

Nova batimetria e avaliação de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil)

Rafael Pereira Resck
(Pós-graduando em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Departamento de Biologia Geral, ICB/UFMG)

José Fernandes Bezerra Neto
(Pós-graduando em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Departamento de Biologia Geral, ICB/UFMG)

Ricardo Motta Pinto Coelho
(Laboratório de Gestão Ambiental de Reservatórios, Departamento de Biologia Geral, ICB/UFMG)

Resumo

A Lagoa da Pampulha é um reservatório artificial que integra o Complexo Arquitetônico da Pampulha, em Belo Horizonte – MG. Nas últimas décadas, o processo de assoreamento na represa intensificou-se, devido ao adensamento populacional e industrial em sua bacia hidrográfica. Nesse período, uma série de intervenções foram realizadas no reservatório, alterando-lhe aspectos morfométricos primários e secundários. Este trabalho tem por objetivo apresentar a morfometria atual da Lagoa da Pampulha. Fez-se para tanto um levantamento batimétrico detalhado da represa, possibilitando a confecção de sua carta batimétrica e o cálculo de parâmetros morfométricos primários e secundários. Os resultados obtidos foram comparados com trabalhos anteriores. Houve ganho de volume em relação a 1999, e outros índices morfométricos também sofreram alterações, reflexo de intervenções recentes. O conhecimento e a interpretação correta do conjunto de dados apresentados são de grande valia para o planejamento de ações que busquem a recuperação da Lagoa da Pampulha.

Palavras-chave Lagoa da Pampulha; assoreamento; dragagem; batimetria; parâmetros morfométricos.

Abstract

“Lagoa da Pampulha” is an artificial reservoir that integrates the “Pampulha Architectural Complex”, in Belo Horizonte – Minas Gerais, Brazil. In recent decades, the accretion process has intensified, due to the population and industrial increase in its hydrographic basin. In this same period, a series of interventions took place in the reservoir, altering its primary and secondary morphometric data. This study aims to present the current morphometry of the Pampulha reservoir. A detailed bathymetric survey was performed, which has made possible the compilation of a bathymetric map as well as the determination of primary and secondary morphometric data. The results obtained were compared to previous studies. There was volume increase in comparison to 1999, and other morphometric parameters suffered alteration, as a reflex of those recent interventions. The knowledge and the correct reading of the discovered data are very important for planning actions aiming at the complete recuperation of the Pampulha lake.

Key words *Pampulha reservoir; accretion; dredge; bathymetry; morphometric parameters.*

Agradecemos ao convênio FUNDEP 8713 (UFMG/ SECTES/SEAP) a aquisição do ecobatímetro e do DGPS; ao programa de PG-ECMVS; à PBH/SUDECAP e à PBH/ SMMA, as discussões, o acesso a informações e o apoio ao trabalho; e a Máira Rolim, a revisão do manuscrito.

Introdução

O Brasil é um país de dimensões continentais, privilegiado por um rico complexo hídrico. Uma conseqüência desse fenômeno foi o barramento de suas águas para diversas finalidades, caracterizando o Brasil como um país de reservatórios. Segundo Agostinho, Gomes e Pelicice (2007, p. 49), “o Brasil conta hoje com mais de 720 reservatórios, com áreas superiores a 1 ha, em suas águas continentais”. Uma categoria especial dessas construções são os reservatórios urbanos. Essas represas, na maioria das vezes, são formadas visando ao abastecimento de grandes centros e à regularização de cheias, entre outros fins, tornando-se, em muitos casos, um importante atrativo paisagístico e de lazer.

Independente da finalidade, a construção de reservatórios acarreta a interrupção do transporte natural do material sólido ao longo do curso do rio, fenômeno responsável pelo assoreamento da represa. No caso de reservatórios urbanos, o adensamento industrial e populacional às margens do corpo d'água, ou junto à sua bacia de drenagem, é mais um fator responsável pelo aporte de sedimentos no reservatório, via escoamento superficial.

O reservatório da Pampulha é um lago artificial que integra o Complexo Arquitetônico da Pampulha, em Belo Horizonte – MG. Foi inaugurado em 1938 e reinaugurado em 1958, após obras de recuperação demandadas por uma ruptura de sua barragem. Também conhecido por Lagoa da Pampulha, o reservatório tinha como finalidade principal o abastecimento de água para a população belo-horizontina. No entanto, a urbanização desordenada, com todas as suas implicações, verificada na região da bacia hidrográfica da represa tem feito com que a Lagoa da Pampulha sofra, desde a década de 70, um forte processo de eutrofização e assoreamento, florações de Cyanobacteria e crescimento de macrófitas aquáticas (COELHO, 1998, p. 160; GIANI *et al.*, 1988, p. 77; SPERLING, 1994a, p. 142; TORRES; RESCK; COELHO, 2007, p. 87).

A partir da década de 80, após seguidas florações de Cyanobacteria (GIANI, 1994, p. 162; GOODWIN, 1997, p. 38), a Lagoa da Pampulha perdeu a função de abastecimento público, permanecendo como um importante atrativo turístico e amortizador de cheias (COELHO, 1992, p. 2). O assoreamento na represa intensificou-se a tal ponto, que seu tempo de vida foi estimado, em meados da década de 90, em aproximadamente 20 anos (CHAMPS, 1992, p. 141).

Tendo em vista a gravidade dos fatos, os órgãos gestores da Lagoa da Pampulha realizaram três grandes obras de dragagem entre os anos 1979 e 1996, retirando dela um volume de aproximadamente $4,6 \times 10^6$ m³ de sedimentos (CPRM, 2001, p. 63; SALIM *et al.*, 2004, p. 6). Entretanto, em 1999, o volume medido no reservatório indicava pouco mais de $8,5 \times 10^6$ m³ de água na represa (CDTN, 2000, p. 13), valor consideravelmente aquém dos cerca de 18×10^6 m³ de água nela presentes na década de 50.

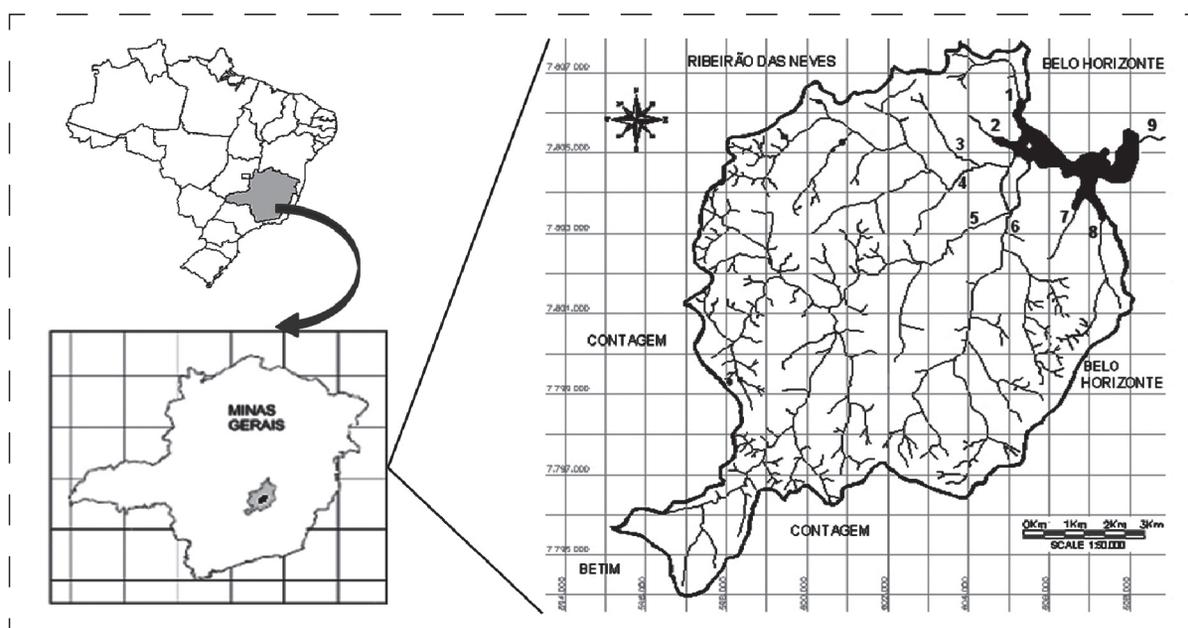
Esse montante de sedimentos dragados da Lagoa da Pampulha foi remanejado no interior do reservatório, e o resultado desse processo foi o ganho de volume às custas da perda definitiva de área de espelho d'água. O sedimento remanejado originou uma ilha, na região de desembocadura dos córregos Ressaca e Sarandi, sobre a qual foi inaugurado, em 2004, o Parque Ecológico Promotor Francisco Lins do Rego (BANDEIRA, 2004, p. 4). Segundo Jefferson Bandeira e Lécio Salim (2006, p. 3), “no ano de 1999 a Lagoa da Pampulha já não dispunha de um terço dos seus 300 ha de área de espelho d'água original”.

Entre os anos de 2000 e 2006 novas obras de dragagem foram realizadas no reservatório, totalizando uma retirada de aproximadamente $1,8 \times 10^6$ m³ de sedimentos e vegetação flutuante (Superintendência de Desenvolvimento da Capital, com. pes.). Contudo, os resultados dessas intervenções sobre os aspectos morfométricos da Lagoa da Pampulha ainda eram desconhecidos.

Uma ferramenta de grande importância para o conhecimento das características morfométricas de corpos d'água é a elaboração de cartas batimétricas, as quais possibilitam um maior entendimento da estrutura e do funcionamento dos ambientes aquáticos. Esses mapas constituem um importante subsídio para a realização de estudos sobre evolução de assoreamento, qualidade da água e ictiofauna, entre outros. O conjunto dessas informações torna-se de grande valia no direcionamento de ações de conservação de corpos d'água. No caso da Lagoa da Pampulha, o conhecimento preciso de sua morfologia torna-se fundamental para a elaboração de ações de mitigação do assoreamento e de recuperação da qualidade de água na represa.

O presente estudo tem como objetivo estimar os novos parâmetros morfométricos da represa da Pampulha, obtidos por meio de um levantamento batimétrico detalhado. Além da confecção da nova carta batimétrica para o reservatório, os parâmetros primários e secundários foram comparados a estudos anteriores, possibilitando verificar a eficácia dos procedimentos de retirada de sedimentos realizados no reservatório.

FIGURA 1 **Bacia de drenagem da Lagoa da Pampulha, considerando a atual morfologia do RESERVATÓRIO**



- 1) Córrego Olhos d'Água;
- 2) Córrego AABB;
- 3) Córrego Braúnas;
- 4) Córrego Água Funda;
- 5) Córrego Sarandi;
- 6) Córrego Ressaca;
- 7) Córrego Tijuco;
- 8) Córrego Mergulhão;
- 9) Ribeirão Pampulha.

Círculo branco no interior da represa corresponde à Ilha dos Amores.

Fonte: Adaptado de TORRES; RESCK; COELHO, 2007, p. 81.

Materiais e métodos

Área de estudo

A Lagoa da Pampulha é um reservatório urbano localizado na cidade de Belo Horizonte – MG (Coordenadas UTM WGS84 607050; 7804600). Sua bacia hidrográfica compõe a bacia hidrográfica do Rio das Velhas, que por sua vez é parte da bacia hidrográfica do rio São Francisco (BANDEIRA; SALIM, 2006, p. 2). A bacia de drenagem do reservatório possui área de 97,91 km², dividida entre os municípios de Belo Horizonte (44,9%) e Contagem (55,1%) (CPRM, 2001, p. 3). Sua fluviografia inclui 40 córregos, dos quais 19 estão em Belo Horizonte e 21 no município de Contagem (FIG. 1). O ribeirão Pampulha, onde está construído o reservatório, possui oito tributários diretos, com destaque para os afluentes Ressaca e Sarandi, que juntos respondem por mais de 70% do aporte de água na Lagoa da Pampulha (TORRES, 1999, p. 37).

Em função das inúmeras intervenções realizadas na Lagoa da Pampulha a morfologia original do reservatório foi permanentemente alterada. A mudança foi motivada pela formação de uma ilha de despejo de dragagens, ocupando praticamente toda a enseada dos córregos Ressaca e Sarandi, sobre a qual foi construído um parque ecológico. O estado avançado de assoreamento nas enseadas dos córregos Braúnas e Água Funda também influencia o desenho do espelho d'água da represa.

Coleta de dados

A coleta dos dados batimétricos da Lagoa da Pampulha foi realizada no dia 18/04/2007, por meio de ecobatímetro *SonarLite* (*Obmex Ltd.*) acoplado ao DGPS AgGPS 132 (*Trimble Co.*), com pós-correção de dados *in situ*, via assinatura de satélite *Ominstar* (OHMEX INSTRUMENTS, 2004; TRIMBLE, 2003). O *datum* e o sistema de coordenadas utilizados foram WGS 84 e UTM, respectivamente.

O transdutor do ecobatímetro e a antena do DGPS foram fixados nas extremidades opostas de uma mesma haste, na parte posterior lateral da embarcação. O deslocamento seguiu linhas aproximadamente perpendiculares ao talvegue da Lagoa da Pampulha, com velocidade média de 5 km/h. Transectos paralelos ao talvegue foram realizados. A cota do reservatório no dia da coleta era de 800,6 metros. Um GPS convencional *Garmin 76* (*Garmin Ltd.*) foi utilizado para direcionar o deslocamento em água. As regiões do reservatório com profundidades inviáveis à navegação, como as enseadas dos córregos Braúnas e Água Funda, tiveram medidas pontuais realizadas, visando à composição da malha de dados.

Confecção da carta batimétrica e cálculo dos parâmetros morfométricos

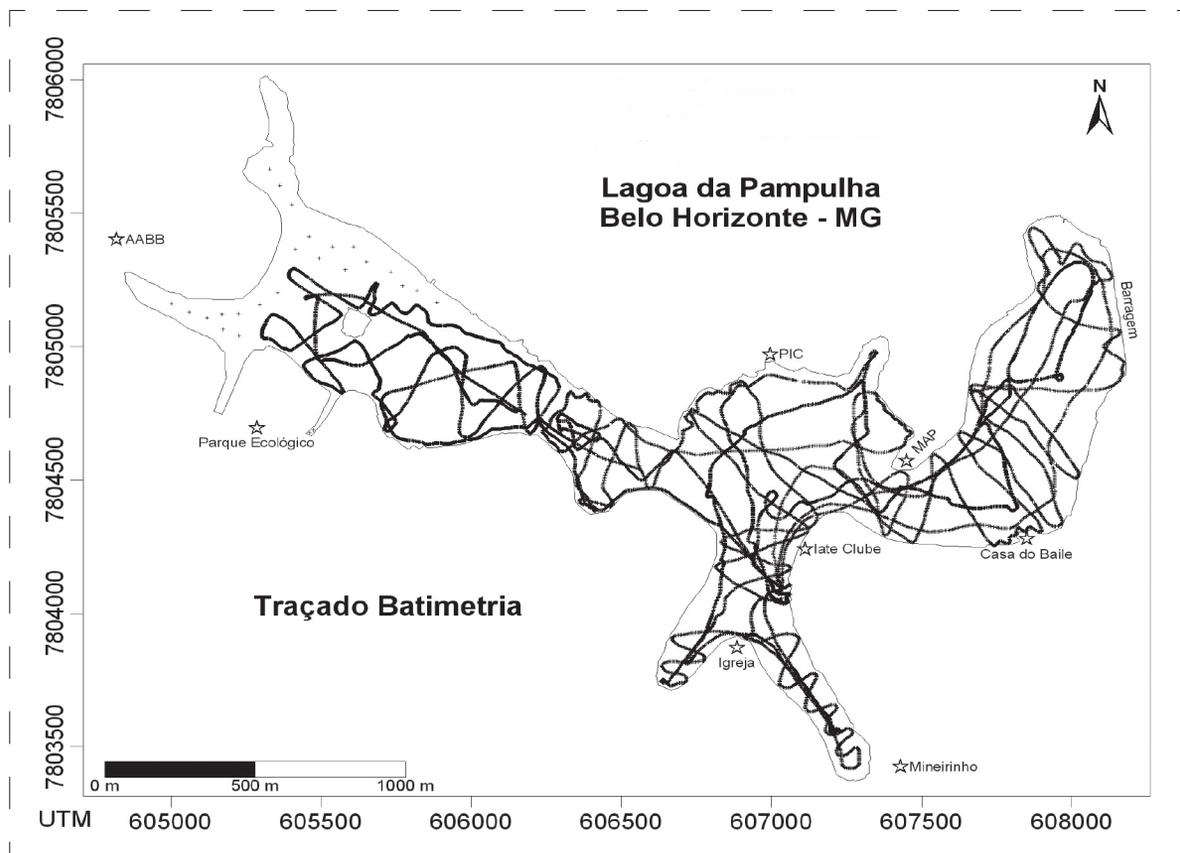
Para confecção do mapa batimétrico utilizou-se o programa *Surfer 8.0*[®] (*Golden Software Inc.*), adotando-se a “krigagem” (*kriging*) como método de interpolação. A linha da margem foi digitalizada, por meio do programa *Digger 3.0*[®] (*Golden Software Inc.*), a partir de imagem de alta resolução da Lagoa da Pampulha, obtida através do programa *Google Earth*[®] (*Google Inc.*). Antes da digitalização da margem, a imagem da represa foi novamente georreferenciada, através de nove pontos de controle, circundantes ao reservatório, tomados no dia 19/05/2007 com uso do aparelho DGPS GTR-A[®] (*TechGeo Ltda.*).

A partir do levantamento batimétrico, determinaram-se parâmetros morfométricos primários e secundários. Foram calculados os seguintes parâmetros morfométricos primários: profundidade máxima (Z_{max}) (m), perímetro (P) (m), comprimento máximo (C_{max}) (m), largura máxima (L_{max}) (m), área total da superfície (A) (m^2) e volume total (V) (m^3).

O perímetro foi calculado por meio do programa analisador de imagens *Scion Image*[®] (*Scion Corporation*). Volume e área total da superfície foram calculados a partir de sub-rotinas do programa *Surfer*. Considerou-se a média de três métodos distintos (regra trapezoidal, regra de Simpson e regra de Simpson 3/8) para o cálculo do volume da Lagoa da Pampulha. Também em ambiente *Surfer* foram calculados volumes e áreas entre as camadas de profundidade, espaçadas 2 metros entre si, possibilitando a confecção das curvas hipsográficas profundidade-área e profundidade-volume da Lagoa da Pampulha, segundo metodologia de Cole (1994, p. 138).

Seguindo metodologia de Sperling (1999, p. 87), foram calculados os seguintes parâmetros morfométricos secundários: profundidade média (Z) (m); profundidade relativa (Z_R) (%); índice de desenvolvimento de volume (Dv); índice de desenvolvimento de perímetro (Dp); largura média (L_{med}) (m) e declividade média (α) (%). Além desses parâmetros foi calculado o fator de envolvimento da Lagoa da Pampulha, que relaciona a área da bacia de drenagem e a área do reservatório.

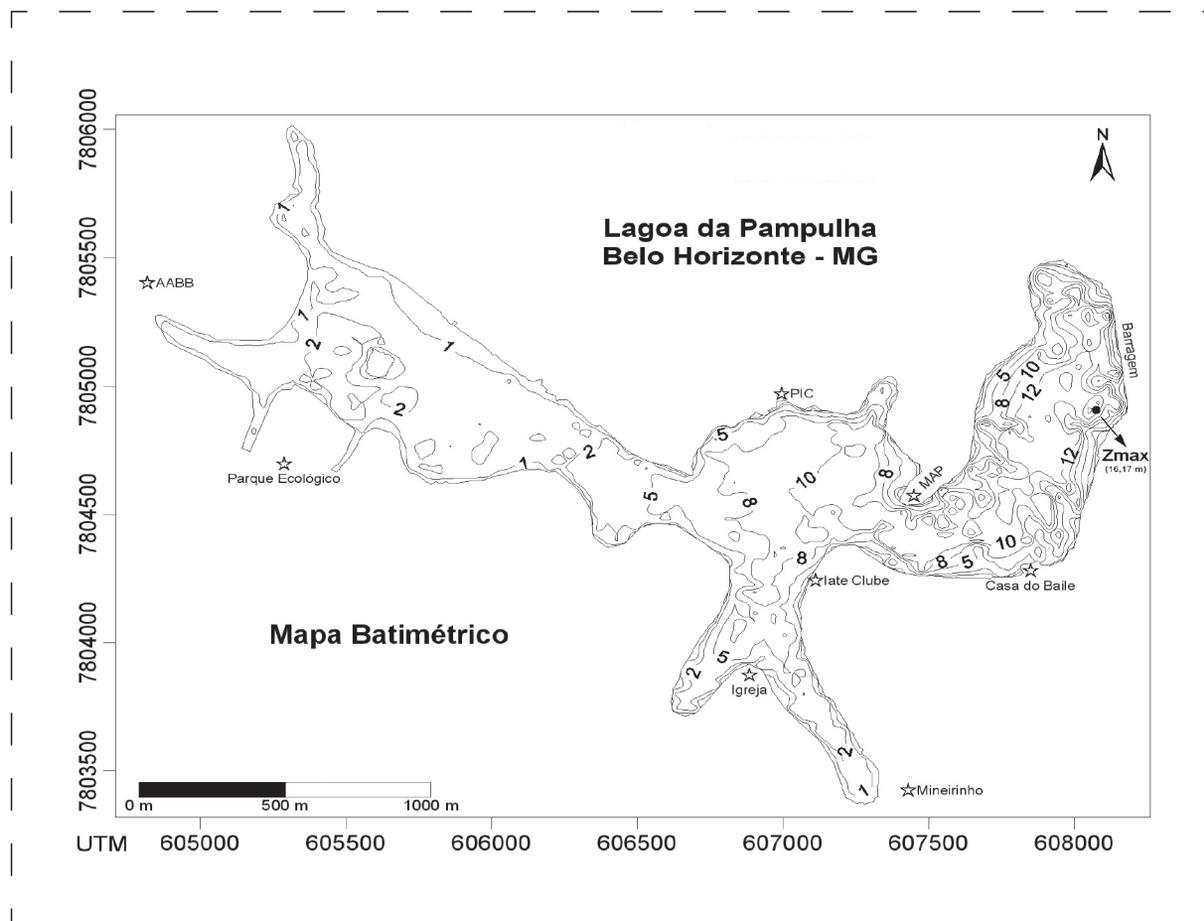
FIGURA 2 Visualização gráfica dos transectos realizados na Lagoa da Pampulha



Resultados

O levantamento batimétrico da Lagoa da Pampulha foi realizado com um total de 22.183 pontos com profundidade e localização conhecidos, com precisão submétrica, em uma área correspondente à região entre a barragem e a região entre a Ilha dos Amores e a margem oposta à barragem (FIG. 2). O mapa batimétrico da Pampulha, em abril de 2007, é apresentado na FIG. 3.

FIGURA 3 Levantamento batimétrico da Lagoa da ampulha, abril/2007
Cota de 800,6 metros. Escala e linha de contorno em metros.



Uma visão em terceira dimensão da Lagoa da Pampulha é apresentada na FIG. 4. Quando observada em perspectiva lateral, fica clara a presença de dois compartimentos muito bem definidos no interior da represa: um mais raso, próximo à Ilha dos Amores, e outro mais profundo, na região da barragem, onde se encontra a maior profundidade medida (16,17 metros) no reservatório (FIG. 5).

FIGURA 4 Perfil batimétrico da Lagoa da Pampulha em perspectiva 3D

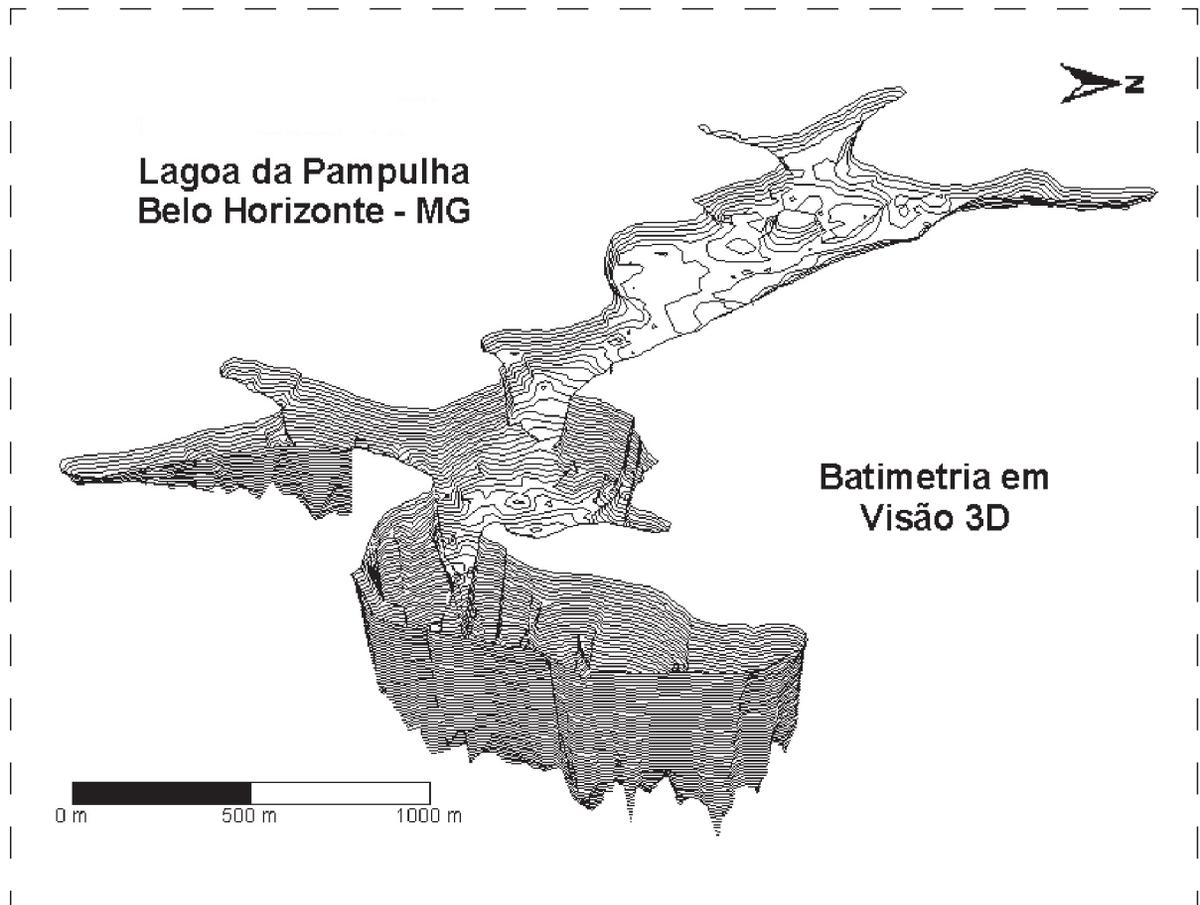
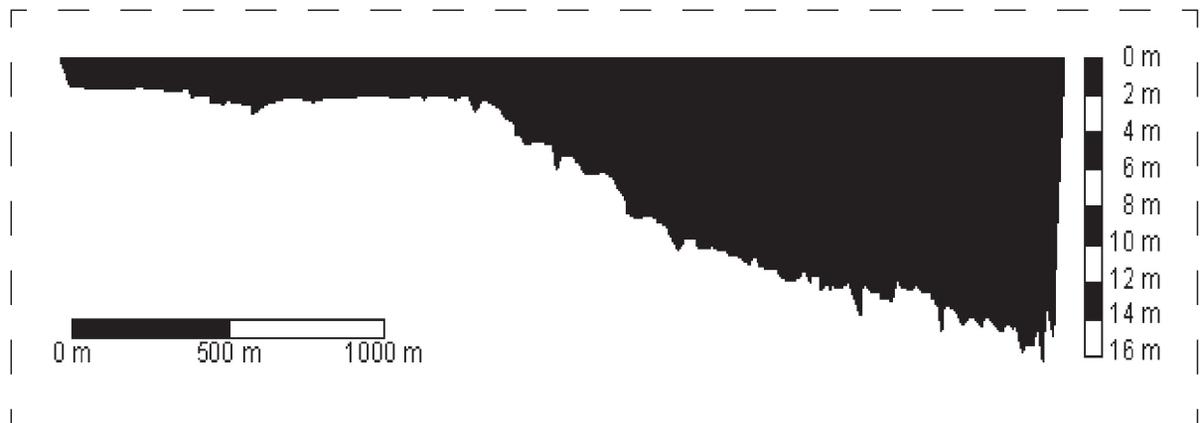


FIGURA 5 Vista lateral da Lagoa da Pampulha



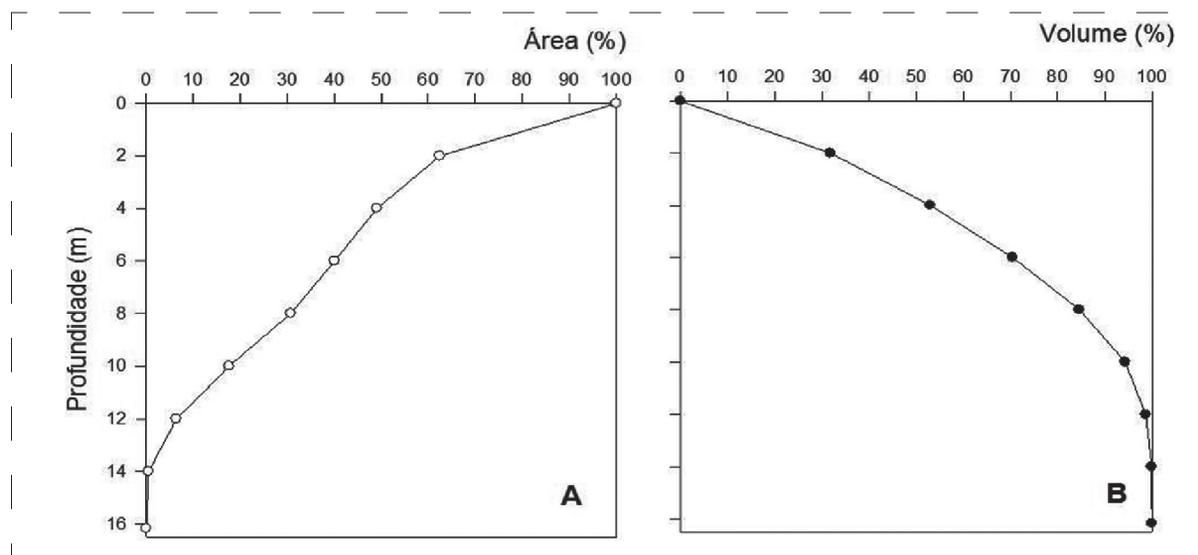
A TAB. 1 sintetiza o conjunto dos dados morfométricos da Lagoa da Pampulha, incluindo volume e área total do espelho d'água, calculados a partir da nova carta batimétrica do reservatório.

TABELA 1 Parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha

Parâmetros morfométricos	Valores	
Área total da superfície (A)	1.968.433,41 m ²	196,8433 ha
Volume (V)	9.998.240,79 m ³	9,99 x 10 ⁶ m ³
Perímetro (P)	14.889,70 m	14,89 km
Comprimento máximo (Cmax)	2.625,30 m	2,62 km
Largura máxima (Lmax)	1.520,70 m	1,52 km
Profundidade máxima (Zm)	16,17 m	
Profundidade média (Z)	5,08 m	
Profundidade relativa (ZR)	1,02 %	
Largura média (Lmed)	749,79 m	
Índice de desenvolvimento de volume (Dv)	0,94	
Índice de desenvolvimento de perímetro (Dp)	2,97	
Declividade média (□)	2,04 %	
Fator de envolvimento	49,74	

As curvas hipsográficas profundidade-área e profundidade-volume são mostradas na FIG. 6. A partir do detalhamento desses dados (TAB. 2) observa-se que 50% do volume total da represa encontra-se na profundidade próxima aos 4 metros, mesma profundidade em que se encontra o equivalente a 50% da área de espelho d'água do reservatório.

FIGURA 6 Curvas hipsográficas da Lagoa da Pampulha



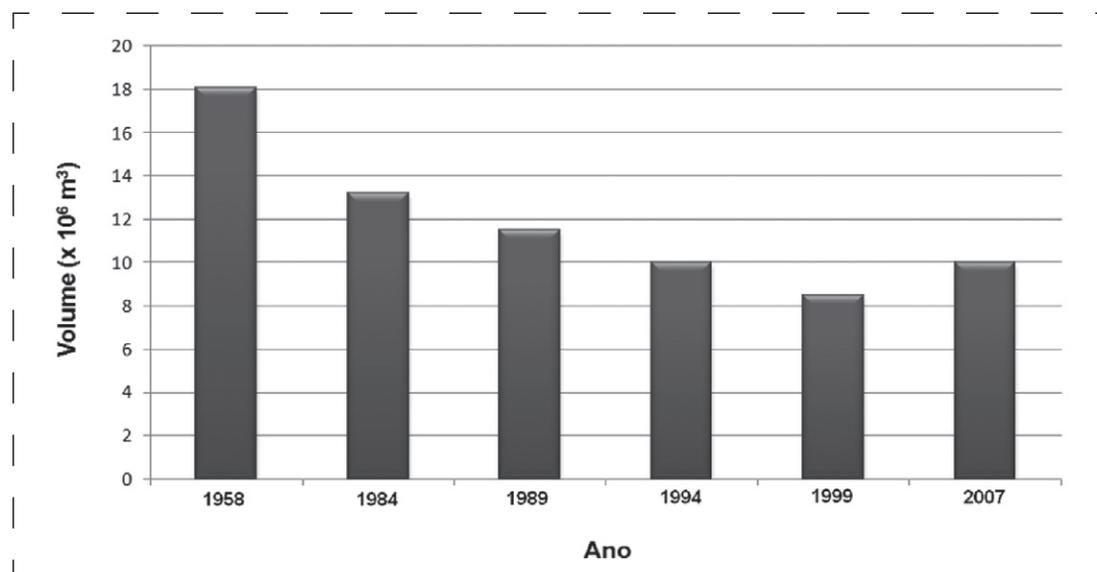
- a) profundidade-área;
b) profundidade-volume.

TABELA 2 Volume e área da superfície da Lagoa da Pampulha, por estratos de profundidade

Profundidade (m)	Área (m ²)	Área (%)	Estrato	Volume (m ³)	Volume (%)
0	1.968.433,41	100,0	0-2	3.181.914,65	31,8247
2	1.230.411,29	62,5071	2-4	2.117.593,65	21,1797
4	966.209,83	49,0852	4-6	1.749.275,28	17,4958
6	788.557,57	40,0602	6-8	1.412.548,25	14,1280
8	605.578,24	30,7645	8-10	971.180,21	9,7135
10	347.446,98	17,6509	10-12	436.609,23	4,3669
12	125.763,97	6,3890	12-14	125.128,05	1,2515
14	9.523,45	0,4838	14-16,17	3.991,47	0,0399
16,17	3,81	0,0002	Total	9.998.240,79	100,0

O volume total de $9,99 \times 10^6 \text{ m}^3$ calculado para a represa da Pampulha neste trabalho representa um ganho aproximado de 17,25% ($1,47 \times 10^6 \text{ m}^3$) entre os anos de 1999 e 2007 (FIG. 7). Se ajustado para a cota do reservatório utilizada em 1999 (801,1 m), ano do último estudo batimétrico (CDTN, 2000), o volume atual da represa seria próximo a $10,98 \times 10^6 \text{ m}^3$, representando um ganho de cerca de 28,9% ($2,46 \times 10^6 \text{ m}^3$) no mesmo período. Esse ajuste de cotas nivela os diferentes períodos do reservatório, permitindo comparações mais sólidas. Nesse caso, os dados observados mostram aumento considerável do volume da represa observado entre os anos de 1999 e 2007.

FIGURA 7 Evolução do volume da Lagoa da Pampulha



Nota: Volume referente à cota de 801,3 para os anos de 1958, 1984 e 1989, à de 801,1 para os anos de 1994 e 1999 e à de 800,6 para o ano de 2007.

Fonte: Adaptado de CPRM, 2001, p. 63, com acréscimo de dados levantados em CDTN (2000) e Salim et al. (2004).

Discussão

O estudo morfométrico realizado na Lagoa da Pampulha permitiu o refinamento da morfometria do fundo da represa. Foram identificadas várias depressões pontuais, bem individualizadas, entre as quais se encontra a maior profundidade registrada, 16,17 metros, na região próxima à barragem (FIG. 3 a 5). O detalhamento da geometria do reservatório foi resultado da intensa malha amostral efetuada, de 22.183 pontos (FIG. 2), que possibilitou grande fidelidade à realidade da represa, uma vez que quanto maior o número de pontos obtidos, mais precisa é a carta batimétrica resultante (COLE, 1994, p. 132).

Um aspecto interessante é a compartimentalização da Lagoa da Pampulha em duas regiões bastante distintas: uma mais profunda, próxima à região da barragem, e outra mais rasa, com profundidades inferiores a 3 metros, próxima à Ilha dos Amores (FIG. 5). Espera-se encontrar maior produtividade biológica na região da ilha, já que águas mais rasas normalmente são mais produtivas (COLE, 1994, p. 99).

Em relação aos parâmetros morfométricos, o comprimento máximo de 2.625 metros é um indicativo da maior pista de vento da represa. Pistas de vento muito longas possibilitam a formação de ondas maiores, que podem chegar a alturas capazes de ressuspender o sedimento de fundo. No caso da Lagoa da Pampulha, isso pode ocorrer na incidência de vento no sentido leste-oeste, para o qual as ondas terão as maiores alturas na região onde a represa possui a menor profundidade média (FIG. 5). Na ocorrência desse fenômeno, a produtividade será ainda maior nessa região do reservatório, pois sedimentos em suspensão constituem uma carga extra de nutrientes para a biota presente na coluna d'água (KIMMEL; LIND; PAULSON, 1990, p. 160).

A existência de dois compartimentos no sistema, evidenciada neste estudo, sugere uma nítida heterogeneidade espacial, como consequência natural não somente do “tradicional” gradiente espacial encontrado em reservatórios – as chamadas zonas fluvial, de transição e limnética (THORNTON, 1990, p. 57) – mas também de apenas dois compartimentos ecológicos, a saber: o raso (< 3 metros) e o profundo (> 3 metros). Esse padrão morfométrico certamente deverá impor condições limnológicas/ecológicas especiais ao sistema, as quais por sua vez certamente devem influenciar a estrutura ecológica de várias comunidades, tais como a de plâncton, a de macrófitas aquáticas ou mesmo a de peixes.

A profundidade relativa é outro parâmetro que permite inferências ecológicas sobre o corpo d'água. Lagos ou reservatórios com altos valores de Z_R normalmente são pequenos e profundos, conseqüentemente passíveis de estratificações (COLE, 1994, p. 137). Ambientes com essas características podem ter ausência de oxigênio na região do hipolímnio, fator responsável por uma série de problemas na qualidade da água (SPERLING, 1994a, p. 146). No caso da Pampulha, esse parâmetro foi calculado em 1,02%, indicando a ausência desse tipo de problemas na represa como um todo. Entretanto, a compartimentalização observada no reservatório influencia esse tipo de índice. Se calculada somente para a região próxima à barragem, certamente a profundidade relativa aumentará sensivelmente, indicando a possível ocorrência de estratificações ao longo do ano (FIG. 3 a 5).

Entre as intervenções realizadas nos últimos cinco anos na Lagoa da Pampulha destacam-se a dragagem de cerca de $1,8 \times 10^6$ m³ de sedimentos na região próxima à Ilha dos Amores e a consolidação das ilhas de despejos de dragagem em uma só ilha, seguida pela construção do parque ecológico. Junta-se a essas o completo assoreamento da enseada dos córregos Braúnas e Água

Funda. O conjunto desses eventos alterou de modo significativo parâmetros morfométricos do reservatório, como volume e área de espelho d'água. O último levantamento batimétrico realizado no reservatório da Pampulha (CDTN, 2000) indicava um volume total de aproximadamente $8,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (cota de 801,1) na região navegável da represa, composta pela área entre a Ilha dos Amores e a barragem e pelas enseadas dos córregos AABB e Olhos d'Água. As nossas estimativas indicam um aumento de aproximadamente $2,46 \times 10^6 \text{ m}^3$ (28,9 %) no volume da represa entre 1999 e 2007, se consideradas cotas equivalentes, e um aumento real de $1,47 \times 10^6 \text{ m}^3$ (17,25 %), uma vez que houve um rebaixamento de cota de 50 cm nesse período.

Esse ganho de volume é resultado do balanço entre a entrada e a retirada de sedimentos ocorridas nesse período. Quando considerada a entrada anual de sedimentos no reservatório, calculada em aproximadamente $0,48 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ em 1999 (SALIM *et al.*, 2004, p. 8), até o ano de 2007, data do presente estudo, nota-se que o volume esperado diferiu consideravelmente do observado, independente da cota prevalente. A soma desse montante equivale a $3,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ de sedimentos entrando no reservatório no período 1999-2007. Nesse caso, o volume esperado em 2007 seria próximo a $6,25 \times 10^6 \text{ m}^3$ (cota de 800,6) ou a $7,25 \times 10^6 \text{ m}^3$ (cota de 801,1), já que teoricamente houve muito mais entrada do que retirada de sedimentos, ou seja, o valor encontrado foi ainda menor do que o observado em 1999, mesmo com as dragagens realizadas ao longo desses oito anos.

Todavia, observações recentes indicam que o aporte de sedimentos na represa reduziu bruscamente nos últimos anos, devido, entre outros fatores, ao aumento da interceptação de esgotos da bacia de drenagem do reservatório, ao controle de erosão de margens dos principais tributários da represa, à contenção de resíduos sólidos de grande porte – realizada no tratamento preliminar dado às águas dos córregos Ressaca e Sarandi que chegam à Estação de Tratamento de Água Fluvial (ETAF), na região de desembocadura dos referidos córregos, principais afluentes da represa – e à própria atuação da ETAF. Esses e outros fatores certamente influíram na diferença entre o volume esperado e o registrado no reservatório da Pampulha, quando comparados o presente estudo e o realizado em 1999.

Essa discrepância nos parâmetros volumétricos não ocorre com a área de espelho d'água. A área atual (196,84 ha) da superfície da Lagoa da Pampulha é cerca de um terço menor do que na época de sua reinauguração (300 ha, em 1958), resultado levemente inferior ao relatado por CPRM (2001, p. 3), equivalente a 208 ha.

A consolidação da ilha na enseada dos córregos Ressaca e Sarandi e o completo assoreamento da enseada dos córregos Braúnas e Água Funda foram responsáveis pela alteração na área de espelho d'água, como também por alterações em outros parâmetros morfométricos. Uma vez constatado que ambas as enseadas não compõem mais a Lagoa da Pampulha, por não possuir espelho d'água, não há mais por que considerar o entorno delas para efeitos de cálculo de parâmetros morfométricos. Desse modo, a forma que mais condiz com a realidade da Lagoa da Pampulha, cujo perímetro é de 14,89 km, é a que se encontra nas FIG. 2 a 4.

A conformação da bacia do reservatório pode ser evidenciada pelo índice de desenvolvimento de volume (BEZERRA NETO; COELHO, 2002, p. 288). Lagos ou represas que possuam D_v próximo a 1 têm sua bacia com a forma aproximada de um cone (SPERLING, 1999, p. 97). O valor de 0,94 encontrado na Lagoa da Pampulha reflete o contraponto entre uma região mais plana (parte rasa) e outra mais cônica, com maior área (FIG. 5), conseqüentemente exercendo maior influência sobre o índice.

A forma da cavidade do lago também pode ser evidenciada a partir da análise das curvas hipsográficas (BEZERRA NETO; COELHO, 2002, p. 288). O conhecimento das curvas hipsográficas de uma represa é extremamente útil no planejamento de intervenções que exijam rebaixamento do espelho d'água, pois a partir delas é possível calcular áreas e volumes resultantes para diferentes níveis de rebaixamento da linha d'água.

Outro parâmetro interessante é o índice de desenvolvimento de perímetro. Em estudo de Sperling (1994b, p. 74), o desenvolvimento de perímetro foi calculado em 3,7, 21,7% maior do que o atual, estimado em 2,9. Essa mudança indica uma convergência da Lagoa da Pampulha para uma forma menos dendrítica, justificada pela perda das duas enseadas citada anteriormente.

O fator de envolvimento foi outro parâmetro que se alterou em relação ao estudo de Sperling (1994b, p. 76). Naquela época, o índice, que reflete a influência da bacia hidrográfica sobre o reservatório, foi estimado em 37. Entretanto, a perda de espelho d'água nesse período acentuou ainda mais o impacto da bacia de drenagem da Lagoa da Pampulha sobre o reservatório no que se refere ao carreamento de sólidos, alterando o valor do índice para 49,74. Desse modo, ações mitigadoras do problema, como instalação de estações de tratamento de água, tornam-se cruciais.

Conforme se pode perceber, os parâmetros morfométricos apresentados neste trabalho, juntamente com a nova carta batimétrica da Lagoa da Pampulha, constituem uma ferramenta valiosa para promover uma melhor gestão ambiental de um dos cartões-postais mais importantes de Belo Horizonte. O conjunto de mapas batimétricos confeccionados em diferentes datas torna-se útil para a explicação de fenômenos como o assoreamento, possibilitando sua previsão em situações futuras. A correta interpretação dessas informações certamente facilitará o correto manejo do reservatório por parte dos órgãos competentes.

Referências

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá: EDUEM, 2007.
- BANDEIRA, J. V. *Desenvolvimento de técnicas nucleares e correlatas para estudos em hidrologia urbana: aplicações na Bacia Hidrográfica da Pampulha e no Rio das Velhas, MG*. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- BANDEIRA, J. V.; SALIM, L. H. Sedimentos, o desafio da multidisciplinaridade: o caso do assoreamento e dragagem da Represa da Pampulha, Belo Horizonte, MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7., 2006, Porto Alegre (RS). *Anais...* Porto Alegre: ABRH, 2006. p. 1-20.
- BEZERRA NETO, J. F.; COELHO, R. M. P. A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: Lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 2, p. 285-290, 2002.
- CDTN – CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR. *Levantamento eco-batimétrico da lagoa da Pampulha, setembro/1999*: relatório técnico. Belo Horizonte: CDTN/CNEN, 2000.
- CHAMPS, J. R. B. Algumas considerações sobre a situação sanitária da Bacia da Pampulha. In: GODINHO, H. (Ed.). *Anais do Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha*. Belo Horizonte: PBH, 1992. p. 134-142.
- COELHO, R. M. P. Eutrophication effects on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a four years study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology*, London, n. 40, p. 159-174, 1998.
- COELHO, R. M. P. Evolução no grau de eutrofização da Lagoa da Pampulha: comparação de ciclos sazonais de nutrientes (N e P) e organismos planctônicos. In: GODINHO, H. (Ed.). *Anais do Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha*. Belo Horizonte: PBH, 1992. p. 1-14.
- COLE, G. A. *Textbook of limnology*. 4th ed. Prospect Heights, Illinois: Waveland, 1994.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Estudo hidrogeológico da Bacia da Pampulha. In: CPRM. *Projeto Pampulha*. Belo Horizonte: CPRM, 2001. v. 1.
- GIANI, A. Limnology of Pampulha reservoir: some general observations with emphasis on the phytoplankton community. In: COELHO, R. M. P.; GIANI, A.; SPERLING, E. (Ed.). *Ecology and human impacts on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*. Belo Horizonte: SEGRAG, 1994. p. 151-163.
- GIANI, A. *et al.* Ciclo sazonal de parâmetros físico-químicos da água e distribuição horizontal de nitrogênio e fósforo no Reservatório da Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil. *Ciência e Cultura*, Campinas, n. 40, p. 69-77, 1988.
- GOODWIN, K. L. *Dinâmica das populações de Cyanobacteria no reservatório da Pampulha (MG) em duas escalas temporais (sazonal e diurna)*. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.
- KIMMEL, B. L.; LIND, O. T.; PAULSON, G. R. Reservoir primary production. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Ed.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. Somerset, New Jersey: John Wiley & Sons, 1990. p. 133-194.
- OHMEX INSTRUMENTS. *SonarLite Portable Echo Sounder System guide*. Hampshire: Ohmex Instruments, 2004.
- SALIM, L. H. *et al.* Evolução do assoreamento na Represa da Pampulha, Belo Horizonte, MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 6., 2004, Vitória (ES). *Anais...* Vitória: ABRH, 2004. p. 1-10.
- SPERLING, E. Corrective measures for the restoration of Pampulha reservoir. In: COELHO, R. M. P.; GIANI, A.; SPERLING, E. (Ed.). *Ecology and human impacts on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*. Belo Horizonte: SEGRAG, 1994a. p. 141-149.
- SPERLING, E. *Morfologia de lagos e represas*. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999.

- SPERLING, E.
Morphometric features of some lakes and reservoirs in the state of Minas Gerais. In: COELHO, R. M. P.; GIANI, A.; SPERLING, E. (Ed.). *Ecology and human impacts on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*. Belo Horizonte: SEGRAG, 1994b. p. 71-76.
- THORNTON, K. W.
Sedimentary processes. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Ed.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. Somerset, New Jersey: John Wiley & Sons, 1990. p. 43-70.
- TORRES, I. C.
Determinação da influência dos tributários na qualidade de água da Lagoa da Pampulha. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.
- TORRES, I. C.; RESCK, R. P.; COELHO, R. M. P.
Mass balance estimation of nitrogen, carbon, phosphorus and total suspended solids in the urban eutrophic, Pampulha reservoir, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 79-91, 2007.
- TRIMBLE. AgGPS® 124/132 Receiver user guide: revision A. Sunnyvale: Trimble, 2003.