

## CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DO EIXO CENTRAL DO RESERVATÓRIO BALBINA

*João Carlos Ferreira Júnior<sup>1\*</sup>; Robson Graças dos Santos<sup>2</sup>; Flávio Wachholz<sup>3</sup>; André Luís Domingues<sup>4</sup>*

**Resumo** – Um reservatório é uma construção formada pelo represamento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos, sendo um dos seus usos para fins energéticos. A Usina Hidrelétrica de Balbina foi construída pela Eletronorte, na bacia do rio Uatumã, município de Presidente Figueiredo, Amazonas. Logo este trabalho buscou caracterizar limnologicamente a qualidade das águas do Reservatório Balbina em seu eixo central. A metodologia consistiu em trabalho de campo para coleta de amostras de água em uma data (15 dez. 2015). A análise das variáveis propostas foi realizada em campo e laboratório. No reservatório verificou-se a média na variável temperatura da água ( $32,4\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ), o que também constitui a média da região amazônica que fica entre 30 a  $33^{\circ}\text{C}$ , o pH ( $8,4\pm 0,48$ ) apresentou acima do padrão para as águas negras (4 a 6), a condutividade elétrica ( $7,3\pm 1,13\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ), a turbidez ( $1,5\pm 0,32\ \text{NTU}$ ), a transparência apresentou a média  $2,9\text{m}\pm 0,29\text{m}$ , mas maior valor registrado foi de 3,3m. Assim, os dados limnológicos obtidos, destacam-se uma turbidez menor, pela decantação do material suspenso e temperatura mais alta, devido ao ambiente ser lântico, de pouca movimentação e por receber maior radiação solar.

**Palavras-Chave** – Qualidade de Água; Usina Hidrelétrica; Amazônia.

## LIMNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE CENTRAL AXIS OF THE BALBINA'S RESERVOIR

**Abstract** – A Reservoir is an building formed by the artificial dam from a natural valley or by the artificial formation of lakes, being one of its uses for energetics purposes. The Balbina Hydroelectric Power Plant was built by Eletronorte, in the Uatumã river basin, in the municipality of Presidente Figueiredo, Amazon. This work aimed to limnologically characterize the water quality of the Balbina Reservoir in its central axis. One methodology consisted of the fieldwork for the simple water collection in an information on one date (December 15, 2015). The analysis of the proposed variables was performed in the field and in the lab. There is not reservoir in the water temperature variable ( $32.4\pm 0.3\ ^{\circ}\text{C}$ ), which is also a mean of the Amazon region between 30 and  $33\ ^{\circ}\text{C}$ , pH ( $8.4\pm 0.48$ ) presented an electrical conductivity ( $7.3\pm 1.13\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ), turbidity ( $1.5\pm 0.32\ \text{NTU}$ ) above the standard for black waters (4 to 6), a transparency presented the mean  $2.9\text{m}\pm 0.29\text{m}$ , the highest recorded value was 3.3m. Thus, the limnological data obtained show that it is a lower turbidity by decantation of the suspended material and a higher temperature due to the serenity environment, of low movement and to receive greater solar radiation.

**Keywords** – Water Quality; Hydroelectric Power Plant; Amazon

<sup>1</sup>Graduado em Geografia e Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade do Estado do Amazonas, e-mail: jcfj23@gmail.com

<sup>2</sup>Graduado em Geografia pela Universidade do Estado do Amazonas, e-mail: robsongracasdosantos@gmail.com

<sup>3</sup>Professor Adjunto na Universidade do Estado do Amazonas, e-mail: fwachholz@uea.edu.br

<sup>4</sup>Professor no Centro Universitário Franciscano, e-mail: eng.domingues@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Um reservatório é uma construção formada pelo barramento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos, não associados a uma bacia de drenagem natural e com vazões efluentes sujeitas a controle (CRUZ e FABRIZY, 1995). Os reservatórios são sistemas aquáticos modificados, extremamente complexos e dinâmicos, que apresentam as funções principais de manutenção da vazão dos cursos de água e atendimento às variações da demanda dos usuários (PRADO, 2002).

No Brasil, a construção de grandes reservatórios de água, principalmente para fins de hidroeletricidade e abastecimento público, atingiu seu máximo desenvolvimento nas décadas de 1960 e 1970. Muitos destes ecossistemas artificiais estão em pleno funcionamento, produzindo inúmeros benefícios locais e regionais. Vários rios do território brasileiro foram completamente aproveitados para a construção de barragens em cascata, o que é uma característica de países com grandes dimensões territoriais e rios externos (TUNDISI, 1999).

Na Amazônia assim como no Brasil, o principal uso de reservatórios é para fins energéticos, e através disso surgem consequências como: translocação da população, retirada do solo, desaparecimento de monumentos naturais e históricos, perda de recursos madeireiros, modificações de geometria hidráulica do rio, modificações na hidrologia, modificações na carga sedimentar, mudanças florísticas e faunísticas, impactos para a pesca e aquicultura, crescimento maciço de macrófitas aquáticas, deterioração da qualidade da água problema sanitário (JUNK e MELLO, 1990).

No estado do Amazonas, a Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE Balbina) foi construída na década de 80 pela Eletronorte, o início de sua construção data de 1979 e a inauguração foi em 1989. Esse empreendimento localiza-se na bacia do rio Uatumã, município de Presidente Figueiredo. Sua capacidade para geração de energia é de 250 MW, nele há 5 turbinas que geram esse total, mas produz apenas 80% da energia real gerada. Devido ao relevo extremamente plano, com entalhamentos pouco pronunciados, o barramento do rio Uatumã provocou a inundação de extensa área (aproximadamente 2.360 km<sup>2</sup>), a formação de um lago com margens dendríticas (4.582 km) e o surgimento de 3.300 ilhas (BALDISSERI, 2005).

Entre os recursos naturais essenciais, a água ocupa posição de destaque, pois sua manutenção em condições ideais é extremamente importante para a manutenção da vida no planeta. Porém, em consequência da exploração não sustentável dos recursos hídricos, estes se encontram, em geral, com sérios problemas na qualidade da água, enquanto que a demanda aumenta paulatinamente (SILVA, 2009). O conceito de qualidade da água sempre tem relação com o uso que se faz dessa água. Existe uma grande variedade de indicadores que expressam aspectos parciais da qualidade das águas. No entanto, não existe um indicador único que sintetize todas as variáveis de qualidade da água.

Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam, de maneira absoluta, a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e capacidade de transporte (FUNASA, 2014).

Deste modo, o presente trabalho teve por objetivo analisar a qualidade da água do eixo central do reservatório Balbina, quanto as variáveis: temperatura, transparência, pH, turbidez e condutividade elétrica.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado no dia 15 de dezembro de 2015, foram feitas coletas em 24 pontos para medir as variáveis limnológicas. Os pontos de 21 a 25 correspondem as coletas próximas a barragem, a coleta nos pontos 1 ao 20 foi feita durante o trajeto, ao todo, o campo teve um total de 42 km percorridos, sentido barragem montante (Zona de Lago). A definição dos pontos amostrais foi a partir do leito original do rio Uatumã com auxílio do Software Google Earth, considerando o tamanho e a disponibilidade logística para a coleta no reservatório.

### Coleta de dados limnológicos

As variáveis limnológicas medidas in situ foram: temperatura e transparência da água. A temperatura da água foi medida com termômetro digital portátil (Tipo Espeto Instrutherm - TE 400) com resolução de 0,1°C e precisão de 0,5°C. A transparência foi medida com disco de Secchi de 30 cm de diâmetro, no qual a leitura é indicada pelo desaparecimento na coluna d'água e realizada por um único observador.

Para as variáveis condutividade elétrica, pH, turbidez e oxigênio dissolvido, as amostras foram coletadas em frascos plásticos (garrafas PET de polietileno). O equipamento multiparâmetro de bancada Hanna® Edge foi utilizado para medir o pH (Resolução 0,01 e precisão  $\pm 0,01$ ), condutividade elétrica em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Resolução 0,1 e precisão de  $\pm 1\%$  de leitura) e o oxigênio dissolvido em mg/L (Resolução 0,01 e precisão de  $\pm 1,5\%$  de leitura). O Turbidímetro digital portátil (Instrutherm TD-300) foi utilizado para medir a turbidez em NTU (resolução 0,01 e precisão de  $\pm 0,5$  NTU).

### Tabulação dos dados

A tabulação dos dados foi realizada por meio do programa Microsoft Office Excel, que auxiliou na elaboração de gráficos, tabelas e planilhas visando formular a discussão dos resultados. Na ficha de campo, os dados obtidos por coletas e observações, foram delimitados por meio da avaliação dos equipamentos e complementação de livros onde foram utilizados métodos de pesquisas relacionados água. A análise dos dados limnológicos foi realizada por meio de gráficos de linhas para cada variável estudada e tabelas com a estatística descritiva (mínima, máxima, média e desvio padrão).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A represa de Balbina é um labirinto de canais entre 60 igarapés afluentes e cerca de 3 mil ilhas - formadas após o represamento das águas, na represa há a sustentação de vegetação aquática enraizada no fundo que, adicionada ao problema de macrófitas flutuantes, afeta toda a represa, aumentando os índices de perda de água por evapotranspiração (BALDISSERI, 2005).

A temperatura do ar no dia 15 de dezembro de 2015 reservatório atingiu a média de 34,4°C, o vento na represa origina-se da direção NE (Nordeste), sua velocidade chegou a 6 km/h. As condições do tempo variou de céu limpo a nuvens esparsas, a intensa radiação solar no reservatório acelera a evaporação, tornando a umidade da região acima de 50%, a superfície da água apresenta diferentes rugosidades subindo a nascente do rio Uatumã, a partir da barragem a rugosidade passa de média a lisa, a coloração das águas se dar conta da decomposição da matéria orgânica – folhas, galhos, a transparência é visível em média por 3m.

## Transparência Secchi

Com relação à transparência por disco de Secchi, observou-se variação entre 2,4 a 3,3 m, com valor médio de  $2,9 \pm 0,2$  m (Figura 01). O período da coleta das amostras foi no mês de dezembro, os pontos 22 a 24 foram coletados próximos a barragem, quanto os demais ao longo do curso original do rio de 1 a 21, a distância das entre as coletas foi de 2 km para verificar o comportamento das variáveis. O ponto 23 apresentou transparência menor em virtude da sua coleta próxima ao vertedouro e as margens, o oposto dos pontos 22 e 24 foram coletados próximos a margem.

A transparência diminui no sentido montante da barragem, essa diferença é atribuída pelo o ambiente lântico, e o processo de sedimentação, a sua coloração escura que segundo Sioli (1985) as águas pretas possuem profundidades entre 0,90 a 1,50 m.

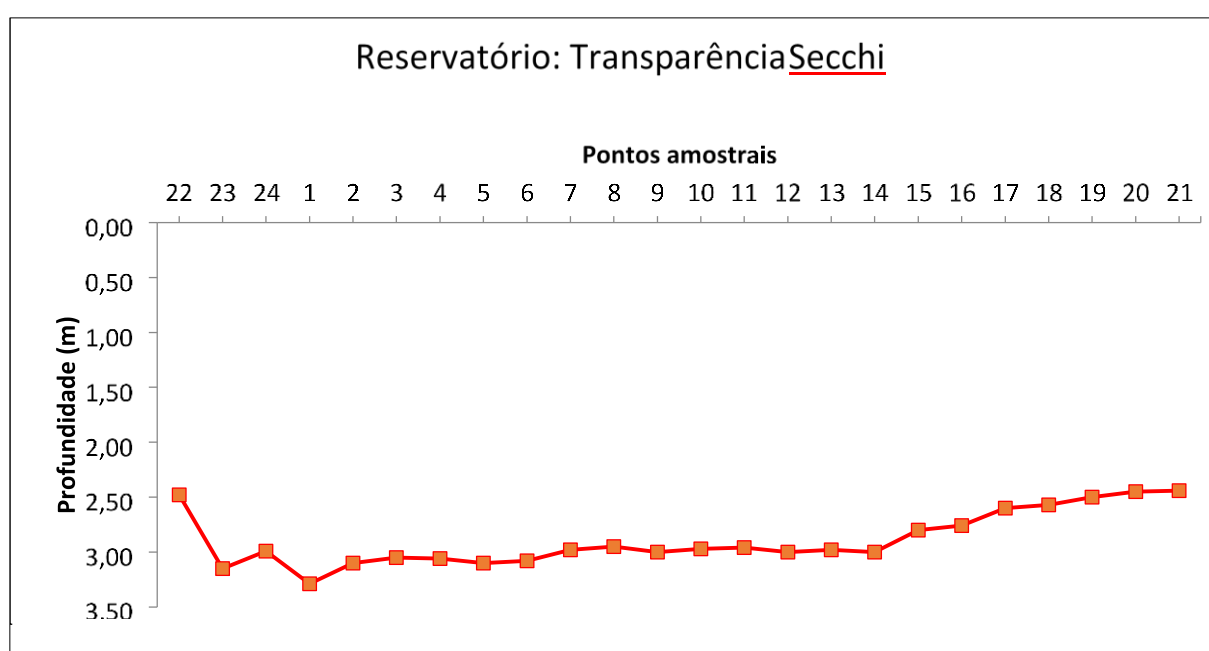


Figura 01 - Transparência da água nos pontos amostrais  
Fonte: Trabalho de campo. Elaboração: Robson Graças dos Santos, 2016

## Turbidez

A turbidez da água do reservatório apresentou variação entre 0,5 a 1,91 NTU (Figura 02), com valor médio  $1,5 \pm 0,3$  NTU. No período da pesquisa os valores encontrados nos pontos foram baixos. O ponto 9 apresenta o menor 0,47 NTU, esses valores baixos estão relacionados com a localização (represa), onde a velocidade de escoamento da água é menor, e resultante disso a turbidez é bastante baixa.

Os valores com picos elevados foram nos pontos 5, 15, 16, 17 e 19 ( $> 1,70$  NTU). Apesar da análise não haver muita discrepância, é notável que o aumento da turbidez está relacionado com a redução da transparência.

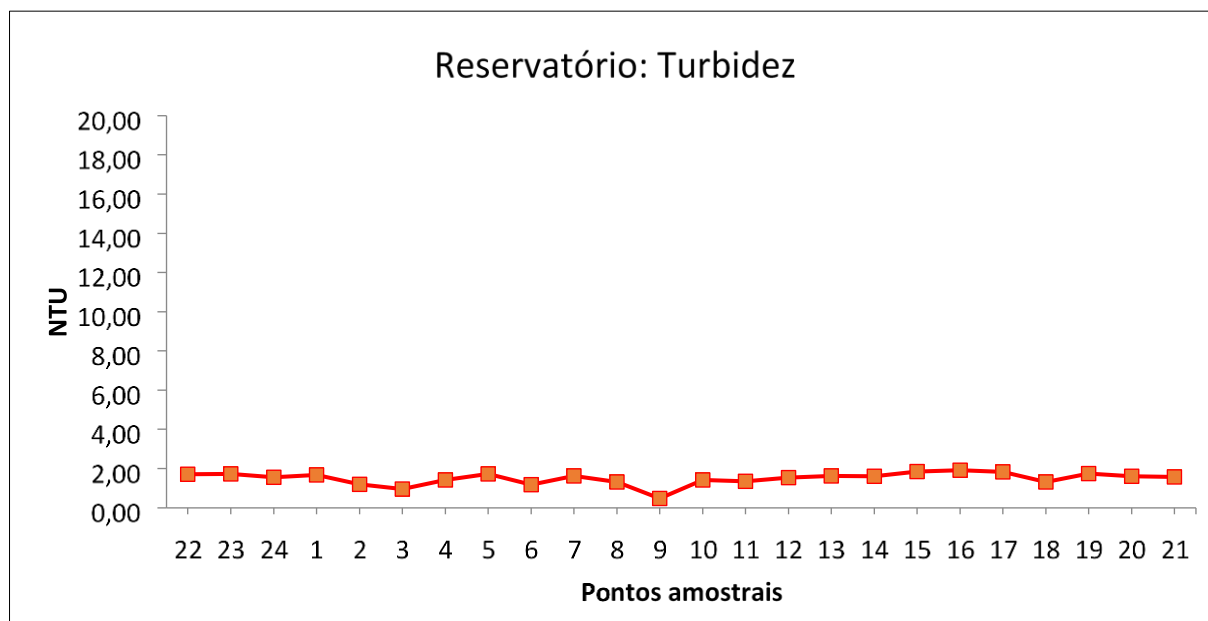


Figura 02 - Turbidez da água nos pontos amostrais  
 Fonte: Trabalho de campo. Elaboração: Robson Graças dos Santos, 2016

## Temperatura

A temperatura da água oscilou entre 31,8 a 32,9°C (Figura 03), com valor médio de  $32,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$ . As variáveis próximas as barragens foram maiores levando em consideração a água represada e fatores climatológicos: temperatura do ar na represa com média acima  $30^\circ\text{C}$ , e, crescentes com a hora da coleta (sentido jusante-montante).

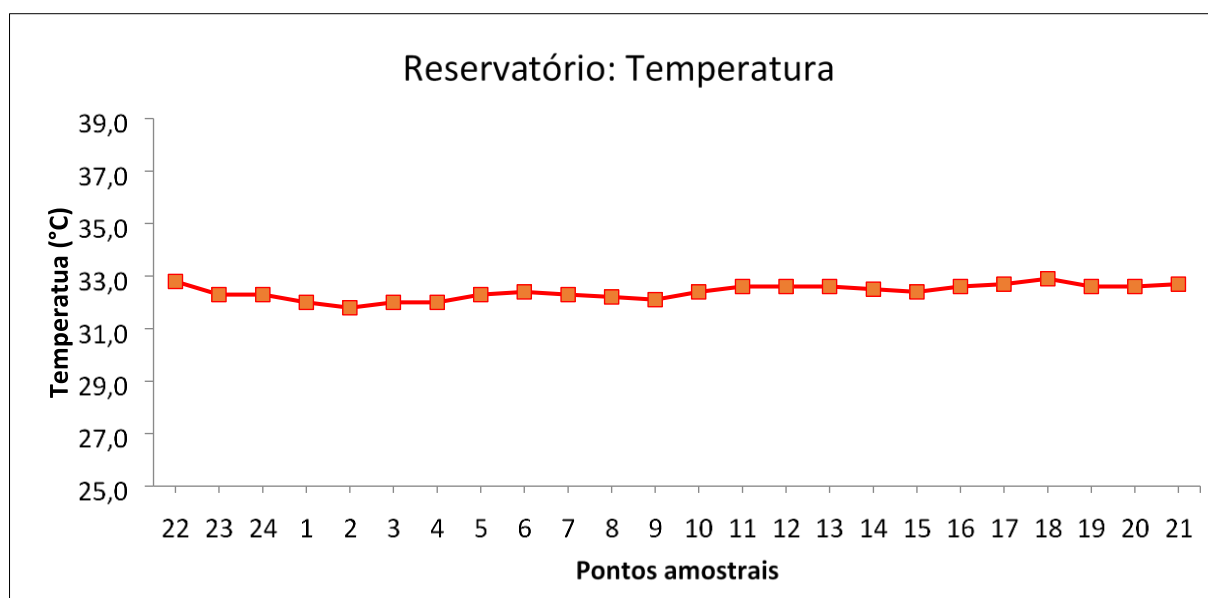


Figura 03 - Temperatura da água nos pontos amostrais  
 Fonte: Trabalho de campo. Elaboração: Robson Graças dos Santos, 2016

## Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH da água apresentou entre 8,0 a 10,1, com valor médio de  $8,4 \pm 0,5$  (Figura 04). Os pontos amostrais registraram valores  $>7,0$ . O nível do pH das águas pretas é em torno 4,5 a 5,0. Na escala antilogarítmica, há a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (FUNASA, 2014).

Próximo as barragens o pH teve taxa alcalina causado pelo processo lento de decomposição da matéria orgânica. Apesar dos pontos serem coletados em águas pretas, a variável encontrou-se acima do padrão (pH de 4 a 5), a partir da barragem os pontos apresentaram valores menores, adentrando a barragem a cada 2 km é perceptível os valores são mais baixos a montante, o processo de decomposição é mais rápido e no seu entorno há maior presença de paliteiros.

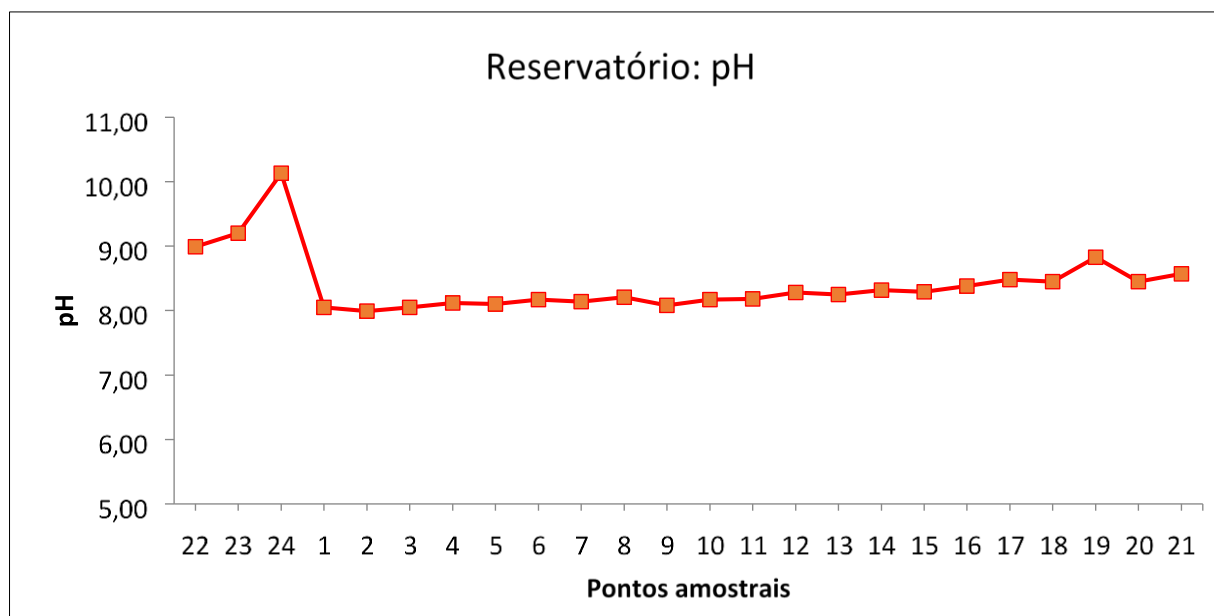


Figura 04 - Valores de pH nos pontos amostrais

Fonte: Trabalho de campo. Elaboração: Robson Graças dos Santos, 2016

## Condutividade elétrica e TDS

A condutividade elétrica teve mínima e máxima com 6,1 a 15,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 05), com média global de  $7,3 \pm 1,1 \mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo os maiores valores observados nos afluentes 2, 11 e 17 ( $\geq 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). TDS (Total Dissolved Solids) teve os valores entre 2,2 a 4,2, com média de 3,7 a 0,6. Portanto, as unidades de medidas são diferentes, mas as causalidades para alterações na variável de condutividade na água são os mesmos. Os pontos 5, 11 e 20 demonstram índices mais baixos.

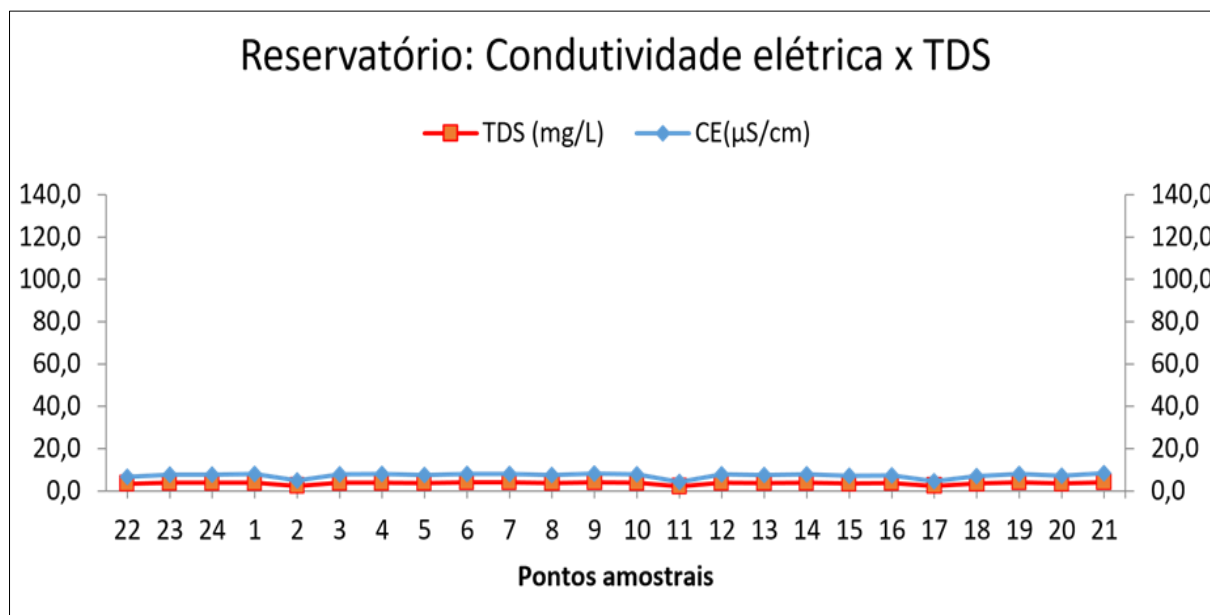


Figura 05 - Valores de condutividade elétrica e TDS nos pontos amostrais  
Fonte: Trabalho de campo. Elaboração: Robson Graças dos Santos, 2016

## CONCLUSÕES

Com dados obtidos através da caracterização limnológica do reservatório, a condutividade elétrica encontrada na represa tem os dados característicos para águas negras, marcada pelo material de fundo silte e arenoso, quantidade de materiais em suspensão nas margens próximas a barragem.

O pH na represa possui valores superiores a 7 (alcalinas) que está em desacordo com literatura quanto águas pretas, porém, é uma das características da zona lacustre do lago, processo de decomposição matéria orgânica é lento.

A turbidez no lago é influenciada pela zona de lago, onde a velocidade e a renovação da água são muito baixas, provocando na turbidez a redução no seu valor. Outros dados que acompanha é a transparência Secchi que chegou a 3,3 m, no entanto na proximidade da barragem, os valores foram menores devido a intervenção humana com criação de peixes (viveiros) e embarcações.

Assim, os dados limnológicos obtidos no reservatório, destaca-se que a turbidez foi menor na represa pela decantação do material suspenso, a temperatura maior devido ao ambiente ser lântico, de pouca movimentação e por receber maior radiação solar.

## AGRADECIMENTOS

Trabalho realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) (Nº409219/2013-4) e da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), aos quais agradecemos.

## REFERÊNCIAS

BALDISSERI, D. H. As transformações espaciais e os impactos ambientais na bacia do rio Uatumã – AM, Brasil. **Anais. X Encontro de Geógrafos da América Latina.** USP, 2005.

BALDISSERI, D. **As transformações espaciais e os impactos ambientais na bacia do Rio Uatumã – AM, Brasil.** 2005. São Paulo. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina Universidade de São Paulo, 2005.

BRASIL, **Caderno da região hidrográfica,** Brasília, Ministério do meio ambiente, 2006.

CRUZ, H.; FRABIZY, P. Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo. - **Revista Brasileira de Energia.** Vol. 4. 1995.

FUNASA, **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS,** Brasília, 2014.

JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos Avançados,** v.4, n.8, São Paulo, Jan./Apr. 1990.

PRADO, R. B. Manejo integrado de reservatórios destinados a uso múltiplo como perspectiva de recuperação da qualidade da água, in **Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado.** Ed. RiMa, São Carlos, 2002.

SILVA, G. H. **Limnologia.** Disponível em:  
<[www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/190/apostila%20-%20teorias.doc](http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/190/apostila%20-%20teorias.doc)> Acesso em set. de 2016.

SIOLI, H. **Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.** Petrópolis: Vozes, 1985.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: Teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry, R. (Ed). **Ecologia de reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais.** FAPESP/FUNDIBIO, São Paulo, 1999.