

5^{as}
**JORNADAS
DE ENGENHARIA
HIDROGRÁFICA**

19, 20 E 21 DE JUNHO DE 2018

Galgamento em estruturas de proteção marginal face à subida de nível do mar

Diogo Pires

Maria Graça Neves

Filipa S. B. F. Oliveira



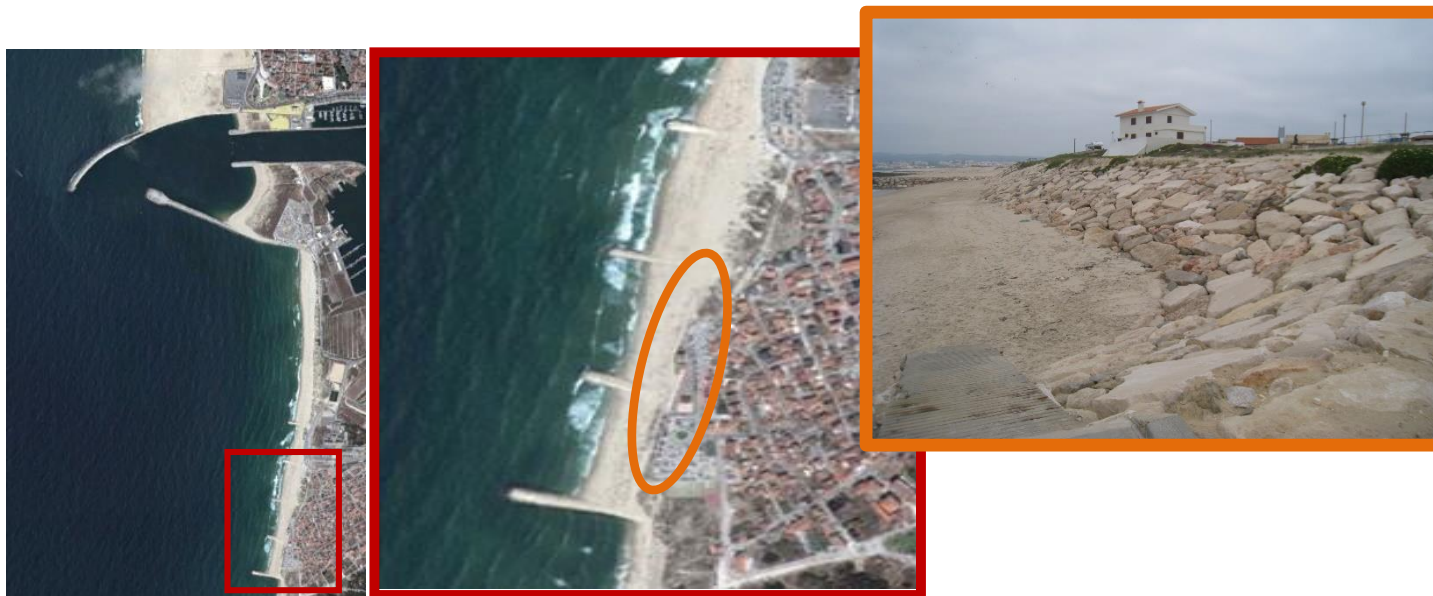
Objetivo

- Possível subida do nível do mar
 - Como se altera o galgamento nas estruturas?
 - Cálculo do galgamento
 - Que medidas de adaptação para mitigar danos?



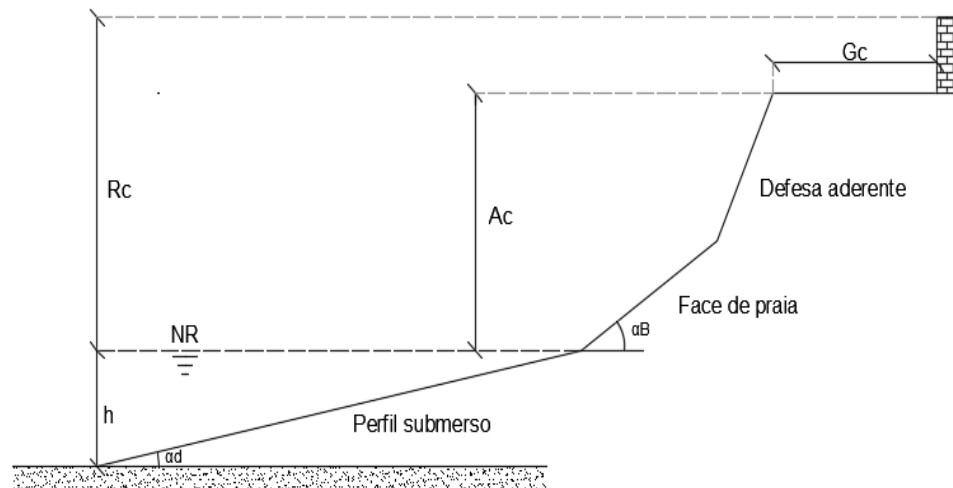
Estrutura em estudo

- Costa de Cova-Gala
 - defesas longitudinais aderentes datadas de 1975 e posteriormente reforçadas com o objetivo de proteger a povoação da ação do mar
 - eventos de galgamento que colocam em risco pessoas e bens



Galgamento

- Cálculo do galgamento
 - Dados de
 - Agitação marítima
 - Nível de mar
 - Perfil do fundo e geometria da estrutura



Agitação marítima

- Dados de *hindcast*
 - 1953 a 2009 (10°W 40°N)
 - profundidade de -14 m (ZH)
 - Hs

82% com $H_s < 3$ m
 $H_s < 11.8$ m
 - T_p

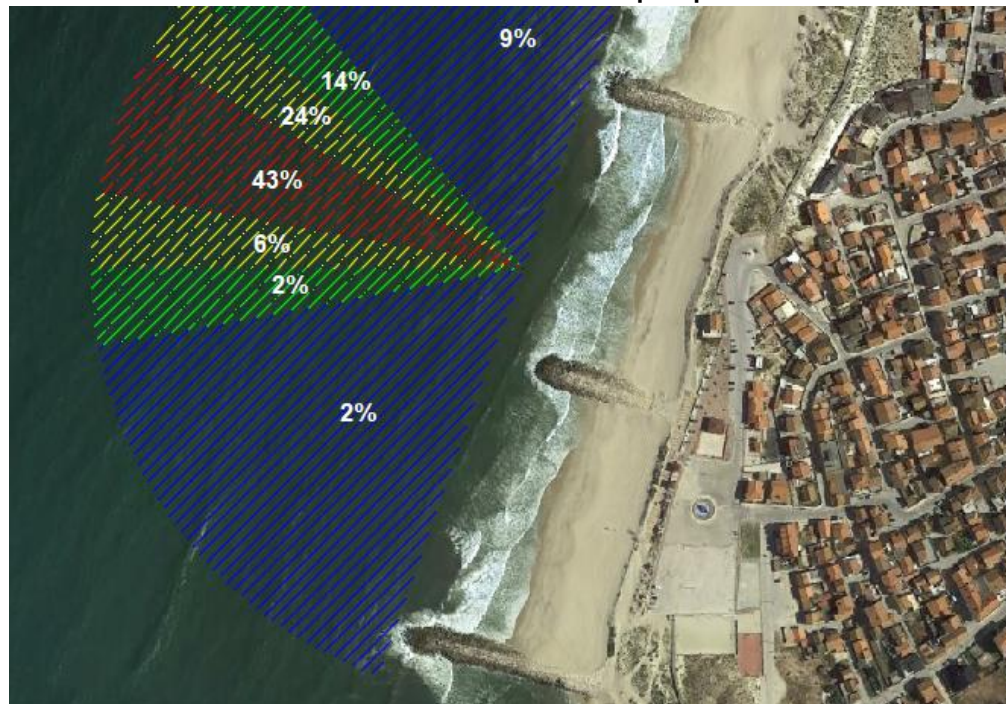
70% com $T_p < 14$ s
 $T_p < 28$ s



Agitação marítima

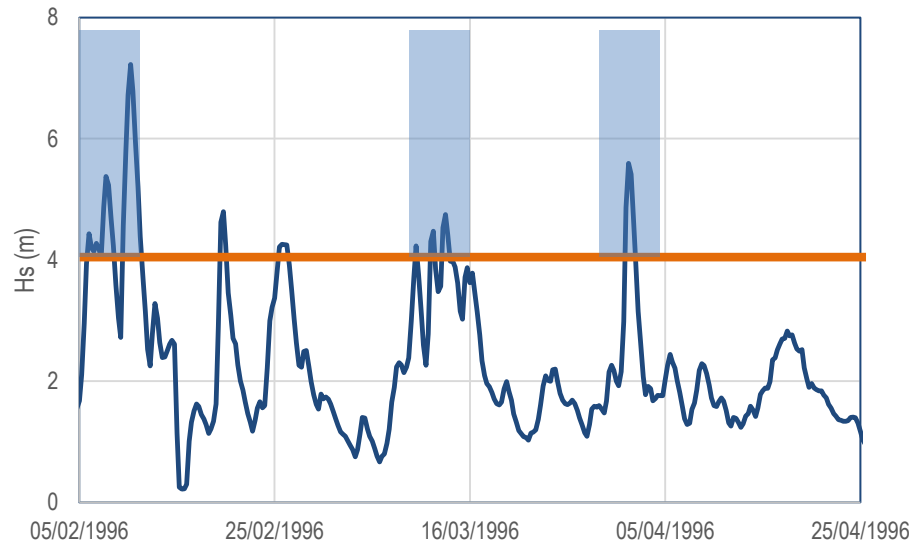
- Dados de *hindcast*
 - Dir

80% entre W e NW , 73% $<20^\circ$ da perpendicular à estrutura



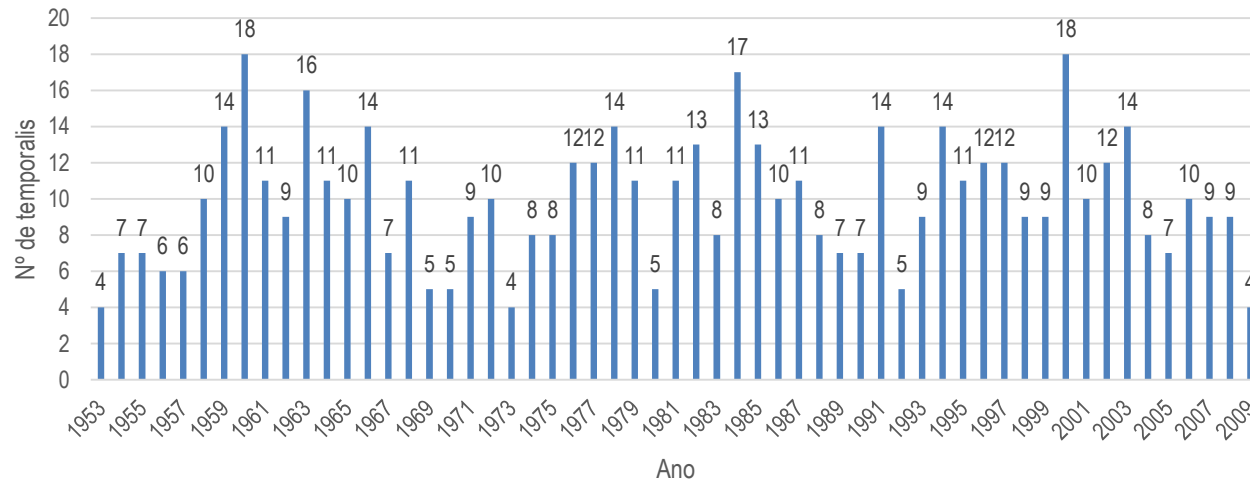
Agitação marítima

- Temporais entre 1953 a 2009
 - $H_s > 4,0$ m
 - Duração mínima de 12 horas
 - Duração mínima entre temporais independentes 48 horas



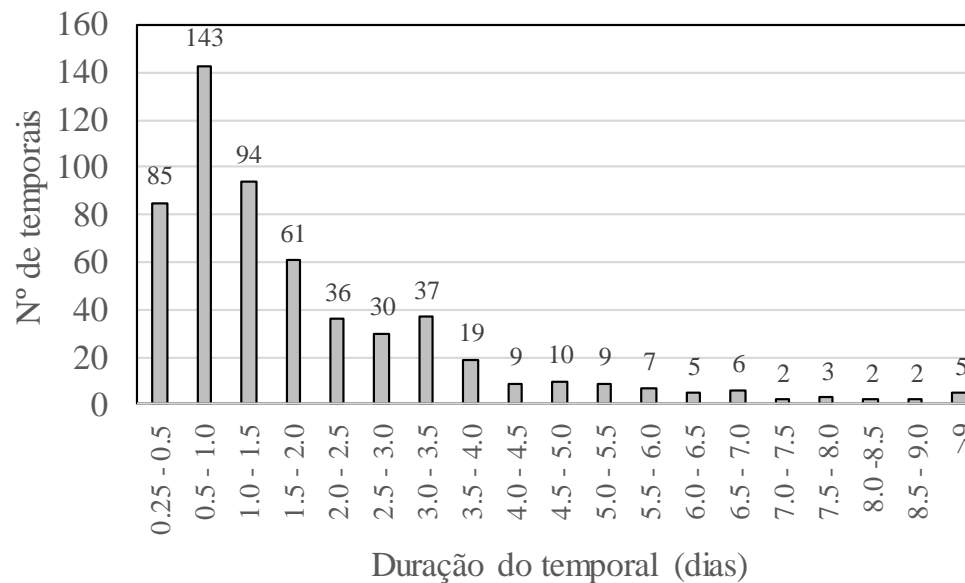
Agitação marítima

- Temporais entre 1953 a 2009
 - 565 temporais (7% do número total de registos)
 - 4 a 18 por ano
 - 91% nos invernos marítimos



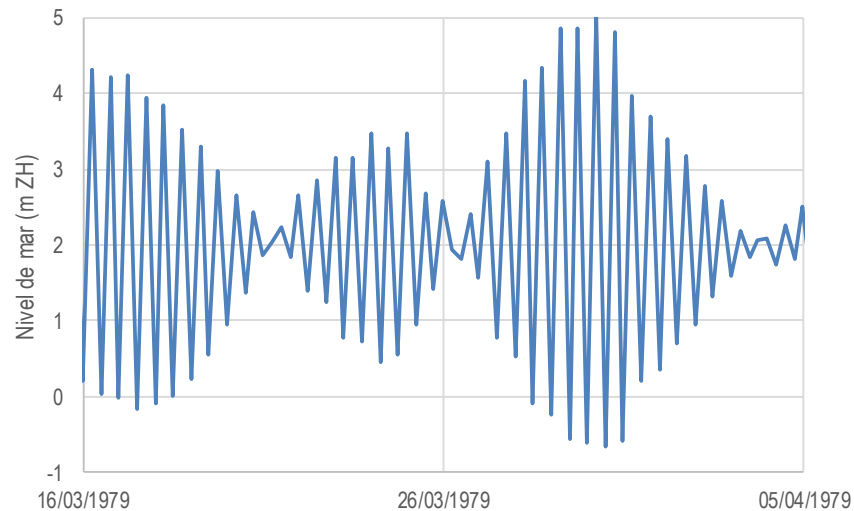
Agitação marítima

- Temporais entre 1953 a 2009
 - Duração
 - 0,5 e os 15,25 dias
 - 57% com duração inferior a 1,5 dias



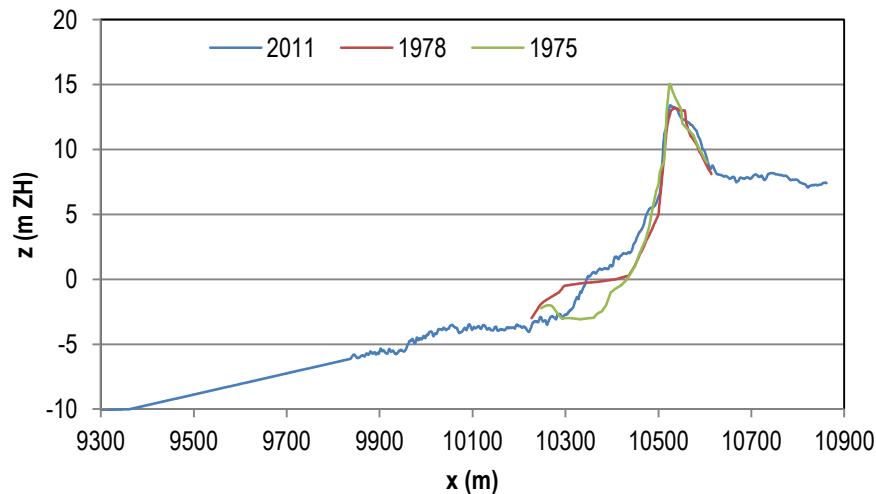
Nível do mar

- Dados de *hindcast*
 - componentes astronómica e meteorológica da maré
 - 5% correspondem a NM >3,5m
 - NM ≤ 5m



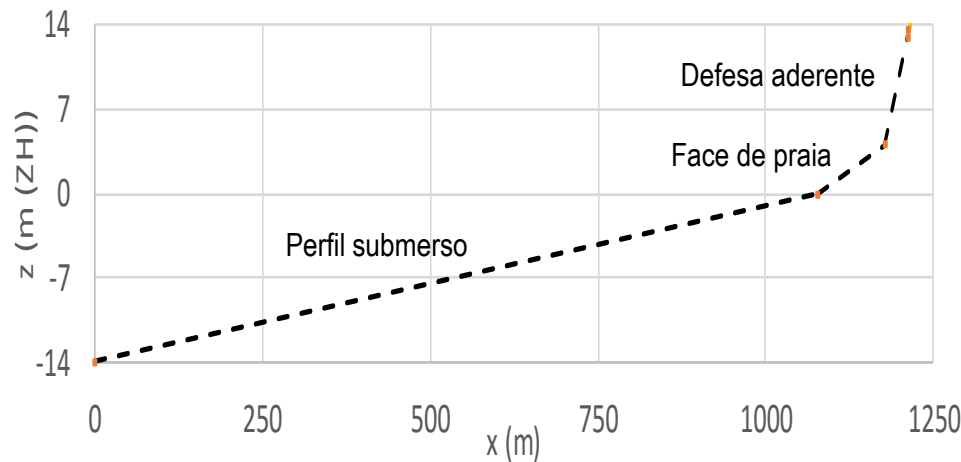
Perfil de praia e da estrutura

- Três levantamentos topo-hidrográficos
 - 1975
 - defesas longitudinais aderentes já construídas
 - 1978
 - construção do campo de esporões
 - 2011



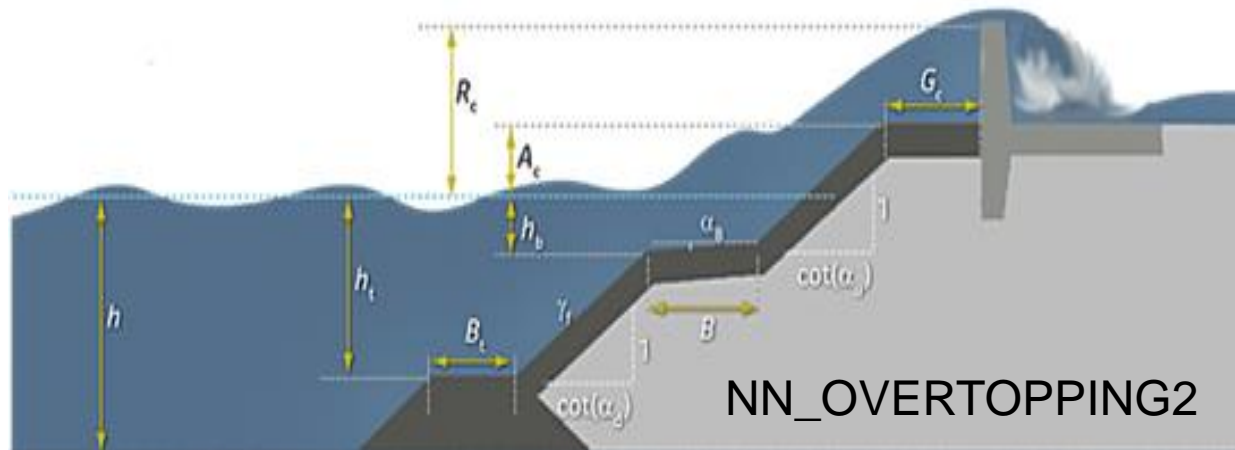
Perfil de praia e da estrutura

- Três levantamentos topo-hidrográficos
 - localizado entre 3º e 4º esporão (Norte-Sul)



Galgamento

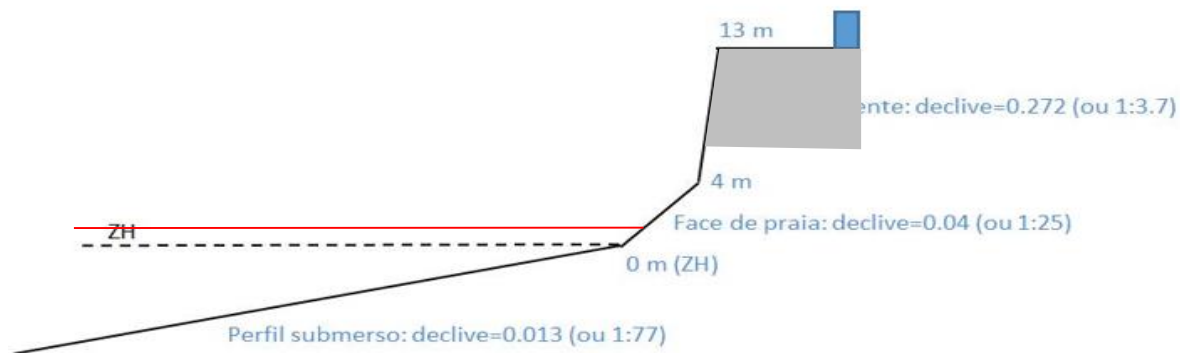
- Métodos de cálculo expeditos consideram, na sua maioria
 - Fundo fixo
 - Agitação perpendicular à estrutura
 - Nível de água no pé do talude >0



Galgamento

- Fórmula de Mase

- Fundo fixo
- Agitação perpendicular à estrutura
- Nível de água no pé do talude < 0
- Dados:
 - Agitação em frente à obra
 - Batimetria do fundo e perfil da estrutura
 - Nível do mar



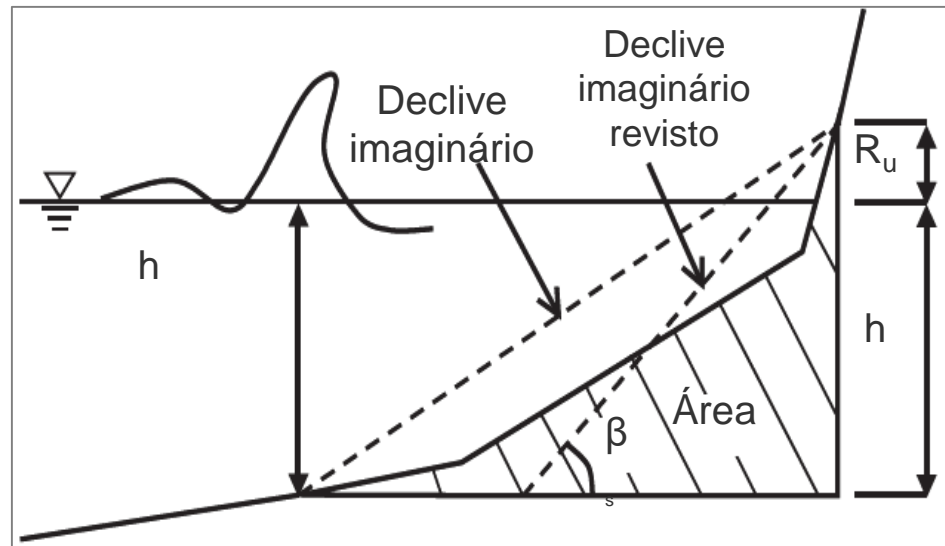
Galgamento

- Fórmula de Mase

- Conceito de declive imaginário para calcular $R_{2\%}$

$$R_{2\%} = 2,99 - 2,73 \exp(-0,57 \tan \beta / \sqrt{H_s / L_0})$$

$$R_{m\acute{a}x} = 11,54 R_{2\%}.$$

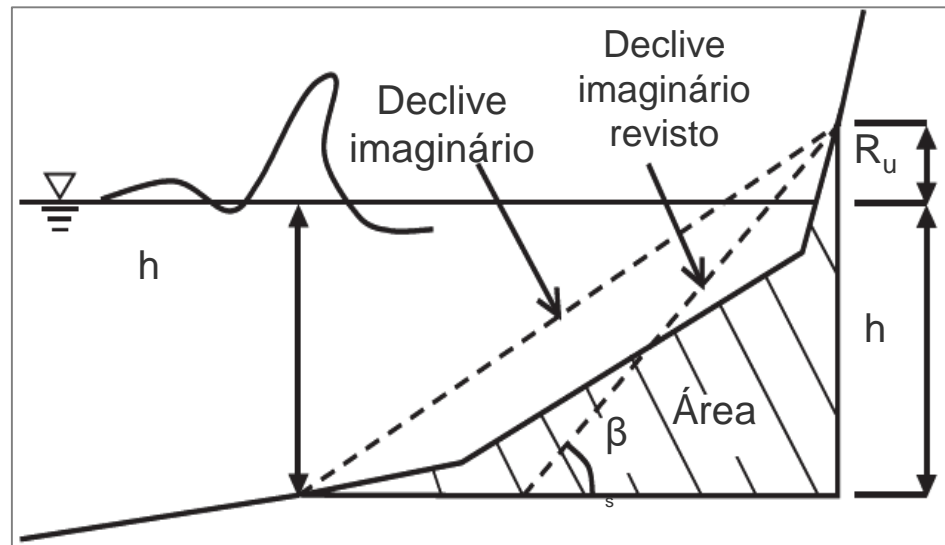


Galgamento

- Fórmula de Mase

- Q

$$Q = \begin{cases} 0 & R_{m\acute{a}x} < R_c \\ \sqrt{gH_s^3} \left(0,018 \left(\frac{R_{m\acute{a}x}}{H_s} \right)^{3/2} \left[1 - \left(\frac{R_c}{H_s} \right) / \left(\frac{R_{m\acute{a}x}}{H_s} \right) \right]^{3,2} \right) & R_{m\acute{a}x} > R_c \end{cases}$$



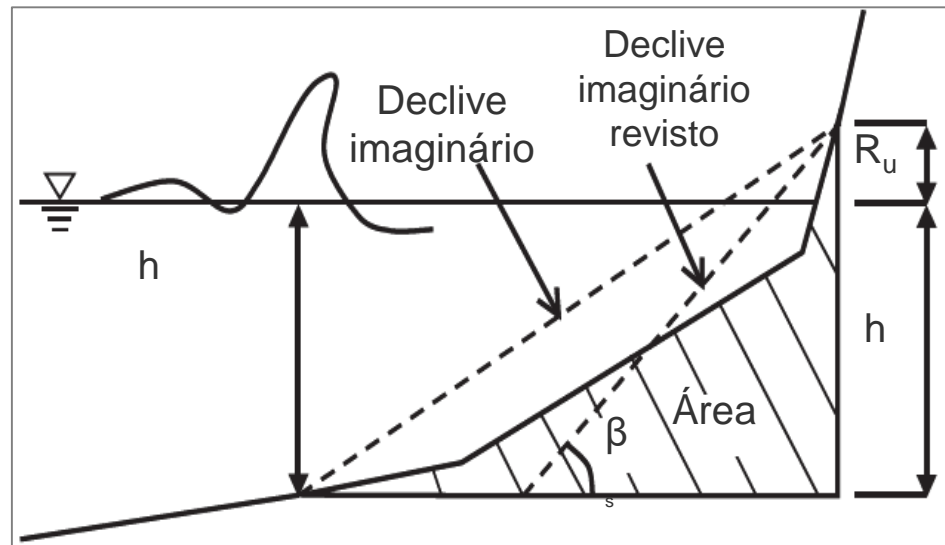
Galgamento

- Fórmula de Mase

- Q

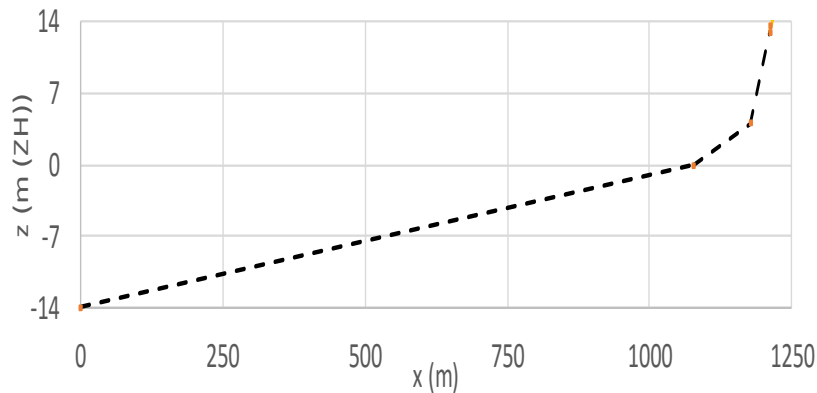
- Coeficientes para ter em conta o efeito no galgamento:

- Largura da berma (Cr, Besley)
 - Rugosidade de todo o perfil, praia e estrutura ($\gamma_f=0.9$)



Galgamento

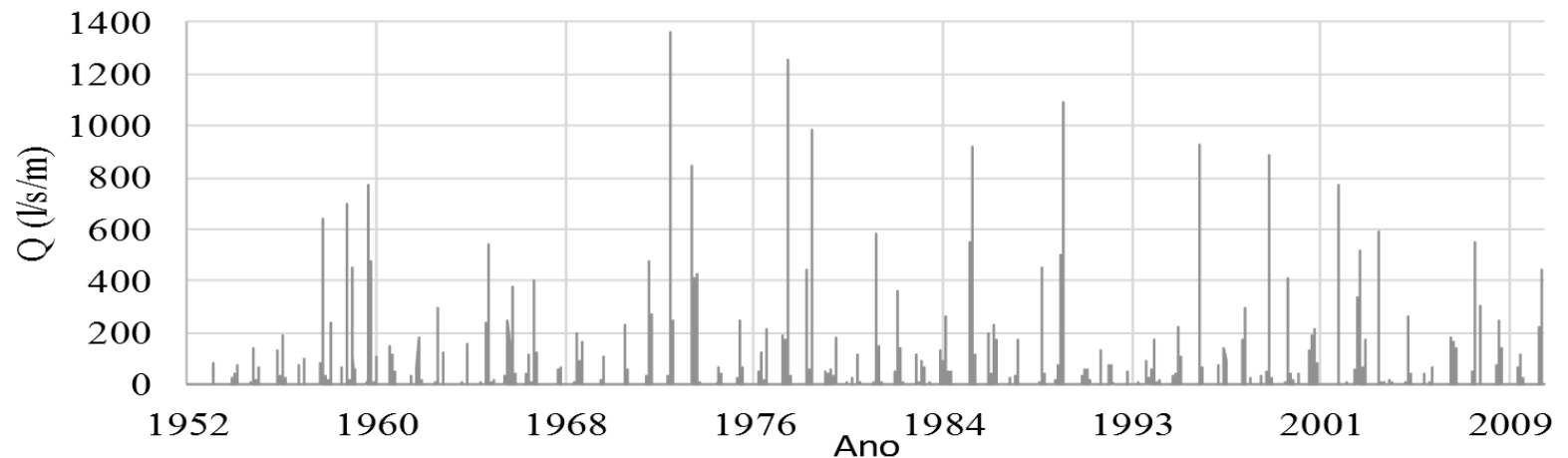
- Aplicação ao caso de estudo
 - Fundo fixo: perfil entre 3º e 4º esporão (Norte-Sul)
 - Agitação perpendicular à estrutura
 - H_s , T_p e NMM- dados de *hindcast* - 1953 a 2009



Galgamento

- Resultados

- 86200 registos
 - 84% - $Q=0$ l/s/m
 - Q atinge os maiores valores em 1973, 1978 e 1990

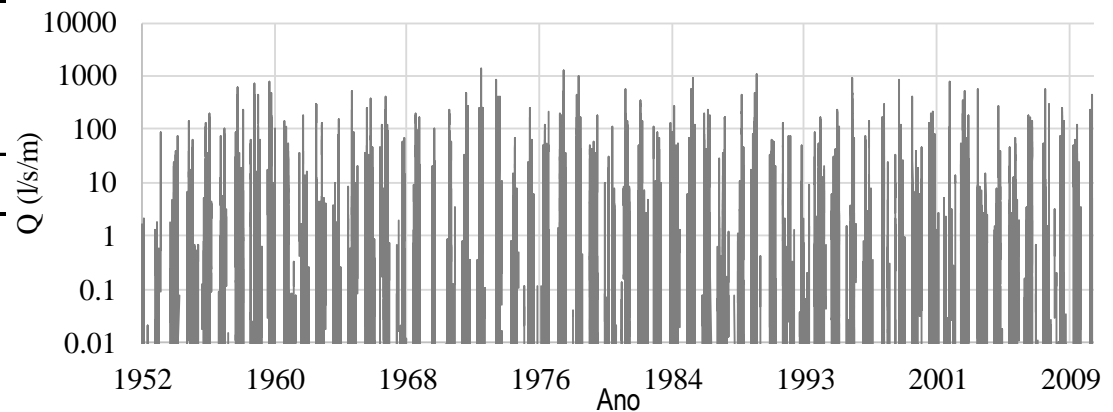


Galgamento

- Probabilidade de ocorrência de $Q > Q_{ref}$
 - N° de vezes que dado limite é ultrapassado/N° total de registos
 - Valores limites de segurança (USACE)
 - da circulação de veículos a velocidade moderada $Q = 0,01$ l/s/m;

[l/s/m]	Probabilidade de ocorrência (%)
$Q > 0,01$	7.6%

inferior a 10%



Galgamento

- Probabilidade de ocorrência de galgamentos

- Valores limites de segurança (USACE)

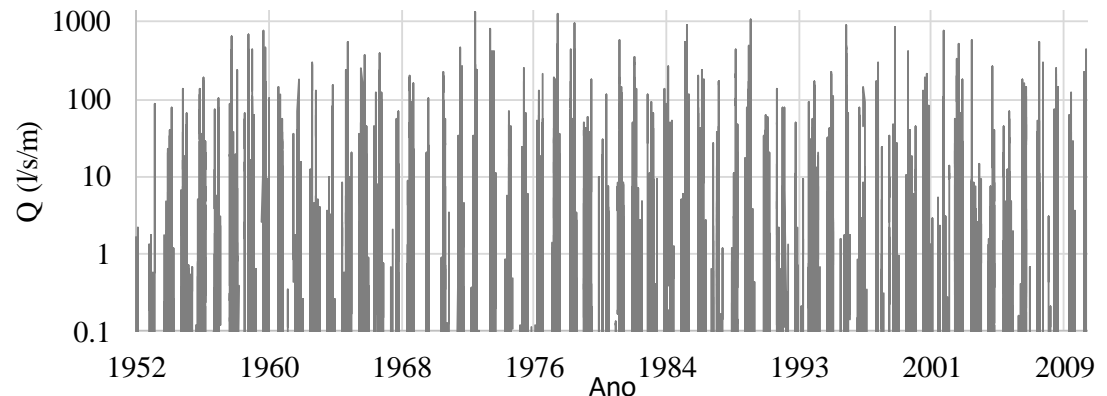
- da circulação de veículos

$Q=0,01$ l/s/m;

- da circulação de pessoas cientes do perigo

$Q=0,1$ l/s/m;

[l/s/m]	Probabilidade de ocorrência (%)
$Q>0,1$	5.7%



H_s [3.6, 11.7] m T_p [11, 27] s WSW e NW

Galgamento

- Probabilidade de ocorrência de galgamentos

- Valores limites de segurança (USACE)

- da circulação de veículos
 - da circulação de pessoas
 - de propriedades a 5/10m da estrutura
 - e de defesas frontais

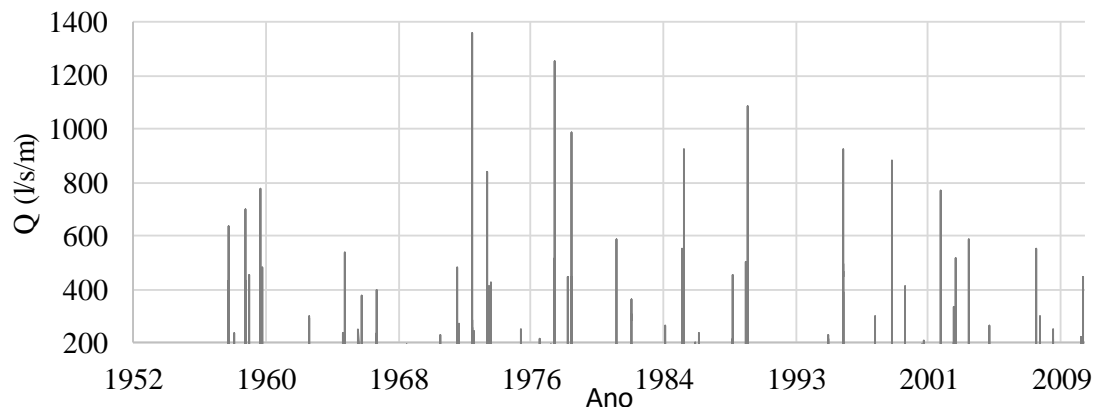
$Q=0,01$ l/s/m;

$Q=0,1$ l/s/m;

$Q=0,4$ l/s/m;

$Q=200$ l/s/m.

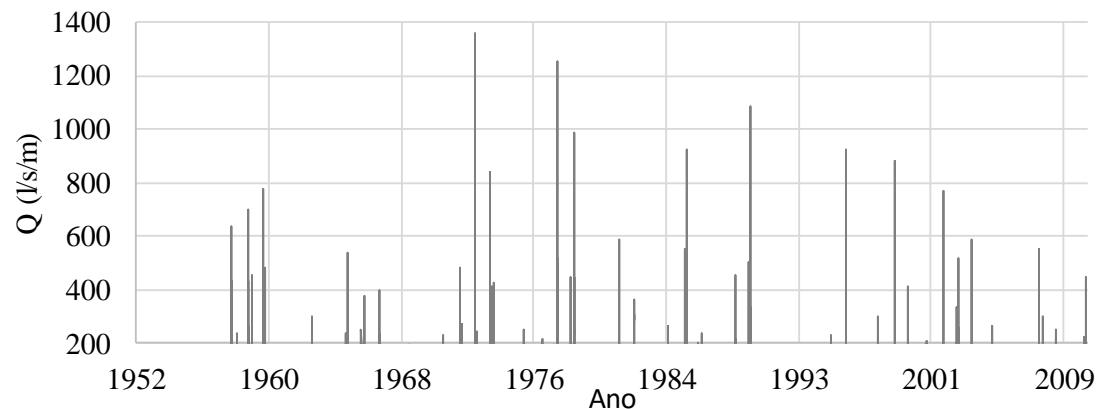
[l/s/m]	Probabilidade de ocorrência (%)
$Q>200,0$	0.1%



Hs [8, 11.7] m Tp [16, 22.5] s W e WNW

Galgamento

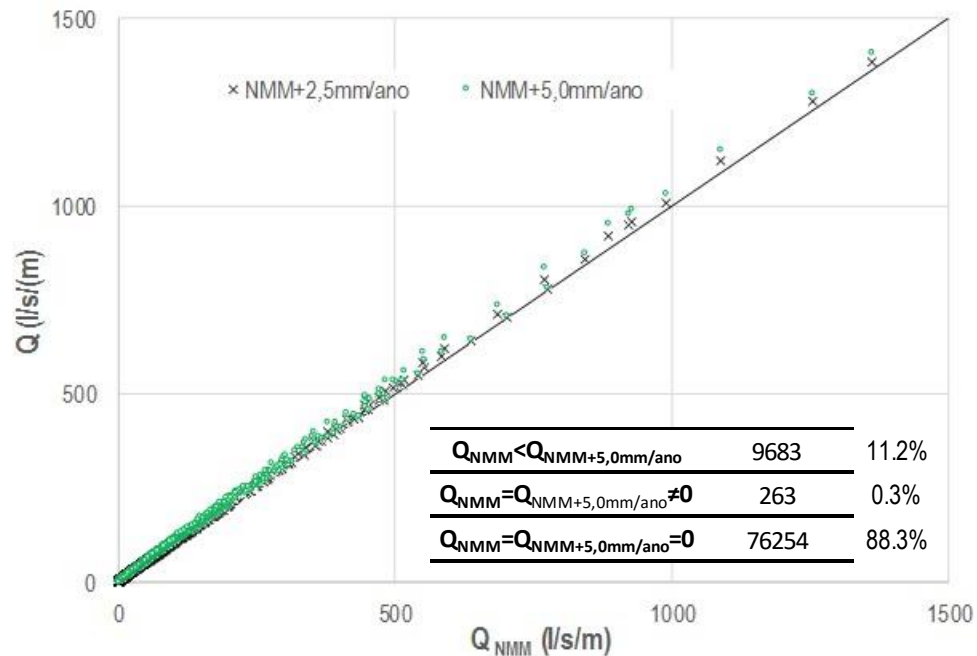
- Probabilidade de ocorrência de galgamentos
 - Valores limites de segurança (USACE)
 - Defesas frontais $Q=200$ l/s/m.
 - Temporal de janeiro de 2014
 - destruição de passadiços e danos relevantes na defesa longitudinal
 - em Sines: WNW, $H_s \sim 9\text{m}$, $T_z \sim 16\text{-}17\text{s}$.



H_s [8, 11.7] m T_p [16. 22.5] s W e WNW

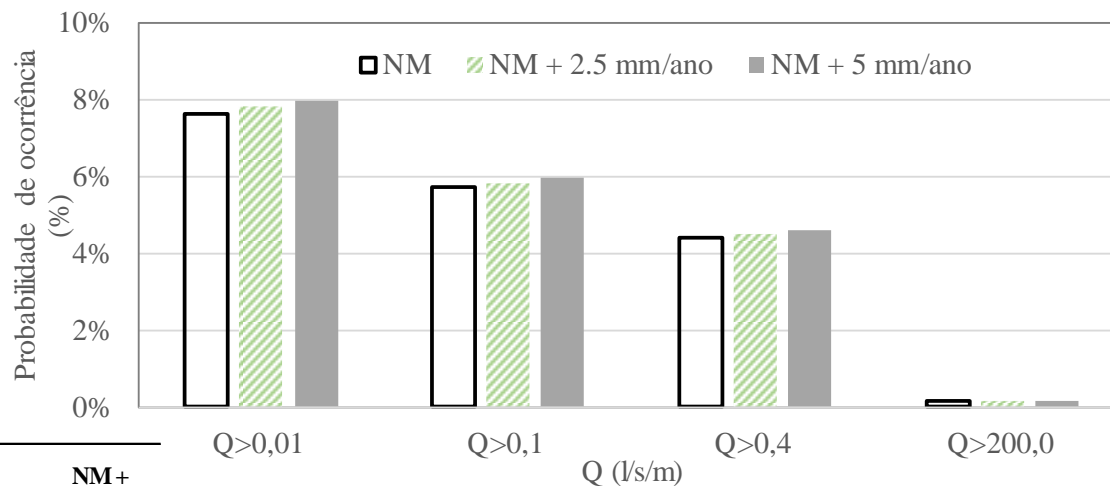
Galgamento

- Efeito de possíveis taxas de subida do nível médio do mar
 - 5,0 mm/ano



Galgamento

- Efeito de possíveis taxas de subida do nível médio do mar
 - Probabilidade de ocorrência



[l/s/m]	NM	NM+ 2.5 mm/ano	NM + 5 mm/ano
Q>0,01	7.6%	7.8%	8.0%
Q>0,1	5.7%	5.8%	5.9%
Q>0,4	4.4%	4.5%	4.6%
Q>200,0	0.1%	0.1%	0.2%

0.4%
↓
0.1%

Diferença sempre inferior a 0.5%.

Galgamento

- Os autores agradecem o financiamento do Projeto

PROTOCOL - Protección de frentes urbanos costeros frente al calentamiento global, CYTED 2017-PE-PROTOCOL

Obrigada!

