

Conceito do Campo de Fetch e sua Aplicação ao Reservatório de Itaipu

Marcelo Marques¹, Fernando Oliveira de Andrade², Alexandre Kolodynskie Guetter²

marcelomarques100@gmail.com; foandrade22@gmail.com; guetter.dhs@ufpr.br

Recebido: 27/03/13 - revisado: 18/06/13 - aceito: 30/08/13

RESUMO

Em estudos envolvendo corpos de água interiores de grande espelho d'água como lagos, reservatórios e estuários, o fetch é obtido pontualmente com base em uma direção pré-definida e no formato das margens. Como se constitui em um conceito geométrico, sua determinação é fortemente condicionada pelo formato irregular e geralmente dendrítico do lago ou reservatório. Este fato combinado à característica laboriosa do método contribui para o alto grau de incerteza na determinação da extensão do maior fetch.

Assim exposto, esta comunicação científica traz à luz esta discussão, apresentando o conceito do campo de fetch. A aplicação do conceito foi possível pela concepção de um modelo computacional denominado ONDACAD. O modelo possibilita a determinação confiável dos maiores valores de fetch e de sua localização geográfica. O modelo foi aplicado à porção sul do reservatório da Usina hidrelétrica de Itaipu.

Palavras-chave: Onda. Vento. Bordo livre. Itaipu

INTRODUÇÃO

Nos ambientes de águas continentais de grandes espelhos d'água como lagos, reservatórios e estuários, o vento constitui-se no principal forçante da geração dos fenômenos de circulação e perturbação da superfície livre. Nestes corpos de água, a ação frequente do vento sobre a superfície líquida promove a ocorrência de fenômenos como seiches, desestratificação térmica e ondas progressivas geradas pela ação do vento. Frequentemente os movimentos podem se propagar até o fundo, gerando tensões de cisalhamento e provocando ressuspensão de sedimentos, podendo até promover o desprendimento de gases de efeito estufa dissolvidos no sedimento.

Em todos estes fenômenos, é possível quantificar a transferência de energia do vento para um ponto específico da superfície do reservatório pela utilização de equações paramétricas. Considerando o grupo destas equações que trata da determinação da altura da onda, na maioria destas equações a altura da onda é obtida pelo conhecimento prévio de dois elementos principais: a velocidade, inerente

ao próprio vento e o comprimento da pista de vento, comumente denominado fetch.

Conceitualmente cada ponto na superfície do corpo de água relaciona-se a um único valor de fetch medido da direção oposta à do vento. Portanto, definida uma direção, é comum que cada ponto na superfície do corpo de água possua um fetch distinto.

Esta característica do fetch e o aspecto geralmente irregular e dendrítico do formato dos reservatórios contribuem para que a determinação do maior fetch seja uma tarefa fortemente dependente da subjetividade do projetista.

Pelo presente trabalho é apresentado o conceito da distribuição do fetch de maneira a permitir a determinação do fetch de modo objetivo e sistemático, eliminando definitivamente o caráter subjetivo de sua determinação em águas continentais.

ÁREA DE ESTUDO

O lago de Itaipu foi escolhido por sua importância energética e seu potencial para a expansão dos usos múltiplos, incluindo-se a aquicultura, lazer e navegação comercial. O limite sul é dado pela barragem de Itaipu, tendo o reservatório as seguintes características segundo Andrade et al.

¹ Departamento de Tecnologia - UEM

² Departamento de Hidráulica e Saneamento - UFPR

(2004): (1) Comprimento aproximado de 170 km e largura média de 7 km; (2) Área alagada de 1.350 km² (770 km² em território Brasileiro e 580 km² em território Paraguai); (3) Profundidade média de 22,5 m, chegando a 170 m nas proximidades da barragem; (4) Área de drenagem de aproximadamente 820.000 km². A localização do Reservatório de Itaipu está ilustrada na Figura 1.

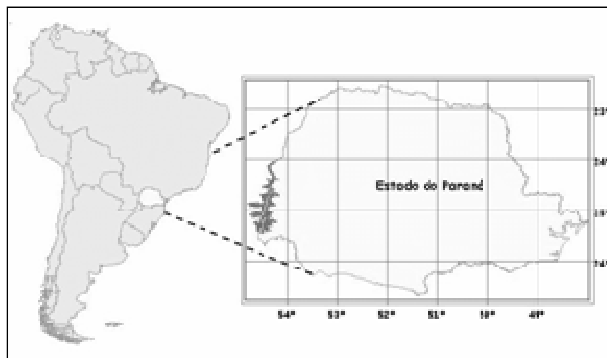


Figura 1 - Localização do Reservatório de Itaipu

Considerando o maior interesse nos valores de fetch próximos à barragem e a relação entre comprimento e largura da ordem de 1:20, a qual dificulta a visualização dos resultados, foi adotada a porção sul do reservatório para este estudo, destacada pela Figura 2.

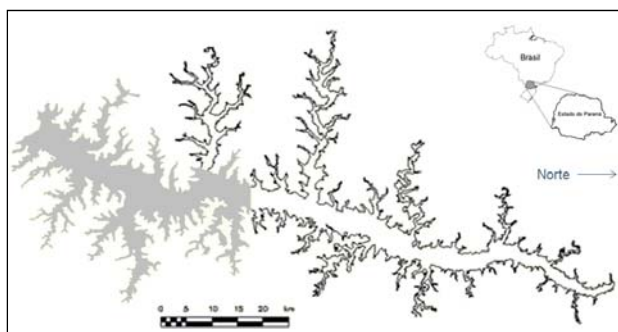


Figura 2 - Porção sul do reservatório de Itaipu (em destaque)

FORMULAÇÃO TEÓRICA

O conceito de fetch é extensivamente aplicado e provavelmente teve início em aplicações relacionadas às ciências atmosféricas em águas oceânicas especialmente relacionadas à previsão de

altura de ondas geradas pela ação do vento. Nestes ambientes o fetch é definido como o comprimento sobre a superfície da água onde o vento mantém constante, tanto a intensidade quanto a direção. Em águas oceânicas o fetch é determinado de modo rigoroso através da utilização de cartas sinóticas. Para locais próximos à costa, as cartas sinóticas passaram a ser prescindíveis e o fetch passou a ser convencionalizado como a distância normal, na direção do vento, da praia à estrutura a ser projetada. Pela Figura 3a é mostrado o aspecto geométrico do método para águas oceânicas aplicado em Itaipu.

Em águas interiores, devido à presença das margens, é comum que o fetch tenha valores inferiores aos obtidos em águas oceânicas (MARQUES & GUETTER, 2011).

Em estudos recentes em lagos, reservatórios e estuários, são tentadas correlações, algumas menos óbvias, do fetch com temas variados, como evaporação (TANNY et al. 2011), bancos de macrófitas aquáticas (HAKANSON & BOULION, 2002; ZHU et al. 2012; Pierini e Thomaz, 2009), estratificação térmica (GORHAM e BOYCE, 2009; WEINBERGER; VETTER 2012), geomorfologia (Ashton et al. 2009; Nordstrom & Jackson 2012), altura de ondas (EKEBOM et al. 2003; TOLVANEN & SUOMINEN, 2005; MARQUES & GUETTER, 2011) e transporte de sedimentos (NÖGES ; KISAND 1999).

No ambiente de águas interiores, o fetch é influenciado pelo formato das margens, geralmente de aspecto irregular e dendrítico. Neste ambiente continental é amplamente utilizado o método apresentado por Saville (1954), conforme Figura 3b, recomendado pelo U. S. Army Coastal Engineering Research Center, o qual consiste na construção de 19 linhas radiais a partir do ponto de incidência da onda em intervalos de 5°, de tal modo que as radiais extremas formem com a direção do vento um ângulo de 45°.

Cada uma destas radiais deve se estender até a margem. Para o cálculo do fetch, este passa a ser obtido pela ponderação pelo cosseno destes ângulos, conforme equação 1.

$$F = \frac{\sum_i x_i \cos \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} \quad (1)$$

onde α_i é o ângulo entre a direção principal e a direção secundária e x_i é o comprimento na direção secundária.

O método proposto por Saville (1954) tornou-se bastante difundido no meio técnico, talvez por contemplar o efeito da margem na transmissão

de energia do vento através de uma abordagem geométrica.

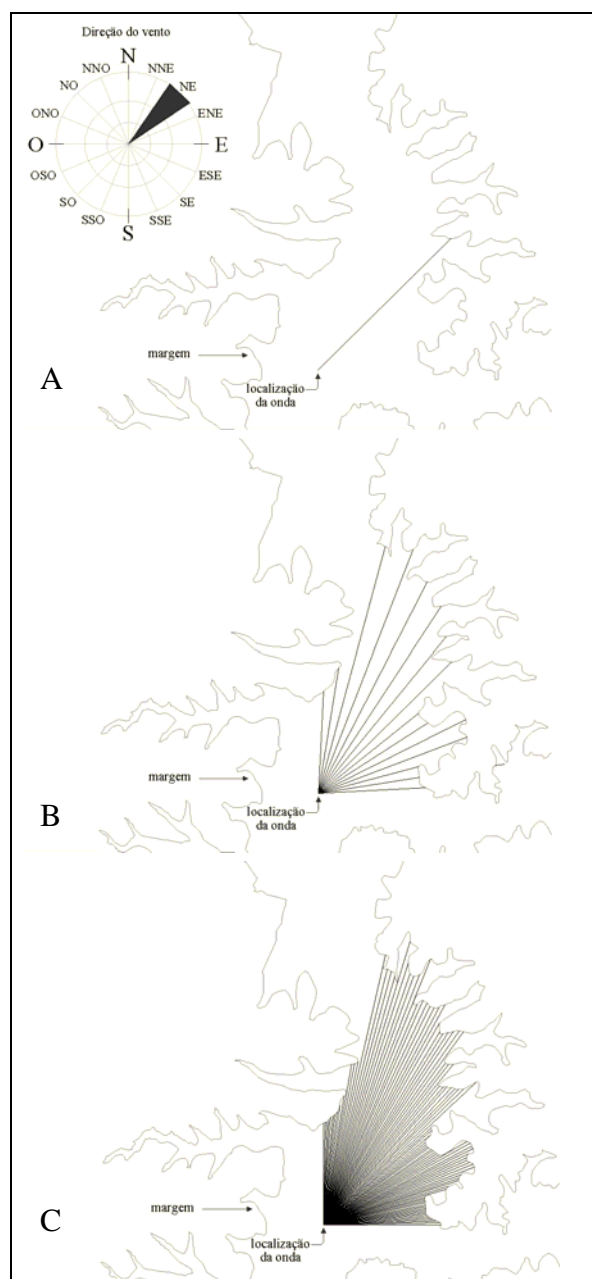


Figura 3 - Aspecto geométrico resultante da determinação do fetch em águas interiores pelos métodos: (a) oceânico; (b) Saville; (c) Saville em alta resolução

O método de Saville (1954) é baseado nas seguintes hipóteses: (1) O vento, ao deslocar-se, transfere energia à superfície da água na direção do vento e em todas as direções dentro da

amplitude de 45 graus para cada lado tomando a direção do vento como referência. (2) O vento transfere uma quantidade unitária de energia para a água ao longo da radial central na direção do vento. Nas radiais auxiliares a energia fornecida pelo vento é proporcional ao cosseno do ângulo entre a radial e a direção do vento. A influência de cada uma destas radiais pode ser observada através da Tabela 1. (3) Considera-se que a direção do vento é uniforme, a qual se mantém na mesma direção dentro da área de geração. (4) O método considera que o vento, soprando da terra em direção à água, entra em contato com a superfície líquida assim que cruza a margem. Escrito de outra forma, o método considera que o vento sopra de forma perfeitamente tangente ao relevo.

Tabela 1 - Quantidade de energia transferida pelo vento para gerar a onda

α	0°	5°	10°	15°	20°
$\cos \alpha$	1	0,996	0,985	0,966	0,94
α	25°	30°	35°	40°	45°
$\cos \alpha$	0,906	0,866	0,819	0,766	0,707

Fonte: SAVILLE (1954)

A obtenção da representação do fetch como um campo foi realizada com base no método de Saville pela concepção de um modelo computacional em linguagem LISP denominado ONDACAD, o qual permite determinar através de um mapa georeferenciado, a distribuição do fetch para cada uma das dezesseis direções.

Como ângulos entre linhas auxiliares inferiores a cinco graus podem ser aplicados (U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, 1983), decidiu-se por utilizar ângulos de um grau, aproximando, deste modo, a razão discreta proposta por SAVILLE (1954) em uma relação contínua, conforme Figura 3c e aproximada pela seguinte formulação integral:

$$F = \frac{\int_{-\alpha}^{\alpha} F \cos(\phi) d\phi}{\int_{-\alpha}^{\alpha} \cos(\phi) d\phi} \quad (2)$$

na qual $\pi/2 \geq \alpha \geq 0$

A diferença nos resultados gerados por diferentes métodos de determinação do fetch é bastante significativa. Em estudos no reservatório de Ilha Solteira, localizado no rio Paraná (20°22' S 51°21' W) resultados não convergiram. Pelos estudos de

Lima et al. (2003) utilizando-se o método oceânico, o maior fetch obtido foi de 48 km. Já pela aplicação do método de Saville (1954) por Marques et al. (2007) foi obtido um comprimento de 12,3 km. Um desvio de quase 400% entre os resultados.

Especificamente no reservatório de Itaipu Fendrich (1988), visando estudos de erodibilidade de margem provocada pela ação de ondas geradas pelo vento, o qual determinou o fetch efetivo pelo método de Saville (1954), obtendo 10,65 quilômetros incidindo na barragem para ventos provenientes da direção norte. Em estudo visando a porção sul do reservatório, Marques et al. (2012), considerando ventos de nordeste determinaram que os resultados obtidos pelo método oceânico chegaram a atingir um desvio máximo de 249% em relação ao método proposto por Saville (1954). Estes desvios evidenciam a importância em investir esforços em soluções que permitam a determinação do fetch de modo confiável.

MODELO COMPUTACIONAL

A aplicação do método de Saville (1954) em alguns pontos isolados do reservatório se mostra tarefa excessivamente trabalhosa, mesmo fazendo uso de programas gráficos e planilhas eletrônicas. A determinação do fetch, em ponto e direção quaisquer do lago, ficou condicionada à forte influência da irregularidade da margem, dificultando a indicação segura de um ponto como a localização do Fetch máximo.

A automatização da obtenção do fetch vem sendo tentada pelo uso de ferramentas computacionais, principalmente voltadas a atividades de geoprocessamento (ROHWEDER et al., 2008; EKEBOM et al., 2003; MURTOJARVI et al., 2007;). As tentativas, no entanto, têm demonstrado o inconveniente de depender fortemente de projetistas familiarizados com sofisticados ambientes computacionais de geoprocessamento e pela execução imprescindível de três etapas: (1) pré-processamento, o qual inclui a preparação de mapas e arquivos; (2) processamento; (3) Pós-processamento, necessário para adequar os resultados para o formato GIS.

Apesar de constituir em uma inegável contribuição, os resultados gerados não permitem identificar o fetch em toda a extensão da superfície livre para determinada direção, mas somente os valores nas margens.

A importância em determinar o fetch em locais afastados das margens e a necessidade de sim-

plificação do processo de cálculo levou a outra abordagem. Certamente a conclusão sobre o maior fetch seria mais precisa tanto quanto maior fosse a quantidade de pontos considerados de modo a contemplar toda a superfície do corpo de água.

O conceito para a execução do modelo computacional parte do estabelecimento de uma malha que permita discretizar a representação da superfície do reservatório, tendo a margem como fronteira. Os pontos de interesse para a determinação do fetch são os nós da malha, os quais seriam percorridos de modo automatizado. Pela Figura 4 é mostrada uma representação deste conceito. Na imagem o reservatório recebe uma malha estruturada quadrangular.

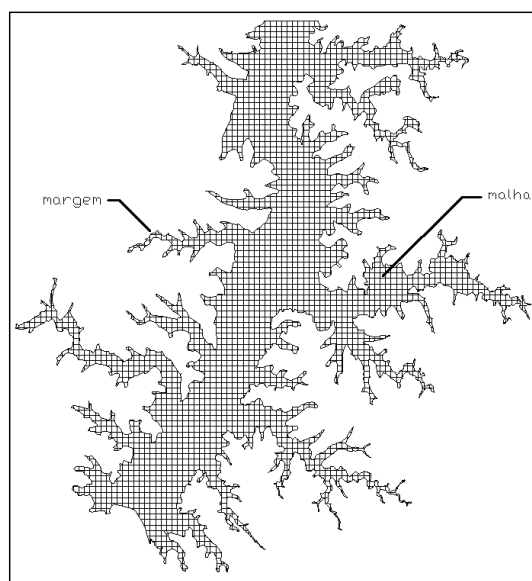


Figura 4 - Aspecto do modelo ao receber uma malha de 1000m de resolução

Desta maneira, surgiu a necessidade de uma ferramenta que utilizasse os recursos gráficos aliados a uma capacidade de processamento matemático permitindo a discretização da superfície do lago e a posterior determinação dos valores de fetch para cada direção, em cada nó da malha. Após investigar algumas linguagens computacionais, decidiu-se por utilizar a linguagem computacional LISP, por dispor de uma variedade suficiente de recursos de manipulação de estruturas de dados genéricos aliada a uma imprescindível interface gráfica. Por tratar-se de uma linguagem orientada a objetos, os modelos em LISP têm demonstrado grande versatilidade na aplicação de métodos essencialmente geométricos.

Um grande desafio tem sido fazer com que um programa de natureza geométrica se comporte como um modelo de natureza numérica, possibilitando a automatização de respostas.

Na execução do modelo computacional, a poligonal que representa a margem, por contornar a superfície livre, é interpretada pelo programa como o objeto de referência na circunscrição da malha. Portanto, a margem é interpretada como um contorno no qual a malha não pode atravessá-lo. A base para o traçado da margem pode constituir-se em um mapa, uma foto aérea ou uma imagem de satélite, sendo esta última opção a utilizada pelo presente trabalho. Ao executar o programa é solicitada ao operador a indicação da margem, a direção e a distância entre os nós da malha. A linha da margem é informada pelo uso do mouse. A distância entre os nós e a direção do vento é fornecida, via teclado, diretamente na linha de comando do ambiente CAD, pelo projetista.

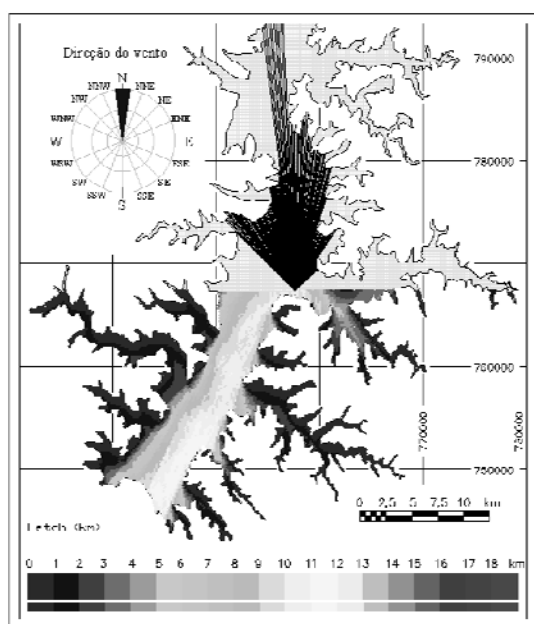


Figura 5 - Detalhe dos elementos gráficos envolvidos na execução do modelo

O programa percorre cada nó da malha aplicando o método proposto por Saville (1954) aperfeiçoado de modo a aplicar uma linha auxiliar a cada grau.

A Figura 5 e a Figura 6 ilustram uma situação em que o processamento foi interrompido pro-

positalmente de modo a demonstrar os elementos anteriormente descritos. Trata-se da execução do programa para a direção norte.

O objetivo da Figura 6 é o de mostrar o exato posicionamento da origem das linhas auxiliares sobre cada nó da malha gerada

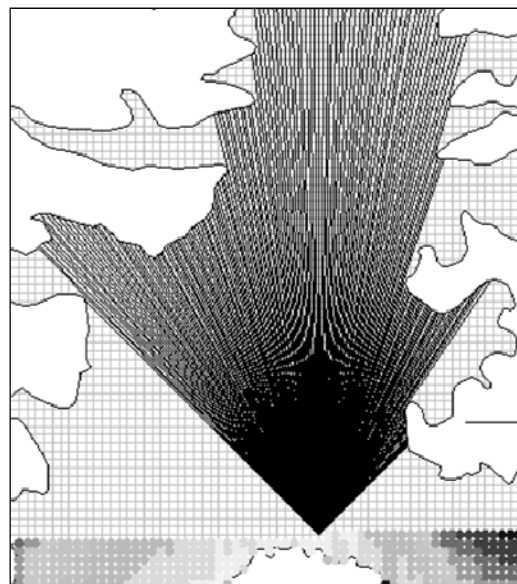


Figura 6 - Ampliação de parte da Figura 5

A liberdade do projetista na escolha da distância entre os nós da malha é condicionada pela relação entre o tempo de processamento e a quantidade de nós a processar. Para o reservatório analisado, o tempo de processamento relaciona-se à resolução da malha através da equação:

$$E = 445,6t^{-0,5} \quad (3)$$

onde E é o espaçamento entre nós da malha em metros e t o tempo de pré-processamento em horas.

Sendo a configuração computacional disponível um computador com processador da classe Celeron, ambiente Windows XP e 1024 GB de memória, e dada a relação inversa entre o espaçamento da malha e o tempo de processamento, foi adotada a resolução gerada por quinze mil células, a qual demanda um tempo de processamento de aproximadamente cinco horas e meia. Esta condição é atingida por uma malha de duzentos metros de resolução. Este espaçamento é facilmente calculado pela raiz quadrada da razão entre a superfície modelada do reservatório e a quantidade adotada de nós da malha (15.000).

O aspecto visual de diferentes resoluções pode ser verificado pela Figura 7.

Resoluções maiores trariam poucos benefícios visuais, considerando a reprodução em tamanho A4. Além do mais aumentariam o tempo de processamento de modo mais do que proporcional. Devido ao tempo elevado de processamento, o processo de mapeamento da distribuição do fetch foi subdividido em etapas de pré-processamento e processamento.

A atividade de pré-processamento é executada uma única vez para cada uma das dezesseis direções, gerando um arquivo em formato ascii para cada direção. Estes arquivos de dados são estruturados de modo a possuírem dados tabulados em três colunas, respectivamente a latitude, a longitude e o fetch em metros, conforme a Figura 8.

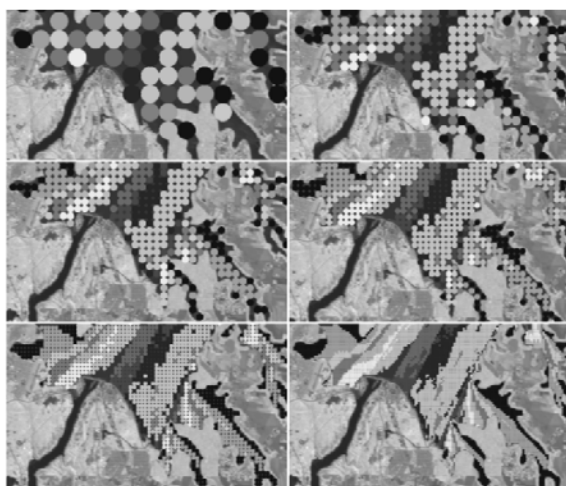


Figura 7 - Determinação do fetch, em Km, para diferentes resoluções de malha, iniciando a partir do canto superior esquerdo o emprego de espaçamentos de 1000, 500, 400, 300, 200 e 100 m

direção		malha
dir90-200		X
(749000	7194200	9589.9)
(748800	7194200	9391.8)
(748600	7194200	8915)
(748400	7194200	8658.2)
(748200	7194200	9030.2)
(748000	7194200	7641.2)
(747800	7194200	7777.1)
(747600	7194200	7966)
(747400	7194200	6810.8)
latitude	longitude	fetch

Figura 8 - Estrutura dos dados em formato ascii

O arquivo representado pela Figura 8 refere-se, portanto, à direção Norte (90 graus conforme convenção trigonométrica) e malha com resolução de 200 metros.

O aspecto do mapa gerado com base no arquivo da Figura 8 é mostrado pela Figura 9. A direção norte foi escolhida em caráter ilustrativo por complementar a Figura 5 e a Figura 6.

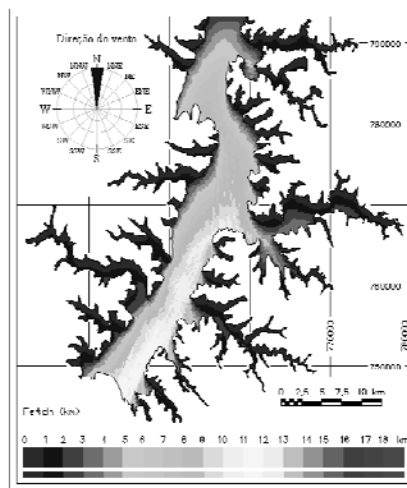


Figura 9 - Distribuição do fetch para a direção norte

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processamento foi executado para as 16 direções, usando-se a malha de 200 m de resolução, e os mapas gerados encontram-se na Figura 10 e Figura 11.

Comparativamente a Fendrich (1988), o qual determinou um fetch de 10,65 quilômetros de extensão incidente na barragem para ventos de norte, o presente trabalho determinou um comprimento de 12 quilômetros para o ponto de mesmas coordenadas. A diferença é justificável, haja vista aspectos relacionados ao processamento automatizado, o qual permitiu aproximar o método de Saville (1954, 1962) por uma formulação integral, além da representação das margens que passou a ser realizada com base em imagem de satélite.

Pelos mapas gerados, não é incomum que o valor máximo do fetch ocorra a certa distância das margens opostas à direção do vento e de modo mais centralizado no reservatório. Esta constatação pode lançar luz sobre os critérios de dimensionamento do bordo livre de barragens, a qual é precedida, normalmente, pela determinação do maior valor de

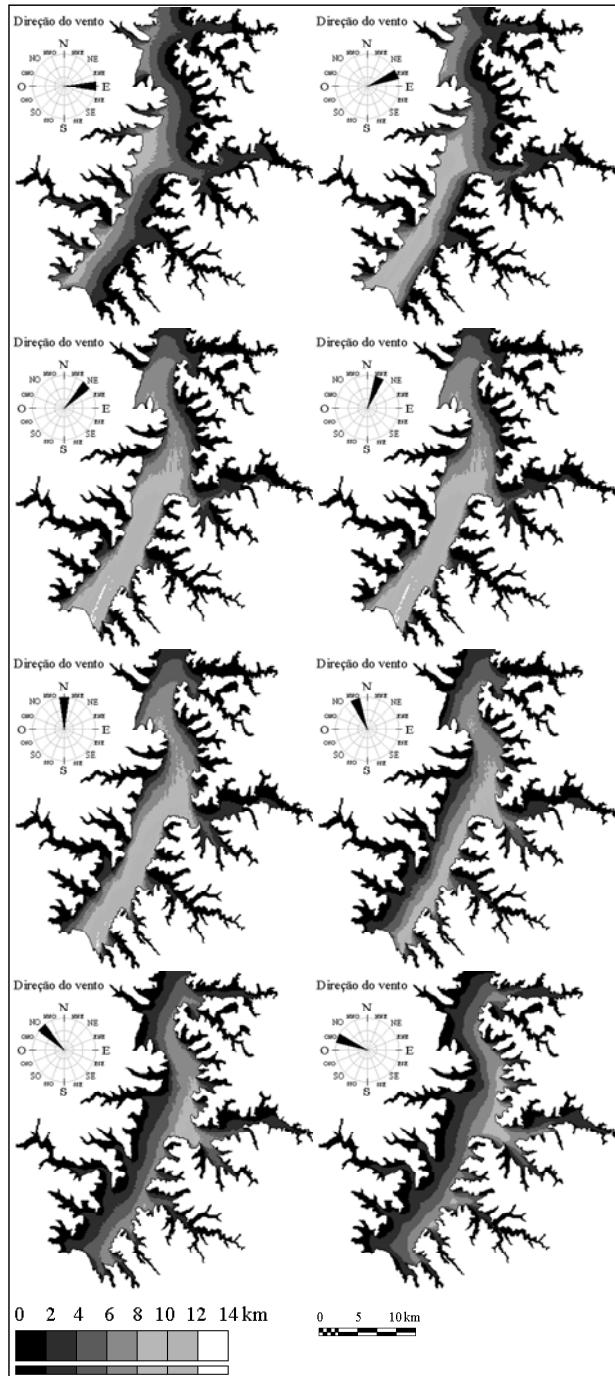


Figura 10 - Distribuição do fetch para as direções E e ONO

fetch na barragem. Este procedimento é justificado pelos projetistas pelo fato de que uma importante função do bordo livre é justamente a de impedir que ondas possam galgar o talude e ultrapassar o ponto mais alto do barramento. No entanto, como a

onda possui a capacidade de se propagar, conclui-se que valores máximos de fetch que ocorrem no interior do reservatório teriam condições de gerar ondas que poderiam atingir o talude.

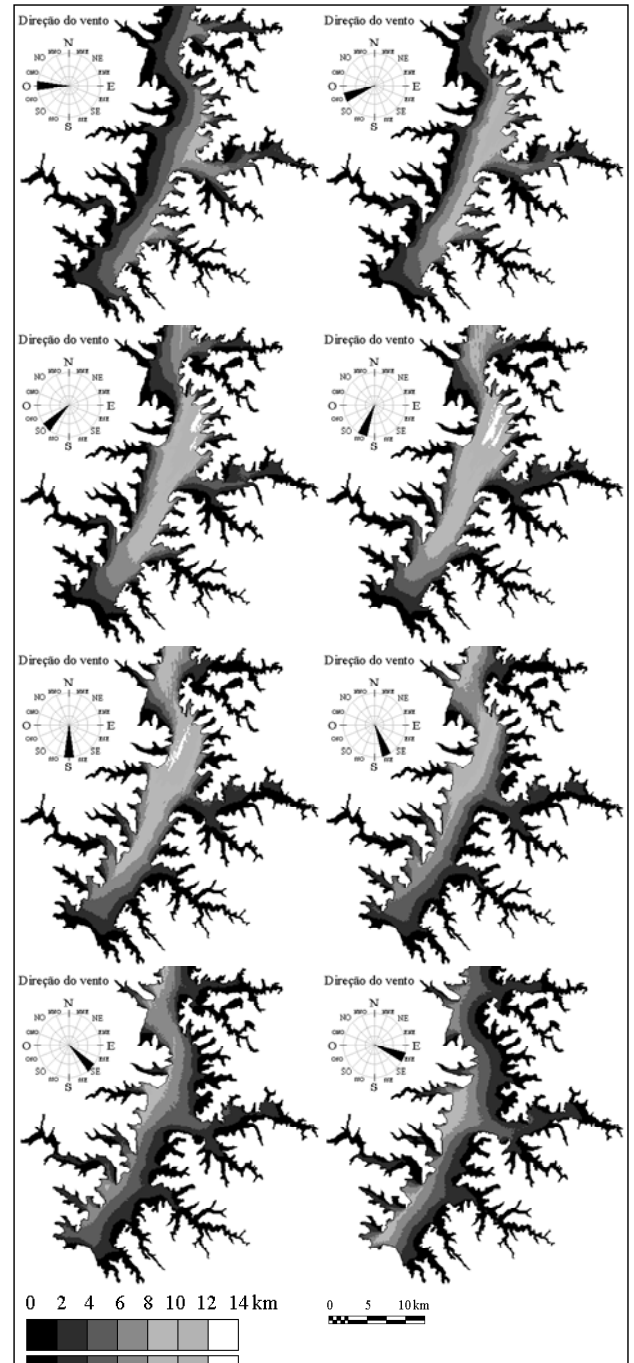


Figura 11 - Distribuição do fetch para as direções O a ESE

Portanto, considerando alguns dos mapas temáticos na Figura 10 e na Figura 11, conclui-se que a determinação do bordo livre deve considerar

não somente os maiores valores de fetch na barragem, mas verificar os maiores valores de fetch no interior do reservatório, os quais poderiam gerar ondas que se propagariam até a barragem.

Os maiores valores de fetch para cada direção estão apresentados pela Tabela 2 e a representação por um diagrama do tipo radial é feita pela Figura 12.

Tabela 2 - Maiores valores de fetch para 16 direções

Direção	E	ENE	NE	NNE	N	NNO	NO	ONO
Fetch máx (km)	10,1	11,2	12	12,1	12	11	11,1	9,3

Direção	O	OSO	SO	SSO	S	SSE	SE	ESSE
Fetch máx (km)	10,1	11,1	12,3	13	12,2	12	10,3	9,7

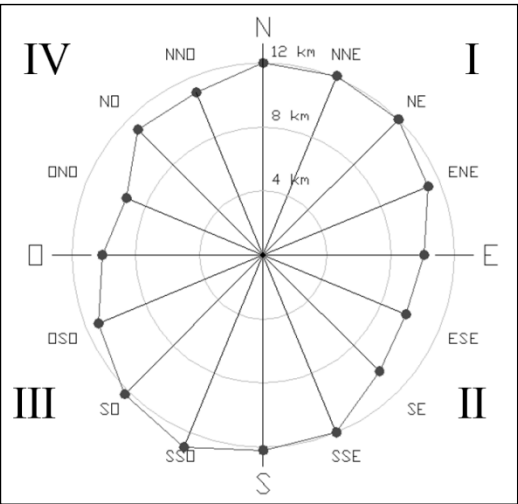


Figura 12 - Maiores valores de Fetch

Apesar do aspecto dendrítico do reservatório, os valores de fetch máximos para cada direção se mantiveram entre 9,3 e 13 quilômetros, mostrando-se sensivelmente superiores para os valores de fetch para ventos dirigidos aos quadrantes ímpares. O valor médio do fetch é de 11,25 km e o desvio padrão é de 9,6%.

Nota-se que a maior dimensão livre do reservatório dirige-se predominantemente na direção dos quadrantes ímpares. Isto deve-se à direção predominante do reservatório, conforme Figura 13.

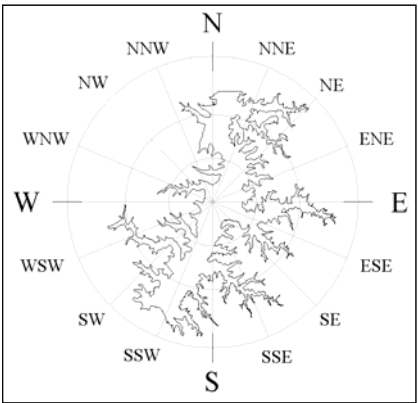


Figura 13 - Orientação do reservatório

O comprimento livre da ordem de 50 km na direção predominante, comparado à largura da ordem de 5 km pode induzir o projetista a esperar valores de fetch muito superiores para ventos orientados na direção da antiga calha do rio Paraná.

De acordo com a Figura 12, no entanto, os valores de fetch nas direções dos quadrantes ímpares foram apenas ligeiramente superiores em torno de 15%.

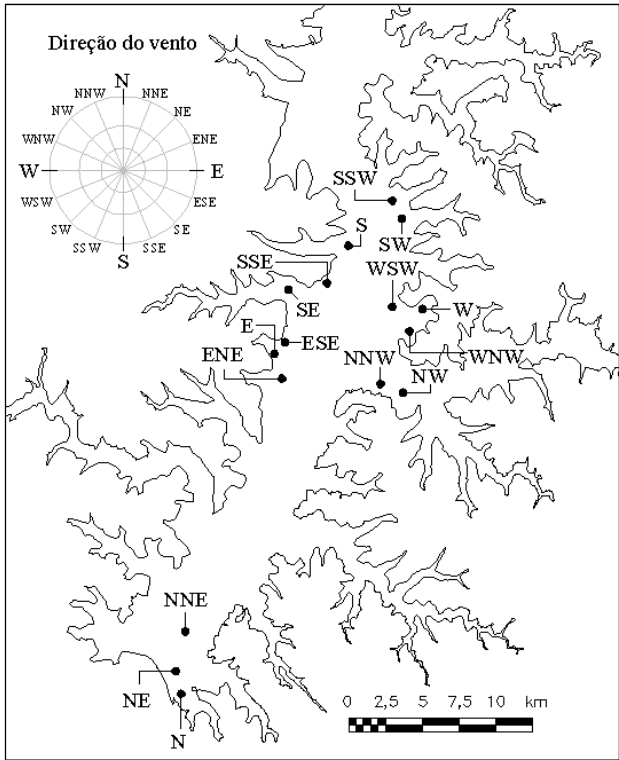


Figura 14 - Localização dos maiores valores de fetch

A Figura 14 ilustra a localização da ocorrência dos maiores valores de fetch no reservatório. Percebe-se que a maioria das localizações estão concentradas na região média do lago e na região próxima a barragem.

CONCLUSÃO

Pelo presente trabalho foi apresentado o conceito da distribuição do fetch e do aplicativo computacional denominado ONDACAD os quais permitiram a determinação do fetch de modo preciso, eliminando definitivamente o caráter subjetivo de sua determinação em águas continentais.

O programa, executado em linguagem LISP, ao ser processado em cada nó da malha, eliminou a subjetividade do operador no processo, gerando regiões identificadas através de escala cromática. Isto permitiu determinar o comprimento dos maiores valores de fetch, além de possibilitar a localização das coordenadas dos pontos de ocorrência.

O método proposto por Saville (1954), de aplicação trabalhosa pelo projetista, por exigir uma excessiva quantidade de operações gráficas, pôde ser aplicado com sucesso pela utilização de processamento computacional e gerando, de modo original, mapas de distribuição do fetch.

Os mapas mostraram que os maiores valores de fetch podem ocorrer no interior do reservatório, promovendo a formação de ondas que podem se propagar e atingir a barragem, contribuindo para uma reflexão sobre os métodos de determinação do bordo livre de barragens.

Apesar de que o tempo de pré-processamento para cada direção pode ser considerado alto (5,5 horas), o modelo apresenta a vantagem de ser aplicado somente uma única vez para cada direção, reduzindo posteriormente o tempo de geração do mapa para 30 segundos, para o equipamento disponível e a resolução adotada.

O presente trabalho contribuiu de forma significativa para demonstrar de modo seguro a viabilidade e a utilidade de considerar o fetch como um campo, permitindo estender este conceito a outros elementos de interesse em estudos em águas continentais como, por exemplo, campos de ondas geradas pela ação do vento, seiches e tensões de fundo devido à propagação de ondas em águas rasas e intermediárias.

Cabe mencionar que não foi realizada uma análise comparativa em relação ao uso de diferentes

resoluções de malha. Esta atividade deverá ser realizada em trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná pelo financiamento da bolsa de doutorado e à Universidade Estadual de Maringá pela licença para estudos do primeiro autor e ao CNPq pela bolsa de pós-doutorado do segundo autor.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. O.; GUETTER, A. K.; GONÇALVES J. E.; GONÇALVES R. C.. Implementação e análise de sensibilidade do modelo numérico hidrodinâmico Delft-3D para o reservatório de Itaipu. XXI CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HIDRÁULICA. São Paulo, Brasil, 2004
- ASHTON, A. D.; MURRAY, A. BRAD ; LITTLEWOOD, RYAN ; LEWIS, DAVID A. ; HONG, PAULINE. Fetch-limited self-organization of elongate water bodies. *Geology*, v..37, p.187, Feb, 2009.
- CERC – Coastal Engineering Research Center. Shore Protection Manual, Department of the Army Corps of Engineers, vol.1/2, Whashington D. C., 1973.
- EKEBOM, J., LAIHONEN, P. & SUOMINEN, T. A GIS-based step-wise procedure for assessing physical exposure in fragmented archipelagoes. *Estuarine, coastal and shelf science* 57, p. 887-898. Elsevier, 2003.
- FENDRICH, R. Formacao de Ondas e Identificacao de Pontos Erodiveis na Margem Esquerda do Reservatorio de Itaipu. Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Engenharia – Caderno de Recursos Hidricos*, Associacao Brasileira de Recursos Hidricos, v. 6, n. 2, p. 7-21, Novembro, 1988.
- GORHAM, E.; BOYCE F. M. Influence of Lake Surface Area and Depth Upon Thermal Stratification and the Depth of the Summer Thermocline. *Journal of Great Lakes Research*. v. 15, Issue 2, p. 233-245, 1989.

- HÅKANSON, L. ; BOULION, V. Empirical and dynamical models to predict the cover, biomass and production of macrophytes in lakes. *Ecological Modelling*, 2002, v.151, p.213-243, 2002.
- ROHWEDER, J.; ROGALA, J. T.; JOHNSON, B. L.; ANDERSON, D.; CLARK, S.; CHAMBERLIN, F.; RUNYON, K. Application of Wind Fetch and Wave Models for Habitat Rehabilitation and Enhancement Projects. **U.S.** *Geological Survey manual*. 2008.
- LIMA, S. F. ; NASCIMENTO, M. F. ; UAISSONE, A. J. R. ; NEVES, C. F. Estimativa das maiores ondas geradas pelo vento no reservatório de Ilha Solteira. ANAIS DO X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, v. 1. p. 1-19, 2003.
- MARQUES, M, MACIEL G. F., DALL'AGLIO SOBRINHO M. Estimativa das máximas pistas de vento no reservatório da barragem de Ilha Solteira, Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum – Technology*. v.29 n.1 p. 79-84, 2007.
- MARQUES, M; GUETTER, A. K. . Determinação da distribuição do Fetch no Reservatório de Itaipu In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Maceió/AL, Brasil, Nov/2011.
- MARQUES, M.; GUETTER, A. K.; MANNICH, M.; FERNANDEZ, R. L. (2012). Estudo comparativo da distribuição do fetch em reservatórios XXV CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA. San Jose, Costa Rica. Set/2012.
- MURTOJÄRVI, M.; SUOMINEN, T.; TOLVANEN, H.; LEPPÄNEN, V.; NEVALAINEN, O. S. Quantifying distances from points to polygons—applications in determining fetch in coastal environments. *Computers and Geosciences*, v.33, p.843-852, 2007.
- NÕGES, P. ; KISAND, A. Horizontal distribution of sediment phosphorus in shallow eutrophic Lake Võrtsjärv (Estonia). *Hydrobiologia*, v.408, p.167-174, 1999.
- NORDSTROM, K. F. ; JACKSON, N. L. Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review. *Earth-Science Reviews*, v.111, p.232-247. 2012.
- PIERINI, S. A. ; THOMAZ, S. M. . Effects of Limnological and Morphometric Factors Upon Zmin, Zmax and Width of Egeria spp Stands in a Tropical Reservoir. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. v. 52, p. 387-396, 2009.
- SAVILLE, T. The effect of fetch width on wave generation. *Journal Technical Memorandum.*, Washington, D.C, n. 70, 1954.
- SAVILLE, T., MCCLENDON, E. W., COCHRAN, A. L. Freeboard allowances for waves in inland reservoirs. *ASCE Journal of the Waterways and Harbors Division*, v. 88(WW2): p. 93-121, 1962.
- TANNY, J. ; COHEN, S. ; BERGER, D. ; TELTCH, B. ; MEKHMANDAROV, Y. ; BAHAR, M. ; KATUL, G.G. ; Assouline, S. Evaporation from a reservoir with fluctuating water level: Correcting for limited fetch. *Journal of Hydrology*. v.404, n.3, p.146-156, 2011.
- TOLVANEN, H.; SUOMINEN, T. Quantification of openness and wave activity in archipelago environments. *Estuarine, Elsevier, Coastal and Shelf Science*, v.64, p.436-446, 2005.
- WEINBERGER, S.; VETTER, M. Using the hydrodynamic model DYRESM based on results of a regional climate model to estimate water temperature changes at Lake Ammersee.. *Ecological Modelling*, v.244, p.38-48, 2012.
- ZHU, GUORONG ; LI, WEI ; ZHANG, MENG ; NI, LEYI ; WANG, SHENGRUI. Adaptation of submerged macrophytes to both water depth and flood intensity as revealed by their mechanical resistance. *Hydrobiologia*, v.696, p.77-93, 2012.

Fetch Distribution On The Itaipu Reservoir

ABSTRACT

In the studies involving large free surface inland bodies of water, such as lakes, reservoirs and estuaries, the fetch is obtained pointwise based on a pre-defined direction and on the shape of the margins. Since the fetch is based on geometrical concepts, its determination is strongly influenced by the irregular shape (generally dendritic) of the lakes or reservoirs. This fact combined with the laborious characteristic of the methods contributes to the high degree of uncertainty in determining the magnitude of the greater fetches.

In this context, this scientific communication presents a discussion on the concept of field of fetch. The use of this

concept was possible due to the development of a computational model named ONDACAD. The model allows reliable determination of the fetch field and the higher fetch and its geographic location. The model was applied to the southern portion of the Itaipu hydroelectric plant reservoir.

Keywords: Wave. Wind. Freeboard. Itaipu