

IV-093 – ANÁLISE AMBIENTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DA UHE TUCURUÍ – ESTADO DO PARÁ

Mayko de Sousa Menezes⁽¹⁾

Graduado em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/RJ). Especialista em Química pela Universidade Federal de Lavras (UFLA/MG). Químico do Laboratório de Limnologia e Qualidade da Água da Usina Hidrelétrica de Tucuruí – ELETROBRAS ELETRONORTE.

Adriana Albuquerque do Nascimento Sousa

Técnica em Saneamento pelo CEFET-PA Campus Tucuruí. Tecnóloga em Controle Ambiental pelo CEFET-PA Campus Tucuruí. Professora do Instituto Federal de Educação Tecnológica – IFET-PA Campus Altamira.

Solange Cipriano do Nascimento, José Baia Amaral e José Ribamar Pimentel Amaral Junior

Técnicos do Laboratório de Limnologia e Qualidade da Água da UHE Tucuruí – ELETROBRAS ELETRONORTE

Endereço⁽¹⁾: Centro de Proteção Ambiental – CPA, BR 422, Km 13, Canteiro de Obras da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, s/n, Tucuruí – PA – CEP: 68.464-000 – Brasil – Tel.: (94) 3787 8130 – e-mail: mayko@eletronorte.gov.br

RESUMO

Este estudo tem como objetivo demonstrar o estado atual da qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí após 25 anos de sua formação. Assim como, avaliar o atendimento à Resolução CONAMA 357/05 – Águas doce – Classe 2 e identificar possíveis influências do período hidrológico na qualidade dessas águas. Para isto, foram utilizados os dados obtidos ELETROBRAS ELETRONORTE através do Programa de Limnologia e Qualidade da Água da UHE Tucuruí coletados em onze estações de amostragem. Os resultados são apresentados a partir da média dos valores obtidos para cada amostragem nos estratos da coluna d'água (superfície, dobro da transparência – disco de Secchi, meio da coluna d'água e fundo) para cada estação e agrupados em gráficos que permitiram visualizar a flutuação dos valores ao longo do ano e a comparação entre as estações. Verificou-se que os parâmetros de qualidade da água sofrem ainda uma variação sazonal devido ao regime hidrológico (bastante característico na região Norte do Brasil) e ao regime operativo da Usina. Sendo que, os níveis de OD e fósforo total apresentaram alguns valores não conformes à legislação em algumas épocas do ano nas estações da margem esquerda. Contudo, de maneira geral, as águas do reservatório podem ser consideradas de boa qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Limnologia, Qualidade da Água, Monitoramento, Avaliação.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os reservatórios de maior volume foram construídos para fornecimento de energia, dada à farta disponibilidade de recursos hídricos e a existência de condições favoráveis à construção de usinas hidrelétricas (von Sperling, 1999).

Os reservatórios utilizados somente para geração de energia elétrica apresentam os menores requisitos de qualidade da água, mas possuem limites que devem ser observados. Quando as águas de fundo tornam-se anóxicas, pode vir a ocorrer significativa corrosão nas estruturas da barragem e nas turbinas. Embora a energia hidroelétrica seja considerada a forma mais “limpa” de gerar energia (com exceção à geração eólica, que, no entanto, apresenta maiores limitações), ainda assim acarreta problemas ambientais. Graças ao característico curto tempo de retenção desse tipo de reservatório, a qualidade da água dos mesmos fica sujeita às mudanças nas vazões ao longo do tempo (Straskraba e Tundisi, 2008)

A criação de reservatórios a partir do barramento de cursos hídricos proporciona grandes modificações na dinâmica desses ambientes aquáticos, afetando profundamente o equilíbrio físico, químico e biológico. Os fatores determinantes da evolução da qualidade do novo sistema, tanto em termos ecológicos, como do ponto de vista sanitário, atuam de modo distinto da condição natural sem barramento (CETESB, 2004).

Este trabalho consiste em uma análise ambiental da qualidade da água do reservatório da UHE Tucuruí – PA depois de 25 anos de sua formação. Para tal, foram utilizados dados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos obtidos pelo Programa de Limnologia e Qualidade da Água da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, cuja concessão pertence atualmente as Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A - Eletrobrás Eletronorte.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é o reservatório da UHE Tucuruí, no rio Tocantins, Estado do Pará, Brasil, situada aproximadamente a 300 km em linha reta da cidade de Belém (figura 1). O reservatório da UHE Tucuruí pertence à bacia hidrográfica Tocantins – Araguaia. Nascendo no planalto Central Brasileiro percorrendo grandes extensões de cerrados antes de penetrar em área de floresta amazônica densa, já no Estado do Pará. Essa bacia ocupa uma área de drenagem à montante da barragem, de aproximadamente, 767.000 km², sendo 382.000 km² ocupados pela sub-bacia Araguaia e 343.000 km² ocupados pela sub-bacia do rio Tocantins. Os 42.000 km² restantes correspondem à sub-bacia do rio Itacaiúnas.

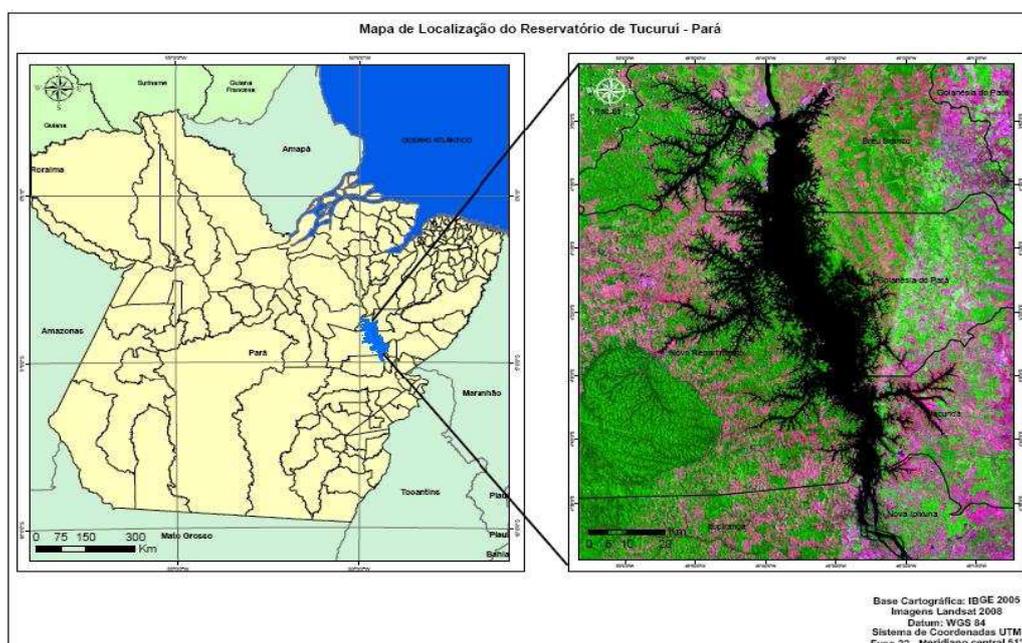


Figura 1. Localização do reservatório da UHE Tucuruí

O reservatório da usina foi formado sobre o trecho do rio Tocantins entre as cidades de Tucuruí-PA, ao norte, e Marabá-PA, ao sul, numa extensão de 170 km ao longo da calha principal do rio Tocantins, apresenta conformação dendrítica, com perímetro externo superior a 3.700km. A profundidade máxima chega a 77m, com média de 19,8m, e largura média de 18m, atingindo, em alguns pontos, distâncias superiores a 40km entre as margens. Na cota 74m, a área de inundação do lago é de aproximadamente 3.007km² e um volume de aproximadamente 50km³ (ELETRONORTE, 2006).

Nesta avaliação foram utilizados os dados dos parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido (OD), fósforo total (P-Total), nitrato, nitrogênio amoniacal e clorofila-a obtidos do monitoramento limnológico, em 2009, nas 11 (onze) estações localizadas no interior do reservatório (figura 2).

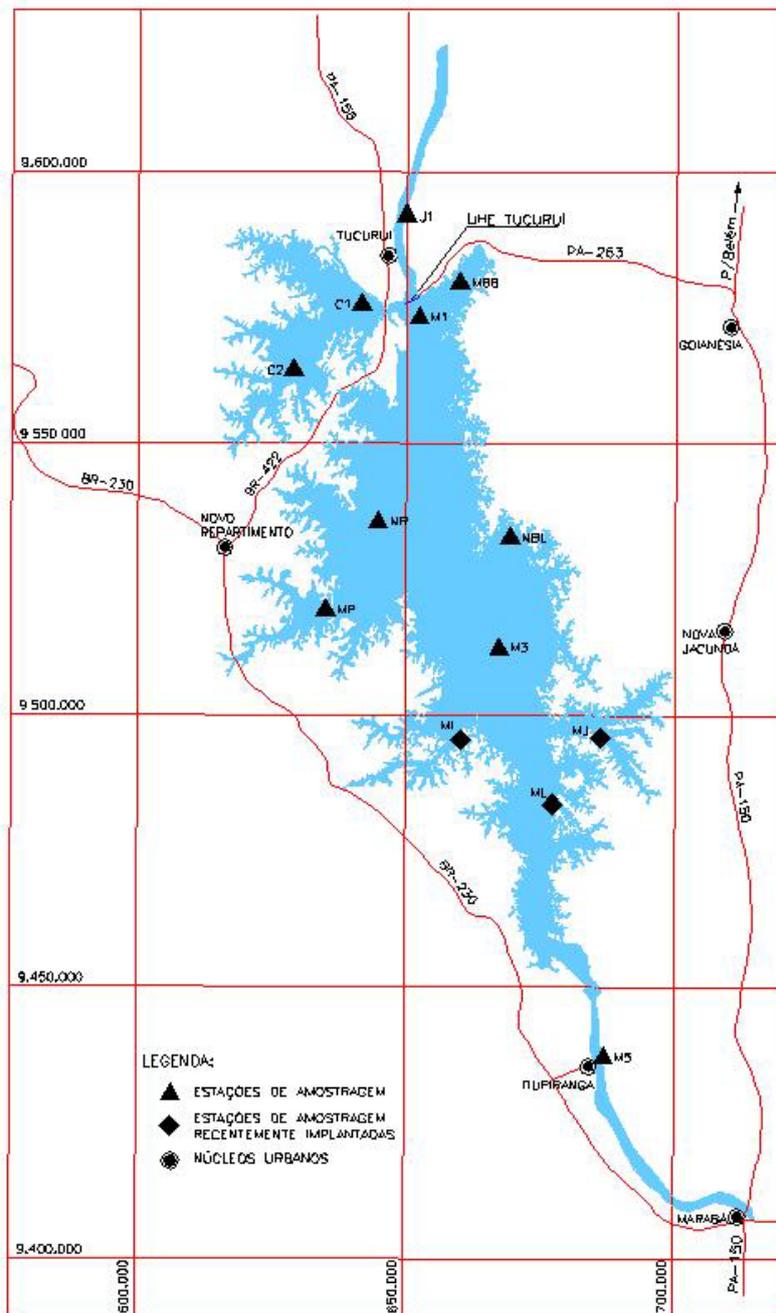


Figura 2. Localização das estações de amostragem no reservatório da UHE Tucuruí

As coletas, geralmente, ocorreram no período da manhã, no intervalo das 8:30hs às 11:00hs, com o auxílio de uma embarcação. As amostras de água foram retiradas em todo o perfil vertical da coluna d'água (superfície, dobro da transparência – Disco de Secchi, meio da coluna d'água e fundo) com uma garrafa de van Dorn e armazenadas em garrafas plásticas de polietileno de 2L, acondicionadas em caixa térmicas com gelo e transportadas ao Laboratório para o processamento das análises.

Em cada estação de coleta era realizada a medida da transparência da água (através da medida da profundidade do disco de Secchi), além dos perfis verticais de pH e temperatura da água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados utilizando gráficos de diagrama de caixa (*Boxplot*) a partir da média aritmética dos valores obtidos para cada amostragem nos estratos da coluna d'água (superfície, dobro da transparência, meio da coluna d'água e fundo) para cada estação de amostragem.

As variáveis analisadas são compostas por dados obtidos trimestralmente (estações C1, M3, MBB, MI), bimestralmente (estações C2, MBL, MP, MJV, ML) e mensalmente (estações M1 e MR) durante o ano de 2009. Perfazendo um total de 354 coletas totalizando 6722 análises físico-químicas e biológicas em 11 estações de amostragem.

A seguir serão apresentados o comportamento dos parâmetros utilizados na análise da qualidade da água, a saber:

Temperatura da água

Em termos de temperatura da água (figura 3), as estações analisadas apresentaram valores médios para a coluna d'água entre 26,5 – 31,0°C, característicos de lagos e reservatórios da região Amazônica (Sioli, 1964).

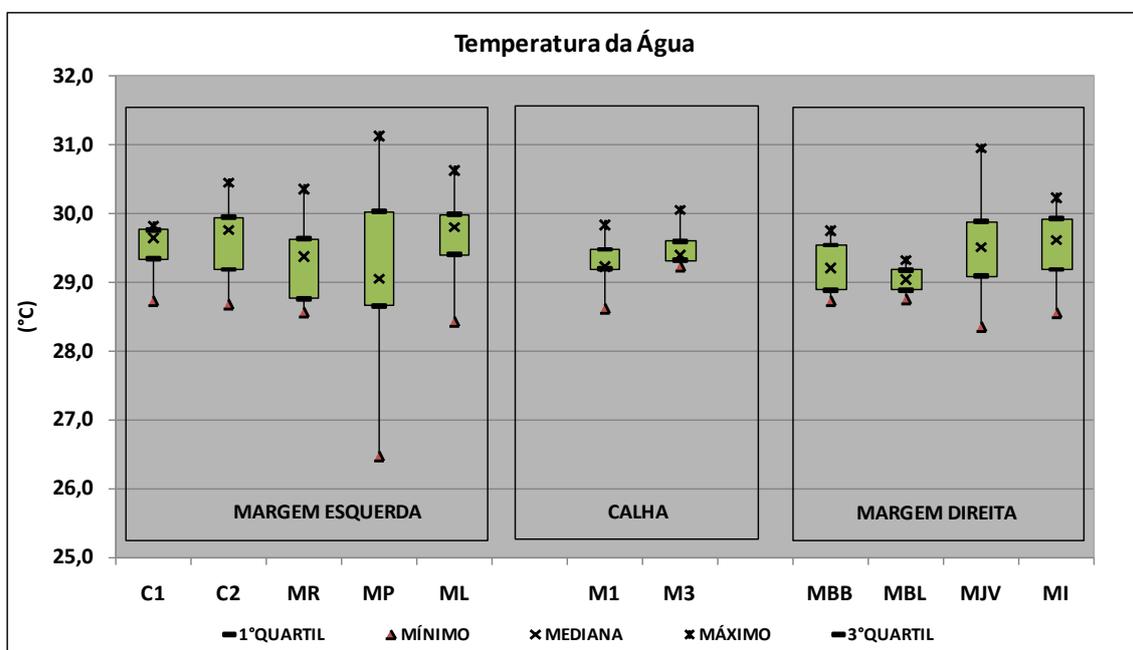


Figura 3. Gráfico *Boxplot* para a variação da Temperatura da Água nas estações do reservatório da UHE Tucuruí.

A maior amplitude térmica 31,2°C (figura 3) foi registrada nas estações MP e MJV, provavelmente, pela coleta ter ocorrido no período seco (julho a novembro) e à tarde caracterizado por intensa insolação. Contudo, a tendência observada é valores médios máximos (31,0°C) no período seco e valores médios mínimos (28°C) no período chuvoso. Já nas estações localizada na calha (M1 e M3) a amplitude térmica é menor, em razão de situarem-se no leito original do rio Tocantins, caracterizadas pelo baixo tempo de retenção hidráulica.

pH (Potencial Hidrognênico)

Os valores médios de pH nas estações localizados no interior do reservatório mostraram-se praticamente neutras, com os valores oscilando entre 6,5 (estação MP) a 7,6 (estação MI). De acordo com a figura 4, as maiores oscilações ocorreram nas estações localizadas nas margens. Com os maiores valores observados no período de julho a setembro, período este de intensa produtividade – evidenciado pela grande quantidade de algas -, provocando redução na quantidade disponível de CO₂ dissolvido.

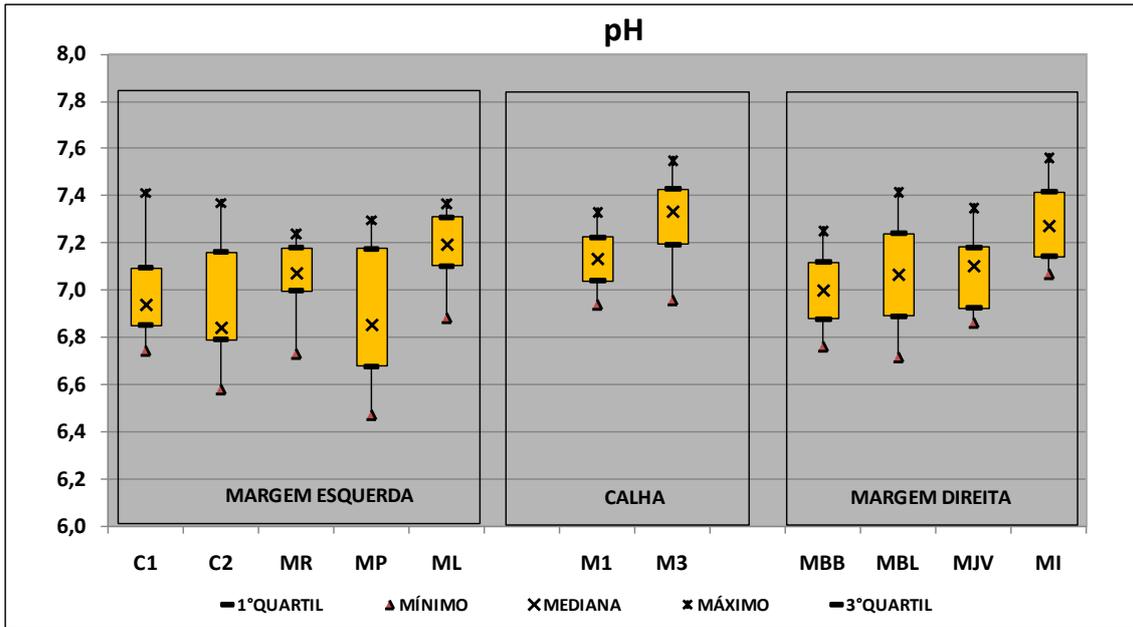


Figura 4. Gráfico *Boxplot* para a variação do pH nas estações do reservatório da UHE Tucuruí.

Oxigênio dissolvido (OD)

No geral, os menores valores médios ocorreram no período de março a junho (quando o reservatório está na cota máxima de operação – 74m acima do nível do mar), provavelmente, relacionado à baixa taxa de fotossíntese do fitoplâncton. Enquanto que os maiores valores médios foram observados no final do período seco (outubro - novembro), época no qual o reservatório encontra-se em cotas inferiores 62m. Provavelmente, estando associado à maior atividade fotossintética em consequência da maior transparência (observado nos meses de setembro a novembro), a menor profundidade da coluna d'água - o que favorece a oxigenação de águas mais profundas-, a maior incidência de ventos (comum nos meses de setembro a novembro) e ao menor tempo de retenção hidráulica (principalmente nas áreas marginais).

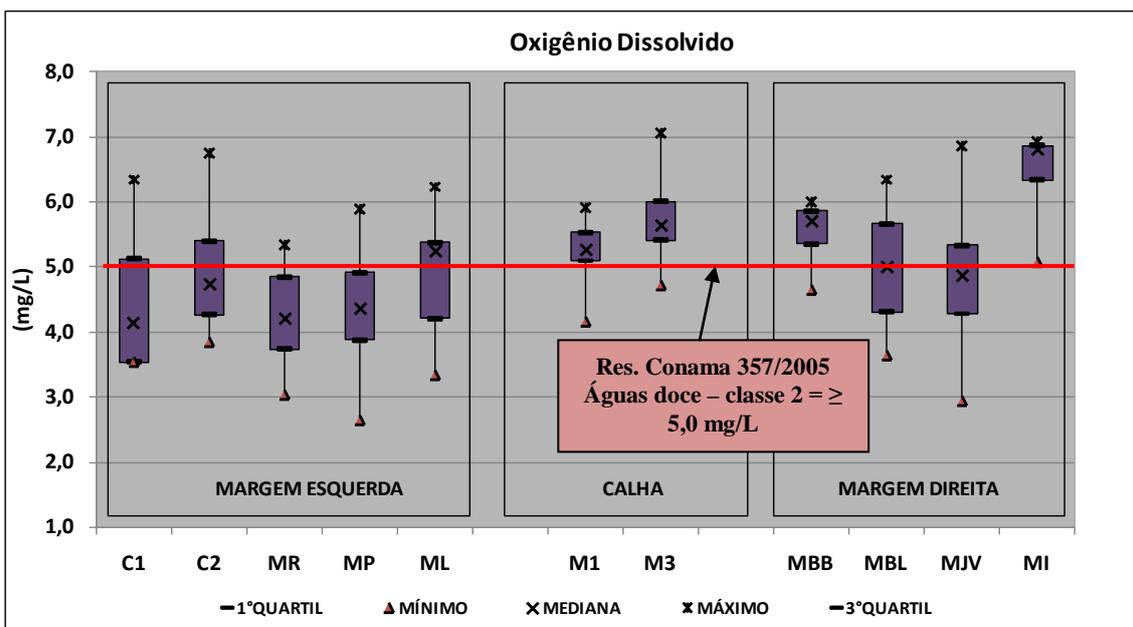


Figura 5. Gráfico *Boxplot* para a variação de OD nas estações do reservatório da UHE Tucuruí.

Contudo, quando se utiliza a Resolução Conama 357/2005 (“Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento...”), que para as águas doce - classe 2 - estabelece níveis de O.D $\geq 5,0\text{mg.L}^{-1}$ de O_2 , verifica-se na maioria das regiões do reservatório valores medianos superiores a $5,0\text{mg.L}^{-1}$.

Fósforo Total (P-Total)

O fósforo é um elemento essencial para o funcionamento e crescimento das plantas aquáticas, uma vez que é componente de ácidos nucleicos e da adenosina trifosfato (ATP). Parte do fósforo sofre um processo de complexação durante períodos de intensa oxigenação dos sedimentos e, dessa forma, torna-se não disponível periodicamente (TUNDISI, 2008). A forma de fósforo disponível para o fitoplâncton é aquele que está dissolvido, ou seja, ortofosfato (fosfato inorgânico dissolvido), porém apresenta-se em pequena quantidade, constituindo apenas uma fração do fósforo total. Deste modo, a quantidade de fosfato reciclado no ambiente depende das condições físicas e químicas do meio e da taxa de decomposição da matéria orgânica (ESTEVES, 1998).

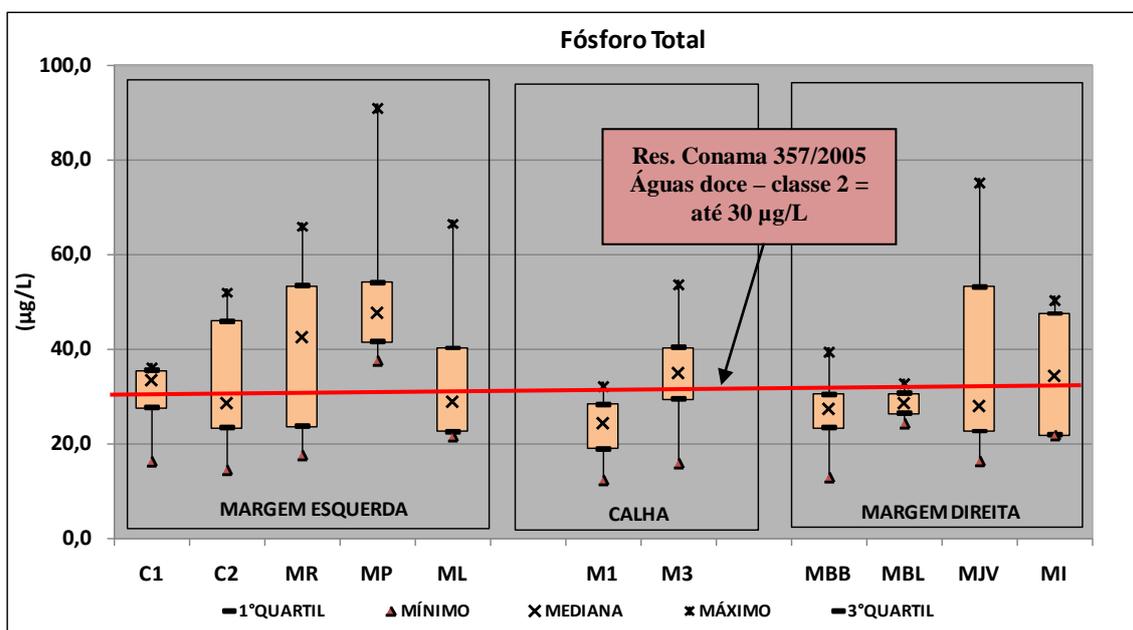


Figura 6: Gráfico *Boxplot* para a variação do Fósforo Total (P-Total) nas estações do reservatório da UHE Tucuruí.

Pela figura 6, observa-se na maioria das estações baixos valores medianos de P-Total, entre $25,0$ a $30,0\mu\text{g.L}^{-1}$, indicando grande assimilação pela produtividade primária ou precipitação no sedimento. Porém, as estações MR e MP apresentaram valores medianos superiores a $40,0\mu\text{g.L}^{-1}$ e máximos de até $90,0\mu\text{g.L}^{-1}$.

Os maiores valores foram encontrados no período de fevereiro a junho, provavelmente relacionados à concentração de oxigênio dissolvido e ao período chuvoso. No período mencionado, observam-se baixos níveis de OD nas águas de fundo, em torno de $1,0\text{mg.L}^{-1}$ (contribuindo para liberação de fosfato do sedimento para a coluna d'água).

Entretanto, os valores medianos na maioria das estações mantiveram-se dentro do estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 – águas doce - classe 2, até $30,0\mu\text{g.L}^{-1}$.

Nitrato e Nitrogênio Amoniacal

De acordo com os resultados obtidos (figura 7), no geral, constatou-se que os maiores valores médios, acima de $80\mu\text{g.L}^{-1}$ N-NO_3^- , ocorrem no período no qual o reservatório opera na cota 74m (máximo de operação), provavelmente devido ao maior fluxo de água e da drenagem dos solos do entorno. Com os menores valores médios, $20\mu\text{g.L}^{-1}$ N-NO_3^- , ocorrendo no período de outubro a novembro (período de baixa vazão afluente).

Contudo, os valores medianos de nitrato (figura 7) para as águas de todas as estações mantiveram-se em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, para águas doces de classe II, $10,0\text{mg N-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$ (Conama, 2005).

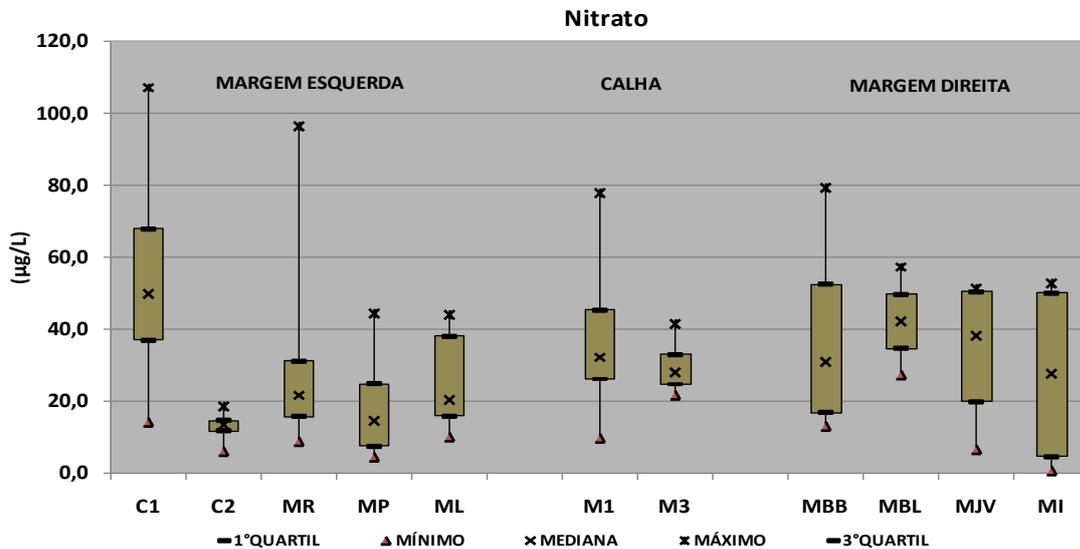


Figura 7: Gráfico *Boxplot* para a variação de nitrato (NO_3^-) nas estações do reservatório da UHE Tucuruí.

Em condições naturais, a concentração de amônio também é relativamente baixa nas águas epilimnéticas ($< 100\mu\text{g N-NH}_4^+ \cdot \text{L}^{-1}$) (Tundisi, 2008). Pela figura 8, observa-se grande variação dos valores médios, de $2\mu\text{g N-NH}_4^+ \cdot \text{L}^{-1}$ e $430\mu\text{g N-NH}_4^+ \cdot \text{L}^{-1}$, sendo que os maiores ocorrem no período seco de agosto e setembro, provavelmente devido aos baixos de oxigênio dissolvido nas águas de fundo (o que provoca a amonificação do nitrato) e decomposição de fitoplânctons (originados no período de junho a agosto). Já os menores valores ocorreram no período de grande vazão afluente (janeiro a maio).

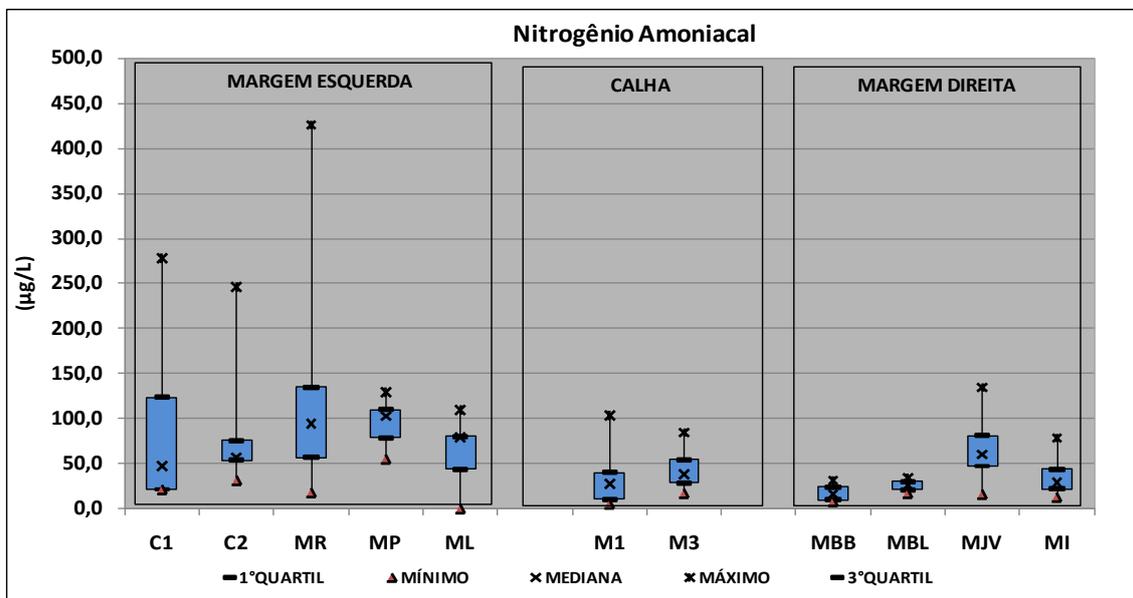


Figura 8: Gráfico *Boxplot* para a variação de nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) nas estações do reservatório da UHE Tucuruí.

Clorofila a

Sendo a clorofila um dos principais responsáveis pela fotossíntese, o conhecimento de sua concentração pode dar indicações da biomassa do fitoplâncton (ESTEVES, 1998). E, através da biomassa do fitoplâncton é possível estimar a produtividade primária para uma determinada região de um ecossistema aquático.

Os maiores valores médios (figura 9) ocorreram em períodos diferenciados. Sendo nas estações localizadas na região central ou próximas, no período de março a maio. E, nas estações marginais no período de novembro a dezembro, provavelmente, devido à entrada de nutrientes oriunda das águas de drenagem das primeiras chuvas, que contribuiu também para o aumento do espelho d'água, afogando as margens colonizadas por gramíneas, que morrem, liberando grande quantidade de nutrientes de sua biomassa.

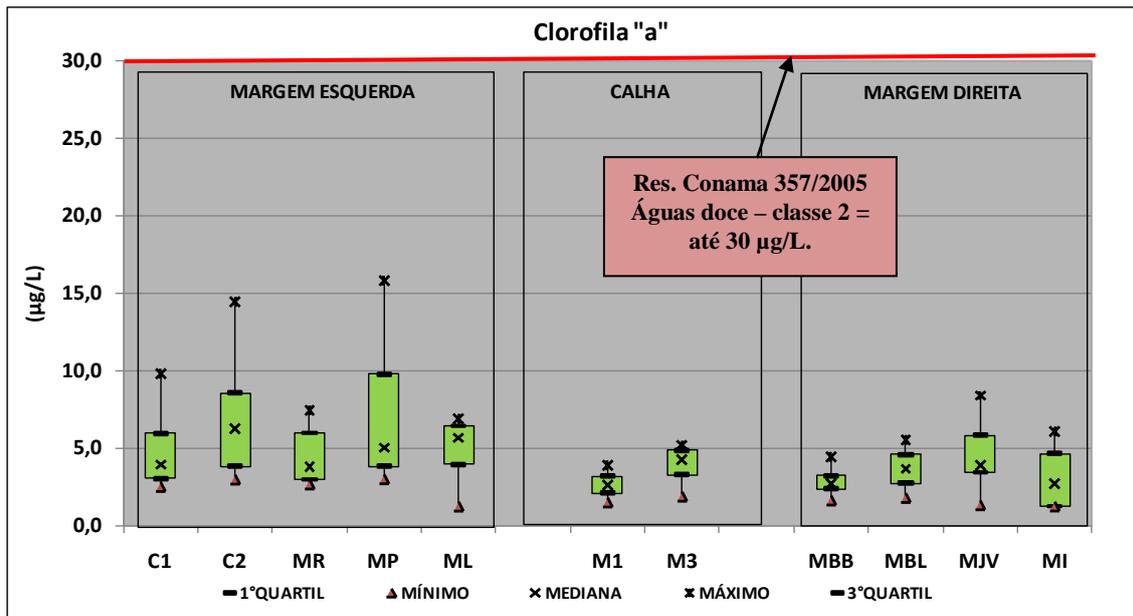


Figura 9: Gráfico *Boxplot* para a variação de Clorofila *a* (Chl-*a*) nas estações do reservatório da UHE Tucuruí.

Quando se compara os níveis de fósforo total (figura 6) com os níveis de clorofila *a* (figura 9) verifica-se nítida relação positiva, pois maiores níveis de fósforo na coluna d'água, geralmente, proporciona aumento nos níveis de clorofila *a*.

Entretanto, os valores medianos de clorofila *a* para as águas em todas as estações mantiveram-se dentro do estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 – águas doce classe 2, que é no máximo 30,0µg.L⁻¹.

CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou variações na qualidade da águas do reservatório da UHE Tucuruí em 11 pontos de amostragem, utilizando-se a série de dados obtidos em 2009. Com relação ao atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 - águas doce classe 2, registrou-se que, após 25 anos da formação do reservatório todos os parâmetros apresentaram resultados satisfatórios.

Contudo, o reservatório ainda apresenta três regiões com comportamento limnológico distinto: a região central (estações M1 e M3 – antigo leito do rio Tocantins), região marginal direita (estações MBB, MBL, MJV e MI) e a marginal esquerda (estações C1, C2, MP, MR e ML). Essas regiões marginais, em especial à esquerda, são formadas por diversas áreas com tempo de retenção hidráulica superior a média estipulada para o reservatório (51 dias).

Com aumento da ocupação no entorno do reservatório e novos usos (como: navegação de grandes embarcações através da entrada em operação das Eclusas de Tucuruí e implementação de Parque Aquícola) é

de fundamental importância a continuação do monitoramento da qualidade da água deste reservatório para o seu adequado gerenciamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods - For the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. 20ª ed. Washington: APHA, 1998.
2. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo de 2003**. São Paulo: CETESB, 2004.
3. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL – ELETRONORTE. **Estudo de caso prático – Relatório Diagnóstico Estudos Ambientais – UHE Tucuruí**. Brasília, D.F., 2006.
4. SIOLI, H. & KLINGE, H. **Solos, tipo de vegetação e água na Amazônia**. *Boletim Geográfico: informações, notícias, bibliografia e legislação*, 1964. (179): 147 – 153.
5. ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 1998.
6. TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; *Limnologia*. Editora Oficina de Textos. 1ª Edição. São Paulo, 2008.
7. VON SPERLING, E. **Morfologia de Lagos e Represas**. ISBN: 85-900885-1-0. 136p., 1999.