



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA  
LABORATÓRIO DE OCEANOGRAFIA COSTEIRA



# METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE PERIGOS COSTEIROS E PROJEÇÃO DE LINHAS DE COSTA FUTURAS

Antonio Henrique da F. Klein

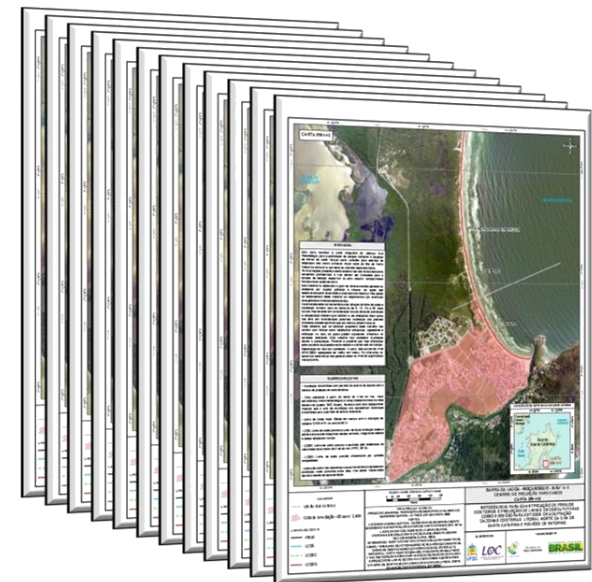
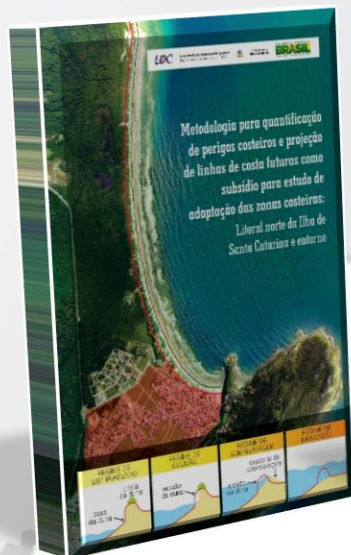


# Projeto MMA-Perigos

## Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno

➤ Livro Quantificação de perigos costeiros

➤ 101 Cartas Temáticas de Perigos costeiros



Financiamento:

Ministério do  
**Meio Ambiente**



FUNDO CLIMA



# Sumário

---

- **Por que temos de fazer este tipo de estudo?**
- **Qual metodologia aplicar?**
- **O que necessitamos para aplicar a metodologia?**
- **Desafios a serem vencidos no Brasil**
- **O que estamos fazendo?**



# Por que temos de fazer este tipo de

s41598-017-01362-7

We use cookies to improve your experience with our site. [Accept](#)

First issue FREE for a Year

nature.com > scientific reports > articles > article

SCIENTIFIC REPORTS

Altmetric: 471 Views: 2,707 [More detail >>](#)

Article | OPEN

## Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise

Sean Vitousek , Patrick L. Barnard, Charles H. Fletcher, Neil Frazer, Li Erikson & Curt D. Storlazzi

Scientific Reports 7, Article number: 1399

(2017)

doi:10.1038/s41598-017-01362-7

[Download Citation](#)

[Climate-change impacts](#) [Ocean sciences](#)

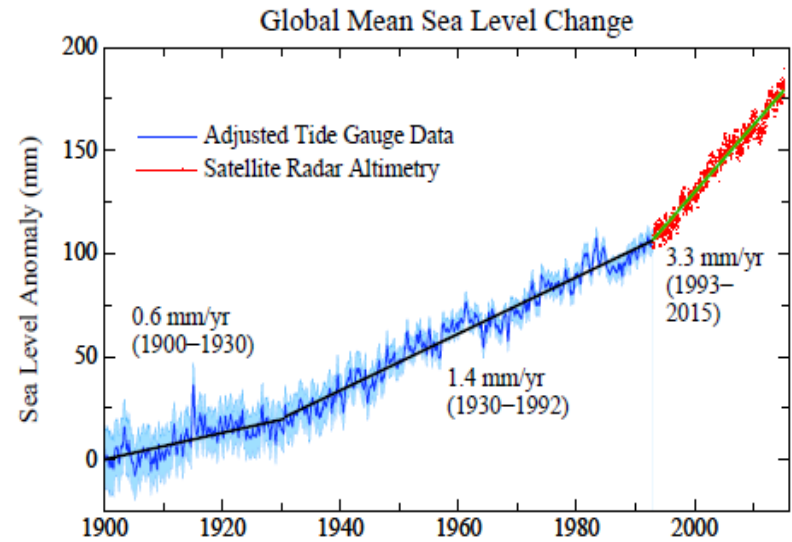
Received: 02 November 2016

Accepted: 23 March 2017

Published online: 18 May 2017

### Abstract

Global climate change drives sea-level rise, increasing the frequency of coastal flooding. In most coastal regions, the amount of sea-level rise occurring over years to decades is significantly smaller than normal ocean-level fluctuations caused by tides, waves, and storm surge. However, even gradual sea-level rise can rapidly increase the frequency and severity of coastal flooding. So far, global-scale estimates of increased coastal flooding due to sea-level rise have not considered elevated water levels due to waves, and thus underestimate the



Hansen ACPD (2015)

Klein et al. (2016)

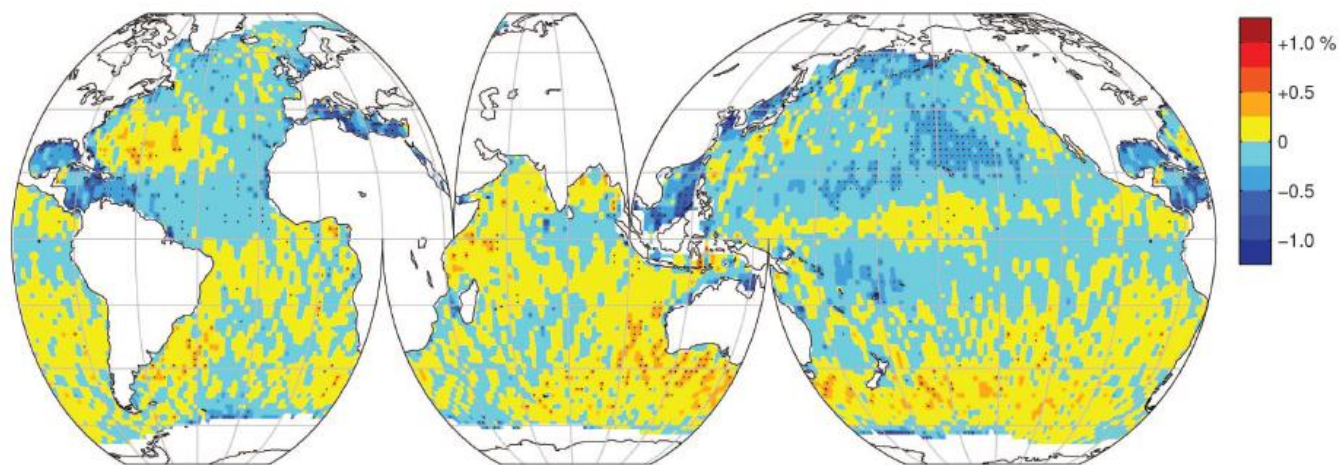
**Table 1.5** Mean sea-level change along the Brazilian coast

Author	Place	Rate	Period
Pirazolli (1986)	Fortaleza (CE) and Belém (PA)	a sea-level fall	Tidal Gage Period 20 year (1950–1970)
	Recife (PE)	3.7 mm year <sup>-1</sup>	
	Salvador (BA)	1.6 mm year <sup>-1</sup>	
	Canavieiras (BA)	3.1 mm year <sup>-1</sup>	
	Imbituba (SC)	0.55 mm year <sup>-1</sup>	
Aubrey et al. (1988)	Fortaleza (CE)	0.3 mm year <sup>-1</sup>	Tidal Gage Period 20 year (1950–1970)
	Belém (PA)	3.4 mm year <sup>-1</sup>	
	Recife (PE) -	0.2 mm year <sup>-1</sup>	
	Salvador (BA)	2.7 mm year <sup>-1</sup>	
	Canavieiras (BA)	4.1 mm year <sup>-1</sup>	
	Rio de Janeiro (RJ)	3.6 mm year <sup>-1</sup>	
	Imbituba (SC)	0.7 mm year <sup>-1</sup>	
Silva (1992)	Rio de Janeiro (RJ)	12.6 mm year <sup>-1</sup>	Tidal Gage 1965–1986
Harari and Camargo (1994)	Recife (PE)	5.6 mm year <sup>-1</sup>	Tidal Gage 1946–1988
França (2000), Mesquita (2003)	Equatorial Atlantic	4.0 mm year <sup>-1</sup>	Altimetry
IHCantabria	Salvador (BA)	~2 mm year <sup>-1</sup>	Hindcast/Forecasting
Losada et al. (2013)			Tide gauges (1950–2009)

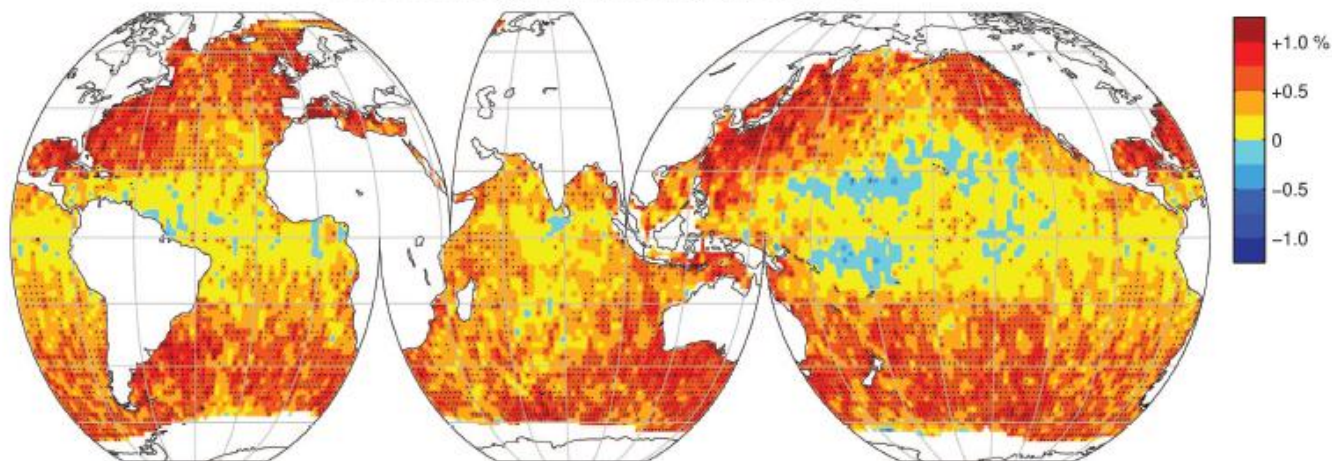


# Por que temos de fazer este tipo de estudo?

mean significant wave height (1985–2008)



99th percentile significant wave height (1985–2008)



Global Trends in Wind Speed and Wave Height  
I. R. Young, *et al.*  
*Science* **332**, 451 (2011);  
DOI: 10.1126/science.1197219



23-anos de dados de altimetria de satélite (calibrados e validados)

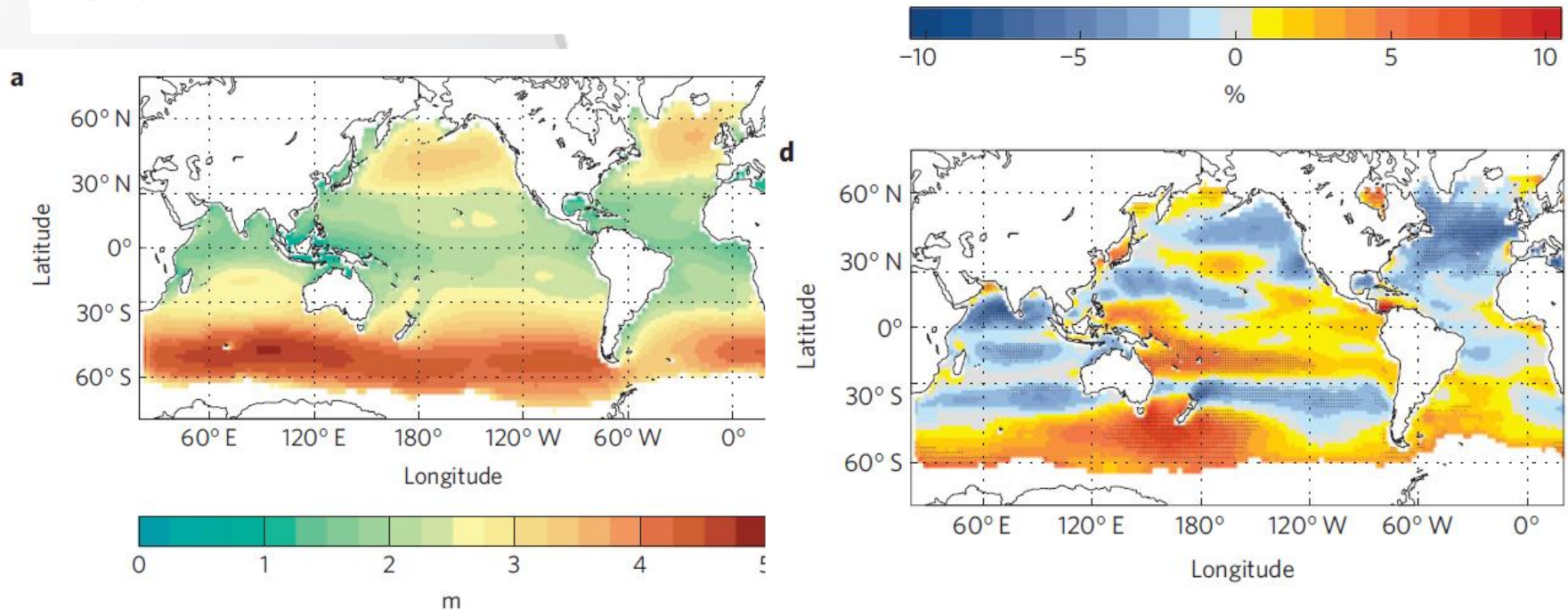


# Por que temos de fazer este tipo de estudo?

A projected increase in annual mean  $H_S$  is found over 7.1% of the global ocean, predominantly in the Southern Ocean, which is greater during austral winter (July–September; 8.8%).

## Projected changes in wave climate from a multi-model ensemble

Mark A. Hemer<sup>1\*</sup>, Yalin Fan<sup>2</sup>, Nobuhito Mori<sup>3</sup>, Alvaro Semedo<sup>4,5</sup> and Xiaolan L. Wang<sup>6</sup>

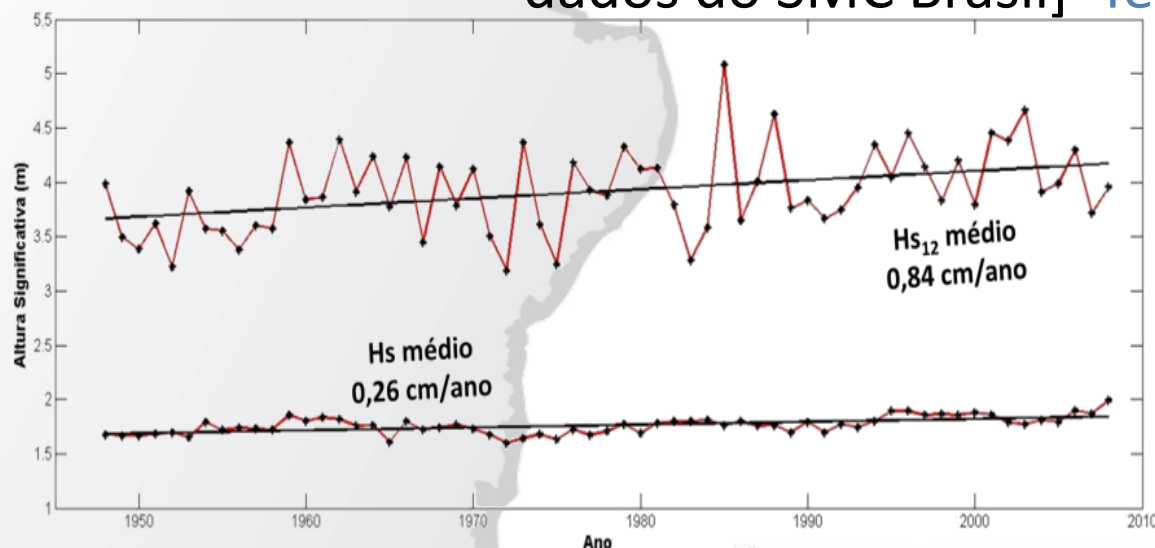


**Figure 2 | Projected future changes in multi-model averaged significant wave height. a**, Averaged multi-model annual significant wave height ( $H_S$ , m) for the time-slice representing present climate (~1979–2009). **b–d**, Averaged multi-model projected changes in annual (**b**), JFM (**c**) and JAS (**d**) mean  $H_S$  for the future time-slice (~2070–2100) relative to the present climate time-slice (~1979–2009) (% change). Stippling denotes areas where the magnitude of the multi-model ensemble mean exceeds the inter-model standard deviation. Results for individual models are included in the Supplementary Information.



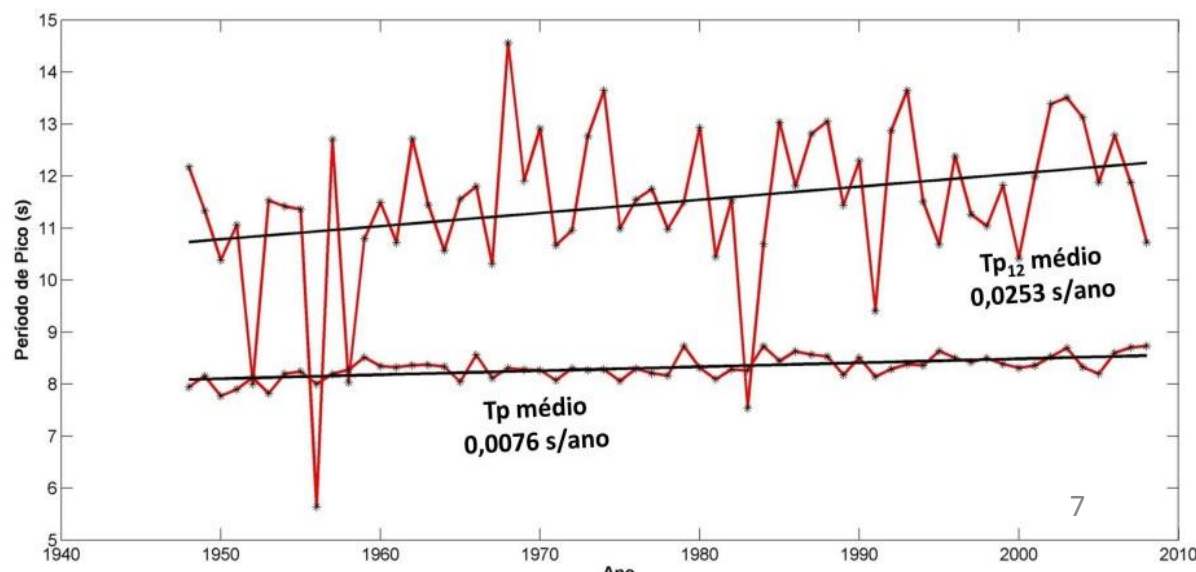
# Por que temos de fazer este tipo de estudo?

Análise do clima de ondas em águas profundas – SC [Base de dados do SMC Brasil] **Tendências**



Hs (m) ↑ 16,1 cm  
Hs<sub>12</sub> (m) ↑ 51,31 cm

Tp (s) ↑ 0,47 s  
Tp<sub>12</sub> (s) ↑ 1,54 s






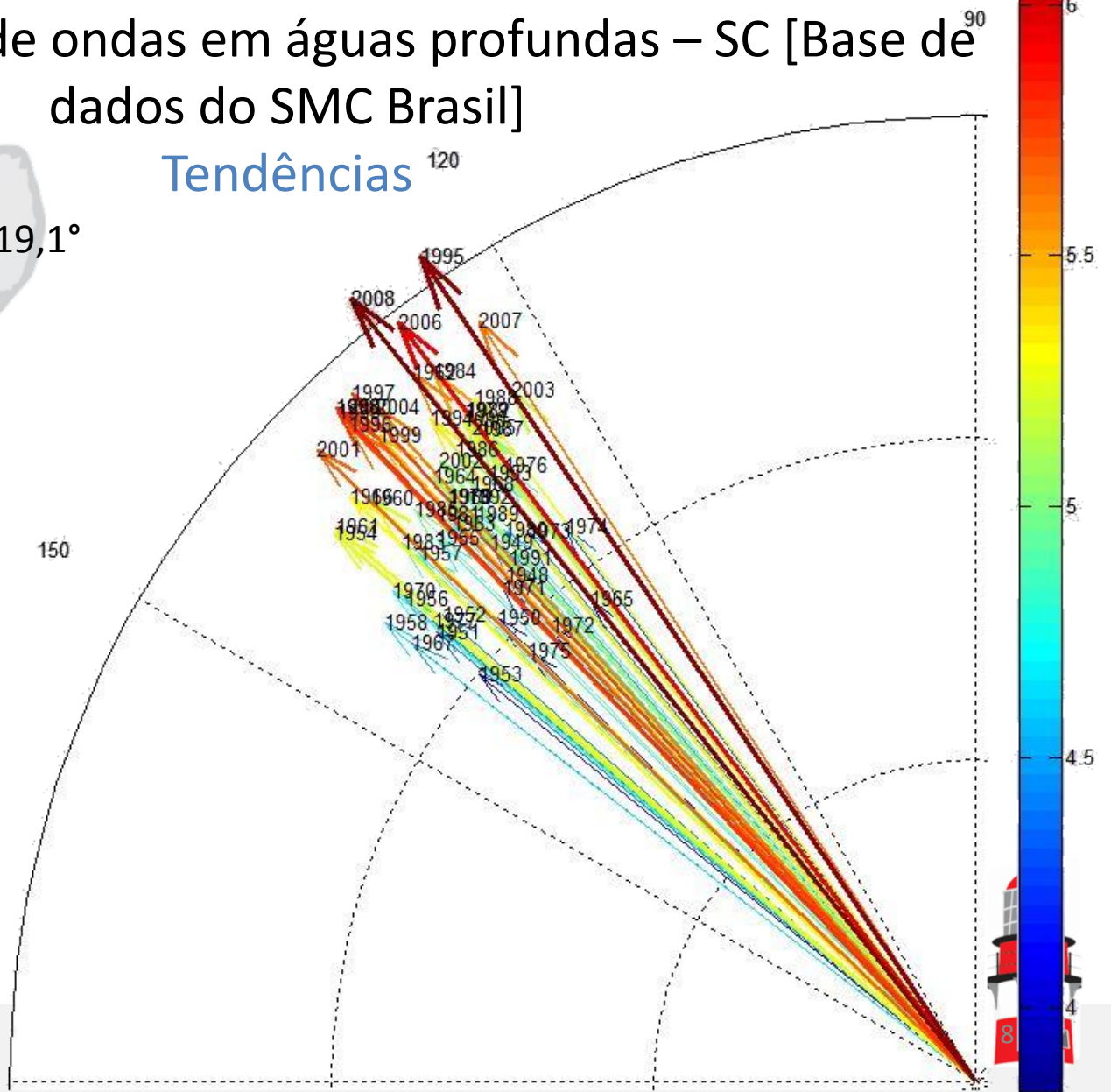
# Por que temos de fazer este tipo de estudo?

Análise do clima de ondas em águas profundas – SC [Base de dados do SMC Brasil]

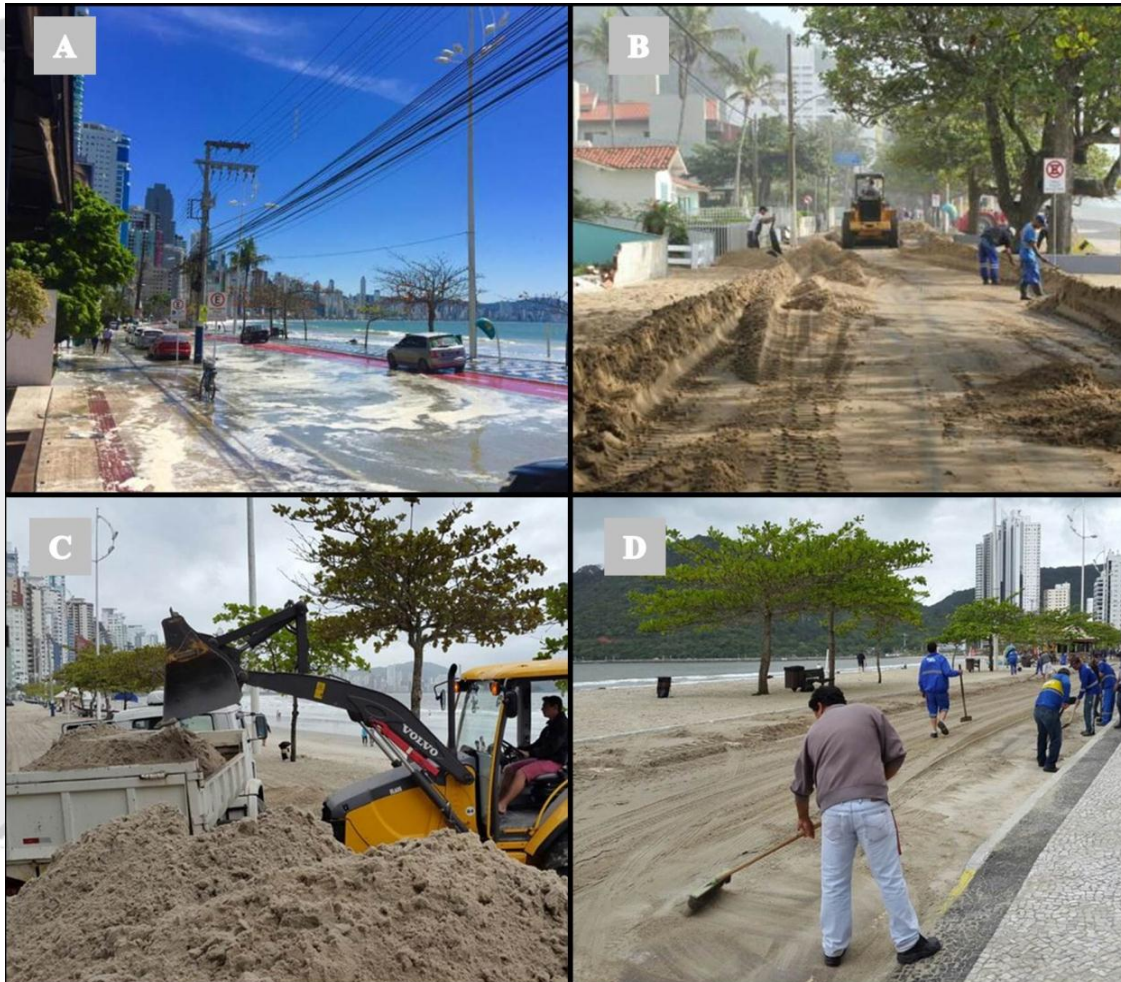
Tendências

Anual:  $\Delta 19,1^\circ$

$\theta (^\circ)$    $0,1533^\circ/\text{ano}$   
 $9,35^\circ$  para Sul



# Por que temos de fazer este tipo de estudo?



A - Mar invadiu a Avenida Atlântica em Balneário Camboriú. Foto: Marco Moreira. B – Areia depositada sobre a Avenida Atlântica. Foto: Virgínia Cardoso/Secretária de obras. C – Remoção da areia com auxílio de caçambas e retroescavadeiras. Foto: Luiz Souza/RBS TV. D - Operários removeram areia Avenida Atlântica. Foto: Luiz Souza/RBS TV. (Marengo et al., 2016)





## Por que temos de fazer este tipo de estudo?

- No ano de 2010 foram registadas 13 ocorrências de marés de tempestade. Afetando principalmente a Ilha de Santa Catarina em Florianópolis

**Prejuízo de R\$ 27,7 milhões**

Armação do Pântano do Sul



Fonte: [passoka.wordpress.com](http://passoka.wordpress.com), 10/04/2010

Barra da Lagoa

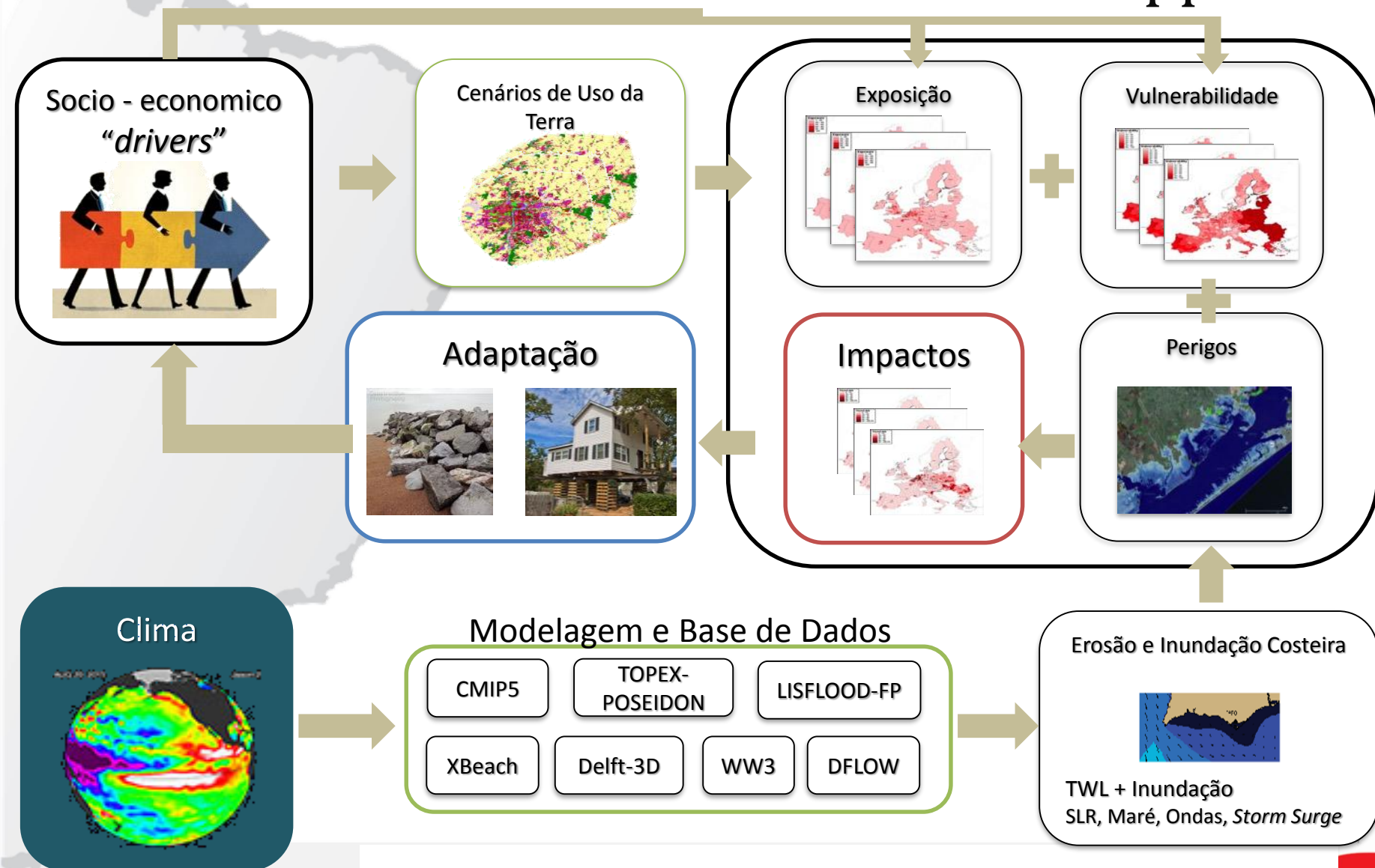


Foto: Mariela Muler



# Por que temos de fazer este tipo de estudo?

## The LISCoAsT approach



## Qual metodologia aplicar?

# Há diferentes metodologias disponíveis na literatura!

Ferreira et al. (2006)

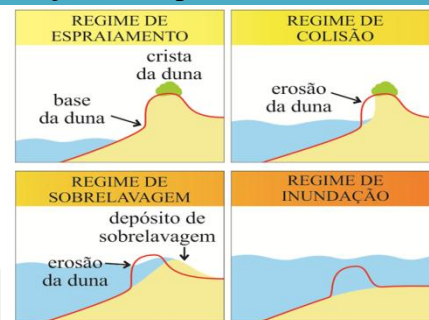
### Cartas Temáticas – Perigos Costeiros

- Elaboração de cartas temáticas na escala (1:10.000)
- Divulgação:



Sallenger (2000)

### Identificação de Impactos Sobre a Praia



## Metodologia A - (Avaliação dos Padrões de Impactos)

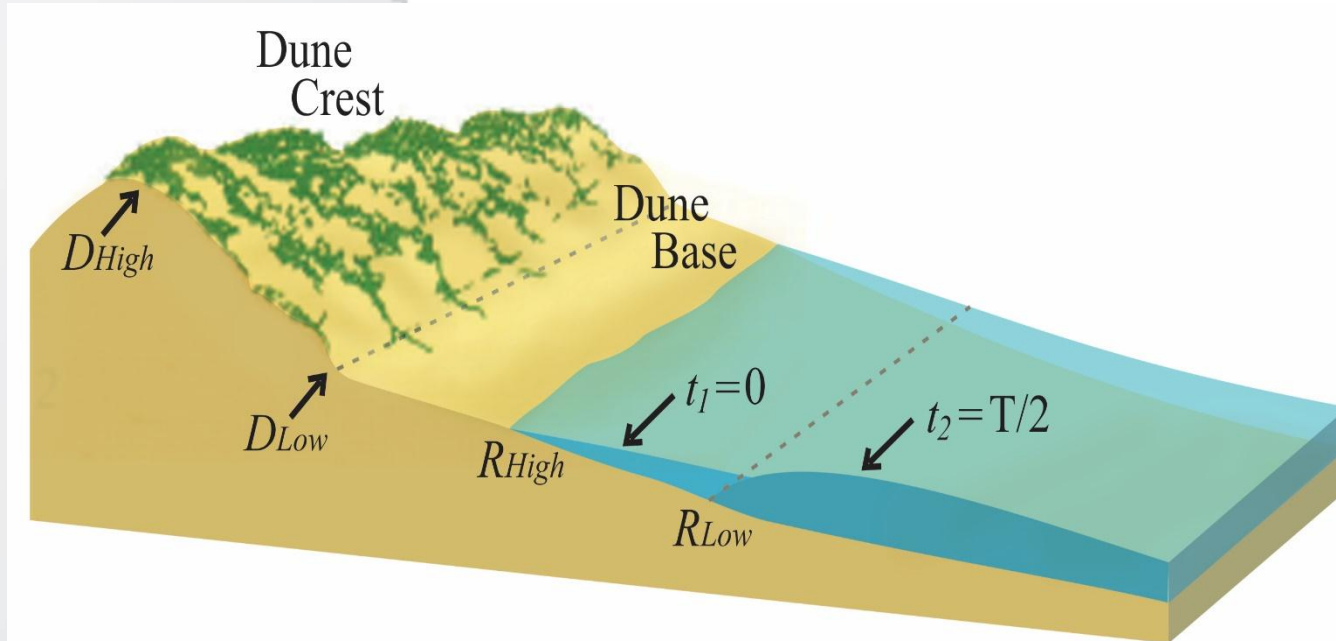
**Identificação dos padrões de impactos causados pela sobrelevação do nível do mar devido a eventos de alta energia sobre a praia e o sistema de dunas frontais (com projeções para o futuro).**

***Forcasting based in Hindcasting***

*(Prado et al., Aceito)*



# Padrões de Impactos



$$R_{\max} = CI \text{ onde } CI (MA_{ps} + MM + WR_{2\%} (+VNM0_{0,5,10,25,50}))$$

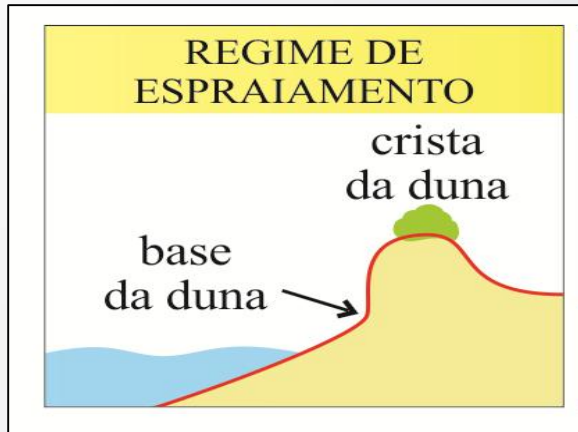
$$R_{\min} = R_{\max} - S_{2\%}$$





# Padrões de Impactos

## Regime de Espraçamento (*Swash*)

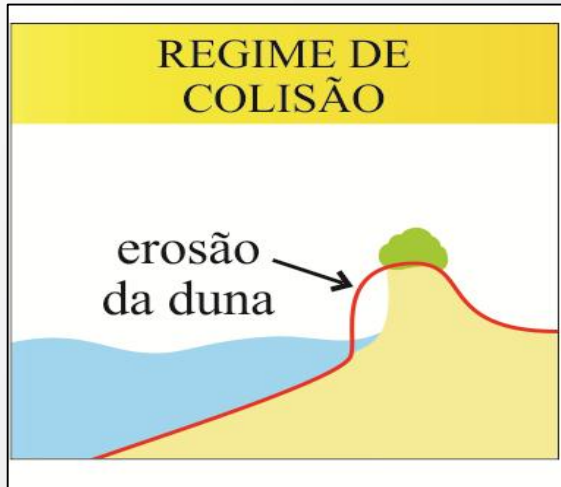


- Neste regime o espraçamento da onda é confinado a zona intermarés não atingindo a base da duna frontal ou a berma e a razão  $R_{High}/D_{High}$  é menor que o limite critico definido por:
- $R_{High} < D_{low}$
- O pós-praia é erodido e o sedimento é transportado em direção ao mar onde é depositado, para apenas retornar a praia emersa após o término da tempestade sob condições de menor energia.
- Não existindo uma variação líquida do volume sedimentar da praia.



# Padrões de Impactos

## Regime de Colisão (*Collision*)

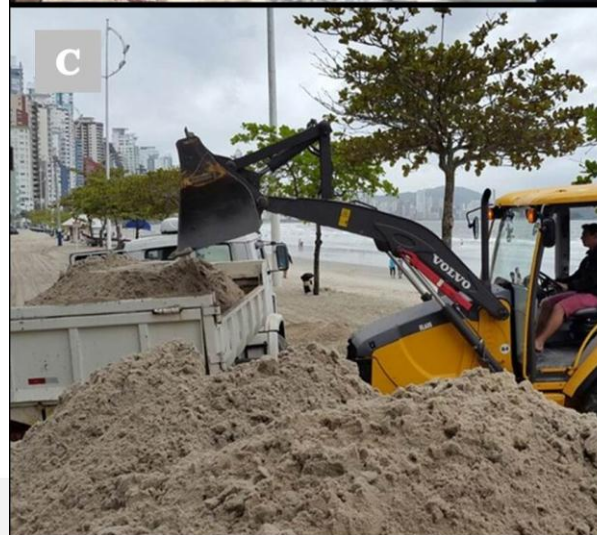
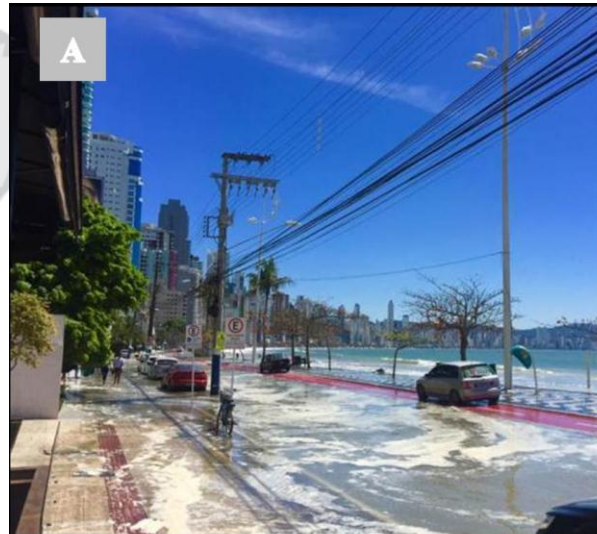
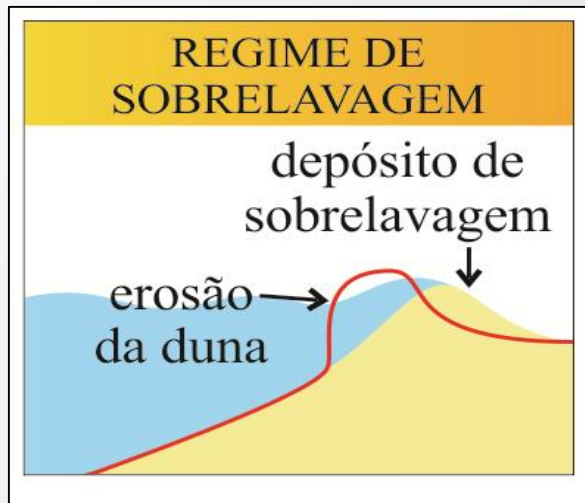


- O regime de colisão ocorre quando o limite crítico definido é excedido, Havendo a colisão da onda com a duna frontal.
- $R_{high} \geq D_{low}$  e  $< D_{High}$
- Com a erosão da duna o sedimento é transportado tanto em direção ao mar quanto ao longo da costa, não retornando para reestabelecer a duna frontal.
- A praia sofre uma variação líquida do volume sedimentar da praia.
- Em adição, a perda de sedimento da duna frontal, o pós-praia é submetido às mesmas mudanças consideradas no regime de espraiamento.



# Padrões de Impactos

## Regime de sobrelavagem (*overwash*)



# Padrões de Impactos

## Regime de Inundação (*Inundation*)

- Quando o aumento do nível do mar induzido pela tempestade é suficiente para submergir completamente a duna frontal, esta região se torna diretamente impactada pelos processos gerados na zona de surfe, Este regime é definido quando:

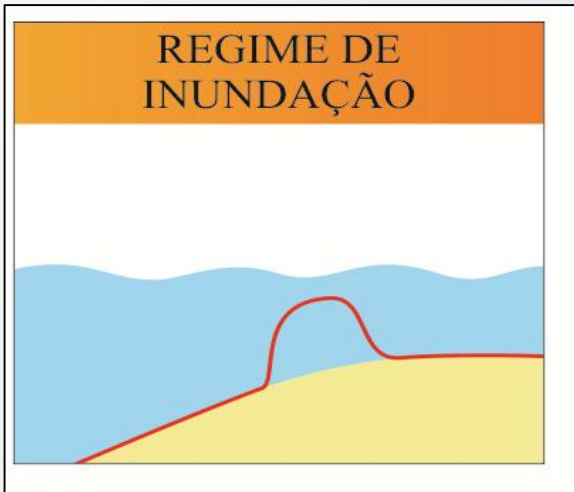
$$R_{Low} > D_{High}$$





# Padrões de Impactos

## Regime de Inundação (*Inundation*)



- Quando o aumento do nível do mar induzido pela tempestade é suficiente para submergir completamente a duna frontal, esta região se torna diretamente impactada pelos processos gerados na zona de surfe, Este regime é definido quando:

$$R_{Low} > D_{High}$$

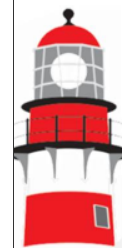
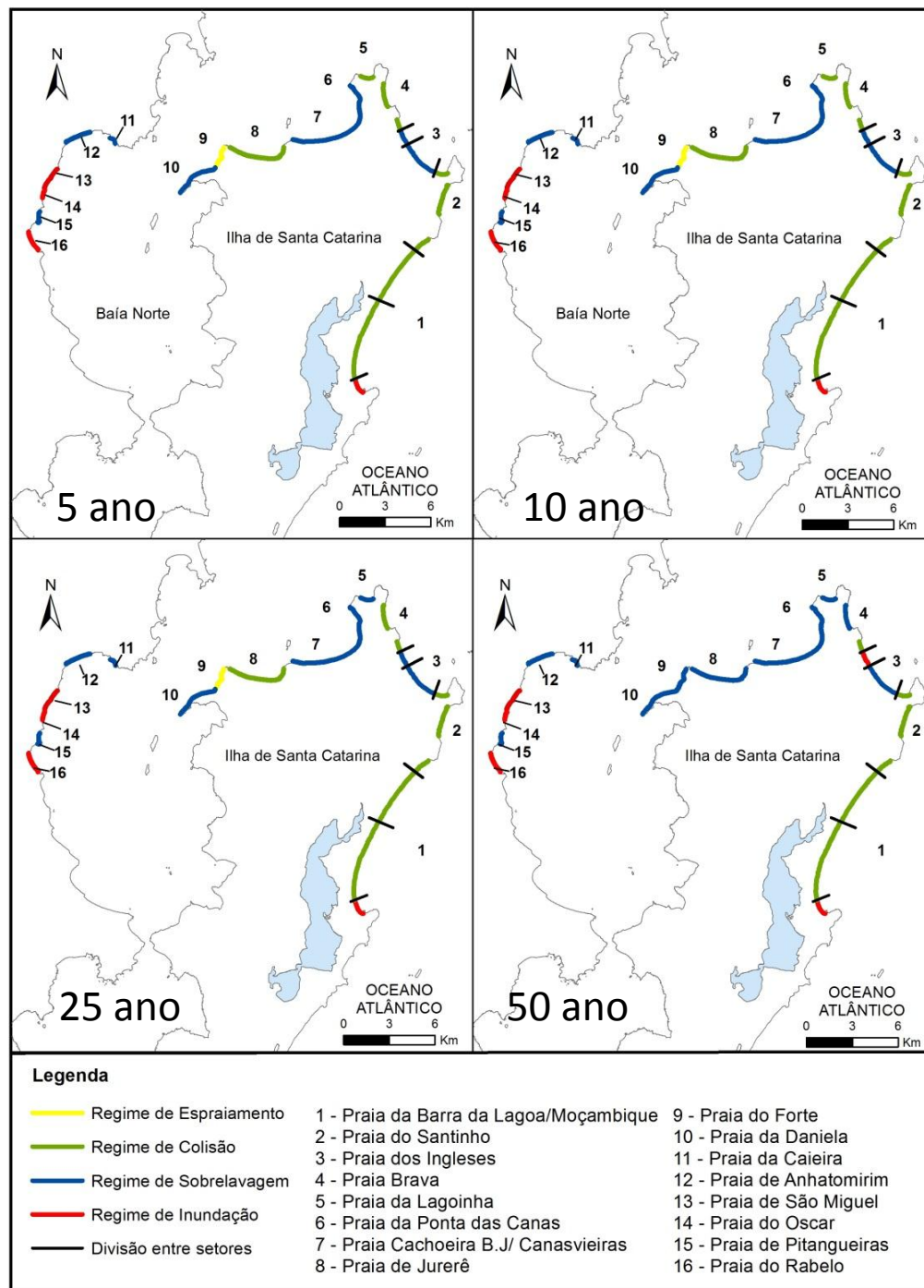




# Padrão de Impacto

Previsão com base  
na retroanálise.

(estático)



# O que necessitamos para aplicar a metodologia?

## BASE DE DADOS

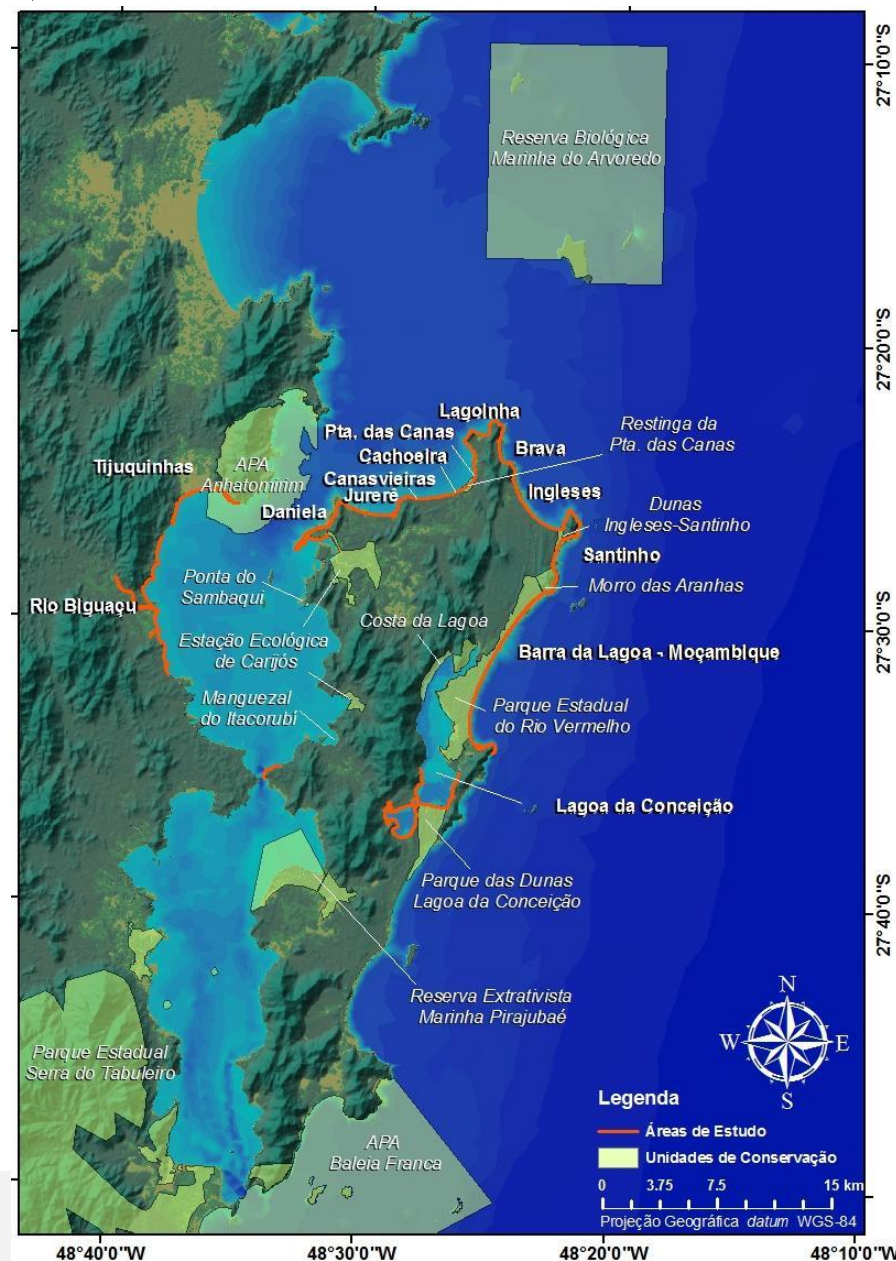
- MDT (Modelo Digital de Terreno)(Praia)  
Batimetria + Topografia (*Datum*)
- Hidrodinâmica  
MA+MM+ONDA (*Run-up e Set up*) + VNM  
(*Datum*)

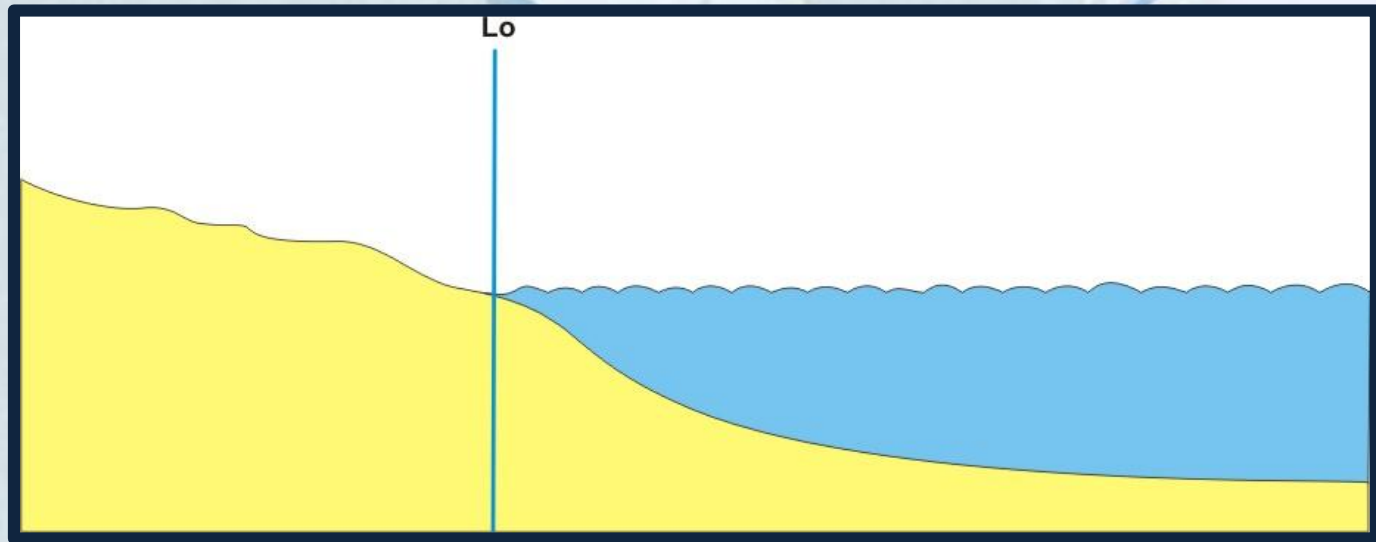


# Metodologia B - (Cartas de Quantificação e Integração de Perigos Costeiros – *PIOR CENÁRIO*)

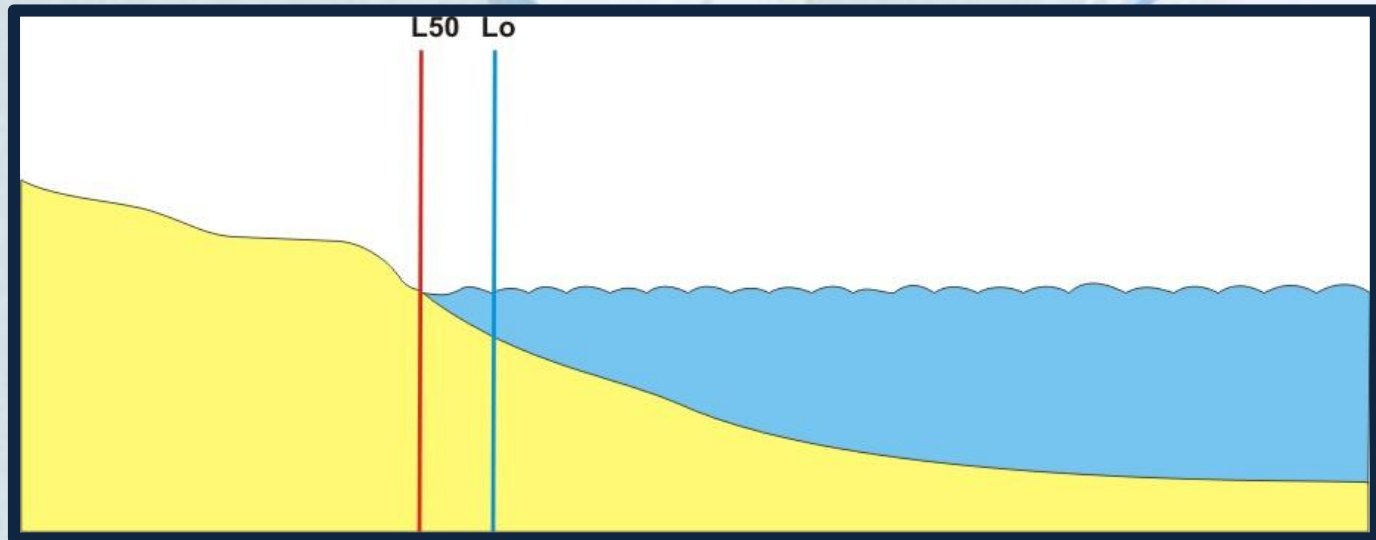
Metodologia para **identificação de perigos costeiros** relativos ao aumento do nível do mar, grandes tempestades e sobrelavagem da duna frontal, e **projeção de linhas de costa futuras** quantificando e integrando esses perigos para o litoral norte da **Ilha de Santa Catarina** e adjacências na **escala de 1:10.000**, como subsídio para estudos de **adaptação** de zonas costeiras. (Ferreira et al., 2006).

*Forecasting based in Hindcasting*



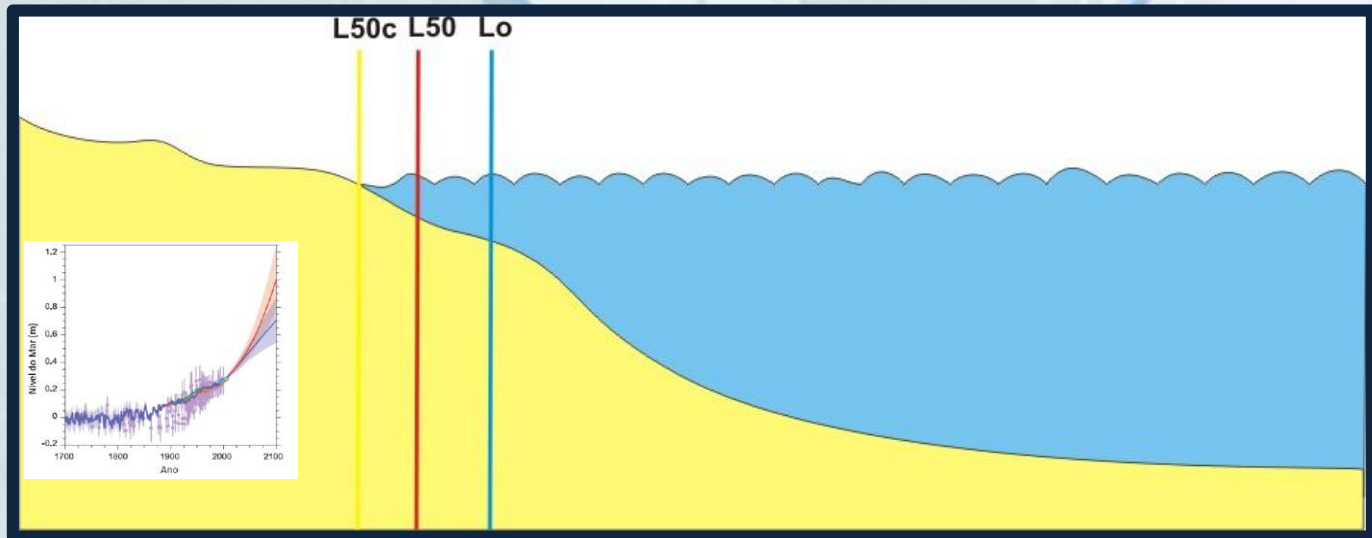


**(a) Determinar a linha de costa atual ( $S_0$ ) e sua taxa de evolução (TEC).**

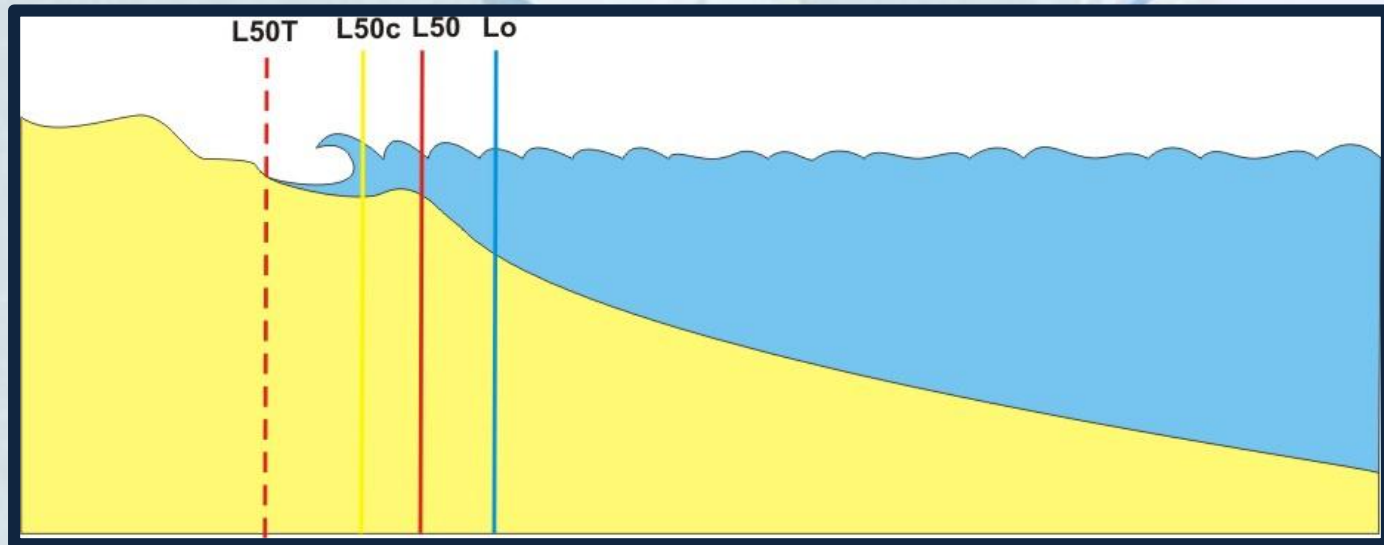


**(b) Prever novas linhas de costa (S5, S10, S25 e S50) para os períodos de 5, 10, 25 e 50 anos utilizando a TEC.**





**(c) Ajustar a nova linha de costa (S5c, S10c, S25c e S50c) considerando uma aceleração na taxa de aumento do nível do mar..**

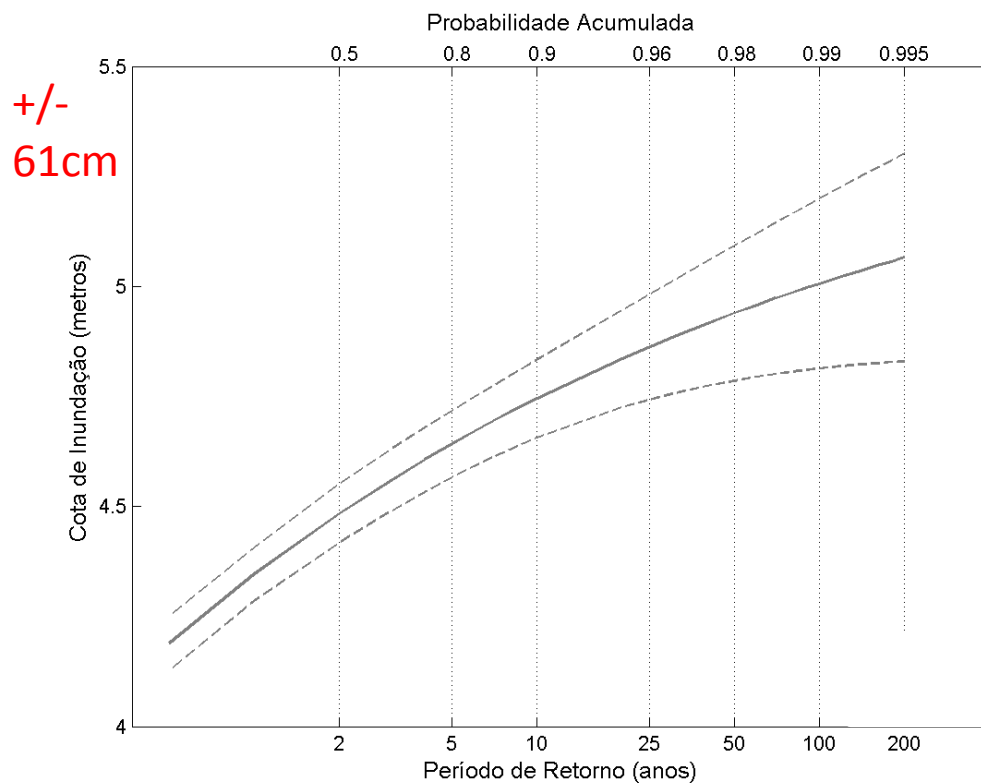


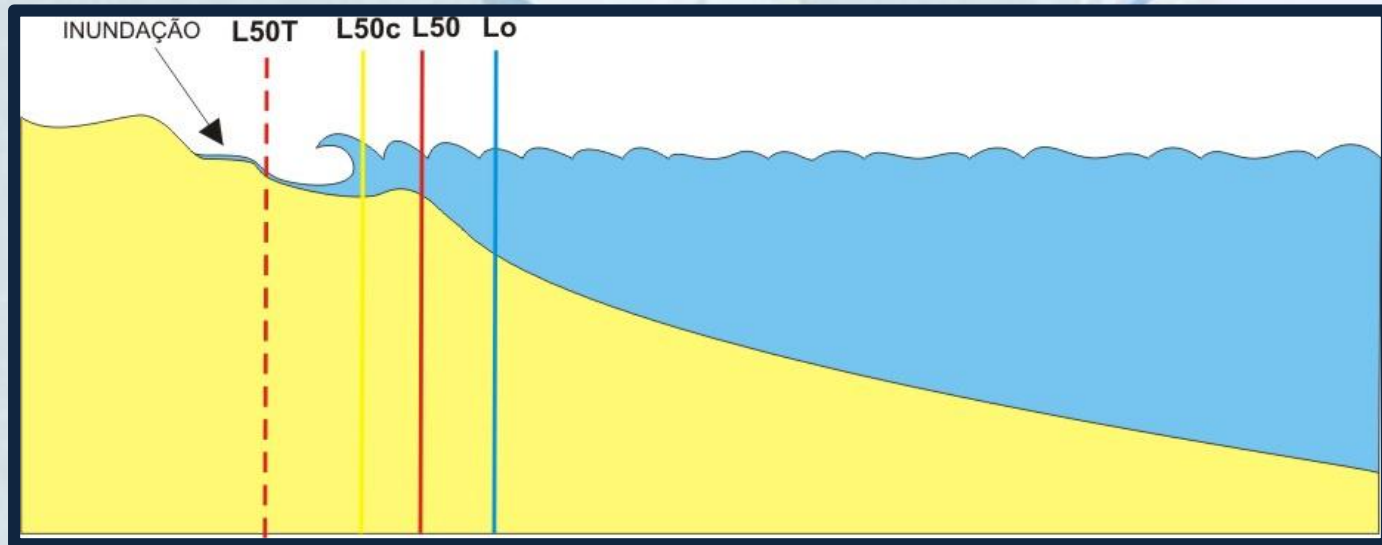
**(d) Computar os perigos decorrentes de grandes tempestades associados à retração instantânea da linha de costa, indicando seções praias com maior exposição. Mensurar possíveis erosões decorrentes de galgamentos oceânicos.**

# Cartas de Quantificação e Integração de Perigos Costeiros

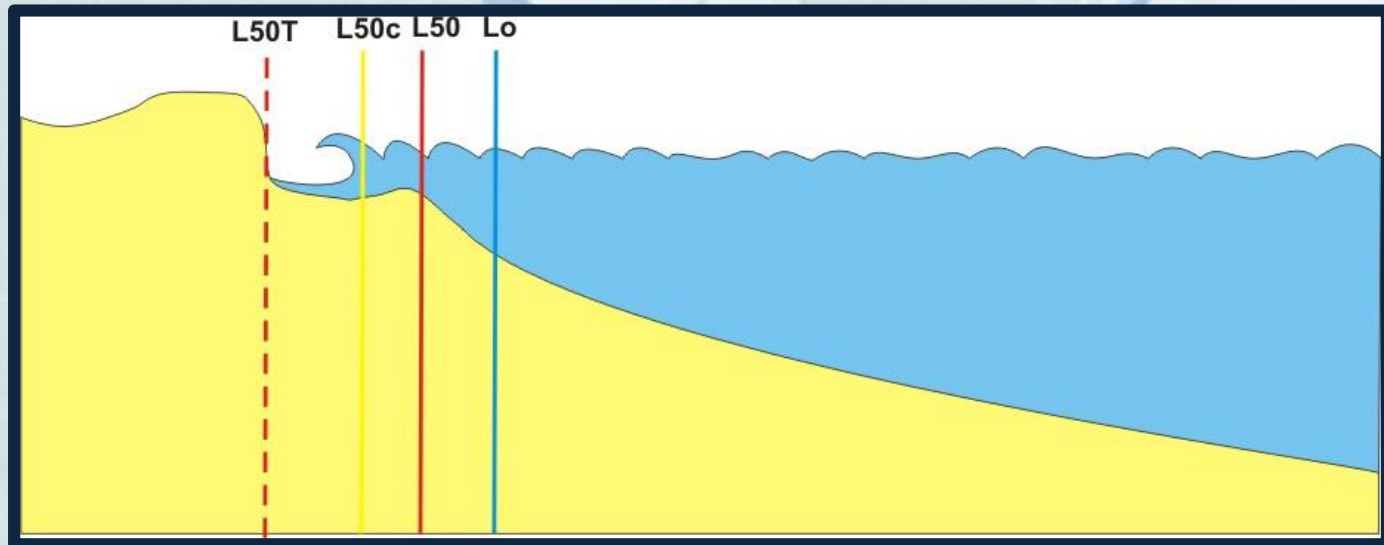
## Cota de Inundação (1948-2008)

- SMCBrasil





**(d) Computar os perigos decorrentes de grandes tempestades associados à retração instantânea da linha de costa, indicando seções praias com maior exposição. Mensurar possíveis erosões decorrentes de galgamentos oceânicos.**



**(d) Computar os riscos decorrentes de grandes tempestades associados à retração instantânea da linha de costa, indicando seções praias com maior risco. Mensurar possíveis erosões decorrentes de galgamentos oceânicos.**



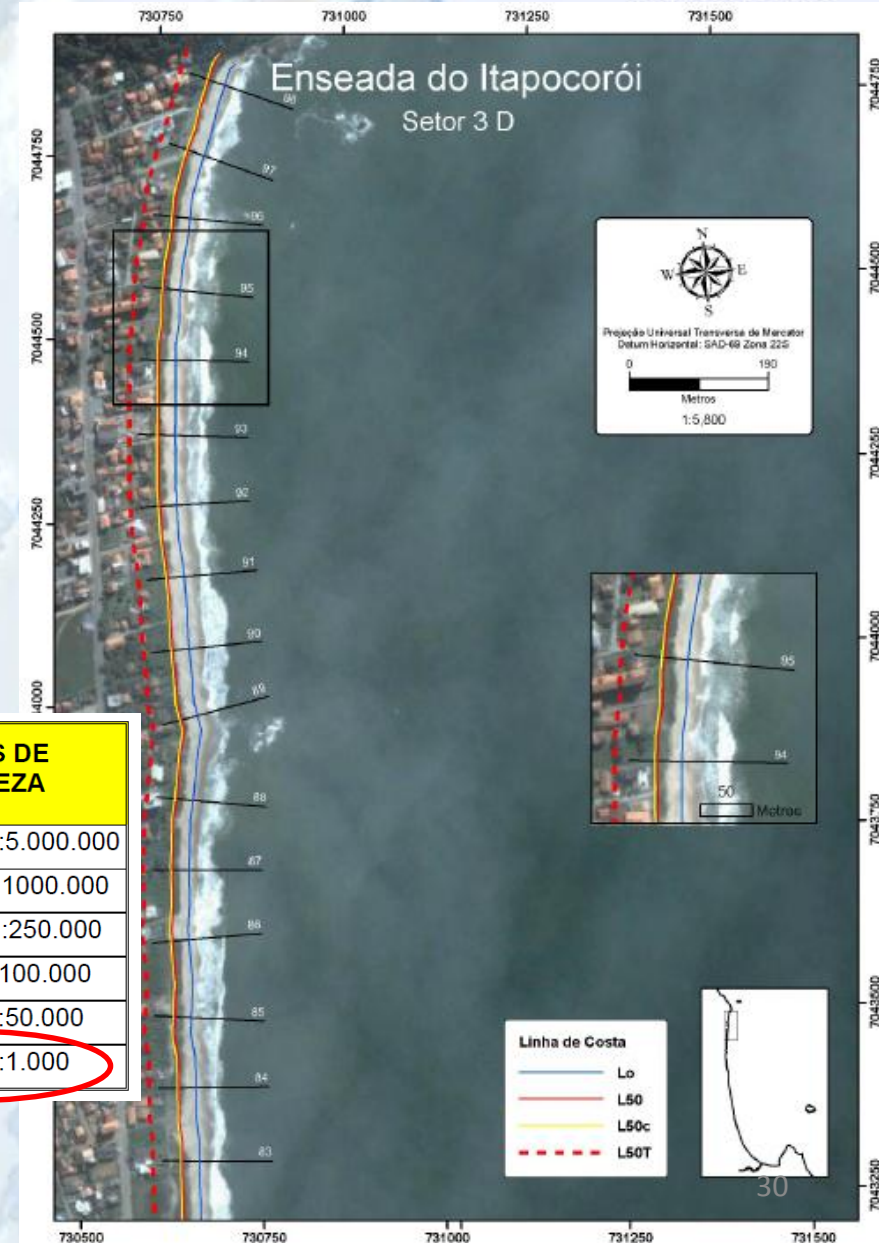
# Cartas de Quantificação e Integração de Perigos Costeiros

(e) Representar as linhas de costa futuras em cartas temáticas.

(f) Disponibilizar mapas/cartas temáticas.

## Programa de Zoneamento Econômico e Ecológico (PZEE)

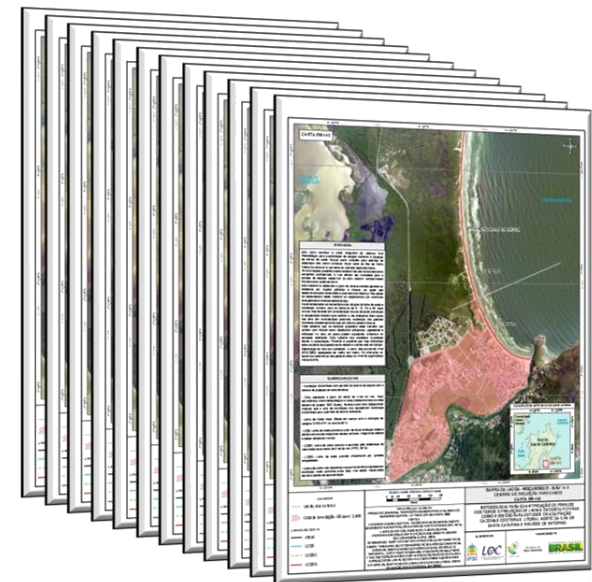
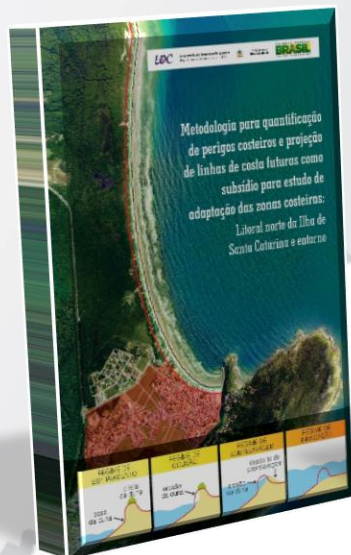
ENFOQUE	ABRANGÊNCIA TERRITORIAL	NÍVEL POLÍTICO-ADMINISTRATIVO	ORDENS DE GRANDEZA
ESTRATÉGICO (POLÍTICO)	Continental	Federal	1:10.000.000/1:5.000.000
	Nacional	Federal	1:2.500.000/1.100.000
	Regional	Federal/Estadual	1:1.000.000/1:250.000
TÁTICO (OPERACIONAL)	Estadual	Estadual/Municipal	1:250.000/1:100.000
	Municipal	Municipal	1:100.000/1:50.000
	Local	Distrital	1:25.000/1:1.000



# Projeto MMA-Perigos

## Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno (1: 10.000)

- Livro Quantificação de perigos costeiros
- 101 Cartas Temáticas de Perigos costeiros



Financiamento:

Ministério do  
**Meio Ambiente**



FUNDO CLIMA



31

# Metodologias

## Projeto MMA-Perigos

### Praias Abrigadas

#### Linhas de Costa Ajustadas $LC_{50C}$

- Ajuste da linha de costa considerando o efeito da Inundação (I) devido ao aumento do nível do mar (IPCC)

Se  $\text{Tang}\beta_b \leq 0,002$

- Regra de Bruun  $I = \text{SLRa} / \text{Tang}\beta_b$
- Projeção  $LC_{50C}$   $LC_{50C} = LC_{50} + I$

#### Inundação Costeira

- Estabelecimento de áreas de inundação costeira
- Modelagem numérica
- Propagação de ondas

SMCBrasil

- Máximo Runup x cota Altimétrica (MDT- SDS)

#### Cartas Temáticas – Perigos Costeiros

- Elaboração de cartas temáticas na escala (1:10,000)
- Divulgação:



### Praias Expostas

#### Linhas de Costa Ajustadas $LC_{50C}$

- Ajuste da linha de costa considerando o aumento do nível do mar (IPCC)

- Regra de Bruun  $Ra = (\text{SLRa} \times L) / (h_* + \text{DC})$

- Projeção  $LC_{50C}$   $LC_{50C} = LC_{50} + Ra$

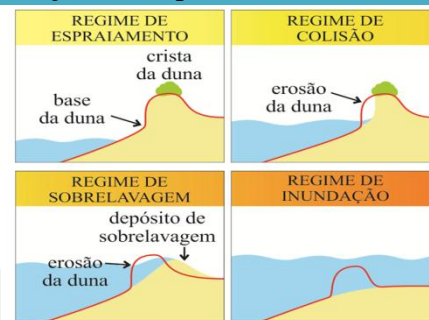
#### Perigos Decorrentes de Grandes Tempestades

- Ajuste da linha de costa considerando tempestades extremas com período de recorrência de 5, 10, 25 e 50 anos

- Modelo de convolução KRIEBEL e DEAN, 1993

- Projeção de  $LC_{50t}$   $LC_{50t} = LC_{50C} + R_t$

#### Identificação de Impactos Sobre a Praia



# O que precisamos para aplicar a metodologia?

## BASE DE DADOS

- Linha de Costa
- MDT (Modelo Digital de Terreno)  
Topografia + Batimetria ( *Datum* )
- Hidrodinâmica  
MA+MM+ONDA (Run-up e Set up) + VNM  
( *Datum* )





# **Desafios a serem vencidos para a definição de Zonas de Erosão Acentuada e Áreas de Inundação Costeira (*Perda de Habitats Costeiros*)**

# Desafios a serem vencidos

---

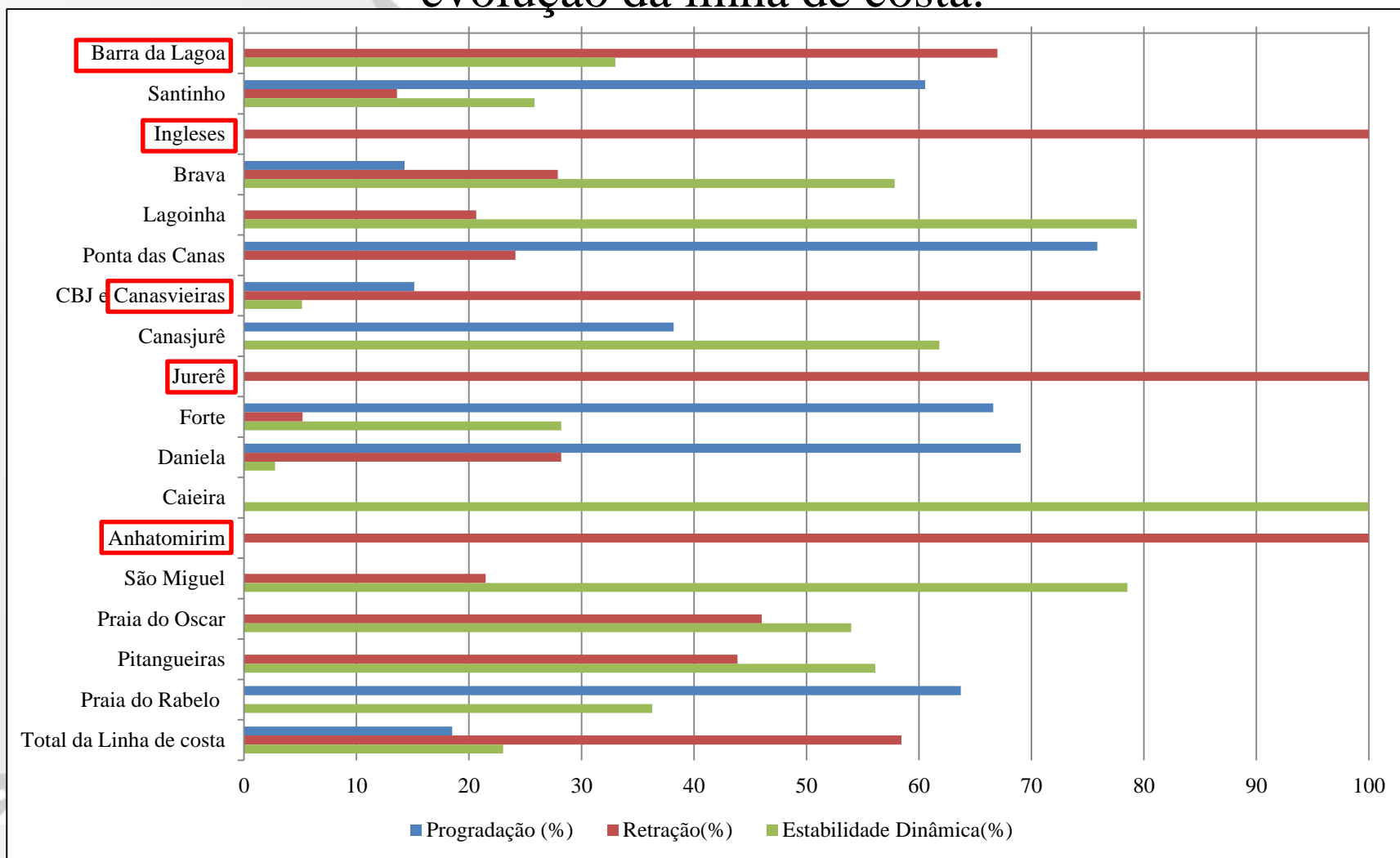
## BASE DE DADOS

- **Linha de Costa**
- MDT (Modelo Digital de Terreno)  
Topografia + Batimetria (*Datum*)
- Hidrodinâmica  
MA+MM+ONDA (*Run-up e Set up*) + VNM  
(*Datum*)



# Definição da Linha de Costa

Diagnóstico da situação das praias estudadas com base na taxa de evolução da linha de costa.



# **Georeferenciar**

**Verificação da precisão das bases  
cartográfica (Datum Horizontal)**





# Verificação das bases cartográfica

---

- Objetivo: conhecer o erro das bases cartográficas que serão utilizadas para georreferenciamento das fotografias aéreas;
- As bases cartográficas foram escolhidas considerando a abrangência da área de estudo:
  - Para o continente: **Secretaria do Patrimônio da União (SPU)** em escala 1:2.000;
  - Para a Ilha de Santa Catarina: **Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF)** em escala 1:2.000.



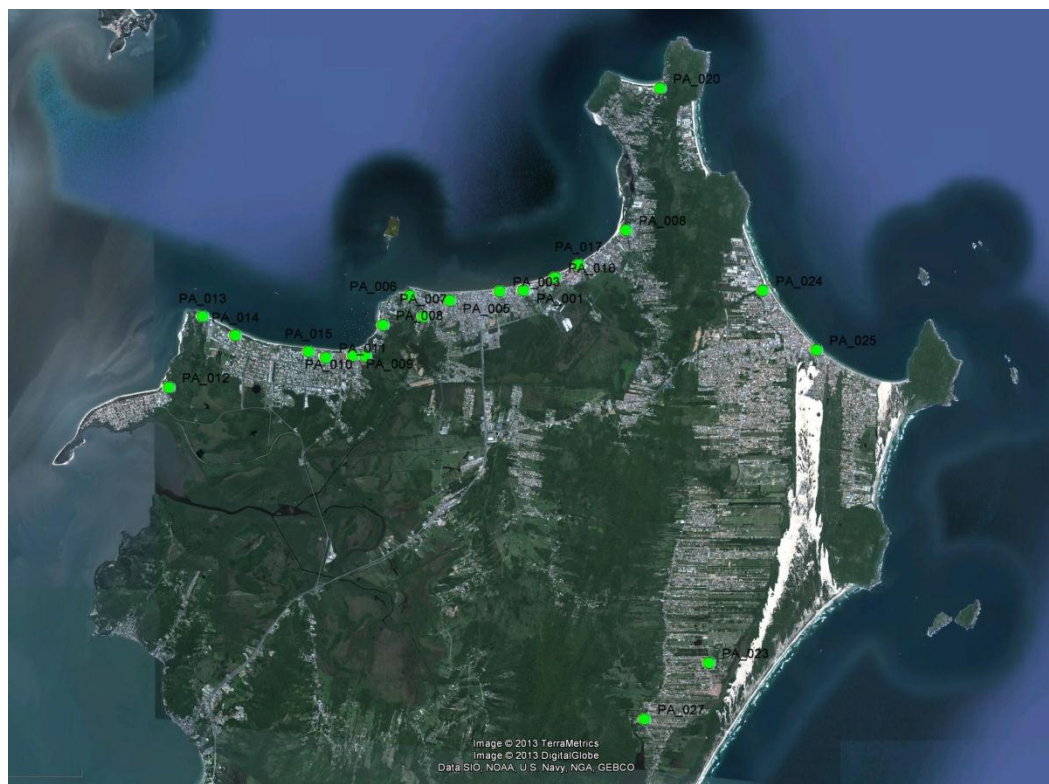
# Verificação das bases cartográfica – Coleta dos pontos

28 Pontos de Apoio para cada base cartográfica

Base cartográfica SPU




Base cartográfica IPUF



# Verificação das bases cartográfica – Coleta dos pontos



MONOGRAFIA PONTO DE APOIO		
Estação: PA_028	Última visita: Órgão emissor: LOC	
Dados de localização	DATUM horizontal/vertical: SIRGAS 2000 Coordenadas: UTM	
Estado: Santa Catarina Município: Biguaçu Distrito/Bairro:	WGS 84 / SIRGAS 2000 N: 6950092,400 E: 735239,014 H: 2,76	SAD 69 N: E: H:
Fonte Planimétrica: Receptor GNSS (PPK) Equipe: Michel Franco; Mariela Muler, Juliano da Fontoura.	Fonte Altimétrica: Receptor GNSS (PPK)	
Descrição da Estação: PA em relação à Rede GPS de Alta Precisão do Estado de Santa Catarina pertencente ao IBGE.		
Croqui	Itinerário:	
 <p>Fonte: GOOGLE EARTH</p>	<p>Cruzamento muros (muros baixos). Esquina da Rua <u>Henri</u> Hulse (casa nº 3137) com a R. Nivaldo José de Andrade. Muros baixos, branco. Divisa de casas brancas com toldo branco e casa azul.</p>	

MONOGRAFIA PONTO DE APOIO
VISUALIZAÇÃO FOTOGRÁFICA
 <p>Foto: Michel Franco Volpato Prado</p>



# Verificação das bases cartográfica

O tempo de observação do ponto respeitou o maior tempo sugerido na Tabela 1, porém nunca ficando abaixo de 30 minutos como sugerido por Monico (2000).

Tabela 1: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento da linha de base, Fonte RECOMENDAÇÕES PARA LEVANTAMENTOS RELATIVOS ESTÁTICOS – GPS- IBGE (2008).

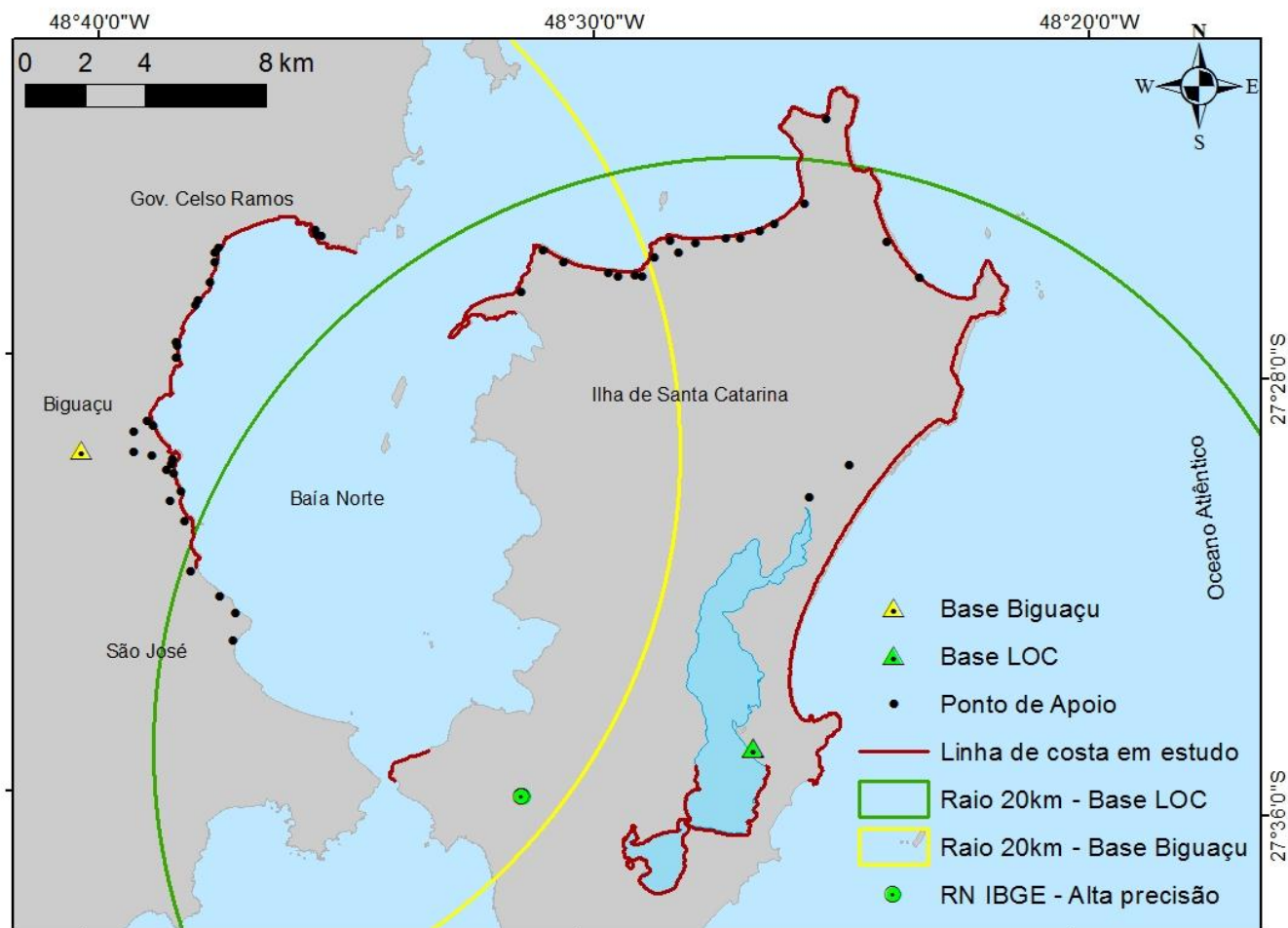
Linha de Base	Tempo de observação	Equipamento usado	Precisão
00 - 05 Km	05 – 10 min	L1 OU L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
05 - 10 Km	10 – 15 min	L1 OU L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
10 - 20 Km	10 – 30 min	L1 OU L1/L2	5 – 10 mm + 1 ppm
20 – 50 Km	02 – 03 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 Km	Mínimo 03 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 Km	Mínimo 04 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm





# Verificação das bases cartográfica

## Coleta dos pontos (Receptor GNSS-PPK)



# Verificação das bases cartográfica – Cálculo do Erro-SPU

Ponto	East base	North base	East GPS	North GPS	Difference East (m)	Difference North (m)	Resultant (m)
PA001	737994,6934	6963977,383	737998,253	6963975,094	3,55957	-2,28867	4,23185
PA002	738002,9634	6963781,123	738001,523	6963775,297	-1,44037	-5,82568	6,00110
PA003	738181,3934	6963759,073	738178,941	6963757,546	-2,45236	-1,52662	2,88871
PA004	734739,8733	6963362,924	734738,764	6963362,642	-1,10934	-0,28172	1,14455
PA005	734615,1733	6963184,094	734614,136	6963183,406	-1,03729	-0,68777	1,24459
PA008	734063,1328	6961560,504	734062,815	6961561,139	-0,31780	0,63501	0,71009
PA009	733993,3928	6961414,714	733992,855	6961413,778	-0,53775	-0,93602	1,07950
PA010	733353,0024	6960200,674	733353,28	6960199,904	0,27761	-0,77026	0,81876
				Somatório	-25,74028	-27,33090	69,22376
				Média	-1,07251	-1,13879	2,88432
				Desvio padrão	2,08722	1,96513	1,44592
				Gama	-1,94610	-1,72563	0,50130
				Resultante			1,56433

# Verificação das bases cartográfica – Cálculo do Erro-SPU

Point	Resultante
PA-013	0,6983
PA_005	0,7070
PA-014	0,8015
PA-017	0,8391
PA_003	0,9428
PA_004	0,9605
PA_009	1,0861
PA023	1,3229
PA021	1,3938
PA025	1,5337
PA_018B	1,7377
PA_022B	1,7637
PA-016	1,8286
PA_024B	1,8559
PA-010	1,9176
PA_008	2,1646
PA026	2,3302
PA-011	2,5485 (PEC)
PA_012B	2,6547
PA_027B	3,7734

- De acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica Brasileiro (PEC) **90%** dos pontos bem definido em um mapa devem apresentar erro menor que a classe pré-estabelecida;
- Concluiu-se que a Base Cartográfica da SPU apresenta um erro de **2,55 m**;

Padrão de Exatidão Planimétrica Cartográfica (PEC)			
Escala	EQM (m)		
	Classe A	Classe B	Classe C
1:2.000	1,00	1,60	2,00

Não foi realizada verificação altimétrica



# Verificação das bases cartográfica – Cálculo do Erro-IPUF

POINT	Resultant
PA001	0,1603
PA008	0,3112
PA017	0,3232
PA011	0,3291
PA014	0,3977
PA028	0,4175
PA007	0,4278
PA016	0,5228
PA003	0,5687
PA006	0,6096
PA015	0,7162
PA005	0,7256
PA010	0,7295
PA009	0,9086
PA027	0,9324
PA026	0,9482
PA029	0,9729
PA019	1,0442
PA004	1,0484
PA012	1,0592
PA013	1,1147
PA002	1,2222
PA024	1,3666
PA021 (PEC)	<b>1,6322</b>
PA018	1,9600
PA020	2,0424

- A base cartográfica do IPUF é classificada como B
- O PEC é **1,6m**, que corresponde a 0,8mm na escala da carta (1:2.000)

Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)			
Escala	EQM (m)		
	Classe A	Classe B	Classe C
1:2.000	1,00	1,60	2,00
	0,5mm na escala da carta	0,8mm na escala da carta	1,0mm na escala da carta



# Definição da Linha de Costa

- **Linhas de costa pretéritas:** Fotografias aéreas e imagem de satélites disponíveis de 1957 a 2010.

19

**Tabela 4: Cálculo da resolução do pixel no terreno, conforme equação sugerida por Jensen (2009).**

Data	Região	Digitalização (em dpi)	Escala	Tamanho do pixel (m)
1938	Ilha de Santa Catarina	300	1:25.000	2,11
1957	Ilha e continente	600	1:25.000	1,06
1978	Ilha e continente	600	1:25.000	1,06
1994	Ilha de Santa Catarina	Mosaico <sup>1</sup>	Mosaico <sup>1</sup>	-
1995	Continente	600	1:12.500	0,53
1998	Ilha de Santa Catarina	400	1:15.000	0,95
2002	Ilha de Santa Catarina	600	1:8.000	0,34
2003	Continente	-	1:2.000	-
2006	Continente	-	1:2.000	-
2007	Ilha de Santa Catarina	600	1:8.000	0,34
2009	Continente	-	1:2.000	-
2010	Ilha de Santa Catarina	600	1:10.000	0,42

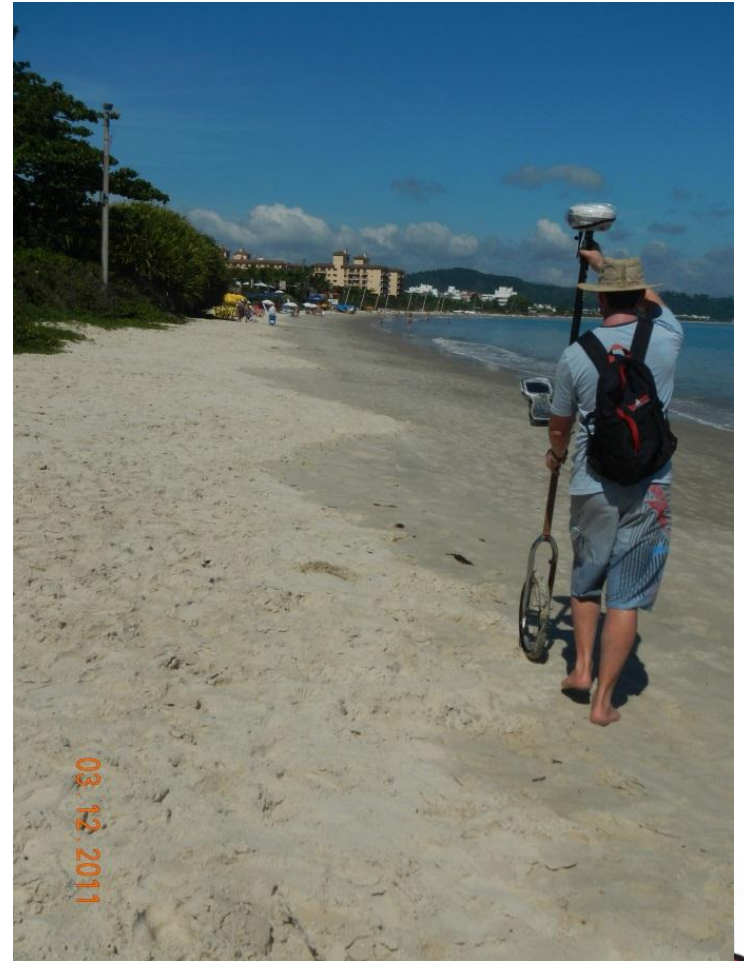
<sup>1</sup>Fotografias aéreas verticais unidas disponibilizadas pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis - IPUF





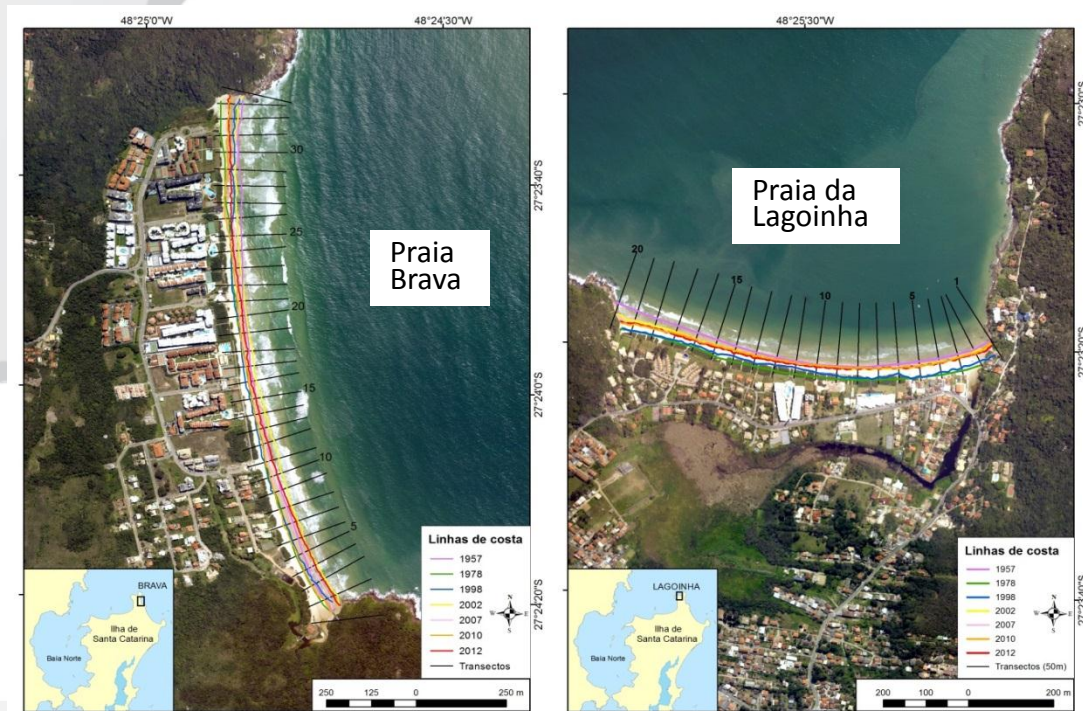
# Definição da Linha de Costa

- **Linha de costa Atual:**  
Obtida em campo (GPS-RTK em 2012).
- **Indicador:**  
Interface areia seca/ areia Molhada  
(Boak & Turner, 2005).



# Definição da Linha de Costa

- DSAS – *Digital Shoreline Analysis System 4.3*
- **Regressão Linear:** Uma taxa de variação em metros por ano, dando o mesmo peso para todas as linhas de costa pretéritas



# Definição da Linha de Costa

$$EQM = \sqrt{(X_{Foto} - X_{Base})^2 + (Y_{Foto} - Y_{Base})^2}$$

1,7308

Onde:

X<sub>Foto</sub> = Coordenada no eixo X obtida na fotografia aérea vertical;

X<sub>Base</sub> = Coordenada no eixo X obtida na base cartográfica;

Y<sub>Foto</sub> = Coordenada no eixo Y obtida na fotografia aérea vertical;

Y<sub>Base</sub> = Coordenada no eixo Y obtida na base cartográfica;

- Incerteza do método

$$i = \frac{(EQM_{95\%} + PEC)}{Anos}$$

Barra da Lagoa/Moçambique

$$i = \frac{(8,5 + 1,63)}{2012 - 1957} = \pm 0,18m/anos$$

EQM<sub>95%</sub> = Erro  
PEC = Erro d

Tabela 5: Erro Quadrático Médio e controle de precisão para cada conjunto de fotos para cada praia localizada na Ilha de Santa Catarina. Valores de EQM em metros.

Praia	Data	Erro (EQM) (m)	EQM <sub>95%</sub>
Barra da Lagoa	1957	4,4	7,6
	1978	4,9	8,5
	1998	3,7	6,4
	2002	2,8	5,0
	2007	1,7	3,0
Moçambique	1957	4,2	7,2
	1978	1,9	3,3

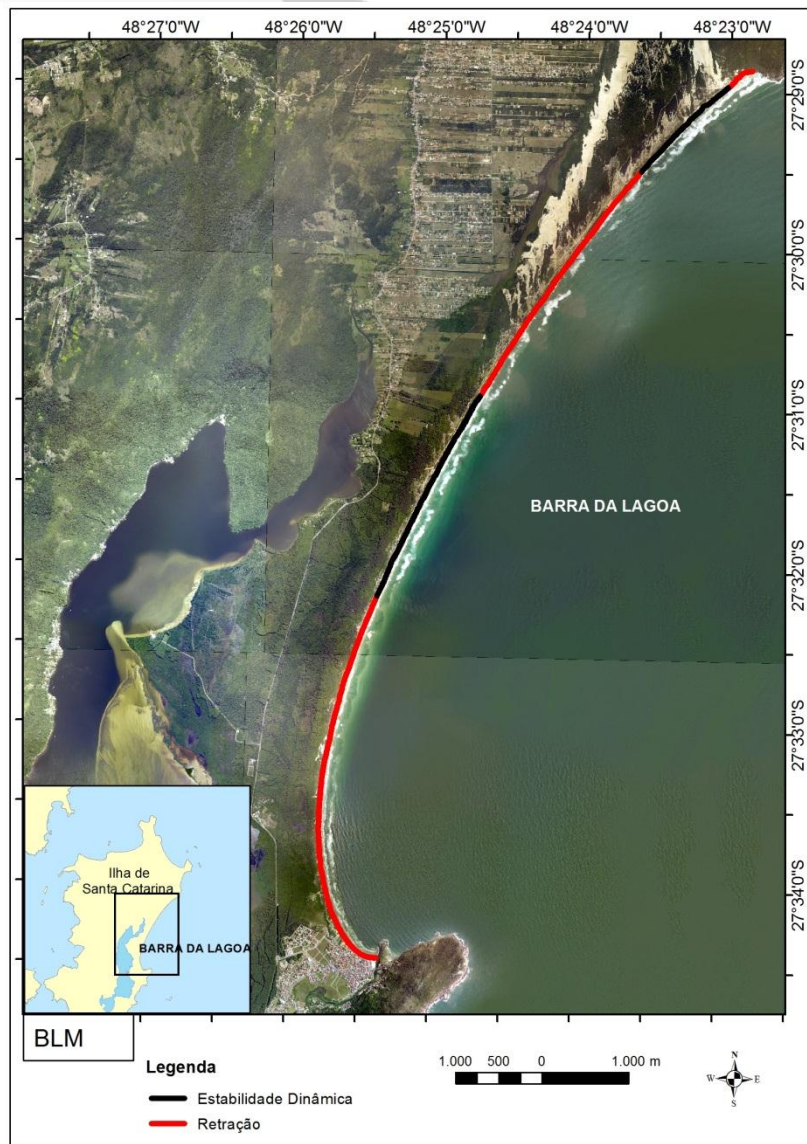
- As porç  
erro for  
líquido da linha de costa e próximo de zero,

baixo do  
vimento

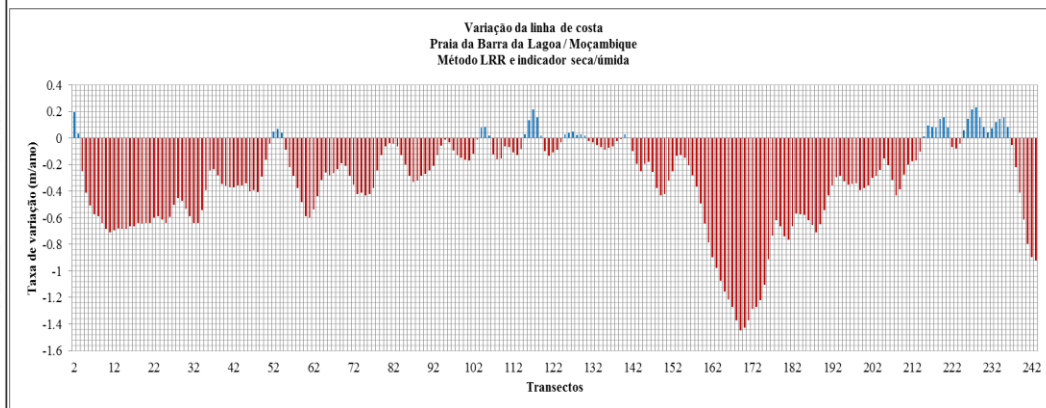




# Taxa de evolução costeira



## Barra da Lagoa/Moçambique



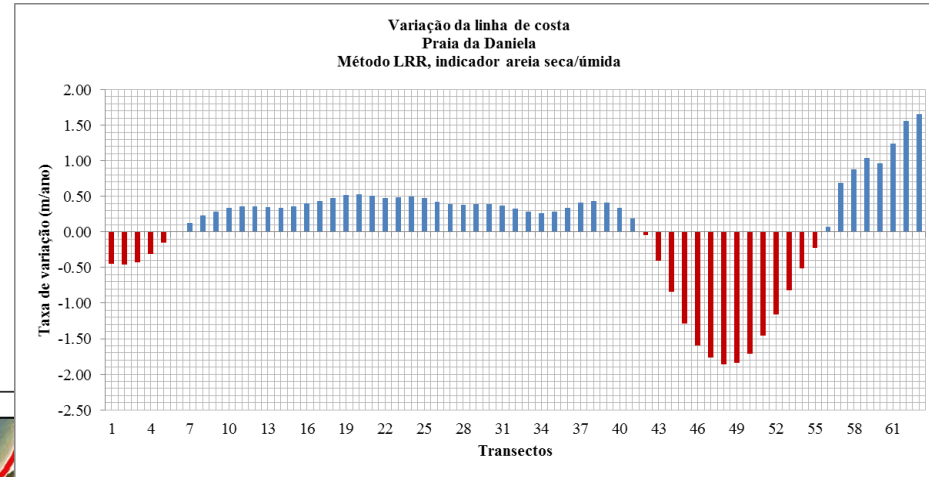
- Taxa Média:  $-0,32\text{m/ano}$
- Incerteza:  $\pm 0,18\text{m/ano}$
- Estabilidade: 33%
- Erosão: 77%





# Taxa de evolução costeira

Daniela



- Taxa média : +0,06m/ano
- Incerteza:  $\pm 0,06$ m/ano
- Estabilidade Dinâmica: 3%
- Erosão: 28%
- Acreção: 69%



# Projeções – Linhas de Costas Futuras (Estático)

- Exemplo de linhas de costas futuras





# Projeções – Linhas de Costas Futuras (Estático)

- Exemplo de linhas de costas futuras



# Desafios a serem vencidos

---

## BASE DE DADOS

- Linha de Costa
- **MDT (Modelo Digital de Terreno)**  
**Batimetria + Topografia ( *Datum* )**
- Hidrodinâmica  
MA+MM+ONDA (*Run-up e Set up*) + VNM  
(*Datum*)





# Batimetria e Topografia

## Batimetria

Cartas  
Náuticas

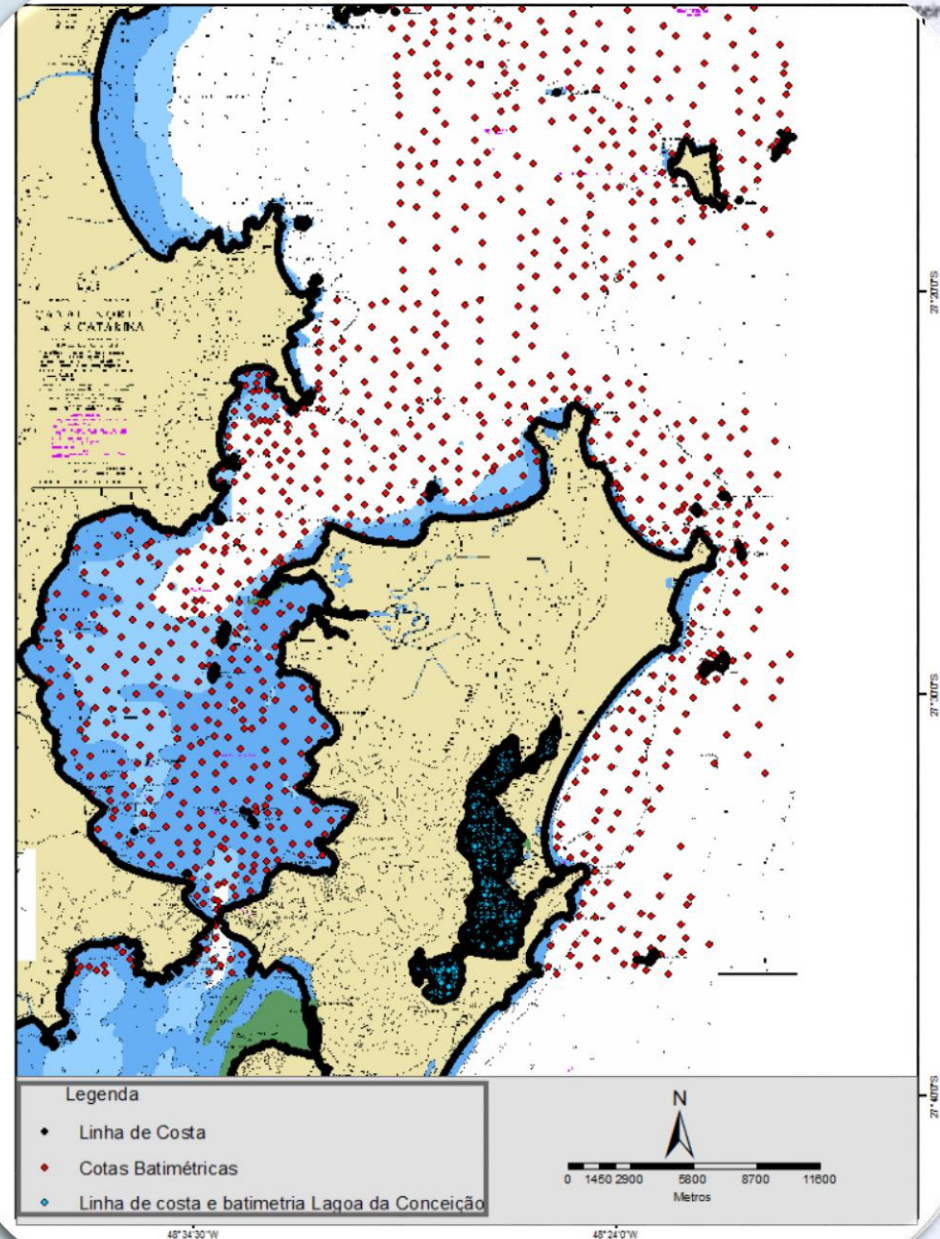
Folhas de  
Bordo

## Topografia e Linha de Costa

SPU

IPUF

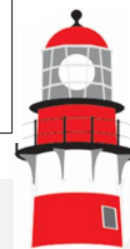
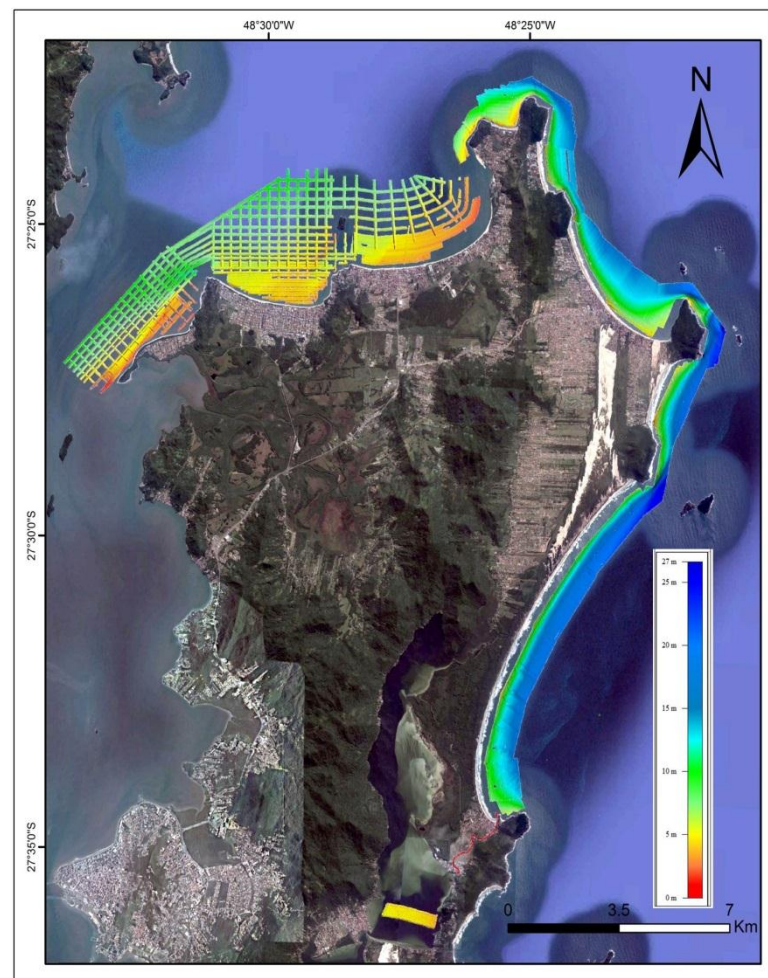
EPAGRI



# Batimetria (0 e 15 m)

## ■ Batimetria de detalhe e sonografia

- 865 Km de sondagem multifeixe
- 4 meses de levantamento em campo
- + 1 ano de tratamento dos dados



# Batimetria (0 e 15 m) (*Datum Vertical*)

- Maré Semidiurna Pura:

$$Z0 = (H(M2) + H(S2) + H(N2) + H(K2))$$

- Maré Semidiurna com Desigualdade:

$$Z0 = (H(M2) + H(S2) + 0,7[H(K1) + H(O1)] \times |\sin \{G(M2) - [G(K1) - G(O1)]/2\}|)$$

- Maré Mista:

$$Z0 = (H(M2) + H(S2) + H(K1) + H(O1))$$

- Maré Diurna:

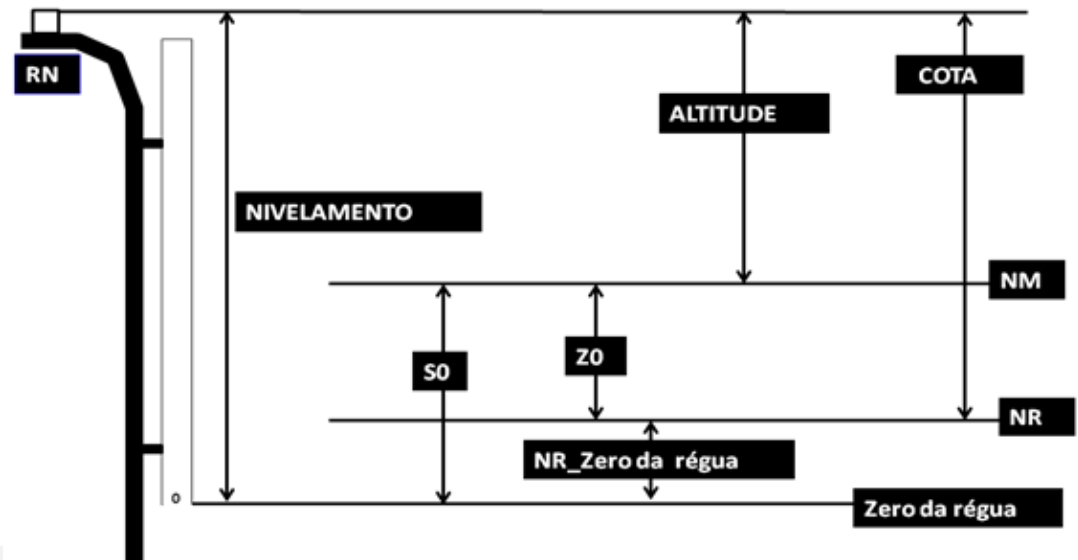
$$Z0 = (H(M2) + H(S2) + H(N2) + H(K1) + H(O1) + H(P1))$$

• Cálculos a partir do Z0:

$$\text{Altitude} = \text{Nivelamento} - S0$$

$$\text{Cota} = \text{Altitude} + Z0$$

$$\text{NR\_Zero da Régua (Fator de redução)} = \text{Nivelamento} - \text{Cota}$$





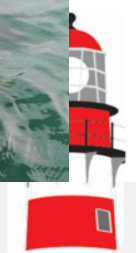
# Batimetria (0 e 15 m)

- Nivelamento trigonométrico e instalação de três marcos de referencial de nível para perpetuar as estações maregráficas.





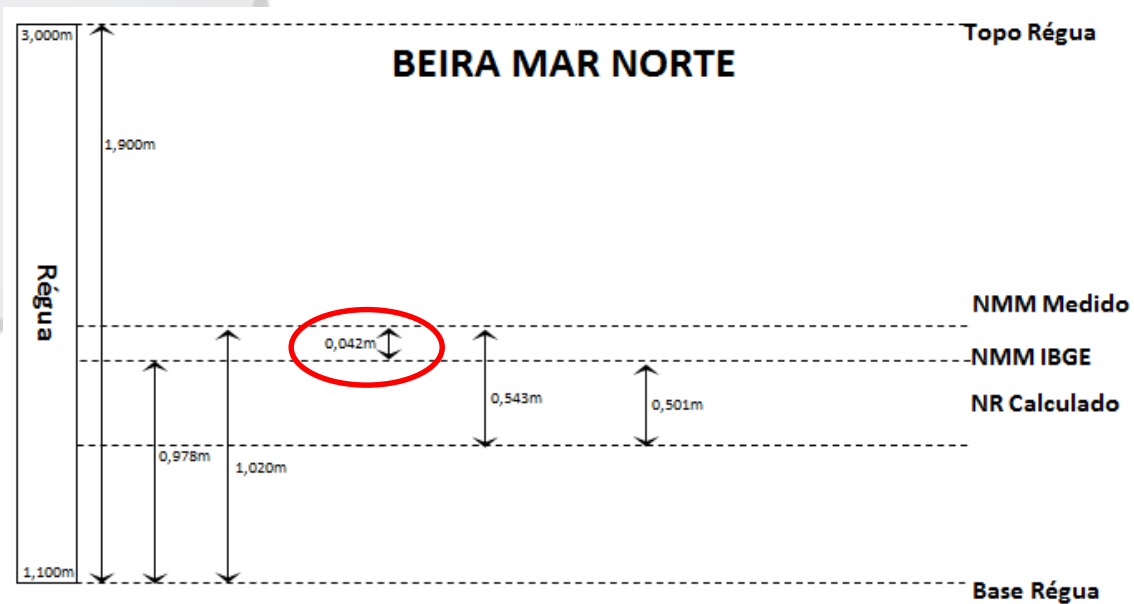
# Batimetria (0 e 15 m)



# Batimetria (0 e 15 m)

- Diferença entre o NMM Medido e NMM IBGE = 0,04m
- Última medição no local 1960 DHN

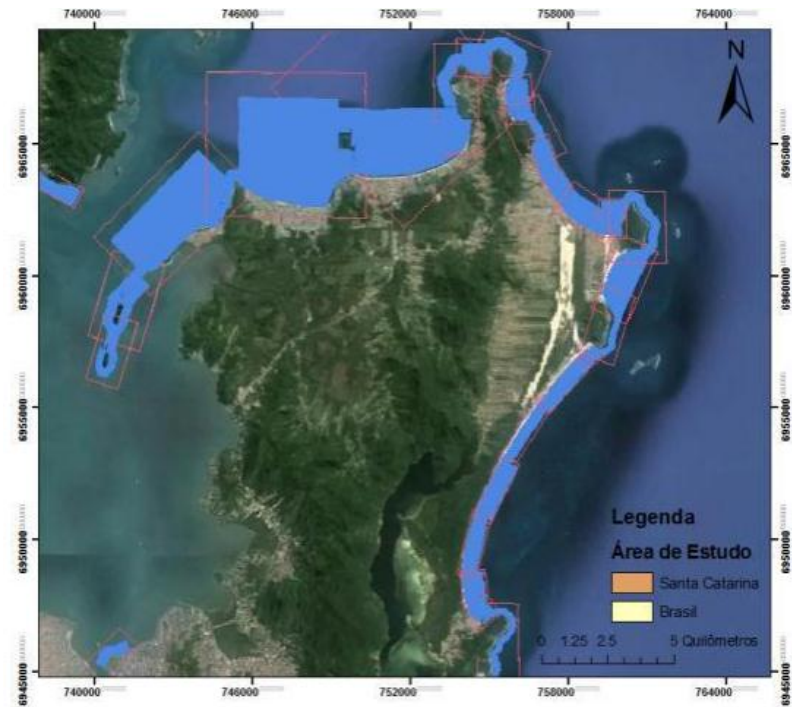
0,04m em 54 anos = 0,08 mm/ano



# Batimetria (0 e 15 m)

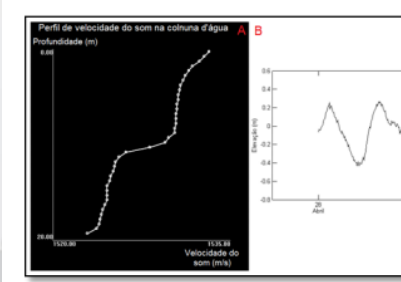
- Batimetria de detalhe e Sonográfica
  - Planejamento

ABERTURA TOTAL DE 120°				
				Classe B
				ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS
Prof.	Tang 60	50%	100%	90%
1	1.73	1.73	3.46	3.1
2	1.73	3.46	6.92	6.2
3	1.73	5.19	10.38	9.3
4	1.73	6.92	13.84	12.5
5	1.73	8.65	17.3	15.6
6	1.73	10.38	20.76	18.7
7	1.73	12.11	24.22	21.8
8	1.73	13.84	27.68	24.9
9	1.73	15.57	31.14	28.0
10	1.73	17.3	34.6	31.1
11	1.73	19.03	38.06	34.3

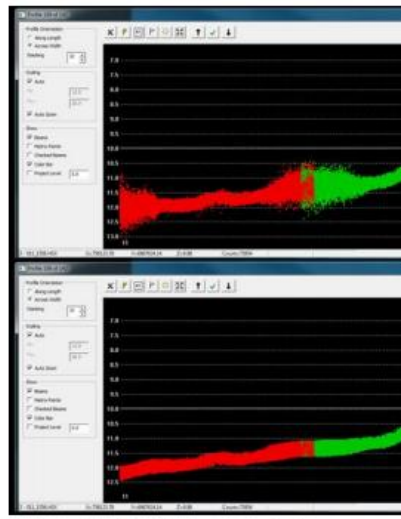


# Batimetria (0 e 15 m)

- Batimetria de detalhe
  - Processamento

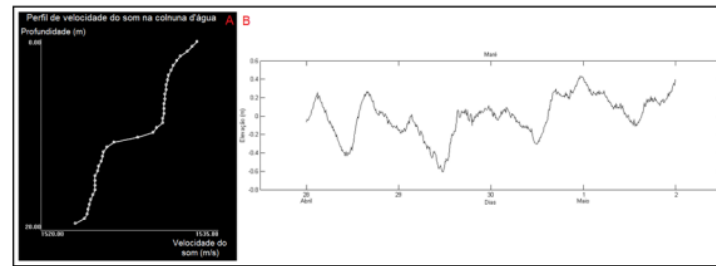


Perfil de velocidade

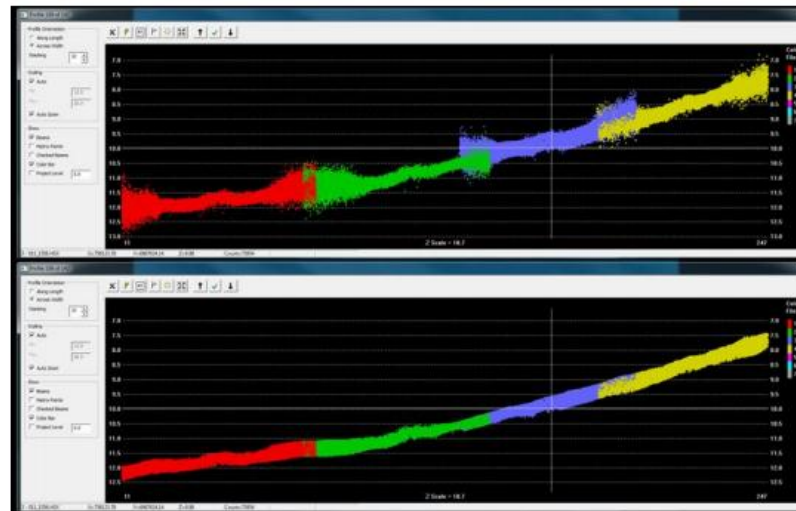


Eliminação de

- Batimetria de detalhe
  - Processamento



## Perfil de velocidade do som na água

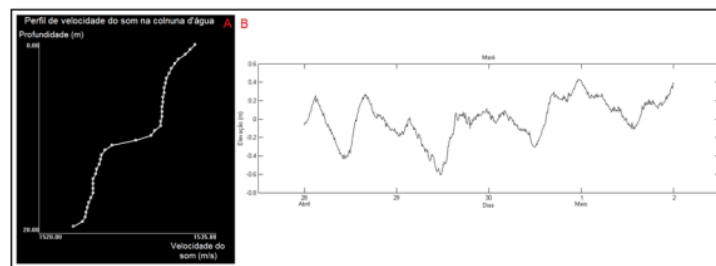


## Eliminação de dados espúrios.

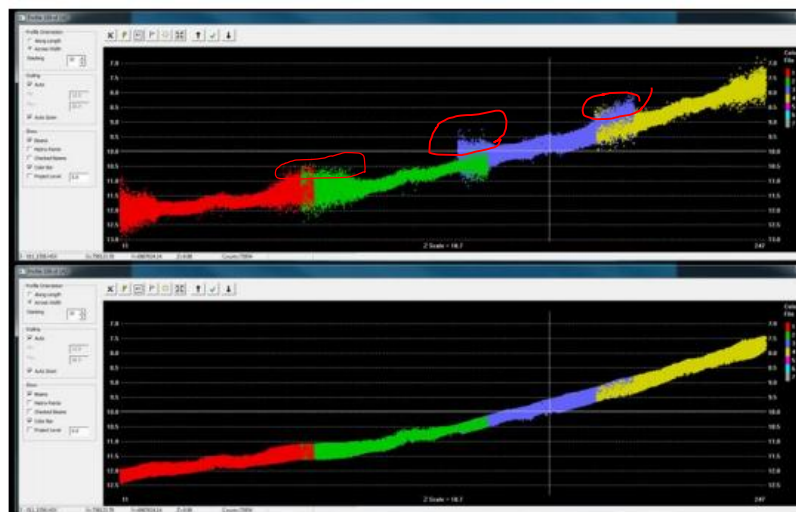


# Batimetria (0 e 15 m)

- Batimetria de detalhe
  - Processamento



Perfil de velocidade do som na água



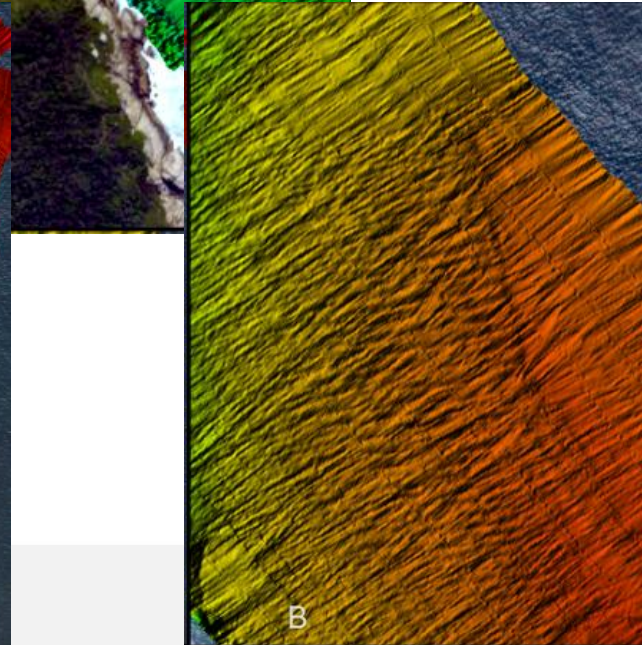
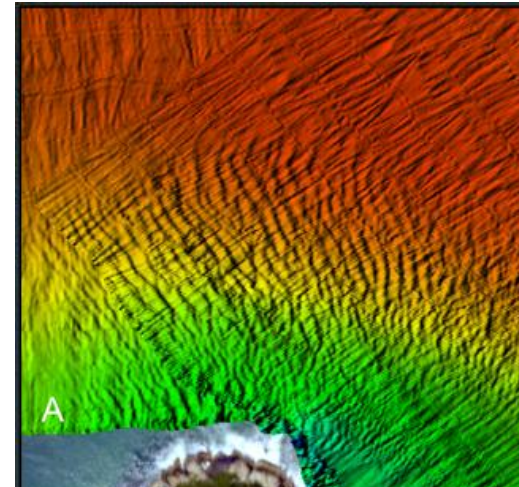
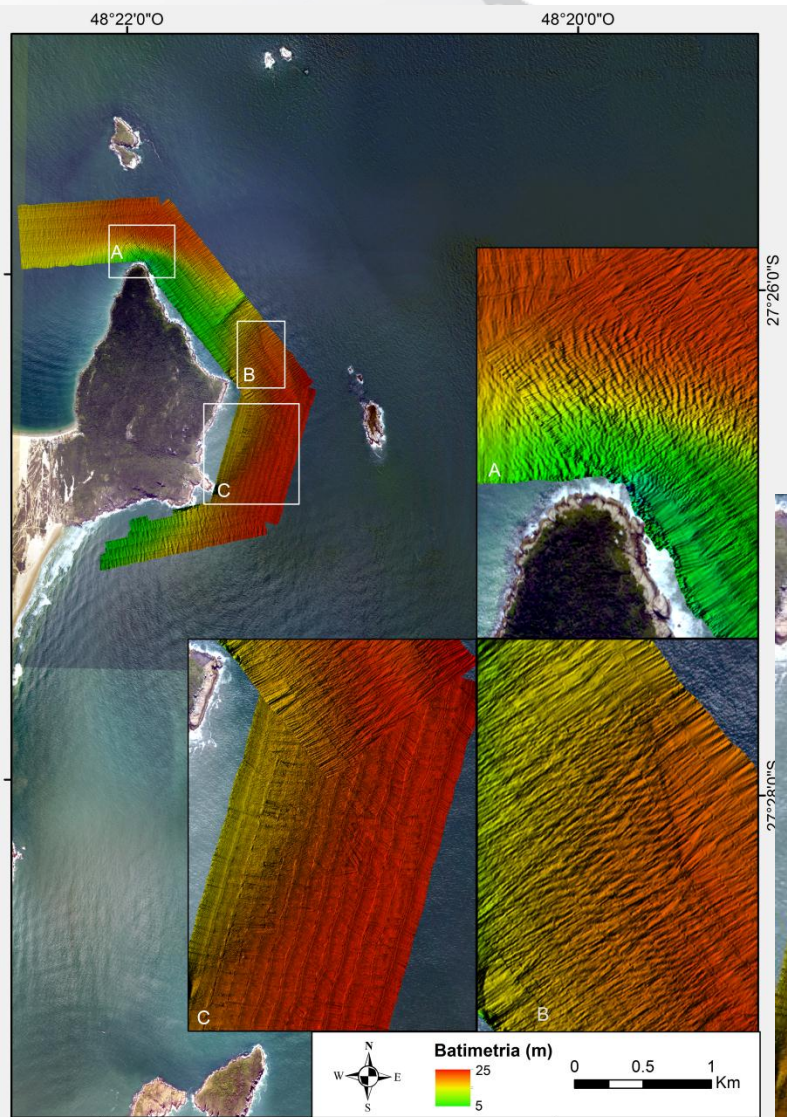
Eliminação de dados espúrios.





# Batimetria (0 e 15 m)

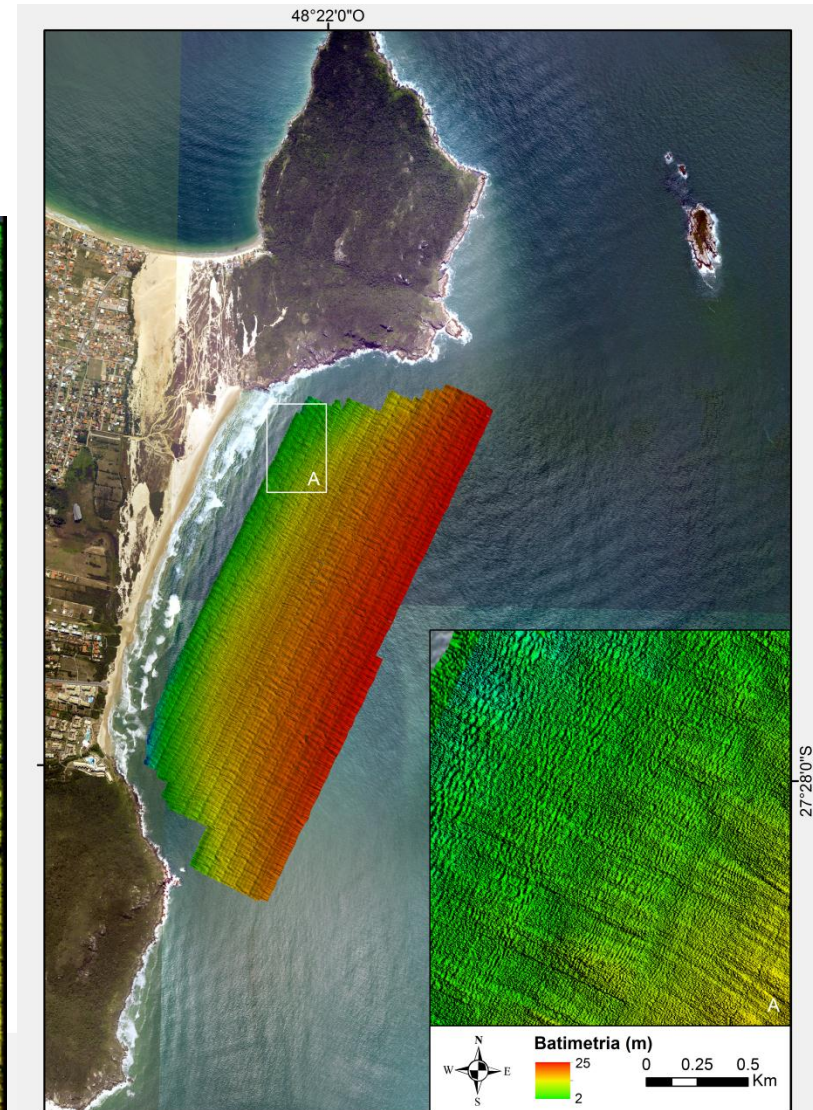
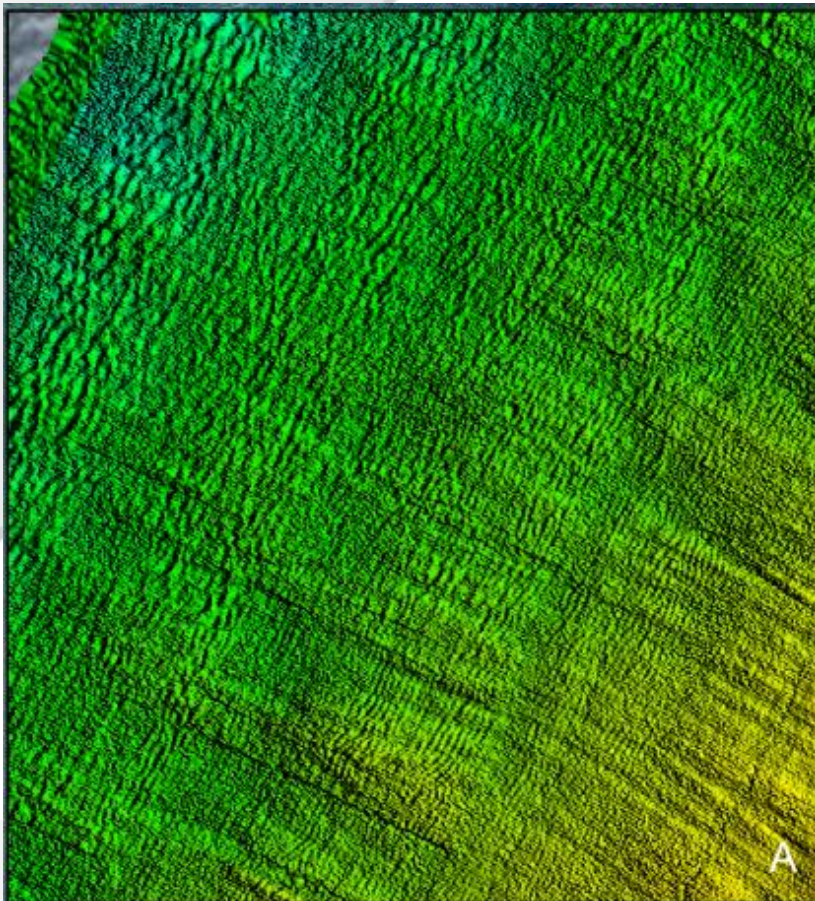
- Batimetria de detalhe e Sonográfica





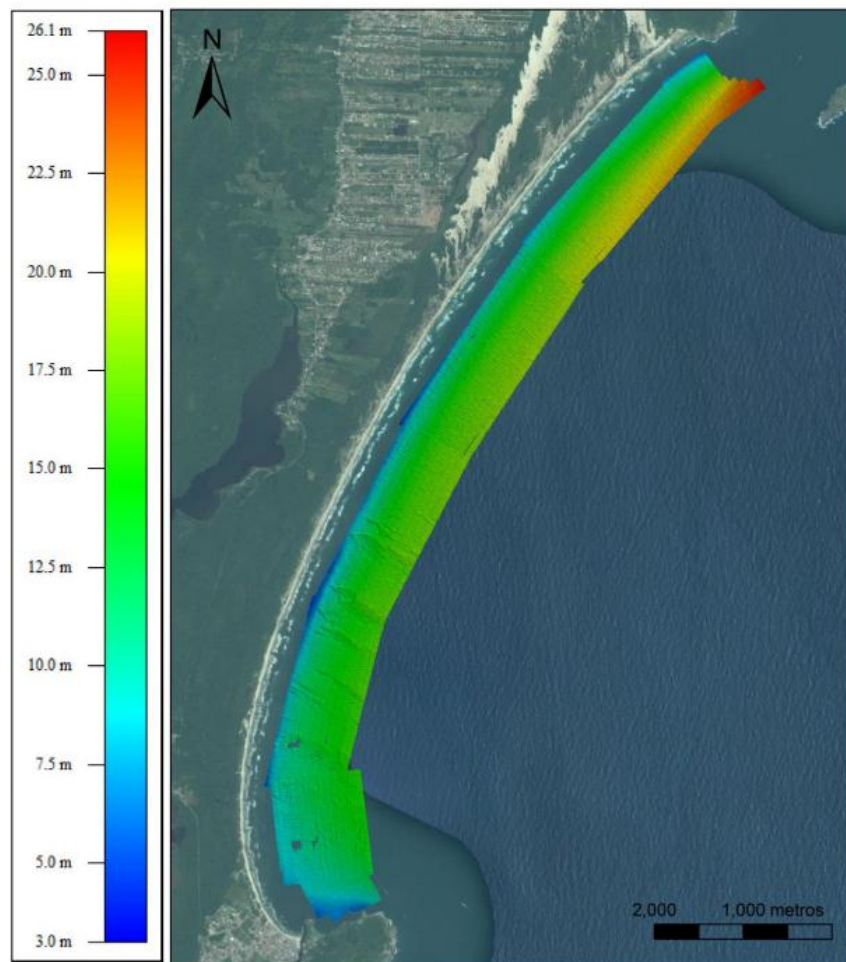
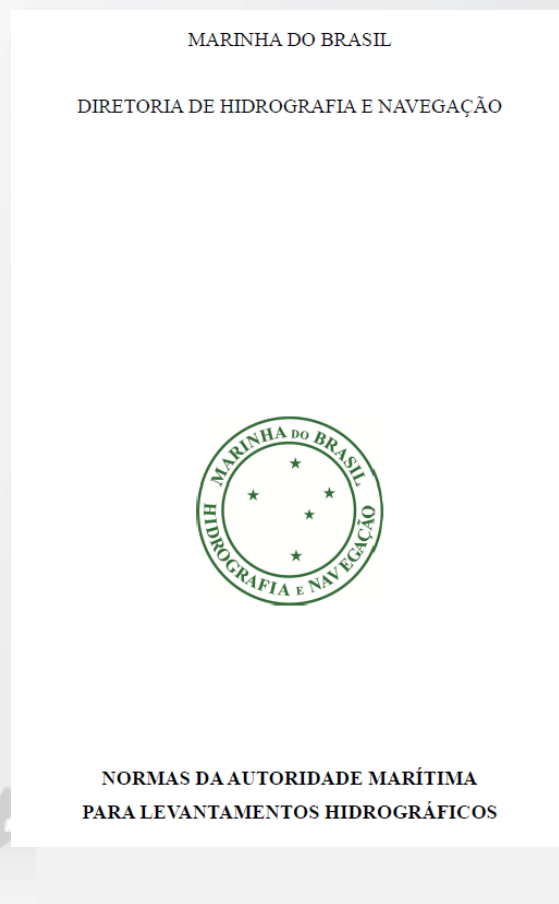
# Batimetria (0 e 15 m)

- Batimetria de detalhe e Sonográfica



# Batimetria (0 e 15 m)

- Batimetria de detalhe
- Erro Posicionamento (5m) e Profundidade(40cm)
- NORMAM 25



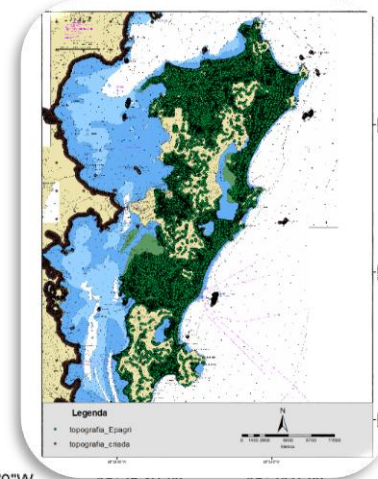
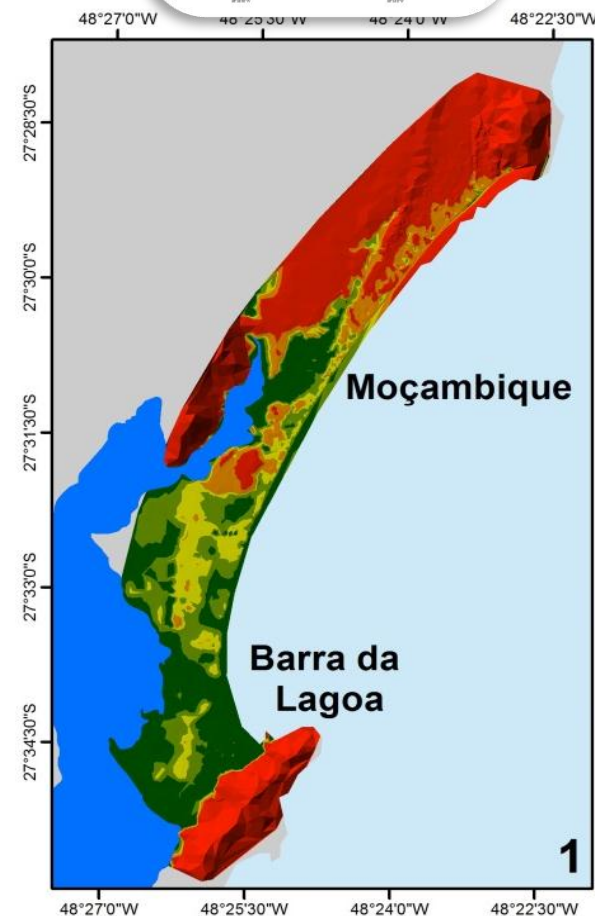
Batimetria da Barra da Lagoa





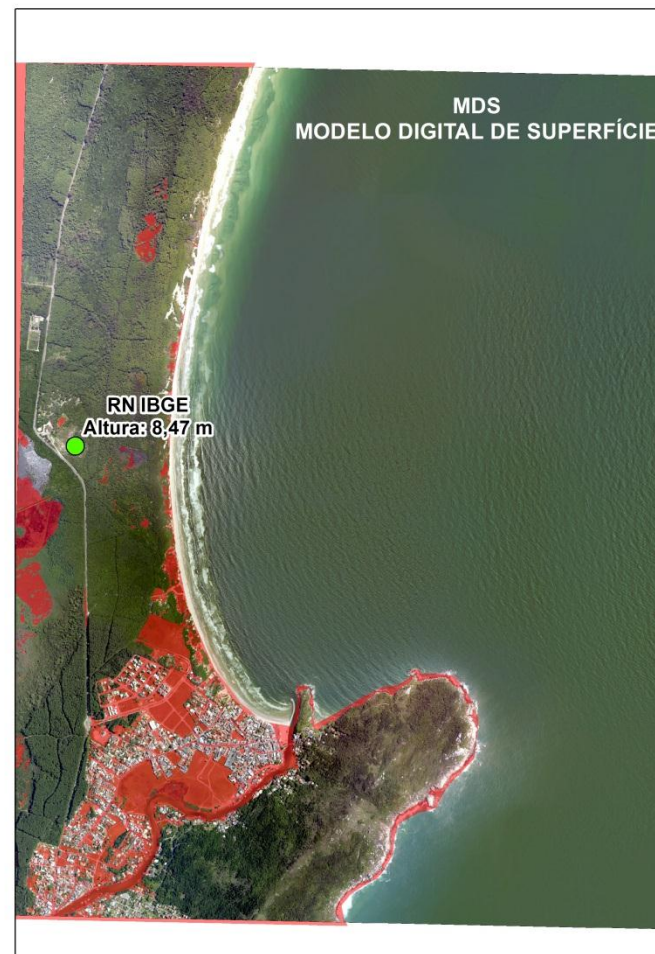
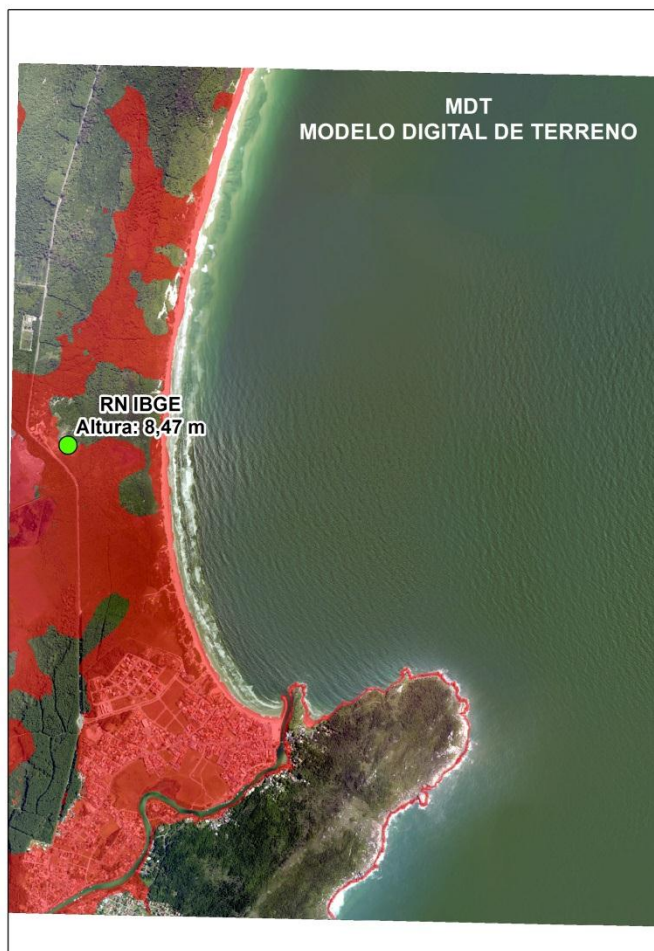
# Topografia

- Os valores de cota de inundação são comparados com valores de elevação do Modelo Digital do Terreno disponibilizado pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS).
- Exatidão Vertical do **MDT** < 1m;
- Áreas com elevação menor que a CI foram consideradas expostas a inundação.



# Topografia

Problema de inconsistência dos dados de altimetria fornecidos pela SDS-SC





# Topografia

Problema de inconsistência dos dados de altimetria fornecidos pela SDS-SC



# Topografia

Problema de inconsistência dos dados de altimetria fornecidos pela SDS-SC





# Topografia

Problema de inconsistência dos dados de altimetria fornecidos pela SDS-SC



**ATENÇÃO**  
**RUGOSIDADE E INFILTRAÇÃO (POSIÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO)**  
**PRECIPITAÇÃO**



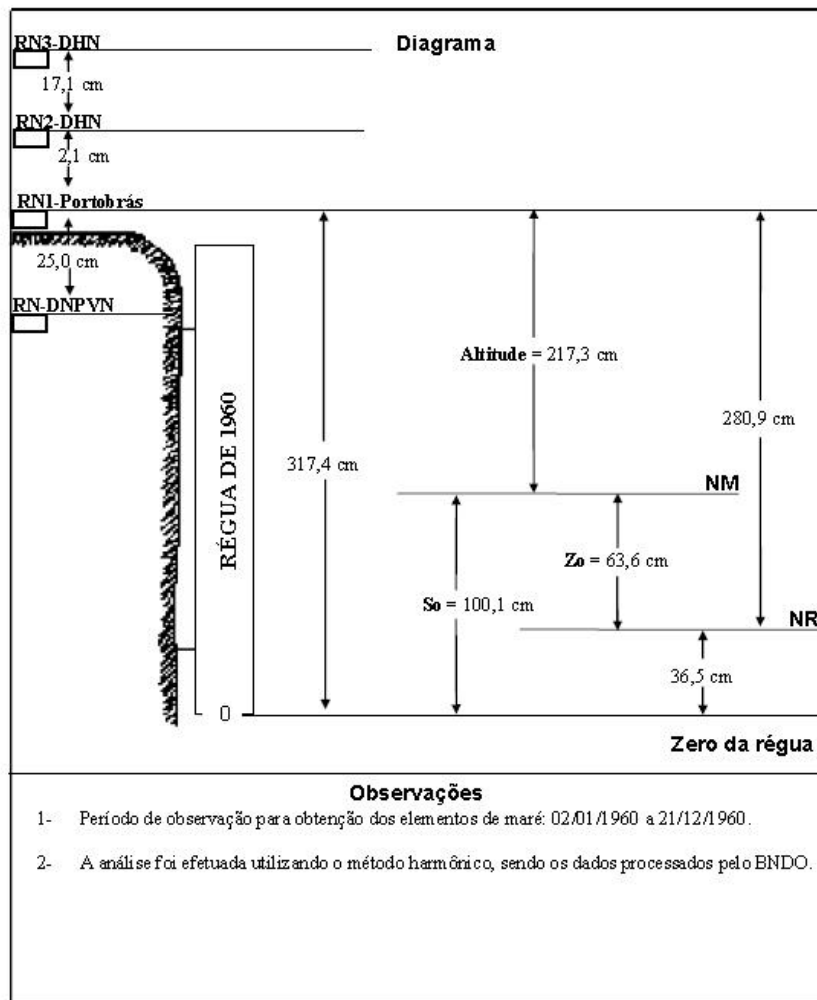
# Datum Vertical

- Problema:
- Os dados de batimetria estão amarrados ao Datum Vertical da DHN, enquanto que os dados topográficos estão amarrados ao Datum vertical do IBGE,
- Como compatibilizar os dados altimétricos da DHN e do IBGE?







# Datum Vertical



# Datum Vertical

CONSÓRCIO  MONOGRAFIA DE MARCO	
NOME DA ESTAÇÃO: DS-10	CONTRATO Nº 0585/SMR/2006
DADOS DE LOCALIZAÇÃO	DATUM HORIZONTAL: SAD-69 (AJUSTAMENTO ANTERIOR A SETEMBRO/1996) COORDENADAS UTM – MC 51° WG <sub>r</sub> N: 6.946.145,823 m      E: 741.204,732 m  DATUM VERTICAL: Marégrafo de Imbituba ALTITUDE AJUSTAMENTO IBGE 1980: 2,884 m ALTITUDE AJUSTAMENTO IBGE 1997: 3,0489 m
PROCESSO DE DETERMINAÇÃO: • COORDENADAS (N e E): Através de Posicionamento Global por Satélite (GPS) • ALTITUDE (H): Através de Nivelamento Geométrico	
DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO: Marco de concreto em formato tronco piramidal nas dimensões: 0,10m x 0,15m x 0,50m encimado com chapa metálica contendo a inscrição DS-10.	
CROQUI	LOCALIZAÇÃO
	O marco está localizado no Bairro Centro, na Avenida Osvaldo Rodrigues Cabral (Beira Mar Norte) próximo ao "Trapiche", materializado ao lado do Monumento à Paz.
SINAL VISÍVEL:	

CONSÓRCIO  MONOGRAFIA DE MARCO	
NOME DA ESTAÇÃO: DS-10	CONTRATO Nº 0585/SMR/2006
DADOS DE LOCALIZAÇÃO	DATUM HORIZONTAL: SAD-69 (AJUSTAMENTO ANTERIOR A SETEMBRO/1996) COORDENADAS UTM – MC 51° WG <sub>r</sub> N: 6.946.145,823 m      E: 741.204,732 m  DATUM VERTICAL: Marégrafo de Imbituba ALTITUDE AJUSTAMENTO IBGE 1980: 2,884 m ALTITUDE AJUSTAMENTO IBGE 1997: 3,0489 m
PROCESSO DE DETERMINAÇÃO: • COORDENADAS (N e E): Através de Posicionamento Global por Satélite (GPS) • ALTITUDE (H): Através de Nivelamento Geométrico	
DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO: Marco de concreto em formato tronco piramidal nas dimensões: 0,10m x 0,15m x 0,50m encimado com chapa metálica contendo a inscrição DS-10.	

Estação Geodésica DS-10





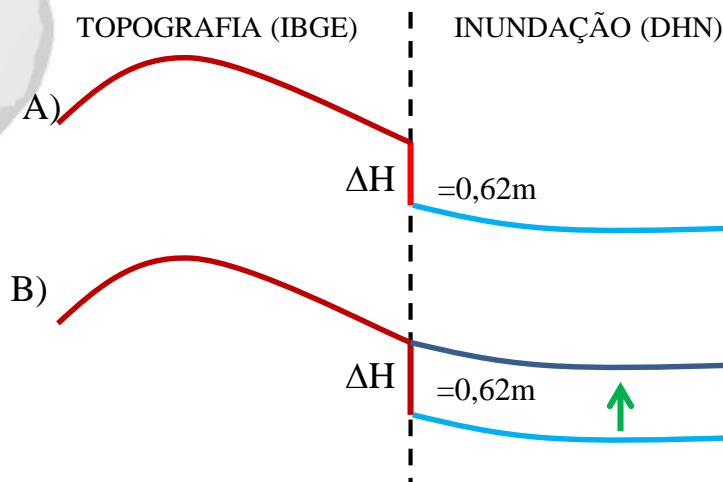
# Datum Vertical



# Datum Vertical

## Datum Vertical

Nível 0 DHN  $\neq$  Nível 0 IBGE



Representação da correção realizada nos dados de inundação,

- O valor de  $\Delta H$  obtido foi de 0,62m, Isto significa que o *datum* do IBGE está aproximadamente 0,62m acima do *datum* da DHN;
- De forma a aproximar os valores de elevação de terreno utilizados neste trabalho, o valor de  $\Delta H$  foi somado dos valores das cotas de inundação calculadas,





# Desafios a serem vencidos

---

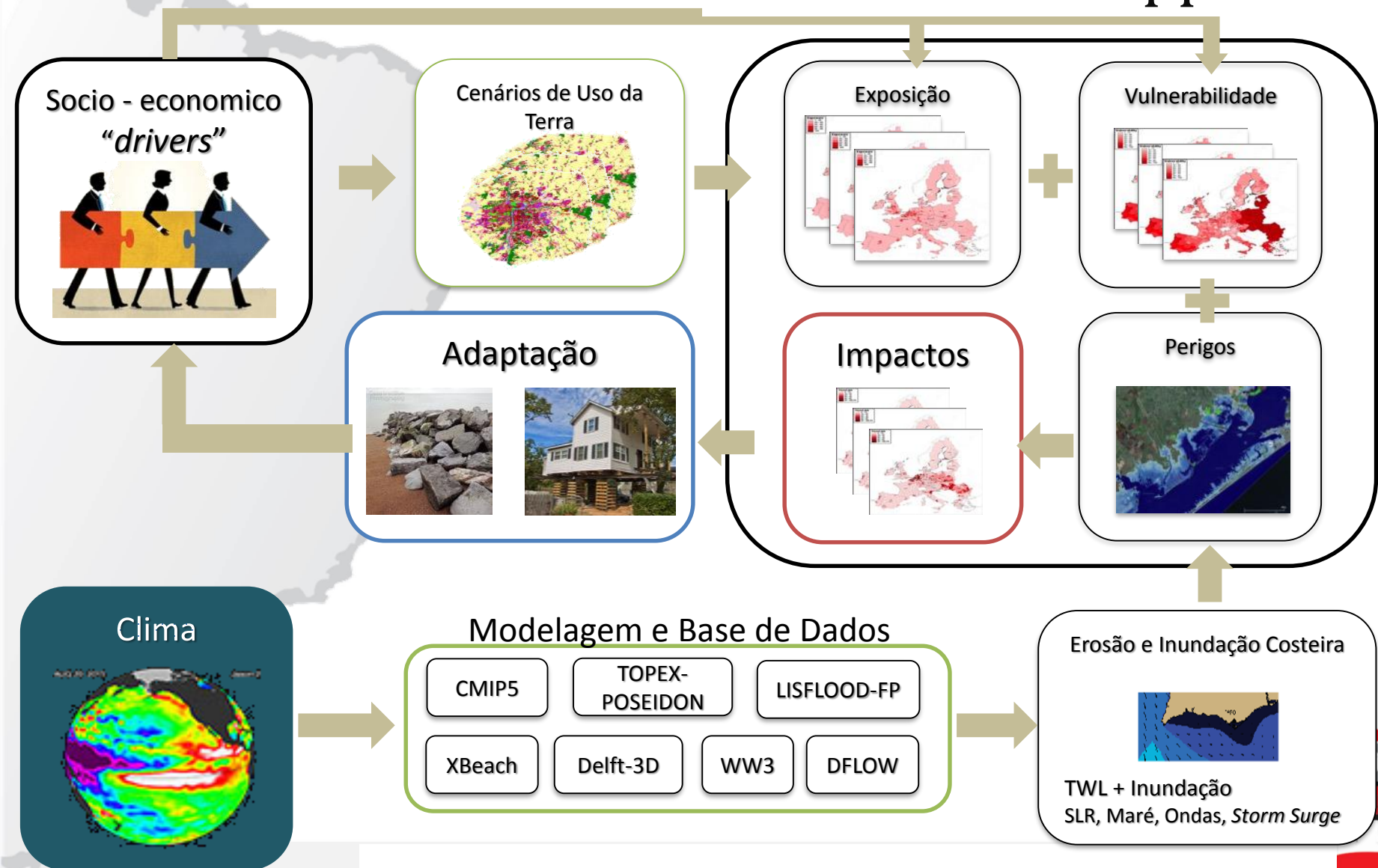
## BASE DE DADOS

- Linha de Costa
- MDT (Modelo Digital de Terreno)  
Batimetria + Topografia ( *Datum* )
- **Hidrodinâmica**  
**MA+MM+ONDA (Run-up e Set up) + VNM**  
**(*Datum*)**



# Desafios a serem vencidos

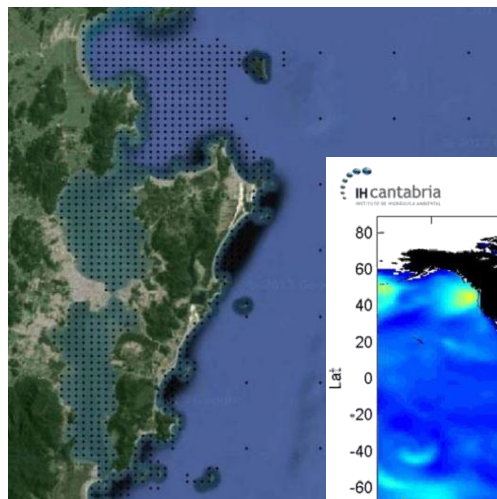
## The LISCoAsT approach



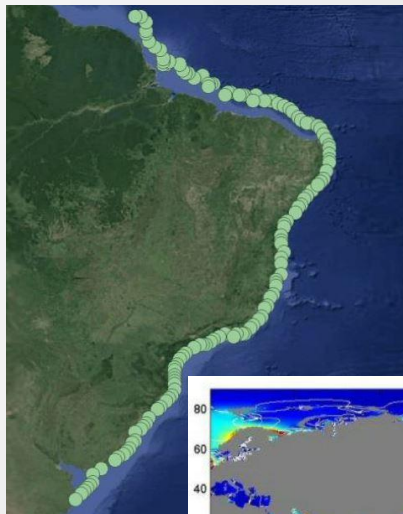
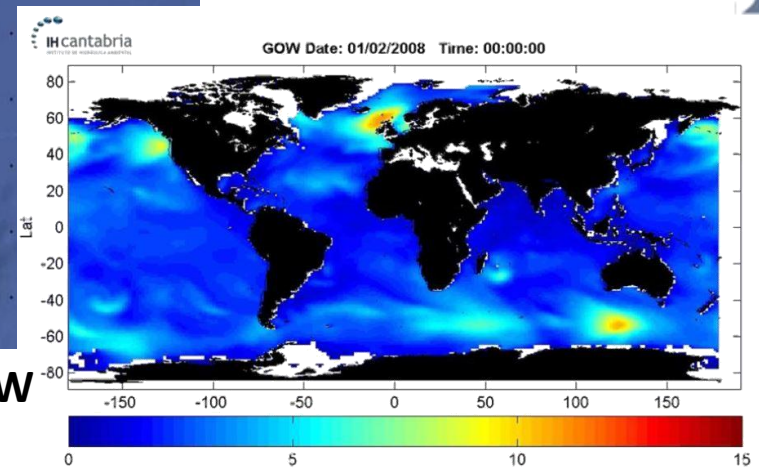
# Base de Dados(60 anos retroanálise – 1948 to 2008) (1979-2010)

- ❖ Ondas
- ❖ Maré Astronomica
- ❖ Maré Meteorologica

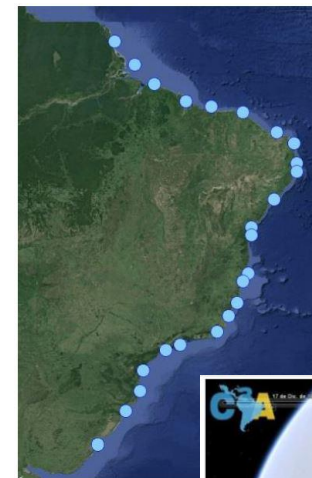
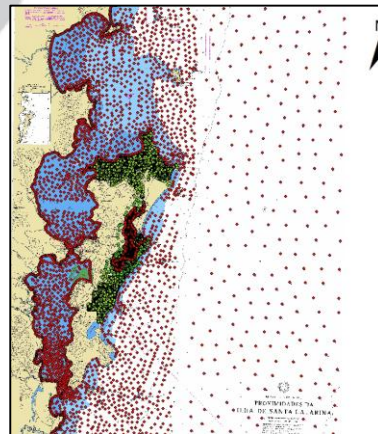
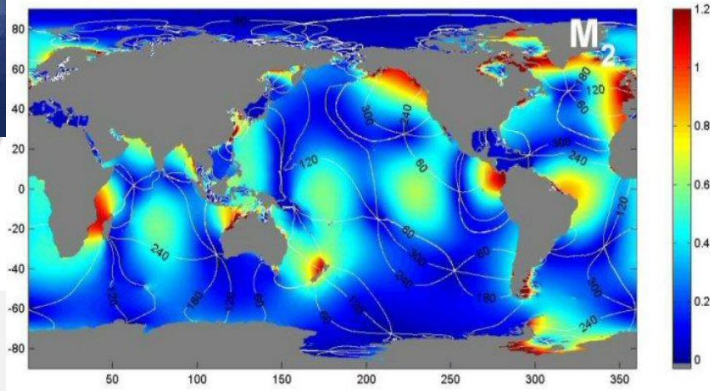
# SMCBrasil



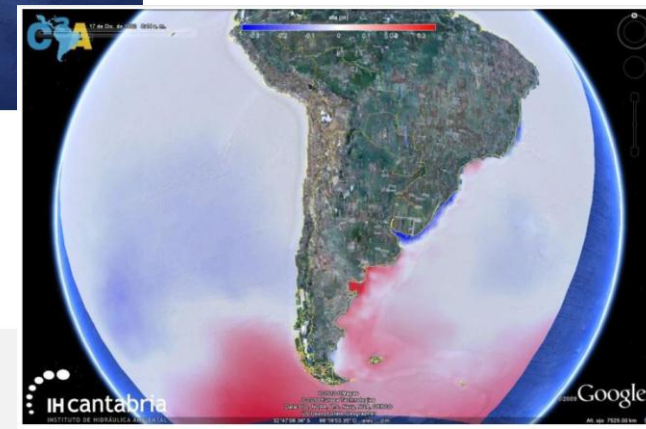
GOW - DOW



GOT



GOS



# Base de Dados Hidrodinâmica

---

- DA BASE DE DADOS

**SMC Brasil** - GOT (*Global Ocean Tides*)  
- GOS (*Global Ocean Surge*)  
- DOW (*Dowscaled Ocean Waves*)

Séries:

- 60 anos (1948 – 2008) (1979-2010)
- Resolução temporal (1h)

IH Cantabria





# Base de Dados Hidrodinâmica

---

- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

**SMC Brasil** - **GOT** (*Global Ocean Tides*)  
- GOS (*Global Ocean Surge*)  
- DOW (*Dowscaled Ocean Waves*)

Séries:

- 60 anos (1948 – 2008)
- Resolução temporal (1h)

IH Cantabria



# Base de Dados Hidrodinâmica

- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

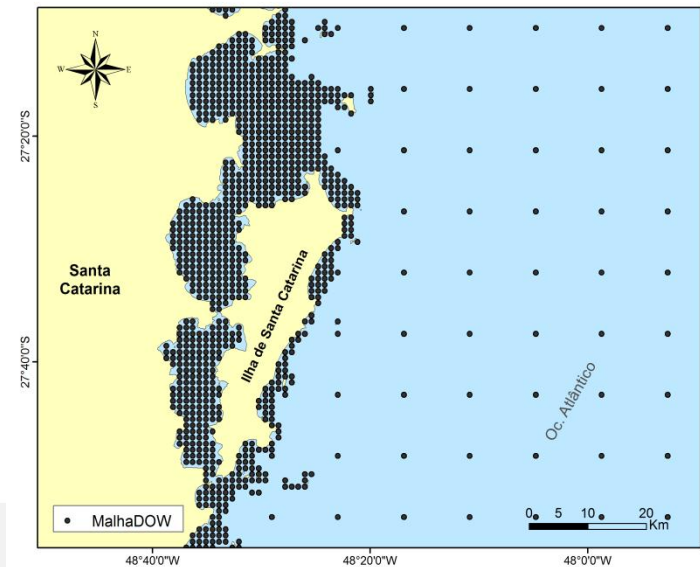
**SMC Brasil** - GOT (*Global Ocean Tides*)  
- GOS (*Global Ocean Surge*)  
- **DOW** (*Dowscaled Ocean Waves*)

Séries:

- 60 anos (1948 – 2008)
- Resolução temporal (1h)

**Validação realizada neste trabalho: DOW - SC**

IH Cantabria



# Base de Dados Hidrodinâmica

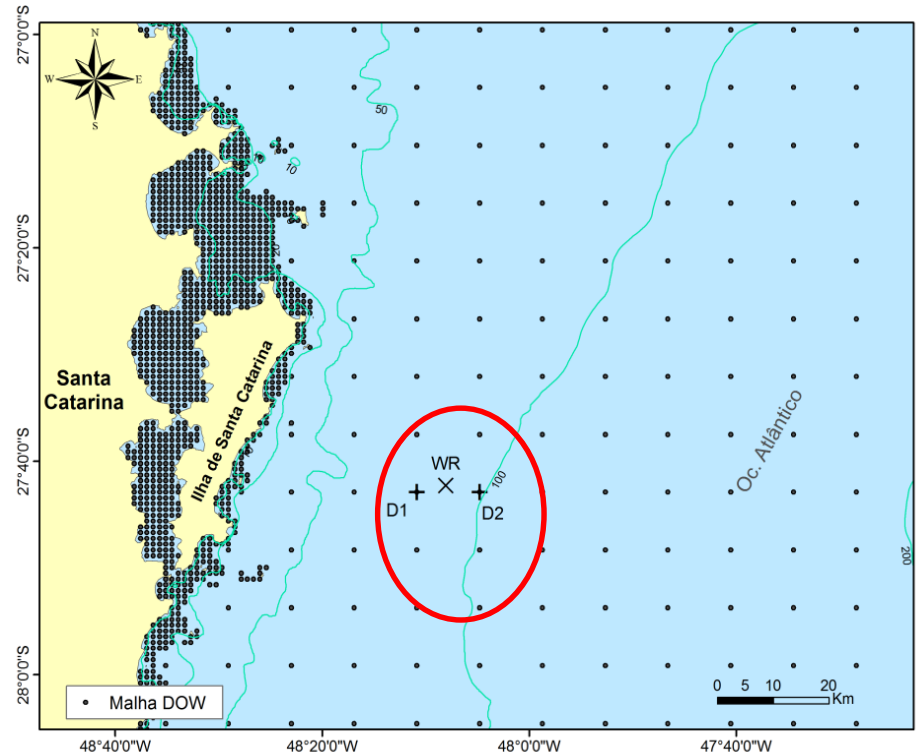
- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

## Dados Medidos (WR):

- 35Km da costa
- 80m profundidade
- LaHiMar (UFSC)
- mai/2004 a jul/2004
- Out/2004 a mai/2005
- N = 5435

## Dados Reanálise (DOW – D1 e D2):

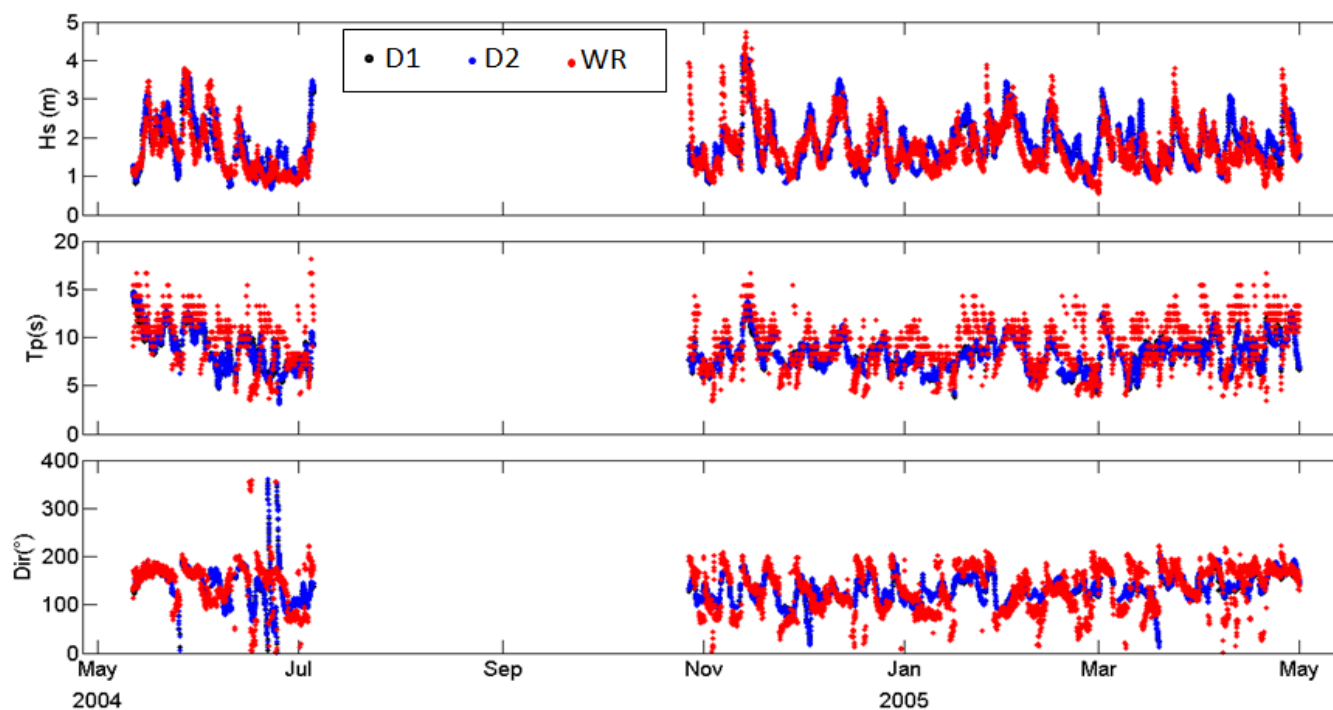
- 2 pontos mais próximos a WR



# Base de Dados Hidrodinâmica

- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

## Resultados





# Base de Dados Hidrodinâmica

- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

## Resultados

Hs e Tp:

Estatística descritiva básica:

	D1			D2			WR		
	Média	Desv. Pad.	Moda	Média	Desv. Pad.	Moda	Média	Desv. Pad.	Moda
<b>Hs (m)</b>	1,79	0,61	1,73	1,84	0,64	1,79	1,73	0,62	1,29
<b>Tp (s)</b>	8,35	1,75	8,07	8,38	1,8	7,48	9,44	2,41	7,50



# Base de Dados Hidrodinâmica

- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

## Resultados

Hs e Tp:

Estatística descritiva básica:

	D1			D2			WR		
	Média	Desv. Pad.	Moda	Média	Desv. Pad.	Moda	Média	Desv. Pad.	Moda
Hs (m)	1,79	0,61	1,73	1,84	0,64	1,79	1,73	0,62	1,29
Tp (s)	8,35	1,75	8,07	8,38	1,8	7,48	9,44	2,41	7,50



# Base de Dados Hidrodinâmica

## • VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

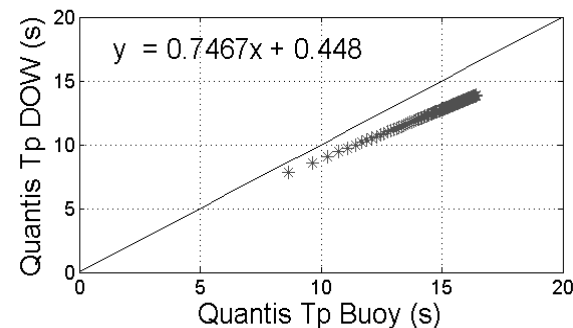
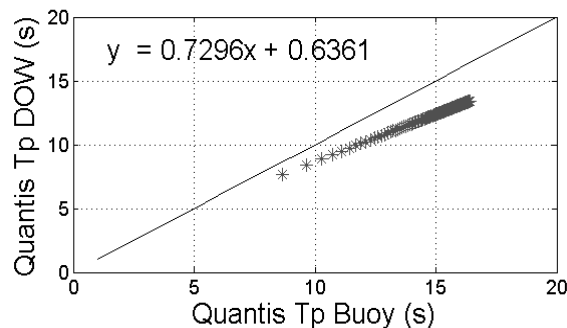
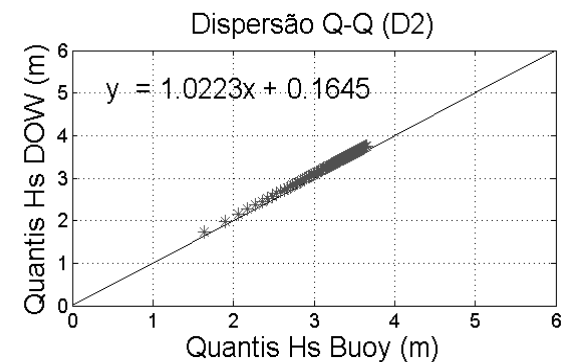
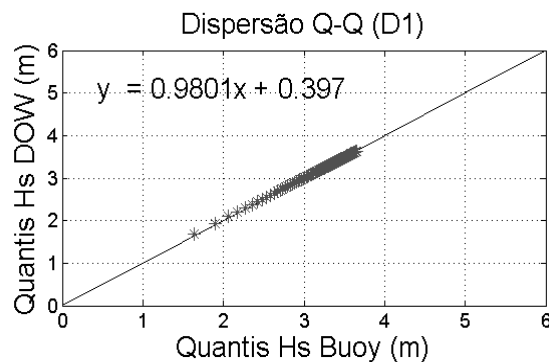
### Resultados

Hs e Tp:

Dispersão quantil-quantil

- Leve superestimação de Hs
- Subestimação Tp

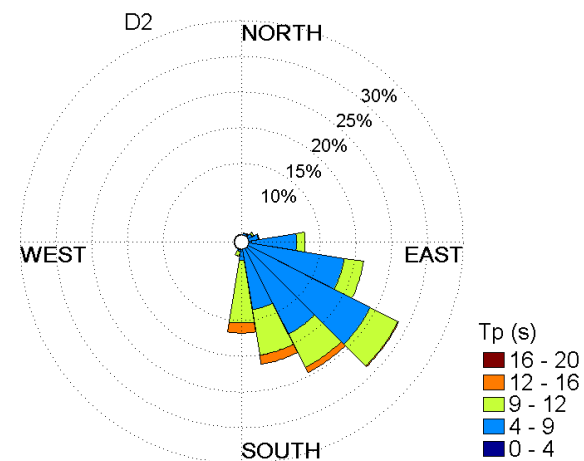
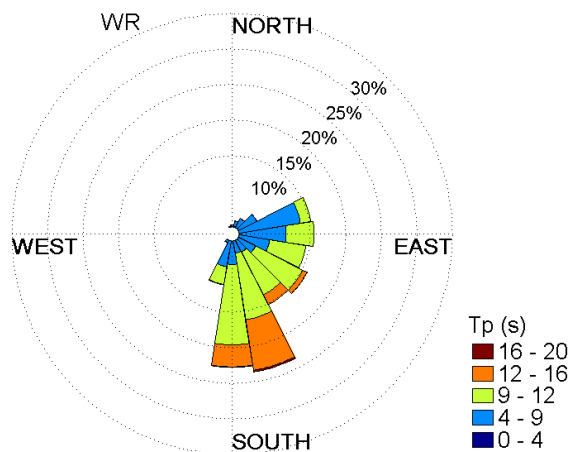
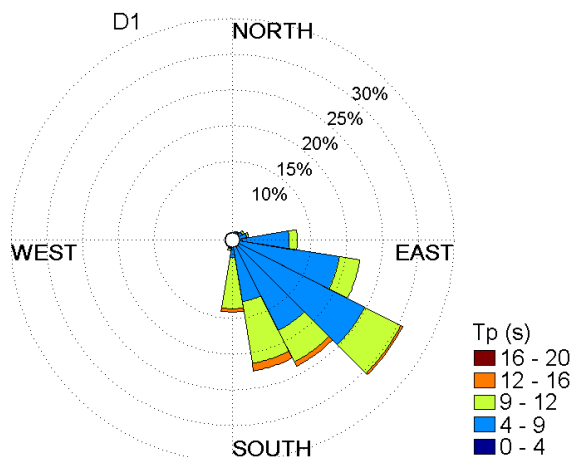
	D1 x WR					D2 x WR				
	EQM	V	IE	$\rho$	IQM	EQM	V	IE	$\rho$	IQM
Hs	0,02	0	0,01	0,99	0,99	0,1	-0,1	0,03	0,99	1,03
Tp	2,57	2,53	0,21	1	0,83	2,2	2,17	0,18	1	0,85



# Base de Dados Hidrodinâmica

- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

## Resultados



Dificuldade em representar mares bimodais

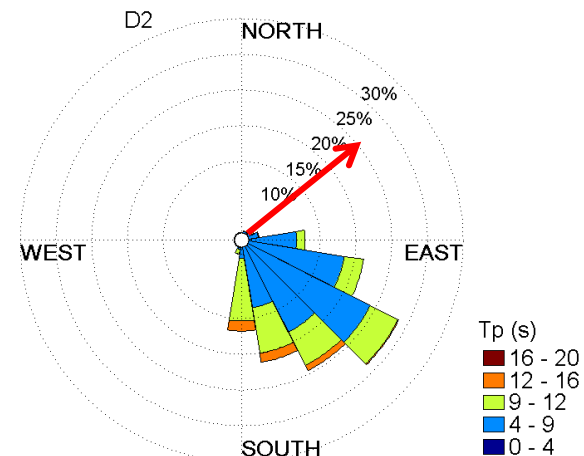
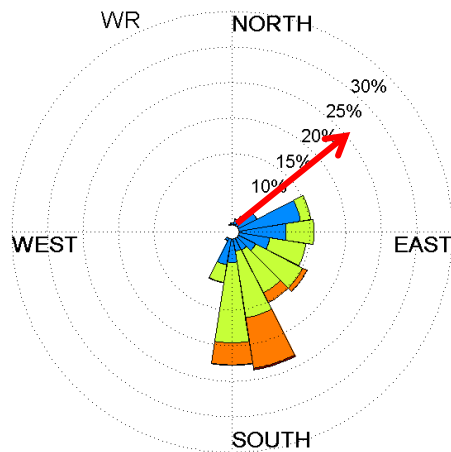
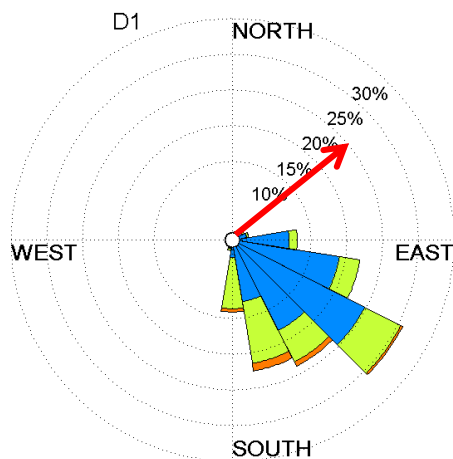




# Base de Dados Hidrodinâmica

- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

## Resultados



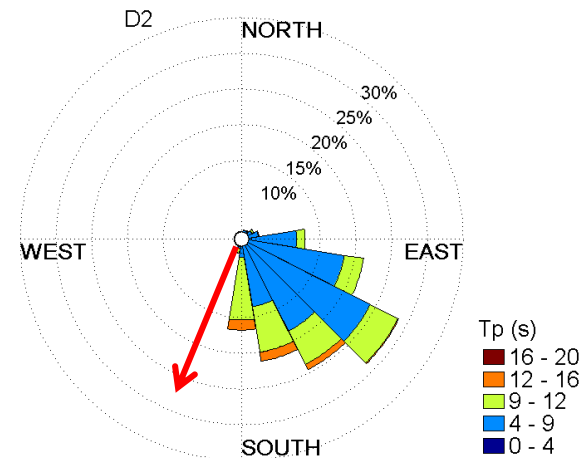
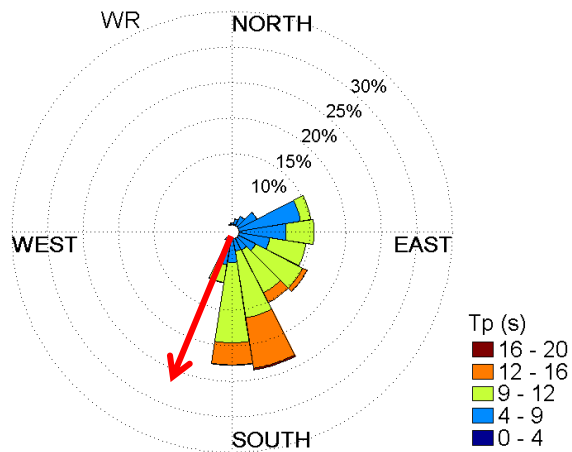
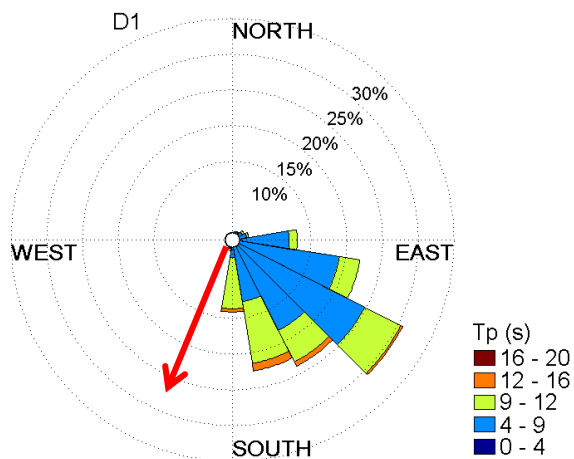
Dificuldade em representar mares bimodais



# Base de Dados Hidrodinâmica

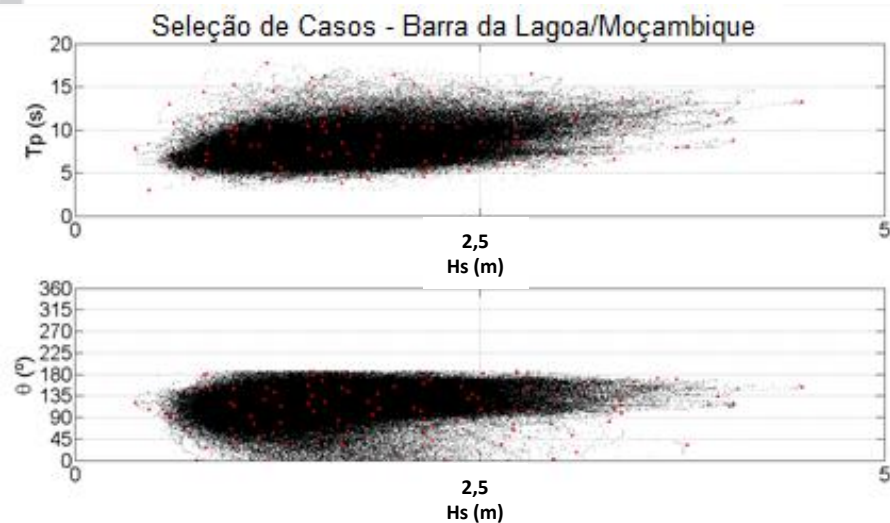
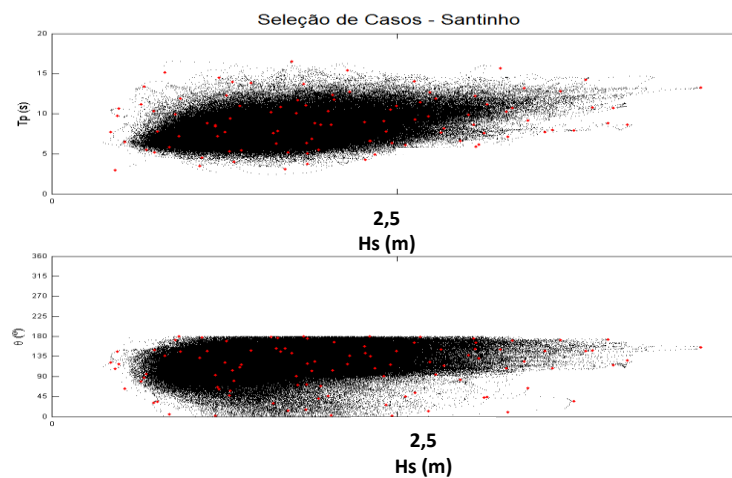
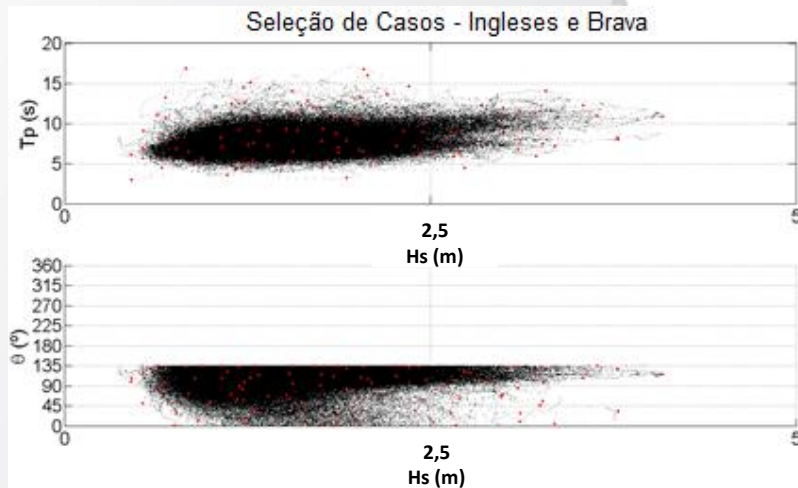
- VALIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

## Resultados



# Base de Dados Hidrodinâmica

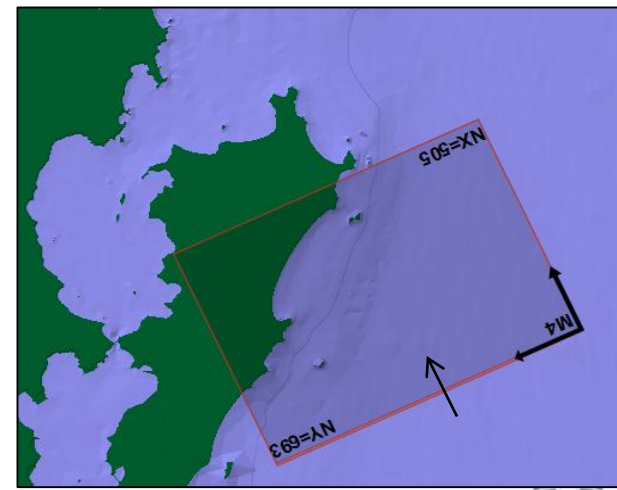
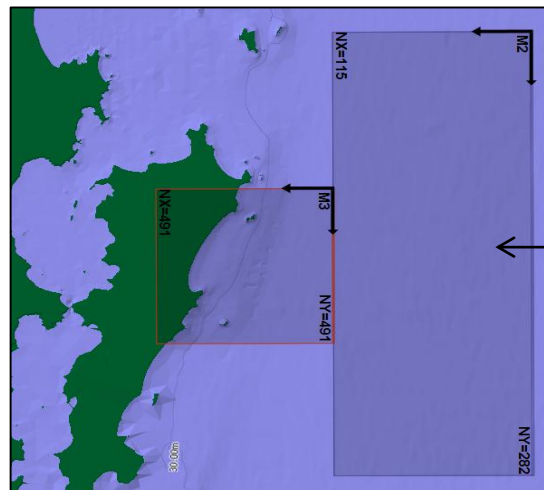
- Seleção dos casos MaxDiss



# Base de Dados Hidrodinâmica

Malhas de cálculo

Moçambique/Barra da Lagoa





# Base de Dados Hidrodinâmica

---

Propagação de ondas

Propagação

Modelo OLUCA SP

Reconstrução da série em águas rasas

RBF (*Radial Basis Function*)

Reconstrução em 15m profundidade

Ingleses/ Brava: 1 ponto fora da enseada

Santinho: 1 ponto fora da enseada

Barra da Lagoa/Moçambique: 15m dentro da enseada

1 ponto em frente a cada setor



# Cota de inundação

## ■ Runup

$$R_{2\%Nielsen \text{ e Hanslow (1991)}} = 1,98 \times (0,6(H_{orms} \times L_o)^{0,5} \tan \beta_F) , \text{ para } \tan \beta_F \geq 0,1 ;$$

$$R_{2\%Nielsen \text{ e Hanslow (1991)}} = 1,98 \times (0,05 (H_{orms} \times L_o)^{0,5}) , \text{ para } \tan \beta_F < 0,1,$$

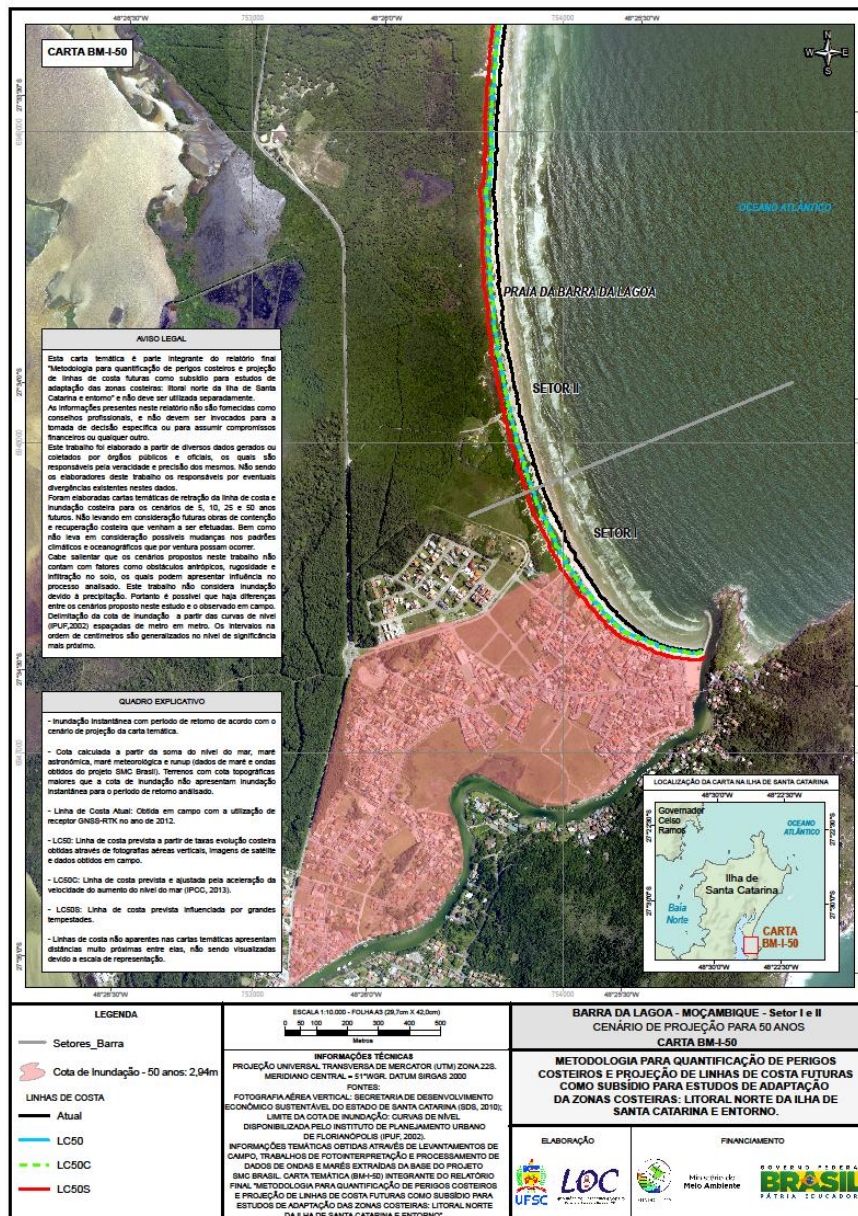
Onde:

- $H_{orms}$  é a média quadrática da altura das ondas;
- $L_o$  é o comprimento de onda em águas profundas;
- $\tan \beta_F$  é a declividade da face da praia,



# Cartas Temáticas

## Barra da Lagoa Cenário 50 anos CI=2,71m



# Dificuldades a serem vencidas

---

## Etapas a serem vencidas para a elaboração de cartas de perigos costeiros:

- Validação das bases de dados:
  - Validação das bases cartográficas;
  - Validação dos dados de ondas;
  - Validação dos dados de maré;
  - Validação dos dados altimétricos (MDT);
  - Verificação das diferenças entre Datums Verticais;
- Falta de dados:
  - Falta de dados Batimétricos;
  - Falta de dados de ondas;
  - Falta de dados de maré.





# **Dificuldades a serem vencidas**

---

**Cartas de perigos costeiros com os dados disponíveis apresentam erros que podem ultrapassar valores de aumento do nível do mar**

$$\text{Erro}_v = [(\text{Topografia})^2 + (\text{Batimetria})^2 + (\text{Previsão dos diferentes níveis})^2 \dots]^{1/2}$$

**Comparar**

**Com Nível Previsto (Erro)  
(Erro da Modelagem)**



# Considerações Finais

---

- Por fim, **apesar da falta de dados públicos confiáveis**, a metodologia aplicada foi considerada eficiente podendo retratar de forma coerente e conservativa os cenários futuros propostos, ser replicada para outras costas do Brasil.
- É importante salientar que esta metodologia pode ser aprimorada com a inclusão de fatores como obstáculos antrópicos, rugosidade e infiltração do solo no processo de verificação da área exposta.



# Considerações Finais

## Projeto MMA-Riscos

---

### Costa de Florianópolis

- 54km de linha de costa;
- ~ R\$ 1.300.000,00;
- R\$24.000,00 por km de LC
- 3 anos de trabalho;



# Considerações Finais

## Projeto MMA-Riscos

---

### Costa de Florianópolis

- 54km de linha de costa;
- ~ R\$ 1.300.000,00;
- R\$24.000,00 por km de LC
- 3 anos de trabalho;

### Costa do Brasil

- 7300km de linha de costa;
- ~ R\$ 175.000.000,00;
- R\$24.000,00 por km de LC
- 405 anos de trabalho;





# Equipe Multidisciplinar

---

## COORDENADOR:

**Antonio Henrique da Fontoura Klein**

## GERENTE DE PROJETO:

**Michel Franco Volpato Prado**

## AQUISIÇÃO DE DADOS BATIMÉTRICOS:

**Rafael Sartori Valdiviezo de Camargo**

**Diego Fhelipe Porpilho da Silva**

**Michel Franco Volpato Prado**

## AQUISIÇÃO DE DADOS TOPOGRÁFICOS:

**Michel Franco Volpato Prado**

**Rafael Sartori Valdiviezo de Camargo**

**Mariela Muler**

**Arthur de Oliveira Hernandez**

**Maiara Werner Pinto**

## CARTOGRAFIA E GEOPROCESSAMENTO:

**Mariela Muler**

**José Maurício de Camargo**

**Michel Franco Volpato Prado**

**Ronaldo Rocha (UFRGS)**

## PROCESSAMENTO DE DADOS BATIMÉTRICOS:

**Diego Fhelipe Porpilho da Silva**

**Daniel Carazzai**

**Jhersyka Klein Machado**

**Vanessa Guessser**

## PROCESSAMENTO DE DADOS TOPOGRÁFICOS:

**Michel Franco Volpato Prado**

**Matheus Boze**

**José Roberto Miranda**

## MODELAGEM DE ONDAS:

**Paula Gomes da Silva**

**Charline Dalinghaus**

**Wagner Langer Costa**

## ESTAGIÁRIOS:

**Ana Paula**

**Diogo Varela**

**Gabriela Flemming**

**Marina Borges**

**Marina Bousfield**

**Natália Martins**

**Sheyla Malaquias**



# O que estamos fazendo?

---

## BASE DE DADOS

- Linha de Costa
- MDT (Modelo Digital de Terreno)  
Batimetria + Topografia ( *Datum* )
- **Hidrodinâmica**  
**MA+MM+ONDA (Run-up e Set up) + VNM**  
**(*Datum*)**



# Programa de Desenvolvimento de Modelagem do Sistema Terrestre (2018-2022)

**OBJETIVO:** O projeto ROAD-SC tem por objetivo desenvolver ferramentas necessárias para entender as complexas respostas que as regiões costeiras estarão sujeitas frente as variações do clima global. Para tanto, serão utilizados resultados de simulações numéricas do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global (BESM) para prever mudanças esperadas em termos da intensidade de tempestades, precipitação, clima de ondas, descargas fluviais, enchentes, subida do nível do mar e marés meteorológicas.

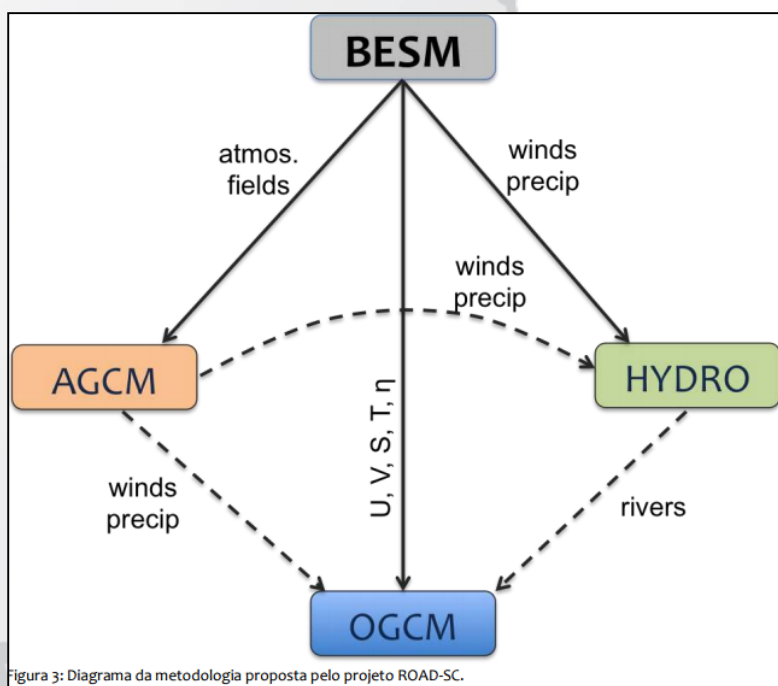


Figura 3: Diagrama da metodologia proposta pelo projeto ROAD-SC.

## Instituições Parceiras



# O que estamos fazendo?

---

## BASE DE DADOS

- Linha de Costa
- **MDT (Modelo Digital de Terreno)**  
**Batimetria + Topografia ( *Datum* )**
- Hidrodinâmica  
MA+MM+ONDA (Run-up e Set up) + VNM  
(*Datum*)





## PROGRAMA CAPES-NUFFIC

EDITAL nº. 27/2017

EM AVALIAÇÃO

**Title:** Integrating Land and Sea Vertical Components (**ALT-BAT**) in the Brazilian Coastal Zone

**04/2018 to 12/2021 (45 months)**

**Key words:** Altimetry, Bathymetry, Quasi-geoid, Hydrodynamic model

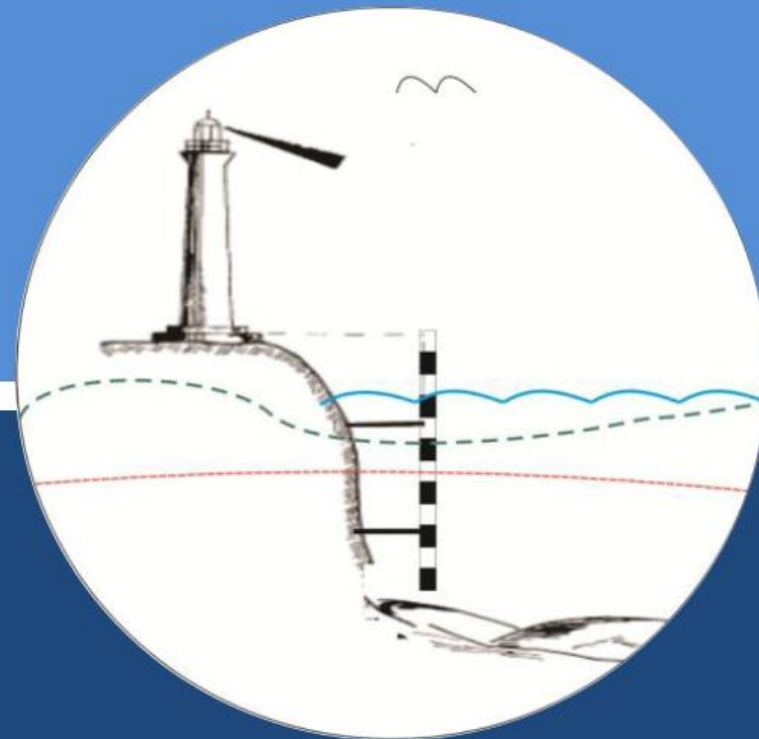
### Project description

This project aims to develop a procedure that establishes the space-varying relationships between the height (used on land) and depth (used at sea) reference surfaces in the Brazilian coastal zone. The establishment of this relationship is key to sustainable management and adaptation of the coastal zones facing climate changes.

### Instituições Parceiras



# **Integração das Componentes Verticais Terrestre e Marítima (ALT-BAT)**



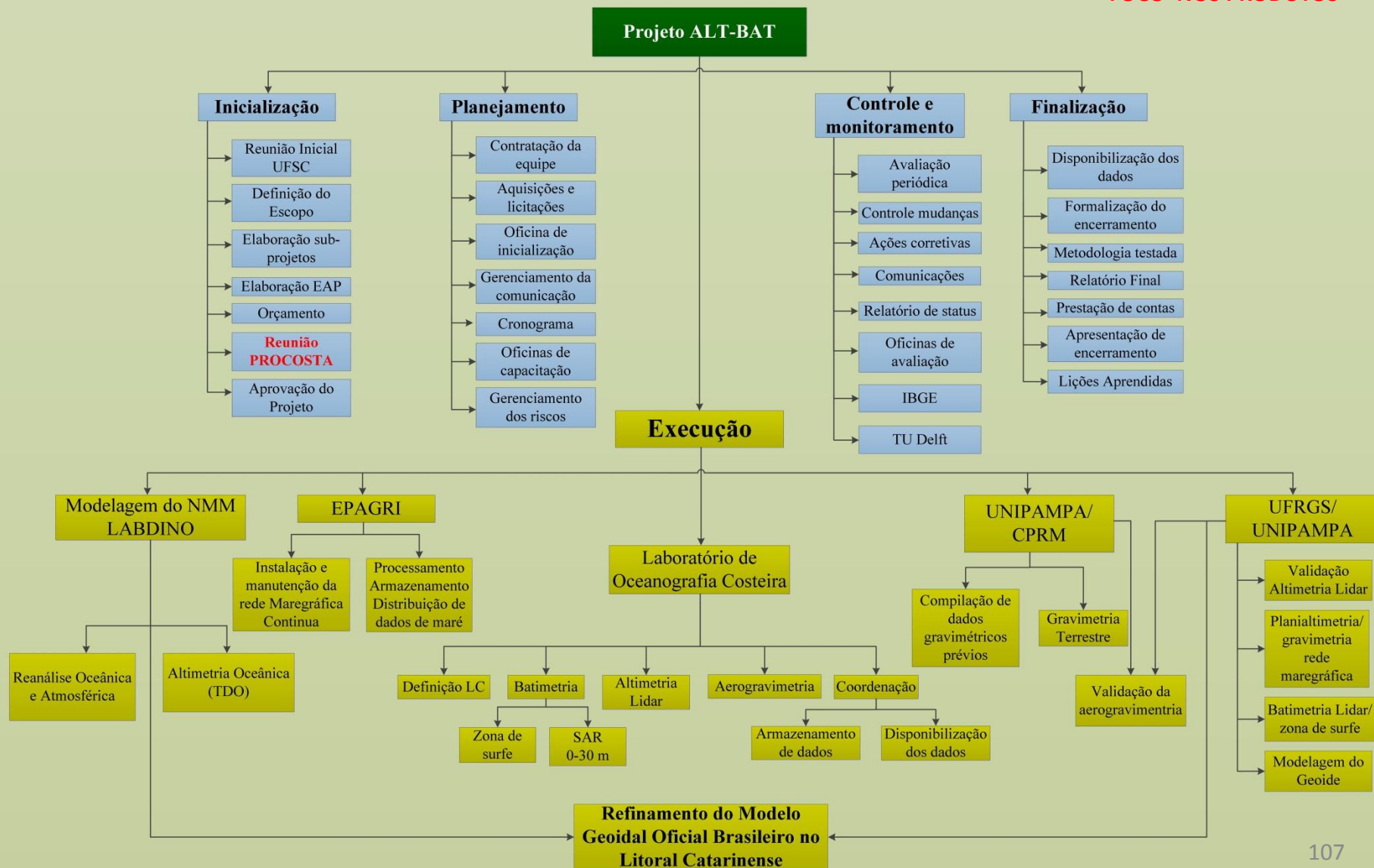
Área Piloto: Estado de Santa Catarina  
Por Prof. Antonio H. F. Klein



# COMO APLICAR A METODOLOGIA PROPOSTA

ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO - EAP

FOCO NOS PRODUTOS



# O que estamos fazendo?

---

## BASE DE DADOS

- **Linha de Costa**
- MDT (Modelo Digital de Terreno)  
Batimetria + Topografia ( *Datum* )
- Hidrodinâmica  
MA+MM+ONDA (Run-up e Set up) + VNM  
( *Datum* )





Indexes:

**NDVI:**  $(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$

**NDWI:**  $(\text{GREEN} - \text{NIR}) / (\text{GREEN} + \text{NIR})$

**NDSI:**  $(\text{GREEN} - \text{SWIR}) / (\text{GREEN} + \text{SWIR})$

**SI:**  $(\text{RED} + \text{GREEN}) / 2$

NIR = *Near Infrared*

SWIR = *Short Wave Infrared*



PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM AÇÕES INTEGRADAS E  
SUSTENTÁVEIS NAS BAIAS DO BRASIL

Subida do nível do mar e a Baía da  
Babitonga: uma abordagem eco-  
morfodinâmica para prever e mitigar  
impactos

### Instituições Parceiras





← → ↻ ⓘ localhost:5000



1 Selecione uma região

Utilize a ferramenta de desenho de polígono ou retângulo para especificar a região de interesse.

2 Obtenha as imagens

3 Escolha uma imagem

Powered by: Google Earth Engine

Fontes das imagens dos satélites: NASA (Landsat) e ESA (Sentinel)



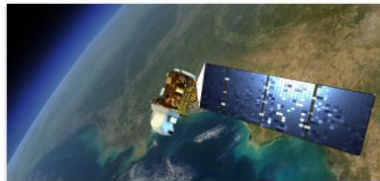
### Escolha um satélite



#### Sentinel-2

Resolução ótica: 10 metros  
Período de atividade: 2013–2018

ESCOLHER



#### Landsat 5 (atual)

Resolução ótica: 30 metros  
Período de atividade: 1984–2013

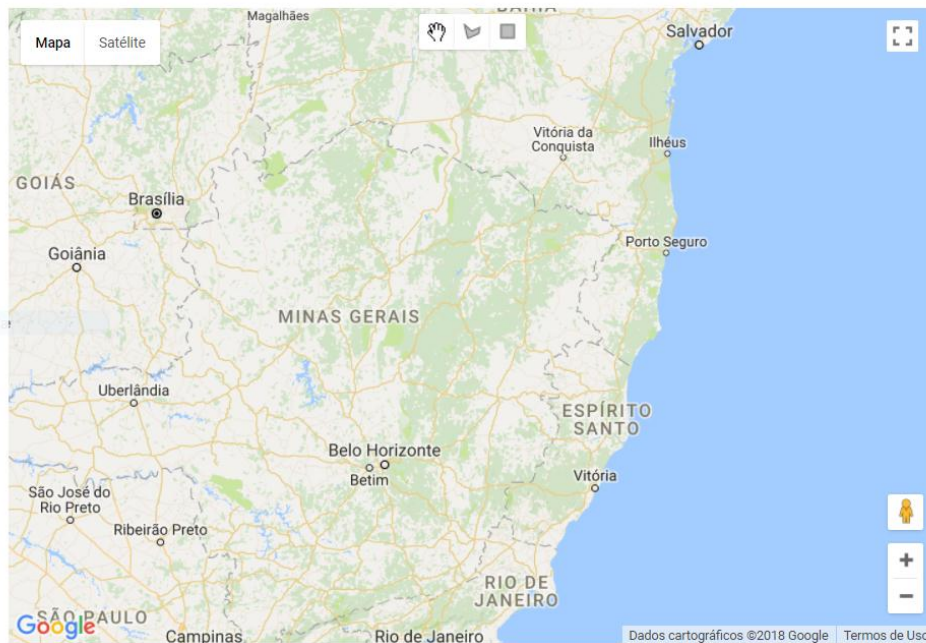
ESCOLHER

CANCELAR

Powered by: Google Earth Engine

Fontes das imagens dos satélites: NASA (Landsat) e ESA (Sentinel)



**1** Selecione uma região

Utilize a ferramenta de desenho de polígono ou retângulo para especificar a região de interesse.

**2** Obtenha as imagens**3** Escolha uma imagem

Powered by: Google Earth Engine

Fontes das imagens dos satélites: NASA (Landsat) e ESA (Sentinel)





**1 Seleccione uma região**

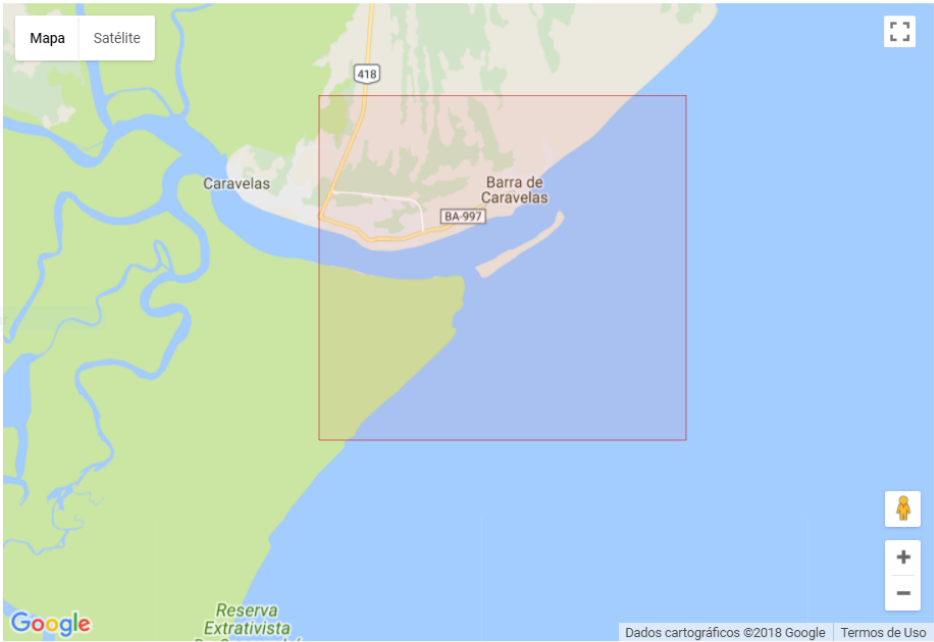
Utilize a ferramenta de desenho de polígono ou retângulo para especificar a região de interesse.

**2 Obtenha as imagens****3 Escolha uma imagem**

Powered by: Google Earth Engine

Fontes das imagens dos satélites: NASA (Landsat) e ESA (Sentinel)





## Região de Interesse

Área: 102.788 km<sup>2</sup>

OBTER IMAGENS

✓ **Selecione uma região**

2 **Obtenha as imagens**

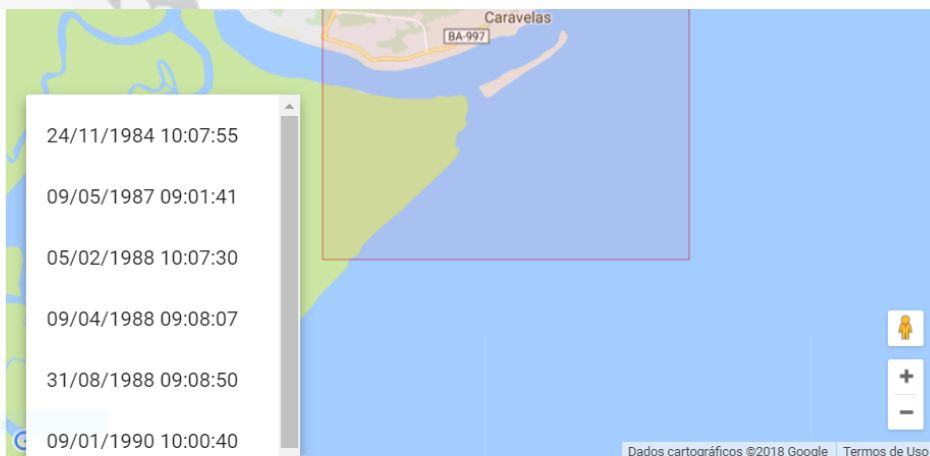
Utilize o botão acima para consultar o banco de imagens de satélite e obter as imagens disponíveis.

3 **Escolha uma imagem**

Powered by: Google Earth Engine

Fontes das imagens dos satélites: NASA (Landsat) e ESA (Sentinel)





✓ Selecione uma região

✓ Obtenha as imagens

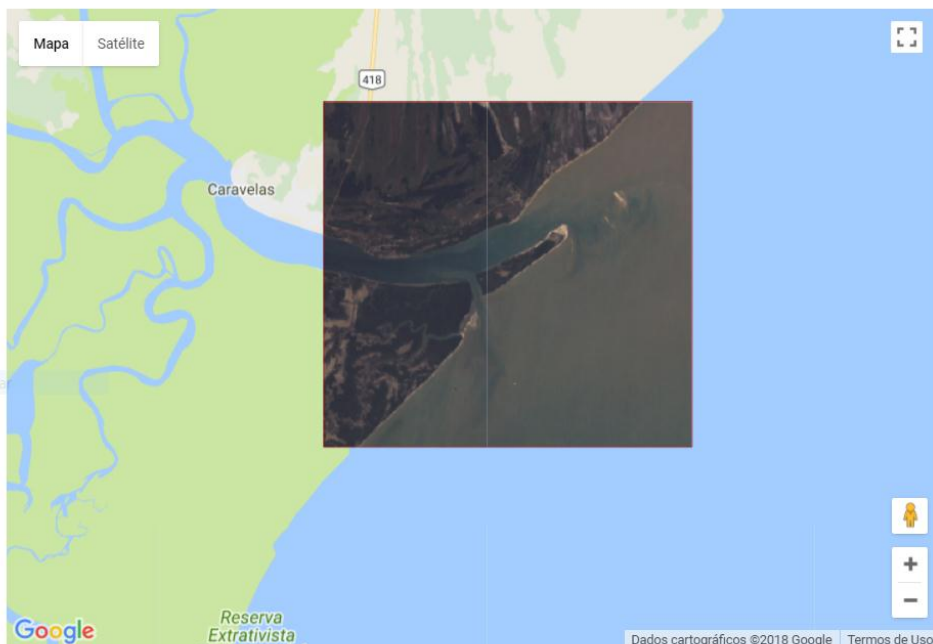
3 Escolha uma imagem

Selecione uma das imagens da lista à esquerda e carregue-a. Alternativamente, você pode realizar uma análise temporal.

CARREGAR

Powered by: Google Earth Engine  
Fontes das imagens dos satélites: NASA (Landsat) e ESA (Sentinel)





## Região de Interesse

Área: 102.788 km<sup>2</sup>

OBTER IMAGENS

LANDSAT/LT5\_L1T\_TOA/LT52150721987129CUB00 - 09/05/1987 (1/1 visíveis)

Principal



COMBINAR

INCLUIR

REMOVER



## Imagens disponíveis

33 resultados

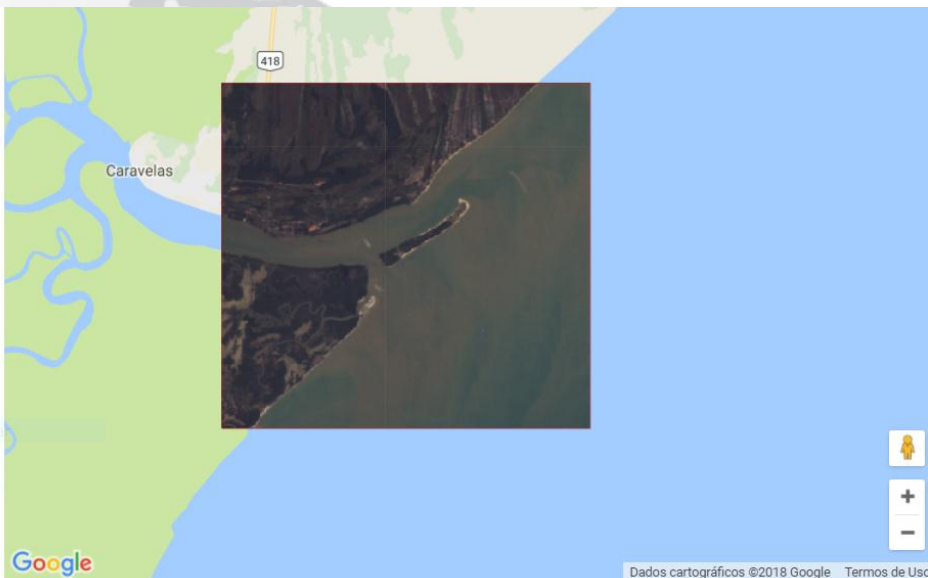
Imagem

09/05/1987 09:01:41

CARREGAR







## Imagens disponíveis

33 resultados

Imagem

19/07/2007 09:31:40 ▼

CARREGAR

ANÁLISE TEMPORAL



Área: 102.788 km<sup>2</sup>

OBTHER IMAGENS

LANDSAT/LT5\_L1T\_TOA/LT52150722007200CUB00 - 19/07/2007 (1/1 visíveis)

Remover

Principal



COMBINAR

INCLUIR

REMOVER



LANDSAT/LT5\_L1T\_TOA/LT52150721987129CUB00 - 09/05/1987 (1/1 visíveis)



Principal



COMBINAR

INCLUIR

REMOVER





## Imagens disponíveis

33 resultados

Imagem

19/07/2007 09:31:40 ▾

CARREGAR

ANÁLISE TEMPORAL



Área: 102.788 km<sup>2</sup>

OBTER IMAGENS

LANDSAT/LT5\_L1T\_TOA/LT52150722007200CUB00 - 19/07/2007 (2/2 visíveis) ^

NDVI

Principal



COMBINAR

INCLUIR

REMOVER



LANDSAT/LT5\_L1T\_TOA/LT52150721987129CUB00 - 09/05/1987 (1/1 visíveis) ^

Principal

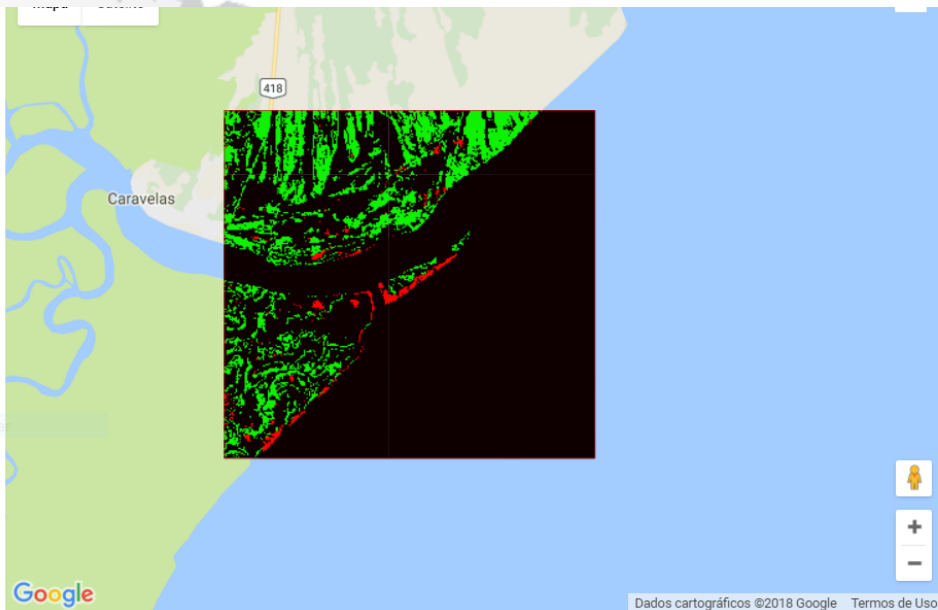


COMBINAR

INCLUIR

REMOVER





## Imagens disponíveis

33 resultados

Imagem

19/07/2007 09:31:40

CARREGAR

ANÁLISE TEMPORAL

## Região de Interesse

Área: 102.788 km²

OBTER IMAGENS

Diferença: NDVI (20 anos)

LANDSAT/LT5\_L1T\_TOA/LT52150722007200CUB00 - 19/07/2007 (2/2 visíveis)

NDVI



Principal



COMBINAR

INCLUIR

REMOVER



LANDSAT/LT5\_L1T\_TOA/LT52150721987129CUB00 - 09/05/1987 (2/2 visíveis)

NDVI



Principal



COMBINAR

INCLUIR

REMOVER





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA  
LABORATÓRIO DE OCEANOGRAFIA COSTEIRA



**OBRIGADO**

**CORPS**

**COASTAL AND OCEAN RESEARCH FOR PRATICAL APPLICATION**

**Antonio Henrique da F. Klein**

