

DISSIPAÇÃO DE ENERGIA DE ONDAS PELA VEGETAÇÃO EM RECINTOS FECHADOS

G. O. Mattosinho¹, A. S. Vieira² y G. F. Maciel³

¹ IFMG. Depto de Engenharia Civil, Piumhi, Brasil.

² UFMS. Depto. de Sistemas de Informação, Coxim, Brasil.

³ UNESP. Depto de Engenharia Civil; PPGEM- Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica; Prof. Água (Mestrado Profissional), Ilha Solteira, Brasil.

Email: germano.mattosinho@ifmg.edu.br, adriana.ilha@gmail.com; maciel@dec.feis.unesp.br

Introdução

A hidrovía Tietê-Paraná exerce influência em uma área de 1,5 milhão de km², com 75 milhões de habitantes, o que corresponde a 73% do PIB brasileiro (ANTAQ, 2011).

Os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo são interligados pelos 1.653 km de vias fluviais navegáveis, dos quais 970 km sob responsabilidade da Administração da Hidrovía do Paraná – AHRANA, e 683 km administrados pelo Departamento Hidroviário subordinado à Secretaria Estadual de Transportes de São Paulo – DH-SEST (ANTAQ, 2011).

Tal hidrovía é de extrema importância para o escoamento da produção agrícola dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e para uma parcela de Rondônia, Tocantins e Minas Gerais. A Figura 1 é a representação da Hidrovía Tietê-Paraná e a Figura 2 ilustra o segmento da mesma no reservatório da barragem de Ilha Solteira-SP.

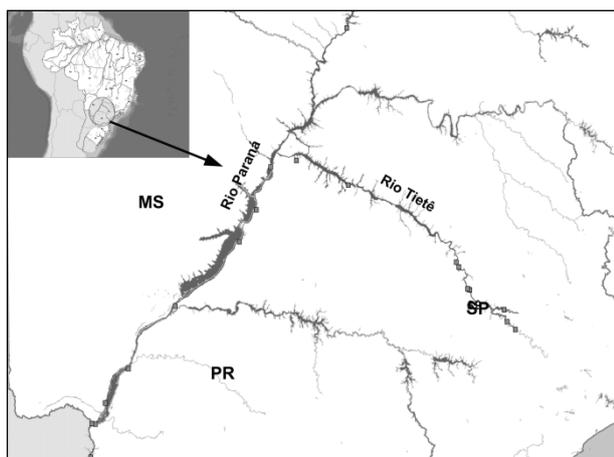


Figura 1.- Hidrovía Tietê-Paraná. Fonte: ANTAQ, 2010.

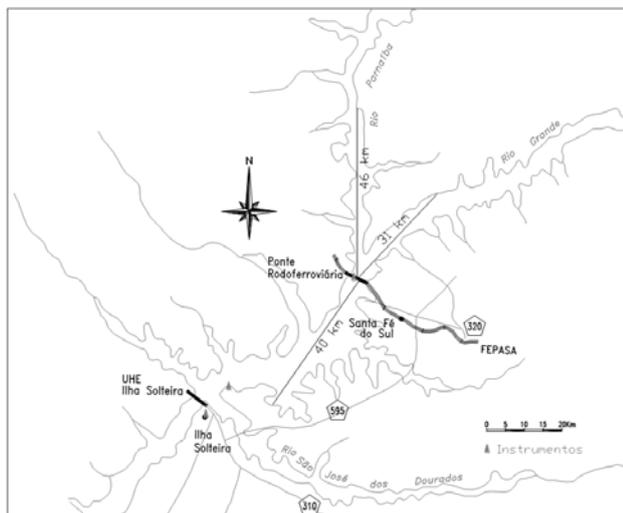


Figura 2.- Representação do trecho/rota da hidrovía Tietê-Paraná no reservatório de Ilha Solteira - SP.

Em termos de competitividade de mercado, as hidrovias são umas das melhores opções para reduzir os custos de transporte, uma vez que o Brasil tem uma extensa rede hidrográfica, que é pouco aproveitada.

A fim de aumentar o transporte de carga na hidrovía, por exemplo, é necessário realizar estudos aprofundados como: a) acoplamento meteorológico-hidrodinâmico, com previsão de ondas geradas por ventos no reservatório; b) seus efeitos na segurança da navegação; c) o efeito das ondas nos processos de erosão nas margens, transporte de sedimentos, entre outros, para que o desenvolvimento seja sustentável.

O Grupo de pesquisa ONDAFEIS atua desde 2002 na investigação desses fenômenos. Não obstante, antes da criação de tal grupo, os pesquisadores já executavam estudos no projeto FINEP-ONDISA5 entre 1997 e 2008.

Atualmente o grupo utiliza o software SWAN-VEG para analisar a influência da vegetação na redução da altura das ondas junto às margens. A versão utilizada é a 41.01 (SWAN Team, 2014), que inclui a equação de dissipação de energia devido à vegetação utilizada por Suzuki et al. (2011).

Metodologia e zona de estudo

Neste estudo, o modelo é aplicado considerando diferentes dinâmicas do vento proveniente de NE, variando-se as características do fator de vegetação V_f [planta/m] (coef. de arrasto \times diâmetro \times densidade das plantas), além de se analisar os efeitos do refinamento de malhas utilizadas no modelo SWAN-VEG, nos coeficientes de atenuação.

Para este estudo de casos foram elaboradas malhas batimétricas do reservatório com 250 m, 150 m e de 100 m de resolução, além de malhas de vegetação com características distintas (de acordo com a resolução da malha batimétrica) e localizadas próximas às margens do reservatório (Figura 3) com a finalidade de se analisar o amortecimento de ondas geradas por ventos pelo campo vegetado.

Os resultados das simulações para os pontos apresentados na Figura 4 são reorganizados de acordo com o fator de vegetação para criação de gráficos relacionando percentagem de amortecimento para as diferentes malhas.

Observou-se que a dissipação de energia através atenuação de altura de ondas para as três malhas apresentaram o mesmo comportamento de atenuação (Mattosinho, 2016), dessa forma, serão apresentados os resultados para a malha mais refinada, com resolução de 100 m.

O espectro direcional nos cálculos com o SWAN-VEG é definido com uma discretização de frequência de 30 intervalos de 0,05 a 3,0 Hz, com uma distribuição logarítmica e uma discretização direcional de 2,5° cobrindo os 360° (que resulta em 144 intervalos de direção). Todos os testes serão realizados com o SWAN-VEG adaptado a partir da versão SWAN 41.01 (SWAN Team 2014), em modo estacionário, sem a presença de correntes. Os fenômenos físicos considerados são: refração, empolamento e interação não linear entre três e quatro ondas. Todos os parâmetros relevantes serão introduzidos na plataforma SOPRO (Fortes et al. 2006).

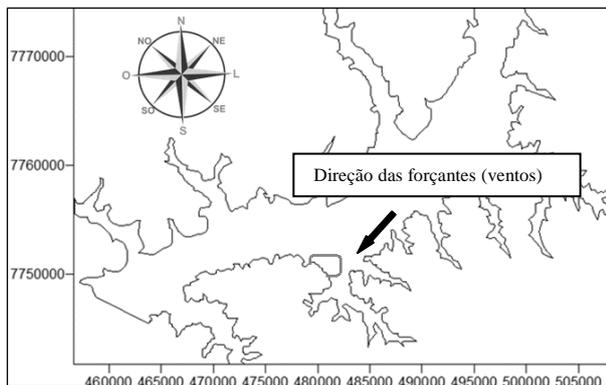


Figura 3.- Representação georreferenciada do reservatório de Ilha Solteira (zona de estudo, dentro da qual são dispostos layouts de campos vegetados nas proximidades da margem).

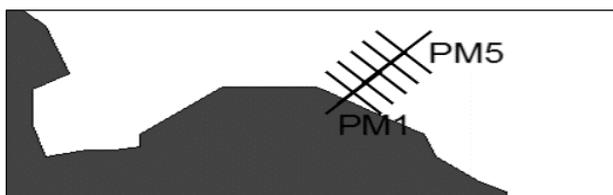


Figura 4.- Croqui dos pontos sob análise da dissipação de energia pela vegetação.

As coordenadas dos pontos PM1 a PM5 utilizadas nas simulações estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1.- Coordenadas dos pontos de interesse.

Pontos	COORDENADAS		
	Profundidade [m]	X [UTM]	Y [UTM]
PM1	0,57	479822	7751013
PM2	0,85	479872	7751063
PM3	1,40	479922	7751113
PM4	1,98	479972	7751163
PM5	2,98	480022	7751213

Resultados

Considerando a malha mais refinada (100 m de resolução) e as condições de entrada no modelo, a saber, velocidade do vento igual 5 m/s (velocidade característica da região), altura de planta (ah) de 0,5 m com diâmetro de 5 mm, densidade de plantas (N) de 400 e 1600 plantas/m², fator de vegetação (V_f) variando de 0,0 a 12,8 e coeficiente de arrasto (C_D) igual a 0,02, 1,00 e 1,60, foi possível calcular a altura significativa (H_s) de onda nos pontos PM1 a PM5 (Tabela 2).

Tabela 2.- Altura significativa de onda (H_s) em metros.

Pontos	s/ veg.	com vegetação					
	N	400			1600		
	C_D	0,02	1,00	1,60	0,02	1,00	1,60
PM1	0,21	0,20	0,09	0,08	0,18	0,05	0,04
PM2	0,24	0,23	0,15	0,14	0,22	0,11	0,10
PM3	0,26	0,26	0,23	0,22	0,26	0,21	0,21
PM4	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
PM5	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
	V_f	0.04	2.00	3.20	0.16	8.00	12.80

Reorganizando os dados é possível plotar curvas de percentagem de amortecimento pelo fator de vegetação, conforme Figura 5.

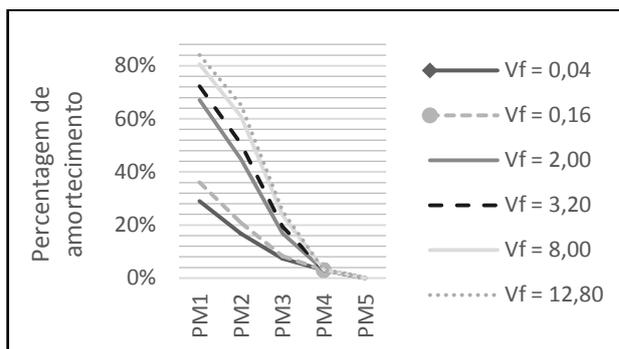


Figura 5.- Amortecimento de ondas na margem.

Conclusões

O reservatório de Ilha Solteira - SP é um trecho navegável da hidrovia Tietê - Paraná, e dessa forma, tem um papel significativo no transporte de cargas e passageiros ao longo dela. As condições de segurança para essa navegação e transporte devem, portanto, ser garantidas. Dentro deste quadro, é de supra importância avaliar as ondas geradas pelos ventos nessa hidrovia.

O grupo de pesquisa constantemente atesta sobre a complexidade do fenômeno de dissipação de energia de ondas pela vegetação e sobre a importância de se investigar a fundo o tema, uma vez que a quantificação é importante na modelagem da hidrodinâmica costeira e de lagos interiores, com definição de medidas de proteção para as margens de reservatórios, frequentemente expostos e submetidos a processos erosivos e embate de ondas.

O modelo SWAN-VEG se mostrou importante ferramenta para simular, dentre outras, soluções naturais, como o uso da vegetação como mecanismo de atenuação de ondas às margens do reservatório de Ilha Solteira.

Referências

ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários) – Superintendência de Navegação Interior (2011). “Transporte de Cargas na Hidrovia do Paraná-Tietê 2010”. Brasília-DF.

Suzuki, T., Zijlema, M., Burger, B., Meijer, M.C., Narayan, S. (2011). “Wave dissipation by vegetation with layer schematization in SWAN”. Coastal Engineering, Vol. 59, August 2011, pp. 64–71.

SWAN Team, 2014. “SWAN scientific and technical documentation. SWAN Cycle III version 41.01”. Report. Delft University of Technology.

Mattosinho, G.O. (2016) “Dissipação de Energia de Ondas Geradas por Ventos em Reservatórios de Barragens, devido à presença de Vegetação”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 85p.

Fortes, C. J.; Pinheiro, L.; Santos, J. A.; Neves, M. G.; Capitão, R. (2006). “SOPRO – Pacote integrado de modelos de avaliação dos efeitos das ondas em portos”. Tecnologias da Água, v. 1, pp. 51-61.

UNESP 1997- 2008. “Projeto ONDISA 5. Projeto financiado pelas agências de fomento FAPESP e FINEP”. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/#/departamentos/engenharia-civil/lh2/projetos/>>.