

SIMULAÇÃO DOS CAMPOS DE ONDAS GERADOS POR VENTOS SEVEROS NO RESERVATÓRIO DE VOSSOROCA

Costa, Julia Paiao Penna, Oliveira, Isabelly Kawany De (PIBIC/CNPq-UEM - Ensino Médio), Tartari, Rodrigo (Orientador), Marcelo Marques (Colaborador) E-mail: rtartari@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Meio Ambiente, Umuarama-PR.

Área e Subárea do conhecimento: Engenharia Sanitária/ Recursos Hídricos

Palavras-chave. ONDACAD; hidrodinâmica; águas continentais

RESUMO

A análise do fetch é fundamental para entender a geração e propagação de ondas em corpos hídricos continentais, pois avalia a influência da intensidade e direção dos ventos sobre a altura das ondas. Este estudo teve por objetivo mapear a distribuição espacial do fetch e das alturas de ondas no reservatório de Vossoroca, localizado em Tijucas do Sul, Paraná. Utilizou-se o método de Saville (1954), integrado ao modelo computacional ONDACAD, que automatiza o cálculo do fetch e simula a hidrodinâmica das ondas em águas interiores por meio de técnicas paramétricas e intensidades variáveis de vento. A delimitação do reservatório foi realizada com imagens LANDSAT 8 em sistemas de informação geográfica. Foram simulados ventos uniformes com intensidades de 5, 10, 15 e 20 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ em 16 direções. Os resultados indicaram que o fetch máximo ocorreu na direção SSE, alcançando 1,15 km, resultando em alturas de ondas próximas de 0,35 m para ventos de 20 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Em contrapartida, as direções E, ENE e NE exibiram fetch inferiores a 1 km, resultando em menores alturas de ondas e zonas mais protegidas. A morfologia do reservatório mostrou-se determinante para a configuração espacial do fetch e da altura das ondas. Conclui-se que o método integrado e a modelagem numérica contribuem significativamente para a compreensão da dinâmica ondulatória em águas continentais, oferecendo suporte técnico à gestão, ao monitoramento e à proteção dos recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

A geração e propagação de ondas em ambientes aquáticos continentais estão diretamente relacionadas à interação entre a força e a direção dos ventos e as características morfométricas do corpo hídrico. O fetch, definido como a distância sobre a qual o vento sopra livremente sem obstáculos, influencia a formação de ondas progressivas (MARQUES, 2013; MARQUES; ANDRADE; GUETTER, 2013). Diferentemente dos ambientes oceânicos, onde o fetch pode ultrapassar grandes extensões,

em reservatórios e lagos sua determinação está atrelada à configuração irregular das margens e às variações geomorfológicas típicas (MARQUES, 2021). Compreender o fetch é essencial para estimar o regime de ondas e seus impactos, sobretudo em reservatórios utilizados para abastecimento, geração energética e uso recreativo, onde a dinâmica das ondas pode influenciar processos erosivos, a qualidade da água, a infraestrutura costeira e o habitat aquático. O método de Saville (1954) representa uma abordagem consagrada para o cálculo do fetch efetivo, amplamente utilizado na engenharia hidráulica e costeira. Avanços em modelagem numérica têm possibilitado representar com maior detalhamento a dinâmica ondulatória em águas interiores, integrando dados geoespaciais com técnicas paramétricas e variáveis naturais (VALDIVIA; MARQUES, 2021). O objetivo geral deste estudo é mapear os campos de fetch e as alturas significativas de ondas geradas pelo vento no reservatório de Vossoroca, promovendo a compreensão da influência da direção e da intensidade do vento sobre a dinâmica das ondas em águas interiores e fomentando a integração entre teoria, modelagem computacional e análise geoespacial.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lago de Vossoroca está localizado em Tijucas do Sul, Paraná, sendo utilizado como reservatório para abastecimento regional, turismo e geração de energia pela usina hidrelétrica de Chaminé, em São José dos Pinhais.

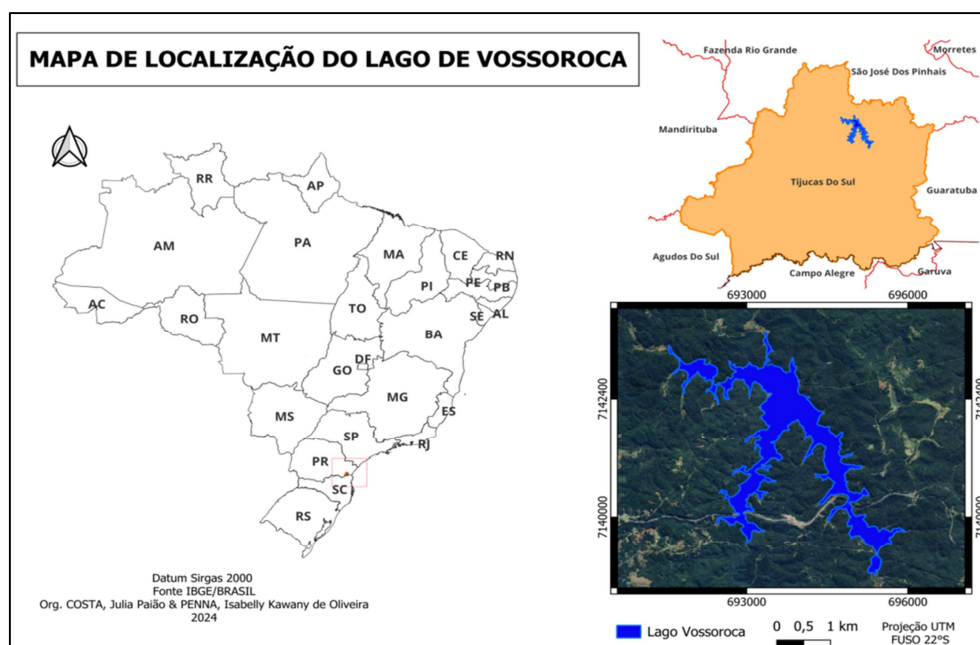


Figura 1 – Localização do Reservatório de Vossoroca em Tijucas do Sul, Paraná.

A modelagem hidrodinâmica do reservatório considerou os corpos d'água delimitados pela interface entre água e terra, desconsiderando variações temporárias do nível da água, utilizando imagens do satélite LANDSAT 8 com resolução espacial de

15 metros e delimitação feita no QGis em projeção UTM SIRGAS 2000, fuso 22°S. O software ONDACAD foi empregado para simulações em águas interiores, aplicando técnicas bidimensionais baseadas no método clássico de Saville (1954), que simula a geração e propagação de ondas induzidas pelo vento, levando em conta a influência das margens na atenuação da energia eólica (MARQUES, 2013). As margens do reservatório atuam como limites intransponíveis, restringindo o alcance do vento e influenciando o comprimento do fetch efetivo para cada direção do vento. O fetch foi calculado pontualmente para cada nó da malha em 16 direções do vento, com resoluções angulares de um grau entre linhas radiais. Um algoritmo em linguagem LISP, compatível com software CAD, automatizou a extração e o processamento dos dados espaciais, aplicando as equações, produzindo um banco de dados estático para alimentar a simulação hidrodinâmica das ondas. Para avaliar a resposta do reservatório a diferentes intensidades de vento, foram simulados campos uniformes com velocidades constantes de 5, 10, 15 e 20 m.s⁻¹ em direções fixas, gerando mapas espaciais dos campos de fetch e das alturas das ondas (MARQUES, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Figura 2, os mapas resultantes evidenciaram forte variabilidade espacial do fetch no reservatório de Vossoroca, diretamente influenciada pela morfologia local. Setores com orientação para N, ENE e E apresentaram valores de fetch inferiores a 1 km, devido à presença de margens e relevo que restringem a extensão do vento sobre a superfície da água.

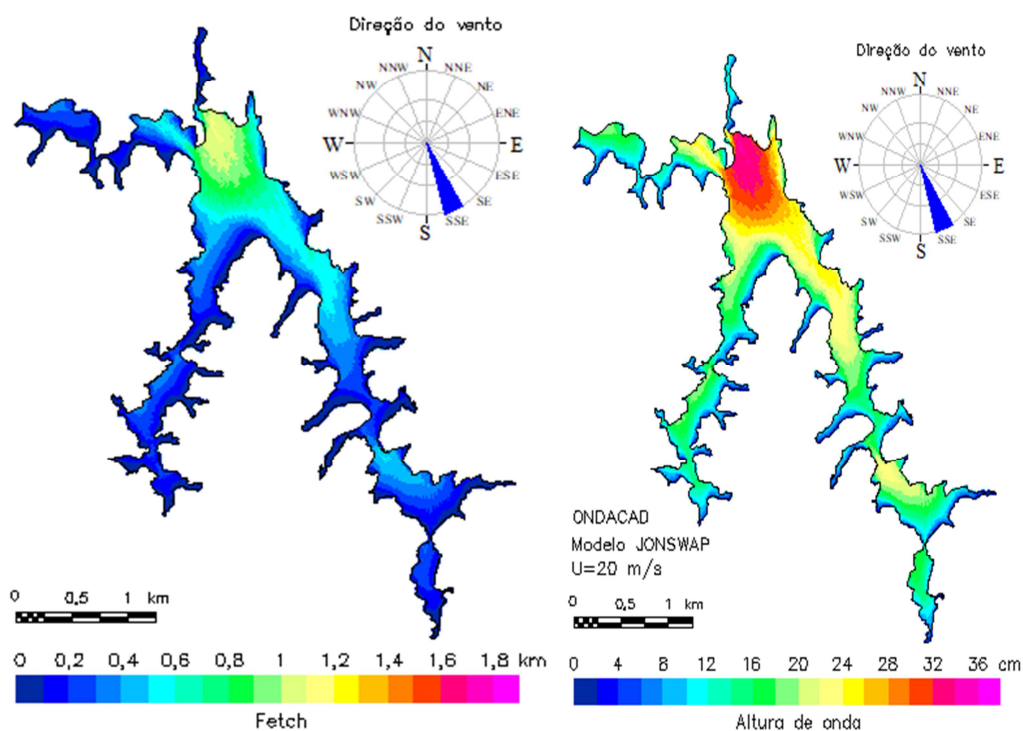


Figura 2 – Mapas de fetch e altura de ondas para vento de 20 m.s⁻¹ nas direções SSE nas direções

CONCLUSÕES

O estudo evidenciou que a morfologia do reservatório de Vossoroca determina a distribuição espacial do fetch e a geração das ondas, com fetch máximo de 1,15 km na direção SSE, associado a ondas de até 0,35 m, indicando áreas mais vulneráveis à erosão e prioritárias para manejo. Direções E e NE apresentaram menor fetch e ondas reduzidas, caracterizando zonas protegidas. A integração do método de Saville ao modelo ONDACAD provou ser uma ferramenta robusta para análise hidrodinâmica, apoiando a gestão e a proteção do reservatório.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e ao programa da UEM que oportuniza alunos do Ensino Médio ingressar em projetos científicos.

REFERÊNCIAS

- MARQUES, M. (2013). **Modelagem paramétrica bidimensional para simulação de ondas em águas continentais**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- 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, v. 18, p. 243-253.
- SAVILLE, T., (1954). **The effect of fetch width on wave generation**. **Journal Technical Memorandum**, n. 70. U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (1984). Coastal Engineering Manual (CEM), Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (6 vol.).
- VALDIVIA, Alejandro Víctor Hidalgo; MARQUES, Marcelo (org.). **Aplicações avançadas de simulação computacional**: [livro eletrônico]. 1. ed. São Paulo: Bookerfield, 2021. DOI 10.53268/BKF21060400.