

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO ARROIO CHASQUEIRO-RS

*Leandra Martins Bressan<sup>1</sup>; Eduarda Silveira Gomes<sup>2</sup>; Willian da Silveira Lima<sup>2</sup>; George Marino Soares Gonçalves<sup>3</sup>; Guilherme Kruger Bartels<sup>4</sup>; Viviane Santos Silva Terra<sup>5</sup>; Gilberto Loguercio Collares<sup>6</sup>*

**RESUMO** – Os levantamentos batimétricos automatizados são essenciais na modelagem e gestão dos recursos hídricos, pois permitem estimar o grau de assoreamento, calcular volumes de armazenamento, além de subsidiar informações aos órgãos competentes, para tomada de decisões no gerenciamento e utilização dos recursos hídricos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo gerar um mapa e modelo de perfil batimétrico do reservatório da barragem do Arroio Chasqueiro, onde foram realizados 3 dias de campanhas batimétricas, obtendo 42.004 pontos georreferenciados. Através da criação de um modelo digital de elevação gerado pelo uso do interpolador TIN (Triangular Irregular Network). Este interpolador gera um modelo que preserva as características topográficas do terreno e a possibilidade de refinamento através da incorporação de linhas de máximo e mínimo e possibilidade de incorporação de descontinuidades do terreno. Através disso, obteve-se um mapa de perfil batimétrico para o reservatório do Chasqueiro, que representou com obediência as condições de profundidades do reservatório.

**Palavras-Chaves-** Batimetria, Modelo Digital, Bacia Hidrográfica

### BATHYMETRIC SURVEY IN THE RESERVOIR OF THE BARRAGE OF ARROIO CHASQUEIRO-RS

**ABSTRACT**– Automated bathymetric surveys are essential in the modeling and management of water resources, since they allow estimating the degree of sedimentation, calculate storage volumes, and offers information to the competent bodies for decision making in the management and use of water resources. Thus, the present work aims to generate a map and model of the bathymetric profile of the reservoir of the Arroio Chasqueiro dam, where 3 days of bathymetric campaigns were carried out, obtaining 42,004 georeferenced points. Through the creation of a digital elevation model generated by the use of the triangular Irregular Network (TIN) interpolator. This interpolator generates a model that preserves the topographic characteristics of the terrain and the possibility of refinement through the incorporation of lines of maximum and minimum and possibility of incorporation of terrain discontinuities. Through this, a bathymetric profile map was obtained for the Chasqueiro reservoir, which represented the conditions of reservoir depth.

## 1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente dois terços da superfície terrestre estão cobertos por água, porém apenas uma pequena fração está disponível ao homem sob a forma de lagos, rios ou reservatórios. O

1) Estudante de graduação em Engenharia Hídrica na UFPel, leandrabressan13@hotmail.com

2) Estudante de graduação em Engenharia Hídrica na UFPel, eduardasilveiragomes@hotmail.com; williandasilveiralima@hotmail.com

3) Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos na UFPel, george.marino.goncalves@gmail.com

4) Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental na UFRGS, guilhermebartels@gmail.com

5) Profª. Adjunta do CDTEC, Curso de Engenharia Hídrica, UFPEL/Campus Anglo, Pelotas-RS, vssterra10@gmail.com

6) Prof. Titular do CDTEC, Curso de Engenharia Hídrica, UFPEL/Campus Anglo, Pelotas – RS, gilbertocollares@gmail.com (orientador)

restante está presente nos oceanos, nos aquíferos subterrâneos, na atmosfera da terra sob a forma de vapor d'água e nas geleiras (BLANCO, 1999).

A construção de uma barragem e a formação de seu reservatório implica em modificações nas condições naturais do curso d'água a partir da redução na velocidade da corrente e, conseqüentemente, na capacidade de transporte de sedimentos pelo rio, favorecendo sua deposição nos reservatórios que, aos poucos, vão perdendo sua capacidade de armazenar água. Portanto, seja o reservatório para fins de geração de energia, de irrigação, de abastecimento ou de outros usos, o conhecimento da vida útil desse empreendimento dependerá diretamente da taxa com que é assoreado, ocasionado pela deposição de sedimentos (LIMA et. al, 2003).

Todas as políticas de operação de um reservatório e toda a sua gestão são feitas baseadas em dados de volume, e geralmente os dados utilizados são os de projeto, sendo fornecidos através do levantamento topográfico anterior ao enchimento do reservatório. Para Ruchiga et al. (2005), a curva cota-volume, utilizada para o projeto de uma barragem serve apenas como ponto de partida para o plano de gestão dos seus recursos hídricos, sendo que, nem sempre são baseadas em levantamentos topográficos de escala adequada, disponíveis na época de sua construção. Os mesmos autores ainda afirmam que no Brasil praticamente todos os reservatórios têm feito suas políticas de operação utilizando o volume útil do projeto do reservatório.

Os levantamentos batimétricos automatizados são essenciais na modelagem e gestão de recursos hídricos, pois permitem estimar o grau de assoreamento, calcular volumes de armazenamento, atualizar as curvas de capacidade, modelar o relevo submerso, além de subsidiar informações aos órgãos competentes, para tomada de decisões no gerenciamento e utilização dos recursos hídricos (ÁLVARES et al., 2001).

Para Cooke (2007), na coleta de dados batimétricos, comumente faz-se uso de métodos hidroacústicos, utilizando ecosondas capazes de realizar a transmissão de um som para o interior do corpo d'água. Esses equipamentos são compostos por um transmissor, um transdutor, um receptor/amplificador, uma base de tempo e um monitor. Como resultado, obtém-se ecos de retorno, os quais são convertidos pelo transdutor em energia elétrica, sendo processados e disponibilizados na forma de "imagem" de origem acústica, gerando assim, ecogramas da profundidade.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento batimétrico do reservatório do Arroio Chasqueiro, situado no município de Arroio Grande, assim destacando a grande importância dessa obra para a gestão dos recursos hídricos, contribuindo para o monitoramento do volume de água reservado.

## 2. METODOLOGIA

A Bacia do Arroio Chasqueiro, está localizada no município de Arroio Grande, no Rio Grande do Sul, como podemos observar na figura 1.

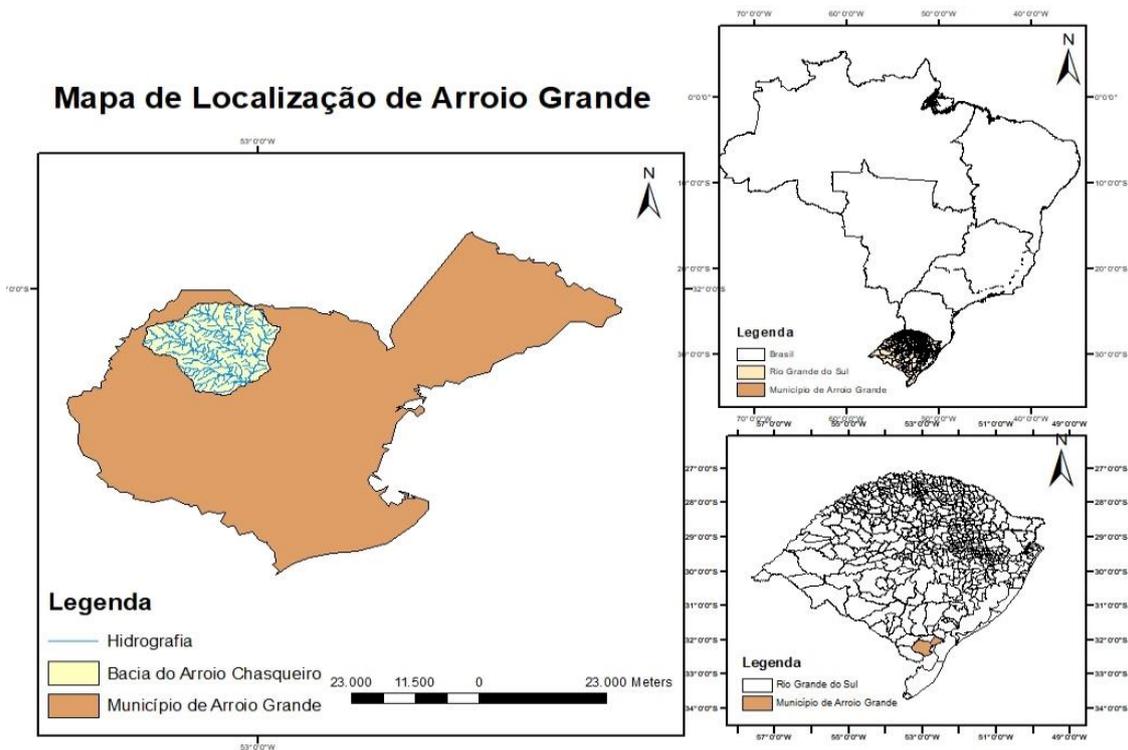


Figura 1 – Mapa de localização do município de Arroio Grande.

A bacia hidrográfica do Arroio Chasqueiro, integrante do conjunto de bacias que afluem diretamente para a Lagoa Mirim pela sua margem oeste, representada na figura 2, possui uma área à montante da barragem de aproximadamente 240 km<sup>2</sup>, sendo que à montante da barragem, 115 km<sup>2</sup> corresponde ao próprio Chasqueiro e, 125 km<sup>2</sup> ao arroio Chasqueirinho, seu principal afluente.



Figura 2 –Localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Chasqueiro.

Desde 1983 a Barragem do Chasqueiro, está em operação, foi construída dentro do Programa da Bacia da Lagoa Mirim (PROMIRIM), com o propósito para captação de água e abastecimento de lavouras de arroz irrigado. Possui uma área de alagamento da ordem de 1650 ha, armazenando um total de 117 milhões de metros cúbicos de água, para um volume útil de 105,6 milhões de metros cúbicos. Para obtenção dos dados batimétricos foram realizadas 3 campanhas nas datas 04/09/2018, 05/09/2018 e 06/09/2018 no reservatório da barragem, demonstrado na figura 3.



Figura 3 – Imagem do reservatório da barragem do Arroio Chasqueiro.

A ecossonda utilizada foi o modelo SDE-18S, portátil, que permite tanto leituras gráficas das profundidades (ecogramas), quanto leituras digitais no visor. Concomitante com a utilização da ecossonda, se fez uso de um GNSS, modelo ProMark 500, como na figura 4.



Figura 4 – Equipamentos utilizados para realizar a batimetria.

Seguindo as instruções contidas na NORMAM-25 da Marinha Brasil (2014), durante as campanhas batimétricas para coleta de pontos, utilizou-se uma velocidade média de deslocamentos da embarcação de  $5 \text{ km.h}^{-1}$  (GONÇALVES, 2017). A ecossonda foi antecipadamente configurada para disparar pulsos sonoros através do transdutor de cerâmica, pulsos esses intervalados a cada 1 segundo, com o intuito de obter uma malha de pontos, mais consistente possível. Agregado a sonda ecobatímetra, fez-se uso do GNSS, o qual gerou um par de informações de posicionamento global para cada valor de profundidade alcançado.

Ademais, os softwares instalados na sonda ecobatimétrica (PowerNav e EchoSounder), foram encarregados por unir as informações de profundidade e posicionamento geográfico. Foram realizadas três campanhas batimétricas, nas datas 04/09/2018, 05/09/2018 e 06/09/2018, assim como a identificação das profundidades máximas, mínimas e médias do nível d'água observados para cada dia das campanhas.

Após a obtenção dos pontos, valores de profundidade com seus respectivos valores de posição geográfica, foi utilizado o software ArcMap para a interpolação dos dados através da ferramenta de análise geoestatística, no qual o interpolador utilizado para gerar o MDE foi o interpolador TIN (Triangular Irregular Network), a partir dos dados de pontos cotados e curvas de nível. Esse interpolador é indicado por diversos autores como o mais ideal pra geração de modelos representativos de áreas acidentadas (FERNANDES e MENEZES, 2005). A disposição de facetas triangulares na modalidade utilizada tende a conservar as características topográficas da área em análise (ESRI, 2012) e quanto mais equiláteras forem as faces triangulares, maior é a exatidão de descrição da superfície (ROCHA, 2007).

Rocha (2007) recomenda o uso de TIN para representação de relevo complexo, incluindo áreas planas, por capturar as particularidades do terreno sem a necessidade de muitos dados para tal. Este interpolador gera um modelo que preserva as características topográficas do terreno e tem a possibilidade de refinamento através da incorporação de linhas de máximo (divisores) e de mínimo (hidrografia) (FERNANDES e MENEZES, 2005), e a possibilidade de incorporação de discontinuidades do terreno (ROCHA, 2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados das três campanhas, a batimetria do reservatório foi realizada obtendo-se um total de 42.004 pontos com os valores de profundidade e localização determinados com precisão submétrica, em toda área do reservatório demonstrado na figura 5.



Figura 5 – Apresentação da malha de pontos coletados na área de estudo.

Para Cole (1994) quanto maior o número de pontos obtidos, maior será a precisão da carta batimétrica. Sendo assim, a utilização dessa grande quantidade de pontos possibilitou uma demonstração fiel da morfologia do reservatório.

A tabela 1 apresenta os resultados apanhados para as profundidades máxima, mínima e média no reservatório da barragem do Arroio Chasqueiro.

Tabela 1- Profundidades máximas, mínimas e médias encontradas para as três diferentes campanhas batimétricas.

Data	Profundidade em metros		
	Máxima	Mínima	Média
04/09/2018	16,05	1,27	7,14
05/09/2018	18,05	0,86	9,44
06/09/2018	17,5	0,73	6,54

A figura 6 corresponde ao mapa batimétrico do local de estudo elaborado através do interpolador TIN (Triangular Irregular Network). Verifica-se através do mapa uma variação na escala que vai de -1,8 m à -17,8 m. Nas regiões próximas a encosta, observa-se uma profundidade menor em relação ao centro do canal, devido os cursos d'água estar localizados naturalmente nas cotas mais baixas do terreno, conseqüentemente gerando menor sedimentação de material, o que contribuí para a manutenção da profundidade do local.

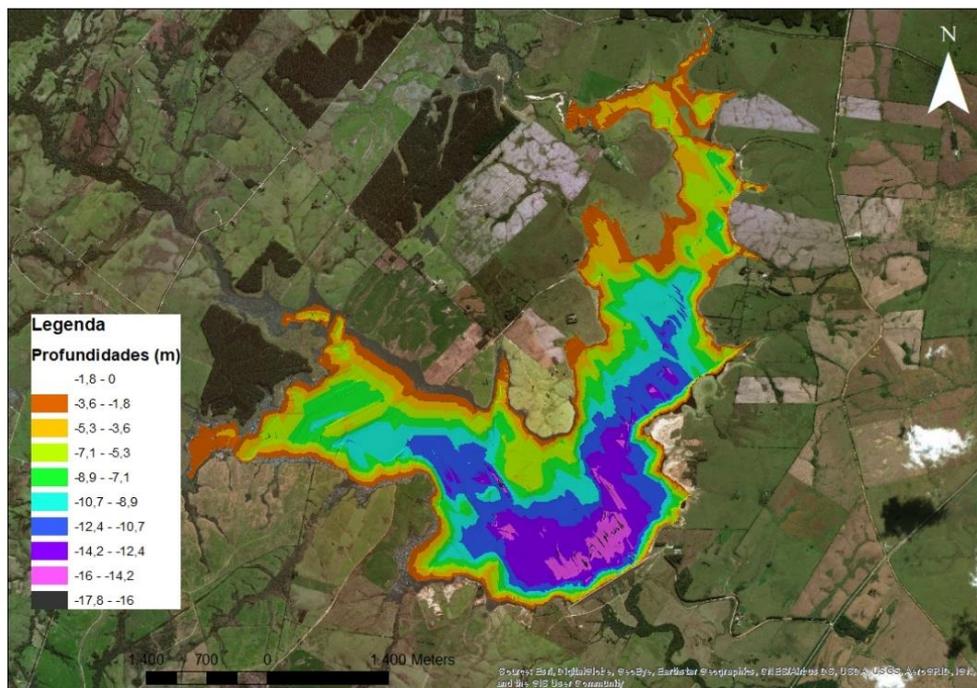


Figura 6 – Mapa batimétrico do reservatório do Chasqueiro gerado através do interpolador TIN.

Através do resultado do levantamento batimétrico, foi possível conhecer detalhes da morfometria do fundo do reservatório e identificar a localização das principais depressões, bem como das áreas mais rasas. As regiões mais profundas encontram-se principalmente na região da frente da comporta do reservatório.

O valor de profundidade máxima encontrado foi de -17,8 m, e o valor de profundidade média de -7,70 m. O conhecimento da forma de um lago ou reservatório é de fundamental importância, pois há uma relação da forma com a circulação de águas (TUNDISI, 2008).

A identificação do perfil batimétrico de um reservatório é também um dado importante por causa das relações das irregularidades e depressões e a circulação. Essas depressões podem apresentar diferenças térmicas e químicas durante o período de estratificação (WELCH, 1935).

Entretanto nota-se algumas contradições no que se refere a profundidade mínima, na qual apresentam valores positivos, tendo mínima de -1,8 m. Isso se justifica pela malha de pontos utilizada na aplicação do interpolador TIN a qual possui 42004 pontos observados, e posteriormente foram adicionados 738 pontos, sendo esses para delimitação do canal, o qual atribuiu-se cota zero a esses.

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que através da apresentação da nova carta batimétrica foi possível conhecer a morfometria do reservatório, identificando suas principais depressões, bem como regiões mais

rasas. O uso do método de interpolação por rede triangular irregular (TIN) alcançou o objetivo e possibilitou determinar a oscilação das profundidades do reservatório, considerando que esse método permite a geração de uma malha de dados sucessiva. Através dos resultados manifestados nesse trabalho, mesmo que iniciais, permitirão auxiliar no planejamento e gestão dos recursos hídricos da região.

## REFERÊNCIAS

ÁLVARES, M. T. et al. *Monitorização Batimétrica em Albufeiras*. Lisboa: Instituto da Água, Direção de Serviços de Recursos Hídricos. 2001.

BLANCO, R. A. *Água: O Ouro do Terceiro Milênio*. Revista Verde Tempo. Abr-mai. 1999.

COOKE, C. V., MADUREIRA, L. S. P., GRIEP, G. H.; PINHO, M. P. D. *Análise de dados de eco sondagem de fundo oriundos de cruzeiros realizados entre Fortaleza (CE) e Chuí (RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo*. Revista Brasileira de Geofísica, 2007. v. 25, n. 4, p. 443–457.

COLE, G.A. 1994. *Textbook of Limnology*. 4th edition. Waveland Press. Prospect Heights, Illinois. 412 p

ESTIGONI, M. V. & MATOS, A. J. (2009), “*Comparação de Diferentes Batimetrias do Reservatório da Usina Hidroelétrica do Lobo*”, XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS.

ESRI, *Environmental Systems Research Institute*. Html Help Control Version 10.

FERNANDES, M.; MENEZES, P.M L; *Avaliação de métodos de geração de MDE para a obtenção de observações em superfície real: um estudo de caso no maciço da Tijuca-RJ*. In. Anais do XII Simpósio Brasileiro do Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. INPE. 2005. P. 2985-2992.

GONÇALVES, J.M; *Levantamento batimétrico do Canal São Gonçalo na região do Porto de Pelotas*. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas RS 2017.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C.; CARVALHO, N. O.; SILVA, E. M. (2003), “*Fluxo De Sedimentos Em Suspensão Na Bacia Araguaia-Tocantins*”, XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba – PR.

MADUREIRA CRUZ, C. B. & PINA, M. F. *Fundamentos de Cartografia. Curso de especialização em Geoprocessamento*. UFRJ, IGEO, Dep. Geografia, LAGEOP, Rio de Janeiro, 1999, Volume 1, Mídia CD

ROCHA, César Henrique Barra. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. 3ª Ed do Autor, rev. e atual. Juiz de Fora, MG. 2007. 114p.

RUCHIGA, C. R. et al (2005), “*Levantamento Batimétrico de um Grande Reservatório formado por barragem utilizando a sonda Acoustic Doppler Profiler*” – ADP, XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

SPERLING, E.V. 1999. *Morfologia de lagos e represas*. Belo Horizonte: Segrac

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. *Limnologia. São Paulo: oficina de textos*. 631p.

WELCH (1935) apud TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. *Limnologia. São Paulo: oficina de textos*. 631p

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Laboratório de Hidrometria e Sedimentos para Manejo de Bacia Hidrográficas – HidroSedi.