



VULNERABILIDADES E RISCOS DAS ZONAS COSTEIRAS POTENCIAIS IMPACTOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS



Universidade de Aveiro
Departamento de Engenharia Civil

Carlos Coelho



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Civil

Raquel Silva
Fernando Veloso-Gomes



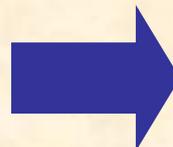
- Capacidade de transporte de sedimentos das acções energéticas do mar (ondas, marés, correntes);
- Intervenções costeiras e ocupação do litoral, com influência no comportamento costeiro;
- Acções antropogénicas no enfraquecimento das fontes sedimentares dos rios;
- Efeitos das alterações climáticas.



**Número Crescente de Zonas Costeiras
Expostas às Acções das Ondas**



Pressão sobre as zonas costeiras



Necessidade de ferramentas
de auxílio ao
planeamento, ordenamento e
gestão do território

**Cartas representativas das vulnerabilidades e riscos
associados às acções da agitação marítima**

Hierarquização de prioridades:

- Redução de perdas de vidas humanas;
- Redução de danos em estruturas e edifícios costeiros;
- Preservação de ambientes naturais;
- Melhoria das capacidades de evacuação;
- Localização de novas estruturas e edifícios fora das zonas de perigo;
- Relocalização de estruturas e edifícios existentes...



Variabilidade climática e alterações climáticas

- A subida do nível do mar facilita o alcance da acção das ondas até zonas não atingidas no passado;
- As tempestades podem originar maiores alturas de onda, (maior capacidade de transporte sedimentar) e novas distribuições de rumos de proveniência das ondas (posições de equilíbrio da linha de costa diferentes das actuais);
- As variações no regime de precipitações alteram o regime hidrológico dos rios (impactos na dinâmica sedimentar litoral).



Modelação numérica de diferentes cenários

Avaliação de vulnerabilidades



Sensibilidade das zonas costeiras às acções energéticas do mar

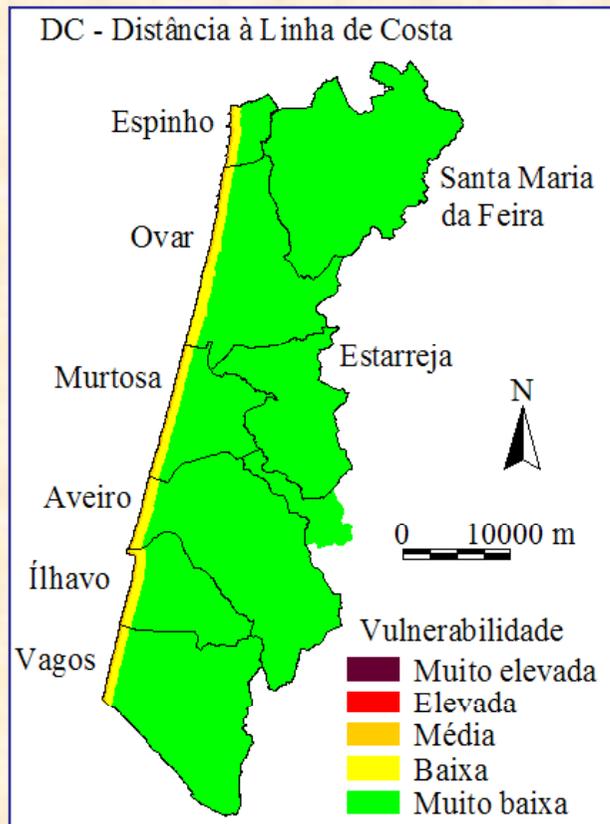
Uma metodologia de aplicação simples e objectiva representa um atractivo, particularmente em relação a grandes extensões de costa;

A calibração da metodologia só será conseguida com a aplicação a um grande número de casos de estudo;

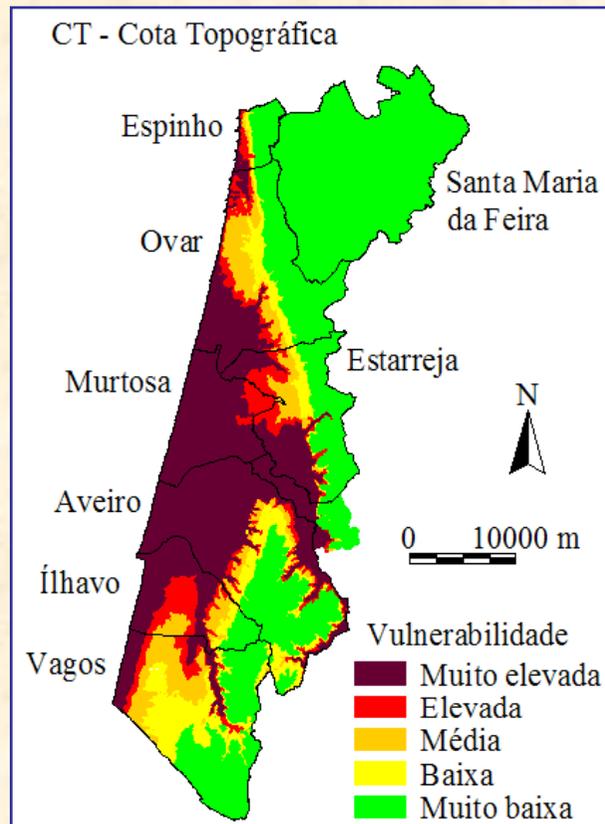
É importante existir uma base de dados extensa e actual, que facilite esta classificação;

A representação cartográfica dos parâmetros de vulnerabilidades facilita a sua interpretação e utilização.

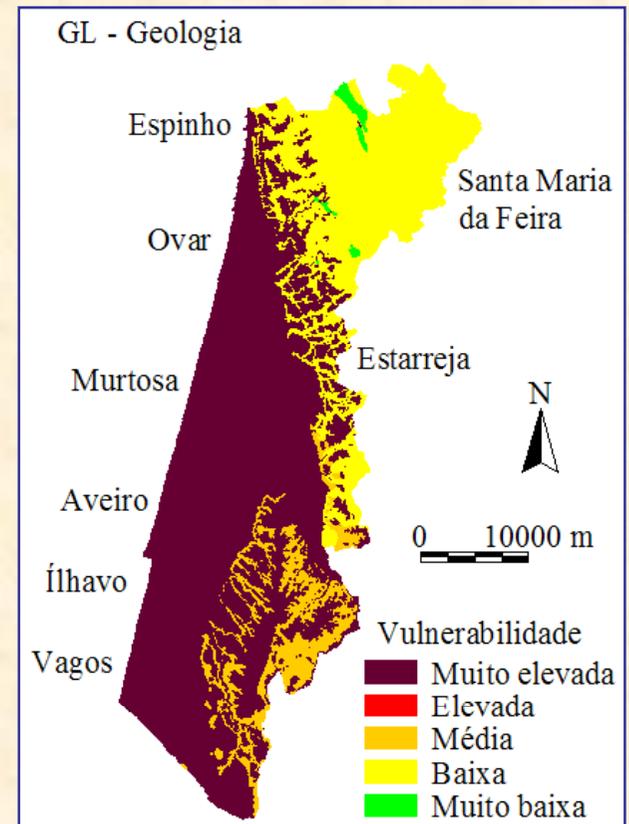
Avaliação de vulnerabilidades



A consideração da distância origina uma redução da importância das vulnerabilidades para o interior

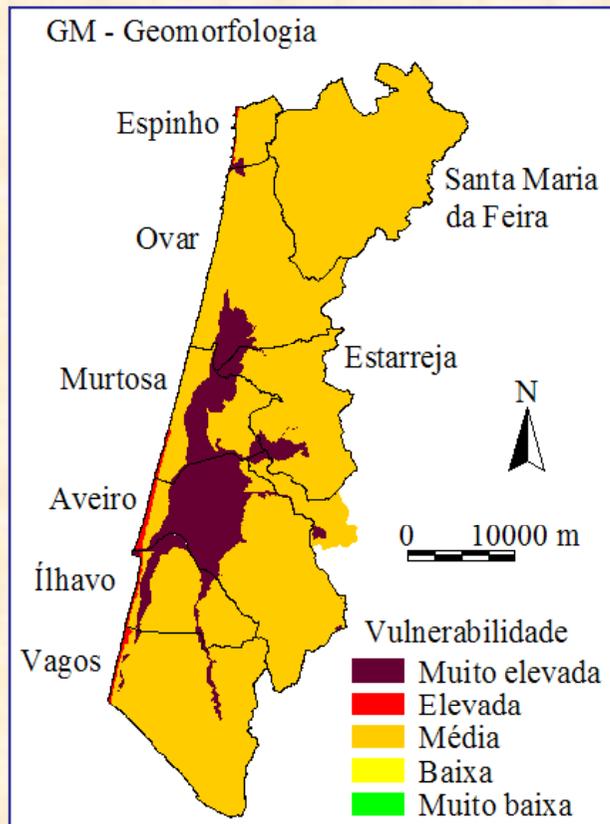


Distinção das costas de baixa altitude e planas das costas muito declivosas

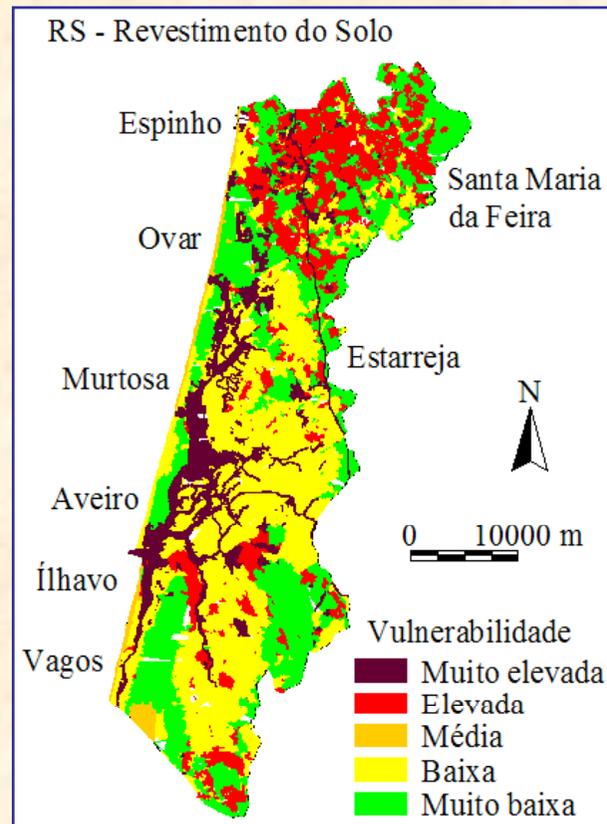


Avaliação da natureza de rochas e sedimentos, e do comportamento e escala de dureza dos minerais que as compõem

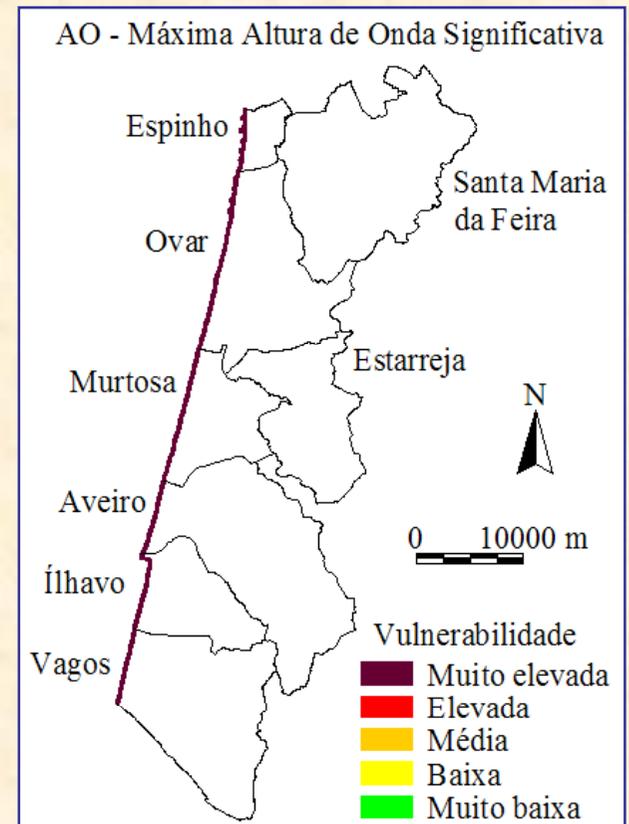
Avaliação de vulnerabilidades



Distinção das zonas costeiras montanhosas, quando comparadas com praias ou dunas

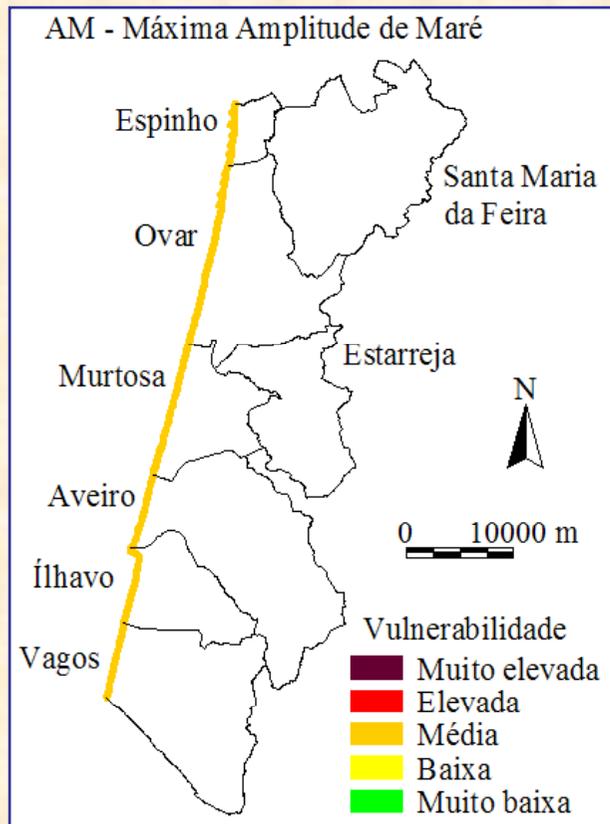


Contabilização do nível de alteração do solo, da sua permeabilidade e da sua vegetação (defesas naturais)

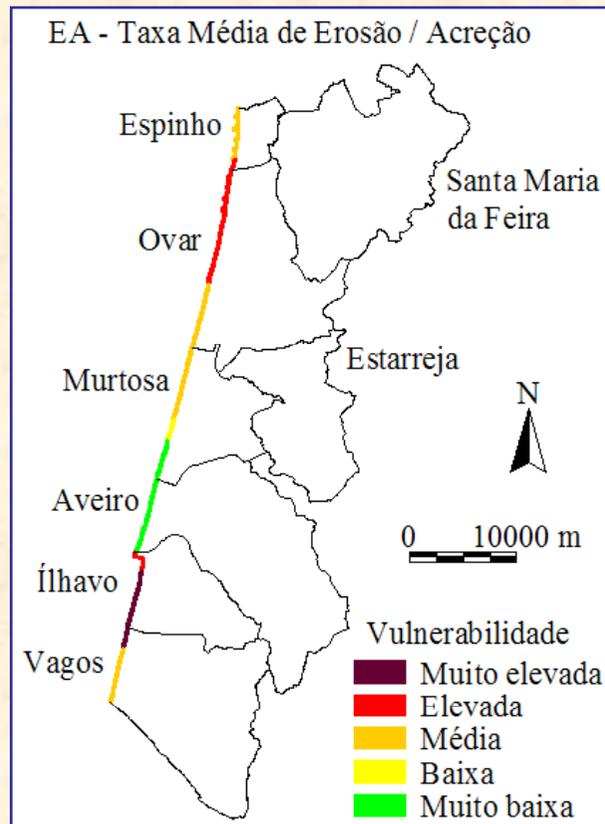


Indicação da capacidade energética das ondas, com relação directa com o potencial de transporte de sedimentos

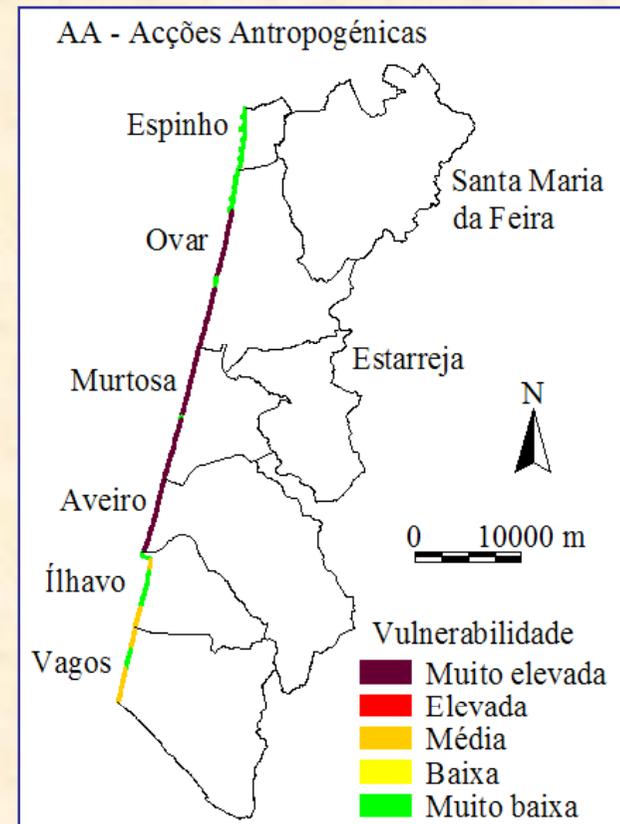
Avaliação de vulnerabilidades



Representação de um agente erosivo e de transporte de sedimentos na linha de costa

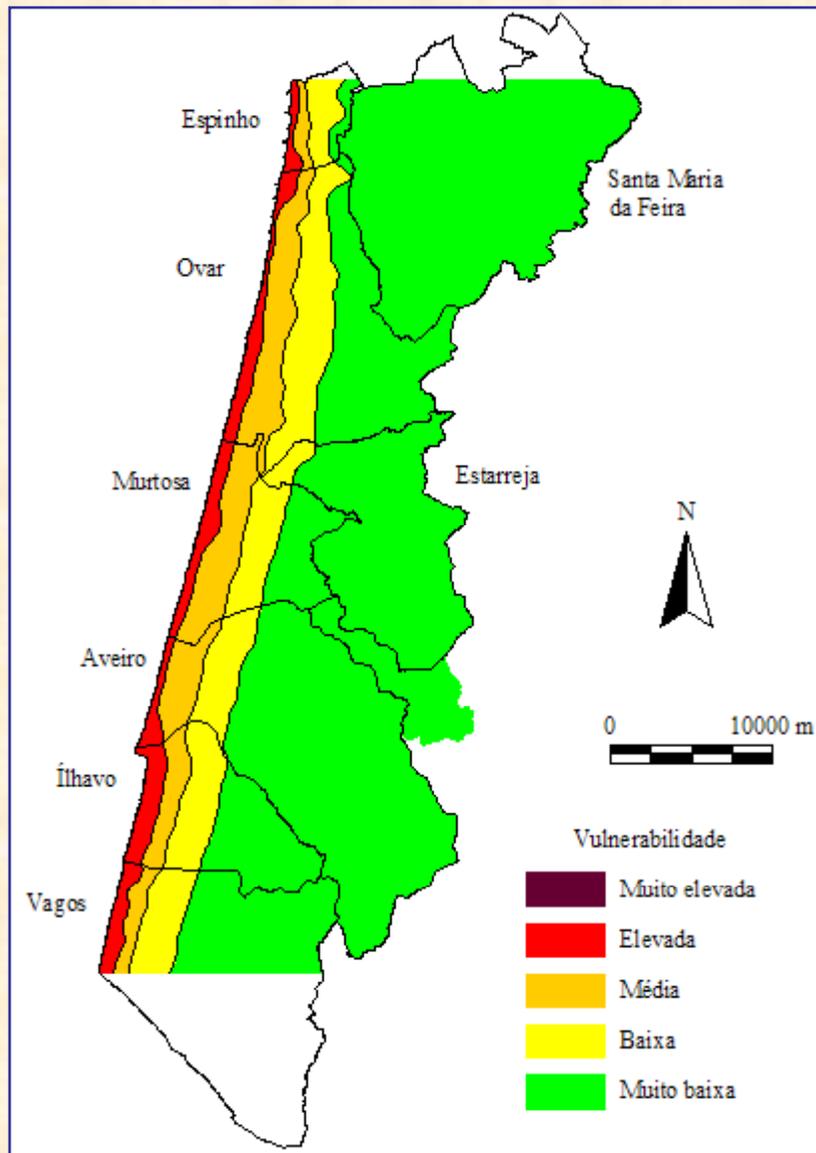


Resumo do acumular do processo de dinâmica da costa ao longo do tempo



Efeito da acção humana na redução das fontes sedimentares e no grau de intervenção de defesa costeira

Avaliação de vulnerabilidades



CARTA DE VULNERABILIDADE GLOBAL

| | Distância à linha de costa (<i>d</i>) | |
|-----------|---|---|
| | < 100 m | > 100 m |
| DC | 0.214 | $\frac{6}{28} + \frac{0.665(d-100)}{4900}$ |
| CT | 0.214 | $\frac{6}{28} - \frac{0.665(d-100)}{4900} \frac{6}{22}$ |
| GL | 0.214 | |
| GM | 0.071 | $\frac{2}{28} - \frac{0.665(d-100)}{4900} \frac{2}{22}$ |
| RS | 0.071 | |
| AO | 0.071 | |
| EA | 0.071 | |
| AM | 0.036 | $\frac{1}{28} - \frac{0.665(d-100)}{4900} \frac{1}{22}$ |
| AA | 0.036 | |

Avaliação do grau de exposição e risco

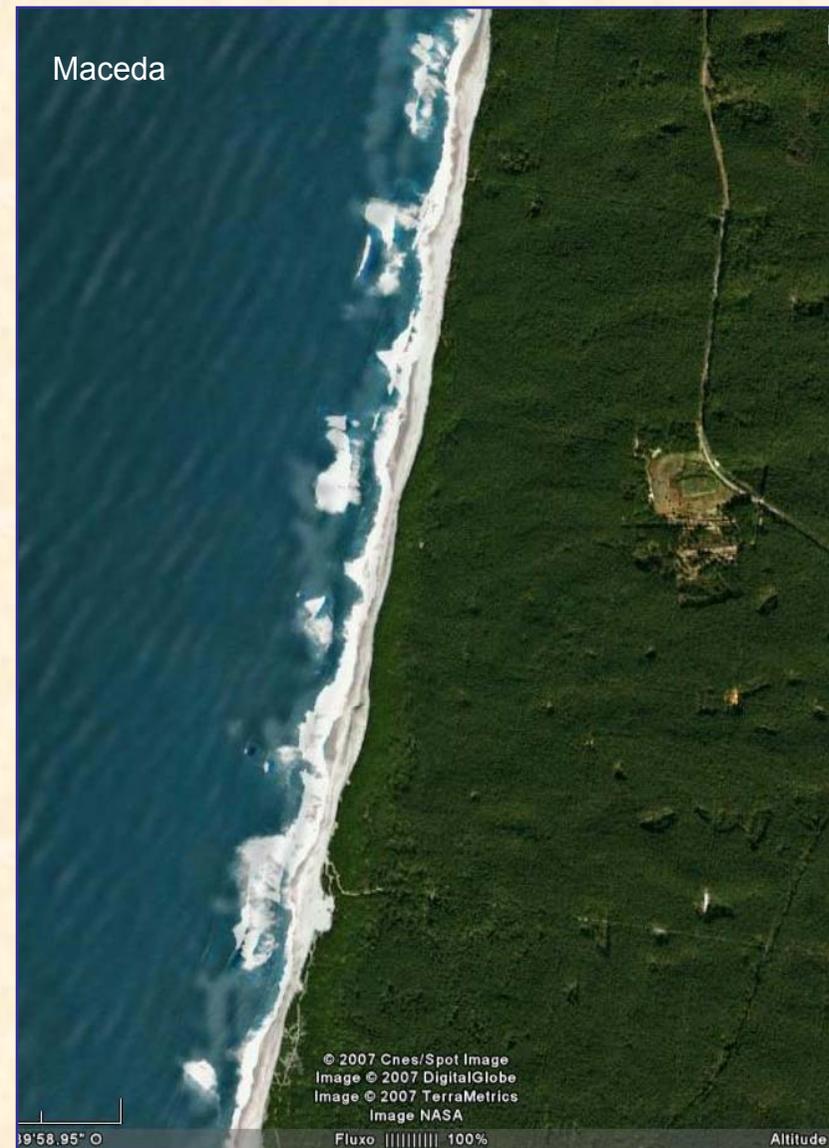
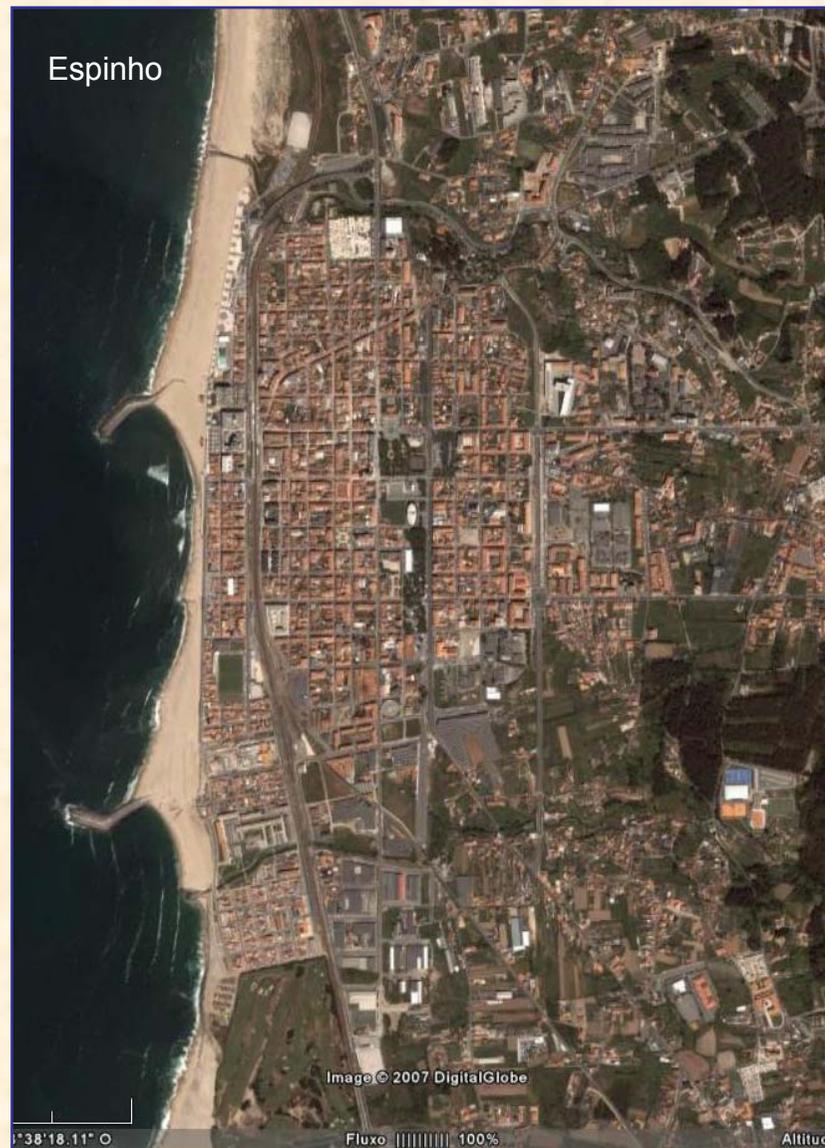
Riscos:

Produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento potencial indesejado, pela consequência indesejada associada a esse acontecimento.

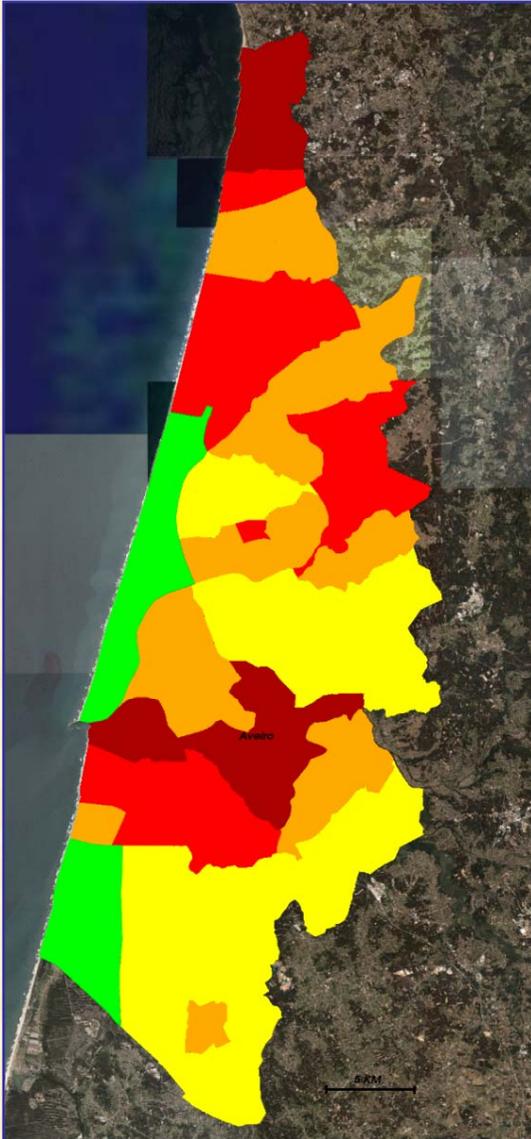
- Vidas humanas
- Património edificado e actividades económicas
- Valores ecológicos e ambientais
- Valores culturais
- ...

A eventual perda de território desabitado e sem qualquer valor ecológico, cultural ou patrimonial será provavelmente aceite pela generalidade das pessoas, mas mesmo essa situação representa uma perda.

Avaliação do grau de exposição e risco



Avaliação do grau de exposição e risco

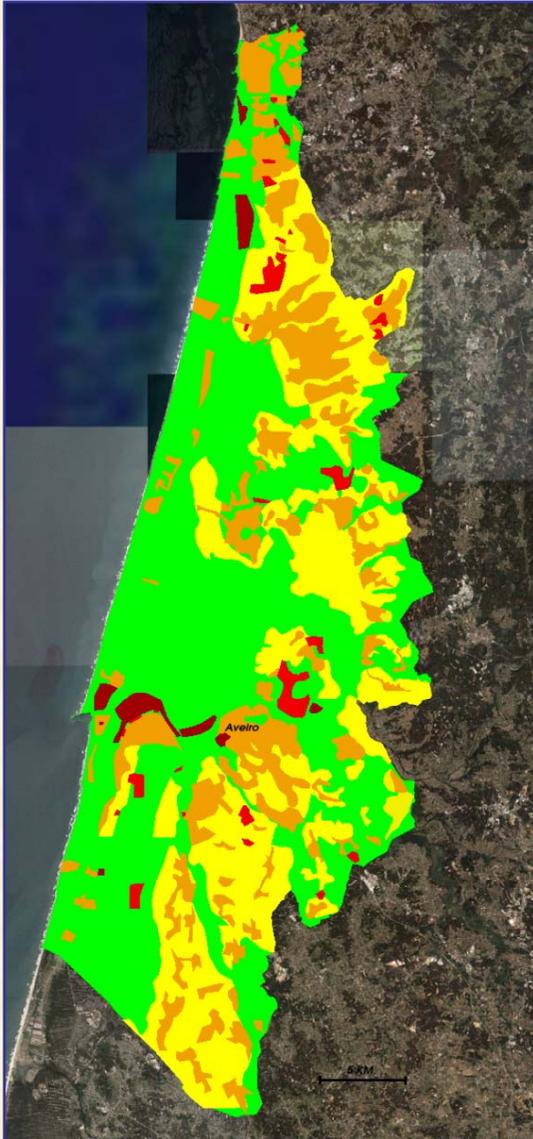


| Grau de exposição | Densidade Populacional (habitantes/km ²) |
|-------------------|---|
| Muito baixo (1) | < 100 |
| Baixo (2) | ≥ 100 e < 200 |
| Médio (3) | ≥ 200 e < 350 |
| Elevado (4) | ≥ 350 e < 500 |
| Muito elevado (5) | ≥ 500 |

Avaliação do grau de exposição e risco



Avaliação do grau de exposição e risco

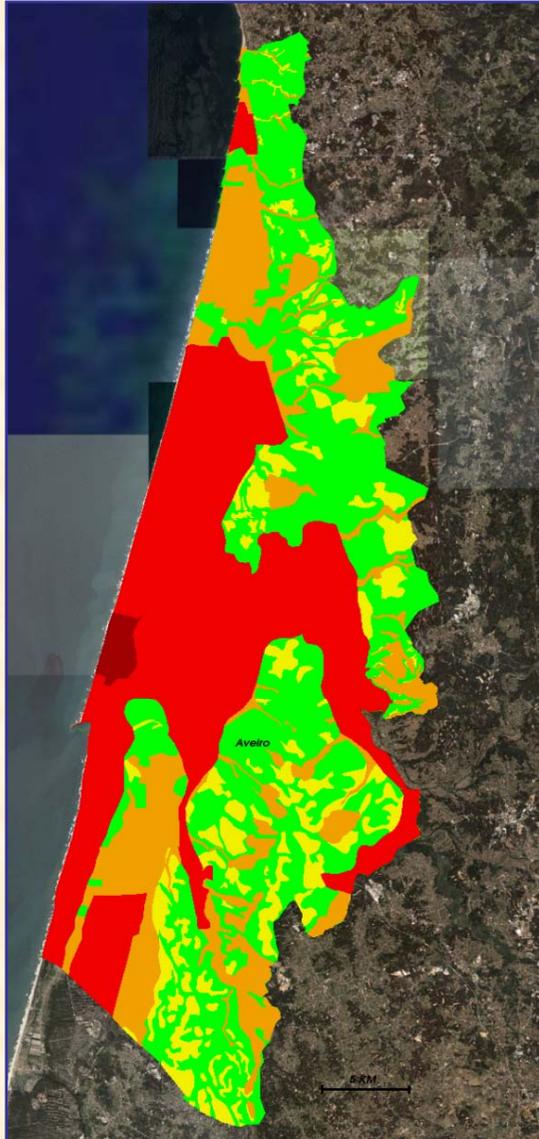


| Grau de exposição | Actividade Económica |
|-------------------|---|
| Muito baixo (1) | Zonas não edificadas e sem actividades económicas |
| Baixo (2) | Zonas rurais e actividades agrícolas |
| Médio (3) | Zonas urbanas e actividades económicas associadas |
| Elevado (4) | Zonas industriais |
| Muito elevado (5) | Zonas de equipamentos específicos |

Avaliação do grau de exposição e risco



Avaliação do grau de exposição e risco



| Grau de exposição | Ecologia |
|-------------------|--------------------------------|
| Muito baixo (1) | Zonas sem relevância ecológica |
| Baixo (2) | Reserva Agrícola Nacional |
| Médio (3) | Reserva Ecológica Nacional |
| Elevado (4) | Zonas de Protecção Ecológica |
| Muito elevado (5) | Reservas Naturais |

Avaliação do grau de exposição e risco



Farol da Ponta do Arnel
São Miguel



Farol do Cabo de S. Vicente

| Grau de exposição | Património Histórico |
|-------------------|---|
| Muito baixo (1) | Não existe património a preservar |
| Baixo (2) | Existem algumas edificações não classificadas |
| Médio (3) | Edificações e actividades típicas de um local |
| Elevado (4) | Edificações históricas de âmbito regional |
| Muito elevado (5) | Monumentos históricos de âmbito nacional |

Avaliação do grau de exposição e risco

| | | Grau de exposição | | | | |
|------------------------|----|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | MB | B | M | E | ME |
| Vulnerabilidade global | MB | I | I | I | II | III |
| | B | I | I | II | III | IV |
| | M | I | II | III | IV | V |
| | E | II | III | IV | V | V |
| | ME | III | IV | V | V | V |

Legenda:

I – Risco desprezável

II – Risco baixo

III – Risco médio

IV – Risco elevado

V – Risco muito elevado

CARTA DE RISCO DE EROSÃO COSTEIRA

Projeção de cenários

LTC - Modelo de projeção de evolução da costa num horizonte de dezenas de anos, com o objectivo de auxiliar os órgãos de planeamento na tomada de decisões e os projectistas na compreensão do comportamento de intervenções propostas.

Um modelo sensível a diferentes tipos de intervenções humanas (quebramares, esporões, obras longitudinais aderentes, alimentação artificial com areias, dragagens).

Possibilidade de considerar diversos cenários de combinação de acções naturais dinâmicas (marés, ondulação, variação do nível médio do mar, fluxos sedimentares).

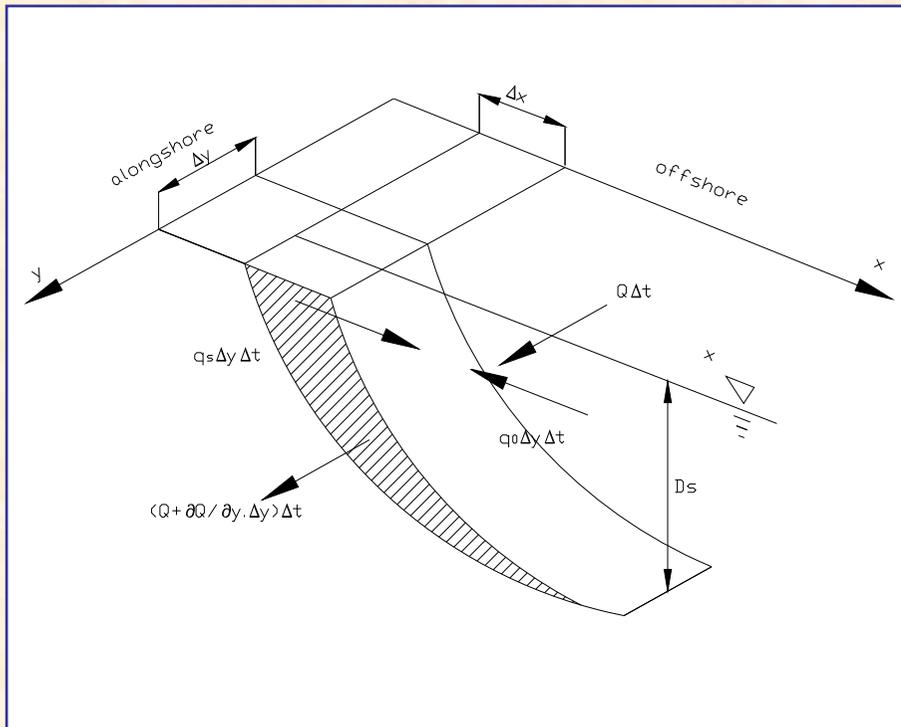
Projeção de cenários

Dados necessários:

- Características da água (densidade, viscosidade cinemática);
- Características dos sedimentos (densidade, dimensão, porosidade);
- Características do terreno (batimetria e topografia) e do clima de agitação;
- Condições fronteira: fontes de sedimentos, alimentações artificiais, esporões, quebramares e obras longitudinais aderentes;
- Condições nas fronteiras abertas: taxas de transporte de sedimentos à entrada e saída da área modelada;
- Intervalo de tempo para simulação com estabilidade numérica e duração da simulação.

Projecção de cenários – formulação

Balanço de volumes segundo a equação da continuidade.



A variação do volume de sedimentos ao longo de um trecho da linha de costa é igual à variação da taxa de sedimentos em transporte, acrescida (subtraída) de fornecimentos (extracções) exteriores de sedimentos (rios, alimentações artificiais, dragagens).

Esta variação é distribuída pela largura do perfil activo.

Projeção de cenários - exemplo

Dados considerados:

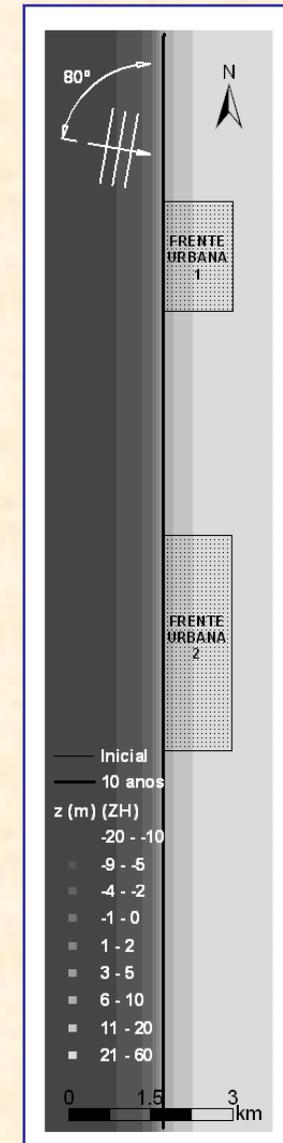
8 x 20 km² (batimetria regular)

Perfil de equilíbrio de Dean:

$d_{50} = 0.3\text{mm}$, $m = 2/3$, $A = 0.125$

Inclinação da praia emersa: 3%

Adição de sedimentos num único ponto, o que resulta numa posição de linha de costa em equilíbrio para uma ondulação constante (proveniência de 80° com o Norte).



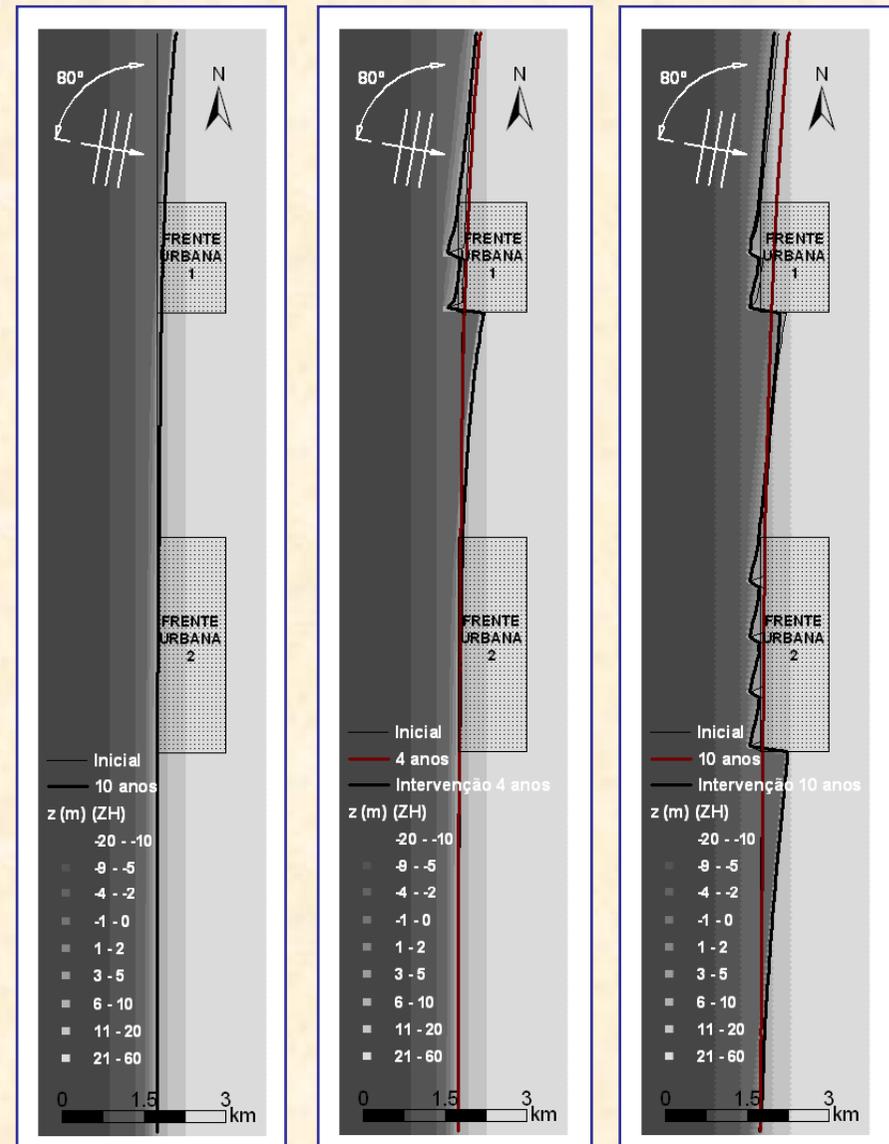
Projecção de cenários - exemplo

A redução em 50% da alimentação fluvial origina uma situação perigosa para a frente urbana a Norte.

Construção de dois esporões para protecção da frente urbana a Norte.

No entanto, 4 anos após, a frente urbana a Sul precisou ser protegida com um campo de quatro esporões.

Um novo equilíbrio foi atingido, para a nova situação de alimentação fluvial.



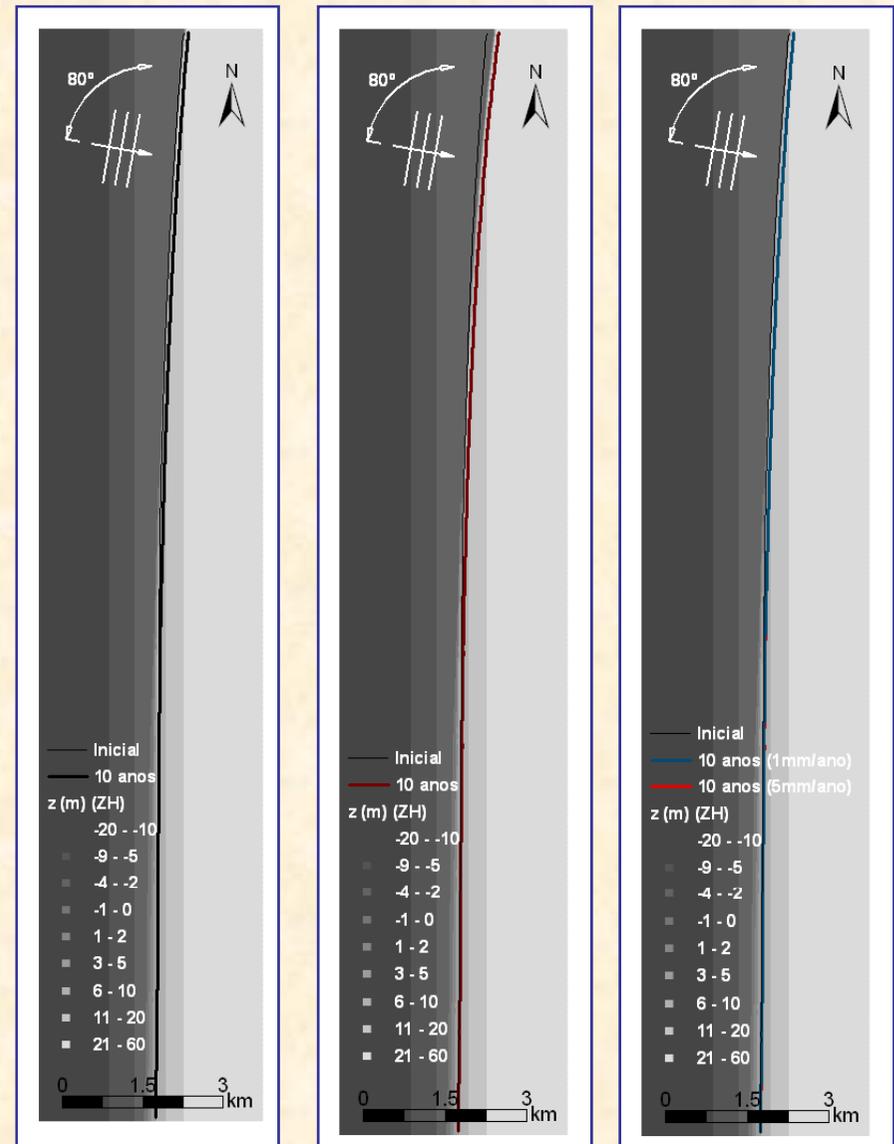
Projecção de cenários - exemplo

Mantendo a redução em 50% da alimentação fluvial inicial e permitindo a evolução natural.

Procura da nova posição de equilíbrio, com a evolução da linha de costa ao longo de mais 10 anos.

Nova redução de 50% na alimentação fluvial, ao longo de 10 anos.

Subida do nível do mar.



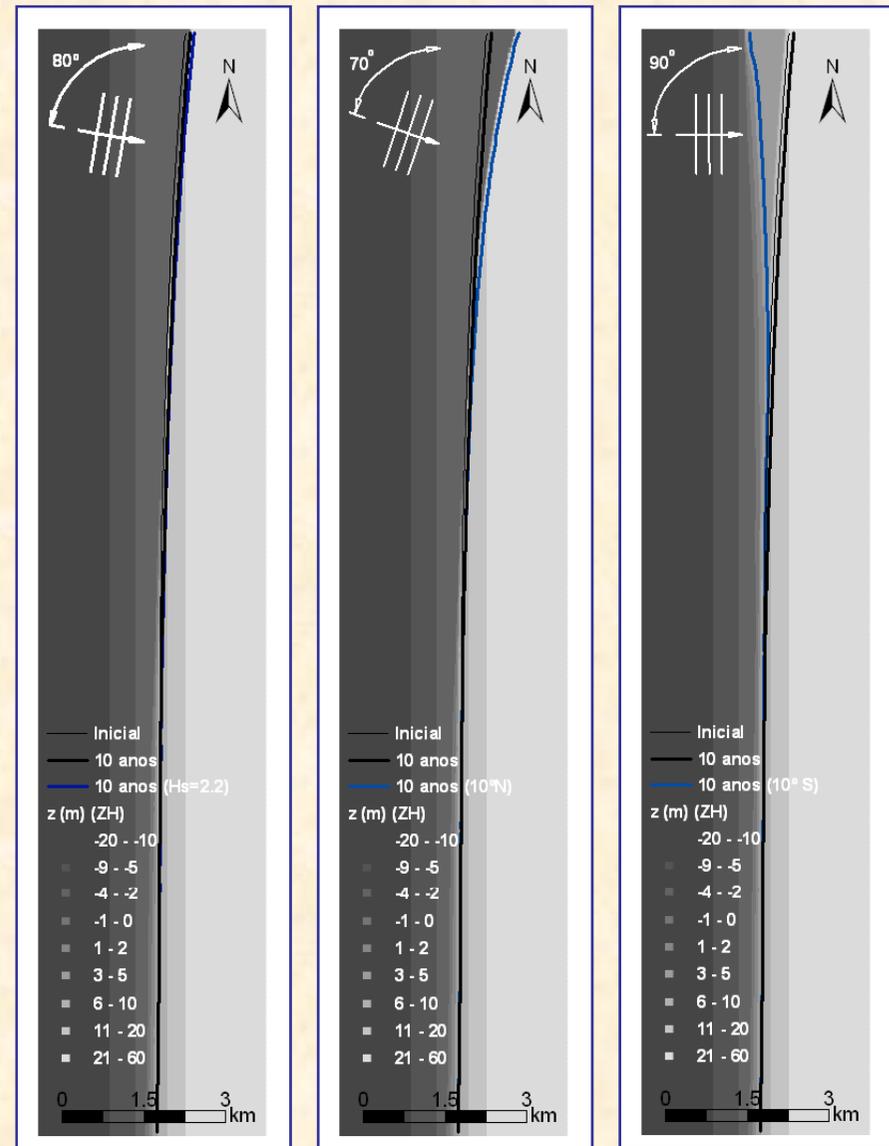
Projecção de cenários - exemplo

Mantendo a redução em 50% da alimentação fluvial inicial e permitindo a evolução natural.

Alteração das condições de agitação marítima.

Aumento da altura de onda.

Variação nos rumos de proveniência das ondas.



Considerações finais

PROTECÇÃO COSTEIRA

Monitorizar e disponibilizar a informação, para ajudar no melhoramento do conhecimento científico;

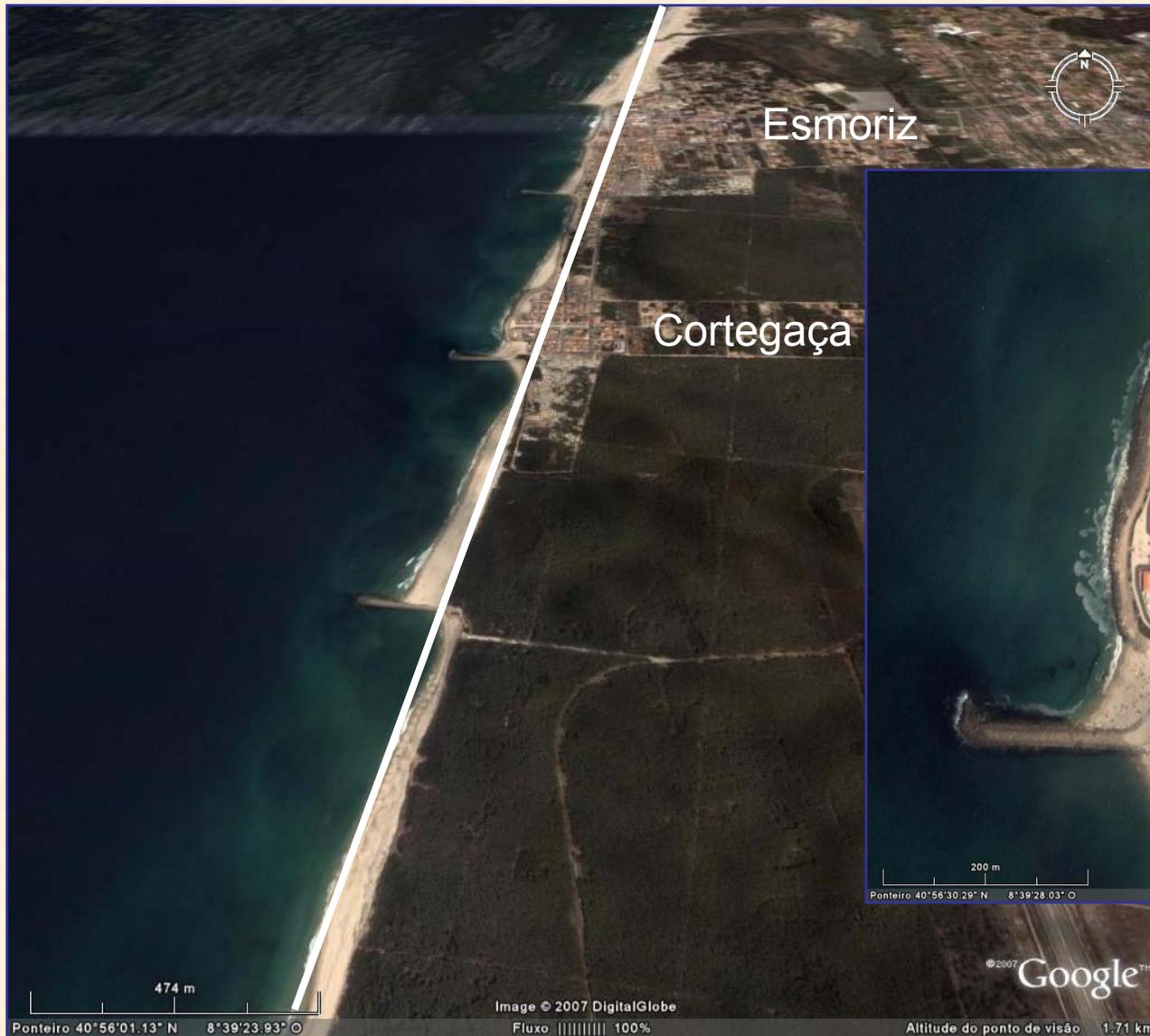
Actuar sobre as causas, para minimizar o problema da erosão;

Melhorar a capacidade de previsão e projecção de cenários, para suporte fundamentado das decisões;

Actuar ao nível do planeamento, para reduzir as consequências (defender v retirar, conter v expandir,...).

...

Considerações finais

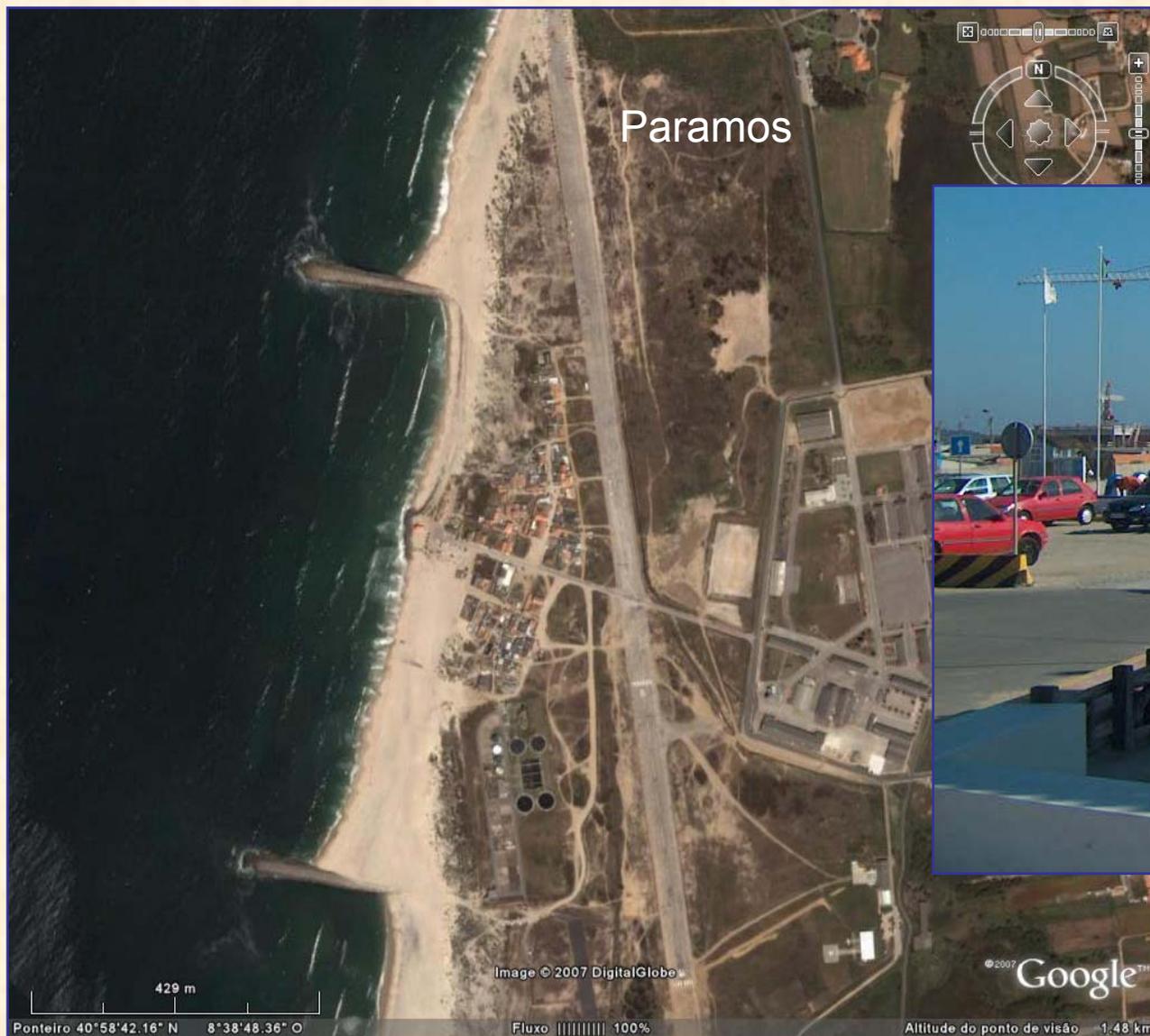


Defender?...



Retirar?...

Considerações finais



Conter?...



Expandir?...

Considerações finais

Para fundamentar as opções é necessário quantificar:

- Consequências e custos das erosões, galgamentos e inundações;
- A aceitação social e económica dos níveis de risco;
- Custos e benefícios das intervenções de defesa costeira.

FIM