



Mesa Redonda
EROSÃO COSTEIRA E A GESTÃO DO DOMÍNIO PÚBLICO HÍDRICO

Fábrica, Centro Ciência Viva de Aveiro
26/10/2018

Processos de Mitigação da Erosão Costeira



Departamento de Engenharia Civil
Universidade de Aveiro

Carlos Coelho

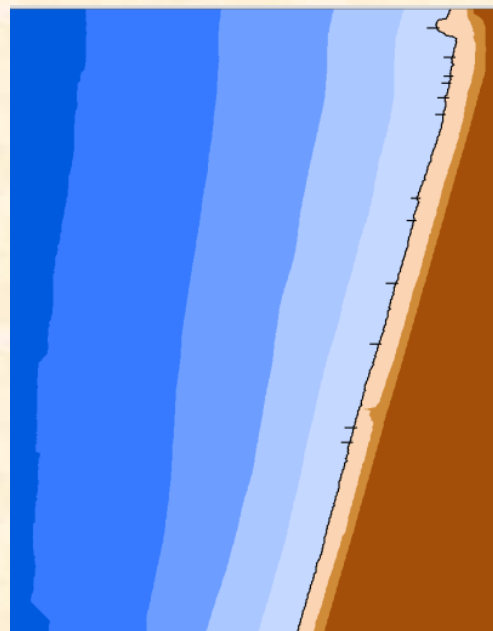
Barra



Furadouro



- Causas da erosão costeira
- Medidas de mitigação
- Investigação



Défice sedimentar generalizado

Nos cursos de água:

- Aproveitamentos hidráulicos;
- Proteção das margens fluviais;
- Extrações de areias.



Estruturas portuárias:

- Interrupção do transporte sólido;
- Dragagens.



Degradação das dunas:
(fragilização das defesas naturais).

Intervenções de defesa:
(condicionando a evolução da linha de costa).



Valorização de margens

Produção de energia

Extração de agregados

Regularização de caudais

Navegação

Captação de água

Estas ações têm impactos negativos que interessa mitigar e que devem ser avaliados nos custos de cada projeto.



É necessário ponderar a relação entre os benefícios das intervenções e as alterações hidrodinâmicas e morfológicas que provocam.

Os rios e as barragens



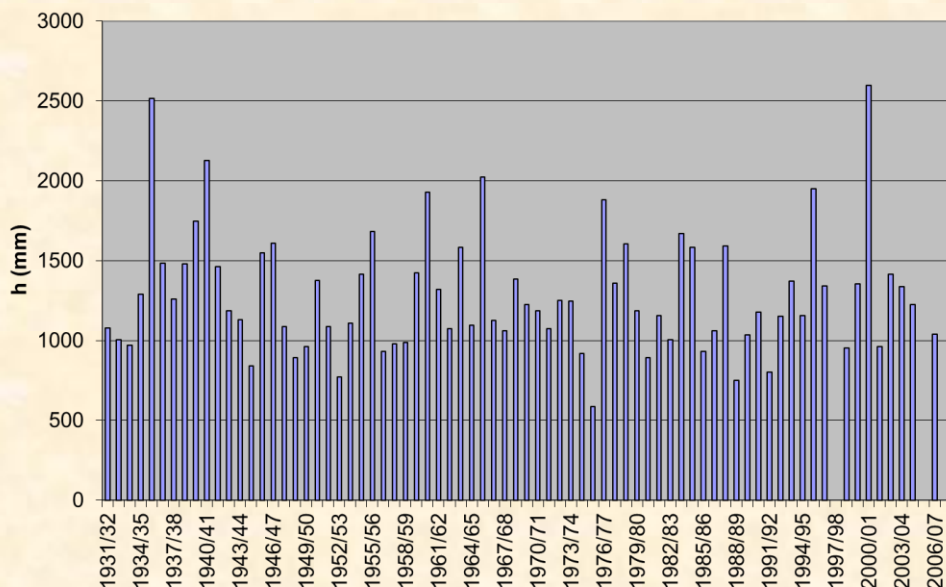
Capacidade de amortecer pontas de cheia.

Reservatórios de águas calmas, sem capacidade para arrastar sedimentos.

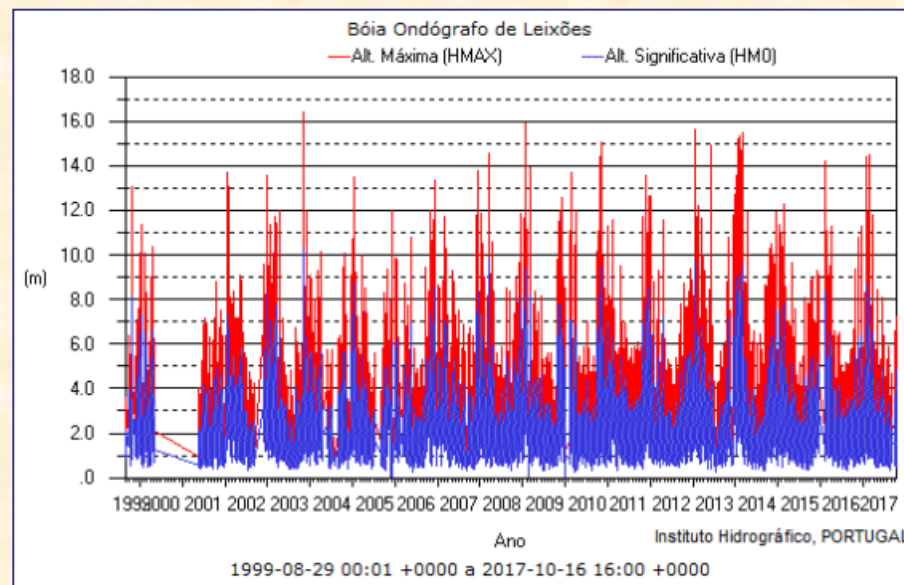
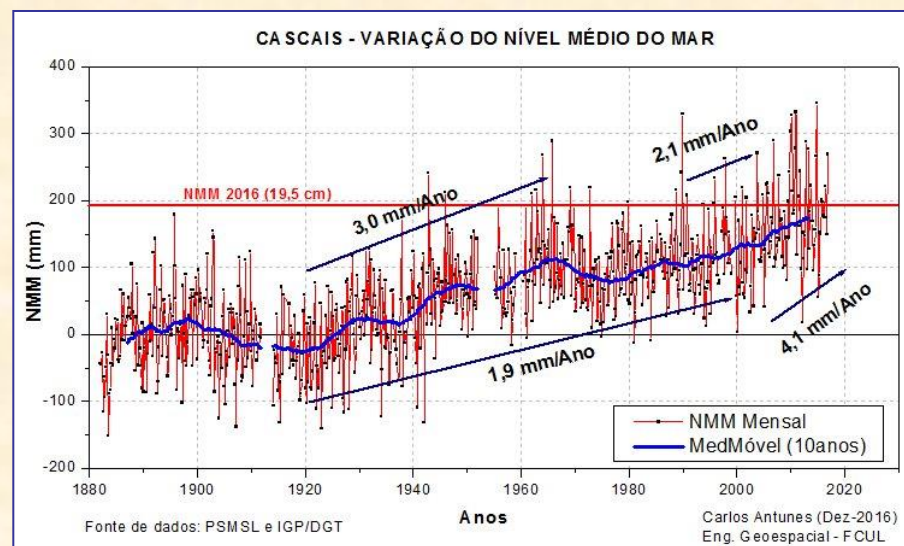
Alterações climáticas

- Subida do nível do mar;
- Frequência e intensidade de tempestades (alturas e rumos da ondulação);
- Variação no regime de precipitações.

Precipitação anual em Albergaria-a-Velha, entre 1931/32 e 2006/07

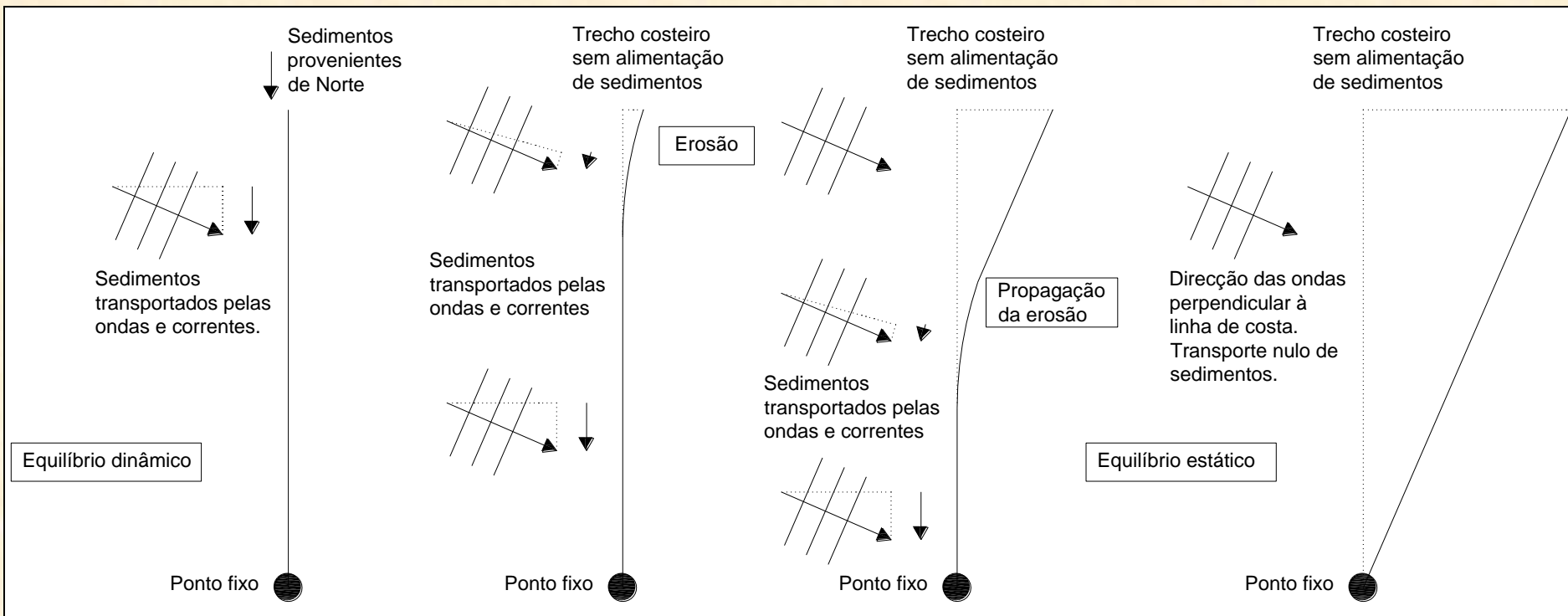


Que tendências?... →



PROJEÇÃO DE CENÁRIOS

CAUSAS DA EROÇÃO COSTEIRA



Número crescente de áreas urbanas afetadas pela erosão costeira;

Défice sedimentar tem continuado a agravar o problema da erosão;

Custos com proteção costeira têm aumentado no tempo.

A erosão costeira representa custos permanentes para o país



Agir ao nível das causas:

necessidade de redução do défice sedimentar

Medidas em curso,
para mitigar a causa

- Proteção dos sistemas dunares;
- Informação das populações;
- Barragens;
- Estruturas portuárias.





Redução da deposição de sedimentos na albufeira:

Gestão da abertura de comportas.

Remoção de sedimentos depositados:

Descargas de fundo com rebaixamento ou esvaziamento da albufeira;

Dragagens dos sedimentos depositados.



Rios artificializados, com limitado volume de sedimentos disponíveis

Nas embocaduras e zonas portuárias

Transposição artificial de areias (*by-pass*):

- Sistemas contínuos ou discretos
- Sistemas fixos ou móveis



Agir ao nível das causas:

necessidade de redução do défice sedimentar

Dependem de: Disponibilidade de sedimentos
Dimensão das areias
Volume de sedimentos em transporte



Alimentação artificial da deriva litoral, de praias e dunas



A capacidade de transporte das ações energéticas do mar continua a existir, transportando os sedimentos para fora do local de deposição;

É necessária uma fonte sedimentar localizada fora da célula sedimentar, mas próxima do local de intervenção, para reduzir os custos de alimentação.



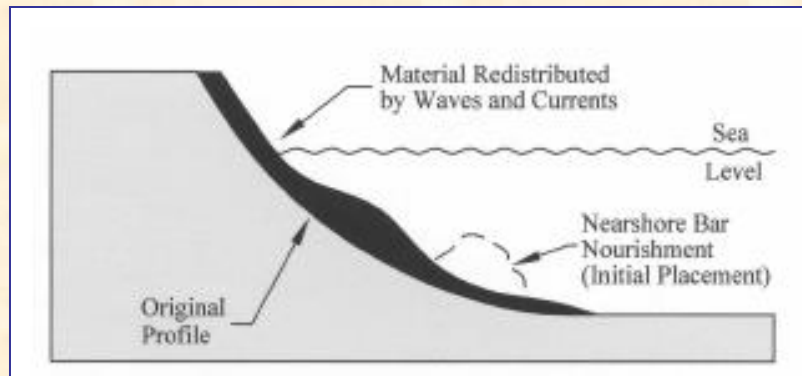
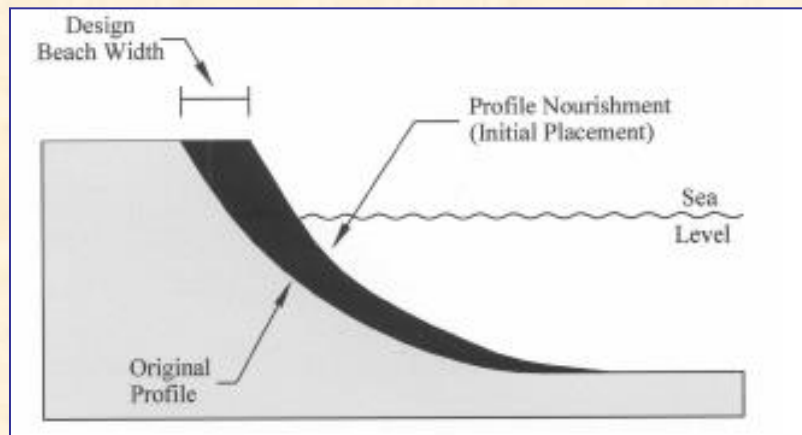
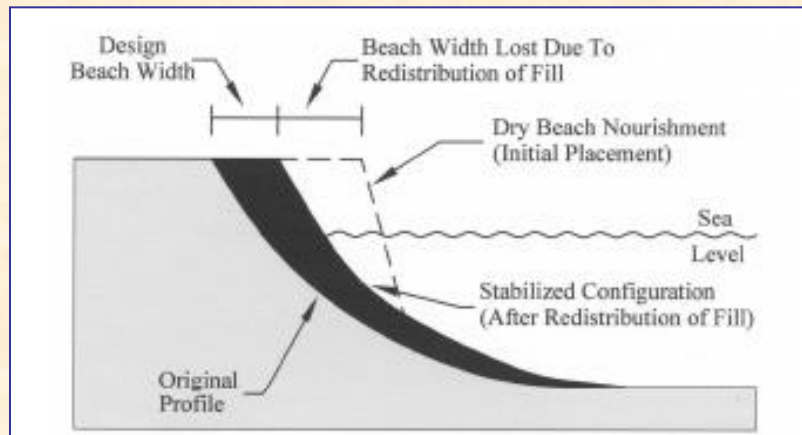
MEDIDAS DE MITIGAÇÃO: Alimentações artificiais

Os sedimentos vão beneficiar ao longo do tempo as praias vizinhas, situadas a sotamar;

Intervenção de defesa não permanente, sendo necessário prever recargas de areia ao longo do tempo;

Impacto indireto na promoção e manutenção das atividades económicas e recreativas da praia;

As alimentações artificiais podem ser conjugadas com outras obras (esporões, ou quebramares destacados), para reduzir a frequência das recargas de areias.



Agir ao nível das consequências:

assumir a generalizada perda das praias

- Relocalização;
- Adaptação;
- Restrição à construção;
- Criação de zonas tampão.



Permitir a natural evolução da linha de costa para novas condições de equilíbrio que resultam da falta de sedimentos no litoral.

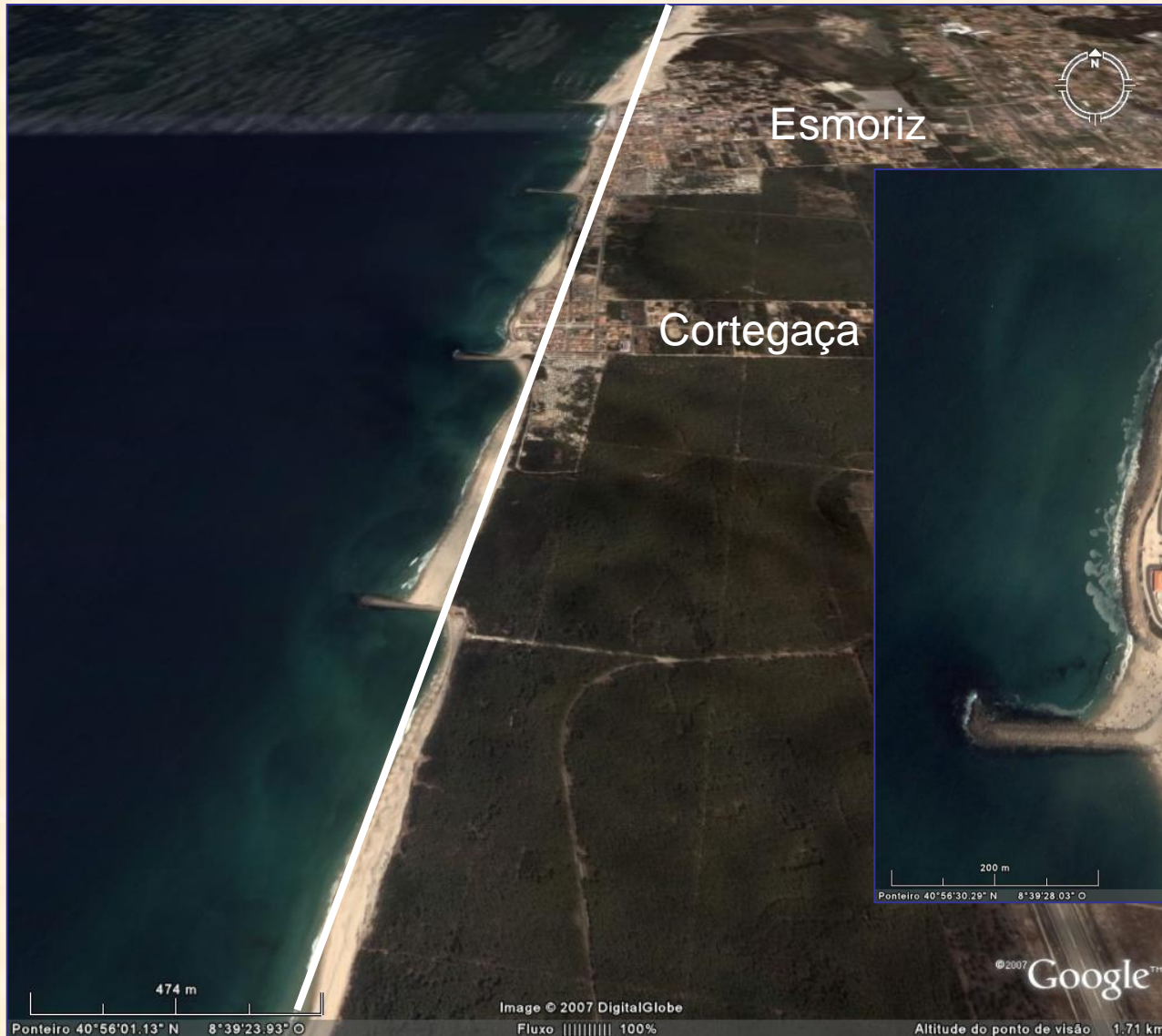
Não tem custos diretos de intervenção, mas:

Perda de atividades económicas;

Perda de valores ambientais e/ou património histórico e cultural;

Custos de eventuais indemnizações...

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO: Redução do número de construções expostas



Retirar?...

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO: Redução do número de construções expostas

Adaptação do tipo de construção à realidade dos locais

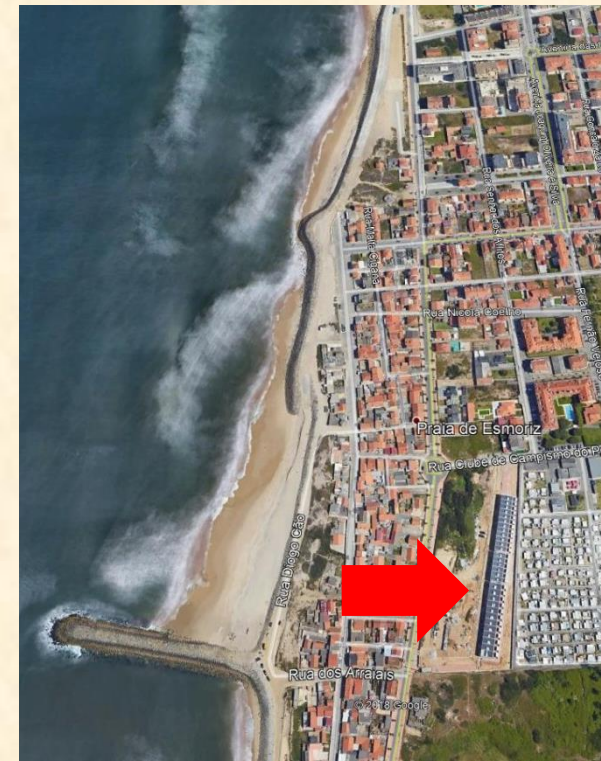


Palheiro de Cortegaça

Relocalização



Bairro dos pescadores de Esmoriz



Colmatação de frentes urbanas consolidadas



Agir ao nível das consequências:

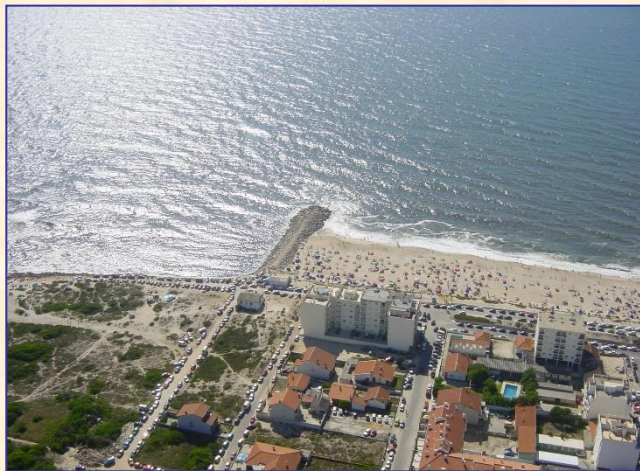
assumir a generalizada perda das praias

Proteção com recurso a obras de defesa costeira

Não há introdução de sedimentos no sistema costeiro;

Transferência do problema de erosão para zonas vizinhas (de menor valor);

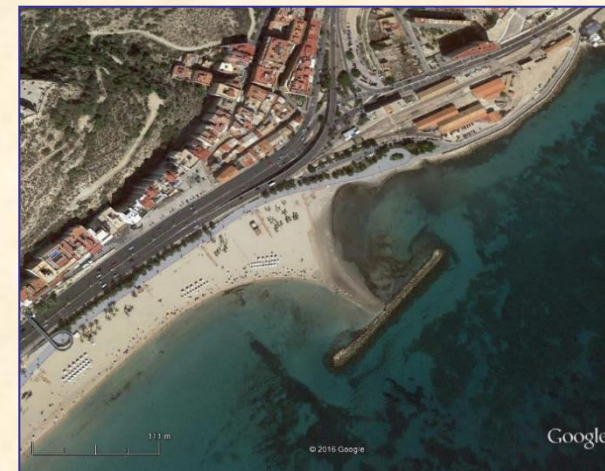
Custos de intervenção e de manutenção ao longo do tempo.



Esporão



Obra longitudinal aderente



Quebramar destacado



A acumulação de areia a barlamar de um esporão permite a existência de uma praia que funciona como defesa costeira natural.



Os esporões atuam quando existe transporte sedimentar, mas são ineficazes quando não há sedimentos em transporte;

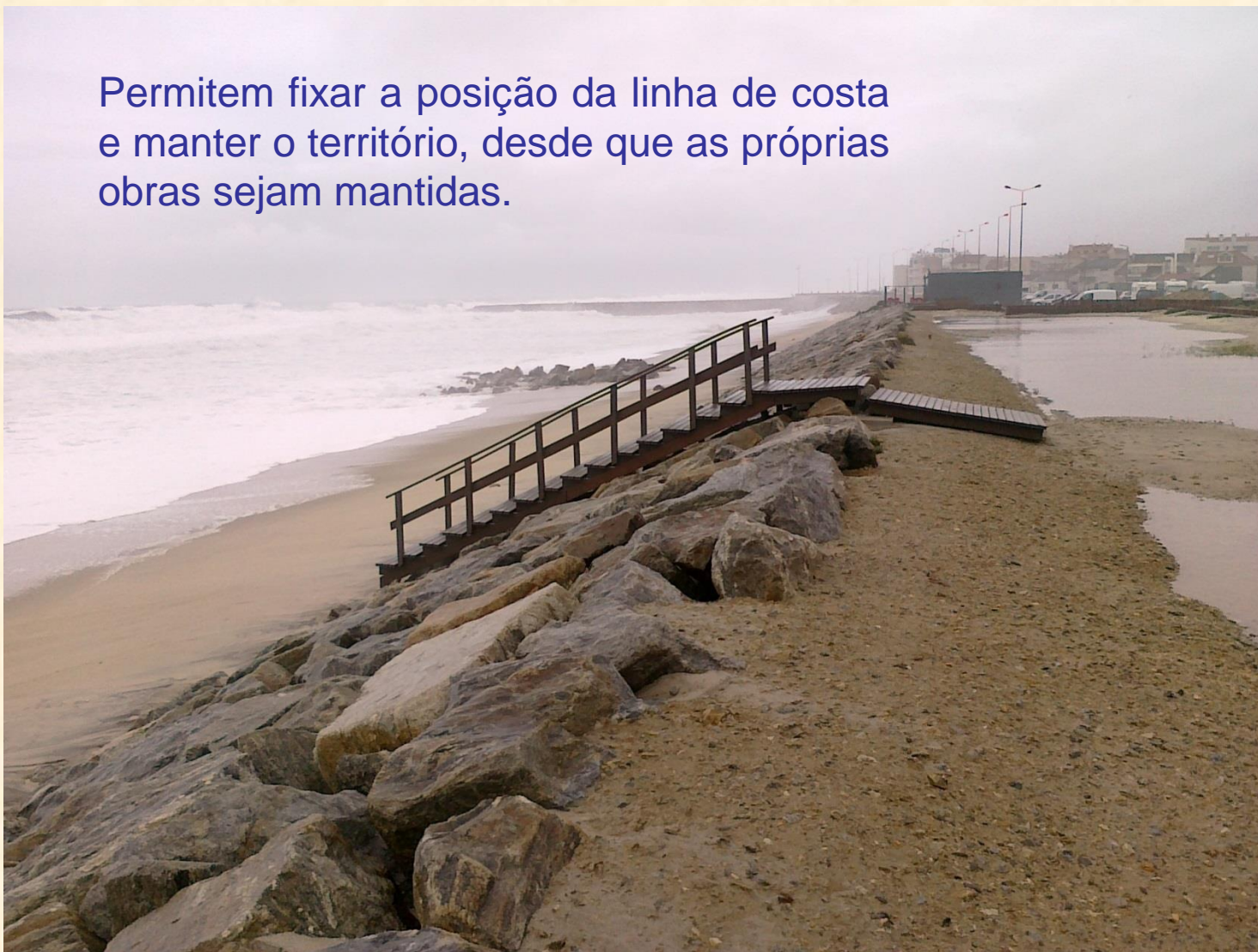
São especialmente vulneráveis quando há rotação de rumos;

Precisam de manutenção ao longo do tempo.



Obras longitudinais aderentes

Permitem fixar a posição da linha de costa e manter o território, desde que as próprias obras sejam mantidas.



MEDIDAS DE MITIGAÇÃO: Estruturas de defesa costeira

Obra de reabilitação na Vagueira
(afundamento da fundação)



Efeito de galgamentos em Esmoriz



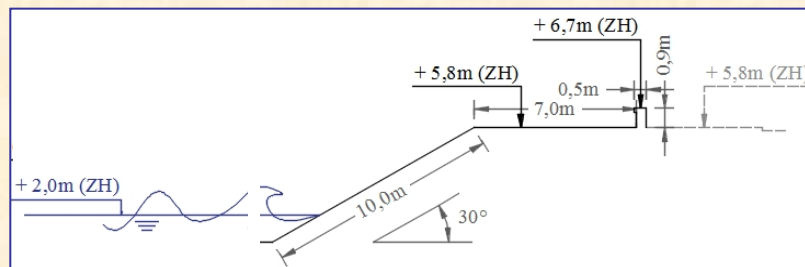
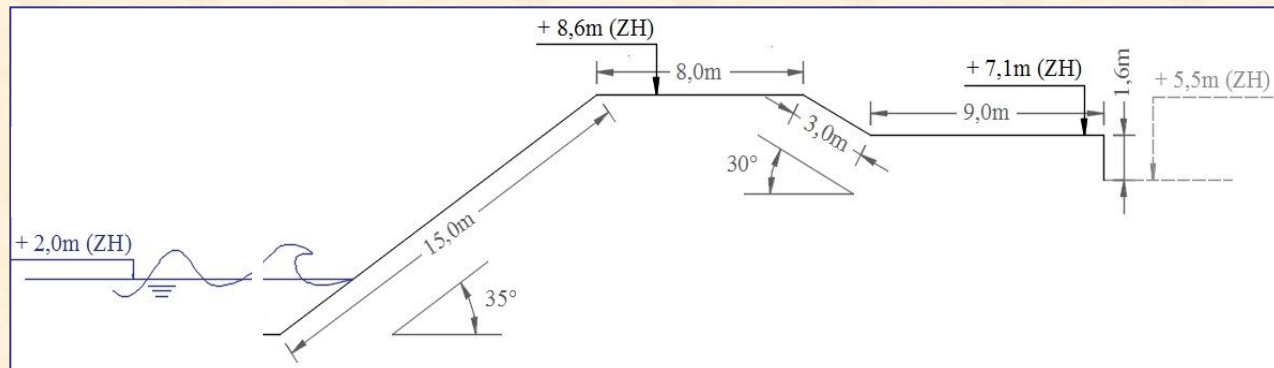
O déficit sedimentar e o efeito refletivo das obras aderentes, conduzem à diminuição progressiva da dimensão das praias ainda existentes;

A profundidade na vizinhança das obras tem como consequência, o aumento da altura das ondas que atingem as estruturas de defesa:

- Causando instabilidades nas fundações;
- Aumentando a frequência de ocorrência de galgamentos;
- Agravando o risco de danos por inundação.

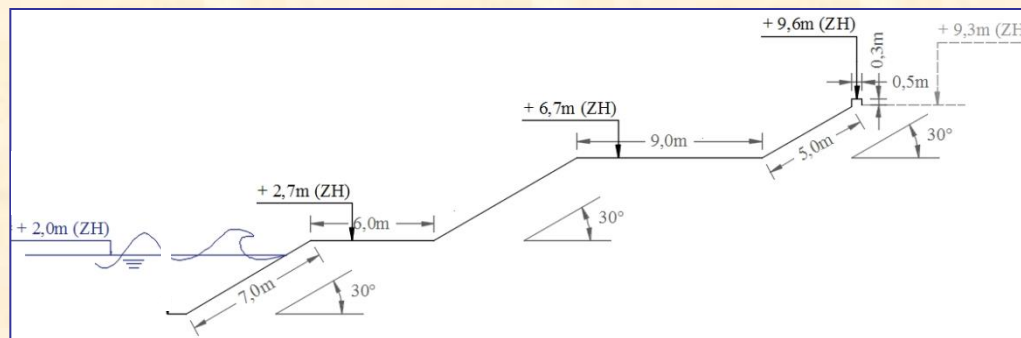
Maiores custo das obras de manutenção e reabilitação, e diminuição dos intervalos de tempo entre as intervenções de manutenção.

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO: Estruturas de defesa costeira



A elevação da cota de coroamento das estruturas reduz os galgamentos, mas também a visibilidade;

Duas bermas reduzem o espraiamento e o galgamento, mas também a largura das praias.



O remate de estruturas (esporões e obras longitudinais aderentes) é em geral uma zona fragilizada.



As obras transferem a localização do problema de erosão (propagação para sotamar);

Há uma tendência crescente de aumento da extensão das obras existentes;

A manutenção e reabilitação das obras de fixação da posição da linha de costa tende a ser mais frequente no tempo.

Quebramares destacados

Submersos – recifes artificiais

Emersos – impacto visual

Solução mais duradoura de estabilização da praia, uma vez que atenua parcialmente e permanentemente a capacidade energética da agitação que atinge a linha de costa.

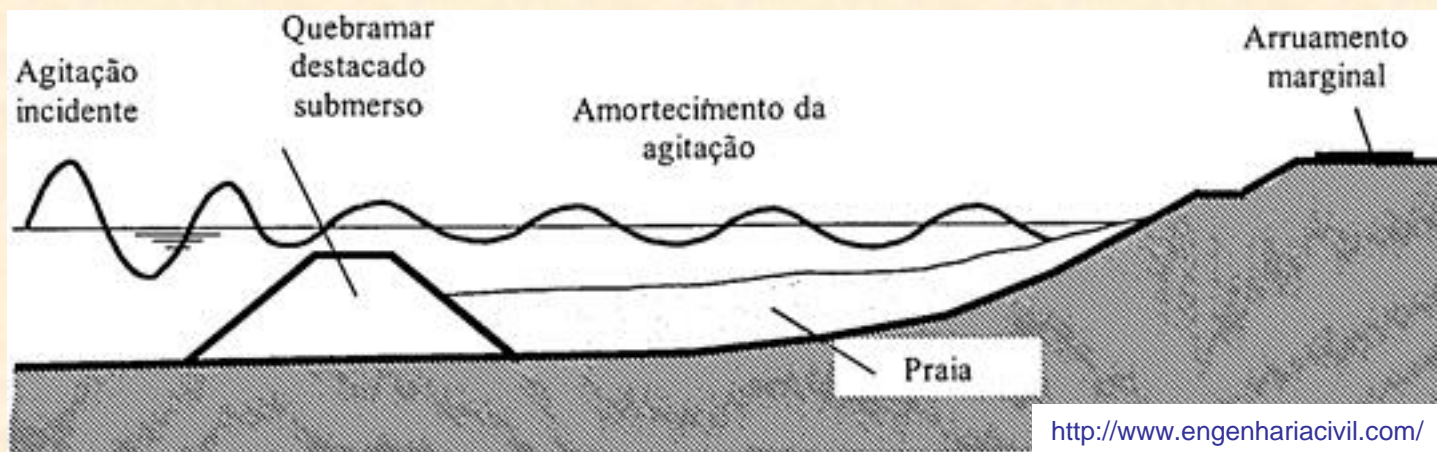


Alicante, Espanha
29/12/2013



Tel Aviv, Israel
25/08/2011

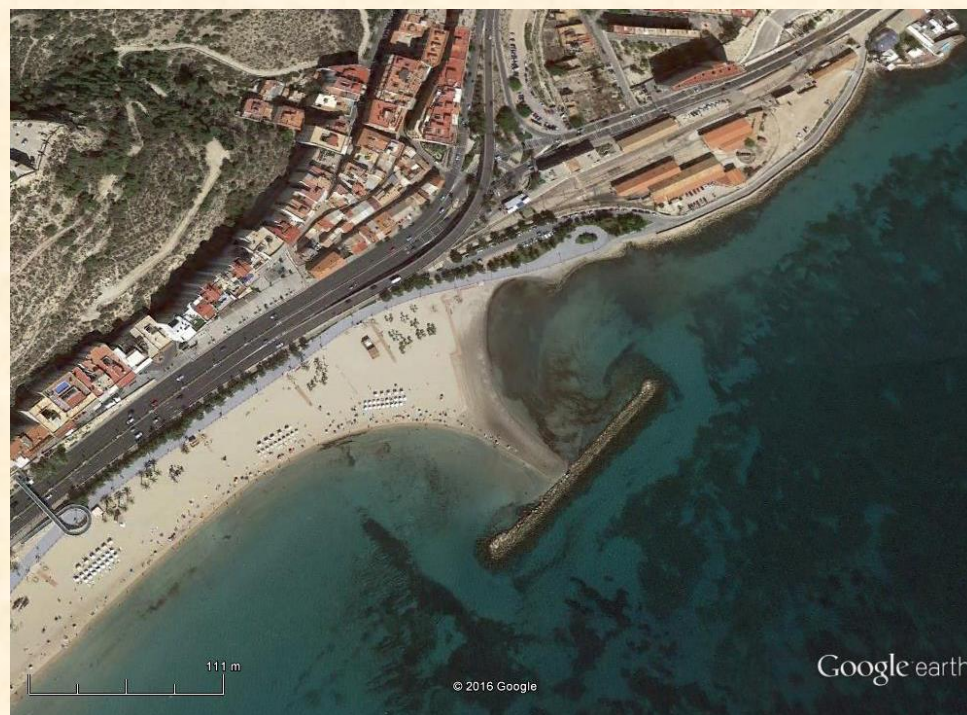
Quebramares destacados (submersos)



Promovem a acumulação de sedimentos no local da obra, (potenciando o déficit a sotamar);

Obras ao largo, apresentam custos superiores de execução e de manutenção;

Falta de experiência na utilização em ambientes como o litoral Noroeste Português.





Alimentação

Manutenção artificial de praias, obrigando a recargas frequentes, com custos elevados.

Proteção costeira, com valor recreativo, e fonte sedimentar para trechos a sotamar.



Relocalização

Indemnizações, perda de território, galgamentos e inundações, danos, perda de atividades económicas.

Sem custos de intervenção. Diminuição da exposição de bens às ações da agitação.

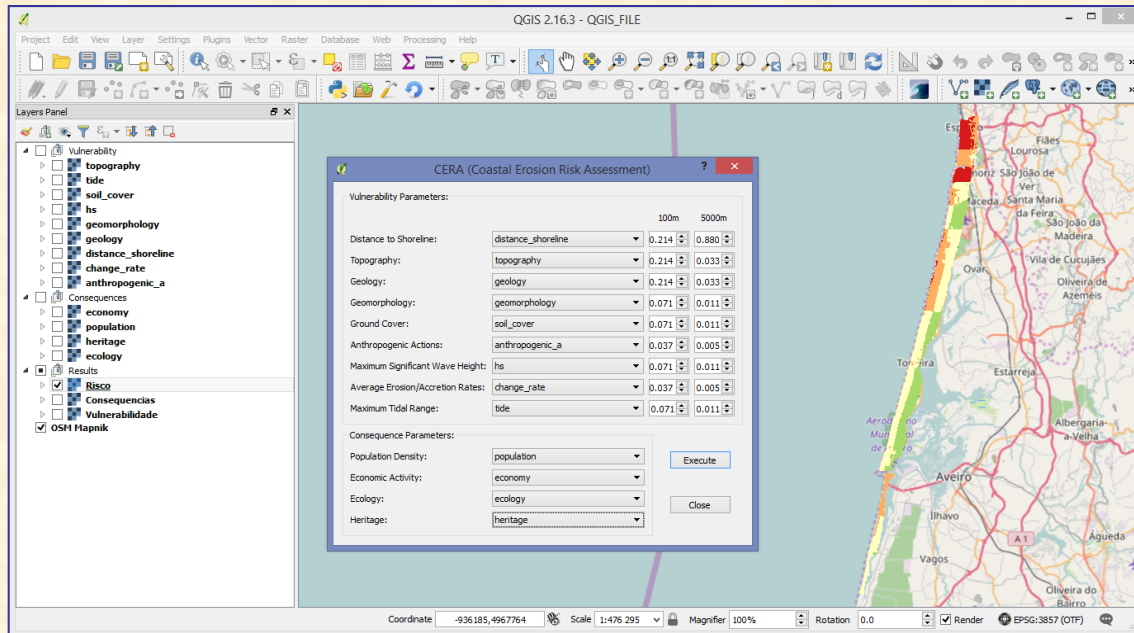


Proteção

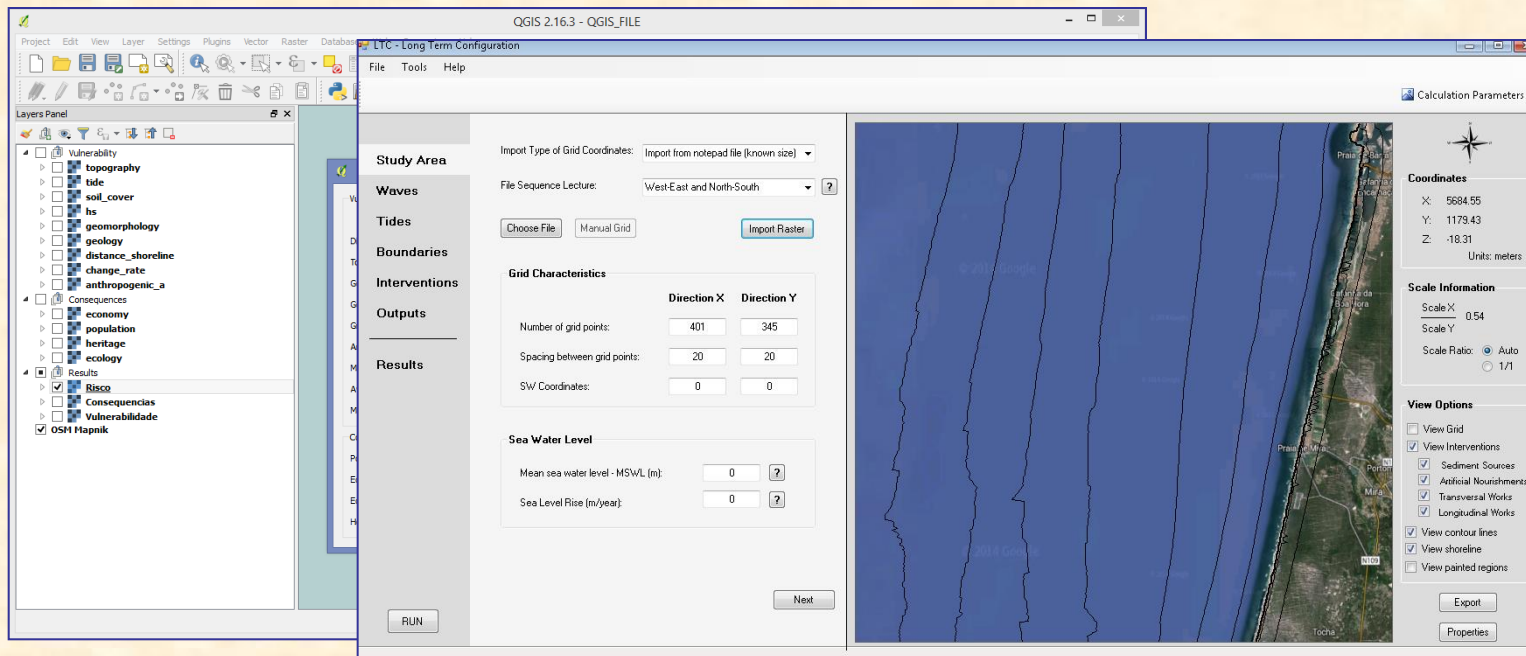
Artificialização, litoral menos atrativo, e custos crescentes de manutenção de obras de defesa.

Manutenção da posição da linha de costa, do território, e de atividades económicas.

- Identificar os locais mais vulneráveis e de maior risco à erosão costeira, onde as necessidades de intervenção são prioritárias;



- Identificar os locais mais vulneráveis e de maior risco à erosão costeira, onde as necessidades de intervenção são prioritárias;
- Melhorar a capacidade de previsão e projeção de cenários, para suporte fundamentado das decisões, numa perspetiva de longo prazo;



- Identificar os locais mais vulneráveis e de maior risco à erosão costeira, onde as necessidades de intervenção são prioritárias;
- Melhorar a capacidade de previsão e projeção de cenários, para suporte fundamentado das decisões, numa perspetiva de longo prazo;
- Melhorar o desempenho dos materiais e das soluções e baixar os custos das intervenções.

The image displays two software interfaces used in coastal engineering. On the left is QGIS 2.16.3, showing a project titled 'LTC - Long Term Configuration' with various layers like 'Vulnerability', 'topography', and 'Risco'. On the right is the 'XD-Coast - Xpress Design of Coastal Structures' software, specifically the 'Armour Layer Blocks Unit Weight Pre-Design' window.

XD-Coast - Xpress Design of Coastal Structures: Armour Layer Blocks Unit Weight Pre-Design

Type of Structure: Low Crested Structure | Formulation: van der Meer - Rocks

SENSITIVE ANALYSIS: No Sens. Analysis

Initial Value: | Final Value: | Increment: |

Project Wave Height (m):	3	Crest Freeboard (m):	1	Notational Permeability:	0.6
Slope Angle:	26.57	Mean Wave Characteristics:	Tm (s) 8.3	Deep Water Steepness:	0.02789
Specific Weight of Material (kN/m ³):	26	Specific Weight of Water (kN/m ³):	10.1	Reduction factor:	0.86
Number of Incident Waves:	7000	Relative Eroded Area:	2	Amour Layer Blocks Unit Weight (kN):	30.83

Cross Sectional Features

Amour Blocks Unit Weight (kN/m ³):	30.83	Amour Blocks Unit Weight (kN/m ³):	26.00
Crest Elevation (m):	5	Number of Blocks:	3
Number of Amour Units:	2	Placing Density:	1.19
Layer Coefficient:	1.02	Crest Width (m):	3.24
Porosity (%):	38	Thickness of Amour Layer (m):	2.16

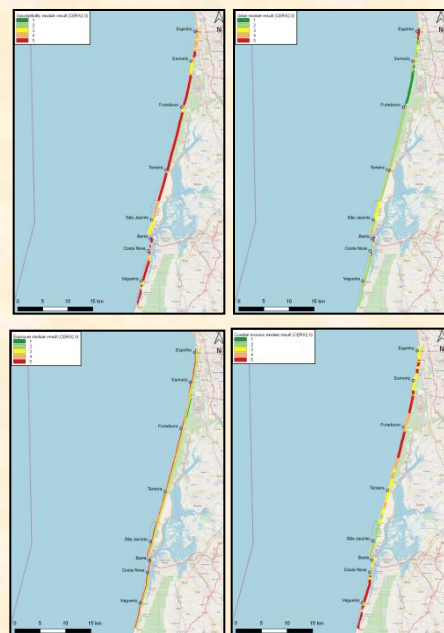
Diagram Parameters: B = 3.24, C = 5.00, Rc = 1.00, r = 2.16, Hb = 3.00, w = 3.083, w = 0.0077, α = 27°, w = 0.1541, w = 30.83

Units: m, kN

Civil Engineering Department - University of Aveiro | Pre-Design of Coastal Structures Cross Sections

INVESTIGAÇÃO: Mapeamento de vulnerabilidades e riscos

- O CERA2.0 é uma nova ferramenta para o desenvolvimento de análises de risco à erosão costeira, que acumula a experiência de aplicação de inúmeros métodos análogos, resultando numa metodologia de fácil entendimento e acesso;
- O método foi integrado em SIGs, com a criação de um plugin para o QGIS que facilita a aplicação do CERA2.0, e está disponível em www.github.com/NEFEC-UA;
- O CERA2.0 é adequado para uma análise de primeira-ordem ao risco de erosão costeira, permitindo a identificação das zonas mais problemáticas e que pode servir de base para a criação de planos de gestão da zona costeira.



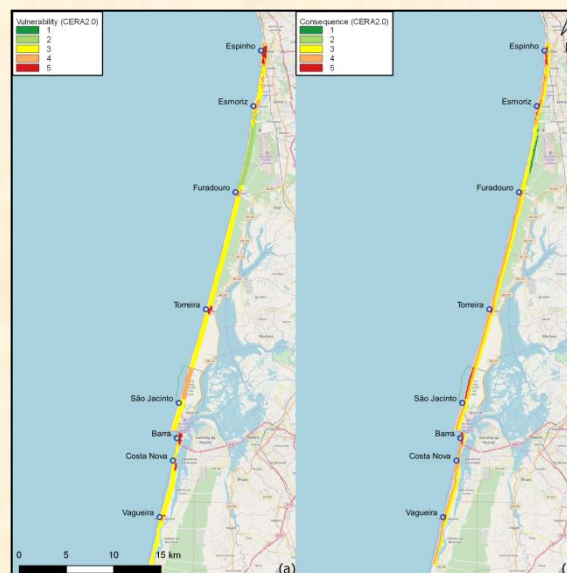
Suscetibilidade

Valor

Exposição

Perigo (erosão costeira)

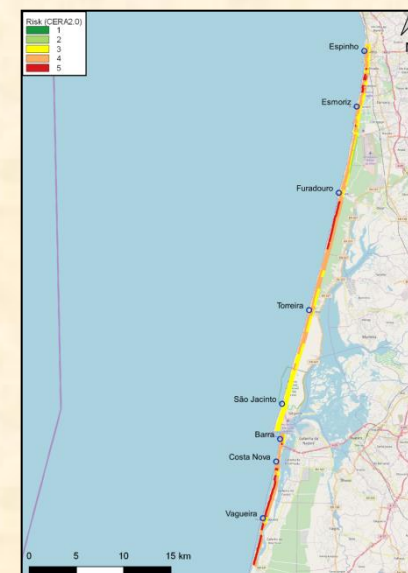
Vulnerabilidade e Consequência



(a)

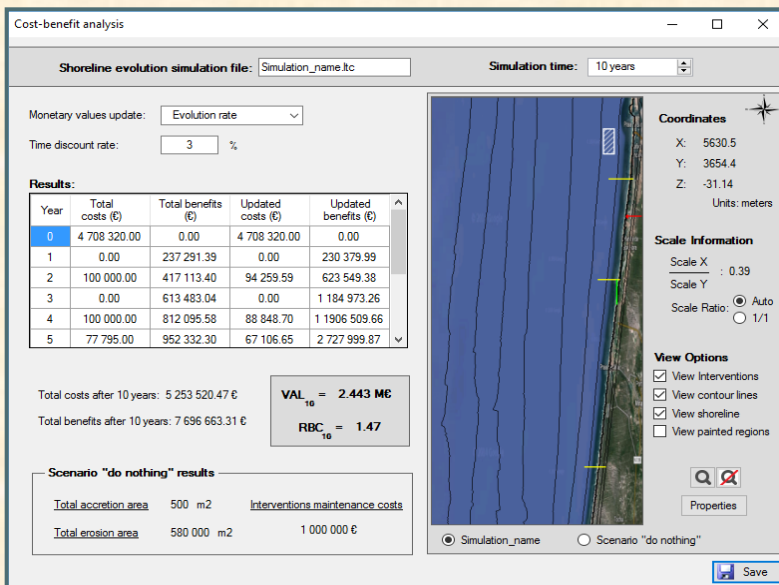
(b)

Risco



Teste de diferentes cenários de intervenção

- Impacto na evolução da linha de costa;
- Dimensão da intervenção;
- Custo das intervenções e sua manutenção;
- Benefícios com a redução de perda de território.



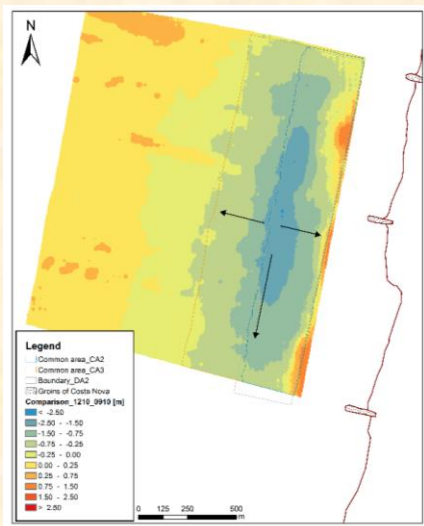
Evolução da linha de costa

Pré-dimensionamento da intervenção

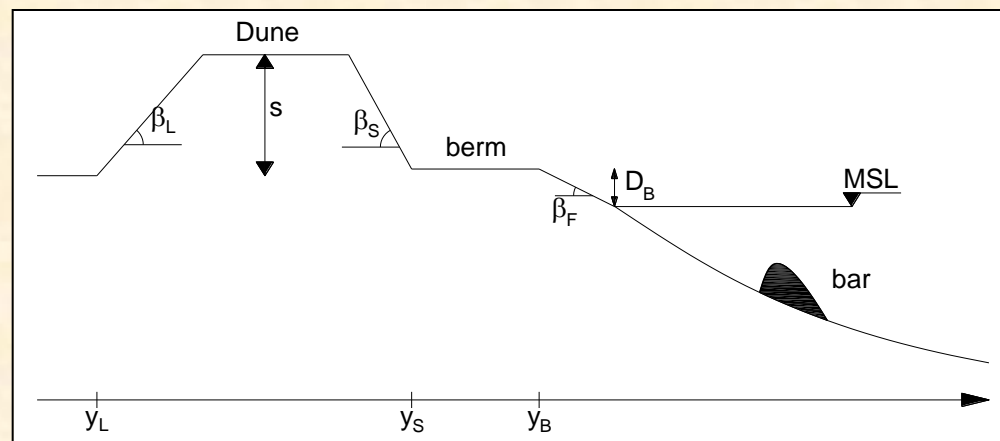
Análise custo-benefício

COAST (Coastal Optimization ASsessment Tool)

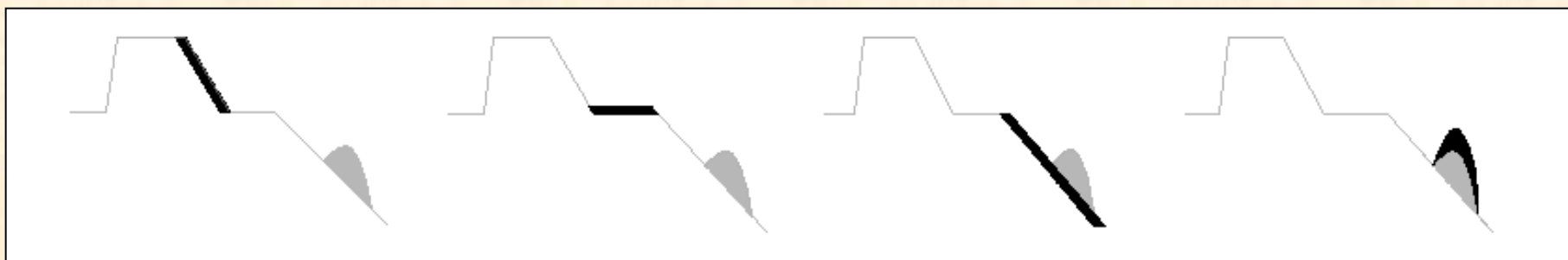
Alimentação artificial: Monitorização e modelação



Necessidade de realizar monitorização frequente e extensa.



Modelação do perfil transversal: CS model



Duna

Berma

Perfil

Barra

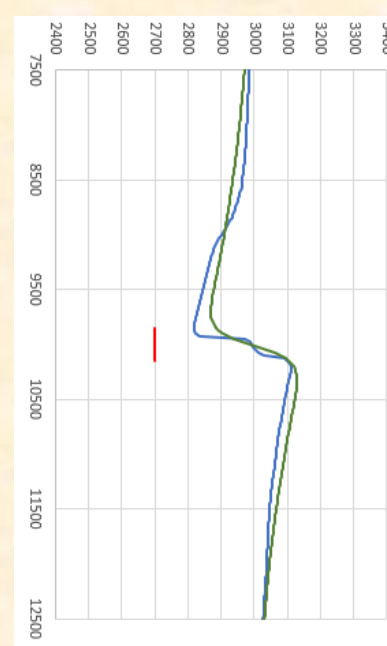
O modelo permite representar o comportamento de barras submersas (equiparáveis a situações de alimentação de praias em zonas submersas).

INVESTIGAÇÃO: Desempenho das intervenções

Desempenho de alimentações artificiais associadas a outras estruturas de defesa costeira:

- Esporões – modelo físico desenvolvido em tanque de ondas;
- Quebramares destacados – modelo numérico LTC;
- Trabalho de campo, acompanhando o reforço dunar realizado em Mira.

O objetivo é confinar os sedimentos no local pretendido, prolongando o tempo útil da intervenção.



Soluções com recurso a materiais geossintéticos



- Levantamento de todas as intervenções de defesa costeira realizadas com geossintéticos em Portugal;
- Avaliação do desempenho e desenvolvimento de critérios de dimensionamento;
- Acompanhamento de ensaios com soluções de defesa em geossintéticos em canal, na UPC de Barcelona;

Avaliação da eficácia de soluções mais económicas

Obrigado pela atenção!



Departamento de Engenharia Civil
Universidade de Aveiro

Carlos Coelho: cocoelho@ua.pt



CUSTO E BENEFÍCIO DAS INTERVENÇÕES DE DEFESA COSTEIRA

Mesa Redonda:

EROSÃO COSTEIRA E A GESTÃO DO DOMÍNIO PÚBLICO HÍDRICO

Participantes:



decivil

Carlos Coelho



Fernando Veloso-Gomes



R5 Consulting Engineers

MÁRCIA LIMA

DECivil-UA & R5 Consulting Engineers

26 de outubro de 2018

SUMÁRIO DA APRESENTAÇÃO

1. Metodologia de Análise Custo-Benefício

2. Ferramenta Numérica COAST

2.1. Módulo de Evolução da Linha de Costa

2.2. Módulo de Pré-Dimensionamento

2.3. Módulo de Custo-Benefício

3. Aplicação da COAST a um caso de estudo

4. Aplicabilidade da COAST ao Mercado de Trabalho





Metodologia de Análise Custo-Benefício



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

MOTIVAÇÃO / OBJETIVO

Implantação de uma **ESTRUTURA DE DEFESA COSTEIRA** envolve custos elevados.

- ✓ É essencial desenvolver estudos de investigação nesta área;
- ✓ É importante a existência de **ferramentas de cálculo automático**.

Otimizar **intervenções de defesa costeira**, com vista à redução dos custos de execução e manutenção e maximização dos impactos positivos na linha de costa

Evolução da linha de costa

Pré-dimensionamento da intervenção

Análise custo-benefício

1.

2.

2.1.

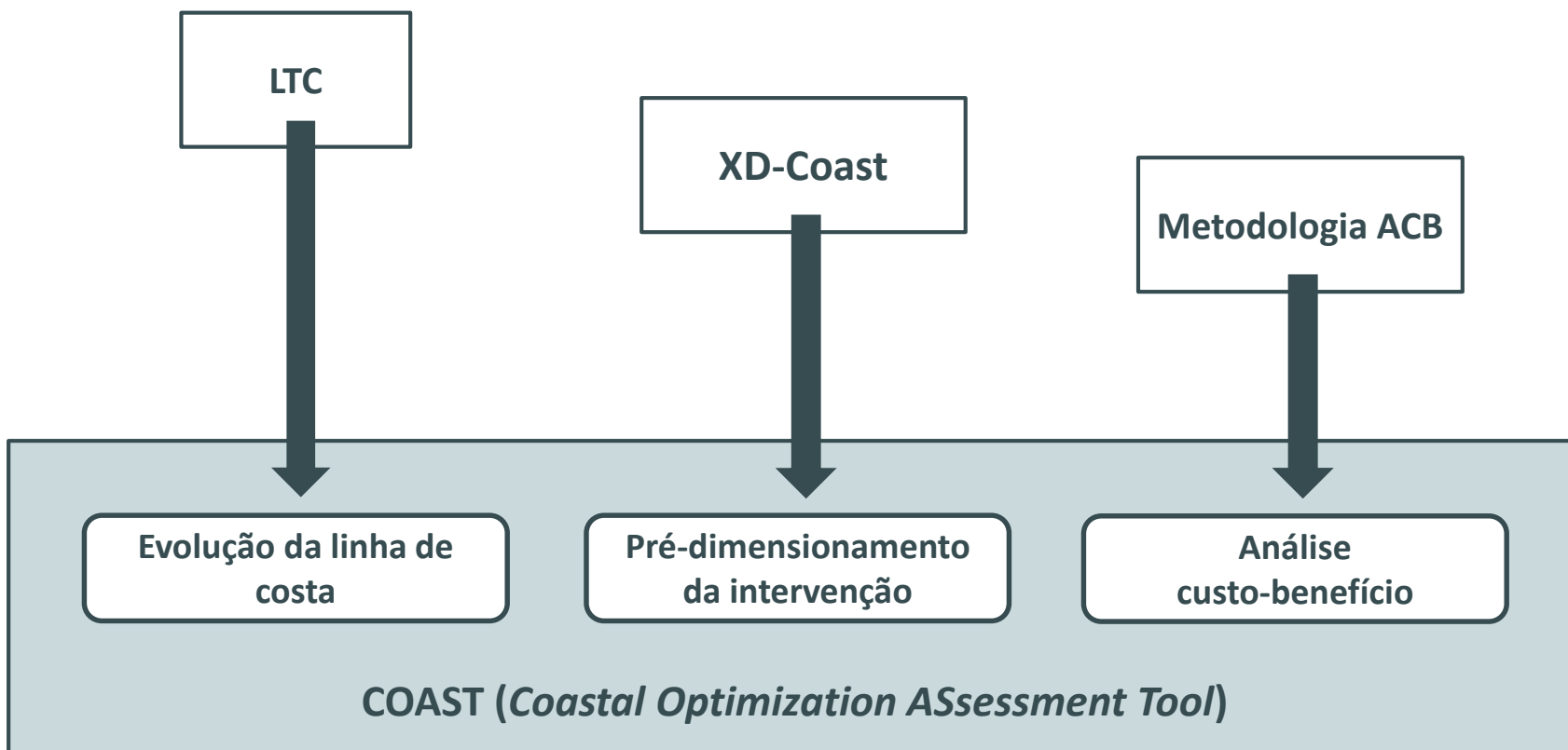
2.2.

2.3.

3.

4.

METODOLOGIA DE ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO



1.

2.

2.1.

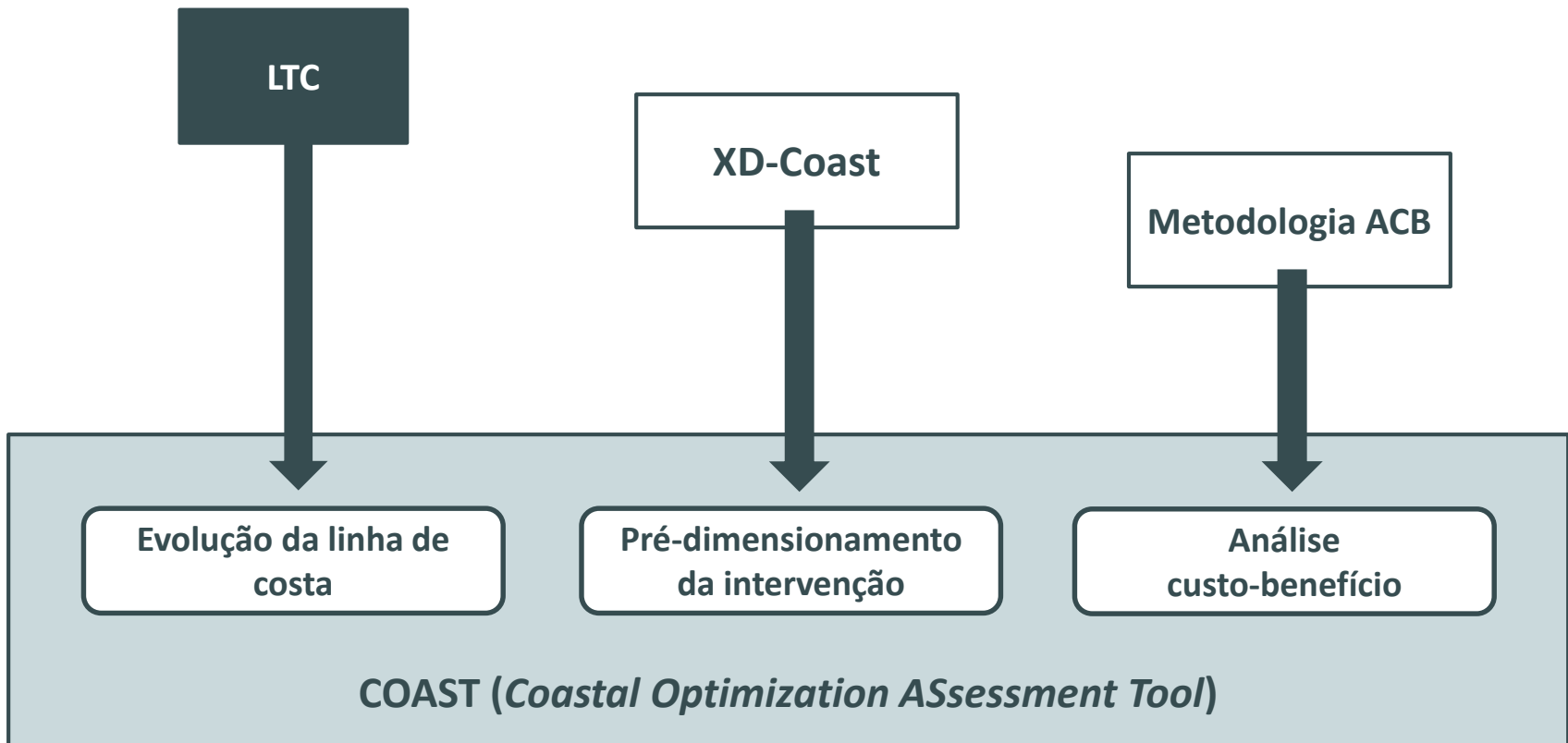
2.2.

2.3.

3.

4.

METODOLOGIA DE ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

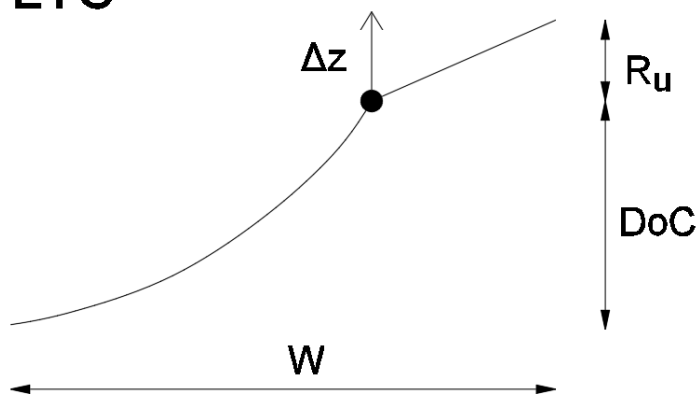
3.

4.

MODELO NUMÉRICO LTC

- ✓ Desenvolvido para prever o comportamento da **configuração da linha de costa** ao longo do tempo (praias arenosas), baseado na teoria de “**uma linha**”
- ✓ **Elimina** o pressuposto de que o perfil transversal se mantém invariável no tempo

LTC



Baseado na teoria de “**uma linha**”, mas ajusta a forma do perfil transversal ao longo do tempo

1.

2.

2.1.

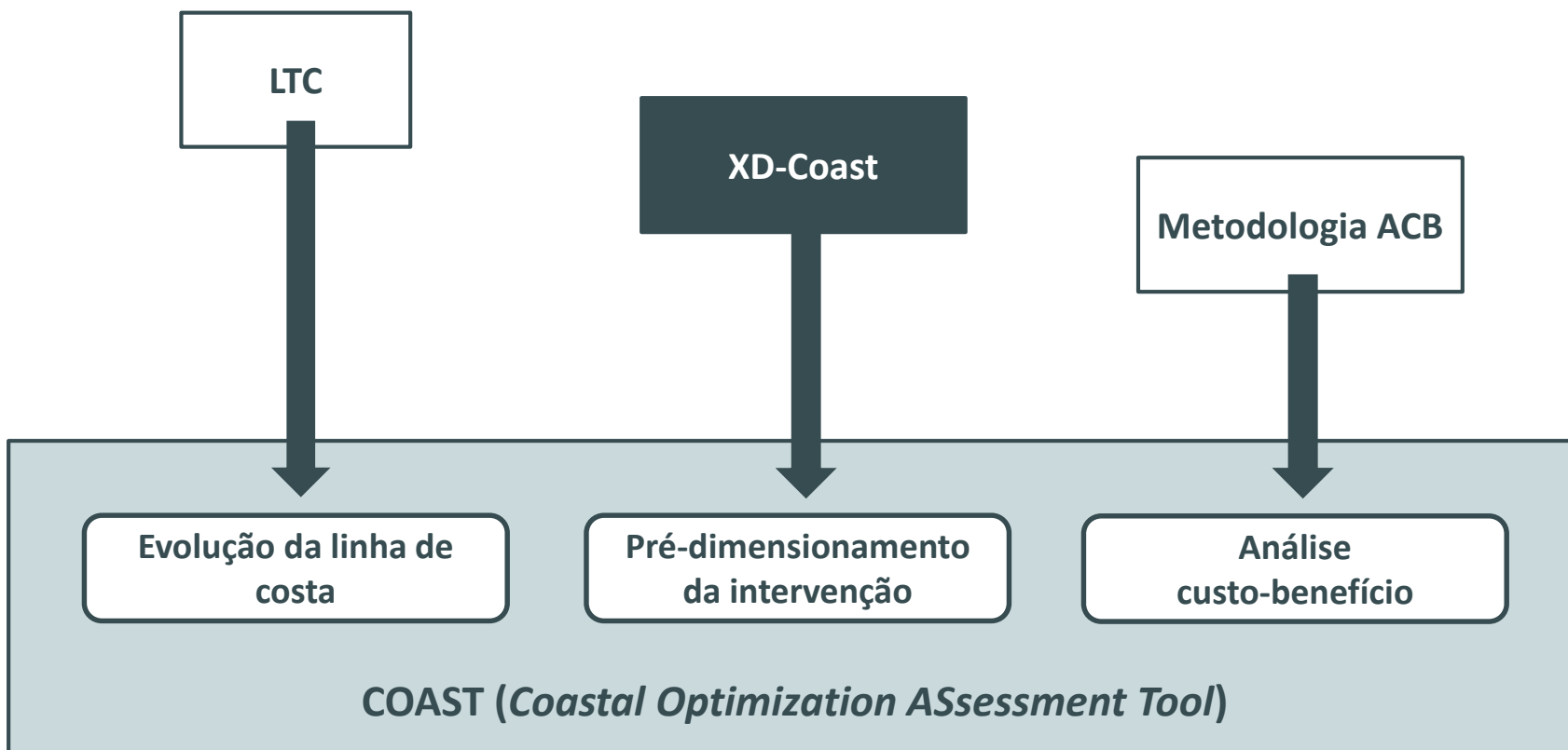
2.2.

2.3.

3.

4.

METODOLOGIA DE ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO



1.

2.

2.1.

2.2.

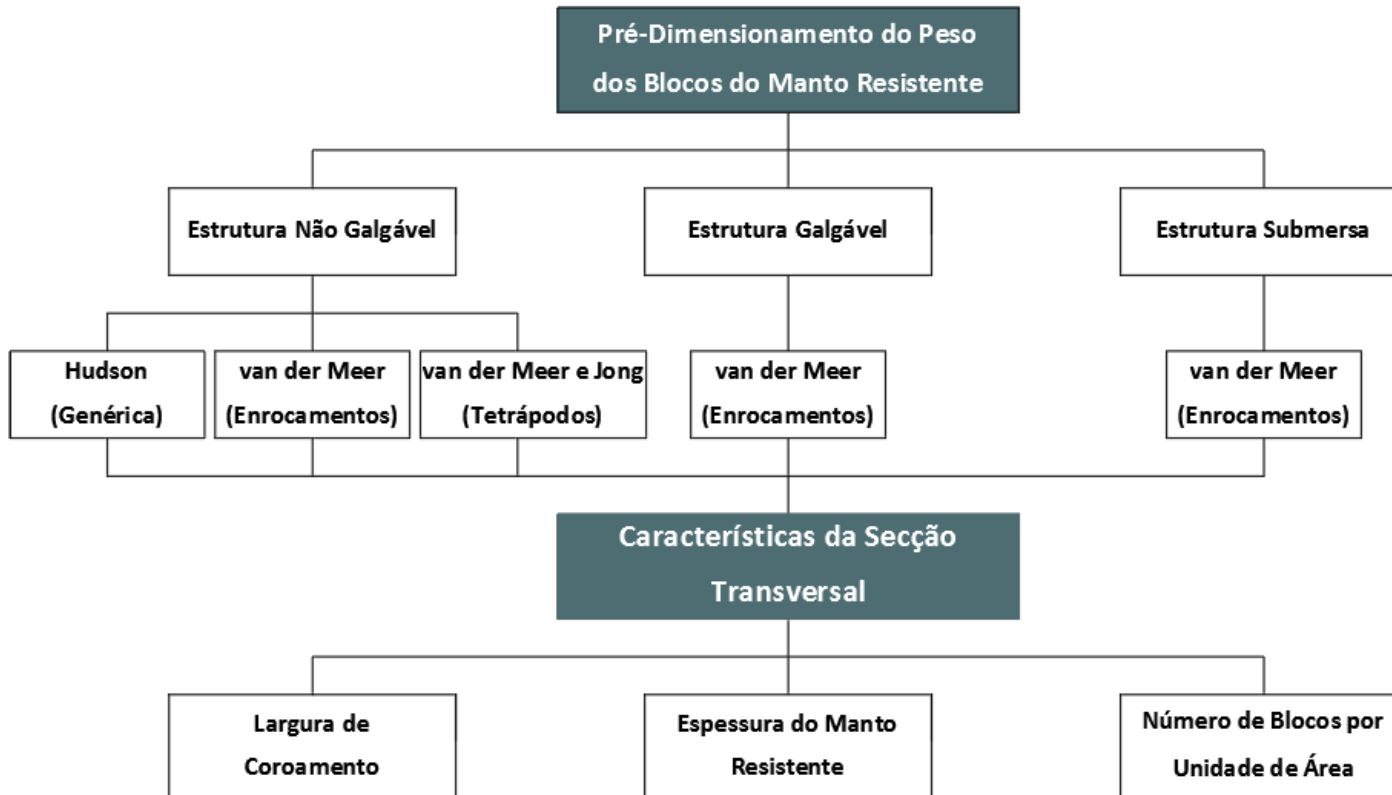
2.3.

3.

4.

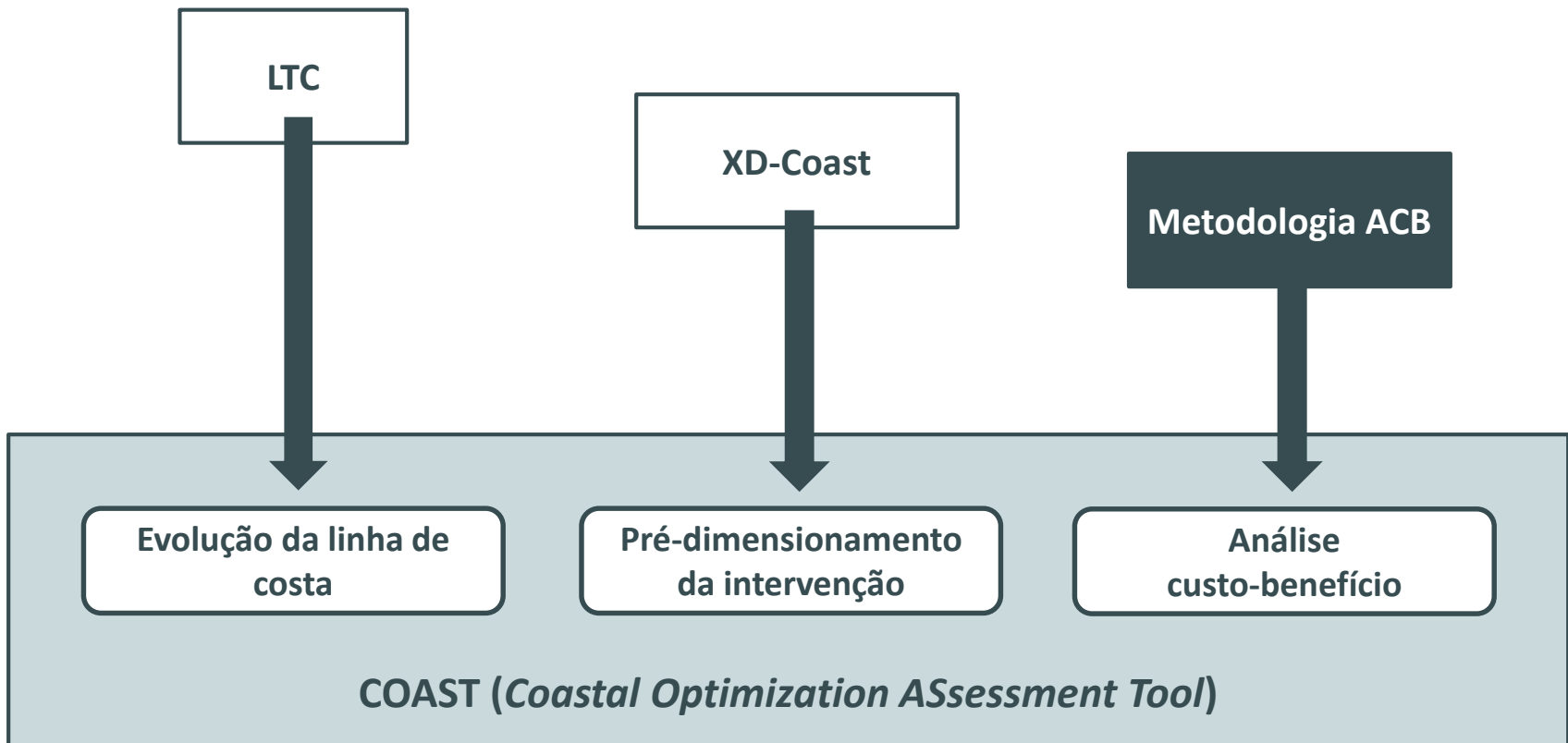
MODELO XD-COAST

- ✓ Ferramenta de cálculo automático de pré-dimensionamento do **peso unitário dos blocos** a colocar no **manto resistente** de estruturas costeiras e **características da secção transversal**



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

METODOLOGIA DE ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

METODOLOGIA DE CUSTO-BENEFÍCIO

- ✓ Metodologia aplicada por **Roebeling *et al.* (2011)**
- ✓ A verificação da **sustentabilidade económica** de cada intervenção é feita a partir dos fluxos líquidos acumulados de **benefícios** e **custos**, num determinado período de **tempo** (t), que permitem o cálculo do **valor atual líquido** (VAL_t) e do **rácio benefício-custo** (RBC_t)

$$VAL_t = \sum_{i=0}^t \frac{VB_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=0}^t \frac{VC_i}{(1+r)^i}$$

$$RBC_t = \sum_{i=0}^t \frac{VB_i}{(1+r)^i} / \sum_{i=0}^t \frac{VC_i}{(1+r)^i}$$

VB_i = Quantificação das áreas de acreeção (+) e erosão (-)

VC_i = Quantificação dos custos de construção e manutenção

r = Taxa de desconto

1.

2.

2.1.

2.2.

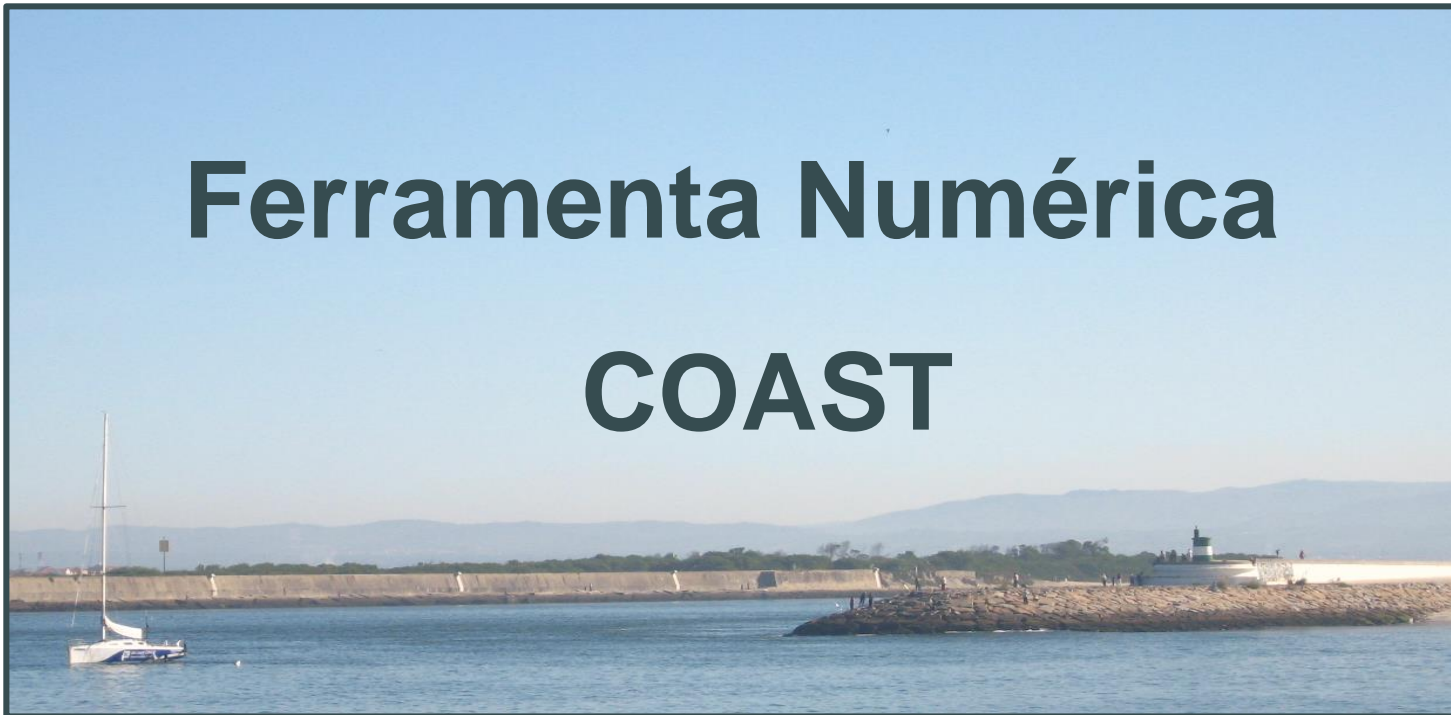
2.3.

3.

4.



Ferramenta Numérica COAST



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

COAST – COASTAL OPTIMIZATION ASSESSMENT TOOL



- ✓ Ferramenta de análise do impacto **de intervenções de defesa costeira** para mitigação dos problemas de **erosão**
- ✓ Desenvolvida em linguagem de programação **C#** e composta por **3 módulos**

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

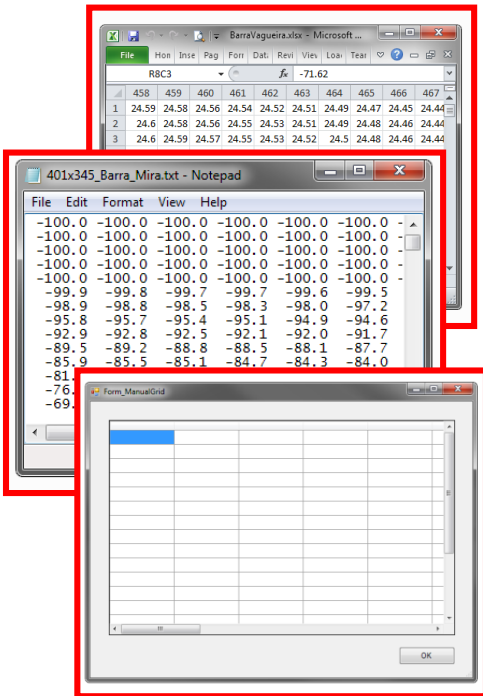
4.

2 - Parâmetros

1 - Entrada de dados

3 - Representação da área de estudo

DADOS DE ENTRADA: domínio de cálculo



Spatial Domain

Import Type of Grid Coordinates:

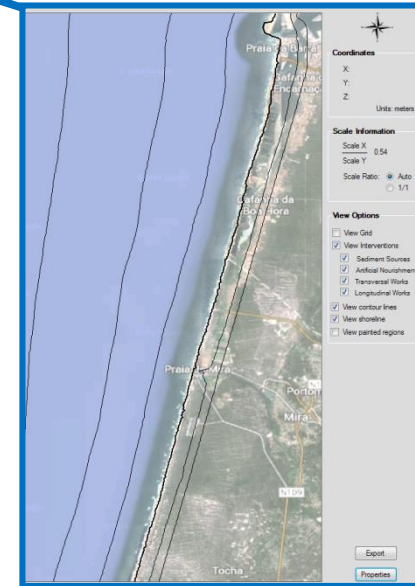
File Sequence Lecture:

Grid Characteristics

	Direction X	Direction Y
Number of grid points:	<input type="text" value="401"/>	<input type="text" value="345"/>
Spacing between grid points:	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="20"/>
SW Coordinates:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Sea Water Level

Mean sea water level - MSLW (m):	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="text" value="?"/>
Sea Level Rise (m/year):	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="text" value="?"/>



DADOS DE ENTRADA: ondas

Wave climate definition: Reading a specific wave climate (Excel file)

Fixed wave climate

Wave height - H_s (m): 2.0

Wave direction - Φ (°): 70.0

Random wave climate

Lower Limit Upper Limit

Hs (m): 1.0 3.0

Φ (°): 25.0 65.0

Wave period fuction of wave height

Consider the same sequence of waves

Axis in 100%

WAVE DIRECTION

14.2 %

41.9 %

31.8 %

9.3 %

1.9 %

0.2 %

WAVE HEIGHT FREQUENCIES

34.9

38.2

16.1

7.1

2.1

0.5

0.7

Hs - Significant Wave Height (m)

Axis in 100%

Export Choose File Next

	1	2	3	4
1	1.5	14	27	
2	1.4	14	29	
3	1.4	15	30	
4	1.5	13	44	
5	1.4	16	45	
6	1.2	16	49	
7	1.2	16	50	
8	1.4	16	43	
9	1.6	15	39	
10	1.6	14	36	
11	1.4	16	36	
12	1.3	16	33	
13	1.3	16	27	
14	1.2	18	44	
15	1.2	19	42	
16	1.4	15	50	
17	1.6	9	51	
18	1.6	9	52	
19	1.7	9	52	
20	1.8	9	50	
21	1.9	11	59	
22	1.8	12	60	
23	1.8	12	62	
24	1.8	12	61	
25	1.8	12	60	
26	1.8	11	53	
27	1.7	12	55	
28	1.6	12	50	
29	1.4	10	45	
30	1.3	8	41	
31	1.2	8	40	
32	1.2	10	41	
33	1.2	8	55	
34	1.8	8	56	
35	1.9	9	59	

ROSA DE RUMOS

HISTOGRAMA DE ALTURAS DE ONDA

DADOS DE ENTRADA: marés

Spatial Domain

Waves

Tides

Boundaries

Interventions

Outputs

Results

Astronomic tide definition: Fixed sea level

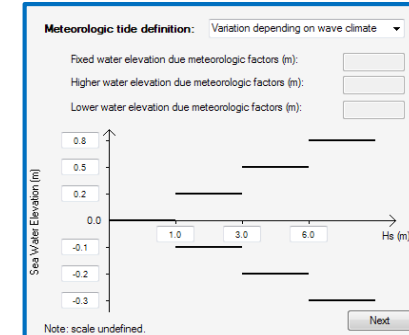
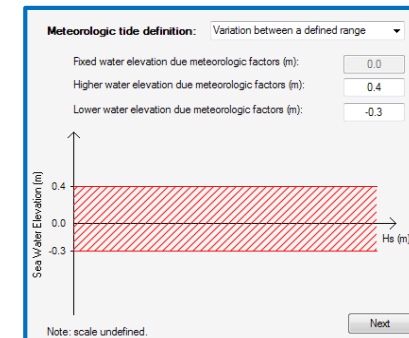
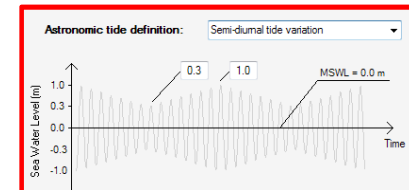
Meteorologic tide definition: Fixed water elevation

Fixed water elevation due meteorologic factors (m):

Higher water elevation due meteorologic factors (m):

Lower water elevation due meteorologic factors (m):

Note: scale undefined.



DADOS DE ENTRADA: condições fronteira

Spatial Domain

Waves

Tides

Boundaries

Interventions

Outputs

Results

Northern Boundary

Constant volume added/extracted in the border: ?

Fixed erosion/accretion volume rate: ?

Extrapolation of nearby conditions: ?

Southern Boundary

Constant volume added/extracted in the border: ?

Fixed erosion/accretion volume rate: ?

Extrapolation of nearby conditions: ?

Next

DADOS DE ENTRADA: intervenções de defesa costeira

Spatial Domain

Waves

Tides

Boundaries

Interventions

Outputs

Results

Interventions

Number of aluvionar sediment sources (ASS):

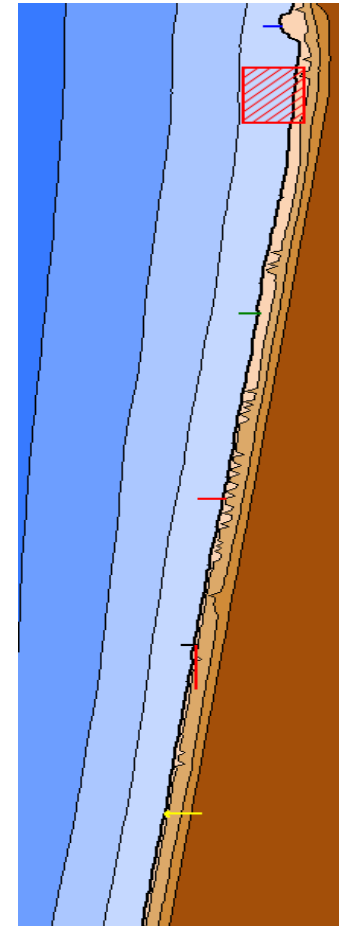
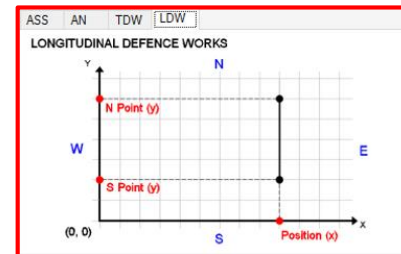
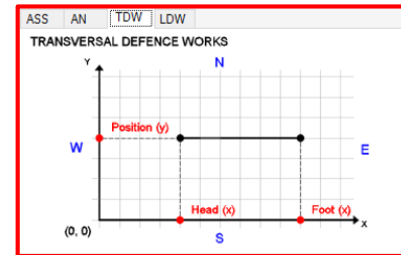
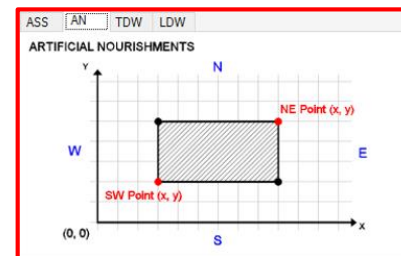
Number of artificial nourishments (AN):

Number of transversal defence works (TDW):

Number of longitudinal defence works (LDW):

ASS AN TDW LDW

ALUVIONAR SEDIMENT SOURCES



DADOS DE ENTRADA: características da simulação e dados de saída

Spatial Domain

Waves

Tides

Boundaries

Interventions

Outputs

Results

Outputs Definition

Number of hours with the same wave regime: ?

Number of calculations: ?

Time space between outputs results: ?

Time space between bathymetry/topography results: ?

Space between crossshore profiles represented: ?

First cross profile to be represented graphically: ?

Parameters

General Parameters [Edit](#)

Slope Angle Parameters [Edit](#)

Closure Depth Method: Hallemeier (function of Hs). [Edit](#)

Runup Method: Ruggiero (function of Hs). [Edit](#)

Potencial Volume Calculation: CERC [Edit](#)

Diffraction Method: Coelho. [Edit](#)

Run

JANELAS DE PARÂMETROS

General Parameters

Gravity acceleration (m/s²): 9.81

Proportional coefficient (CERC formula): 0.2

Water data

Water specific weight (kg/m³): 1027

Cinematic water viscosity (m²/s): 1.36E-06

Wave breaking depth coefficient: 0.78

Sediment data

Sediment specific weight (kg/m³):

Medium sediment grain size (mm):

Porosity:

Parâmetros gerais

Slope Angles

Control of the cross-shore profile evolution: Option 1

Filter of longitudinal topography is performed.

Longitudinal stress angle of the sand:

Option 1

Maximum angle in the submerged limit (accretion situation):

Maximum angle in the emerged limit (accretion situation):

Maximum angle in the submerged limit (erosion situation):

Maximum angle in the emerged limit (erosion situation):

Option 2

Stress angle of the sand:

Underwater beach slope:

Emerged beach slope:

Maximum displacement of deepest point of the active beach:

Definição dos ângulos dos taludes

Formulations

Depth of Closure Calculation Runup Calculation

Determination of the empirical proportionality coefficient (k)

0.92 (using root mean square height, according SPM 1984)

0.77 (using root mean square height, according Komar and Inmam, 1970)

0.58 (based on Kraus et al., 1982)

0.41 (recommened when $d_{50} < 1\text{mm}$, according Schoones e Theron, 1993)

0.39 (using significant height, according SPM 1984)

0.20 (mean value: range values 0.04 and 0.54, based on Wang and Kraus, 1999)

Bailard (1981, 1984)

Wave direction at the breaker (°):

Fall speed of the sediment (cm/s):

Water depth at the breaker line (m):

Gravity acceleration (m/s²):

Wave breaking depth coefficient (-): $k =$

Valle et al. (1993)

Medium sediment grain size (mm): $k =$

Other 0.3

Done

Coefficiente de transporte

RESULTADOS

The image displays the LTC - Long Term Configuration software interface. On the left, the 'Spatial Domain' sidebar is visible. The main window is divided into two panes. The left pane, titled 'Bathymetry and Topography', contains simulation parameters. The right pane shows an Excel spreadsheet with the results of the simulation.

Simulation Parameters (Left Pane):

- Time:** Bathymetry representation after 100h - Final.
- Active Profile Enveloping
- Export data** button
- Breaking Wave Characteristics:**
 - Time: After 100 hours
 - Cross-shore profile number: 501
 - Wave height (m): 2.41
 - Wave direction (°): 82
- AutoCAD Result Files:**
 - Plant.dxf [Open](#)
 - Cross.dxf [Open](#)
 - Final.dxf [Open](#)
- Error List:** No errors found during the simulation.

Excel Spreadsheet (Right Pane):

The spreadsheet, titled 'Book1 - Microsoft Excel', shows a grid of data. The first row is highlighted in yellow and contains the text 'Bathymetry and Topography after 500hour(s)'. The subsequent rows contain numerical values representing bathymetry at various points along the profile.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Bathymetry and Topography after 500hour(s).											
2	-71.98	-71.86	-71.74	-71.62	-71.5	-71.38	-71.26	-71.14	-71.02	-70.9	-70.78	-70
3	-71.96	-71.84	-71.72	-71.6	-71.48	-71.36	-71.24	-71.12	-71	-70.88	-70.76	-70
4	-71.94	-71.82	-71.7	-71.58	-71.46	-71.34	-71.22	-71.1	-70.98	-70.86	-70.74	-70
5	-71.92	-71.8	-71.68	-71.56	-71.44	-71.32	-71.2	-71.08	-70.96	-70.84	-70.72	-7
6	-71.9	-71.78	-71.66	-71.54	-71.42	-71.3	-71.18	-71.06	-70.94	-70.82	-70.7	-70
7	-71.88	-71.76	-71.64	-71.52	-71.4	-71.28	-71.16	-71.04	-70.92	-70.8	-70.68	-70
8	-71.87	-71.75	-71.63	-71.51	-71.39	-71.27	-71.15	-71.03	-70.91	-70.79	-70.67	-70
9	-71.86	-71.74	-71.62	-71.5	-71.38	-71.26	-71.14	-71.02	-70.9	-70.78	-70.66	-70
10	-71.84	-71.73	-71.61	-71.49	-71.37	-71.25	-71.13	-71.01	-70.89	-70.77	-70.65	-70
11	-71.83	-71.72	-71.6	-71.48	-71.36	-71.24	-71.12	-71	-70.88	-70.76	-70.64	-70
12	-71.82	-71.71	-71.59	-71.47	-71.35	-71.23	-71.11	-70.99	-70.87	-70.75	-70.63	-70
13	-71.81	-71.69	-71.57	-71.46	-71.34	-71.22	-71.1	-70.98	-70.86	-70.74	-70.62	-7
14	-71.8	-71.68	-71.56	-71.44	-71.33	-71.21	-71.09	-70.97	-70.85	-70.73	-70.61	-70
15	-71.79	-71.67	-71.55	-71.43	-71.31	-71.19	-71.07	-70.95	-70.83	-70.71	-70.59	-70
16	-71.78	-71.66	-71.54	-71.42	-71.3	-71.18	-71.06	-70.94	-70.82	-70.7	-70.58	-70
17	-71.77	-71.65	-71.53	-71.41	-71.29	-71.17	-71.05	-70.93	-70.81	-70.69	-70.57	-70
18	-71.75	-71.63	-71.51	-71.39	-71.27	-71.15	-71.03	-70.92	-70.8	-70.68	-70.56	-70
19	-71.74	-71.62	-71.5	-71.38	-71.26	-71.14	-71.02	-70.9	-70.78	-70.66	-70.54	-70
20	-71.72	-71.6	-71.48	-71.37	-71.25	-71.13	-71.01	-70.89	-70.77	-70.65	-70.53	-70

RESULTADOS

The image displays the LTC - Long Term Configuration software interface on the left and a Microsoft Excel spreadsheet on the right. The software interface is divided into several sections:

- Spatial Domain**
- Waves**
- Tides**
- Boundaries**
- Interventions**
- Outputs**
- Results**

The **Evolution of Shoreline Position** section includes:

- Time: Shoreline position after 100h - Final.
- Checkboxes: Closure Depth Line, Breaker Line, Runup Line, Active Profile Enveloping.
- Button: Video with Shoreline Evolution (indicated by a red arrow).

The **Breaking Wave Characteristics** section includes:

- Time: After 100 hours.
- Cross-shore profile number: 501.
- Wave height (m): 2.41.
- Wave direction (°): 82.

The **AutoCAD Result Files** section includes:

- Plant.dxf (Open)
- Cross.dxf (Open)
- Final.dxf (Open)
- Buttons: View Cross-Shore Profiles, Export Results Data to Excel.

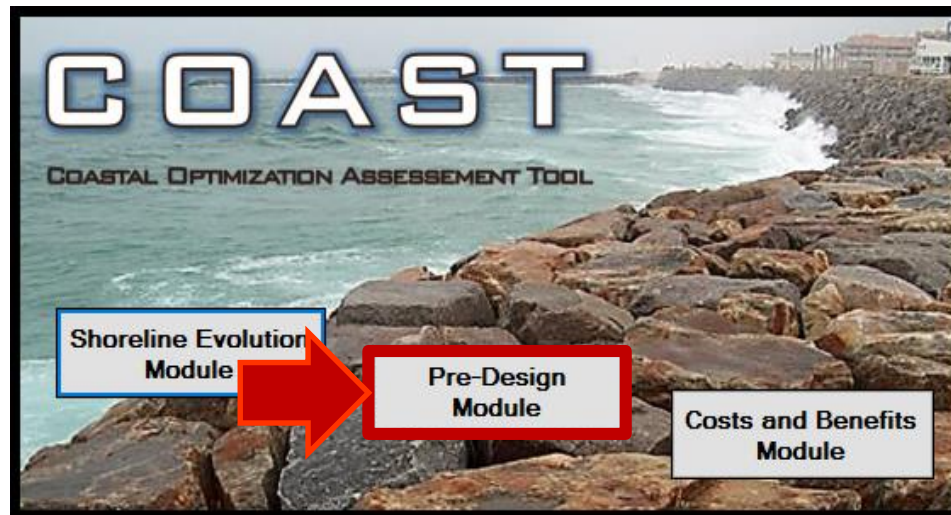
The **Error List** section shows: No errors found during the simulation.

The Microsoft Excel spreadsheet (Book1 - Microsoft Excel) displays the following data:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	79.36701	88.27272	87.35328								
2	79.36701	87.76823	89.46203								
3	79.36701	86.66633	87.84667								
4	79.36701	85.70684	87.45096								
5	79.36701	84.63894	86.44648								
6	79.36701	83.74333	85.55632								
7	79.36701	82.90145	84.60102								
8	79.36701	82.19597	83.94478								
9	79.36701	81.27782	83.29335								
10	79.36701	79.36701	82.47477								
11	79.36701	79.36701	81.99454								
12	79.36701	79.36701	81.4267								
13	79.36701	79.36701	80.76931								
14	79.36701	79.36701	79.36701								
15	79.36701	79.36701	79.36701								
16	79.36701	79.36701	79.36701								

The Excel spreadsheet also shows a red arrow pointing to the **bal** tab in the bottom sheet navigation bar.

COAST – COASTAL OPTIMIZATION ASSESSMENT TOOL



- ✓ Ferramenta de análise do impacto **de intervenções de defesa costeira** para mitigação dos problemas de **erosão**
- ✓ Desenvolvida em linguagem de programação **C#** e composta por **3 módulos**

1.

2.

2.1.

2.2.

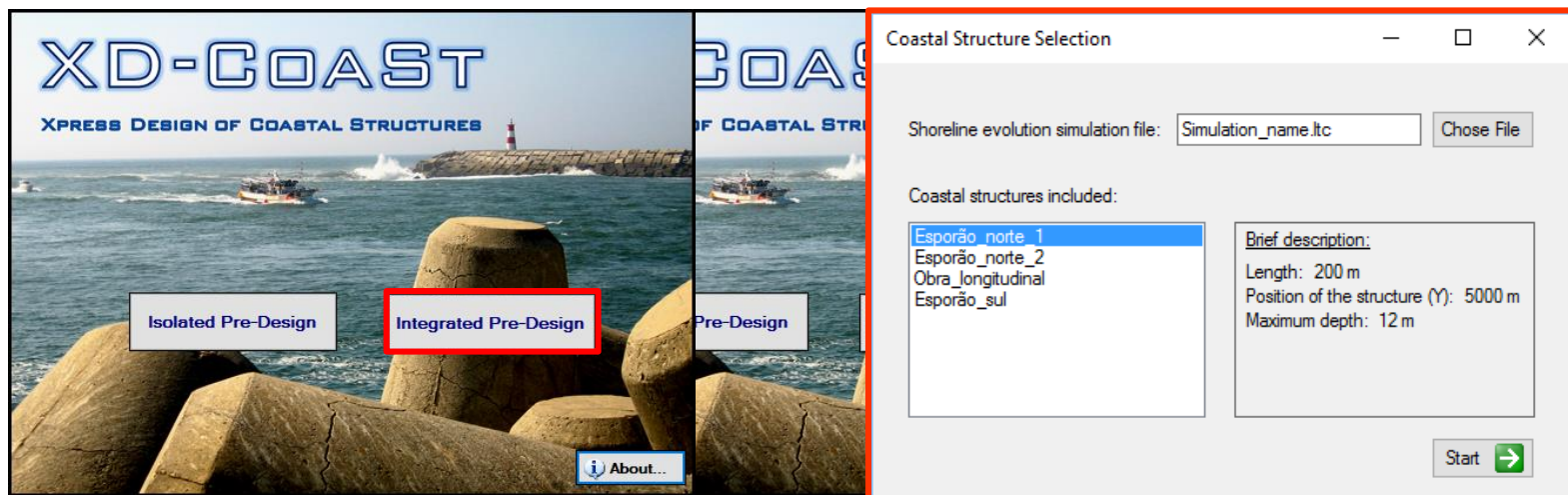
2.3.

3.

4.

MÓDULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Principais mais-valias incorporadas no XD-Coast



- ✓ Estimativa do **volume de material** da estrutura
- ✓ Auxílio à definição da **altura de onda** de projeto
- ✓ Auxílio à definição do **coeficiente de estabilidade**

MODULO DE PR-DIMENSIONAMENTO

The screenshot shows the 'XD-Coast - Xpress Design of Coastal Structures' software window. The title bar includes 'File', 'View', 'Information', and 'Help' menus. The main window title is 'Pre-Design of the Armour Layer Blocks Unit Weight'. Below this, there are two dropdown menus: 'Type of Structure' set to 'Non-Overlapping Structures' and 'Formulation' with a dropdown menu open showing options: 'Hudson - General', 'van der Meer - Rock', and 'van der Meer and Jong - Tetrapods'. The central area contains a tree diagram titled 'SELECT THE TYPE OF STRUCTURE AND FORMULATION:'. The tree has three main branches: 'Non-Overlapping Structures', 'Low-Crested Structures', and 'Submerged Structures'. Under 'Non-Overlapping Structures' are three sub-options: 'Hudson (general)', 'van der Meer (rock)', and 'van der Meer (tetrapods)'. Under 'Low-Crested Structures' is one sub-option: 'van der Meer (rock)'. Under 'Submerged Structures' is one sub-option: 'van der Meer (rock)'. The background of the software window is a photograph of a rocky coastline with a lighthouse in the distance. At the bottom left, it says 'Civil Engineering Department - University of Aveiro'. At the bottom right, it says 'Cross-Section of Coastal Structures Pre-Design'.

- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

MÓDULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO: Hudson (1974)

Design Wave Height

Wave climate defined in the shoreline evolution module: Reading a specific wave climate with **6332 waves** (from Excel file)

Stability Coefficient

View options: Stability coefficient values, Armour layer blocks unit weight (kN)

Localization: Trunk, Head

Material: Rock armour units
Reference: SPM 1977

Armour Unit Shape	Number of layers	Placement	Slope (cot x)	Design Wave	Damage Level	Breaking Waves	Non-Breaking Waves
Smooth, Rounded	2	Random	1.5 - 5.0	H_s	0 - 5%	2.1	2.4
					5 - 10%	-	3.0
	> 3	Random	1.5 - 5.0	H_s	0 - 5%	-	3.6
					5 - 10%	2.8	3.2
1	Random	1.5 - 5.0	H_s	0 - 5%	-	2.9	
				5 - 10%	3.5	4.0	
Rough Angular	2	Random	1.5 - 5.0	H_s	5 - 10%	-	4.9
					10 - 15%	-	6.6
	> 3	Special	1.5 - 5.0	H_s	0 - 5%	3.9	4.5
Parallelepiped	2	Special	-	-	-	-	-

Cross-Section

Amour Layer Blocks Weight (kN):
Crest Elevation (m):
Number of Quanystone:
Layer Coefficient:
Cover Layer Porosity (%):

Diagram: $d = 4$

CEM (2003)
 $H_{rms} = 3.36$ m
 $H_s = 4.80$ m

Goda (1985)
 $H_s = 3.45$ m
 $H_{max} = 7.82$ m

$H_s = 4.58$ m
 $H_{1/10} = 5.61$ m
 $H_{1/20} = 6.12$ m
 $H_{max} = 6.91$ m

Storm duration = 12 hours
 $H_{storm, min} = 5.09$

COAST – COASTAL OPTIMIZATION ASSESSMENT TOOL



- ✓ Ferramenta de análise do impacto **de intervenções de defesa costeira** para mitigação dos problemas de **erosão**
- ✓ Desenvolvida em linguagem de programação **C#** e composta por **3 módulos**

1.

2.

2.1.

2.2.

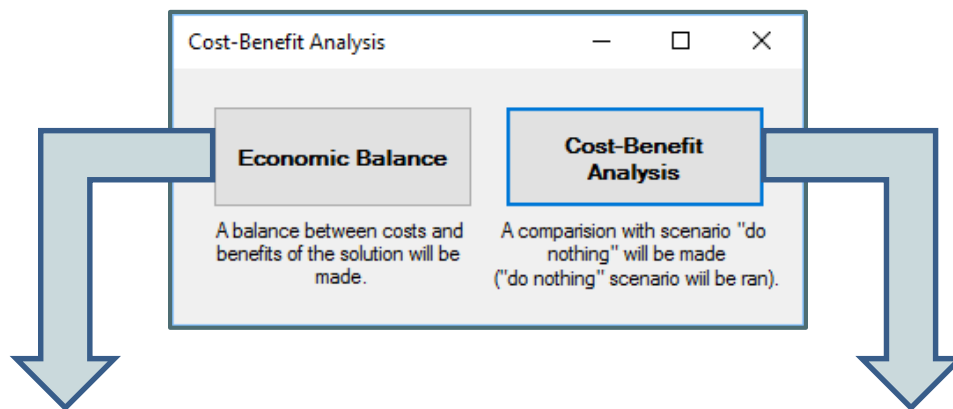
2.3.

3.

4.

MÓDULO DE CUSTO-BENEFÍCIO

Definição do tipo de análise



O cenário de “não intervenção” é também simulado

Áreas ganhas e áreas perdidas calculadas por comparação da **linha de costa do horizonte temporal** em análise, com a **linha de costa do ano 0**

Áreas ganhas e áreas perdidas calculadas por comparação da **linha de costa do cenário em análise** num determinado instante de tempo, com a **linha de costa do cenário de “não intervenção”** no mesmo instante de tempo

- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

MÓDULO DE CUSTO-BENEFÍCIO

Cost-benefit analysis

Shoreline evolution simulation file: Simulation_

Resulted areas

Total accretion area: 42 297 m²

Total erosion area: m²

Consider same values for

Coastal interventions included

Erosion land zones definition

Spatial domain zones definition

Zone 1
Zone 2
Zone 3
Zone 4
Zone 5

Erosion land zones definition

Land vertical zone: Zone 4

Range vertical limit: 2000 m to 3000 m

Zone 4.1
Zone 4.2
Zone 4.3

New
Edit
Clear

Range vertical limit

Land zone: Zone 4.2

Range vertical limit: 2000 m to 3000 m

Range limit:	Lower	Upper
Coordinate	255	260
Distance	4000	4100

Land value (year 0): 20 €/m²/year

Value along the time: Evolution rate

Land evolution rate: -3 %

Coordinates

X: 5630.5
Y: 3654.4
Z: -31.14
Units: meters

View Options

View Interventions
 View contour lines
 View shoreline

Done

- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

MÓDULO DE CUSTO-

Costs definition - Transversal defense works

Structure name: Esporão_norte_1 (Length = 200 m) Type of Structure: Transversal defense work Condition: New

Construction costs					Maintenance costs	
Trunk	Blocks Unit Weight (kN)	Volume (m3)	Unit cost (€/m3)	Total cost (€)	Trunk	
					Maintenance (years):	5
					Percent of construction cost	200 000 Percent (%): 5
					Maintenance (years):	2
					Fixed value	100 000 Percent (%): 10
					Frequency of maintenance (years):	5
					Maintenance cost:	Percent of construction cost
					Fixed value (€):	200 000 Percent (%): 5
					Other construction costs (€):	0.00
					Overtopping unit cost (€):	0.00
					Overtopping events (per year):	0
					Other maintenance costs (€/year):	0.00
233 420.00					63 224.80 €/year	

Construction costs: 233 420.00 € Maintenance costs: 2 334.20 €/year

Costs definition - Longitudinal defense works

Structure name: Obra_longitudinal (Length = 100 m) Type of Structure: Longitudinal defense work Condition: New

	Blocks Unit Weight (kN)	Volume (m3)	Unit cost (€/m3)	Total cost (€)
Amour layer material	10.0	7 316	20.00	146 320.00
Underlayer material	1.0	2 945	15.00	44 175.00
Filter material	0.05	877	10.00	8 770.00
Core material	0.003	6 831	5.00	34 155.00
				233 420.00

Other construction costs (€):

Construction costs: 233 420.00 €

Esporão_norte_2

Obra_longitudinal

Brief description

Length: 200 m

Position of the structure (Y): 5000 m

Maximum depth: 4.63 m

- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

MÓDULO DE CUSTO-BENEFÍCIO

Cost-benefit analysis

Shoreline evolution simulation file: Simulation_name.ltc

Simulation time: 10 years

Monetary values update: Evolution rate

Time discount rate: 3 %

Results:

Year	Total costs (€)	Total benefits (€)	Updated costs (€)	Updated benefits (€)
0	4 708 320.00	0.00	4 708 320.00	0.00
1	0.00	237 291.39	0.00	230 379.99
2	100 000.00	417 113.40	94 259.59	623 549.38
3	0.00	613 483.04	0.00	1 184 973.26
4	100 000.00	812 095.58	88 848.70	1 1906 509.66
5	77 795.00	952 332.30	67 106.65	2 727 999.87

Total costs after 10 years: 5 253 520.47 €

Total benefits after 10 years: 7 696 663.31 €

VAL₁₀ = 2.443 M€

RBC₁₀ = 1.47

Scenario "do nothing" results

		Interventions maintenance costs
Total accretion area	500 m ²	
Total erosion area	580 000 m ²	1 000 000 €

Coordinates: X: 5630.5, Y: 3654.4, Z: -31.14. Units: meters

Scale Information: Scale X: 0.39, Scale Y: 0.39, Scale Ratio: Auto

View Options: View Interventions, View contour lines, View shoreline, View painted regions

Simulation_name Scenario "do nothing"

Save

- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.



Aplicação da COAST



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

CASO DE ESTUDO HIPOTETICO

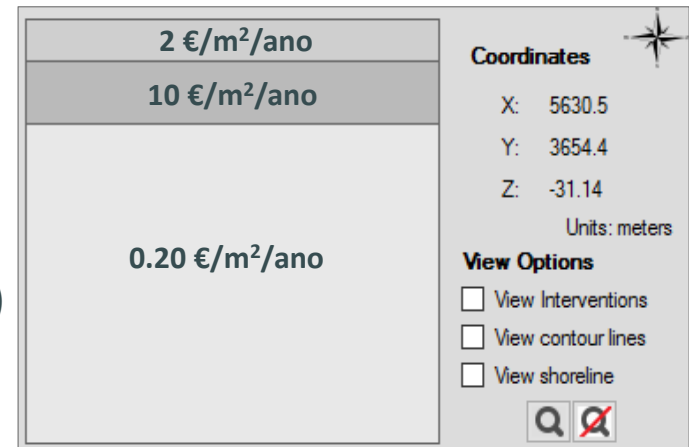
Objetivos

- ✓ Versatilidade e potencialidades da COAST
- ✓ Impacto da **incerteza** associada à definição de determinados **parâmetros** no desempenho **físico** e **económico** das soluções

20 anos de simulação

Domínio de cálculo

- ✓ Batimetria e topografia regulares
- ✓ Clima de agitação constante ($H_0 = 2$ m e $\alpha_0 = 10^\circ$)
- ✓ 3 zonas de território de valor distinto



Análise custo-benefício

Cenário de referência



Cenário de “não intervenção”

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

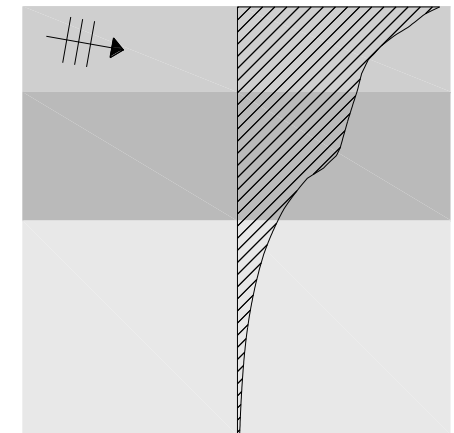
3.

4.

CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Aplicação da COAST:

- ✓ Máximo recuo da linha de costa: **236 m**
- ✓ Área total de erosão: **37 ha**
- ✓ Perda económica: **12 milhões €** ($r = 3\%$)



20 anos

Propostas de mitigação do problema de erosão costeira identificado:

- 1) Cenários com **esporão**
- 2) Cenários com **obra longitudinal aderente**
- 3) Cenários com **alimentação artificial de praia**
- 4) Cenários com **transposição artificial de areia**

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

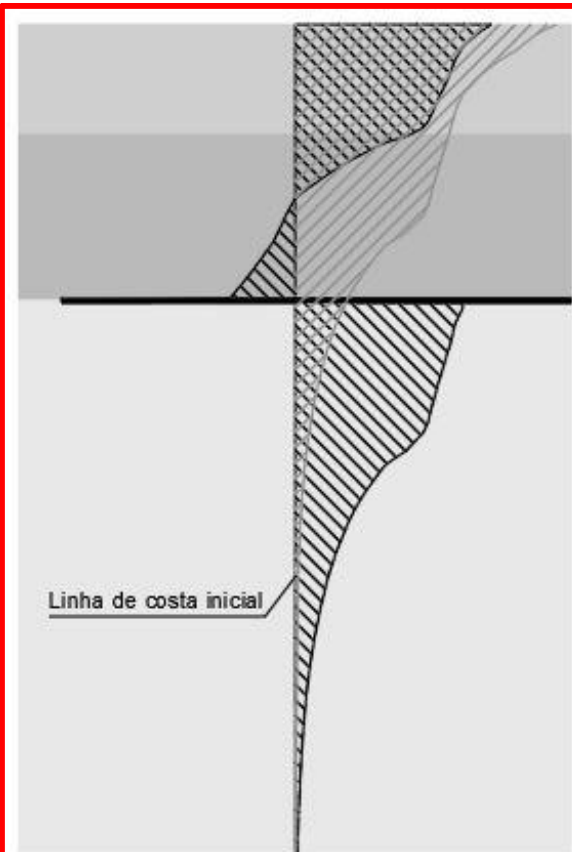
4.

CENÁRIO BASE DO ESPORÃO

- ✓ Esporão com **200 m** de comprimento, no **limite inferior** da zona urbanizada
- ✓ **Investimento inicial**: cerca de **1.5 milhões €**
- ✓ **Investimento total**: cerca de **3.6 milhões €**

Aplicação da COAST:

- ✓ Máximo recuo da linha de costa: **177 m (-59 m)**
- ✓ Área de acreção/erosão: **2.4 ha / 43.2 ha (Balanço -4 ha)**
- ✓ $RBC_{20} = 3.31$ $VAL_{20} = 8.3$ **milhões de euros**
- ✓ Equilíbrio do investimento: após **7 anos** de simulação



Cenário Base Esporão
(20 anos)

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

- i. Agitação marítima
- ii. Batimetria
- iii. Comprimento
- iv. Localização
- v. Campos de esporões
- vi. Valor do território
- vii. Taxa de desconto

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

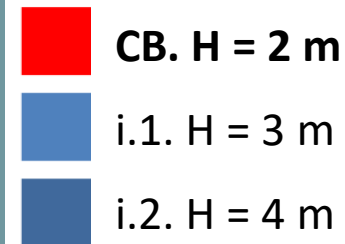
4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

i. Agitação marítima

- ii. Batimetria
- iii. Comprimento
- iv. Localização

- v. Campos de esporões
- vi. Valor do território
- vii. Taxa de desconto



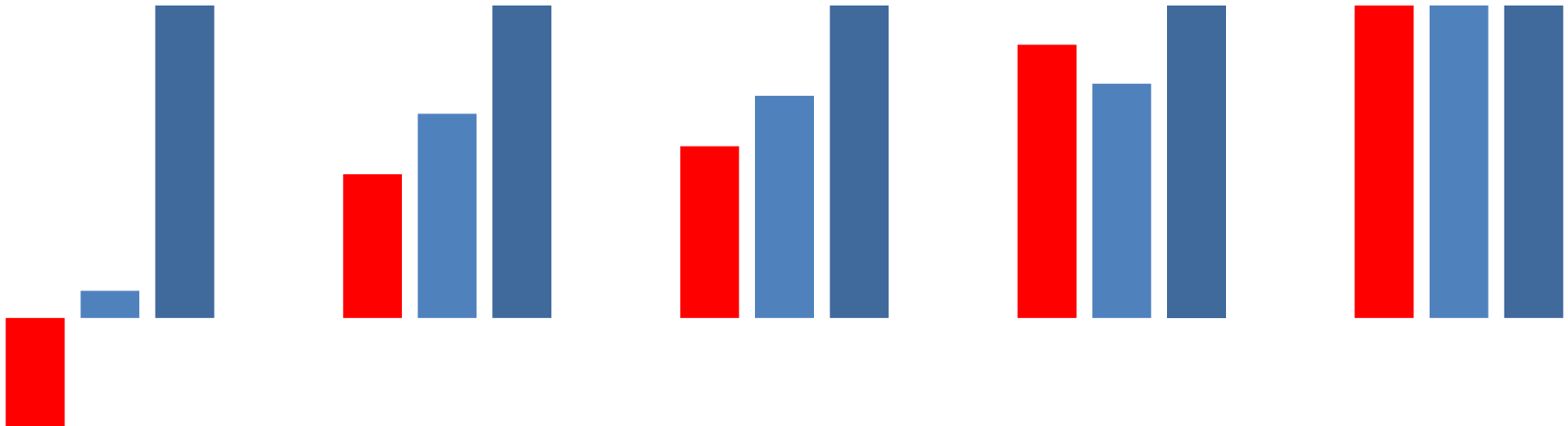
Balanço de área (m²)

VAL (€)

RBC (-)

Break-even (anos)

Custo inicial (€)



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

i. Agitação marítima

ii. **Batimetria**

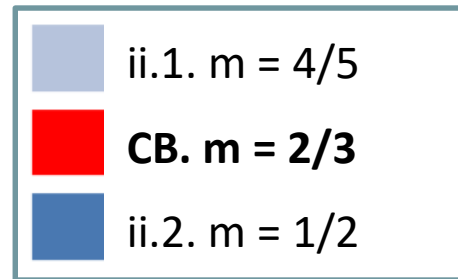
iii. Comprimento

iv. Localização

v. Campos de esporões

vi. Valor do território

vii. Taxa de desconto



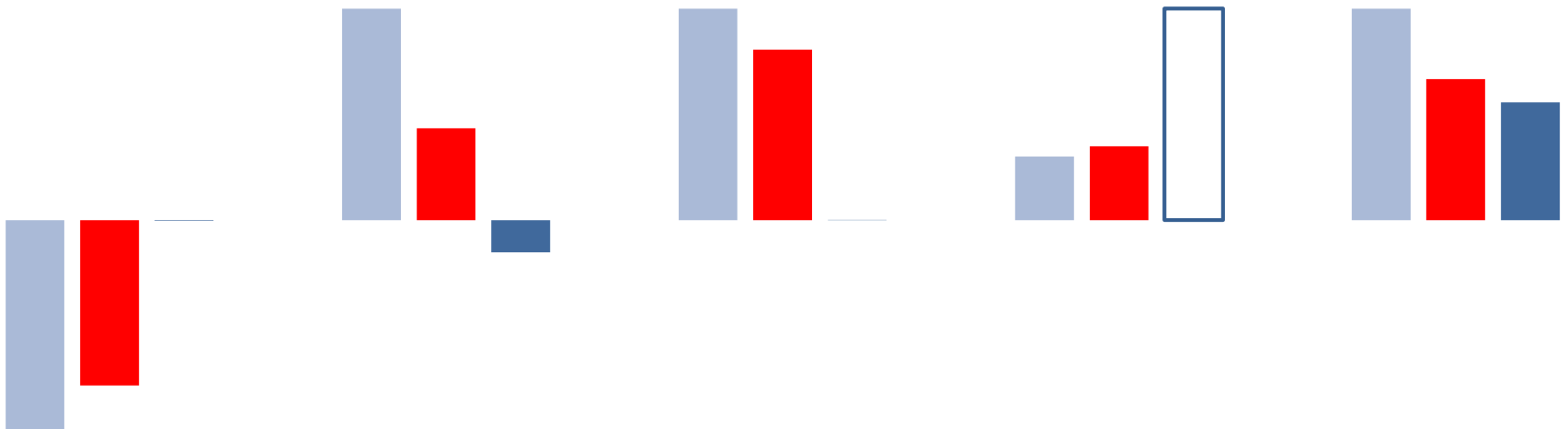
Balanço de área (m²)

VAL (€)

RBC (-)

Break-even (anos)

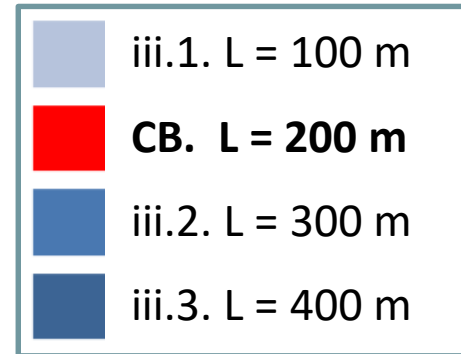
Custo inicial (€)



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

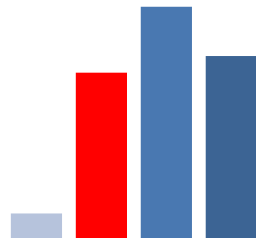
- i. Agitação marítima
- ii. Batimetria
- iii. Comprimento**
- iv. Localização
- v. Campos de esporões
- vi. Valor do território
- vii. Taxa de desconto



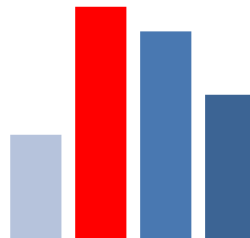
Balanço de área (m²)



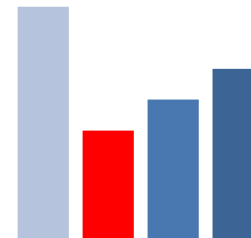
VAL (€)



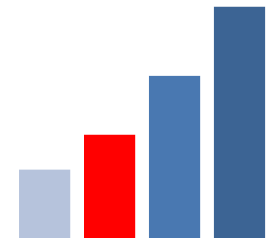
RBC (-)



Break-even (anos)



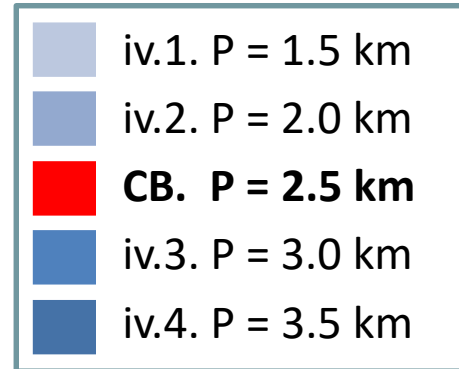
Custo inicial (€)



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

- i. Agitação marítima
- ii. Batimetria
- iii. Comprimento
- iv. Localização**
- v. Campos de esporões
- vi. Valor do território
- vii. Taxa de desconto



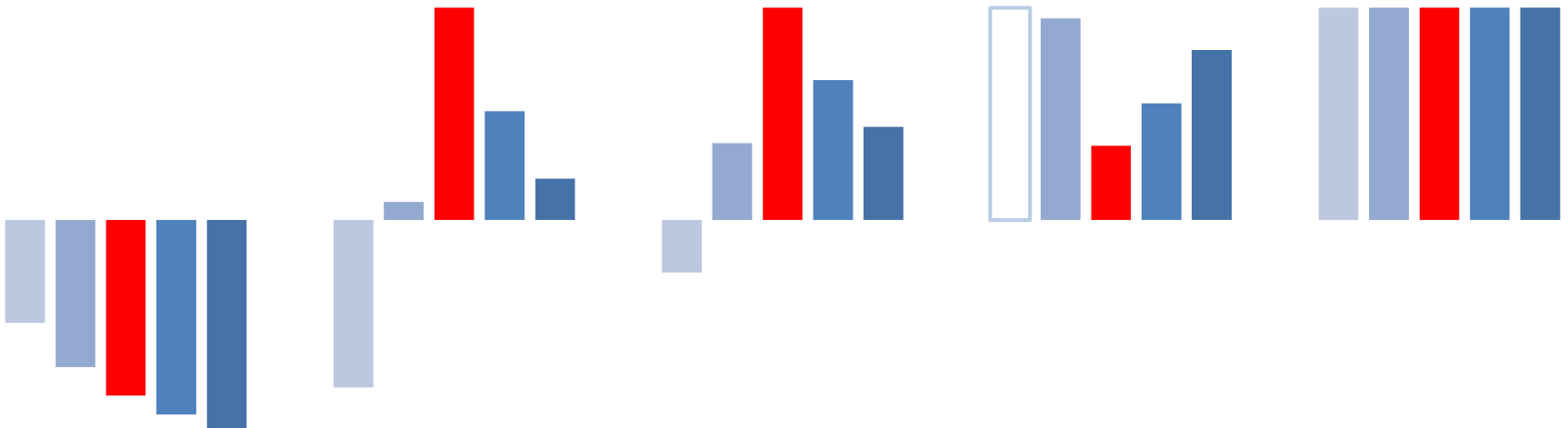
Balanço de área (m²)

VAL (€)

RBC (-)

Break-even (anos)

Custo inicial (€)



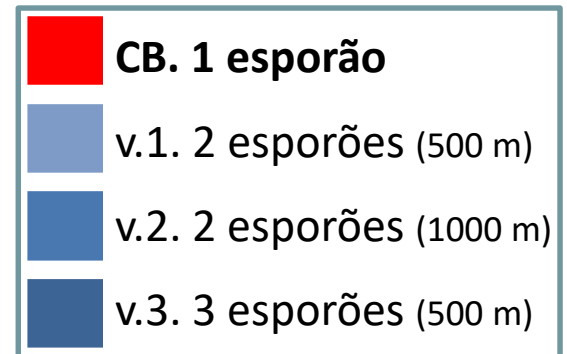
- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

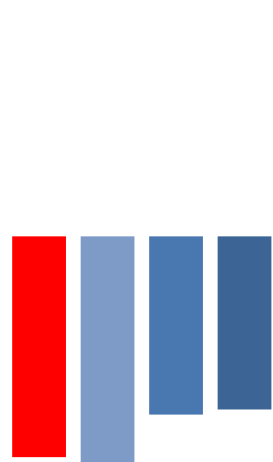
- i. Agitação marítima
- ii. Batimetria
- iii. Comprimento
- iv. Localização

v. Campos de esporões

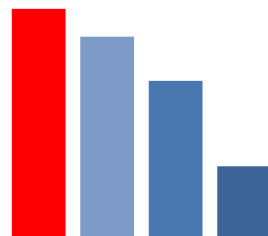
- vi. Valor do território
- vii. Taxa de desconto



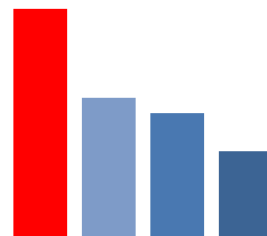
Balanço de área (m²)



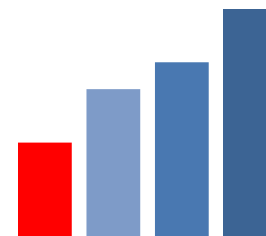
VAL (€)



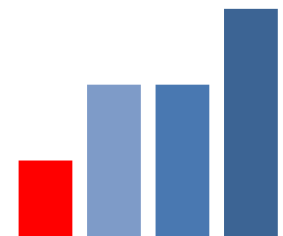
RBC (-)



Break-even (anos)



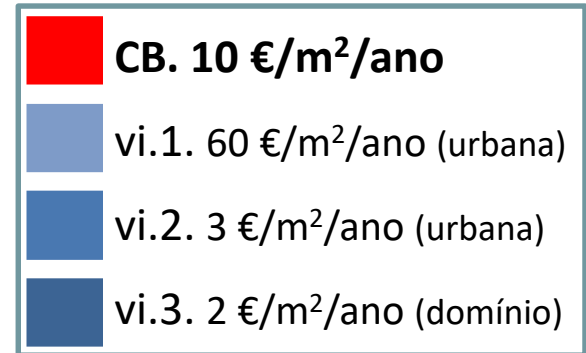
Custo inicial (€)



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

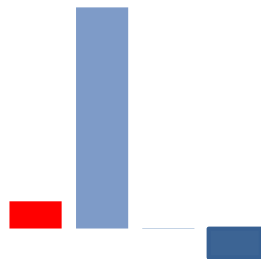
- i. Agitação marítima
- ii. Batimetria
- iii. Comprimento
- iv. Localização
- v. Campos de esporões
- vi. Valor do território**
- vii. Taxa de desconto



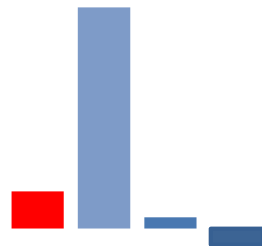
Balanço de área (m²)



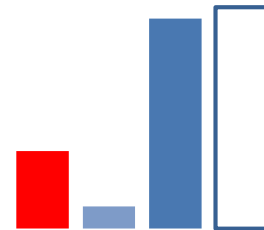
VAL (€)



RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)



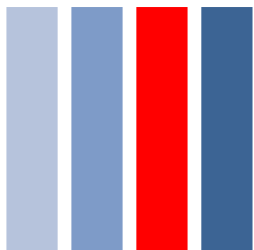
- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPORÃO

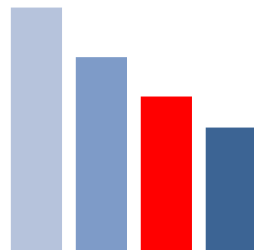
- i. Agitação marítima
- ii. Batimetria
- iii. Comprimento
- iv. Localização
- v. Campos de esporões
- vi. Valor do território
- vii. Taxa de desconto**

■	vii.1. $r = 0.0\%$
■	vii.2. $r = 1.5\%$
■	CB. $r = 3.0\%$
■	vii.3. $r = 4.5\%$

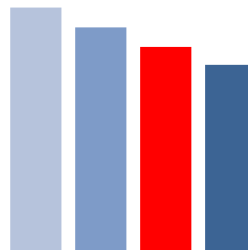
Balanço de área (m²)



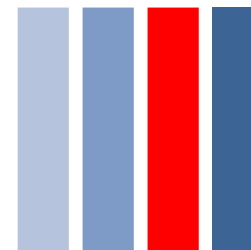
VAL (€)



RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)



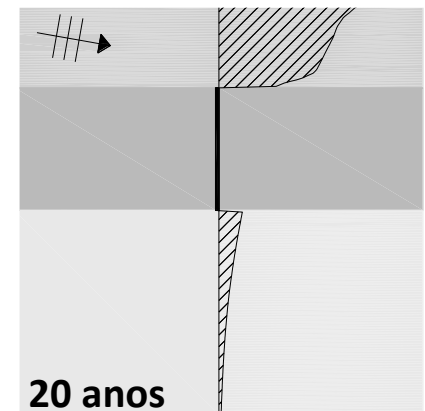
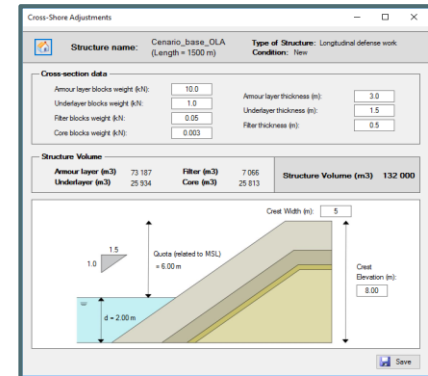
- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

CENÁRIO BASE DA OBRA LONGITUDINAL ADERENTE

- ✓ Obra aderente com **1500 m** de comprimento, ao longo da extensão da zona urbanizada
- ✓ **Investimento inicial:** cerca de **2.0 milhões €**
- ✓ **Investimento total:** cerca de **3.8 milhões €**

Aplicação da COAST:

- ✓ Máximo recuo da linha de costa: **169 m (-67 m)**
- ✓ Área de acreção/erosão: **0 ha / 17 ha (Balanço +20 ha)**
- ✓ $RBC_{20} = 2.34$ $VAL_{20} = 5.1$ milhões de euros
- ✓ Equilíbrio do investimento: após **13 anos** de simulação



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA OBRA ADERENTE

- i. Comprimento
- ii. Cota de coroamento
- iii. Obra aderente a sul do esporão

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA OBRA ADERENTE

i. Comprimento

- ii. Cota de coroamento
- iii. Obra aderente a sul do esporão

- i.1. L = 500 m
- i.2. L = 1000 m
- CB. L = 1500 m

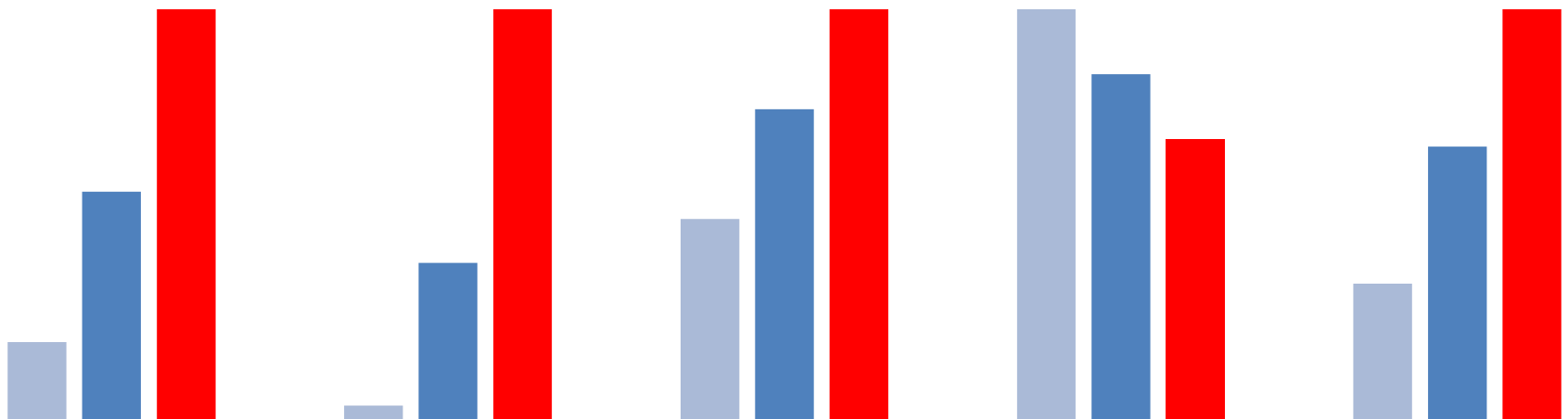
Balanço de área (m²)

VAL (€)

RBC (-)

Break-even (anos)

Custo inicial (€)



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

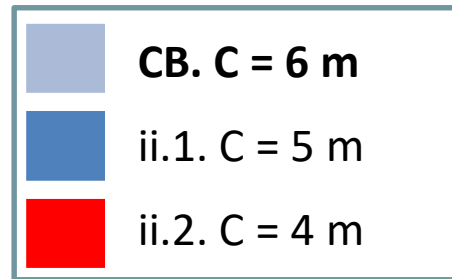
4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA OBRA ADERENTE

i. Comprimento

ii. Cota de coroamento

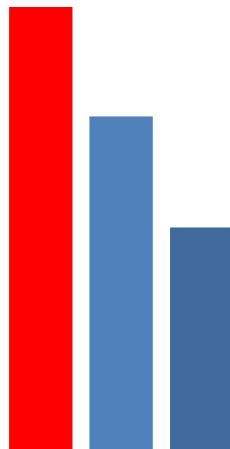
iii. Obra aderente a sul do esporão



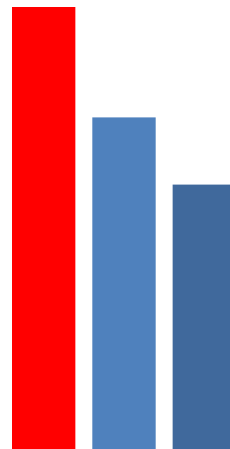
Balanço de área (m²)



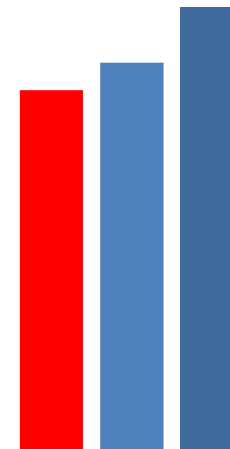
VAL (€)



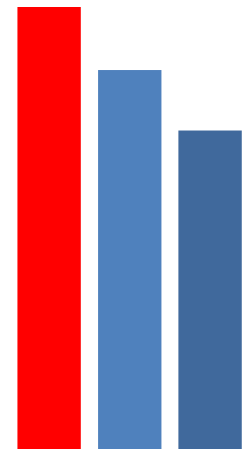
RBC (-)



Break-even (anos)



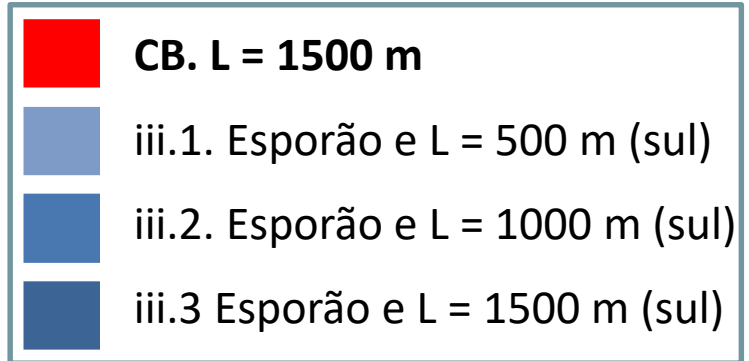
Custo inicial (€)



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA OBRA ADERENTE

- i. Comprimento
- ii. Cota de coroamento
- iii. Obra aderente a sul do esporão**



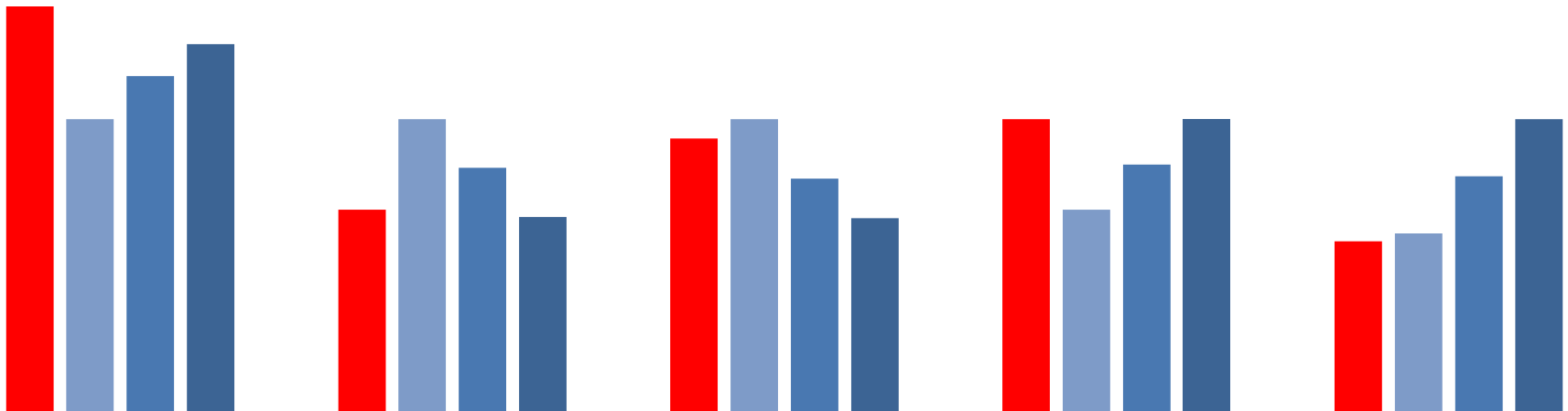
Balanco de área (m²)

VAL (€)

RBC (-)

Break-even (anos)

Custo inicial (€)



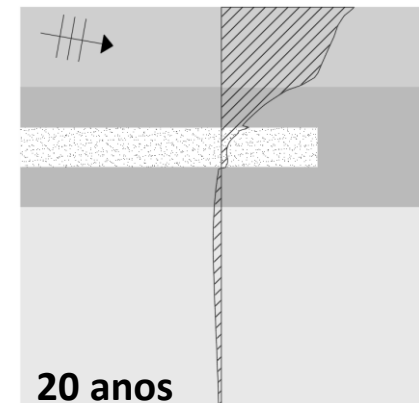
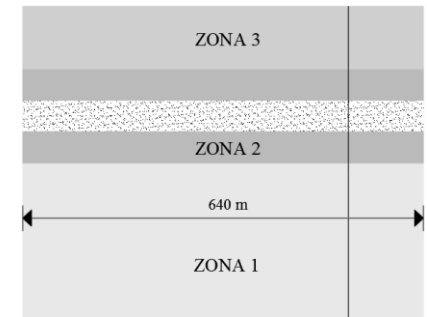
- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

CENÁRIO BASE DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIA

- ✓ Alimentação artificial com **1 milhão de m³**, de **5 em 5 anos** (extensão de 500 m)
- ✓ **Investimento inicial: de 2.0 milhões €**
- ✓ **Investimento total: cerca de 6.5 milhões €**

Aplicação da COAST:

- ✓ Máximo recuo da linha de costa: **165 m (-71 m)**
- ✓ Área de acreção/erosão: **2.5 ha / 16.6 ha** (Balanço **+23 ha**)
- ✓ $RBC_{20} = 1.73$ $VAL_{20} = 4.7$ **milhões de euros**
- ✓ Equilíbrio do investimento: após **13 anos** de simulação



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL

- i. Extensão
- ii. Localização
- iii. Frequência
- iv. Volume
- v. Custo unitário do material

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

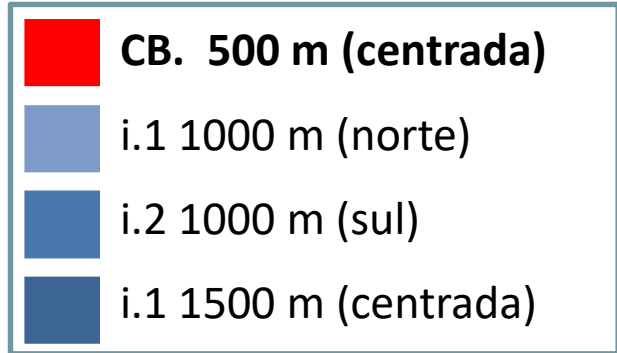
3.

4.

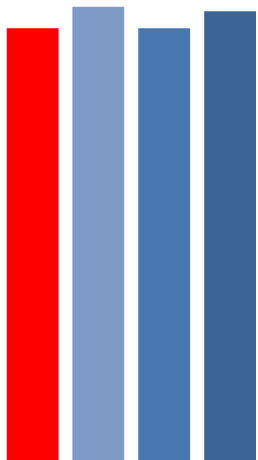
INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL

- i. **Extensão**
- ii. Localização
- iii. Frequência

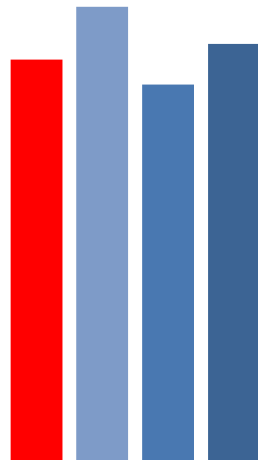
- iv. Volume
- v. Custo unitário do material



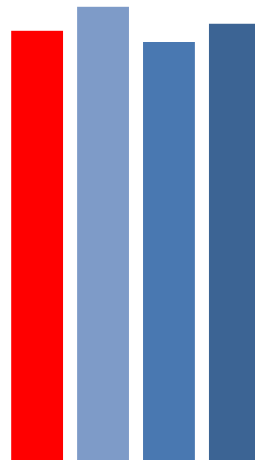
Balanço de área (m²)



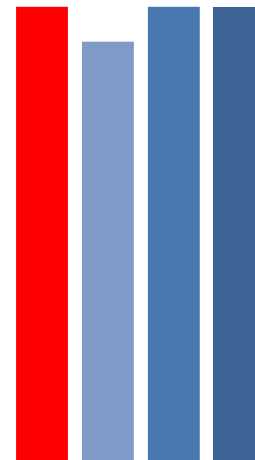
VAL (€)



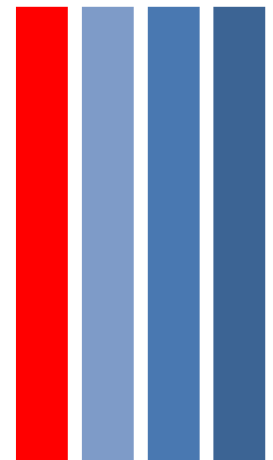
RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL

i. Extensão

ii. **Localização**

iii. Frequência

iv. Volume

v. Custo unitário do material



ii.1. 500 m para norte

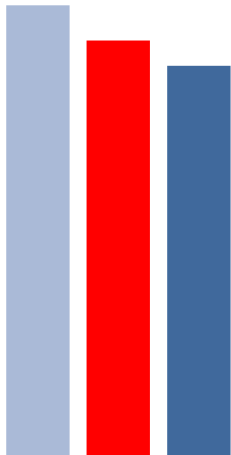


CB. Centrada



ii.2. 500 m para sul

Balanço de área (m²)



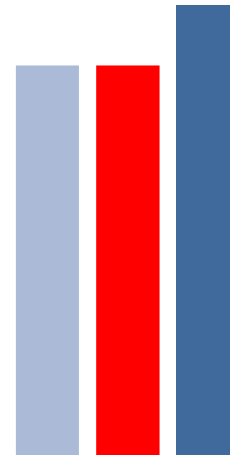
VAL (€)



RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

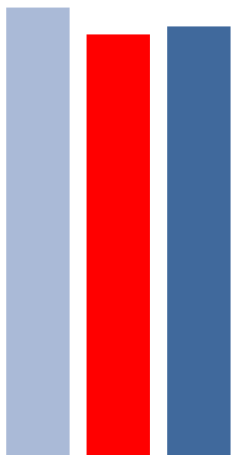
4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL

- i. Extensão
- ii. Localização
- iii. Frequência**
- iv. Volume
- v. Custo unitário do material

- iii.1. 400 mil m³ (2 em 2 anos)
- CB. 1 milhão m³ (5 em 5 anos)**
- iii.2. 2 milhões m³ (10 em 10 anos)

Balanço de área (m²)



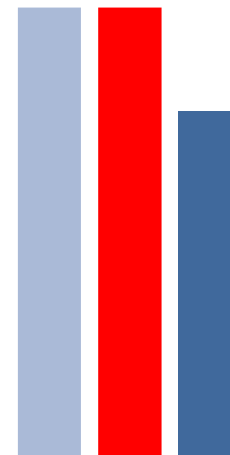
VAL (€)



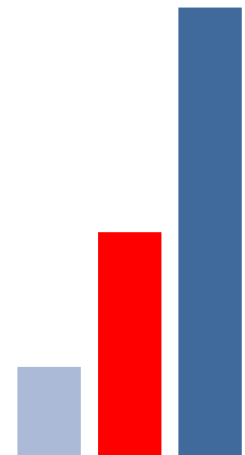
RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)

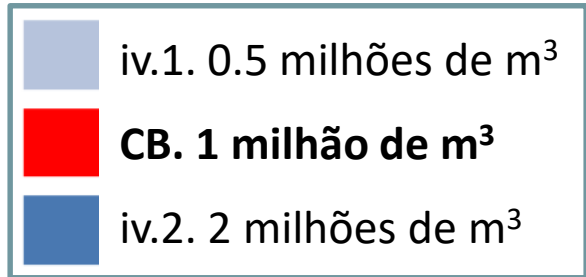


- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

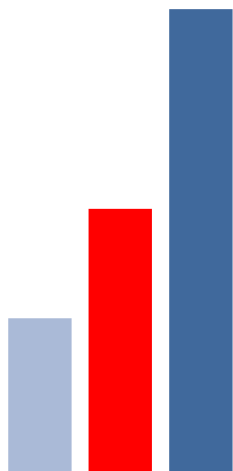
INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL

- i. Extensão
- ii. Localização
- iii. Frequência

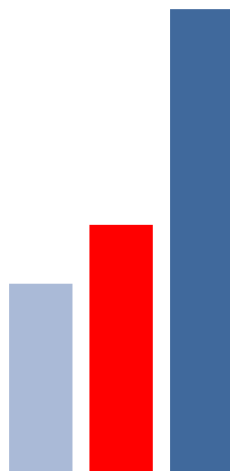
- iv. Volume**
- v. Custo unitário do material



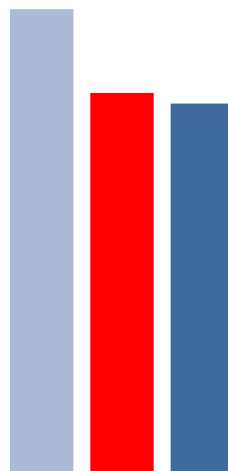
Balanço de área (m²)



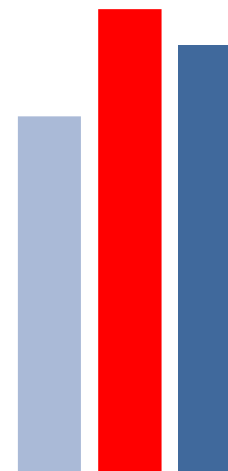
VAL (€)



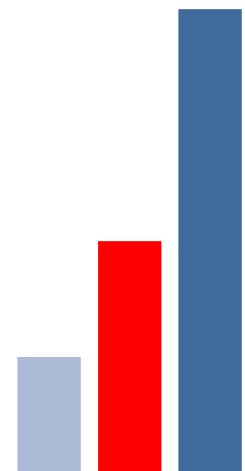
RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)



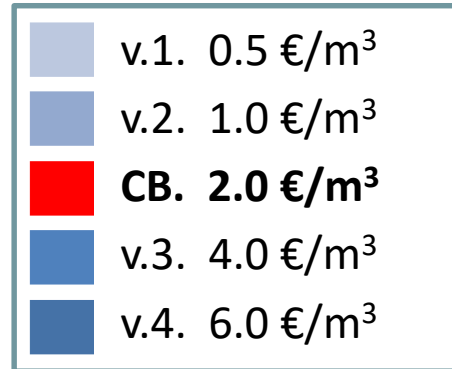
- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL

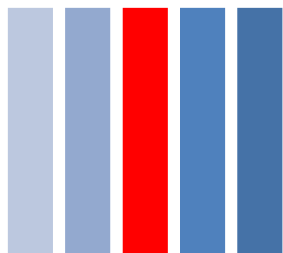
- i. Extensão
- ii. Localização
- iii. Frequência

iv. Volume

v. **Custo unitário do material**



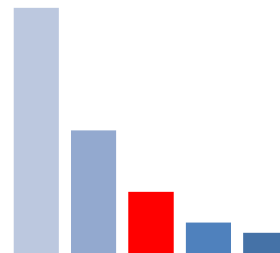
Balanço de área (m²)



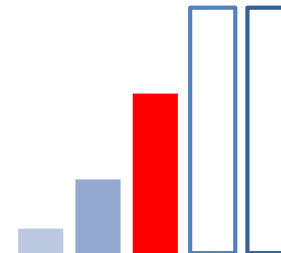
VAL (€)



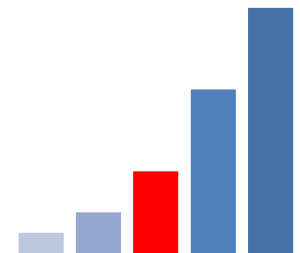
RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)



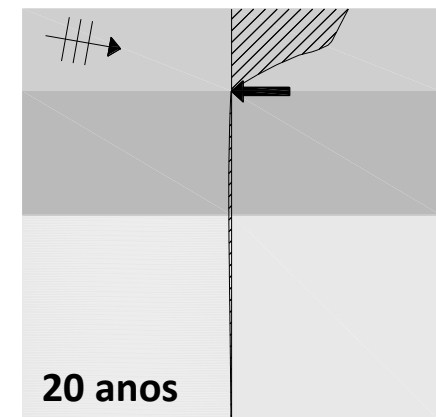
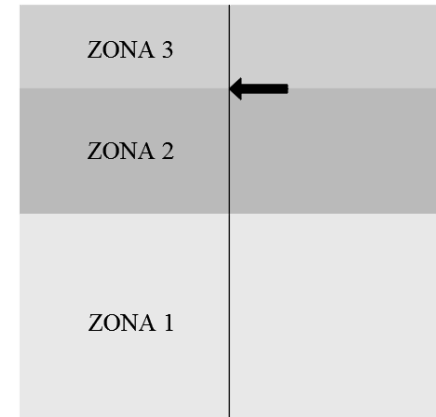
- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

CENÁRIO BASE DA TRANSPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE AREIA

- ✓ Sistema contínuo de transposição artificial de areias com (25 m³/hora) no limite superior da zona urbanizada
- ✓ Investimento inicial: de 3.0 milhões €
- ✓ Investimento total: cerca de 6.3 milhões €

Aplicação da COAST:

- ✓ Máximo recuo da linha de costa: 140 m (-96 m)
- ✓ Área de acreção/erosão: 1.0 ha / 8.4 ha (Balanço +30 ha)
- ✓ $RBC_{20} = 1.89$ $VAL_{20} = 5.6$ milhões de euros
- ✓ Equilíbrio do investimento: após 13 anos de simulação



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA TRANSPOSIÇÃO ARTIFICIAL

- i. Posição
- ii. Caudal sedimentar
- iii. Custo de investimento
- iv. Custo unitário do material

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA TRANSPOSIÇÃO ARTIFICIAL

i. Posição

- ii. Caudal sedimentar
- iii. Custo de investimento
- iv. Custo unitário do material

- i.1. 500 m da fronteira norte
- CB. 1000 m da fronteira norte

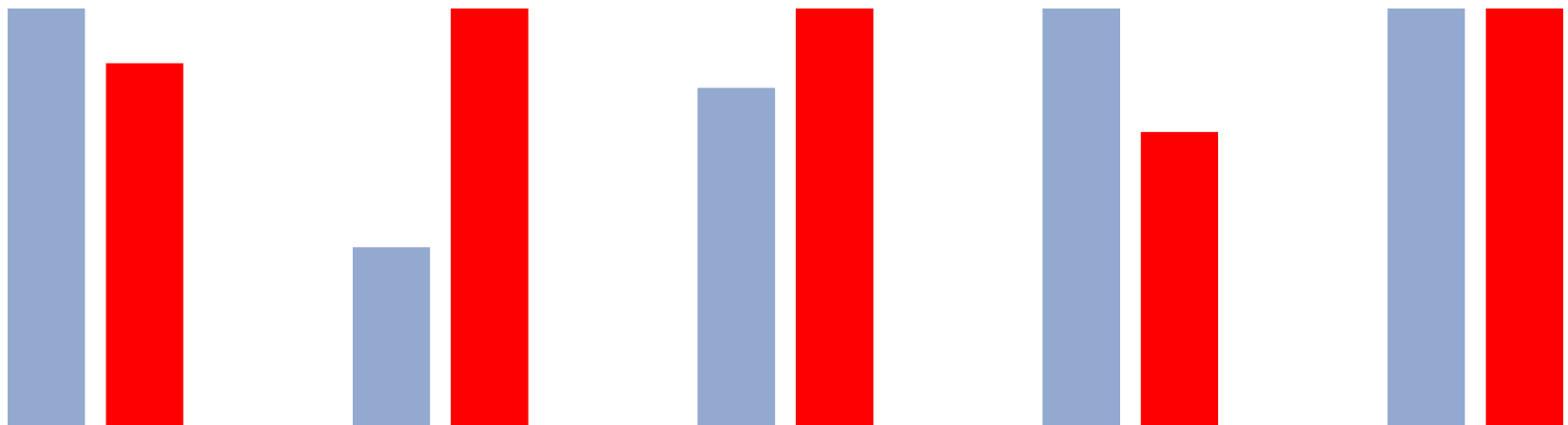
Balanço de área (m²)

VAL (€)

RBC (-)

Break-even (anos)

Custo inicial (€)



1.

2.

2.1.

2.2.

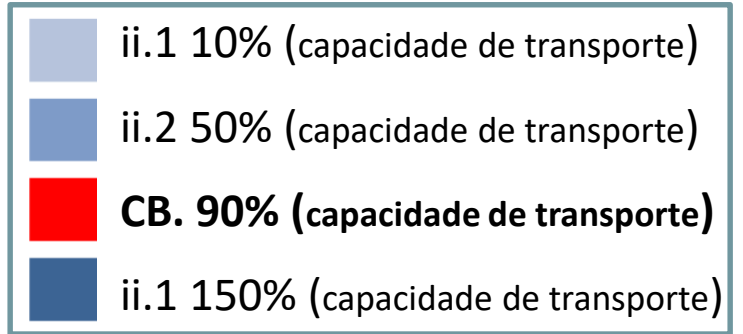
2.3.

3.

4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA TRANSPOSIÇÃO ARTIFICIAL

- i. Posição
- ii. Caudal sedimentar**
- iii. Custo de investimento
- iv. Custo unitário do material



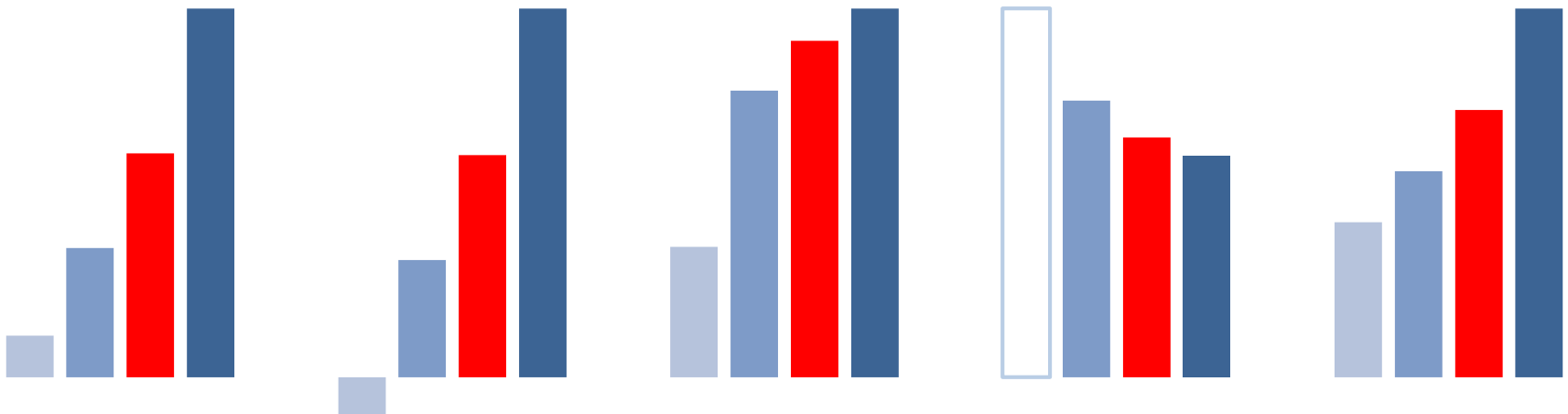
Balanço de área (m²)

VAL (€)

RBC (-)

Break-even (anos)

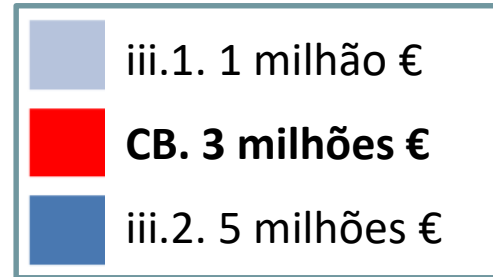
Custo total (€)



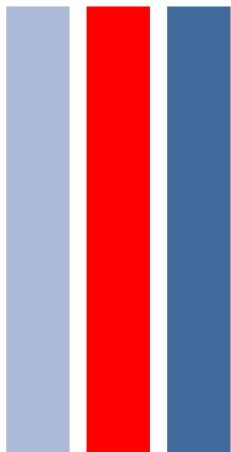
- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DA TRANSPOSIÇÃO ARTIFICIAL

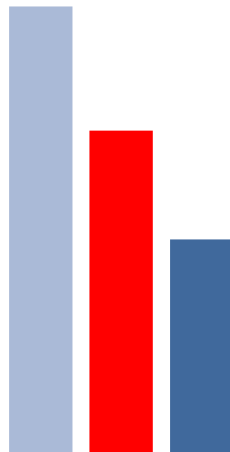
- i. Posição
- ii. Caudal sedimentar
- iii. Custo de investimento**
- iv. Custo unitário do material



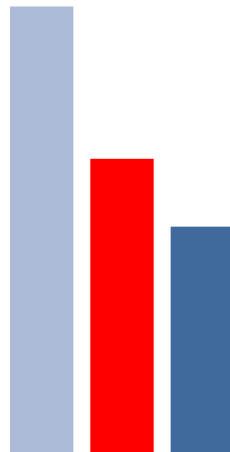
Balanço de área (m²)



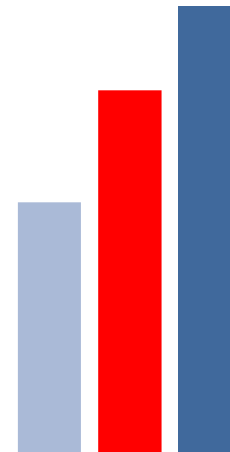
VAL (€)



RBC (-)



Break-even (anos)



Custo inicial (€)

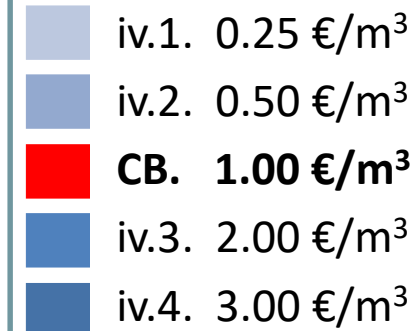


- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

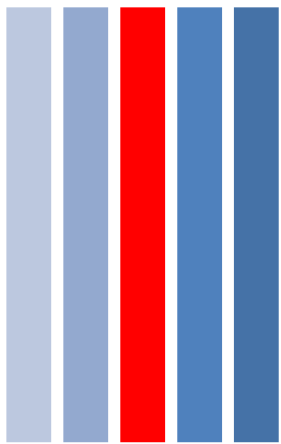
INFLUENCIA DAS CARACTERISTICAS DA TRANSPOSICAO ARTIFICIAL

- i. Posicao
- ii. Caudal sedimentar
- iii. Custo de investimento

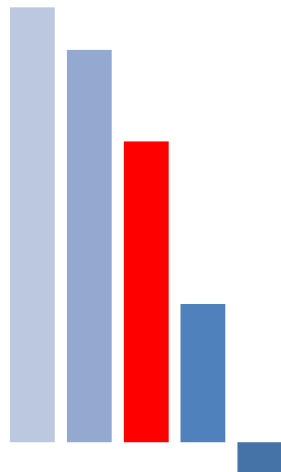
iv. Custo unitario do material



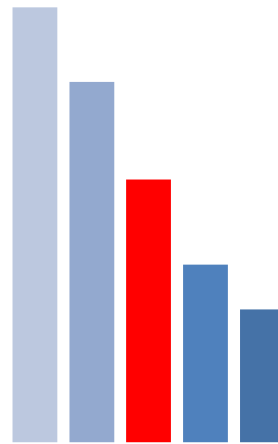
Balanço de área (m²)



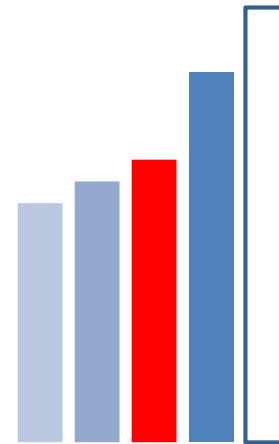
VAL (€)



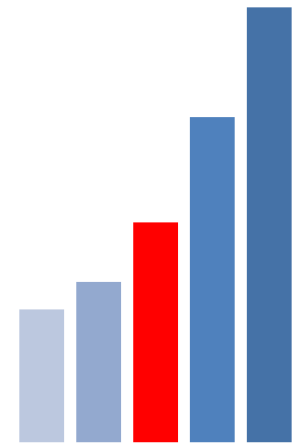
RBC (-)



Break-even (anos)



Custo total (€)



- 1.
- 2.
- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 3.
- 4.

COMPARAÇÃO FÍSICA DOS CENÁRIOS BASE

	Proteção da zona urbanizada	Recuo na fronteira norte (m)	Balanço (ha)
Cenário de referência	-	236	-
Esporão (CB)	parcial	177	-4
Obra longitudinal aderente (CB)	total	169	20
Alimentação artificial de praia (CB)	parcial	165	23
Transposição artificial de areia (CB)	total	140	30

- ✓ **Redução da área perdida** ao longo do tempo (à exceção do CB do esporão). No entanto, em todos os cenários base, ao fim de 20 anos, **há perdas de território em relação ao instante inicial** de simulação, **independentemente do investimento realizado**

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

COMPARAÇÃO ECONÓMICA DOS CENÁRIOS BASE

	$VAL_{20\text{ anos}}$ (M€)	Investimento inicial (€)	Investimento total (€)	Retorno (anos)
Cenário de referência	- 12.0	-	-	-
Esporão (CB)	+ 8.3	1.5	3.6	7
Obra longitudinal aderente (CB)	+ 5.1	2.0	3.8	13
Alimentação artificial de praia (CB)	+ 4.7	2.0	6.5	13
Transposição artificial de areia (CB)	+ 5.6	3.0	6.3	13

- ✓ Solução com esporão é a economicamente mais atraente (apresenta o maior VAL, o maior RBC, o menor custo de investimento inicial e total e é a solução que mais rapidamente atinge o ponto de equilíbrio)

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

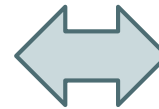
3.

4.

NOTAS FINAIS DA APLICAÇÃO DA COAST

CENÁRIO BASE
ESPORÃO

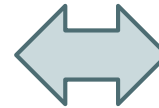
Solução com melhor
desempenho
económico



Solução que promove
maiores perdas de
território

CENÁRIO BASE
TRANSPOSIÇÃO
ARTIFICIAL DE AREIAS

Solução que promove
menores perdas de
território



Uma das soluções
menos atraentes
economicamente

- ✓ Escolha da **melhor solução de intervenção** é uma decisão **complexa**
- ✓ Importância da definição do **objetivo** da intervenção: físico, económico ou ambos
- ✓ Conjugação de fatores **físicos, económicos, sociais, culturais, ambientais**, etc.

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

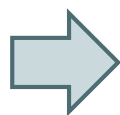
3.

4.

NOTAS FINAIS DA APLICAÇÃO DA COAST

- ✓ O estudo das **características** de cada *CB* (comprimento, extensão, localização, altura, frequência, volume, etc.) indica que, com o **mesmo investimento**, podem ser conseguidas **melhorias** ao nível do **desempenho físico e económico** das soluções
- ✓ Dos **54 cenários** testados, **32** correspondem à avaliação das **características das intervenções**, e os restantes, a características dos locais e custos. Dos **32 cenários**, **30** são economicamente vantajosos, mas verificam-se perdas de território em **28** deles
- ✓ Resultados são **válidos** para as **condições hipotéticas** estabelecidas nas análises

Tendência de perda de território ao longo do tempo



- ✓ Solução menos negativa **fisicamente**
- ✓ Solução **economicamente** mais favorável

1.

2.

2.1.

2.2.

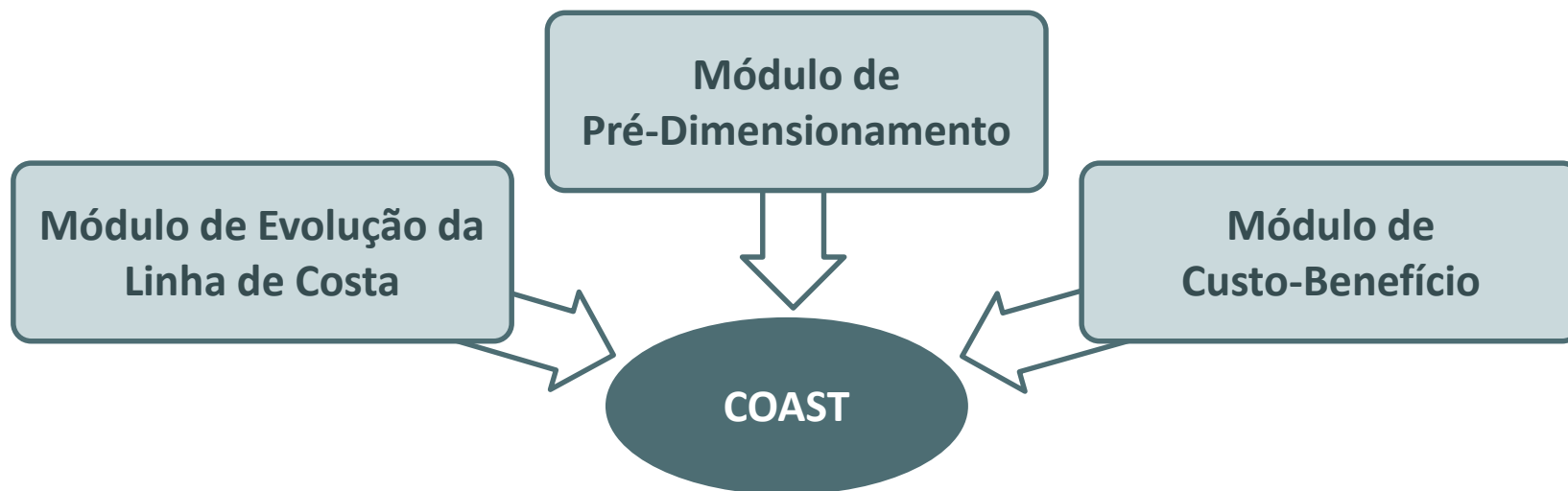
2.3.

3.

4.

CONCLUSÕES

- ✓ Desenvolvimento de uma ferramenta numérica de **análise e otimização de intervenções de defesa costeira**



- ✓ Importante para **sustentar e auxiliar** as entidades responsáveis nas opções estratégicas adotadas para a **gestão do litoral**

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.



Aplicabilidade da COAST ao Mercado de Trabalho



1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

R5 CONSULTING ENGINEERS



- ✓ Empresa de projeto e consultoria, sólida no mercado há já mais de 10 anos.
- ✓ Equipa multidisciplinar e integrada.



- ✓ **Spin-off** na área das energias renováveis (desde 2013).



- ✓ Experiência de consultoria em obras marítimas offshore.
Colaboração com a empresa ASMatos no projeto WindFloat.

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

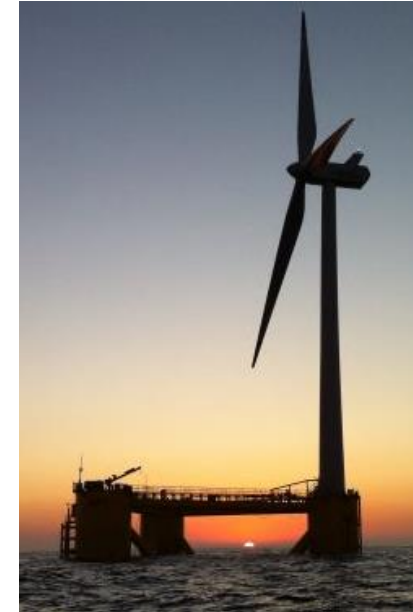
3.

4.

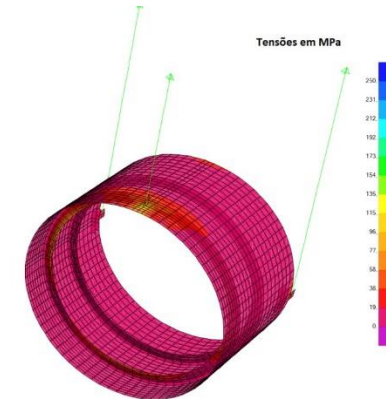
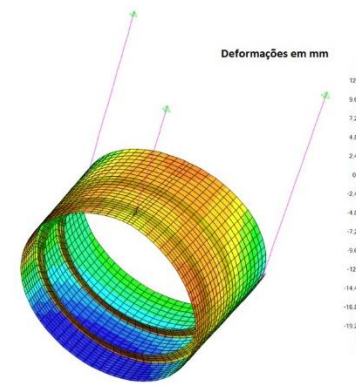
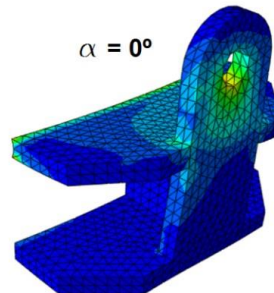
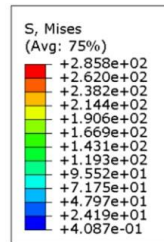
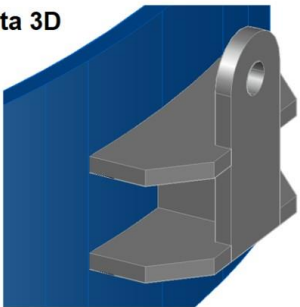
COLABORAÇÃO DA R5

Modelação numérica do WindFloat

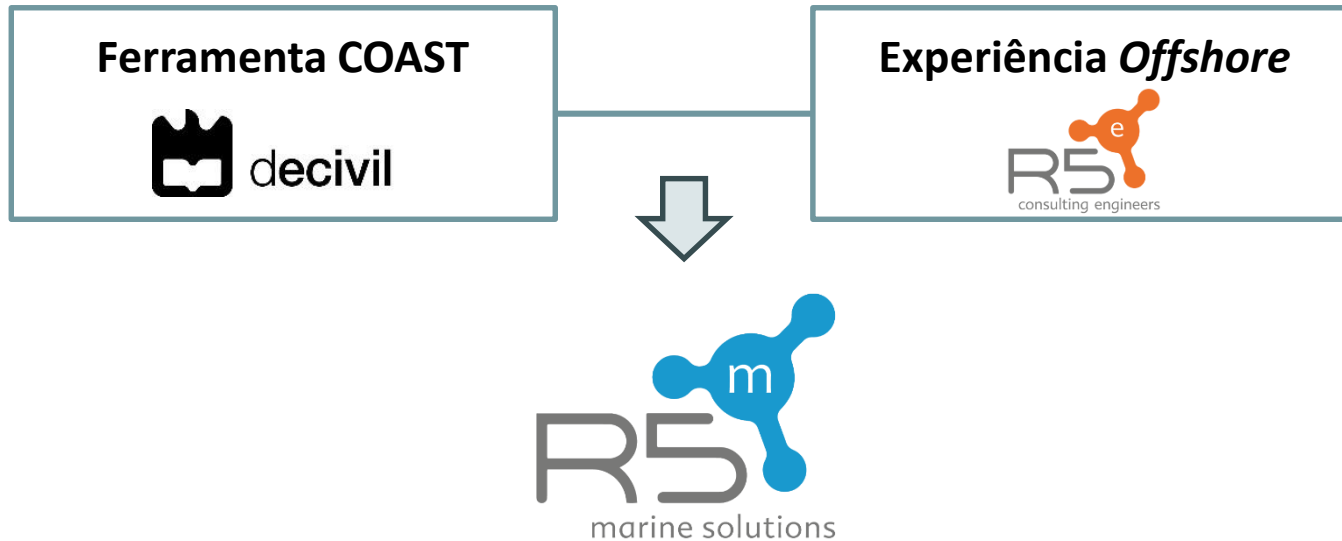
Simulação do comportamento mecânico das secções dos flutuadores do WindFloat.




vista 3D



CONCURSO DE IDEIAS



 **PLATICEMAR** Visa promover o empreendedorismo e a inovação e estimular o desenvolvimento de **conceitos de negócio** com base na aplicação das **TICE** em setores emergentes da **Economia do Mar**, capacitando iniciativas empresariais e fomentando a concretização de **startups**.

1.

2.

2.1.

2.2.

2.3.

3.

4.

VÍDEO (CANDIDATURA)



OBRIGADA PELA ATENÇÃO!

MÁRCIA LIMA
(marcia.lima@ua.pt)



O DEBATE LEGAL SOBRE A PROPRIEDADE DAS MARGENS COSTEIRAS

DOMÍNIO PÚBLICO OU PROPRIEDADE PRIVADA?

Essencial para definir qualquer estratégia de intervenção na orla costeira será saber a quem pertencem os terrenos das margens marítimas

Presunção de Pertença ao Domínio Público

Noção: Regime especial atribuído a coisas que, dado o fim de utilidade pública a que se encontram afetadas, se caracteriza fundamentalmente pela sua in comerciabilidade, em ordem a preservar a produção dessa utilidade pública.

LEI N.º 54/2005, DE 15 DE NOVEMBRO

Art. 3.º

O domínio público marítimo compreende:

(...)

e) As margens das águas costeiras (...)

Art. 11.º

Noção de margem; sua largura

1 - Entende-se por margem uma faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas.

2 - A margem das águas do mar, bem como a das águas navegáveis ou flutuáveis sujeitas à jurisdição dos órgãos locais da Direção-Geral da Autoridade Marítima ou das autoridades portuárias, tem a largura de 50 m.

(...)

5 - Quando tiver natureza de praia em extensão superior à estabelecida nos números anteriores, a margem estende-se até onde o terreno apresentar tal natureza.

6 - A largura da margem conta-se a partir da linha limite do leito. Se, porém, esta linha atingir arribas alcantiladas, a largura da margem é contada a partir da crista do alcantil.

7 - Nas regiões autónomas, se a margem atingir uma estrada regional ou municipal existente, a sua largura só se estende até essa via.

✓ O QUE É PRAIA (JURIDICAMENTE FALANDO)?

- Definição mais completa: *faixa de terreno contígua às águas marítimas e demais águas públicas, com superfície arenosa ou de pedras soltas e quase plana, desprovida de vegetação ou com vegetação escassa*

- Temos uma definição legal de margens públicas muito ampla que abarca, necessariamente, uma grande vastidão de terrenos.
- Terrenos esses que, apesar de potencialmente aptos para os mais diversos aproveitamentos, encontram-se subtraídos ao livre comércio jurídico.
- **“conceção errónea – e porventura, mesmo, megalómana – do instituto do domínio público”** – Existem outros instrumentos legais menos restritivos

Origem da presunção de dominialidade dos terrenos marginais

- Em 1864, por Decreto do Rei D. Luís, foram integrados no domínio público os terrenos conexos com as águas públicas (mar e águas navegáveis ou fluviáveis), ou seja, os seus leitos e margens (incluindo praias). Esta integração foi feita em nome da defesa da Nação em relação a invasões por mar e da proteção das atividades pesqueiras.

- Por força do princípio da não retroatividade, este Decreto não prejudicou os direitos adquiridos por particulares até àquela data.
- Ou seja, os terrenos que até 1864 eram privados, continuaram a sê-lo

Problemas:

- Não foi efetuado nenhum levantamento à escala nacional (até hoje)
- Os limites do mar e das margens não são estáticos, como na altura se suponha
- Os proprietários de terrenos que hoje encaixem na definição de margem têm de propor ação de reconhecimento da propriedade privada (art. 15.º), sob pena de se depararem com ordens de demolição, aplicação de taxa de recursos hídricos ou outras imposições

O avanço das águas (art. 14.º)

1 - Quando haja parcelas privadas contíguas a leitos dominiais, as porções de terreno **corroídas lenta e sucessivamente pelas águas** consideram-se automaticamente integradas no domínio público, sem que por isso haja lugar a qualquer indemnização.

2 - Se as parcelas privadas contíguas a leitos dominiais forem invadidas pelas águas que nelas permaneçam sem que haja corrosão dos terrenos, os respetivos proprietários conservam o seu direito de propriedade, mas o Estado pode expropriar essas parcelas

Erosão costeira e aplicação do artigo 14.º

- Pode considerar-se que os terrenos particulares afetados pela erosão costeira passam a integrar-se “automaticamente” no domínio público?
- Em que consiste o avanço lento e sucessivo das águas?
- Responsabilidade do Estado neste fenómeno :
 - Atividades antrópicas: Extração de areias, construção de barragens, portos, esporões...

CONCLUSÕES

- Uma imensidão de terrenos pertence ao domínio público.
 - No entanto, passados 150 anos, estes terrenos não estão ainda identificados, uma vez que não foi feito nenhum levantamento e porque os proprietários que tenham legitimidade para tal poderão a todo o tempo propor ação de reconhecimento do seu direito de propriedade – hoje sem prazo limite.
- A lei prevê a integração no domínio público de parcelas privadas em caso de avanço das águas.
 - No entanto, só quando este avanço provoque a corrosão lenta e sucessiva destas parcelas
- Poderá existir responsabilidade do Estado no fenómeno da erosão costeira, quando exista um nexo de causalidade entre atividades promovidas por si e quando haja um dano sofrido pelos particulares em consequência dessa atividade.

Por essas razões:

- A incerteza sobre a propriedade das margens costeiras é um entrave à definição de uma estratégia de combate à erosão.

Soluções:

- Identificar os terrenos que foram integrados no domínio público através de um procedimento que convoque os particulares e os Municípios
- Voltar a estabelecer um prazo limite para os proprietários verem reconhecido o seu direito de propriedade