



DIAGNÓSTICO DAS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DO RIO TRAÍRA, APÓS O PROCESSO DE FORMAÇÃO DO LAGO DA UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI – AP/PA

**RAFAEL MARTINS DE FIGUEIREDO; MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR;
ALLINE CAITANO LUZ; FERNANDO ERNESTO UCKER; LETÍCIA CHAVES
FONSECA UCKER**

RESUMO

As avaliações e monitoramentos de corpos hídricos visam estabelecer parâmetros que se adequam a condições mínimas para que os mesmos se enquadrem com os limites preconizados pela Resolução. Em áreas onde ocorre modificação antrópica por meio de construções de usinas, há grande cautela quando se diz respeito a qualidade do meio aquático na região. O trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico limnológico do rio após a formação do lago. Sendo utilizado estudos comparativos das análises limnológicas, a influência da sazonalidade sobre o Rio Traíra. Foram realizadas 7 coletas entre agosto de 2014 e fevereiro de 2016, em cheia e seca. Observou-se que conforme os pontos de amostragem se distanciam da nascente, a temperatura aumentou sucessivamente, o oxigênio dissolvido, apresentou limites superiores ao mínimo preconizado em norma, e correlação positiva nas concentrações de oxigênio dissolvido, orto-fosfato, nitrogênio total Kjeldahl e nitrogênio amoniacal, e negativa em clorofila-a e temperatura da água. A análise multivariada demonstrou que os pontos de coleta apresentaram maiores concentrações de nutrientes (orto-fosfato, NTK e nitrogênio amoniacal) além de maiores concentrações de oxigênio dissolvido, durante o período de chuvas na região, enquanto que durante o período de seca, tais locais apresentaram menores concentrações desses parâmetros. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que o ambiente aquático sofre influência significativa do ecossistema terrestre. Desta forma, notou-se a influência direta da sazonalidade, pois nos períodos chuvosos da região houve alteração significativa nos resultados, mostrando a importância do acompanhamento dos parâmetros físicos, químicos e bióticos como forma de controle da qualidade da água.

Palavras-chave: monitoramento, água, sazonalidade.

1 INTRODUÇÃO

As avaliações e monitoramentos de corpos hídricos visam estabelecer parâmetros que se adequam a condições mínimas para que os mesmos se enquadrem com os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

De acordo com Souza (2002), o planejamento é o processo pelo qual se adotam as decisões racionais acerca dos objetivos e das linhas de condutas a ser tomadas no futuro, para todo programa de monitoramento. Sendo a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar margens de manobra.

Desta forma a gestão é a efetivação das condições impostas no planejamento realizado, do qual contribuiu para a sua construção, tornando assim o planejamento e gestão distintos, e ao mesmo tempo complementares.

Além do conhecimento de caráter técnico de diagnóstico, de acordo com HENDERSON (2003), qualquer análise sobre a importância do monitoramento limnológico demanda a inclusão da pesquisa científica, a qual pode ser amplamente subsidiada pelas ações ou mesmo pelos dados desse monitoramento. A pesquisa científica contribui para tornar as ações para mitigação da degradação ecológica mais eficiente e viável economicamente, pois permite a geração de informação, recurso-chave de administração na sociedade humana.

Toda e qualquer intervenção humana em corpos hídricos podem alterar sua classificação e parâmetros, dentre elas a eutrofização, cuja mesma é considerada pelos autores SMITH & SCHINDLER (2009), como o maior problema da atualidade em corpos de águas superficiais, pois a mesma favorece o desenvolvimento de florações de cianobactérias e microalgas, secundada pelas condições de luz, temperatura e pH convenientes.

Este estudo teve como objetivo realizar uma análise limnológica em virtude dos impactos causados pelo barramento artificial do rio Traíra na UHE Santo Antônio do Jarí, especificamente foram analisados estudos comparativos de análises de água após o processo de formação do lago, a influência da sazonalidade sobre as características limnológica do Rio Traíra e a efetividade do monitoramento limnológico em lagos artificiais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no rio Traíra principal afluente do rio Jarí, localizado na região Amazônica, entre os municípios de Laranjal do Jarí - Amapá e Monte Dourado-Pará (Figura 1). No total, foram selecionados 3 pontos de coleta ao longo do rio Traíra, contemplando desde uma região lótic (TRA-1) até uma região lântica, com influência do reservatório (TRA-2) (Figura 1, Tabela 1).

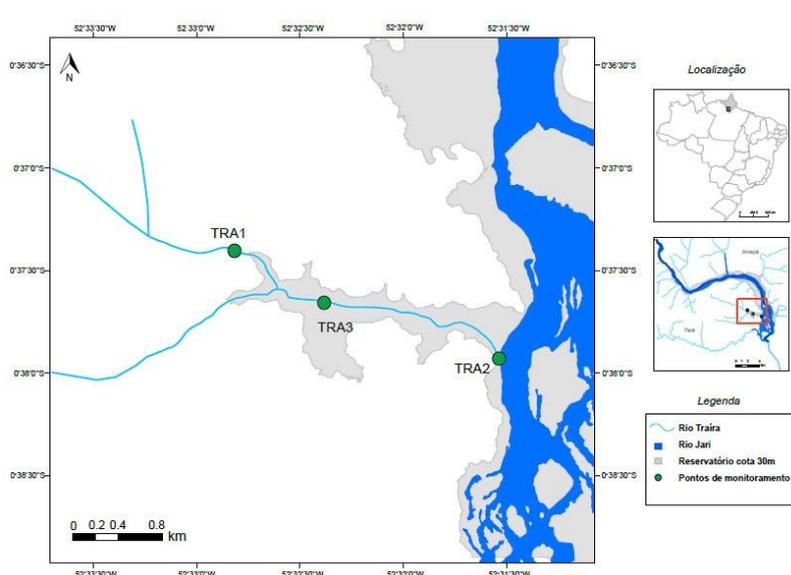


Figura 1. Área de estudo, e localização dos pontos que serão amostrados no Rio Traíra.

Tabela 1 - Pontos de monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água, localizados no rio Traíra, na área de influência da UHE Santo Antônio do Jari.

Ponto	Localização	Longitude	Latitude
TRA-1	rio Traíra, acesso pela estrada (montante do reservatório)	52 ° 32'49,16''	0°37'24,54"
TRA-2	Rio Traíra (foz)	52 ° 52'77,20''	0 ° 64'26,87"
TRA-3	localizado entre os pontos TRA-1 e TRA-2	52°52'44,7''	0°61'04,22''

Coleta de Dados

As amostras foram coletadas trimestralmente no período de agosto de 2014 a fevereiro de 2016 totalizando 7 amostragens. Essa periodicidade considerou a variabilidade do ciclo hidrológico, ou seja, as coletas foram realizadas nos períodos de estiagem (seca) e chuvosas (cheia). As amostras de água foram coletadas logo abaixo da superfície (aproximadamente 20cm), e acondicionadas em caixas de isopor com gelo e encaminhadas para análise em laboratório.

Em campo, foram obtidos os valores de pH, condutividade elétrica (potenciômetros digitais Hanna), oxigênio dissolvido (OD), saturação de oxigênio, temperatura da água (YSI 556) e temperatura do ar (termômetro de mercúrio). A transparência da coluna da água foi medida através do disco de Secchi. Amostras de água foram coletadas logo abaixo da superfície (aproximadamente 20 cm) com frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach. A cor foi determinada através de colorímetro.

Parte das amostras foram filtradas, no mesmo dia da coleta, em membranas Whatman GF/C, e armazenadas em freezer a -20 °C para posterior determinação das concentrações de material em suspensão total, orgânico, inorgânico e pigmentos. As amostras de água filtrada e não filtrada foram preservadas em geladeira para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo.

Em laboratório, as variáveis limnológicas foram determinadas utilizando os seguintes métodos e equipamentos: Cloreto, Clorofila-a, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5), Ferro total, Fósforo total, Orto-fosfato, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio total, Íon sulfato e Sólidos Totais.

Análise de dados

Com o objetivo de sintetizar o conjunto de dados abióticos, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) (Legendre e Legendre, 1998), utilizando o programa PC-ORD (McCune & Mefford, 1997). Primeiramente, os valores de todas as variáveis físicas e químicas foram transformados em logaritmo (com exceção dos valores de pH). Para determinar quais componentes principais seriam retidos para análise foi adotado o modelo de "broken-stick". O teste t para amostras independentes foi aplicado utilizando o primeiro eixo da análise de componentes principais (PCA) para verificar a existência de diferença entre período de seca e chuva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre agosto de 2014 a fevereiro de 2016, os valores de temperatura do ar variaram entre 26,0 °C e 35,0° C, sendo a média igual a 30,5°C. Para a temperatura da água foi possível observar variação entre 19,6 °C e 34,6 °C, com média de 27,10°C. Desta forma observou-se que, conforme os pontos de amostragem se distanciam da nascente, a temperatura aumentou

sucessivamente. Conforme Sugimoto *et al.* (1997), a manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir aumento da temperatura da água.

As concentrações de oxigênio dissolvido na superfície da coluna da água variaram entre 5,80 mg/L e 8,00 mg/L, sendo a média igual a 4,33 mg/L. Além do ponto TRA 1 e TRA 3, o ponto TRA 2 (6,25 mg/L), também apresentaram concentrações de oxigênio superiores ao limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (5,0 mg/L). O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbicos. Sua disponibilidade no ambiente aquático depende de trocas com a atmosfera e da produção pelos organismos fotossintéticos, e das demandas bioquímica (oxidação de matéria orgânica) e química (oxidação de íons como o ferro e o manganês), perdas para atmosfera (favorecidas pelo aquecimento da coluna d'água) e respiração de organismos aquáticos, como fenômeno de redução (Esteves, 1998).

No trecho monitorado, as concentrações de DBO5 na superfície da coluna da água variaram entre 0,10 mg/L e 5,80 mg/L. Portanto, apenas o ponto TRA1 apresentara valores de DBO5 de acordo com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (máximo de 5,0 mg/L). A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5) é definida como a quantidade de oxigênio que será utilizada pelos microrganismos presentes em uma amostra na oxidação da matéria orgânica para uma forma inorgânica estável (KALFF, 2002).

Na superfície da coluna da água foram registrados baixos valores de turbidez, variando entre mínima de 2,85 (TRA 3) e 20,0 (TRA 3). Sendo assim, observou-se que a precipitação parece favorecer a diminuição da turbidez, todos os pontos apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 UNT). No Rio Traíra, os valores de turbidez podem ser relacionados por eventuais períodos chuvosos, antes ou durante a coleta, observados por Zanata (1999) e Filho (2006). Segundo Wetzel (2001), a regulação da entrada de luz em ambientes aquáticos é expressa pela turbidez, pois as matérias suspensas particuladas orgânicas ou inorgânicas presentes na água refletem a luz.

Os valores de pH registrados variaram entre 3,13 (TRA 3) e 8,68 (TRA 1), sendo assim nos pontos TRA 2 e TRA3 no mês de fevereiro de 2015, houve o menor resultado obtido, em virtude da cheia, o restante dos pontos apresentaram intervalo dentro do determinado pela Resolução CONAMA nº357/2005 (6,0-9,0), os pontos TRA 2 e TRA 3 possuem variações abaixo do intervalo. Para conservação da qualidade da água as variações de pH são importantes como demonstrativo de qualidade, visto que as alterações em seus valores demonstram desvios em padrões tais como parâmetros físico químicos, conseqüentemente provocando danos à fauna e à flora aquática, trazendo prejuízos também as atividades antrópicas como, problemas nas tubulações em redes de distribuição de água (SARTOR, 2008).

Os resultados obtidos, considerando as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) na superfície da coluna da água apresentaram uma variação influenciada pelo regime climático, tendo como os valores mais altos no período chuvoso, portanto, todos os pontos tiveram valores inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L). De acordo com CETESB (2013), nos recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova dos peixes, e ainda reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia.

Em relação a Ferro Total, os pontos de amostragem TRA 1, TRA 2 e TRA 3 apresentaram valores similares, tanto em período de cheia quanto de seca, em virtude de que no local não há impactos. O ferro, é de grande importância para o metabolismo dos seres vivos e apresenta clara influência sobre a precipitação do fósforo. Assim, em ambientes onde predominam altas concentrações de oxigênio e pH próximo ao neutro, grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma oxidada (Fe^{3+} - íon férrico), podendo assim adsorver-se ao íon fosfato e acarretar a precipitação do fósforo no sedimento (ESTEVES, 1998). Em ambientes

que não estão submetidos a impactos, o ferro e o manganês são registrados em baixas concentrações, pois as suas formas predominantes são as oxidadas que são mais insolúveis (Fe³⁺ e Mn⁴⁺).

Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (aumento da disponibilidade e da taxa de utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). Mesmo com o avanço tecnológico dos sistemas de controle de fontes pontuais de nutrientes, a eutrofização (causada pelo incremento de N e P) ainda pode ser considerada o principal problema de qualidade de água em diferentes partes do mundo. Quando prevalecem baixas concentrações de oxigênio, o fósforo pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (KALFF, 2002; BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

A maior concentração de clorofila-a, foi mensurada no ponto TRA 3 (45,87 µg/L). Em médias, as concentrações de clorofila-a tiveram grande variabilidade temporal. Dessa forma, apenas o ponto TRA 3 de amostragem monitorados esteve acima do limite máximo estabelecido pelo CONAMA nº 357/2005 (máximo de 30 µg/L), resultando que neste período de cheia houve processo de eutrofização no local. A clorofila-a está fortemente relacionada com a biomassa fitoplancônica e pode ser considerada a principal variável indicadora do processo de eutrofização. Assim, a determinação dessa variável em monitoramentos limnológicos é primordial.

A PCA, demonstrou que os pontos de coleta apresentaram maiores concentrações de nutrientes (orto-fosfato, NTK e nitrogênio amoniacal) além de maiores concentrações de oxigênio dissolvido, durante o período de chuvas na região (fevereiro, maio de 2015 e fevereiro de 2016), enquanto que durante o período de seca, tais locais apresentaram menores concentrações desses parâmetros (Gráfico 1). O teste t demonstrou diferença significativa entre as características limnológicas obtidas no período de seca e chuvas ($t = -418,4$; $P < 0,001$). A PCA também demonstrou que durante o período de seca, maiores concentrações de clorofila-a foram mensuradas nos pontos TRA-2 e TRA-3, situados na região central do rio Traíra e em sua foz, respectivamente (Gráfico 2).

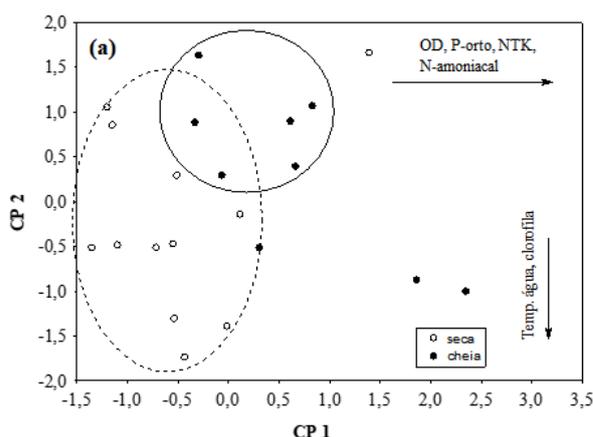


Gráfico 1 – PCA 1.

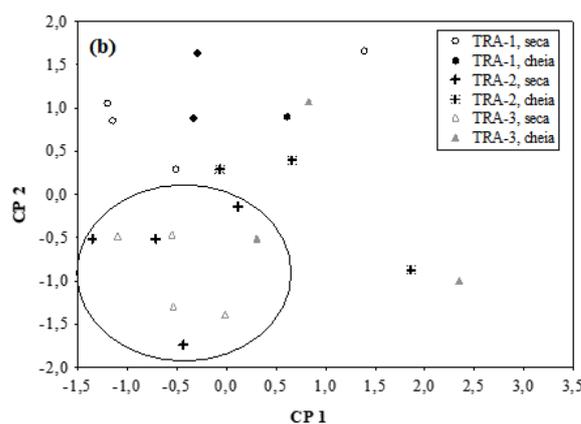


Gráfico 2 – PCA 2.

Gráficos 1 e 2: Resultado da análise de componentes principais (PCA), como os escores dos pontos de coleta. As variáveis apresentadas são aquelas com maiores correlações com o primeiro e segundo eixo de ordenação e a direção da seta indica se essas variáveis estão positivamente ou negativamente correlacionadas com esses eixos. OD=oxigênio dissolvido; P-orto= orto-fosfato; NTK= nitrogênio total Kjeldahl.

Conforme a definição do monitoramento, concluiu-se que além do conhecimento técnico de diagnóstico, é importante haver a conclusão da pesquisa científica, para que a qual possa ser amplamente subsidiada pelas ações ou mesmo pelos dados desse monitoramento, contribuindo para tornar as ações de mitigação da degradação mais eficiente e viável economicamente, permitindo a geração de informação, recurso-chave da administração na sociedade humana (HENDERSON, 2003).

4 CONCLUSÃO

Foi possível concluir que o ambiente aquático sofre influências significativas do ecossistema terrestre. Desta forma, após a formação do lago, não ocorreram alterações nas variáveis limnológicas nos pontos analisados, em virtude da baixa quantidade de sedimento carregado na água. A precipitação foi outro fator preponderante para a diminuição da turbidez nos ambientes estudados. Já os compostos nitrogenados obtiveram baixos índices, devido às áreas analisadas se encontrarem fora da região urbana, pois não há lançamento de efluentes, o que contribui para a qualidade da água. Portanto, demonstra-se a importância do monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos como forma de controle da qualidade da água.

REFERÊNCIAS

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

CETESB (2013),

ESTEVES, F. A, 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Interciência, Rio de Janeiro. 602p.
FILHO, R. **Relações tróficas e limnológicas no reservatório de Itaipu: uma análise do impacto da biomassa pesqueira nas comunidades planctônicas**. 154 f. Tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em ciências de Engenharia Ambiental, São Carlos, São Paulo, 2006.

HENDERSON, H. **Além da globalização**. São Paulo: Cultrix/Amana-Key, 2003. 184 p.
KALFF, J. **Limnology**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 592 p.

Legendre e Legendre 1998

McCUNE, B. & MEFFORD M. J. **Multivariate Analysis of Ecological Data Version 3.0**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA. 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº357, de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

SARTOR, S. C. B. **Avaliação temporal de variáveis limnológicas do reservatório Rodolfo Costa e Silva – RS, e o uso da terra na área de captação**. 94 f. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here?

Trends in Ecology and Evolution, 24: 201-207. 2009.

SOUZA, M. L. **Mudar a Cidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 145 p.

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO, A. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. *Journal of Forest Research*, Ottawa, v.2, n.2, p.103-7, 1997

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. California: Academic Press, 2001.

ZANATA, L. H. **Heterogeneidade ambiental no reservatório de Salto Grande (Americana-SP) com ênfase na distribuição das populações de Cladocera**. Dissertação (Mestrado). CRHEA/ EESC/ USP. São Carlos. 218p. 1999.