

# PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DOS RESERVATÓRIOS SANTA CRUZ E UMARI, SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

Rodrigo Sávio Teixeira de MOURA<sup>1</sup>; Rafson Varela dos SANTOS<sup>1</sup>; Yuri Vinicius de Andrade LOPES<sup>1</sup>; Gustavo Gonzaga HENRY-SILVA<sup>2</sup>

## RESUMO

Objetivou-se caracterizar a morfometria dos reservatórios Santa Cruz e Umari, semiárido do Rio Grande do Norte. O levantamento foi realizado em dezembro de 2012, com auxílio de ecobatímetro acoplado a DGPS. A navegação seguiu linhas perpendiculares à margem dos reservatórios em curvas equidistantes de 400 m. A batimetria em Santa Cruz adquiriu um total de 35.971 pares de pontos e em Umari, 26.575. O reservatório Santa Cruz apresentou 15.984 m de comprimento máximo, 13 m de profundidade média e 38 m de profundidade máxima. Já Umari apresentou, para esses mesmos parâmetros, 14.227 m, 8 m e 28 m, respectivamente. O volume total de armazenamento em Santa Cruz foi de 295.858.761 m<sup>3</sup> e em Umari foi igual a 114.866.034 m<sup>3</sup>. Embora com menor volume, Umari apresentou maior perímetro, igual a 110.887 m. As curvas hipsométricas revelaram que em Umari existe um maior volume de água em profundidades baixas, facilitando a entrada de luz e oferecendo maior suporte à produtividade biológica, quando comparado com Santa Cruz. Os maiores valores de Fetch e os menores de profundidade foram encontrados em Umari, o que acarreta possivelmente em uma maior ressuspensão do sedimento neste reservatório, podendo ocasionar maiores cargas de nutrientes. Uma maior proporção de litoral em Umari favorece ainda a colonização das margens por comunidades vegetais. Os reservatórios, em especial Umari, apresentaram profundidade relativa baixa, fator que favorece uma possível instabilidade térmica e, conseqüentemente, uma maior mistura das massas de águas, facilitada pela ação dos ventos.

**Palavras chave:** reservatórios; mapeamento batimétrico; morfometria; semiárido

## MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SANTA CRUZ AND UMARI RESERVOIRS, RIO GRANDE DO NORTE SEMIARID, BRAZIL

### ABSTRACT

This study aimed to describe the morphology of Santa Cruz and Umari reservoirs, semiarid region of Rio Grande do Norte. The survey was conducted in December 2012, with aid of an echo sounder coupled with DGPS. The navigation went in lines perpendicular to the coast of the reservoirs. The bathymetry in Santa Cruz was based on a total of 35,971 pairs of points and in Umari, 26,575. The Santa Cruz reservoir had 15,984 m in length, 13 m average depth and maximum depth of 38 m. Umari presented for these same parameters 14,227 m, 8 m and 28 m, respectively. The total water volume recorded for Santa Cruz was 295,858,761 m<sup>3</sup> and for Umari 114,866,034 m<sup>3</sup>. Although with lower volume, Umari showed greater perimeter 110,887 m. The hipsometric curves show that in Umari there is an increased volume of water at low depths, facilitating the entry of light and providing greater support to the biological productivity, compared with Santa Cruz. The highest values of Fetch and the smallest depth were found in Umari, which possibly leads to increased sediment resuspension in this reservoir, which can cause higher loads of nutrients. A higher proportion of coastline in Umari favor the colonization of the margins by plant communities. The reservoirs in particular Umari, showed low relative depths, a possible factor that increases thermal instability and hence greater mixing of the water masses, facilitated by the wind.

**Keywords:** reservoirs; bathymetric mapping; morphometrics; semi-arid

---

**Artigo Científico:** Recebido em 18/09/2014 – Aprovado em 15/06/2015

<sup>1</sup> Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva - CEP: 59.625-900 - Mossoró - RN - Brasil. e-mail: savio.wv@gmail.com (autor correspondente); rafsonsousa@hotmail.com; yuriandrade\_@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). e-mail: gustavo@ufersa.edu.br

## INTRODUÇÃO

Os estudos das características morfológicas e morfométricas dos reservatórios contribuem para o entendimento do funcionamento desses ecossistemas aquáticos (VON SPERLING, 1999), uma vez que auxilia na compreensão da dinâmica entre as variáveis limnológicas físicas, químicas e biológicas, além de ser uma importante base de dados para subsidiar as instituições gestoras na tomada de decisão sobre o uso ordenado dessas reservas (WETZEL, 2001; RESCK *et al.*, 2007).

Esses estudos tornaram-se mais confiáveis com o advento da tecnologia "Differential Global Positioning Systems" (D-GPS), a qual tem permitido obter pontos amostrados com precisão submétrica (VON SPERLING, 1999; BRIGHENTI *et al.*, 2011). Essa tecnologia possibilita a obtenção de uma grande quantidade de pontos de amostragem que favorece a criação de cartas batimétricas bem detalhadas e com parâmetros morfométricos mais precisos (BEZERRA-NETO e PINTO-COELHO, 2008). Segundo COLE (1994), a precisão das cartas batimétricas está diretamente relacionada ao número de pontos amostrados.

A partir das cartas batimétricas pode-se obter parâmetros morfométricos primários, como o comprimento máximo, a área, o volume e a profundidade máxima, e parâmetros morfométricos secundários, como a profundidade média, a profundidade relativa e o tempo de residência (HAKANSON, 1981). As batimetrias são estratégicas do ponto de vista de monitorar e comparar dados iniciais da construção dos reservatórios a dados recentes, tendo em vista o tempo de vida útil dos reservatórios sofrer variação de acordo com as suas características morfológicas, morfométricas e do processo de assoreamento, o qual modifica o relevo dos reservatórios ao longo dos anos, podendo reduzir a capacidade de armazenamento inicial e, conseqüentemente, o direcionamento dos usos múltiplos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a morfometria dos reservatórios Santa Cruz e Umari - RN.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

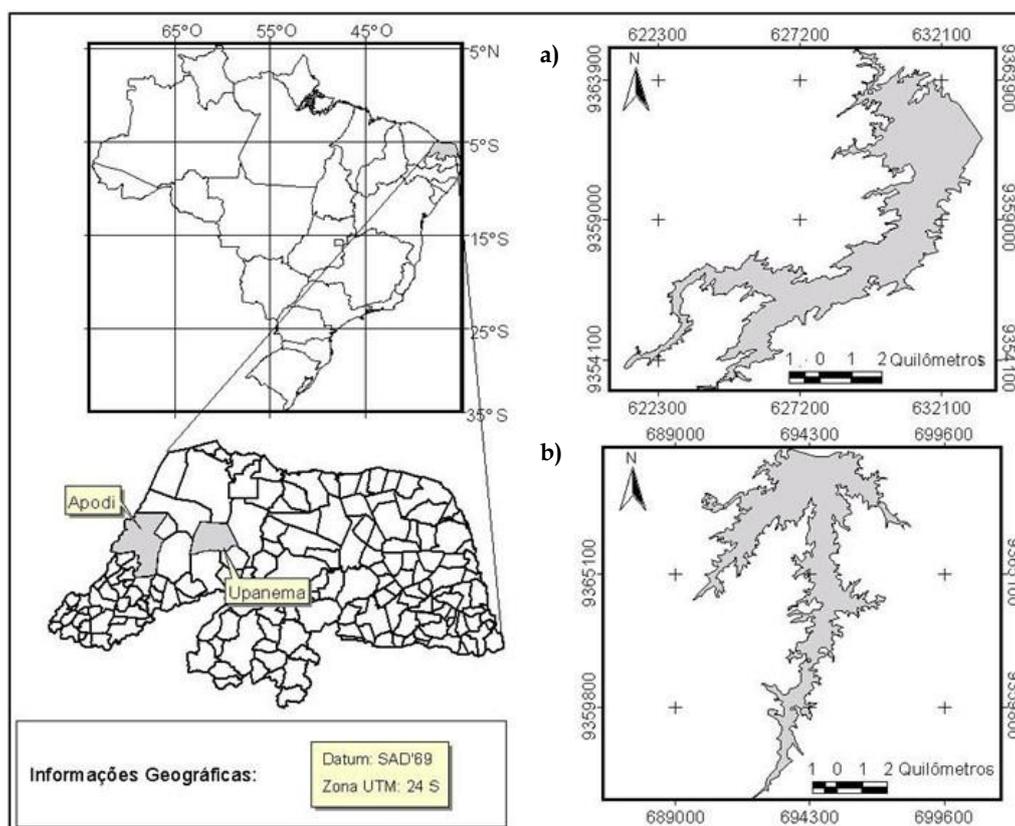
O reservatório Santa Cruz, localizado no município de Apodi - RN (05°46'13,27''S e 37°48'33,01''O), é formado pelo barramento do rio Apodi/Mossoró com uma bacia hidrográfica de 4.264,00 km<sup>2</sup> (ANA, 2007). Inaugurado no ano de 2002, a capacidade de armazenamento é de 599.712.000 m<sup>3</sup> de água, sendo o segundo maior reservatório do Rio Grande do Norte (Figura 1a).

O reservatório Umari, localizado no município de Upanema - RN (05°42'04,24''S e 37°14'34,28''O), é formado pelo barramento do rio do Carmo e possui uma bacia hidrográfica de 1.533,00 km<sup>2</sup> (ANA, 2007). A capacidade de armazenamento é de 292.812.650,00 m<sup>3</sup> de água, sendo o terceiro maior do Rio Grande do Norte, também inaugurado no ano de 2002 (Figura 1b).

O clima da região é tropical quente e semiárido. A temperatura média anual é de 28,5 °C, com mínima de 22,0 °C e máxima de 35,0 °C. A precipitação média anual na região é de 772 mm, registrando-se uma distribuição irregular durante o ano (ANA, 2007).

### Delineamento

A coleta dos dados batimétricos no reservatório Umari foi realizada nos dias 16 e 17 de dezembro de 2012 e no reservatório Santa Cruz, nos dias 19, 20 e 21 de dezembro do mesmo ano. O levantamento batimétrico foi realizado com o auxílio de um ecobatímetro Hydrotrac II (TELEDYNE) acoplado a um DGPS GTR-G<sup>2</sup> (TECH GEO). O datum horizontal utilizado foi o WGS 84 com projeção UTM, zona 24S. O transdutor do ecobatímetro e a antena do GPS foram fixados nas extremidades opostas de uma mesma haste, na popa da embarcação. O deslocamento seguiu linhas perpendiculares à margem dos reservatórios Santa Cruz e Umari, com velocidade média de 5 km h<sup>-1</sup>. Um GPS de mão Garmin Etrex (Garmin Ltd.) foi utilizado para direcionar o deslocamento durante a navegação. As regiões dos reservatórios com profundidades inviáveis à navegação tiveram medidas pontuais realizadas, visando a composição da malha de dados.



**Figura 1.** Localização geográfica dos reservatórios: a) Santa Cruz ( $05^{\circ}46'13,27''S$  e  $37^{\circ}48'33,01''O$ ) e b) Umari ( $05^{\circ}42'04,24''S$  e  $37^{\circ}14'34,28''O$ ), nos respectivos municípios de Apodi e Upanema, Rio Grande do Norte, Brasil.

Para confecção do mapa batimétrico foi utilizado o programa Surfer 10.0® (Golden Software Inc.), através da rotina de interpolação, sendo usado o método da “krigagem” (kriging). A linha de margem foi digitalizada por meio do programa SPRING 5.2.3 (INPE), por meio de classificação supervisionada de imagens de satélite dos reservatórios, obtida no catálogo de imagens do INPE, para as épocas correspondentes à aquisição de dados. Antes da digitalização da margem, a imagem dos reservatórios foi novamente georreferenciada, utilizando-se, ao menos, seis pontos de controle.

O perímetro foi calculado por meio do programa SPRING. Volume e área total da superfície foram calculados a partir de sub-rotinas do programa Surfer. Para o cálculo do volume de ambos os reservatórios considerou-se a média de três métodos distintos (regra trapezoidal, regra de Simpson e regra de Simpson 3/8). Também em ambiente Surfer foram calculados volumes e

áreas entre as camadas de profundidade, espaçadas 2 m entre si, possibilitando a confecção das curvas hipsométricas profundidade-área e profundidade-volume de cada reservatório (COLE, 1994).

O levantamento batimétrico para o reservatório Santa Cruz compreendeu um total de 35.971 pontos com profundidade e precisão submétrica, enquanto que o levantamento em Umari abrangeu um total de 26.575 pontos. A partir desse levantamento, foram calculados os seguintes parâmetros morfométricos primários: Profundidade Máxima ( $Z_{max}$ ), Perímetro (PL), Comprimento Máximo ( $C_{max}$ ), Largura Máxima ( $L_{max}$ ), Área Superficial (A), Volume Total (V); bem como os parâmetros secundários: Profundidade Média ( $Z_{med}$ ), Profundidade Relativa ( $Z_{rel}$ ), Índice de Desenvolvimento de Margem (IDM), Proporção de Litoral (PL) e Fetch (F). Estes parâmetros foram calculados de acordo com VON SPERLING (1999) (Quadro 1).

**Quadro 1.** Parâmetros utilizados e suas respectivas fórmulas de cálculo (quando aplicável).

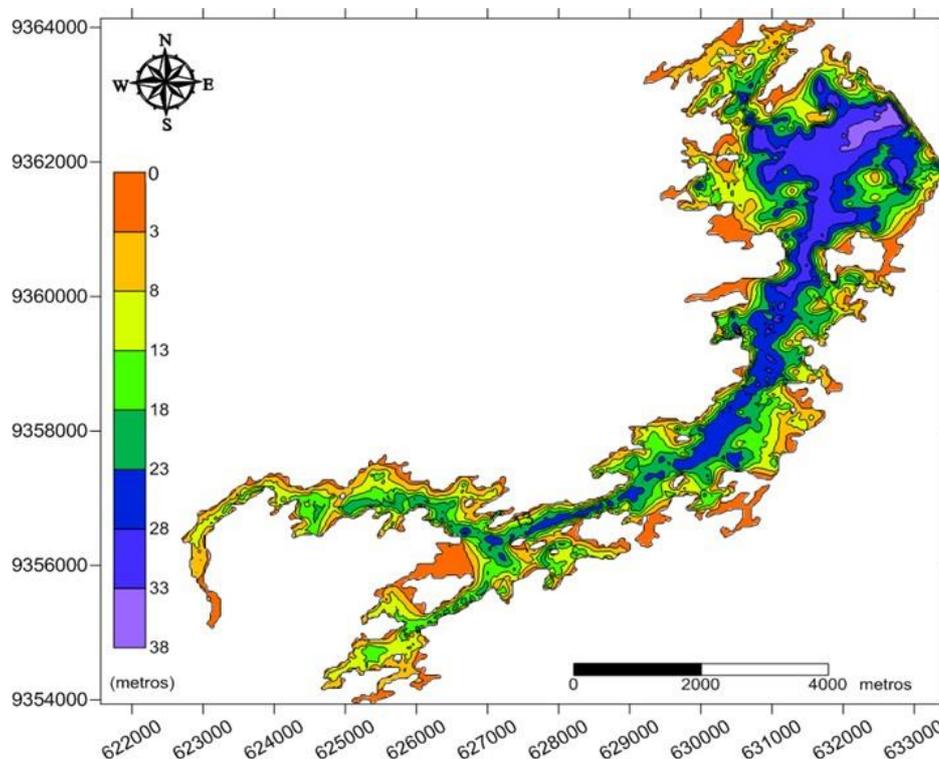
Parâmetro	Equação
Área Superficial (A)	--
Comprimento Máximo (Cmax)	--
Fetch (F)	--
Índice de Desenvolvimento de Margem (IDM)	$PL / \{2 \times [\sqrt{(\pi \times A)}]\}$
Largura Máxima (Lmax)	--
Perímetro (PL)	--
Profundidade Máxima (Zmax)	--
Profundidade Média (Zmed)	Média de todas as profundidades
Profundidade Relativa (Zrel)	$(88,8 \times Zmax) / \sqrt{A}$
Proporção de litoral (PL)	Porcentagem da área até 5 metros de profundidade
Tempo de residência atual	$(V / \text{Vazão}) / 86400$
Volume (V)	--

-- = Valores calculados via software.

## RESULTADOS

O relevo batimétrico do reservatório Santa Cruz evidenciou que a porção com maior profundidade está localizada junto à barragem ( $\pm 38$  m), com o corpo central do reservatório apresentando profundidades menores, principalmente entre 23 e 33 m. A maioria das

baías e reentrâncias apresentou profundidade até 8 m. O braço secundário foi relativamente raso, com profundidades entre 3 e 13 m. Uma pequena porção do reservatório, próximo à área de influência do rio Apodi/Mossoró, apresentou profundidades menores que 3 m (Figura 2).

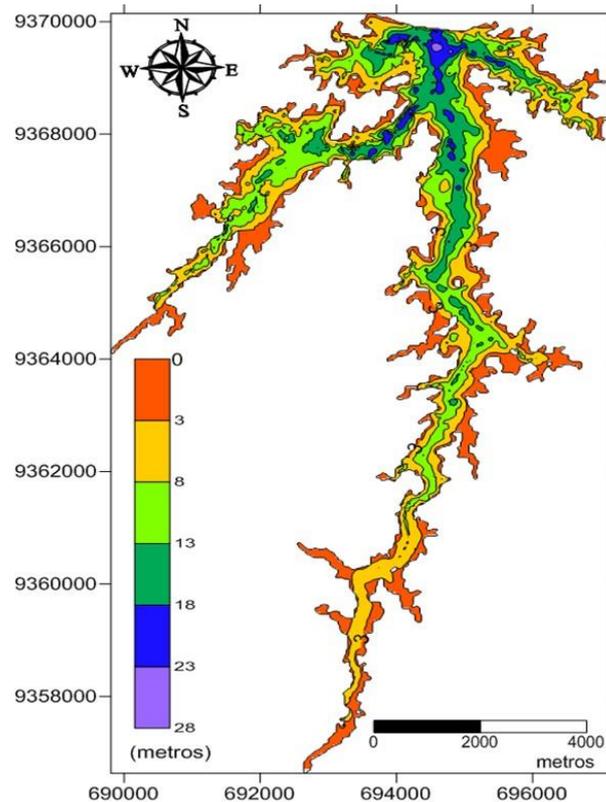


**Figura 2.** Mapa batimétrico do reservatório Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. Equidistância entre curvas de 400 m.

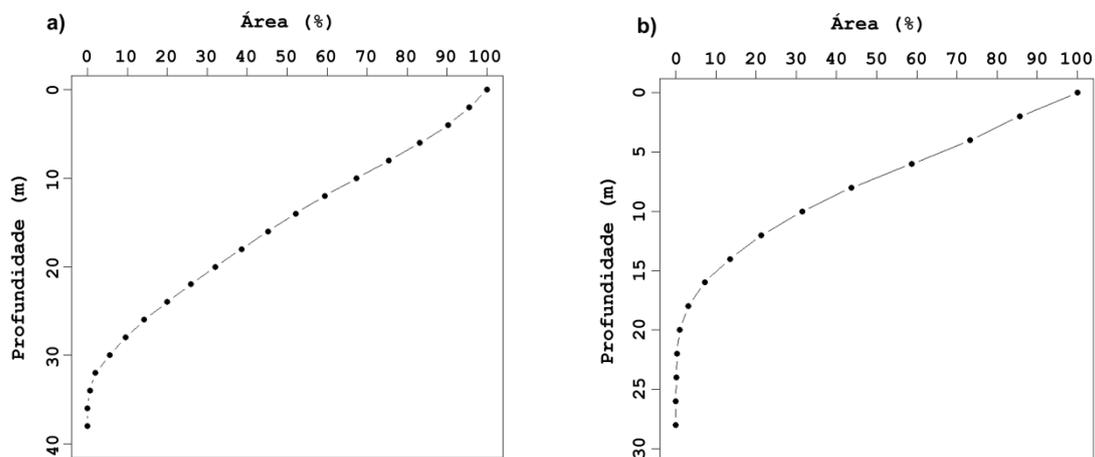
O relevo batimétrico do reservatório Umari evidenciou uma porção mais profunda localizada junto à barragem ( $\pm 28$  m). Profundidades maiores que 18 m foram encontradas ainda no corpo central do reservatório em regiões mais próximas da barragem. Os braços secundários foram relativamente rasos, com profundidades variando entre 3 e 13 m, sendo que a maioria das baías e reentrâncias, juntamente com várias áreas do braço

principal do reservatório, apresentaram profundidades até 3 m, principalmente quando o canal se aproxima da área de influência do rio do Carmo (Figura 3).

As curvas hipsométricas profundidade-área revelaram que 75% da área em Santa Cruz apresentou profundidade com até 10 m, enquanto que em Umari, 75% de sua área esteve até 6 m de profundidade (Figura 4).



**Figura 3.** Mapa batimétrico do reservatório Umari, Rio Grande do Norte, Brasil. Equidistância entre curvas de 400 m.



**Figura 4.** Curvas hipsométricas profundidade-área dos reservatórios (a) Santa Cruz e (b) Umari.

As curvas hipsométricas profundidade-volume revelaram que 75% do volume de Santa Cruz esteve até 12 m de profundidade, enquanto que em Umari, 75% de seu volume encontrou-se

em até 8 m de profundidade (Figura 5).

Os parâmetros morfométricos primários e secundários de Santa Cruz e de Umari estão descritos na Tabela 1.

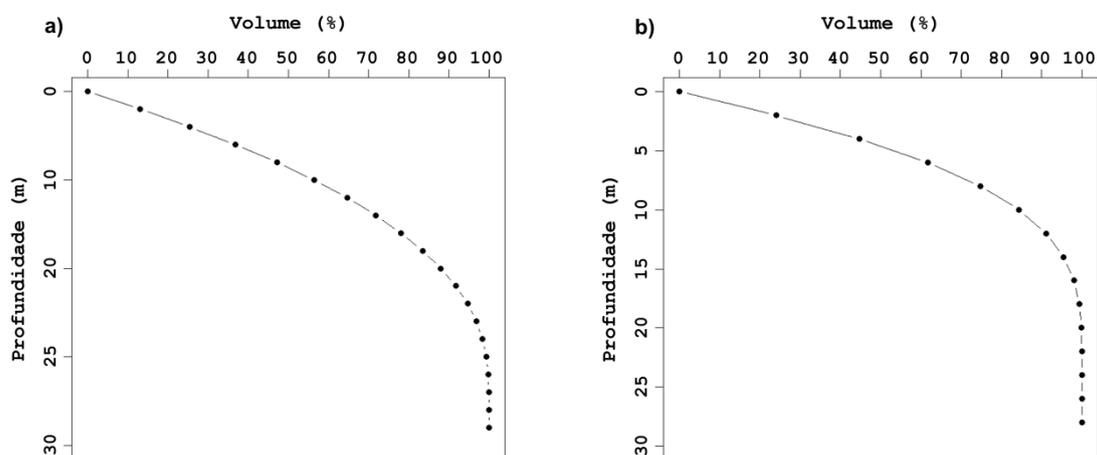


Figura 5. Curvas hipsométricas profundidade-volume dos reservatórios (a) Santa Cruz e (b) Umari.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos calculados para os reservatórios Santa Cruz e Umari.

Parâmetro	Reservatório	
	Santa Cruz	Umari
Área Superficial (m <sup>2</sup> )	18.983.598,00	14.658.108,00
Comprimento Máximo (m)	15.984,10	14.227,65
Fetch (m)	6.487,19	6.585,64
Índice de Desenvolvimento de Margem	6,14	8,17
Largura Máxima (m)	4.158,31	3.424,20
Perímetro (m)	94.835,30	110.887,26
Profundidade Máxima (m)	37,97	27,01
Profundidade Média (m)	13,51	8,18
Profundidade Relativa (%)	0,77	0,63
Proporção de litoral (%)	13,02	33,78
Tempo de residência atual (dias)	3.424,29	1.329,47
Volume (m <sup>3</sup> )	295.858.761,00	114.866.034,00

## DISCUSSÃO

A avaliação das curvas hipsométricas profundidade-volume e profundidade-área são importantes nos estudos limnológicos devido à relação entre produtividade biológica, área e volume dos ambientes aquáticos (WETZEL, 1993). Estudos na lagoa Central-MG revelaram que 80% do volume e da área encontravam-se abaixo de um metro de profundidade favorecendo a alta produtividade biológica deste ambiente

(BRIGHENTI *et al.*, 2011). Nesse sentido, provavelmente o reservatório Umari oferece um maior suporte à produtividade biológica quando comparado a Santa Cruz, uma vez que um maior volume do reservatório em baixas profundidades favorece a entrada de luz e, conseqüentemente, a produção biológica.

Os menores valores de profundidades máxima e média e o maior valor do Fetch foram mensurados no reservatório Umari. Em ambientes

continentais o vento é a principal força de circulação e perturbação na superfície da água, promovendo movimentos internos nas massas de água em diferentes profundidades, gerando tensões de cisalhamento e originando ressuspensão de sedimentos (MARQUES *et al.*, 2013). KIMMEL *et al.* (1990) afirmam que valores reduzidos de profundidade máxima e média contribuem para maior ressuspensão do sedimento do fundo, por sofrer maior influência do vento sobre as massas de água, atuando como uma carga extra de nutrientes para a biota aquática. RESCK *et al.* (2007), estudando o reservatório da Pampulha (MG), evidenciaram que as áreas mais propícias a ressuspensão do sedimento e com maior produtividade biológica estavam relacionadas aos menores valores de profundidades. Desta forma, sugere-se que no reservatório Umari existe um favorecimento da ressuspensão de partículas sólidas e de nutrientes oriundos do sedimento, especialmente em regiões mais rasas do corpo d'água. Essa característica provavelmente influencia nos valores de algumas variáveis limnológicas como os níveis de compostos nitrogenados e fosfatados dissolvidos e em suspensão. Este enriquecimento da coluna de água pela ressuspensão do sedimento e menores profundidades (permitindo entrada de luz até camadas mais profundas) sugere que o reservatório Umari oferece maior suporte à comunidade biológica quando comparado com Santa Cruz.

O maior perímetro encontrado no reservatório Umari ocorreu em virtude da presença de margens mais irregulares (dendríticas) demonstrado pelo maior Índice de Desenvolvimento de Margem (8,17 e 6,14 para Umari e Santa Cruz, respectivamente), característica que também contribuiu para uma maior porcentagem de áreas rasas (litoral) neste reservatório. O Índice de Desenvolvimento de Margem indica o potencial de colonização das margens por comunidades litorâneas (WETZEL, 1993). Desta forma, supõe-se que o reservatório Umari, por apresentar maior perímetro e índice de desenvolvimento de margem (110.887,26 m e 8,17, respectivamente), tenha suas margens mais propícias a colonização de comunidades de vegetais e de animais aquáticos, em relação à Santa Cruz.

A maior proporção de litoral foi registrada no reservatório Umari. De acordo com VON SPERLING (1994), a proporção de litoral relaciona a área da bacia de drenagem com a área total do sistema aquático, onde o registro de valor elevado desse parâmetro indica que grandes quantidades de materiais sólidos e nutrientes podem ser carregadas, o que intensifica o processo de assoreamento e eutrofização dos corpos aquáticos. Sendo assim, de acordo com os valores registrados, sugere-se que Umari está mais susceptível a sofrer influência dos impactos antropogênicos da sua bacia de drenagem do que Santa Cruz.

No entanto, é interessante ressaltar que os valores de proporção de litoral registrados em Santa Cruz e Umari foram menores quando comparado aos encontrados nos reservatórios do Nado, Vargem das Flores e da Pampulha localizados no estado de Minas Gerais (BEZERRA-NETO e PINTO-COELHO, 2002; RESCK *et al.*, 2007; SANTOS, 2012). Essa informação denota que os reservatórios Santa Cruz e Umari certamente sofrem menor influência de fenômenos de origem antropogênica que os reservatórios supracitados, sugerindo uma maior preservação de suas bacias de drenagem.

O menor valor da profundidade relativa (0,63%) foi encontrado no reservatório Umari. VON SPERLING (1997) afirma que profundidade relativa com valor menor que 1% é considerada baixa. Esse mesmo autor menciona, ainda, que baixa profundidade relativa é uma característica comum em lagos e reservatórios brasileiros, sobretudo, naqueles situados na região nordeste. Esta informação é importante, uma vez que a profundidade relativa pode influenciar na estabilidade térmica em reservatórios (COLE, 1983). Ambientes termicamente estáveis são aqueles em que não ocorre uma mistura da coluna de água, ficando a energia solar, na forma de calor, acumulada principalmente na camada superior, o que resulta na existência de camadas de água com diferentes temperaturas e, conseqüentemente, diferentes densidades, criando uma barreira física para a mistura dessas camadas. A radiação solar incidente na superfície é difundida lentamente para maiores profundidades e a capacidade deste calor se dissipar por toda coluna de água depende,

entre outros, de fatores morfológicos como área superficial e profundidade máxima do reservatório (FERREIRA e CUNHA, 2013).

Certos ecossistemas aquáticos são termicamente instáveis. O reservatório de Vargem das Flores (MG) foi relatado como altamente instável termicamente, e esta condição foi principalmente relacionada aos reduzidos valores de profundidade máxima, média e relativa desse corpo hídrico (SANTOS, 2012). Por outro lado, estudo realizado no reservatório do Nado (MG), associou a alta estabilidade térmica ao valor elevado da profundidade relativa (5,5%) e aos menores valores da largura, comprimento máximo e área superficial (BEZERRA-NETO e PINTO-COELHO, 2002). Com base no presente estudo, acredita-se que o reservatório Umari apresente maior instabilidade térmica em relação à Santa Cruz devido a sua menor profundidade relativa, apresentando, como consequência, um maior potencial de mistura das massas de água ao longo da coluna d'água, facilitada pela menor propensão a formar camadas de água distintas.

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, sob alguns aspectos morfológicos, como Fetch, largura média e comprimento máximo, ambos os reservatórios são semelhantes. Por outro lado, aspectos como tempo de residência, proporção de litoral, profundidade relativa e índice de desenvolvimento de margem indicam que os reservatórios estudados são distintos. Estas informações vêm a ser de grande valia quando do planejamento dos usos múltiplos para estes reservatórios e no entendimento de sua morfologia e dinâmica.

## REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas. 2007 *Boletim de monitoramento dos reservatórios do nordeste do Brasil*. Superintendência de Usos Múltiplos. Brasília: Agência Nacional de Águas. 23p.
- BEZERRA NETO, J.F. e COELHO, R.M.P. 2002 A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: Lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum*, 24(2): 285-290.
- BEZERRA-NETO, J.F. e PINTO-COELHO, R.M. 2008 Morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais, Brazil: a re-evaluation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(2): 117-130.
- BRIGHENTI, L.S.; PINTO-COELHO, R.M.; BEZERRA-NETO, J.F.; GONZAGA, A.V. 2011 Parâmetros morfométricos da Lagoa Central (Lagoa Santa, Estado de Minas Gerais): comparação de duas metodologias. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, 33(3): 281-287.
- COLE, G.A. 1983 *Textbook of Limnology*. Saint Louis: C.V. Mosby C.O. 401p.
- COLE, G.A. 1994 *Text book of Limnology*. 4<sup>a</sup> ed. Illinois: Waveland Press. 412p.
- FERREIRA, D.M. e CUNHA, C. Simulação numérica do comportamento térmico do reservatório do Rio Verde. *Engenharia Sanitária Ambiental*, 18(1): 83-93.
- HAKANSON, L. 1981 *A manual of lake morphometry*. Berlin: Springer Verlag. 78p.
- KIMMEL, B.L.; LIND, O.T.; PAULSON, G.R. 1990 Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (ed.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New Jersey: John Wiley & Sons. p.133-194.
- MARQUES, M.; ANDRADE, F.O.; GUETTER, A.K. 2013 Conceito do Campo de Fetch e sua aplicação ao Reservatório de Itaipu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 18(4): 243-253.
- RESCK, R.; BEZERRA-NETO, J.F.; PINTO-COELHO, R.M. 2007 Nova batimetria e uma avaliação ecológica de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). *Geografias*, 3(2): 24-37.
- SANTOS, S.P. 2012 *Morfometria, Compartimentação e Hidrodinâmica de um Reservatório Periurbano Tropical: Prognósticos Sobre o Tempo de Vida útil do Reservatório de Vargem das Flores, Minas Gerais - Brasil*. Belo Horizonte. 131f. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG). Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-92YPGV>> Acesso em: 29 jun. 2015.
- VON SPERLING, E. 1994 *Avaliação do estado trófico de lagos e reservatórios tropicais*. Bio-Engenharia

- Sanitária e Ambiental. Encarte Técnico. Ano 11. p.68-76.
- VON SPERLING, E. 1997 Influência do parâmetro profundidade relativa na qualidade da água de lagos e represas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL E FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 19., Foz do Iguaçu, 14-19/set./1997. *Anais...* Foz do Iguaçu: ABES. p.2160-2163.
- VON SPERLING, E. 1999 *Morfometria de lagos e represas*. Belo Horizonte: UFMG. 138p.
- TUNDISI, J.G. e MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008 *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 631p.
- WETZEL, R.G. 1993 *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste. 919p.
- WETZEL, R.G. 2001 *Limnology*. 3<sup>a</sup> ed. San Diego: Academic Press. 656p.