

A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais

José Fernandes Bezerra-Neto¹ e Ricardo Motta Pinto-Coelho²

¹Programa de pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, C.P. 486, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. ²Laboratório de Ecofisiologia de Organismos Planctônicos, Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: josenet@mono.icb.ufmg.br

RESUMO. São descritas as características morfométricas de um pequeno reservatório, a lagoa do Nado. Trata-se de lago artificial raso, com 2,7 m e 7,6 m de profundidades média e máxima, respectivamente. A localização, no fundo de um pequeno vale, rodeado por vegetação de grande porte, elevada profundidade relativa (5,5%) e bacia de acumulação de formato cônico ($Dv = 1,07$), indica uma alta estabilidade física da coluna de água. O tempo de retenção da água no reservatório, no período seco, foi de 78 dias e, no período chuvoso, de 2,1 dias. O presente estudo ainda apresenta a primeira carta batimétrica do reservatório. Finalmente, o estado trófico foi avaliado mensalmente, de setembro/99 a setembro/00, utilizando-se o índice de estado trófico (IET) de Carlson. O reservatório foi considerado como meso-eutrófico ao longo do período de amostragem.

Palavras-chave: morfometria, reservatório, estado trófico.

ABSTRACT. Morphometry and trophic state of an urban reservoir: Nado Lagoon, Belo Horizonte, state of Minas Gerais, Brazil. This study presents the morphometric characteristics of a small urban reservoir: Nado Lagoon. It is an artificial, shallow lake with 2.7 m. mean depth and 7.6 m. maximum depth. It is located at the bottom of a relatively large valley, surrounded by tall trees, with high relative depth (5.5%) and conical accumulation basin ($Dv = 1.07$), with a high water column physical stability. The reservoir mean retention time was 78 days during the dry season and 2.1 days during the rainy season. This study also presents the first bathymetric map of the reservoir. The reservoir trophic state was monthly evaluated from September 1999 to September 2000, through Carlson trophic state index (TSI). The results classify the reservoir as meso-eutrophic throughout the sampling period.

Key words: morphometry, reservoir, trophic state.

Introdução

A morfologia de um ambiente aquático exerce influência nas suas características limnológicas (físicas, químicas e biológicas) bem como afeta os padrões de mistura da coluna de água, o conteúdo de calor e o tempo de residência da água (Cole, 1983), os processos de erosão, transporte e acumulação de sedimentos e nutrientes (Panosso *et al.*, 1998), a produtividade biológica e o consumo de oxigênio (Sperling, 1999).

O estudo da dinâmica de circulação e de estratificação do reservatório e sua vinculação com as características morfométricas e hidrológicas de um lago ou reservatório é fundamental para um conhecimento básico sobre a estrutura do corpo de água e para uma melhor compreensão da maneira como os parâmetros

morfométricos atuam sobre o funcionamento do ecossistema aquático (Sperling, 1999).

Arcifa *et al.* (1990) destacam que o estudo dos pequenos lagos e reservatórios tem sido posto em um segundo plano, muito embora tais sistemas sejam extremamente abundantes na paisagem brasileira. Nogueira e Matsumura-Tundisi (1994) enfatizam a importância de se estudarem os pequenos reservatórios, dada a sua ampla distribuição, seus usos múltiplos, dentre eles sua função de freqüente depositário de despejos domésticos e industriais.

Outro aspecto importante na caracterização de um corpo de água é o seu estado trófico, principalmente considerando que a eutrofização é um fenômeno cada vez mais freqüente nos pequenos corpos de água do Brasil. Usualmente, a

transparência da água aliada às concentrações de fósforo, de nitrogênio e de clorofila-*a* são usadas na classificação do estado trófico dos ambientes aquáticos, normalmente se adotando uma escala que vai do estado oligotrófico ao hipereutrófico (Carlson, 1977).

Apesar do uso universal dos índices de estado trófico, pouco se sabe sobre a influência da morfometria de um lago nos padrões de circulação da coluna de água bem como na manutenção e no avanço do estado trófico do sistema. Nesse sentido, é interessante pesquisar as possíveis relações entre o estado trófico de um corpo de água e as características morfométricas e hidrológicas. O presente trabalho tem como objetivo descrever as características morfométricas e hidrológicas de um pequeno reservatório urbano e avaliar sua condição trófica em uma escala sazonal.

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na lagoa do Nado, reservatório situado dentro de um parque municipal (Parque Fazenda lagoa do Nado) na região norte de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais (19° 49'56"S, 43° 57'34"W), a uma altitude de 770 m (Figura 1). O reservatório está localizado em pequeno vale (a diferença altimétrica entre a superfície da lagoa e o ponto mais elevado da microbacia é de 40m) e é rodeado em toda a sua extensão por uma vegetação secundária formada por árvores de grande porte (principalmente *Eucalyptus* sp.). Foi formado pelo represamento da água de três nascentes localizadas dentro da área do parque, sendo a sua saída de água superficial e não-manejada.

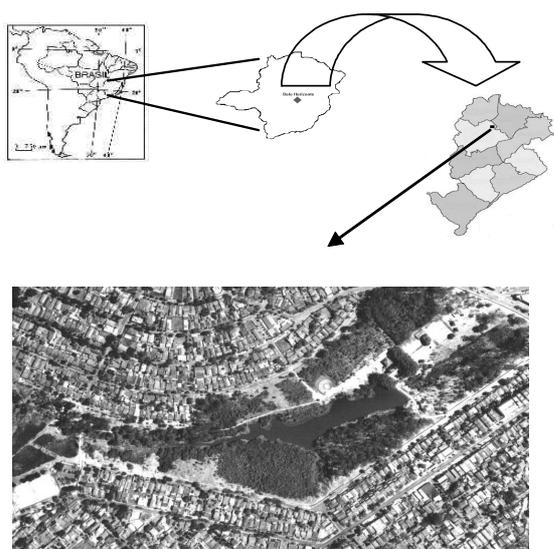


Figura 1. Mapa de localização e aerofotografia mostrando ao centro a lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais (Fonte: Prodabel S/A)

O clima regional é classificado como tropical B-2 com um moderado déficit hídrico (Ferreira, 1992), com duas estações distintas: uma quente e chuvosa (de novembro a março) e outra mais fria e seca (de abril a outubro). A precipitação anual, em uma escala histórica, varia de 1400 a 1600 mm (dados do 5º distrito de meteorologia do Ministério da Agricultura, Belo Horizonte).

Material e métodos

Para a caracterização morfométrica da lagoa do Nado, foi realizado um levantamento batimétrico, utilizando-se uma ecossonda modelo Hondex. As medidas de profundidade foram tomadas em 20 perfis perpendiculares ao eixo do maior comprimento da lagoa. O mapa batimétrico foi desenhado baseado em um levantamento aerofotogramétrico da região (escala 1:2000, Prodabel S/A, n.º. 5160).

A partir do levantamento batimétrico, foi obtida a profundidade máxima (Z_m) do reservatório. Utilizando-se um programa de análise de imagens (*Scion Image* - Scion Corporation), foram determinados os seguintes parâmetros morfométricos primários: área superficial (A_1), perímetro (P), comprimento máximo efetivo (C_e) e largura máxima efetiva (L_e). Também foram determinados por esse método a área de cada estrato horizontal de água, o comprimento das linhas de contorno (isóbatas) e a área da microbacia de drenagem (A_b). O volume do reservatório foi determinado pelo somatório dos volumes de cada estrato, que foram calculados segundo a fórmula (Cole, 1983)

$$V_i = \left(\frac{h}{3}\right)(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

Onde V_i é o volume do estrato i , h é a espessura vertical do estrato e A_1 e A_2 a área da borda superior e inferior do estrato, respectivamente. As curvas hipsográficas profundidade-área e profundidade-volume da lagoa do Nado foram plotadas de acordo com Cole (1983).

Foram também calculados os seguintes parâmetros morfométricos secundários: profundidade média (\bar{Z}), profundidade relativa (Z_R), índice de desenvolvimento de volume (D_V), índice de desenvolvimento de perímetro (D_P), largura média do reservatório (L_m), declividade média (α) e o fator de envolvimento (F_e), de acordo com Sperling (1999).

O tempo de retenção da água foi estimado para os meses de junho, julho e agosto de 2000 (período

de seca) e os meses de dezembro, janeiro e fevereiro de 2001 (período de chuva). Os cálculos foram realizados através da razão entre o volume do reservatório e a sua vazão média diária, a qual foi obtida através do cálculo da velocidade da corrente e da área da seção transversal do canal de saída de água do reservatório (Pielou 1998).

Para a avaliação do estado trófico da lagoa do Nado, a frequência de amostragem foi mensal, durante o período de setembro de 1999 a setembro de 2000. Na região central do reservatório, a transparência da água foi medida com um disco de Secchi de 30 cm. Amostras de água para análise do fósforo total, do nitrogênio total e da clorofila-*a* foram coletadas a 0 m, 1 m, 3 m e 5 m de profundidade na coluna de água, utilizando-se garrafa de Van Dorn com capacidade para 2 litros. O fósforo total (PT) foi determinado pelo método de Murphy e Riley (1962), após digestão a quente com persulfato de potássio. O nitrogênio total (NT) foi determinado através da digestão das amostras em autoclave com persulfato de potássio e posterior redução para nitritos (Mackereth *et al.*, 1978). A clorofila-*a*, corrigida para feopigmentos, foi determinada pelo método espectrofotométrico proposto por Lorenzen (1967) e a extração do pigmento foi realizada usando-se acetona 90% a frio, como solvente orgânico.

Utilizando-se os valores de transparência (disco de Secchi), bem como a média na coluna de água de fósforo total e clorofila-*a*, foi calculado o índice de estado trófico (IET) de Carlson (1977).

Resultados e discussão

Morfometria

Os valores das variáveis morfométricas para a lagoa do Nado são apresentados na Tabela 1. Em relação aos parâmetros hidrológicos, o reservatório apresentou uma vazão média de $0,006 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, no período seco, e de $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, durante as chuvas.

A lagoa do Nado apresentou uma variação mínima do nível da água ($< 30 \text{ cm}$). O tempo de retenção médio variou de 2,1 dias, para o período chuvoso, a 78 dias, para o período seco. O reservatório pode ser

classificado como muito pequeno (área $< 1 \text{ Km}^2$ e volume $< 10^6 \text{ m}^3$) e com um tempo de retenção intermediário (2 semanas $< TR < 1$ ano) na maior parte do ano (Straskraba, 1999).

Tabela 1. Características morfométricas e hidrológicas da lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais

Parâmetros morfométricos	
Área (<i>A</i>)	15018 m ²
Volume (<i>V</i>)	40562 m ³
Perímetro (<i>P</i>)	1193 m
Comprimento máximo efetivo (<i>Ce</i>)	290 m
Largura máxima efetiva (<i>Le</i>)	74 m
Profundidade máxima (<i>Z_m</i>)	7,6 m
Profundidade média (<i>Z̄</i>)	2,7 m
<i>Z̄</i> : <i>Z_m</i>	0,35
Profundidade relativa (<i>Z_R</i>)	5,5%
Largura média (<i>L_m</i>)	51,8 m
Índice de desenvolvimento de volume (<i>D_v</i>)	1,07
Índice de desenvolvimento de perímetro (<i>D_p</i>)	2,75
Área da microbacia de drenagem (<i>Ab</i>)	804535 m ²
Fator de envolvimento (<i>Fe</i>)	53
Declividade média (<i>α</i>)	2,7%

Tabela 2. Variação mensal dos valores de clorofila-*a*, profundidade do disco de Secchi, nitrogênio total (NT), fósforo total (PT) e os valores da razão NT/PT na lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais, no período de setembro de 1999 a setembro de 2000

Data	Secchi (m)	Clorofila- <i>a</i> (μg.l ⁻¹)	NT (μg.l ⁻¹)	PT (μg.l ⁻¹)	NT/PT
Set/99	1,40	7,3	697	42	16,6
Out/99	0,70	9,7	1362	58	23,5
Nov/99	1,10	7,5	1127	62	18,2
Dez/99	0,30	6,4	1117	123	9,1
Jan/00	0,60	11	666	143	4,7
Fev/00	0,30	2,6	617	86	7,2
Mar/00	0,40	8,6	831	127	6,5
Abr/00	1,40	8,3	519	57	9,1
Mai/00	1,00	11	1276	50	25,5
Jun/00	0,80	6,9	1680	42	40,0
Jul/00	1,00	8,3	1599	36	44,4
Ago/00	1,10	8,3	1106	40	27,7
Set/00	0,80	10,8	879	74	12,0

O relevo do fundo do reservatório, evidenciado através do mapa batimétrico (Figura 2), apresenta uma inclinação regular, aumentando da cabeceira em direção à barragem onde atinge sua profundidade máxima (7,6 m).

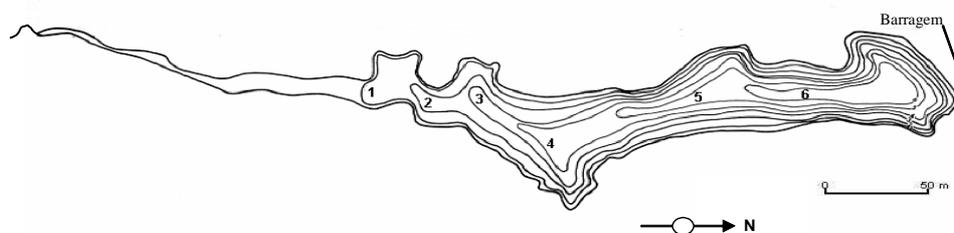


Figura 2. Mapa batimétrico da lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais

A configuração da bacia do reservatório pode ser evidenciada pelo índice de desenvolvimento de volume (Dv). Lagos ou represas que possuam Dv próximos a 1, tem sua bacia com a forma aproximada de um cone, como é o caso da lagoa do Nado (Tabela 1). Outro parâmetro que descreve a forma da bacia é a razão profundidade média sobre profundidade máxima ($Z:Z_m$) e o valor dessa relação para um cone ideal é de 0,333. Para a lagoa estudada, a forma cônica da bacia de acumulação do reservatório foi evidenciada (Tabela 1).

A forma da cavidade do lago também pode ser evidenciada a partir da análise das curvas hipsográficas. Pode-se observar que a área de cada estrato do reservatório é quase linear em direção ao fundo (Figura 3). De acordo com Sperling (1999), em lagos de formato linear, a declividade é aproximadamente constante ao longo de todo o terreno inundado.

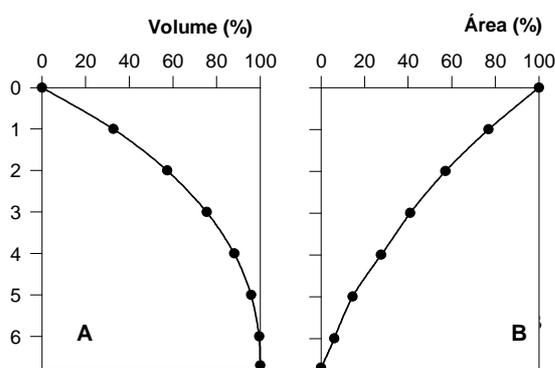


Figura 3. Curvas hipsográficas profundidade-área (A) e profundidade-volume (B) da lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais

A lagoa do Nado apresentou o índice de desenvolvimento de perímetro, $Dp = 2,75$, o que indica um grau mediano de irregularidade das margens. Essa é uma medida do grau de irregularidade da região litorânea. Um lago de forma aproximadamente circular apresenta Dp próximo a 1. Exemplos de lagos nessa categoria são: a Lagoa Carioca situada no Parque Estadual do Rio Doce - PERD, Estado de Minas Gerais, com $Dp = 1,29$ (Tundisi e Mussara, 1986) e o lago Parque Norte, Colômbia, com $Dp = 1,31$ (Ramirez, 2000). Por outro lado, corpos de água de margens irregulares (ou dendríticas) têm valores de Dp acima de 3,0, como é o caso do lago Dom Helvécio, PERD, Estado de Minas Gerais, com um Dp igual a 5,45 (Tundisi e Mussara, 1986).

O fator de envolvimento indica a relação entre a área da lagoa e a área da bacia de drenagem. Em geral, quanto maior Fe , menor a capacidade de

diluição do sistema aquático frente ao material transportado a partir da bacia. O valor de Fe , no presente estudo, foi de 53. Esse valor é alto quando comparado com a represa da Pampulha, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, com $Fe=37$; reservatório Vargem das Flores, Betim-Contagem, Minas Gerais, com $Fe=23$; reservatório Serra Azul, Mateus Leme, Minas Gerais, com $Fe=30$ e reservatório de Formoso, Vale do Rio São Francisco, com $Fe=31$ (Sperling, 1994). Pelo fato de possuir uma área de bacia proporcionalmente elevada em relação ao espelho de água, a lagoa do Nado recebe um elevado volume de água no período chuvoso.

A declividade média da lagoa do Nado (2,7%) indica que processos de erosão, de transporte e de acumulação de sedimentos provenientes de sua bacia de drenagem sejam intensos. Quanto maior a declividade da encosta de um lago, mais intenso o carreamento de material em direção ao fundo (Sperling, 1999).

A lagoa do Nado apresentou profundidades média e máxima relativamente baixas, de 2,7 e 7,6 m, respectivamente. Por outro lado, esse reservatório tem uma profundidade relativa elevada (5,5%), se comparado com outros lagos e reservatórios de Minas Gerais: lagoa Carioca (2,9%), lago D. Helvécio (1,1%), lagoa da Pampulha (0,9%), represa de Três Marias (0,15%) (Sperling, 1994). A profundidade relativa é indicativa de estabilidade da coluna de água (Cole, 1983) e sugere, por seu alto valor (5,5%), uma alta estabilidade térmica.

Nogueira e Matsumura-Tundisi (1994), analisando as características físicas e químicas da represa do Monjolinho, São Carlos, Estado de São Paulo, enfatizaram a importância dos fatores morfométricos (baixos \bar{Z} , Z_m e formato do fundo em forma de U) e das características da área do entorno (margens desprotegidas de vegetação e declividade suave) na manutenção da instabilidade física do sistema. Segundo Panosso *et al.* (1998), a reduzida estabilidade térmica encontrada em lagoas costeiras fluminenses é devida, principalmente, aos fatores morfométricos (valores elevados de comprimento e largura máximos, e valores reduzidos de profundidade relativa) que favoreceriam a ação do vento sobre a coluna de água.

Henry (1999), em revisão sobre a estrutura térmica de reservatórios brasileiros, destaca o fato de que somente naqueles com tempo de residência maior do que 40 dias, houve o desenvolvimento de estratificação térmica na coluna de água.

Portanto, a lagoa do Nado apresenta um conjunto de características morfométricas que reduzem a ação do vento sobre a sua lâmina de água:

(a) a localização no fundo de um pequeno vale e com suas margens protegidas por uma vegetação arbórea de grande porte; (b) o formato cônico da bacia de acumulação do reservatório; (c) o valor elevado de Z_R e o reduzido comprimento e largura máximos efetivos (290 m e 74 m, respectivamente). Esses fatores, aliados a um tempo de retenção superior a 50 dias durante a maior parte do ano, acarretam uma maior estabilidade física no reservatório, como evidenciado pelos dados de temperatura da água e oxigênio dissolvido do reservatório (Figura 4, Bezerra-Neto e Pinto-Coelho, 2001). Em decorrência da estabilidade física do sistema, possivelmente associada às características morfométricas apresentadas acima, detectou-se uma estratificação térmica estável que persistiu de agosto até maio, seguida por um breve período de circulação, em junho-julho. Observou-se, também, que o epilímnio esteve bem oxigenado, mas houve intensa anoxia no hipolímnio durante todo o período de estratificação, o que confirma o caráter estável da coluna de água.

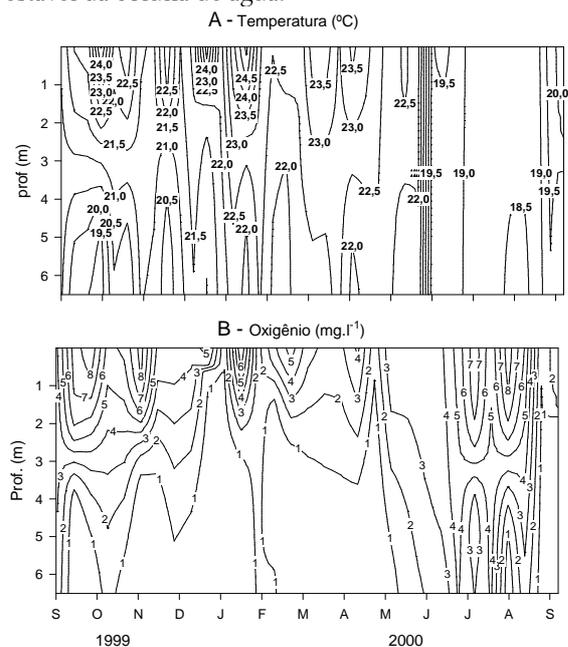


Figura 4. Diagrama profundidade-tempo da temperatura da água (A, isotermas em °C) e oxigênio dissolvido (B, isolinhas em mg O₂.l⁻¹) durante o período de setembro de 1999 a setembro de 2000 (modificado de Bezerra-Neto e Pinto-Coelho, 2001)

Índice do estado trófico (IET)

A lagoa do Nado apresentou uma baixa transparência da água que variou entre 0,40 m e 1,40m, com média anual de 1,10 m. A biomassa algal, refletida pelos valores de clorofila-a, também foi reduzida, apresentando um valor anual máximo de 11,1 ug.l⁻¹. Entretanto, os valores de nitrogênio

total e fósforo total foram expressivos, sendo que o nitrogênio total nunca esteve abaixo de 519 µg>l⁻¹ e o fósforo total variou entre 40 e 143 µg.l⁻¹ (Tabela 2).

O índice baseado na transparência não pode ser aplicado a lagos com elevado material particulado não-algal, como no presente caso. Com a finalidade de testar esse pressuposto, foi realizada uma análise de regressão linear simples entre a transparência da água (PS) e a clorofila-a. Os resultados mostraram que a profundidade do disco de Secchi não apresentou uma associação significativa com a variação do material fitoplanctônico na lagoa do Nado ($n = 13$; $r^2 = 0,07$; $p = 0,37$). Portanto, apenas a clorofila-a foi utilizada no IET para a lagoa do Nado, uma vez que a transparência da água (PS) não foi considerada um bom indicador trófico para o reservatório.

Em relação ao fósforo total (PT), o uso do IET só produz resultados válidos naqueles ambientes em que o fósforo é o fator limitante para o crescimento algal. De acordo com Vollenweider (1983), lagos com a razão NT/PT maior do que 9 são considerados potencialmente limitados por fósforo, enquanto aqueles com uma razão menor do que 9 são limitados por nitrogênio. O valor da razão NT/PT foi maior do que 9 em 77% das amostragens (Tabela 2), o que significa limitação potencial por fósforo em praticamente todo o ano no ambiente estudado, cumprindo a condição de uso do IET com base no fósforo total (Carlson, 1977).

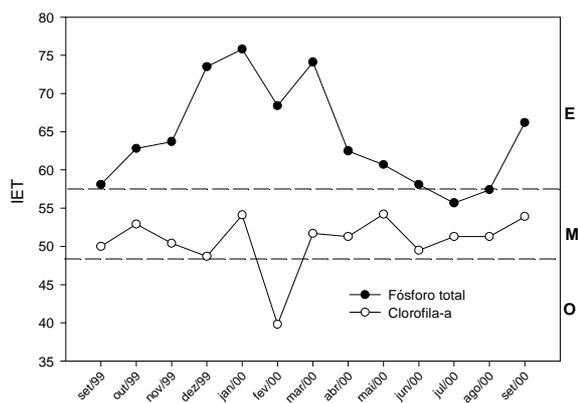


Figura 5. Variação mensal do estado trófico da lagoa do Nado, segundo o IET de Carlson (1977) para o fósforo total e clorofila-a (E= eutrófico; M= mesotrófico e O= oligotrófico). Linhas tracejadas indicam os limites entre os graus de trofia

O presente estudo ainda demonstra que há uma forte variação sazonal do IET de Carlson (Figura 5), com a predominância de índices moderados de trofia durante o período de circulação (mesotrofia para

clorofila-a e fósforo total). No período de estratificação (setembro a maio), o reservatório assumiu uma condição tipicamente eutrófica para o fósforo total. Dessa forma, pode-se concluir que o grau trófico está associado ao padrão de estratificação do ambiente e que esse, por sua vez, é afetado pela morfometria. Assim, sugere-se que a estabilidade térmica da coluna de água no reservatório do Nado é um fator primordial na manutenção do estado trófico desse ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Prefeitura de Belo Horizonte e especialmente aos funcionários do Parque lagoa do Nado pelo apoio logístico no campo. À G.G. Landa pela inestimável ajuda durante o levantamento batimétrico. Ao professor A. L. Godinho por gentilmente emprestar a ecossonda utilizada neste trabalho. Ao Prof. Dr. Raoul Henry e à Profa. Dra. Arnola Rietzler pelas sugestões e críticas às versões iniciais do manuscrito. Ao CNPq pela bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Referências

- ARCIFA, M. S. *et al.* Thermal regime and stability of a tropical shallow reservoir: Lake Monte Alegre, Brazil. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, Bondy, v. 23, n. 4, p. 271-281, 1990.
- BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M. O déficit de oxigênio em um reservatório urbano: lagoa do Nado, BH-MG. *Acta Limnológica Brasilensia*, Botucatu, v. 13(1), p. 107-116, 2001.
- CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 22, p. 361-369, 1977.
- COLE, G. *Textbook of limnology*. Toronto: C. V. Mosby Company, 1983.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.
- FERREIRA, W. P. *Atlas Nacional do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- HENRY, R. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in Brazilian reservoirs. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Ed.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos. International Institute of Ecology, Backhuys Publishers e Brazilian Academy of Sciences, 1999, cap. 7, p. 125-152.
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 12, p. 343-346, 1967.
- MACKERETH, F. J. *et al.* *Water analysis*. Ambleside: Freshwater Biological Association Sci. Publ. 36, 1978.
- MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *An. Chim. Acta*, v. 27, p. 31-36, 1962.
- NOGUEIRA, N. M. C.; RAMIREZ, R. J. J. Variação mensal da condição trófica do Lago das Garças (São Paulo, SP, Brasil). *Acta Limnológica Brasilensia*, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 21-34, 1998.
- NOGUEIRA, M. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia de um sistema artificial raso (Represa de Monjolinho - São Carlos, SP). I - Dinâmica das variáveis físicas e químicas. *Rev. Brasil. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 54, n. 1, p. 147-159, 1994.
- PANOSSO, R. F. *et al.* Morfometria das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus: implicações para o seu funcionamento e manejo. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998, cap. 1, p. 91-108.
- PIELOU, E. C. *Fresh Water*. Chicago: The University of Chicago Press, 1998.
- RAMIREZ, J. J. Variación diurna y estacional del contenido calórico, la estabilidad y el trabajo del viento en una laguna tropical. *Acta Limnológica Brasilensia*, Botucatu, v.12, p. 39-54, 2000.
- SPERLING, E. Morphometric features of some lakes and reservoirs in the State of Minas Gerais. In: PINTO-COELHO, R. M. *et al.* *Ecology and human impact in lakes and reservoirs in Minas Gerais*. Belo Horizonte: Segrac, 1994, cap. 5, p. 71-76.
- SPERLING, E. *Morfologia de lagos e represas*. Belo Horizonte: Segrac, 1999.
- STRASKRABA, M. Retention times as a key variable of reservoir limnology. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Ed.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos. International Institute of Ecology, Backhuys Publishers e Brazilian Academy of Sciences, 1999, cap. 16, p. 385-409.
- TUNDISI, J.G.; MUSSARA, M.L. Morphometry of four lakes in the Rio Doce Valley Lakes System and its relationship with primary production of phytoplankton. *Rev. Brasil. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 159-161, 1986.
- VOLLENWEIDER, R. A. Eutrophication. Notes distributed during the *II Meeting of the Regional Project on the Eutrophication of Tropical Lakes*. Brazil: Cepis, 1983.

Received on October 03, 2001.

Accepted on January 04, 2002.