

Geodesia, Território e Sociedade: Homenagem Sousa Afonso

A Observação em Marégrafos na Análise da Variação do Nível do Mar

Carlos ANTUNES
cmantunes@fc.ul.pt

U LISBOA | UNIVERSIDADE
DE LISBOA

d.gTerritório
Direção-Geral do Território

1

Resumo

1. Alterações Climáticas e a Subida do Nível do Mar
2. Observação e Registo do Nível do Mar
3. Projeção da subida do NMM
4. Risco e Vulnerabilidade Costeira
5. Desafios futuros

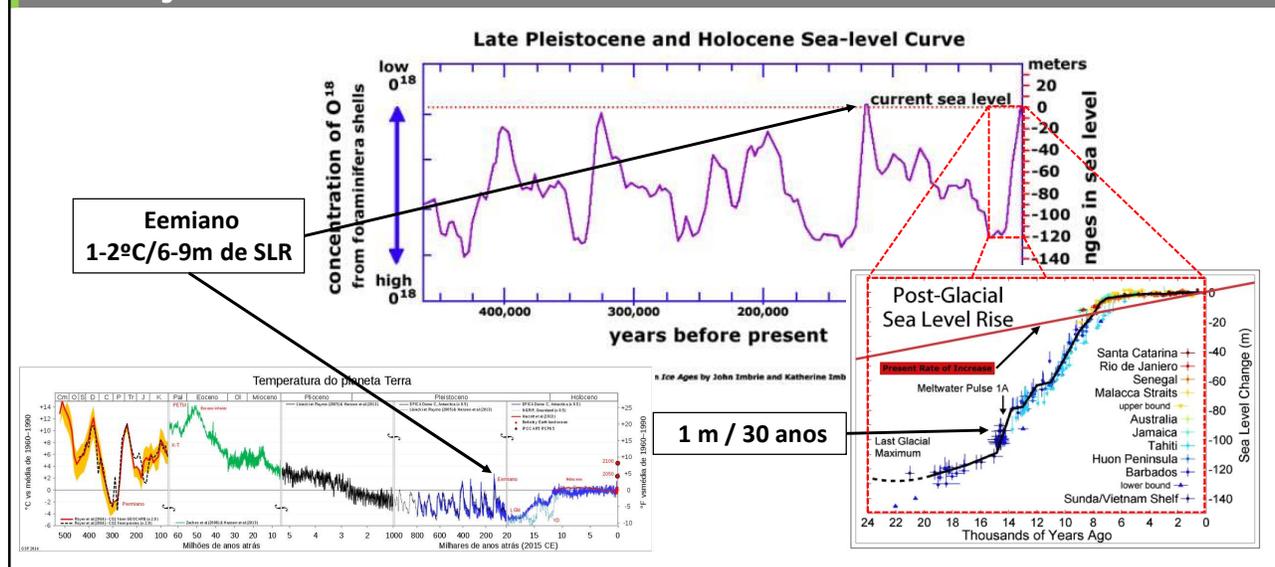
2

Alterações Climáticas e Subida do NM

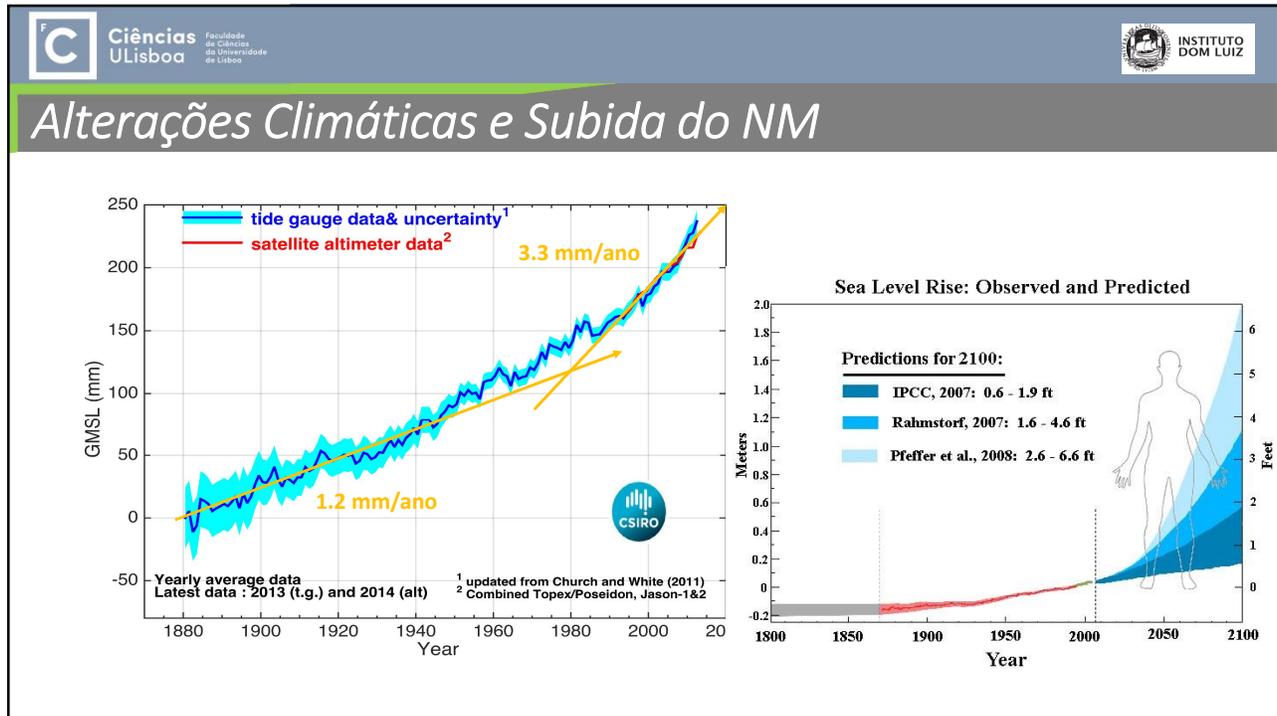
- Em 2015, a perda de bens assegurados foi de \$35 mil milhões e de bens não assegurados de \$130 mil milhões;
- Desde 1970 os danos dos Furacões nos EUA custaram \$2.16 Biliões, dos quais \$1.98 Biliões de 2000-17 (mais de \$270 mil milhões só em 2017) ;
- Em 2050 prevê-se que 66% da população viva em Cidades, uma grande parte em zonas costeiras (10-12%);
- Em Portugal 14% da população vive a menos de 2 Km da linha de costa.
- Mais de 270 milhões de pessoas, até 2100, serão directamente afectadas pela subida do NMM (em Portugal estimamos 225 mil em relação aos CENSOS2011).

3

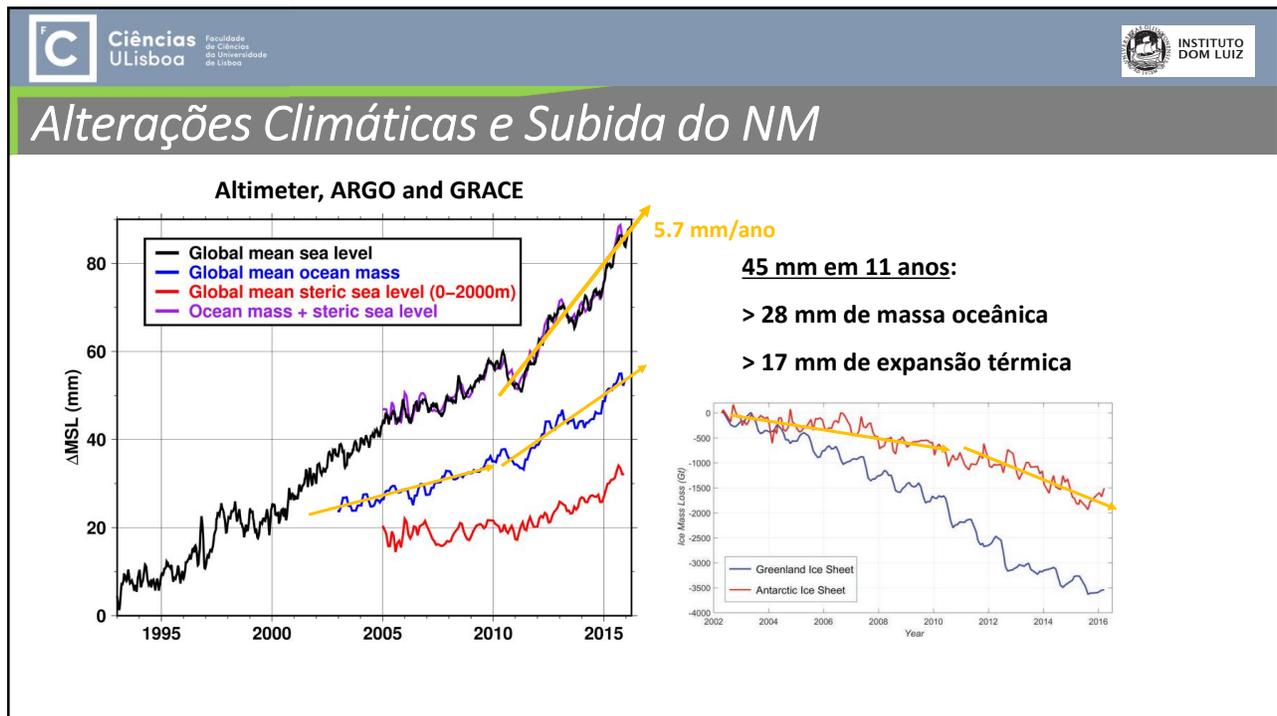
Alterações Climáticas e Subida do NM



4



5



6

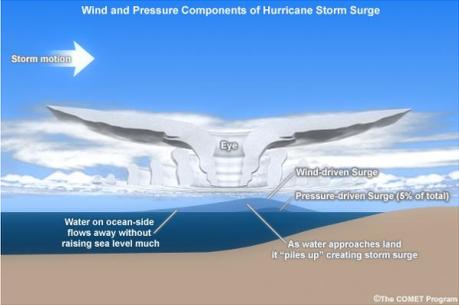


Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



Alterações Climáticas e Subida do NM

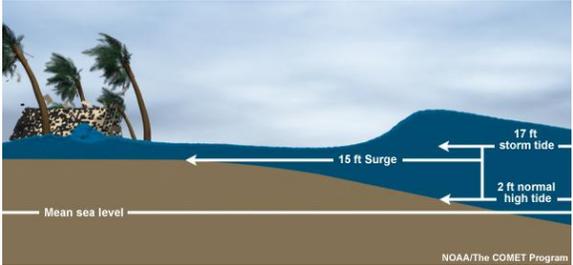
- **Sobrelevação Meteorológica (medida nos marégrafos)**



<http://www.nhc.noaa.gov/surge/>

< 70 cm em Portugal
< 2-3 m Mar do Norte
< 6 m Mar das Caraíbas

Cenário Futuro?
> SM e/ou < PR



NOAA/The COMET Program

7

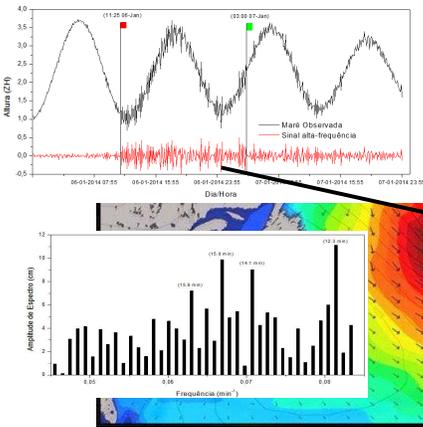


Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

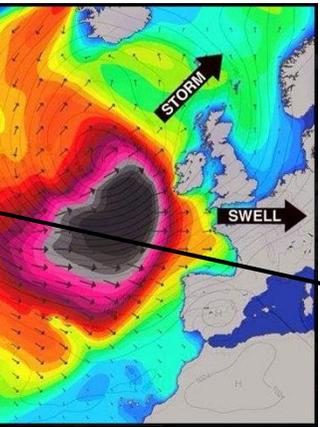


Alterações Climáticas e Subida do NM

- **Agitação marítima forte - Ondas de Swell (Tempestade HERCULES, 6-7/Jan/2014)**



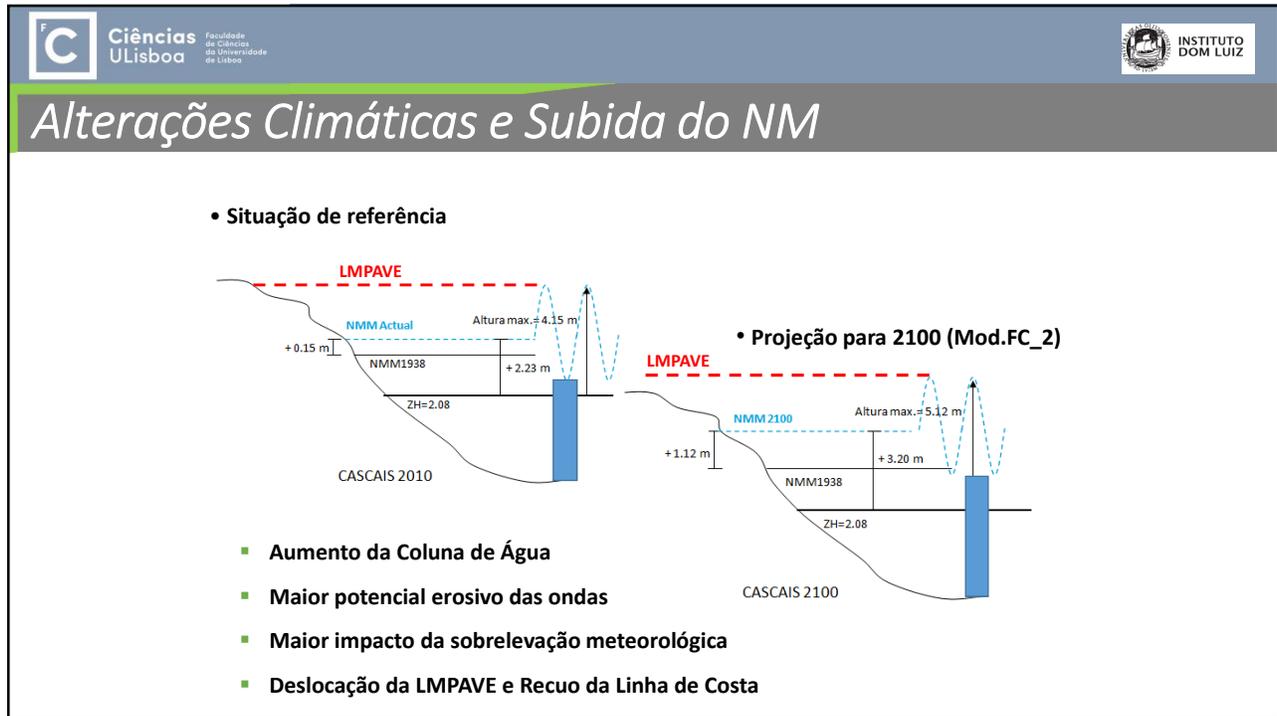
<http://http://pt.magicseaweed.com/>



Agitação de
Hs=9m / Tm=22s

Ondas infra-gravíticas de 0,5 m registadas no marégrafo

8



9



10

Ciências ULisboa Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

INSTITUTO DOM LUIZ

Alterações Climáticas e Subida do NM



Temporais de Inverno de 2014 (Tempestade Hercules)

NMM mais elevado
 ↑↓
Maior Vulnerabilidade, Mais Danos, Maior Risco

11

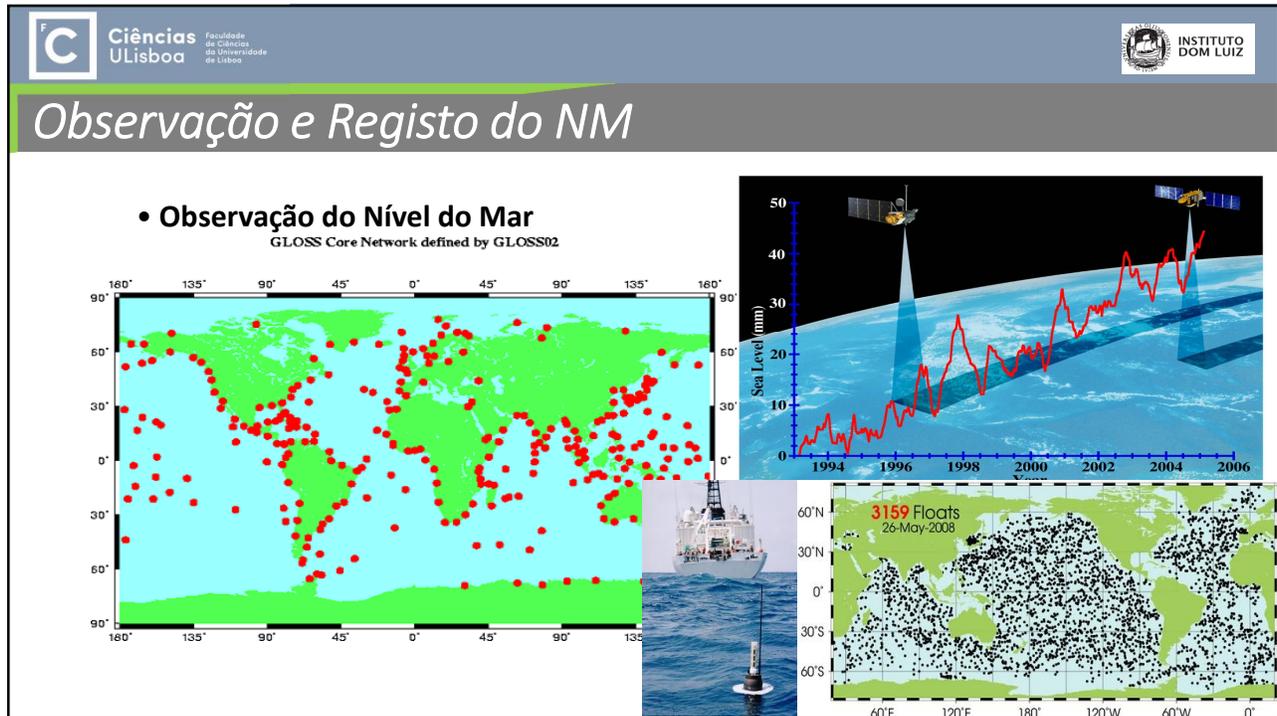
Ciências ULisboa Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

INSTITUTO DOM LUIZ

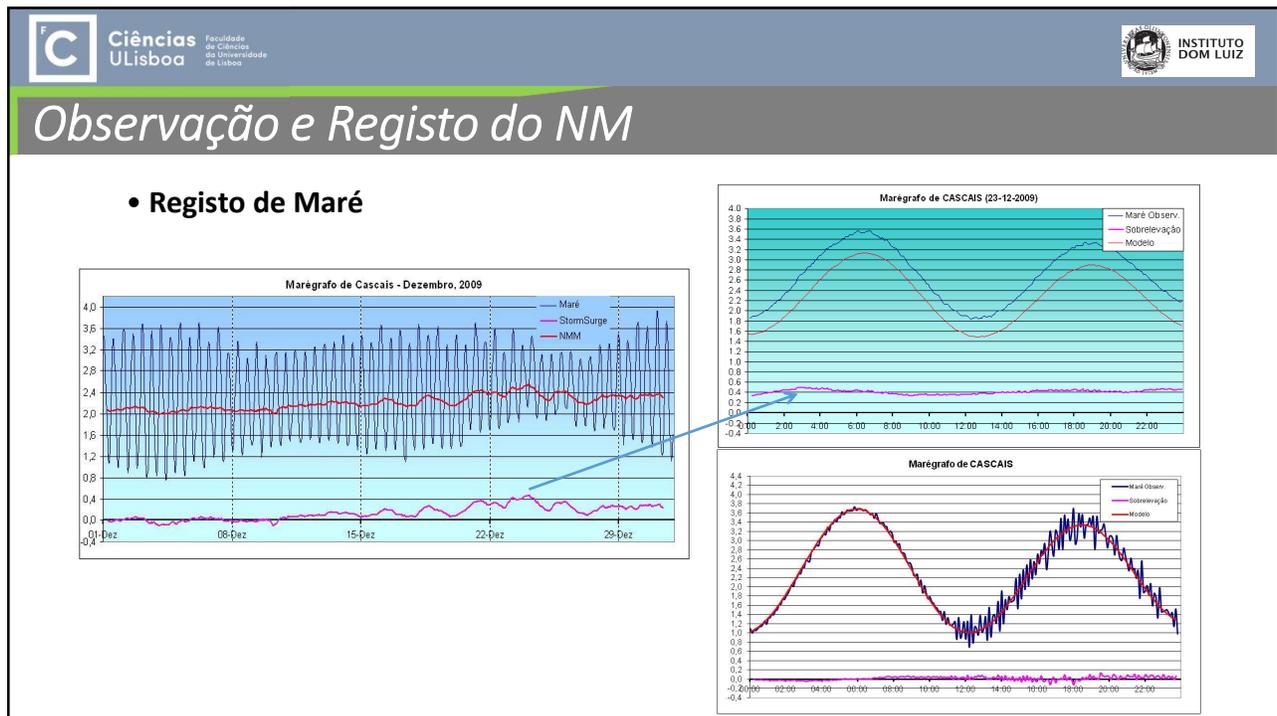
Observação e Registo do NM

- **Observação do Nível do Mar**
 - **Marégrafos – observação por ponto, junto à costa**
 - ... (poço, transdutores de pressão, radares)
 - **Satélite – observação por área, em alto mar**
 - ... (Altimetria de satélite – Topex/Pseidon & Jason)
 - ... complementada com rede “Argo Float” e GRACE

12



13



14



Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



INSTITUTO DOM LUIZ

Observação e Registo do NM

• Monitorização da Maré (via streaming)

Carlos Antunes

From: MAREGRAFO CASCAIS
 Sent: Wednesday, July 07, 2010 7:44 AM
 To: MAREGRAFO CASCAIS
 Subject: AVISO - Estado do Mar: Tempestuoso

Mensagem Automática, 07-07-2010 06:43

AVISO do Estado do Mar em CASCAIS.

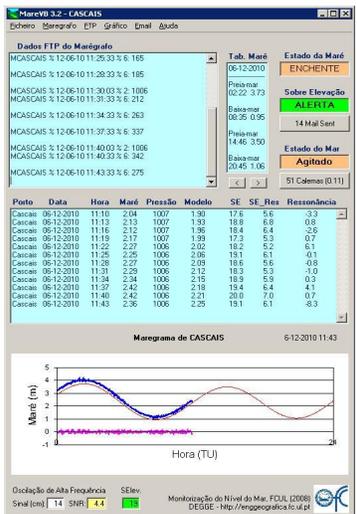
Estado do Mar: **Tempestuoso**
 Calma máx.: 800 cm
 Vaga estimada: > 6 m

Tabela de Maré

Baixa-mar	04:13	1,52
Preia-mar	10:37	2,87
Baixa-mar	16:51	1,53
Preia-mar	23:03	2,87

Programa de Monitorização de Mareógrafos - MareVB 2.5, FCUL (2008) Carlos Antunes
 - DEGE/FCUL, <http://engegeografica.fc.ul.pt>

Meteo-Tsunami de 07Julho2010





Mareógrafo de LAGOS - 07-Jul-2010

15



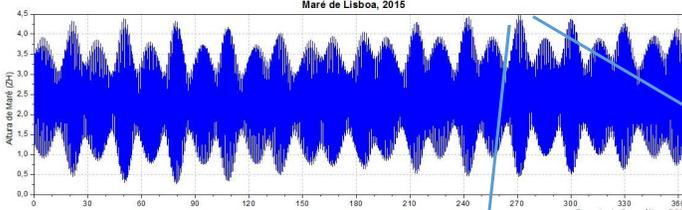
Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



INSTITUTO DOM LUIZ

Observação e Registo do NM

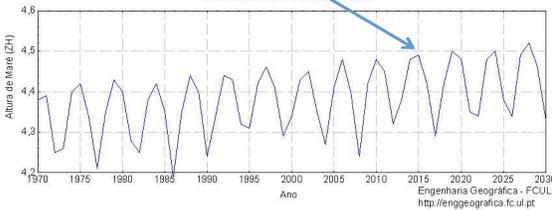
• Modelação da Maré



Maré de Lisboa, 2015

Altura de Maré (ZH)

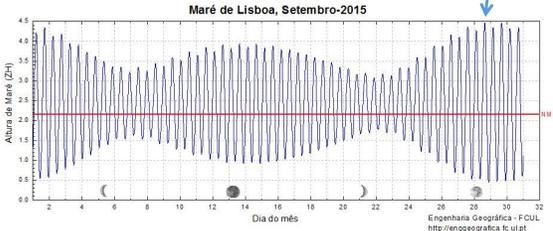
Engenharia Geográfica - FCUL
<http://engegeografica.fc.ul.pt>



Máxima Preia-Mar de Lisboa

Altura de Maré (ZH)

Engenharia Geográfica - FCUL
<http://engegeografica.fc.ul.pt>

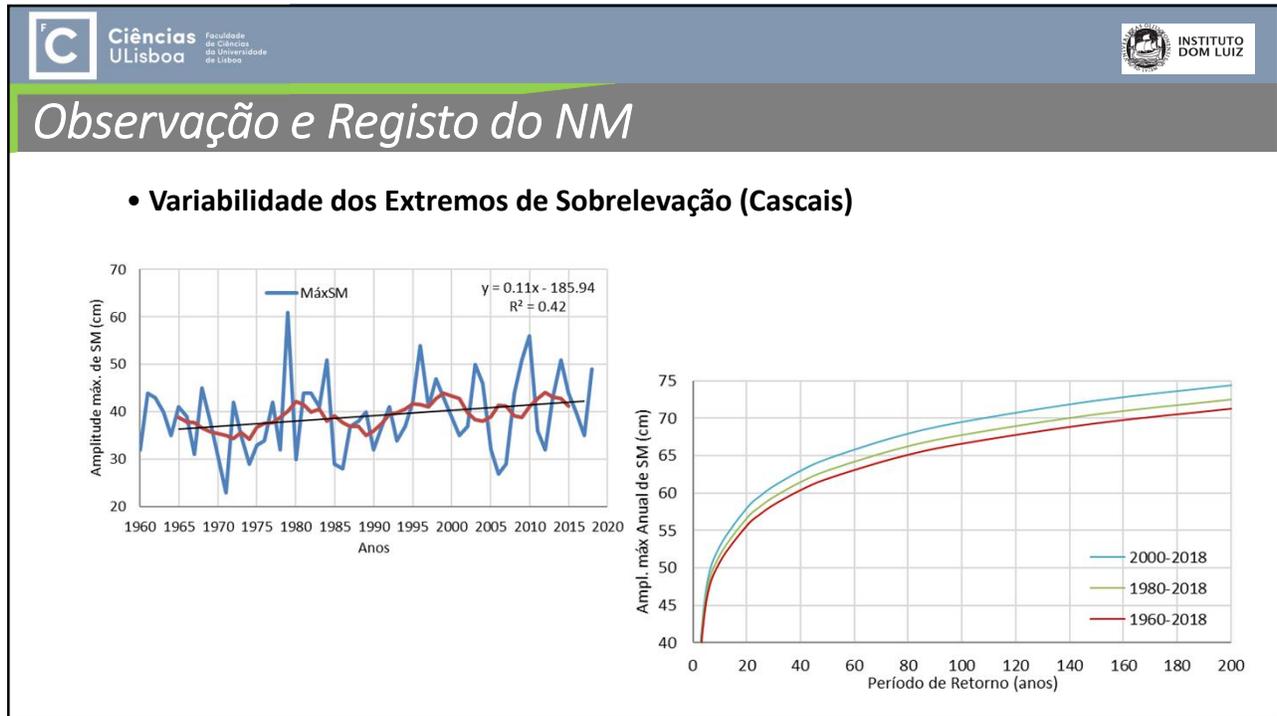


Maré de Lisboa, Setembro-2015

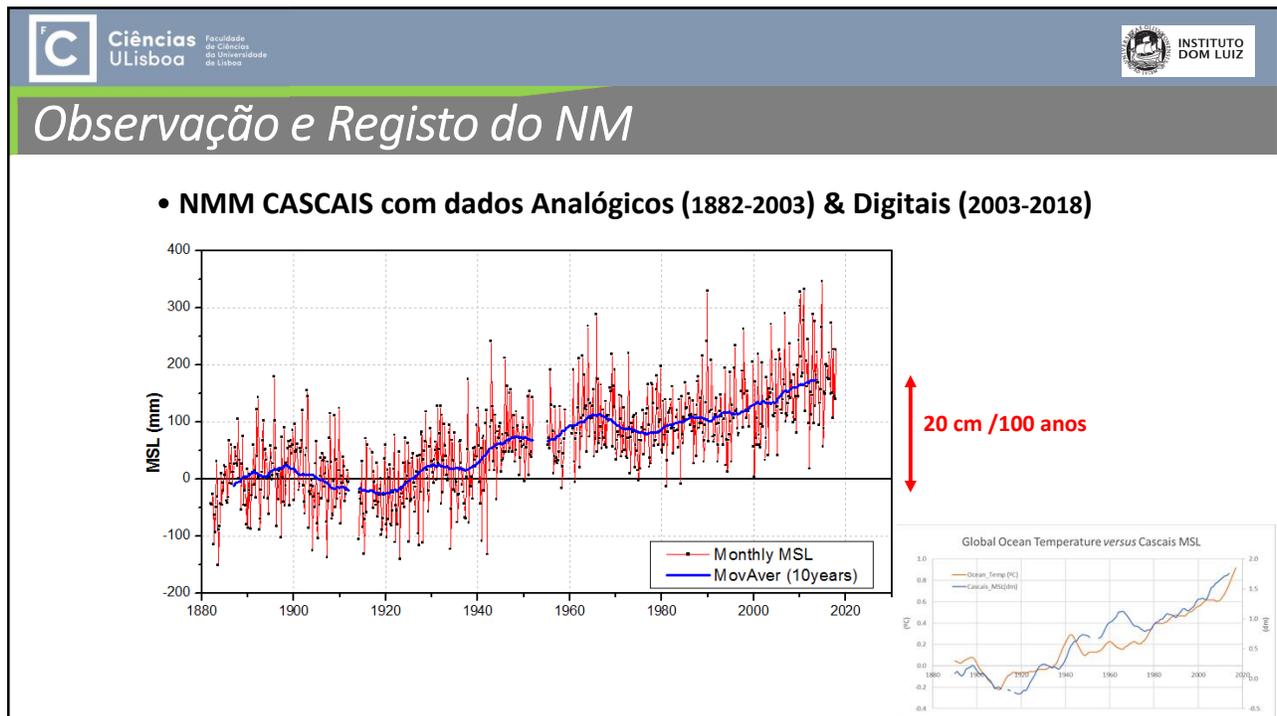
Altura de Maré (ZH)

Engenharia Geográfica - FCUL
<http://engegeografica.fc.ul.pt>

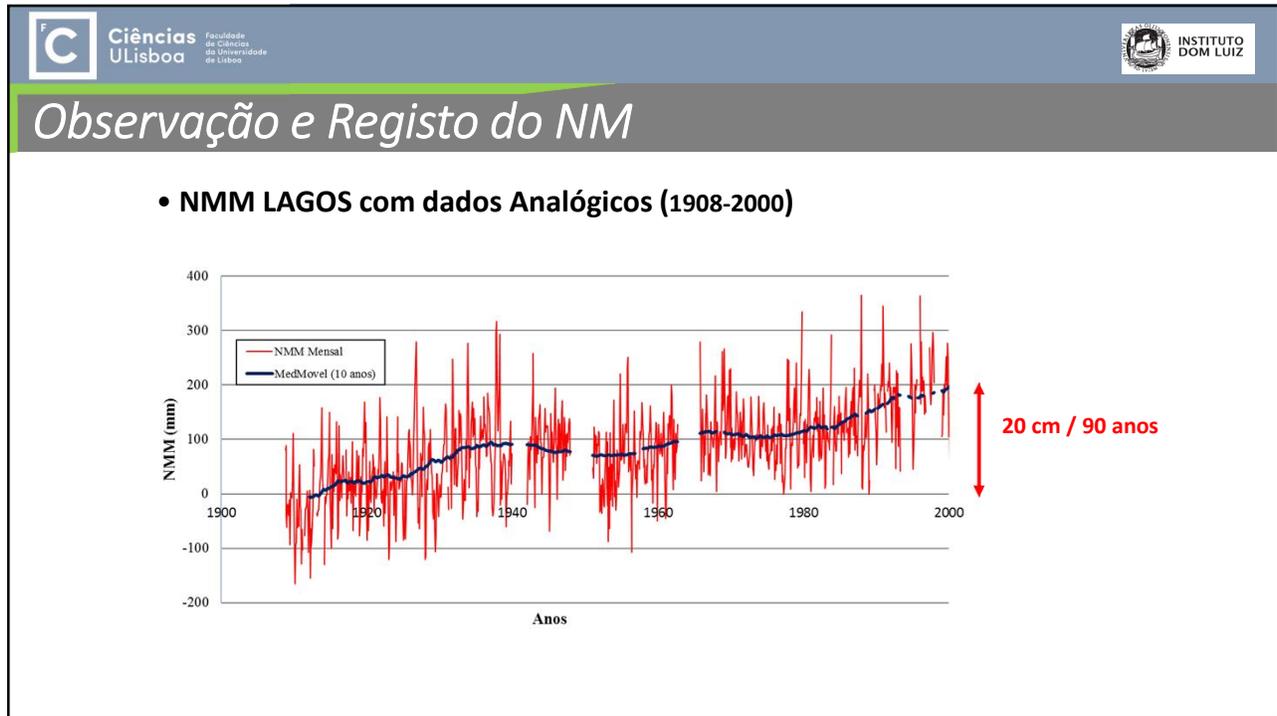
16



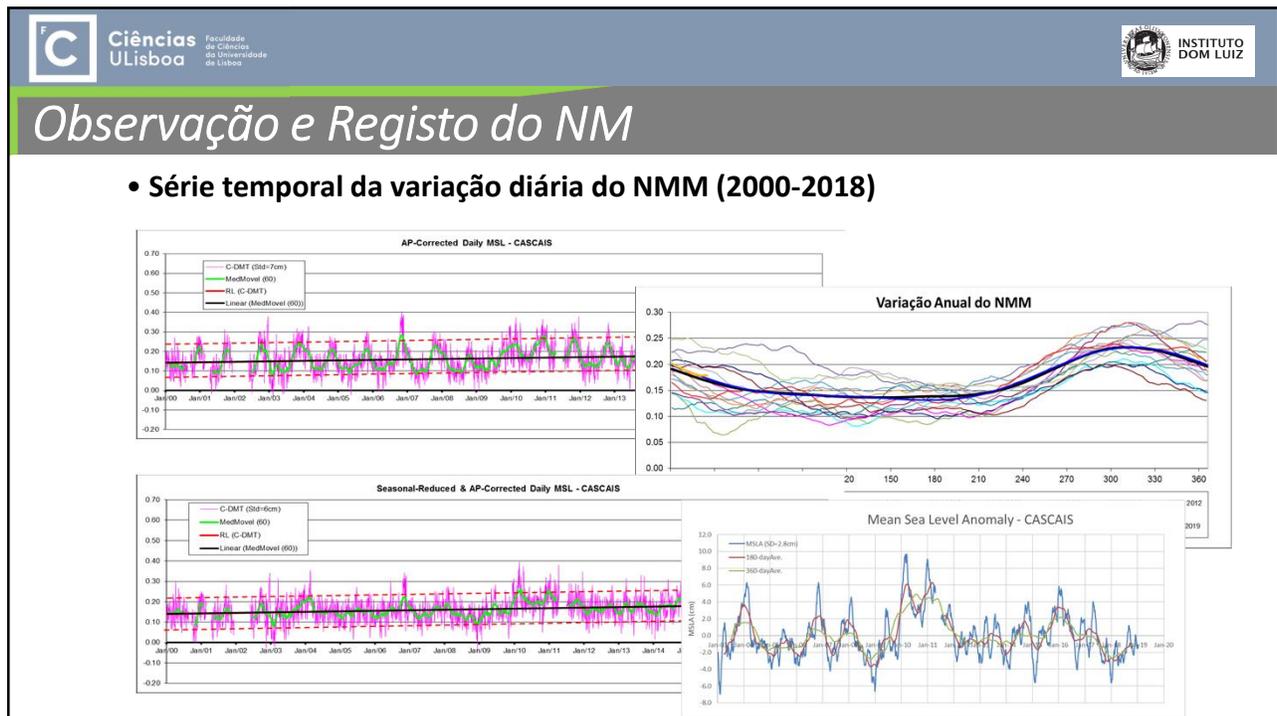
17



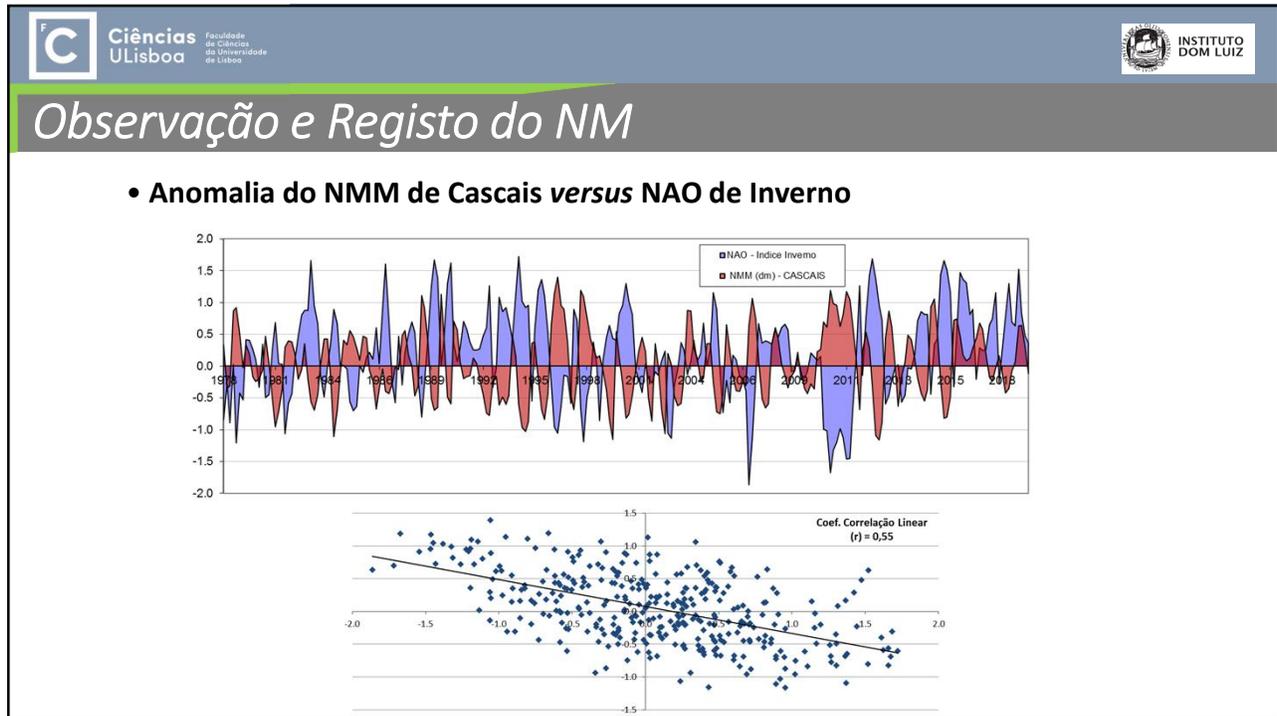
18



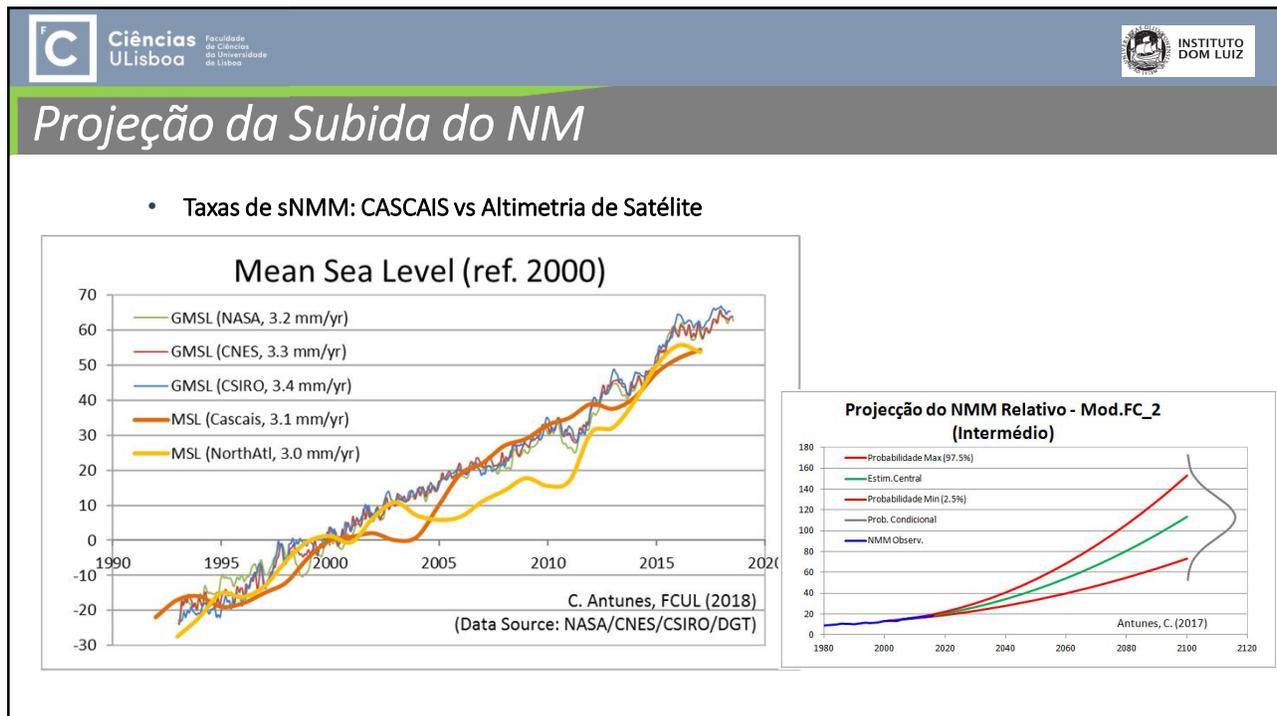
19



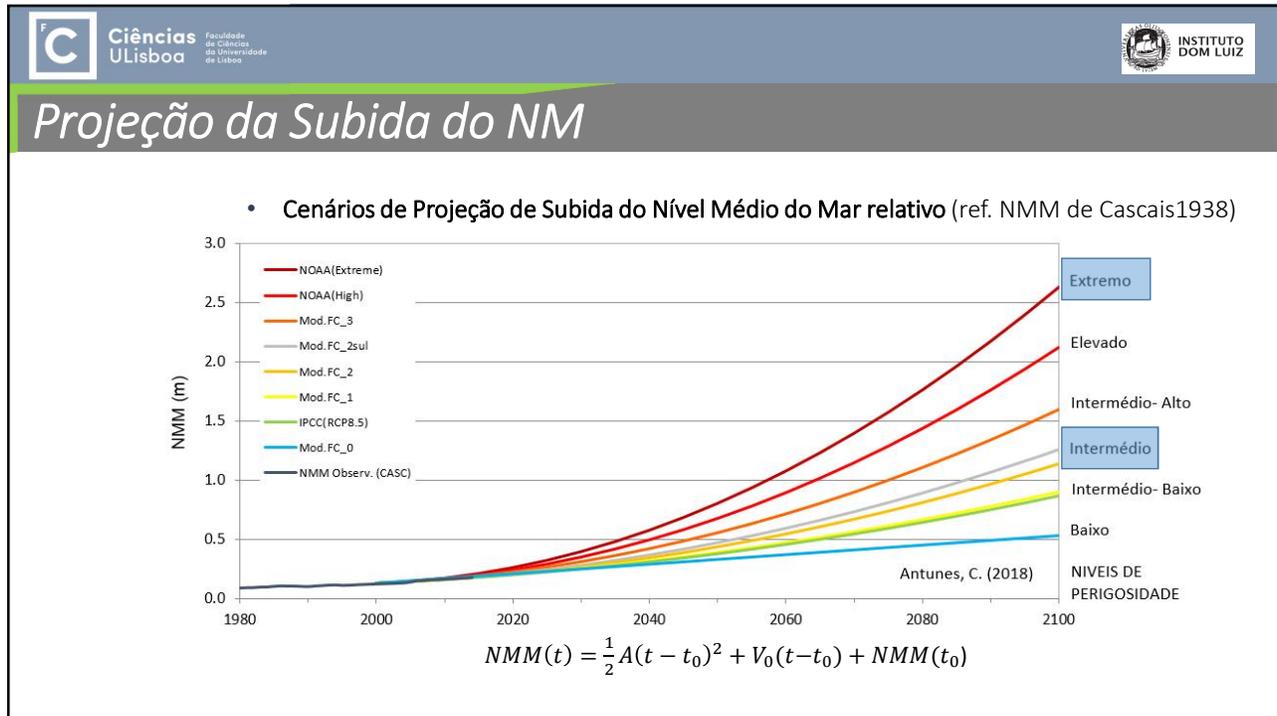
20



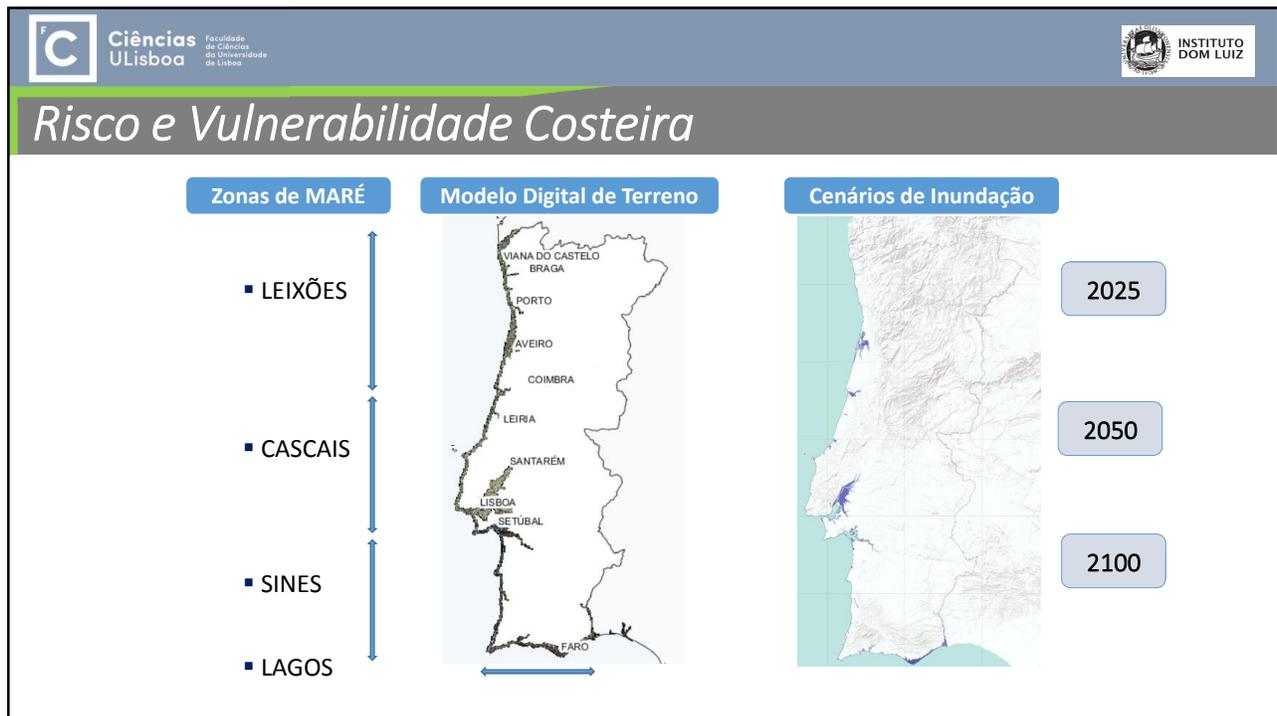
21



22



23



24



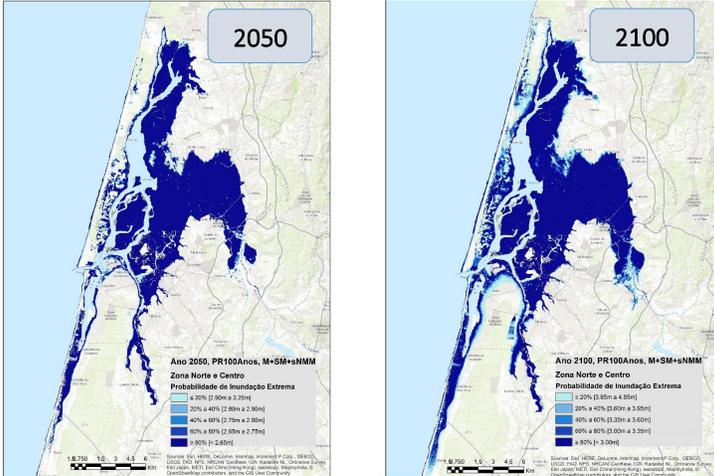
Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



INSTITUTO DOM LUIZ

Risco e Vulnerabilidade Costeira

Cenários de Inundação Extrema: AVEIRO



Rocha C. (2017). Estudo e análise da vulnerabilidade costeira face a Cenários de subida do Nível Médio do mar e Eventos Extremos devido ao efeito das Alterações Climáticas. Tese de Mestrado, FCUL.

25



Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

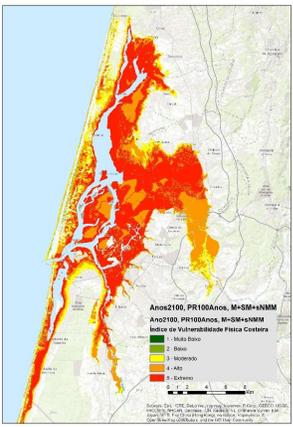


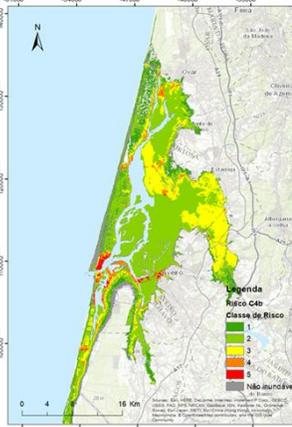
INSTITUTO DOM LUIZ

Risco e Vulnerabilidade Costeira

CASOS DE ESTUDO (AVEIRO): Perigosidade e Vulnerabilidade Extrema, Risco Moderado







Costa M. (2017). Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de risco costeiro face aos cenários de alterações climáticas: aplicação ao Estuário do Tejo e à Ria de Aveiro. Tese de Mestrado, FCUL.

26

Ciências ULisboa Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

INSTITUTO DOM LUIZ

Risco e Vulnerabilidade Costeira

CASOS DE ESTUDO (LISBOA E VALE DO TEJO): Seixal, Risco Extremamente Elevado

2050 2100

Costa M. (2017)

0 5 10 20 Km

0 0.1 0.2 0.4 Kilómetros

Legenda
Risco Cód.
Classes de Risco
1
2
3
4
5
Não inundável

27

Ciências ULisboa Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

INSTITUTO DOM LUIZ

Risco e Vulnerabilidade Costeira

Cartografia de Inundação e Vulnerabilidade Costeira

SMARTCAMPUS

Serviço WMS – Web Map Service

VISUALIZADOR DE CENÁRIOS DE SUBIDA DO NÍVEL DO MAR

Cenários de Inundação Costeira devido à subida do NMM, de acordo com a Directiva Europeia 2007/60/CE

<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt>

28

Ciências ULisboa Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

INSTITUTO DOM LUIZ

Risco e Vulnerabilidade Costeira

Cartografia de Inundação e Vulnerabilidade Costeira

SMARTCAMPUS

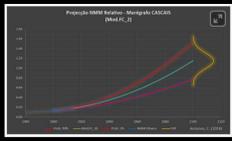
Início Inundação Extrema **Vulnerabilidade Física** Cenários de Submersão Estatística Demográfica Sobre a Aplicação

Cenários de Inundação

Inundação Extrema

Comparação de Cenários

Cenários Extremos de Inundação Costeira devido à subida do NMM para 2025 (cenário de referência), 2050 e 2100, segundo a projeção de subida do NMM da FCUL, Mod.FC_2, e de acordo com os requisitos da Directiva 2007/60/CE.



Modelo de projeção do Nível Médio do Mar relativo, Mod.FC_2 (modelo 2 da FCUL), baseado na análise dos dados do marégrafo de Cascais, de 1992 a 2016 (Antunes, 2016).

Cenário de Inundação 2025 Cenário de Inundação 2050 Cenário de Inundação 2100

<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/>

29

Ciências ULisboa Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

INSTITUTO DOM LUIZ

Risco e Vulnerabilidade Costeira

Cartografia de Inundação e Vulnerabilidade Costeira

SMARTCAMPUS

Início Inundação Extrema **Vulnerabilidade Física** Cenários de Submersão Estatística Demográfica Sobre a Aplicação

Cenários de Vulnerabilidade

Vulnerabilidade Física

Comparação de Cenários de Vulnerabilidade Costeira

Cartografia de Vulnerabilidade Física Costeira dos cenários extremos de inundação costeira devido à subida do NMM para 2025 (cenário de referência), 2050 e 2100, segundo a projeção Mod.FC_2 (Antunes, 2016) e de acordo com os requisitos da Directiva 2007/60/CE.

"Entende-se como vulnerabilidade das zonas costeiras às ações energéticas do mar como a predisposição a um dado risco, englobando diversos elementos e conceitos, como a sensibilidade ou susceptibilidade ao dano e a falta de capacidade para se adaptar" (IPCC, 2014)

Referências:
Bocha, C., Antunes, C. e Catita, C. (2018). Estudo da vulnerabilidade costeira à subida do nível médio do

Cenário de Vulnerabilidade 2025 Cenário de Vulnerabilidade 2050 Cenário de Vulnerabilidade 2100

<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/>

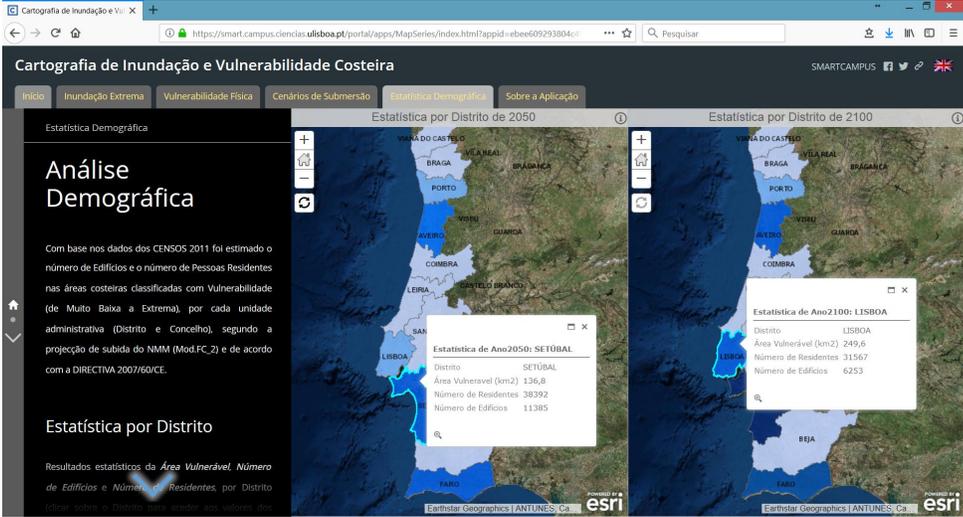
30



Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



Risco e Vulnerabilidade Costeira



<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/>

31



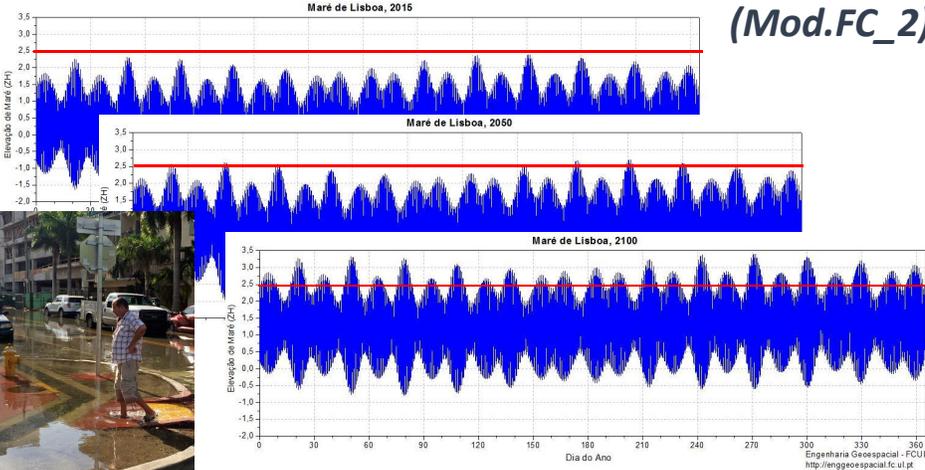
Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



Desafios Futuros

Níveis de Submersão de Lisboa (Mod.FC_2)





Engenharia Geoespacial - FCUL
<http://enggeoespacial.fc.ul.pt>

32



Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

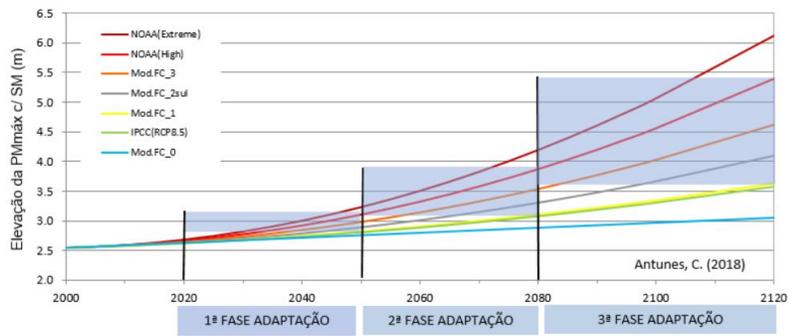


Desafios Futuros

Fases de Adaptação



Tavira
09Out2018



	Mod.FC_1	Mod.FC_2Sul	Mod.FC_3	NOAA (High)
1ª Fase (2020-2050)	2.82	2.89	2.99	3.11
2ª Fase (2050-2080)	3.10	3.31	3.54	3.87
3ª Fase (2080-2120)	3.62	4.10	4.63	5.40

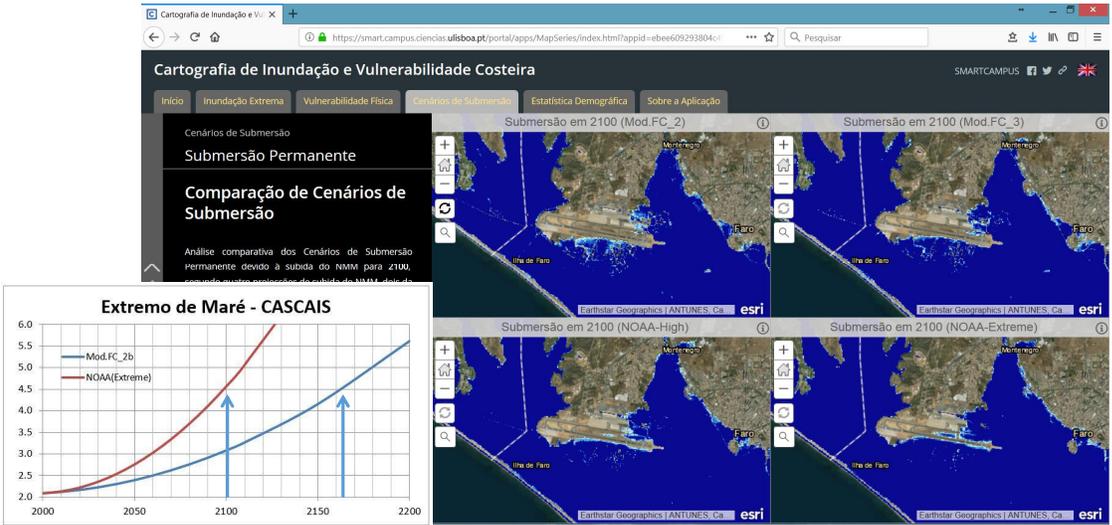
33



Ciências ULisboa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa



Desafios Futuros



<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/>

34

Desafios Futuros

A Adaptação à Subida do NM exigirá respostas:

- **Estruturais** (planeamento, organização, legislação);
- **Físicas** (obras de protecção, adequação e realocização);
- **Institucionais** (coordenação, cooperação, sinergia);
- **Económicas e Sociais** (sustentabilidade, resiliência, etc.).

A eficácia das medidas dependerá essencialmente de:

- **Disponibilidade financeira;**
- **Capacidade adaptativa;**
- **Vontade política;**
- **Governança**

35

Desafios Futuros

Os Marégrafos desempenham uma função primordial na:

- **Monitorização do NMM;**
- **Caracterização de Eventos Extremos;**
- **Estudo da Variabilidade do NM;**
- **Actualização dos Modelos de Maré;**
- **Correção da Deriva** na Altimetria de Satélite.

36

Desafios Futuros

Importância da utilização de dados dos Marégrafos, em:

- **Levantamentos Hidrográficos;**
- **Estudos de Erosão e Galgamento Costeiro;**
- **Sistemas de Monitorização de Tsunamis;**
- **Estudos de Hidrodinâmica e Morfodinâmica;**
- **Programas e Planos da Orla Costeira;**

37

Desafios Futuros

Desafios que se colocam à(s) Rede(s) de Marégrafos:

- **Manutenção e Calibração dos Sensores;**
- **Monitorização dos Movimentos Verticais;**
- **Partilha e Disponibilização de Dados;**
- **Integração e Sustentabilidade.**

38



Ciências
ULisboa

Faculdade
de Ciências
da Universidade
de Lisboa



**INSTITUTO
DOM LUIZ**

Desafios Futuros

Cartografia de Inundação e Vulnerabilidade Costeira

SMARTCAMPUS
SMARTCAMPUS    

Início

Inundação Extrema

Vulnerabilidade Física

Cenários de Submersão

Estatística Demográfica

Sobre a Aplicação

SMARTCAMPUS

Sobre a Aplicação e o Trabalho Desenvolvido

2010, 2015, 2019, 2024, etc.1

Cartografia de Inundação e Vulnerabilidade

A Cartografia de Inundação e de Vulnerabilidade Costeira é produzida a partir da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e apoiada no Modelo Digital de Terreno (MDT) costeiro de 2 m de resolução, disponibilizado pela DGT (Direção Geral do Território), aqui usado com uma resolução espacial de 20 m.

A cartografia aqui apresentada é baseado no trabalho de investigação dos autores e seguindo a metodologia desenvolvida na Tese de Mestrado:
"Estudo e análise da vulnerabilidade costeira face a cenários de subida do nível do mar e eventos extremos devido ao efeito das alterações



OBRIGADO!

<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt>