

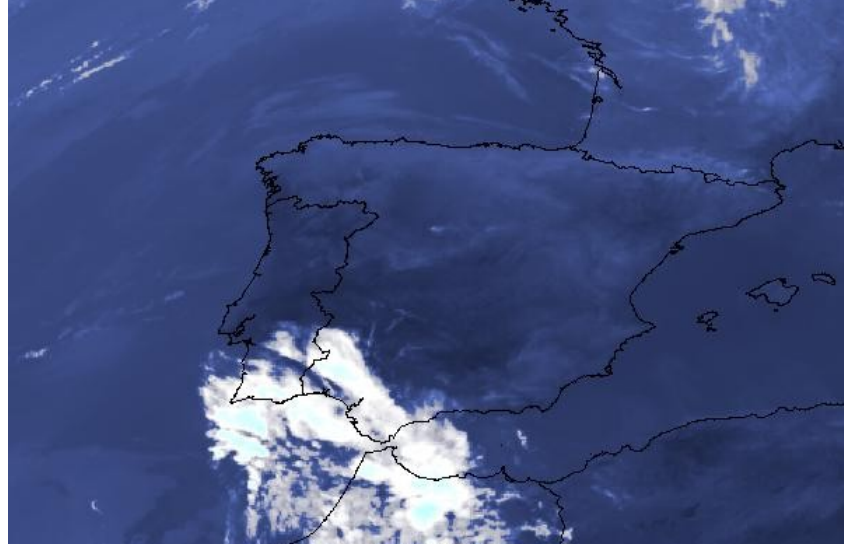
# Meteo-Tsunami - Sul de Portugal (06 e 07 de Julho de 2010)

Carlos Antunes<sup>(1)</sup>, Joaquim Luís<sup>(2)</sup> e Luís Matias<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup>IDL, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa  
<sup>(2)</sup>IDL, Universidade do Algarve  
 cmantunes@fc.ul.pt; jluis@ualg.pt; lmmatias@fc.ul.pt

**Créditos:** A informação aqui difundida só foi possível ser compilada graças à colaboração do Instituto Geográfico Português (IGP), Instituto de Meteorologia (IM) e Instituto Hidrográfico (IH), pela disponibilidade de dados e informação.

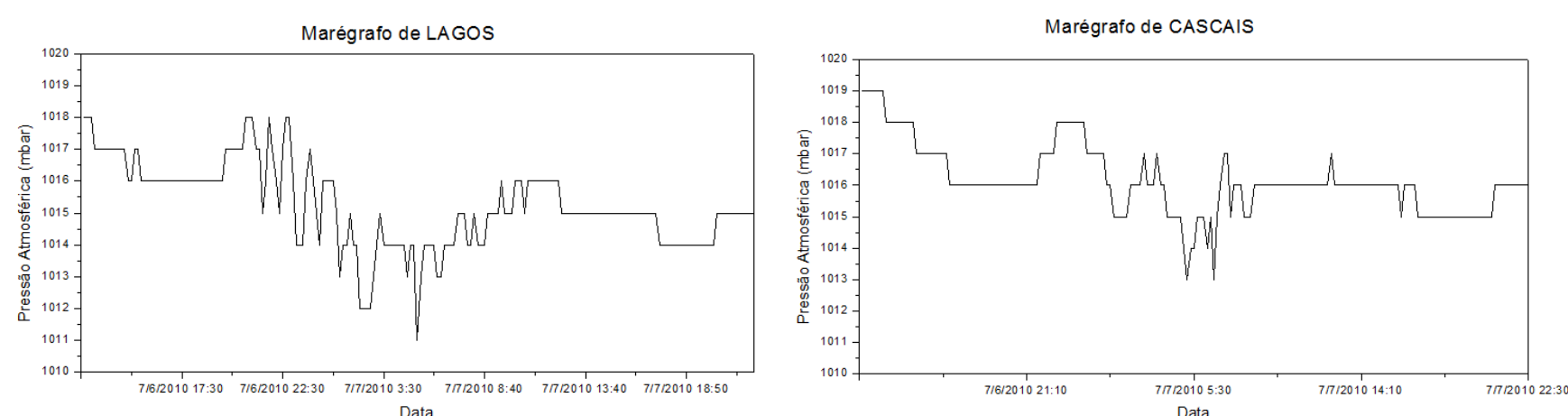
## EVENTO METEOROLÓGICO ANÓMALO

No final do dia 6 de Julho de 2010, entre as 21 e 22 horas locais, a SW da Península Ibérica desenvolveu-se uma instabilidade atmosférica, provocada por células convectivas, caracterizada por fortes correntes descendentes associadas a rajadas de vento à superfície com deslocamento na direcção NNW. Esta situação na região sul do continente foi condicionado por uma região depressionária que se estendia desde o norte de África e por uma depressão em altitude centrada entre a Madeira e Casablanca, com actividade convectiva no bordo nordeste, sobre o golfo de Cádiz (fonte IM). A partir do final tarde, esta situação, passou a atingir a costa sul do Algarve, pelas 21 horas locais (20 horas UTC) - *Figura 1*, estendendo-se para norte até à região da grande Lisboa, durante a madrugada e princípio da manhã do dia seguinte.



*Figura 1* - Imagem de satélite, das 21:00 do dia 6 de Julho de 2010 (fonte IM).

Durante este período registaram-se variações bruscas da pressão atmosférica ao longo da passagem da depressão. Entre o final do dia 6 e a madrugada do dia 7, verificou-se em Lagos uma diminuição de cerca de 6 mbar (entre as 22:50 e 2:20 UTC) e em Cascais uma diminuição de 5 mbar (entre as 0:00 e 5:10 UTC) - *Figura 2*. Com variações abruptas, em Lagos, de 4 mbar em menos de 30 minutos. Idênticas variações abruptas foram registadas na costa algarvia pelas estações meteorológicas do IM, de Faro e Lagos.

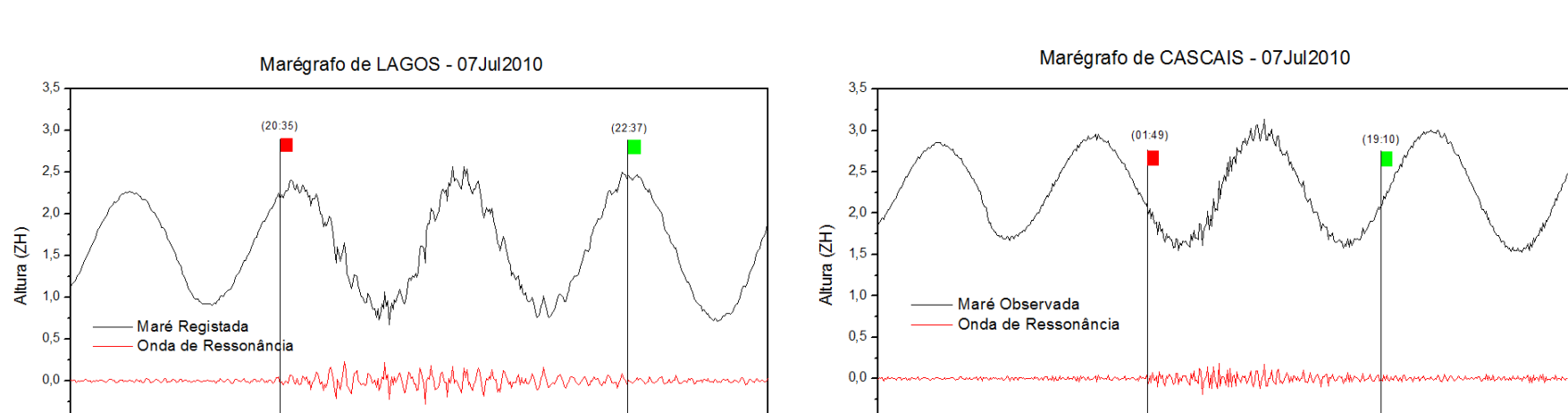


*Figura 2* - Registo da Pressão Atmosférica (mbar) nos marégrafos de Lagos e Cascais do IGP, entre os dias 6 e 7 de Julho de 2010, com registo de 10 minutos.

## METEO-TSUNAMI ASSOCIADO

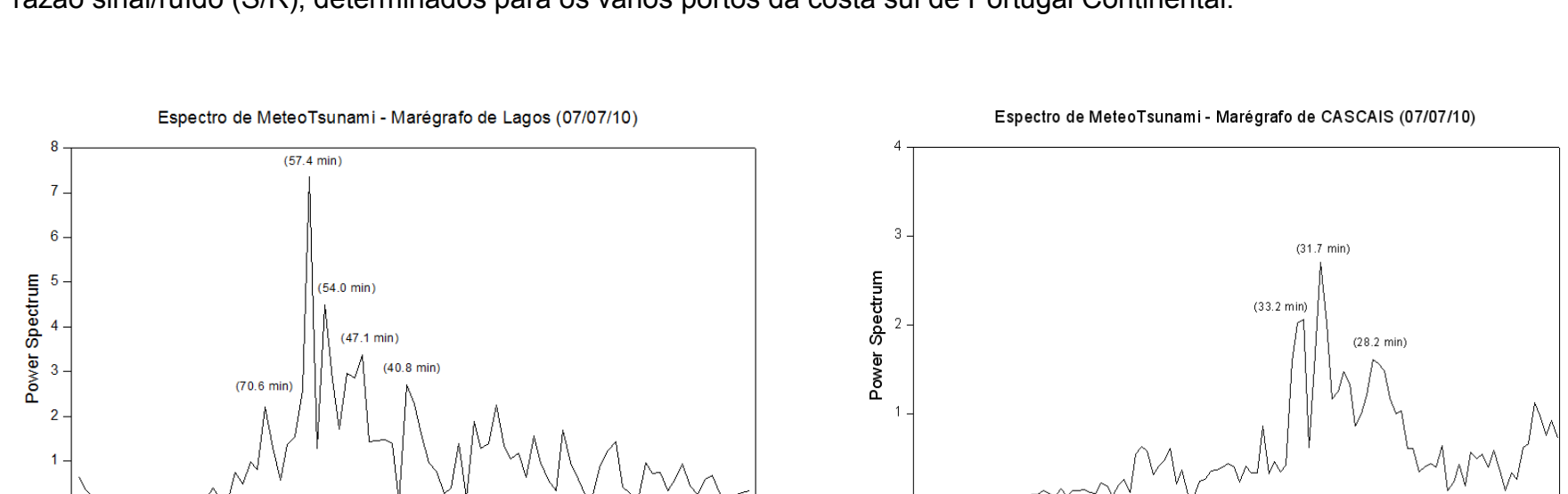
O *tsunami* meteorológico ou meteo-tsunami, é um fenómeno gerado por perturbações atmosféricas que exercem uma pressão abrupta sobre a superfície do mar gerando uma onda anómala. As ondas associadas podem ser originadas por ondas abruptas atmosféricas, passagens de frentes, linhas de borrasca, entre outros fenómenos atmosféricos. O *tsunami* meteorológico é caracterizado pelas mesmas escalas espaço-temporais (amplitude e frequência) das ondas associadas a um *tsunami* de origem sísmica, e podem, de forma semelhante, afectar as zonas costeiras, nomeadamente em águas pouco profundas, tais como, baías, rias e portos, apresentando uma forte amplificação e ressonância.

Este evento meteorológico verificado a sul de Portugal no passado dia 6 e 7 de Julho, anómalo e muito pouco frequente na nossa região, provocou ondas de ressonância no nível do mar com amplitudes que atingiram entre 40 a 50 cm registadas nos marégrafos da região (*Figura 3*), portugueses e espanhóis, tendo sido observadas também por pescadores e pequenas embarcações na zona de Silves. Estas ondas de ressonância comportaram-se como um pequeno *tsunami*, que se propagou para Oeste, ao longo da costa portuguesa, e para Este até ao estreito de Gibraltar. Nos gráficos da *Figura 3* observa-se o início do evento oceânico às 20:35 (UTC), em Lagos, prolongando-se até ao final do dia 7, e pelas 1:50 (UTC), em Cascais, com menor duração e amplitude.



*Figura 3* - Registos dos marégrafos de Lagos e Cascais do IGP, entre os dias 6 e 7 de Julho de 2010, com registo de 3 minutos.

A análise espectral das ondas de ressonância, filtradas da maré observada (sinal a vermelho da *Figura 3*), indica uma frequência principal de 57 minutos em Lagos e 32 minutos em Cascais. A respectiva potência do espectro indica uma maior energia no sinal de Lagos, localizado mais próximo da origem da actividade meteorológica convectiva, comparativamente a Cascais. Esta situação, visível na amplitude dos sinais, é também descrita pelos valores do *Quadro 1*, onde se destaca a razão sinal/ruído (S/R), determinados para os vários portos da costa sul de Portugal Continental.



*Figura 4* - Análise espectral dos sinais de alta frequência (ressonância) extraídos das ondas de maré observada em Lagos e Cascais (curva vermelha dos gráficos da *Figura 3*).

**Quadro 1** - Valores de amplitude e razão Sinal/Ruído das ondas de ressonância observada nos marégrafos portugueses. Os valores relativos a Sines e Sesimbra referem-se a dados gentilmente cedidos pelo Instituto Hidrográfico.

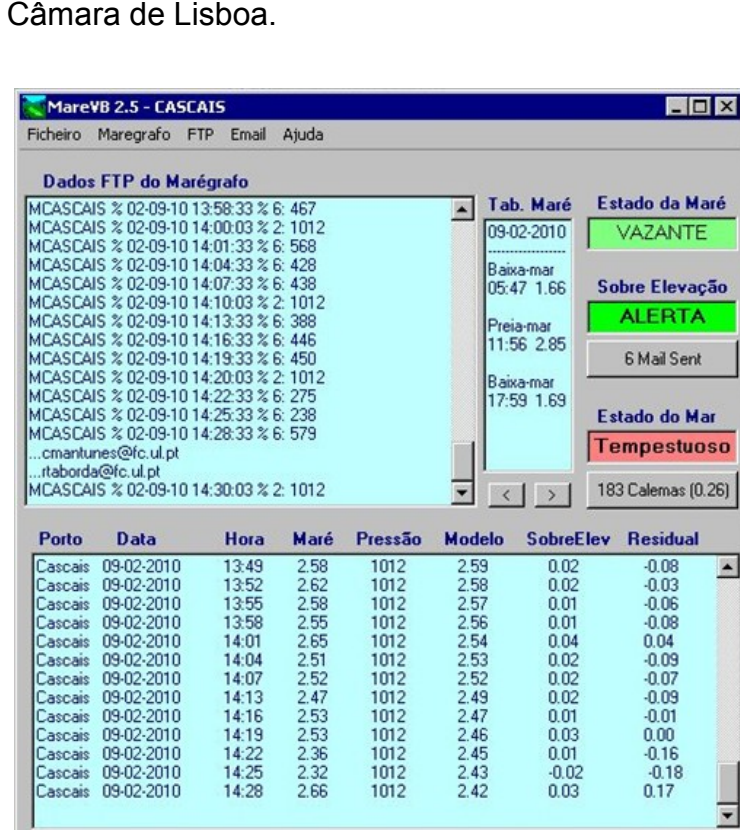
	SINAL			RUIÍDO			S/R
	MAX	MIN	AMPLIT	MAX	MIN	AMPLIT	
LAGOS	0.23	-0.28	0.51	0.03	-0.03	0.07	7.65
CASCAIS	0.19	-0.19	0.38	0.04	-0.04	0.08	4.46
SINES	0.11	-0.12	0.23	0.03	-0.03	0.06	3.83
SESIMBRA	0.08	-0.08	0.16	0.02	-0.02	0.04	3.73

Idênticos registos foram observados nos marégrafos da costa Sul de Espanha, de Huelva a Agadir, e de toda a costa Oeste portuguesa, Sines, Sesimbra, Figueira da Foz, Aveiro, Leixões e Viana do Castelo, segundo os dados disponibilizados pelo IH. Há excepção do marégrafo de Leixões, os registos de todos os restantes marégrafos indicam ondas de ressonância de menor amplitude (e energia), comparativamente a Lagos e Cascais, incluindo Sines e Sesimbra. Esta situação deve-se às condições de propagação das ondas nestes locais que provocam um eventual decaimento e diminuição da energia dessas ondas.

O estudo, em curso, mais detalhado deste fenómeno e da respectiva dinâmica de propagação deste *tsunami* meteorológico pode-se revelar de extrema importância para o estudo e análise do impacto de um *tsunami* de origem sísmica nas zonas costeiras de Portugal Continental, que possa vir eventualmente a ocorrer e atingir esta região.

## DETEÇÃO E MONITORIZAÇÃO DO TSUNAMI

A FCUL tem estado empenhada no desenvolvimento de uma aplicação para a monitorização da variação do Nível do Mar, a partir de dados de marégrafos enviados em tempo real, com ênfase na observação de *storms surges* (sobre-elevações meteorológicas, também designada por maré meteorológica que se sobrepõe à maré astronómica) e *tsunamis*. Esta aplicação, MareVB 2.5, com ligação IP aos marégrafos de Cascais e Lagos, foi o primeiro mecanismo de alerta deste meteo-tsunami iniciado dia 6 de Julho. Devido ao facto de apenas estar no momento ligado a marégrafo de Cascais, emitiu apenas pelas 1:10 da manhã do dia 7 o seu primeiro AVISO de Alerta (nível Amarelo) sobre o Estado do Mar, indicado uma calema (*seicha* - onda de ressonância) da ordem dos 11 cm, e pelas 6:40 enviou um terceiro AVISO de Alerta (nível Vermelho), indicando calemas superiores a 20 cm. Este email de AVISO de Alerta de nível máximo (vermelho) é reenviado para diferentes colaboradores, nomeadamente ao Instituto de Meteorologia e para o Gabinete de Protecção Civil da Câmara de Lisboa.



**Carlos Antunes**

From: MAREGRAFO CASCAIS  
 Sent: Wednesday, July 07, 2010 7:44 AM  
 To: MAREGRAFO CASCAIS  
 Subject: AVISO, Estado do Mar: Tempestuoso

Mensagem Automática, 07-07-2010 06:43

AVISO do Estado do Mar em CASCAIS.

Estado do Mar: Tempestuoso  
 Calema máx.: 020 cm  
 Vaga estimada: > 6 m

Tabela de Maré

Baixa-mar 04:13 1.52  
 Preia-mar 10:37 2.87  
 Baixa-mar 16:51 1.53  
 Preia-mar 23:03 2.87

Programa de Monitorização de Marégrafos - MareVB 2.5, FCUL (2008) Carlos Antunes - DEGGE/FCUL, <http://enggeografica.fc.ul.pt>

*Figura 5* - Aplicação MareVB 2.5 (à esquerda) para a monitorização da variação do nível do mar em tempo Real; e, email de AVISO de Alerta Vermelho (em cima) enviado pela aplicação às 6:43 (TUC) do dia 7 de Julho.

Esta simples aplicação revelou-se extremamente útil na detecção e monitorização do evento, tal como foi, no passado inverno, na monitorização dos eventos de sobre-elevação meteorológica (*storms surges*) que ocorreram ao longo desse período de fortes tempestades, que provocaram galgamentos, inundações e erosão costeira.

Nesse momento, esta aplicação MareVB 2.5, revela-se o único mecanismo automático a funcionar em Portugal para a detecção de eventos de *tsunami* (de origem meteorológicos e sísmica) e de sobre-elevação meteorológica.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Geográfico Português (IGP), ao Instituto de Meteorologia (IM) e ao Instituto Hidrográfico (IH), pela informação disponibilizada. Bem como, aos nossos colegas Oscar Ferreira da Universidade do Algarve, Fernando Carrilho do IM e, Rui Taborda e Geovanni Nico da FCUL, pela colaboração na monitorização e análise do evento.