

**4.º JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA**

## **Subida do Nível Médio do Mar em CASCAIS, revisão da taxa actual**

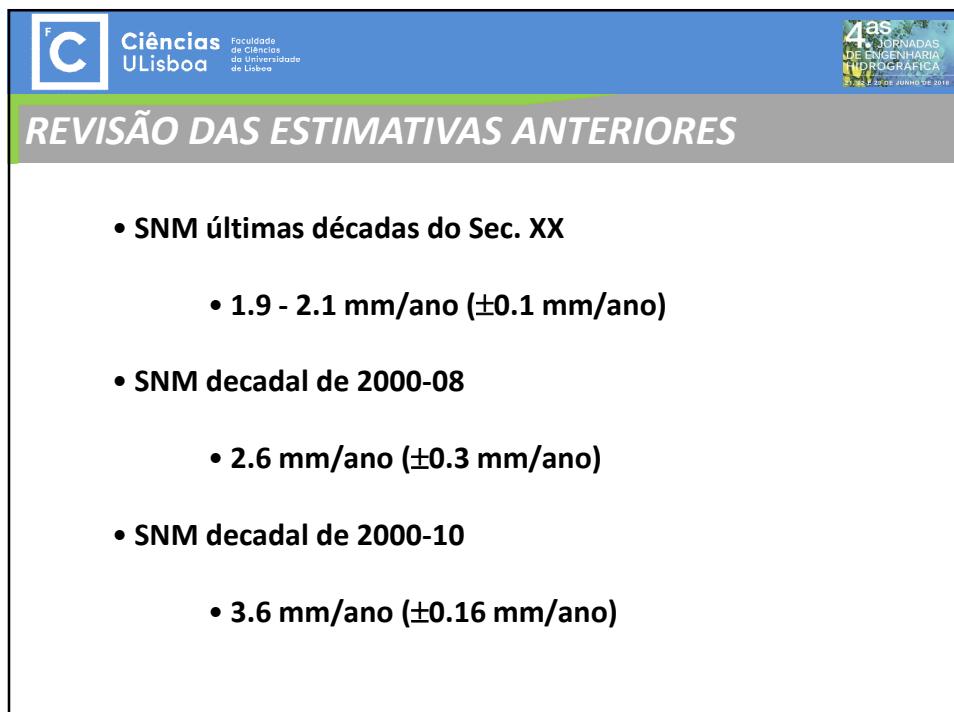
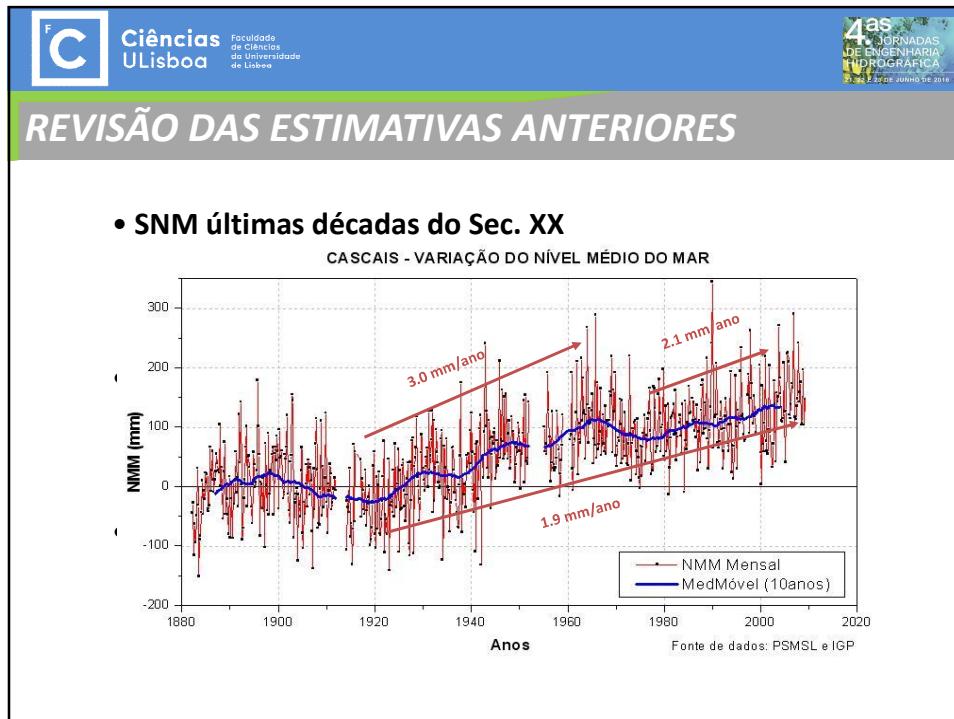
**Carlos ANTUNES**  
cmantunes@fc.ul.pt

 INSTITUTO  
DOM LUIZ

 UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

### **RESUMO**

- Revisão das estimativas anteriores
- Subida actual do NMM em CASCAIS
- Taxa Global de subida do NMM
- Aceleração do NNM e Projecção Futura
- Conclusões



**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

### Subida Actual do NMM em CASCAIS

- Série temporal da variação diária do NMM (2000-2016)

Nível Médio Diário - CASCAIS

sNMM = 2,5 mm/ano

DMT (Std=10cm)  
Linear (DMT (Std=10cm))

Jan/00 Jan/01 Jan/02 Jan/03 Jan/04 Jan/05 Jan/06 Jan/07 Jan/08 Jan/09 Jan/10 Jan/11 Jan/12 Jan/13 Jan/14 Jan/15 Jan/16

- Correcção de efeitos de assentamento

Anos	2006	2007	2008	2011	2014	2015
H (m)	3.579	3.577	3.574	3.569	3.565	3.563
ΔH(mm)	-7.9	-1.4	-3.1	-5.5	-4.3	-2.0
ΔH/Δt (mm/ano)	-3.7	-1.9	-2.1	-2.2	-1.4	-1.2

**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

### Subida Actual do NMM em CASCAIS

- Série temporal da variação diária do NMM (2000-2016)

Nível Médio Diário - CASCAIS

sNMM = 2,5 mm/ano

DMT (Std=10cm)  
Linear (DMT (Std=10cm))

Jan/00 Jan/01 Jan/02 Jan/03 Jan/04 Jan/05 Jan/06 Jan/07 Jan/08 Jan/09 Jan/10 Jan/11 Jan/12 Jan/13 Jan/14 Jan/15 Jan/16

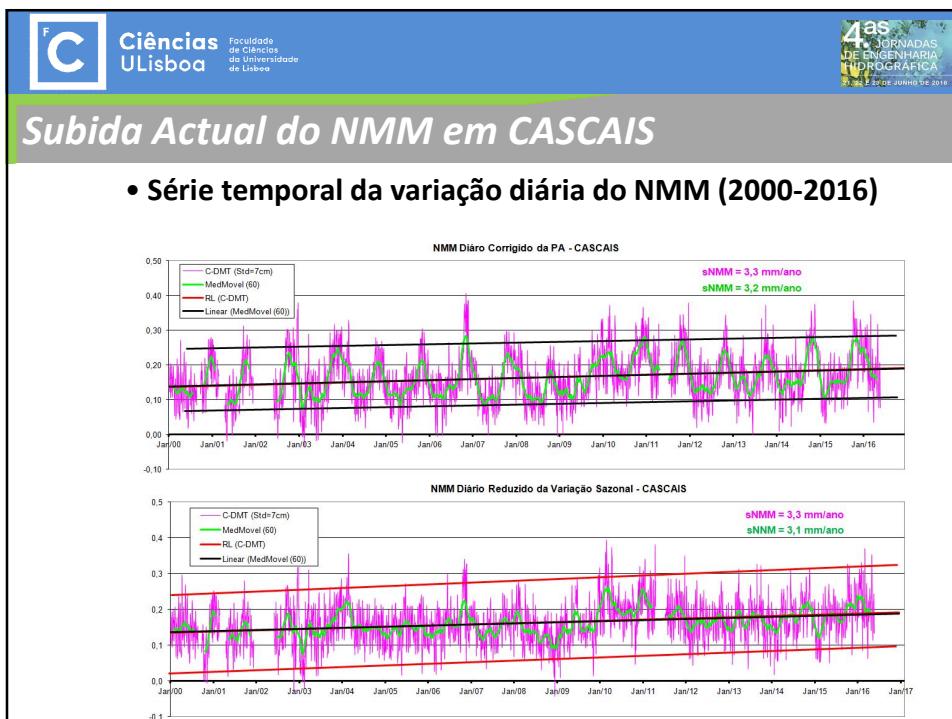
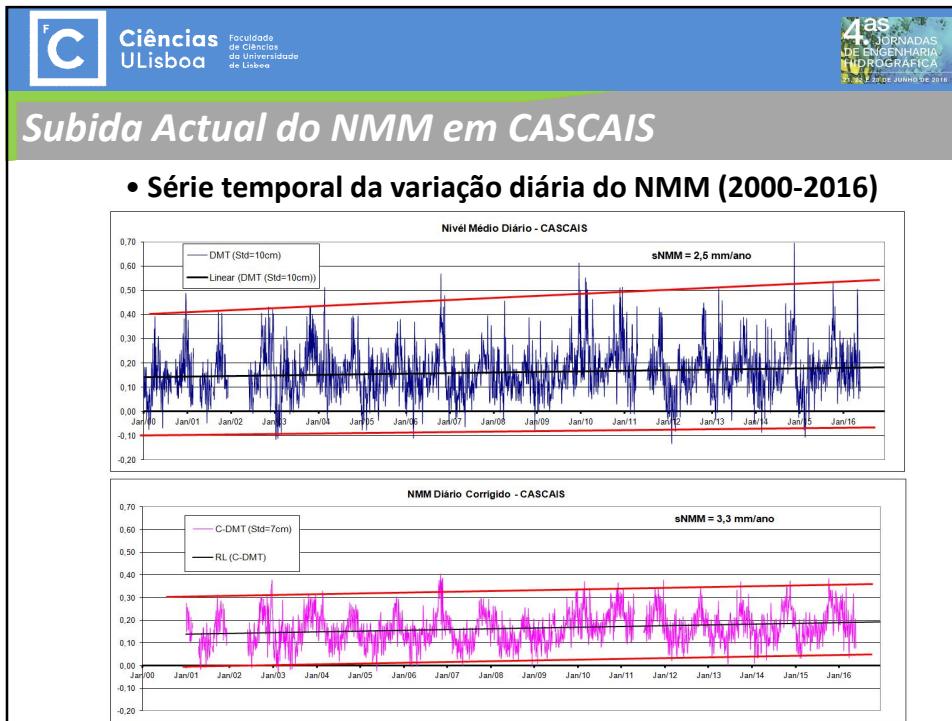
- Marégrafo de CASCAIS - Correlação do Efeito Barométrico Inverso

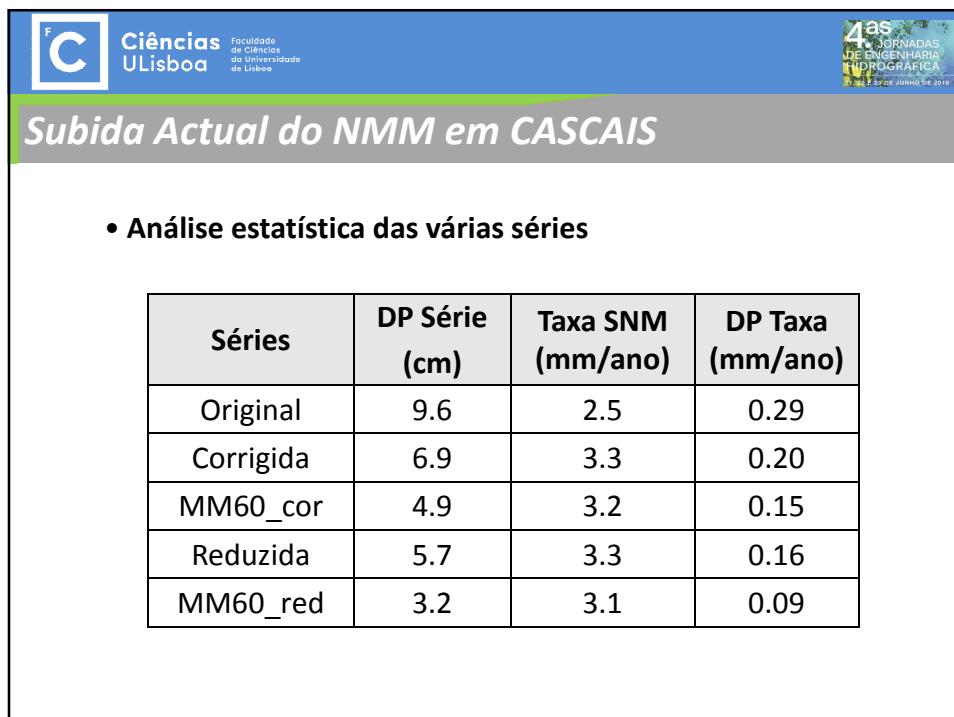
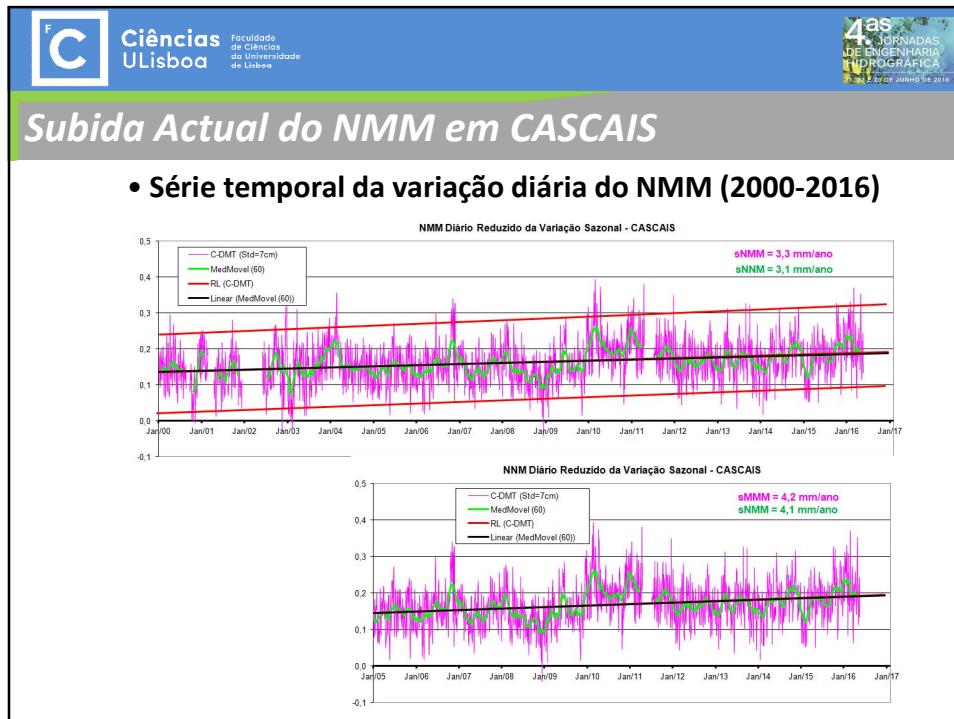
Marégrafo de CASCAIS - Correlação do Efeito Barométrico Inverso

y = -0.988x + 1022.3  
r = 0.62

NMM (mm)

PA (mbar)





**Subida Actual do NMM em CASCAIS**

- Análise estatística de séries temporais (*bootstrapping*)

Período	1992-2004	2000-16	2003-16	2005-16
Taxa SNM	2.2	3.1	3.4	4.1
DP Taxa	0.07	0.09	0.11	0.14

**Taxa Global de subida do NMM**

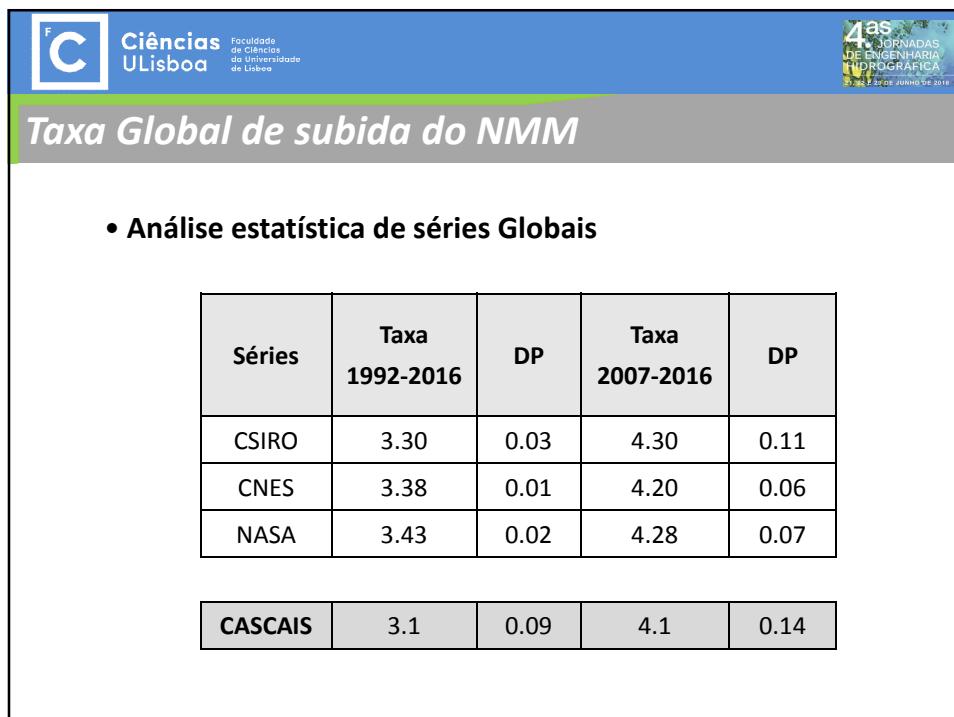
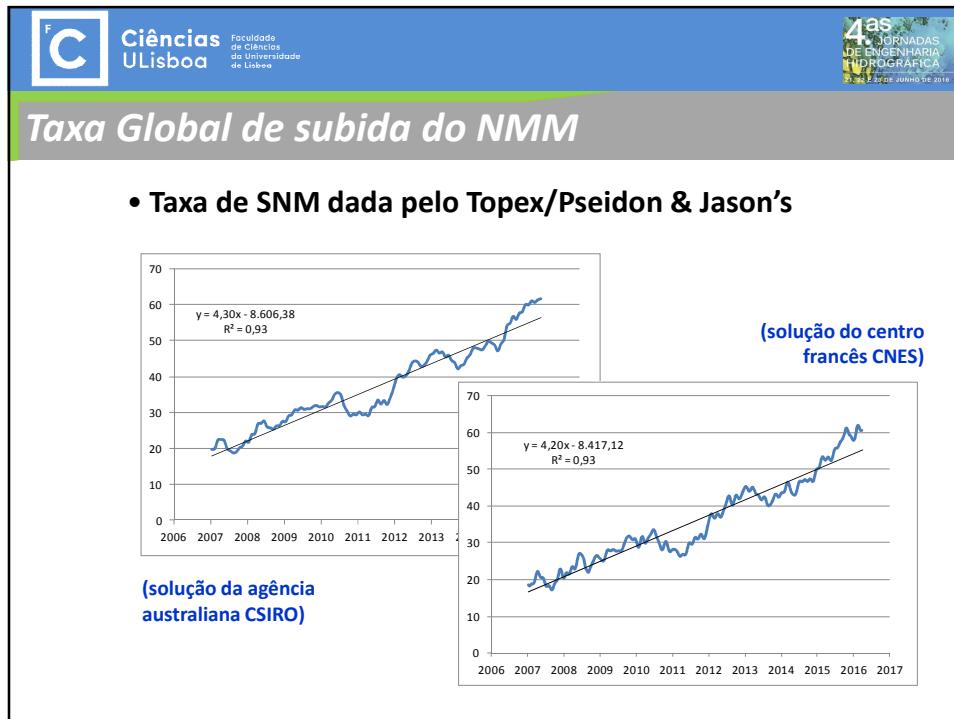
- Taxa de SNM dada pelo Topex/Pseidon & Jason's

(solução do centro francês CNES)

+3.38 mm/yr

Reference GMSL - corrected for GIA

(solução da agência australiana CSIRO)



**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

## Aceleração do NMM e Projeção Futura

- Taxa actual e aceleração da SNM (1992-2016)

**Aceleração da SNM relativa:**

- Considerando-se o período de 24 anos com duas taxas diferentes
- SNM relativa de 2.2 mm/ano ( $\pm 0.21$  mm/ano) entre 1992-04
- SNM relativa de 4.1 mm/ano ( $\pm 0.42$  mm/ano) entre 2005-16
- Obtém-se uma aceleração da SNM de 0.079 mm/ano<sup>2</sup> ( $\pm 0.014$  mm/ano<sup>2</sup>)

**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

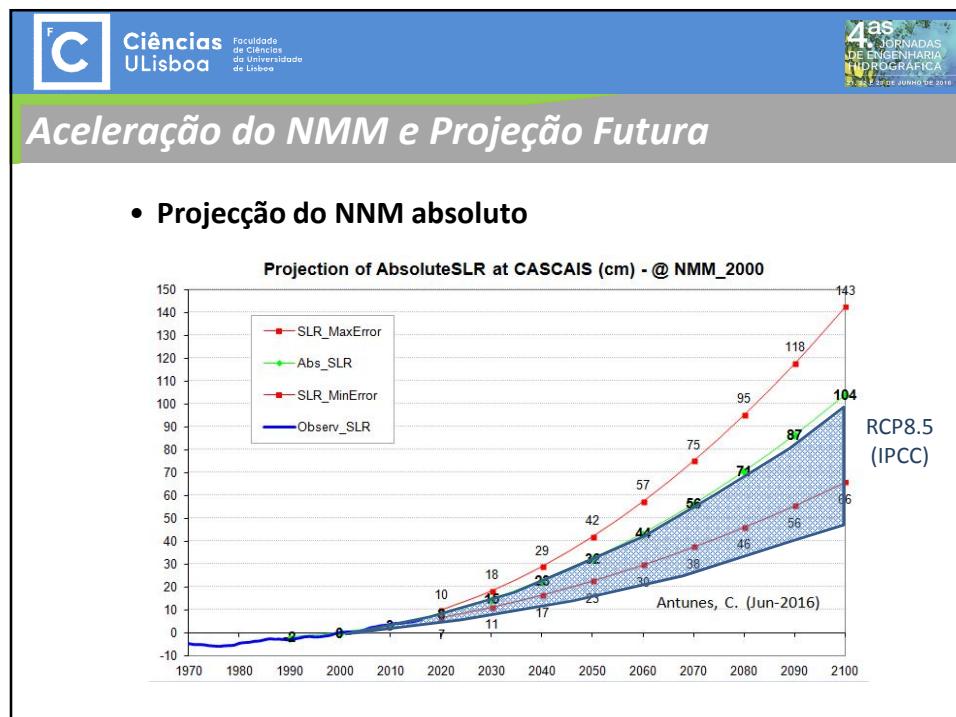
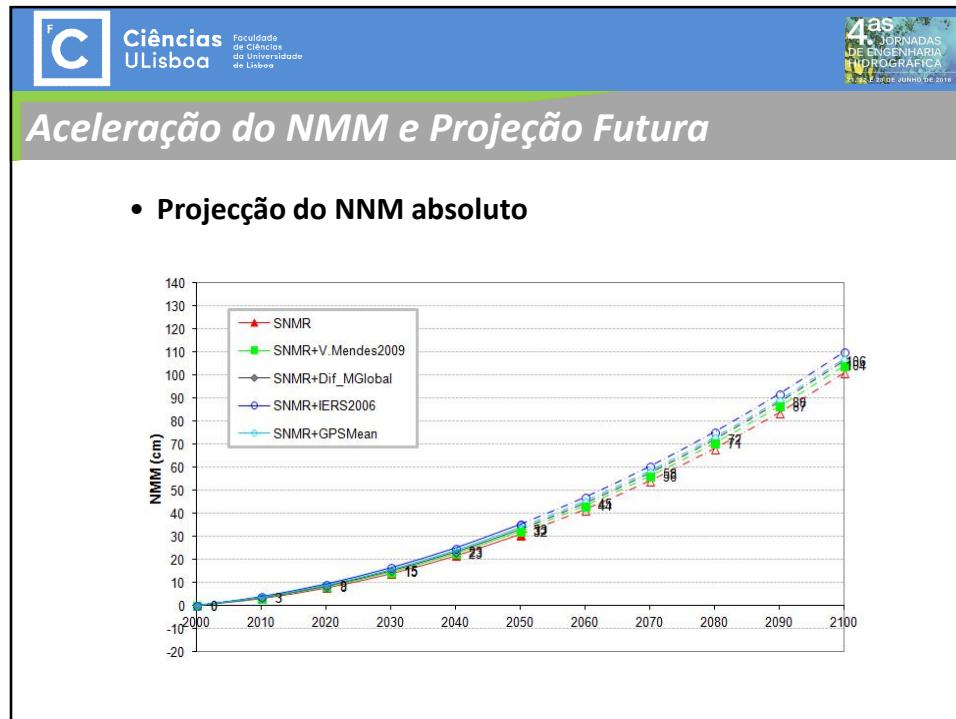
4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

## Aceleração do NMM e Projeção Futura

- Projecção do NNM relativo em Cascais

**Projection of Relative SLR at CASCAIS (cm) - @ NMM\_1938**

Year	Observed SLR (cm)	Relative SLR (cm)	SLR_MaxError (cm)	SLR_MinError (cm)
1970	10	10	10	10
1990	14	14	14	14
2000	16	16	16	16
2010	18	18	18	18
2020	22	22	22	22
2030	27	27	27	27
2040	34	34	34	34
2050	41	41	41	41
2060	44	44	44	44
2070	53	53	53	53
2080	69	69	69	69
2090	86	86	86	86
2100	128	128	153	106
(Antunes, C. Jun-2016)				
			114	76



**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

## Aceleração do NMM e Projeção Futura

- Projecção do NNM absoluto

Sea level rise (cm)

year

Until 2100:  
18 – 59 cm + something (IPCC, 2007)  
40 – 85 cm (warm scenario KNMI, 2006) (blue)  
50 – 140 cm (Rahmstorf, 2007) (grey)  
40 – 140 cm Delta Vision, Blue Ribbon Task Force California (green)  
55 – 110 cm ("high end", Delta Committee 2008) (red)  
80 – 200 cm (physical maximum under extreme assumptions according to Pfeffer et al. 2008) (yellow);  
Tot 2200:  
150 – 350 cm ("high end", Delta Committee, 2008)  
Tot 2300:  
250 – 510 cm (Global Change Advisory committee Germany, WBGU, 2006) (purple);

Metingen

Rahmstorf 2007

Delta-Com.

WBGU

**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

## Aceleração do NMM e Projeção Futura

- IPCC2013 – AR5: Projeções da SNM Global

Global mean sea level rise (m)

Year

RCP2.6

RCP4.5

RCP6.0

RCP8.5

**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

## Aceleração do NMM e Projeção Futura

- Resultados recentes (Rahmstorf et. al, 2012)

The figure consists of two vertically aligned line graphs. The top graph plots 'Sea Level Change (cm)' on the y-axis (ranging from -2 to 8) against 'Year' on the x-axis (from 1980 to 2010). It shows a noisy orange line representing observed data, which rises from approximately -1 cm in 1980 to about 6 cm in 2010. A red double-headed arrow indicates a vertical distance of 4 cm between two horizontal red lines at approximately 2 cm and 6 cm. The bottom graph plots 'Rate of Rise (mm/year)' on the y-axis (ranging from 0 to 10) against 'Year' on the x-axis (from 1900 to 2100). It shows a noisy orange line that remains relatively flat around 1 mm/year until the year 2000, after which it rises sharply to between 4 and 10 mm/year by 2100. Multiple colored lines represent different projection scenarios starting from 2000, showing a range of future outcomes.

**Ciências ULisboa** Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

4as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA  
21, 22 E 23 DE JUNHO DE 2016

## CONCLUSÕES

- Resultados evidenciam um aumento contínuo da SNM, com duplicação da taxa nos últimos 15 anos (4.1 mm/ano);
- A aceleração estimada mantém-se na mesma ordem de grandeza ( $0.07 - 0.08 \text{ mm/ano}^2$ ) em relação a trabalhos anteriores;
- A SNM em CASCAIS é consistente com a taxa global estimada por satélite, evidenciando baixos valores de soerguimento costeiro (tectónico e isostático);
- A projecção futura do NMM indica um cenário mais gravoso que o cenário RCP8.5 do IPCC



**Ciências**  
ULisboa

Faculdade  
de Ciências  
da Universidade  
de Lisboa

**4.º JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA**

**OBRIGADO!**

**Carlos ANTUNES**  
[cmantunes@fc.ul.pt](mailto:cmantunes@fc.ul.pt)

  
INSTITUTO  
DOM LUIZ

  
LISBOA | UNIVERSIDADE  
DE LISBOA