



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v12n12018p20-30

Submetido em: 30 out. 2017

Aceito em: 8 mar. 2018

Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva

Graduada em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) - *Campus Vitória da Conquista/BA* - Brasil. E-mail: adeid-rodriques@hotmail.com.

Aline Aguiar Dourado

Graduada de Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - *Campus Vitória da Conquista/BA* - Brasil. E-mail: alyneh.dourado@gmail.com.

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos

Graduada de Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - *Campus Vitória da Conquista/BA* - Brasil. E-mail: leticiamorais137@gmail.com.

Rebecca Camilly Galvão dos Santos

Graduada de Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - *Campus Vitória da Conquista/BA* - Brasil. E-mail: rebeccacamilly@hotmail.com.

Felizardo Adenilson Rocha

Pós-doutor em Modelagem hidrológica pela Universidade Federal de Lavras (2010). Professor titular no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - *Campus Vitória da Conquista/BA* - Brasil. E-mail: felizardoar@hotmail.com.

Este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade espacial e temporal do Índice de Estado Trófico (IET) em sete pontos de amostragem e em diferentes sub-bacias do rio Verruga, localizado entre os municípios de Vitória da Conquista e Itambé, região sudoeste da Bahia, durante o período de dez meses de monitoramento, em escala de tempo mensal. A determinação da concentração de fósforo total na água foi feita de acordo com as recomendações da APHA (2005). Com base nos resultados obtidos, conclui-se que as águas do rio Verruga apresentam estado hipereutrófico.

Palavras-chave: Rio Verruga. Eutrofização. Crescimento desordenado.

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.





Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

Spatial and temporal analysis of the water trophic status index in different sub-basins of the Verruga River in Vitória da Conquista-Itambé, Bahia, Brazil

This work aimed to analyze the spatial and temporal variability of the Trophic State Index (TSI) in 7 (seven) sampling points and in different sub-basins of the Verruga River, located between the cities of Vitória da Conquista and Itambé, in the southwest region of Bahia (Brazil) during the period of 10 months of monitoring, on a monthly time scale. The determination of total phosphorus concentration in water was performed according to the recommendations of APHA (2005). Based on the results obtained, it is concluded that the waters of the Verruga River present hypereutrophic state.

Keywords: Verruga River. Eutrophication. Disordered growth.

Análisis espacial y temporal del índice de estado trófico del agua en diferentes sub-bacías del río Verruga en el trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia, Brasil

Este trabajo tuvo como objetivo analizar la variabilidad espacial y temporal del Índice de Estado Trófico (IET) en 7 (siete) puntos de muestreo y en diferentes subcuencas del río Verruga, ubicado entre los municipios de Vitória da Conquista e Itambé, región suroeste de Bahia (Brasil), durante el período de 10 meses de monitoreo, en escala de tiempo mensual. La determinación de la concentración de fósforo total en el agua se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la APHA (2005). Con base en los resultados obtenidos, se concluye que las aguas del río Verruga presentan estado hipereutrófico.

Palabras clave: Río Verruga. Eutrofización. Crecimiento desordenado.

Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

1 Introdução

Nos processos biológicos, o fósforo é considerado um macronutriente por ser um elemento exigido em grandes quantidades pelas células vivas. Quando descarregados em águas superficiais, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o mais fértil e possibilitando o crescimento intensivo de comunidades fitoplancônicas, processo este denominado como eutrofização (BARROS, 2010, p. 1).

Para entender melhor o processo de eutrofização, deve-se saber que as águas doces se apresentam em dois tipos fundamentais: o primeiro tipo constitui um fluxo unidirecional temporário ou permanente de água e de materiais orgânicos e/ou inorgânicos, suspensos ou dissolvidos, correspondente às águas lóxicas (rios e estuários); o segundo tipo não apresenta movimentos unidirecionais significativos e corresponde às águas lênticas (lagos, lagoas e represas). Os dois grupos apresentam características ecológicas distintas e, portanto, sua gestão ecológica requer conhecimento sobre seu funcionamento.

Enquanto nos lagos existe uma estratificação vertical, nos rios ocorre uma estratificação horizontal. Graças à declividade dos rios e à velocidade das águas, o balanço de substâncias e a comunidade de rios e riachos diferem substancialmente daquelas de lagos e lagoas. Assim, rios com forte correnteza não mantêm comunidades densas de fitoplâncton porque tais organismos são levados pelo fluxo da água (SCHÄFER, 1985, p. 532).

A eutrofização é reconhecida como um dos problemas de qualidade da água de maior importância na atualidade. Investigações demonstraram que 53% dos lagos europeus se encontram eutrofizados, o mesmo ocorre a 28% dos lagos situados na África, 48% e 41% dos lagos que se localizam, respectivamente, na América do Norte e na América do Sul, enquanto, no continente asiático, a proporção atinge 54% (SHARPLEY et al., 2001).

A quantidade de sedimentos transportados pelos cursos d'água, seja em suspensão e/ou por arraste de fundo, é dependente da granulometria do sedimento, que por sua vez depende da geologia e tipo de solo, regime de escoamento e formato do leito do rio (CARVALHO, 1994, p. 372). Segundo o autor, 70 a 90% do material transportado ocorre no período das chuvas.

Oliveira, Campos e Medeiros (2010) analisaram a bacia hidrográfica do rio Salitre localizada no semiárido baiano e identificou-se que 71% das amostras dos trechos analisados ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 para águas doces de classe 1 e 2, demonstrando a influência de efluentes domésticos, fertilizantes, uso de detergentes para lavagem de roupas, entre outros.

A disponibilidade do fósforo na água depende da interação qualitativa e quantitativa entre os sedimentos e a água, no espaço e no tempo (REYNOLDS, 1997). Sua dinâmica interfere na qualidade da água e é interferida por ela. As formas e as quantidades de fósforo no escoamento e no deflúvio superficial dos agroecossistemas são dependentes, entre outros fatores: (a) das fontes de poluição; (b) dos mecanismos de transferência de sedimento e fósforo; e (c) das transformações que ocorrem durante a trajetória (SHARPLEY et al., 2001). É importante mencionar que a Resolução do CONAMA 357/2005 determina valores máximos para fósforo total nas classes de águas doces superficiais 1, 2 e 3, respectivamente $0,1 \text{ mg L}^{-1}$; $0,050 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,075 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2005).



Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

Nesse contexto, o Índice do Estado Trófico permite classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes. Para a classificação desse índice, adotam-se os estados de trofia: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (LAMPARELI, 2004, p. 207).

Diante do exposto, buscou-se com este trabalho analisar a variabilidade espaço-temporal do estado trófico, por meio do Índice de Estado Trófico (IET) em diferentes sub-bacias do rio Verruga, região sudoeste da Bahia, ao longo de 10 meses de monitoramento, com periodicidade mensal.

2 Metodologia

2.1. Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do rio Verruga (incluindo o rio principal da bacia e quatro tributários), localizado na região sudoeste da Bahia entre os municípios de Vitória da Conquista e Itambé (Figura 1).

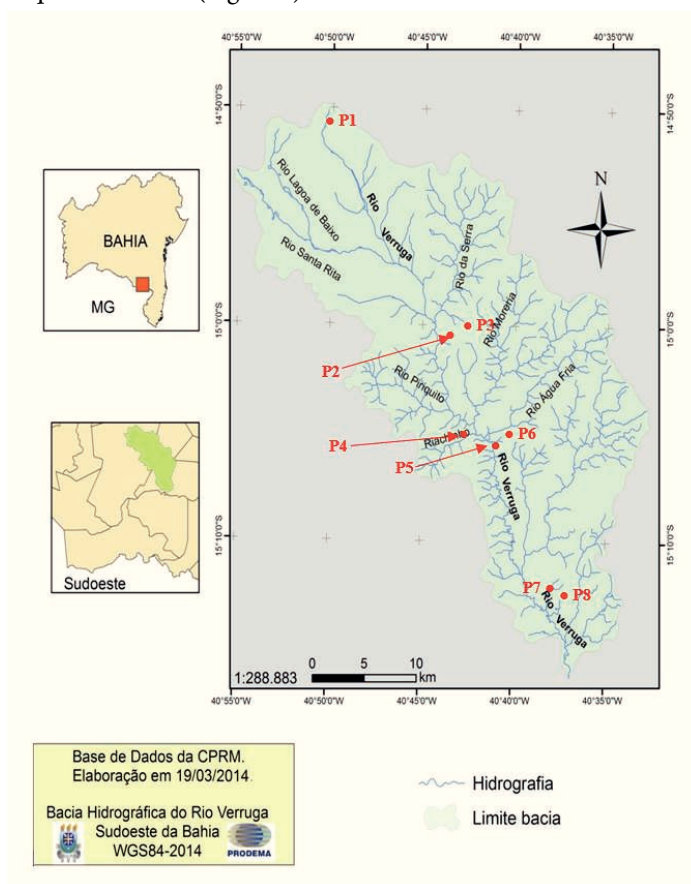


Figura 1. Bacia Hidrográfica do rio Verruga

Fonte: Os autores (2015)



Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

2.2 Procedimentos de coleta e análise de amostras de água

O monitoramento da concentração de fósforo será em diferentes pontos da bacia do rio Verruga, coletando-se amostras mensais de água, durante o período de 10 (dez) meses, em 8 pontos desse rio (P1, P2...P8), com 3 repetições por ponto de coleta, totalizando 240 análises, conforme Figura 1. As coletas serão feitas considerando espacialmente as partes alta, mediana e baixa da bacia.

No procedimento de coletas das amostras serão empregados recipientes de polietileno, com capacidade de um litro. As amostras serão acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo, mantendo a temperatura em torno de 4°C, e conservadas em ácido nítrico 2,5%. Posteriormente, realizar-se-ão as análises de fósforo no Laboratório de Água e Esgoto do Instituto Federal da Bahia, *campus* Vitória da Conquista.

A determinação da concentração de fósforo total na água seguirá as recomendações da APHA (2005), modificada por amostras Grasshoff et al. (1993), baseando-se no princípio do ácido ascórbico, em que o molibdato de amônio e o tartarato de antimônio e potássio, em meio ácido, com ortofosfato presente na amostra, formam o ácido heteropoli-ácido fosfomolibdico, que é reduzido a intensamente colorido molibdênio azul pelo ácido ascórbico. Antes de realizar a leitura no espectrofotômetro, será elaborada a curva padrão de fósforo, a partir da solução padrão de 10 mg/L, serão preparados 50 mL de soluções padrões nas concentrações de 0, 1, 2, 3, 4 e 5 mg/L de P.

Para a análise, serão preparadas soluções padrões de fósforo (P) de 50 mg/L de P, solução reagente (solução ácida de molibdato de amônio com bismuto), solução de trabalhos (ST) e mistura de ácido nítrico e ácido perclórico, na proporção de 4:1. Maiores detalhes em Grasshoff et al. (1993).

Na estimativa da concentração de sedimentos em suspensão, utilizar-se-á a metodologia de APHA (1995), que se baseia na diferença de pesagem da cápsula de porcelana contendo a amostra em mufla a 550°C, em relação ao volume da amostra adotada. Na coleta de amostra em campo, empregar-se-á um amostrador de sedimentos em suspensão do tipo USDH-48. Esse dispositivo consiste numa peça de formato hidrodinâmico, com carcaça em material metálico e bocal com abertura de ¼", por onde entra a água mais sedimentos. No seu interior existe uma garrafa de vidro amostradora com capacidade de 450 mL (CARVALHO et al.; 2000, p. 372).

No cálculo do Índice de Estado Trófico (IET), empregar-se-á a metodologia adaptada para ambientes lóticos de clima tropical, realizada por Lamparelli (2004) e empregada atualmente pela CETESB, conforme Equação 1.

$$\text{IET (PT)} = 10 \cdot (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20 \quad \text{Eq. 1}$$

em que: IET (P): Índice de estado trófico em relação à variável fósforo total para ambientes lóticos; PT: concentração de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$).

Após a obtenção das concentrações de fósforo total, foram realizadas as classificações do estado trófico para cada ponto de amostragem avaliado do rio Verruga por meio da comparação com uma Tabela de classificação proposta por Lamparelli (2004) (Tabela 1).



Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

Tabela 1. Valores dos limites das concentrações de fósforo total para os diferentes níveis tróficos

Estado trófico	Fósforo total $\mu\text{g.L}^{-1}$	Ponderação
Ultraoligotrófico	≤ 13	IET ≤ 47
Oligotrófico	$13 < \text{PT} \leq 35$	$47 < \text{IET} \leq 52$
Mesotrófico	$35 < \text{PT} \leq 137$	$52 < \text{IET} \leq 59$
Eutrófico	$137 < \text{PT} \leq 296$	$59 < \text{IET} \leq 63$
Supereutrófico	$296 < \text{PT} \leq 640$	$63 < \text{IET} \leq 67$
Hipereutrófico	$640 < \text{PT}$	IET > 67

Fonte: Lamparelli (2004)

3 Resultados e discussão

Antes de determinar a concentração de fósforo nas amostras de água do rio Verruga, foi feito o ajuste da curva padrão no espectrofotômetro (Figura 2). A curva apresentou R^2 acima de 0,98 e $Y=0,9573X+0,03$ como equação da curva para o cálculo das concentrações de fósforo.

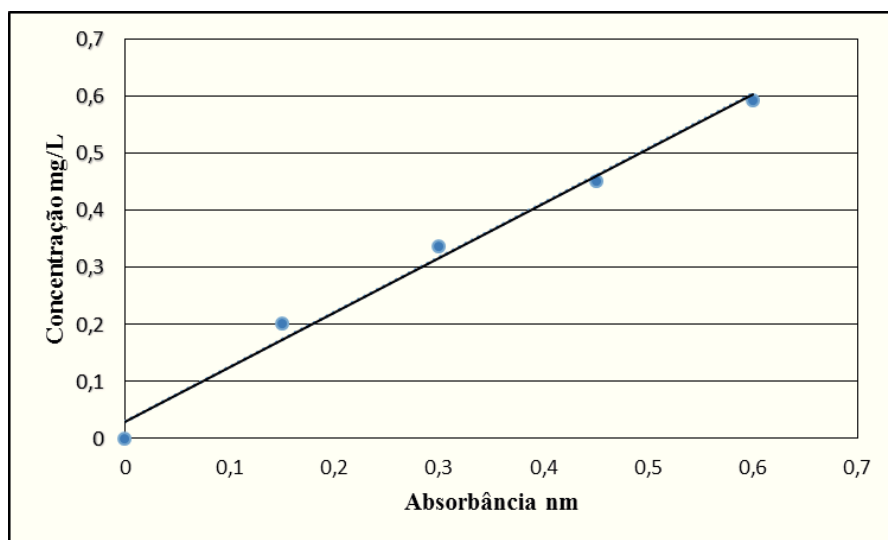


Figura 2. Gráfico da curva Padrão de Fósforo

Fonte: Os autores (2016)

As Figuras 3 e 4 mostram os aparelhos utilizados para a realização das análises.

Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

.....



Figura 3. Espectrofotômetro, 2015

Fonte: Os autores (2015)

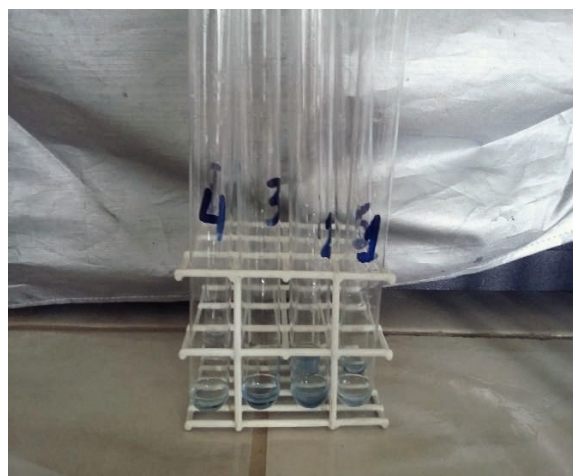


Figura 4. Tubos de ensaios dos pontos da curva padrão

Fonte: Os autores (2015)

Segundo Tundisi e Matsumura Tundisi (2008), nutrientes como o PT atualmente têm sua disponibilidade aumentada em função do uso de fertilizantes na agricultura e esgotos urbanos e industriais das aglomerações humanas sem tratamento adequado.

Conforme os resultados obtidos para a variação temporal (Figura 5), o IET do “PT” classifica as águas do rio Verruga entre supereutrófica e hipereutrófica, categorias de classificação que podem ser consideradas de alta produtividade.

Deve-se considerar a avaliação do PT como de extrema importância, pois é um indicador da eutrofização artificial dos corpos de água e, conforme Ling e Nyanti Lee (2013), o PT é o nutriente limitante em lagos e reservatórios. A entrada antropogênica, no entanto, resulta em um aumento na sua concentração e, por essa razão, tem sido responsável pela eutrofização em lagos e reservatórios em diferentes partes do mundo.

Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

Como proposto no trabalho, foi feita uma variação temporal para os pontos de coleta, visando identificar qual deles apresentava o maior de índice de estado trófico. O ponto de coleta foi, portanto, fixado, e variadas as épocas de coleta.

Segundo o gráfico de variação temporal (Figura 5), é possível constatar que o ponto que apresentou índice de estado trófico mais alto é o ponto 3, seguido pelo ponto 1, que está localizado logo a após a empresa de Saneamento de Vitória da Conquista — a EMBASA, que lança o efluente gerado *in natura* no rio Verruga. O ponto 7 situa-se logo após a cidade de Itambé, e lança esgoto *in natura* no rio.

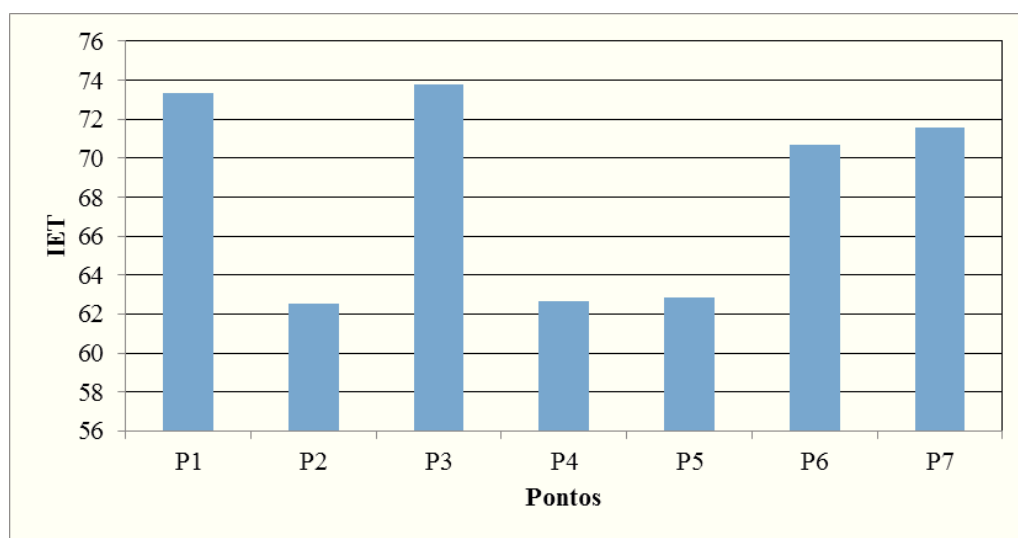


Figura 5. Valores médios para variação temporal do índice de estado trófico

Fonte: Os autores (2016)

Foi realizada a variação espacial (Figura 6), ou seja, a época de coleta foi fixada, mas os pontos foram colocados juntos. Considerando-se a época, a que atingiu maior valor de índice de estado trófico foi a época 4.

Segundo Vale et al. (2007), os países tropicais podem ter até 14 horas de luz disponível, favorecendo, desse modo, a biomassa de fitoplâncton que começa a aumentar à medida que a temperatura da água e da luz aumenta, assim como a disponibilidade de nutrientes na forma dissolvida para uso do fitoplâncton. Isso é favorecido pela presença inadequada, na bacia de drenagem, de diversas fontes poluidoras.

Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

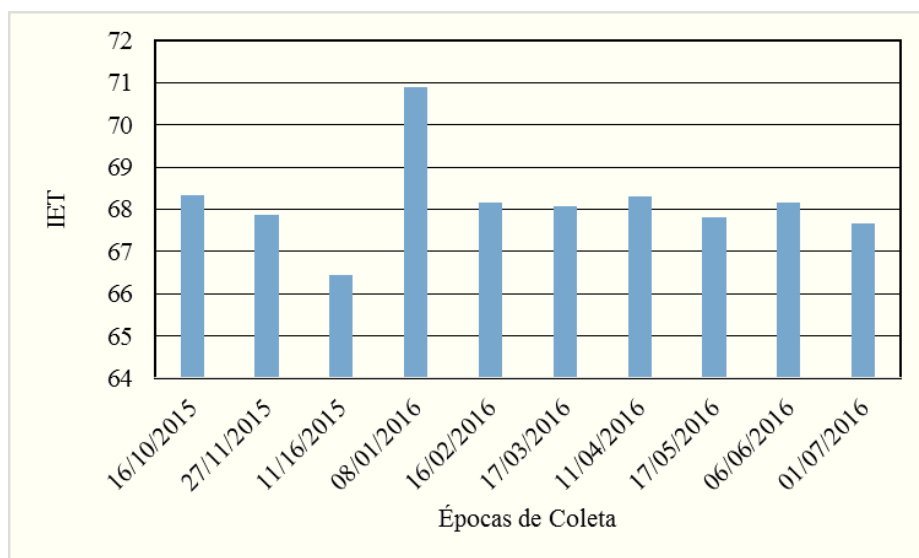


Figura 6. Valores médios para variação espacial do índice de estado trófico

Fonte: Os autores (2016)

4 Conclusões

Com base no estudo desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Verruga, entende-se que a eutrofização é um grave problema atual em corpos d'água superficiais, pois é um dos maiores exemplos de alterações causadas pelo homem, encarecendo o tratamento de água e podendo diminuir o tempo de vida útil do reservatório.

Segundo os dados obtidos, verifica-se que o uso da bacia pode estar influenciando na qualidade da água, pela proximidade com a área urbana. Existe o lançamento de esgotos domésticos, e, pela proximidade das áreas agrícolas do corpo d'água, ocorre a entrada de efluentes industriais como fertilizantes e pesticidas.

Conclui-se, conforme os resultados do estudo, que as águas do rio Verruga apresentam estado hipereutrófico, o que significa que o rio se caracteriza como um corpo d'água afetado pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos. Nessas condições de rio eutrofizado, pode ocorrer mortandade de peixes dada a redução na concentração de O_2 pelo processo de eutrofização.

Assim, para o controle dessa poluição, é necessária uma estratégia que associe o tratamento dos esgotos, o controle da poluição difusa, a regularização da vazão do curso d'água, a aeração dos esgotos tratados e a alocação de outros usos para o curso d'água, a fim de estabilizar ou diminuir a quantidade de poluentes que permanecem nos corpos d'água do rio.

É necessária a continuidade das análises e da pesquisa sobre o rio Verruga em novos e mais avançados trabalhos, os quais abrangam novos parâmetros de investigação, como metais pesados.



Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

Referências

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21th. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

BARROS, F. M. et al. Classificação do índice de estado trófico no rio Turvo Sujo, MG segundo diferentes metodologias. In: SIMPÓSIO DE MEIO AMBIENTE [on-line], 6., 2010. p. 1. Disponível em: <<http://www.cbcn.org.br/simposio/2010/palestras/turvo.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2017.

CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. p. 372.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 357, de 15 de março de 2005*. 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. [on-line]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 15 set. 2010.

GALINDO, M. P. Una alternativa de representación simultánea: HJ-Biplot. *Questão*, v. 10, n.1, p. 13-23, 1986.

GRASSHOFF, K; EHRARDT, M.; KREMLING, K. *Methods of Seawater Analysis*. Weinheim: Verlag Chemie, 1993. p. 419.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004, p. 207. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/pt-br.php>. Acesso em: 17 de jul. 2018.

OLIVEIRA, C.N.; CAMPOS, V.; MEDEIROS, Y.D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. *Química Nova*, [on-line], São Paulo, v. 33, n. 5, 2010. Disponível em: http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=5005. Acesso em: 02 out. 2017.

REYNOLDS, C. S. Vegetation process in the pelagic: A model for ecosystem theory. Jan. 1997. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/286286174_Vegetation_processes_in_the_pelagic_A_model_for_ecosystem_theory>. Acesso em: 17 jul. 2018.

RIVERA, E. A. C. *Modelo sistêmico para compreender o processo de eutrofização em um reservatório de água*. 2003. p. 128. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/Tese_Elmer.pdf. Acesso em 03 de out. 2017.

SCHÄFER, A. *Fundamentos da Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Porto Alegre: Editora da UFGS, 1985. p. 532.

SHARPLEY, A. N.; McDOWELL, R. W.; KLEINMAN, P. J. A. Phosphorus loss from land and water: Integrating agricultural and environmental management. *Plant and soil* [on-line], v. 237, p. 287-307, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1013335814593>. Acesso em: 16 de out. 2017.

SHARPLEY, A. N.; McDOWELL, R. W.; KLEINMAN, P. J. A. Phosphorus loss from land and water: Integrating agricultural and environmental management. *Plant and soil*, v. 237, p. 287-307, 2001.



Análise espacial e temporal do índice de estado trófico da água em diferentes sub-bacias do rio Verruga no trecho Vitória da Conquista-Itambé, Bahia

Adeid Rodrigues Santos Silva et al.

TOLEDO Jr., A. P. *Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais*. São Paulo: CETESB, 1990. p. 12 (Relatório Interno Cetesb).

