

ESTUDO DE RESSONÂNCIA NA BACIA DE ADUÇÃO DE SINES

M. G. Neves

Doctora em Eng^a Civil, LNEC, Av. Do Brasil, 101, 1700-066 LISBOA, gneves@lnec.pt

C.J.E.M. Fortes

Doutora em Engenharia Mecânica, LNEC, Av. Do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, jfortes@lnec.pt

L. Pinheiro

Mestre em Engenharia Mecânica, LNEC, Av. Do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, lpinheiro@lnec.pt

L. Matos

EDP Produção PTSN, S. Torpes, 7520-901 Sines, Portugal

RESUMO

Em Portugal, diversos portos têm apresentado problemas em resultado da acção das ondas de longo período, que são frequentemente responsáveis por fenómenos de ressonância dentro dos portos, com aumento da agitação marítima e consequentes perturbações na actividade portuária (interrupções das actividades de carga e descarga, quebra das amarrações, etc.).

A bacia de adução da central termoeléctrica de Sines é uma das que tem registado a ocorrência deste tipo de fenómenos, verificando-se valores excessivos de alturas de onda no seu interior sem que se registre agitação significativa no exterior da mesma. Este tipo de agitação acarreta problemas de operacionalidade relacionados com a interrupção da manutenção das redes que se encontram no interior da bacia para prevenir o fluxo de algas marinhas aos grupos da central.

Para estudar a resposta desta bacia à acção das ondas, procedeu-se à determinação dos períodos de oscilação própria da bacia, utilizando o modelo linear de declive suave DREAMS. Os resultados do modelo são comparados com dados de superfície livre medidos por um sensor de nível do tipo hidrostático, localizado num ponto no interior da bacia de adução, em diferentes períodos de ocorrência deste fenómeno nos últimos anos.

Observa-se que os períodos ressonantes medidos “in situ” concordam bastante bem com os períodos ressonantes obtidos pelo modelo numérico. Verifica-se ainda que estes fenómenos ocorrem quando a diferença entre os níveis de baixa-mar e preia-mar é pequena, da ordem de 1 m.

Palavras-chave: Ressonância, Bacia portuária, Modelação numérica, Dados de campo, Sines

1. INTRODUÇÃO

A análise da influência das ondas de longo período na actividade de uma bacia portuária foi estudada em diversos trabalhos com o objectivo de compreender este fenómeno e prever as suas consequências, Vis et al. (1985), Okihiro (1992). Estas ondas são frequentemente responsáveis pelo aumento da agitação no interior dos portos, podendo causar perturbações na actividade portuária e pôr em perigo pessoas e bens.

Em Portugal existem também inúmeros exemplos deste tipo de fenómenos. No entanto, para a sua previsão é necessário dispor de dados de campo que permitam verificar quais as condições de geração das ondas que provocam estes fenómenos ressonantes, o que não é comum obter-se.

Neste trabalho, apresenta-se o estudo realizado para a bacia de adução da central termoeléctrica de Sines, central esta que tem um peso muito significativo na produção eléctrica nacional. Junto a esta central foi construída uma bacia de adução delimitada por dois quebra-mares de talude (Figura 1). A água do mar é captada no interior da bacia e é rejeitada depois de passar pelos condensadores permitindo a refrigeração dos grupos da central.



Figura 1: Vista aérea da bacia de adução da central termoeléctrica de Sines.

Um dos problemas associados a esta bacia é a ocorrência de valores excessivos de alturas de onda. Com efeito, para determinadas condições de agitação, a ocorrência de elevados valores da altura de onda dentro da bacia (sem qualquer tipo de agitação significativa no exterior da mesma) leva à interrupção da manutenção das redes que se encontram no interior da bacia para prevenir o fluxo de algas aos grupos da central. Este facto parece indicar a ocorrência de fenómeno de ressonância.

O objectivo deste trabalho é caracterizar a situação actual desta bacia de forma a permitir conhecer o seu funcionamento ressonante. Para tal procedeu-se à análise de dados de campo medidos *in situ* durante diversos eventos ressonantes e à determinação dos períodos de oscilação própria da bacia, utilizando um modelo numérico. Os dados de campo foram obtidos por um sensor de nível do tipo hidrostático, localizado num ponto no interior da bacia de adução. Embora este equipamento tenha como função a monitorização do nível da maré, tem velocidade de resposta suficiente para indicar a variação de nível correspondente à ondulação. O modelo numérico utilizado, DREAMS (Fortes, 1993) resolve a equação de declive suave utilizando o método dos elementos finitos.

O estudo encontra-se organizado em duas partes. A primeira consiste na análise de dados de campo obtidos durante eventos ressonantes, incluindo uma breve caracterização do equipamento de medição e da agitação no interior da bacia durante esses eventos ressonantes. A segunda corresponde ao estudo numérico da resposta do porto de Sines à acção das ondas de longo período e inclui uma descrição sucinta do modelo numérico utilizado e dos resultados obtidos. Finalmente, apresenta-se uma síntese das conclusões do estudo e futuros trabalhos.

2 DADOS DE CAMPO

Desde 2002, encontram-se instalados no interior da bacia de adução, quatro sensores de nível do tipo hidrostático, um por cada grupo da central, cuja função é a monitorização do nível da maré, Figura 2. Este equipamento mede a altura da coluna de água desde a superfície até ao ponto em que se encontra fixado com uma taxa de amostragem de 1 s (velocidade de resposta suficiente para indicar a variação de nível correspondente à ondulação de longo período).



Figura 2: Sensor de pressão hidrostática e respectiva localização na bacia de adução.

Com base nas séries temporais de variação do nível da superfície medida nestes sensores, é possível verificar quais as frequências ressonantes da bacia de adução, isto é, as frequências para as quais existem picos de energia. Para tal, analisaram-se os seguintes períodos nos quais ocorreram fenómenos ressonantes:

- 2 e 6 de Dezembro de 2007;
- 28 de Fevereiro, 30 de Março e 4 de Abril de 2008;
- 18 de Janeiro, 2 de Fevereiro, 5 de Março e 27 de Outubro de 2009.

Da análise dos dados acima referidos num período da ordem de poucos dias, facilmente se detecta o fenómeno ressonante através do aumento da oscilação de menor período sobreposta à onda de maré. Para ilustrar este facto, apresenta-se na Figura 3 a série temporal de elevação de superfície medida num dos sensores instalados no interior da bacia no período entre 26 e 27 de Outubro de 2009, onde se pode verificar o início do evento ressonante com o aparecimento de uma onda sobreposta de período bastante inferior ao da maré. Verifica-se ainda que a diferença entre os níveis de preia-mar e baixa-mar é muito pequena de, aproximadamente, 1.0 m.

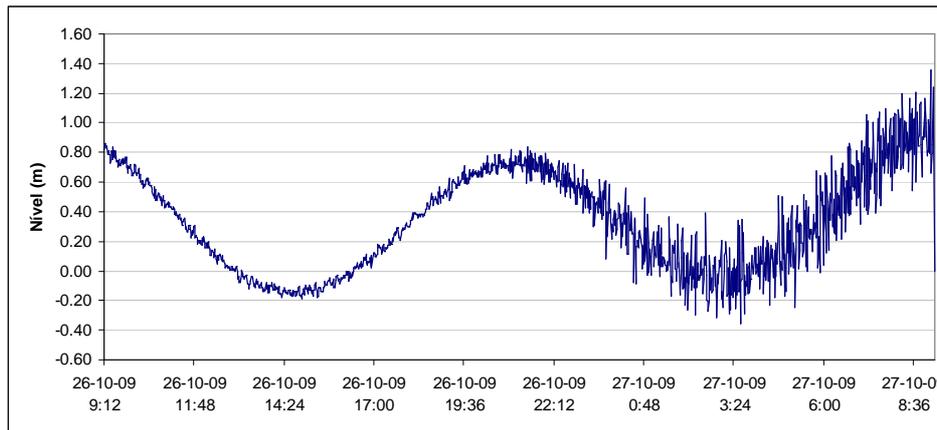


Figura 3: Aspecto da série temporal da elevação da superfície livre medida entre 26 e 27 de Outubro de 2009.

Além disso, constatou-se que para todos os eventos ressonantes analisados entre 2007 e 2009, os níveis de preia-mar (PM) e baixa-mar (BM) diferiam pouco, tal como se pode verificar na Figura 4, onde se apresentam os valores desses níveis de maré em cada um dos nove eventos analisados. Note-se que o nível de maré nessas situações variou entre, aproximadamente, 1 a 3 m.

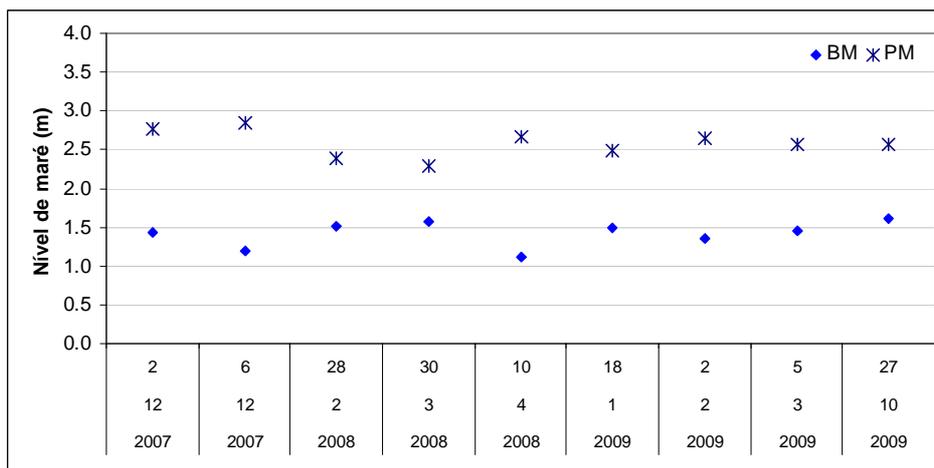


Figura 4: Níveis de maré para os eventos ressonantes.

A ocorrência de fenómenos ressonantes leva a variações do nível no interior da bacia como as que se apresentam na Figura 5, que correspondem a fotografias tiradas no dia 27 de Outubro de 2009 e onde se pode observar a bacia quando o nível se encontra elevado e a variação de nível no interior desta devido a ondas de longo período.

Para a determinação dos períodos ressonantes, analisaram-se os sinais medidos no domínio da frequência utilizando o programa SAM (Capitão, 2002) e determinaram-se as gamas de frequências para as quais existem picos de energia. A título de exemplo, apresenta-se na Figura 6 um aspecto do espectro de energia obtido com base nos dados registados durante 24h com início às 22h do dia 18 de Janeiro de 2009. Como se pode verificar existem duas zonas de maior energia, uma ao redor de 100 s (0.01 Hz) e outra ao redor de 500 s (0.002Hz), a que correspondem os dois períodos ressonantes medidos.



Figura 5: Bacia de adução de Sines durante um evento ressonante e aspecto da variação de nível no interior da bacia devido a ondas de longo período.

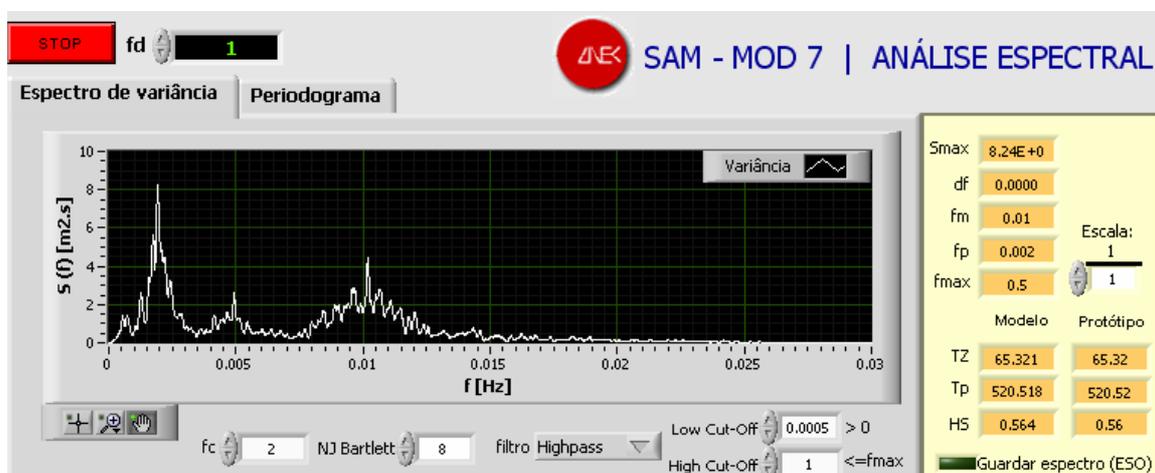


Figura 6: Análise espectral dos dados medidos no período de 18 de Janeiro de 2009 às 22h a 19 de Janeiro às 22h.

Este comportamento é semelhante em todos os eventos analisados, com o aparecimento de duas frequências com picos de maior energia, uma ao redor de 100 s (variando entre 93 s e 104 s) e outra, mais energética, ao redor de 500 s (variando entre 440 s e 540 s), tal como se pode observar na Figura 7 onde se apresentam os períodos ressonantes medidos em cada um dos eventos. Para o evento correspondente ao dia 27 de Outubro de 2009 apenas se apresenta um período (93 s) já que o sinal de que se dispõe corresponde apenas a 12 h de dados, o que não é suficiente para detectar os maiores períodos.

A fim de analisar as condições de agitação no exterior da bacia durante os períodos ressonantes e inferir sobre condições que possam ser geradoras destes fenómenos, pretende-se proceder à análise das condições de agitação (alturas de onda, períodos de pico e direcção médias) medidas na bóia ondógrafo colocada ao largo de Sines, a 97 m de profundidade a uma latitude de 37° 55' 16" N e longitude de 8° 55' 44" W e ainda dos dados do marégrafo situado no interior da bacia portuária de Sines. Essa análise será feita para um período que vai de alguns dias antes do início do fenómeno a uns dias depois, a fim de se verificar se existe algum padrão constante nas condições durante a ocorrência do fenómeno que permita prever estes acontecimentos.

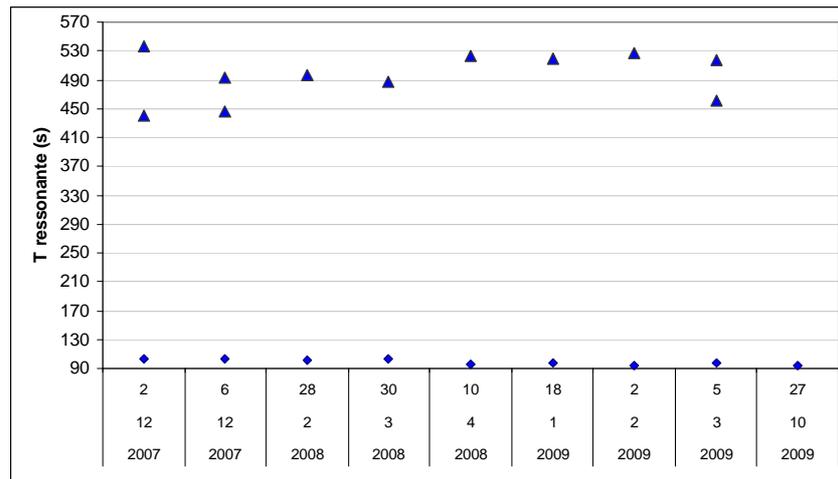


Figura 7: Períodos ressonantes nos eventos analisados.

Até agora esta análise foi apenas feita para um dos eventos (18 de Janeiro de 2009) e apenas para os dados da bóia ondógrafo. Na Figura 8 apresentam-se os valores tri-horários de altura de onda significativa, Hmo, do período de pico, Tp e da direcção média de propagação medidos entre 16 e 19 de Janeiro de 2009, com a indicação a sombreado dos valores coincidentes com o fenómeno ressonante na bacia de adução. Verifica-se que para este período não se destacam alterações significativas na agitação marítima. No entanto, é necessário analisar com mais profundidade os dados e comparar com as condições medidas noutras datas em que ocorreu ressonância para se poder tirar alguma conclusão mais detalhadas e definitiva.

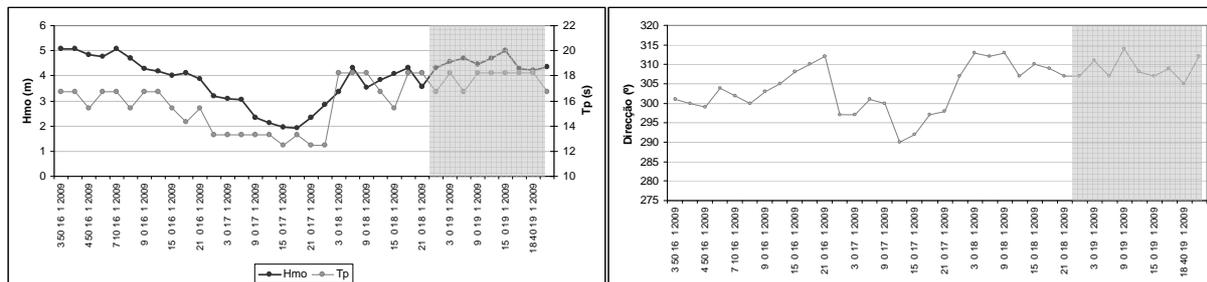


Figura 8: Características da agitação medida na bóia ondógrafo localizada ao largo de Sines no entre os dias 16 e 19 de Janeiro de 2009.

3 CARACTERIZAÇÃO DA AGITAÇÃO NO INTERIOR DA BACIA DE ADUÇÃO

Nas próximas secções, descreve-se o modelo numérico DREAMS e apresentam-se os cálculos de ressonância efectuados para determinação das curvas de resposta em vários pontos no interior da bacia de adução de Sines. Tal permite avaliar quais os períodos naturais de ressonância desta bacia e se esses períodos correspondem aos observados nos registos efectuados no interior da bacia.

3.1. O modelo DREAMS

DREAMS é um modelo matemático para o cálculo da propagação e deformação de ondas regulares em zonas costeiras, Fortes (1993). O modelo pode ser aplicado no estudo, quer da penetração da agitação marítima de período curto num porto, quer da ressonância de uma marina excitada por ondas de longo período nela incidentes. É baseado na equação bidimensional de declive suave, Berkhoff (1972) e Smith e Sprinks (1975), dada por:

$$\nabla \cdot (c c_g \nabla \eta) + k^2 c c_g \eta = 0 \quad (1)$$

em que η é a elevação da superfície livre, função das coordenadas (x,y) ; $c = \omega/k$, a velocidade de fase ou celeridade da onda; $c_g = d\omega/dk$, a velocidade de grupo; e ω a frequência angular da onda que se relaciona com k , o número de onda, através da relação de dispersão $\omega^2 = gk \tanh(kh)$.

Esta equação tem em conta os efeitos combinados da refração, difracção e reflexão e descreve a propagação de ondas monocromáticas de pequena amplitude em fundos de declive suave como os que ocorrem vulgarmente em portos, baías e restantes zonas costeiras.

O método numérico utilizado para a resolução da equação de declive suave é o Método dos Elementos Finitos (MEF). Dado o facto do modelo não apresentar qualquer limitação quanto ao ângulo de incidência da onda na entrada do domínio de cálculo, o mesmo domínio computacional pode ser utilizado para uma larga gama de direcções de onda incidente.

As condições de fronteira implementadas no modelo são as condições de radiação, que permitem a saída de perturbações geradas no domínio no sentido de propagação para o infinito, as condições de geração e radiação combinadas, como as relativas a fronteiras abertas e que permitem a entrada da agitação incidente e a saída das perturbações geradas no domínio e as condições de reflexão (total ou parcial), referentes aos contornos sólidos da zona em estudo (praias, falésias, molhes, entre outros).

O modelo calcula índices de agitação (H/H_0), relação entre a altura de onda no ponto do domínio de cálculo, H , e a altura de onda à entrada do domínio de cálculo, H_0 , ou coeficientes de amplificação (em estudos de ressonância portuária) e direcções de propagação da onda. O campo de velocidades horizontais na superfície livre e as cristas das ondas (linhas de igual fase) constituem resultados opcionais.

3.2. Condições de aplicação do modelo DREAMS

O modelo DREAMS foi aplicado na análise da ressonância no interior da bacia de adução da central termoeléctrica de Sines (ver Figura 9). Para tal, efectuaram-se os seguintes procedimentos:

- Definição das condições de agitação;
- Definição do domínio de cálculo e sua discretização por uma malha de elementos finitos com o gerador automático GMALHA, Pinheiro et al. (2006);
 - a. Definição das características das ondas regulares incidentes;
 - b. Propagação de ondas regulares na zona em estudo;
 - c. Cálculos com o modelo DREAMS;
- Determinação das curvas de resposta em vários pontos do domínio de cálculo.

As ondas regulares utilizadas nos cálculos de propagação com o modelo DREAMS correspondem a:

- Períodos de 25 s a 640 s com intervalos de 5 s;
- Direcções de S (90º) e SSW (112.5º).

Os períodos escolhidos englobam a gama frequente das ondas de longo período e as direcções correspondem às direcções mais frequentes na zona de entrada do domínio de cálculo.

Foram testados vários níveis de maré de modo a avaliar a sua influência nas características

das ondas em situações ressonantes. Os valores de +1.0 m, +2.0 m (nível médio), +3.0 m e +4.0 m (nível de preia-mar de águas vivas), em relação ao Zero Hidrográfico (Z.H.) foram considerados.

A batimetria da zona de estudo, utilizada na aplicação do modelo matemático, foi obtida com base em elementos fornecidos pela EDP, nomeadamente a batimetria de 1999, e outras existentes previamente no LNEC (Figura 9).

O domínio de cálculo foi discretizado por uma malha de elementos finitos com 172 329 nós e 342 599 elementos, Figura 9. A densidade de nós da malha foi definida de modo a garantir mais de 12 pontos por comprimento de onda em todo o domínio para um período de 25 s. Note-se que quanto maior é o período maior é o comprimento de onda e consequentemente o número de pontos por comprimento de onda será sempre superior a 12, nos casos testados neste trabalho.

O coeficiente de reflexão adoptado em todos os troços constituintes das fronteiras do domínio foi igual a 1.0, uma vez que, para esta gama de períodos elevados, as fronteiras se comportam como superfícies completamente reflectoras.

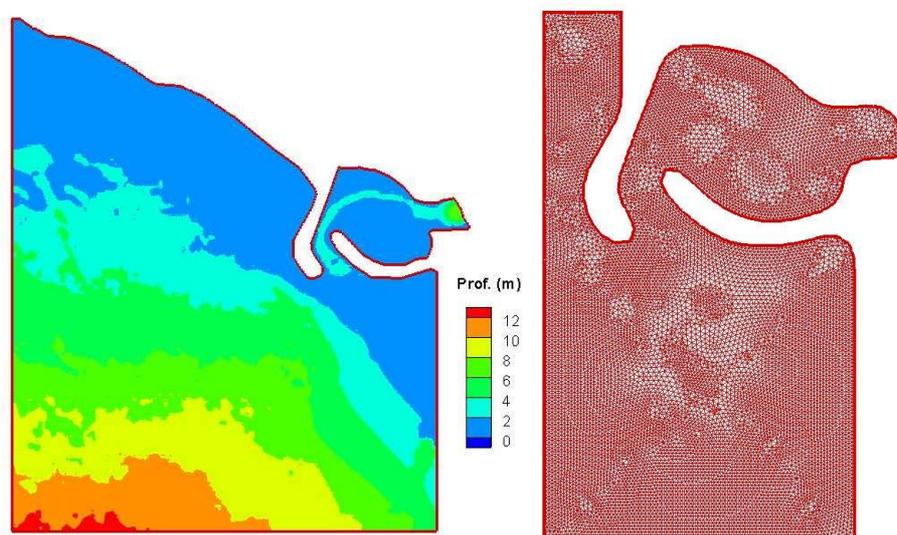


Figura 9: Batimetria, domínio de cálculo e malha de elementos finitos do modelo DREAMS.

3.3. Apresentação e discussão de resultados

Para as condições de agitação apresentadas na secção 3.2, efectuaram-se os cálculos com o modelo DREAMS. Os resultados do modelo DREAMS consistiram nos diagramas do coeficiente de amplificação em todo o domínio de cálculo e nos respectivos valores em 7 pontos, Figura 10, no interior da bacia de adução.

Com base nos resultados de DREAMS nesses 7 pontos, foram construídas as curvas de resposta (que traduzem a variação do coeficiente de amplificação com o período de oscilação), para as várias direcções de onda incidente e níveis de maré. Na Figura 11 apresentam-se as curvas de resposta da bacia para os diferentes pontos, correspondentes aos níveis desde +1.0 m (Z.H.) a +4.0 m (Z.H.).

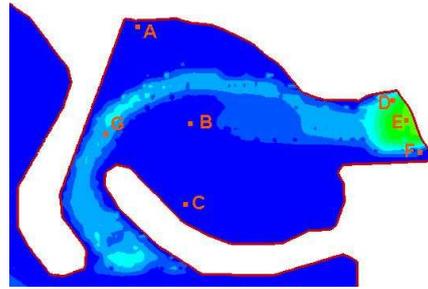


Figura 10: Pontos para a definição das curvas de resposta

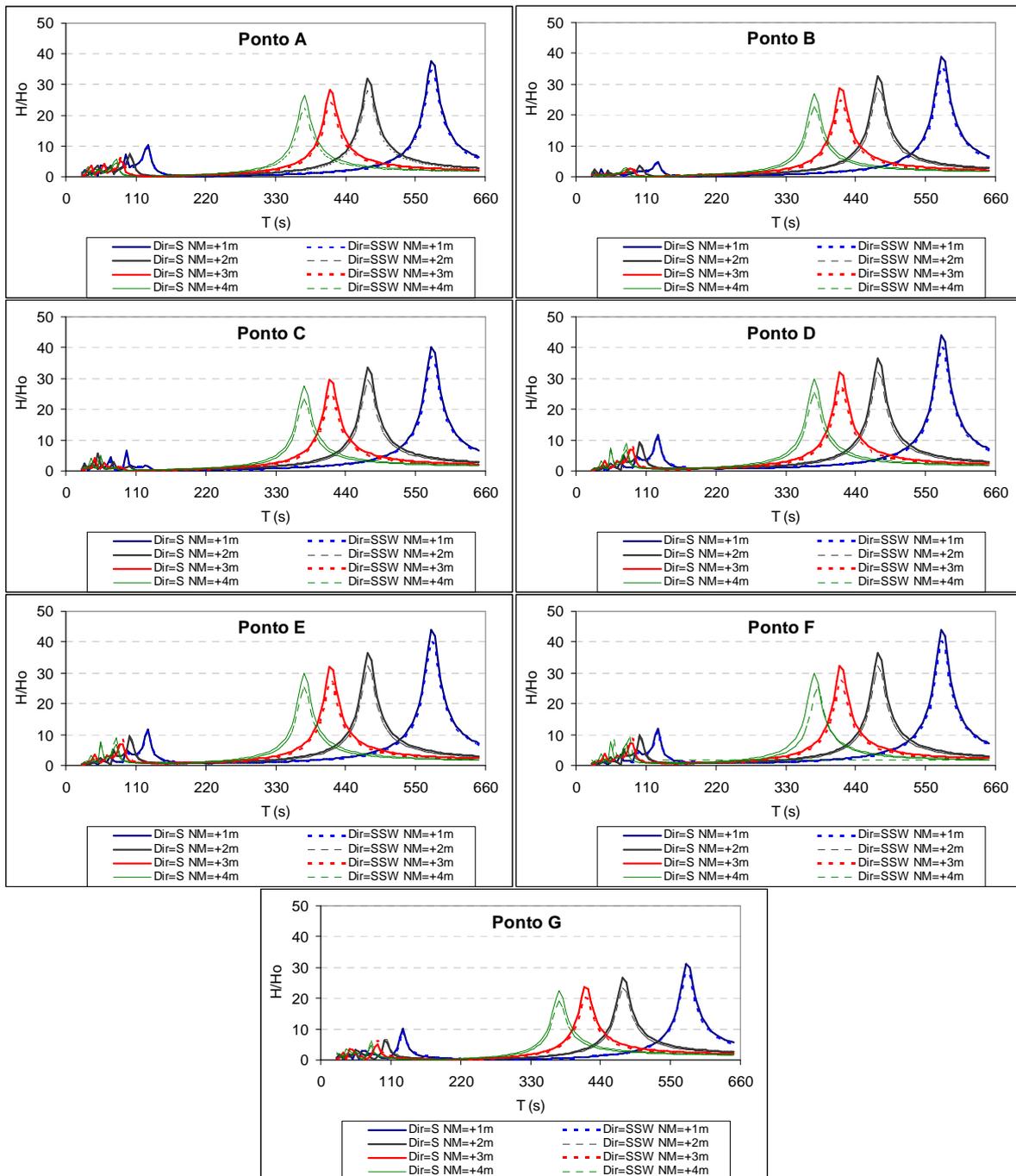


Figura 11: Pontos A a F. Curvas de resposta.

Apresenta-se, como exemplo, na Figura 12 os diagramas do coeficiente de amplificação, para

o nível de maré de 2.0 m (Z.H.) para a direcção SSW e períodos associados às maiores amplificações de altura de onda, respectivamente.

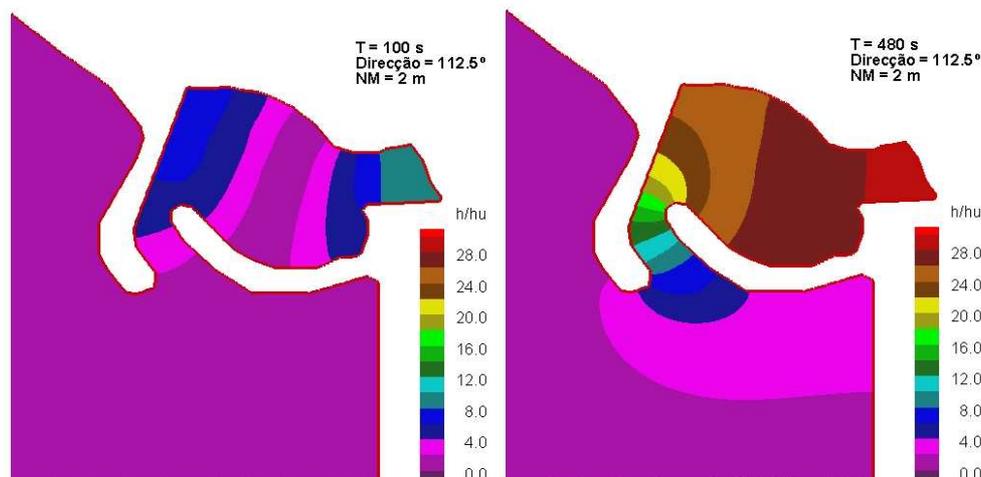


Figura 12: Diagrama do coeficiente de amplificação para o rumo local de SSW (112.5°) e período de 100 s e 480 s. Nível de maré +2.0 m (ZH).

Estes casos representam as condições que originam ressonância na bacia e ilustram os dois modos principais de ressonância no interior da bacia de adução:

- Oscilação da bacia bi-ventral – ocorre para os períodos de onda de 130 s, 100 s, 85 s, 80 s, para os níveis de maré de +1.0 m (Z.H.), +2.0 m (Z.H.), +3.0 m (Z.H.) e +4.0 m (Z.H.), respectivamente, a bacia oscila em torno de um nodo localizado sensivelmente a meio da bacia. Existem dois ventres que ocorrem nas zonas dos pontos D, E, F e G.
- Oscilação da bacia uni-ventral, do tipo *pumping-mode* – ocorre para os períodos de 575 s, 475 s, 415 s, 375 s, para os níveis de maré de +1.0 m (Z.H.), +2.0 m (Z.H.), +3.0 m (Z.H.) e +4.0 m (Z.H.), respectivamente. A bacia oscila em torno de um nodo localizado na zona de entrada do porto. Existe um único ventre no interior do porto, localizado na zona dos pontos D, E e F.

É de notar que, embora com menor amplificação de energia, existem outros modos ressonantes da bacia. Na Figura 11, em particular para o ponto C, pode constatar-se este facto: existe um período ressonante da ordem de 50 s. Para este período, a oscilação da bacia dá-se em torno de dois nodos.

Para os modos de ressonância principais da bacia, apresentam-se na Tabela 1 os valores dos coeficientes de amplificação verificados em situação de ressonância, para as condições de agitação incidente e níveis de maré testados. Estes valores são representados na Figura 13, onde também se indicam os valores medidos. Para o ponto C, o modo de ressonância à volta dos 100 s não apresenta amplificação de energia uma vez que este ponto se encontra num nodo, ver Figura 12.

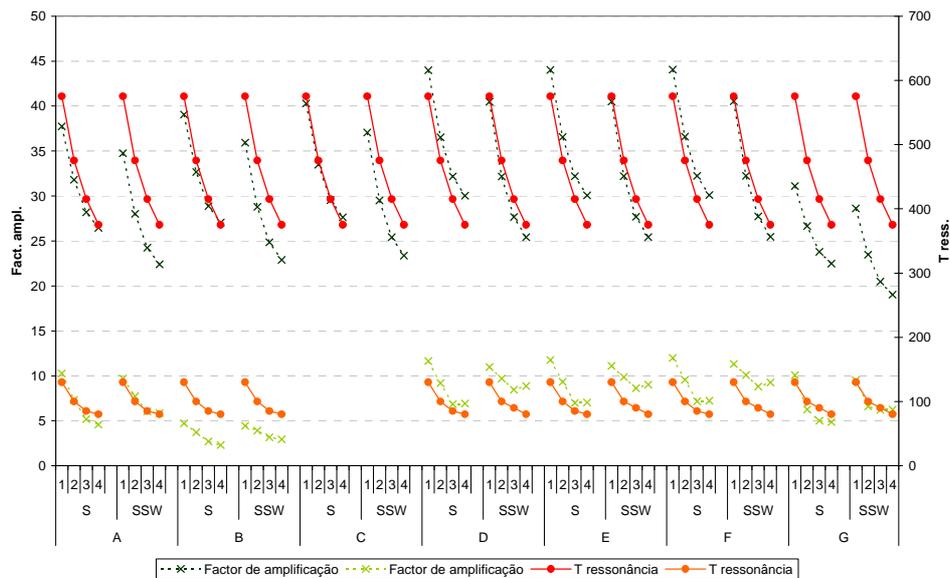


Figura 13: Períodos ressonantes e respectivos factores de amplificação nos pontos A a G, no interior do porto, para as direcções S e SSW.

Da análise da Tabela 1 e da Figura 13, verificou-se que:

- Existem dois intervalos bem diferenciados em que se situam os principais períodos ressonantes: à volta dos 100 s e à volta dos 500 s.
- No interior da bacia existem amplificações significativas da agitação de longo período nela incidente para qualquer das direcções de propagação e níveis de maré testados;
- Não se notam diferenças significativas do valor de amplificação com a direcção de onda incidente embora os valores para ondas de Sul sejam um pouco superiores;
- Os coeficientes de amplificação da altura de onda aumentam à medida que diminui o nível de maré e geralmente ocorrem para períodos ligeiramente superiores para o caso dos períodos da ordem dos 500 s e inferiores para o caso dos períodos da ordem dos 100 s.
- É nos pontos D, E e F que se atingem os maiores valores da amplificação da onda, precisamente os pontos localizados junto à tomada de água.

Tabela 1: Períodos de ressonância e factores de amplificação nos pontos no interior do porto.

Direcção	NM	Ponto	T ressonância	Factor de amplificação	T ressonância	Factor de amplificação
S	+1.0m	A	130	10.3	575	37.7
		B	130	4.7	575	39.0
		C			575	40.3
		D	130	11.6	575	44.0
		E	130	11.8	575	44.0
		F	130	12.0	575	44.0
		G	130	10.1	575	31.1
	+2.0m	A	100	7.3	475	31.8
		B	100	3.7	475	32.7
		C	50	5.6	475	33.5
		D	100	9.2	475	36.5
		E	100	9.3	475	36.5
		F	100	9.6	475	36.6
		G	100	6.2	475	26.6
	+3.0m	A	85	5.2	415	28.2
		B	85	2.7	415	28.9
		C			415	29.5
		D	85	6.8	415	32.2
		E	85	7.0	415	32.2
		F	85	7.2	415	32.2
		G	90	5.0	415	23.8
	+4.0m	A	80	4.6	375	26.4
		B	80	2.3	375	27.0
		C	55	4.8	375	27.6
		D	80	6.9	375	30.0
		E	80	7.0	375	30.0
		F	80	7.2	375	30.1
		G	80	4.9	375	22.5
SSW	+1.0m	A	130	9.7	575	34.7
		B	130	4.4	575	35.9
		C			575	37.1
		D	130	11.0	575	40.5
		E	130	11.1	575	40.5
		F	130	11.3	575	40.5
		G	130	9.5	575	28.6
	+2.0m	A	100	7.7	475	28.0
		B	100	3.9	475	28.8
		C			475	29.5
		D	100	9.7	475	32.2
		E	100	9.8	475	32.2
		F	100	10.1	475	32.2
		G	100	6.6	475	23.5
	+3.0m	A	85	6.0	415	24.2
		B	85	3.2	415	24.8
		C			415	25.4
		D	90	8.5	415	27.7
		E	90	8.6	415	27.7
		F	90	8.8	415	27.7
		G	90	6.2	415	20.5
	+4.0m	A	80	5.8	375	22.4
		B	80	2.9	375	22.9
		C			375	23.4
		D	80	8.9	375	25.4
		E	80	9.0	375	25.4
		F	80	9.3	375	25.5
		G			375	19.0

5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Com base nos dados de campo medidos *in situ* durante os sete eventos ressonantes ocorridos entre 2007 e 2009 na bacia de adução da central termoeléctrica de Sines foi possível determinar a gama de períodos ressonantes da bacia e compará-la com os períodos de oscilação própria da bacia obtidos com o modelo numérico DREAMS.

A análise espectral das medições de campo durante os eventos onde se verificou agitação excessiva no interior da bacia conduziu a duas gamas de períodos de ressonância (93 s a 104 s e 440 s a 540 s), sendo mais energética a que corresponde aos maiores períodos. Verificou-se ainda que estes eventos ocorreram quando os níveis de preia-mar (PM) e baixa-mar (BM) diferiam pouco e variavam entre, aproximadamente, +3.0 m (Z.H.) a +1.0 m (Z.H.).

A análise dos resultados do modelo DREAMS permitiu concluir que, para os níveis de maré entre +1.0 m (Z.H.) e +4.0 m (Z.H.), ocorrem situações de ressonância no interior da bacia para duas gamas de períodos de onda: 80 s a 130 s e 375 s a 585 s. Para os períodos mais baixos a oscilação é do tipo bi-ventral enquanto que para os períodos maiores é do tipo uni-ventral e com maiores amplificações. Existem outras ocorrências de ressonância associadas a períodos à volta dos 50 s mas com amplificações menores.

Na Figura 14 apresentam-se os valores do períodos de ressonância medidos durante os eventos ressonantes analisados, com a indicação a sombreado dos valores obtidos numericamente com o modelo DREAMS, para os níveis de maré variáveis entre +1.0 m (Z.H.) e +3.0 m (Z.H.), que corresponde aos valores máximos e mínimos de maré observados durante os referidos eventos. Os resultados do modelo foram os obtidos nos pontos D, E, F (ver Figura 9), já que os sensores onde foram efectuadas as medições se encontram localizados nessa zona.

Figura 14: Períodos ressonantes nos eventos analisados e corresponde gama de períodos de ressonância obtidos com o modelo DREAMS para os níveis de maré observados (a sombreado).

Da análise da figura pode verificar-se que todos os períodos medidos *in situ* estão contidos dentro da gama de períodos de oscilação própria da bacia obtidos com o modelo DREAMS (zona sombreada), o que permite concluir que o modelo está a reproduzir adequadamente o fenómeno.

Dado que não existem dados de campo na zona da entrada da bacia, não foi possível verificar quantitativamente os factores de amplificação obtidos com o modelo. No entanto, verificou-se uma concordância do andamento dos dados de campo e dos resultados do modelo quanto à energia relativa dos diferentes períodos ressonantes, isto é, obteve-se nas medições de campo e nos resultados do modelo uma amplificação de energia bastante superior para os maiores períodos ressonantes (375 s aos 585 s) que para os menores (ao redor dos 100s).

Na continuação deste trabalho pretende-se analisar dados de outros eventos ressonantes que aconteçam na bacia de forma a confirmar as conclusões que aqui se apresentam. Além disso analisar-se-ão as condições de agitação ao largo medidas na bóia de Sines e os níveis de maré medidos no marégrafo do Porto de Sines de forma a verificar se existe algum padrão constante na relação entre as condições ao largo (níveis de maré e agitação) e os eventos de ressonância verificados no interior da bacia que permitisse inferir sobre a fonte de excitação dos seus modos ressonantes. Com esta análise pretende-se obter informação que permita prever a ocorrência deste tipo de fenómenos e, conseqüentemente, mitigar os seus efeitos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a EDPProdução a autorização para a publicação dos resultados desta comunicação. Agradece-se ainda à Administração do Porto de Sines por disponibilizar os dados já tratados pelo IH referentes à boia ondógrafo localizada ao largo de Sines durante os períodos em estudo.

BIBLIOGRAFIA

- CAPITÃO, R.– “Modelação estocástica numérica e física da agitação marítima”, Tese de doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2002.
- FORTES, C.J.E.M. - Modelação matemática da refração e difracção combinadas de ondas marítimas. Análise pelo método dos elementos finitos. Dissertação de mestrado em Eng. Mecânica, IST, Junho, 1993.
- PINHEIRO, L.V.; FERNANDES, J.L.M.; FORTES, C.J.E.M. – “Sobre um gerador de malhas de elementos finitos com densidade local condicionada à batimetria para modelos de propagação de ondas em zonas portuárias”, in Anais da I Conferência Nacional de Métodos Numéricos em Mecânica dos Fluidos e Termodinâmica, Lisboa (Portugal), 8 - 9 Jun, 2006
- SMITH, R.; SPRINKS, T. – “Scattering of surface waves by a conic island”. *Journal Fluid Mechanics*, **72**, Part 2, 1975, pp. 373-384.
- OKIHIRO, M., R.T. GUZA e R.J. SEYMUR - “Bound infragravity waves”. *Journal of Geophysical Research*, **97**, No. C7, 1992, pp. 11453-11469.
- VIS, F.C., A. MOL, M.A.M. RITA e C. DEELEN – “Long waves and harbour design”, in Anais da Int. Conf. on Hid. and Num. Modelling of Ports and Harbours, 1985, pp. 249-255.