

Parâmetros morfométricos da Lagoa Central (Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais): comparação de duas metodologias.

Ludmila Silva Brighenti^{1*}, Ricardo Motta Pinto-Coelho², José Fernandes Bezerra-Neto² e Alan Vieira Gonzaga²

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Cx. Postal 486, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. ²Laboratório de Gestão Ambiental de Reservatórios Tropicais, Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: ludmilasb@gmail.com

RESUMO. O presente estudo avaliou a precisão de dois protocolos usados para a confecção de uma carta batimétrica para a Lagoa Central (Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais, Brasil). Numa segunda etapa, o estudo estimou todos os parâmetros morfométricos primários e secundários desse ambiente. Finalmente, o estudo avaliou a importância dessas informações na qualidade de água e na ecologia geral do sistema. Os protocolos foram baseados no uso de dois sistemas distintos, usados para o levantamento batimétrico: uma ecossonda Biosonics DT-X (Biosonics Inc.) e um Ecobatímetro SonarLite (Ohmnex Ltda), ambos acoplados a um D-GPS (Differential Global Positioning System) para a obtenção das coordenadas geográficas de cada profundidade medida. A Lagoa Central de Lagoa Santa é um pequeno lago natural, raso ($Z_{\max} < 7,5$ m), com profundidade relativa baixa ($Z_r = 0,5\%$) e formato côncavo. Essas características a tornam menos propensa à formação de estratificação térmica estável e, portanto, menos sensível à formação de gradientes químicos verticais na coluna de água. Essa configuração pode ser vista como um dos fatores principais que impedem o agravamento do processo de eutrofização verificado nesse sistema.

Palavras-chave: batimetria, biosonics, ecobatímetro.

ABSTRACT. Morphometric features of Lagoa Central (Lagoa Santa, Minas Gerais State): comparison of two methodologies. The goal of this study was to verify the utility and accuracy of two tools to obtain a bathymetric chart for Lagoa Central (Lagoa Santa, State of Minas Gerais, Brazil) and also to assess the morphometric parameters of the lake and their implications in the ecology of this system. The tested tools were the Biosonics DT-X (Biosonics Inc.) echosounder and the SonarLite (Ohmnex Ltda) bathymeter, both coupled to a Differential Global Positioning System (DGPS) to obtain the geographic coordinates associated with the depth in each point. Lagoa Central is a small, shallow ($Z_{\max} < 7.5$ m), with low relative depth values ($Z_r = 0.5\%$) and concave. This makes the water body less prone to thermal stratification and more susceptible to eutrophication. Both investigated equipments demonstrated to be suitable for the survey, user-friendly, low-cost and with sub-metric accuracy.

Keywords: bathymetry, biosonics, bathymeter.

Introdução

Morfologia é a ciência que tem por objetivo o estudo da forma de determinado elemento, organismo ou sistema. Sendo assim, a morfometria de um ecossistema lêntico consiste na medição de vários elementos físicos que definem sua forma ou estrutura e envolve, ainda, o estudo de sua origem e da influência da forma sobre as características físicas, químicas e biológicas do ecossistema (SPERLING, 1994, 1999).

A morfometria dos corpos d'água tem efeitos relevantes sobre quase todas as variáveis físicas, químicas e biológicas dos lagos (WETZEL, 1993),

tais como, o balanço de nutrientes, a estabilidade térmica da coluna d'água, a produtividade biológica, o consumo de oxigênio (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2002), a distribuição de organismos e de compostos químicos em suas formas dissolvidas e particuladas (SPERLING, 1999). Além disso, a análise dos dados morfométricos possibilita a avaliação da capacidade de assimilação de impactos decorrentes da entrada de efluentes, das taxas de acumulação e dos padrões de dispersão de poluentes (FANTIN-CRUZ et al., 2008).

O conhecimento dos parâmetros morfométricos é de fundamental importância para que se possa

entender o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. O volume, por exemplo, é essencial para se estimar a capacidade de suporte para a produção de peixes e a área da superfície é um fator determinante para a profundidade da termoclina (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2008). Segundo Resck et al. (2008), as cartas batimétricas constituem importante subsídio para a realização de estudos de evolução de assoreamento. Já Rasmussen et al. (2007) demonstraram que a morfometria do lago pode ser uma variável importante para se modelar o processo de bioacumulação de mercúrio. Logo, o estudo correto da morfometria de ambientes lênticos é essencial para o manejo e monitoramento desses sistemas.

O estudo das dimensões de um lago não é recente, mas sempre foi negligenciado pelos limnólogos por ser, na época, um estudo que demandava um longo tempo para ser executado e exigia pessoal altamente especializado para a sua execução (agrimensores, geógrafos e engenheiros). Esse cenário mudou radicalmente com a evolução dos sistemas digitais de aquisição de dados sobre coordenadas geográficas, com o advento de uma série de programas de georreferenciamento que oferecem interfaces mais amigáveis e com os notáveis avanços tecnológicos na fabricação de ecossondas. Além disso, a base cartográfica pode ser substancialmente melhorada com a disponibilização (em muitos casos gratuitamente) de fotografias aéreas, imagens de satélites etc (SPERLING, 1999). Na última década, a capacidade tecnológica deu um salto ainda maior com o advento do D-GPS (Differential Global Positioning Systems) que permitiu, ao usuário, obter coordenadas geográficas com precisão submétrica. Esses novos sistemas foram especialmente desenhados para uma pronta exportação de seus dados para sistemas de informações geográficas (SIG).

Apesar dos notáveis avanços tecnológicos obtidos nessa área do conhecimento, vários autores relatam que essas novas ferramentas não têm sido empregadas no Brasil do modo como seria esperado. Esse descompasso pode ser explicado, em primeiro lugar, pelo alto custo dos equipamentos e pela falta de pessoal devidamente capacitado a utilizá-lo (SPERLING, 1994; BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2008; FANTIN-CRUZ et al., 2008).

Os estudos sobre as características morfométricas desses ecossistemas e sobre as possíveis relações entre morfologia e qualidade de água são de grande relevância considerando-se, sobretudo, a aplicação imediata dos resultados obtidos no desenvolvimento

de novas estratégias para a recuperação e preservação desse tipo de ecossistema. Dentro desse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar a comparação de dois protocolos para obtenção de parâmetros morfométricos. Pretende-se ainda estimar as principais características morfométricas da Lagoa Central (Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais) e discutir suas implicações na limnologia desse ambiente.

Material e métodos

Área de estudo

A Lagoa Central está localizada no município de Lagoa Santa (Figura 1), região metropolitana de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. A bacia de captação desse lago está situada na área urbana do município que, por sua vez, insere-se na bacia do alto rio das Velhas. Trata-se de uma região formada por planaltos com relevos pouco acentuados, altitude média de 800 m, clima tropical e temperatura média anual de 22°. A Lagoa Central é relativamente recente e foi formada há cerca de 6.100 – 5.000 anos pelo deslizamento de terras, causado por chuvas torrenciais, que obstruiu a água que corria no vale (PARIZZI et al., 1998).

Lagoa Santa faz parte de um dos principais sistemas lacustres do Brasil: o sistema de lagos na região calcária, na região metropolitana de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Sabe-se que a Lagoa Central da cidade de Lagoa Santa era um ecossistema muito rico em diversidade da vida aquática, elevada transparência e baixos índices de nutrientes essenciais, além de grande beleza cênica (BARBOSA et al., 1994). Porém, o aumento indiscriminado do aporte de esgoto, o lançamento de loteamentos mal planejados, o assoreamento e a introdução de espécies exóticas de peixes, principalmente *Tilapia rendalli*, causaram drástica mudança na paisagem natural da lagoa (POMPEU; ALVES, 2003), sendo certa a necessidade de implantação imediata de um programa de recuperação ecológica.

Coleta de Dados

Com o intuito de se comparar duas ferramentas para o levantamento batimétrico de um lago, realizaram-se duas campanhas: uma para a coleta de dados, utilizando o Ecobatímetro SonarLite (Ohmex Ltda.) e outra utilizando a ecossonda Biosonics DT-X (Biosonics Inc.). As duas campanhas na Lagoa Central foram realizadas no período de chuva (outubro/2007 e abril/2008, respectivamente).

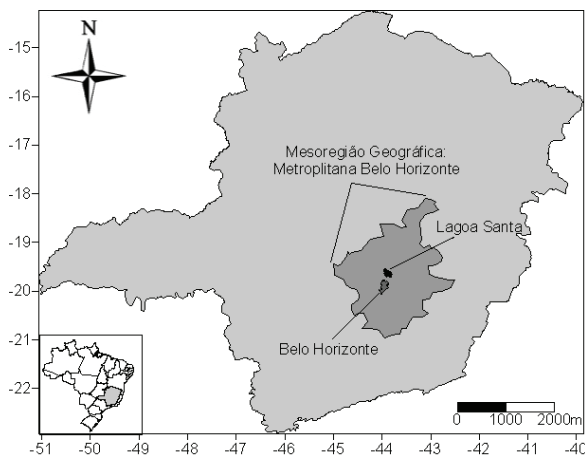


Figura 1. Localização da Lagoa Central, município de Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais.

Biosonics DT-X

A ecossonda Biosonics DT-X é equipada com um transdutor digital split-beam que emite pulsos na frequência de 200 KHz. Esse transdutor foi posicionado verticalmente a uma profundidade de 0,5 m na lateral do barco. A sonda Biosonics foi acoplada a um DGPS (Differential Global Positioning System) AGPS 132 (Trimble Co.), que é capaz de gerar e enviar - via protocolo NMEA - as coordenadas geográficas pós-processadas *in situ* por meio da assinatura do serviço de satélite (OmniSTAR Inc.) juntamente com as profundidades a elas associadas. Os dados coletados foram enviados imediatamente pela própria ecossonda a um laptop, devidamente equipado com um software de aquisição de dados (Visual Acquisition, Biosonics, Inc.) e para o processamento (Visual Bottom Analyzer, Biosonics, Inc) numa frequência de 1 grupo de registros (X, Y e Z) a cada 2 s. Esses equipamentos foram acoplados a um sistema de fornecimento de energia que é composto por uma bateria automotiva (12 V, 54 A) que foi conectada a um conversor para energia alternada (127 V, 10 A) que confere autonomia mínima de 6h de operação em uma embarcação.

Os dados foram obtidos, seguindo-se transectos tomados em sentidos paralelos procurando-se cobrir todo o espelho de água (Figura 2a). Esses transectos foram importados para um GPS 76 (Garmin Ltda.) por meio do programa GPS TrackMaker, versão 13.4 (GPS TrackMaker®). Esse GPS também foi utilizado para se controlar a velocidade do barco, que foi mantida a aproximadamente 8 km h⁻¹, e para a orientação da embarcação no campo. Medidas únicas de profundidade foram feitas onde a navegação não era possível (presença de paliteiros) ou quando a profundidade era menor do que 1 m.

Após o processamento dos dados pelo software Visual Bottom Typer 2.0 (Biosonics Inc.), foi criado um arquivo-texto com dados que incluíam latitude, longitude e profundidade que poderiam ser importados por diferentes tipos de aplicativos de georeferenciamento (SIG). Antes de exportar os dados para os softwares SIG, todas as coordenadas foram transformadas de coordenadas esféricas para coordenadas planas em UTM *datum* (WGS-84). Essa transformação para o *datum* WGS-84 foi feita para que houvesse uniformização das coordenadas, uma vez que as coordenadas obtidas com o Ecobatímetro SonarLite e aquelas obtidas para os pontos-controle pelo D-GPS GTR-A® (TechGeo Ltda.) estavam em UTM *datum* WGS-84.

Ecobatímetro SonarLite

O Ecobatímetro SonarLite (Ohmnex Ltda.) foi acoplado ao DGPS AgGPS 132 (Trimble Co.) com pós-correção de dados *in situ*, via assinatura de satélite (OmniSTAR Inc.). O *datum* e o sistema de coordenadas utilizado foram o WGS-84 e UTM, respectivamente.

A forma de cobertura da superfície do lago foi também diferenciada. A embarcação percorreu o lago com velocidade constante (aproximadamente 8 km h⁻¹), fazendo um caminhamento do tipo zig-zag, de modo a cobrir toda a extensão do corpo d'água (Figura 2b). Para auxiliar nesse percurso e na manutenção da velocidade, foi utilizado um GPS convencional (Garmin 76). Essa diferença na forma de cobertura acarretou uma maior área de cobertura com o Ecobatímetro SonarLite do que com a ecossonda Biosonics DT-X e, portanto, foram coletados mais pontos com o Ecobatímetro SonarLite.

Por meio de uma porta serial (RS32), o SonarLite foi conectado ao computador e as coordenadas X e Y e profundidade foram importadas para um arquivo em formato de texto do tipo ASCII, utilizando-se o software SonarXP® (Ohmnex Ltda.). As diferentes estratégias de cobertura da superfície do lago podem ser vistas na Figura 2.

Um ponto importante para que se possa obter realmente a precisão submétrica das sondagens se refere à consolidação da base cartográfica ou das imagens de satélites usadas para se obter o perímetro da lagoa, que também deve ter precisão submétrica. Isso foi feito com a tomada de uma série de pontos de controle na orla da lagoa. Os dados das coordenadas dos pontos-controle foram obtidos com o D-GPS GTR-A® (TechGeo Ltda.). Eles foram pós-processados e, a seguir, usados para o georeferenciamento do contorno da lagoa, no programa Digger 3.0® (Golden Software Inc.), a partir de imagem de alta resolução obtida por meio do programa Google Earth® (Google Inc.).

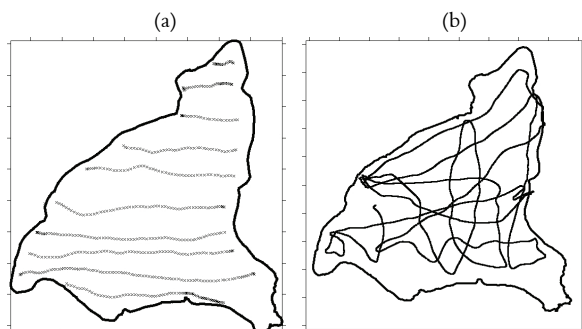


Figura 2. Visualização dos transectos (a) percorridos com a Biosonics DT-X e (b) com o Ecobatímetro SonarLite.

Confeção da carta batimétrica e cálculo de parâmetros morfométricos

A confeção da carta batimétrica e as estimativas dos parâmetros morfométricos foram obtidos por meio dos mesmos procedimentos, descritos logo a seguir. Utilizou-se o Programa Surfer 8.0[®] (Golden Software Inc.) para a confeção da carta batimétrica. Antes de se iniciar a confeção, foram incorporados, na tabela com os dados de coordenadas e profundidades, os dados do contorno da lagoa, para os quais foi atribuída a profundidade zero. Em seguida, foi gerado um mapa isobatimétrico com curvas de igual profundidade (isolinhas) pelo método de interpolação de dados de *kriging*, segundo sub-rotina disponível no Surfer 8.0[®]. Esse método foi escolhido por ser bastante utilizado na área de recursos hídricos (SANTOS; LUCENA, 2005).

A segunda etapa do levantamento batimétrico consistiu na estimativa dos parâmetros morfométricos primários e secundários. A profundidade máxima (Z_m) foi retirada diretamente do banco de dados de campo. O perímetro, o comprimento máximo e a largura máxima foram obtidos por meio de ferramentas do Programa Google Earth[®] (Google Inc.). Volume e área total da superfície foram calculados a partir de sub-rotinas do Programa Surfer. Esse Programa usa três diferentes métodos para estimar o volume do lago: regra trapezoidal, regra de Simpson e regra de Simpson 3/8. Considerou-se a média dos três métodos para o cálculo do volume da Lagoa Central. Para a construção das curvas hipsográficas de acordo com Cole (1994) foram calculados volumes e áreas entre as camadas de profundidade espaçadas de metro em metro. Os parâmetros secundários – profundidade média (\bar{Z}), profundidade relativa (Z_r), índice de desenvolvimento de perímetro (D_p), índice de desenvolvimento de volume (D_v), largura média (L_m) e declividade média (α) – foram estimados de acordo com Wetzel (1993) e Sperling (1999).

Resultados e discussão

Comparação de metodologias

Foi obtido, com a ecossonda DT-X, o total de 1.036 pontos. Já o sonar SonarLite da Ohmex capturou 18.794 pontos. Foi gerado então um mapa isobatimétrico com curvas a cada 1 m de profundidade (Figura 3). De acordo com Cole (1994), a acurácia de cada carta batimétrica é diretamente dependente do número de pontos amostrados. Porém, no presente trabalho, apesar de a diferença entre a quantidade de pontos entre as duas abordagens metodológicas ser de 95%, não houve diferença significativa nos parâmetros morfométricos gerados a partir dos dados obtidos em campo (Tabela 1).

Entre os parâmetros primários, o volume total e a profundidade máxima foram ligeiramente maiores quando estimados com o SonarLite (3 e 6%, respectivamente). Como eles são usados para se calcular alguns parâmetros secundários, essa pequena diferença foi notada entre os valores de outros parâmetros.

Em ambas as campanhas (apesar de terem ocorrido em datas diferentes), a cota altimétrica foi a mesma (aproximadamente 809 m). Sendo assim, a pequena diferença dos valores de alguns parâmetros pode ser pelo número de pontos amostrados com cada ferramenta, as diferenças dos equipamentos (e.g. na biosonics DT-X a velocidade do som na água é calculada de acordo com a temperatura e a salinidade da água do ecossistema no dia da coleta, o que não ocorre no Ecobatímetro SonarLite, que faz o cálculo da profundidade, usando um valor default para a velocidade do som que não pode ser modificado), as diferentes formas de cobertura, ou ainda, a somatória desse conjunto de variáveis.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos da Lagoa Central.

Parâmetros Morfométricos		
	Biosonics DT-X	Ecobatímetro SonarLite
Perímetro (P)*	6.467,20 (m)	
Comprimento Máximo (L_c)*	1.959,76 (m)	
Largura Máxima (W_c)*	1.573,16 (m)	
Índice de Desenvolvimento de Perímetro (D_p)*	1,38	
Volume (V)	$6,8 \times 10^6$ (m ³)	$7,06 \times 10^6$ (m ³)
Área (A)	$1,7 \times 10^6$ (m ²)	$1,7 \times 10^6$ (m ²)
Profundidade Média (\bar{Z})	3,89 (m)	4,03 (m)
Profundidade Relativa (Z_r)	0,50%	0,49%
Índice de Desenvolvimento de Volume (D_v)	1,70	1,66
Largura Média (L_m)	893,5 (m)	893,55 (m)
Declividade Média (α)	0,92%	0,98%
Profundidade Máxima (Z_m)	6,86 (m)	7,30 (m)

*esses parâmetros foram obtidos por meio da imagem de satélite da lagoa, não sendo, portanto, estimados a partir da comparação das duas ferramentas.

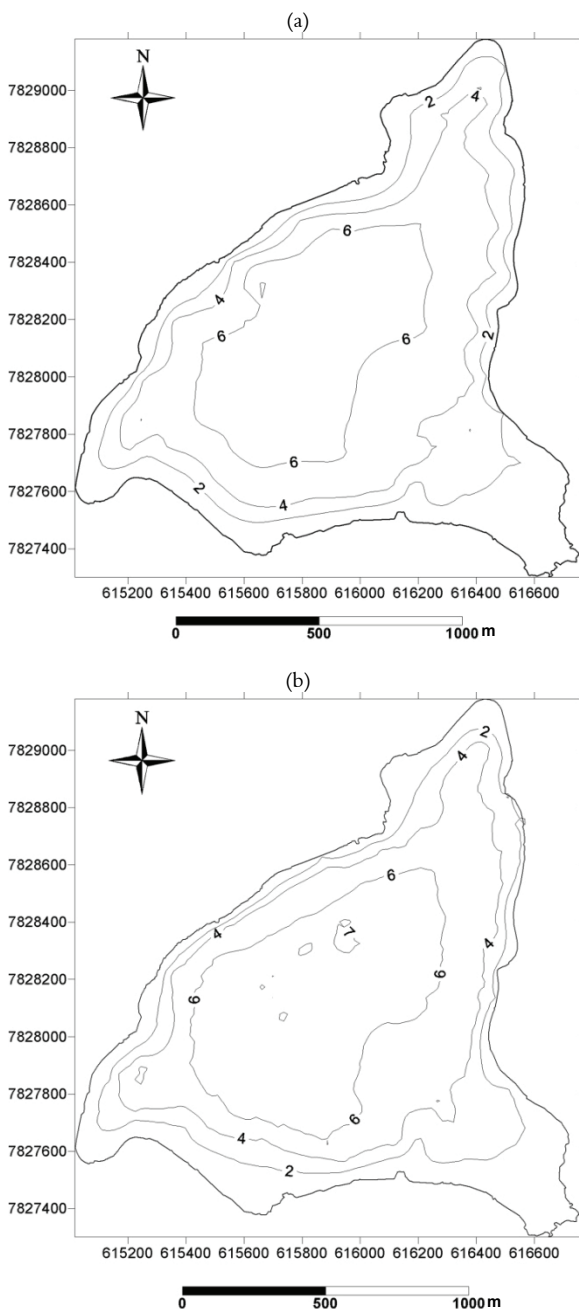


Figura 3. Batimetria da Lagoa Central (a) Biosonics DT-X e (b) Ecobatímetro SonarLite.

Parâmetros morfológicos: avaliação ecológica

A Lagoa Central pode ser classificada como pequena (área $1 - 10^2 \text{ km}^2$ e volume $10^6 - 10^8 \text{ m}^3$) (STRASKRABA, 1999). O relevo do fundo do reservatório, evidenciado pelo mapa batimétrico (Figura 3), apresenta inclinação regular, aumentando da margem para o centro, onde atinge sua profundidade máxima (6,86 - 7,30 m). Nessas figuras, é possível notar com clareza a existência de uma zona onde possivelmente exista um intenso processo de assoreamento (pequeno braço a SE,

onde há grande superfície com profundidades iguais ou menores do que 1,0 m). Segundo informações prestadas pela Secretaria do Meio Ambiente do município de Lagoa Santa, é exatamente nessa região que chega um dos tributários mais poluídos à lagoa, com forte contaminação por esgotos não-tratados bem como com elevada carga de sólidos, durante a estação chuvosa.

A conformação da bacia de um sistema lântico pode ser caracterizada pelo índice de desenvolvimento de volume (D_v) (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2002). No caso da Lagoa Central, o $D_v > 1$ indica o seu formato côncavo, o que acentua ainda mais a exposição desse lago à ação do vento (SPERLING, 1999). Uma visão tridimensional da Lagoa Central (Figura 4) permite boa percepção do formato côncavo da lagoa (em forma de U).

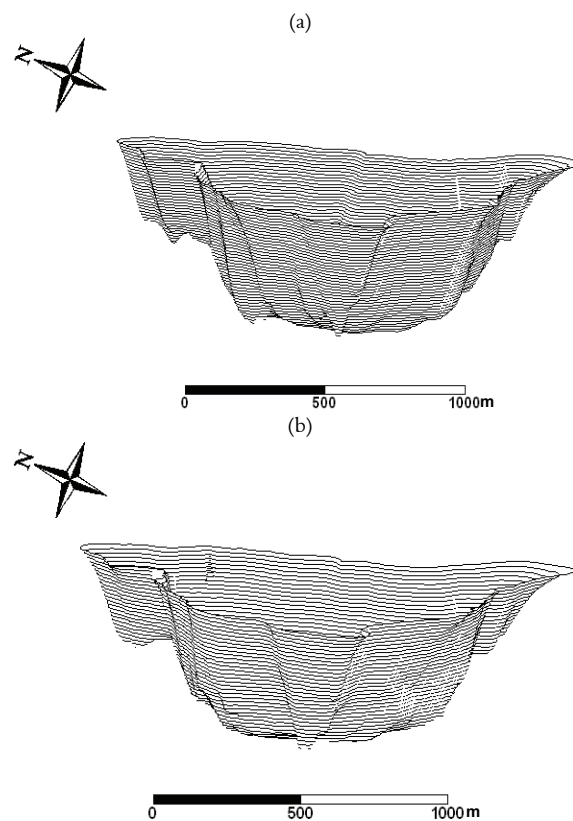


Figura 4. Perfil batimétrico da Lagoa Central em perspectiva 3D (a) Biosonics DT-X e (b) Ecobatímetro SonarLite. A barra de escalas refere-se apenas à dimensão horizontal. A dimensão vertical foi exagerada tendo em vista melhor compreensão da morfometria do lago. Para maiores detalhes sobre a morfometria da lagoa, vide a Tabela 1.

Outra forma de se evidenciar a forma da bacia é através das curvas hipsográficas, profundidade-área e profundidade-volume (Figuras 5 e 6). Essas curvas são importantes nos estudos limnológicos pela

relação entre produtividade biológica e a área e o volume de águas rasas (WETZEL, 1993). Na Lagoa Central, a maior parte da área e do volume (cerca de 80%) se encontra em profundidades menores que 1 m, tendo, assim, a tendência a possuir alta produtividade.

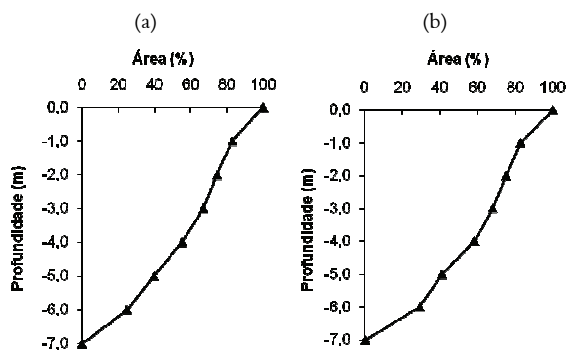


Figura 5. Curvas hipsográficas profundidade-área (a) Biosonics DT-X e (b) Ecobatímetro SonarLite.

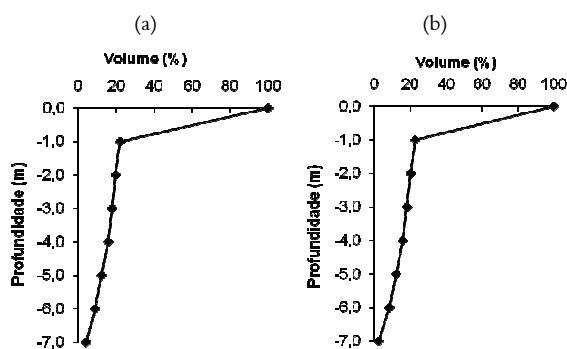


Figura 6. Curvas hipsográficas profundidade-volume (a) Biosonics DT-X e (b) Ecobatímetro SonarLite.

O índice de desenvolvimento do perímetro (D_p) tem interesse considerável porque reflete o potencial de colonização das margens por comunidades litorâneas. Quanto maior o D_p , maior a importância da região litorânea no ecossistema (WETZEL, 1993). Uma vez que as comunidades litorâneas funcionam como assimilador de impactos, lagos irregulares, com comunidade litorânea bem desenvolvida e diversificada, possuem maior resistência à eutrofização e ao assoreamento (SPERLING, 1999). Esse não é o caso da Lagoa Central, que é considerada circular (D_p próximo de 1) e, ainda, possui as margens bem modificadas, sem a presença de vegetação litorânea.

As estimativas dos parâmetros morfométricos para a Lagoa Central neste estudo são de grande importância para gestão ambiental do sistema, fornecendo informações capazes de direcionar as ações dos gestores, tais como, a baixa profundidade

média e o índice de desenvolvimento de volume estimado, que são características que impedem o estabelecimento de gradientes químicos muito estáveis ou uma elevada compartimentação da lagoa. Nesse sentido, os valores dessas variáveis obtidos neste estudo sugerem que eles sejam importantes para a manutenção de boa qualidade de água mesmo em condições de intenso aporte de matéria orgânica, sedimentos e nutrientes que possivelmente chegam hoje ao lago. No entanto, a ausência de conexões com outros corpos d'água e o seu volume relativamente reduzido são condições que podem agravar o quadro de eutrofização do sistema. Assim, pode-se generalizar que a Lagoa Central possui tendência à instabilidade física e que essa instabilidade tem impedido que o lago sofra rápida degradação ecológica como é observado em sistemas urbanos similares do ponto de vista de comprometimento de bacia, mas que possuem outra morfometria (ex: represa da Pampulha). Por outro lado, a simplicidade da morfometria do ambiente em questão (veja, por exemplo, o valor de D_p que é de apenas 1,38, enquanto que no Lago D. Helvécio, que é dentrítico, o valor de D_p é de 4,61) sugere que o sistema possui baixa resistência a impactos externos. Uma interferência alóctone, tal como a entrada de uma fonte poluidora, pode rapidamente propagar-se para toda a massa de água. O baixo valor de D_p aliado à baixa profundidade média (3,9-4,0 m) também sugerem que os padrões espaço-temporais, caso existam, sejam pouco expressivos e facilmente anulados por ação dos ventos mesmo que sejam muito fracos.

Conclusão

O presente estudo foi capaz de mostrar que ambas as ferramentas (ecossonda Biosonics DT-X e Ecobatímetro SonarLite) são úteis no levantamento da morfometria de corpos lenticos e providenciam resultados muito similares para os diversos parâmetros. A ecossonda é um equipamento que permite mudanças na configuração de coletas de dados (velocidade do som, profundidade máxima de estudo), podendo ser adequado a diferentes situações e diferentes ecossistemas. Além de poder ser utilizada para estudos da ictiofauna e de populações de macrófitas submersas. No entanto, o ecobatímetro é uma ferramenta mais simples, de utilização mais fácil no campo (não exige o acompanhamento de um computador portátil, por exemplo) e tem o custo de aquisição menor.

Com base nos parâmetros morfométricos apresentados, os autores sugerem aos gestores

municipais que seja feito o monitoramento periódico das regiões mais rasas da lagoa com vistas ao possível processo de assoreamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Prefeitura de Lagoa Santa e, especialmente, à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, pelo apoio ao estudo na Lagoa Central. Aos convênios 8713 – Delimitação (a) 8713 – Delimitação dos Parques Aquícolas nos Reservatórios de Furnas e Três Marias SECTES/SEAP/Fundep e (b) 10195 – Hidroacústica em lagos e reservatórios de Minas Gerais – Fapemig/Fundep, pelo apoio na aquisição das sondas essenciais ao desenvolvimento deste estudo. Ao convênio 3443-14 – Curso a distância Fundamentos em Ecologia e Gestão Ambiental, pela aquisição dos aparelhos de GPS e pelo auxílio financeiro à bolsista Ludmila Brighenti. E à Fapemig, pela concessão da bolsa de PD ao Dr. José Fernandes Bezerra Neto.

Referências

BARBOSA, F. A. R.; RYLANDS, A. B.; OLIVEIRA, S. J. Drastic decrease in algal diversity caused by human impact on an urban lake in south-east Brazil. **Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 25, n. 2, p. 939-941, 1994.

BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M. A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 24, n. 2, p. 285-290, 2002.

BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M. New morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais: utilization of advanced methodology for bathymetric mapping. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 2, p. 117-130, 2008.

COLE, G. A. **Textbook of limnology**. 4th ed. Illinois: Waveland Press, 1994.

FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.; GIRARDI, P. Caracterização morfométrica e suas implicações na limnologia de lagoas do Pantanal Norte. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 2, p. 133-140, 2008.

PARIZZI, M. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; KOHLER, H. C. Geneses and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. **The Holocene**, v. 8, n. 3, p. 311-321, 1998.

POMPEU, P. S.; ALVES, C. B. M. Local fish extinction in a small tropical lake in Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 1, n. 2, p. 133-135, 2003.

RASMUSSEN, P. W.; SCHRANK, C. S.; CAMPFIELD, P. A. Temporal trends of mercury concentrations in Wisconsin walleye (*Sander vitreus*), 1982-2005. **Ecotoxicology**, v. 16, n. 8, p. 541-550, 2007.

RESCK, R. P.; BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M. Nova batimetria e uma avaliação ecológica de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). **Geografias**, v. 3, n. 2, p. 10, 2008.

SANTOS, N. C. F.; LUCENA, L. R. F. **Levantamento batimétrico automatizado das lagoas do Jiqui e Pium, litoral sul de Natal-RN**: uma alternativa viável na avaliação de reservas hídricas superficiais. Natal: Emparn, 2005.

SPERLING, E. V. **Morfologia e lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999.

SPERLING, E. V. Morphometric features of some lakes and reservoirs in the state of Minas Gerais. In: PINTO-COELHO, R. M.; GIANI, A.; VON SPERLING, E. (Ed.). **Ecology and human impact in lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies**. Belo Horizonte: Segrac, 1994. p. 71-76.

STRASKRABA, M. Retention time 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, 1999. p. 385-409.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste, 1993.

Received on October 23, 2008.

Accepted on August 3, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.