



**UHE CANA BRAVA
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

FASE OPERAÇÃO

**XIX RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL REFERENTE À
CAMPANHA DE NOVEMBRO DE 2007**

DEZEMBRO DE 2007

EQUIPE RESPONSÁVEL

Biol. M.Sc. Juliana Machado do Couto

Biol. M.Sc. Larice de Fátima Machado do Couto

Biol. M.Sc. Carolina Bussadori Piva

Biol. Kátia Bittar Haddad

Biol. Lívia Naves Moraes

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	01
2. METODOLOGIA	02
2.1. Variáveis físico-químicas e bacteriológicas	02
3. RESULTADOS	05
3.1. Parâmetros físicos e químicos	05
3.2. Perfil vertical do ponto 21	17
3.3. Parâmetros bacteriológicos	19
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
5. BIBLIOGRAFIA	21
ANEXO I	22

1. APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada em novembro de 2007.

Foram coletadas amostras de água, destinadas à determinação dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos em 13 pontos de coleta ao longo do reservatório.

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 novembro de 2007, 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;

2. METODOLOGIA

2.1. Variáveis físico-químicas e bacteriológicas

Coleta das amostras

Foram coletadas amostras de água em 13 pontos de coletas (Tabela 1). As coletas de água foram realizadas com barco. Nas estações localizadas no corpo central do reservatório (pontos 1, 6, 20 e 21) foram coletadas amostras de superfície, meio e fundo. Nos demais pontos, foram amostrados somente água na superfície. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) foi determinada apenas na superfície em todos os pontos amostrados. As amostras de água foram coletadas com uma garrafa de Van Dorn horizontal com capacidade para 3 litros, a qual foi submersa até a profundidade desejada, presa num cabo de poliamida graduado.

Em campo foram obtidos os valores de pH, condutividade elétrica, (potenciômetro digital), oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação de oxigênio, temperatura da água (YSI 550A), temperatura do ar (termômetro de mercúrio) e transparência da água (disco de Secchi).

A profundidade do disco de Secchi também foi utilizada para estimar a extensão da zona eufótica. A porção iluminada da coluna da água é denominada zona eufótica, e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação correspondente a 1% da que atinge a superfície. Esta profundidade da coluna da água é também chamada de “ponto de compensação”, uma vez que a produção primária líquida é aproximadamente igual à respiração das comunidades (Esteves, 1998; Kalff, 2002). Desta maneira, assumiu-se como o meio da coluna da água (para as coletas nos pontos 1, 6, 20 e 21) o final da zona eufótica. A zona afótica (onde não ocorre penetração de luz), localizada nas maiores profundidades foi classificada como fundo nestes mesmos pontos.

Análise das amostras

As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas, e encaminhadas para o laboratório de limnologia em Goiânia para realização das análises. A determinação dos parâmetros físicos e químicos foi analisada segundo os métodos do manual de operação do laboratório portátil DR 2010 da HACH, conforme relacionados na Tabela 2.

Tabela 1. Pontos de coleta selecionados para o monitoramento limnológico.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	LONG.(W)	LAT.(S)	REFERENCIAL
1	Tocantins/Córrego Florêncio	48°09'09"	13° 46'23"	Montante
2	Rio Preto	48°03'36"	13°42'10"	Montante
5	Rio São Félix	48°06'27"	13°32'47"	Montante
6	Tocantins/ Foz São Félix	48°05'28"	13°32'47"	Montante
7	Rio Bonito	48°10'36"	13°29'09"	Montante
8	Córrego Varjão	48°12'05"	13°29'03"	Montante
10	Rio do Carmo	48° 02'46"	13°25'36"	Montante
15	Tocantins/Rio Cana Brava	48°09'56"	13°11'49"	Jusante
18	Praia de Minaçu - parte interna	48°12'37"	13°30'17"	Montante
19	Praia de Minaçu - parte externa	48°12'33"	13°29'53"	Montante
20	No meio do reservatório	48°09'33"	13°26'59"	Montante
21	Tocantins/Próximo à UHE Cana Brava	48°08'29"	13°24'24"	Montante
22	Rio Bonito (acima do ponto 7)	48°14'04"	13°33'03"	Montante

Tabela 2. Métodos de análise e faixa de detecção dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico.

Parâmetro	Metodologia	Faixa	Referências	
			USEPA *	Standard Methods
Temperatura	termômetro	0 – 100°C		-
Transparência	disco de secchi	0 – Desaparecimento		-
pH	potenciométrico	0 -14		4500 - H ⁺ - B
Condutividade elétrica	potenciométrico	0 – 199,9µS/cm		2510 - B
Oxigênio dissolvido	potenciométrico	0 – 30 mg/L O ₂		4500 - O - G
Oxigênio dissolvido (Winkler)	iodométrico	0 – 30 mg/L O ₂		4500 - O - B
Turbidez	nefelométrico	0-1000 NTU		2130 - B
Alcalinidade	titulação com ácido sulfúrico	10 – 4000 mg/l CaCO ₃	X	2320B
Acidez	titulação com hidróxido de sódio	0 - 400 mg/L CaCO ₃	X	23/10B
Cloreto	titulação com nitrato de mercúrio	0 – 40 mg/l Cl ⁻	X	4500 - Cl ⁻ - C
Dureza total	titulação usando método EDTA	10 – 4000 mg/l CaCO ₃	X	2340C
Ferro total	Espectrofotometria pelo método Ferro Ver	0 – 3,00 mg/L	X	3500B
Nitrato	Espectrofotometria pelo método Redução de Cádmio	0 – 4,5 mg/l NO ₃ ⁻		4500 - NO ₃ ⁻ - E
Nitrito	Espectrofotometria pelo método Diazotação	0 – 0,300 mg/l NO ₂ ⁻	X	4500 - NO ₂ ⁻ - B
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotometria pelo método do Salicilato	0 – 2,50 mg/L NH ₃		4500 - NH ₃
Orto-fosfato	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO ₄ ³⁻	X	4500 - P - E
Fósforo total	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	0 – 2,50 mg/L PO ₄ ³⁻		4500 - P
Sulfato	Espectrofotometria pelo método do Sulfa Ver 4	0 – 70 mg/L SO ₄ ²⁻	X	4500 - SO ₄ ²⁻ - F
Sulfeto	Espectrofotometria pelo método do Azul de Metileno	0 – 0,600 mg/l S ²⁻	X	4500 - S ²⁻ - D
Óleos e graxas	extração de hexano	15 – 3000mg/L HEM		5520 - B
DBO	diferença entre oxigênio final e inicial	-		5210 - B
Coliformes fecais	tubos múltiplos	-		9222 - D / 9221 - E
Coliformes totais	tubos múltiplos	-		9222 - B / 9221 - B

Metodologias adaptadas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

* Metodologia aprovada pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA – United States Environmental Protection Agency).

3. RESULTADOS

Os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos se encontram no Anexo I.

3.1. Parâmetros Físicos e Químicos

Em novembro de 2007, os valores da temperatura ambiente foram, em média, iguais a 29,3°C. Os valores da temperatura da água variaram entre 27,5°C e 33,3°C, na superfície da coluna da água. Em média, as maiores profundidades apresentaram os menores valores da temperatura da água (média = 30,76°C na superfície, 28,78°C no meio e 27,6°C no fundo da coluna da água) (Figura 1), valores superiores àqueles mensurados em agosto de 2007. Nos pontos onde foi mensurada a temperatura da água em três profundidades, observou-se uma maior diferença nos valores entre a superfície e fundo da coluna da água, comparando com o mês de agosto. As maiores diferenças nos valores de temperatura da água foram mensuradas nos pontos 20 (4,9 °C) e 21 (3,4°C) (meio do reservatório e região próxima à barragem). Essa maior diferença nos valores da temperatura, provavelmente, reflete a presença de estratificação térmica, que tem sido verificado durante o período de verão (período de chuvas) no reservatório da UHE Cana Brava.

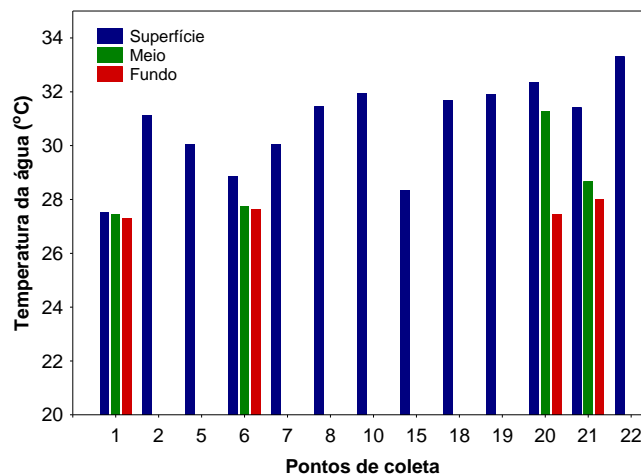


Figura 1. Valores da temperatura da água.

Considerando as variáveis indicadoras de luminosidade subaquática, o reservatório da UHE Cana Brava apresentou elevada transparência da água (média = 3,13 m), principalmente nos pontos localizados próximos à barragem (pontos 20 e 21; Figura 2). O ponto 21 apresentou o maior valor de

transparência da água (4,4 m), seguido pelo ponto 1 (foz do córrego Florêncio; 4,3 m). Assim como destacado em relatórios anteriores, os 10 (rio do Carmo) e 22 (rio Bonito) apresentaram valor de transparência total, tendo em vista que são tributários com menor profundidade.

Os valores de turbidez da água foram, em média, iguais a 8,2 NTU; 2,12 NTU e 8,83 NTU, na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (29,5 NTU) foi mensurado na superfície do ponto 6 (foz do rio São Félix) (Figura 3). Todos os locais apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU). De maneira geral, o reservatório da UHE Cana Brava apresenta elevada transparência da coluna da água, mesmo considerando que no mês de novembro há um aumento nos níveis de precipitação pluviométrica na região, e um conseqüente aumento no escoamento do material terrestre para o ambiente aquático.

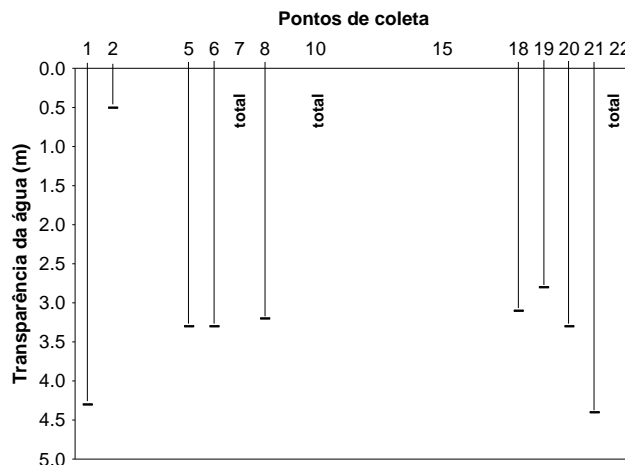


Figura 2. Valores de transparência da água.

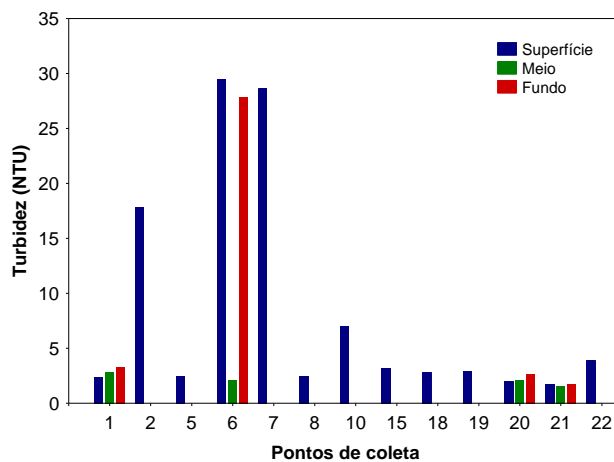


Figura 3. Valores de turbidez.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram, em média, iguais a 5,98 mg/l; 6,77 mg/l e 7,21 mg/l, na superfície, meio e fundo, respectivamente. Na superfície da coluna da água, as concentrações variaram entre 5,17 mg/l (ponto 10- rio do Carmo) e 7,67 mg/l (ponto 1 – foz do córrego Florêncio) (Figura 4). De maneira geral, todos os locais e profundidades monitoradas apresentaram concentração de oxigênio dissolvido superior a 5,0 mg/L, assim como determinado pela resolução CONAMA para água da classe 2. De maneira geral, ao longo de toda a coluna da água (maiores profundidades) as concentrações desse gás foram acima de 5,0 mg/L.

O mesmo padrão foi observado considerando a porcentagem de saturação de oxigênio, que foi, em média, igual a 79,97% na superfície, 87,72% no meio e 93,0% no fundo dos pontos amostrados. A menor porcentagem (70,7%) foi mensurada na superfície do ponto 20 (Figura 5).

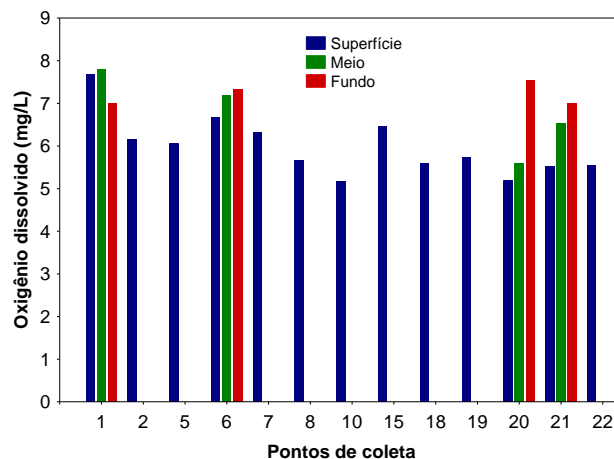


Figura 4. Concentração de oxigênio dissolvido.

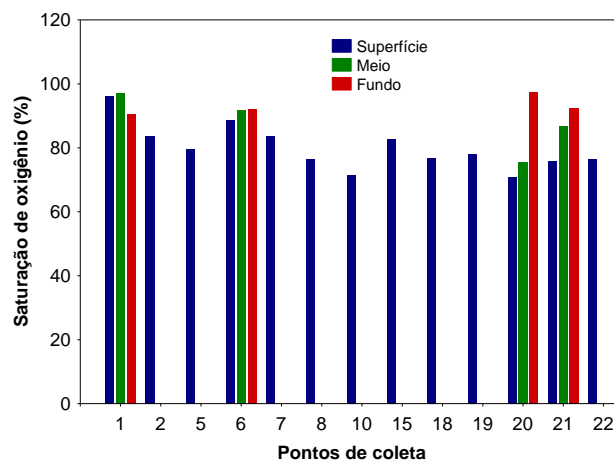


Figura 5. Porcentagem de saturação de oxigênio.

Em novembro, os valores médios de pH foram iguais a 7,89; 7,58 e 7,39, na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 6). Todos os locais monitorados apresentaram valores de pH dentro dos limites estabelecido pela resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0).

Os valores de condutividade elétrica foram, em média, iguais a 107,69 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície, 98,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no meio e 97,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no fundo (Figura 7). De maneira geral, não houve diferença significativa entre as profundidades amostradas. Na superfície da coluna da água, tais valores variaram entre 51 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto 2 (rio Preto) e 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto 7 (foz do rio Bonito), assim como observado em agosto de 2007. Os valores de condutividade elétrica foram altamente correlacionados com as concentrações de sólidos totais dissolvidos ($r = 0,99$; $P < 0,001$). As concentrações de sólidos totais dissolvidos, na superfície da coluna da água, variaram entre 30 mg/L (ponto 2) e 121 mg/L (ponto 7) (Figura 8).

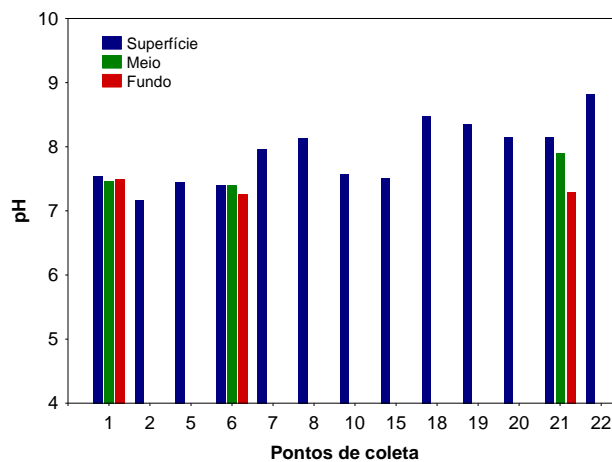


Figura 6. Valores de pH.

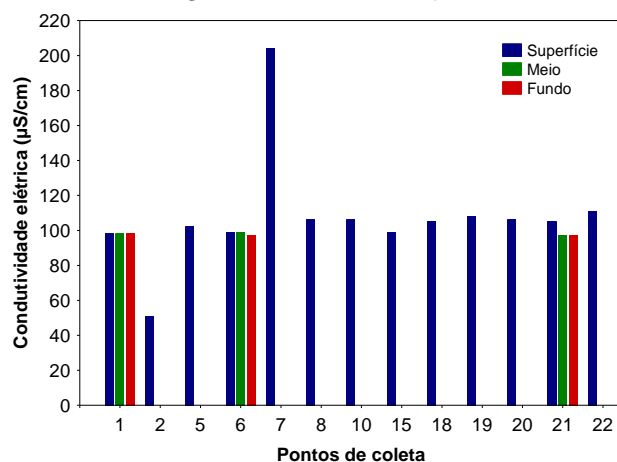


Figura 7. Valores de condutividade elétrica.

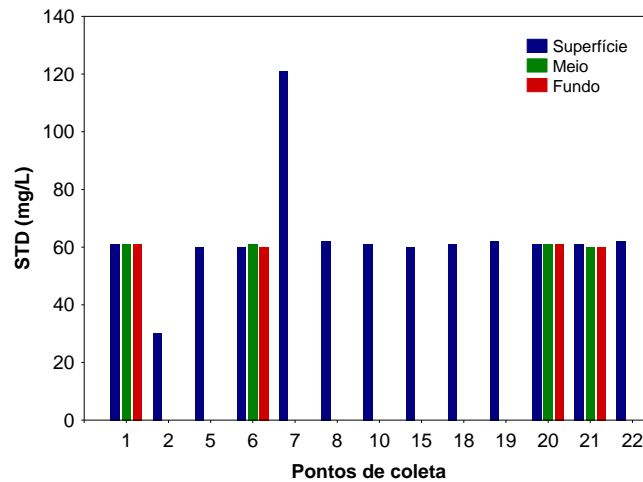


Figura 8. Concentração de sólidos totais dissolvidos (STD).

Considerando os valores de alcalinidade, também não foi observada diferença significativa entre as profundidades de amostragem. Tais valores foram, em média, iguais a 37,15 mg/L na superfície; 35,0 mg/L no meio e 34,0 mg/L no fundo (Figura 9). Tais valores são similares àqueles freqüentemente mensurados no reservatório. A superfície da coluna da água apresentou concentrações que variaram entre 32 mg/L (pontos 6 e 21) e 63 mg/L (ponto 7- foz do rio Bonito). Os valores de acidez variaram entre 3,0 mg/l e 5,9 mg/l (pontos 8 e 22; córrego Varjão e rio Bonito, respectivamente) (Figura 10).

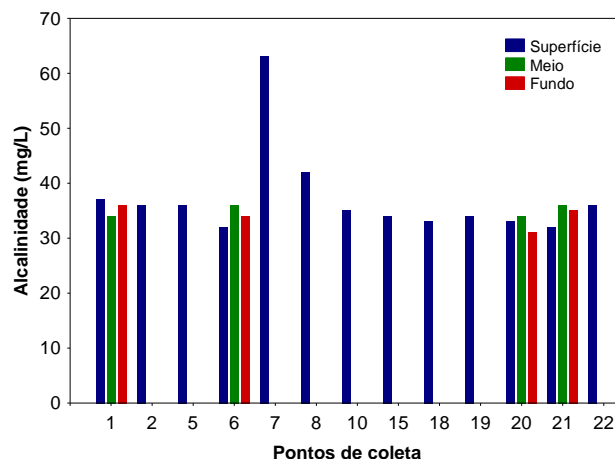


Figura 9. Valores de alcalinidade.

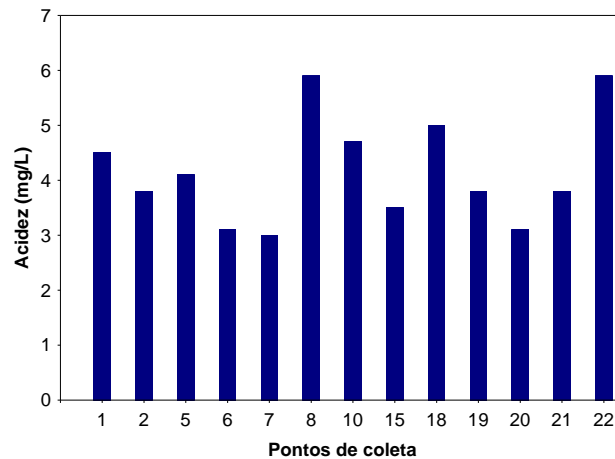


Figura 10. Valores de acidez.

Em novembro, os valores de dureza mensurados na superfície da coluna da água, variaram entre 42 mg/l (ponto 2 – rio Preto) e 106 mg/l (superfície do ponto 7- foz do rio Bonito) (Figura 11). Em média, tais valores foram iguais a 65,5 mg/L na superfície; 66,0 mg/L no meio e 63,0 mg/L no fundo. Águas com teores destes sais inferiores a 125 mg/l são classificadas como moles; de 125 a 230 mg/l, como médias ou ligeiramente duras e de 230 a 450 mg/l como duras. Esta classificação não tem aplicação biológica, somente é importante em termos de tratamento de água (Baumgarten e Pozza, 2001). Assim como observado em agosto de 2007, o ponto 7 (foz do rio Bonito), provavelmente, apresenta as maiores concentrações de íons carbonato e bicarbonato, tendo em vista os maiores valores de alcalinidade, dureza e condutividade elétrica.

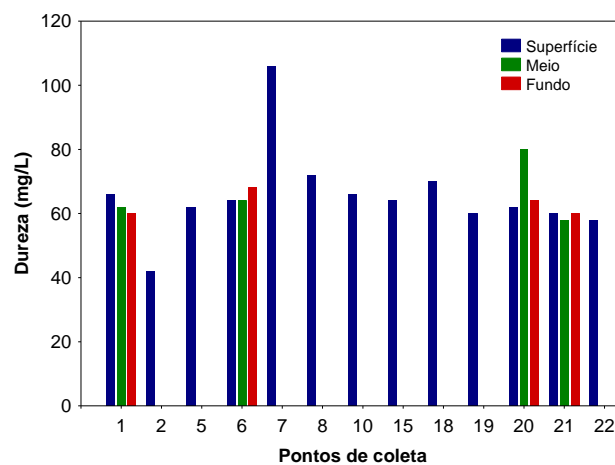


Figura 11. Valores de dureza.

No trecho monitorado da UHE Cana Brava, as concentrações de cloreto variaram entre 0,4 mg/L e 0,8 mg/L. Todos os locais amostrados apresentaram concentrações de cloreto inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (250 mg/L) (Figura 12).

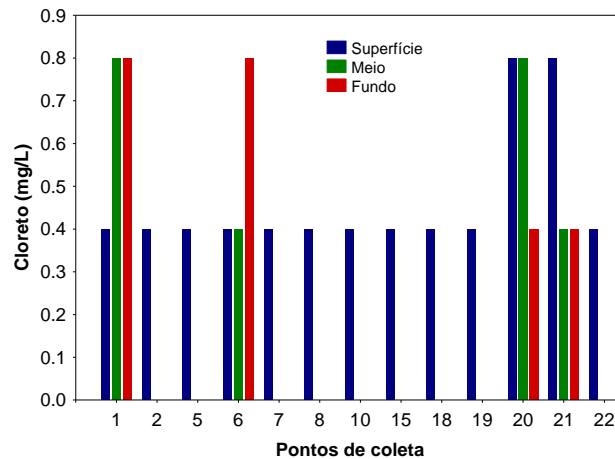


Figura 12. Concentração de cloreto.

Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais freqüentes, sendo que o íon sulfato assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários (Esteves, 1998). Em novembro, as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite de detecção do método em grande parte dos pontos monitorados. Somente a superfície dos pontos 2 (rio Preto) e 10 (rio do Carmo) e o fundo do ponto 21 (próximo a barragem) apresentaram concentrações de sulfato iguais a 1,0 mg/L. Assim, todas as concentrações de sulfato foram inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (250 mg/l).

As concentrações de sulfeto variaram entre valores abaixo do limite de detecção do método e 0,004 mg/L (superfície do ponto 6) (Figura 14). Desta maneira, as concentrações mensuradas na superfície do ponto 6 (foz do rio São Félix), 18 (parte interna da praia de Minaçu) e 22 (rio Bonito) foram superiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA (0,002 mg/l).

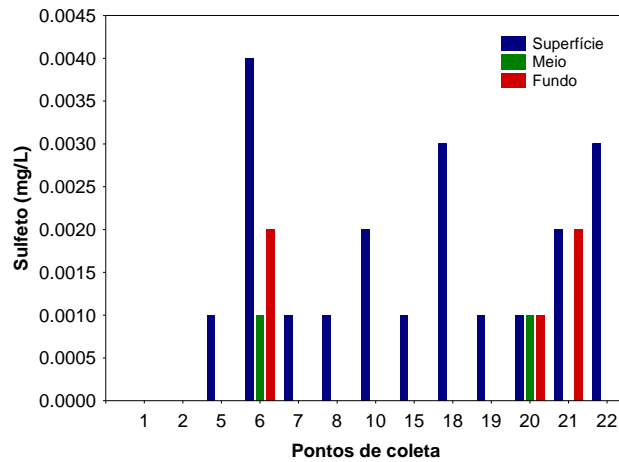


Figura 14. Concentração de sulfeto.

Em novembro de 2007, a concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,34 mg/L na superfície; 0,26 mg/L no meio e 0,86 mg/L no fundo (Figura 15). Tais concentrações variaram entre 0,08 mg/L (superfície do ponto 20) e 1,08 mg/L (ponto 10 – rio do Carmo). As maiores concentrações mensuradas no fundo do reservatório (hipolimnio) devem-se as elevadas taxas de decomposição nesses ambientes.

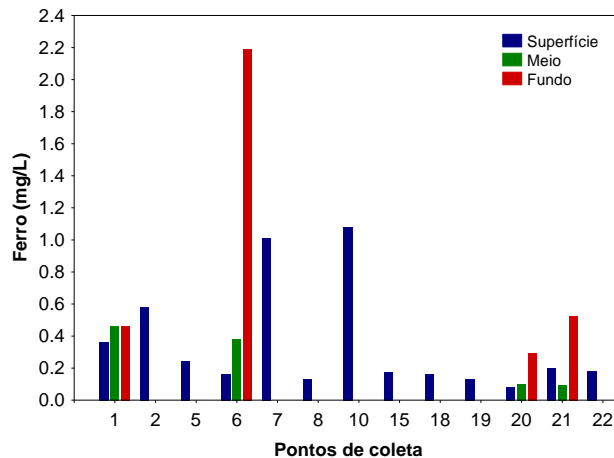


Figura 15. Concentração de ferro total.

Juntamente com o nitrogênio, o fósforo é o principal nutriente responsável pelo processo de eutrofização dos ecossistemas aquáticos (Kalf, 2002; Baumgarten e Pozza, 2001). Em novembro de 2007, as concentrações de orto-fosfato foram, em média, iguais a 0,023 mg/L na superfície; 0,031 mg/L no meio e 0,021 mg/L no fundo. A maior concentração (0,048 mg/L) foi mensurada no meio do ponto 20 (Figura 16A). As concentrações de fósforo

total variaram entre 0,016 mg/L (superfície do ponto 21) e 0,167 mg/L (meio do ponto 20) (Figura 16B). Em média, as concentrações de fósforo total foram iguais a 0,038 mg/L na superfície; 0,079 mg/L no meio e 0,036 mg/L no fundo.

Considerando a resolução CONAMA n. 357/2005, ambientes intermediários (lótico/lêntico) devem apresentar concentrações de fósforo total inferiores a 0,050 mg/L ou 50 µg/L. Assim, em novembro, a superfície dos pontos 2 (rio Preto), 5 (rio São Félix) e 7 (foz do rio Bonito); o meio dos pontos 1 (foz do córrego Florêncio), 6 (foz do rio São Félix) e 20 (meio do reservatório) e o fundo do ponto 1, apresentaram concentrações de fósforo total acima do limite referido.

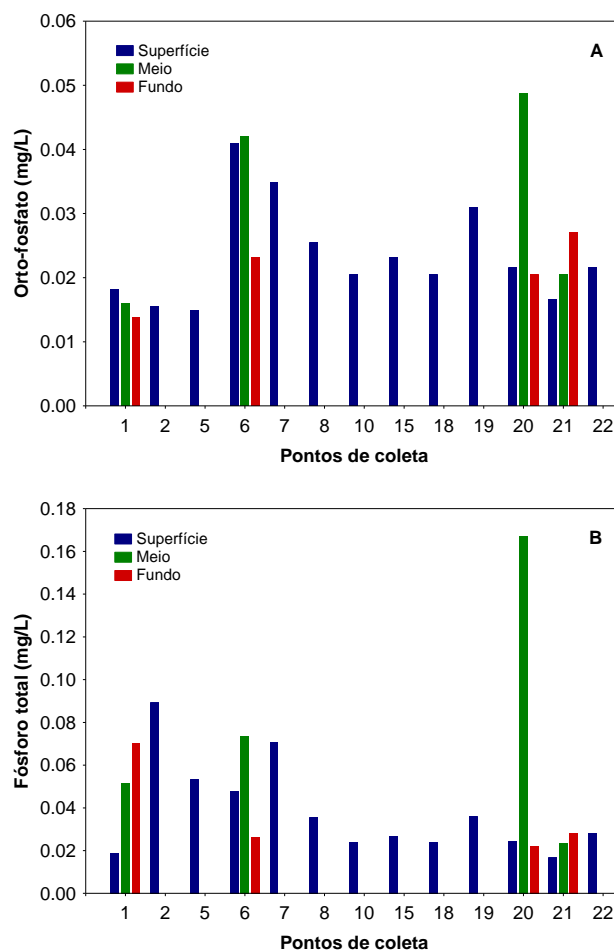


Figura 16. Concentração de orto-fosfato (A) e fósforo total (B).

As concentrações de nitrato variaram entre valores abaixo do limite de detecção do método (superfície dos pontos 19 e 20; e meio do ponto 21) e 0,5 mg/L (ponto 10 – rio do Carmo) (Figura 17). Todos os locais amostrados

apresentaram concentrações de nitrato inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA para águas de classe 2 (10 mg/l), assim como observado nos demais meses de monitoramento.

As concentrações de nitrito variaram entre 0,003 mg/L e 0,01 mg/L (ponto 7) (Figura 18). Além disso, não houve diferença significativa nas concentrações de nitrito mensuradas nas diferentes profundidades. Todos os locais e profundidades amostradas apresentaram concentrações de nitrito inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (1,0 mg/l).

As concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre 0,02 mg/L (ponto 7 e meio do ponto 1) e 0,31 mg/L (ponto 2 – rio Preto) (Figura 19). De acordo com os valores de pH nas águas monitoradas, pode-se afirmar que as concentrações de nitrogênio amoniacal foram inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (3,7 mg/l para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/l para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; e 1,0 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$).

De maneira geral, ao longo de todo o período de monitoramento limnológico, as concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal jamais ultrapassaram o limite preconizado pela referida resolução.

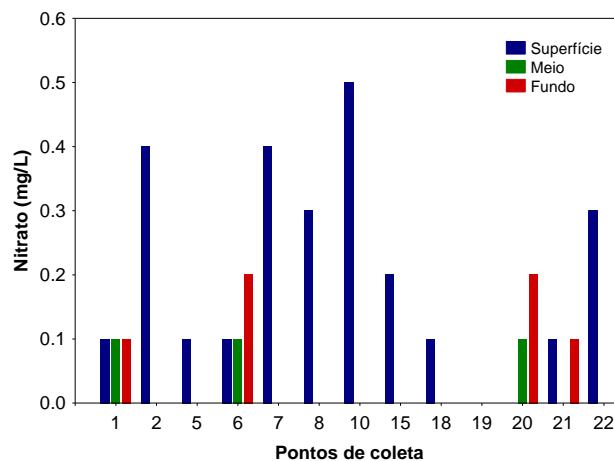


Figura 17. Concentração de nitrato.

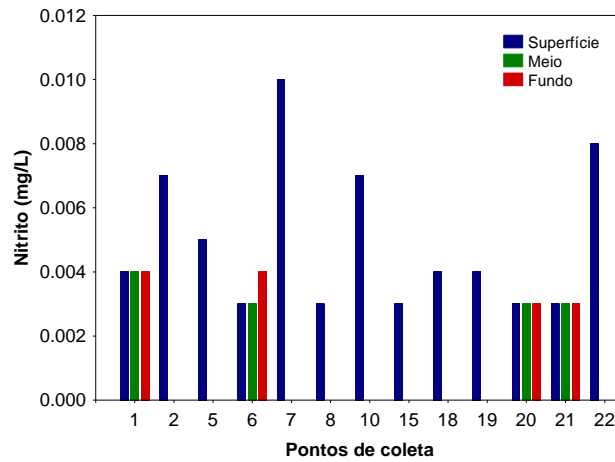


Figura 18. Concentração de nitrito.

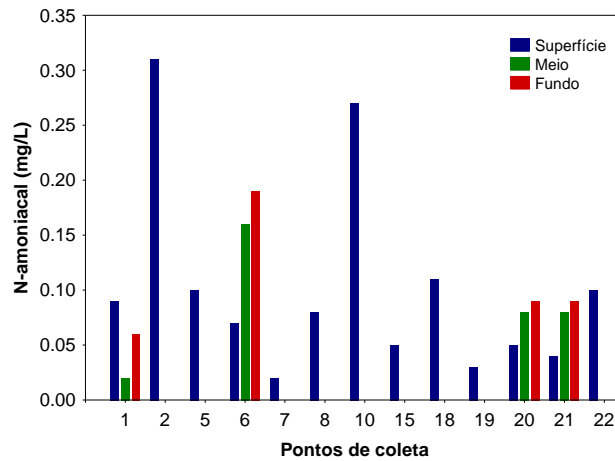


Figura 19. Concentração de nitrogênio amoniacal.

Em novembro de 2007, os valores de DBO_5 variaram entre 4,2 mg/l (ponto 1 – foz do córrego Florêncio) e 6,2 mg/l (ponto 22 – rio Bonito) (Figura 20). Tais valores foram significativamente maiores que aqueles mensurados em agosto de 2007. Os pontos 5, 6, 15, 18, 19, 20, 21 e 22 apresentaram valores superiores ao limite preconizado pela Resolução nº 357 de março de 2005 (5,0 mg/l).

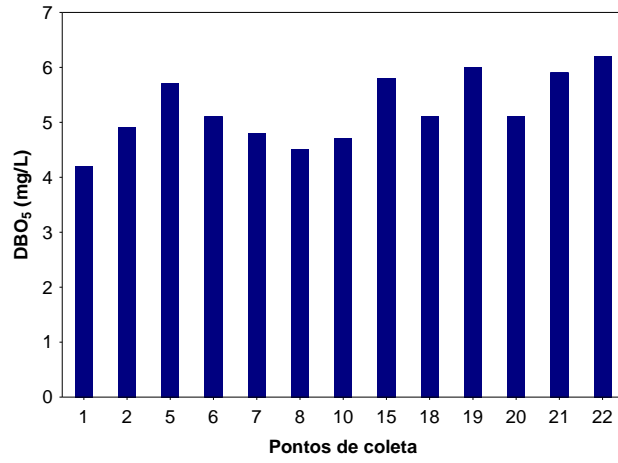


Figura 20. Valores de DBO₅.

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

O perfil vertical do ponto 21 tem como objetivo verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio (quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura) (Figura 21).

Em novembro de 2007, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura de aproximadamente 3,4°C, ou seja, superior àquela registrada em agosto (1,15°C) e maio de 2007 (1,7°C). No entanto, tal diferença ainda é inferior ao observado em março de 2007 (4,3°C).

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou uma diferença de, aproximadamente, 1,4 mg/L, entre a maior e menor concentração. No entanto, a maior concentração foi mensurada na maior profundidade (13 metros). De maneira geral, a coluna da água do reservatório da UHE Cana Brava apresentou-se bem oxigenada, no mês de novembro, mesmo considerando as maiores diferenças nos valores de temperatura entre a menor e maior profundidade de coleta.

Assim como destacado em relatórios anteriores, pode-se concluir que o reservatório de Cana Brava apresente um padrão de circulação da coluna de água durante o período de estiagem, o que é característico de ecossistemas monomíticos quentes (circulação da coluna de água durante o inverno e estratificação durante os demais meses do ano). Em maio e agosto de 2007 observou-se a desestratificação térmica da coluna da água no reservatório da UHE Cana Brava, tendo em vista as menores diferenças nos valores de temperatura entre as profundidades amostradas. Por outro lado, em novembro, observou-se o início do período de estratificação térmica (maiores diferenças nos valores de temperatura), no entanto, tais diferenças não afetaram as concentrações de oxigênio dissolvido, que foram elevadas ao longo de toda a coluna da água. Sugere-se a análise do perfil vertical de outro ponto de monitoramento limnológico (por exemplo, P20), além do ponto 21, para que seja possível uma melhor interpretação dos resultados.

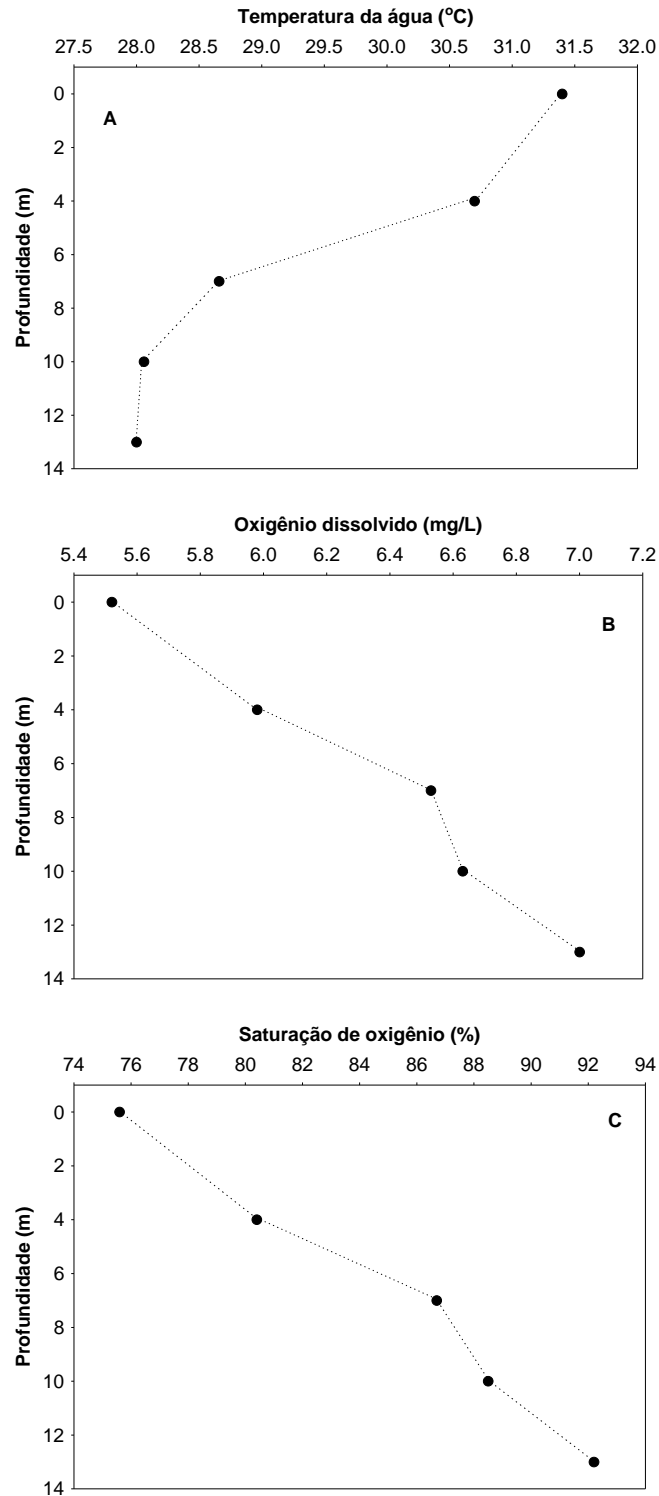


Figura 21. Gradiente vertical de temperatura (A), oxigênio dissolvido (B) e porcentagem de saturação de oxigênio (C), no ponto 21, em novembro de 2007.

3.3. Parâmetros Bacteriológicos

Em novembro de 2007, a densidade de coliformes totais no reservatório da UHE Cana Brava variou entre 4,0 NMP/100ml (ponto 21) e >1600 NMP/100ml (ponto 7 – foz do rio Bonito) (Tabela 3). A densidade de coliformes fecais (termotolerantes) variou entre valores ausentes (ponto 21) e > 1600 NMP/100ml (ponto 7).

De acordo com a resolução CONAMA, para águas de classe 2, no mês de novembro, somente o ponto 7 (foz do rio Bonito) apresentou densidade de coliformes fecais (termotolerantes) acima do limite permitido (1000 NMP/100ml).

Tabela 3. Densidade de coliformes totais e fecais nos pontos amostrados no reservatório da UHE Cana Brava em novembro de 2007.

Pontos	Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes fecais (NMP/100ml)
1	70	11
2	170	70
5	21	4,5
6	7,8	4,0
7	>1600	>1600
8	6,8	2
10	220	14
15	6,8	2,0
18	63	17
19	21	4,0
20	79	7,8
21	4,0	Ausente
22	540	14

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pressupondo que as águas do sistema monitorado são enquadradas na Classe 2 da Resolução nº 357 de março de 2005 do CONAMA, grande parte do trecho monitorado, em novembro de 2007, no reservatório da UHE Cana Brava, apresentaram resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. As seguintes transgressões foram observadas:

- As concentrações de sulfeto foram superiores a 0,002 mg/l na superfície do ponto 6 (foz do rio São Félix), ponto 18 (parte interna da praia de Minaçu) e ponto 22 (rio Bonito);
- Concentrações de fósforo total superiores a 0,05 mg/L na superfície dos pontos 2 (rio Preto), 5 (rio São Félix) e 7 (foz do rio Bonito); meio dos pontos 1 (foz do córrego Florêncio), 6 (foz do rio São Félix) e 20 (meio do reservatório) e no fundo do ponto 1;
- Concentrações de DBO₅ superiores a 5,0 mg/L nos pontos 5 (rio São Félix), 6 (foz do rio São Félix), 15 (jusante da barragem), 18 (parte interna da praia de Minaçu), 19 (parte externa da praia), 20 (meio do reservatório), 21 (próximo a barragem, montante) e 22 (rio Bonito);
- Densidade de coliformes fecais (termotolerantes) superior a 1000 NMP/100ml no ponto 7 (foz do rio Bonito).

Em novembro de 2007, destacaram-se os baixos valores de turbidez e as elevadas concentrações de oxigênio dissolvido ao longo de toda a coluna da água, no reservatório da UHE Cana Brava. De fato, o perfil vertical do ponto 21 indicou altas concentrações desse gás mesmo nas maiores profundidades. O ponto 1 (foz do córrego Florêncio), que freqüentemente apresenta problemas com a concentração de oxigênio, em novembro também apresentou altos valores mesmo considerando a maior profundidade de coleta.

Considerando a variabilidade espacial, em novembro de 2007 os maiores valores de turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade e dureza foram mensurados no ponto 7 (foz do rio Bonito). Provavelmente, tal local apresente as maiores concentrações de íons carbonato e bicarbonato, tendo em vista os elevados valores de dureza e alcalinidade. Além disso, elevada densidade de coliformes fecais foi mensurada

nesse ponto de monitoramento (superior ao limite preconizado pela resolução CONAMA).

De maneira geral, as águas do reservatório da UHE Cana Brava apresentaram características limnológicas dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA. As elevadas concentrações de fósforo total provavelmente ocorreram tendo em vista o aumento dos níveis de precipitação pluviométrica na região. Assim, tal variável, juntamente com a densidade de coliformes fecais, deve ser cuidadosamente monitorada durante esse período.

5. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA) (1998) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19th edn. American Public Health Association Publications, Washington DC.

Baumgarten, M. G. Z., Pozza, S. A., 2001. *Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Rio Grande: Editora FURG, 166p.

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

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

ANEXO I

RESULTADOS DA CAMPANHA DE NOVEMBRO DE 2007

Resultados referentes à campanha de novembro de 2007 na UHE Cana Brava.

Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		30	30	32	32	28	28	30	30	28	28	28	29	28
Temperatura da água (°C)	S	27,5	31,12	30,05	28,87	30,05	31,44	31,95	28,34	31,67	31,91	32,36	31,4	33,3
	M	27,45			27,73							31,28	28,66	
	F	27,31			27,63							27,46	28	
Transparência da água (m)		4,3	0,5	3,3	3,3	total	3,2	-	-	3,1	2,8	3,3	4,4	total
Turbidez (NTU)	S	2,35	17,8	2,46	29,5	28,6	2,46	6,99	3,18	2,8	2,92	1,99	1,71	3,87
	M	2,77			2,06							2,12	1,54	
	F	3,23			27,8							2,59	1,71	
pH	S	7,54	7,17	7,45	7,4	7,96	8,13	7,57	7,5	8,47	8,34	8,14	8,14	8,82
	M	7,46			7,39								7,89	
	F	7,49			-								7,29	
Condutividade elétrica (µS/cm)	S	98	51	102	99	204	106	106	99	105	108	106	105	111
	M	98			99								97	
	F	98			97								97	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	7,67	6,16	6,05	6,68	6,31	5,66	5,17	6,45	5,6	5,73	5,18	5,52	5,54
	M	7,8			7,18							5,59	6,53	
	F	6,99			7,32							7,53	7	
Saturação de oxigênio (%)	S	96,2	83,6	79,6	88,6	83,7	76,5	71,5	82,7	76,6	77,9	70,7	75,6	76,5
	M	97,1			91,7							75,4	86,7	
	F	90,4			92,1							97,3	92,2	
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	S	61	30	60	60	121	62	61	60	61	62	61	61	62
	M	61			61							61	60	
	F	61			60							61	60	
Alcalinidade (mg/l)	S	37	36	36	32	63	42	35	34	33	34	33	32	36
	M	34			36							34	36	
	F	36			34							31	35	
Acidez (mg/l)	S	4,5	3,8	4,1	3,1	3	5,9	4,7	3,5	5,0	3,8	3,1	3,8	5,9
Dureza total (mg/l)	S	66	42	62	64	106	72	66	64	70	60	62	60	58
	M	62			64							80	58	
	F	60			68							64	60	

Cloreto (mg/L)	S	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,4
	M	0,8			0,4							0,8	0,4	
	F	0,8			0,8							0,4	0,4	
Ferro (mg/l)	S	0,36	0,58	0,24	0,16	1,01	0,13	1,08	0,17	0,16	0,13	0,08	0,2	0,18
	M	0,46			0,38							0,1	0,09	
	F	0,46			2,19							0,29	0,52	
Sulfato (mg/l)	S	ALD	1	ALD	ALD	ALD	ALD	1	ALD	ALD	ALD	ALD	ALD	ALD
	M	ALD			ALD							ALD	ALD	
	F	ALD			ALD							ALD	1	
Sulfeto (mg/l)	S	ALD	ALD	0,001	0,004	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003
	M	ALD			0,001							0,001	ALD	
	F	ALD			0,002							0,001	0,002	
Orto-fosfato (mg/L)	S	0,018	0,015	0,015	0,041	0,035	0,025	0,020	0,023	0,020	0,031	0,022	0,017	0,022
	M	0,016			0,042							0,049	0,020	
	F	0,014			0,023							0,020	0,027	
Fósforo total (mg/L)	S	0,019	0,089	0,053	0,048	0,071	0,035	0,024	0,027	0,024	0,036	0,024	0,017	0,028
	M	0,051			0,074							0,167	0,023	
	F	0,070			0,026							0,022	0,028	
Nitrato (mg/l)	S	0,1	0,4	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,2	0,1	ALD	ALD	0,1	0,3
	M	0,1			0,1							0,1	0	
	F	0,1			0,2							0,2	0,1	
Nitrito (mg/l)	S	0,004	0,007	0,005	0,003	0,01	0,003	0,007	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,008
	M	0,004			0,003							0,003	0,003	
	F	0,004			0,004							0,003	0,003	
N-amoniaco (mg/l)	S	0,09	0,31	0,1	0,07	0,02	0,08	0,27	0,05	0,11	0,03	0,05	0,04	0,1
	M	0,02			0,16							0,08	0,08	
	F	0,06			0,19							0,09	0,09	
DBO ₅ (mg/l)	S	4,2	4,9	5,7	5,1	4,8	4,5	4,7	5,8	5,1	6	5,1	5,9	6,2
Coliformes totais (NMP/100ml)	S	70	170	21	7,8	>1600	6,8	220	6,8	63	21	79	4,0	540
Coliformes fecais (NMP/100ml)	S	11	70	4,5	4,0	>1600	2,0	14	2,0	17	4,0	7,8	Ausente	14

ALD=abaixo do limite de detecção do método.