

SIMULAÇÃO DOS CAMPOS DE PROFUNDIDADE DE MISTURA APLICADOS AO RESERVATÓRIO DA UHE DE CAPIVARA

Isabela Arantes Ferreira (PIBIC/CNPq/Uem), Cristhiane Michiko Passos
Okawa (Orientador), e-mail: cmpokawa@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Departamento de
Engenharia Civil

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Civil/Hidráulica

Palavras-chave: vento, onda, fetch

Resumo

Pelo presente trabalho o conceito da Profundidade de Mistura (PFM) é aplicado ao reservatório de Capivara, no rio Paranapanema via simulação computacional utilizando o modelo ONDACAD. As atividades de simulação foram realizadas com base em condições de campo de vento uniforme de 5, 10, 15 e 20 ms^{-1} soprando nas 16 direções, resultando na representação por 64 mapas. Pelas conclusões do estudo, deve ocorrer desestratificação térmica no reservatório para ventos superiores a 20 ms^{-1} .

Introdução

O termo profundidade de mistura é definido como a profundidade máxima afetada pela onda ao se propagar. O conceito se baseia na constatação que uma onda de determinado comprimento, ao se propagar, perturba a massa líquida a uma profundidade máxima equivalente à metade de seu comprimento. Deste modo, ao determinar a metade do comprimento da onda em um ponto se está determinando a profundidade de mistura.

Pela constituição do reservatório, a ação contínua do vento sobre a superfície líquida passa a promover a ocorrência de fenômenos como seiches, desestratificação térmica e ondas progressivas geradas pela ação do vento podendo provocar erosão das margens, ressuspensão de sedimentos e acidentes devido à navegação.

Pelo presente trabalho as profundidades são determinadas com base em representações bidimensionais da superfície do corpo hídrico, obtidas pela aplicação da técnica de simulação denominada paramétrica bidimensional (MPB) através do modelo computacional ONDACAD.

As atividades de simulação foram realizadas com base em condições de campo de vento uniforme de 5, 10, 15 e 20 m/s soprando nas 16 direções, resultando na representação por 64 mapas.

Materiais e métodos

Local do estudo

A Usina Hidrelétrica de Capivara, situada no Rio Paranapanema na região de Porto Capim, entre os municípios de Porecatu, no estado do Paraná, e Taciba, no estado de São Paulo. Constitui-se na maior usina deste rio tanto em termos de produção (619 MW), a partir de um desnível máximo de 50m, quanto em superfície do reservatório (609 km²), possuindo 10,5 bilhões de metros cúbicos de volume, resultando em uma profundidade média de 17m. Construída pela CESP durante a década de 1970, atualmente está sob gerência da *Duke Energy International*.

Método

A quantificação da profundidade de mistura atingida pela onda ao se propagar têm base na teoria linear de ondas, pela qual o comprimento da onda em águas profundas é definido como:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \quad [1]$$

sendo T o período da onda, L o comprimento e g a aceleração gravitacional. O período da onda será determinado pelo modelo SMB, conforme a equação seguinte:

$$T = \frac{U_{10}}{g} 7,54 \tanh \left[0,077 \left(\frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{0,25} \right] \quad [2]$$

Segundo Bretschneider (1966), o método referido como SMB foi inicialmente proposto por Sverdrup & Munk (1947) e posteriormente modificado pelo autor, recebendo as letras iniciais do sobrenome de seus idealizadores. É bastante empregado em função de sua simplicidade e eficiência (Cardone & Ross, 1977; Kinsman, 1965; Wiegel, 1970). Substituindo a equação [2] na equação [1] e assumindo que a profundidade de mistura (p_{fm}) é a metade do comprimento da onda (L) se obtém:

$$p_{fm} = \frac{4,52U_{10}^2}{g} \left\{ \tanh \left[0,077 \left(\frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{0,25} \right] \right\}^2 \quad [3]$$

Pela condição assumida de campo de ondas é limitado pelo fetch, informações sobre a duração do vento tornaram-se prescindíveis. Com base na técnica de simulação computacional denominada paramétrica bidimensional (MPB), o campo de fetch é transformado em um campo de profundidade de mistura aplicando-se a equação [3]. A técnica é aplicada pelo modelo computacional ONDACAD (Marques et al., 2013).

Resultados e Discussão

Foram simulados os campos de Profundidade de Mistura referentes a ventos de 15 ms^{-1} são mostrados pela Figuras 1 em caráter ilustrativo. Os valores das máximas profundidades de mistura são mostradas pelas Tabelas 1 e 2.

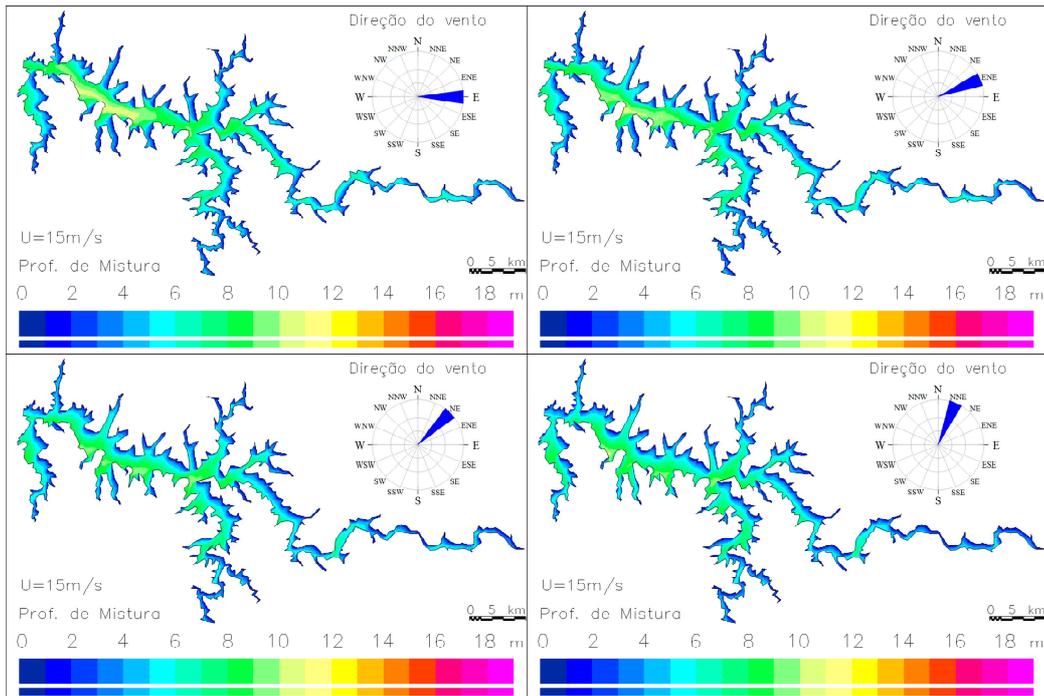


Figura 1 - Campos de Profundidade de Mistura para ventos de 15 m/s soprando do primeiro quadrante em caráter ilustrativo

Tabela 1 Profundidades de Mistura máximas para ventos E a WNW

U (m/s)	Direção	E	ENE	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW
		Fetch máx (km)	7,80	7,30	6,40	7,20	7,20	8,10	8,10
5	PFM máx (m)	3,1	3,00	2,84	2,98	2,98	3,13	3,13	3,08
10		4,4	4,39	4,28	4,38	4,38	4,47	4,47	4,44
15		8,1	8,06	7,96	8,05	8,05	8,13	8,13	8,10
20		14,6	14,55	14,46	14,54	14,54	14,61	14,61	14,59

Tabela 2 - Profundidades de Mistura máximas para ventos W a ESSE

U (m/s)	Direção	W	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE
		Fetch máx (km)	7,60	7,10	7,20	7,10	7,20	7,60	7,90
5	PFM máx (m)	3,16	3,42	3,91	4,06	4,07	4,02	3,84	3,29
10		4,49	4,66	4,96	5,05	5,05	5,03	4,92	4,58
15		8,15	8,29	8,54	8,61	8,61	8,59	8,50	8,22
20		14,62	14,74	14,95	15,01	15,01	14,99	14,92	14,69

Conclusões

O método gráfico de determinação do fetch, de aplicação trabalhosa pelo projetista, por exigir uma excessiva quantidade de operações gráficas, pôde ser aprimorado e aplicado com sucesso pela utilização de processamento computacional viabilizando a aplicação do conceito de campo de fetch e sua transformação para campo de profundidade de mistura.

Pelas conclusões do estudo, considerando a profundidade média de 17m e que a onda chega a perturbar 15m de profundidade para ventos de 20ms^{-1} , conclui-se que deve ocorrer desestratificação térmica em todo o reservatório para ventos superiores a 20ms^{-1} . A aplicação do conceito de profundidade de mistura via modelagem paramétrica bidimensional mostrou-se viável. O tempo de processamento na geração dos mapas e a demanda somente das informações sobre o vento (intensidade e direção) pode tornar oportuna a incorporação do modelo em sistemas de previsão em tempo real.

Um importante desdobramento que pode ser empreendido por trabalhos futuros é a incorporação da batimetria do lago no processo de modelagem, de modo a permitir o mapeamento das tensões no fundo geradas pela onda ao se propagar.

Referências

MARQUES, M. (2013). **Modelagem paramétrica bidimensional para simulação de ondas em águas continentais**. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação 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, 2013.

SAVILLE, T. (1954). **The effect of fetch width on wave generation**. Technical Memorandum No. 70, U.S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, 9 pp. U. S. Army Coastal Engineering Research Center (1966).

U. S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESERCH CENTER (1984). **Shore Protection Manual**. Third Edition, Volume 1. Washington, D.C.: Department of the Army Corps of Engineers.