

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE



# PANORAMA DA EROSÃO COSTEIRA NO BRASIL

ORGANIZAÇÃO **DIETER MUEHE**



*Por volta de 2050, grande parte da área central de Xangai estará submersa.*

*Em 2116, os contornos da cidade estarão irreconhecíveis.*

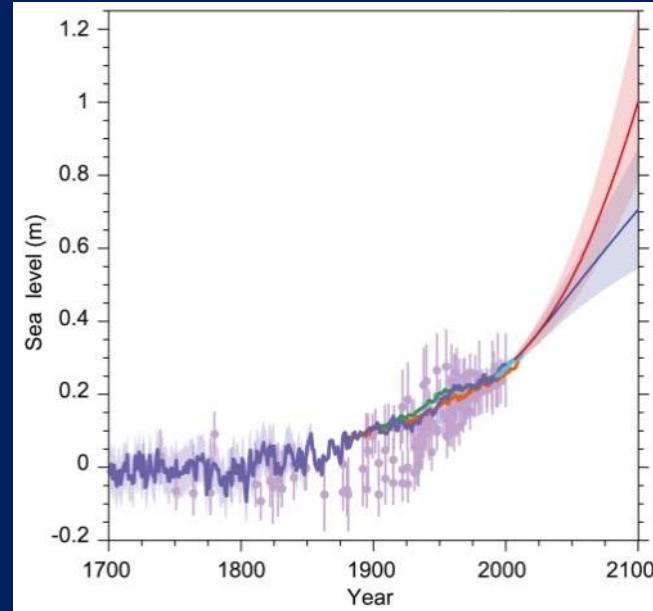
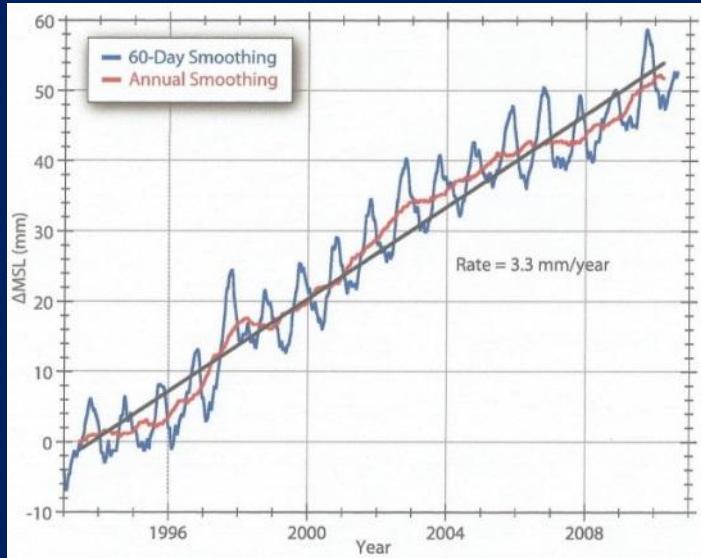
Fonte: Nature 545, 156 (11 May 2017)  
Shanghai Himalayas Museum, China. Até 30 de Julho.

*Imaginary Geography* by Qiu Zhijie  
envision a new world.

*Projeto Shanghai* uma colaboração entre ciência e arte cujo segundo tema, *Seeds of Time*, tem o foco em mudança climática.



# IPCC 2013



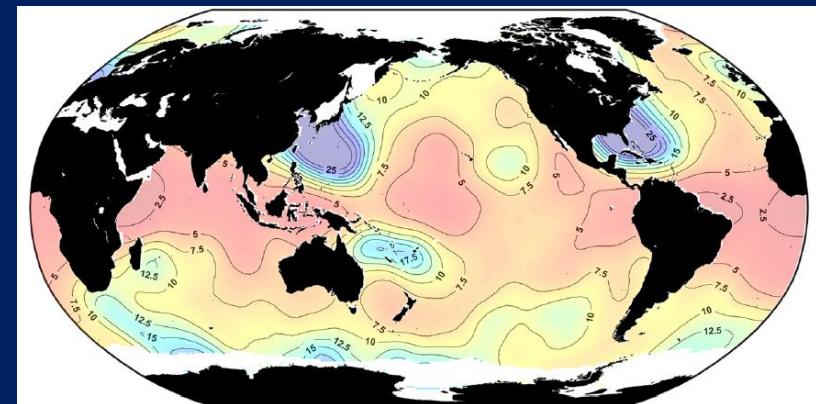
Lado esquerdo: Elevação do nível do mar entre 1993 a 2011 a partir de medições altimétricas (TOPEX/Poseidon, Jason-1 e Jason 2) (Oceanography, 2011, 24 (2): 80 a 93) e, lado direito, estimativas de elevação do nível do mar (Church *et al.* 2013).



Aumento do nível do mar (cm) necessário para dobrar o risco de inundações costeiras.

As regiões tropicais são especialmente vulneráveis

No litoral brasileiro, uma elevação de apenas 2,5 a 7,5 centímetros será suficiente para dobrar as inundações de acordo com estudo de Sean Vitousek *et al.*, da Universidade Illinois em Chicago publicado na revista *Scientific Reports* 18 de maio de 2017.



Fonte: SCIENTIFIC Reports | 7:1399 | DOI:10.1038/s41598-017-01362-7

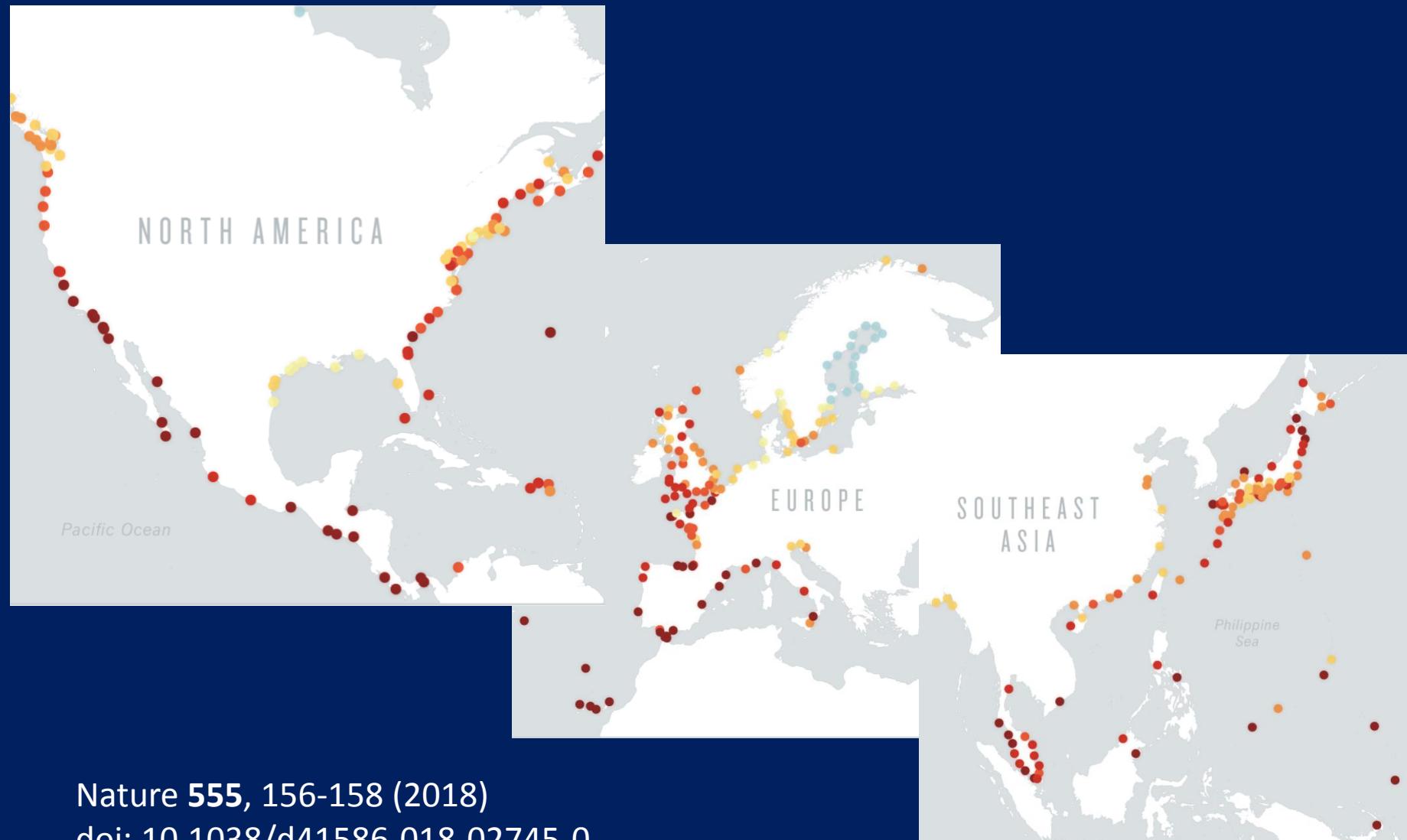
[www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports)

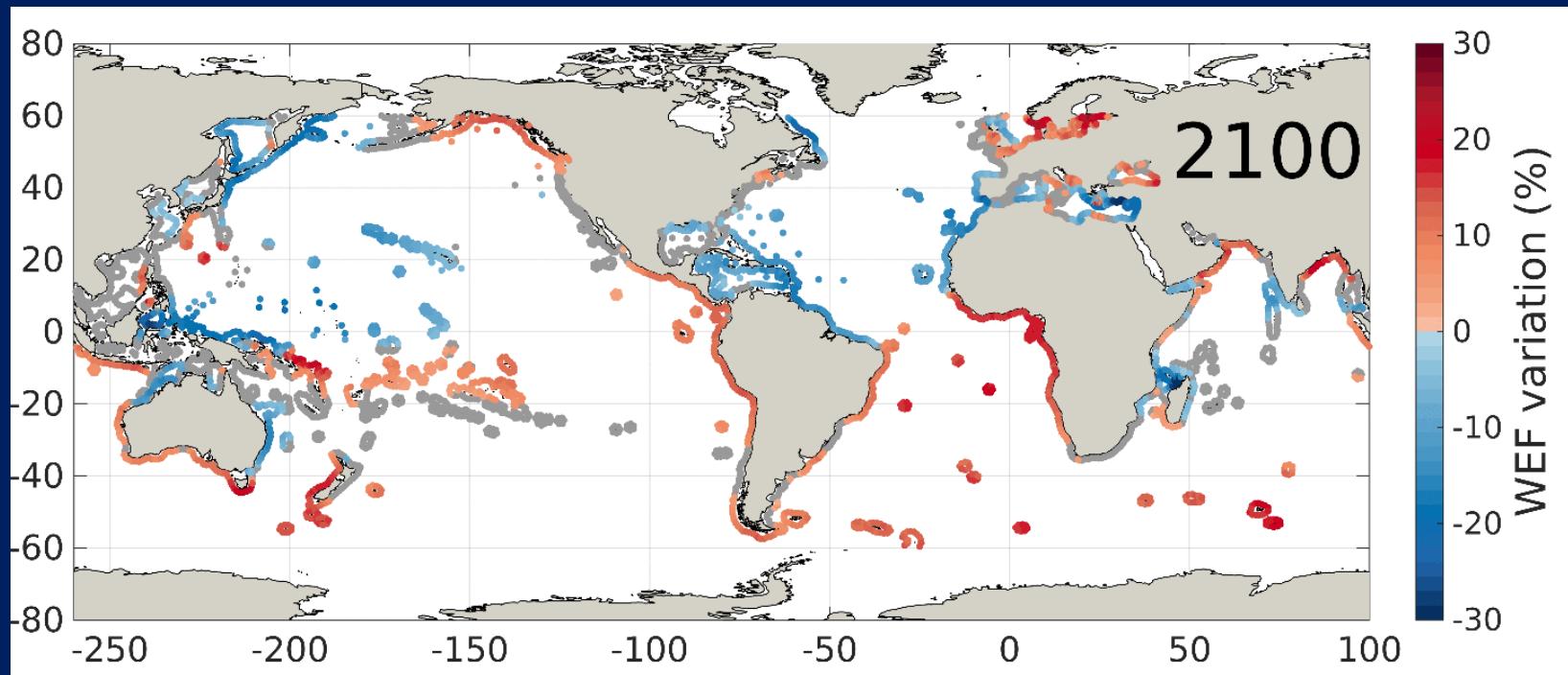
Fonte secundária: Fábio de Castro, O Estado de S.Paulo

18 Maio 2017

Estimated frequency by 2050 of today's 100-year floods (years)

● 1-2 ● 2-5 ● 5-10 ● 10-20 ● 20-50 ● 50-100 ● 100-10,000



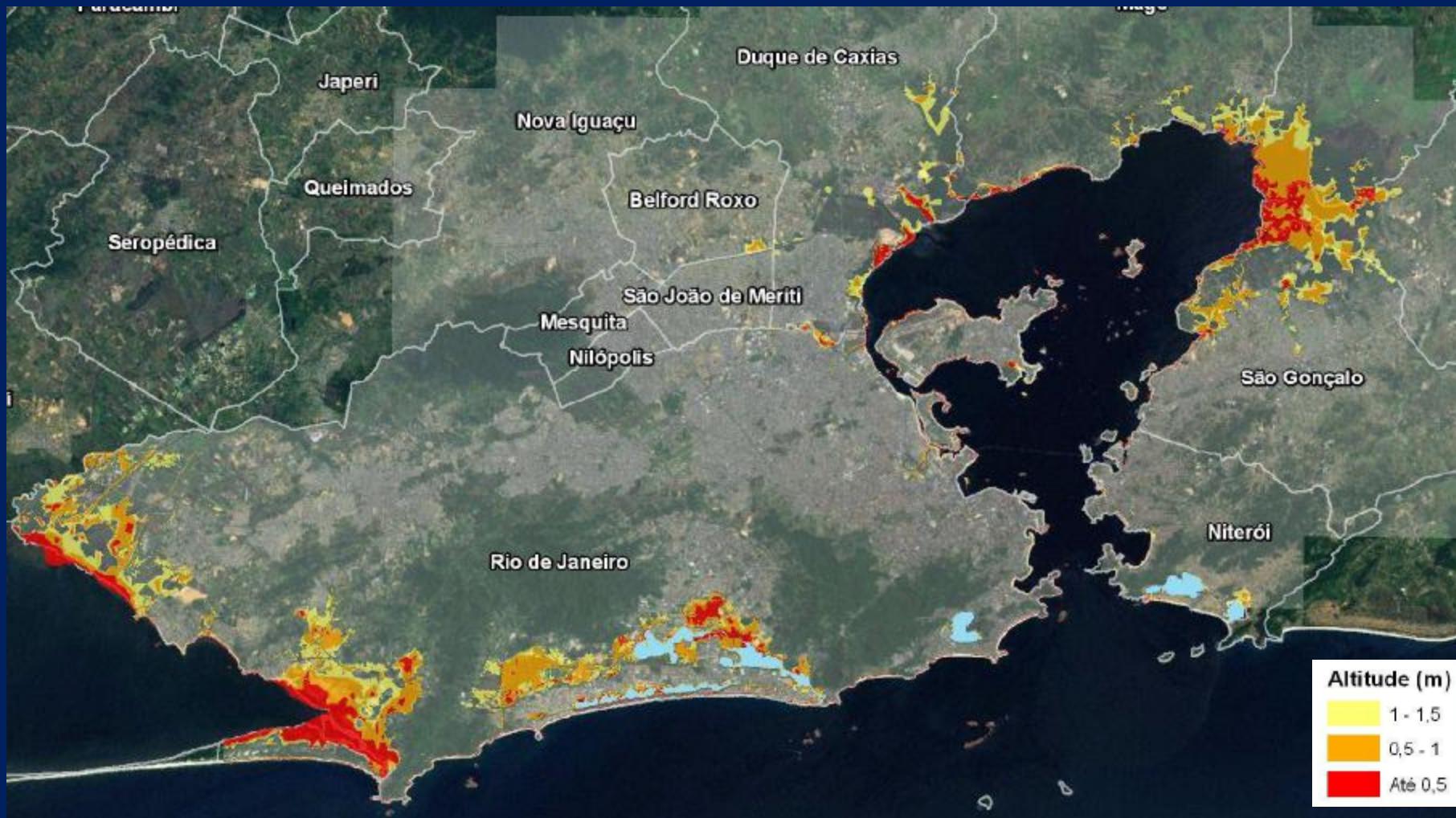


Mudança no fluxo de energia das ondas em escala global.

Fonte: Global changes of extreme coastal wave energy fluxes triggered by intensified teleconnection patterns" (*Geophysical Research Letters*).

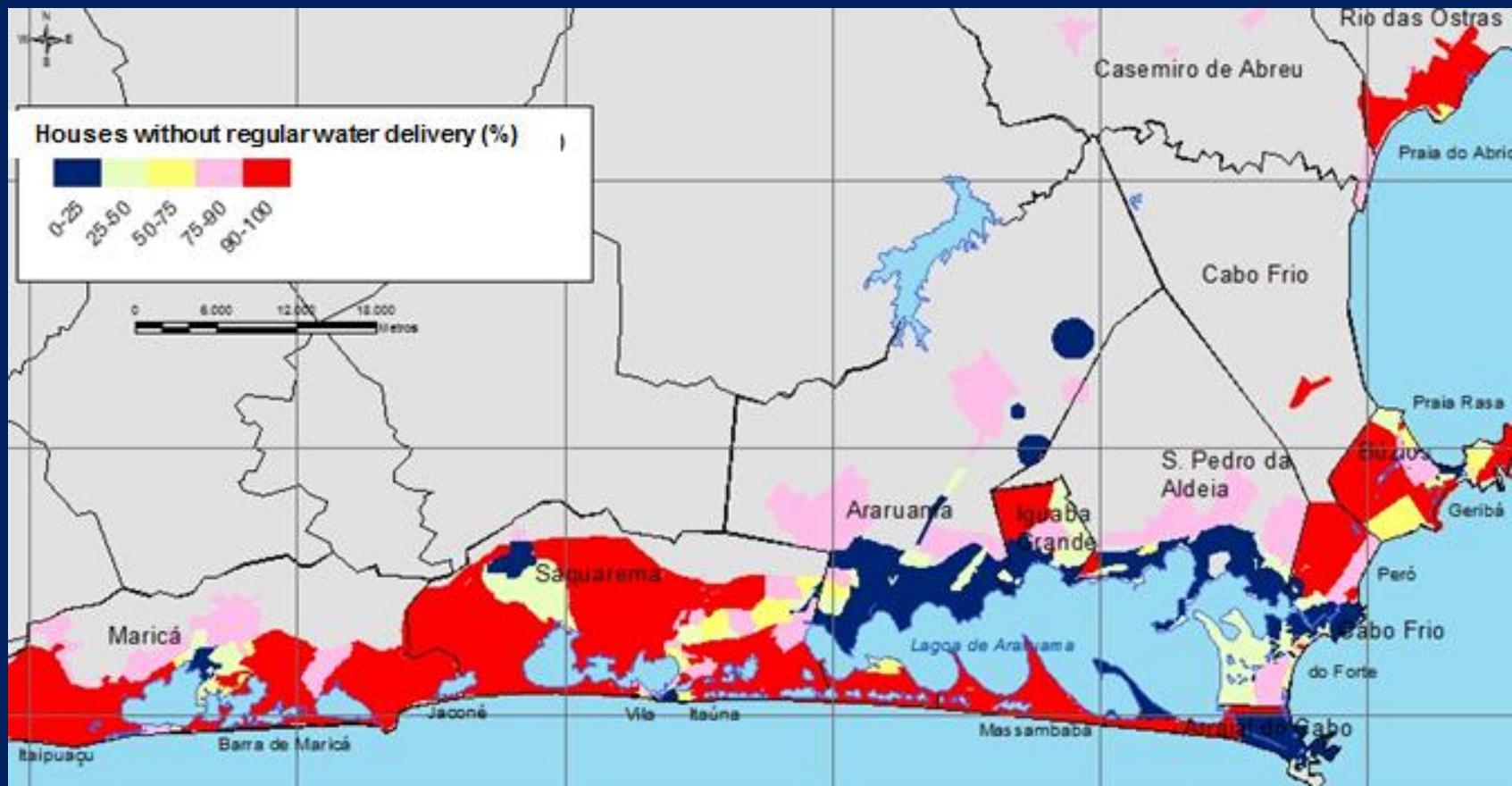
Contato autor: [Michail.VOUSDOUKAS@ec.europa.eu](mailto:Michail.VOUSDOUKAS@ec.europa.eu)

# Elevação do nível do mar e redefinição da linha de costa na Região Metropolitana do Rio de Janeiro



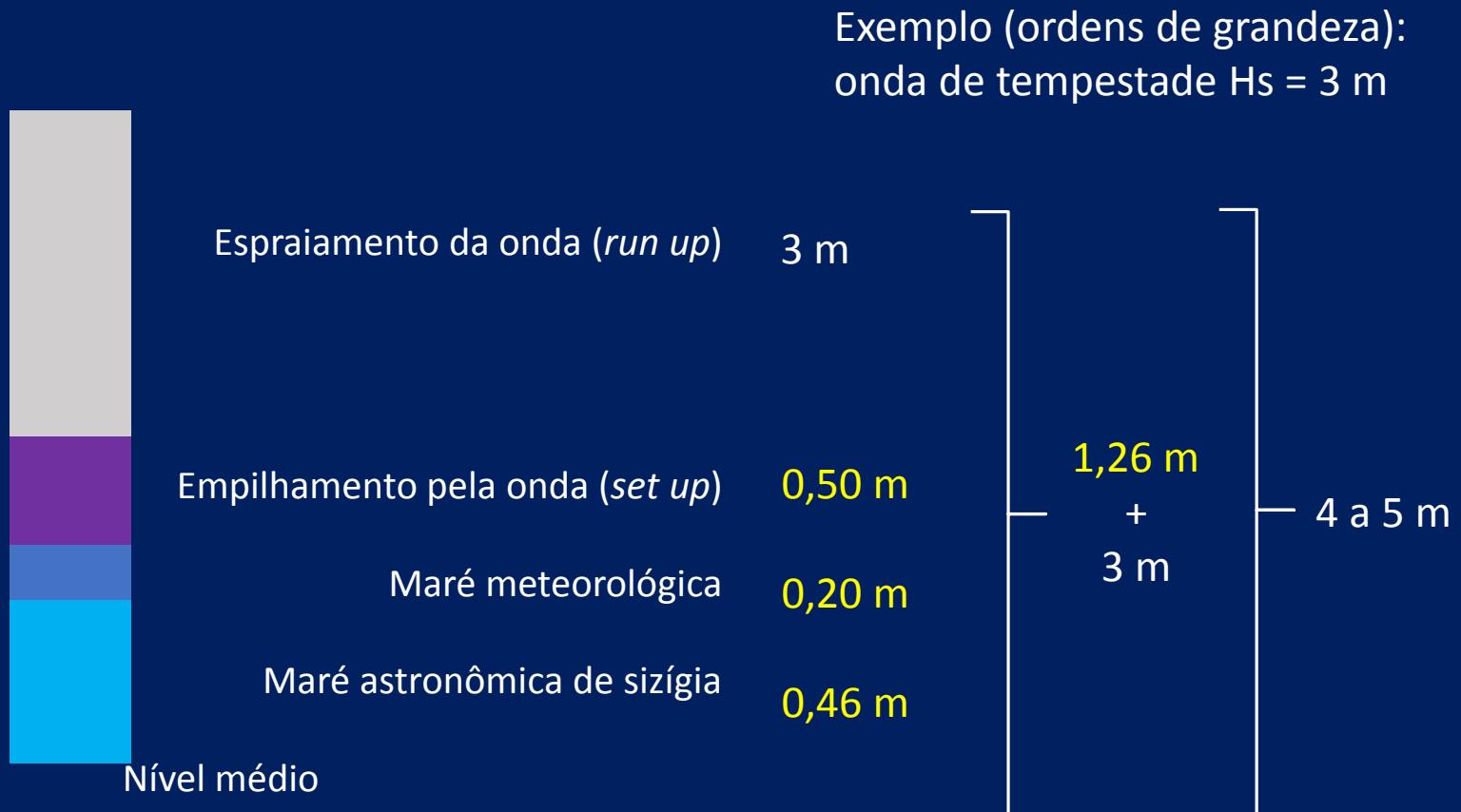
Fonte: Instituto Pereira Passos – Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro

# Suprimento de água na Região dos Lagos (RJ) em 2000

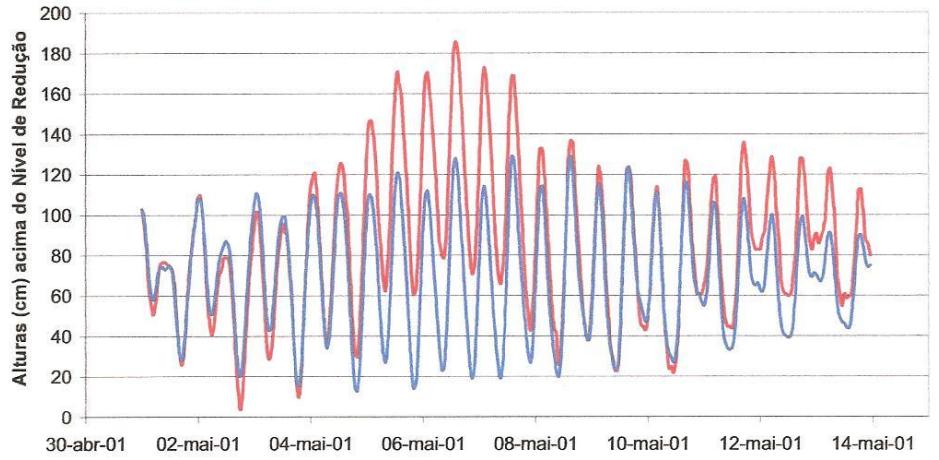


Fonte: Flávia Moraes Lins-de-Barros, 2010

# Processos envolvidos no cálculo da cota de inundação

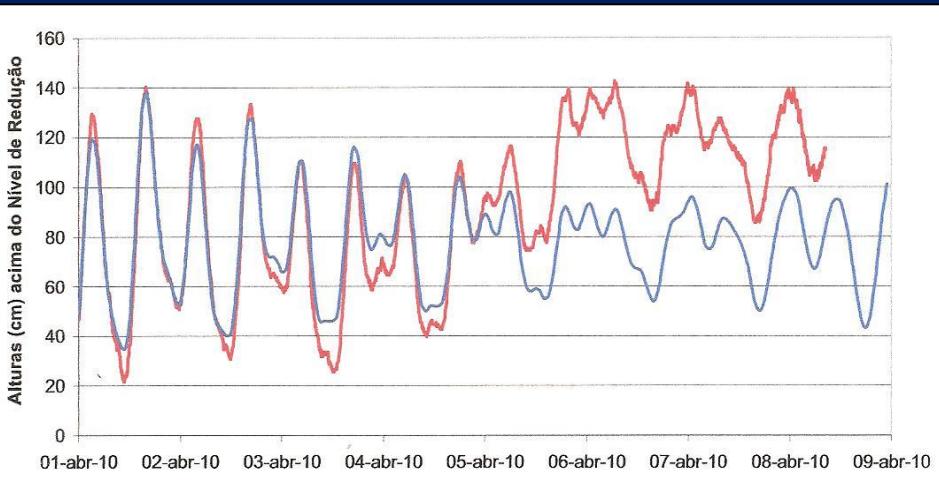


# MARÉ PREVISTA E OBSERVADA NA ILHA FISCAL – RJ (MARÉ METEOROLÓGICA)



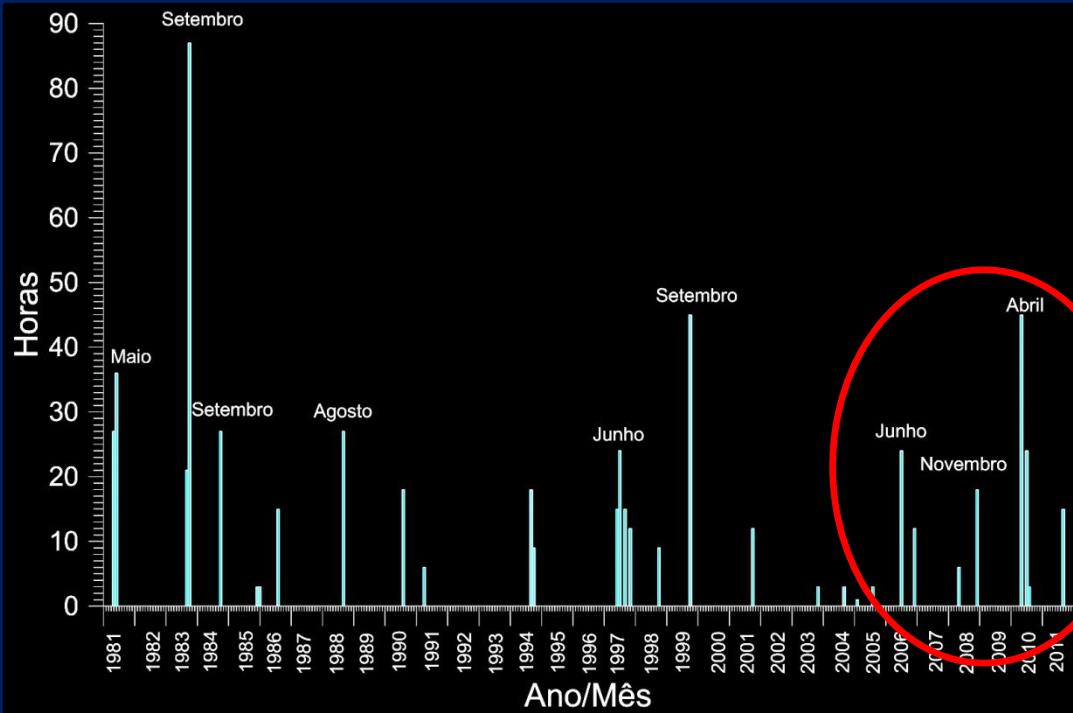
Maio de 2001

Situação: Maré de sizígia  
Altura > previsto: 47 cm  
Altura acima NR: 180 cm



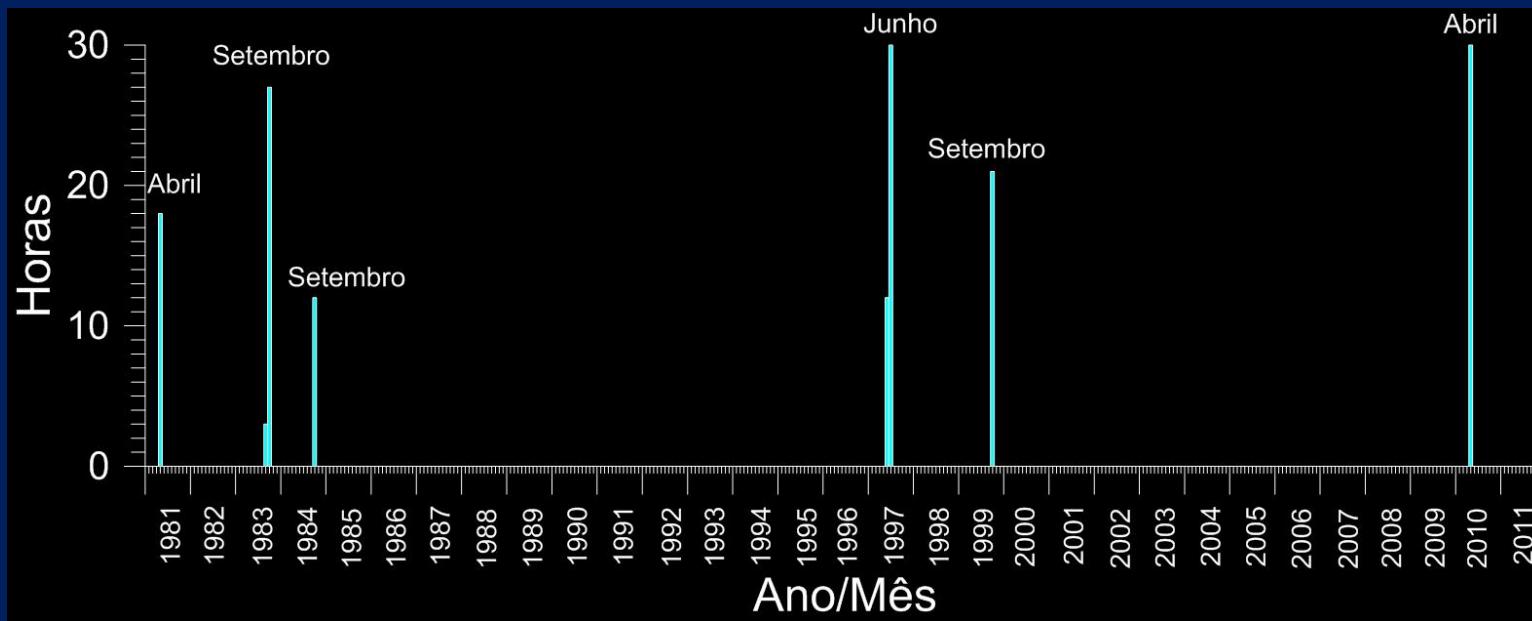
Abril de 2010

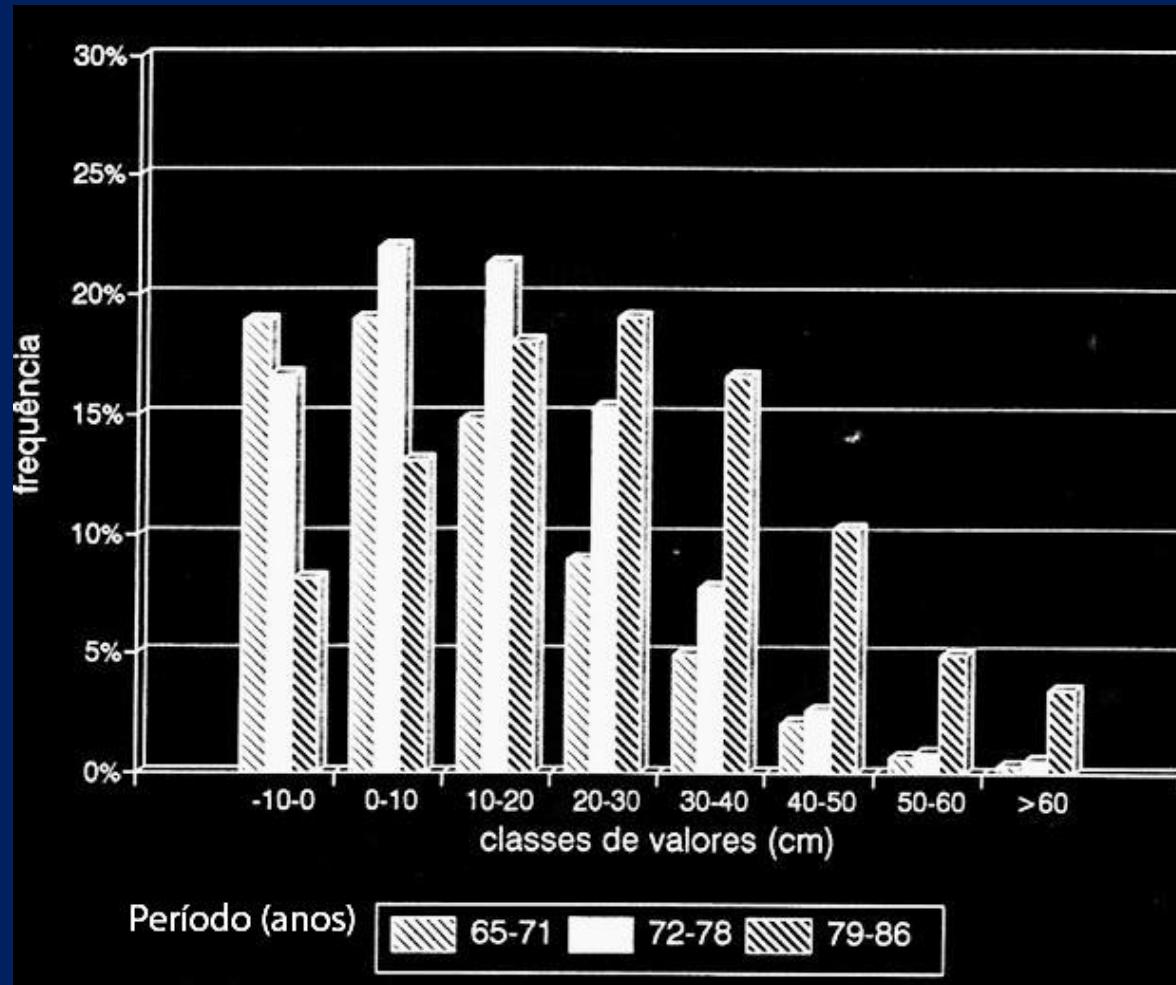
Situação: Maré de quadratura  
Altura > previsto: 45 cm  
Altura acima NR: 140 cm



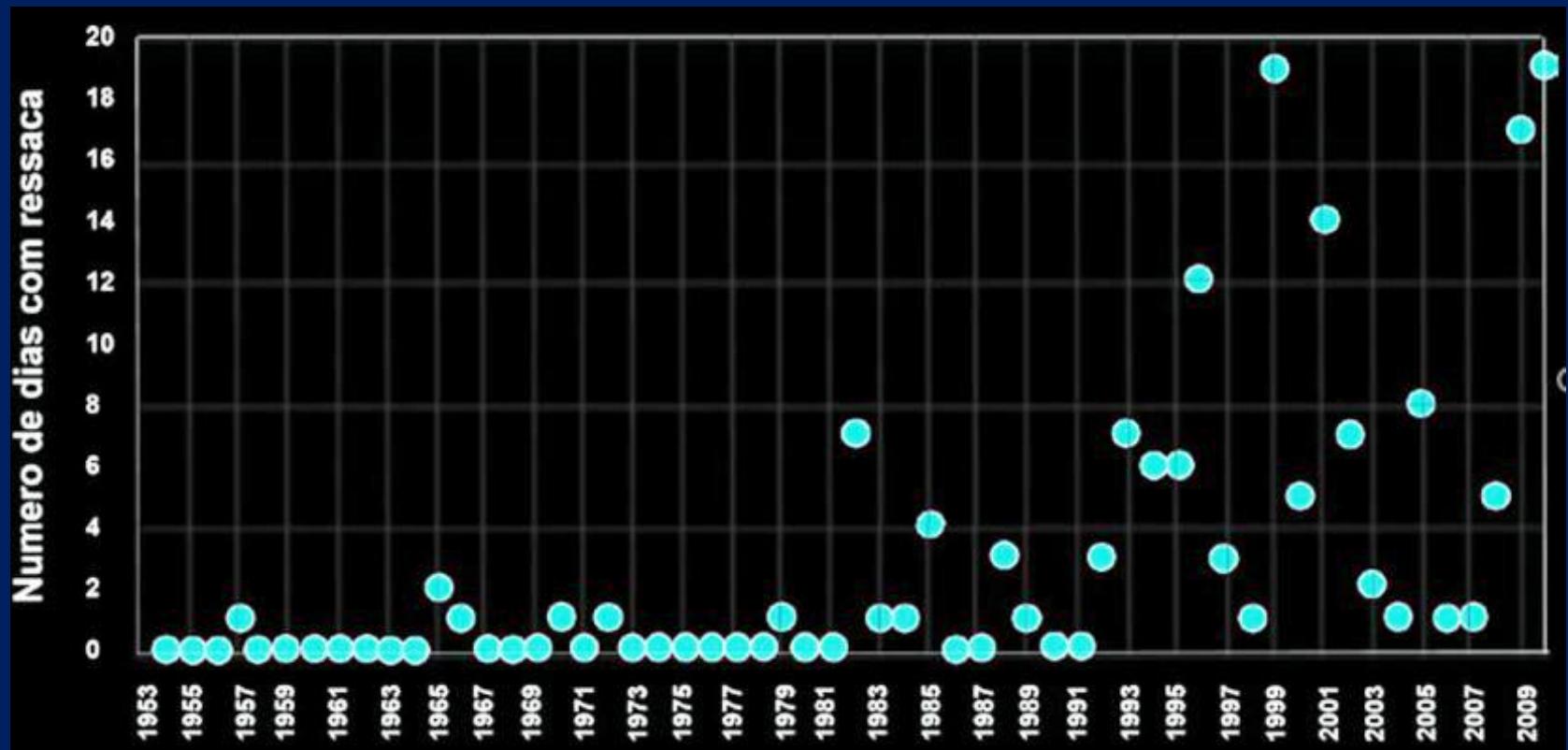
# Frequênciа de altura de ondas Bacia de Campos

> 3 m





Evidências da tendência de aumento da magnitude de marés meteorológicas na Baía de Guanabara, RJ. Os valores indicados representam diferenças entre níveis de maré medidos e níveis de maré previstos. Tais diferenças são basicamente devido às marés meteorológicas. (NEVES, S.C., 1992).



Distribuição anual de eventos de ressaca entre 1953 e 2010 em Fortaleza,  
(modificado de Paula et al., 2015 *in: Marengo & Scanaro, 2017*)



Mancha de inundação obtida para cenário com período de retorno de 200 anos com 1 m de elevação do nível do mar

Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Fonte: Plano de Ação **Florianópolis** Sustentável 2015  
Ices Brasil - iniciativa cidades emergentes e sustentáveis

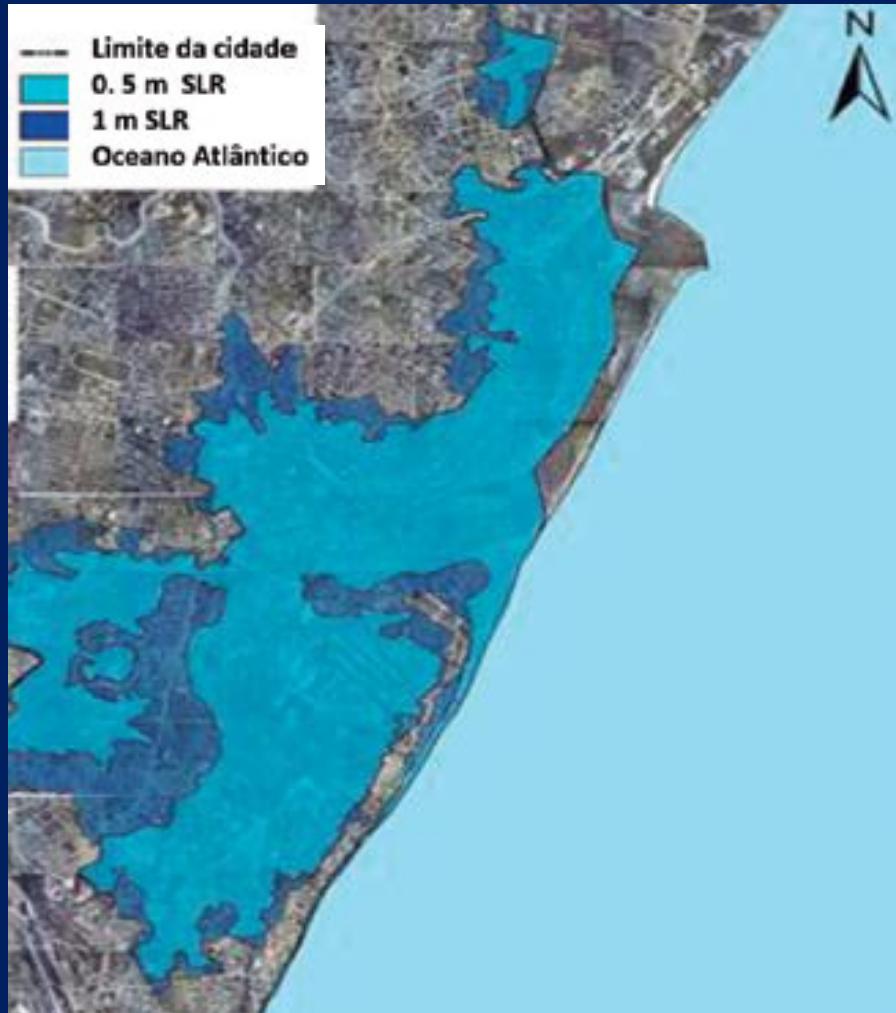


Mancha de inundação obtida para cenário com período de retorno de 200 anos com 1 m de elevação do nível do mar

Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

Fonte: Plano de Ação **Vitória Sustentável 2015**  
Ices Brasil - iniciativa cidades emergentes e sustentáveis

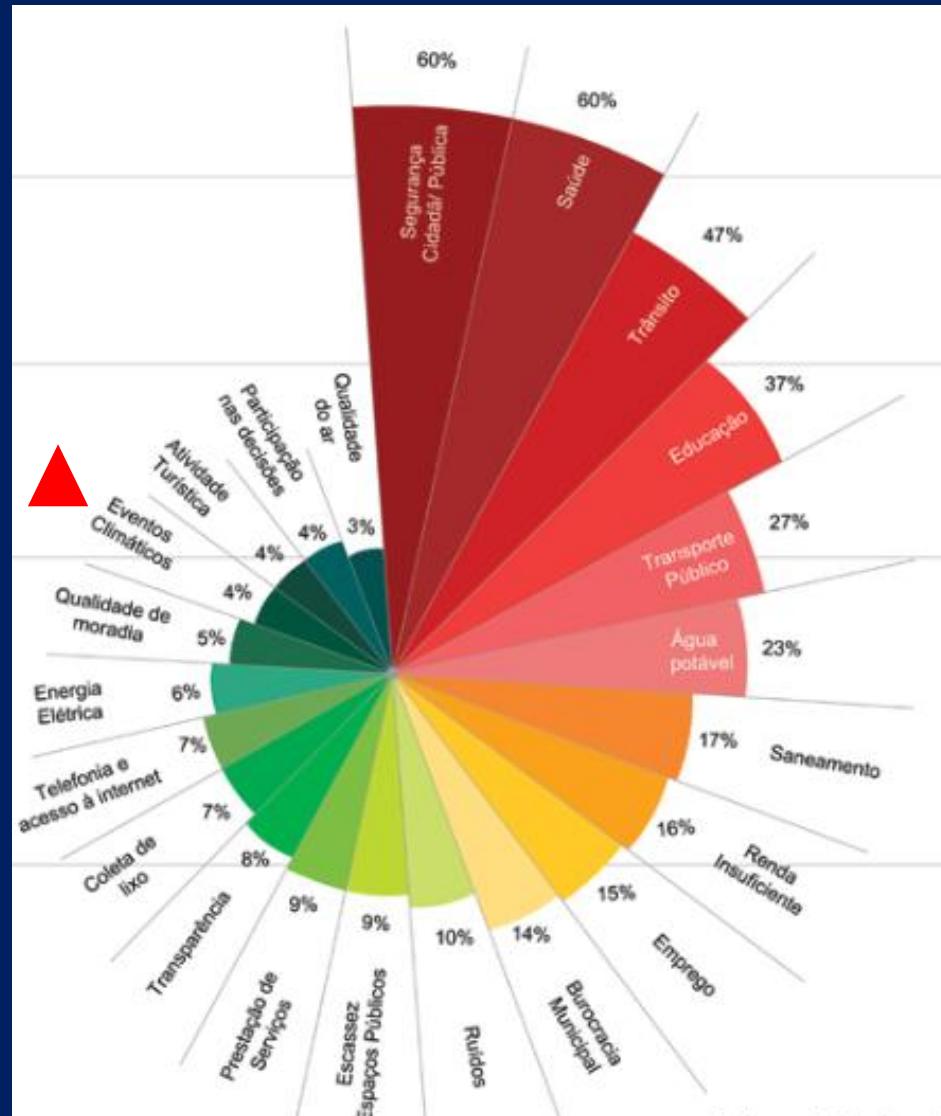
[https://issuu.com/katiamiller/docs/plano\\_de\\_ação\\_vitória\\_sustentável\\_2015](https://issuu.com/katiamiller/docs/plano_de_ação_vitória_sustentável_2015)



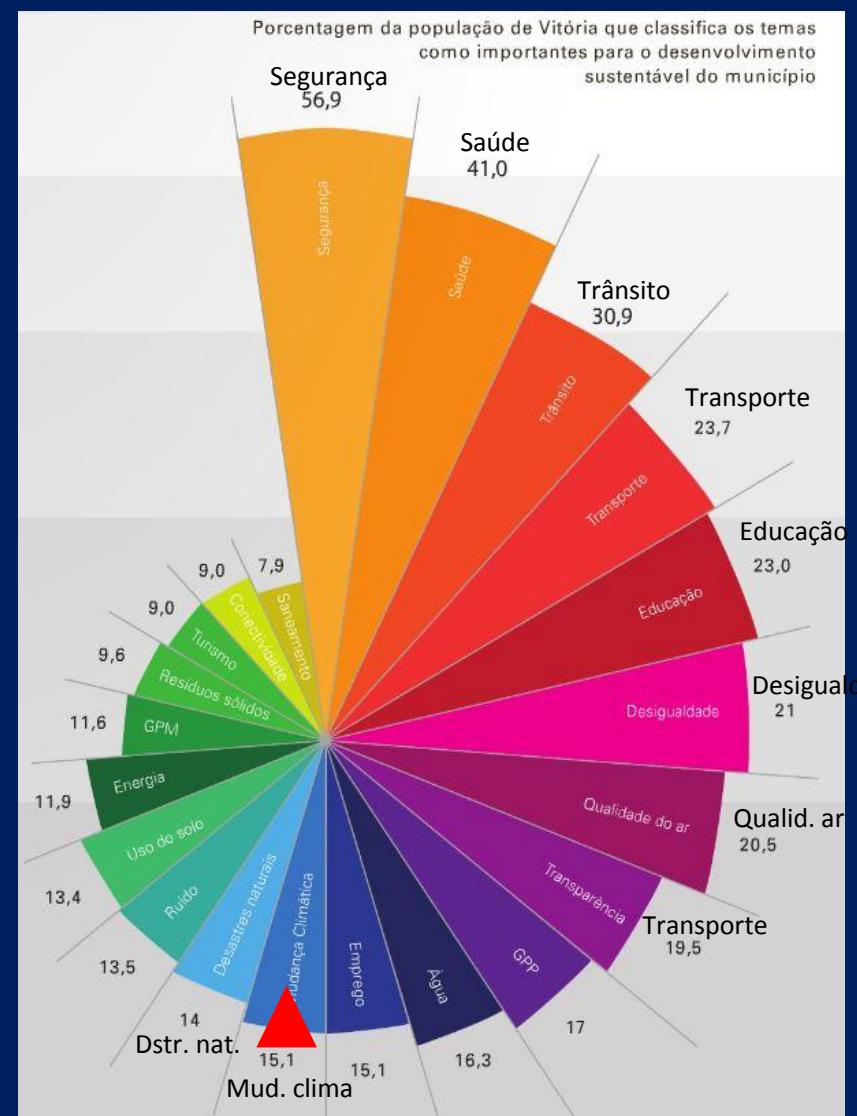
Zonas potencialmente inundáveis em **Recife**, considerando cenários de 0,5 e 1m de elevação do NMM (Costa et al., 2010 *in* Marengo & Scarano, 2017)

## Classificação de temas por importância para o desenvolvimento sustentável (proporção entre os quatro mais citados pelos enrevistados)

# Florianópolis



## Vitória

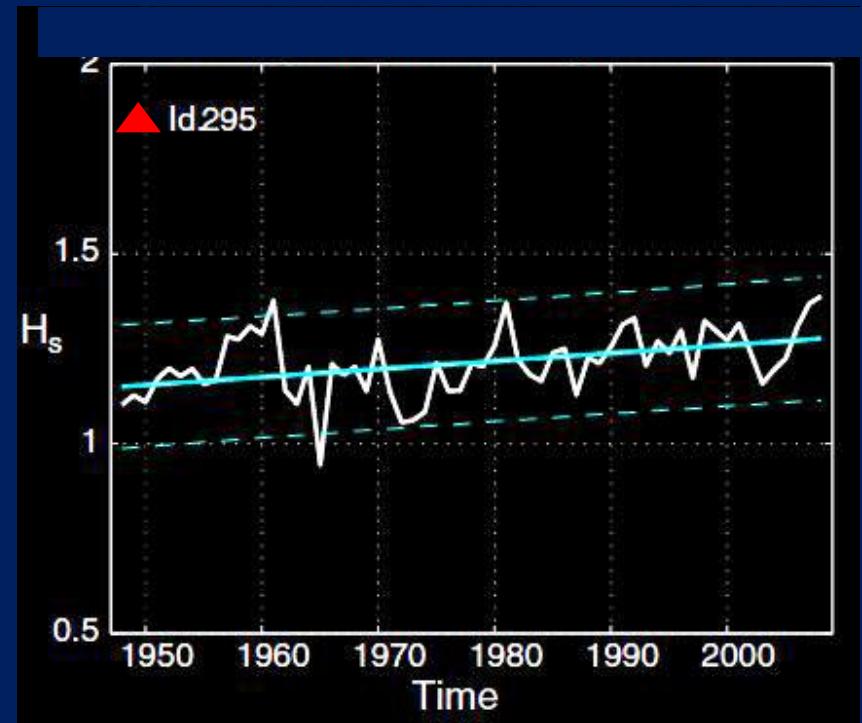


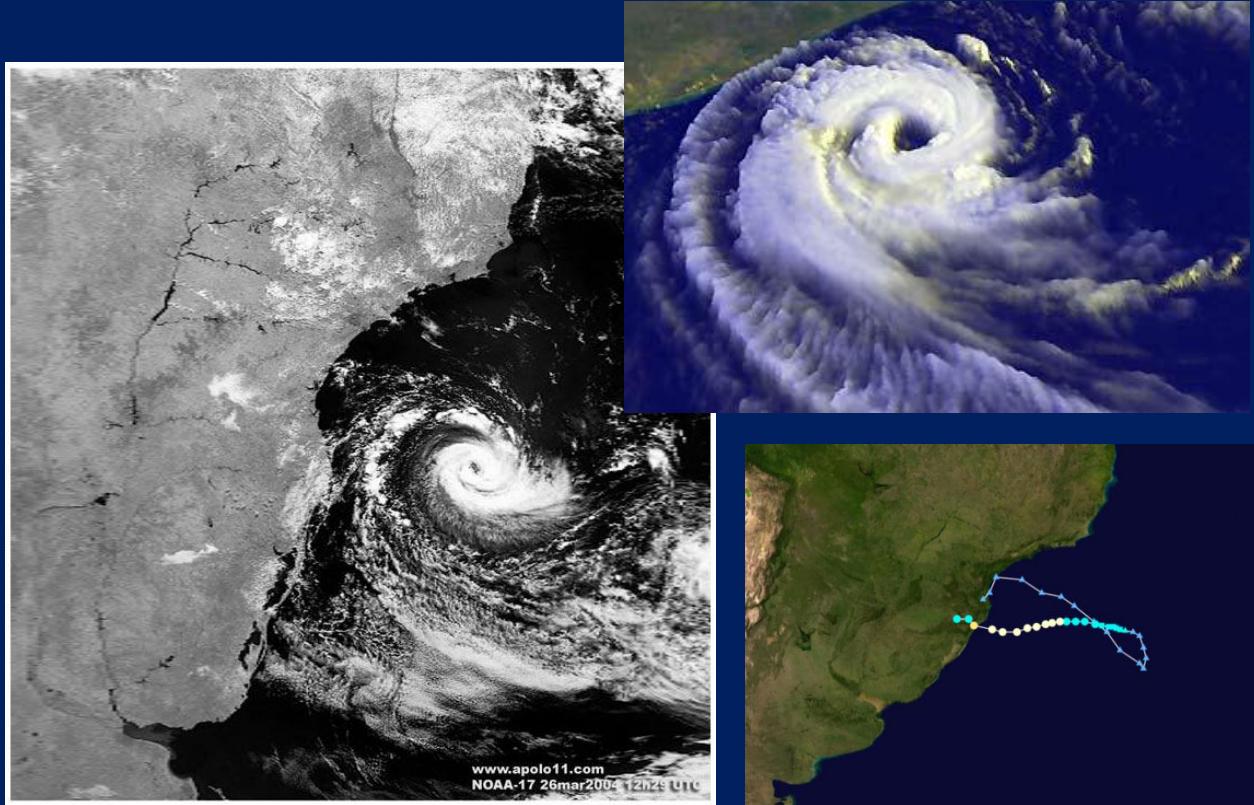
Fonte: Ices Brasil - iniciativa cidades emergentes e sustentáveis

Tendências de longo prazo de alturas significativas de ondas com excedência de 12 h a cada ano em cm/a (período 1948 a 2008)



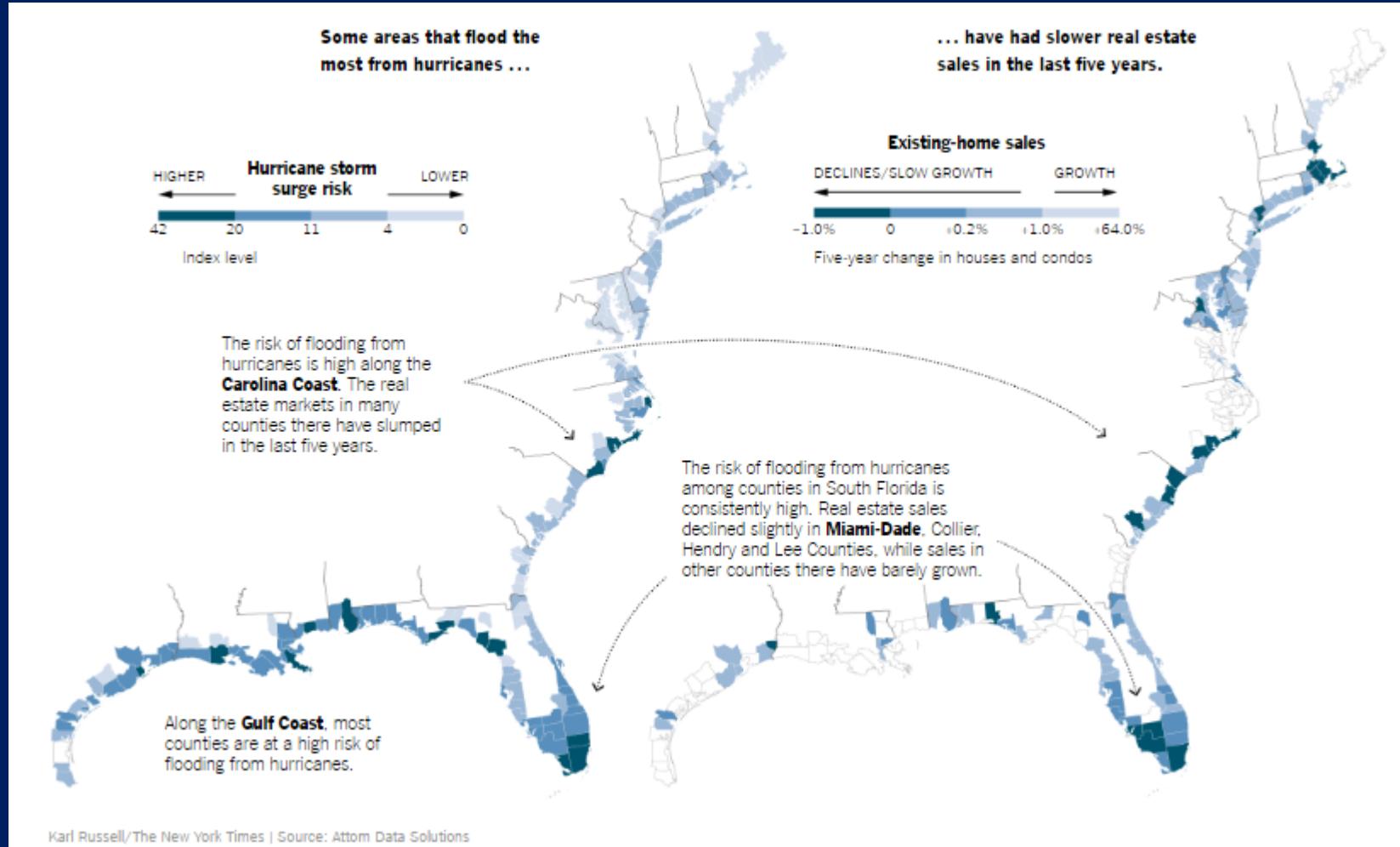
Altura média significativa das ondas ao longo do tempo





O ciclone Catarina atingiu as costas catarinense e gaúcha na noite do dia 27 de março de 2004 até a madrugada do dia seguinte. Com ventos máximos de cerca de 180 km/h, os impactos causados pelo ciclone foram equivalentes aos de um furacão Classe 3 na escala de Saffir-Simpson.

Fontes: Rudorff *et al.* (2004);  
Wikipedia.



Vulnerabilidade de propriedades no Leste dos Estados Unidos. As vendas de imóveis residenciais cresceram menos rapidamente nos últimos cinco anos em áreas onde as inundações por furacões são mais freqüentes.

Fonte: New York Times



Ondas quebrando sobre um muro/quebra-mar experimental construída para proteger casas durante a maré alta em Isle of Palms, S.C.

CreditMic Smith/Associated Press

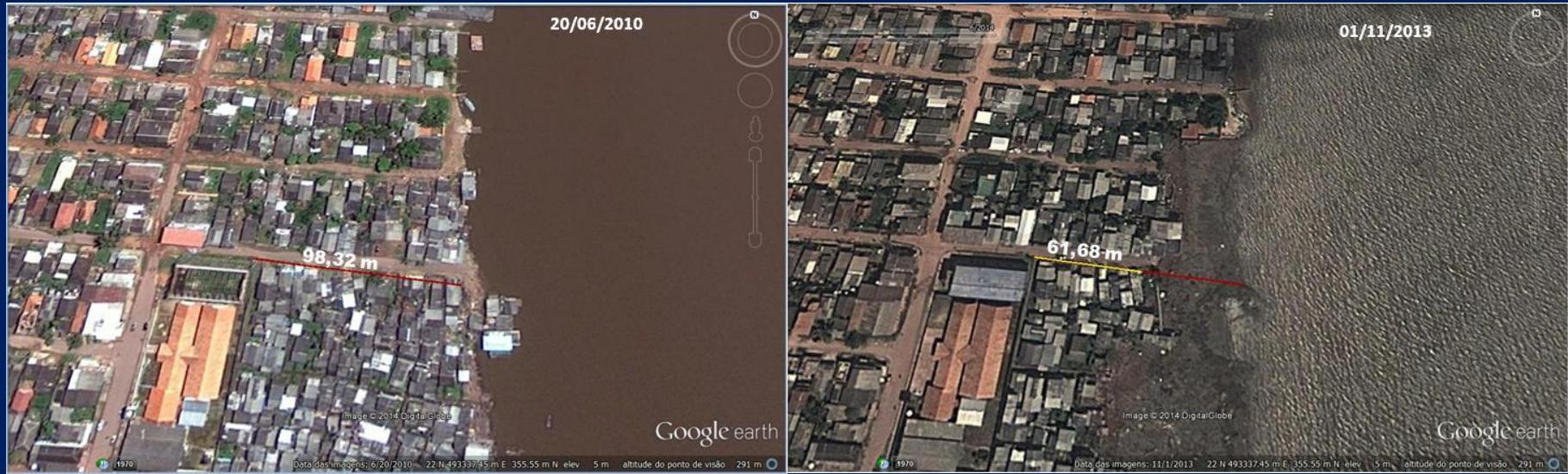


Alinhamento de casas a uma distância segura da linha de costa em Oak Island NC.

Fonte: New York Times



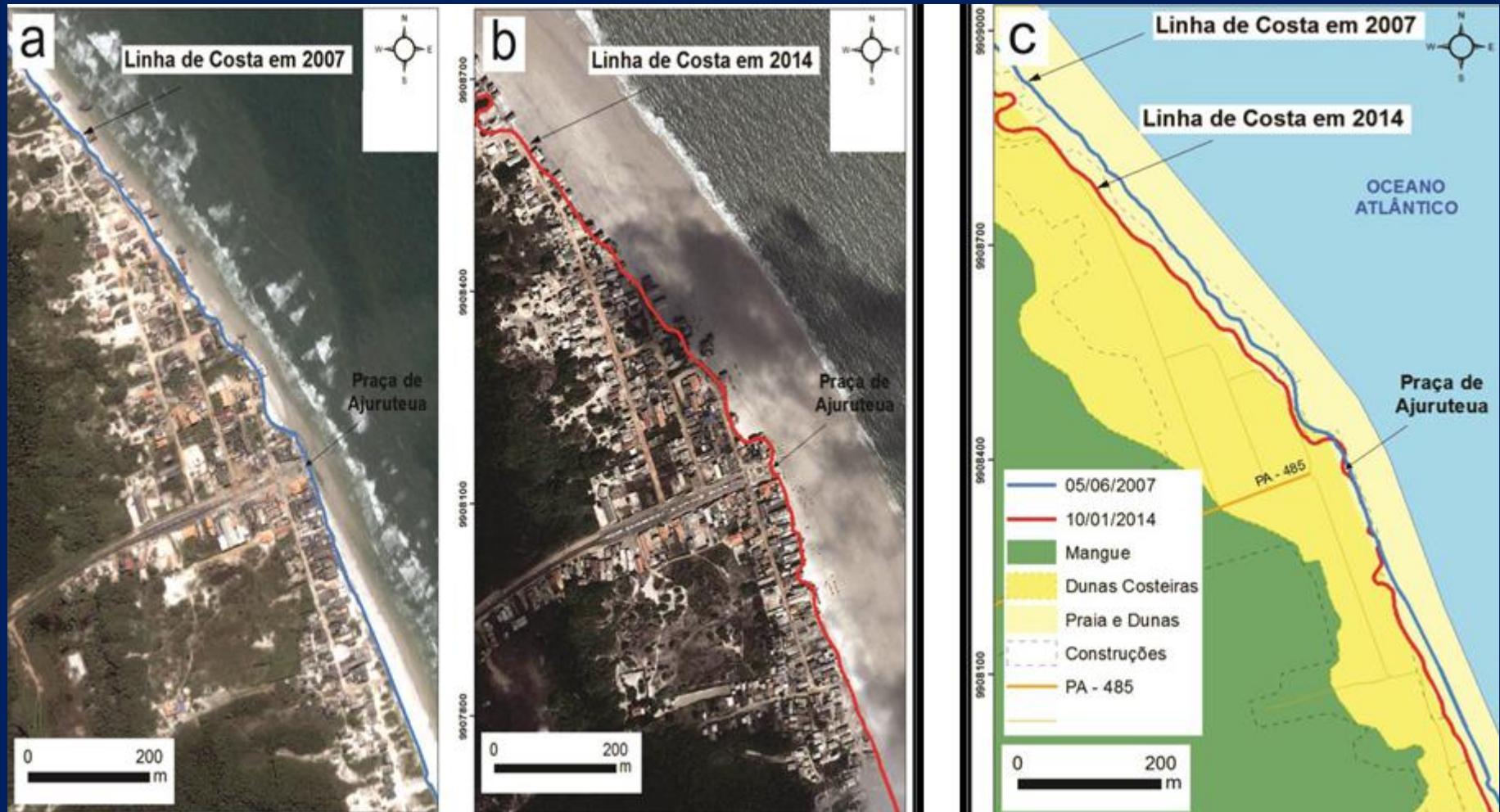
# Amapá



Praia do Aturiá (Bairro do Araxá) – setor estuarino. Comparação das modificações entre 2010-2013, com recuo da linha de costa de 36 m em 3 anos (12 m/a).

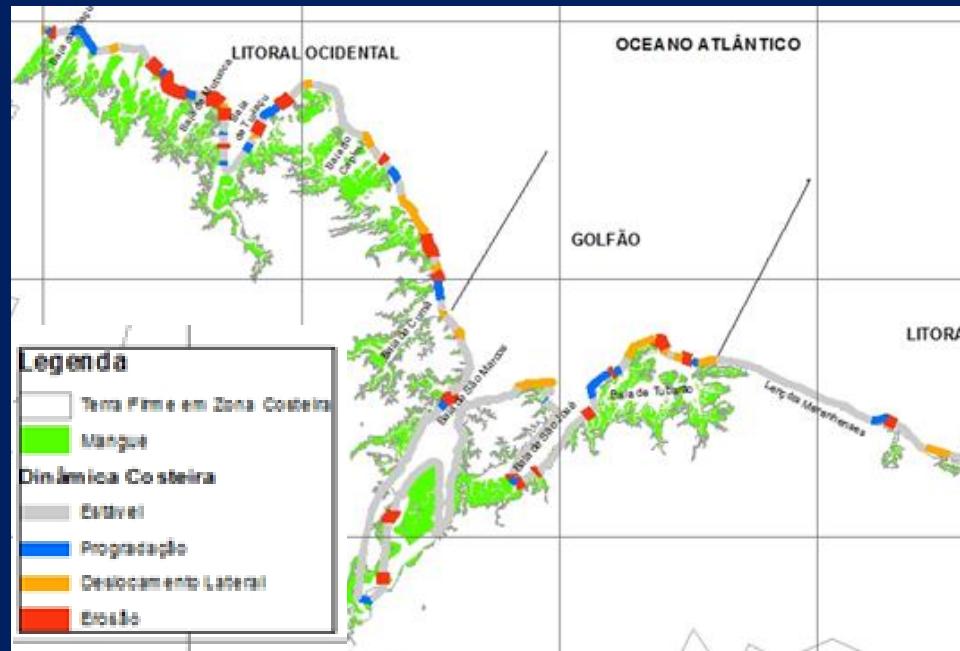
Fonte: TORRES et al.

# Pará



Praia de Ajuruteua, Pa. Recuo da linha de costa sobre área urbanizada.  
Fonseca et al (2015) *apud* El-Robrini *et al.*

# Maranhão



# Dunas transpondendo falésias da Formação Barreiras na orla urbanizada de São Luis

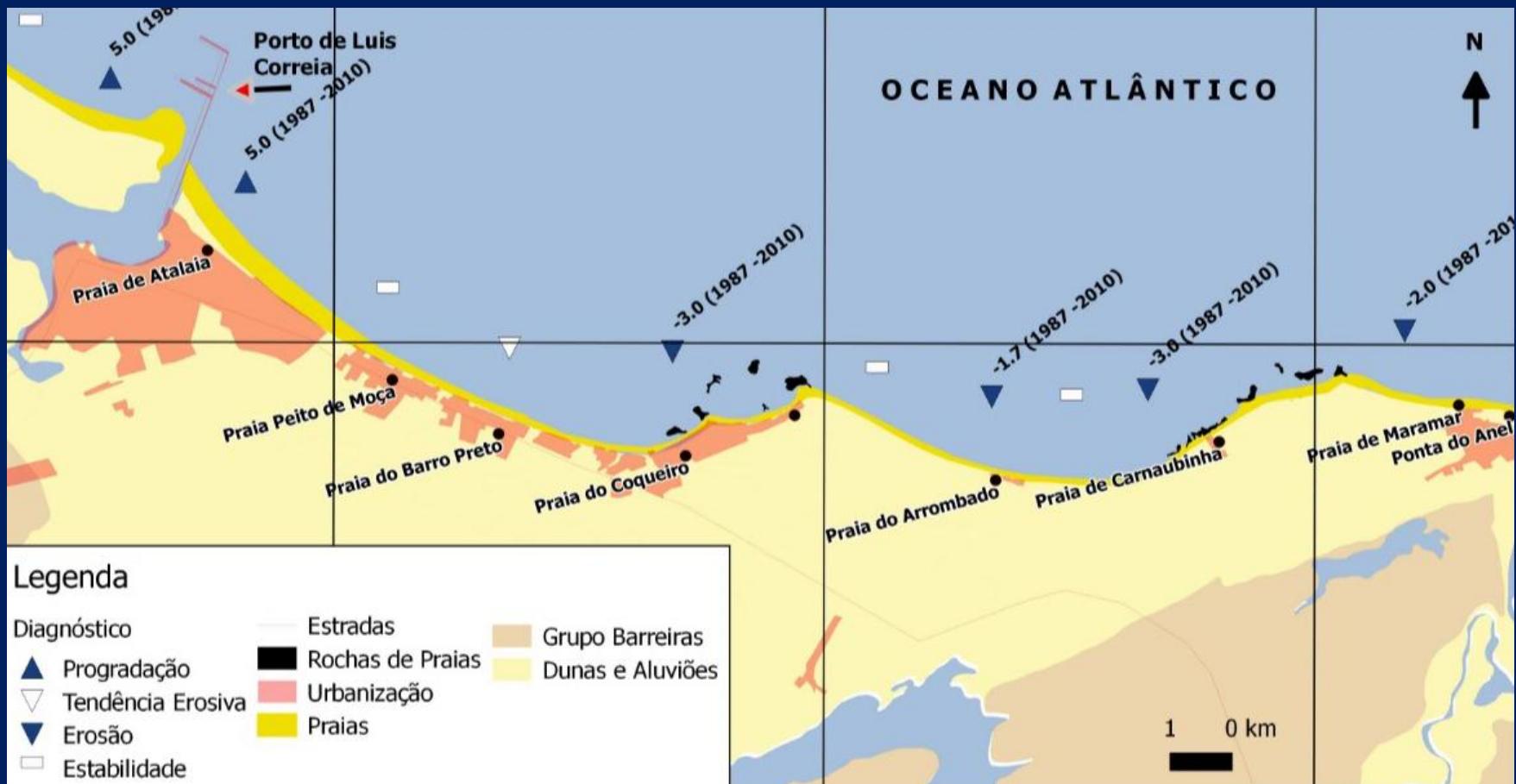
Foto D. Muehe

# Avaliação dos setores de progradação, erosão, deslocamento lateral e erosão no litoral maranhense (elaborado por Márcio Vaz *apud* El-Robrini et al.



Fonte: El-Robini *et al.*

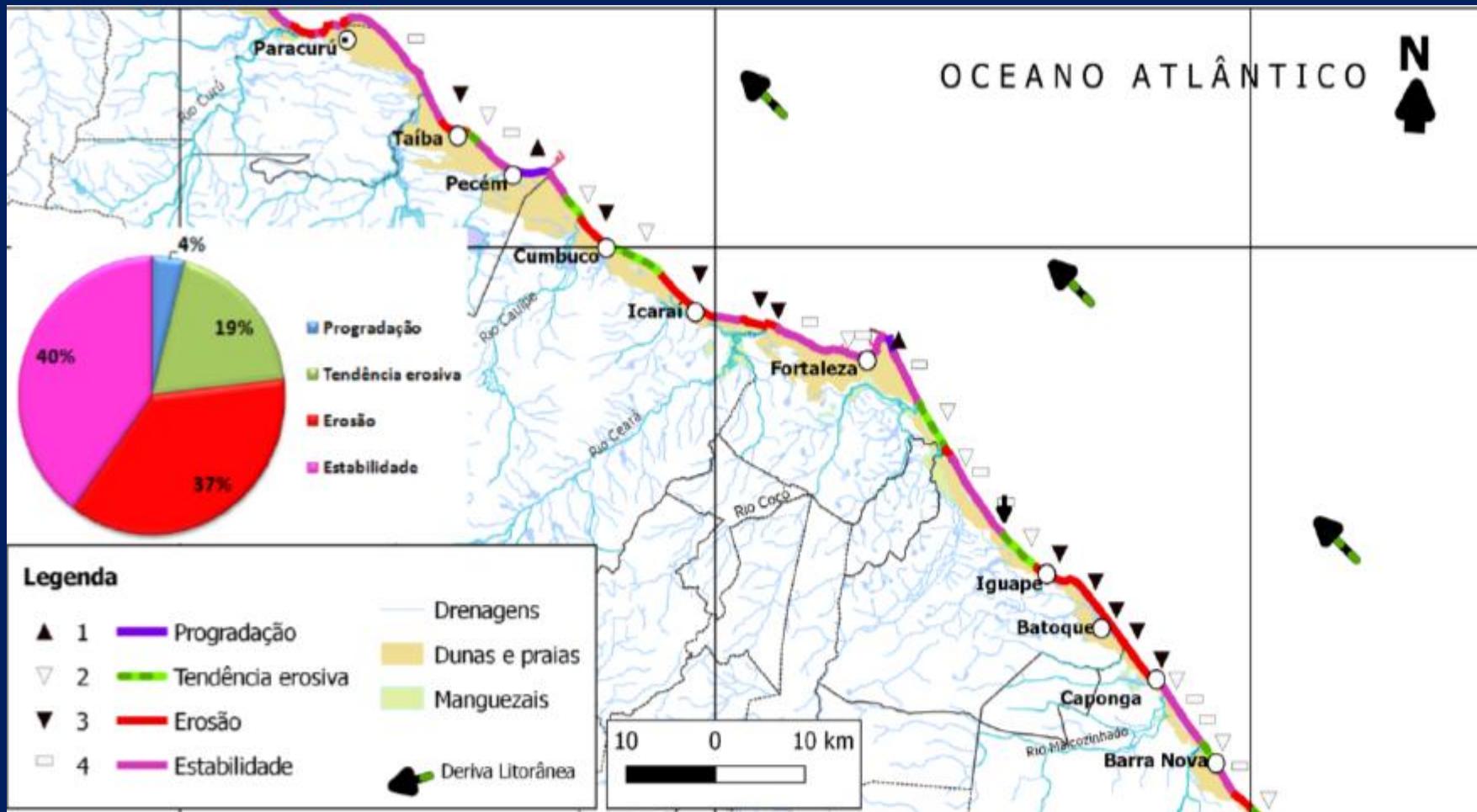
# Piauí



Taxas de erosão e progradação no litoral do Piauí

Fonte: Paula *et al.*

# Ceará



Erosão e progradação na orla costeira adjacente a Fortaleza.

Fonte: Morais *et al.*

# Rio Grande do Norte



Erosão da linha de costa em centenas de metros passando a afetar as instalações de bombeamento de óleo. Próx. Guamaré



Beach rocks como quebra-mar em Camurupim



Falésias em Pipa

Fotos D. Muehe

# PARAÍBA

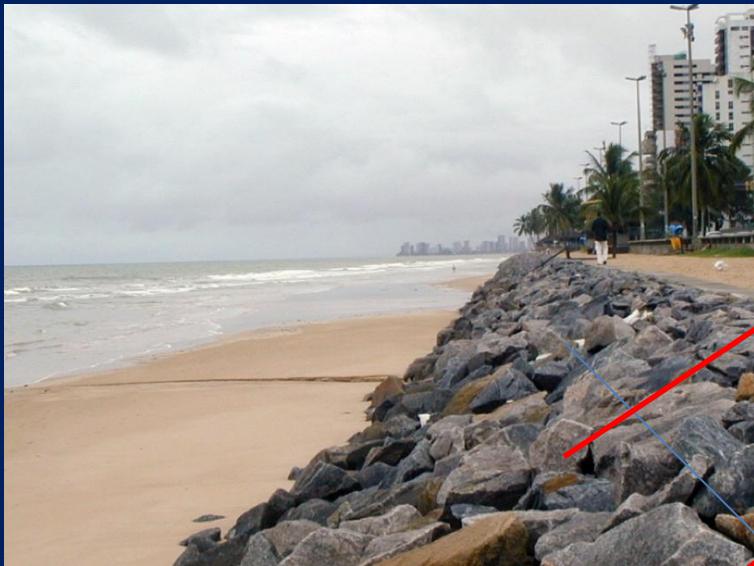


Pontal recurvo na margem esquerda do rio Tracunhaém, divisa entre os estados da Paraíba e Pernambuco



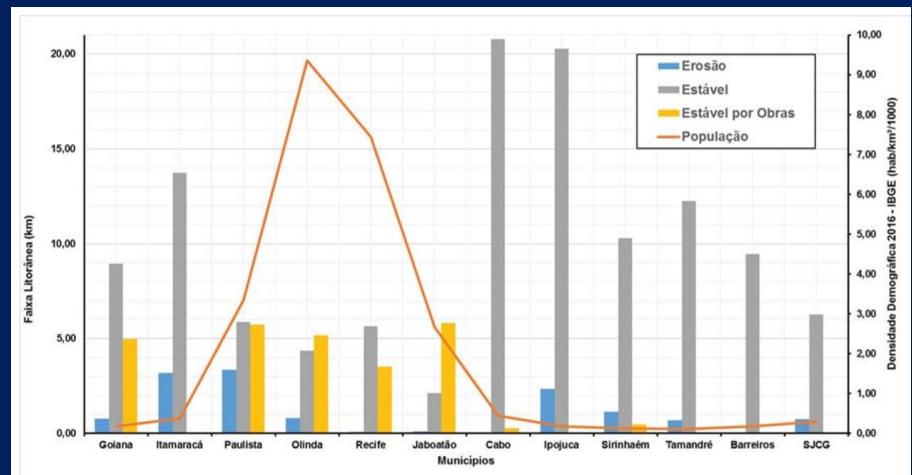
Fonte: Domingues *et al.*

# Pernambuco



Falta de areia na praia da Boa Viagem  
e...  
excesso na barra do Catuama

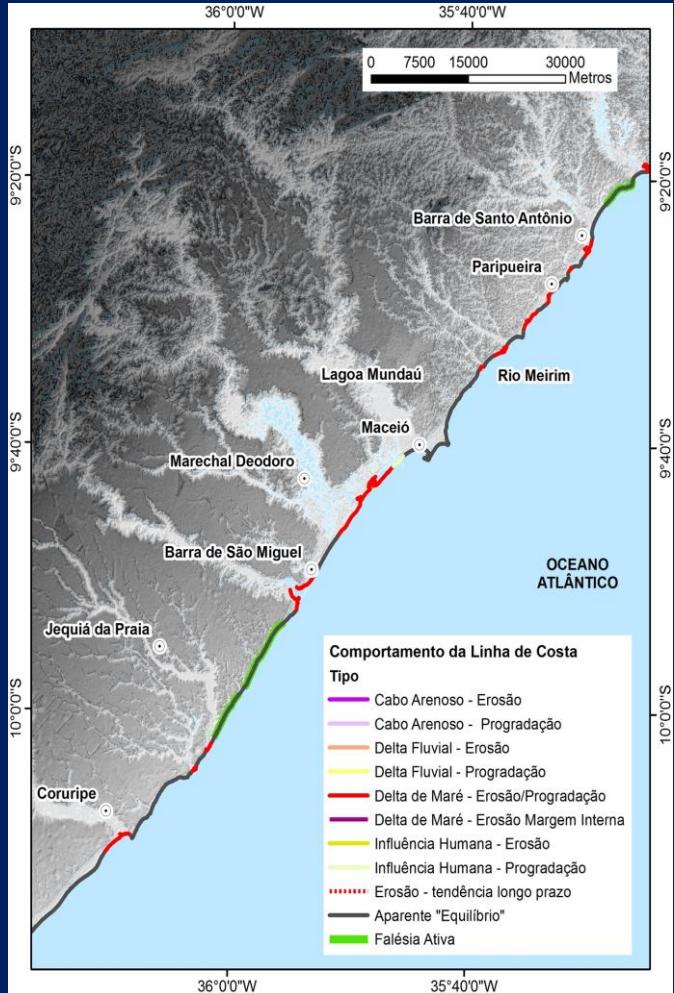
Fotos D. Muehe



Relação entre a taxa de erosão em função  
da densidade demográfica.

Fonte: Vaz Manso *et al.*

# Alagoas



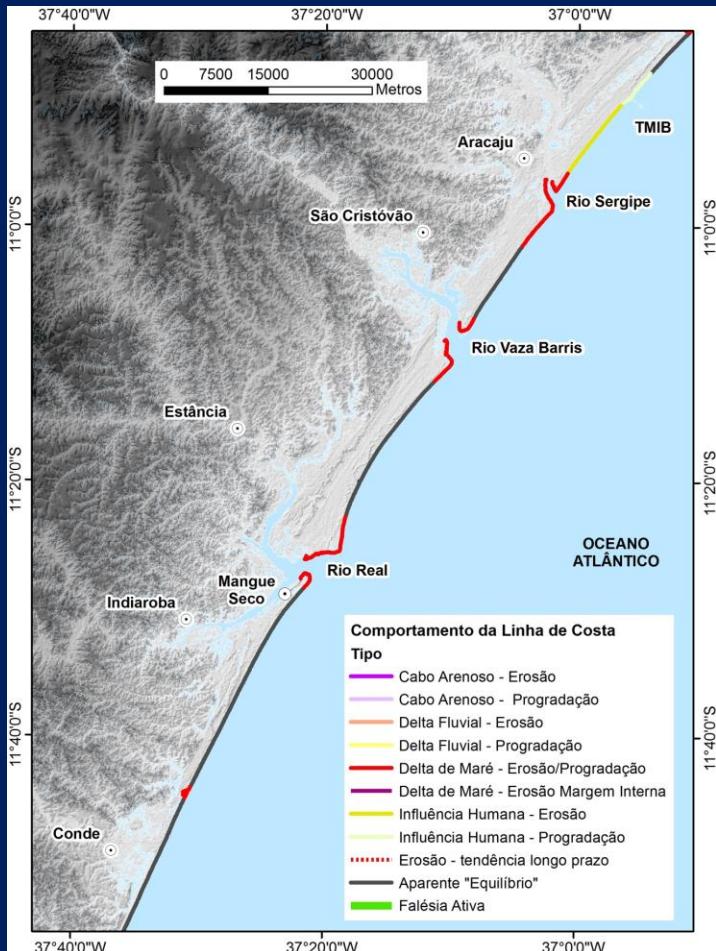
Comportamento da linha de costa para o trecho Coruripe – Barra de Santo Antônio



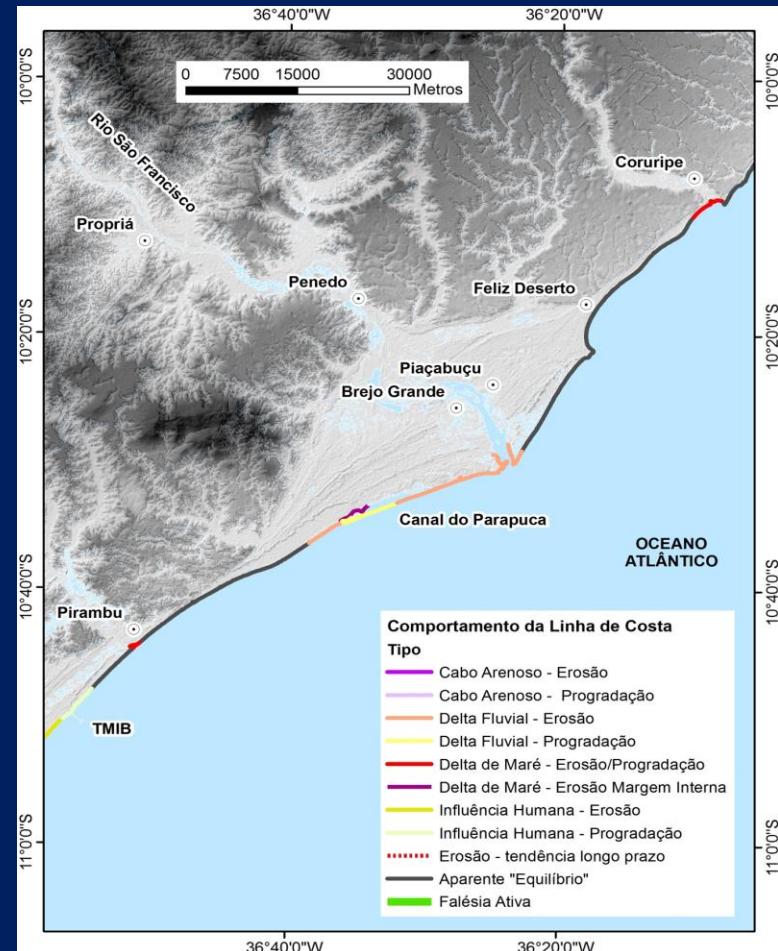
Fotos D. Muehe 2000

Fonte: Dominguez *et al.*

# Sergipe



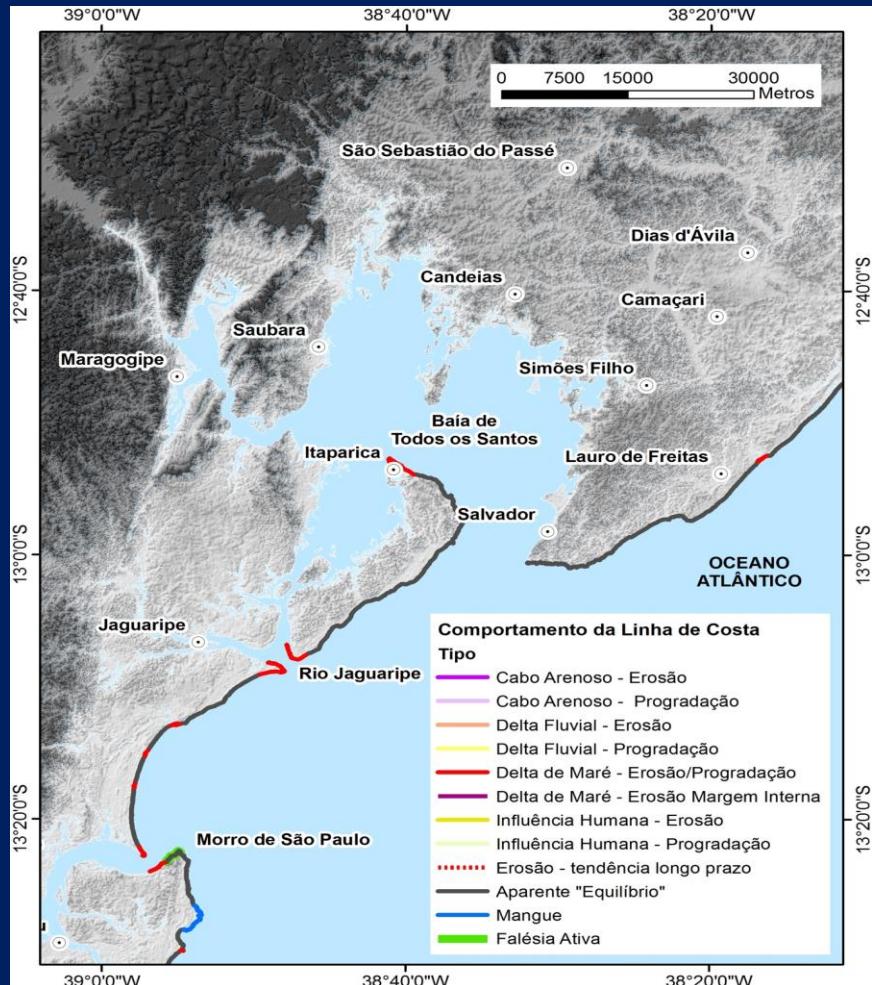
Comportamento da linha de costa para o trecho Conde (BA) – Aracajú (SE)



Comportamento da linha de costa para o trecho Pirambu (SE) – Coruripe (AL).

Fonte: Dominguez *et al.*  
Fonte:

# Bahia



Comportamento da linha de costa para o trecho Valença – Lauro de Freitas, na costa central do Estado da Bahia



Foz do rio Real (Ba/Se) – Exemplo de comportamento de delta de vazante onde deslocamentos laterais na posição do talvegue provocam mudanças significativas na linha de costa e nas margens internas do canal.

Fonte: Dominguez *et al.*

# Espírito Santo



Mobilidade da desembocadura fluvial do rio São Mateus, afetando o bairro da Bugia em Conceição da Barra, ES e aterro hidráulico para recuperação da orla.



Fonte: Jacqueline Albino *et al.*



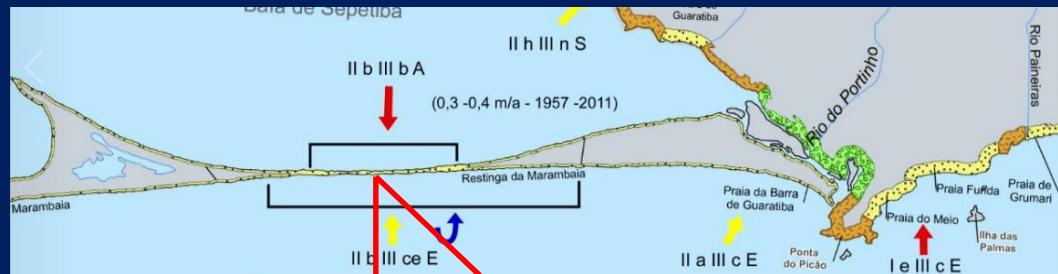
Recuperação da Praia de Camburi em Vitória, e criação de ampla faixa para esportes e lazer.

Fonte: Jacqueline Albino *et al.*

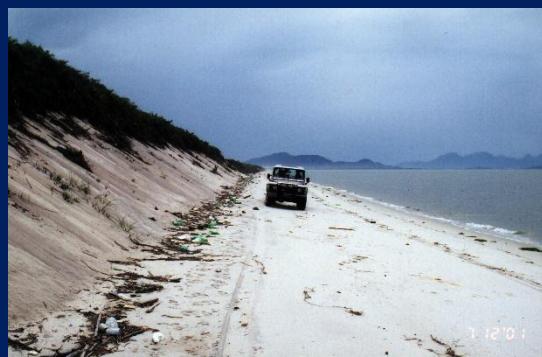
# Rio de Janeiro



Restinga da Massambaba.  
Resiliência apesar da exposição



Restinga da Marambaia.  
Um risco potencial

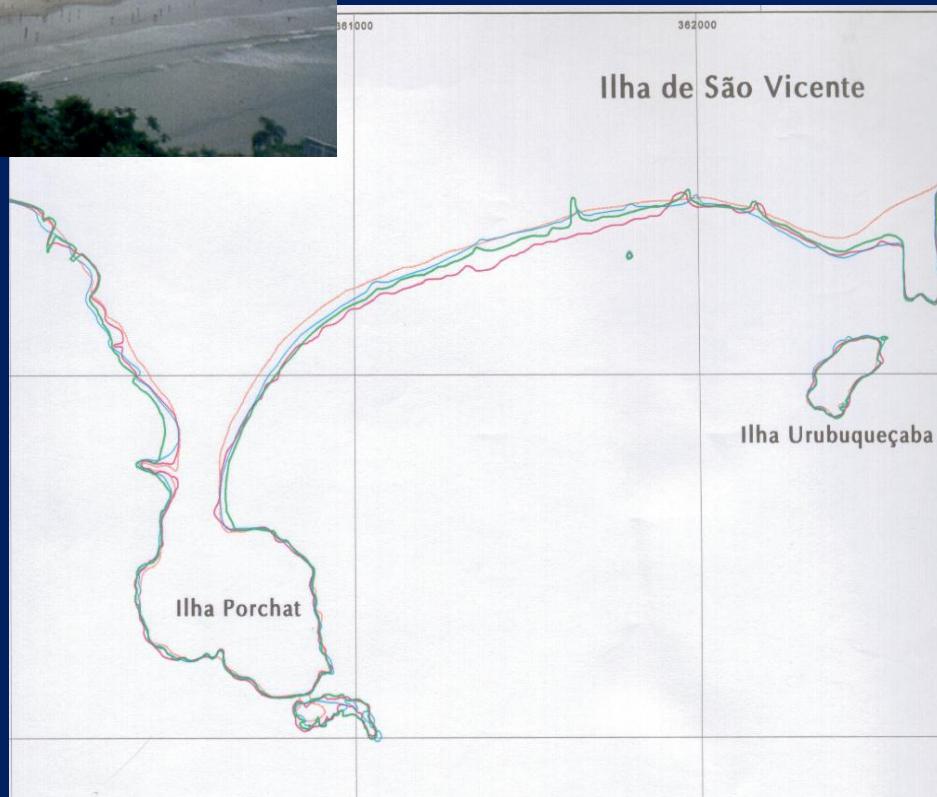


Fonte: D. Muehe, *et al.*

# São Paulo

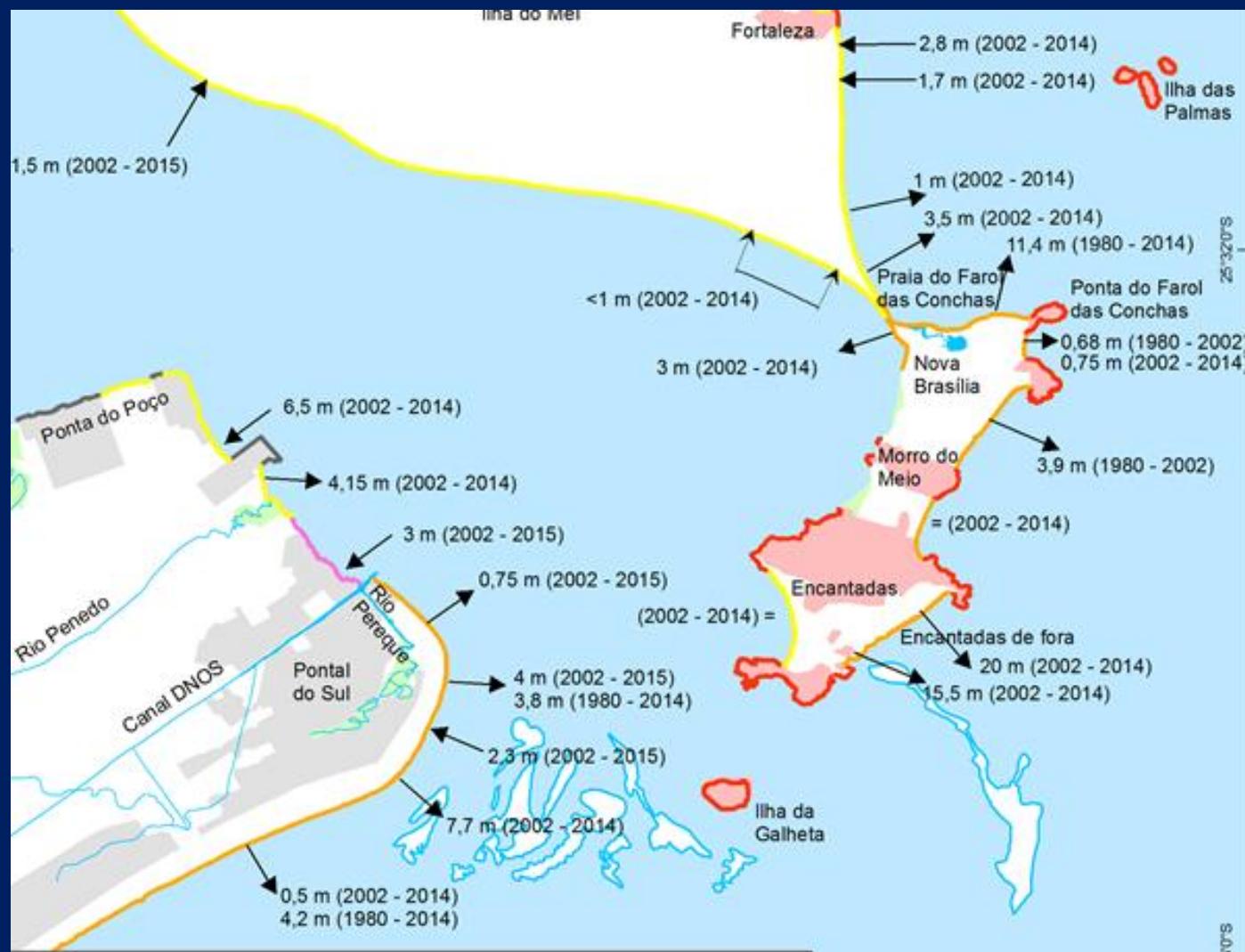


*A linha laranja representa a linha de costa em 1962 que em geral é a mais recuada de todas. A linha azul representa 1977, a rosa representa 1994 e a verde representa 2000. A oeste da ilha Porchat o acúmulo de material sedimentar só é garantido pela construção de uma série de espiões, construídos na década de 1970.*



Fonte: Michel M. de Mahiques *et al.*

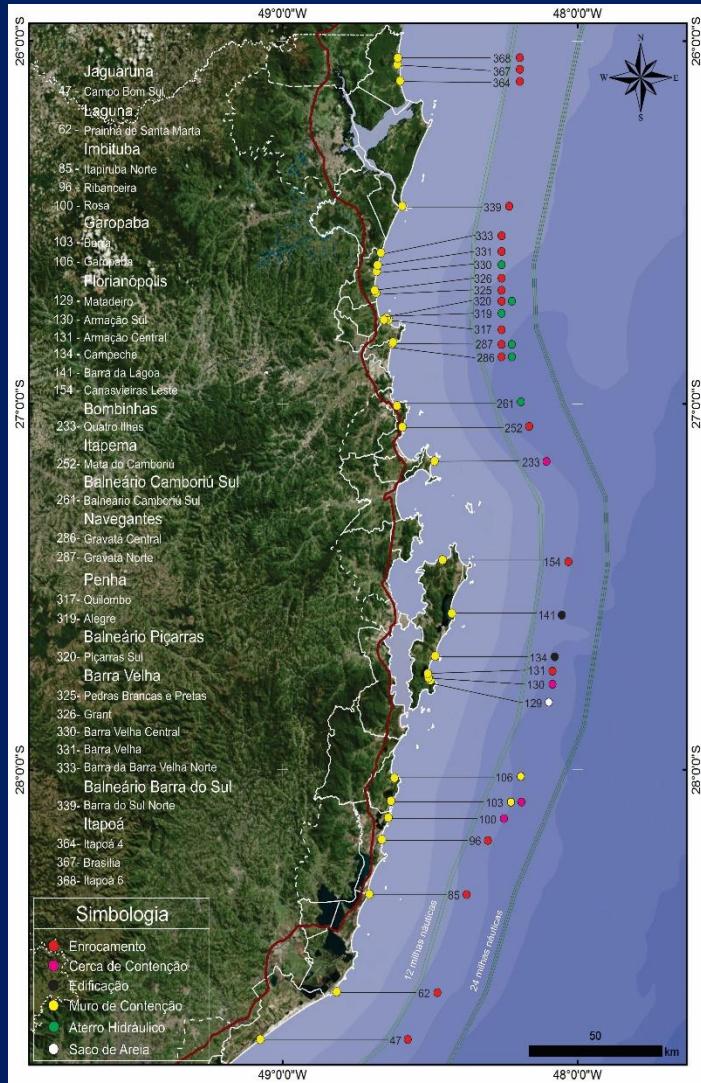
# Paraná



Taxas de erosão e acreção em segmento do litoral paranaense.

Fonte: Angulo *et al.*

# Santa Catarina



Praia da Armação na Ilha de Santa Catarina  
após o evento de tempestade de 2010.

Fonte: Horn Filho *et al.*

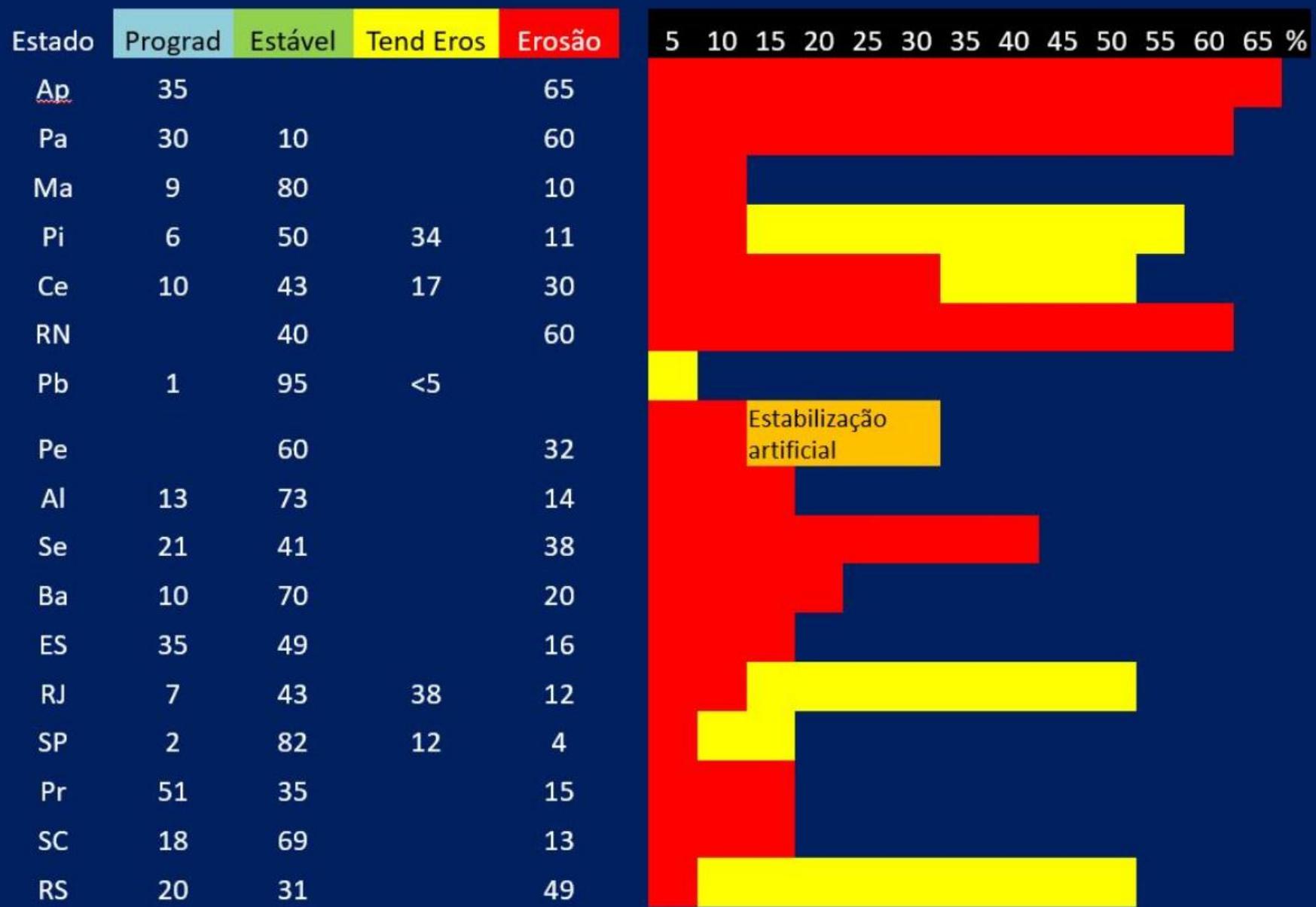
# Rio Grande do Sul



## Variação da linha de costa do RS entre os anos 2002 e 2013

Fonte: Nicolodi et al. 2017

Mobilidade da linha de costa expresso em porcentagem do comprimento total da linha de costa de cada Estado



# Percepção sobre tendência erosiva e sugestões de ação



Houve piora na intensidade ou extensão dos processos erosivos?

Sugestões

Monitoramento

Melhorar técnicas (drones LIDAR etc.)



Instalar ondógrafos

Instalar marcos geodésicos

Disponibilizar imagens de satélite

Monitoramento de áreas suscetíveis a inundações



Atualização e adaptação em nível local de legislação de uso e ocupação



Aplicação do Projeto Orla/estabelecer faixa de não edificação



Identificação nos Planos Diretores de áreas de não interferência



Maior aproximação entre órgãos gestores, universidades e comunidades



Definição do datum vertical

Batimetria da plataforma continental interna



Formação de redes regionais de gestão e disponibilização de dados



Controlar ocupação



Evitar obras rígidas



Priorizar engordamento de praia



Delimitação de áreas de risco/placas de advertência na base de falésias

Sem alteração significativa   Ligeira alteração para pior   Piora significativa   Implementações sugeridas

EFEITO PROVÁVEL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS  
PARA O LITORAL URBANIZADO DO BRASIL

Obrigado



Imagen: John Church, 2007