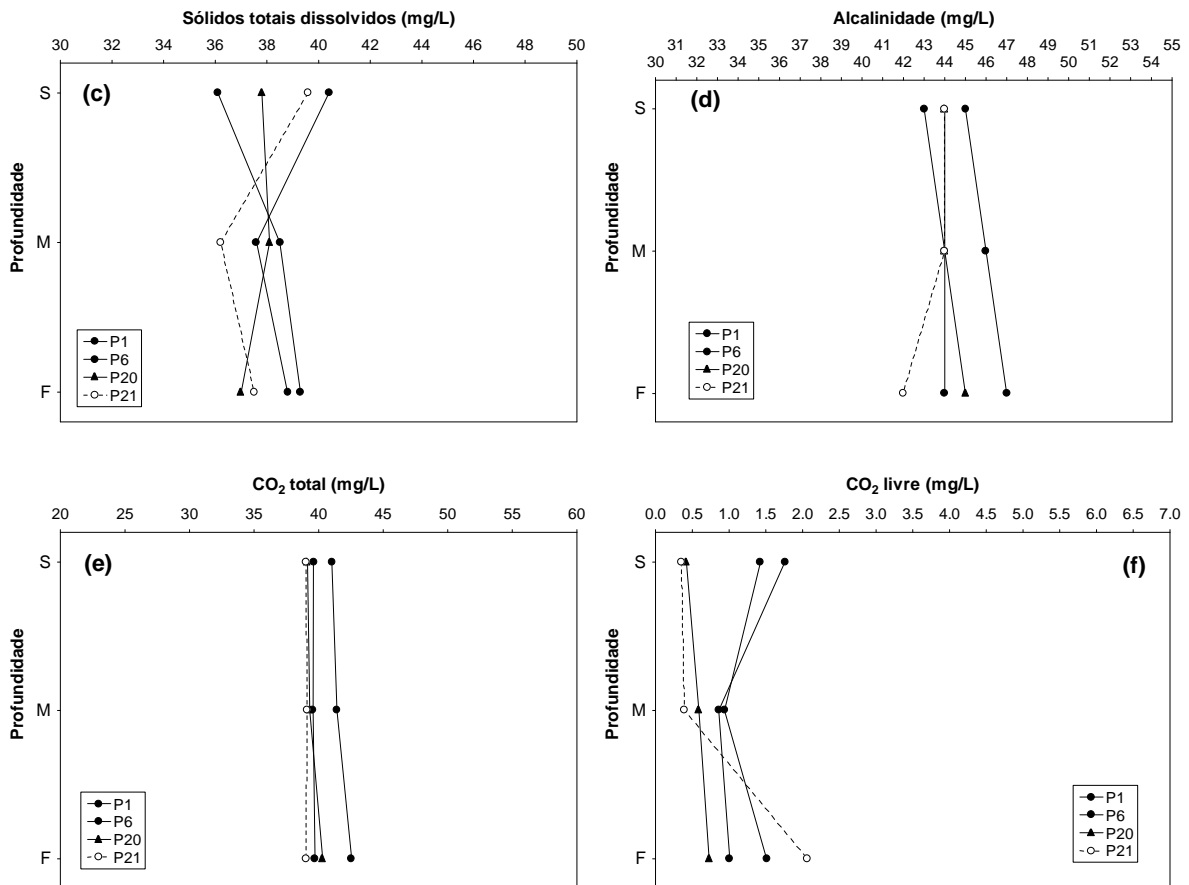


Figura 8. Perfil vertical dos valores de pH (a), condutividade elétrica (b), sólidos totais dissolvidos (STD; c), alcalinidade (d), CO₂ total (e) e CO₂ livre (f) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava em junho de 2013.

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). Em junho de 2013, 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 março de 2013. 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 (SO_4^{2-}), íon sulfito (SO_3^{2-}), íon sulfeto (S^{2-}), gás sulfídrico (H_2S), 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 junho de 2013, as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite de detecção do método ($<1 \text{ mg/L}$) em todos os pontos de coleta. Em março de 2013, somente o ponto 22 apresentou concentração detectável de sulfato (concentração igual a $5,0 \text{ mg/L}$) (**Figura 9b**). Tais concentrações também foram inferiores ao limite de detecção do método ($<1,0 \text{ mg/L}$) 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).

Em junho de 2013, as concentrações de sulfeto também foram inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001 \text{ mg/L}$), em todos os pontos de coleta. Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de sulfeto inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA ($0,002 \text{ mg/L}$). Resultado similar foi registrado em setembro de 2012. Em março (período de chuvas), a maior concentração de sulfeto ($0,009 \text{ mg/L}$) foi registrada no ponto 22 (rio Bonito) (**Figura 9c**). Em junho, tais concentrações também foram inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001 \text{ mg/L}$) nas maiores profundidades de coleta (meio e fundo dos pontos 1, 6, 20 e 21).

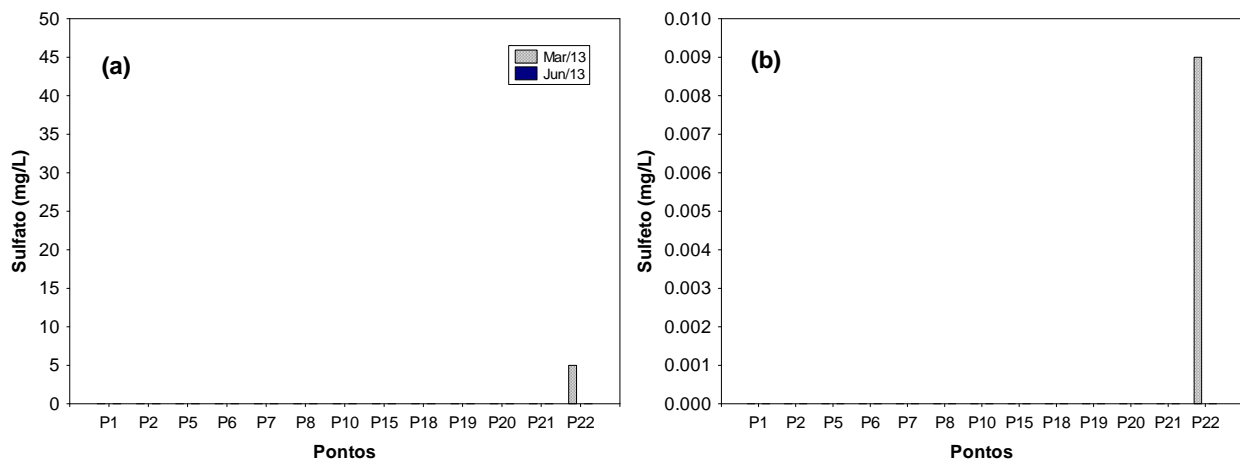
Considerando que as concentrações de cloreto, sulfato e sulfeto foram inferiores ao limite de detecção dos respectivos métodos em todos os pontos e profundidades de coleta (ponto 1, 6, 20 e 21), não serão apresentados aqui os gráficos dos perfis verticais desses parâmetros.

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; 0,48 mg/L em março e 0,14 mg/L em junho de 2013) (**Figura 9d**). De fato, as maiores concentrações de ferro total têm 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.



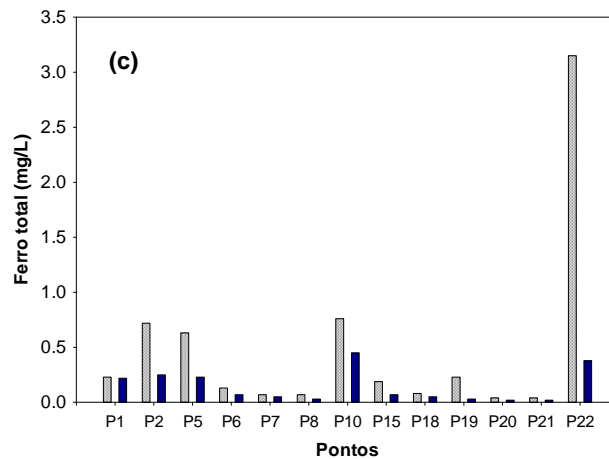


Figura 9. Concentrações de sulfato (a), sulfeto (b) e ferro total (c) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março e junho de 2013. O gráfico com as concentrações de cloreto não é apresentado, tendo em vista que as concentrações obtidas foram inferiores ao limite de detecção do método (<0,5 mg/L).

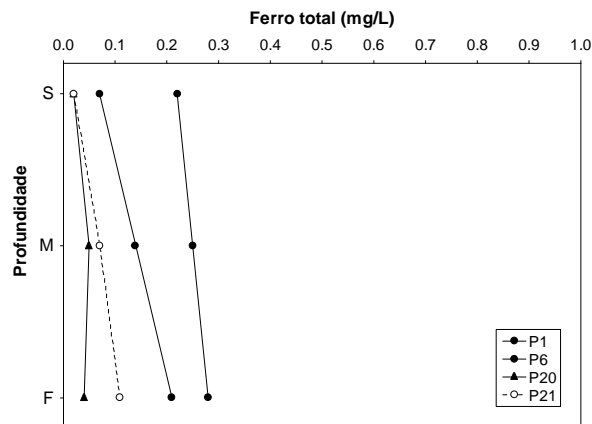


Figura 10. Perfil vertical das concentrações de ferro total no corpo central do reservatório, em junho de 2013. Os gráficos com o perfil vertical das concentrações de cloreto, sulfato e sulfeto não são apresentados, tendo em vista que as concentrações obtidas foram inferiores ao limite de detecção do método, em todas as profundidades.

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 junho de 2013, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de orto-fosfato inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L), inclusive nas maiores profundidades de coleta (**Figura 11a**). As concentrações de fósforo total também foram inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L) na maior parte dos pontos de coleta, com exceção somente do ponto 22 (rio Bonito; $0,008$ mg/L) (**Figura 11b**). Assim, nesse mês, todos os locais apresentaram concentrações de fósforo total inferiores ao limite máximo indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 ($0,05$ mg/L). Além disso, em todas as profundidades de coleta, as concentrações de orto-fosfato e fósforo total foram inferiores ao limite de detecção do método (**Figuras 12a e 12b**).

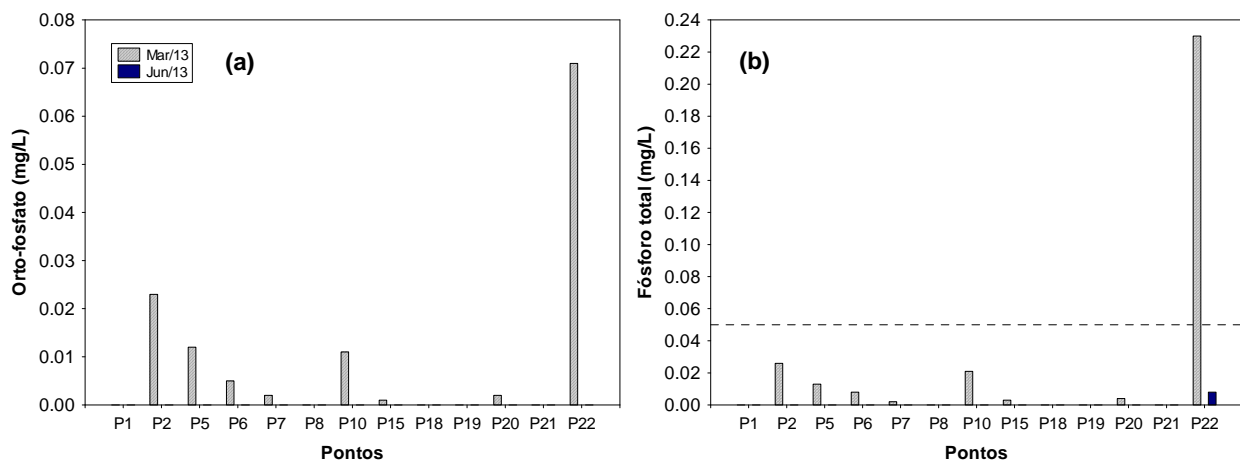


Figura 11. Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março e junho de 2013.

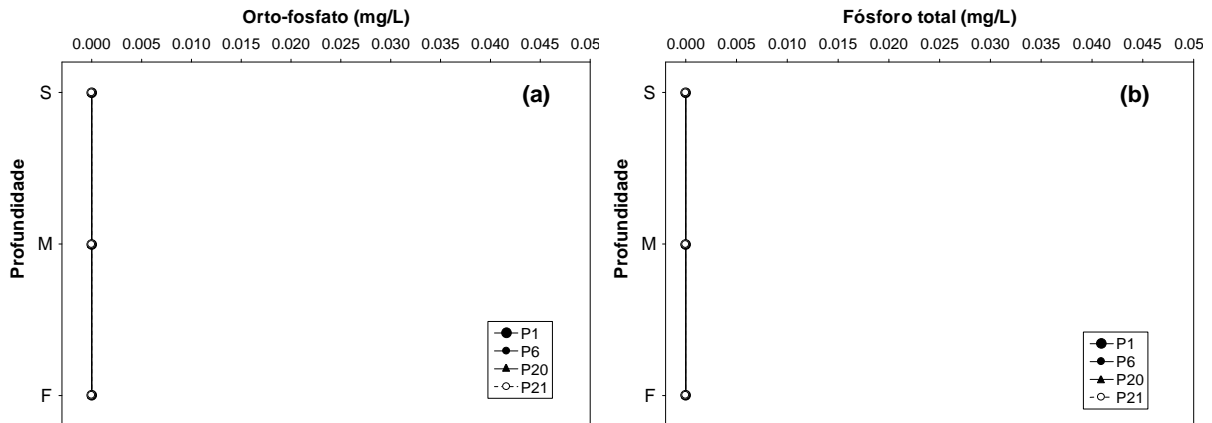


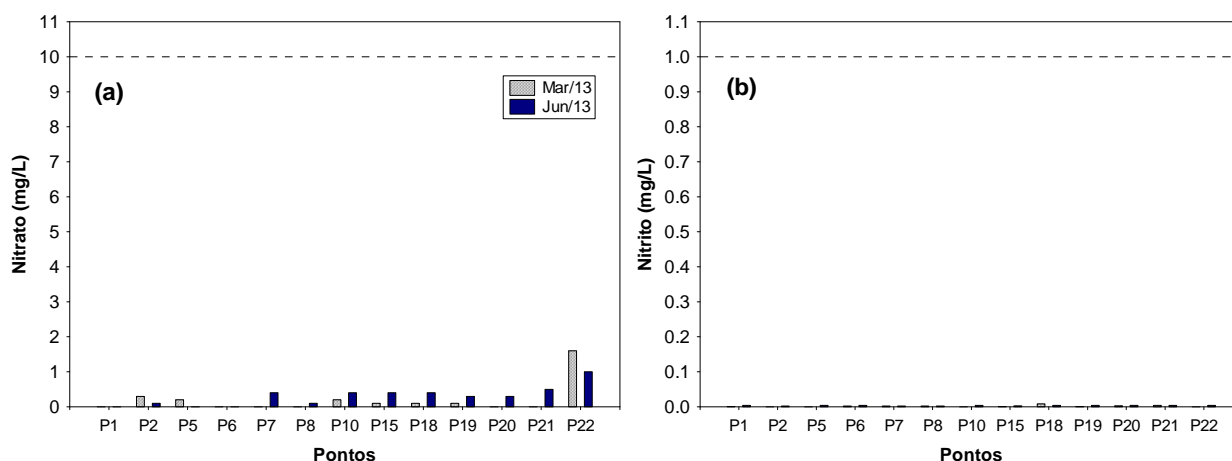
Figura 12. Perfil vertical das concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) no corpo central do reservatório, em junho de 2013. Os valores foram inferiores ao limite de detecção do método em todas as profundidades de coleta.

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 1,0 mg/L (ponto 22 - rio Bonito) (**Figura 13a**). As concentrações de nitrito (NO_2^-) variaram entre 0,002 mg/L e 0,004 mg/L (na maior parte dos pontos de coleta) (**Figura 13b**), enquanto que as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre 0,01 mg/L e 0,11 mg/L (ponto 21) (**Figura 13c**). A maior concentração de nitrogênio total (1,38 mg/L) foi registrada no ponto 22 (rio Bonito), assim como observado nos demais meses de monitoramento limnológico (**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; 0,91 mg/L em março de 2013 e 0,52 mg/L em junho).

De maneira geral, todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de nitrato e nitrito que coadunam com os limites indicados pela Resolução CONAMA n° 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 em junho de 2013 também apresentou concentrações de N-amoniacal inferiores ao limite indicado pela Resolução. Em março de 2013, considerando o valor de pH (< 7,5), a concentração registrada de N-amoniacal no ponto 22 também esteve de acordo com a referida legislação.

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**).



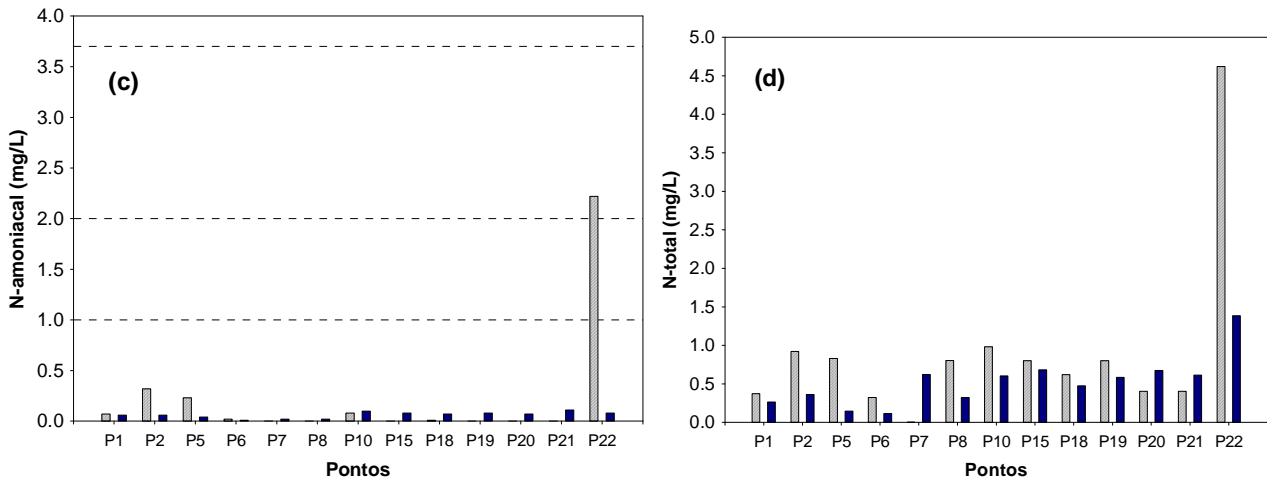


Figura 13. Concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniaca (c) e nitrogênio total (d) mensuradas nos 13 pontos de coleta na área de influência da UHE Cana Brava, em março e junho de 2013.

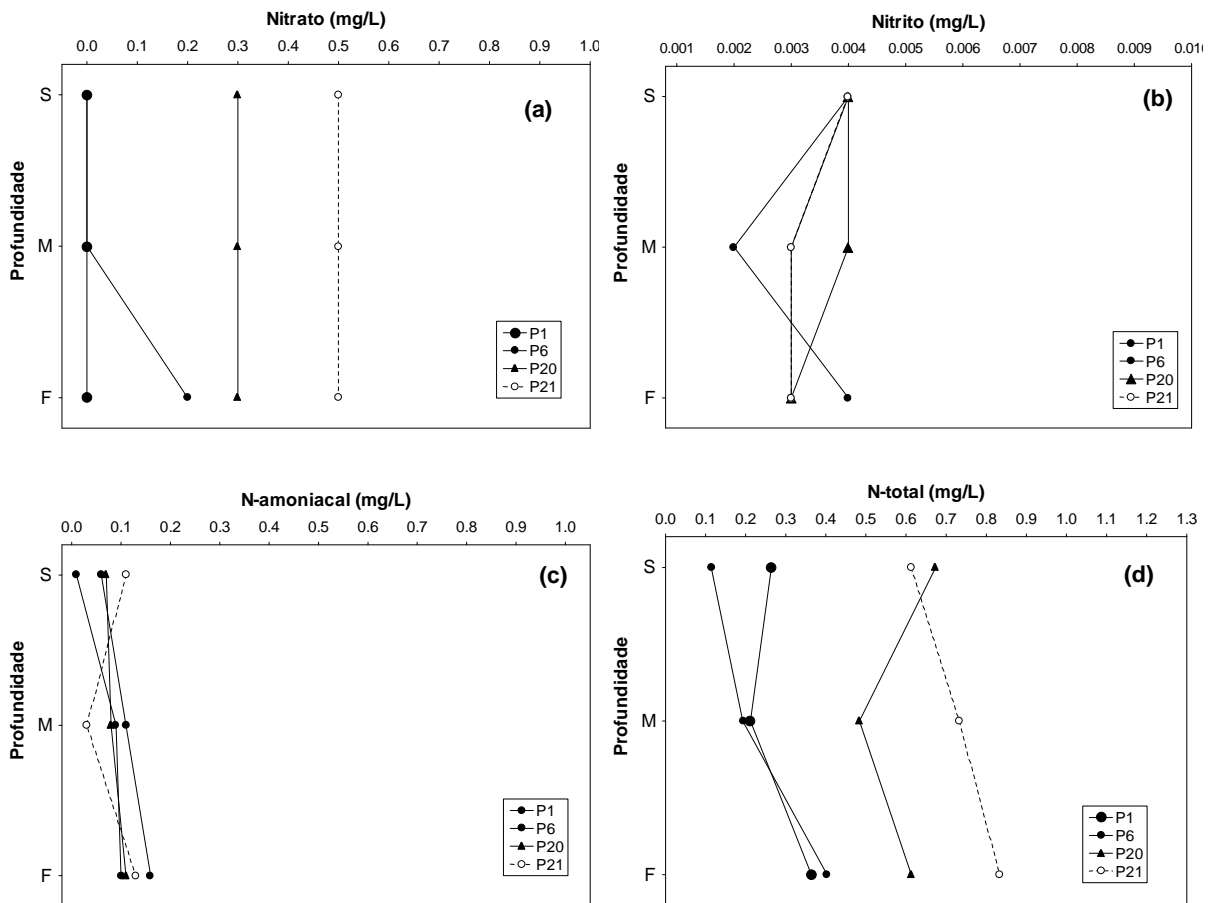


Figura 14. Perfil vertical das concentrações de nitrato (a), nitrito (b), nitrogênio amoniaca (c) e nitrogênio total (d) mensurado no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em junho de 2013.

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 junho de 2013, a concentração de clorofila-a no ponto 21 foi muito inferior ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (30 µg/L), assim como observado em setembro e dezembro de 2012 e em março de 2013 (**Figura 15**).

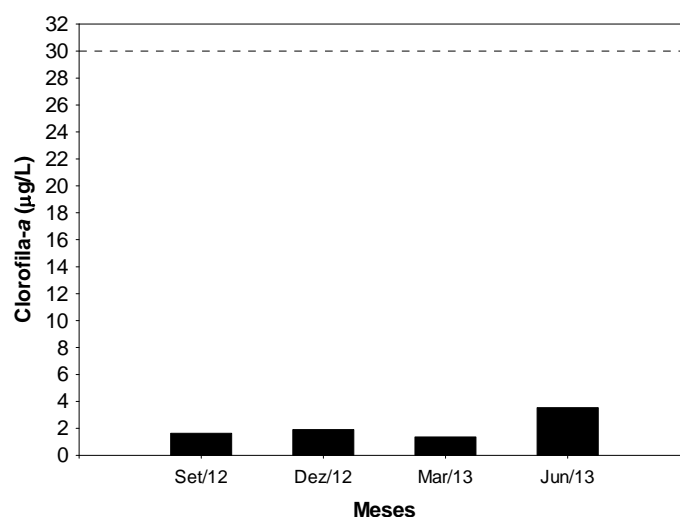


Figura 15. Concentrações de clorofila-a no ponto 21, entre setembro de 2012 e junho de 2013.

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 (pontos 18 e 21) e 2,3 mg/L (ponto 20) (**Figura 16**). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram valores de DBO₅ inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (5,0 mg/L).

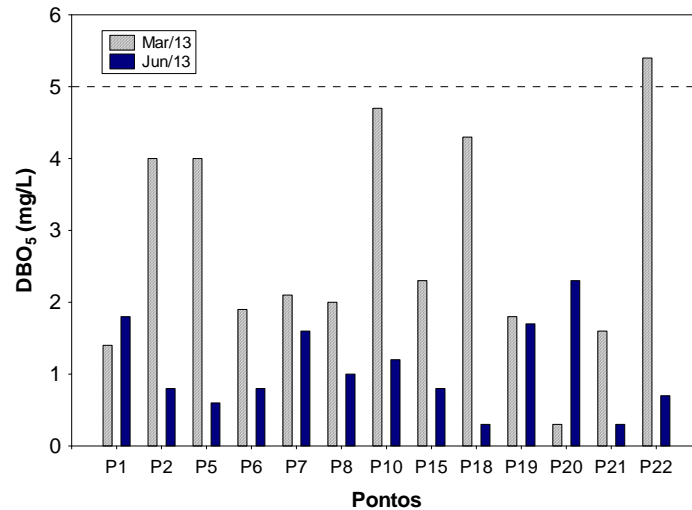


Figura 16. Valores de DBO₅ obtidos em março e junho de 2013.

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 junho de 2013, as concentrações de óleos e graxas no trecho monitorado estavam de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA n^o 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 2012 e em março de 2013.

6.2. 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 junho de 2013, a densidade de coliformes totais variou entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<18 NMP/100ml) 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 1, 2, 6, 7, 15, 18 e 19) e 630 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).

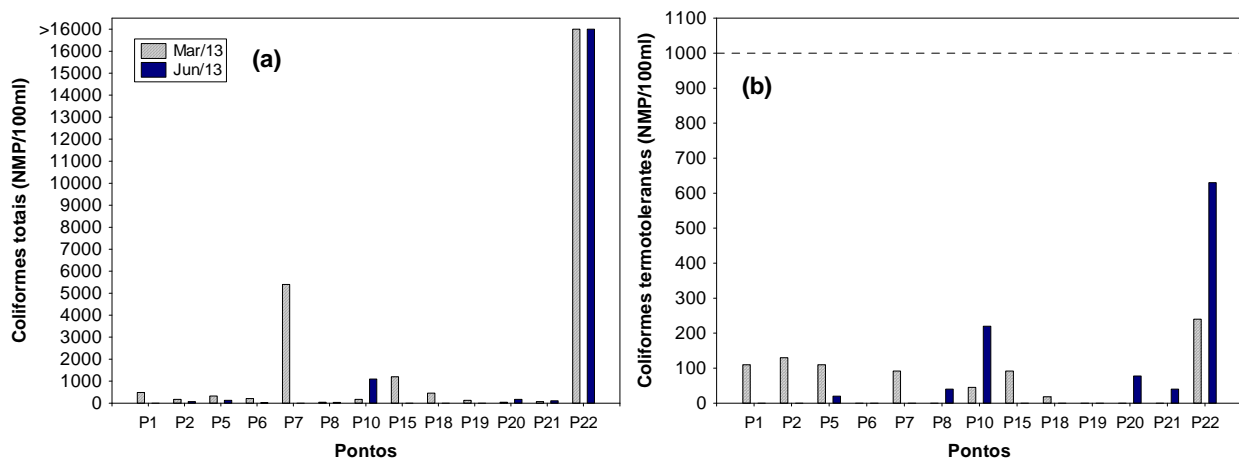


Figura 17. Densidade de coliformes totais (a) e coliformes termotolerantes (b) no trecho monitorado da UHE Cana Brava, em março e junho de 2013.

6.3. 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 junho 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, a cada 1 metro de profundidade (**Figura 18**).

Nesse mês, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura iguais a $0,05^{\circ}\text{C}$ no ponto 20 e $1,1^{\circ}\text{C}$ no ponto 21 (**Figura 18a**). 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), assim como em março de 2013 (diferenças de temperatura iguais a $1,2^{\circ}\text{C}$ no ponto 20 e $1,0^{\circ}\text{C}$ no ponto 21).

A análise das concentrações de oxigênio dissolvido demonstrou valores inferiores a $5,0\text{ mg/L}$ a partir de 13 metros de profundidade no ponto 21, com o mínimo de $3,46\text{ mg/L}$ 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.

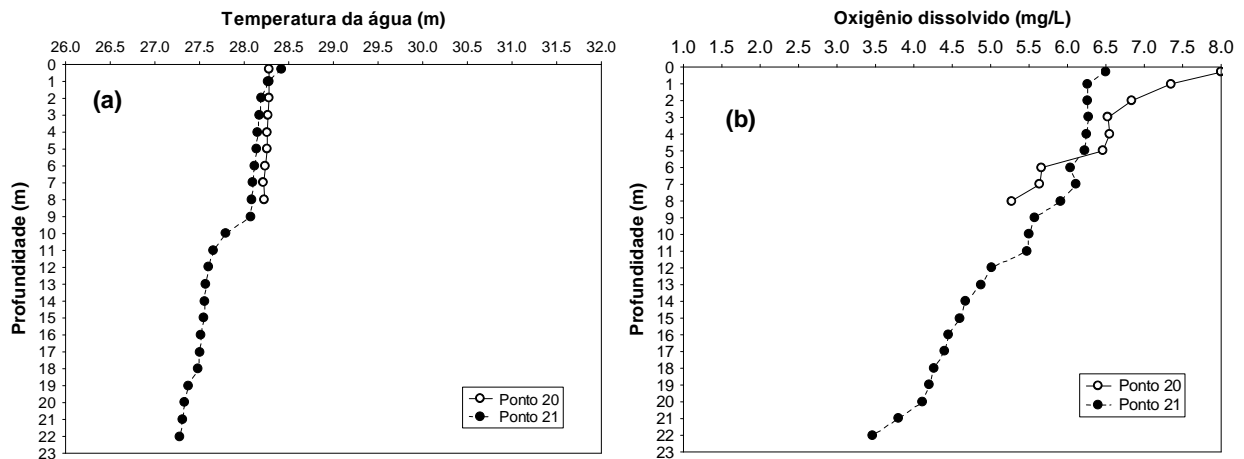


Figura 18. Perfil vertical dos valores de temperatura da água (a) e oxigênio dissolvido (b) em dois pontos localizados no corpo central do reservatório da UHE Cana Brava, em junho de 2013.

7. 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 junho de 2013, o trecho monitorado do reservatório da UHE Cana Brava apresentou valores de IQA que variaram entre 65,969 e 85,413 (ponto 18) (**Tabela 2**). Conforme pode ser verificado na tabela e figura abaixo, houve um acréscimo nos valores de IQA obtidos em junho de 2013, comparando com dezembro de 2012 e março de 2013, durante o período de chuvas na região. Além disso, ao longo do período de estudo é possível verificar que os menores valores de IQA são registrados no ponto localizado no rio Bonito (ponto 22).

Em junho de 2013, os pontos de coleta foram classificados como apresentando águas com “Boa” e “Ótima Qualidade” (**Tabela 2 e Figura 19**).

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

Pontos	Mar/2012		Jun/2012		Set/2012		Dez/2012		Mar/2013		Jun/2013	
	IQA	Qualidade	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	80,886	Ótima
P2	76,224	Boa	73,931	Boa	75,791	Boa	58,656	Boa	64,703	Boa	84,068	Ótima
P5	76,34	Boa	72,508	Boa	73,190	Boa	67,463	Boa	64,783	Boa	75,932	Boa
P6	84,844	Ótima	81,176	Ótima	77,506	Boa	71,956	Boa	81,458	Ótima	83,245	Ótima
P7	86,474	Ótima	81,568	Ótima	83,126	Ótima	56,805	Boa	72,398	Boa	83,603	Ótima
P8	85,081	Ótima	81,677	Ótima	82,881	Ótima	82,845	Ótima	75,748	Boa	76,351	Boa
P10	63,333	Boa	73,651	Boa	71,064	Boa	70,616	Boa	68,72	Boa	69,158	Boa
P15	72,481	Boa	64,620	Boa	72,969	Boa	84,590	Ótima	73,92	Boa	78,375	Boa
P18	76,899	Boa	81,485	Ótima	84,128	Ótima	77,520	Ótima	74,503	Boa	85,413	Ótima
P19	82,68	Boa	81,704	Ótima	85,173	Ótima	84,316	Ótima	73,954	Boa	83,028	Ótima
P20	85,387	Ótima	81,54	Ótima	84,128	Ótima	76,710	Boa	83,425	Ótima	74,454	Boa
P21	85,057	Ótima	81,485	Ótima	84,587	Ótima	83,748	Ótima	83,311	Ótima	76,46	Boa
P22	63,949	Boa	69,629	Boa	52,911	Boa	68,488	Boa	47,508	Aceitável	65,969	Boa
Média	77,227		76,837		77,282		73,717		71,111		78,226	

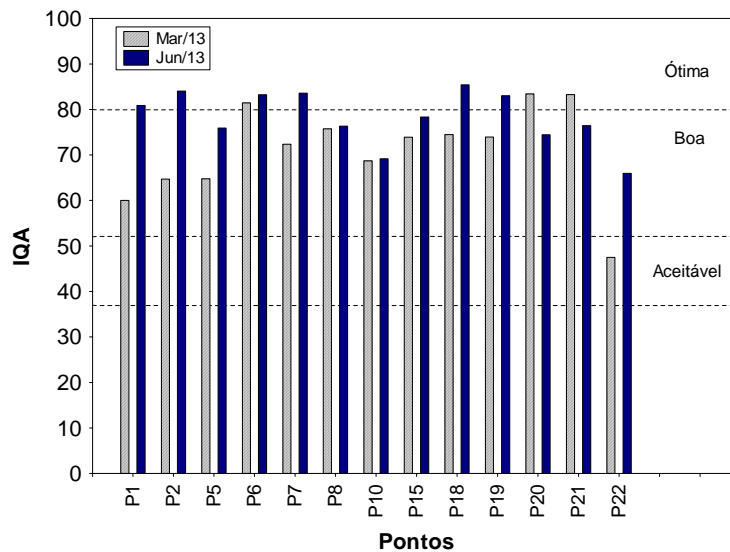


Figura 19. Valores de IQA obtidos no trecho monitorado da UHE Cana Brava, em março e junho de 2013.

8. Considerações Finais

De maneira geral, em junho 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, baixa concentração de clorofila-*a* (análise feita somente no ponto 21) e DBO₅, além de baixos valores de densidade de coliformes termotolerantes. Considerando que as águas do sistema monitorado são enquadradas na classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, todos os locais monitorados nesse mês, no reservatório da UHE Cana Brava, apresentaram resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução, com exceção somente da menor concentração de oxigênio na superfície do ponto 15 (jusante da barragem). Além disso, a análise do perfil vertical dos pontos localizados no interior do reservatório (pontos 1, 6, 20 e 21) demonstrou similaridade nos valores dos parâmetros físicos e químicos mensurados.

Comparando com março de 2013, foi possível verificar que os maiores valores de turbidez, ferro total, orto-fosfato, fósforo total, nitrogênio total e densidade de coliformes, foram registradas durante o período de chuvas, onde ocorre maior escoamento superficial do ambiente terrestre para o sistema aquático. No entanto, mesmo considerando esses maiores valores, a maior

parte dos parâmetros analisados no mês de março também se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

9. Próximas atividades

Em setembro de 2013 será realizada a campanha de campo trimestral, onde serão coletadas amostras de água para as análises físico-químicas e biológicas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos). Além disso, nesse mês serão coletadas amostras de sedimento para a análise de mercúrio.

10. Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência – FINEP, Rio de Janeiro, 1998. 575p.
- 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.
- 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.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.

ANEXO II. Resultados obtidos no monitoramento realizado em junho 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)		30	29	27	27	26	29	26	27	26	27	29	29	26
Temperatura da água (°C)	S	27,4	27,8	26,5	28,26	26,3	28,05	25,42	27,93	28,79	28,58	28,28	28,42	25,4
	M	27			27,6							28,26	27,51	
	F	26,93			27,3							28,23	27,28	
Transparência da água (m)		3,7	3,0	1,5	3,5	5,39	3,4	0,5	-	2,1	3,0	4,7	5,7	0,6
Turbidez (NTU)	S	0,83	0,12	0,41	1,78	<0,1	<0,1	<0,1	0,65	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	M	2,39			<0,1							<0,1	<0,1	
	F	0,76			<0,1							<0,1	<0,1	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	S	5,6	7,3	7,0	6,6	7,5	6,4	7,3	4,8	8,1	6,8	8,0	6,5	6,5
	M	4,7			5,1							6,55	5,47	
	F	4,53			4,4							5,27	3,46	
pH	S	7,8	8,28	8,26	7,69	8,11	8,21	8,34	7,82	8,17	8,87	8,32	8,4	7,77
	M	7,9			7,81							8,17	8,35	
	F	7,69			7,6							8,09	7,61	
Condutividade elétrica	S	80,9	39,1	42	70,5	73,2	76,7	91,8	78	79,3	78,8	76,5	78,9	148,6
	M	74,4			77,4							75,4	72,8	
	F	78			78,4							73,8	74,8	
STD (mg/L)	S	40,4	19,7	20,9	36,1	36,4	38,7	46,1	39,1	39,1	38,7	37,8	39,6	72,6
	M	37,6			38,5							38,1	36,2	
	F	38,8			39,3							37	37,5	
Alcalinidade (mg/L)	S	45	26	25	43	46	43	57	47	45	46	44	44	72,6
	M	46			44							44	44	
	F	47			44							45	42	
CO ₂ livre (mg/L)	S	1,43	0,27	0,27	1,76	0,71	0,53	0,52	1,42	0,61	0,12	0,42	0,35	2,89
	M	0,94			0,86							0,59	0,39	
	F	1,51			1,01							0,73	2,06	
CO ₂ total (mg/L)	S	41,03	23,15	22,2	39,6	41,19	38,37	50,68	42,78	40,21	40,6	39,14	39,07	77,69
	M	41,42			39,58							39,31	39,11	
	F	42,57			39,73							40,33	39,02	

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	<1,0
	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	<0,001
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
Ferro total (mg/L)	S	0,22	0,25	0,23	0,07	0,05	0,03	0,45	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,38
	M	0,25			0,14							0,05	0,07	
	F	0,28			0,21							0,04	0,11	
Orto-fosfato (mg/L)	S	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
Fósforo total (mg/L)	S	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008
	M	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
	F	<0,001			<0,001							<0,001	<0,001	
Nitrogênio total (mg/L)	S	0,264	0,362	0,144	0,114	0,622	0,322	0,604	0,683	0,474	0,584	0,674	0,614	1,384
	M	0,212			0,193							0,484	0,733	
	F	0,364			0,403							0,613	0,833	
Nitrato (mg/L)	S	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,4	0,1	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	1
	M	<0,1			<0,1							0,3	0,5	
	F	<0,1			0,2							0,3	0,5	
Nitrito (mg/L)	S	0,004	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	M	0,002			0,003							0,004	0,003	
	F	0,004			0,003							0,003	0,003	
N-amoniaco (mg/L)	S	0,06	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,1	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,08
	M	0,11			0,09							0,08	0,03	
	F	0,16			0,1							0,11	0,13	
DBO ₅ (mg/L)	S	1,8	0,8	0,6	0,8	1,6	1,0	1,2	0,8	0,3	1,7	2,3	0,3	0,7

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 (NMP/100ml)	S	<18	78	130	20	<18	40	1.100	<18	<18	<18	170	110	>16.000
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	S	<18	<18	20	<18	<18	40	220	<18	<18	<18	78	40	630

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

