

ABORDAGEM PROBABILÍSTICA PARA ESTIMATIVA DA BATIMETRIA DE LAGOS E RESERVATÓRIOS UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS

Alice César Fassoni-Andrade¹; Rodrigo Cauduro Dias de Paiva¹; Claudio C.F. Barbosa²; Evlyn M.L.M. Novo³; Conrado M. Rudorff⁴

Palavras-Chave – Cota-área-volume; sensoriamento remoto; altimetria.

INTRODUÇÃO

A batimetria de lagos e reservatórios tem grande importância para navegação e para estudos hidrológicos e ecológicos (Gao, 2009). Os dados de sensoriamento remoto permitem a estimativa dessa variável (Arsen et al., 2013; Feng et al., 2011; Getirana et al., 2018), sendo que a maior limitação das abordagens propostas é o tempo para processamento e a complexidade em determinar os limites de lagos conectados. Este estudo apresenta um método para estimar a batimetria em regiões sujeitas a variação da área inundada usando um mapa de probabilidade de inundação e observações de nível de água (in-situ ou satélite).

METODOLOGIA

A abordagem proposta para estimativa da batimetria considera o processo de inundação em que a variação no nível da água produz uma variação na extensão da inundação. Essas são representadas, respectivamente, pela probabilidade acumulada do nível da água em ordem decrescente (ou seja, a probabilidade que o nível da água na área excede certo valor no período) e pela probabilidade de inundação em cada ponto. O método assume uma equivalência entre a frequência de inundação e a probabilidade de excedência do nível de água (Figura 1). Assim, a elevação do terreno em um ponto é definida como o nível da água cuja a probabilidade de excedência é igual a frequência de inundação no mesmo ponto. O cálculo é feito ponto por ponto do mapa de frequência de inundação.

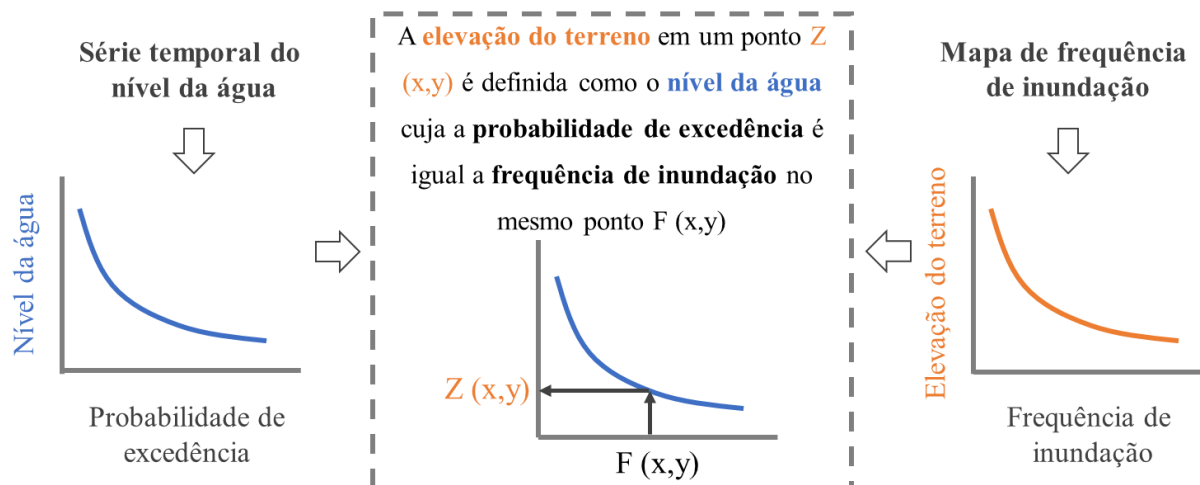


Figura 1 – Fluxograma do método proposto para estimativa da batimetria

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Caixa Postal 15029. Av. Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91501-970. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. alice.fassoni@gmail.com; rodrigo.paiva@ufrgs.br

2) Divisão de Processamento de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil. claudio.barbosa@inpe.br

3) Divisão de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil. evlyn.novo@inpe.br

4) Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, São Paulo, Brasil. conrado.rudorff@cemaden.gov.br

O método foi validado com batimetrias derivadas localmente para o Lago Poopó (Arsen et al., 2013) e para o Lago Grande de Curuai (planície de inundação na bacia Amazônica; Barbosa et al., 2006); e a partir da curva cota-volume útil em 12 reservatórios no Brasil. Para isso, foram utilizadas imagens de extensão de inundação da base de dados *JCR Global Surface Water* (Pekel et al., 2016), dados de altimetria no Lago Poopó (Theia-Hydroweb; <https://www.theia-land.fr/en/hydroweb/>) e dados in-situ no Lago Grande de Curuai (Estação Vila Curuai; Agência Nacional de Águas-ANA) e nos reservatórios (Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS).

RESULTADOS

A estimativa da batimetria do Lago Poopó apresentou alto R^2 (0,93), baixo RMSED (18,50 cm) e viés (5,68 cm) em relação a estimativa apresentada por Arsen et al. (2013). No Lago Curuai, o RMSED foi de 1,46 m, R^2 de 0,36 e o viés de 0,60 m. Esse menor desempenho está relacionado a dinâmica de inundação do Lago Curuai, de forma que o nível na estação Vila Curuai não representa a informação distribuída do nível em toda a planície, sujeita a inundação do rio Amazonas. Para superar este problema, o nível de água na planície pode ser estimado usando o nível do rio Amazonas.

Os testes em 12 reservatórios mostraram que o volume útil pode ser estimado a partir da batimetria 3D e da relação cota-área-volume com valores de RMSE normalizados variando entre 2% e 11,09% (média de 6,39%). Além disso, o erro na estimativa do volume útil não parece relacionado com o tamanho do reservatório (valores variando de 5,5 hm³ e 3135,6 hm³), com a variação na área de inundação (porcentagem da área com frequência de inundação igual a 100% variando de 45,06 e 85,95) e com a amplitude de variação do nível da água (valores variando entre 5m e 30m).

CONCLUSÕES

A abordagem proposta para a estimativa de batimetria e volume útil de corpos de água é simples de implementar e útil para várias aplicações. A abordagem exige que a área não seja permanentemente inundada, além dos dados do nível de água e um mapeamento da frequência de inundação. Esses dados podem ser obtidos facilmente por meio de dados de sensoriamento remoto. Além disso, uma vez que o cálculo é feito pixel a pixel, a batimetria de áreas complexas com lagos conectados pode ser estimada sem a necessidade da delimitação e interpolação dos contornos dos lagos.

Os resultados fornecem perspectivas para o monitoramento contínuo do volume de lagos e reservatórios naturais em locais sem medições, bem como a obtenção de mapeamento batimétricos para utilização em simulações hidrodinâmicas.

REFERÊNCIAS

- Arsen, A., Crétaux, J.F., Berge-Nguyen, M., del Rio, R.A. (2013). “Remote sensing-derived bathymetry of Lake Poopó”. *Remote Sens.* 6, 407–420. <https://doi.org/10.3390/rs6010407>.
- Barbosa, C.F., Novo, E.L., Melack, J., Freitas, R., Pereira, W. (2006). “A methodology for analysis of volume and flooded area dynamics: Lago Grande de Curuai várzea as an example”. *Rev. Bras. Cartogr.* 58, 201–210.
- Feng, L., Hu, C., Chen, X., Li, R., Tian, L., Murch, B. (2011). “MODIS observations of the bottom topography and its inter-annual variability of Poyang Lake”. *Remote Sens. Environ.* 115, 2729–2741.
- Gao, J. (2009). “Bathymetric mapping by means of remote sensing: Methods, accuracy and limitations”. *Prog. Phys. Geogr.* 33, 103–116. <https://doi.org/10.1177/0309133309105657>.
- Getirana, A., Chul, H., Tseng, K. (2018). “Deriving three dimensional reservoir bathymetry from multi-satellite datasets”. *Remote Sens. Environ.* 217, 366–374. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.030>.
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., Belward, A.S. (2016). “High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes”. *Nature* 540, 418–422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>.