



**UHE CANA BRAVA
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO**

FASE OPERAÇÃO

**XII RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL REFERENTE À
CAMPANHA DE ABRIL DE 2006**

JUNHO DE 2006

EQUIPE RESPONSÁVEL

Biol. M.Sc. Juliana Machado do Couto

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

Biol. Kátia Bittar Haddad

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	01
2. METODOLOGIA	02
3. RESULTADOS	05
4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	29
5. BIBLIOGRAFIA	31
ANEXO I	32

1. APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada em abril de 2006.

Foram coletadas amostras de água, destinadas à determinação dos parâmetros físico-químicos 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 físico-químicas;
- (ii) apresentar os resultados obtidos em abril de 2006, em 13 pontos de monitoramento localizados no reservatório da UHE Cana Brava e, assim, contribuir com a caracterização limnológica deste trecho;
- (iii) descrição dos padrões espaciais e temporais dos parâmetros físico-químicos da água que vem ocorrendo desde o fechamento do reservatório em 2002;
- (iv) 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

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 (DBO₅), 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 da Naturae, em Goiânia para realização das análises. A determinação dos parâmetros físico-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 físico-químicas se encontram no Anexo I.

Parâmetros Físico-Químicos

Em abril de 2006, os valores da temperatura ambiente foram, em média, iguais a 27°C. Os valores da temperatura da água variaram entre 24°C (fundo do ponto 20) e 31°C na superfície da coluna da água (Figura 1). Em média, os valores de temperatura foram iguais a 28,8°C; 28,7°C; e 26,1°C; na superfície, meio e fundo, respectivamente.

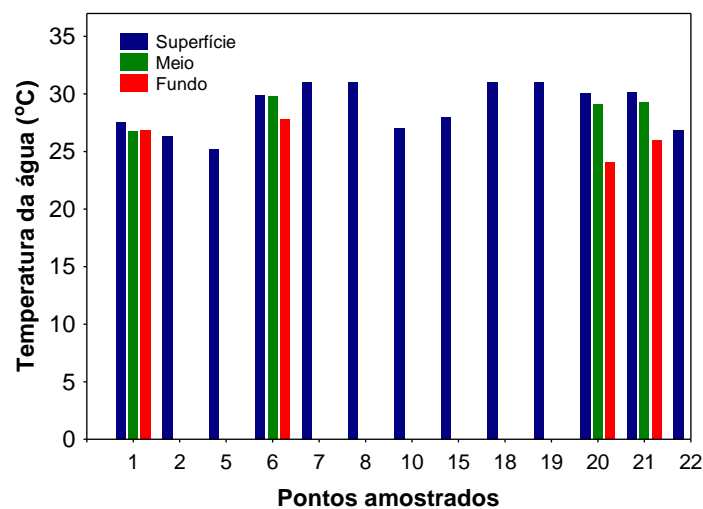


Figura 1. Valores da temperatura da água.

Considerando todo o período monitorado durante a fase de operação do reservatório, observou-se que a sazonalidade é bem demarcada na região, com as maiores temperaturas ocorrendo durante os meses de dezembro e as menores temperaturas ocorrendo em julho (Figura 2). Dentre os tributários, o ponto 8 (córrego Varjão) apresentou as maiores temperatura, enquanto que dentro do corpo central do reservatório, o ponto 7 (foz do rio Bonito) apresentou a maior temperatura em abril de 2005.

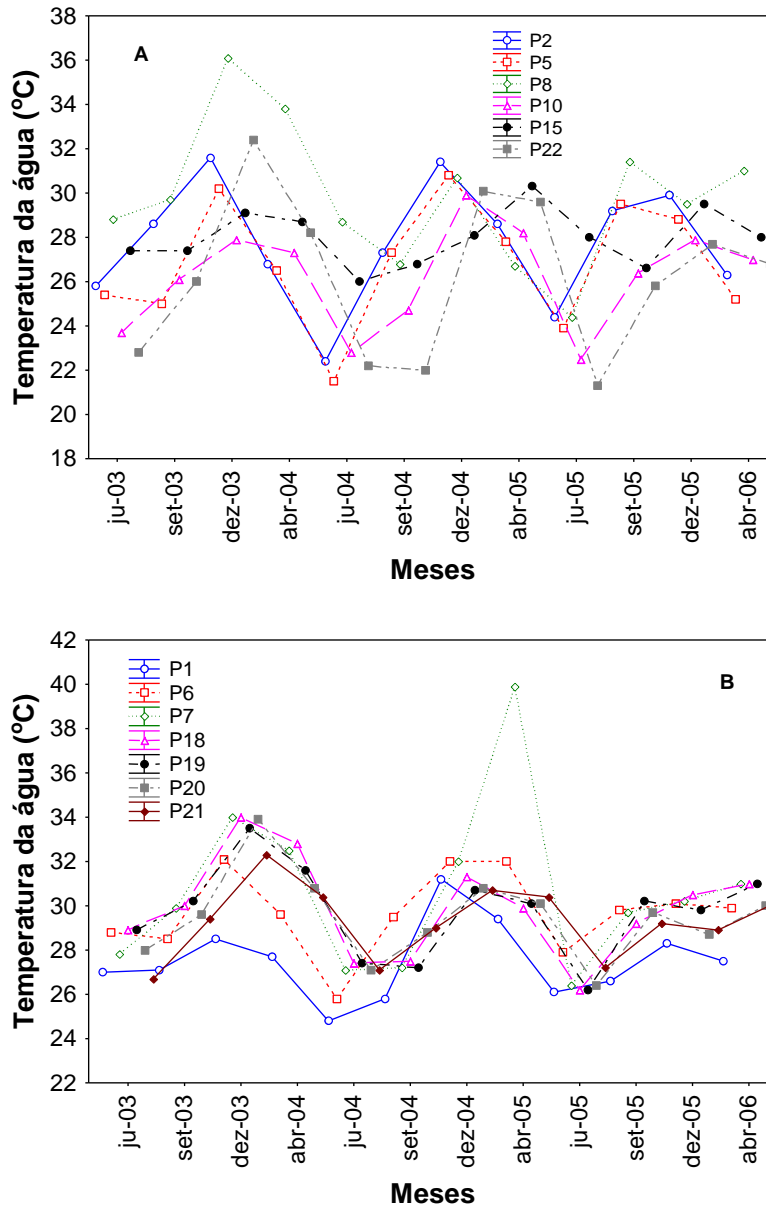


Figura 2. Avaliação temporal da temperatura da água nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em abril de 2006, os pontos 20 e 21 (próximo a barragem) apresentaram o maior valor de transparência da água (3 metros). De fato, tais locais são os mais profundos no trecho monitorado (35 e 38 metros, respectivamente) (Figura 3). Os pontos 2, 10 e 22 apresentam transparência total, tendo em vista que são tributários com menor profundidade.

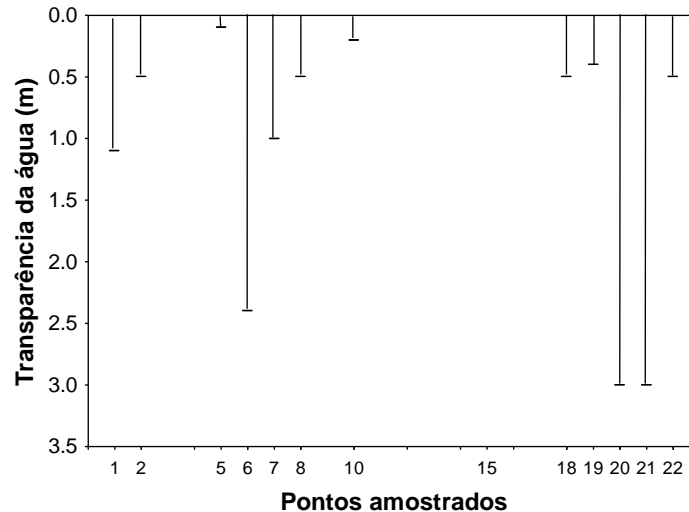


Figura 3. Valores de transparência da água.

De maneira geral, o reservatório da UHE Cana Brava apresenta águas transparentes, principalmente durante o período de estiagem. Em abril de 2006, os valores de turbidez da água foram, em média, iguais a 6,91 NTU; 1,37 NTU e 1,41 NTU, na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (53,7 NTU) foi mensurado no ponto 22 (rio Bonito) (Figura 4). Todos os locais apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU).

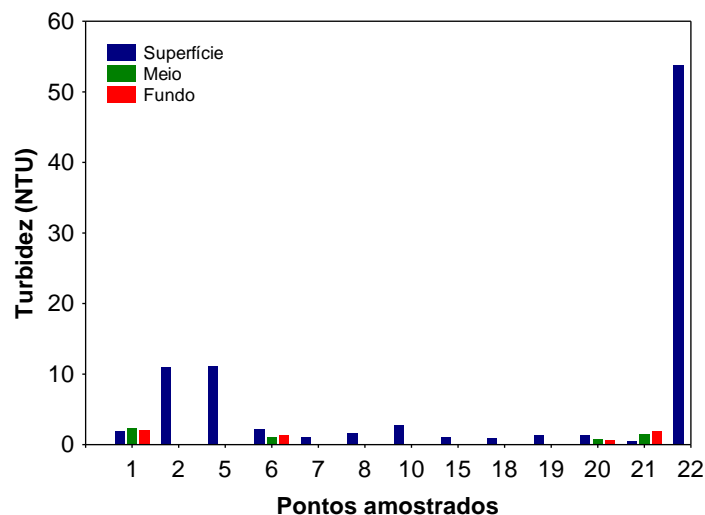


Figura 4. Valores de turbidez.

De maneira geral, os menores valores de turbidez foram obtidos no corpo central do reservatório, ou seja, as águas do reservatório são

transparentes, mesmo durante o período de chuvas. Pode-se afirmar que as águas do reservatório apresentaram valores de turbidez dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe II (100 NTU), com exceção dos pontos 5 e 10, no mês de setembro de 2003, e o ponto 2, no mês de abril de 2004 (Figura 5). Pode-se concluir que mesmo em períodos onde foram observados altos valores de turbidez nos tributários, estes não afetaram significativamente o corpo central do reservatório, onde, provavelmente, o material em suspensão acaba sendo depositado no sedimento.

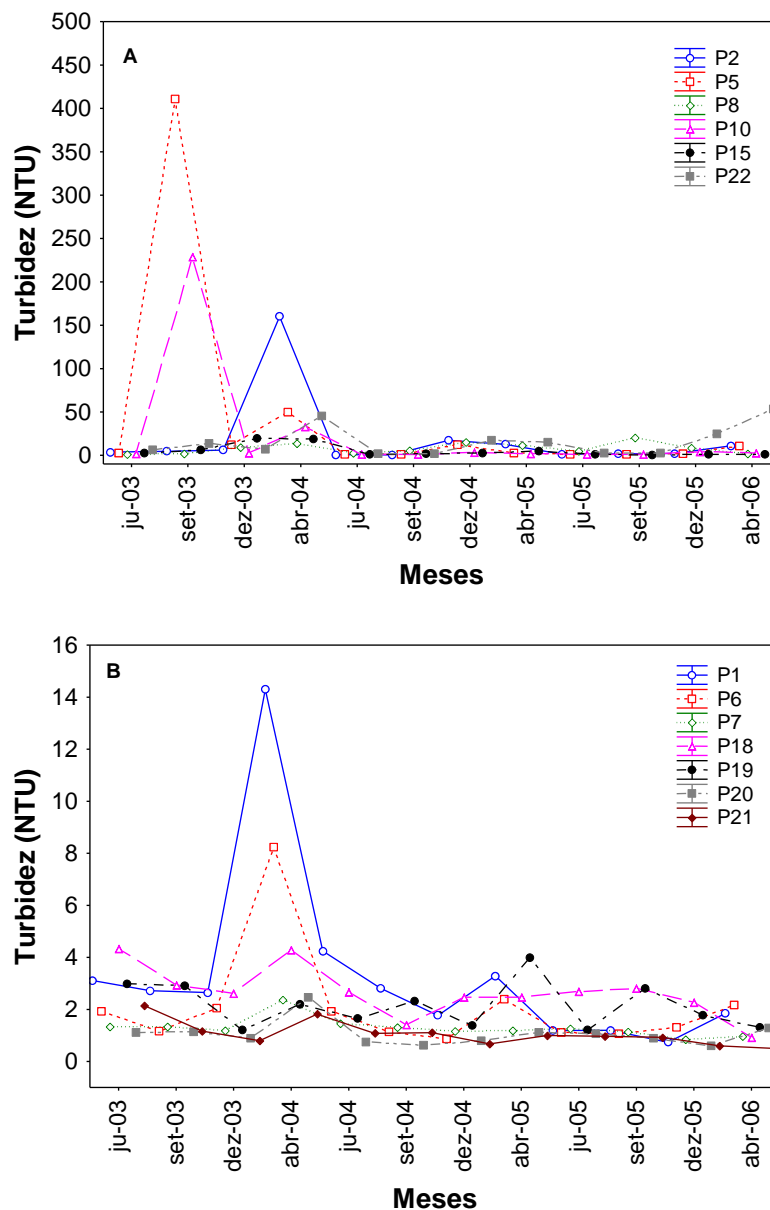


Figura 5. Avaliação temporal da turbidez nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram, em média, iguais a 7,68 mg/l; 6,1 mg/l e 2,3 mg/l, na superfície, meio e fundo, respectivamente. Na superfície da coluna da água, as concentrações variaram entre 3,7 mg/l (ponto 1) e 8,87 mg/l (ponto 2) (Figura 6). De maneira geral, as concentrações mensuradas na superfície e meio da coluna da água foram superiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (5,0 mg/l), com exceção apenas do ponto 1. No entanto, as maiores profundidades (fundo) apresentaram um decréscimo acentuado nos valores de oxigênio (4,46 mg/l no ponto 6 – 22 metros de profundidade e 0,42 mg/l no fundo do ponto 21 – 38 metros).

De maneira geral, ao longo de todo o período de monitoramento limnológico, o ponto 1 vem apresentando déficits de oxigênio, mesmo na superfície da água. Tal fato pode ter conseqüências negativas sob a biota aquática, principalmente a ictiofauna, podendo ocorrer a morte de peixes na região (o que já foi verificado em anos anteriores).

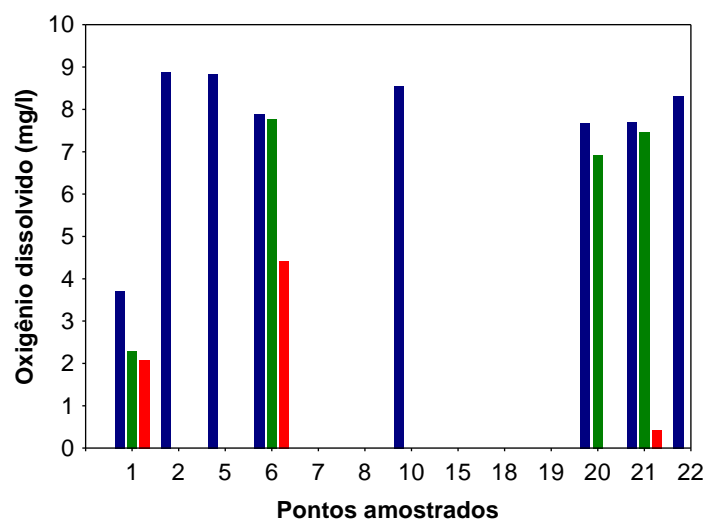


Figura 6. Concentração de oxigênio dissolvido.

Em média as concentrações de oxigênio dissolvido nas águas do reservatório da UHE Cana Brava são maiores do que o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 (5,0 mg/l). Dentre os tributários, o ponto 15 (localizado à jusante do reservatório) vem apresentando as menores concentrações desse gás, principalmente em dezembro de 2004. No corpo

central do reservatório, o ponto 1, vem apresentando as menores concentrações de oxigênio, assim como destacado em relatórios anteriores. Mesmo considerando as baixas concentrações desse gás no ponto 1, de maneira geral, o corpo central apresenta altas concentrações de oxigênio (média = 6,76 mg/l; IC_{95%} = 6,42-7,11) (Figura 7).

Além disso, observou-se um padrão sazonal na concentração de oxigênio, tendo em vista que as menores concentrações são obtidas durante o período de chuvas.

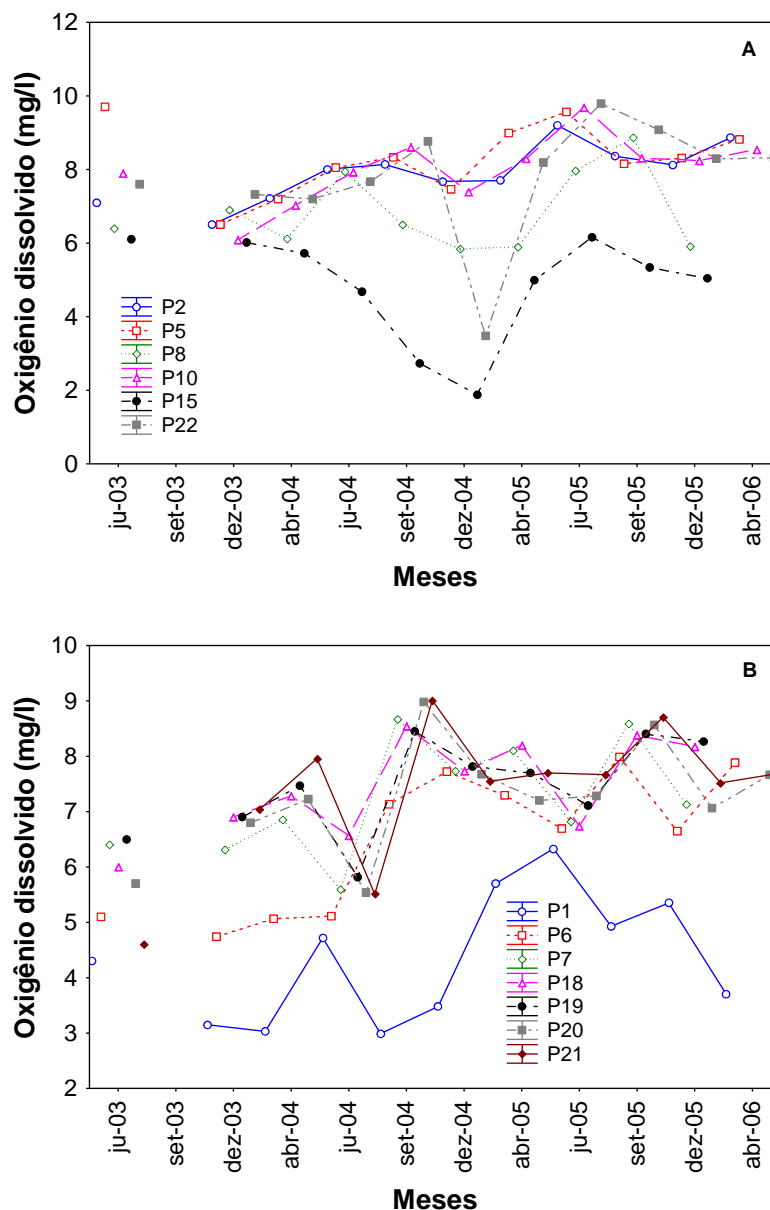


Figura 7. Avaliação temporal da concentração de oxigênio dissolvido nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em média, a porcentagem de saturação de oxigênio foi igual a 94,8% na superfície, 79,6% no meio e 30,5% no fundo dos pontos amostrados. A menor porcentagem (10%) foi mensurada no fundo do ponto 21, enquanto que a maior porcentagem de oxigênio (109,1%) foi obtida na superfície do ponto 2 (rio Preto), ou seja, o mesmo padrão verificado para as concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 8).

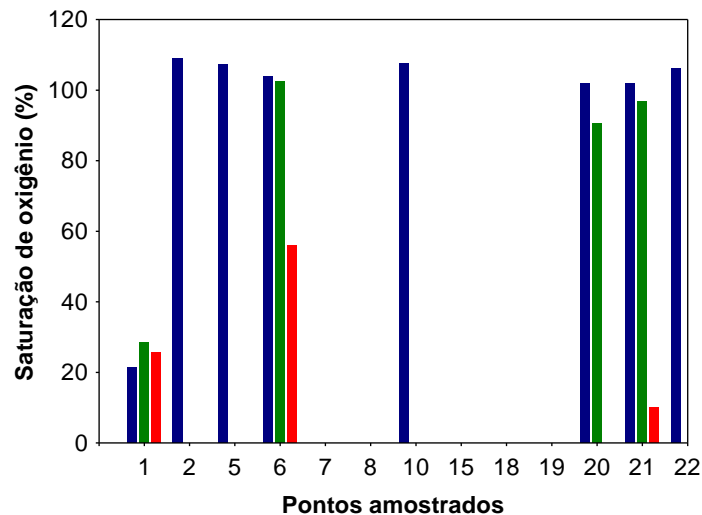


Figura 8. Porcentagem de saturação de oxigênio.

Os valores médios de pH foram iguais a 7,41; 7,34 e 7,47, na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (7,64) foi obtido na superfície do ponto 7 (foz do rio Bonito), e o menor valor (6,89) foi obtido na superfície do ponto 5 (rio São Félix) (Figura 9). De maneira geral, todos os locais monitorados apresentaram valores de pH menores do que o estabelecido pela resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0).

Em geral, as águas do reservatório podem ser consideradas neutras. Como comentado em relatórios anteriores, não foi observado um padrão temporal dos valores de pH ao longo do monitoramento (Figura 10). De maneira geral, os valores de pH nos tributários (média = 7,1; IC_{95%} = 6,93-7,26) e no corpo central do reservatório (média = 7,18; IC_{95%} = 7,03-7,34) são similares.

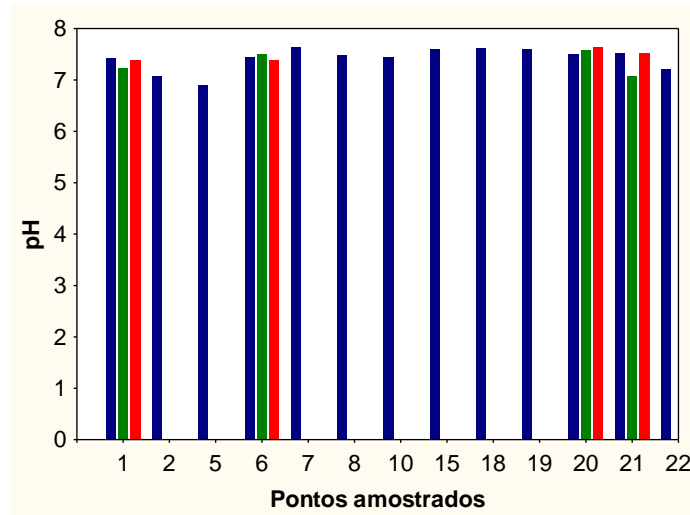


Figura 9. Valores de pH.

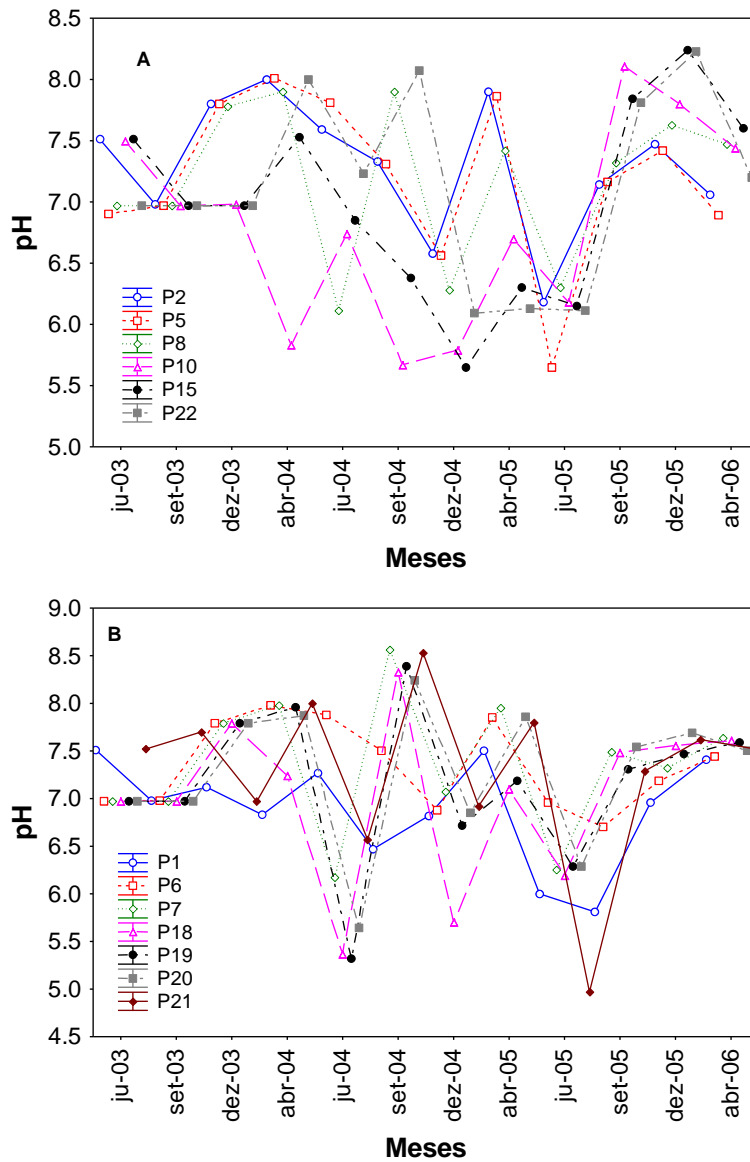


Figura 10. Avaliação temporal dos valores de pH nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em média, os valores de alcalinidade variaram entre 12 mg/l (ponto 5) e 39 mg/l (ponto 19) (Figura 11). De maneira geral, os valores de alcalinidade não apresentaram diferença significativa entre as profundidades amostradas. Além disso, os padrões de variação ao longo dos meses amostrados são similares. Pode-se afirmar que os maiores valores de alcalinidade têm sido mensurados em alguns tributários, tais como rio Bonito (ponto 22) e córrego Varjão (ponto 8), enquanto que os menores valores tem sido obtidos no rio Preto (ponto 2) e rio São Félix (ponto 5). No corpo central do reservatório, a variação entre os meses amostrados são muito similares entre os pontos de coleta (Figura 12).

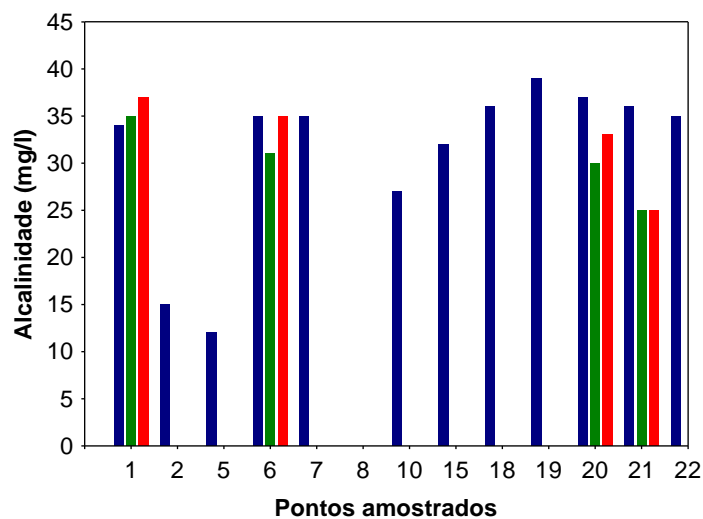
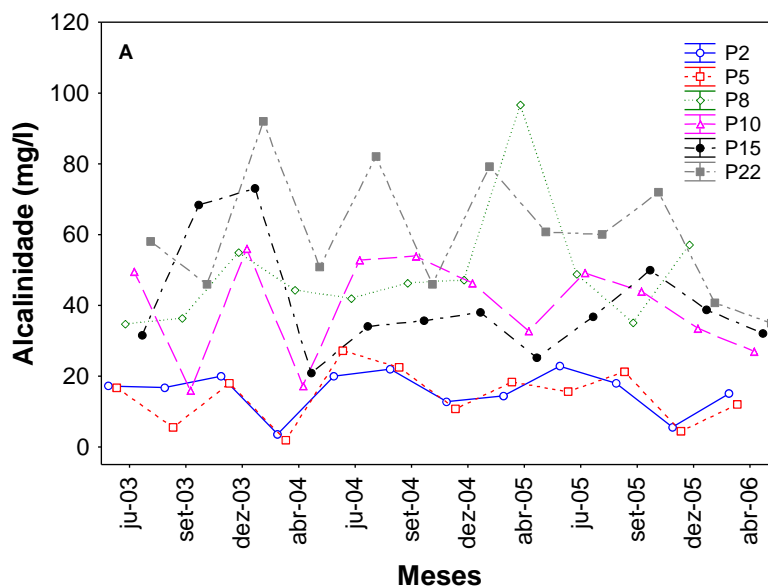


Figura 11. Valores de alcalinidade.



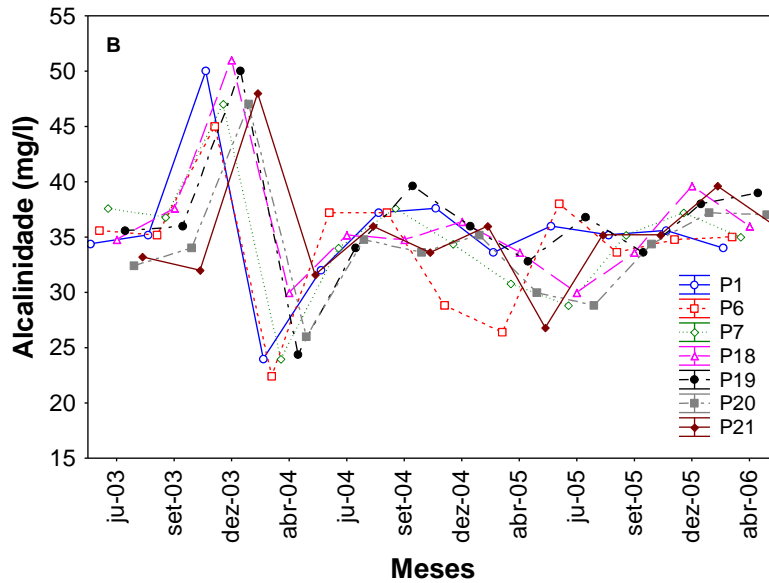


Figura 12. Avaliação temporal da alcalinidade nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em média, os valores de acidez foram iguais a 4,7 mg/l; 3,35 mg/l e 3,2 mg/l, na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (8,9 mg/l) foi mensurada na superfície do ponto 22 (rio Bonito) (Figura 13). De maneira geral, não houve diferença significativa entre as concentrações de superfície, meio e fundo, mensuradas nos pontos 1, 6, 20 e 21.

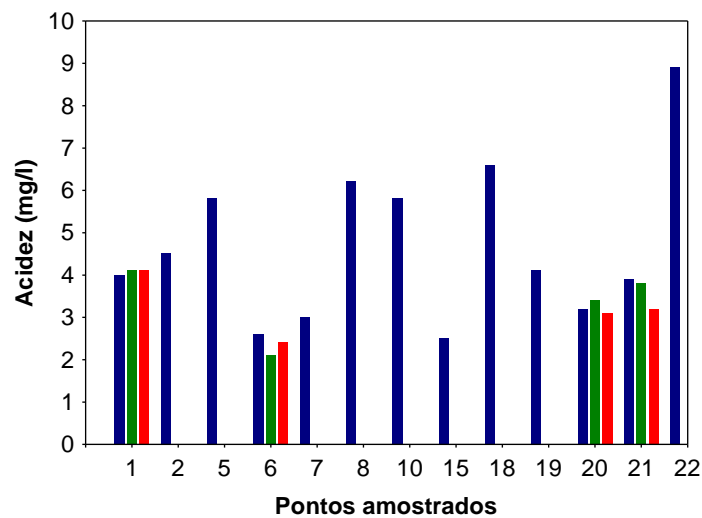


Figura 13. Valores de acidez.

Os valores de dureza variaram entre 0,4 mg/l (superfície do ponto 20) e 70 mg/l (fundo do ponto 1) (Figura 14). Em média, as maiores concentrações foram determinadas nas maiores profundidades dos locais amostrados.

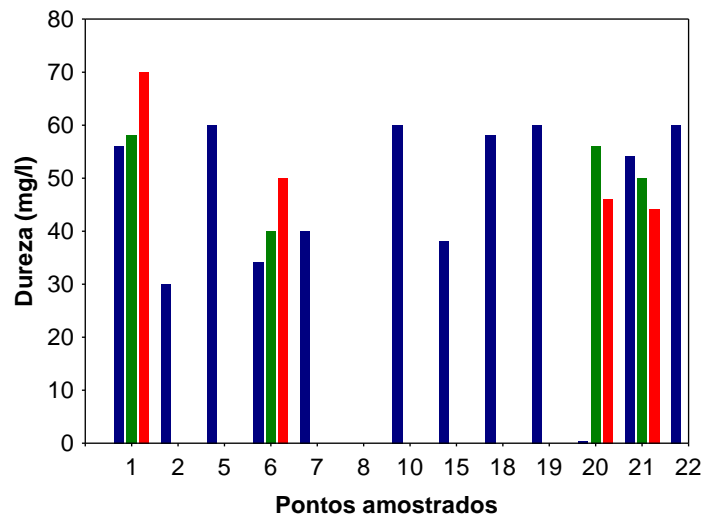


Figura 14. Valores de dureza.

Em média, as concentrações de cloreto foram iguais a 0,58 mg/l; 0,9 mg/l e 0,4 mg/l, na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (1,6 mg/l) foi obtido no meio do ponto 20 (9 metros de profundidade) (Figura 15). De maneira geral, as maiores concentrações de cloreto tem sido observadas nos tributários do reservatório, principalmente o rio Bonito (ponto 22). Por outro lado, os locais amostrados no corpo central do reservatório apresentam padrão similar de variação temporal (Figura 16).

A análise das concentrações de cloretos sugere que dificilmente o limite máximo de 250 mg/l, preconizado pela resolução CONAMA n^o 357, será ultrapassado, mesmo nos pontos de coleta que apresentam evidentes problemas de qualidade da água (e.g. ponto 22 de coleta, situado no Rio Bonito e ponto 8, no córrego Varjão).

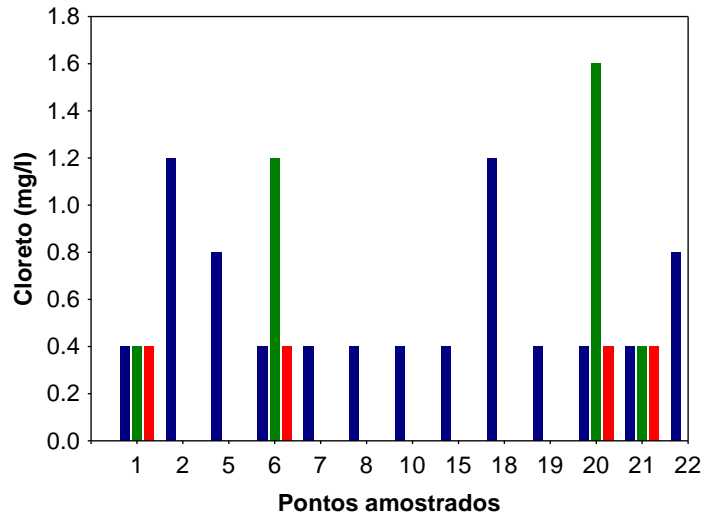


Figura 15. Concentração de cloreto.

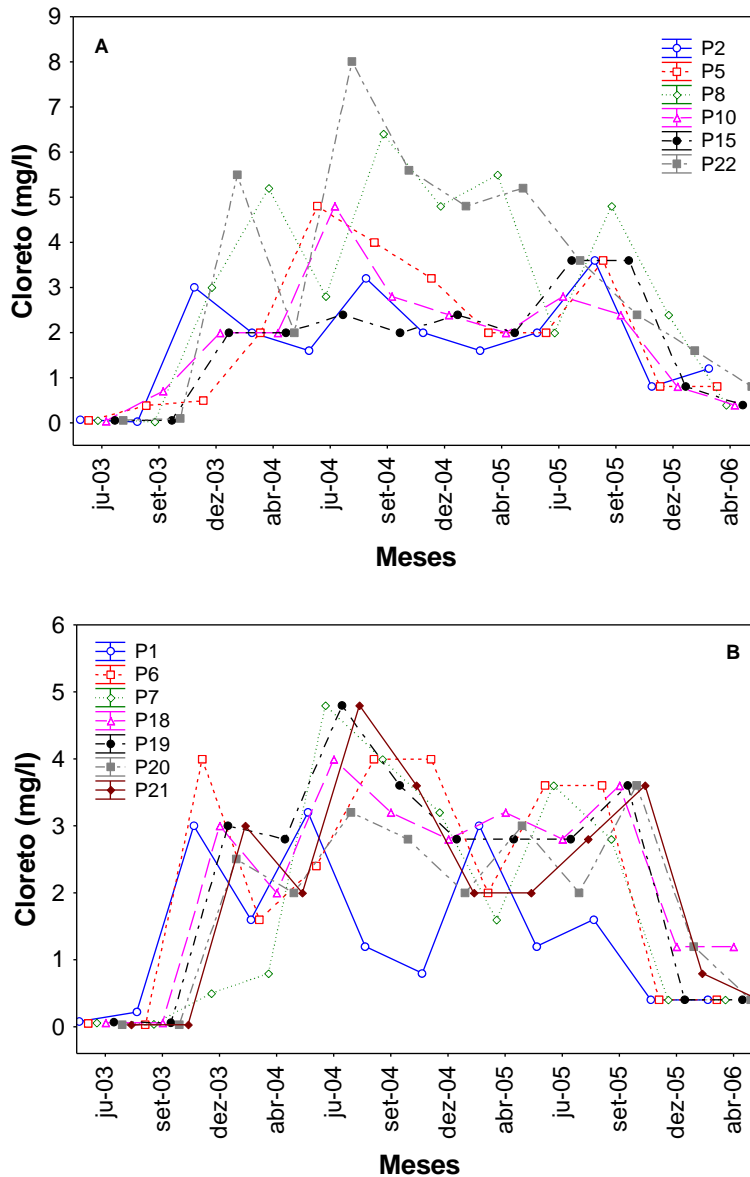


Figura 16. Avaliação temporal da concentração de cloreto nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em média, as concentrações de sulfato foram de 1,77 mg/l na superfície, 0,25 mg/l no meio e 0,75 mg/l no fundo. A maior concentração (7,0 mg/l) foi mensurada no ponto 19 (praia de Minaçu – parte externa) (Figura 17).

Ao longo de todo o período monitorado, as concentrações de sulfato foram similares entre os locais amostrados, com exceção apenas das altas concentrações obtidas nos pontos 10 e 5 (rio do Carmo e rio São Félix, respectivamente), no mês de setembro de 2003, e ponto 1, em julho de 2005 (Figura 18). Pode-se destacar que, mesmo nos períodos que apresentaram as maiores concentrações de sulfato, essas foram significativamente inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (250 mg/l).

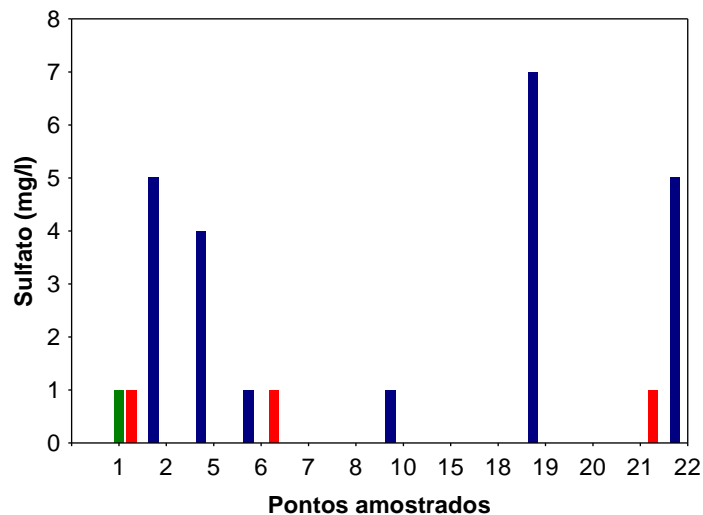


Figura 17. Concentração de sulfato.

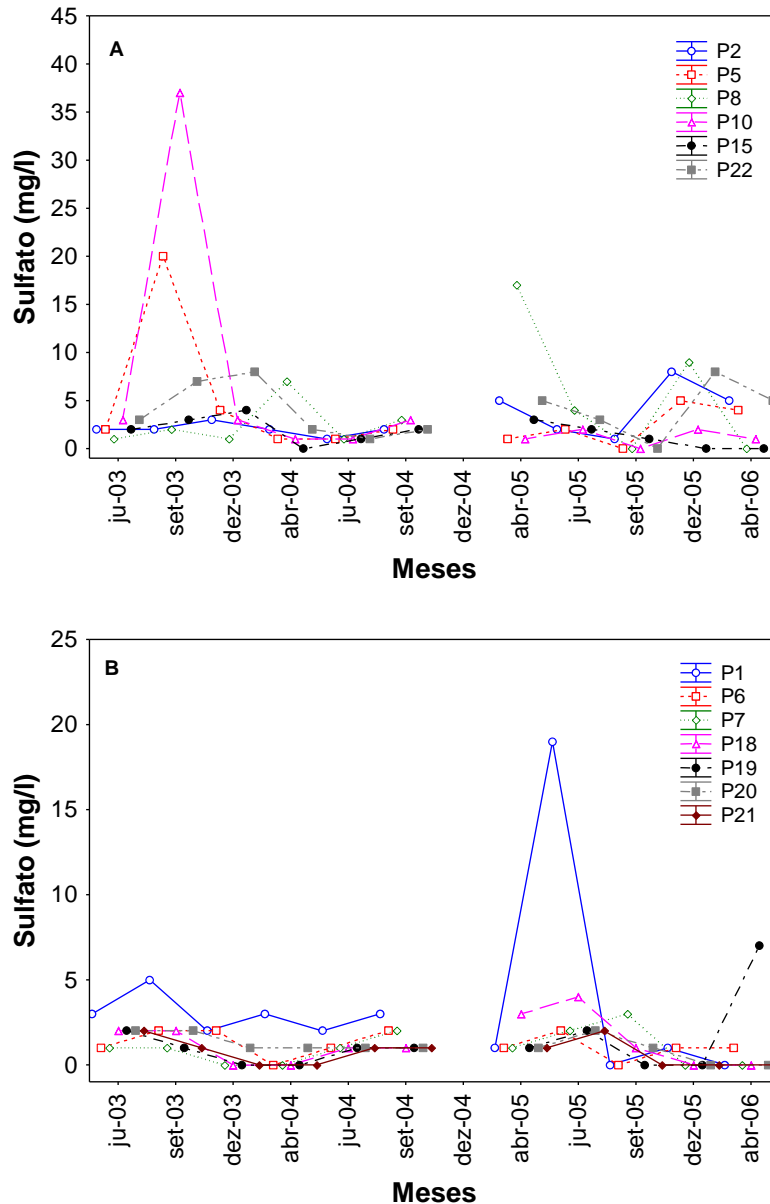


Figura 18. Avaliação temporal da concentração de sulfato nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A concentração de sulfato variou entre 0,001 mg/l e 0,009 mg/l (superfície do ponto 21) (Figura 19). Somente a superfície dos ponto 18, 19 (praia de Minaçu) e 21 (próximo a barragem) apresentaram concentração de sulfato inferior ao limite estabelecido pela resolução CONAMA (0,002 mg/l). Assim como para as concentrações de sulfato, as maiores concentrações de sulfato foram encontradas nos pontos 5 e 10 no mês de setembro de 2003 (Figura 20). Não foi observado um padrão sazonal nas concentrações de sulfato e sulfeto no reservatório da UHE Cana Brava.

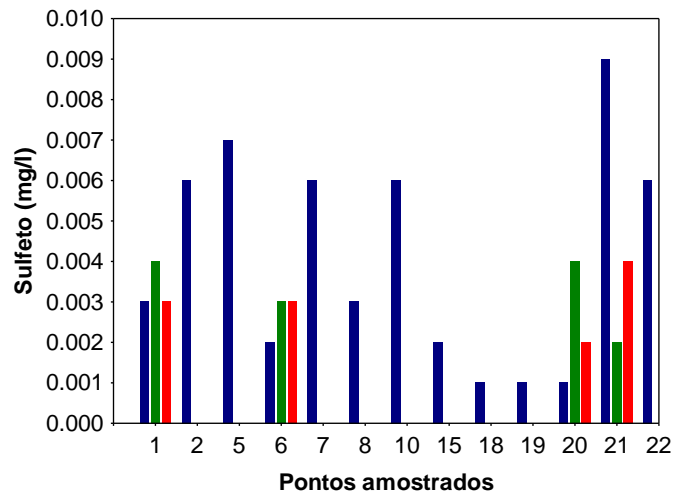


Figura 19. Concentração de sulfeto.

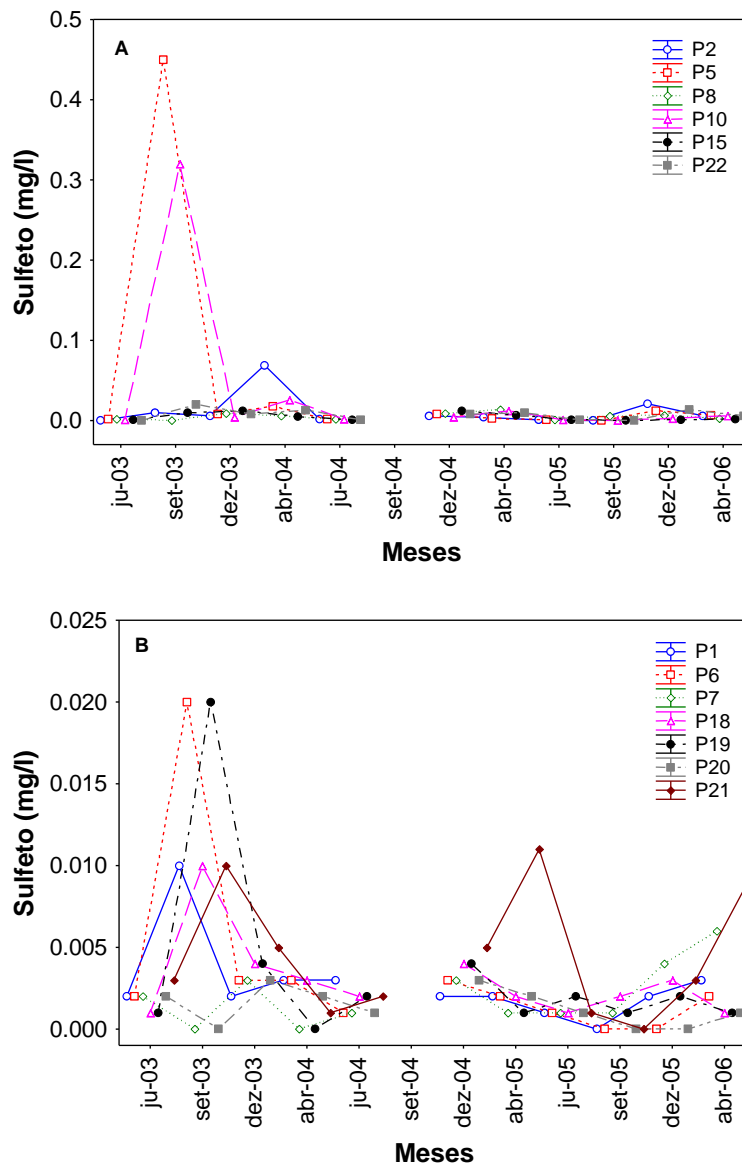


Figura 20. Avaliação temporal da concentração de sulfeto nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,53; 0,11 e 0,55 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (2,06 mg/l) foi obtido no ponto 22 (rio Bonito), enquanto que o menor valor (0,01 mg/l) foi mensurado no ponto 7 (Figura 21). Altas concentrações de ferro no hipolimnio (região profunda) do lago são esperadas tendo em vista as baixas concentrações de oxigênio dissolvido nesses ambientes. Assim, em condições anóxicas ou hipóxicas, o íon ferro encontra-se na forma reduzida (Fe^{2+}), o que o torna solúvel no ambiente aquático, juntamente com o fósforo. De maneira geral, os tributários tendem a apresentar maiores concentrações de ferro total (média = 0,49 mg/l; $\text{IC}_{95\%}$ = 0,34-0,65), comparando com o corpo central do reservatório (média = 0,25 mg/l; $\text{IC}_{95\%}$ = 0,1-0,39) (Figura 22). No corpo central do reservatório, as maiores concentrações de ferro são frequentemente obtidas nas maiores profundidades.

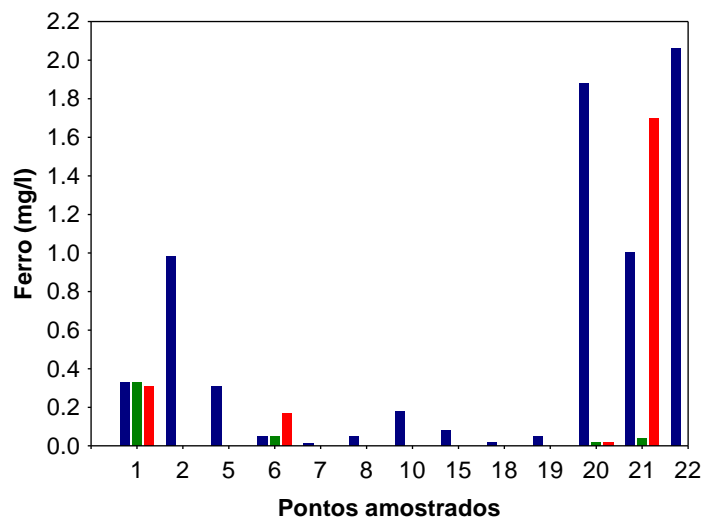


Figura 21. Concentração de ferro total.

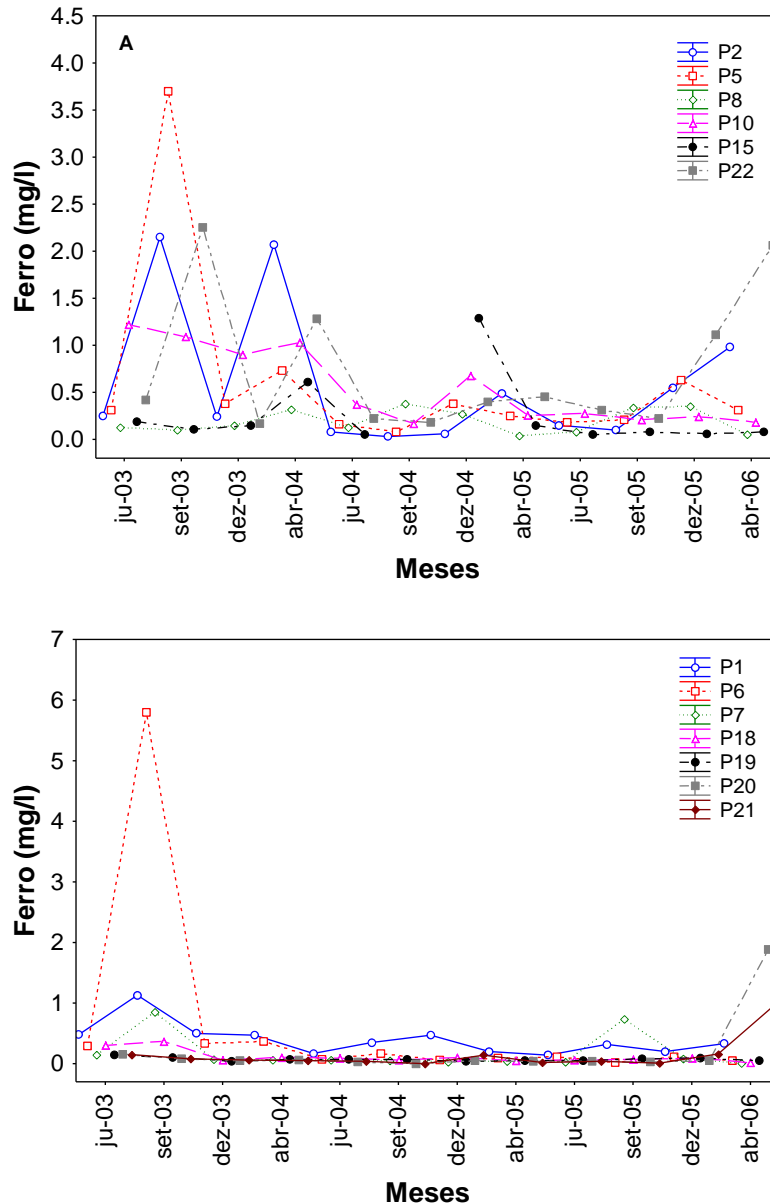


Figura 21. Avaliação temporal da concentração de ferro total nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

Em abril de 2006, as concentrações de orto-fosfato foram, em média, iguais a 0,007 mg/l na superfície, 0,004 mg/l no meio e 0,0054 mg/l no fundo dos pontos amostrados. A maior concentração (0,013 mg/l) foi obtida no ponto 8 (córrego Varjão) (Figura 22A). A concentração de fósforo total engloba todas as formas fosfatadas no ambiente, ou seja, as formas dissolvidas e particuladas (material em suspensão). No reservatório da UHE Cana Brava, a menor concentração de fósforo total (0,016 mg/l) foi obtida no ponto 15 (jusante

do reservatório), enquanto que a maior concentração (0,16 mg/l) foi mensurada no ponto 5 (rio São Félix) (Figura 22B). Em abril de 2006, os pontos 1, 2, 19 e 22 apresentaram concentrações de fósforo total superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,050 mg/l).

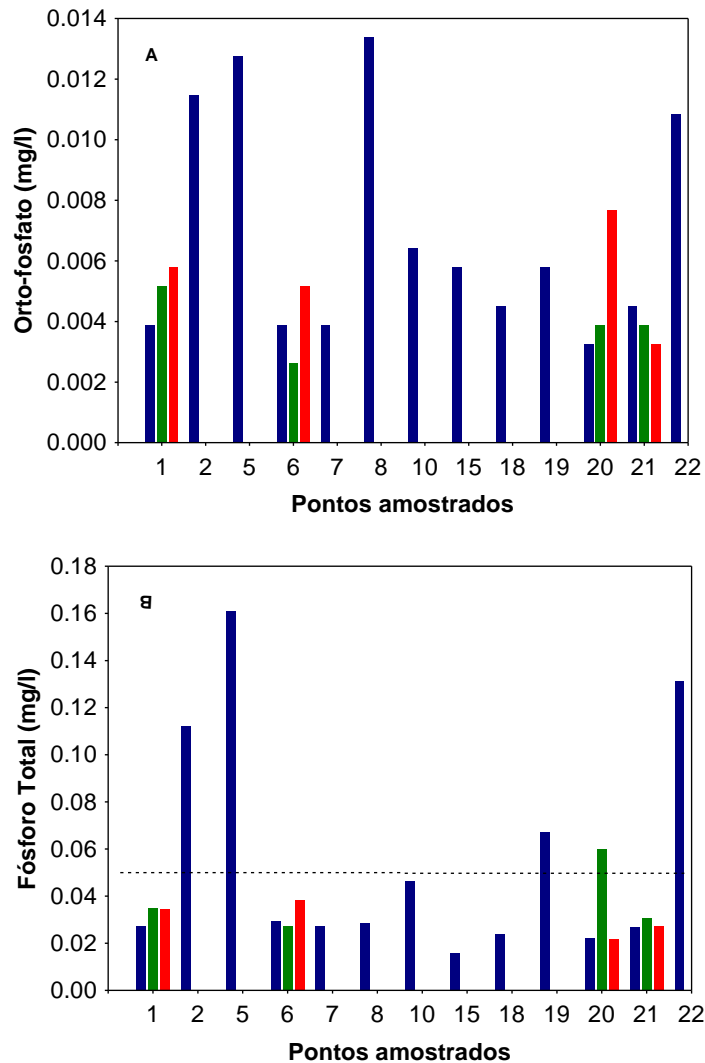


Figura 22. Concentração de orto-fosfato (A) e fósforo total (B).

Em média, as concentrações de nitrato foram iguais a 0,26; 0,15 e 0,20 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (0,7 mg/l) foi obtida no ponto 18 (praia de Minaçu – parte interna), enquanto que a superfície do ponto 21 apresentou concentração abaixo do limite de detecção do método (Figura 23). 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 para grande parte das variáveis mensuradas, as concentrações de nitrato são menores no corpo central do reservatório (Figura 24). Além disso, considerando a variabilidade temporal, o mês de abril de 2006 apresentou um acréscimo significativo nas concentrações dessa variável, nos pontos 18 e 19 (praia de Minaçu – parte interna e externa, respectivamente).

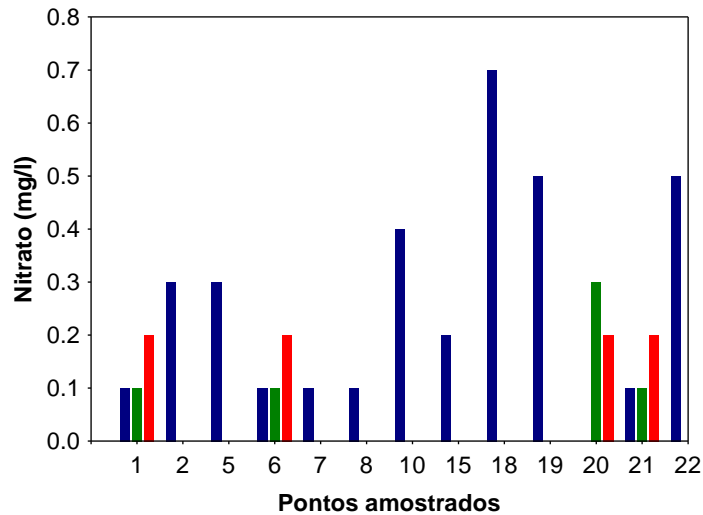
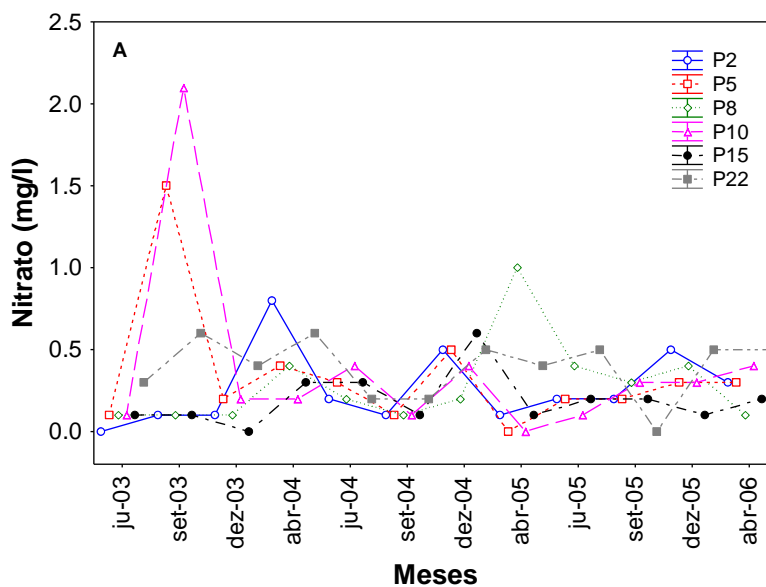


Figura 23. Concentração de nitrato.



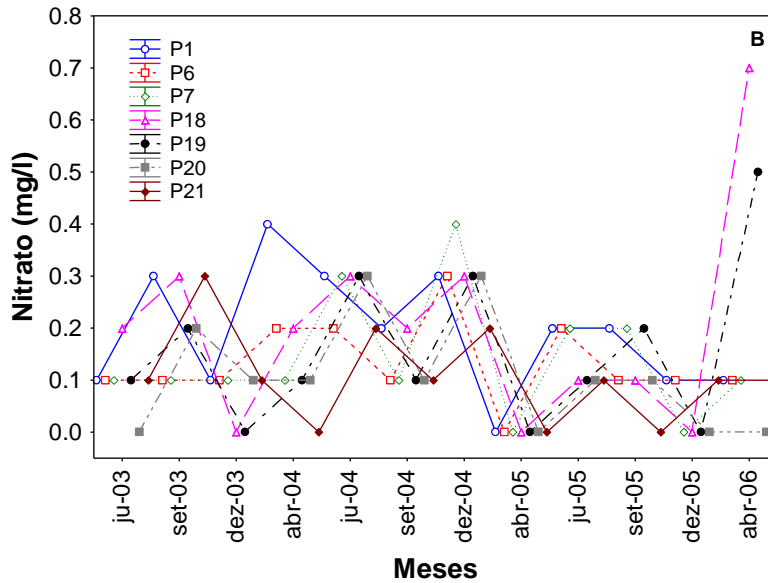


Figura 24. Avaliação temporal da concentração de nitrato nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A concentração média de nitrito foi igual a 0,0072 mg/l na superfície, 0,0082 mg/l no meio e 0,0085 mg/l no fundo dos locais amostrados. A maior concentração (0,013 mg/l) foi mensurada no ponto 19 (praia de Minaçu – parte externa) (Figura 25). De maneira geral, as concentrações de nitrito foram inferiores àquelas mensuradas em dezembro de 2005. Todos os locais e profundidades amostradas apresentaram concentrações de nitrito inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (1,0 mg/l).

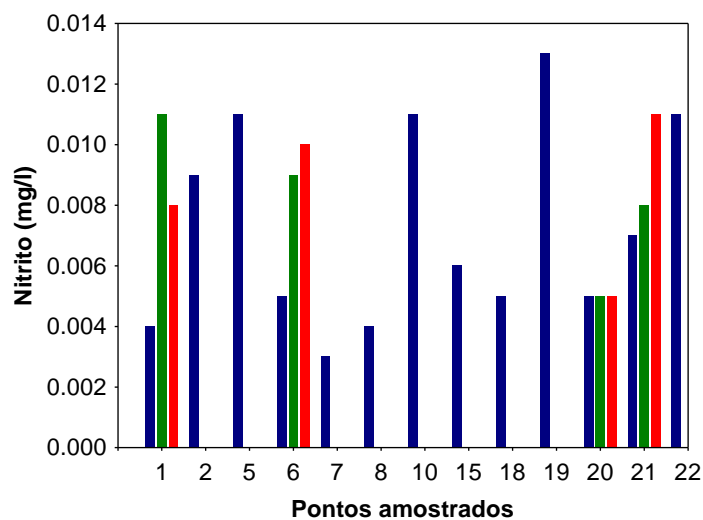


Figura 25. Concentração de nitrito.

Em média, as maiores concentrações de nitrito tem sido mensuradas nos tributários do reservatório da UHE Cana Brava. Nesses locais, as maiores concentrações foram obtidas no ponto 10 (rio do Carmo), em setembro de 2003, ponto 2 (rio Preto), em abril de 2004, ponto 8 (córrego Varjão), em abril de 2005 e ponto 22 (rio Bonito) em abril de 2006. No entanto, mesmo considerando essas maiores concentrações, estas são significativamente inferiores ao limite preconizado pela resolução CONAMA. No corpo central do reservatório, a maior concentração foi obtida em abril de 2006, no ponto 19 (Figura 26).

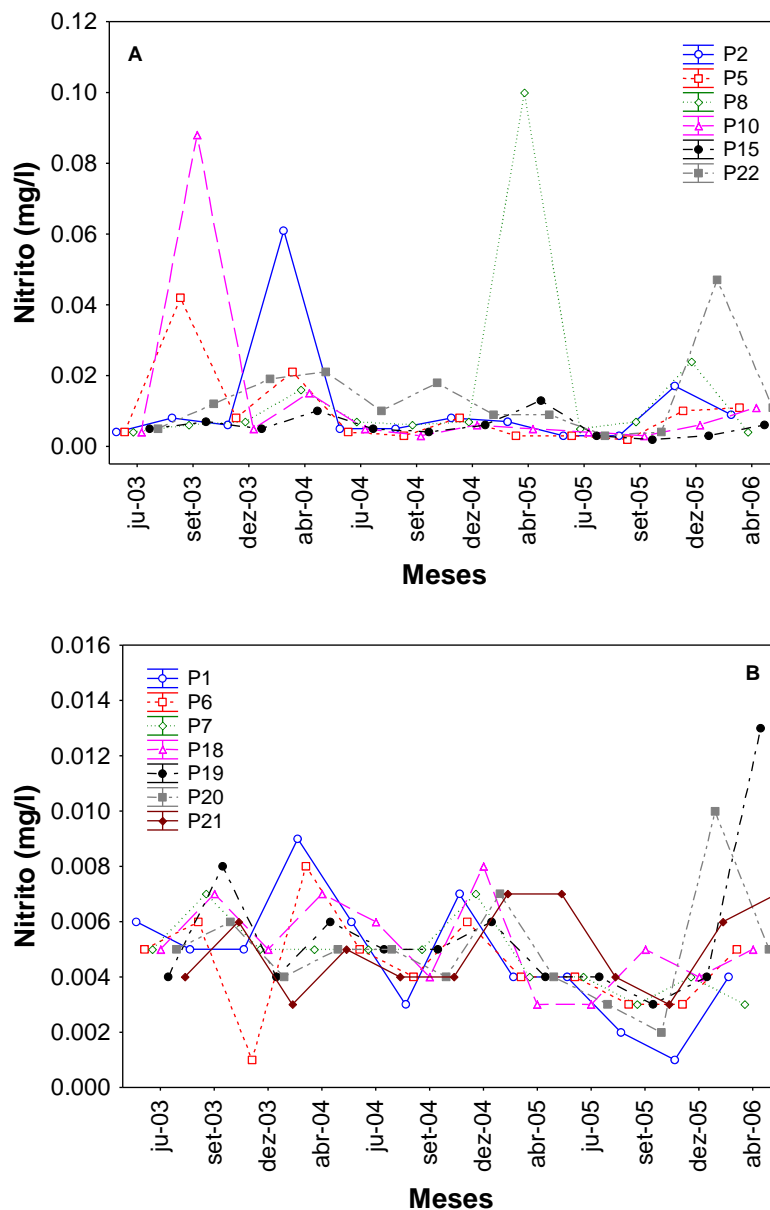


Figura 26. Avaliação temporal da concentração de nitrito nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

As concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre concentrações abaixo do limite de detecção do método e 0,14 mg/l (meio do ponto 1 – 3 metros) (Figura 27). 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 $\text{pH} \leq 7,5$; e 2,0 mg/l para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$).

Altas concentrações de nitrogênio amoniacal foram determinadas apenas em setembro de 2003 em alguns pontos monitorados (ponto 10, 5 e 20) (Figura 28). No entanto, mesmo considerando essas maiores concentrações, tais valores foram significativamente menores que àqueles preconizados pela resolução CONAMA.

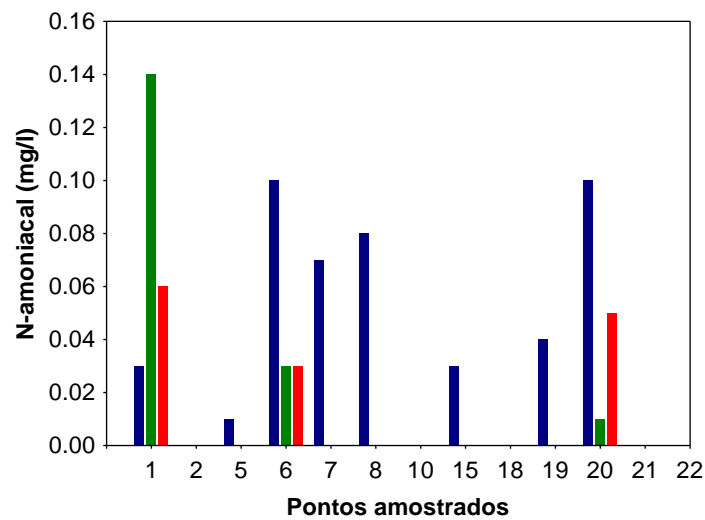
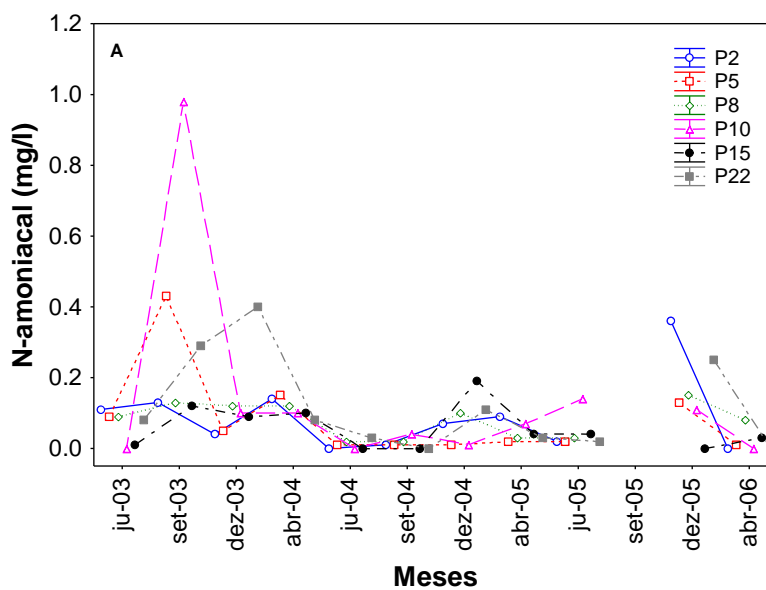


Figura 27. Concentração de nitrogênio amoniacal.



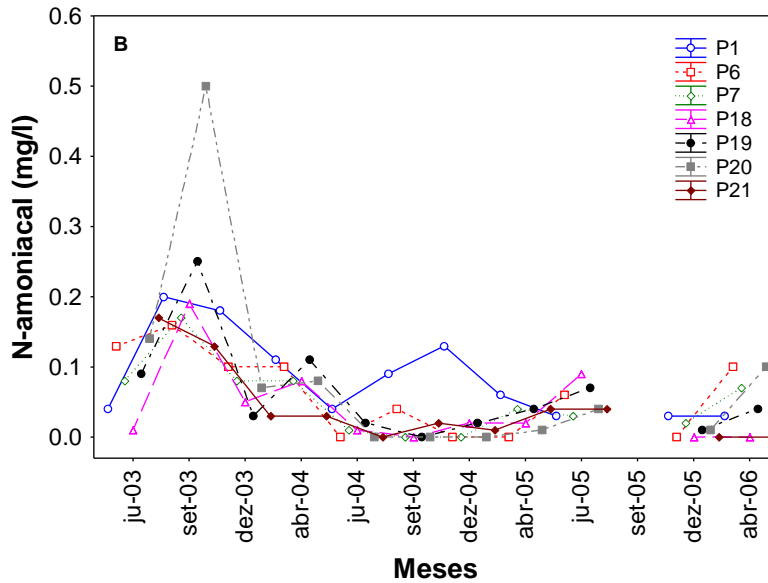


Figura 28. Avaliação temporal da concentração de nitrogênio amoniacal nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

A demanda bioquímica de oxigênio avalia a quantidade de oxigênio dissolvido consumido pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Em abril de 2006, os valores de DBO_5 foram inferiores ao limite preconizado pela Resolução nº 357 de março de 2005 (5,0 mg/l). O menor valor de DBO_5 (1,8 mg/l) foi mensurado no ponto 18 e 21 (praia de Minaçu – parte interna e ponto próximo a barragem, respectivamente), enquanto que o maior valor (4,3 mg/l) foi obtido no ponto 6 (Figura 29). Em abril de 2006, todos os locais amostrados apresentaram valores de DBO_5 inferiores ao limite estabelecido pela resolução CONAMA n. 357/2005 (5,0 mg/l).

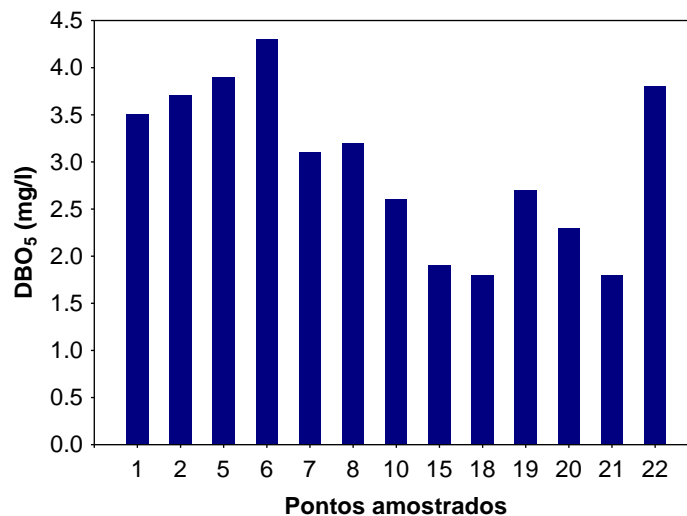


Figura 29. Valores de DBO_5 .

Nos tributários do reservatório, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) apresentou os maiores valores em setembro de 2003, julho, setembro e dezembro de 2004. Já no corpo central do reservatório, os maiores valores foram mensurados em setembro de 2003, julho e dezembro de 2004 (Figura 30). De maneira geral, os tributários apresentaram maiores valores de DBO₅ (média = 2,63 mg/l; IC_{95%} = 2,08-3,18), comparando com o corpo central do reservatório (média = 2,02 mg/l; IC_{95%} = 1,65-2,3). No entanto, pode-se observar que as concentrações tendem a ser inferiores que 5,0 mg/l (limite máximo permitido pelo CONAMA).

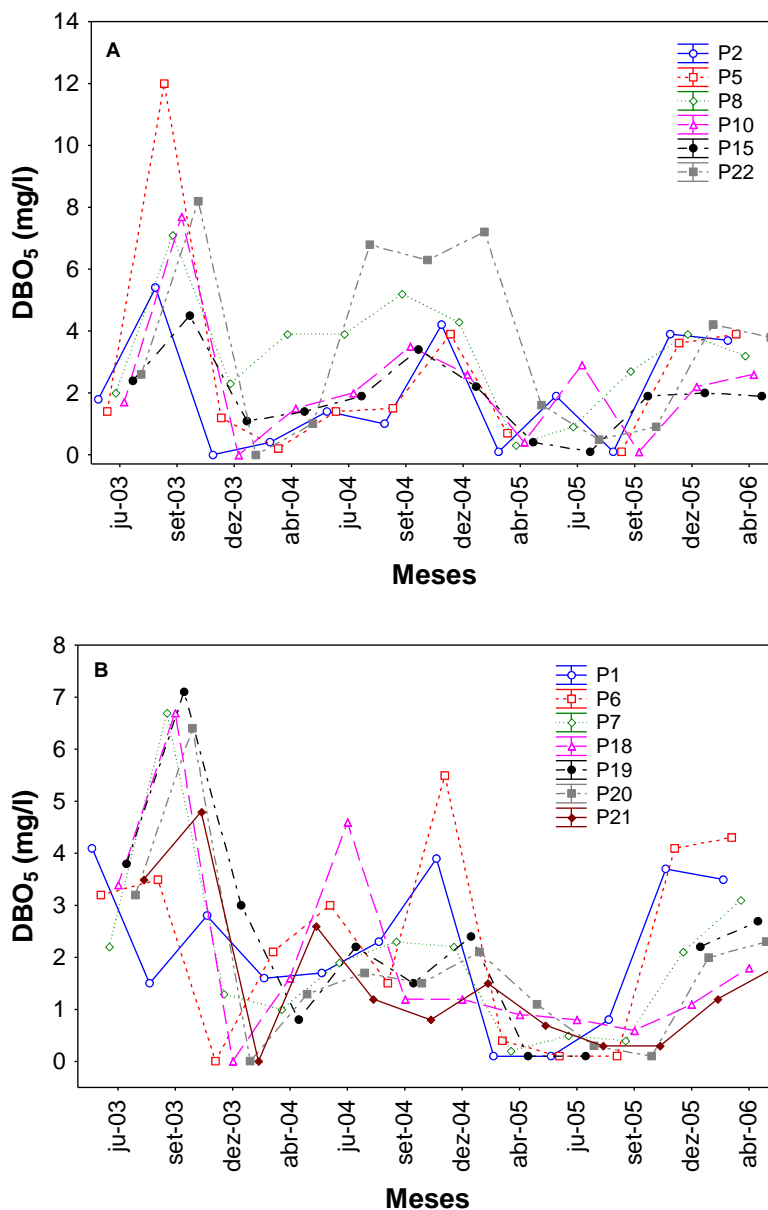


Figura 30. Avaliação temporal da DBO₅ nos tributários (A) e nos pontos localizados no corpo central (B) do reservatório da UHE Cana Brava.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Considerando que as águas do sistema monitorado enquadram-se na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, os resultados obtidos no programa de monitoramento da qualidade da água do reservatório da UHE de Cana Brava foram contrastados com as condições limnológicas preconizadas pela referida resolução:

- Considerando grande parte das variáveis analisadas, os locais amostrados apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA.

- As concentrações de oxigênio dissolvido foram inferiores a 5,0 mg/l na superfície, meio (3 metros) e fundo (15 metros) do ponto 1. As maiores profundidades dos demais pontos (fundo), também apresentaram baixas concentrações de oxigênio (hipoxia), no entanto tais condições são esperadas tendo em vista a profundidade do reservatório e a prevalência do processo de decomposição nessa região. Entretanto as baixas concentrações mensuradas na superfície do ponto 1 merecem especial atenção (assim como destacado nos demais relatórios). A influência dessas condições hipóxicas sob os organismos aquáticos, em especial os peixes, merece especial atenção no monitoramento limnológico da UHE Cana Brava;

- As concentrações de sulfeto foram superiores a 0,002 mg/l na maior parte dos locais e profundidades amostradas, com exceção apenas da superfície dos pontos 18, 19 (praia de Minaçu) e 21 (próximo a barragem);

- As concentrações de fósforo total foram superiores a 0,05 mg/l nos pontos 2 (rio Preto), 5 (rio São Félix), 19 (praia de Minaçu-parte externa) e ponto 22 (rio Bonito).

Analisando a variabilidade temporal dos dados, pode-se observar um padrão sazonal nos valores de temperatura da água e turbidez. Além disso, com exceção de alguns meses, de maneira geral, os pontos monitorados são similares entre si, principalmente no corpo central do reservatório.

Outra característica importante que foi observada, e que já foi descrita em relatórios anteriores, é o fato de que os tributários são os locais que apresentam maiores concentrações de íons e nutrientes, principalmente, o rio Bonito (ponto 22), rio do Carmo (ponto 10), rio São Félix (ponto 5) e córrego Varjão (ponto 8), no entanto, tais tributários não estão afetando significativamente as características limnológicas da água no corpo central do reservatório. Assim, de maneira geral, as águas do reservatório da UHE Cana Brava apresentam características limnológicas dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA para águas de Classe II

5. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA) (1995) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19th edn. American Public Health Association Publications, Washington DC.

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

Tundisi, J. G. et al. (1993) Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: Straškraba, M.; Tundisi, J.G. & Duncan, A. Comparative reservoir limnology and water quality management. Kluwer Academic Publishers. p.25-55.

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

ANEXO I

RESULTADOS DA CAMPANHA DE ABRIL DE 2006

Resultados referentes à campanha de abril de 2006 na UHE Cana Brava.

Variáveis/Pontos	Prof.	1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Temperatura ambiente (°C)		33	37	25	26	23	23	33	24,5	23	23	23	26	32
Temperatura da água (°C)	S	27,5	26,3	25,2	29,9	31	31	27	28	31	31	30	30,1	26,8
	M	26,7			29,8							29,1	29,3	
	F	26,8			27,8							24	26	
Transparência da água (m)		1,1	5	0,1	2,4	1	0,5	0,2	0,2	0,5	0,4	3	3	0,5
Turbidez (NTU)	S	1,85	10,9	11,1	2,18	0,97	1,54	2,69	0,95	0,93	1,3	1,28	0,5	53,7
	M	2,26			0,98							0,81	1,45	
	F	1,99			1,23							0,63	1,8	
pH	S	7,41	7,06	6,89	7,44	7,64	7,47	7,44	7,6	7,61	7,59	7,5	7,52	7,2
	M	7,23			7,5							7,58	7,07	
	F	7,37			7,38							7,64	7,51	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	S	3,7	8,87	8,82	7,88	-	-	8,54	-	-	-	7,66	7,69	8,31
	M	2,29			7,77							6,91	7,46	
	F	2,06			4,41								0,42	
Saturação de oxigênio (%)	S	21,4	109,1	107,4	103,9	-	-	107,5	-	-	-	101,8	102	106
	M	28,6			102,5							90,6	96,9	
	F	25,6			55,9							-	10	
Alcalinidade (mg/l)	S	34	15	12	35	35	-	27	32	36	39	37	36	35
	M	35			31							30	25	
	F	37			35							33	25	
Acidez (mg/l)	S	4	4,5	5,8	2,6	3	6,2	5,8	2,5	6,6	4,1	3,2	3,9	8,9
	M	4,1			2,1							3,4	3,8	
	F	4,1			2,4							3,1	3,2	
Dureza (mg/l)	S	56	30	60	34	40	-	60	38	58	60	0,4	54	60
	M	58			40							56	50	
	F	70			50							46	44	
Ferro total (mg/l)	S	0,33	0,98	0,31	0,05	0,01	0,05	0,18	0,08	0,02	0,05	1,88	1	2,06
	M	0,33			0,05							0,02	0,04	
	F	0,31			0,17							0,02	1,7	
Cloreto (mg/l)	S	0,4	1,2	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,2	0,4	0,4	0,4	0,8
	M	0,4			1,2							1,6	0,4	
	F	0,4			0,4							0,4	0,4	

Sulfato (mg/l)	S	ALD	5	4	1	ALD	ALD	1	ALD	ALD	7	ALD	ALD	5
	M	1			ALD							ALD	ALD	
	F	1			1							ALD	1	
Sulfeto (mg/l)	S	0,003	0,006	0,007	0,002	0,006	0,003	0,006	0,002	0,001	0,001	0,001	0,009	0,006
	M	0,004			0,003							0,004	0,002	
	F	0,003			0,003							0,002	0,004	
Fósforo total (mg/l)	S	0,027	0,112	0,161	0,029	0,027	0,029	0,046	0,016	0,024	0,067	0,022	0,027	0,131
	M	0,035			0,027							0,060	0,030	
	F	0,034			0,038							0,022	0,027	
Orto-fosfato (mg/l)	S	0,004	0,011	0,013	0,004	0,004	0,013	0,006	0,006	0,005	0,006	0,003	0,005	0,011
	M	0,005			0,003							0,004	0,004	
	F	0,006			0,005							0,008	0,003	
Nitrato (mg/l)	S	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,7	0,5	ALD	0,1	0,5
	M	0,1			0,1							0,3	0,1	
	F	0,2			0,2							0,2	0,2	
Nitrito (mg/l)	S	0,004	0,009	0,011	0,005	0,003	0,004	0,011	0,006	0,005	0,013	0,005	0,007	0,011
	M	0,011			0,009							0,005	0,008	
	F	0,008			0,01							0,005	0,011	
N-amoniaco (mg/l)	S	0,03	ALD	0,01	0,1	0,07	0,08	ALD	0,03	ALD	0,04	0,1	ALD	ALD
	M	0,14			0,03							0,01	ALD	
	F	0,06			0,03							0,05	ALD	
DBO ₅ (mg/l)	S	3,5	3,7	3,9	4,3	3,1	3,2	2,6	1,9	1,8	2,7	2,3	1,8	3,8

ALD=abaixo do limite de detecção do método.