



UHE CANA BRAVA
PROGRAMA MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

FASE OPERAÇÃO

VII RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL



DEZEMBRO DE 2004

EQUIPE RESPONSÁVEL

Equipe de campo

Biol. M.Sc. Priscilla de Carvalho

Biol. Larice de Fátima Machado do Couto

Equipe de laboratório

Biol. Esp. Juliana Machado do Couto Silva

Biol. Larice de Fátima Machado do Couto

Biol. M.Sc. Priscilla de Carvalho

APRESENTAÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico da Usina Hidrelétrica Cana Brava, referente à coleta realizada entre os dias 7 e 8 de dezembro de 2004.

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

O conteúdo deste Relatório Técnico inclui:

i) a metodologia adotada durante a coleta das amostras de água e análises laboratoriais;

(ii) os resultados obtidos em campo e das análises laboratoriais, com apresentação dos valores medidos em gráficos, bem como uma breve análise de cada parâmetro;

(iii) considerações sobre esta sétima coleta e os resultados obtidos em relação aos limites preconizados na Resolução nº 20 de 1986 do CONAMA, para águas da classe 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. Os parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), coliformes totais e coliformes fecais foram determinados apenas para 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, sólidos totais dissolvidos (STD) (potenciômetro digital HANNA), oxigênio dissolvido (OD), porcentagem de saturação de oxigênio, temperatura da água (YSI 550A), temperatura do ar (termômetro de mercúrio) e transparência da água (disco de Secchi).

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

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 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
Sólidos totais dissolvidos	potenciométrico	0 – 750 mg/l		-
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
CO ₂	titulação com hidróxido de sódio	0 - 125 mg/l CO ₂	X	4500 - CO ₂ - C
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
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).

Resultados

A. Parâmetros Físico-Químicos

Os valores de temperatura do ar variaram entre 30°C às 9:30 e 18:30, e 36°C às 16:35. Tais variações da temperatura do ar refletiram a influência dos horários de coleta.

Em dezembro de 2004, a temperatura da água variou entre 28,1°C e 32°C na superfície da água e 26,1°C no fundo (50m) do ponto 21°C e 29,5°C no fundo (17m) do ponto 1, demonstrando assim, a influência da profundidade sobre os valores da temperatura da água. Em lagos profundos, a forte absorção de radiação ocorre nos primeiros metros de profundidade, ocorrendo, abaixo desta camada, uma queda de temperatura. Como será discutido posteriormente em relação ao perfil vertical de oxigênio e temperatura do ponto 21, provavelmente o reservatório da UHE Cana Brava apresenta estratificação da coluna da água. Assim, quando as diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física impedindo que se misturem, e se a energia do vento não for suficiente para mistura-las, o calor não se distribui uniformemente, criando a condição de estratificação térmica (Esteves, 1998).

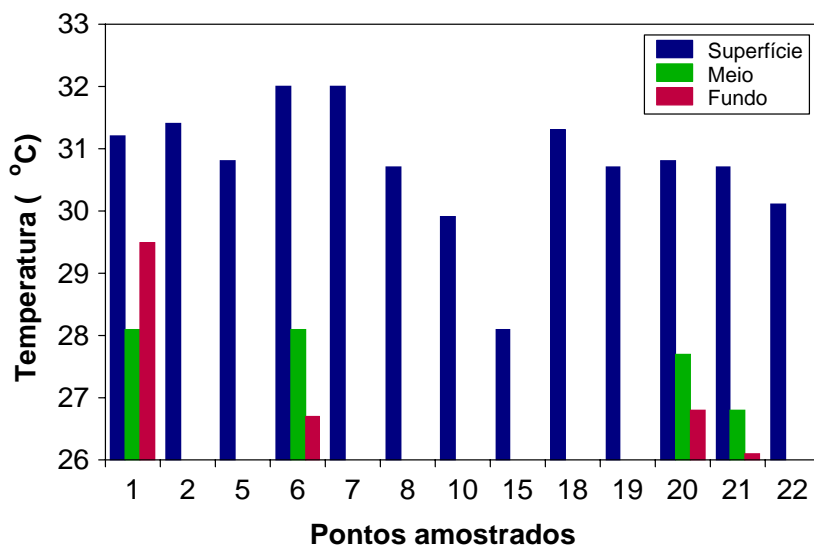


Figura 1. Valores da temperatura.

De maneira geral, o reservatório apresenta águas transparentes. Os valores médios de turbidez da água foram de 5,97 NTU; 3,96 NTU e 4,17 NTU na superfície, meio e fundo, respectivamente (Figura 2). O maior valor de turbidez (17,7 NTU) foi obtido no ponto 22, rio Bonito, enquanto que o menor valor (0,68 NTU) foi obtido na superfície do ponto 21.

Foi observado um aumento significativo nos valores de turbidez em dezembro de 2004, quando comparado com o mês anterior (setembro de 2004) ($t = 2,31$; $P = 0,03$) (Figura 3). Assim, nos meses de julho e setembro de 2004 os baixos índices de precipitação pluviométrica foram responsáveis pelos baixos valores de turbidez. O contrário foi observado no mês de dezembro, onde a ocorrência de chuvas aumentou as taxas de escoamento de materiais derivados dos ambientes terrestres adjacentes, para os corpos hídricos, explicando o aumento da turbidez, principalmente nos tributários (pontos 2, 5, 8 e 22), que sofrem maior influência do sistema terrestre.

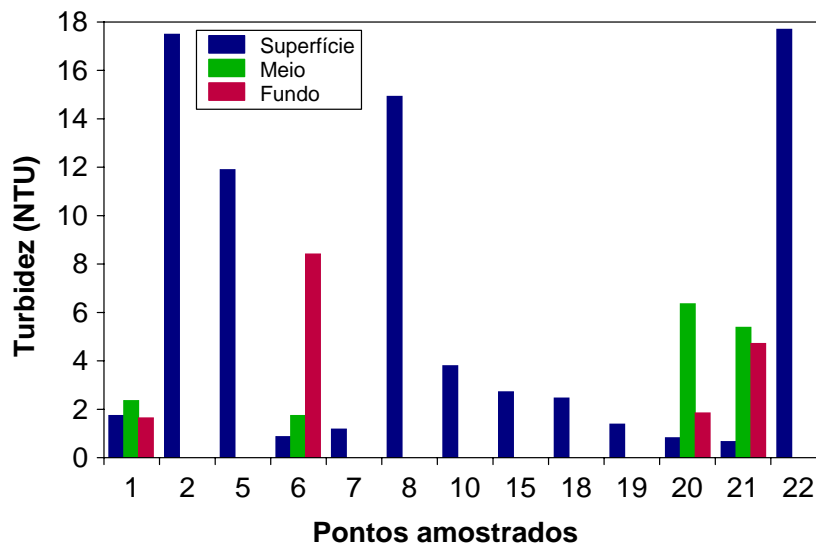


Figura 2. Valores de turbidez.

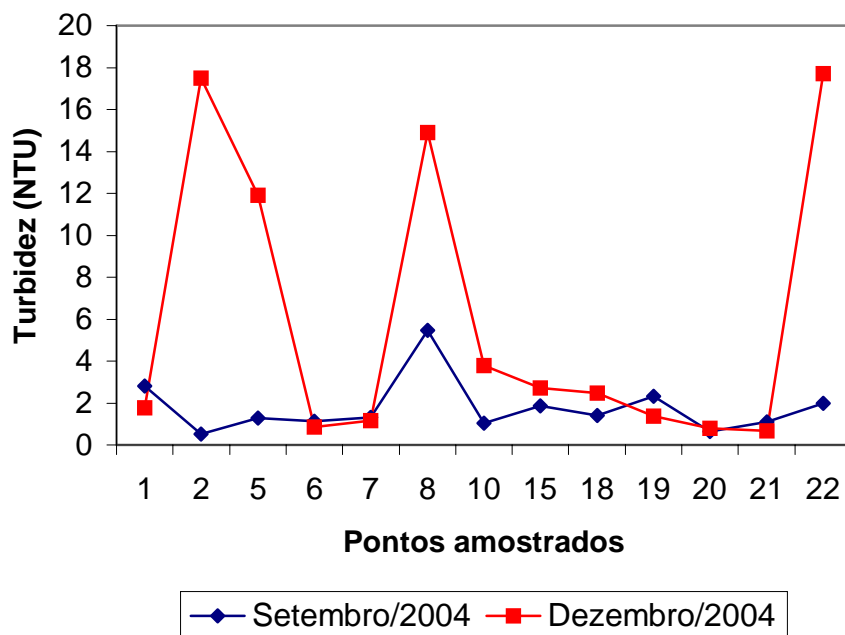


Figura 3. Valores de turbidez na superfície dos 13 pontos de monitoramento do reservatório de Cana Brava nos meses de setembro de 2004 e dezembro de 2004.

Em dezembro de 2004, não foi possível mensurar a transparência da água com o disco de Secchi. No entanto, é amplamente reconhecido que os valores de transparência da água mensurados através de um disco de Secchi são fortemente correlacionados com os valores de turbidez e, deste modo, a avaliação do nível de luminosidade sub-aquática nos diferentes pontos de coleta, tal como realizada através da turbidez, está, certamente, correta.

Os valores médios de oxigênio dissolvido para as águas do reservatório foram 6,77; 1,60 e 1,47 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração de oxigênio dissolvido (8,05 mg/l) foi obtida na superfície do ponto 22, enquanto que a menor concentração (0,31 mg/l) foi obtida no meio (12m) do ponto 21 (Figura 4). Similarmente ao observado nos demais meses de monitoramento limnológico, as concentrações deste gás obtidas nas maiores profundidades (meio e fundo) e na superfície do ponto 1 (3,48 mg/l) foram menores que o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 20 para águas de classe 2. O ponto 15 (jusante da barragem) também apresentou concentração de oxigênio abaixo do estabelecido pela referida resolução (1,89 mg/l).

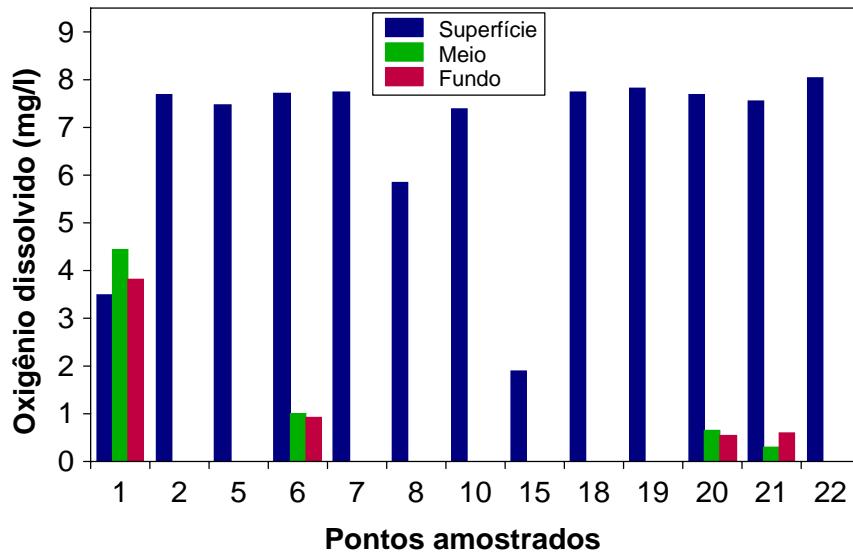


Figura 4. Concentração de oxigênio dissolvido.

Em dezembro de 2004, além dos pontos tradicionais de monitoramento limnológico, foram escolhidos, aleatoriamente, 5 pontos adicionais dentro da reserva indígena Avá-Canoeiro (pontos A, B, C, D e E) (relatório de dezembro já enviado sobre a morte de peixes no local). Pode-se observar que o local mais próximo da barragem da UHE Serra da Mesa (jusante da barragem) apresentou concentrações extremamente baixas de oxigênio na superfície da água (2,35 mg/l e 28,6%), e esta condição de hipoxia (baixa concentração de oxigênio) continuou até o ponto 1 do monitoramento tradicional (3,48 mg/l e 46,4%) (Figura 5). O ponto D se diferenciou dos demais (dentro da área indígena), pois este é um tributário que apresenta águas bem oxigenadas. Assim, a partir do ponto 1, o reservatório apresenta, de maneira geral, águas bem oxigenadas na superfície, tendo em vista que o meio e o fundo de alguns pontos apresentam condições de hipoxia também (Figura 4). As concentrações de oxigênio voltam a cair no ponto à jusante da barragem da UHE Cana Brava (ponto 15).

Provavelmente, a tomada de água realizada no hipolímnio (fundo) da coluna da água do reservatório da UHE Cana Brava, seja responsável pelas baixas concentrações de oxigênio dissolvido à jusante da barragem (ponto 15), tendo em vista as baixas concentrações deste gás a partir de 9 metros de profundidade no ponto 21, próximo à barragem em sua montante (o que será comentado posteriormente). Isto também pode estar ocorrendo à jusante da

barragem da UHE Serra da Mesa, tendo em vista as baixas concentrações de oxigênio desde a barragem até a ponte do Rubão, próximo ao ponto 1 de coleta, condição esta que melhora ao longo do gradiente longitudinal do reservatório.

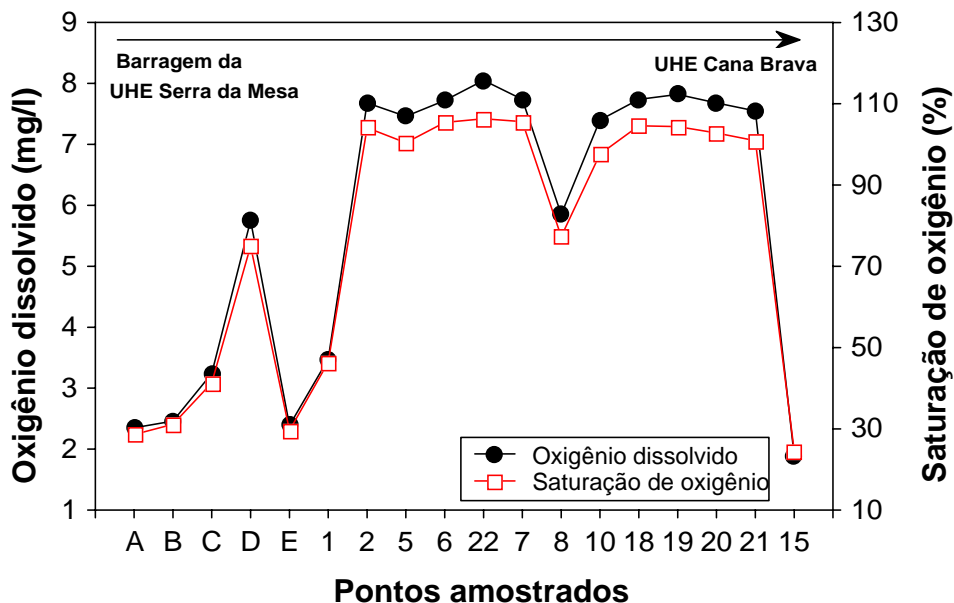


Figura 5. Gradiente longitudinal do reservatório de acordo com as concentrações de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio. Os pontos A, B, C, D e E são pontos adicionais que foram escolhidos a partir da jusante da barragem da UHE Serra da Mesa (ponto A) até o fim da reserva indígena (ponto E).

O mesmo padrão foi obtido quando analisou-se a saturação de oxigênio. A maior porcentagem de saturação (106,3%) foi encontrada no ponto 22, enquanto que a menor porcentagem de saturação (3,8%) foi obtida no meio do ponto 21 (Figura 6).

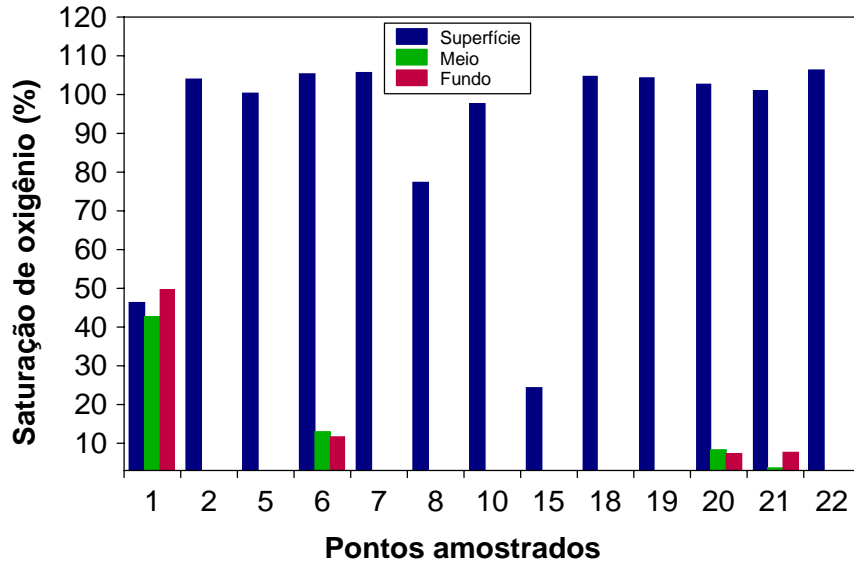


Figura 6. Saturação de oxigênio.

A média dos valores da concentração de CO₂ encontrada nas águas do reservatório foram de 6,32; 8,10 e 8,75 mg/l na superfície meio e fundo respectivamente. O maior valor foi obtido na superfície do ponto 1 (Figura 7).

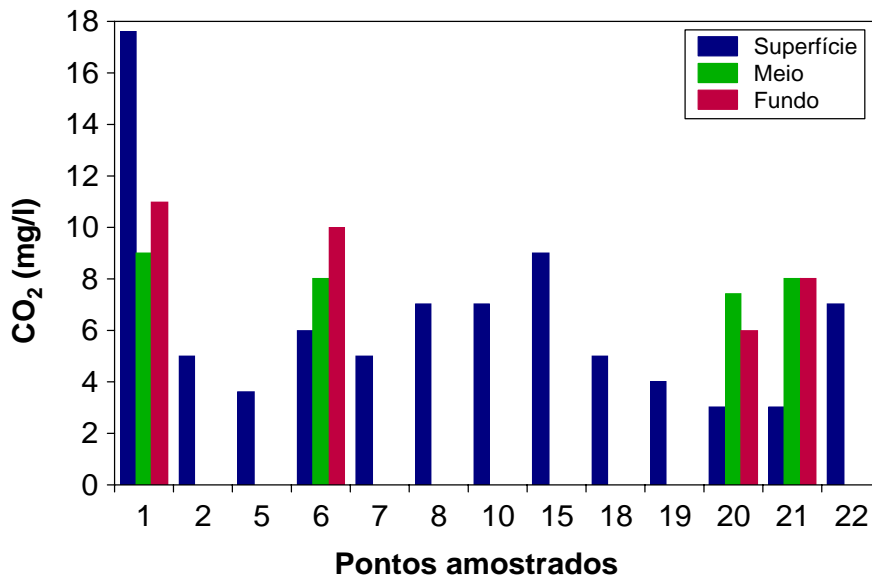


Figura 7. Concentração de dióxido de carbono.

Os valores médios de pH foram 6,45; 6,46 e 6,43, na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (7,07) foi obtido no ponto 7, e o menor valor (5,65) foi obtido no ponto 15 (Figura 8). De modo geral as águas do reservatório, apresentam valores de pH dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA para águas de classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0), com exceção dos pontos 10, 15 e 18, e fundo (17 metros) do ponto 1.

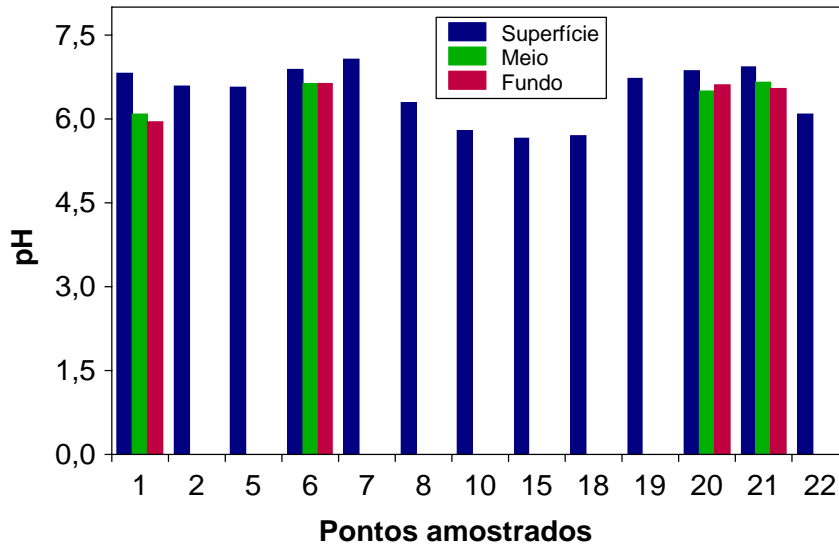


Figura 8. Valores de pH.

A condutividade elétrica indica, indiretamente, a concentração de íons na água. A média da condutividade elétrica nas águas do reservatório foi de 86,7; 86,7 e 93,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (179 $\mu\text{S}/\text{cm}$) foi encontrado no ponto 22 (rio Bonito), enquanto que o menor valor (28 $\mu\text{S}/\text{cm}$) foi encontrado no ponto 2 (rio Preto) (Figura 9).

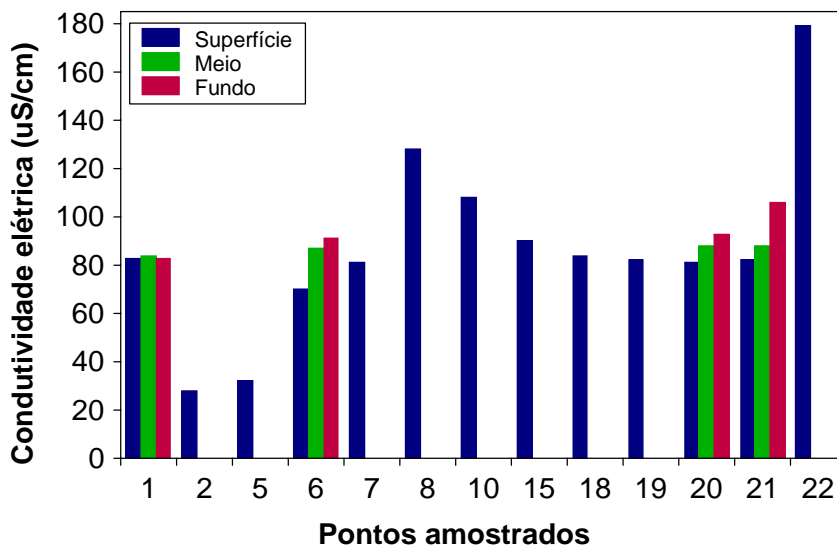


Figura 9. Valores de condutividade elétrica.

A média dos valores de alcalinidade total das águas do reservatório foi de 36,8; 37,0 e 37,4 mg/l CaCO₃ na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (79,2 mg/l) foi encontrado no ponto 22, e o menor (10,8 mg/l) foi encontrado no ponto 5 (Figura 10).

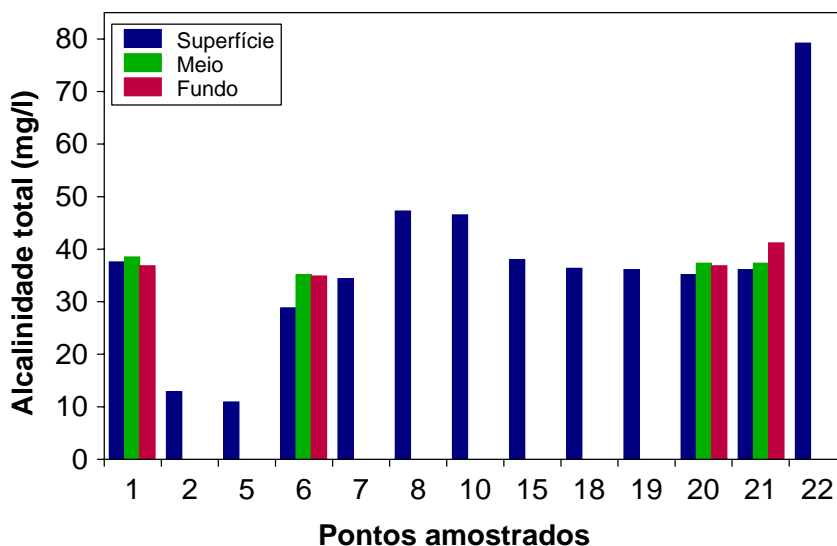


Figura 10. Valores de alcalinidade total.

Como demonstrado em relatórios anteriores, a variável condutividade elétrica foi significativamente correlacionada com a alcalinidade ($r = 0,987$; $P < 0,001$), indicando que estas podem ser consideradas variáveis redundantes. Assim, os pontos de coleta com elevadas concentrações iônicas são também os que apresentam os maiores valores de alcalinidade, sugerindo que compostos como bicarbonatos e carbonatos encontram-se entre os principais íons que determinam a condutividade.

A concentração média dos sólidos totais dissolvidos nas águas do reservatório foi de 43,3; 43,2 e 46,2 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração foi de 89 mg/l no ponto 22, rio Bonito, enquanto que a menor concentração (14 mg/l) foi obtida no ponto 2 (Figura 11).

O alto coeficiente de correlação entre os valores de condutividade elétrica e STD ($r = 0,99$; $P < 0,001$), indicando que a variável STD (sólidos totais dissolvidos) está fortemente relacionada com as concentrações de íons (Ca, Mg, Na, K e os ânions: HCO_3 , CO_3 , SO_4 e Cl) e, deste como, com a condutividade elétrica da água. Tais variáveis podem ser, também, consideradas redundantes.

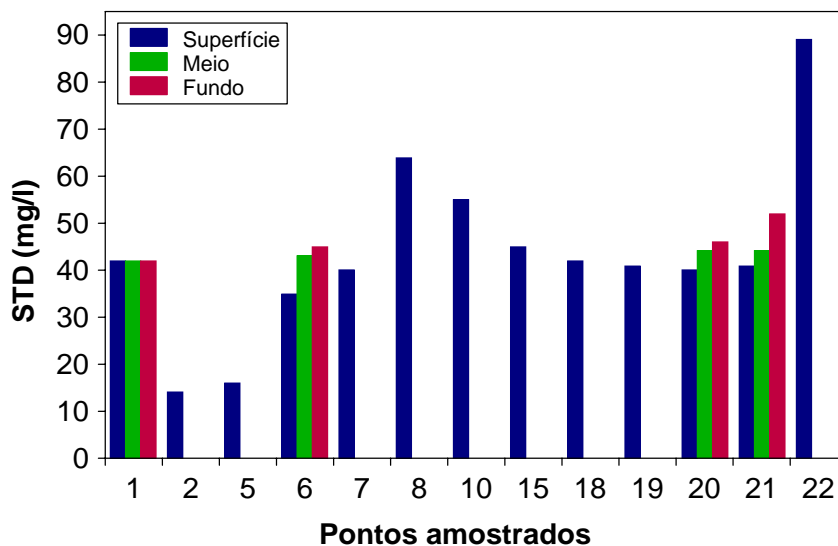


Figura 11. Valores de sólidos totais dissolvidos (STD).

Em média os valores de acidez total nas águas do reservatório foram 2,98; 2,0 e 2,9 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (9,6 mg/l) foi obtido no ponto 22, e o menor valor (1,6 mg/l) foi obtido no ponto 7 (Figura 12).

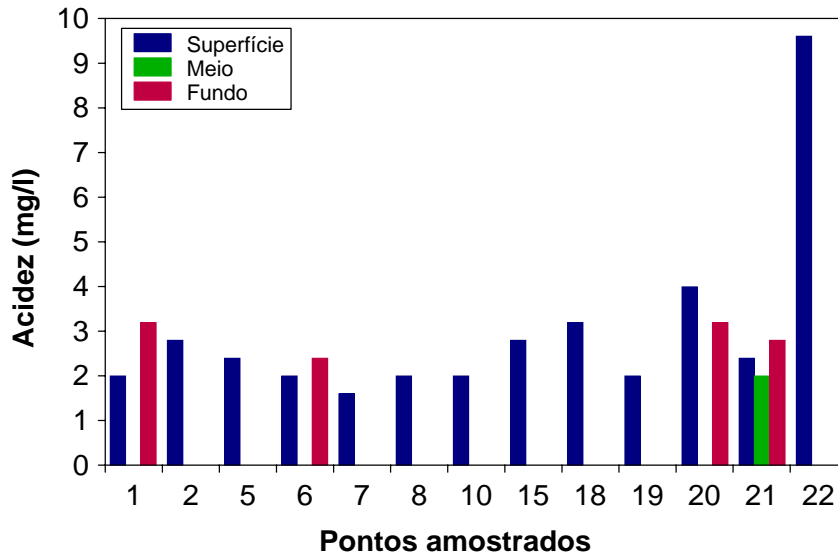


Figura 12. Valores de acidez total.

Os valores médios de cloretos para as águas do reservatório foram de 2,86; 3,3 e 3,3 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (6,0 mg/l) foi encontrado no meio do ponto 1, e o menor valor (0,8 mg/l) na superfície do ponto 1 (Figura 13). A análise das concentrações de cloretos sugere que dificilmente o limite máximo de 250 mg/l, preconizado pela resolução CONAMA nº 20, 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). Resultados semelhantes foram encontrados nos demais meses de coleta.

Os valores médios de sulfeto encontrados nas águas do reservatório foram de 0,003; 0,0022 e 0,0022 na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração de sulfeto (0,008 mg/l) foi obtida no ponto 2, rio Preto, e a menor concentração foi de 0,001 mg/l (Figura 14).

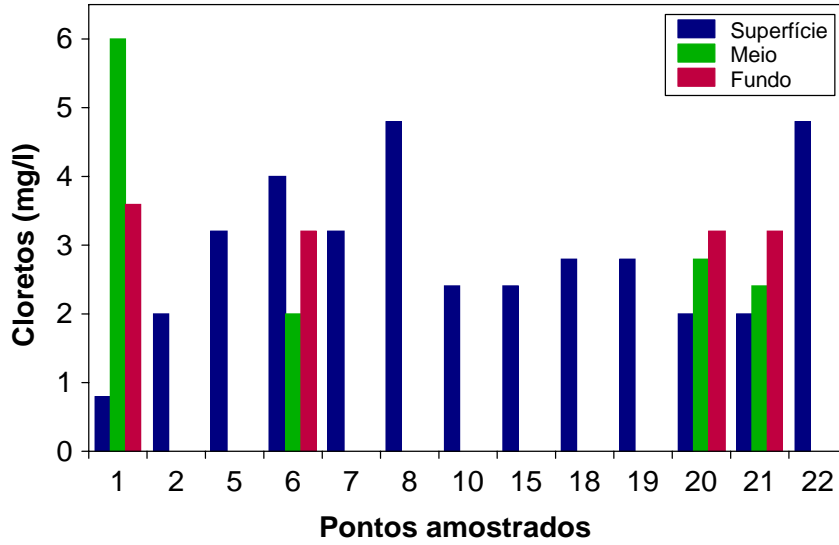


Figura 13. Valores de cloretos.

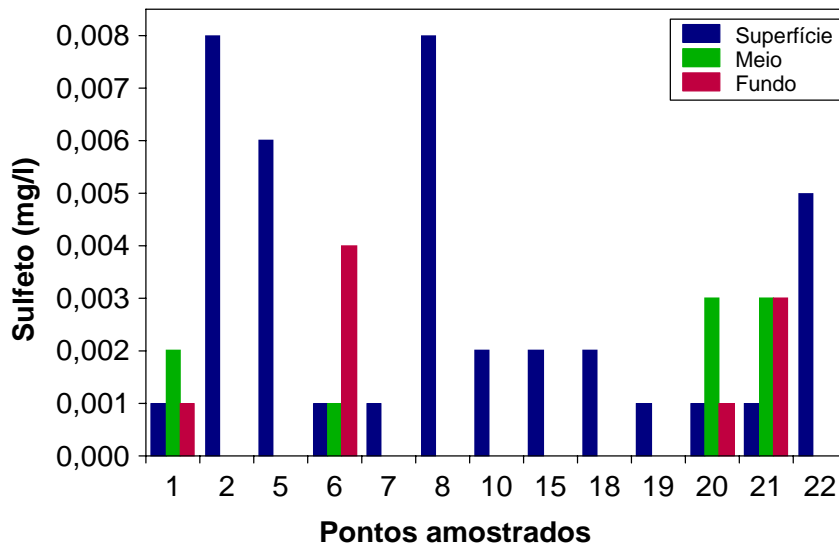


Figura 14. Valores de sulfeto.

A concentração média de ferro total nas águas do reservatório foi de 0,3; 0,6 e 2,19 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (3,34 mg/l) foi obtido no fundo do ponto 21, e o menor valor (0,03 mg/l) foi encontrado no ponto 7 (Figura 15). Não foi observada diferença significativa entre os meses de setembro e dezembro de 2004 ($t = 1,83$; $P = 0,09$).

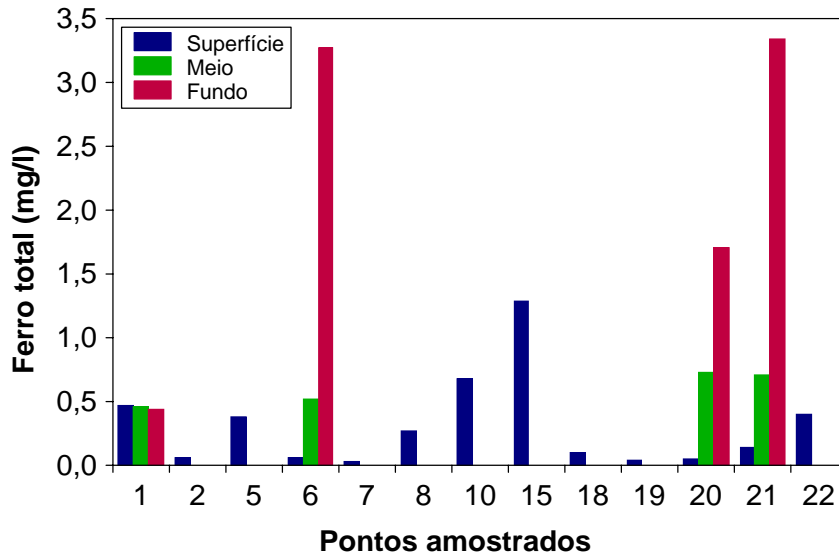


Figura 15. Valores de ferro total.

A concentração média de orto-fosfato nas águas do reservatório foi de 0,15; 0,17 e 0,14 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. O maior valor (0,37 mg/l) foi encontrado na superfície do ponto 21. O menor valor (0,01 mg/l) foi obtido em todas as profundidades do ponto 1 e no ponto 18 (Figura 16).

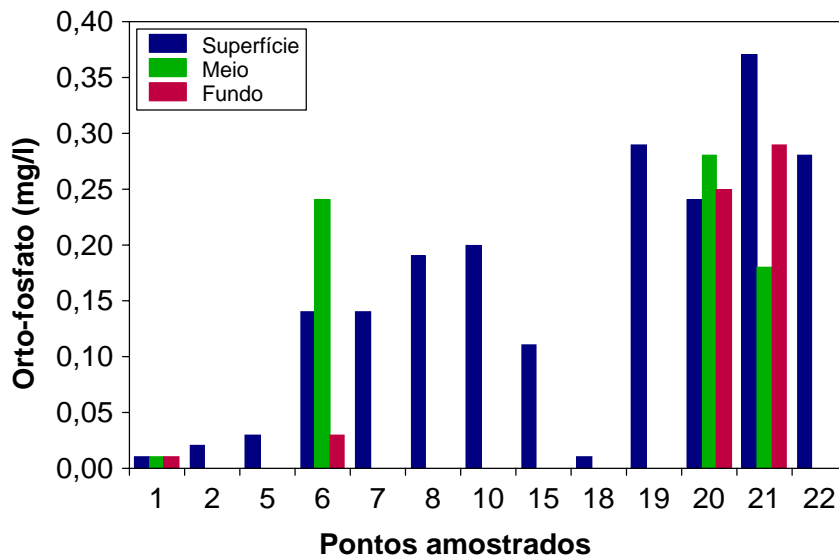


Figura 16. Concentração de orto-fosfato.

A concentração média de nitrato nas águas do reservatório de Cana Brava foi de 0,37; 0,35 e 0,62 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração de nitrato foi de 0,9 mg/l no fundo do ponto 6, e a menor concentração foi de 0,2 mg/l, no ponto 8, superfície e meio do ponto 21 (Figura 17).

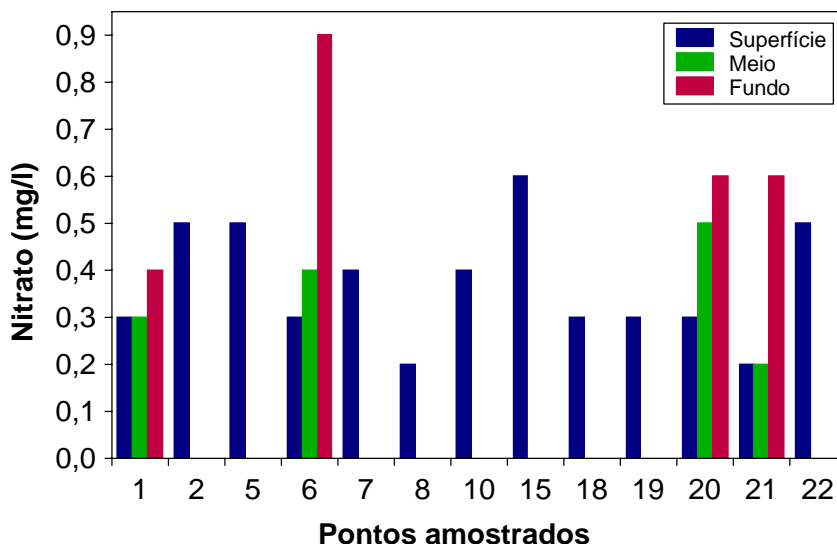


Figura 17. Concentração de nitrato.

A concentração média de nitrito nas águas do reservatório foi de 0,007; 0,0077 e 0,008 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (0,009 mg/l) foi obtida no ponto 22, rio Bonito, e no meio (12 metros) do ponto 20 (Figura 18).

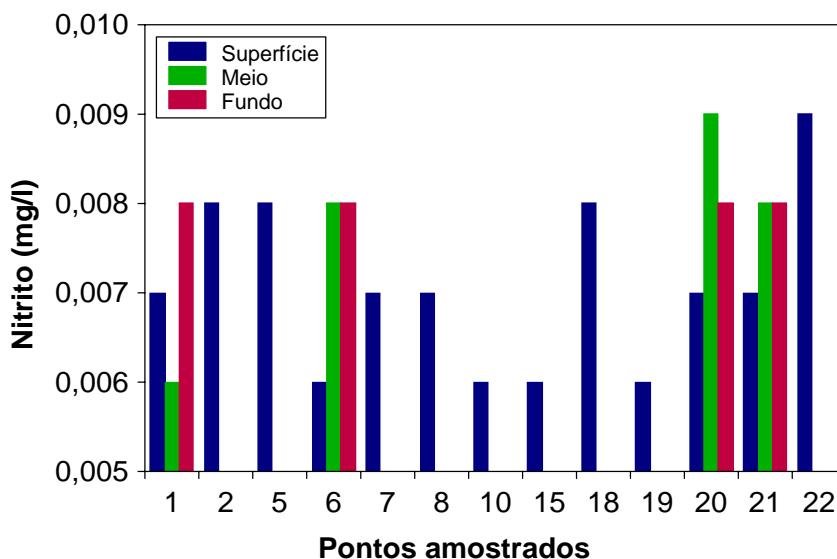


Figura 18. Concentração de nitrito.

A concentração média de nitrogênio amoniacoal foi de 0,051; 0,067 e 0,32 mg/l na superfície, meio e fundo, respectivamente. A maior concentração (0,47 mg/l) foi obtida no fundo do ponto 21. Valores não detectáveis foram obtidos na superfície dos pontos 6, 7 e 20 (Figura 19).

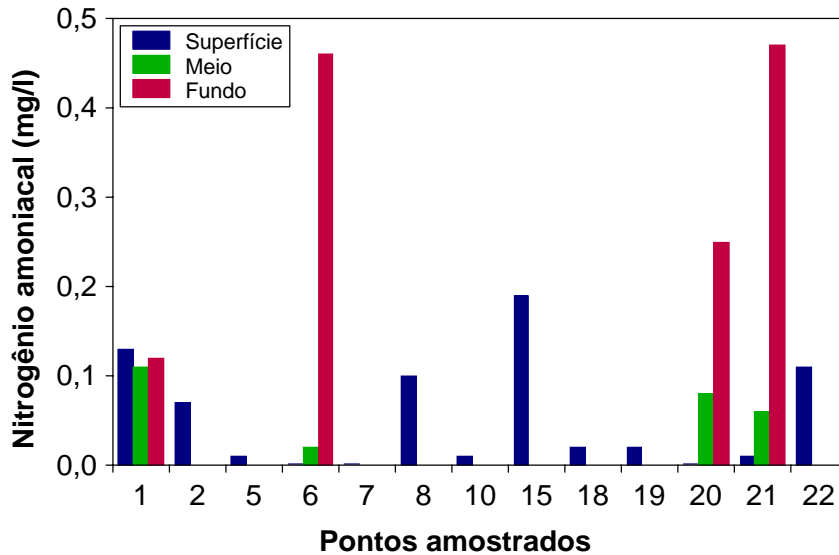
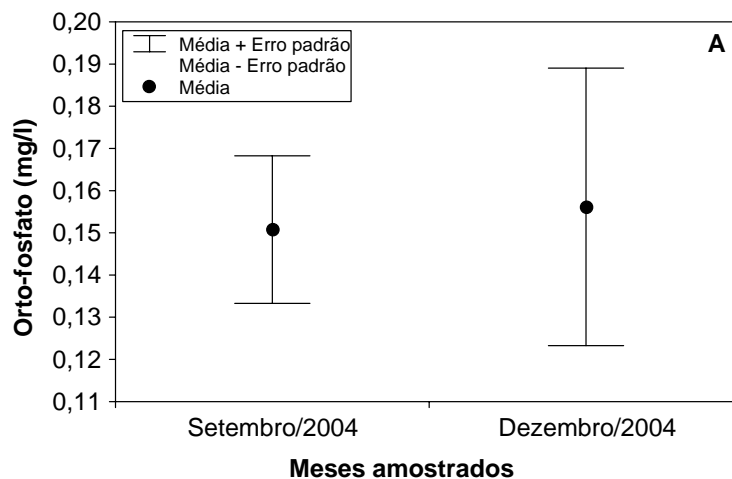


Figura 19. Concentração de nitrogênio amoniacoal.

Considerando as concentrações dos principais nutrientes analisados (orto-fosfato, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacoal), observou-se que houve um aumento significativo no mês de dezembro, comparando-se com setembro de 2004, apenas nas concentrações de nitrato ($t = 6,67$; $P = 0,00002$) (Figura 20). Os demais nutrientes apresentaram concentrações em dezembro de 2004, similares às encontradas em setembro de 2004. Assim, apesar do início do período de chuvas em dezembro, e do aumento nos valores de turbidez, as águas do reservatório não apresentaram acréscimo significativo de nutrientes.



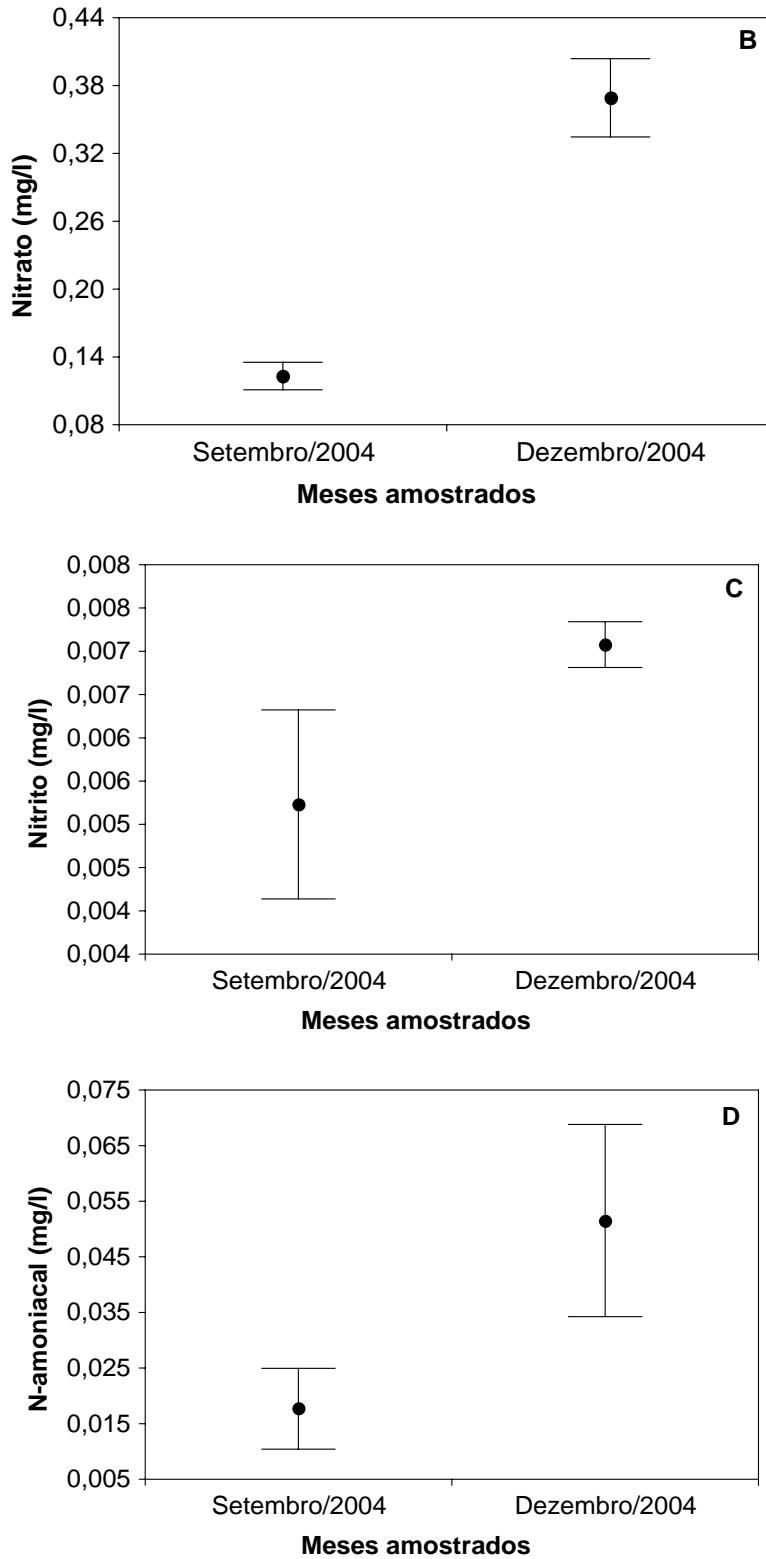


Figura 20. Concentração média de orto-fosfato (A), nitrato (B), nitrito (C) e nitrogênio amoniacal (D) em setembro e dezembro de 2004 nas águas do reservatório da UHE Cana Brava.

A DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) 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 (Kalf, 2002). Nas águas do reservatório foi obtido um valor médio de 3,32 mg/l de DBO₅. O maior valor obtido foi de 7,2 mg/l no ponto 22, rio Bonito, e menor valor (1,2 mg/l) foi encontrado no ponto 18 (Figura 21).

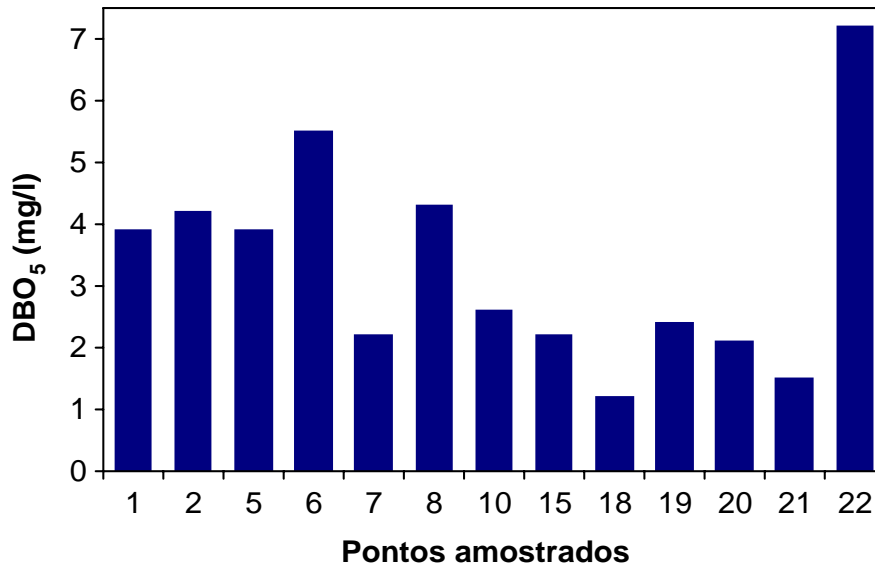


Figura 21. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅).

A concentração de óleos e graxas, nas águas do reservatório, está abaixo do limite de detecção do método.

Perfil vertical do ponto 21, próximo à barragem

O perfil vertical do ponto 21 foi realizado a cada 2 metros de profundidade, da superfície ao hipolímnio (30 metros), e tem como objetivo verificar a existência de estratificação térmica. Foi obtida a temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido e porcentagem de saturação de oxigênio (quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura).

Em dezembro de 2004, a camada superficial e de fundo apresentaram diferenças de temperatura de aproximadamente 4,5°C, ou seja, uma diferença

muito maior do que a encontrada em julho de 2004 (0,7°C) e maior, também, do que a encontrada em setembro de 2004 (3,9°C) (Figura 22). Provavelmente, o reservatório de Cana Brava apresenta um padrão de circulação da coluna de água durante o inverno (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). 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).

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou uma diferença entre a camada superficial e profunda de aproximadamente 7mg/l, ou seja, a camada mais profunda do reservatório apresentou concentrações de oxigênio próximo a zero. Esta diferença foi maior do que a encontrada em julho de 2004. Tal resultado corrobora a hipótese da desestratificação temporária da coluna da água do reservatório durante o inverno. Em dezembro de 2003, o fundo deste mesmo ponto, também apresentou concentração de 0,96 mg/l de oxigênio dissolvido.

Além disso, em julho de 2004, este ponto apresentou condições de hipoxia a partir de 25 metros de profundidade, o contrário dos demais meses, principalmente dezembro, onde baixas concentrações de oxigênio dissolvido foram evidenciadas a partir de 9 metros de profundidade. O mesmo padrão foi observado através da porcentagem de saturação de oxigênio.

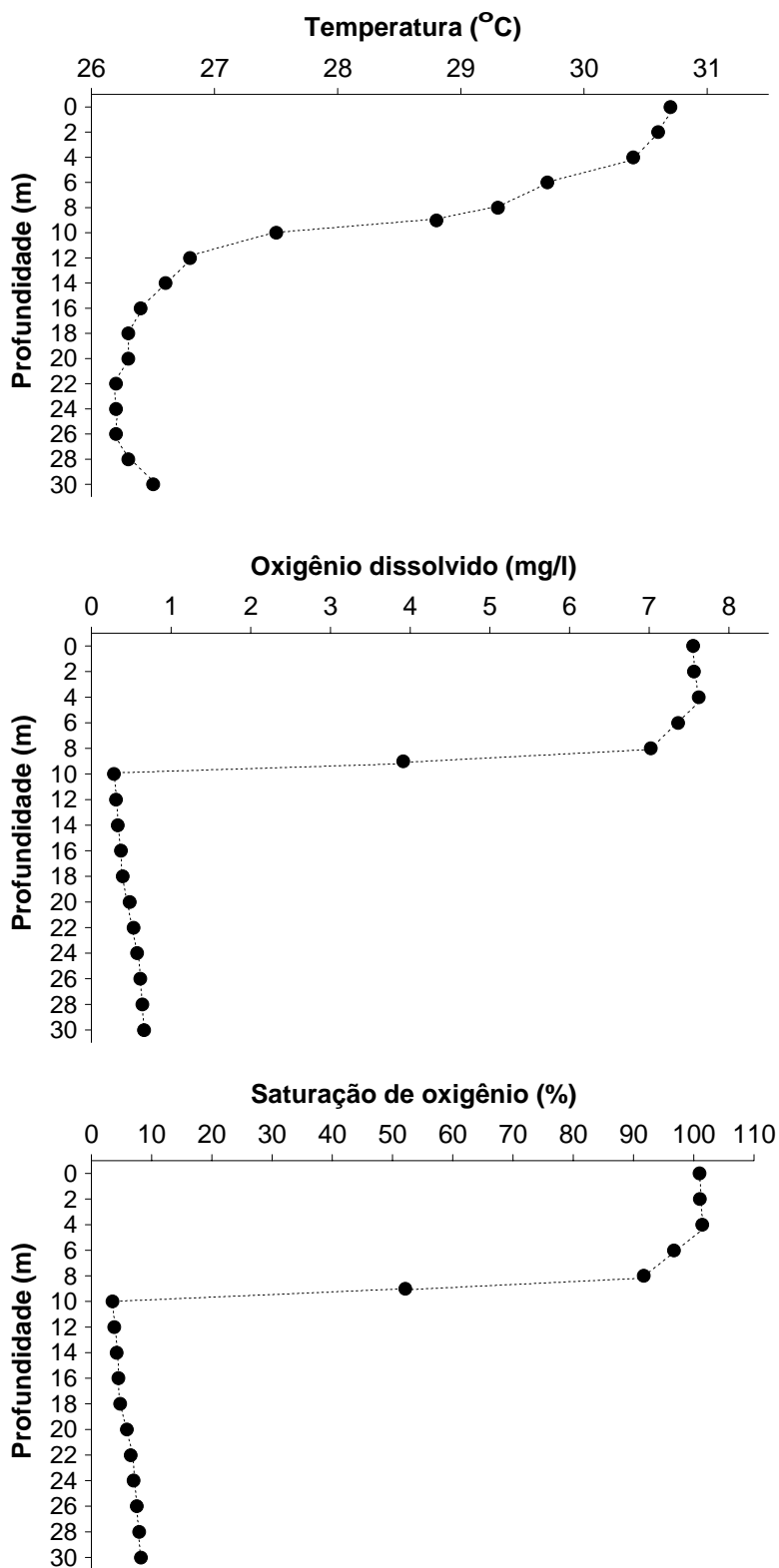


Figura 22. Gradientes de temperatura e oxigênio obtidos no ponto 21 em dezembro de 2004.

B. Parâmetros Bacteriológicos

A maior concentração de coliformes totais nas águas do reservatório (>24000 NMP/100ml) foi encontrada nos pontos 8, 10 e 22, e a menor concentração (Valor Ausente) foi encontrada nos pontos 7, 18, 20 e 21 (Tabela 3). Em relação à concentração de coliformes fecais, o maior valor também foi encontrado nos pontos 10 e 22 (>24000 NMP/100ml), enquanto que a menor concentração foi encontrada nos pontos 6, 7, 18, 19, 20 e 21 (Valores Ausentes).

Tabela 3: Abundância de coliformes totais e fecais nos pontos amostrados no reservatório da UHE Cana Brava em dezembro de 2004.

Pontos de coleta	Coliformes totais NMP/100ml	Coliformes fecais NMP/100ml
1	11	9
2	90	23
5	430	120
6	7	0
7	0	0
8	>24000	2300
10	>24000	>24000
15	430	83
18	0	0
19	3	0
20	0	0
21	0	0
22	>24000	>24000

Conclusão

Considerando que as águas do sistema monitorado enquadram-se na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 20/86, 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.

- Com relação às variáveis turbidez, Cloretos, STD, nitrato e nitrito, todos os pontos apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA, como observado nos demais meses monitorados (ver relatórios anteriores). Dessa forma, a utilidade dessas variáveis para fins de monitoramento pode ser questionada, tendo em vista que locais claramente poluídos, como o ponto 22 no rio Bonito nunca apresentaram valores próximos ao limite estabelecido pela resolução.

- Os valores de pH menores que 6, foram obtidos nos pontos 10, 15, 18 e no fundo do ponto 1.

- A concentração de oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo do limite preconizado pelo CONAMA nas maiores profundidades, e na superfície dos pontos 1 e 15, resultado já discutido anteriormente. A demanda bioquímica de oxigênio apresentou valores acima do limite estabelecido pela resolução nos pontos 6 e 22.

- Com relação às concentrações de alguns íons e nutrientes, a concentração de ferro total ultrapassou o limite estabelecido pela resolução (0,3 mg/l) nas maiores profundidades, e na superfície dos pontos 1, 5, 10, 15 e 22. A concentração de sulfeto ultrapassou o limite (0,002 mg/l) nos pontos 2, 5, fundo do ponto 6, 8, meio do ponto 20, meio e fundo do ponto 21 e no ponto 22. O nitrogênio amoniacal apresentou concentrações acima do limite estabelecido pela resolução (0,02 mg/l) em grande parte dos locais analisados, com exceção dos pontos 5, superfície e meio do ponto 6, 7, 10, 18, 19, superfície e meio do ponto 20 e 21. As concentrações de orto-fosfato também foram acima do limite estabelecido pela resolução (0,025 mg/l) em grande parte dos locais analisados, com exceção dos pontos 2, 18 e em todas as profundidades do ponto 1.

- A abundância de coliformes totais e fecais foi superior ao limite preconizado pelo CONAMA (5000 NMP/100ml e 1000NMP/100ml, respectivamente) nos pontos 8, 10 e 22.

De maneira geral, as concentrações de íons e alguns nutrientes mantiveram-se semelhantes às obtidas em setembro de 2004. Como demonstrado em relatórios anteriores, alguns tributários vem apresentando concentrações acima do limite estabelecido pelo CONAMA para águas de classe 2, e merecem especial atenção, principalmente o rio Bonito (ponto 22), e o ponto 15, que não é um tributário, mas está à jusante do reservatório e vem apresentando altas concentrações de alguns íons (e.g. ferro) e nutrientes, como nitrogênio amoniacal e fósforo. Além disso, é um local que vem apresentando concentrações extremamente baixas de oxigênio dissolvido. Tais resultados, provavelmente indicam a influência da água captada em grandes profundidades do reservatório (próximo ao ponto 15), e que apresentam altas concentrações de íons e baixas concentrações de oxigênio, e sua liberação à jusante, próximo ao ponto 15, como já discutido anteriormente.

Ao contrário do que foi observado em julho de 2004, as diferentes profundidades amostradas no corpo central do reservatório apresentaram valores extremamente diferentes para cada parâmetro analisado. Ou seja, provavelmente esteja ocorrendo uma estratificação da coluna da água durante o período de verão. Esta estratificação é bem evidenciada através do perfil vertical de oxigênio e temperatura da água, no ponto 21. No entanto, a existência de um padrão monomítico quente só será evidenciado a longo prazo.

Tabela 4. Resultados da campanha dezembro /2004 na UHE de Cana Brava.

Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Acidez (mg/l)	s	2	2,8	2,4	2	1,6	2	2	2,8	3,2	2	4	2,4	9,6
	m												2	
	f	3,2			2,4							3,2	2,8	
Alcalinidade (mg/l)	s	37,6	12,8	10,8	28,8	34,4	47,2	46,4	38	36,4	36	35,2	36	79,2
	m	38,4			35,2							37,2	37,2	
	f	36,8			34,8							36,8	41,2	
Cloreto (mg/l)	s	0,8	2	3,2	4	3,2	4,8	2,4	2,4	2,8	2,8	2	2	4,8
	m	6			2							2,8	2,4	
	f	3,6			3,2							3,2	3,2	
Condutividade elétrica (μS/cm)	s	83	28	32	70	81	128	108	90	84	82	81	82	179
	m	84			87							88	88	
	f	83			91							93	106	
CO ₂ (mg/l)	s	17,6	5	3,6	6	5	7	7	9	5	4	3	3	7
	m	9			8							7,4	8	
	f	11			10							6	8	
DBO ₅ (mg/l)	s	3,9	4,2	3,9	5,5	2,2	4,3	2,6	2,2	1,2	2,4	2,1	1,5	7,2
Ferro (mg/l)	s	0,47	0,06	0,38	0,06	0,03	0,27	0,68	1,29	0,1	0,04	0,05	0,14	0,4
	m	0,46			0,52							0,73	0,71	
	f	0,44			3,27							1,71	3,34	
Nitrato (mg/l)	s	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5
	m	0,3			0,4							0,5	0,2	
	f	0,4			0,9							0,6	0,6	
Nitrito (mg/l)	s	0,007	0,008	0,008	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,008	0,006	0,007	0,007	0,009
	m	0,006			0,008							0,009	0,008	
	f	0,008			0,008							0,008	0,008	
N-amoniaco (mg/l)	s	0,13	0,07	0,01	0	0	0,1	0,01	0,19	0,02	0,02	0	0,01	0,11
	m	11			0,02							0,08	0,06	
	f	0,12			0,46							0,25	0,47	

continuação														
Variáveis / Pontos		1	2	5	6	7	8	10	15	18	19	20	21	22
Orto-fosfato (mg/l)	s	0,01	0,02	0,03	0,14	0,14	0,19	0,2	0,11	0,01	0,29	0,24	0,37	0,28
	m	0,01			0,24							0,28	0,18	
	f	0,01			0,03							0,25	0,29	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	s	3,48	7,68	7,46	7,72	7,74	5,85	7,4	1,89	7,74	7,82	7,68	7,55	8,05
	m	4,45			1,01							0,64	0,31	
	f	3,82			0,93							0,53	0,6	
Saturação de oxigênio (%)	s	46,4	104,1	100,4	105,4	105,6	77,3	97,6	24,5	104,6	104,4	102,8	100,9	106,3
	m	42,7			12,9							8,5	3,8	
	f	49,8			11,8							7,2	7,6	
pH	s	6,82	6,58	6,56	6,88	7,07	6,28	5,79	5,65	5,7	6,72	6,85	6,92	6,09
	m	6,08			6,63							6,5	6,65	
	f	5,94			6,63							6,6	6,55	
STD (mg/l)	s	42	14	16	35	40	64	55	45	42	41	40	41	89
	m	42			43							44	44	
	f	42			45							46	52	
Sulfeto (mg/l)	s	0,001	0,008	0,006	0,001	0,001	0,008	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,005
	m	0,002			0,001							0,003	0,003	
	f	0,001			0,004							0,001	0,003	
Temperatura do ar (°C)		34	36	33	33	30	33	33	35	34	32	30	31	31
Temperatura da água (°C)	s	31,2	31,4	30,8	32	32	30,7	29,9	28,1	31,3	30,7	30,8	30,7	30,1
	m	28,1			28,1							27,7	26,8	
	f	29,5			26,7							26,8	26,1	
Turbidez (NTU)	s	1,77	17,5	11,9	0,87	1,17	14,9	3,8	2,73	2,47	1,38	0,8	0,68	17,7
	m	2,37			1,77							6,34	5,37	
	f	1,66			8,43							1,87	4,74	

Referência

ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência.

KALFF, J. 2002. Limnology. New Jersey: Prentice Hall.

WETZEL, R.G. 1983. Limnology. Phyladelphia: W.B. Saunders. 743p.