



## **Avaliação do risco de galgamento, erosão e inundação costeiras**

**Francisco Sancho, Filipa Oliveira,  
Paula Freire, João Craveiro**

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil



## **Índice**

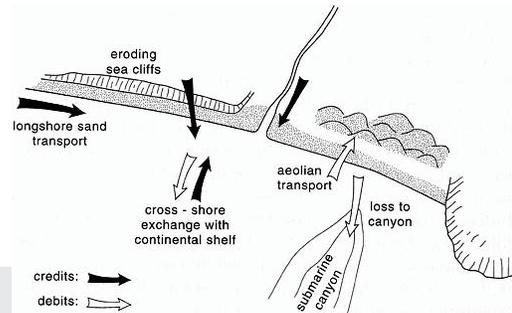
1. Erosão costeira e suas causas
2. Conceitos de risco, suscetibilidade, ...
3. Índice suscetibilidade à ação marítima
  - Aplicação à Ria Formosa
4. Metodologia de risco à ação marítima

## O que é erosão costeira?

- Fenómeno que acontece sempre que o mar avança sobre terra e mede-se em termos de taxa de recuo médio ao longo de período suficientemente longo.

### Balanço sedimentar

- Modelado pelos agentes dinâmicos naturais: agitação marítima, maré, vento, caudal fluvial
- Fontes sedimentares naturais: caudal sólido litoral, arribas em erosão, caudal sólido fluvial
- Sumidouros sedimentares naturais: transporte eólico para sistemas dunares, canhões submarinos



## Causas e ações responsáveis pela erosão costeira

- **Combinação** de factores, **naturais** e **antrópicos**, que actuam a diferentes escalas:
  - **Factores naturais**: tempestades, correntes litorais, vento, subida relativa das águas do mar, deslizamento de taludes e cânions submarinos.



## Causas e acções responsáveis pela erosão costeira

- **Factores Antrópicos:** intervenções estruturais costeiras (obras de defesa, expansão de áreas portuárias), edificação de frentes marítimas, artificialização de bacias hidrográficas (construção de barragens, regularização de leitos dos rios), as dragagens, a extracção de inertes, (sea level rise?).



## Alguns conceitos

### Risco

**Probabilidade de ocorrência de um processo** (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas **consequências** sobre pessoas, bens ou ambiente

### Vulnerabilidade

Grau de perda de um elemento ou conjunto de **elementos expostos**, em resultado da ocorrência de um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade.

### Suscetibilidade

**Incidência espacial do perigo**, propensão de uma área ser afetada.

## Cálculo do risco



- **Fenómenos perigosos**
- Erosão costeira
- Cheias e inundações
- Fenómenos climáticos extremos
- Vulcões
- Movimentos de vertente
- Sismos
- Incêndios florestais e urbanos
- Outros



- **Contexto geomorfológico**
- Suscetibilidades geonaturais face à ocorrência de fenómenos perigosos:
- Cota do terreno
- Evolução (linha da costa)
- Declive e morfologia das praias
- Tipologia costeira (costas arenosas)
- Estabilidade das arribas
- Altimetria e zonas inundáveis



- **Contexto societal**
- Demografia das áreas afetadas e características dos grupos de risco
- Usos e tipologia das habitações
- Evolução da ocupação urbana e industrial
- Mobilidade
- Infraestruturas de proteção
- Perceção social do risco

Ocorrência de fenómenos suscetíveis de provocar danos (perigosidade/hazard)

Suscetibilidade (incidência espacial e vulnerabilidades naturais)

Vulnerabilidades sociais

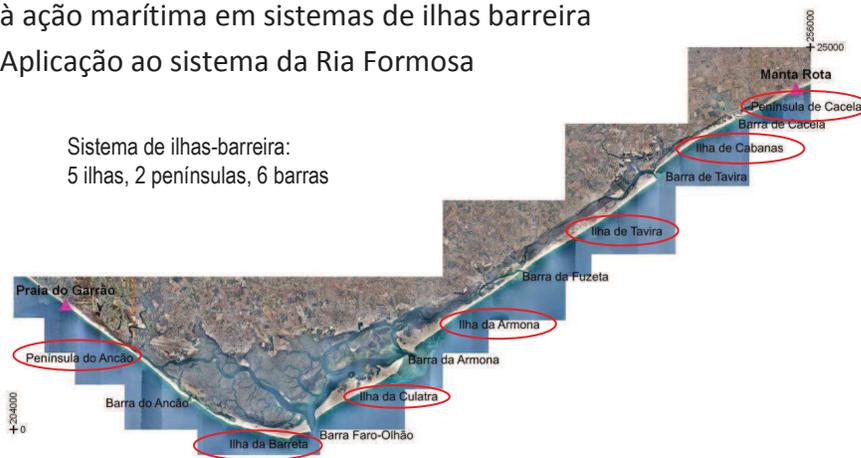


Adaptado de José Luís Zêzere, 2007 e ANPC, 2009

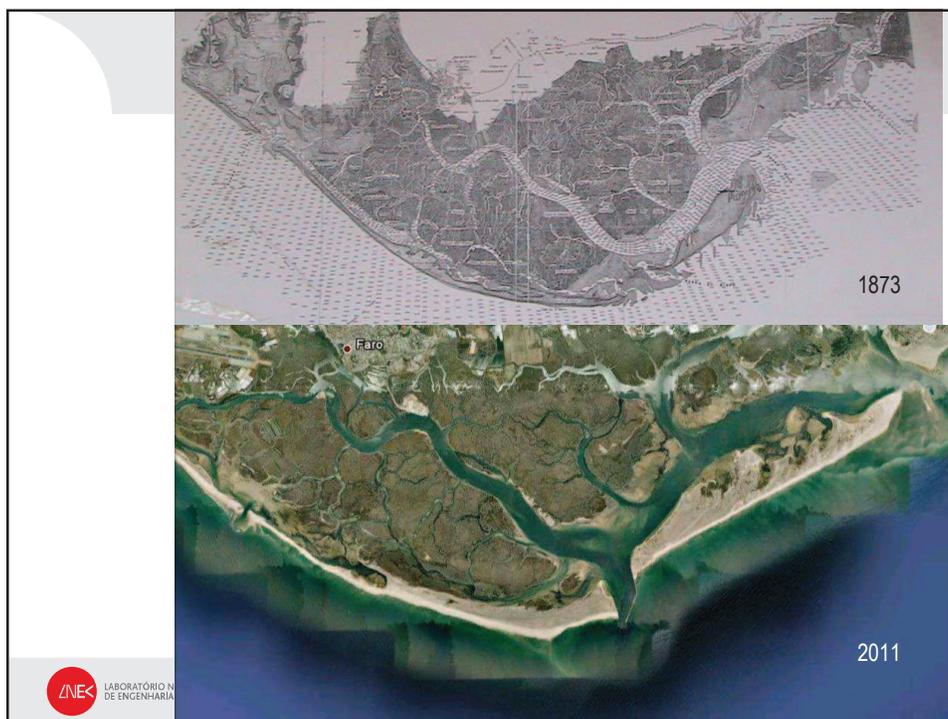
## Índice de suscetibilidade à ação marítima

- Desenvolvimento de um **índice de suscetibilidade** à ação marítima em sistemas de ilhas barreira
- Aplicação ao sistema da Ria Formosa

Sistema de ilhas-barreira:  
5 ilhas, 2 penínsulas, 6 barras



Fonte: Ortofotos 2007, IGP



## Índice de suscetibilidade à ação marítima

$$I_s = I_g + I_w + I_r$$

$I_g$  - suscetibilidade ao galgamento

$I_w$  - suscetibilidade à abertura de barras e à rutura total da ilha

$I_r$  - suscetibilidade ao recuo da linha de costa

Classe de suscetibilidade	$I_s$
Baixa	$I_s \leq 4$
Moderada	$4 < I_s \leq 7$
Elevada	$7 < I_s \leq 10$
Extrema	$10 < I_s \leq 12$



## $I_g$ - suscetibilidade ao galgamento

$$I_g = \begin{cases} 1 & \text{se } h_c > N_{50} \\ 2 & \text{se } N_{25} < h_c \leq N_{50} \\ 3 & \text{se } N_{10} < h_c \leq N_{25} \\ 4 & \text{se } h_c \leq N_{10} \end{cases}$$

1 - baixa
2 - moderada
3 - elevada
4 - extrema

$h_c$  = cota da crista do cordão dunar (a partir de levantamento LIDAR de 2009)  
 $N_x$  = cota máxima de espreadimento associada a diferentes períodos de retorno



## $I_w$ - suscetibilidade à abertura de barras e à rutura e inundação da ilha

$$I_w = \begin{cases} 1 & \text{se } L_w > 300 \text{ m} \\ 2 & \text{se } 200 < L_w \leq 300 \text{ m} \\ 3 & \text{se } 100 < L_w \leq 200 \text{ m} \\ 4 & \text{se } L_w \leq 100 \text{ m} \end{cases}$$

1 - baixa
2 - moderada
3 - elevada
4 - extrema

$L_w$  = largura da ilha/península obtida através dos ortofotos de 2009, IGP



distância de intrusão média dos galgamentos  $\sim 50 \text{ m} \pm 40 \text{ m}$  (Matias et al., 2008)

## $I_r$ - suscetibilidade ao recuo da linha de costa

$$I_r = \begin{cases} 1 & \text{se } T_e \geq 0 \text{ m.ano}^{-1} \\ 2 & \text{se } -1.5 \leq T_e < 0 \text{ m.ano}^{-1} \\ 3 & \text{se } -3 \leq T_e < -1.5 \text{ m.ano}^{-1} \\ 4 & \text{se } T_e < -3 \text{ m.ano}^{-1} \end{cases}$$

1 - baixa
2 - moderada
3 - elevada
4 - extrema

$T_e$  = taxa de evolução da linha de costa obtida por análise de ortofotos de diferentes datas (IGP)

< 0 recuo (erosão)  
> 0 avanço (acrecção)

## Índice de suscetibilidade à ação marítima

Resultado da aplicação ao sector leste da Ilha da Barreta:



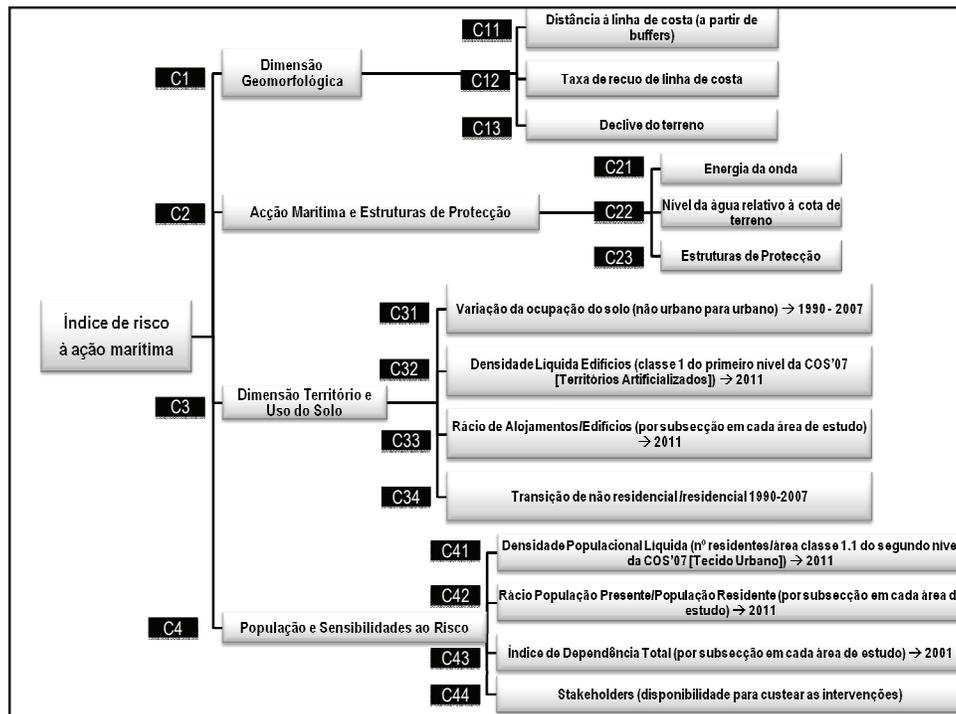
Base cartográfica: ortofotos 2007 (IGP)

# Risco à ação marítima (suscetibilidade + vulnerabilidade)

## Método multicritério AHP (Analytical Hierarchy Process)

Critérios:

- Dimensões de **suscetibilidade** associadas à **geomorfologia**
- Dimensões de **suscetibilidade** associadas à **agitação marítima**
- Dimensões de **vulnerabilidade** associadas à **ocupação do território**
- Dimensões de **vulnerabilidade** associadas à **população**



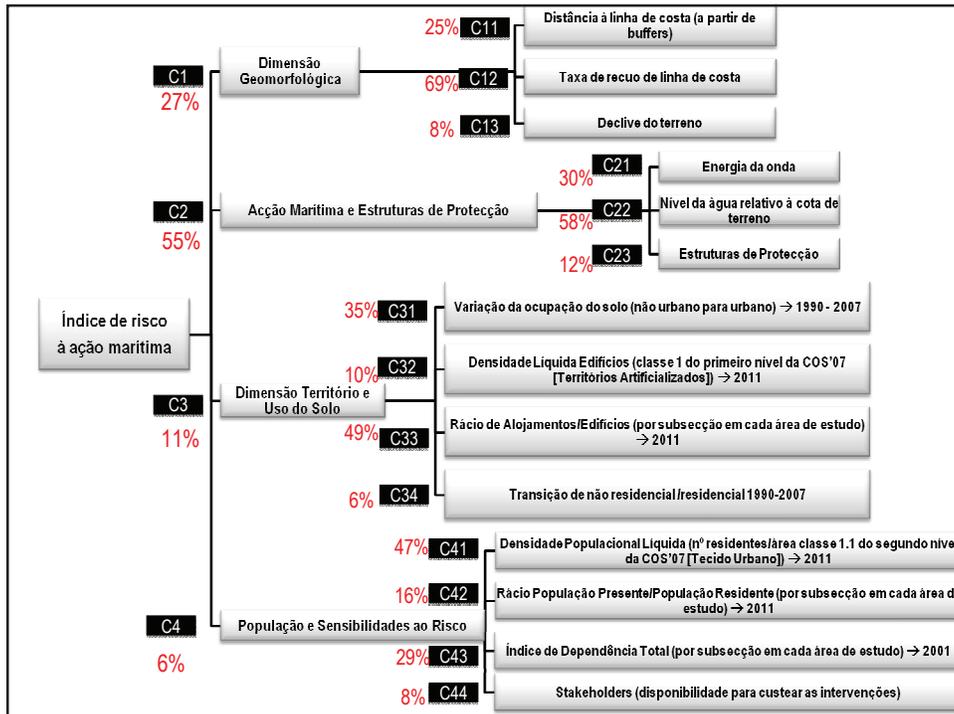
# Risco à ação marítima (suscetibilidade + vulnerabilidade)

## Método multicritério AHP (escala adaptada)

### Escala de comparação. Como comparar?

- Para comparar e hierarquizar critérios e, dentro dos critérios, os respectivos indicadores, o método adopta uma escala de 1-9 com posições gradativas.

Escola	Avaliação numérica	Recíproco
<b>Extremamente indesejável ou não pretendido</b>	<b>9</b>	<b>1/9</b>
Muito forte a extremo	8	1/8
<b>Muito fortemente indesejável ou não pretendido</b>	<b>7</b>	<b>1/7</b>
Forte a muito forte	6	1/6
<b>Fortemente indesejável ou não pretendido</b>	<b>5</b>	<b>1/5</b>
Moderado a forte	4	1/4
<b>Moderadamente indesejável ou não pretendido</b>	<b>3</b>	<b>1/3</b>
Igual ou moderado	2	1/2
<b>Igualmente indesejável ou não pretendido</b>	<b>1</b>	<b>1</b>



## Índice de Risco à ação marítima

Vulnerabilidade da Zona Costeira A =  
 $C1 \times (0 \text{ ou } 1) + C2 \times (0 \text{ ou } 1) + C3 \times (0-1) + \dots$

Para determinada zona, para cada indicador, multiplica-se a presença ou ausência dessa condição (valor 1 ou 0) pelo coeficiente do indicador.

A escala de cada indicador pode não ser dicotómica e abranger condições discriminadas por diversos intervalos (por exemplo, por 5 intervalos: 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1), procedendo-se ao apuramento do índice associado.

Deve construir-se a fórmula do Índice pelo nível de desagregação inferior, i.e., pelos Indicadores e não pelos Critérios.

A aplicação deste novo índice encontra-se em fase de teste.

<http://rencoastal.weebly.com/>



Obrigado

