

# GALGAMENTO DO QUEBRA-MAR POENTE DE ALBUFEIRA: COMPARAÇÃO ENTRE O MODELO NUMÉRICO SPH E MEDIÇÕES DE CAMPO

Eric Didier <sup>(1)</sup>  
Óscar Ferreira <sup>(2)</sup>  
João Dias <sup>(1)</sup>  
Diogo R.C.B. Neves <sup>(1)</sup>  
Ana R. Carrasco <sup>(2)</sup>  
Maria T. Reis <sup>(1)</sup>  
Maria da Graça Neves <sup>(1)</sup>

1- LNEC 2- CIMA/UALG

# Enquadramento

- SPACE
  - Desenvolver um modelo numérico capaz de modelar os fenómenos não lineares presentes na interacção de ondas com estruturas costeiras
  - Estimar as forças sobre estruturas
  - Avaliar o galgamento
- Este modelo numérico já foi alvo de inúmeros desenvolvimentos e análises de sensibilidade ao nível do modelo (escala reduzida) e validação com dados experimentais obtidos em modelo físico

# Índice

- Objectivos
  - Avaliar o comportamento do modelo SPHyCE no cálculo do galgamento num quebra-mar à escala real
  - Analisar a aplicabilidade da ferramenta numérica integrada
- Caso de estudo
  - Quebra-mar Poente do Porto de Pesca de Albufeira
- Ferramenta numérica
  - SWAN – Propagação das condições de agitação do largo até à costa
  - Bouss2D – zona batimétrica
  - SPHyCE – Interacção onda-estrutura
- Campanhas de campo
- Resultados do galgamento
  - Ferramenta numérica integrada
  - Medições de campo
  - Ferramenta neuronal NN\_OVERTOPPING2
- Conclusões

# Caso de estudo

- Quebra-mar Poente do Porto de pesca de Albufeira, Algarve
- Secção monitorizada
  - Inclinação do talude, 32°
  - Profundidade ao pé do talude, -1.5m (ZH)
  - Berma de 5.5m a cota de +6.5m (ZH)
  - Porosidade do manto exterior ~42%
- As medições de campo foram realizadas a 19 Janeiro de 2013 (8H00-8H30) ao longo de um ciclo de maré, durante períodos de marés mortas (amplitude de maré de 1.5 m)



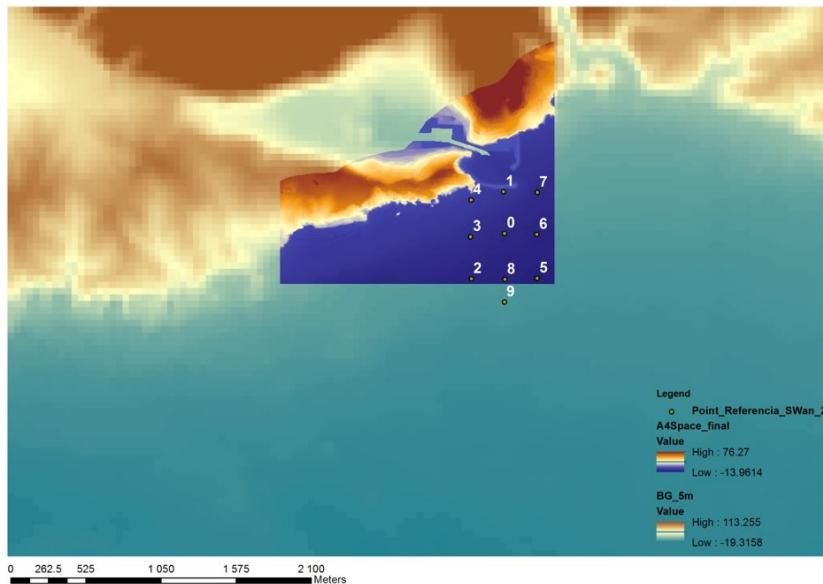
# Ferramenta Integrada

- Aplicar uma metodologia de acoplamento entre vários modelos numéricos
- Permitir modelar todos os processos do largo até à estrutura e sua interacção, utilizando o modelo numérico mais apropriado
- Ferramenta integrada composta de três modelos numéricos:
  - Modelo SWAN - *Simulating WAves Nearshore*:
    - Modelo numérico espectral
    - Propagação da agitação marítima da bóia-ondógrafo até próximo da costa (30 km)
  - Modelo Bouss2D:
    - Resolve as equações de Boussinesq integradas na vertical, válidas para águas pouco-profundas a profundidades intermédias (refracção, difracção, atrito de fundo)
    - Propagação e transformação da onda nas proximidades da estrutura (800 m)
  - Modelo SPHyCE - *Smoothed Particle Hydrodynamics*:
    - Baseado na formulação Lagrangeana das equações da dinâmica dos fluidos e num método de discretização de tipo SPH que permite não recorrer a uma malha computacional
    - Interacção entre ondas e estruturas costeiras (rebentação e galgamento) (102 m)

# Ferramenta Integrada

## SWAN

- Duas malhas computacionais, uma com 45 m de lado e outra encaixada de 5m
- Analise das características de agitação no ponto 2 ( $H_s=2.74m$ ;  $T_p=9.64s$ )



## Bouss2D

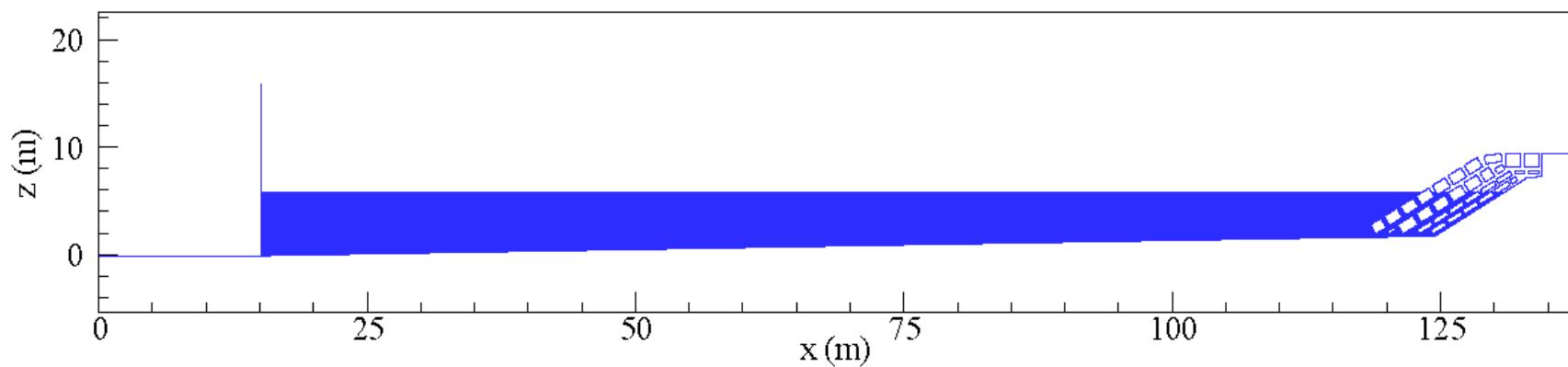
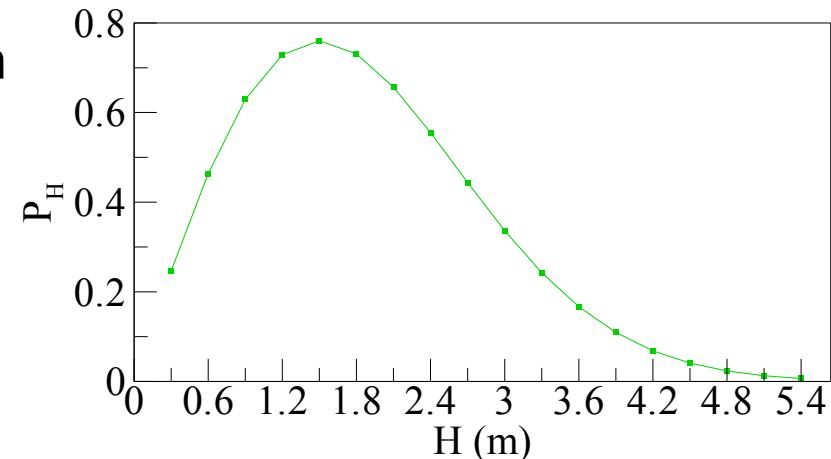
- Malha cartesiana regular com elementos quadráticos de 2m
- Espectro de Jonswap com características do ponto 2
- Incidência praticamente normal à estrutura,  $<10^\circ$



# Ferramenta Integrada

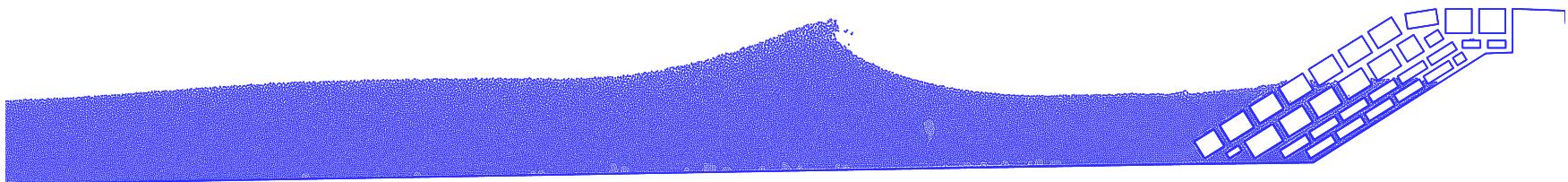
## SPHyCE

- Método PCM (Probability Calculation Method)
  - Distribuição de Rayleigh (Goda, 2010)
  - $H_s=3\text{ m}$ ;
  - $H_{max}=1.8H_s$
  - $T_p=9.84\text{ s}$



# Ferramenta Integrada

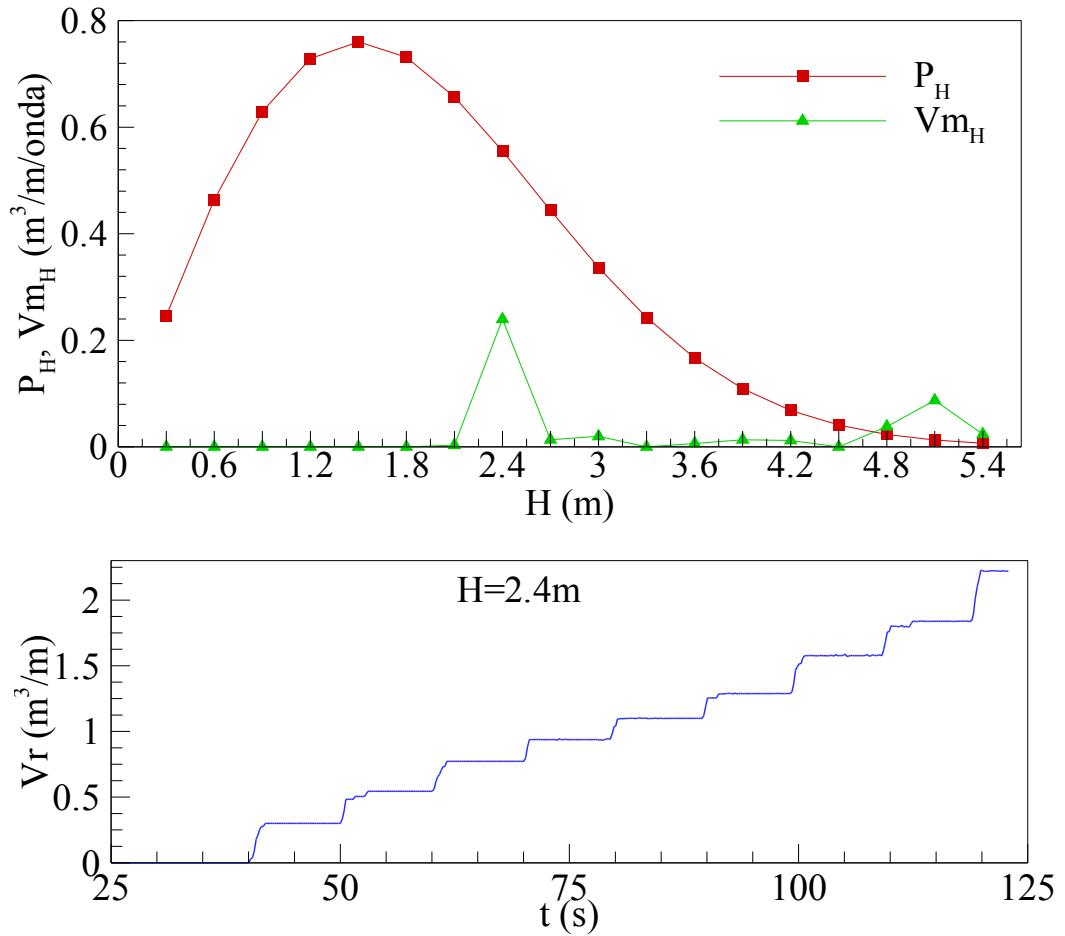
- A estrutura é constituída por 2 mantos de 2 camadas cada, com porosidade de 42%.
  - Resolução, i.e., a dimensão das partículas é de  $d_0=7.45\times10^{-2}$  m, com um número total de partículas fluidas e sólidas de 115 688.
  - O tempo de simulação de 123 s e um passo de tempo da ordem de  $10^{-4}$  s.



# Resultados

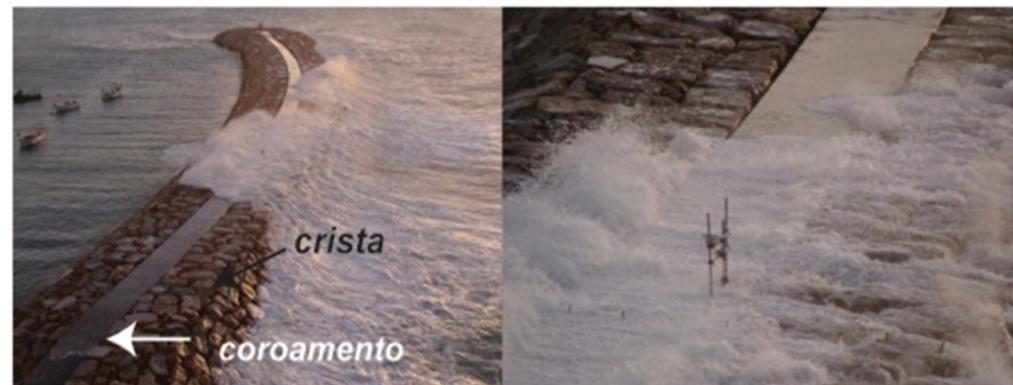
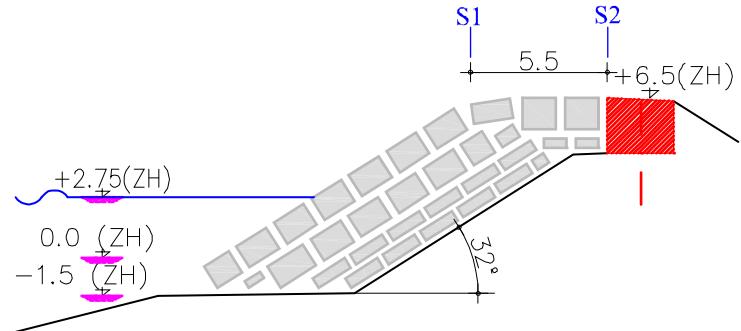
## Cálculo do galgamento a partir ferramenta integrada

- O volume galgado:
  - calculado através da contribuição de cada altura de onda do registo, ponderando o volume galgado pela sua probabilidade de ocorrência (Ortuno, 2010).
- Maior contribuição
  - $H=2.4\text{m}$  e  $P_H=0.55\%$
  - $Vm_H = 239 \text{ l/m}$
  - Representa 87% do volume galgado total
  - Indicativo da ordem de grandeza dos maiores volumes galgados
- $Qm$  galgado de  $4.67 \text{ l/m/s}$



# Campanha de campo

- Vários eventos de galgamento representativos de tempestade moderada, frequente durante o inverno marítimo
  - $H_s$  médio  $\sim 3\text{-}4\text{ m}$
  - $T_p$  médio  $\sim 8\text{-}10\text{ s}$
  - Direcção de onda dominante de SW
- Foram considerados unicamente os galgamentos que respeitam critérios compatíveis com a metodologia de cálculo do galgamento
  - bidimensionalidade,
  - lâmina de água relativamente regular
- Instrumentação
  - Sensores de Pressão
  - Câmara de video



# Campanha de campo



# Resultados

## Medições de campo

- **Velocidade da lâmina de água**
  - Velocidade frontal de galgamento (velocidade da frente da lâmina de água)
    - Considerando os instantes em que a frente da lâmina de água atinge o sensor S1 (primeiro registo) e S2 no coroamento.
  - Velocidade entre picos de galgamento
    - Considerando os instantes em que ocorre as alturas máximas da lâmina de água nos sensores S1 e S2
- **Galgamento**
  - Com base nas velocidades frontais e de pico e das alturas médias e máximas da lâmina de água medidas nos sensores de pressão S1 e S2
  - Descargas medias frontais e de pico ( $Q_f$  e  $Q_p$ )
  - Volumes máximos de galgamento correspondente ( $V_f$  e  $V_p$ )

# Resultados

## Medições de campo

- Os galgamentos ocorreram de forma turbulenta o que dificulta a análise

Método	Volume (l/m)		Velocidade (m/s)	
	Máximo	Médio	Máximo	Médio
<b>Frontal (5 eventos)</b>	308	185	20	13
<b>Pico (3 eventos)</b>	508	308	14	11

- A metodologia de aquisição dos dados e de cálculo não permite considerar todas as ondas que galgam efectivamente o quebra-mar, o que impossibilita calcular o caudal médio galgado

# Resultados

## Ferramenta neuronal NN\_Overtopping2

- Com base Ferramenta neuronal NN\_Overtopping2 e considerando
  - Altura de onda incidente no pé do talude,  $H_s=2.4m$
  - $T_p=9.84s$
  - Permeabilidade,  $\gamma_f=0.5$  (Enrocamento)
- Caudal médio galgado obtido foi de 0.53 l/s/m, com um intervalo de confiança de 95%: [0.14; 1.96] l/s/m
- Dado que a estrutura apresenta uma boa arrumação dos blocos, considerou-se o coeficiente de permeabilidade  $\gamma_f=0.6$ , tendo-se obtido um caudal médio galgado de 1.0 l/s/m, com um intervalo de confiança de 95%: [0.21; 5.02] l/s/m.

# Conclusões

- A primeira aplicação do modelo numérico integrado e do método PCM de GODA para calcular o caudal médio galgado de um quebra-mar poroso, à escala de protótipo, revelou-se relativamente positiva
  - Volume máximo (l/m)
    - Medições de campo (valor médio): 232 l/m
    - Ferramenta integrada: 239 l/m
  - Caudal médio galgado (l/s/m)
    - Ferramenta integrada: 4.67 l/s/m
    - NN-overtopping2: 1 l/s/m; [0.21;5.02] l/s/m
- Concordância razoável entre as ordens de grandeza do caudal médio galgado entre o modelo numérico integrado, os dados de campo e a ferramenta de rede neuronal NN\_Overtopping2

# Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) o financiamento concedido através do projecto SPACE “A Smoothed particle Hydrodynamic model development and validation for coastal engineering applications”, PTDC/ECM/114109/2009 e do projecto DITOWEC PTDC/ECM-HID/1719/2012, e da bolsa SFRH/BPD/37901/2007.