

# Mudanças climáticas, ambientes costeiros e engenharia costeira

**Claudio F. Neves**  
COPPE / UFRJ

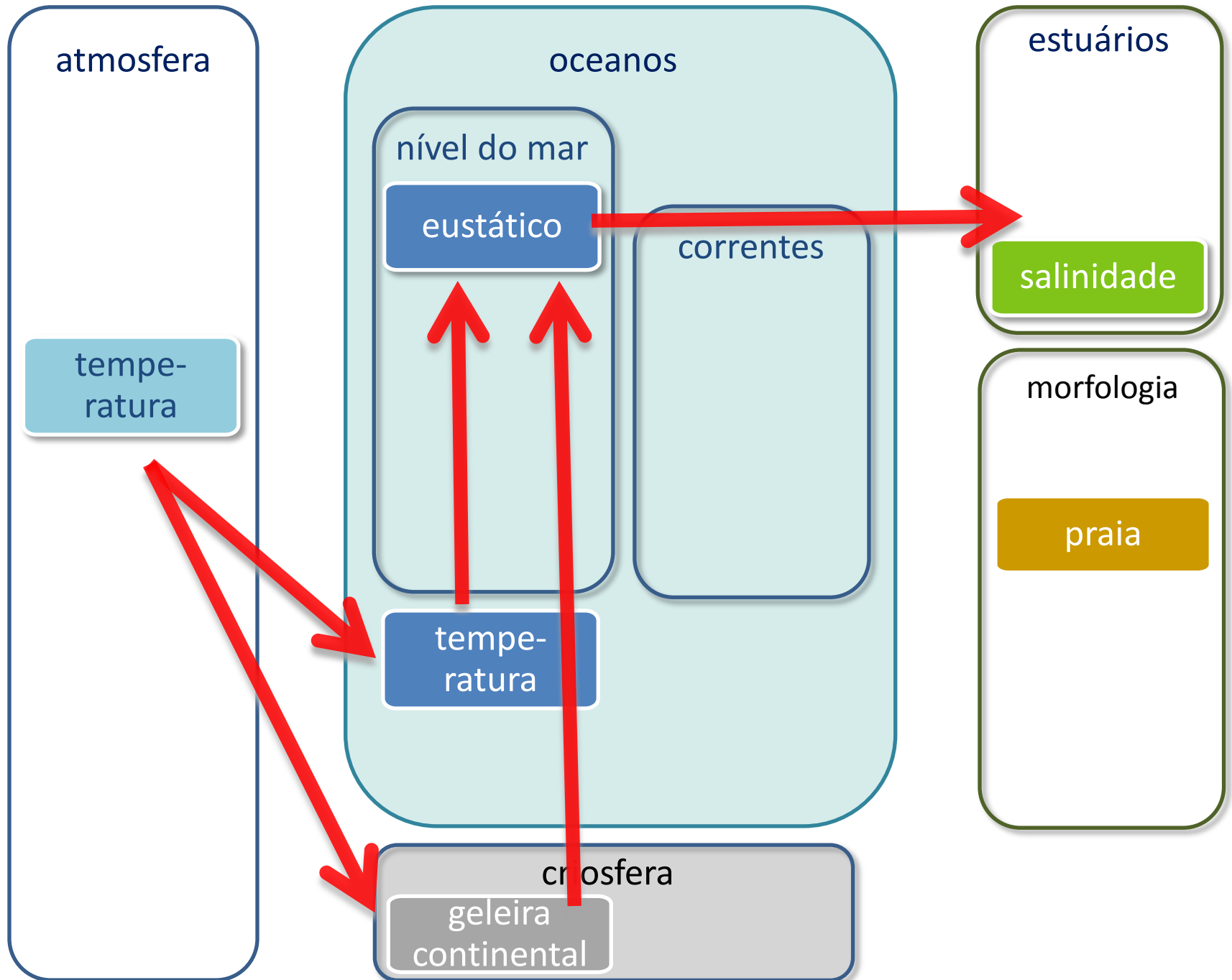
INPE, 15 de julho de 2010



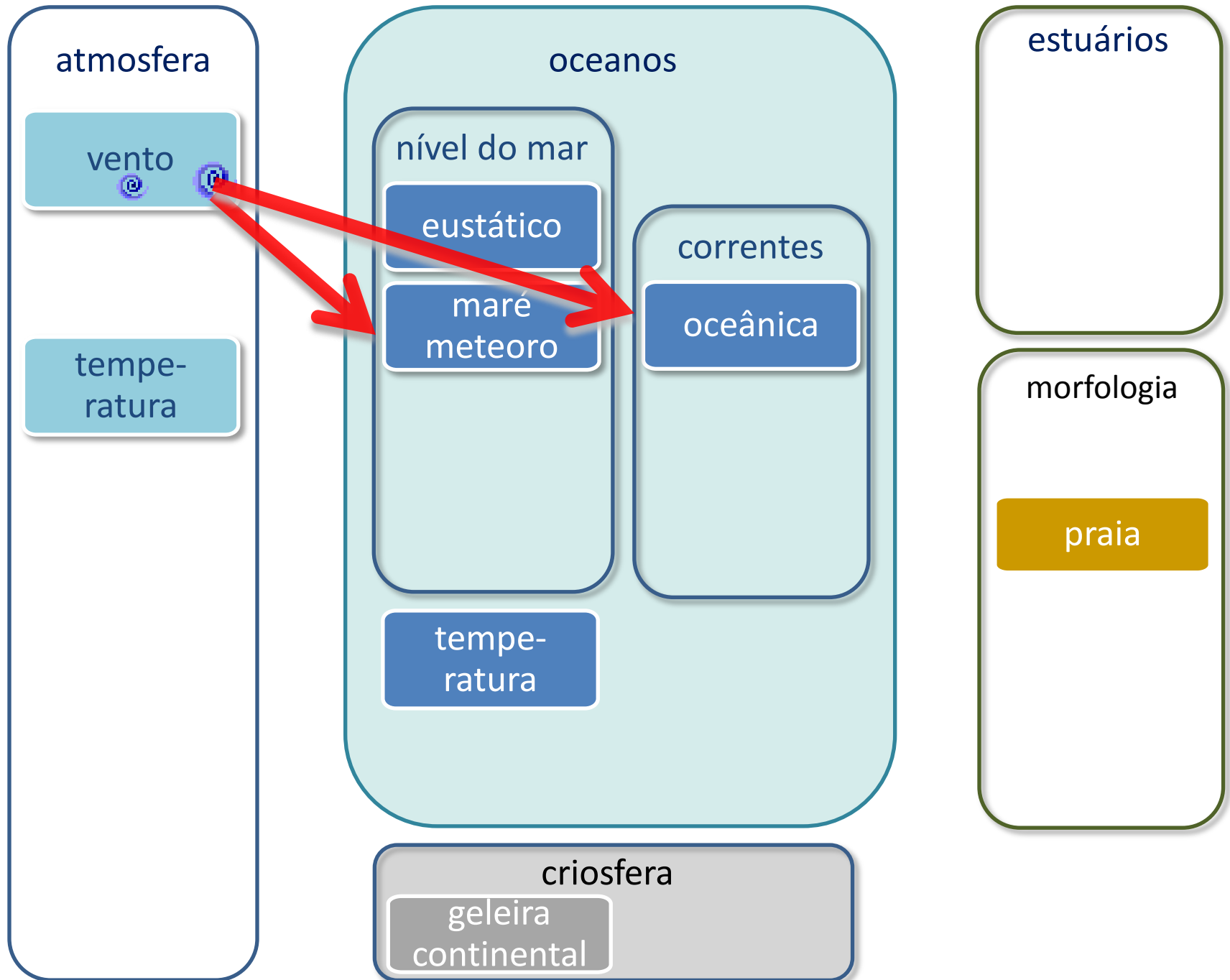
*“Assim, segundo a nossa classificação, havia ventos maliciosos e ventos desordeiros, ventos calados e ventos que cantavam, ventos compridos, de grande velocidade, e ventos miudinhos, desses que começam a correr sobre a grama e logo desanimam aos pés do primeiro arbusto.”*

Aníbal M. Machado

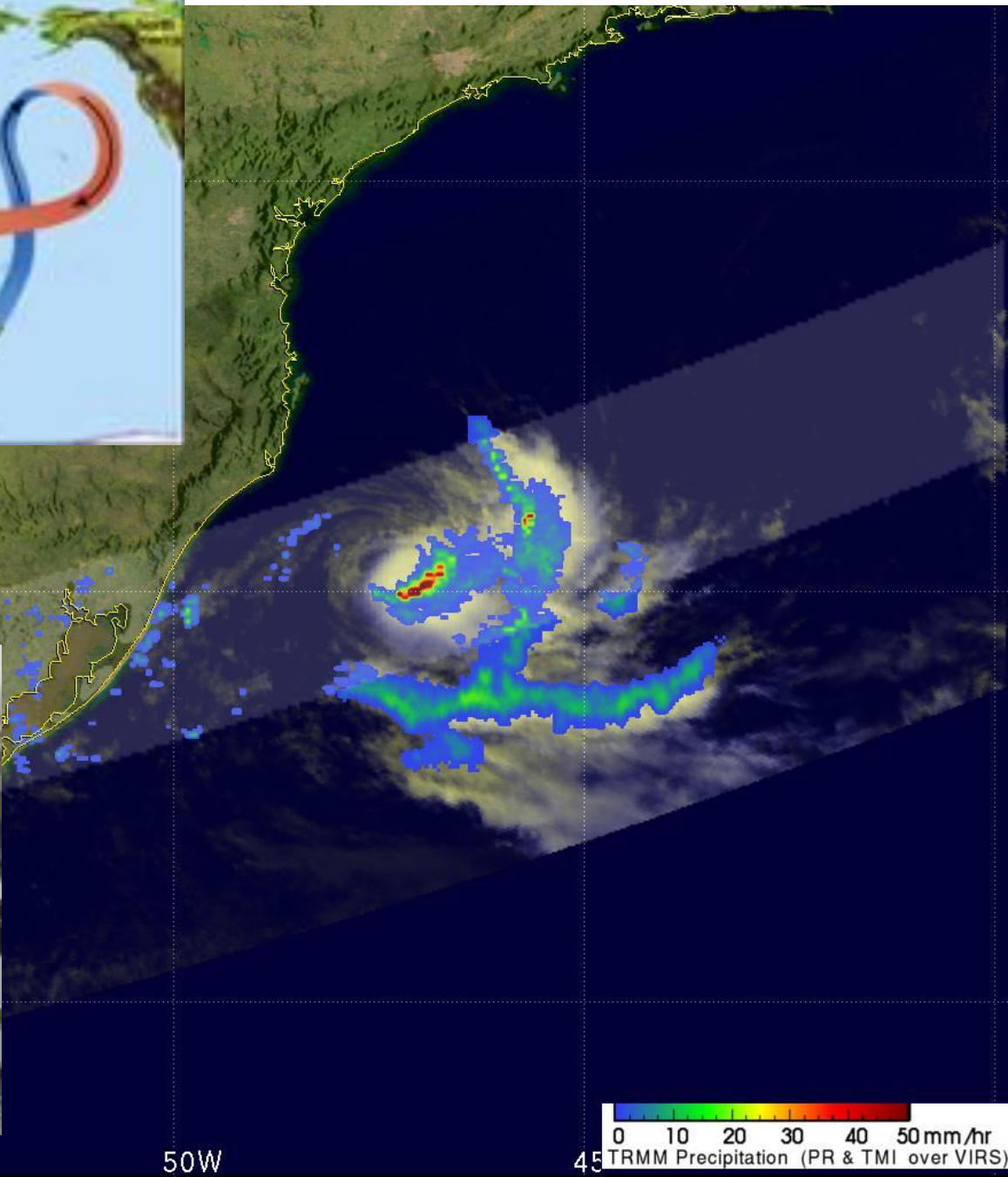
“O Iniciado do Vento”





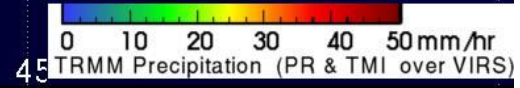




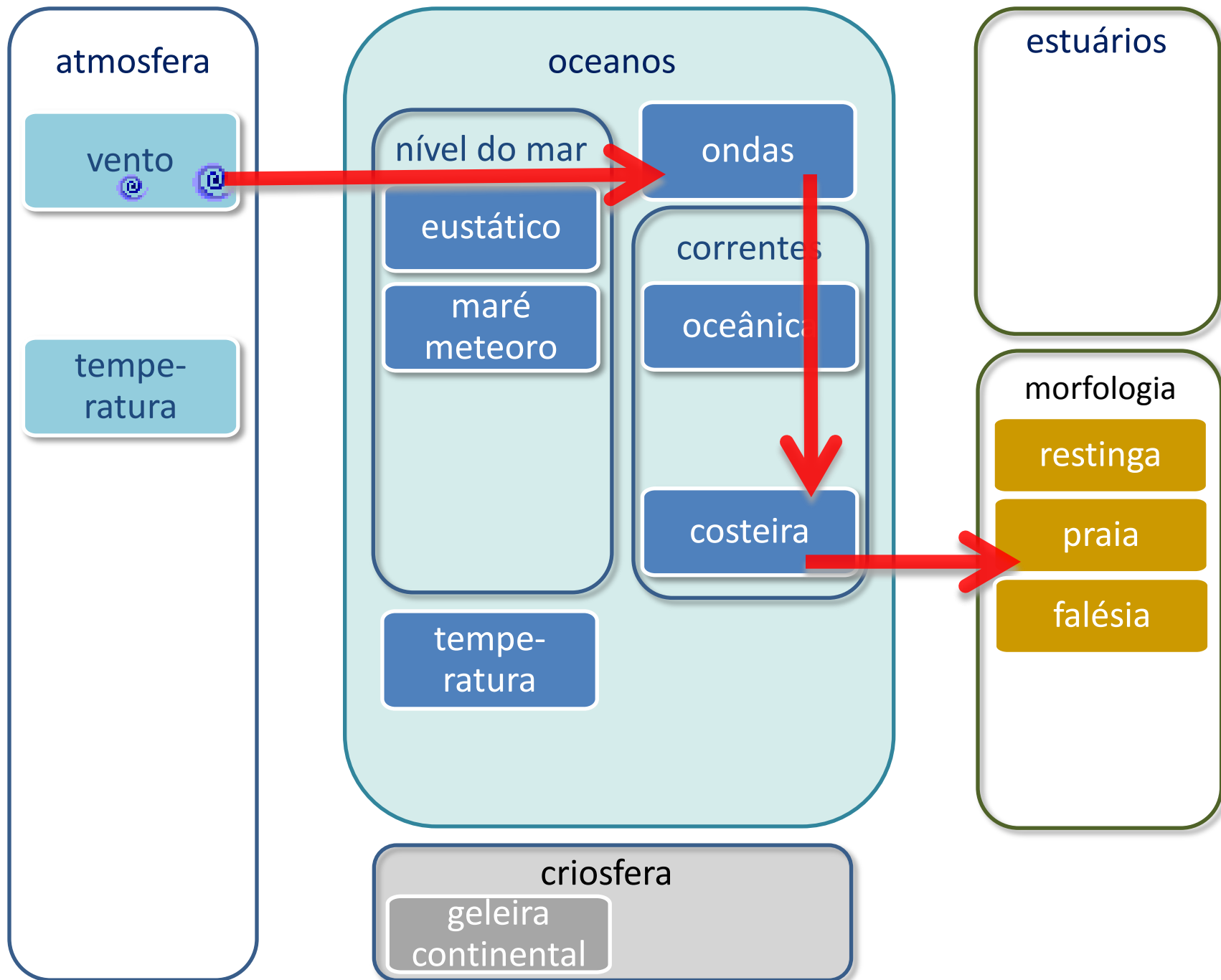


3/10/2010 1325Z 90Q

50W



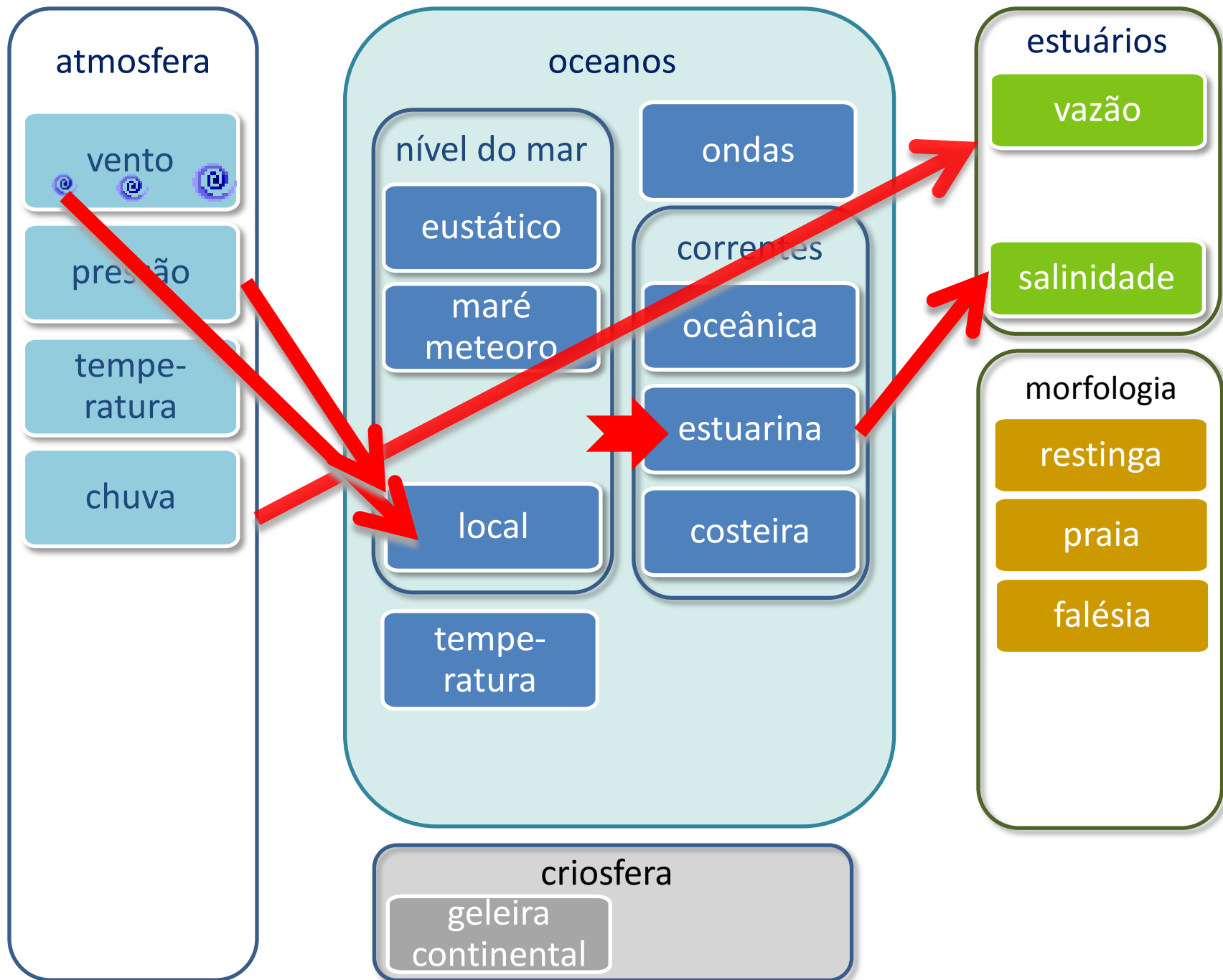
45

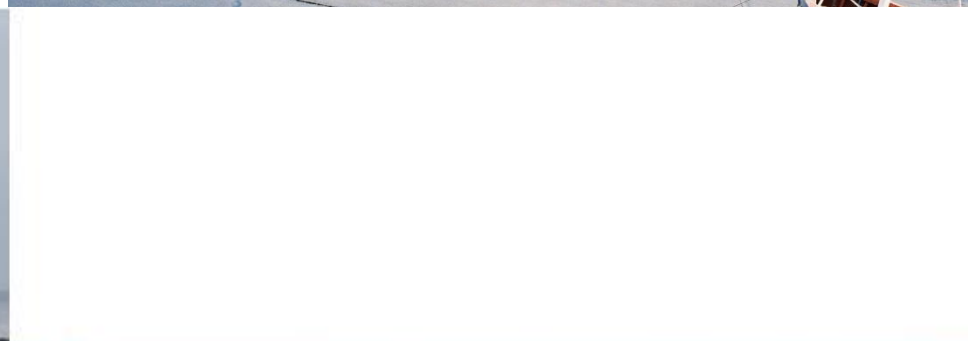


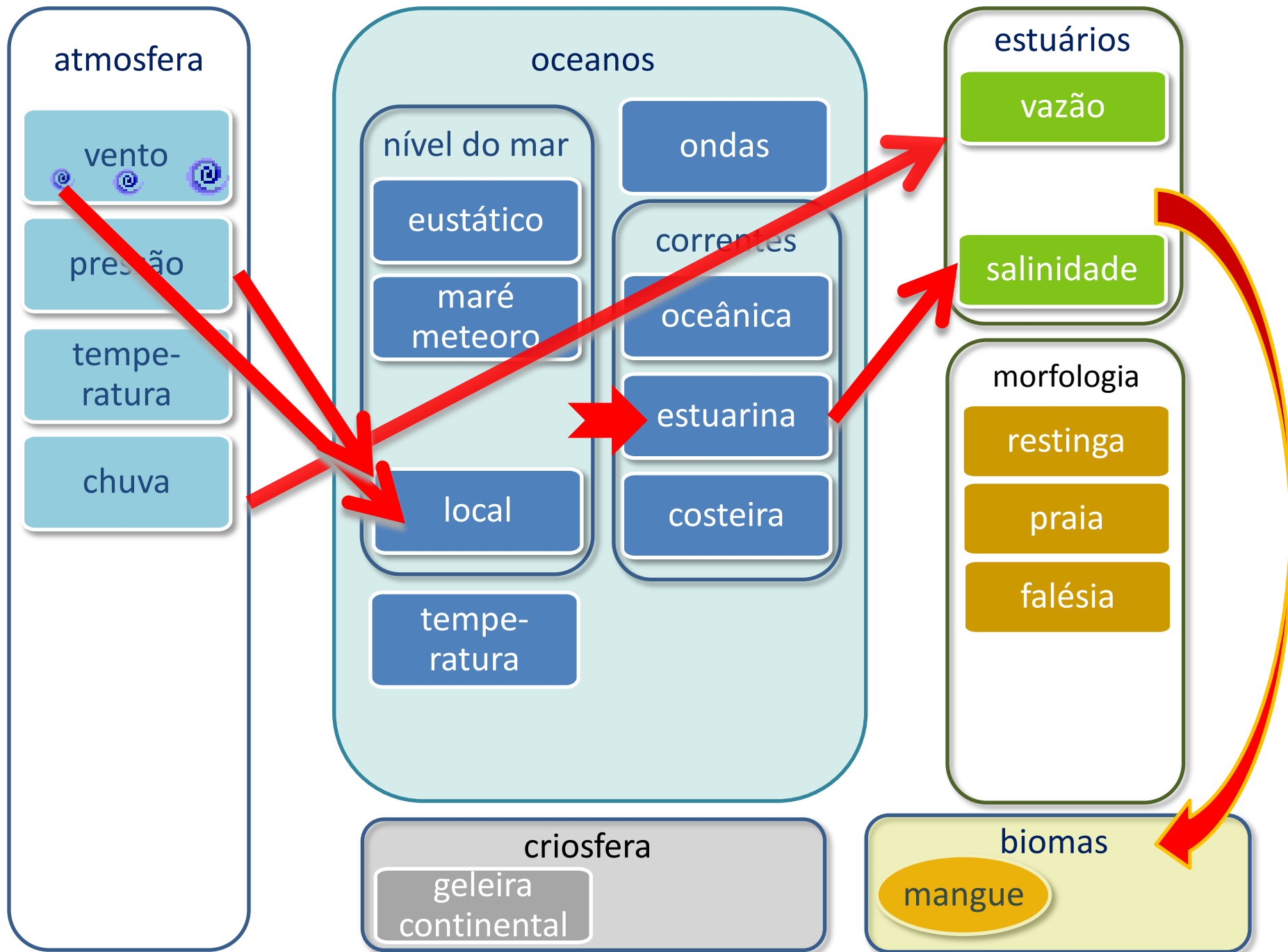




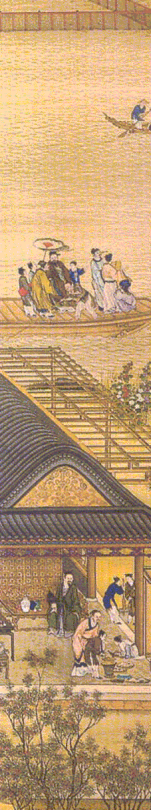














## atmosfera

vento



pressão

tempe-  
ratura

chuva

outra pre-  
cipitação

radiação

alta  
atmosfera

## oceanos

nível do mar

eustático

maré  
meteoro

maré  
astro

local

tempe-  
ratura

fítoplan

ondas

correntes

oceânica

estuarina

costeira

físico-  
química

zooplan

## estuários

vazão

sedimento

salinidade

## morfologia

restinga

praia

falésia

costão

duna

## criosfera

geleira  
continental

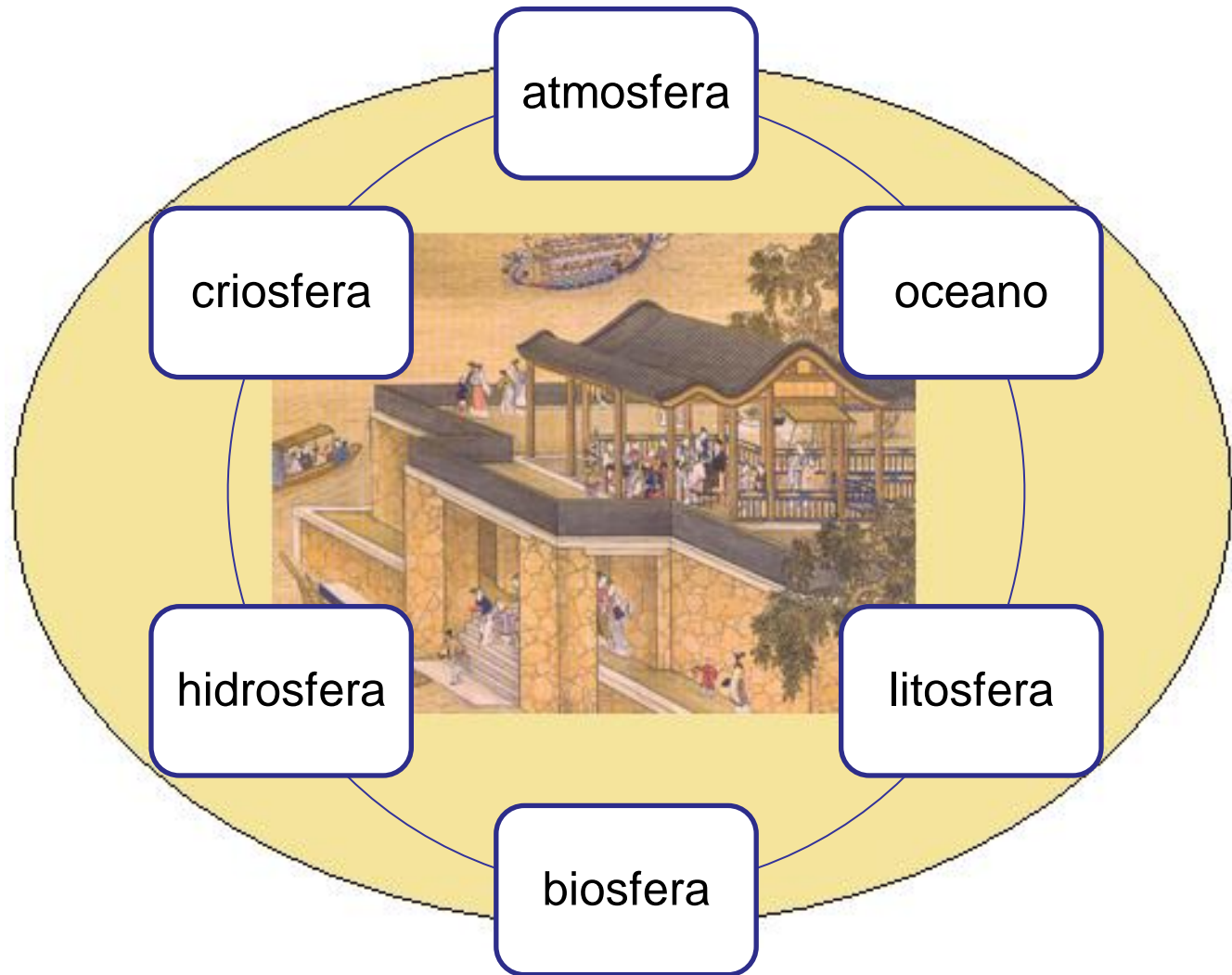
gelo  
marinho

## biomas

mangue

coral

# sistemas terrestres



# Panorama futuro

---

Identificação dos  
agentes físicos

- regime de ventos**
  - regime de ondas**
  - resposta do nível  
médio do mar**
  - temperaturas**
  - regime de chuvas**
-

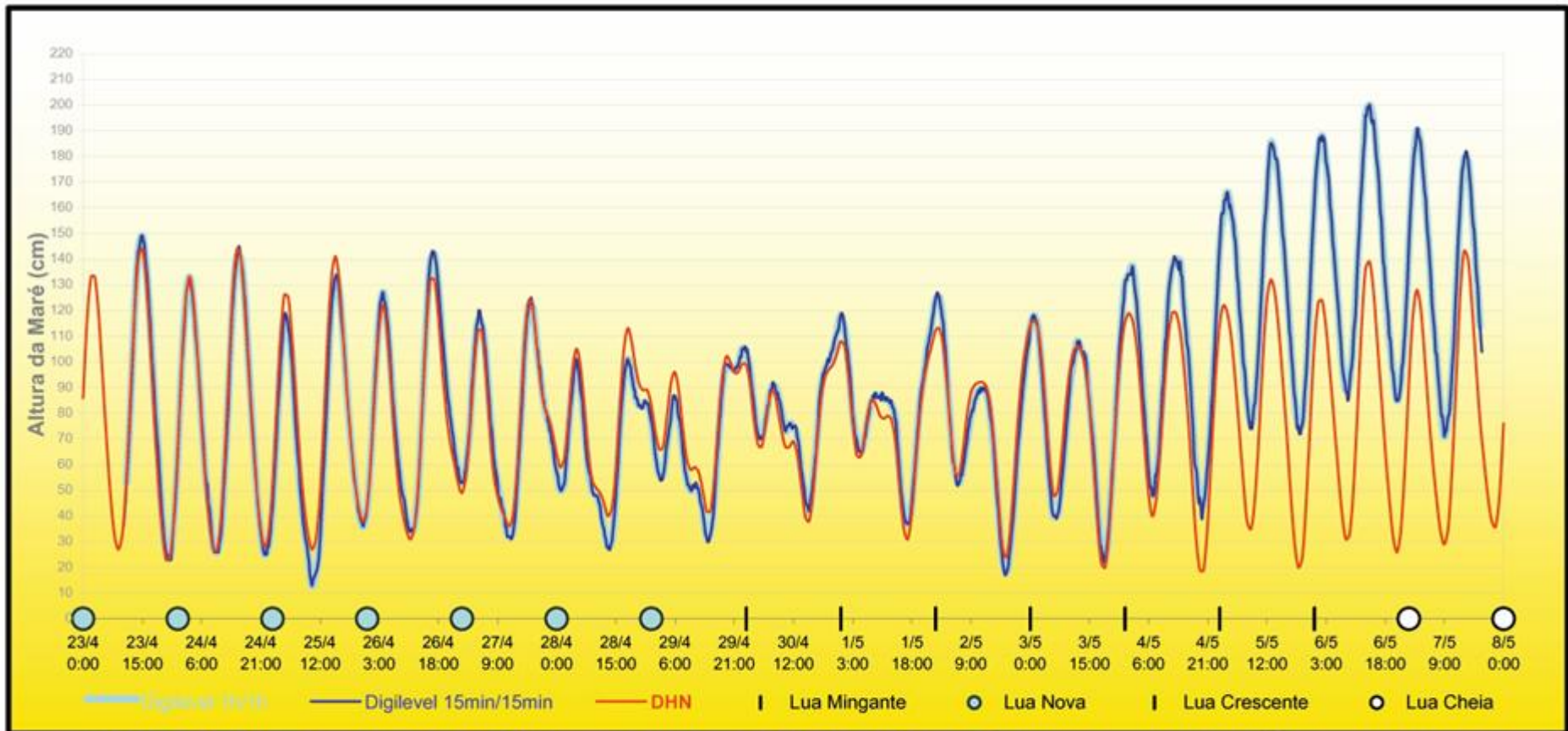
# Panorama futuro

Identificação dos  
agentes físicos

- regime de ventos**
- regime de ondas**
- resposta do nível médio do mar**
- temperaturas**
- regime de chuvas**

- distribuição de massas d'água
- circulação oceânica
- trocas de calor
- ondas
- nível médio do mar
- dunas





COMPARATIVO DE MARÉS	DATA E HORA INICIAL	DATA E HORA FINAL	ATUALIZAR GRÁFICO	PLANENP ENGENHARIA
PONTA DA ARMAÇÃO (RJ) / ANO 2001	23/04/2001 00:00	08/05/2001 00:00		









# Panorama futuro

---

Identificação dos  
agentes físicos

- regime de ventos
- regime de ondas
- resposta do nível médio do mar
- temperaturas
- regime de chuvas

- morfologia costeira
- estruturas
- navegação
- portos
- turismo





*Tendência de realinhamento do litoral devido a mudança na direção de propagação das ondas*

© 2007 Google

1454 m  
Printer 22°59'45.45"S -4°11'47.63"W elev. 0 m  
Streaming 100%







Figure 1 - A captured image of seaward drifting of swim rings due to rip currents (8-15-2009).

Lee, J.L. & Lee, J-Y., 2010, A forecasting system of dangerous rip currents in Haeundae Beach, Korea. ICCE 2010, *Book of Abstracts*, Paper 171, Shanghai, 30 / junho a 5 / julho / 2010

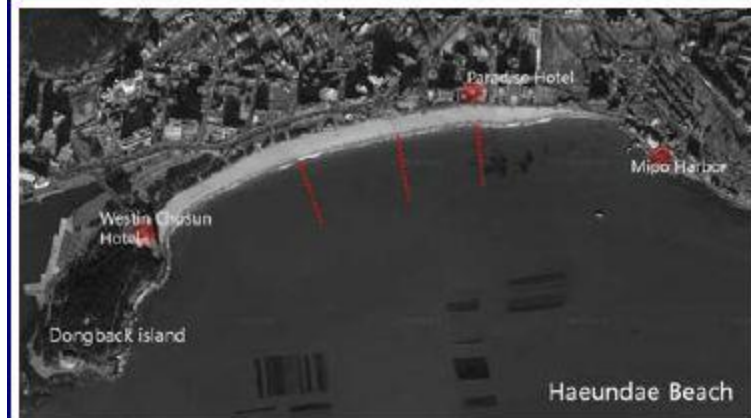


Figure 2 - Three spots of rip currents frequently occurred at Haeundae Beach

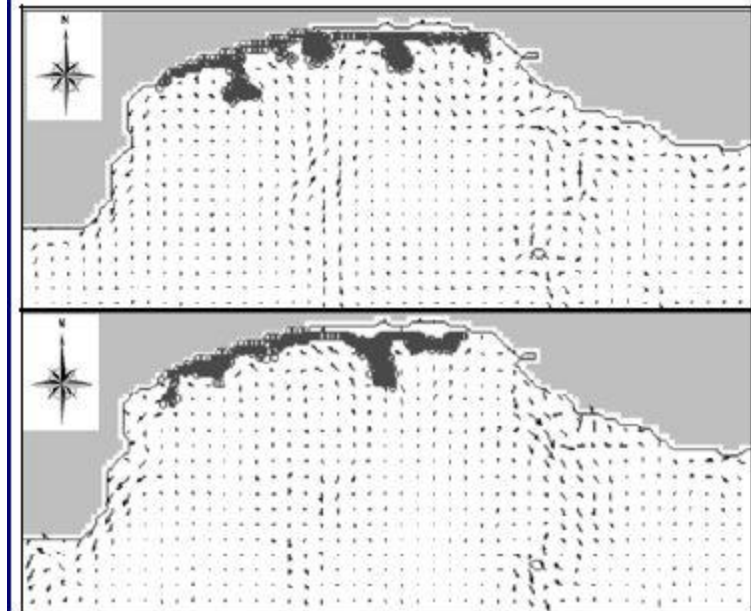


Figure 3 - Simulated results for Seaward drifting of swim tubes due to rip currents under high time; incident wave height : 0.6m(both), wave direction : 170° (up), wave direction : 185° (down)



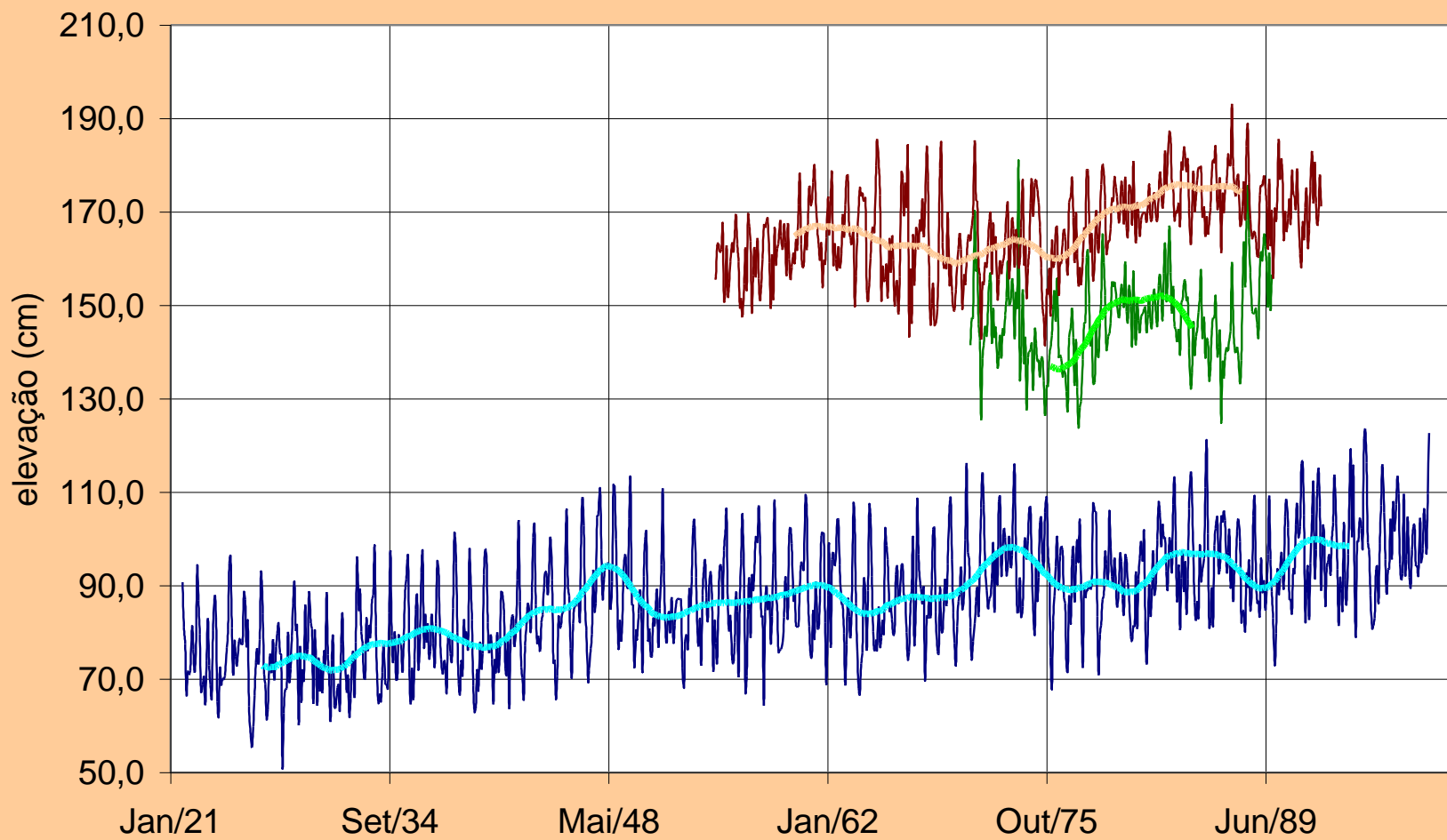
# Panorama futuro

---

Identificação dos  
agentes físicos

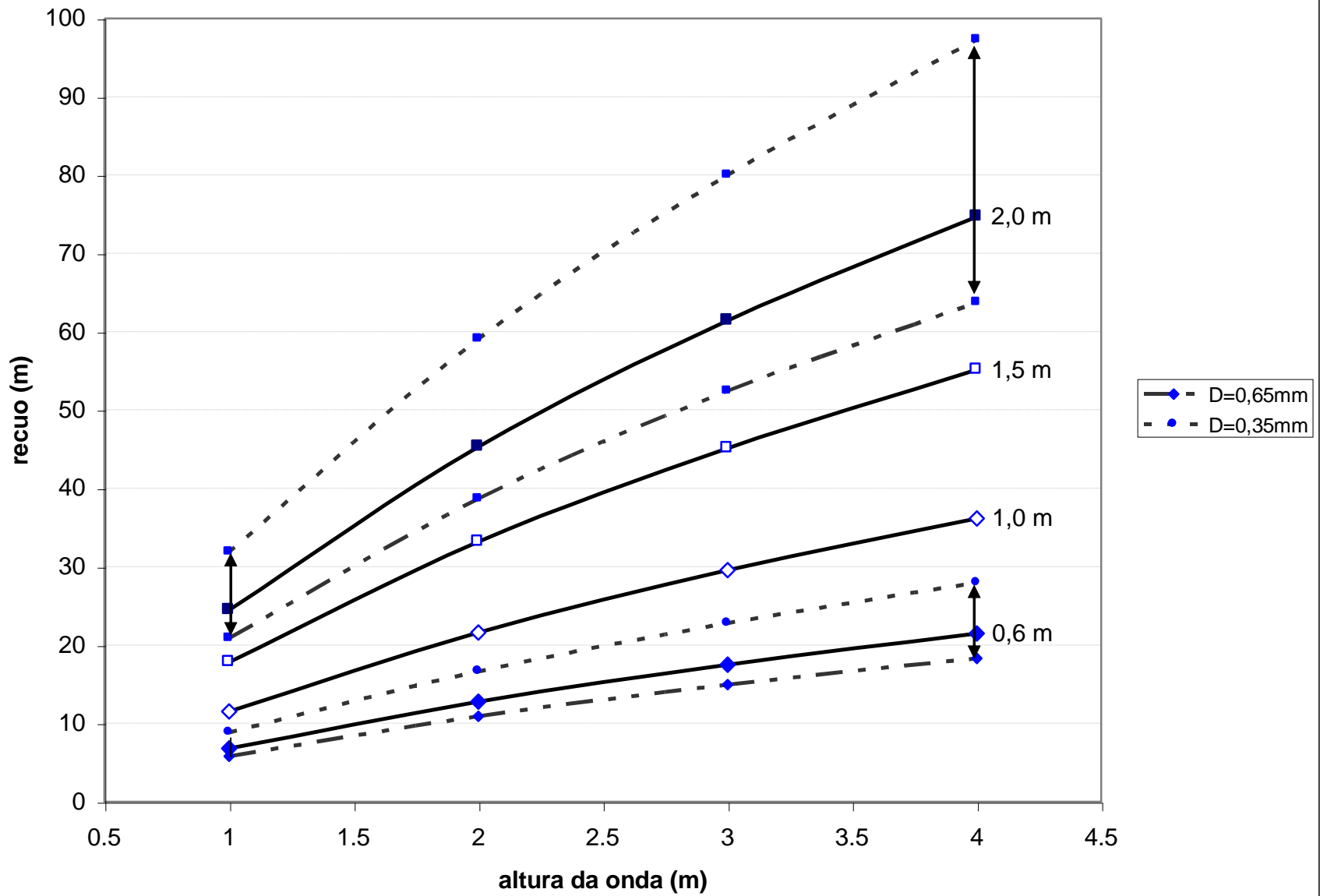
- regime de ventos
- regime de ondas
- resposta do nível  
médio do mar
- temperaturas
- regime de chuvas

- ondas de plataforma
- circulação costeira
- ambientes estuarinos
- portos
- estruturas
- drenagem
- estruturas



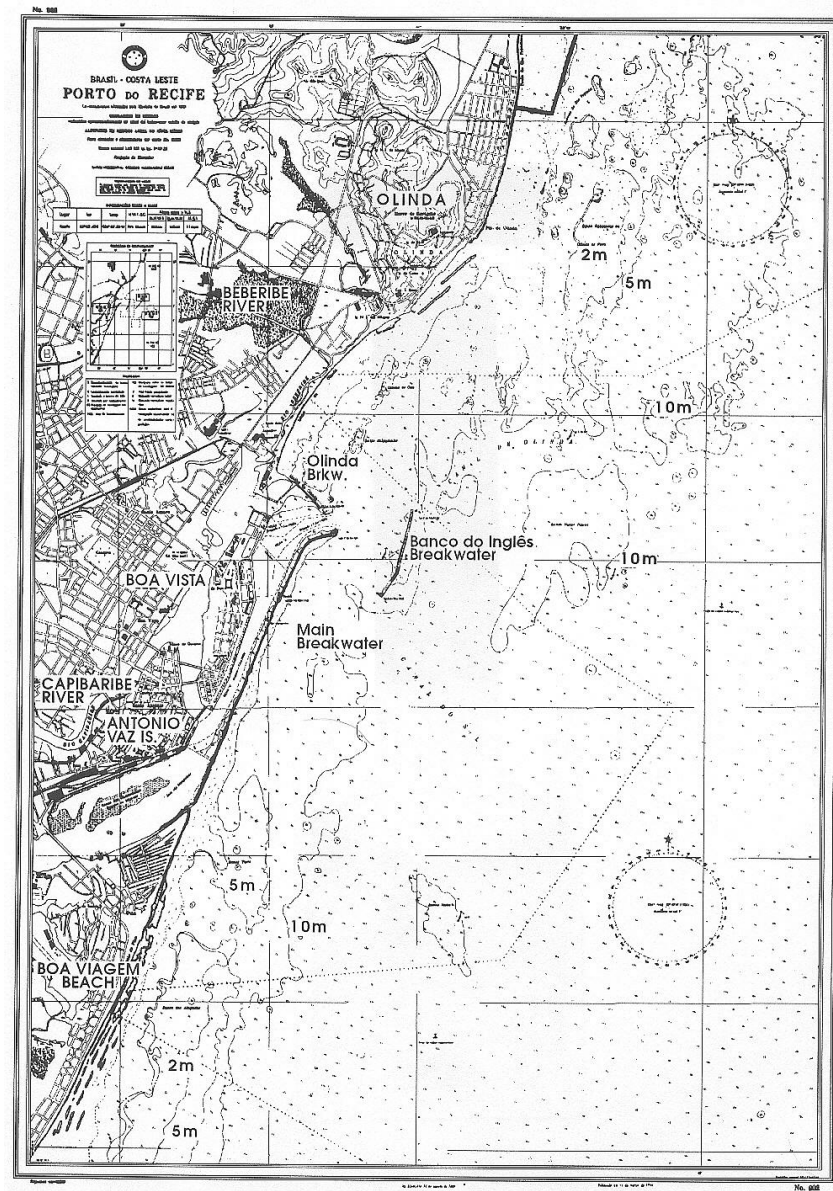
— Charleston — Santos — Cananéia





# Recife 1990

praia	D <sub>50</sub> (mm)	recuo (m)
Boto	0,32	15
Paiva	0,38	14
Boa Viagem	0,24	21
Olinda a Rio Doce	0,47	13
Rio Doce a Maria Farinha	0,50	12
Itamaracá	0,31	17

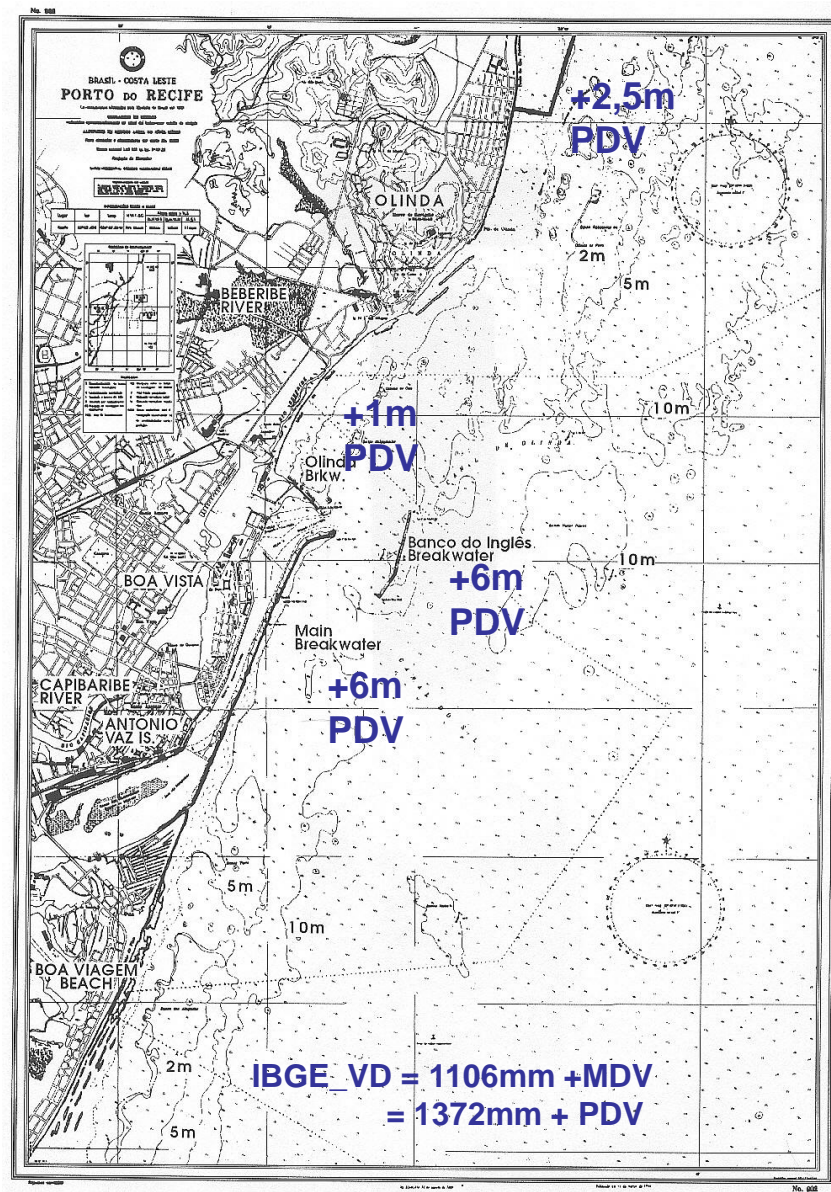


Elevação NMM = 1m – ondas OWS+refração



# Recife 1990

praia	Q (m <sup>3</sup> /dia)	Q +1 (m <sup>3</sup> /dia)
Boto	--	--
Paiva	-208	-756
Boa Viagem	-189	-531
Olinda a Rio Doce	-669	-1741
Rio Doce a Maria Farinha	-1256	-3657
Itamaracá	-845	-1783



Elevação NMM = 1m – ondas OWS+refração

# Panorama futuro

Identificação dos agentes físicos

regime de ventos

regime de ondas

resposta do nível médio do mar

temperaturas

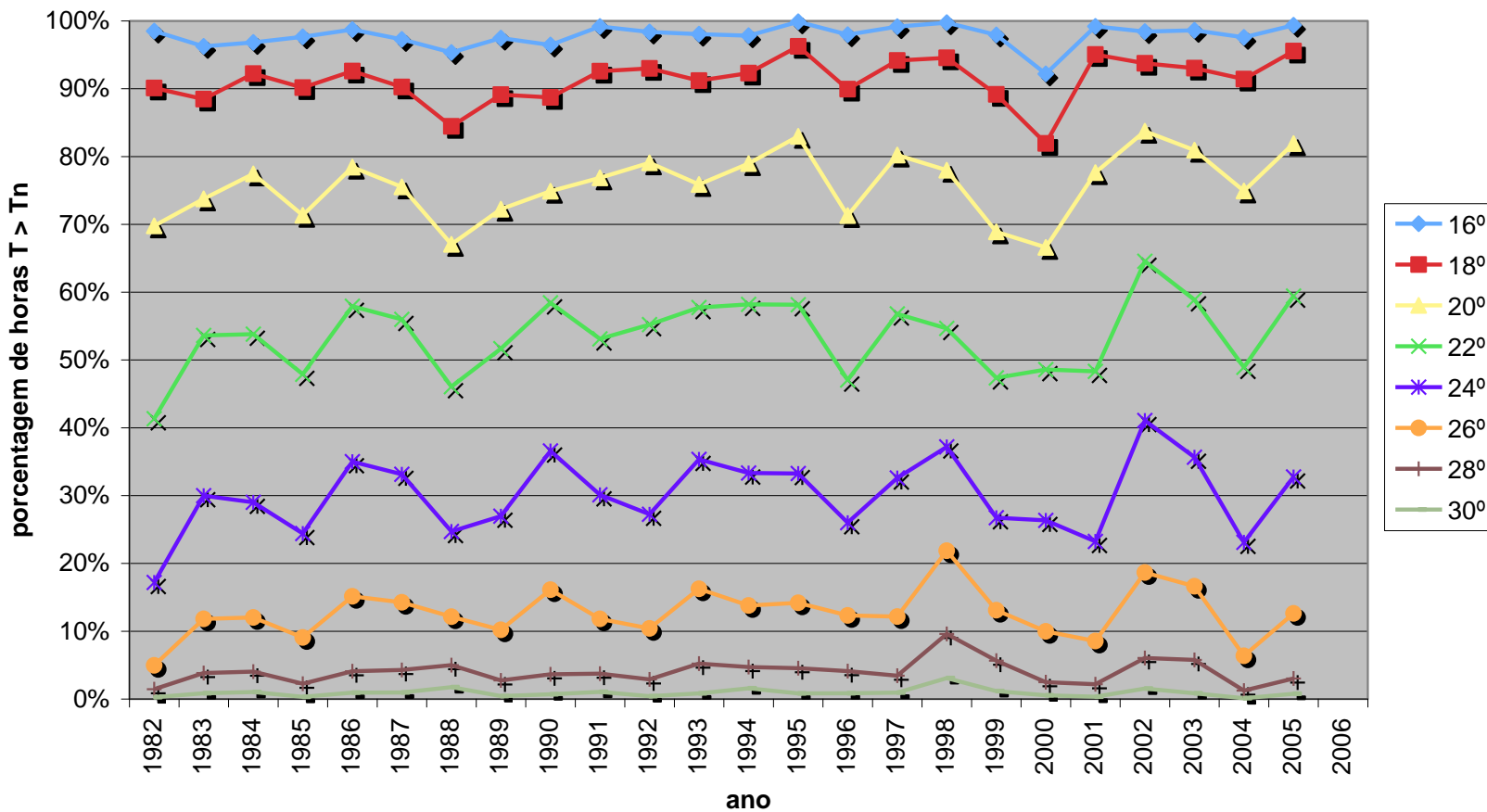
regime de chuvas

- ecossistemas
- consumo de energia
- saúde da população
- consumo de água
- estruturas / pavimentos

- expansão térmica
- circulação termo-halina
- ecossistemas aquáticos
- organismos vivos



porcentagem de horas com temperatura superior a Tn





# Panorama futuro

---

Identificação dos agentes físicos

- regime de ventos**
  - regime de ondas**
  - resposta do nível médio do mar**
  - temperaturas**
  - regime de chuvas**
- distribuição pluvial
  - ecossistemas
  - drenagem
  - mistura de águas
  - estuários
  - turismo

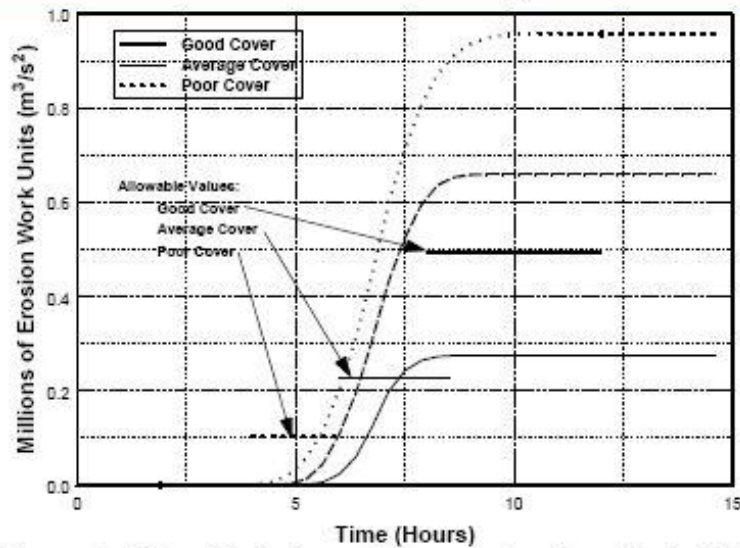


Figure 1. Time Variation of Excess Erosion Work Units for Three Grass Cover Qualities. Peak Storm Surge = 7.5 m and Levee Crest Elevation = 10 m For This Case.



Figure 2. Post-Katrina Levee Conditions Along the Southeast Shore of Lake Pontchartrain.

Dean & van Ledden, 2010. Accounting for levee overtopping duration: a test with hurricane Katrina conditions. *Book of Abstracts*, Paper 180. ICCE 2010, Shanghai, 30 / junho a 5 / julho / 2010

# Panorama futuro

---

Identificação dos agentes físicos

- regime de ventos
- regime de ondas
- resposta do nível médio do mar
- temperaturas
- regime de chuvas
- resposta dos oceanos**





# Parâmetros meteorológicos

- pressão atmosférica
- vento
- temperatura
- chuva
- precipitação (neve e gelo)
- radiação (UV, visível, IV)
- mesosfera ?



# Parâmetros oceanográficos

- correntes
- ondas
- temperatura
- salinidade
- turbidez
- propriedades químicas ?



# Parâmetros morfológicos

- sedimentos
  - tipo (coesivo, não coesivo)
  - tamanho dos grãos
- perfis de praia
- formas de fundo
- formas emersas
- substrato geológico ?





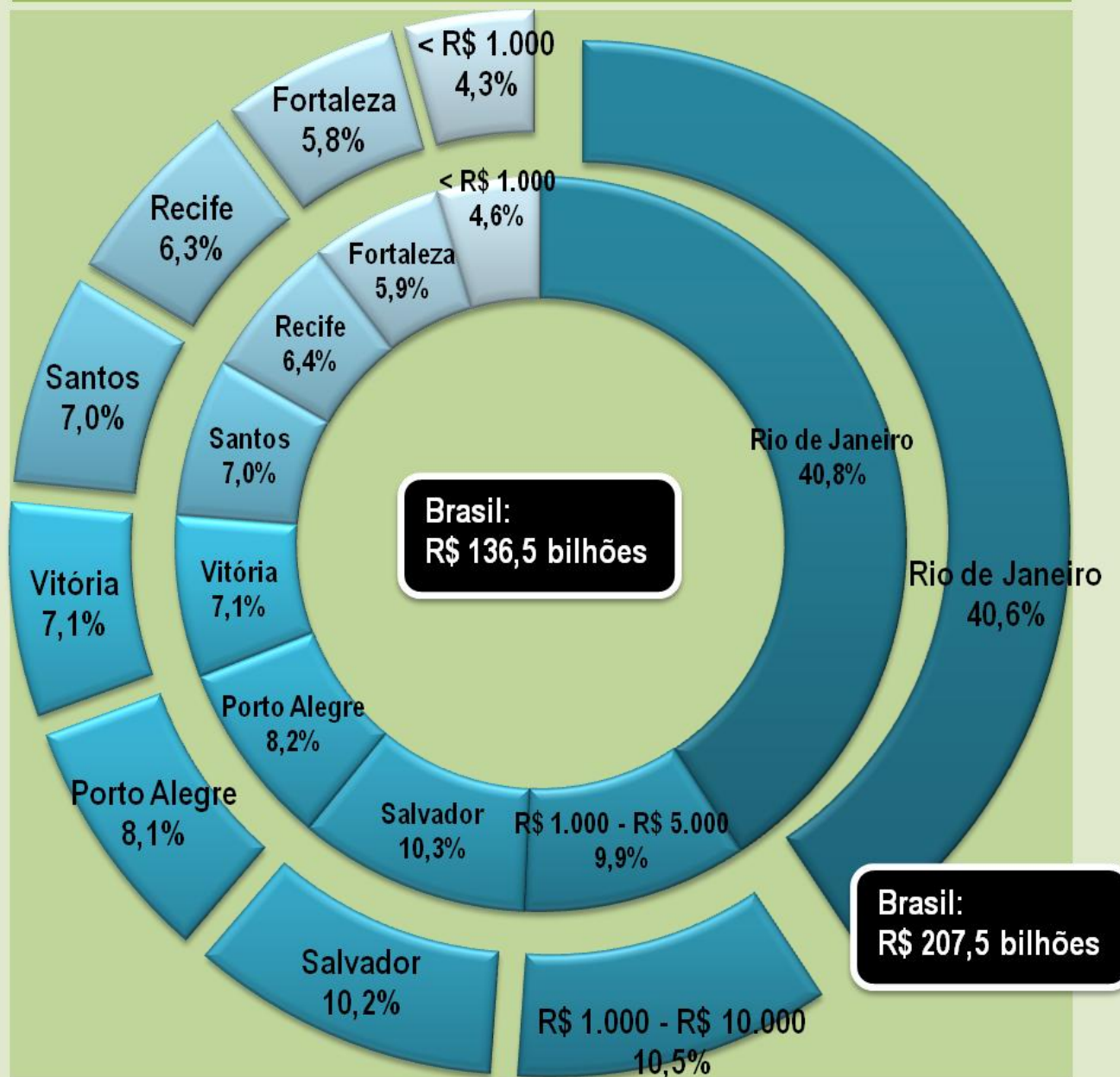
# Parâmetros sociais

- usos do solo
- patrimônio em risco
- população em risco
- leitos hospitalares
- capacidade de resposta ?





# Valoração de Bens e Usos da Zona Costeira





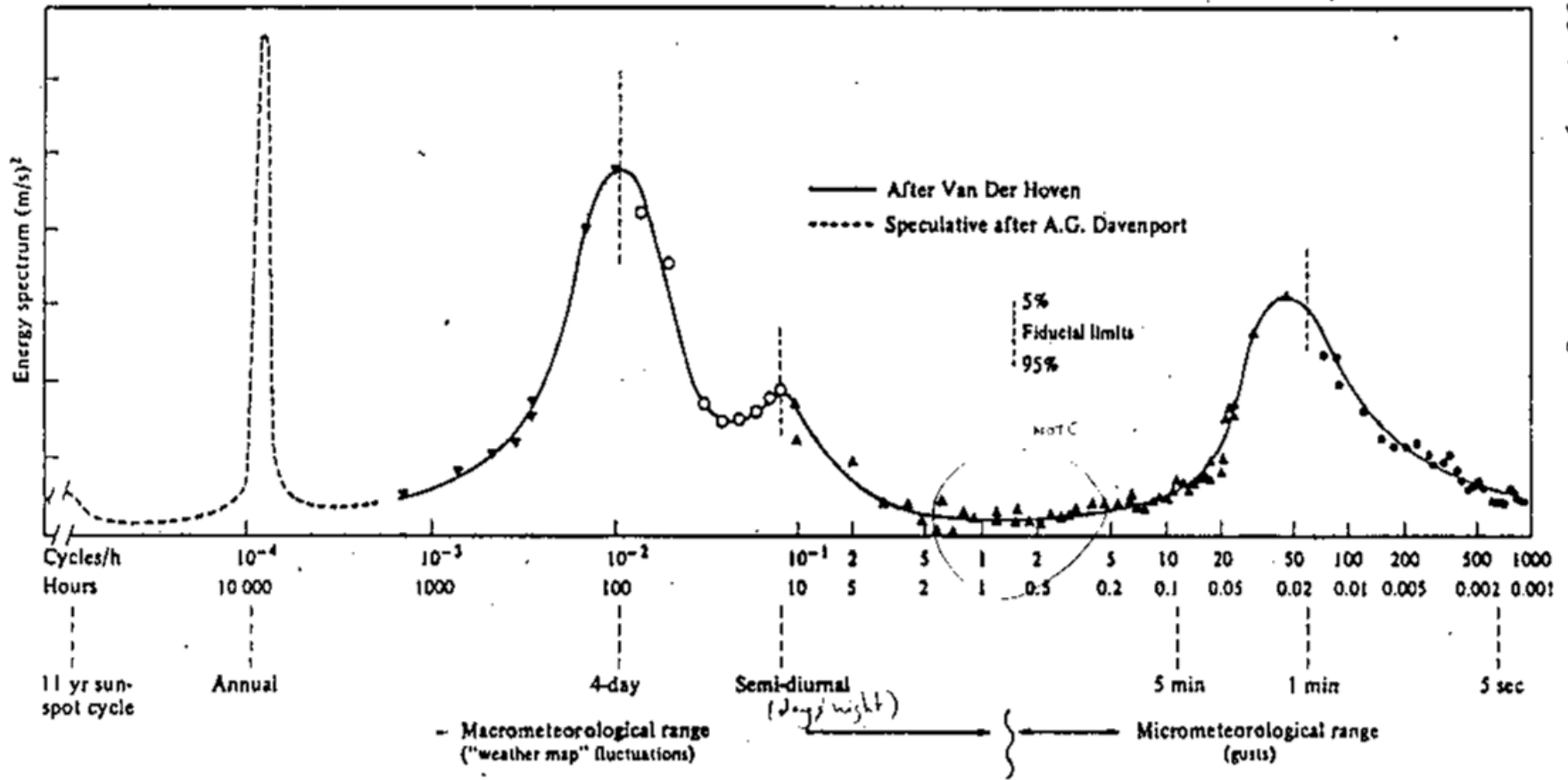
# Escalas temporais

Variações:

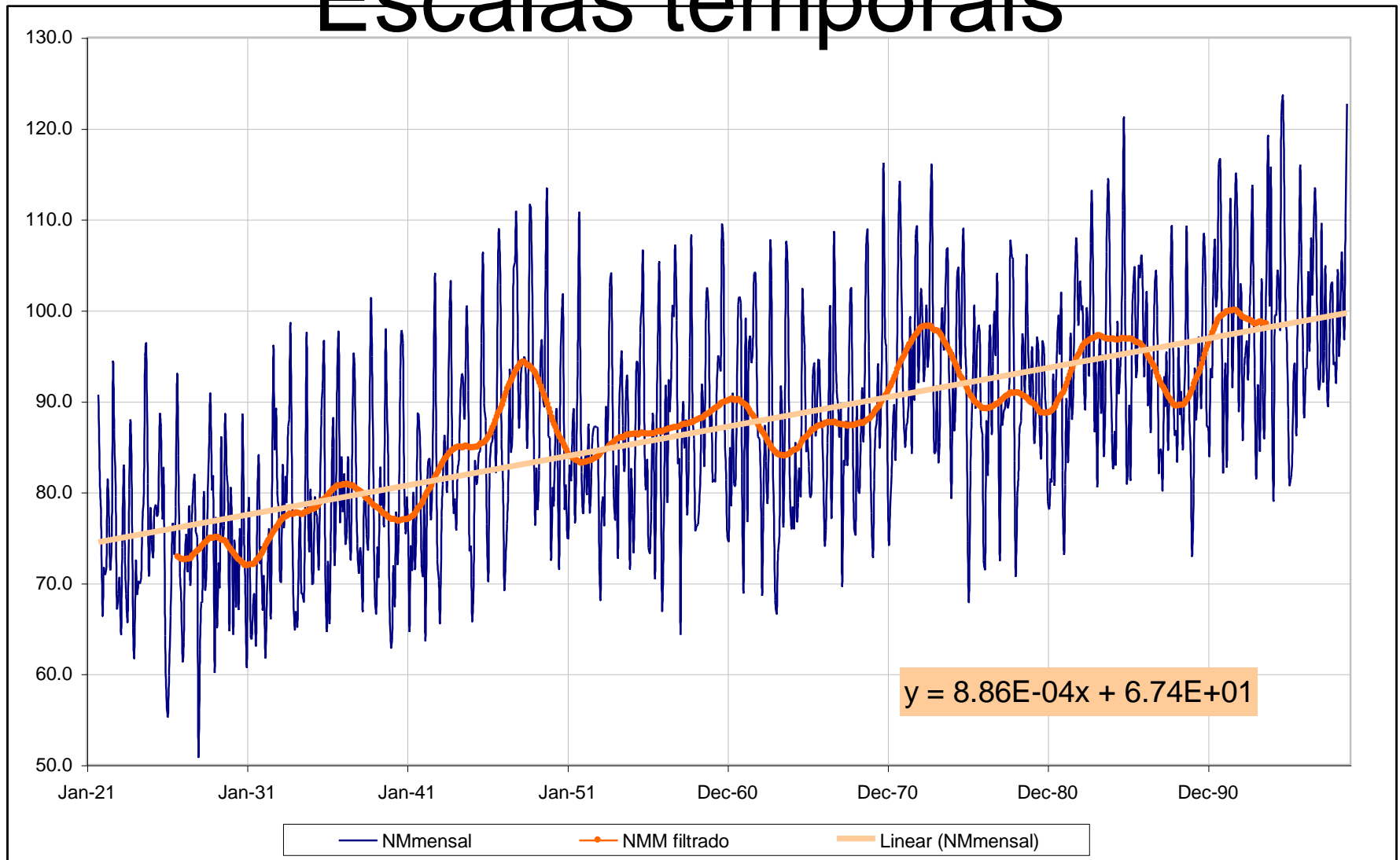
- tendência secular – décadas
- interanuais
- sazonais
- mensais
- diárias
- horárias
- em minutos



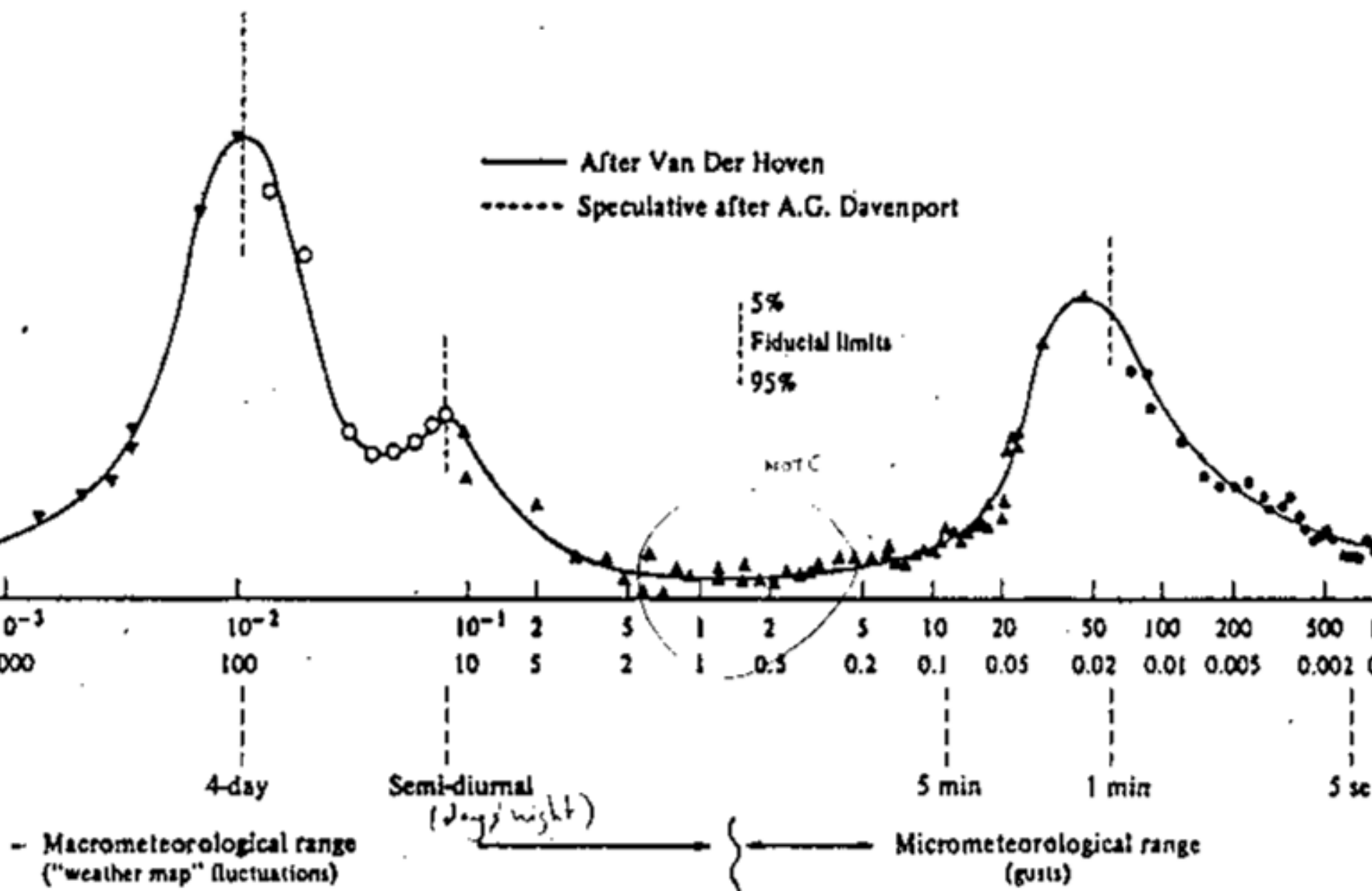
# Escalas temporais

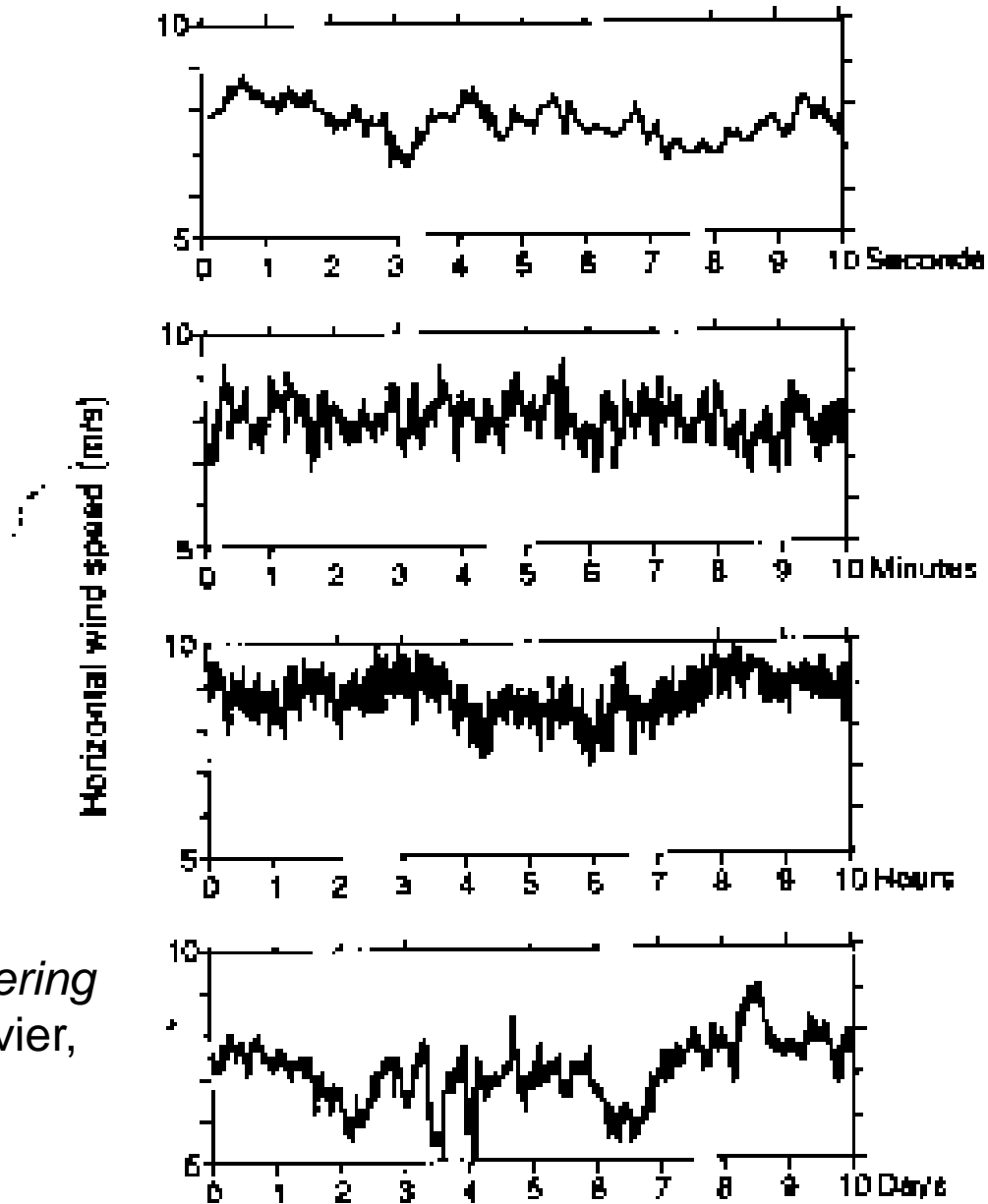


# Escalas temporais



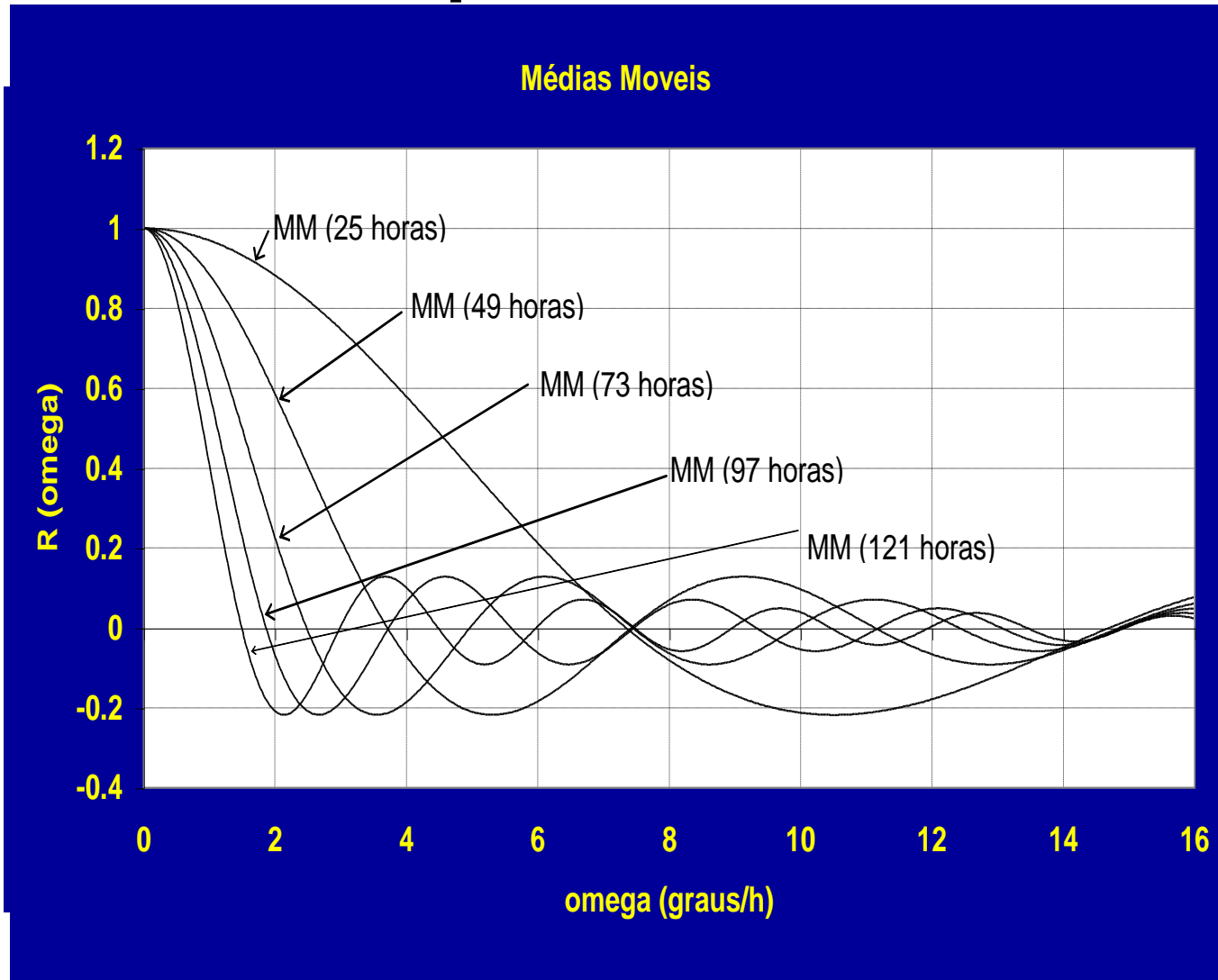






E.J. Plate, *Engineering Meteorology*, Elsevier, 1982

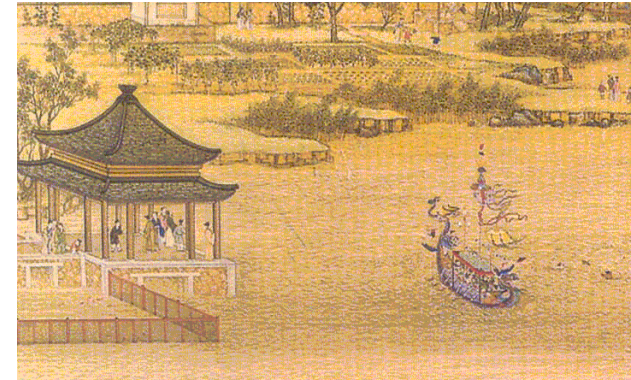
# Processo de filtragem: Filtro de Thompson vs. Médias Móveis





# Engenharia Costeira

- nível do mar
  - instantâneo
  - médio
- perfil de praia
- morfologia costeira
- estruturas de proteção
- circulação hidrodinâmica
- ressonância



# Engenharia Costeira

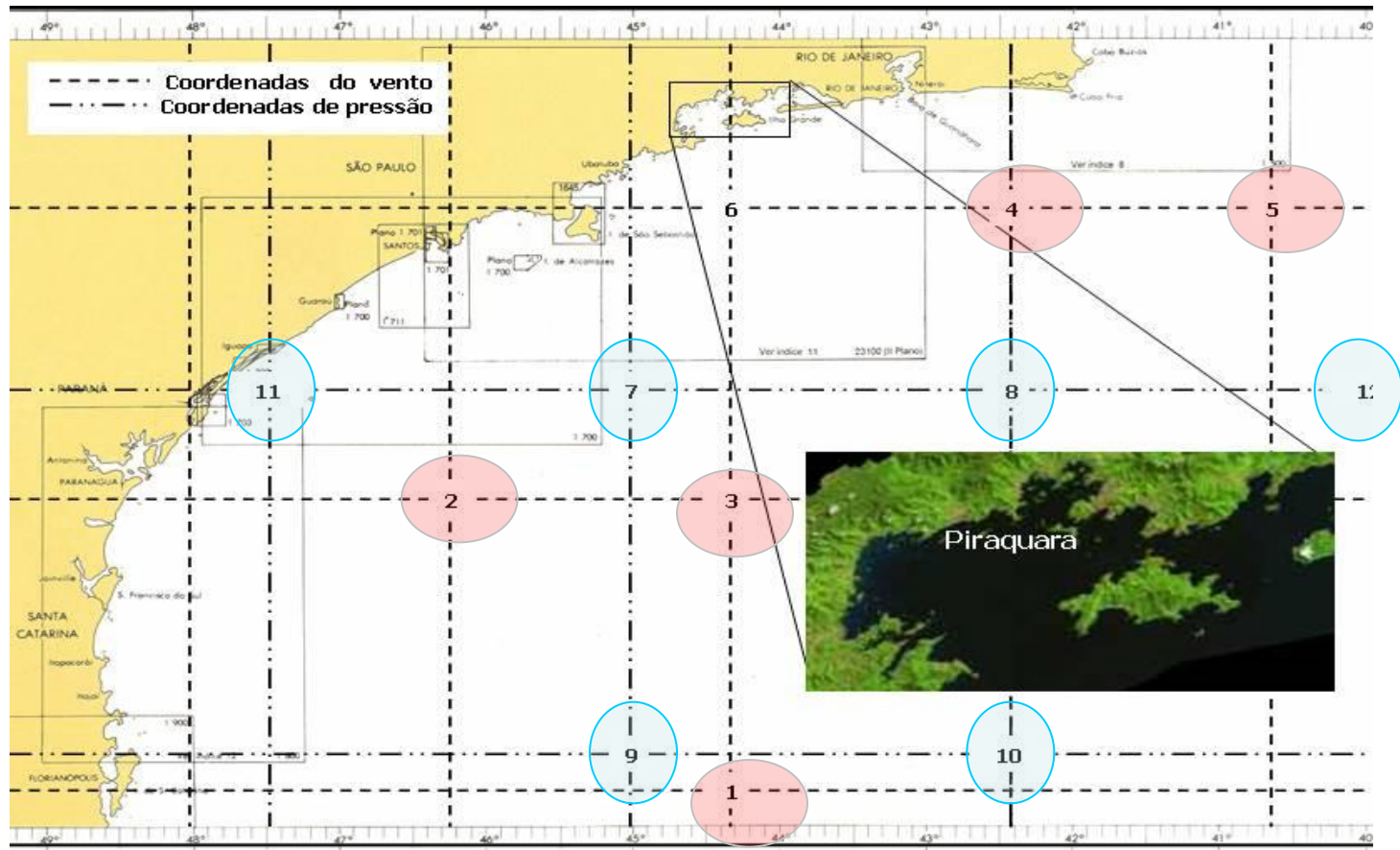
- **Silva, G.N. (1992)**
  - Ilha Fiscal – 20 anos
- **Paiva, A.M. (1993)**
  - Arraial do Cabo e Ilha Fiscal – 1 ano
- **Castro, B.M. e Lee, T.N. (1995)**
  - Cabo Frio, Rio de Janeiro, Ubatuba, São Sebastião, Moela, Cananéia, São Francisco, Arvoredo – 95 dias.
- **Truccolo, E.C. (1998)**
  - São Francisco do Sul
- **Kalil, A.F.D. (1999)**
  - Piraquara, Copacabana, Ilha Fiscal, Arraial do Cabo, Macaé – 1 ano

# Engenharia Costeira

- Uaissonne, A.J.R. (2004)
  - Piraquara e NCEP – 1 ano
  - análise no domínio do tempo e da frequência
- Oliveira, M.M.F. (2004)
  - Paranaguá e NCEP – 3 anos
  - redes neurais
  - [www.coc.ufrj.br](http://www.coc.ufrj.br) > teses
- Menezes, D.C. (2009)
  - Baía de Guanabara, Macaé e NCEP – 1 ano
  - Análise no domínio do tempo e da frequência
  - [www.oceanica.ufrj.br/costeira/publicações](http://www.oceanica.ufrj.br/costeira/publicações) > teses M.Sc.

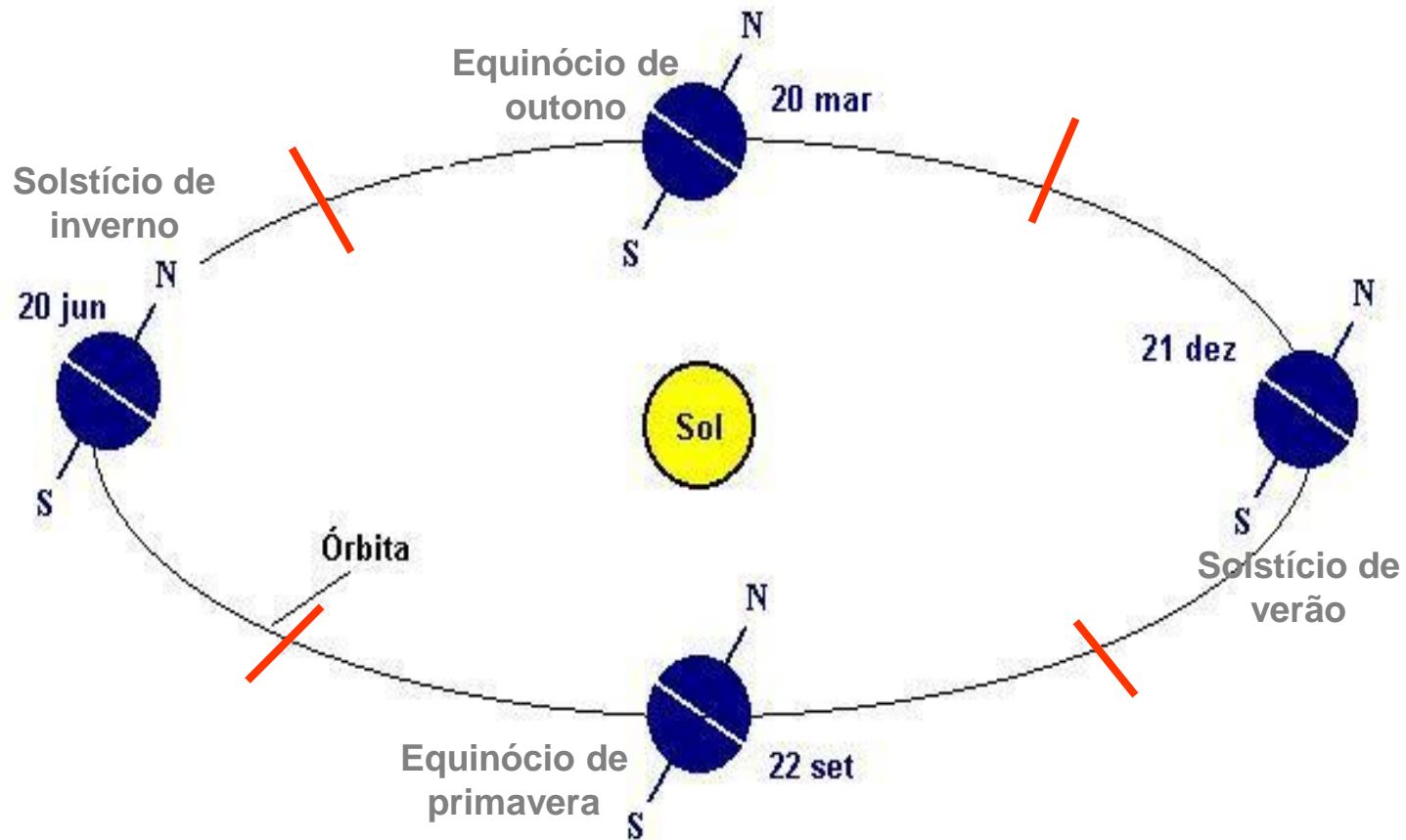


# Uaisson (2004): Localização da área de estudo



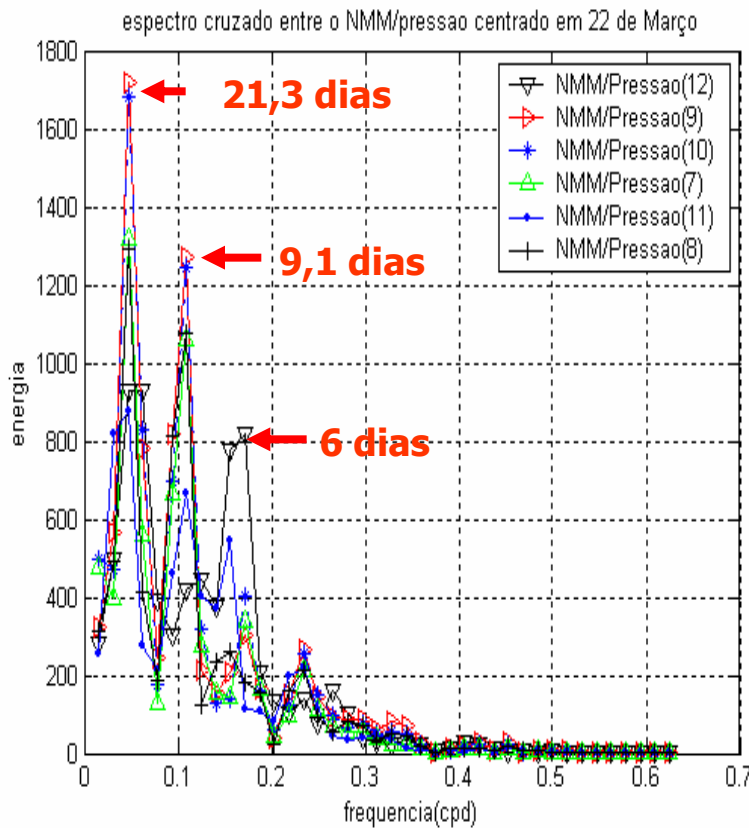
Fonte: modificado de (DHN, 2000)

# Divisão do ano ... em estações.



# Pressão

## Análise espectral: Equinócio de Outono

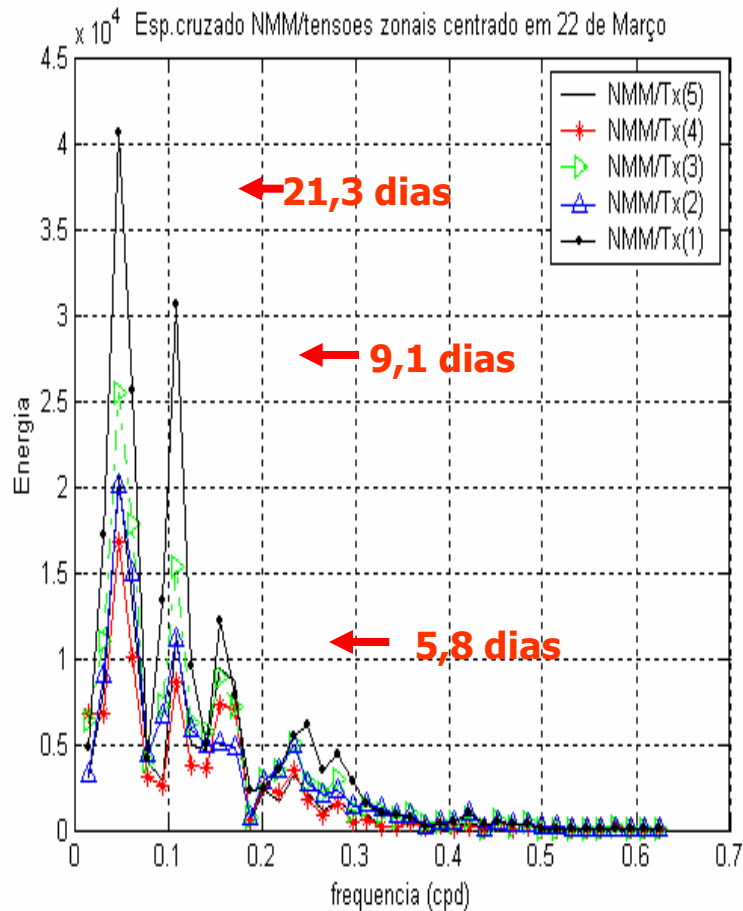


		Pressões					
		Período em Dias					
		Ponto	3.05	4.27	5.33	9.14	16.00
Coerência	7	0.85	0.76	0.77	0.93	0.80	0.74
	8	0.73	0.89	0.65	0.96	0.79	0.89
	9	0.93	0.88	0.65	0.99	0.79	0.89
	10	0.90	0.83	0.71	0.96	0.80	0.78
	11	0.21	0.53	0.41	0.31	0.10	0.52
	12	0.68	0.54	0.78	0.79	0.77	0.62
Fase (graus)	7	-128	0	149	77	-56	-60
	8	-99	37	158	94	-51	-41
	9	-115	19	155	84	-42	-47
	10	-124	-1	147	78	-48	-59
	11	157	-97	-45	98	46	-42
	12	-139	-25	142	69	-67	-79
Tempo de deslocamento da fase (hora)	7	-26	0	53	47	-59	-85
	8	-20	10	56	57	-54	-58
	9	-23	5	55	51	-45	-67
	10	-25	0	52	47	-51	-83
	11	32	-28	-16	60	49	-60
	12	-28	-7	50	42	-71	-112



# Tensão zonal

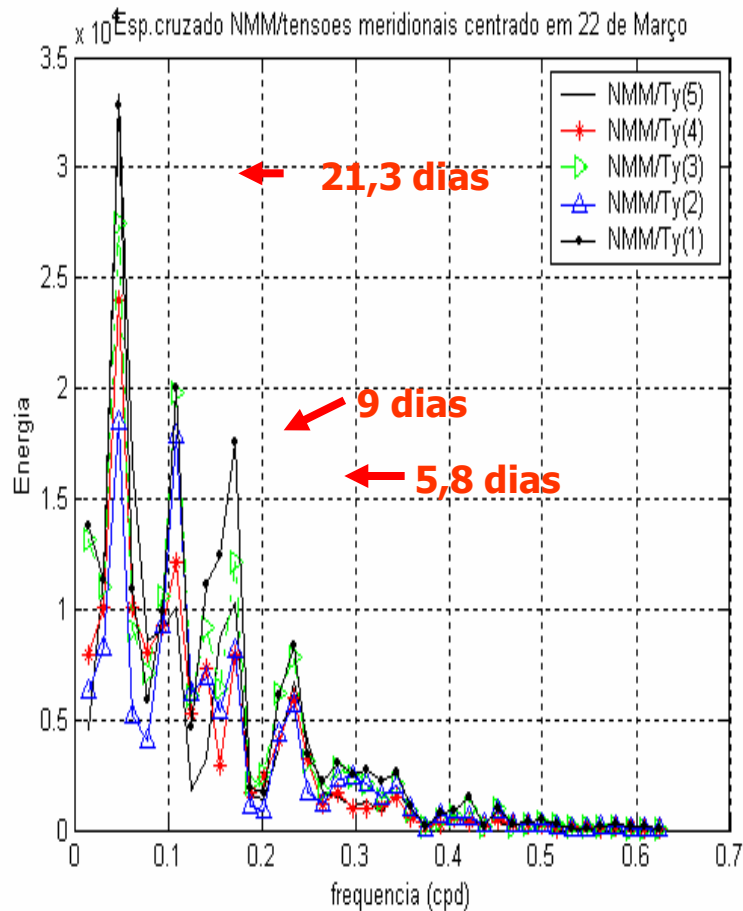
## Análise espectral: Equinócio de Outono



		Componentes zonais da tensão do vento							
		Período em Dias							
		Pontos	3.6	3.8	4.0	4.3	5.8	9.1	16.0
Coerência	1	0.88	0.99	0.89	0.49	0.49	0.90	0.61	0.70
	2	0.77	0.74	0.70	0.87	0.67	0.54	0.60	0.69
	3	0.74	0.84	0.70	0.90	0.79	0.68	0.55	0.62
	4	0.43	0.42	0.73	0.80	0.67	0.38	0.63	0.60
	5	0.52	0.61	0.95	0.79	0.70	0.48	0.78	0.69
Fase (graus)	1	114	114	116	95	77	40	52	29
	2	123	141	136	116	101	48	58	33
	3	101	114	105	97	55	35	52	17
	4	-92	16	-51	11	78	-170	73	55
	5	26	40	46	64	10	7	25	-2
Tempo de deslocamento de fase (hora)	1	27	29	31	27	30	24	56	42
	2	29	36	36	33	39	29	62	47
	3	24	29	28	28	21	21	55	24
	4	-22	4	-13	3	30	-103	77	78
	5	6	10	12	18	4	4	27	-3

# Tensão meridional

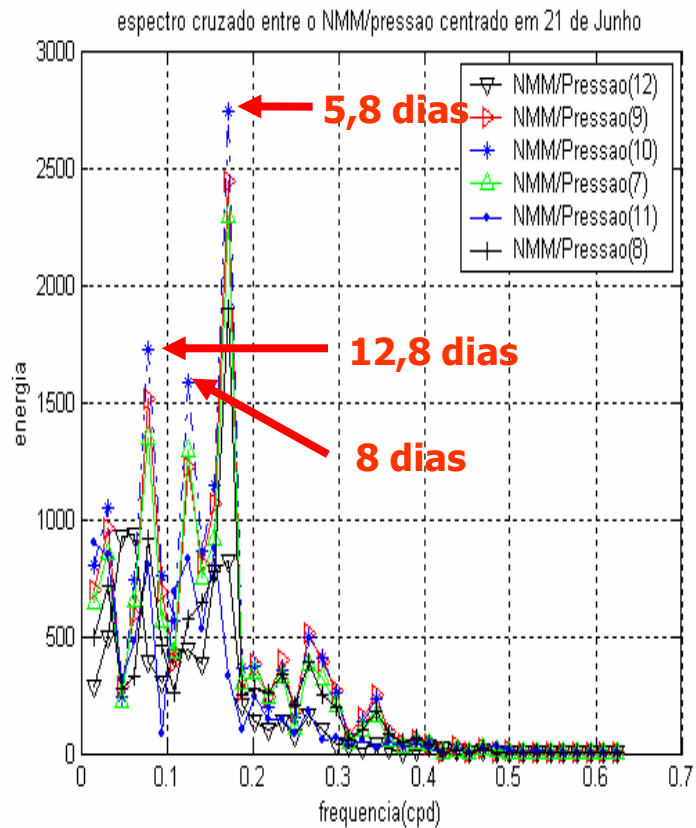
## Análise espectral: Equinócio de Outono



		Componentes meridionais da tensão do vento							
		Período em Dias							
		Pontos	3.6	3.8	4.0	4.3	5.8	12.8	16.0
Coerência	1	0.73	0.76	0.74	0.91	0.81	0.72	0.50	0.82
	2	0.63	0.39	0.79	0.84	0.67	0.58	0.48	0.81
	3	0.69	0.60	0.75	0.85	0.74	0.88	0.57	0.79
	4	0.77	0.65	0.89	0.87	0.53	0.94	0.82	0.91
	5	0.93	0.67	0.70	0.91	0.84	0.72	0.90	0.93
Fase (graus)	1	72	85	48	34	-20	-60	-64	-77
	2	100	124	95	52	-13	-48	-37	-61
	3	83	95	62	31	-25	-51	-57	-72
	4	62	59	46	17	-53	-52	-85	-100
	5	33	16	26	-4	-81	-62	-111	-128
Tempo de deslocamento de fase (hora)	1	72	85	48	34	-20	-59	-63	-75
	2	100	124	96	52	-12	-48	-36	-60
	3	84	95	62	32	-24	-50	-56	-70
	4	62	60	46	17	-52	-51	-84	-98
	5	33	17	26	-4	-81	-61	-110	-126

# Pressão

## Análise espectral: Solstício de Inverno

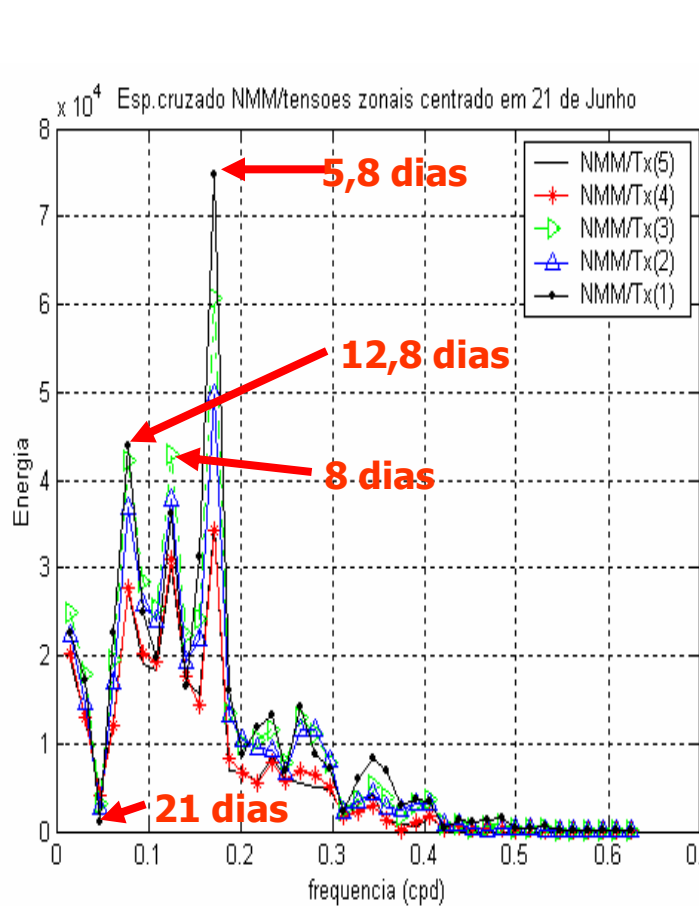


		Pressões										
		Período em Dias										
		Pontos	2.9	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.3	5.8	8.0	10.7
Coerência	7	0.79	0.92	0.86	0.72	0.74	0.82	0.85	0.91	0.94	0.73	0.95
	8	0.72	0.87	0.80	0.73	0.56	0.85	0.75	0.93	0.91	0.43	0.75
	9	0.80	0.88	0.93	0.70	0.69	0.84	0.83	0.89	0.96	0.67	0.91
	10	0.78	0.85	0.94	0.70	0.71	0.78	0.83	0.91	0.96	0.81	0.93
	11	0.23	0.71	0.67	0.63	0.07	0.76	0.65	0.01	0.36	0.01	0.42
	12	0.75	0.83	0.87	0.72	0.77	0.76	0.83	0.93	0.93	0.89	0.97
Fase (graus)	7	-107	-123	174	99	52	51	-25	-151	54	-3	-18
	8	-63	-79	-141	137	88	80	15	-118	95	42	-9
	9	-72	-95	-179	113	66	65	-15	-143	63	6	-10
	10	-101	-126	158	95	49	47	-40	-157	50	-9	-14
	11	-108	-46	-119	124	-110	-35	13	24	-136	-19	1
	12	-134	-153	152	82	37	31	-53	-168	44	-21	-24
Tempo de deslocamento da fase (hora)	7	-21	-25	37	22	12	13	-7	-59	29	-2	-16
	8	-12	-16	-30	31	21	20	4	-46	50	30	-8
	9	-14	-19	-38	25	16	16	-4	-56	34	4	-9
	10	-20	-26	34	21	12	12	-11	-61	27	-7	-12
	11	-21	-9	-25	28	-26	-9	4	9	-73	-13	1
	12	-26	-31	32	19	9	8	-15	-65	24	-15	-20



# Tensão zonal

## Análise espectral: Solstício de Inverno

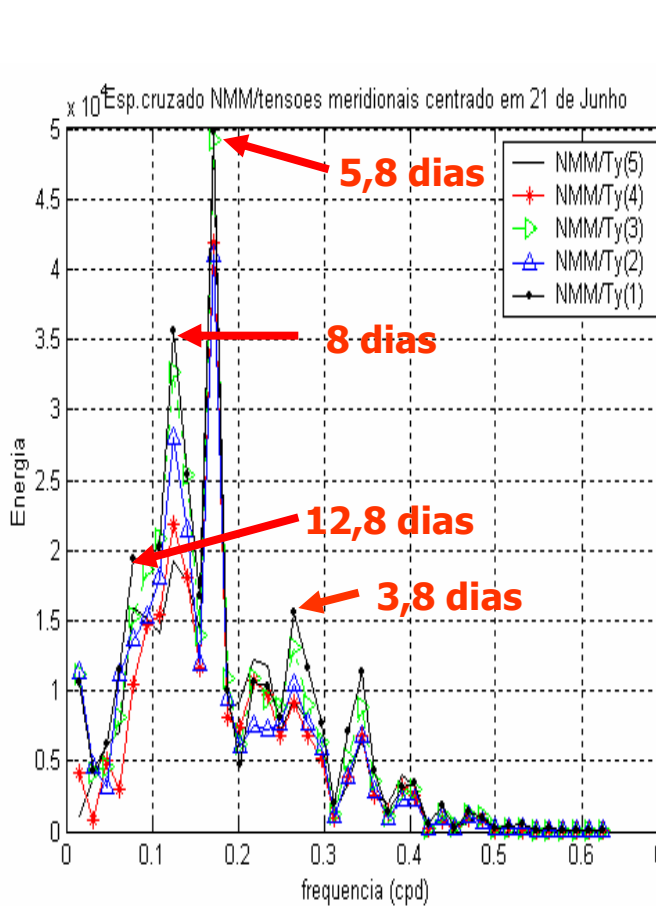


Coerência entre NMM/tensões zonais centrada em 21 de Junho

		Componentes zonais da tensão do vento											
		Período em Dias											
		Portos	29	34	36	38	43	58	7.1	8.0	9.1	10.7	128
Coerência	1	0.86	0.71	0.66	0.85	0.82	0.90	0.70	0.89	0.71	0.94	0.80	
	2	0.81	0.74	0.87	0.90	0.67	0.85	0.76	0.92	0.77	0.91	0.84	
	3	0.72	0.77	0.91	0.88	0.78	0.86	0.77	0.92	0.74	0.90	0.79	
	4	0.89	0.86	0.97	0.96	0.71	0.75	0.67	0.87	0.75	0.87	0.73	
	5	0.67	0.75	0.61	0.58	0.69	0.80	0.57	0.82	0.68	0.85	0.71	
Fase (graus)	1	144	70	52	26	56	49	-22	-11	-34	-7	45	
	2	153	73	55	44	78	36	14	3	-18	-8	33	
	3	-176	96	80	74	54	35	2	-2	-26	-15	31	
	4	-143	102	86	84	28	23	6	-7	-37	-27	22	
	5	169	114	107	88	15	27	3	-13	-47	-33	22	
Tempo de deslocamento de fase (hora)	1	28	16	12	7	16	19	-10	-6	-21	-5	38	
	2	30	16	13	11	22	14	7	2	-11	-6	28	
	3	-34	22	19	19	15	14	1	-1	-16	-11	26	
	4	-28	23	20	21	8	9	3	-4	-22	-20	19	
	5	33	26	25	22	4	10	2	-7	-29	-24	19	

# Tensão meridional

## Análise espectral: Solstício de Inverno

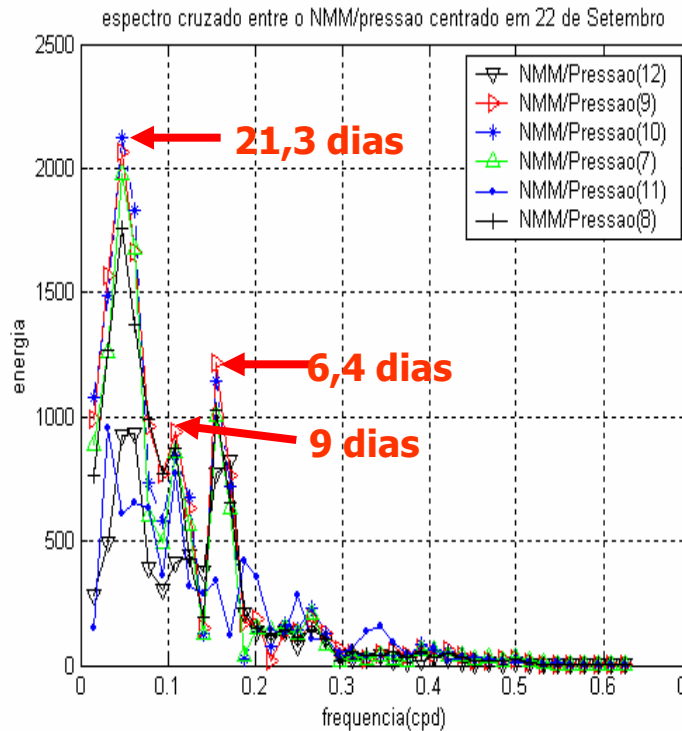


Coerência entre NMM/tensões meridionais centrada em 21 de Junho

		Componentes meridionais da tensão do vento											
		Período em Dias											
		Pontos	29	34	36	38	43	58	71	80	91	107	128
Coerência	1	0.86	0.95	0.91	0.92	0.95	0.90	0.92	0.94	0.97	0.77	0.53	
	2	0.86	0.98	0.86	0.95	0.78	0.90	0.96	0.90	1.00	0.71	0.63	
	3	0.84	0.97	0.89	0.91	0.82	0.89	0.93	0.91	1.00	0.77	0.44	
	4	0.86	0.85	0.98	0.82	0.86	0.88	0.91	0.95	0.99	0.91	0.49	
	5	0.86	0.77	0.97	0.79	0.87	0.89	0.88	0.99	0.98	0.90	0.72	
Fase (graus)	1	103.72	25.36	12.01	9.71	16.91	6.06	-27.86	-25.66	-47.99	-47.01	-6.45	
	2	119.94	49.11	37.42	24.50	26.10	20.73	-8.02	-3.93	-33.84	-37.87	-4.18	
	3	98.24	27.12	14.13	8.03	13.76	9.04	-22.02	-18.10	-42.72	-44.01	-6.95	
	4	49.17	-6.74	-20.19	-7.61	-9.60	-20.15	-50.11	-37.20	-48.16	-54.53	-52.68	
	5	28.72	-26.59	-49.82	-28.01	-30.13	-48.22	-84.13	-74.36	-62.59	-71.85	-95.42	
Tempo de deslocament o da fase	1	20	6	3	2	5	2	-13	-14	-29	-33	-6	
	2	23	11	9	6	7	8	-4	-2	-21	-27	-4	
	3	19	6	3	2	4	4	-10	-10	-26	-31	-6	
	4	10	-2	-5	-2	-3	-8	-24	-20	-29	-39	-45	
	5	6	-6	-12	-7	-9	-19	-40	-40	-38	-51	-81	

# Pressão

## Análise espectral: Equinócio de Primavera

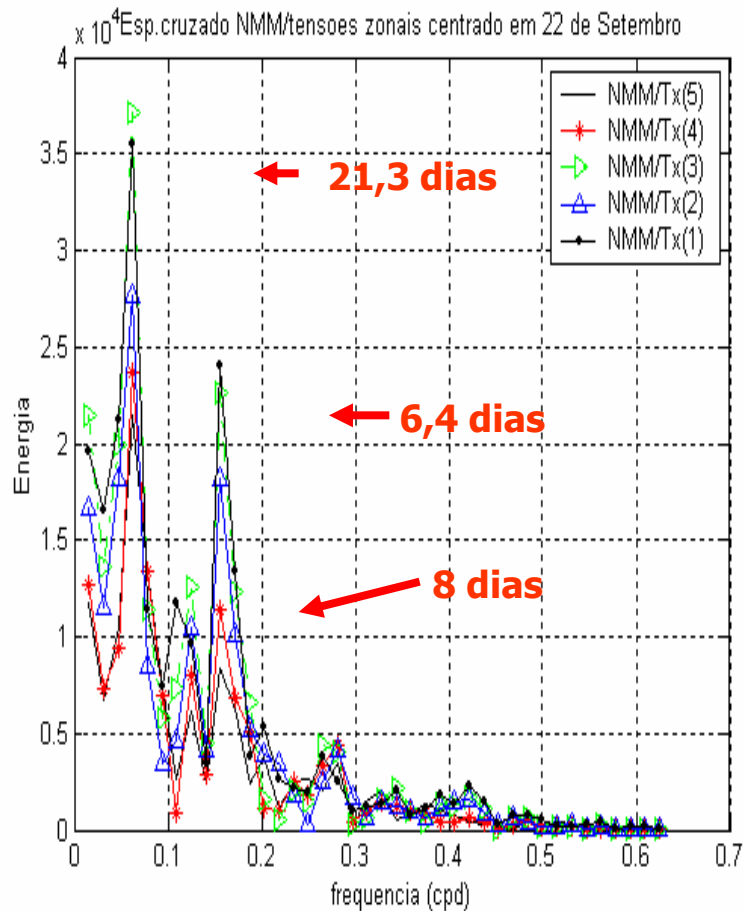


		Pressão					
		Pontos	Período em Dias				
			4.3	6.4	16.0	21.3	31.9
Coerência	7	0.60	0.82	0.74	0.84	0.68	
	8	0.58	0.70	0.70	0.84	0.62	
	9	0.50	0.78	0.75	0.80	0.74	
	10	0.62	0.82	0.77	0.81	0.73	
	11	0.20	0.12	0.39	0.09	0.49	
	12	0.83	0.82	0.77	0.83	0.57	
Fase (graus)	7	-85	-162	-40	-63	-118	
	8	-59	-142	-16	-55	-112	
	9	-65	-156	-31	-60	-118	
	10	-84	-169	-42	-62	-119	
	11	130	111	15	-65	-116	
	12	-102	-179	-52	-66	-117	
Tempo de deslocamento da fase (hora)	7	-24	-69	-43	-90	-251	
	8	-17	-61	-17	-77	-238	
	9	-18	-66	-33	-86	-251	
	10	-24	-72	-45	-88	-253	
	11	37	47	16	-92	-247	
	12	-29	-76	-55	-94	-249	



# Tensão zonal

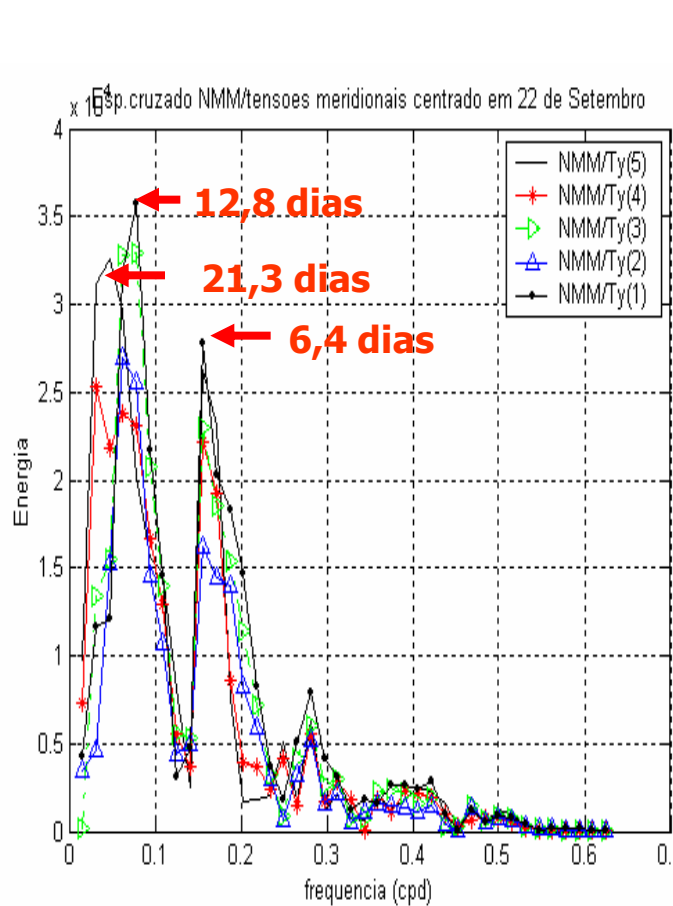
## Análise espectral: Equinócio de Primavera



		Componentes zonais da Tensão do vento					
		Período em Dias					
		Pontos	5.8	6.4	8.0	16.0	21.3
Coerência	1	0.53	0.81	0.46	0.96	0.50	
	2	0.52	0.78	0.54	0.92	0.56	
	3	0.53	0.75	0.67	0.95	0.47	
	4	0.56	0.67	0.70	0.83	0.37	
	5	0.69	0.55	0.63	0.74	0.37	
Fase (graus)	1	51	28	154	5	17	
	2	51	38	142	1	16	
	3	36	19	148	-2	17	
	4	-6	-5	129	-13	18	
	5	-39	-27	121	-11	29	
Tempo de deslocamento de fase (hora)	1	20	12	82	5	24	
	2	20	16	76	1	23	
	3	14	8	79	-3	24	
	4	-2	-2	69	-14	25	
	5	-15	-11	65	-12	41	

# Tensão meridional

## Análise espectral: Equinócio de Primavera



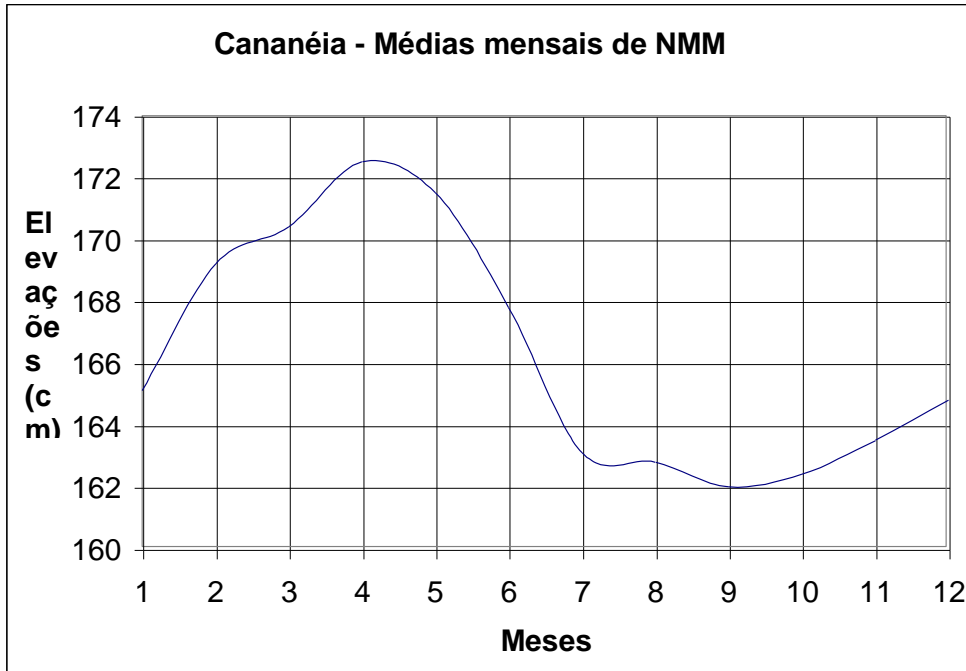
Coerência entre NMM/tensões meridionais centrada em 22 de Setembro

		Componentes meridionais da tensão do vento							
		Período em Dias							
		Pontos	3.6	4.3	5.8	6.4	10.7	12.8	16.0
Coerência	1	0.78	0.68	0.88	0.74	0.58	0.87	0.78	0.54
	2	0.84	0.54	0.77	0.61	0.47	0.87	0.82	0.70
	3	0.89	0.70	0.80	0.67	0.57	0.88	0.84	0.69
	4	0.73	0.54	0.77	0.76	0.67	0.93	0.95	0.76
	5	0.62	0.27	0.77	0.87	0.78	0.80	0.93	0.76
Fase (graus)	1	110	-6	-8	-31	-56	-51	-33	-71
	2	150	-14	12	-1	-49	-41	-23	-38
	3	126	-19	-13	-30	-61	-52	-30	-66
	4	107	-50	-49	-54	-73	-65	-69	-119
	5	80	-83	-73	-77	-77	-75	-114	-139
Tempo de deslocamento de fase (hora)	1	26	-2	-3	-13	-40	-44	-35	-101
	2	36	-4	5	0	-35	-35	-24	-55
	3	30	-5	-5	-13	-43	-45	-31	-94
	4	25	-14	-19	-23	-52	-56	-74	-169
	5	19	-23	-28	-33	-55	-64	-121	-198

## Uaissonne (2004): Conclusões

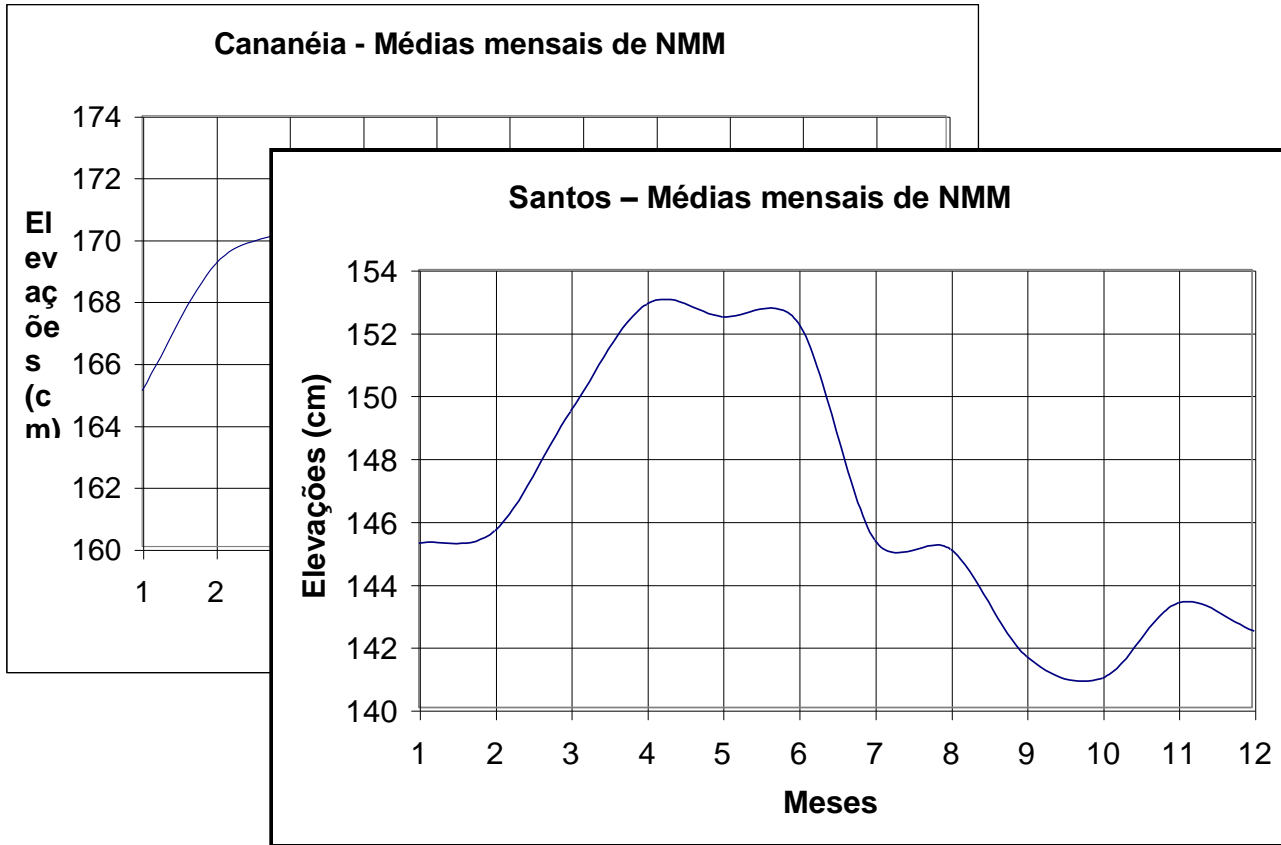
- Mais preparo para os técnicos observadores.
- Eficácia do método de Kalil (1999).
- Confiabilidade dos dados de reanálise.
- Concluiu-se que, para os pontos de pressão junto ao continente, a influência de ambientes continentais se refletiu em baixos valores de correlação.
- Bons resultados com as componentes longitudinais à costa.
- A análise estatística mostrou atrasos na resposta do NMM em relação aos parâmetros atmosféricos, relativamente maiores que os encontrados por Trucollo (1998).
- Partições do ano centradas em equinócios e solstícios permitem claramente identificar as diferenças na influência dos parâmetros atmosféricos.

# Engenharia Costeira



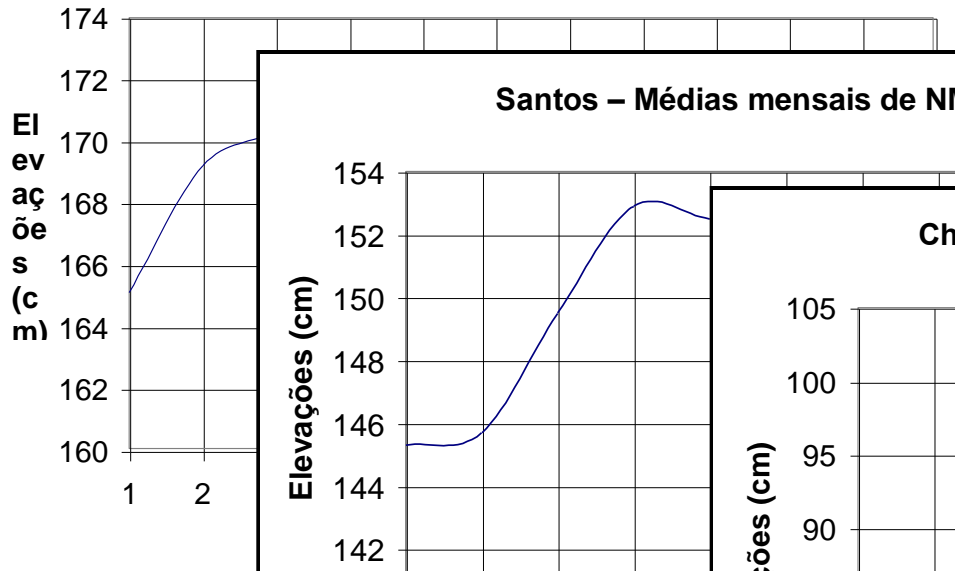


# Engenharia Costeira

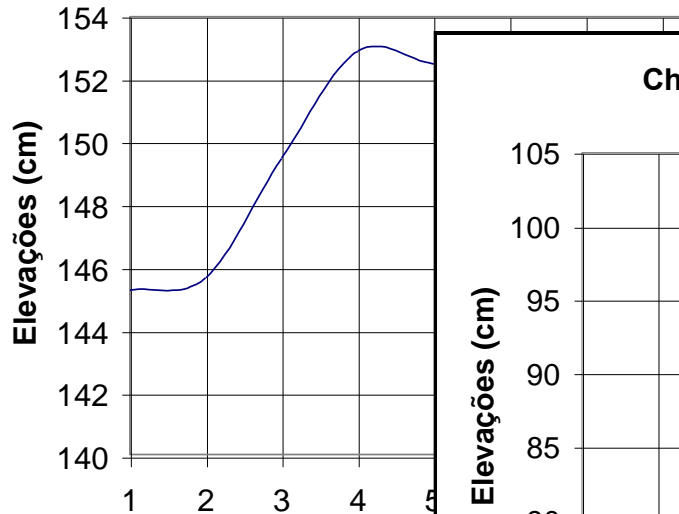


# Engenharia Costeira

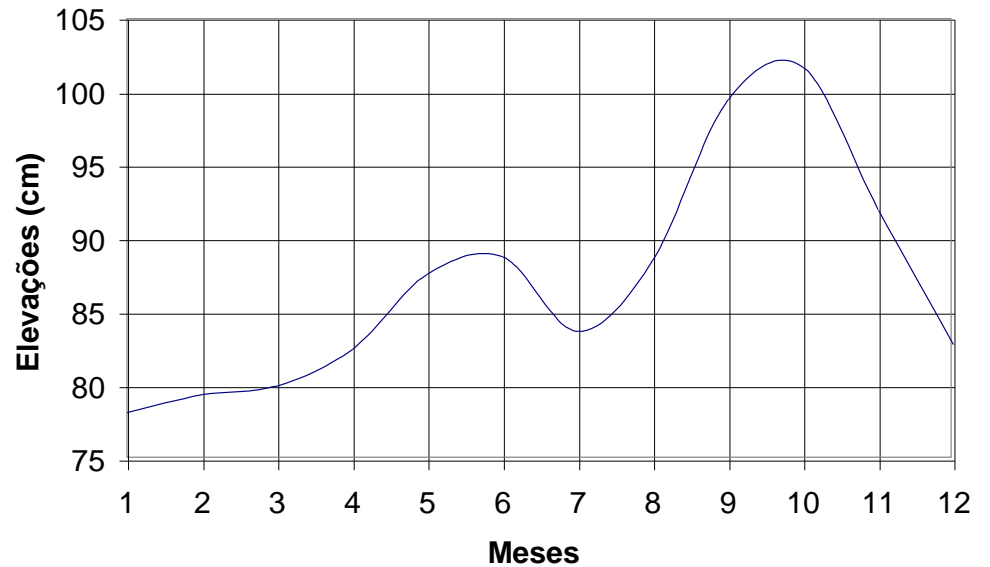
Cananéia - Médias mensais de NMM



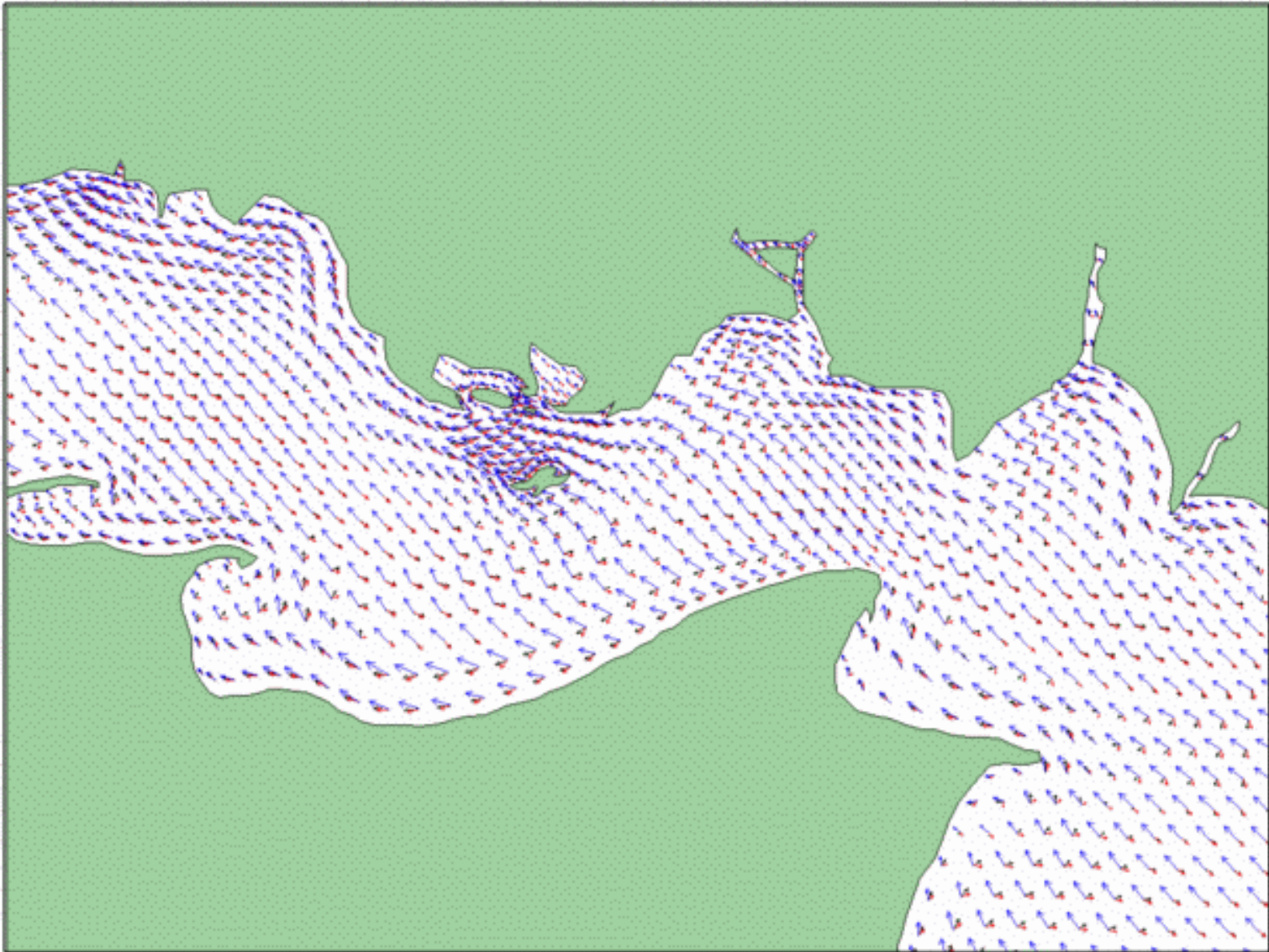
Santos - Médias mensais de NMM



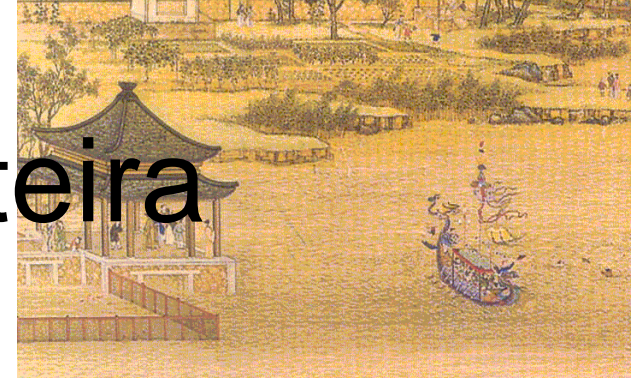
Charleston - Médias mensais de NMM



# Engenharia Costeira



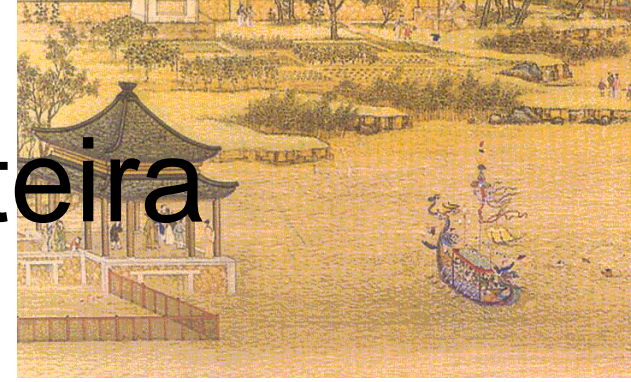
# Engenharia Costeira



- nível do mar
  - instantâneo
  - médio
  - décadas
  - interanuais
- perfil de praia
  - sazonais
- morfologia costeira
  - mensais
- estruturas de proteção
  - diárias
- circulação hidrodinâmica
  - horárias
  - em minutos

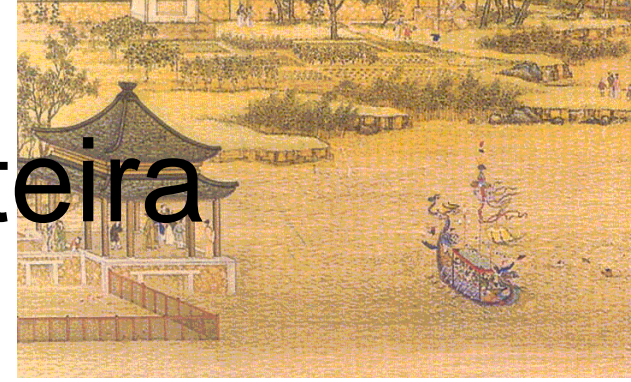


# Engenharia Costeira



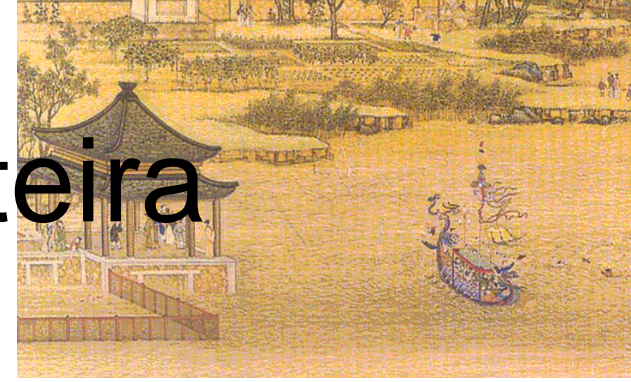
- nível do mar
  - instantâneo
  - **médio**
  - décadas
  - interanuais
- perfil de praia
  - sazonais
- morfologia costeira
  - mensais
- estruturas de proteção
  - diárias
- circulação hidrodinâmica
  - horárias
  - em minutos

# Engenharia Costeira



- nível do mar
  - instantâneo
  - **médio**
  - décadas
  - interanuais
  - sazonais
  - mensais
  - diárias
  - horárias
  - em minutos
- perfil de praia
- morfologia costeira
- estruturas de proteção
- **circulação hidrodinâmica**

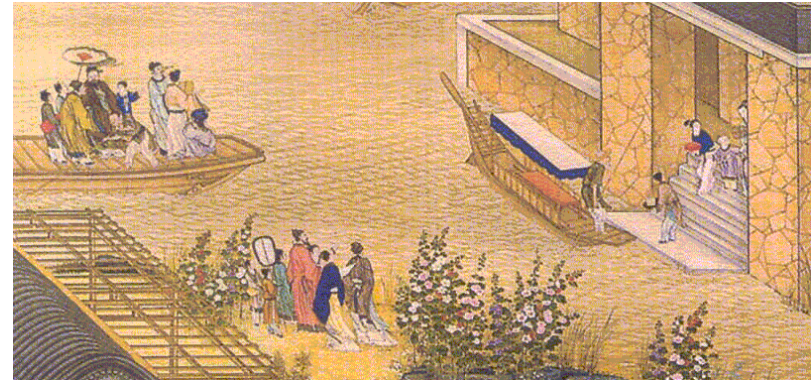
# Engenharia Costeira



- nível do mar
  - **instantâneo**
  - médio
- perfil de praia
- morfologia costeira
- estruturas de proteção
- **circulação hidrodinâmica**
  - décadas
  - interanuais
  - sazonais
  - mensais
  - diárias
  - horárias
  - **em minutos**

# Engenharia Portuária

- estruturas
- equipamentos
- estocagem de minério
- drenagem
- canais de acesso e bacias de evolução
- amarração de navios





# Engenharia

- estruturas
- equipamentos
- estocagem de minério
- drenagem
- canais de acesso e bacias de evolução
- amarração de navios

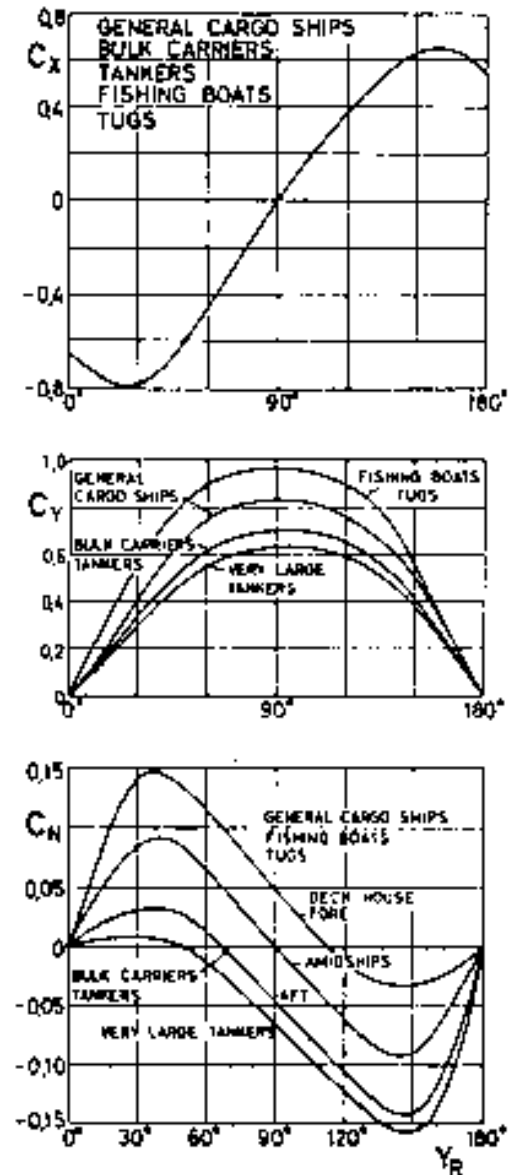


Fig. 4 - Wind force coefficients (from Harvald).

# Engenharia Portuária

- estruturas
- equipamentos
- estocagem de minério
- drenagem
- canais de acesso e bacias de evolução
- amarração de navios

number		A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	J1	J2	J3
rudder	deg	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	30
speed	kt	9	49	148	42	15	24	13	5	16.2	11	14.4
navs		55.2	31.6	85.4	31	83	31.4	77.1	32	85.8	63.4	84
dist navs		42	44.7	42.5	48.8	47.5	46.7	48.3	48.3	42.9	47.7	47.6
mt		∞	∞	21	22	17	15	13	14	∞	∞	17

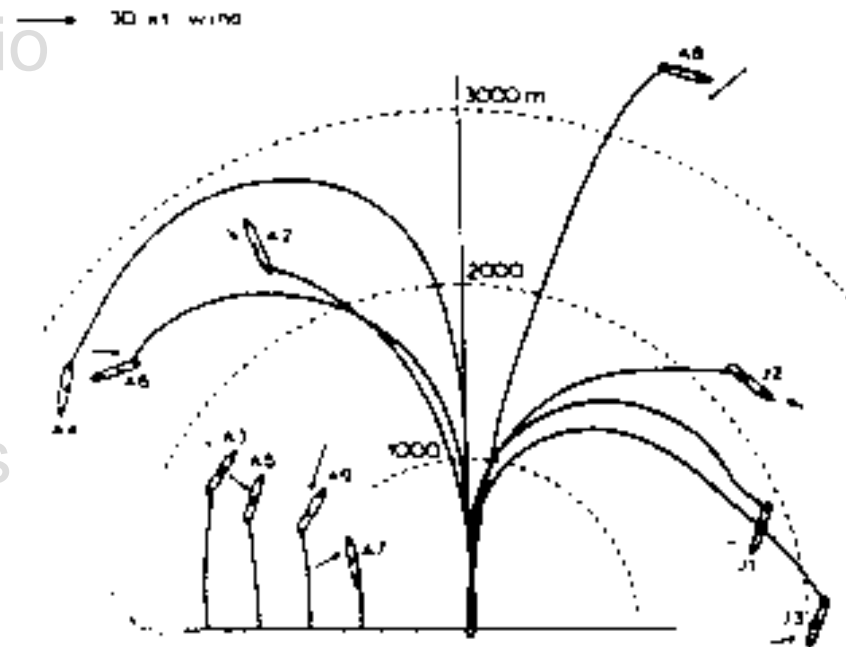
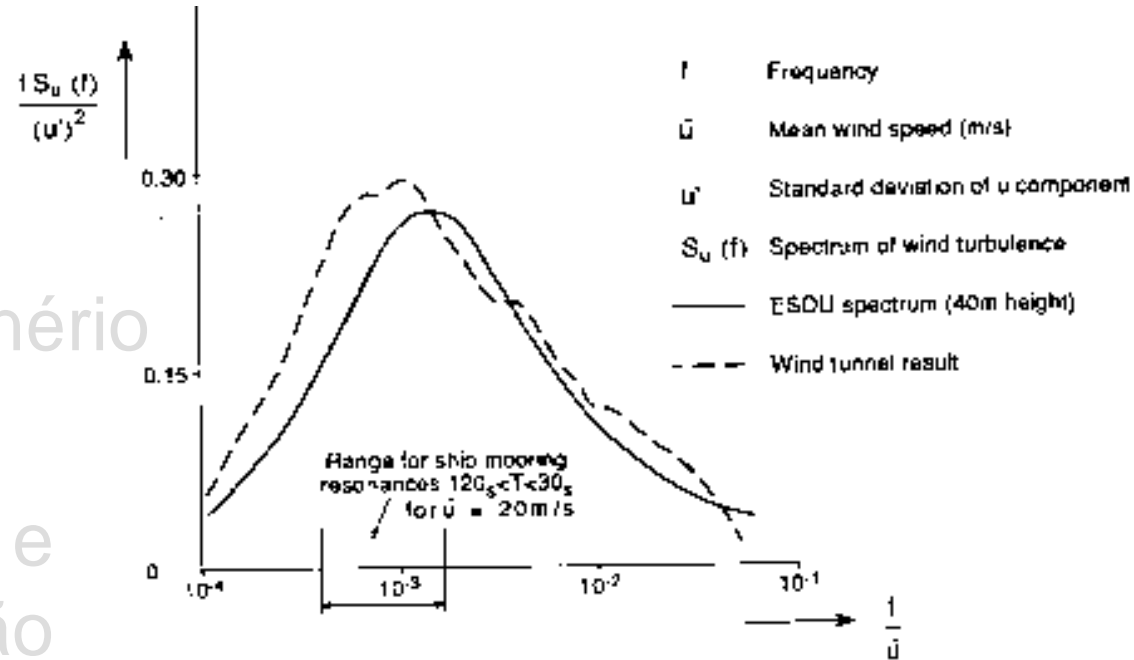


Fig. 3 - Effect of wind in stopping manoeuvre.

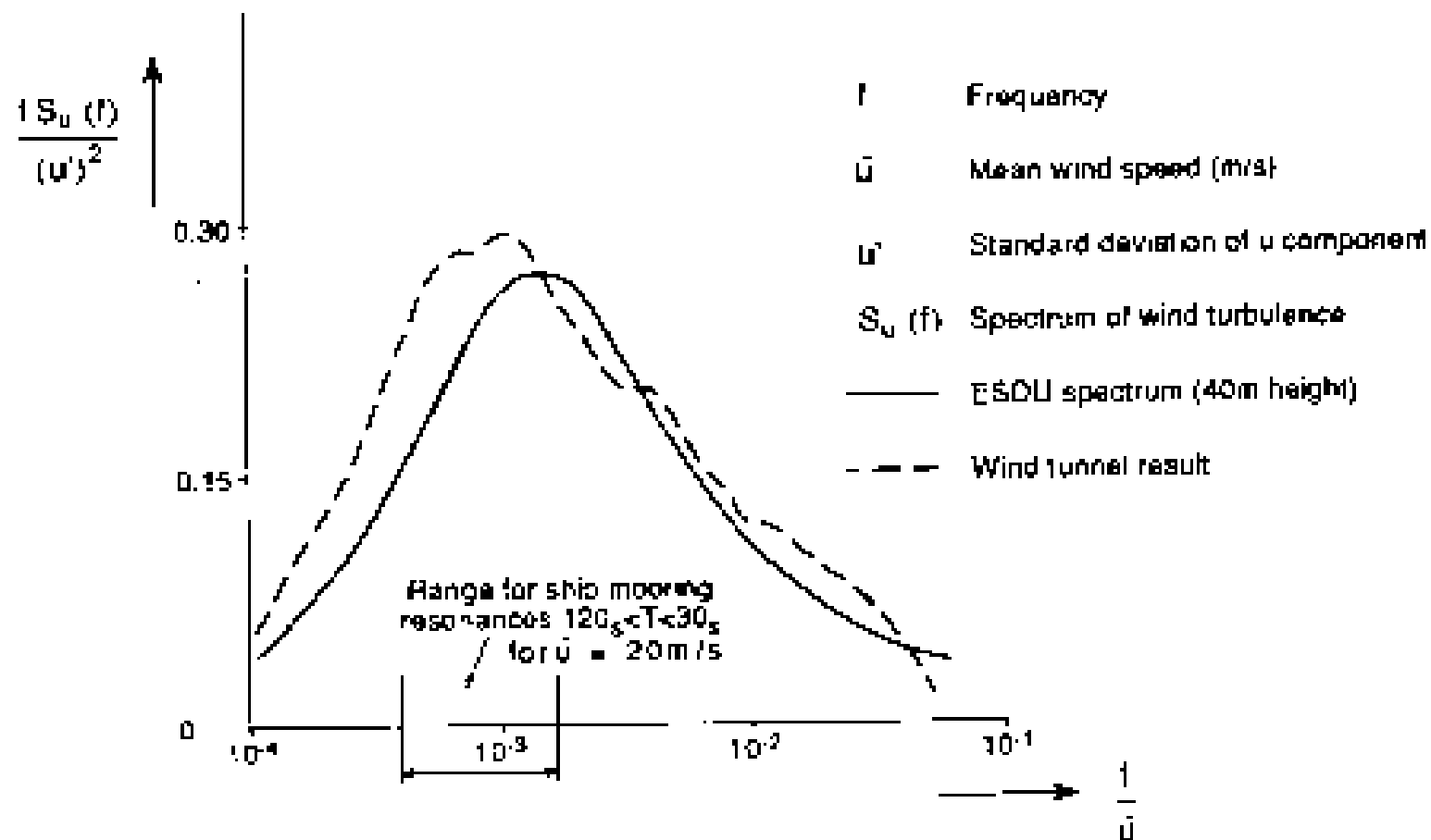
# Engenharia Portuária

- estruturas
- equipamentos
- estocagem de minério
- drenagem
- canais de acesso e bacias de evolução
- amarração de navios



(b) Non-dimensional spectra of wind turbulence (ESDU, 1974)

Figure 3.1 - Examples of wind turbulence



(b) Non-dimensional spectra of wind turbulence (ESDU, 1974)

Figure 3.1 - Examples of wind turbulence



# Ressonância Portuária

- M. de Jong (2004), *Origin and prediction of seiches in Rotterdam harbour basins*, TU Delft.

## Medições em plataformas offshore distantes:

- Nível do mar a cada 10 minutos
- Temperatura do mar diária
- Sondagens meteorológicas a cada 12 horas em Ekofisk

## Medições em plataformas offshore próximas (20 a 40 km):

- Nível do mar a cada 1 minuto
- Nível do mar com altímetro por radar (2 a 4 Hz)
- Pressão, velocidade e direção do vento (média 10 min)

## Medições no interior do porto:

- Rede com 10 marégrafos de flutuador, a cada 60 seg

# Ressonância Portuária

- M. de Jong (2004), *Origin and prediction of seiches in Rotterdam harbour basins*, TU Delft.

Observações meteorológicas em terra – pressão, vento, temperatura do ar, precipitação:

- Aeroporto de Valkenburg (40 km): valores médios a cada 10 min
- Aeroporto de Rotterdam: valores médios a cada 1 min
- Hook of Holland: valores médios a cada 10 min

Cartas sinóticas às 00:00 e 12:00 GMT

Sensoriamento remoto:

- Precipitação por radar quando ocorriam seiches ou condições potencialmente favoráveis (15 min)
- Imagens de satélite NOAA-12 e NOAA-16 na banda de infravermelho termal (10,3 a 11,3  $\mu\text{m}$ )

# Ressonância Portuária

- M. de Jong (2004), *Origin and prediction of seiches in Rotterdam harbour basins*, TU Delft.

## Conclusões:

- Foram identificados 49 eventos no período 1995-2001 (altura maior que 0,25m), 90% deles na época de tempestades e sempre após a passagem de uma frente fria.
- Células convectivas de meso-escala, deslocando-se após a passagem de uma frente fria sobre águas relativamente quentes, induziam flutuações na velocidade do vento que por sua vez causavam ondas com período da  $O(1 \text{ hora})$ .
- Ondas de longo período ao largo excitavam a ressonância em águas rasas.

# Ressonância Portuária

- M. de Jong (2004), *Origin and prediction of seiches in Rotterdam harbour basins*, TU Delft.

## Conclusões:

- Os modelos numéricos disponíveis de circulação atmosférica não incluíam todos os fenômenos relevantes, de modo a induzir ondas de longo período.
- A previsão operacional do seiche não pode ser feita com base na medição de nível do mar nas plataformas ao largo, pois tais ondas aí não têm grande magnitude.
- Um critério convencional para a ocorrência de células convectivas, baseado na diferença entre a temperatura da superfície do mar e a temperatura do ar em altitude mais alta, mostrou-se útil para prever situações favoráveis à formação de seiches.



# Respostas

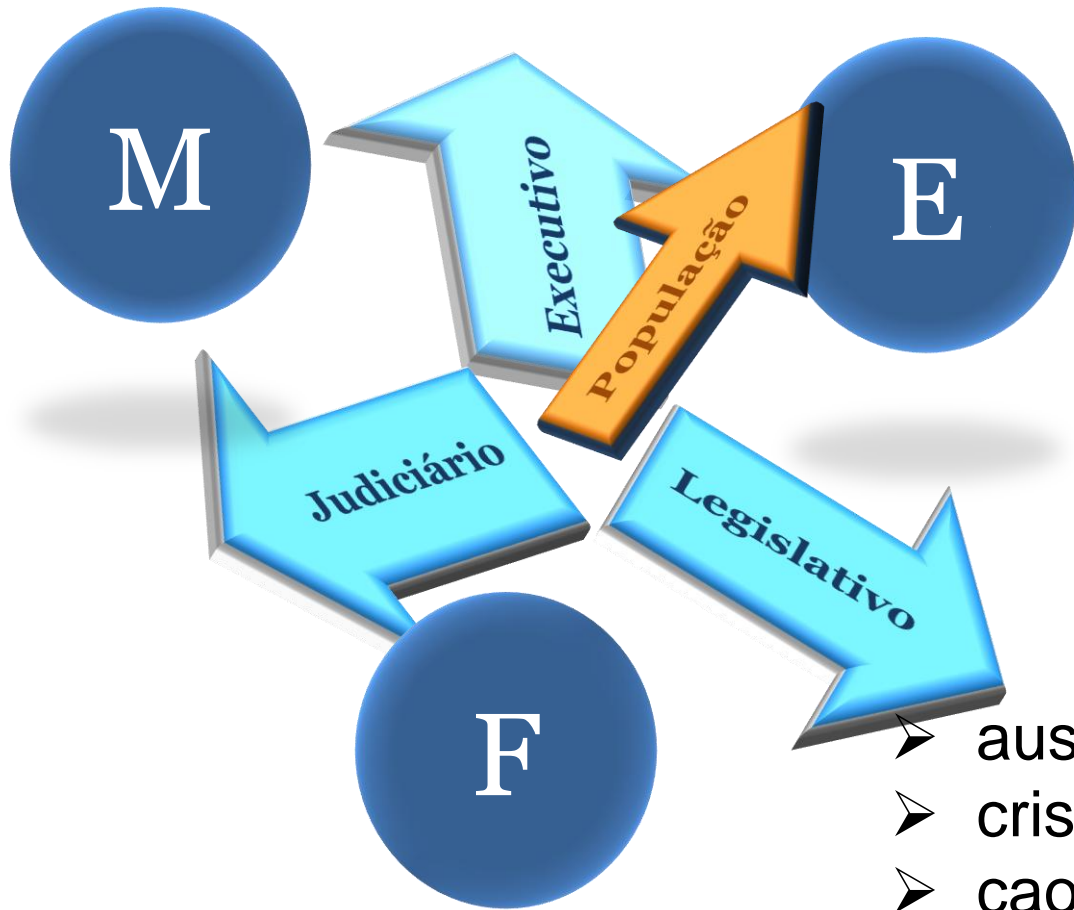


	<b>Tipo</b>	<b>Custo</b>	<b>Impacto</b>
<b>Recuo</b>	Abandono das casas e das benfeitorias	nulo (perda total)	deterioração urbana
	Destruição de biomas	nulo (perda total)	perda de biodiversidade
<b>Acomodação</b>	Reconstrução periódica das benfeitorias	baixo, permanente	deterioração urbana
	Aproveitamento de áreas inundadas para aqüicultura	baixo a moderado	geração de empregos
	Reflorestamento de manguezais	baixo a moderado	restituição de ecossistemas expansão a outras regiões eventuais impactos negativos sobre flora e fauna atóctone
<b>Proteção</b>	Engordamento de praias	moderado	benéfico ao aproveitamento turístico benéfico para alguns organismos marinhos identificação de área de empréstimo
	Fixação da costa com enrocamento ou blocos artificiais	moderado	impacto visual muito negativo dificuldade de acesso para banhistas acúmulo de lixo favorece crescimento de insetos e ratos
	Construção de muros de proteção	moderado a alto	impacto visual controlável facilidade de acesso para banhistas
	Construção de quebra-mares ou estruturas no mar	alto	impacto paisagístico controlável qualidade e circulação da água a ser monitorada
	Recuperação de estruturas portuárias	alto	manutenção da atividade, geração de riquezas, empregos
	Construção de diques e comportas contra inundação	alto a muito alto	impacto visual controlado manutenção do aproveitamento
	Criação artificial de condições para manutenção de ecossistemas costeiros	alto a muito alto	manutenção da paisagem preservação da biodiversidade custos permanentes de manutenção

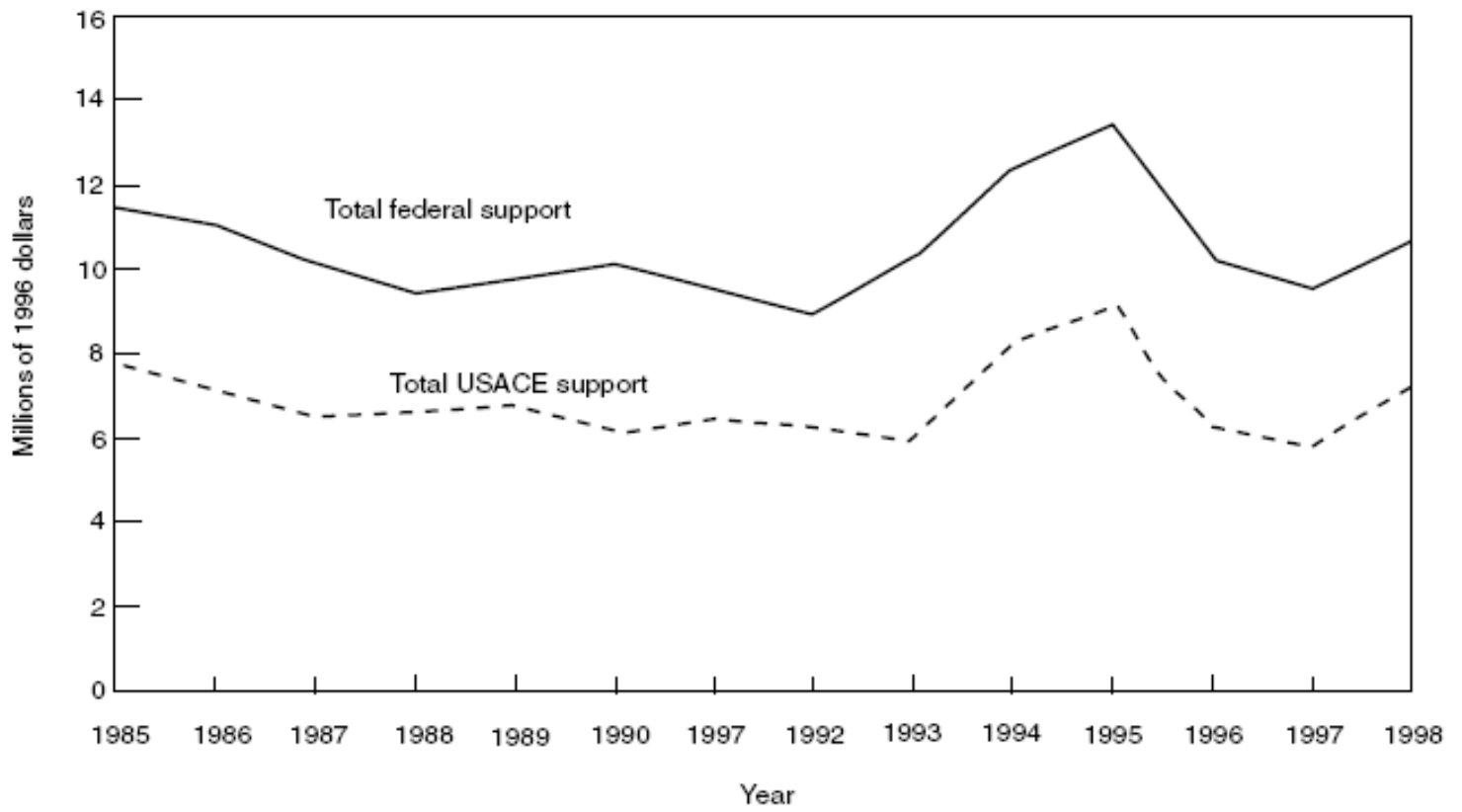


	<b>Recuo</b>	<b>Acomodação</b>	<b>Proteção</b>
erosão e progradação costeira	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
obras de proteção costeira	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
estrutura ou operação de portos			<input checked="" type="checkbox"/>
urbanização de cidades		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
obras de saneamento		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
duto de petróleo ou outros fins		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
intrusão salina em estuários	?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
intrusão salina em aquíferos	<input checked="" type="checkbox"/>		
manguezais	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	?
recifes de coral	<input checked="" type="checkbox"/>	?	?

# Desafios políticos



- ausência do Estado
- crise de governança
- caos urbano
- desorganização social
- corrupção
- degradação ambiental





Ação		CT	IT	Edu	Leg	Est	Valor (R\$ milhões)
<b>B1</b>	Monitorar permanentemente o nível do mar	✓				✓	R\$ 15 por ano
<b>B2</b>	Monitorar simultaneamente parâmetros meteorológicos e oceanográficos	✓				✓	
<b>B3</b>	Aprimorar métodos estatísticos de previsão e de análise		✓	✓			R\$ 5 por ano
<b>B4</b>	Aperfeiçoar métodos de previsão de ondas a partir de modelos de circulação atmosférica;		✓	✓			
<b>B5</b>	Desenvolver métodos para caracterizar a transformação das ondas desde o oceano até a costa;	✓	✓				
<b>B6</b>	Caracterizar a forma das praias antes e depois de ressacas	✓		✓			R\$ 10 por ano
<b>B7</b>	Mapear a evolução das dunas frontais	✓		✓			
<b>B8</b>	Avaliar comportamento das obras costeiras e portuárias, com nível de risco igual a 1%;		✓	✓			R\$ 10 por ano
<b>B9</b>	Aprimorar métodos, numéricos e experimentais, para cálculo do comportamento de ondas junto a estruturas		✓	✓			
<b>B10</b>	Elaborar mapas temáticos das áreas de risco na Zona Costeira a cada 10 anos;			✓	✓	✓	R\$ 250 por 5 anos
<b>B11</b>	Criar base cartográfica unificada para a zona costeira, englobando áreas emersas e submersas		✓		✓	✓	
<b>B12</b>	Criar legislação municipal de ordenamento da Zona Costeira				✓	✓	custos apenas políticos
<b>B13</b>	Capacitar técnicos das prefeituras e órgãos ambientais dos Estados			✓		✓	R\$ 2 por ano
<b>B14</b>	Produzir material de divulgação científica e de formação de professores			✓			R\$ 1 por ano



谢谢

*Imperador Yong Zheng passeando num cenário do mês de dezembro. c.1723-1735*









FIM