

ANÁLISE COMPARATIVA BIDIMENSIONAL DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO FETCH

*Marcelo Marques¹; Fernando O. de Andrade²; Adalberto Koodi Takeda³; Cristhiane M. P. Okawa³,
Fernanda R. Anklam⁴; Amanda T. R. da Silva⁵; Arisa Koga⁶; Adriana W. R. Queiroz^{7*}*

Resumo - O conceito de campo de fetch é aplicado ao reservatório de San Roque, Argentina, permitindo uma análise bidimensional comparativa entre dois importantes métodos de obtenção do fetch. Os métodos foram recomendados em publicações distintas do Shore Protection Manual, sem mencionar as implicações da escolha. A análise comparativa bidimensional foi realizada através da aplicação do modelo computacional ONDACAD. Os mapas de campo de fetch pelos dois métodos revelaram que a localização do maior fetch não é condicionada pelo método adotado. Por ambos os métodos os maiores valores de fetch ocuparam regiões próximas, junto à margem a sotavento. Quanto à distribuição, pelo método de Saville foram gerados campos de fetch mais suaves e sem descontinuidades aparentando, mesmo que intuitivamente, ser mais adequado para representar fenômenos como ondas e seiches. Esses resultados contribuem para a compreensão do comportamento dos métodos no espaço bidimensional.

Palavras chave: ONDACAD, vento, onda

BIDIMENSIONAL COMPARATIVE ANALYSIS OF FETCH DETERMINATION METHODS

Abstract - The concept of fetch is applied to San Roque reservoir, Argentina, by allowing a comparative analysis of two significant bidimensional methods to estimate fetch values. The methods were cited and recommended by different publications in the Shore Protection Manual, without mentioning the implications of the suggestion. The comparative analysis was performed by the implementation of the numerical model ONDACAD. The computation of the effective fetch by the two methods revealed that the location of the largest fetch is not conditioned by the selected method. For both methods the largest fetch values occupied the near areas of the leeward margin. Regarding the fetch distribution, the method of Saville generated more continue and smooth field of the fetch, and seemed to be the model more appropriate to represent wave field and seiche phenomena. The understanding of the deviations among the methods could contribute to the use of results of published studies as well as to clarify the behavior of the methods in the two-dimensional space.

Keywords : ONDACAD, wind, wave.

^{1*}Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil, mmarques@uem.br

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil, fandrade@utfpr.edu.br

³Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil, aktakeda@uem.br

³Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil, cmpokawa@uem.br

⁴Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil, feranklam@hotmail.com

⁵Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil, amandathaayara.rs@gmail.com

⁶Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil, arisakogah@gmail.com

⁷Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil, wanessarodrigueiro@live.com

INTRODUÇÃO

Uma parcela significativa da população mundial vive em áreas próximas a margens de oceanos, lagos e rios. Historicamente, estes sistemas naturais vêm sendo desenvolvidos e manipulados para o benefício da sociedade sem a devida consideração aos impactos gerados. Tratando-se de lagos e reservatórios, importantes impactos ocorrem devido à ação do vento, o forçante de maior influência no processo de circulação hidrodinâmica e na formação de ondas. A energia do vento é transferida para a onda no decorrer da pista de vento ou fetch. É definido como um comprimento que representa a região sobre a superfície livre de um corpo d'água sobre ação do vento em uma determinada direção.

O fetch é determinado através de métodos de natureza geométrica, geralmente de aplicação pontual. O presente trabalho foi motivado pela diversidade de resultados relativos a este tema, verificados em diferentes estudos, os quais trataram da determinação do fetch máximo para o reservatório da barragem de Ilha Solteira, localizado entre os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Pelos resultados de Lima *et al.* (2003) o fetch determinado pelo método oceânico foi de 48 km, enquanto Marques *et al.* (2007) obteve 12,3 km pelo método proposto por Saville (1954) e chega-se ao comprimento de 34 km pela raiz quadrada da superfície livre do reservatório. Considerando a diversidade de métodos para a determinação do fetch e o desvio entre estes resultados, pelo presente estudo é utilizado o conceito de campo de fetch apresentado por Marques *et al.* (2013) de modo a realizar uma análise comparativa bidimensional entre dois métodos bastante difundidos de determinação do fetch.

ÁREA DE ESTUDO

O reservatório San Roque se localiza na província de Córdoba, Argentina, sendo a principal fonte de água (70%) para a cidade de Cordoba (a segunda maior cidade da Argentina). A Figura 1 ilustra sua localização, apresenta algumas características físicas do reservatório e a localização da estação de monitoramento.

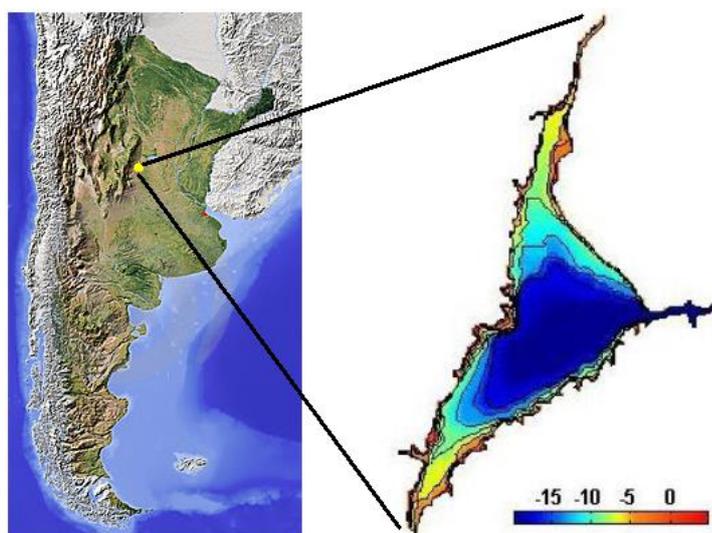


Figura 1. - Localização do Reservatório San Roque

Localização	64°28' O, 31°23' S
Área	16 km ²
Volume	180 hm ³
Profundidade máxima	30 m
Profundidade média	16 m
Potência	1,2 MW

MÉTODOS

Por tratar-se de métodos geométricos, a determinação do fetch passa a ser fortemente influenciada pelo formato das margens. Os métodos aqui comparados constituem-se em métodos de aplicação pontual. São convencionalmente aplicados utilizando-se planilha eletrônica e um programa de desenho assistido por computador. Conforme exposto por Marques (2005), métodos desse tipo são de aplicação trabalhosa ao projetista, por exigir uma excessiva quantidade de operações gráficas através do emprego simultâneo de planilha eletrônica. Este aspecto incita o projetista a determinar o fetch para poucos pontos, inserindo um fator de subjetividade à aplicação do método. Apesar de constituir-se em métodos amplamente empregados, a quantificação dos desvios entre os resultados gerados passou a ser possível pela utilização do conceito de campo de fetch, explorado com profundidade por Marques (2013), permitindo a determinação dos desvios relativos relacionados a estes métodos. Entende-se como desvio relativo a razão entre valores de fetch em uma mesma posição geográfica ou referentes a um mesmo nó da malha. A obtenção de mapas temáticos de distribuição do Fetch bem como de mapas de desvios relativos foram obtidos pelo modelo computacional ONDACAD, o qual vem sendo aperfeiçoado desde Marques (2005). Para o presente estudo o modelo ONDACAD foi adaptado de modo a permitir a distribuição do fetch por dois métodos descritos a seguir.

O primeiro método é apresentado por Saville (1954), recomendado por *U.S. Army Coastal Engineering Reserch Center* (1966) e aperfeiçoado por Marques (2013) que passou a considerar uma resolução angular de um segmento de reta a cada grau, ao invés de um segmento a cada seis graus como originalmente proposto por Saville (1954). É aqui denominado de método MS e determinado pela equação [1]. Pela imagem da esquerda na Figura 2 é mostrado o traçado do método originalmente proposto por Saville (1954) e pela imagem da direita é mostrado o aspecto do traçado após o aumento da resolução angular apresentado por Marques (2013).

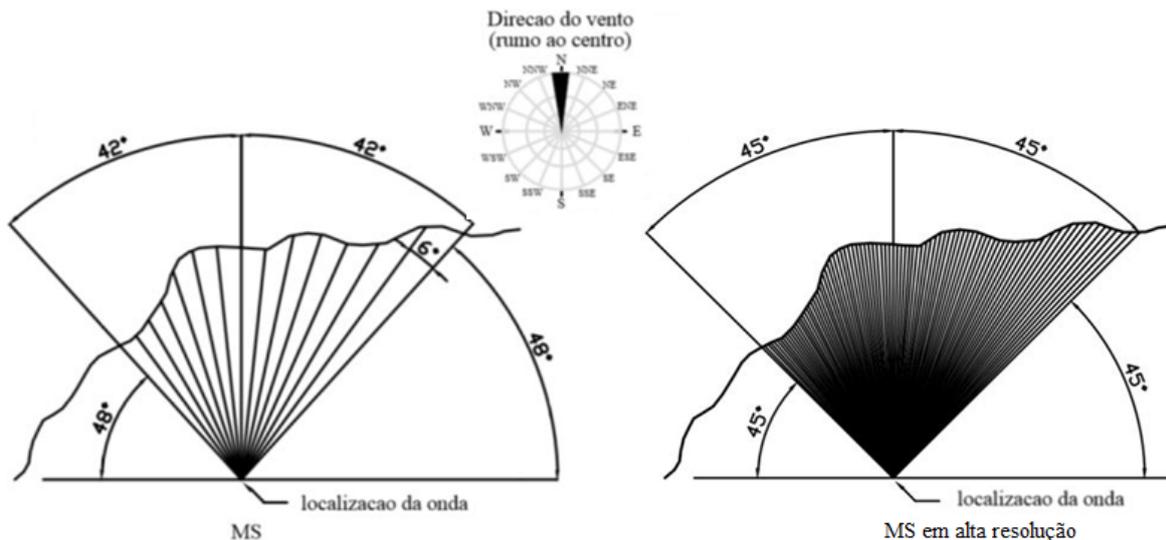


Figura 2 - Aplicação esquemática do método de Saville (esquerda) e do método de Saville em alta resolução (direita)

$$F = \frac{\int_{-45}^{45} x_i \cos \varphi d\varphi}{\int_{-45}^{45} \cos \varphi d\varphi} \quad (1)$$

O segundo método foi recomendado por *U.S. Army Coastal Engineering Research Center* (1984) e determina a extensão do fetch pela construção de 24 radiais em intervalos de 1 grau. Esse método é aqui denominado de SPM. Pelo método, o fetch é determinado pela média aritmética dos comprimentos das linhas auxiliares. O traçado esquemático para a aplicação dos métodos é mostrado pela Figura 3 para vento norte.

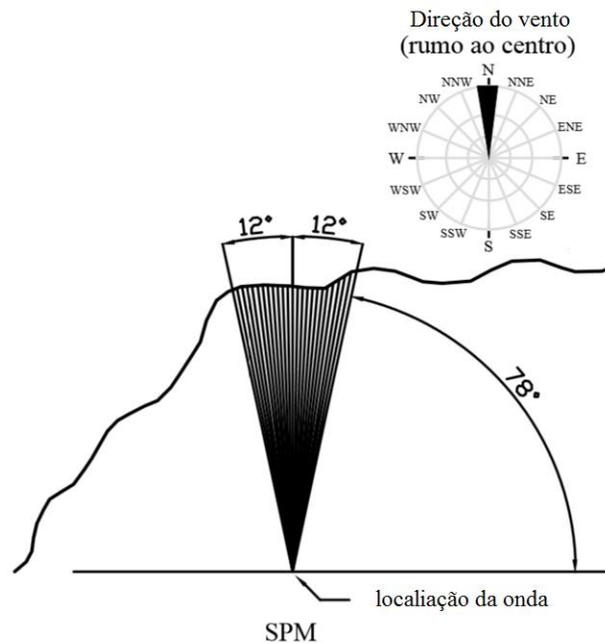


Figura 3 - Aplicação esquemática do método SPM para vento norte

A distribuição dos maiores valores de fetch foi realizada por Marques *et al.* (2013). Com base naquele estudo decidiu-se pela adoção do vento norte por tratar-se de uma direção representativa de valores de *fetch* elevados.

Modelo Ondacad

A distribuição do fetch de modo automatizado é realizada por um programa concebido em linguagem LISP denominado ONDACAD podendo ser interpretado por programas de projeto assistido por computador, como o AutoCAD, zwcAD e CorelCAD.

Um dos módulos do modelo ONDACAD gera a distribuição do fetch com base na discretização da superfície do corpo de água pela geração de uma malha estruturada quadrangular. Os nós da malha são percorridos respeitando-se a direção do vento fornecida e aplicando o método de Saville em alta resolução (Figura 4a) e o método SPM (Figura 4b).

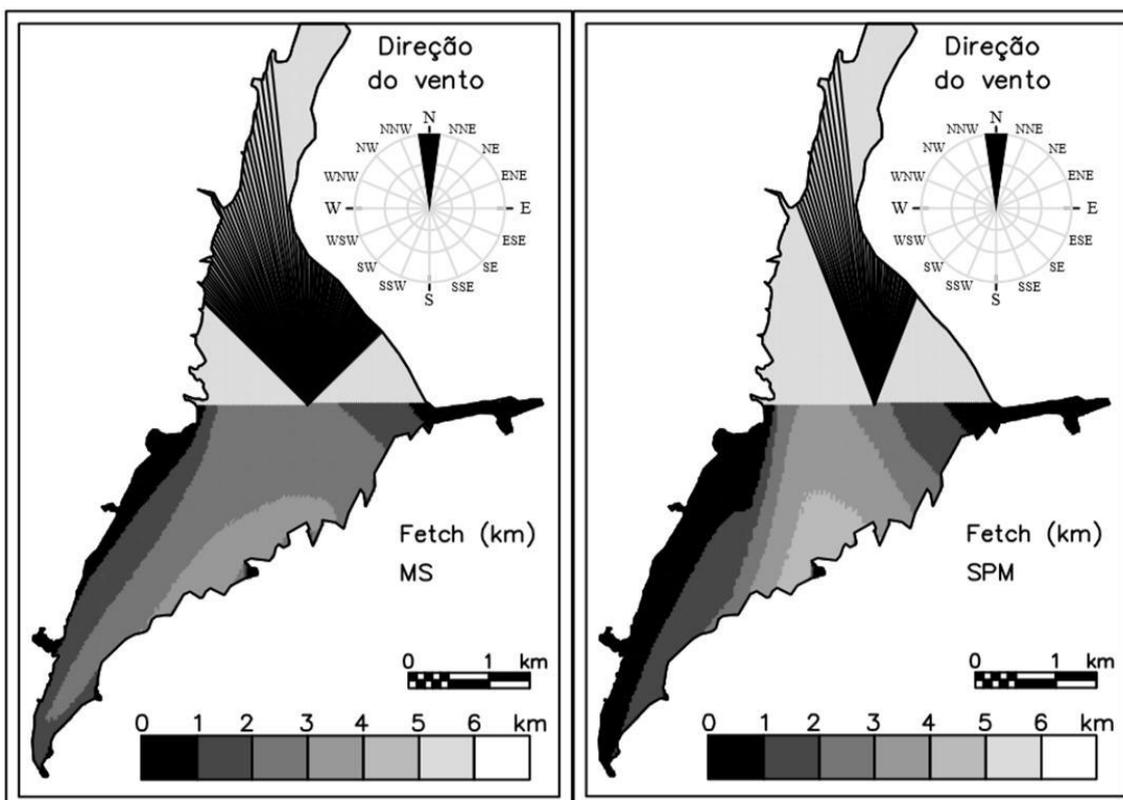


Figura 4. – Processamento propositalmente interrompido para ilustrar a aplicação do conceito do campo de fetch pelos métodos MS (esquerda) e SPM (direita)

A análise comparativa entre os métodos é obtida pela geração de um mapa resultante da razão entre os comprimentos de fetch em cada nó da malha pelos métodos SPM e MS, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do modelo ONDACAD com base nos métodos MS e SPM resultou nos campos de fetch mostrados pela Figura 5. Comparativamente, quanto ao aspecto da distribuição do *fetch*, o método SPM apresentou uma distribuição com variações maiores em pequenas distâncias. Já o método MS gerou um campo com aspecto mais próximo do esperado para um campo de ondas, mesmo que intuitivamente, devido à maior atenuação, quando comparado com o método SPM.

Quanto aos maiores valores de *fetch*, independentemente da localização, verifica-se que o *fetch* máximo foi de 3,6 km pelo método MS e de 4,8 km pelo método SPM. Portanto, em termos de comprimentos extremos, o *fetch* máximo pelo método SPM superou o método MS em 33%.

Visando uma melhor visualização dos desvios envolvidos, decidiu-se por gerar mapas representando a razão entre os campos de fetch mostrado pela Figura 5.

Os desvios máximos atingiram o valor de 1,8, como pode ser verificado pela Figura 6a. Portanto o método SPM pode resultar em comprimentos de fetch até 80% superiores aos obtidos pelo método MS para o reservatório e a direção considerados. Esses desvios máximos ocorreram próximos da margem a barlavento e, portanto, afastados da região de ocorrência dos valores de *fetch* máximo.

O mapa de desvios inferiores à unidade representam os pontos nos quais o comprimento do *fetch* pelo método MS superou os comprimentos pelo método SPM. Pela Figura 6b é possível

verificar que essa condição ocorreu para valores no entorno da parte mais central do reservatório, iniciando nas margens a barlavento.

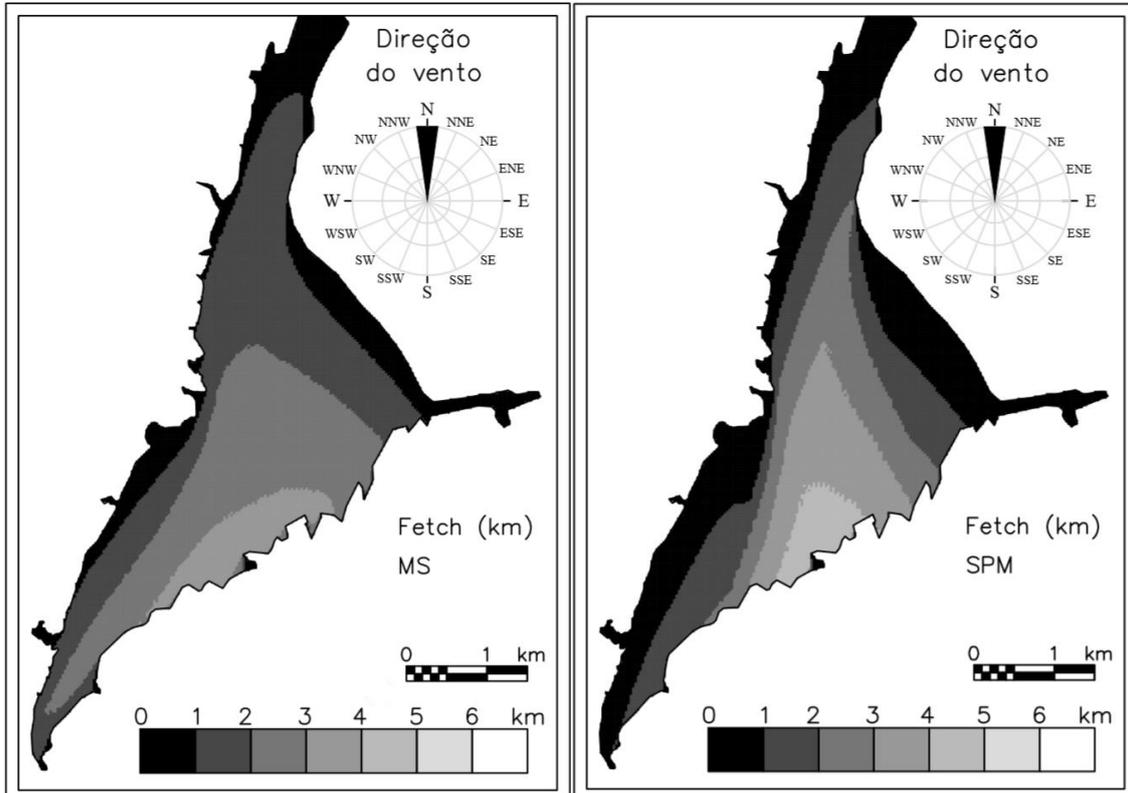


Figura 5. - Distribuição do *fetch* por MS e SPM para vento N

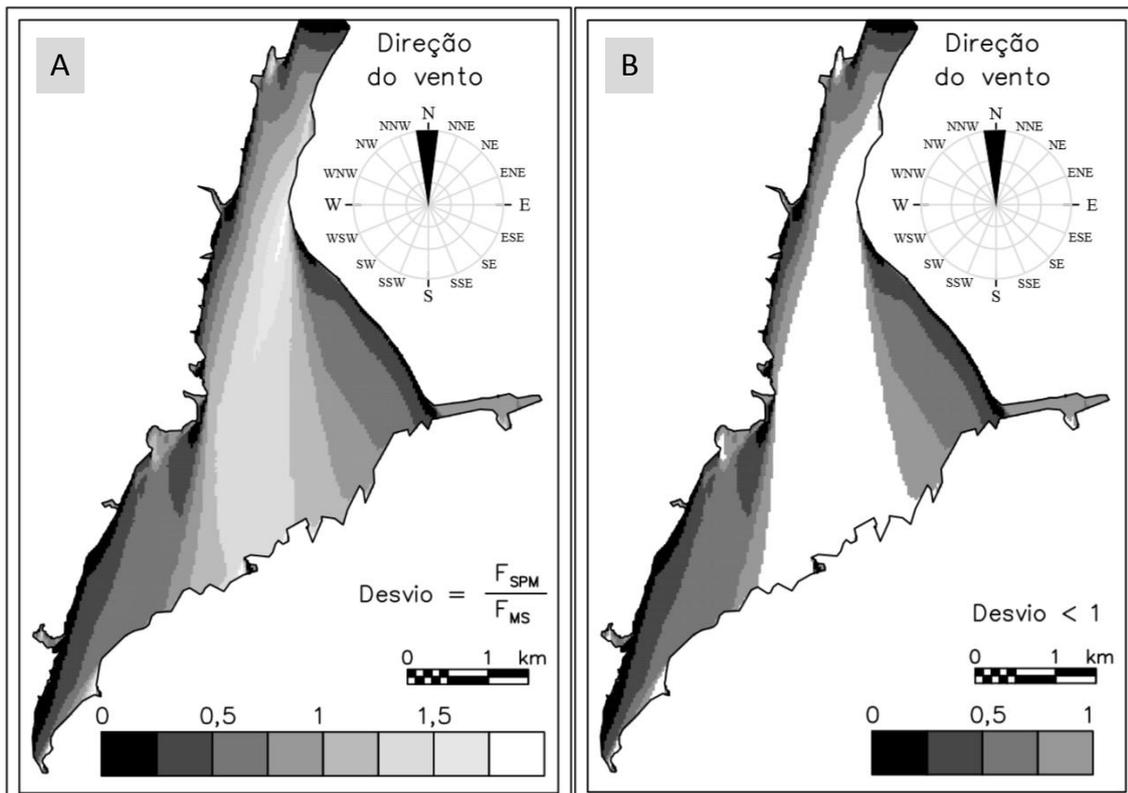


Figura 6. - (a) mapa de desvio e (b) mapa para desvios inferiores a 1

Como nas margens a barlavento não ocorrem ondas máximas, se pode constatar que, em caso de comparação entre estudos, cada qual utilizando um dos dois métodos, é mais adequada a majoração dos comprimentos de fetch máximo obtido pelo método MS em 33%, ou minorar o comprimento do fetch obtido pelo método SPM em 25%.

Apesar de parecer, mesmo que intuitivamente, que a distribuição do campo de fetch pelo método de Saville se aproxima mais do aspecto esperado para um campo de ondas, uma análise conclusiva poderá ser feita através de um estudo futuro visando determinar qual dos dois modelos gera um campo de fetch que melhor se correlaciona com o campo de ondas gerados por um modelo numérico de base física em diagrama adimensional de $(gFU^{-2}) \times (gHU^{-2})$.

CONCLUSÕES

Os mapas de campo de fetch revelaram que a localização do maior *fetch* não é condicionada pelo método adotado. Por ambos os métodos os maiores valores de fetch ocuparam regiões próximas, junto à margem a sotavento.

Quanto à distribuição, o método MS gerou campos de fetch mais suaves e sem descontinuidades aparentando, mesmo que intuitivamente, ser mais adequado para representar fenômenos como campos de onda.

Quanto aos desvios, o método MS gerou resultados maiores próximo às margens laterais e o método SPM gerou comprimentos maiores na região mais central. Curiosamente em aproximadamente metade da superfície total um método superou o outro. Na região dos maiores valores de fetch, o método SPM gerou comprimentos da ordem de 30% superiores ao método MS.

O conhecimento dos desvios entre os métodos pode contribuir para o aproveitamento de resultados de estudos publicados bem como auxiliar na compreensão do comportamento dos métodos no espaço bidimensional.

REFERÊNCIAS

LIMA, S. F. ; NASCIMENTO, M. F. ; UAISSONE, A. J. R. & NEVES, C. F. (2003). Estimativa das maiores ondas geradas pelo vento no reservatório de Ilha Solteira. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003.

MARQUES, M. (2005) Sistema para estimativa de ondas geradas por ventos em reservatórios de barragens. 2005. 137 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

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. 219 pp.

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. *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.).