# SIMULAÇÃO DOS CAMPOS DE PROFUNDIDADE DE MISTURA PELA AÇÃO DE VENTOS SEVEROS NA LAGOA DOS PATOS

Kathlein Aparecida Alves Bernardo (UEM - PIBIC - CNPq - FA - UEM), Marcelo Marques (Orientador). E-mail: mmarques@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Meio Ambiente, Umuarama, PR.

Área e subárea do conhecimento**: Engenharia Civil** / **Engenharia Hidráulica.**

**Palavras-chave:** modelagem computacional; fetch; ondas de vento.

## RESUMO

Foi realizada uma caracterização detalhada das profundidades atingidas pelas ondas, aplicando os métodos de cálculo do fetch de Saville em alta resolução aplicando'se o modelo computacional ONDACAD método paramétrico SMB. Os resultados mostraram que as maiores profundidades de mistura atingiram 41,5 metros para ventos de 20 m/s, na direção sudoeste, com uma resposta quase linear à intensidade do vento. Concluiu-se que a Lagoa dos Patos dificilmente atinge estratificação térmica e é comum a ressuspensão de sedimentos do fundo, pois as perturbações das ondas frequentemente chegam à profundidade média da lagoa. O estudo demonstrou a viabilidade e agilidade da modelagem paramétrica bidimensional

## 1. INTRODUÇÃO

A dinâmica das ondas geradas pelo vento exerce influência direta na mistura da coluna d'água e na ressuspensão de sedimentos em ambientes lagunares. A Lagoa dos Patos, maior laguna costeira do Brasil, apresenta condições morfológicas e climáticas que favorecem a ocorrência de ventos intensos capazes de gerar ondas de grande amplitude e, consequentemente, de alterar a estratificação térmica.

Este estudo teve como objetivo principal mapear e quantificar os campos de profundidade de mistura provocados pela ação de ventos persistentes, variando de 5 a 20 m $s^{-1}$, ao longo da Lagoa dos Patos. Para isso, aplicou-se o conceito de fetch em alta resolução, associado ao modelo computacional ONDACAD, visando compreender como diferentes direções e intensidades de vento influenciam a propagação das ondas e a profundidade de mistura.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Lagoa dos Patos, maior laguna do Brasil, em sua cota máxima, apresenta 265 km de comprimento, 60 km de largura, profundidade de até 7 m e área de 144 $km^2$,

estendendo-se paralelamente ao Oceano Atlântico. Conecta-se à Lagoa do Casamento ao nordeste e ao Lago Guaíba ao noroeste, que se liga ao delta do Rio Jacuí. Ao sul, comunica-se com a Lagoa Mirim pelo Canal de São Gonçalo.

### 2.1 Modelo ONDACAD

A Figura 1 representa as etapas sistemáticas para obtenção dos resultados pelo modelo ONDACAD.

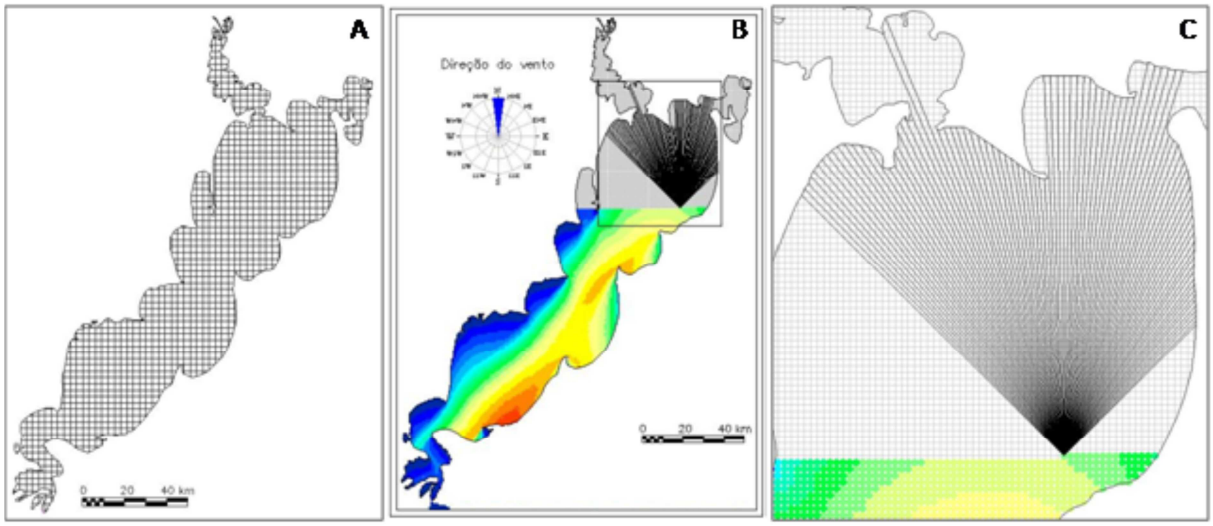



Figura 1 Etapas para obtenção dos mapas temáticos de profundidade de mistura

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Profundidades de Mistura

Os resultados indicam que a profundidade de mistura na Lagoa dos Patos é fortemente condicionada pela direção do vento e pelo comprimento de fetch. Com base nas informações extraídas dos sessenta e quatro mapas gerados, foi elaborada a Tabela 1, e os mapas referentes às maiores profundidades de mistura são mostrados pela Figura 2.

**Tabela 1** – Maiores profundidades de mistura para cada direção

| Direção | | E | ENE | NE | NNE | N | NNW | NW | WNW | W | WSW | SW | SSW | S | SSE | SE | ESE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fetch (km) | | 52 | 68 | 79 | 77 | 76 | 66 | 59 | 63 | 77 | 82 | 82 | 81 | 77 | 73 | 66 | 49 |
| U(m/s) | 5 | 6,1 | 6,6 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,5 | 6,3 | 6,4 | 6,8 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 6,7 | 6,5 | 6,0 |
| | 10 | 15,1 | 16,7 | 17,6 | 17,5 | 17,4 | 16,5 | 15,8 | 16,2 | 17,5 | 17,9 | 17,9 | 17,8 | 17,5 | 17,1 | 16,5 | 14,7 |
| | 15 | 24,5 | 27,4 | 29,1 | 28,8 | 28,7 | 27,1 | 25,8 | 26,6 | 28,8 | 29,5 | 29,5 | 29,4 | 28,8 | 28,2 | 27,1 | 23,9 |
| | 20 | 34,1 | 38,3 | 40,8 | 40,4 | 40,2 | 37,8 | 36,0 | 37,1 | 40,4 | 41,5 | 41,5 | 41,3 | 40,4 | 39,5 | 37,8 | 33,2 |

As maiores perturbações ocorreram nas direções SW e WSW, alcançando até 41,5 m para ventos de 20 m/s, enquanto os menores valores foram observados em

direções transversais, como Leste, onde a profundidade atingiu apenas 6,1 m com ventos de 5 m/s. Verifica-se que a localização das maiores profundidades não se altera com a intensidade do vento, mas acompanha sempre as direções de fetch mais longo. Mesmo em ventos moderados, a profundidade de mistura supera a média da lagoa (≈5 m), indicando que ondas frequentemente atingem o fundo, promovendo ressuspensão de sedimentos e dificultando a estratificação térmica.

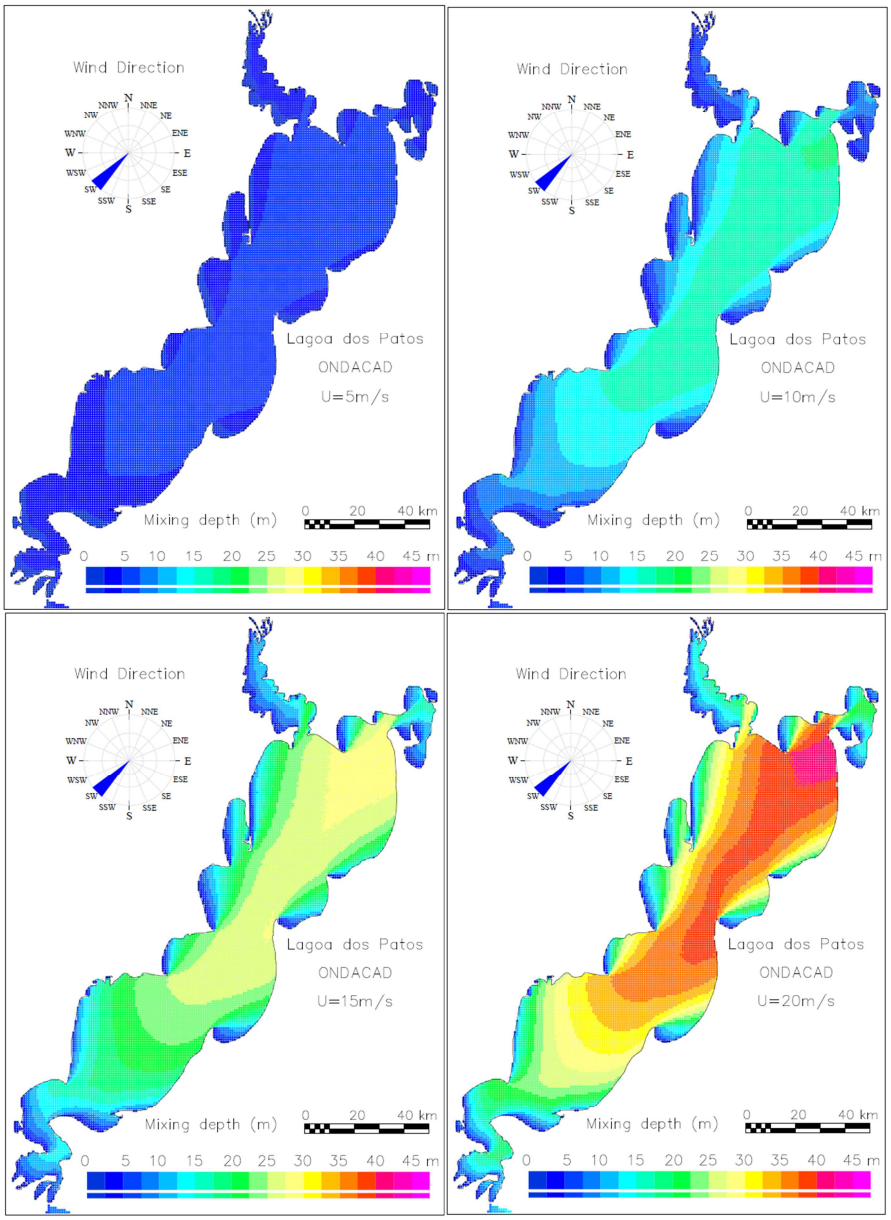



**Figura 2** - Mapas de profundidade de mistura para a direção de maior fetch (SW) com diferentes velocidades de vento (5–20 m/s)

Esse comportamento reforça o papel da lagoa como um sistema predominantemente misturado, com implicações ambientais e operacionais relevantes.

## CONCLUSÕES

O estudo confirmou a viabilidade de simular as profundidades de mistura na Lagoa dos Patos a partir de ondas geradas por ventos persistentes, considerando apenas a intensidade do vento e a geometria da laguna. O uso do conceito de fetch foi essencial para avaliar o potencial de geração de ondas, destacando a influência da morfologia irregular das margens na distribuição espacial. Os resultados mostraram que as maiores profundidades de mistura alcançaram 6,9; 17,9; 29,5 e 41,5 m para ventos de 5, 10, 15 e 20 m/s, evidenciando resposta quase linear à intensidade. Mesmo ventos moderados já atingem a profundidade média, promovendo ressuspensão de sedimentos e dificultando a estratificação térmica.

Conclui-se que a técnica é eficaz, podendo ser incorporada em sistemas de previsão em tempo real e aplicada ao planejamento ambiental, mitigação de impactos erosivos e otimização de infraestruturas hidráulicas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UEM, à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e ao Comitê Assessor do Programa de Iniciação Científica pela oportunidade de desenvolver este projeto e apresentá-lo no EAIC; ao CNPq e à Fundação Araucária, pelo incentivo e fomento à pesquisa e à iniciação científica; e à Comissão Organizadora do EAIC, pela realização e organização do evento.

## REFERÊNCIAS

MARQUES, M. **Modelagem paramétrica bidimensional para simulação de ondas em águas continentais.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MARQUES, M.; ANDRADE, F. O.; GUETTER, A. K. **Conceito do campo de fetch e sua aplicação ao reservatório de Itaipu.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 18, p. 243-253, 2013.

MARQUES, M. **Fetch em lagos e reservatórios.** [livro eletrônico]. São Paulo: Bookerfield, 2021. DOI: 10.53268/BKF2011110300.

MARQUES, M.; ARANTES, E. P. **Atlas hidrodinâmico do complexo lagunar Costa Doce.** [livro eletrônico]. São Paulo: Bookerfield, 2021. DOI: 10.53268/BKF21110900.

SAVILLE, T. **The effect of fetch width on wave generation.** Journal Technical Memorandum, Washington, n. 70, 1954.