

MODELAGEM HIDROLÓGICA DOS NÍVEIS DE ÁGUA PARA A BACIA HIDROGRÁFICA MIRIM-SÃO GONÇALO

LUKAS DOS SANTOS BOEIRA¹; THAIS MAGALHÃES POSSA²; LARISSA
CORRÊA SANTOS³; GABRIEL BORGES DOS SANTOS⁴; VIVIANE SANTOS
SILVA TERRA⁵; GILBERTO LOGUERCIO COLLARES⁶

¹Universidade Federal de Pelotas- lukasdossantosboeira@gmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul- thaispossa03@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - larissacsantos01@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - gabrielqwsantos@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas- vssterra10@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas- gilbertocollares@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras contribuem para o ecossistema de várias maneiras, oferecendo serviços que ajudam as comunidades ribeirinhas a permanecerem resilientes (BARBIER *et al.*, 2011; NEWTON *et al.*, 2018). Esses corpos hídricos, particularmente, sustentam inúmeras atividades econômicas, incluindo a pesca comercial e o transporte marítimo, e também servem como habitat natural para muitas espécies de peixes e mariscos (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Portanto, em termos ambientais e socioeconômicos, torna-se importante estudar a variação dos níveis de água desses ambientes (COSTI *et al.*, 2018). No entanto, a falta de medição sistemática de dados de nível de água acaba sendo um fator limitante para a realização de tais estudos. Como alternativa, pode-se fazer uso de um modelo hidrológico-hidrodinâmico, capaz de representar sistemas complexos com rios e lagoas e também, de simular a influência do vento, tal como o Modelo de Grandes Bacias (MGB), modificado por Possa *et al.* (2022).

Sendo assim, o presente estudo visa estimar os níveis de água da bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BHMSG), transfronteiriça, de grande importância socioeconômica e ambiental para região sul do Brasil e Uruguai, empregando o MGB.

2. METODOLOGIA

Esse estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo - BHMSG (Figura 1), localizada na região Sul do Brasil e leste do Uruguai, com área total de 62.250 km², sendo 47% em território brasileiro e 53% em território uruguaio. A modelagem foi realizada após o pré-processamento de dados, utilizando a ferramenta IPH-Hydro Tools, através do software livre Quantum GIS – QGIS e, posteriormente, aplicando o MGB para simulação, empregando o plugin MGB nativo, método inercial (BATES *et al.*, 2010), adaptado ao esquema numérico por Pontes *et al.* (2017) e por Possa *et al.* (2022).

Os dados de entrada hidrometeorológico para o MGB foram compostos por 158 postos pluviométricos, 15 postos fluviométricos e 5 postos meteorológicos da região de estudo, sendo que, 26 das estações pluviométricas e 9 fluviométricas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Uruguai (INUMET) e os demais dados obtidos da rede hidrológica nacional operada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e para as do Uruguai pela Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA). Além disso, foram obtidos dados de níveis da água através de 9 estações linimétricas na BHMSG, sendo 5 delas obtidas pelo sistema

Hidroweb (Cerro Chato, Passo dos Carros, Pedro Osório, Picada da Areia e Ponte Cordeiro de Farias) e as outras 4 estações obtidas junto a Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim – ALM (Barragem do Canal São Gonçalo e sua Eclusa – Montante, Barragem do Canal São Gonçalo e sua Eclusa Jusante, Santa Isabel e Santa Vitória do Palmar). O período de análise foi de 01 de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2020, totalizando 40 anos de estudo.

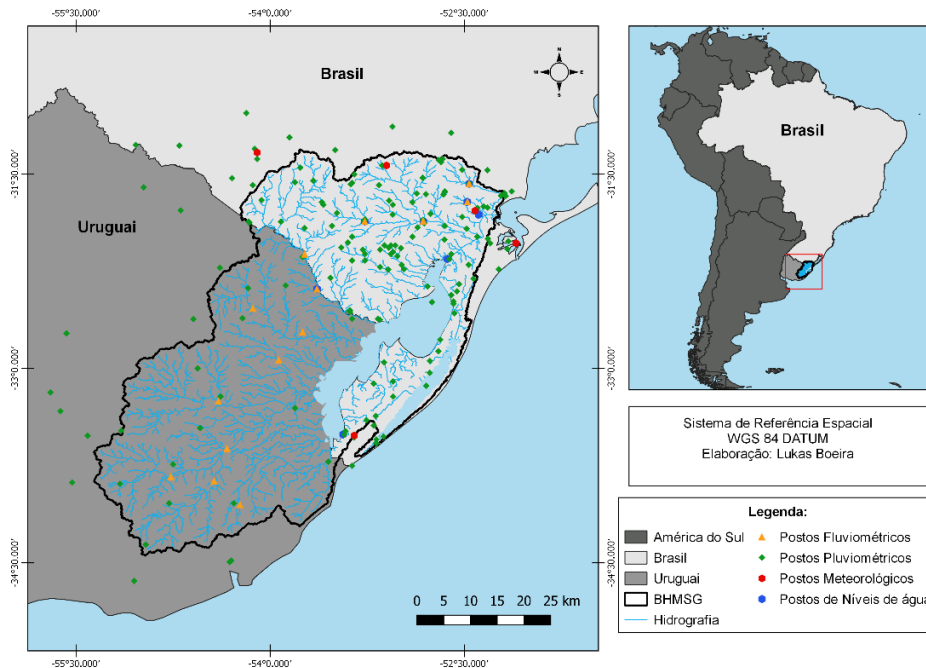


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo e postos fluviométricos, pluviométricos, meteorológicos e de níveis de água utilizados

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados referentes a modelagem realizada para os níveis de água são apresentados pela Figura 2.

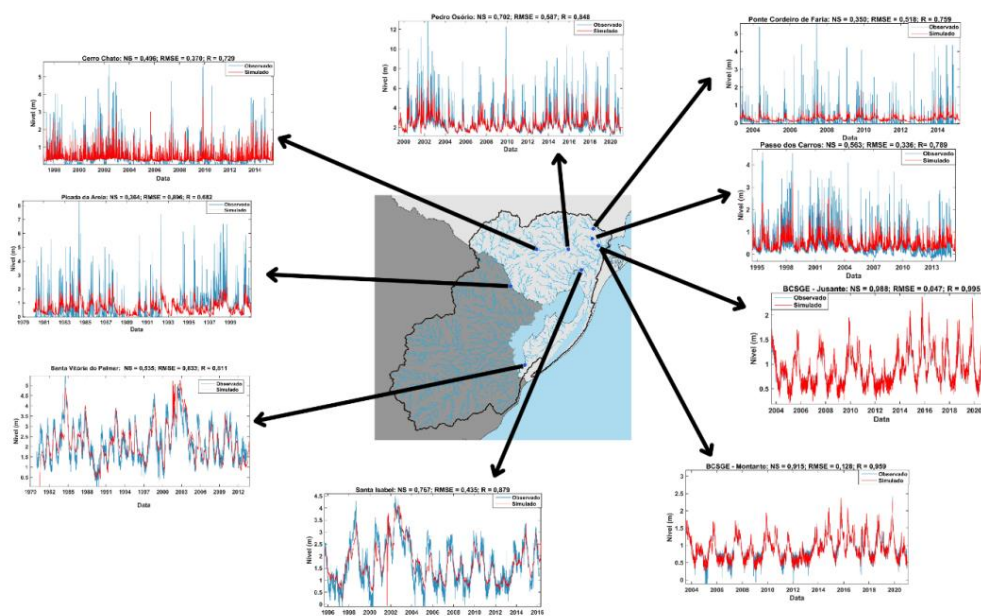


Figura 2 - Cotogramas diários observados e simulados pelo MGB

Pode-se verificar que o modelo apresentou uma boa simulação para os níveis nos pontos observados, com destaque para a estação da Barragem do Canal São Gonçalo - BCSG, montante e jusante, com métricas de desempenho NS acima de 0,91 (Muito Bom), RMSE em torno de 0,13 e R muito próximo a 1, indicando uma forte correlação. As estações de Santa Isabel e de Pedro Osório apresentaram NS na faixa classificatória “Bom”, RMSE com baixos valores, indicando uma boa precisão das estimativas com relação a dados observados e R acima de 0,8, estando muito próximo de uma forte correlação.

Dentre as estações analisadas, menor destaque foi a Picada da Areia, na divisa entre o Brasil e Uruguai, com métricas de desempenho NS 0,364 (Insatisfatório), RMSE próximo de 0,9 e R próximo a 0,7, indicando que tais resultados podem estar associados com a falta de informações pluviométricas na região próxima da estação (Uruguai), entrada para o modelo.

Alguns autores como Munar *et al.* (2018) expressam resultados de nível de água para a Lagoa Mirim com sucesso, a partir do modelo MGB, onde, para estação de Santa Isabel, as métricas de desempenho foram NS = 0,91; RMSE = 0,321 e BIAS = -0,32 m. Os autores ressaltam que um dos grandes influenciadores no comportamento dinâmico da variação do nível da água é o vento, muito provável pela condição da Lagoa Mirim que possui uma grande área de superfície e profundidade rasa (média de 4,5 m), situação que ocorre também em mananciais próximos como a Laguna dos Patos, evidenciados por Fernandes *et al.*, (2005) e na Lagoa Mangueira (FRAGOSO *et al.*, 2011).

Essa influência ocorre, segundo Munar *et al.* (2018), pelo estresse que o vento produz, onde o vento do quadrante sul (180°) é responsável por empurrar a água para o norte, elevando assim os níveis de água da estação de Santa Isabel e, por sua vez, os ventos de norte aumentam os níveis de água para o lado sul da Lagoa. Outro ponto de influência destacado pelos autores nos níveis de água é os principais processos hidrodinâmicos que ocorrem na Lagoa Mirim, sendo que, em escala sazonal (meses) são controladas pelas descargas fluviais dos principais afluentes e retirada de água para os usos múltiplos dos usuários da BHMSG, com grande foco para o uso da irrigação e, para escala menor (dias) pelo vento. Destaca-se ainda no presente estudo, realizado para 11 anos de dados de níveis de água simulado para Lagoa Mirim, que as retiradas de água para irrigação têm influência significativa para o nível de água da Lagoa Mirim.

4. CONCLUSÕES

A partir do presente estudo, conclui-se que o modelo hidrológico-hidrodinâmico representa, satisfatoriamente os níveis de água na Lagoa Mirim e Canal São Gonçalo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIER, E. B.; HACKER, S. D.; KENNEDY, C.; KOCH, E. W.; STIER, A. C.; SILLIMAN, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological monographs**, v. 81, n. 2, p. 169-193, 2011.
- BATES, P. D.; HORRITT, M. S.; FEWTRELL, T. J. A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two-dimensional flood inundation modeling. **Journal of Hydrology**, v. 387, n. 1, p. 33-45, 2010.
- COSTI, J.; MARQUES, W. C.; DE PAULA KIRINUS, E.; DE FREITAS DUARTE, R.; & ARIGONY-NETO, J. Water level variability of the Mirim-São Gonçalo system, a large, subtropical, semi-enclosed coastal complex. **Advances in Water Resources**, v. 117, p. 75-86, 2018.
- FERNANDES, E.H.L., DYER, K.R., MÖLLER, O.O., 2005. Spatial gradients in the flow of Southern Patos Lagoon. **Journal of Coastal Research**. 20, 102–112. <https://doi.org/10.2112/006-NIS.1>, 2005.
- FRAGOSO, C.R., MARQUES, D.M.M., FERREIRA, T.F., JANSE, J.H., VAN NES, E.H. Potential effects of climate change and eutrophication on a large subtropical shallow lake. **Environmental Modelling & Software**, 26, 1337–1348. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.05.004>, 2011.
- MUNAR, A. M.; CAVALCANTI, J. R.; BRAVO, J. M.; FAN, F. M.; MOTTA-MARQUES, D.; FRAGOSO, C.R. Coupling large-scale hydrological and hydrodynamic modeling: Toward a better comprehension of watershed-shallow lake processes. **Journal of hydrology**, v. 564, p. 424-441, 2018.
- NEWTON, A.; *et al.* An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 140, p. 95-122, 2014.
- PONTES, P.R.M.; FAN, F.M.; FLEISCHMANN, A.S.; PAIVA, R.C.D.; BUARQUE, D.C.; SIQUEIRA, V.A.; JARDIM, P.F.; SORRIBAS, M.V. & COLLISCHONN, W. MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS. **Environmental Modelling & Software**, v. 94, p.1-20, 2017.
- POSSA, T. M.; COLLARES, G. L.; BOEIRA, L. S.; JARDIM, P. F.; FAN, F. M.; TERRA, V. S. S. Fully coupled hydrological–hydrodynamic modeling of a basin–river–lake transboundary system in Southern South America. **Journal of Hydroinformatics**; 24 (1): 93–112, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2166/hydro.2021.096>
- RODRIGUES, M.; ROSA, A.; CRAVO, A.; JACOB, J.; FORTUNATO, A. B. Effects of climate change and anthropogenic pressures in the water quality of a coastal lagoon (Ria Formosa, Portugal). **Science of The Total Environment**, v. 780, p. 146311, 2021.