

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE



PANORAMA DA EROSÃO COSTEIRA NO BRASIL

ORGANIZAÇÃO **DIETER MUEHE**

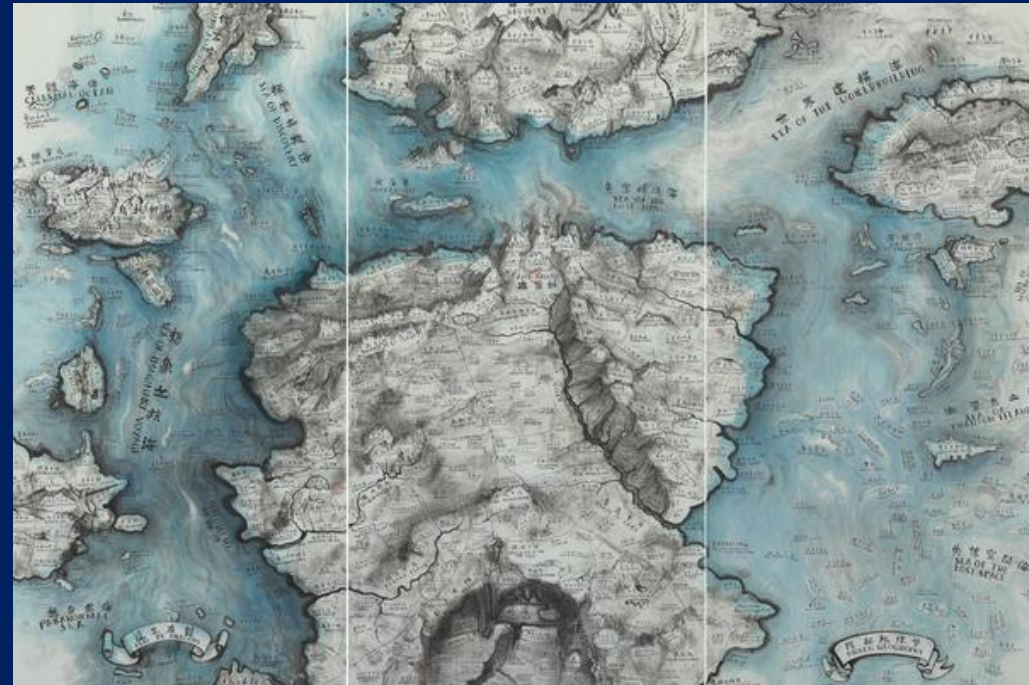


Imaginary Geography by Qiu Zhijie envisions a new world.

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

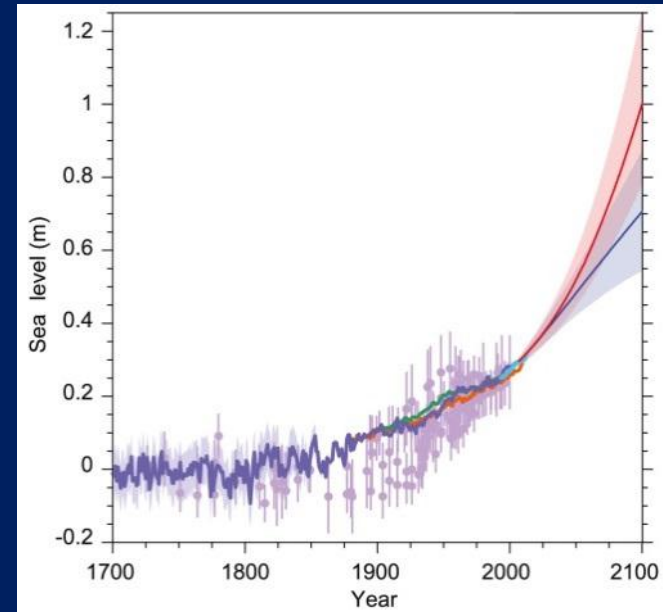
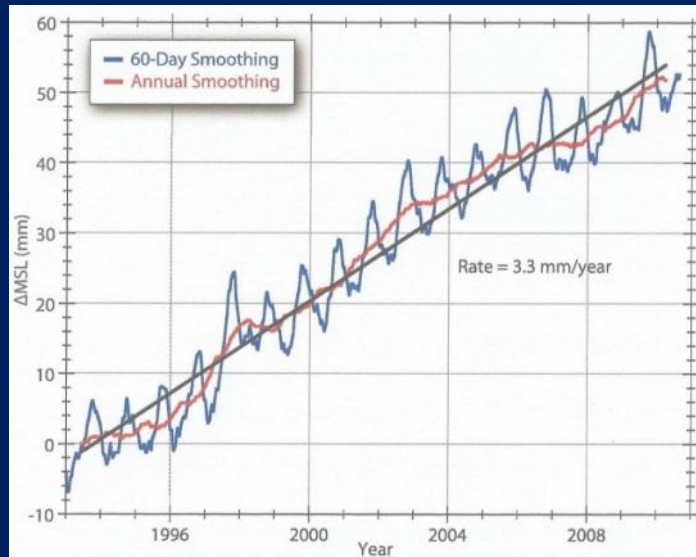
Por volta de 2050, grande parte da área central de Xangai estará submersa.

Em 2116, os contornos da cidade estarão irreconhecíveis.



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

IPCC 2013

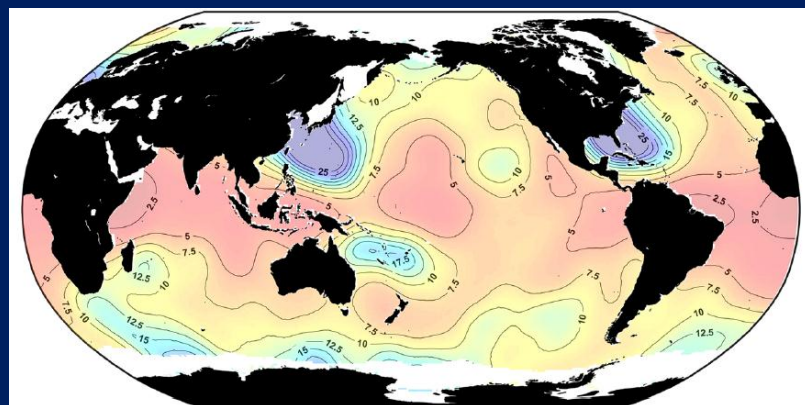


Lado esquerdo: Elevação do nível do mar entre 1993 a 2011 a partir de medições altimétricas (TOPEX/Poseidon, Jason-1 e Jason 2) (Oceanography, 2011, 24 (2): 80 a 93) e, lado direito, estimativas de elevação do nível do mar (Church *et al.* 2013).



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

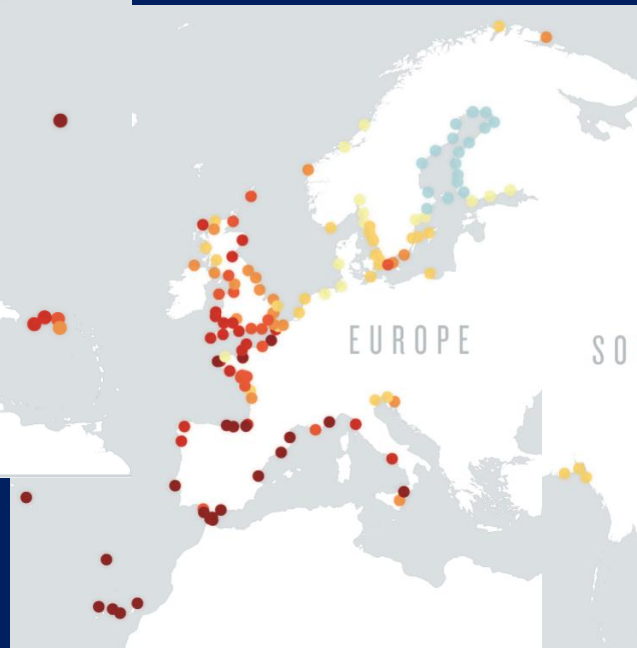
www.nature.com/scientificreports

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

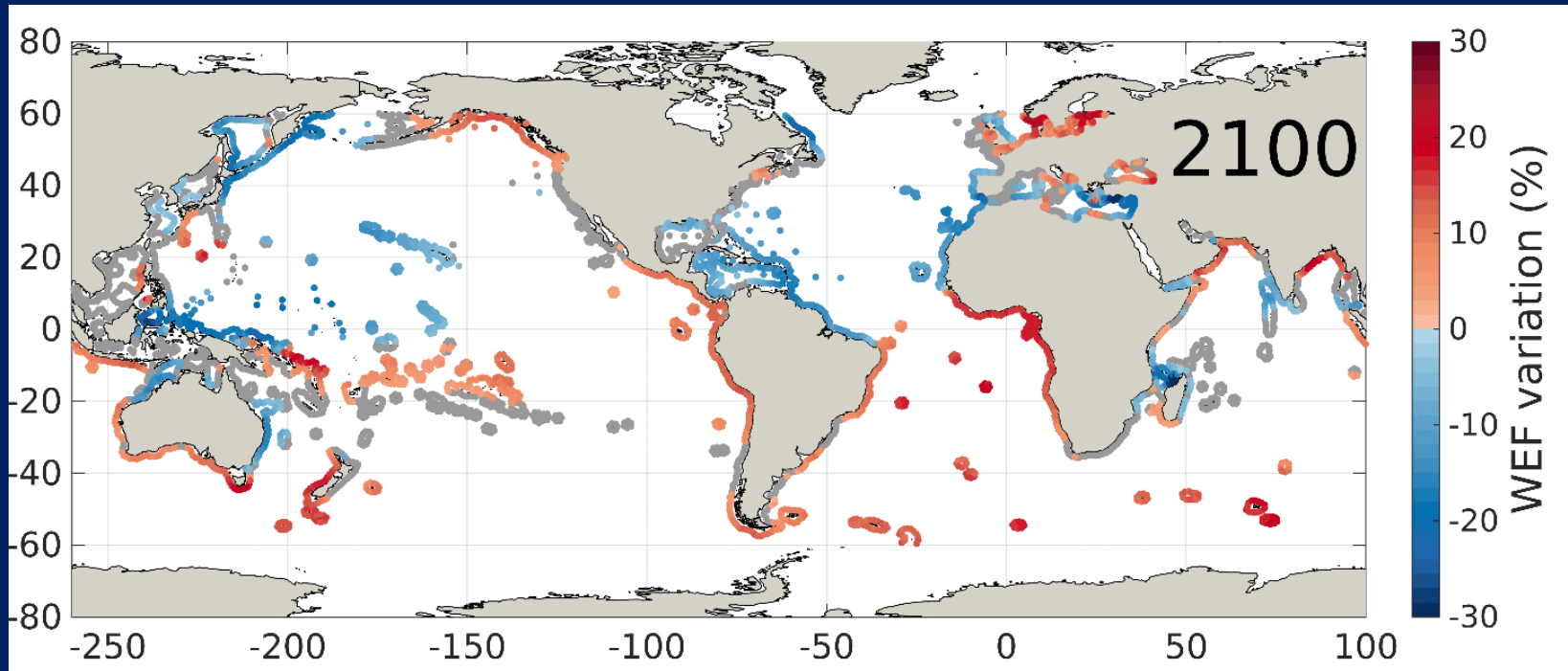
18 Maio 2017

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



Nature **555**, 156-158 (2018)
doi: 10.1038/d41586-018-02745-0

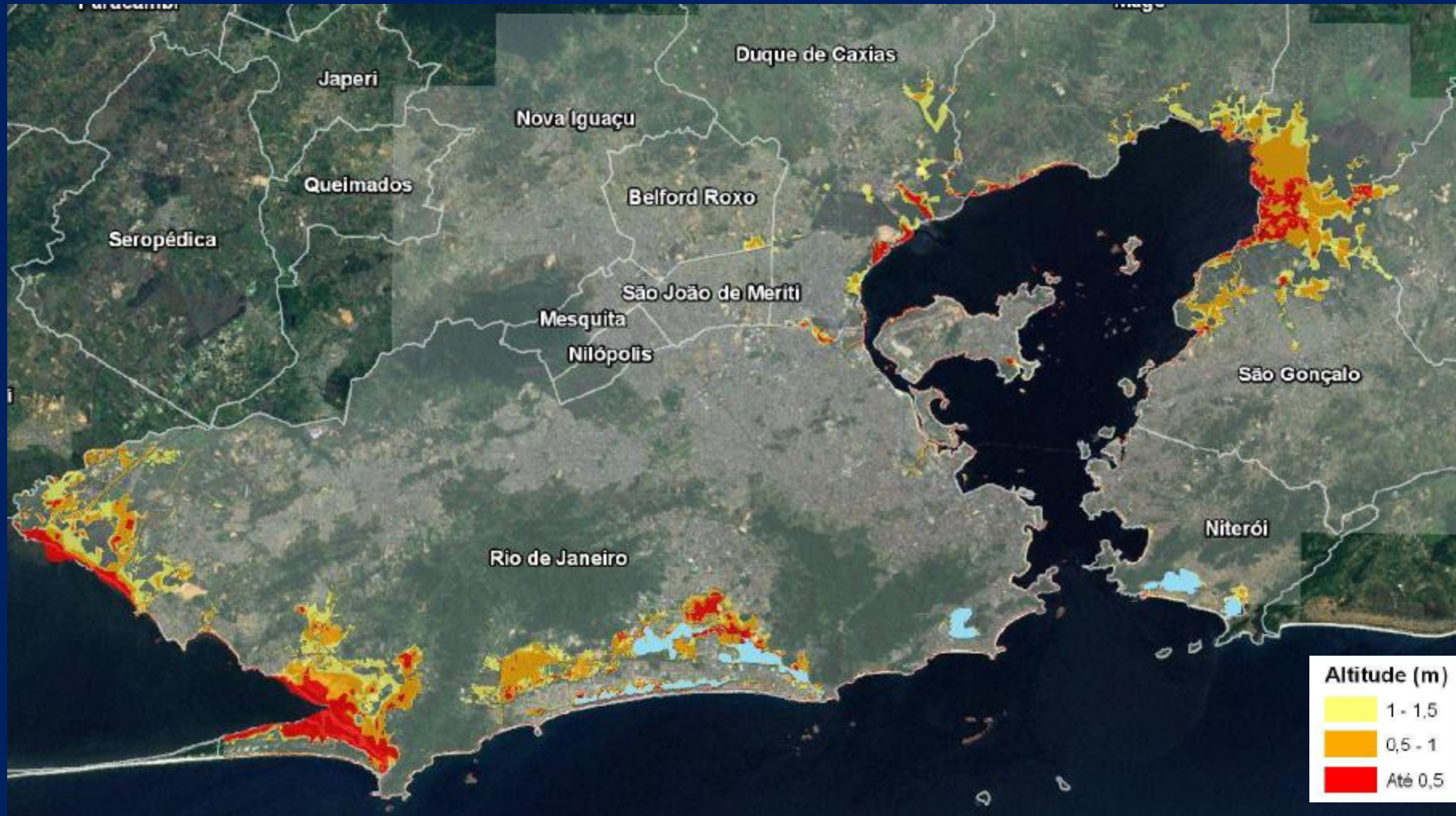


Mudança no fluxo de energia das ondas em escala global.

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

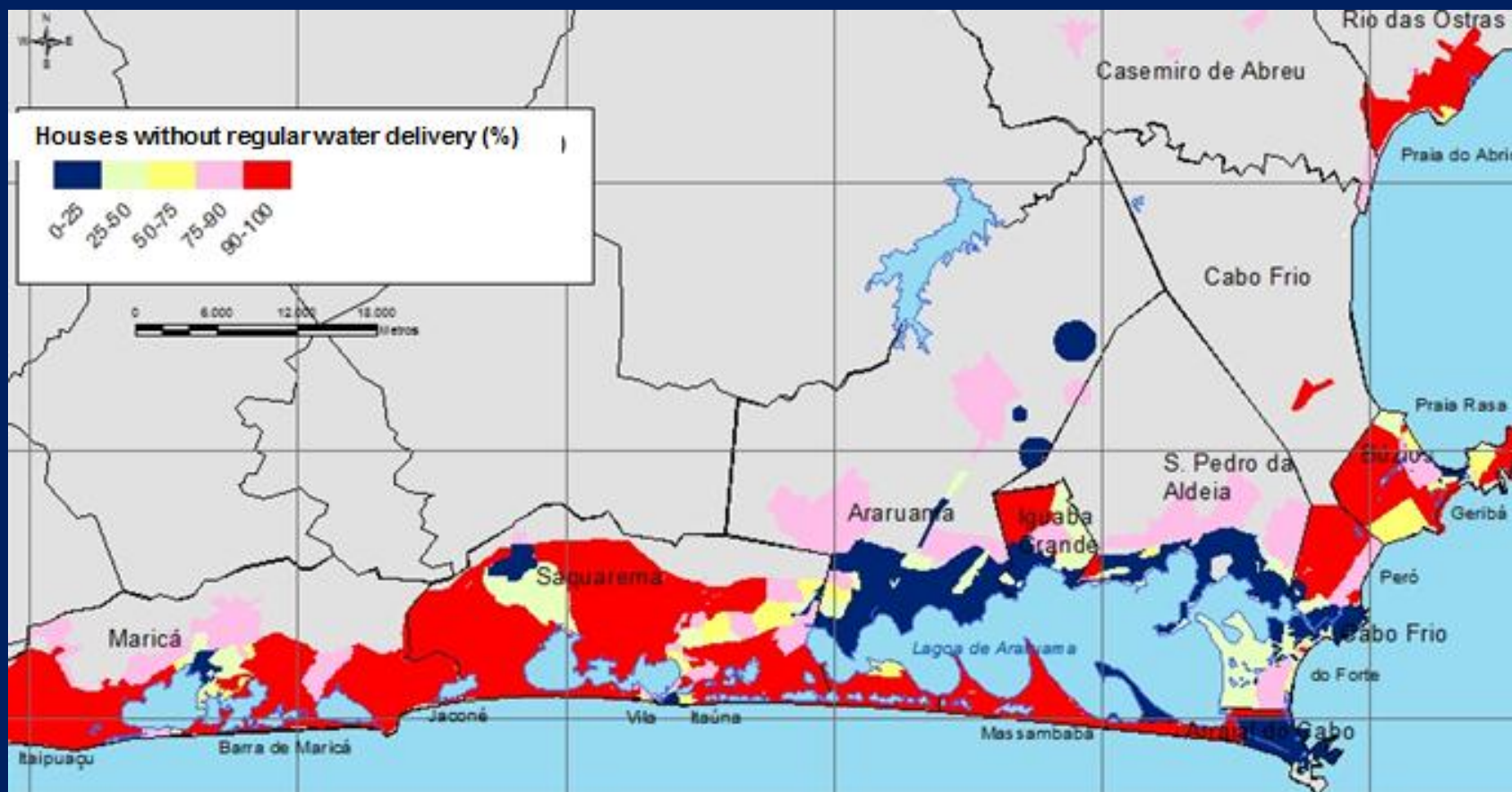
Contato autor: Michail.VOUSDOKAS@ec.europa.eu

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

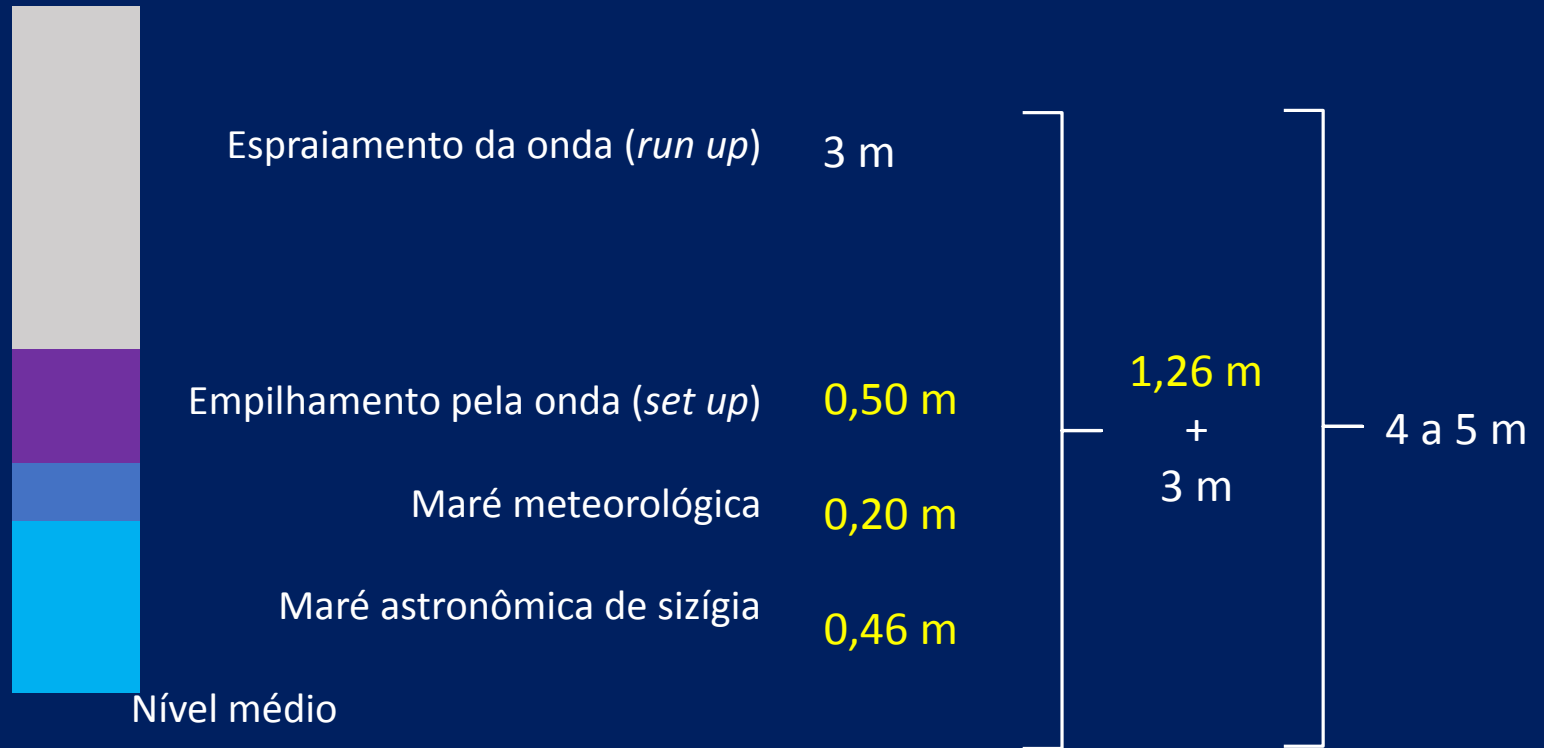
Suprimento de água na Região dos Lagos (RJ) em 2000



Fonte: Flávia Moraes Lins-de-Barros, 2010

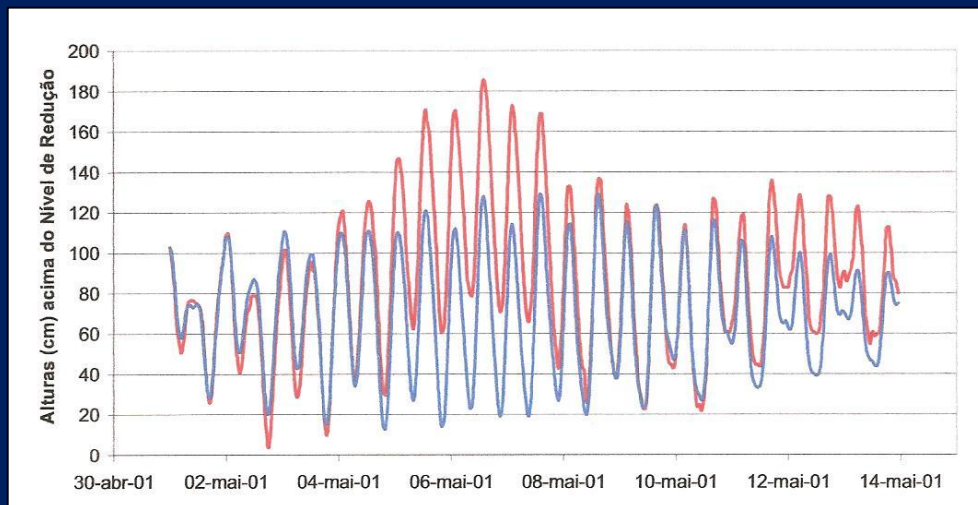
Processos envolvidos no cálculo da cota de inundação

Exemplo (ordens de grandeza):
onda de tempestade $H_s = 3\text{ m}$



MARÉ PREVISTA E OBSERVADA NA ILHA FISCAL – RJ

(MARÉ METEOROLÓGICA)

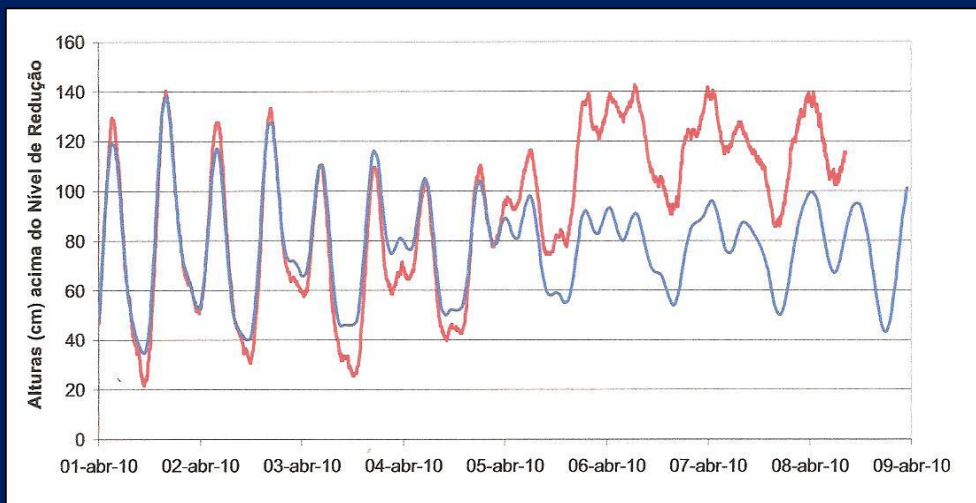


Maio de 2001

Situação: Maré de sizígia

Altura > previsto: 47 cm

Altura acima NR: 180 cm

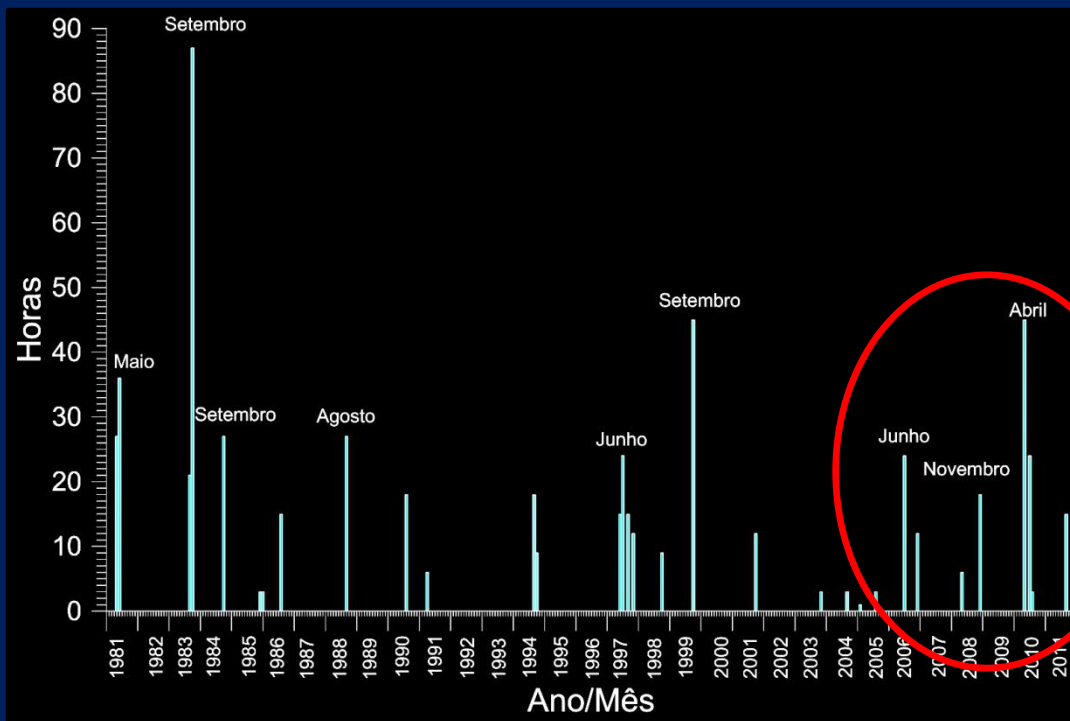


Abril de 2010

Situação: Maré de quadratura

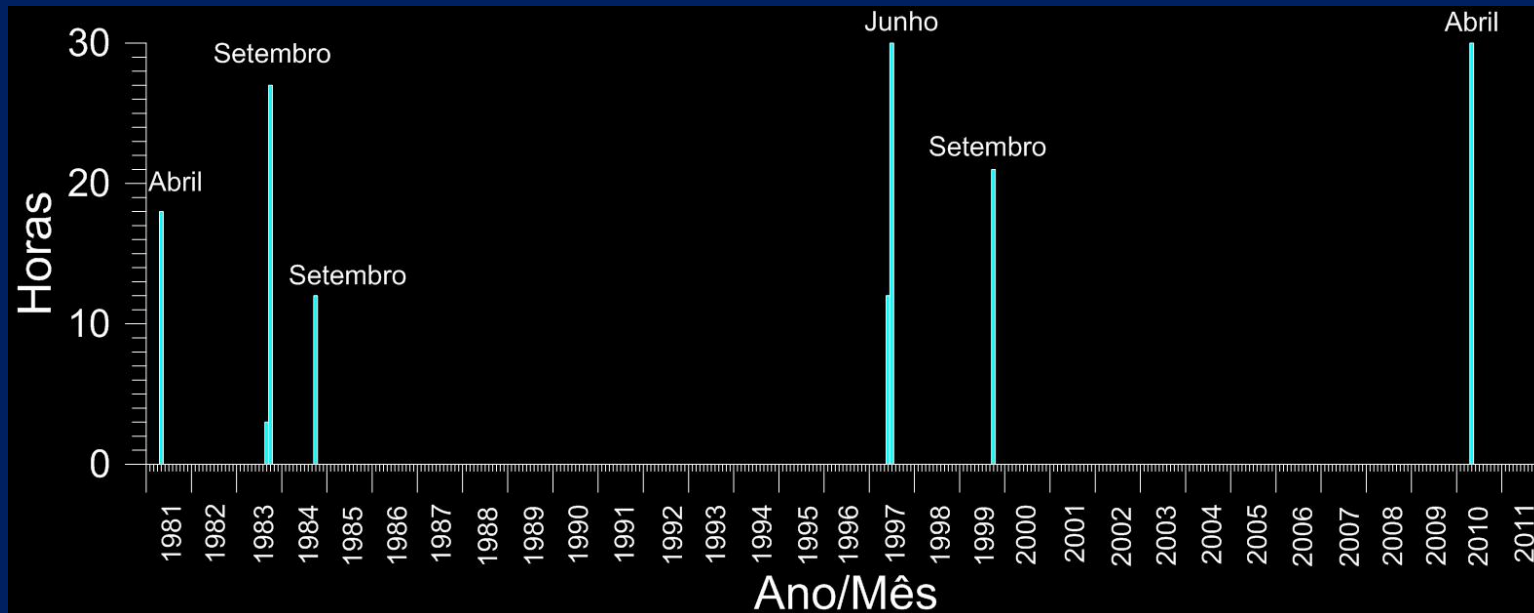
Altura > previsto: 45 cm

Altura acima NR: 140 cm

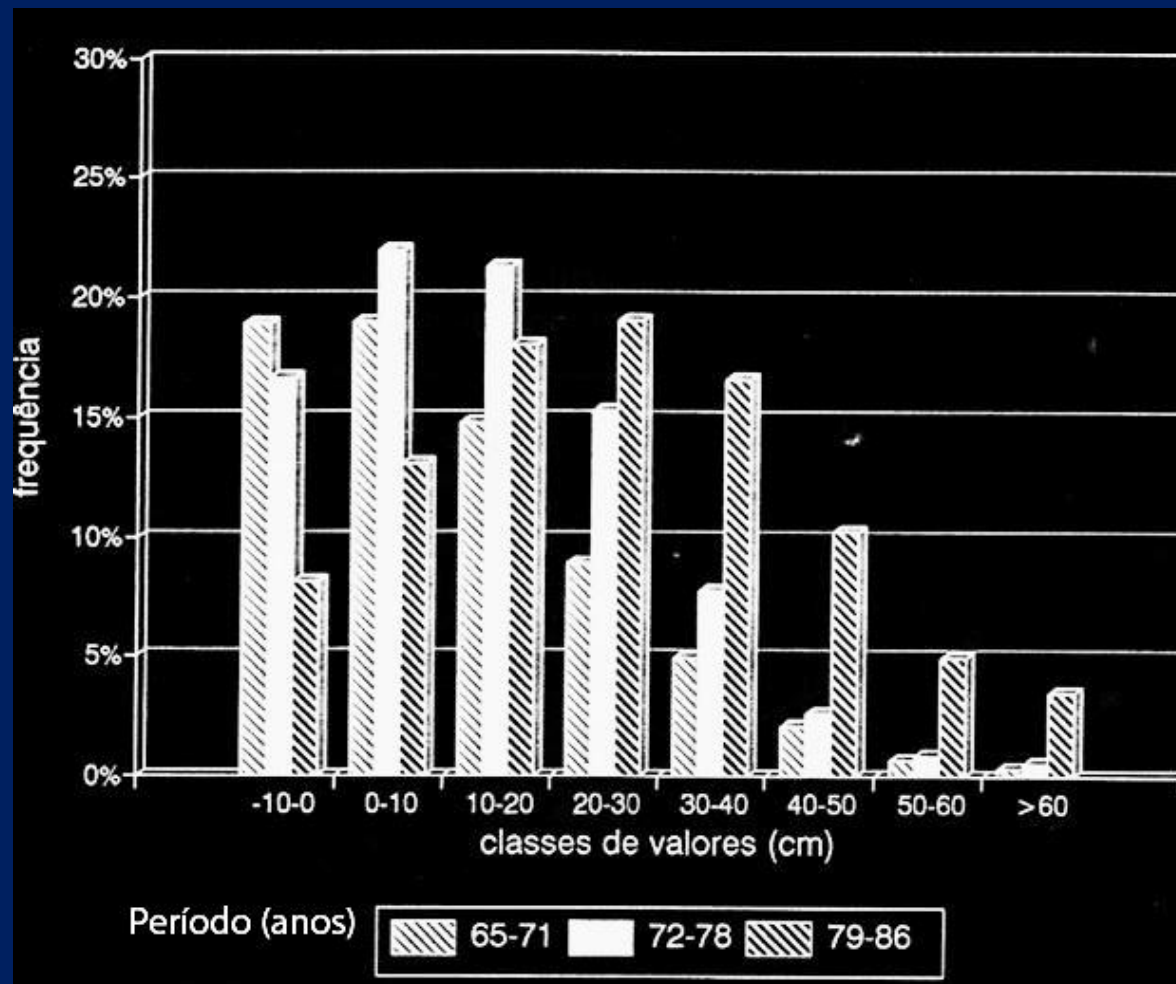


Frequência de altura de ondas
Bacia de Campos

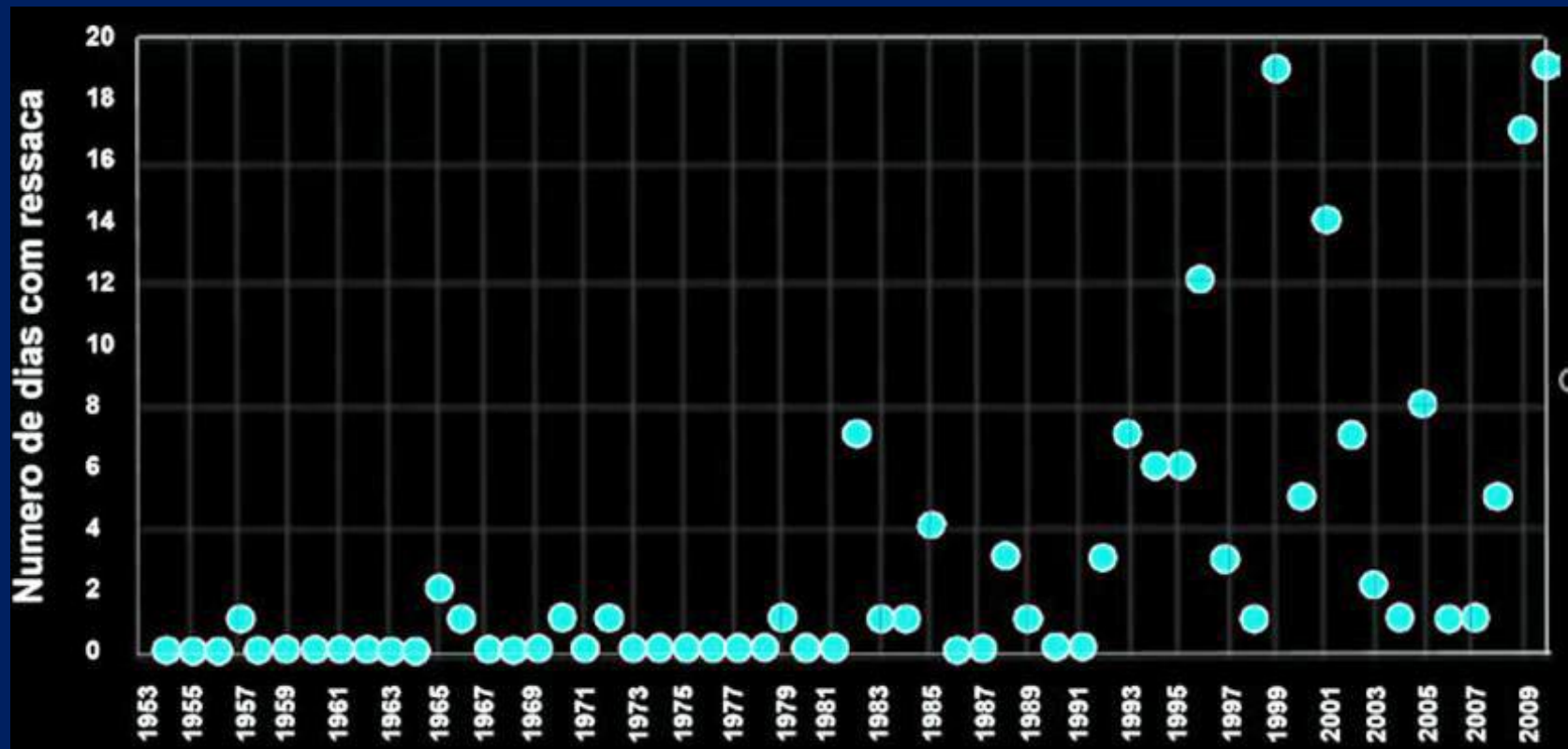
> 3 m



> 3.5 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

http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/plano_de_acao_florianopolis_sustentavel_bid_caixa.pdf

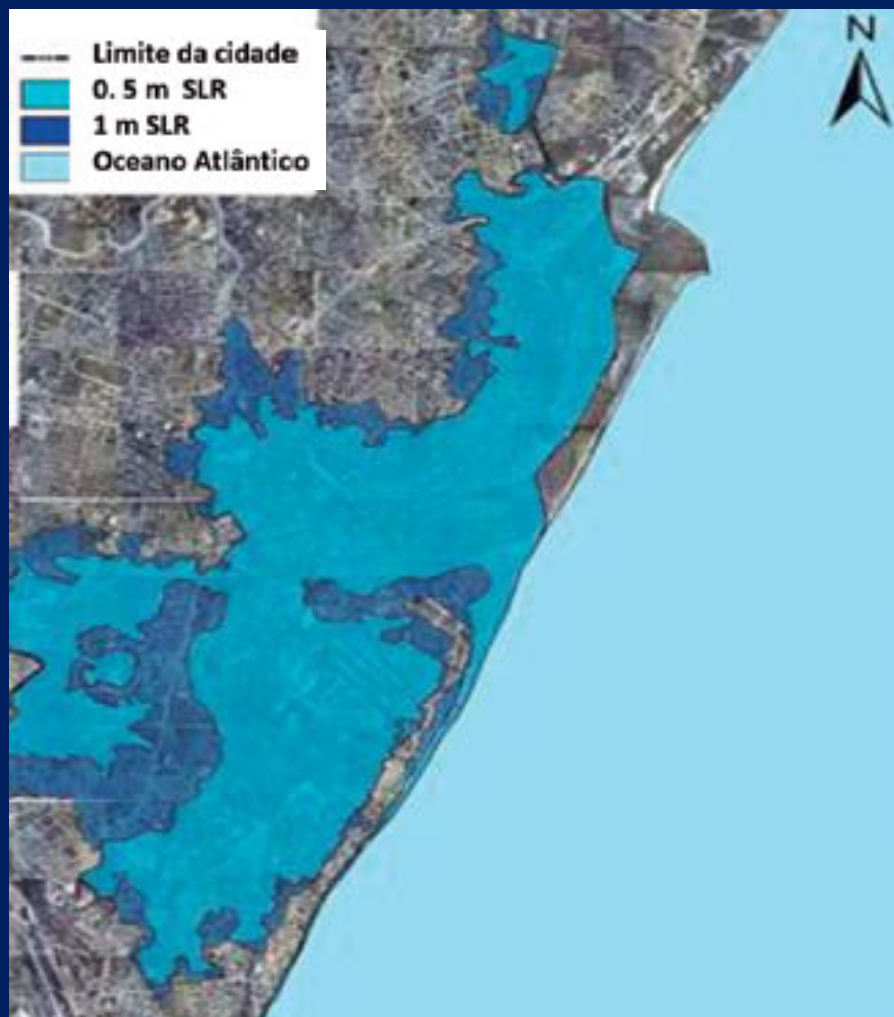


Mancha de inundação obtida para cenário com período de retorno de 200 anos com 1 m de elevação do nível do mar

Elaboração Consórcio IDOM-COBRAPE

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

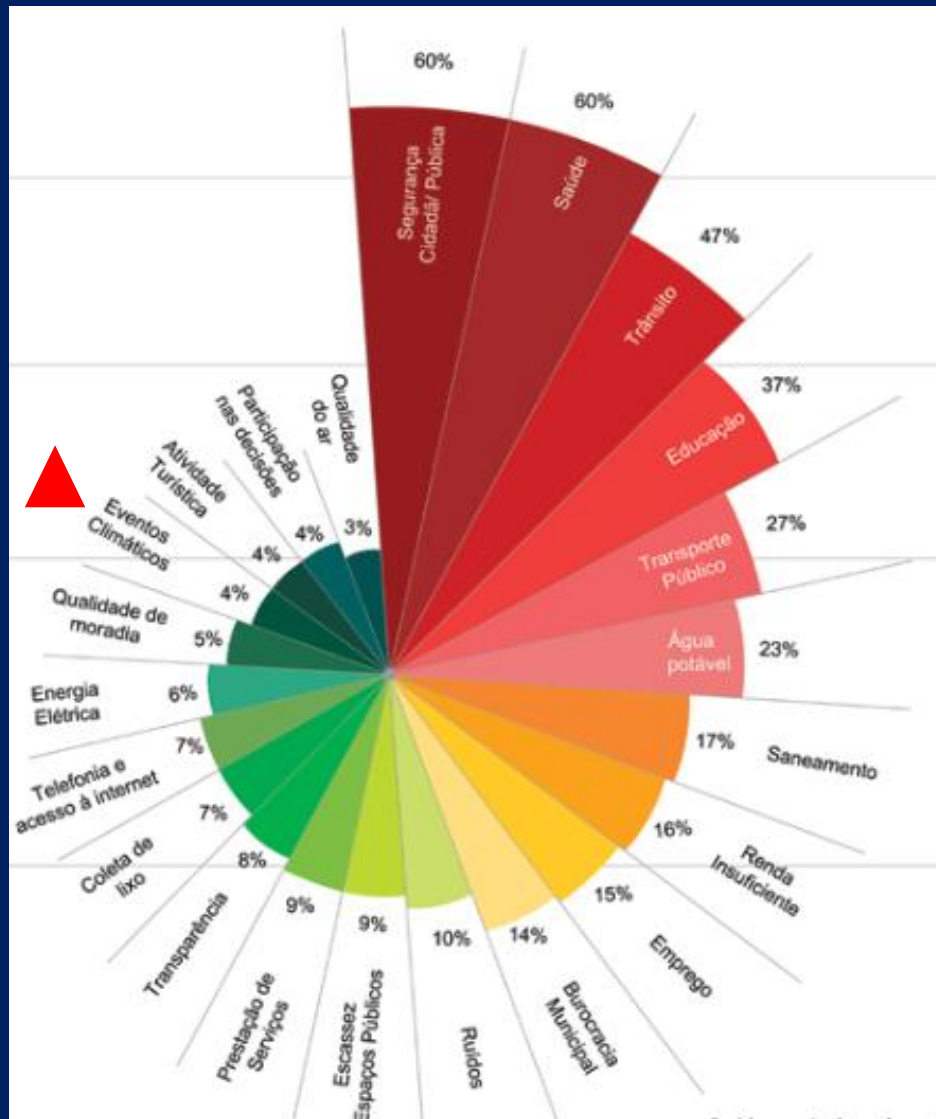
https://issuu.com/katiamiller/docs/plano_de_a____o_vit__ria_sustent__v



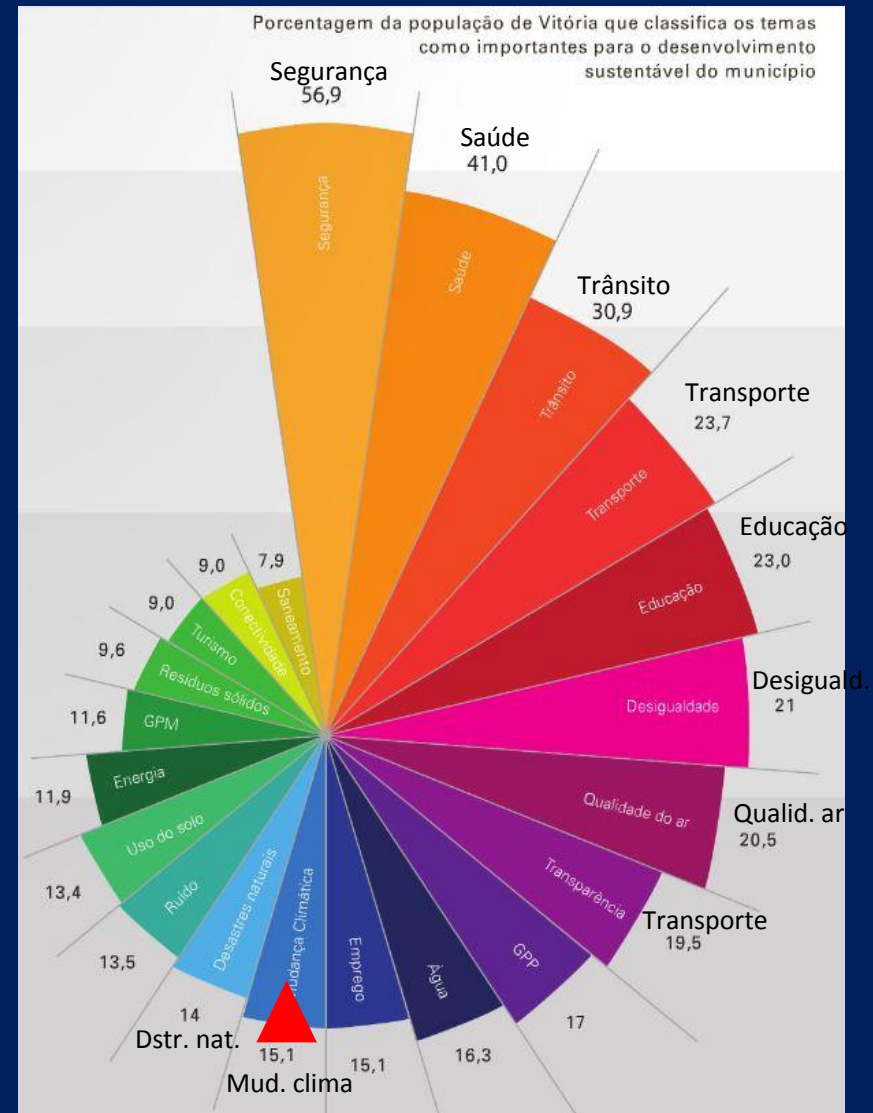
Zonas potencialmente inundáveis em **Recife**, considerando cenários de 0,5 e 1m de elevação do NMM (Costa et al., 2010 *in* Marengo & Scarano, 2017)

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

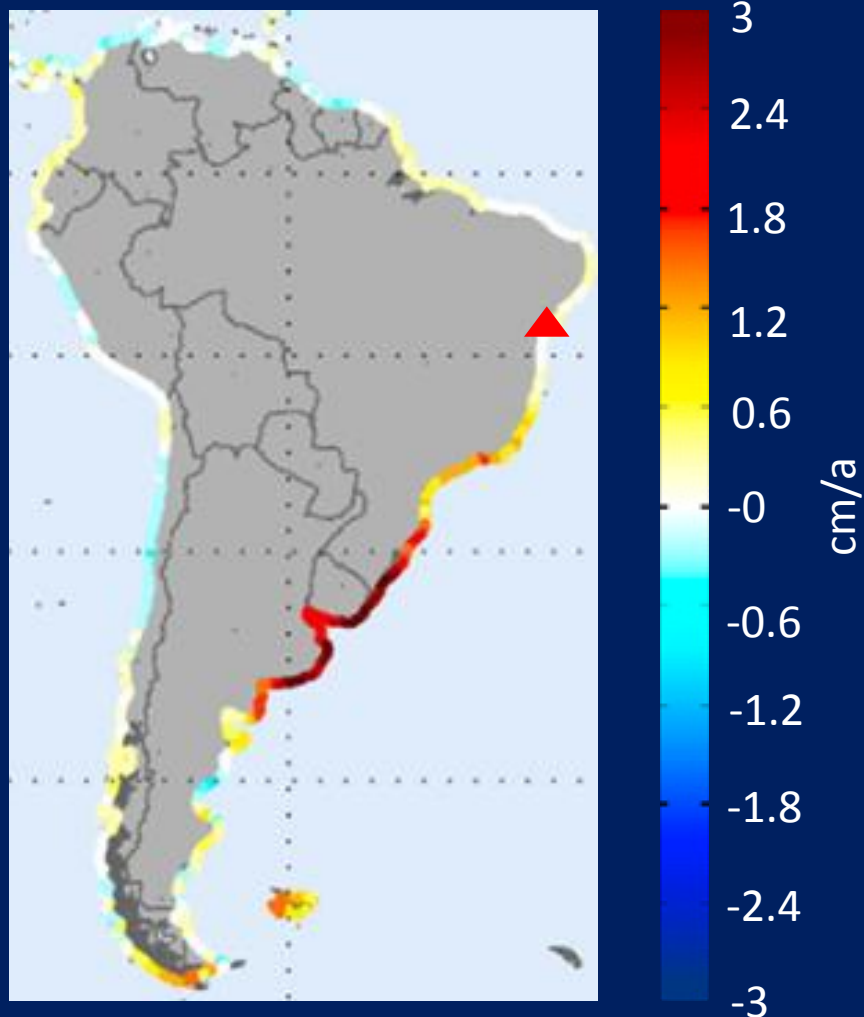
Florianópolis



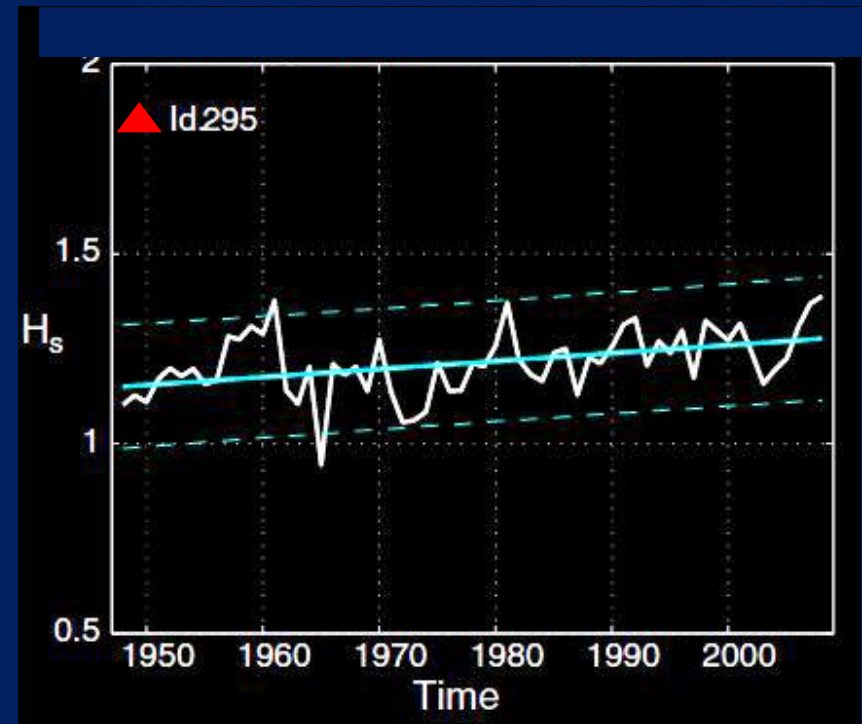
Vitória



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



As velocidades

A escala Saffir-Simpson:

Categoria 1

Ventos de 119 a 152 km/h
Sem danos a prédios. Arrasta trailers, arbustos e árvores. Pequenas inundações em vias costeiras.



Categoria 2

Ventos de 153 a 178 km/h
Destruição parcial de telhados, portas e janelas. Vias junto à costa são inundadas. Danos em árvores.



Categoria 3

Ventos de 179 a 209 km/h
Danos em construções pequenas. Ondas inundam a costa e destroem casas. Árvores são arrancadas.



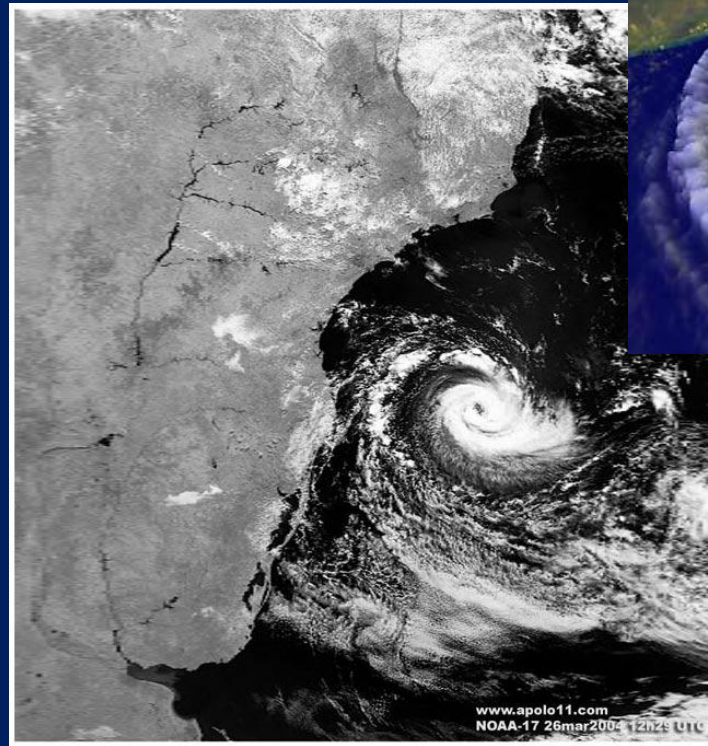
Categoria 4

Ventos de 211 a 250 km/h
Paredes e tetos são destruídos. O mar avança quilômetros continente adentro. Árvores são arrastadas.



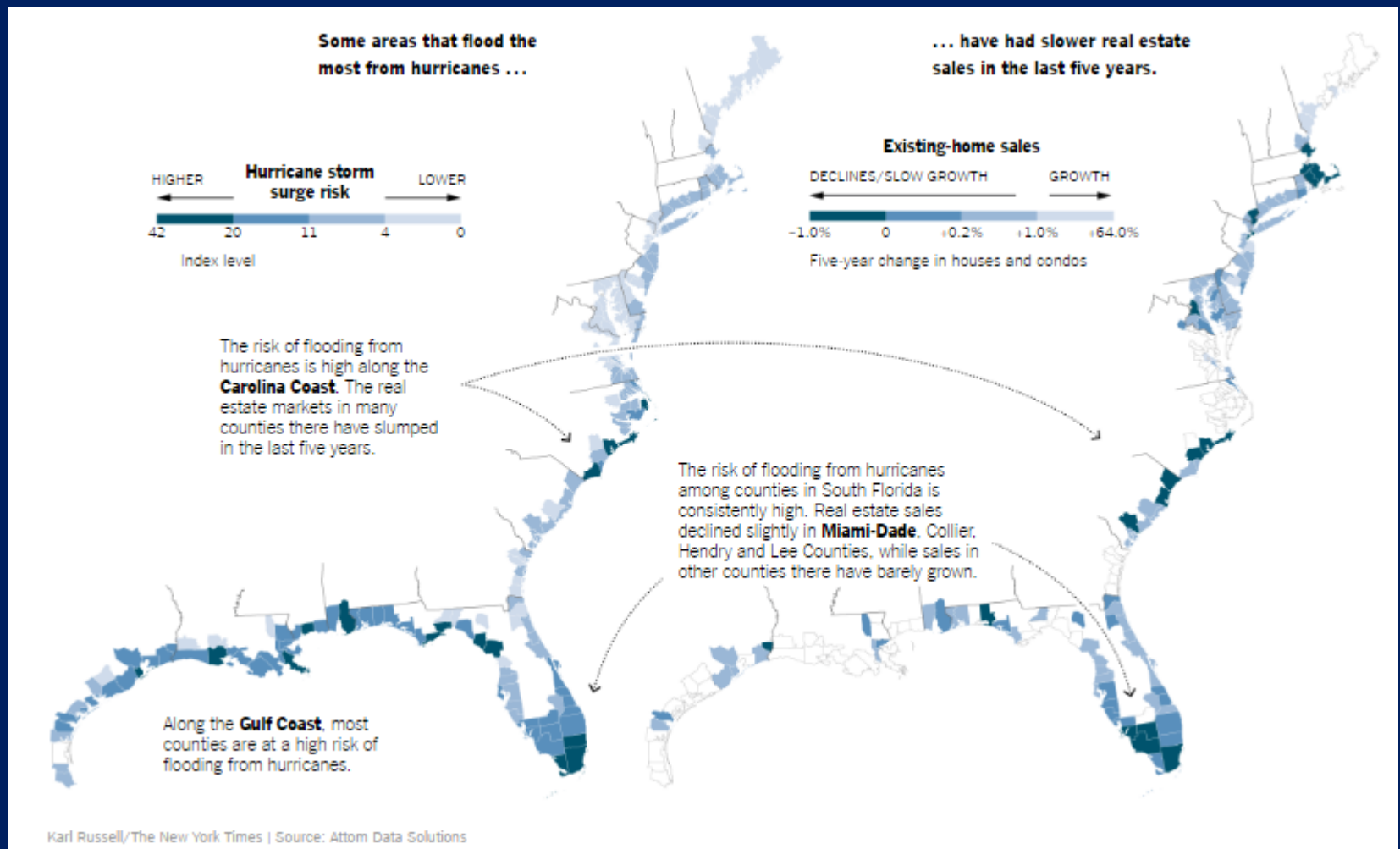
Categoria 5

Ventos acima de 250 km/h
Construções são completamente destruídas, e árvores grandes, arrancadas pela raiz.



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

SUMÁRIO

AMAPÁ 19

Admilson Moreira Torres | Maãmar El-Robrini | Wagner José Pinheiro Costa

PARÁ 65

Maãmar El-Robrini | Leilanhe Almeida Ranieiri | Paulo Victor Magno Silva | Juliana Sá Guerreiro | Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves | Rodrigo Rafael Souza de Oliveira | Melissa do Socorro Fonseca da Silva | Piera Brenda Coelho Amora | Maria Helena Santos El Robrini | Norberto Fenzl

MARANHÃO 167

Maãmar El-Robrini | Jorge Hamilton Souza dos Santos | Leonardo Gonçalves De Lima | André Luis Silva dos Santos | Marcio Costa Fernandes Vaz dos Santos | Ulisses Denache Vieira Souza

PIAUI 241

Jorge Eduardo de Abreu Paula | Jäder Onofre de Moraes | Lidriana de Souza Pinheiro | Maria Luzineide Gomes

CEARÁ 261

Jäder Onofre de Moraes | Lidriana de Souza Pinheiro | Paulo Roberto Silva Pessoa | George Santander Sá Freire | Alexandre Medeiros de Carvalho | Renan Gonçalves Pinheiro Guerra | Eduardo Lacerda Barros | Francisco José Maciel de Moura

RIO GRANDE DO NORTE 289

Helenice Vital | Iracema Miranda da Silveira | Zuleide Maria Carvalho Lima | Werner Farkatt Tabosa | André Giskard Aquino da Silva | Flavo Elano Soares de Souza | Marcelo dos Santos Chaves | Moab Praxedes Gomes

PARAIBA 323

José Maria Landim Domínguez | Silvana Moreira Neves | Abílio Carlos da Silva Pinto Bittencourt | Júnia Kacelenbogen Guimarães

PERNAMBUCO 343

Valdir do Amaral Vaz Manso | Paulo da Nóbrega Coutinho | Fábio José Pedrosa | Rene Jota de Macedo | Alex Costa da Silva | Luis Augusto de Gois | Roberto Lima Barcellos | Sharlane Dornelle d'Almeida Arruda | Carlos Fernando de Andrade Soares Junior | José Diniz Madruga Filho | Geoprocessamento: Miguel Maia Chaves Arrais | Marcelo Menezes Diniz Madruga

ALAGOAS, SERGIPE E BAHIA 379

José Maria Landim Domínguez | Juna Kacelenbogen Guimarães | Abílio Carlos da Silva Pinto Bittencourt

ESPIRITO SANTO 431

Jacqueline Albino | Andre Luiz Nascentes Coelho | Gisele Girardi | Kleverson Alencastre do Nascimento

RIO DE JANEIRO 475

Dieter Muehe | Flavia Moraes Lins-de-Barros | Eduardo Manuel Rosa Bulhões | Leonardo Klumb-Oliveira | Nara Pinto | Marcelo Sperle

SÃO PAULO 543

Michel Michaelovitch de Mahiques | Javier Alcántara-Carrió | Samara Cazzoli y Goya | Rui Taborda | Moysés Gonzalez Tessler

PARANÁ 583

Rodolfo José Angulo | Maria Cristina de Souza | Marcelo Eduardo José Müller | Mauricio Almeida Noernberg | Luiz Henrique Sielski de Oliveira | Carlos Roberto Soares | Carlos Alberto Borzone | Eduardo Marone | Clécio José Lopes de Quadros

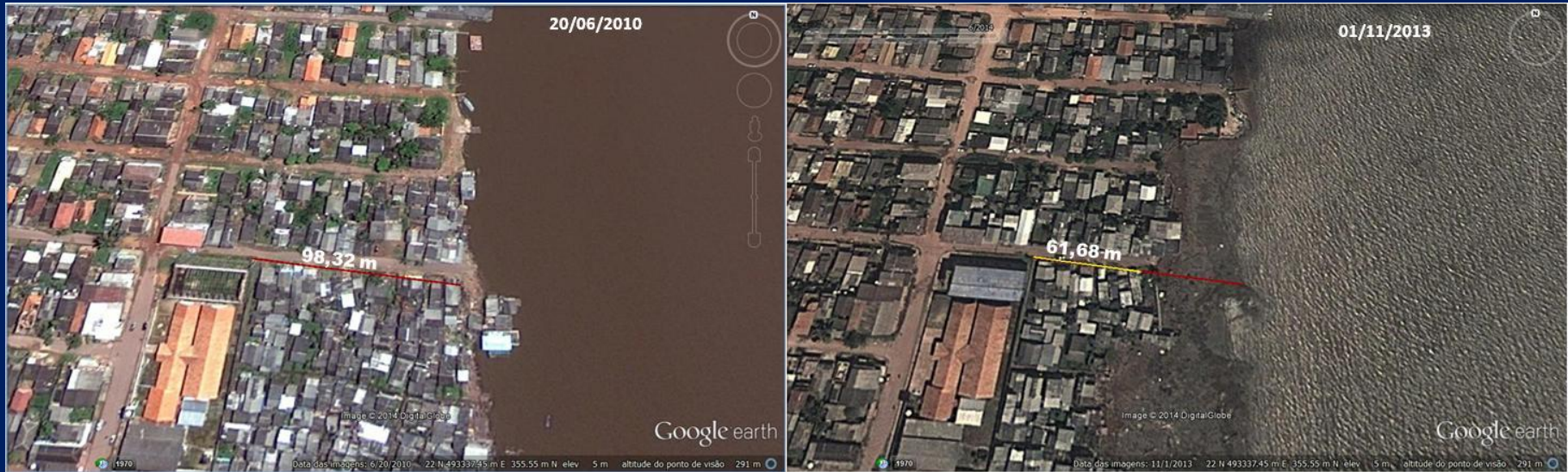
SANTA CATARINA 637

Norberto Olmiro Horn Filho | Andreoara Deschamps Schmidt | José Gustavo Natorf de Abreu | Cristian Nunes Estevam | Rafael Sangoi Araujo

RIO GRANDE DO SUL 685

João L. Nicolodi | Lauro J. Calliari | Elirio E. Toldo Jr | Sallette Figueiredo | Valério Costa Machado Jr. | Ana F. Silva | Lucas M. da Motta | Priscila Teixeira

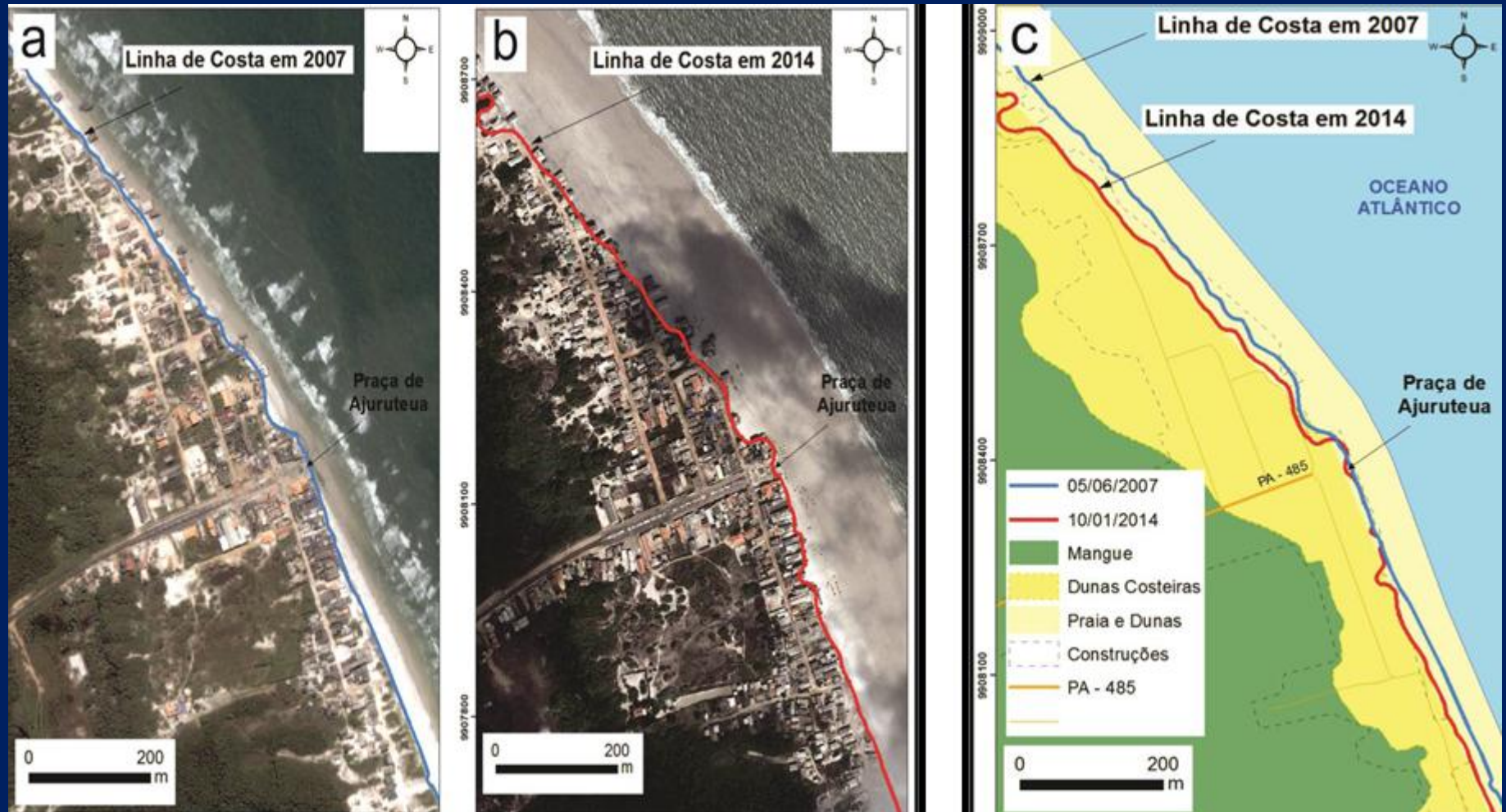
Amapá



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).

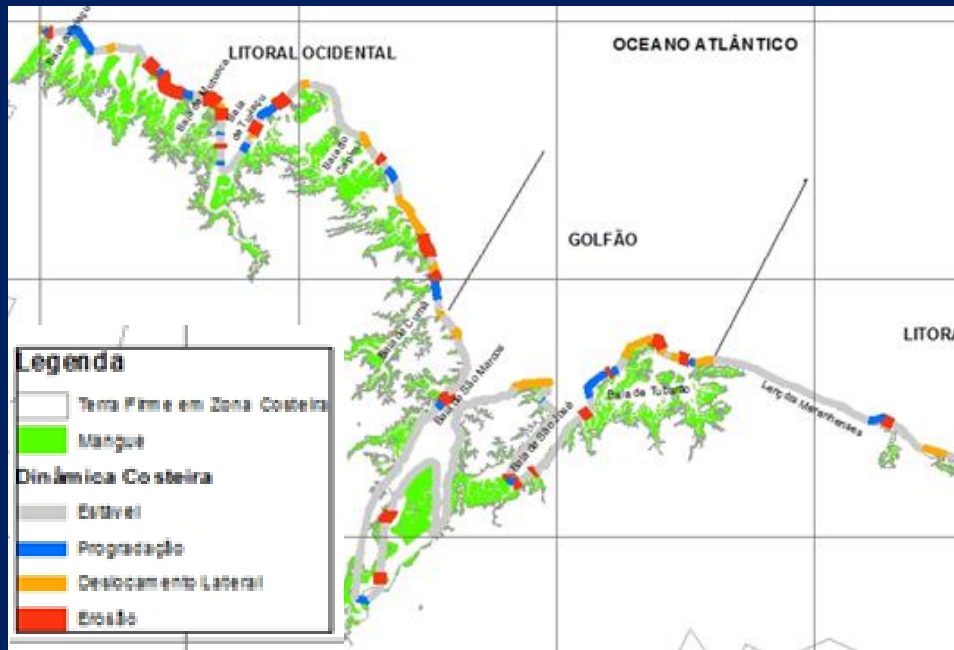
Fonte: TORRES et al.

Pará



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

Maranhão



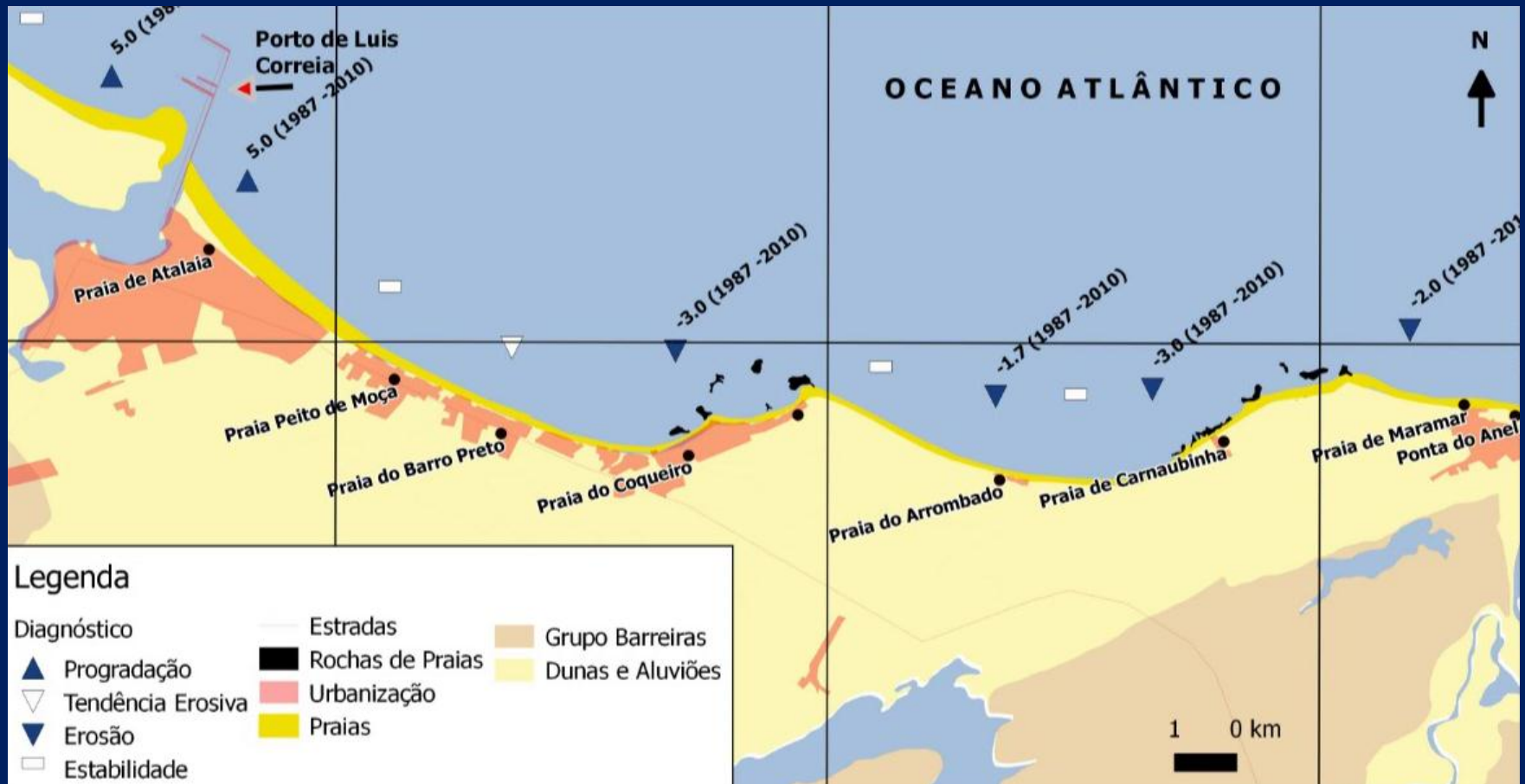
Avaliação dos setores de progradação, erosão, deslocamento lateral e erosão no litoral maranhense (elaborado por Márcio Vaz *apud* El-Robrini et al.

Dunas transpondo falésias da Formação Barreiras na orla urbanizada de São Luis

Foto D. Muehe



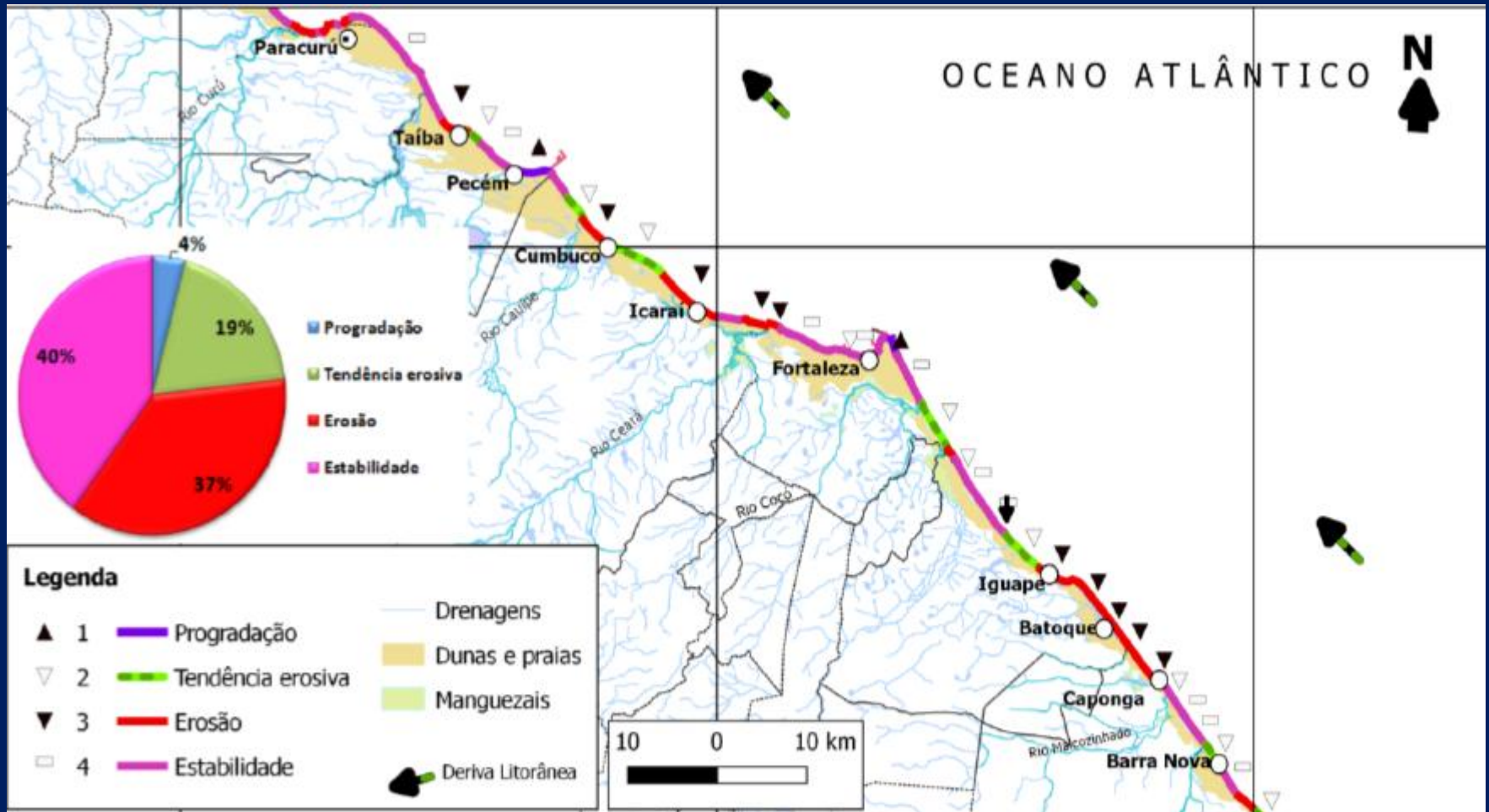
Piauí



Taxas de erosão e progradação no litoral do Piauí

Fonte: Paula *et al.*

Ceará



Erosão e progradação na orla costeira adjacente a Fortaleza.

Fonte: Moraes *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

PARAÍBA

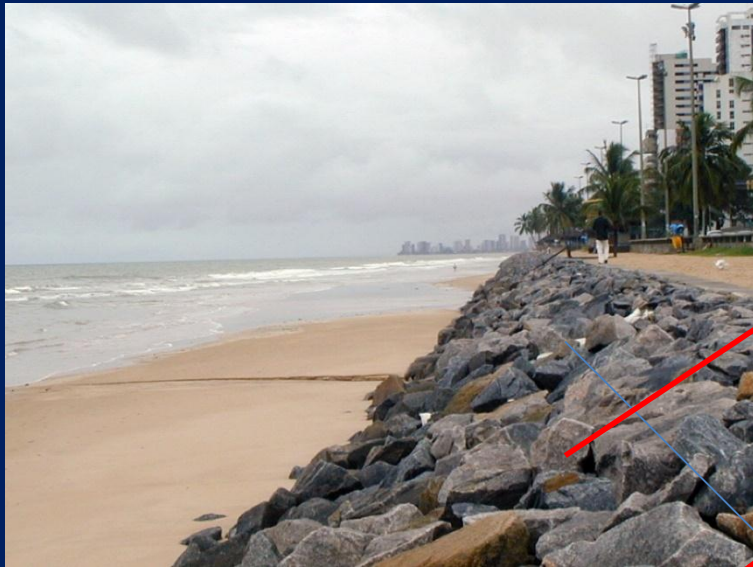


Pontal recurvo na margem esquerda do rio Tracunhaém, divisa entre os estados da Paraíba e Pernambuco



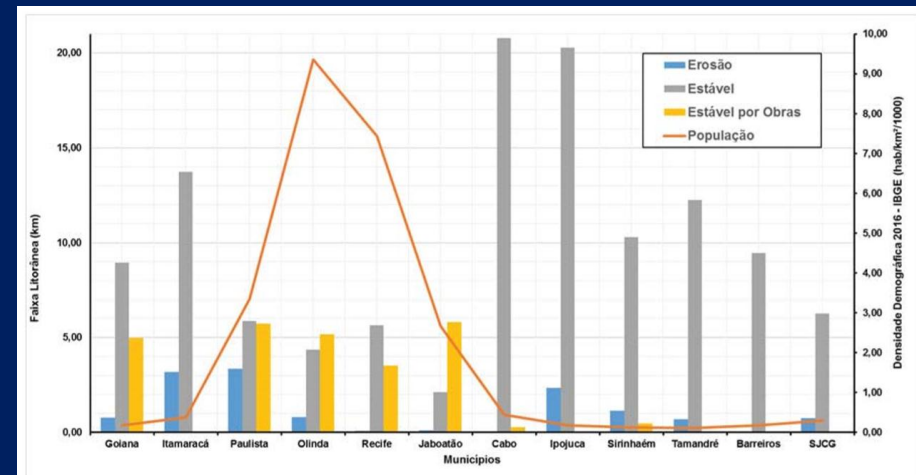
Fonte: Domingues *et al.*

Pernambuco



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

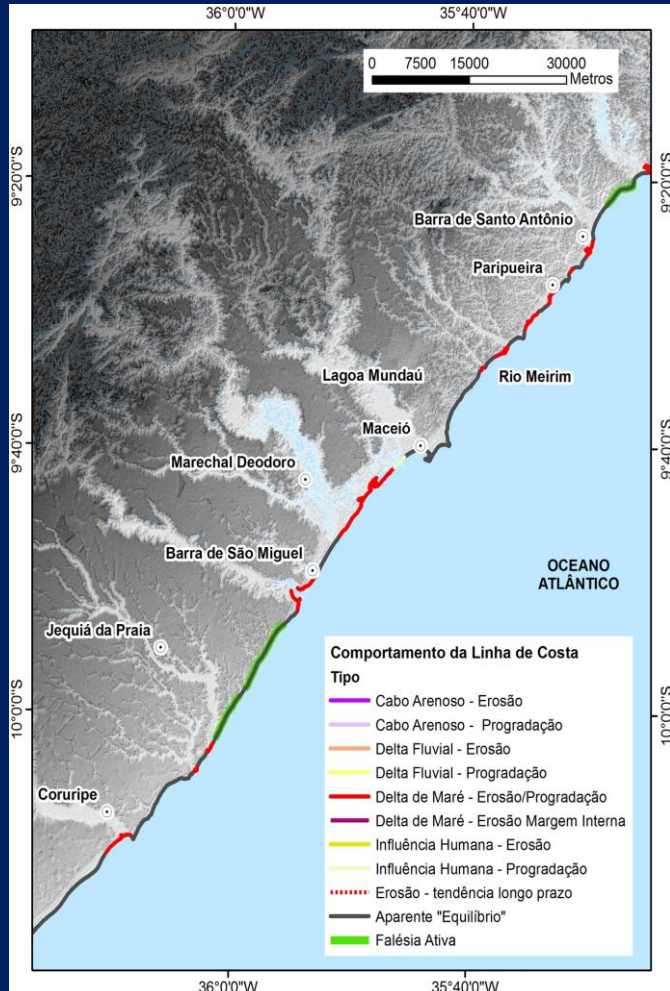
Fotos D. Muehe



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



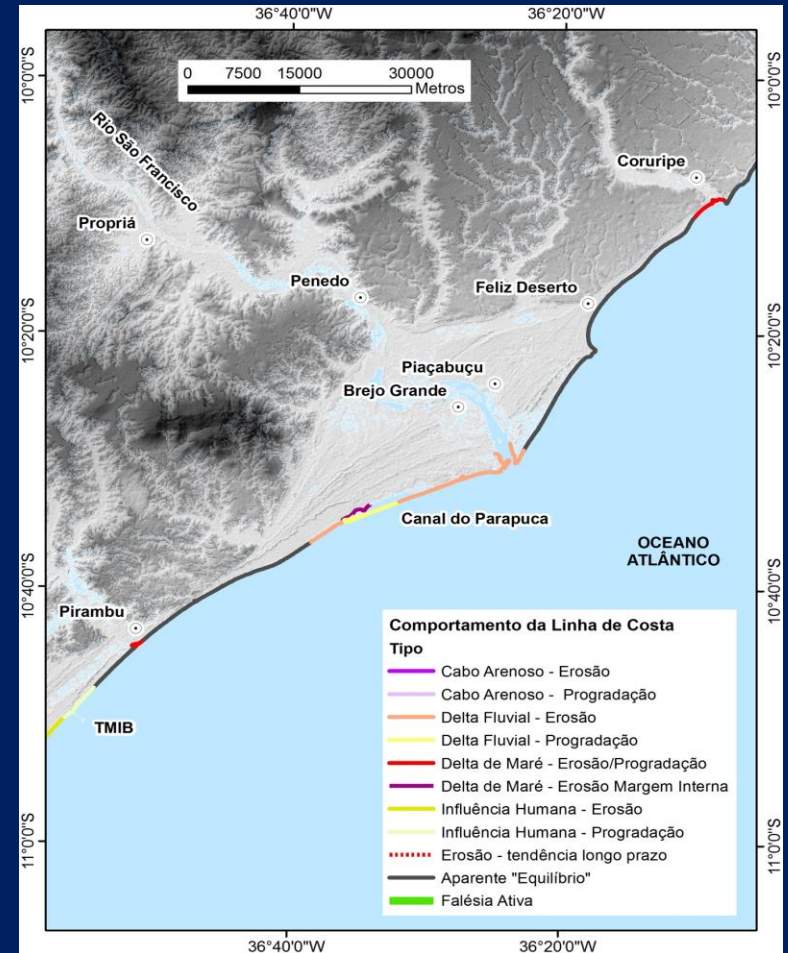
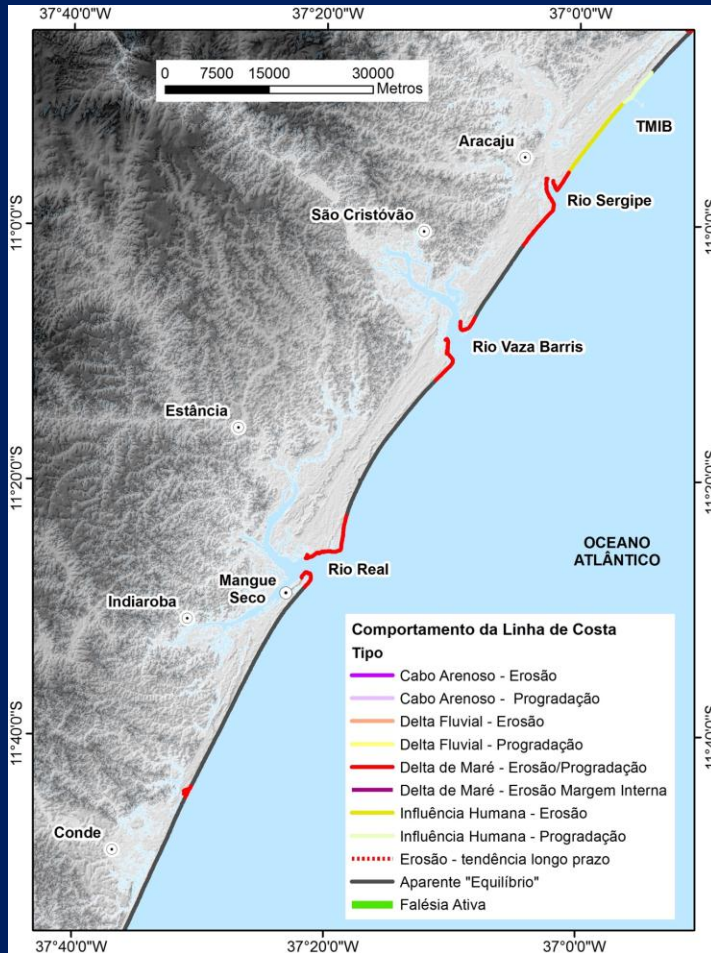
Foz do rio São Francisco (Al/Se) com linha de costa para o período 2016-2017 sobre imagem pelo menos 10 anos mais antiga.



Fotos D. Muehe 2000

Fonte: Dominguez *et al.*

Sergipe

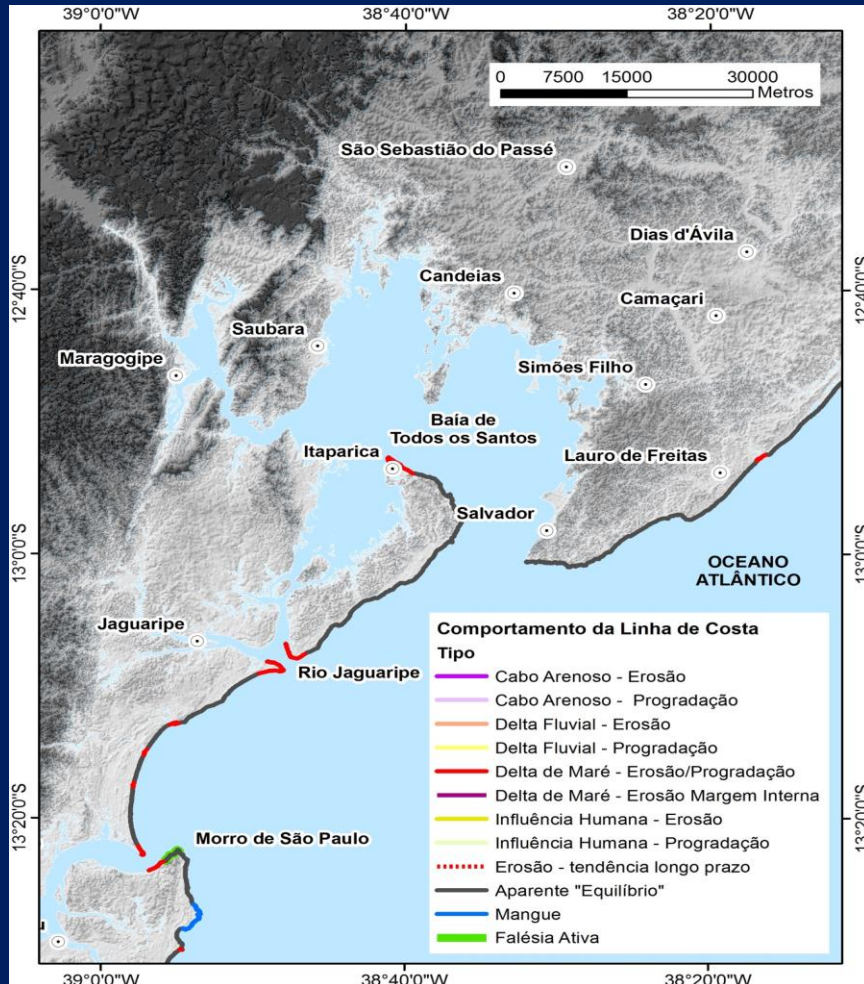


Comportamento da linha de costa para o trecho Conde (BA) – Aracaju (SE)

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.*



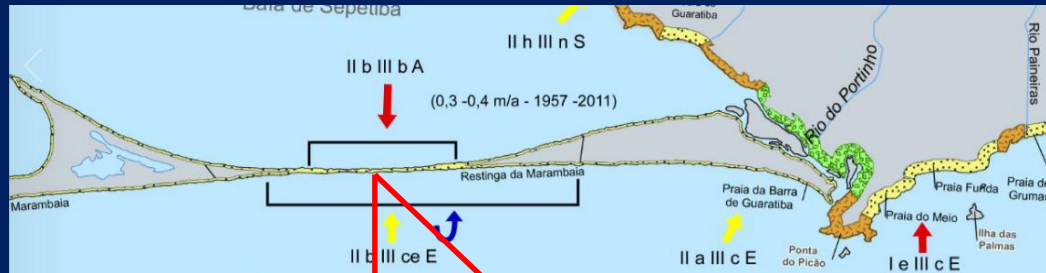
Recuperação da Praia de Camburi em Vitória, e criação de ampla faixa para esportes e lazer.

Fonte: Jacqueline Albino *et al.*

Rio de Janeiro



Restinga da Massambaba.
Resiliência apesar da exposição



Restinga da Marambaia.
Um risco potencial

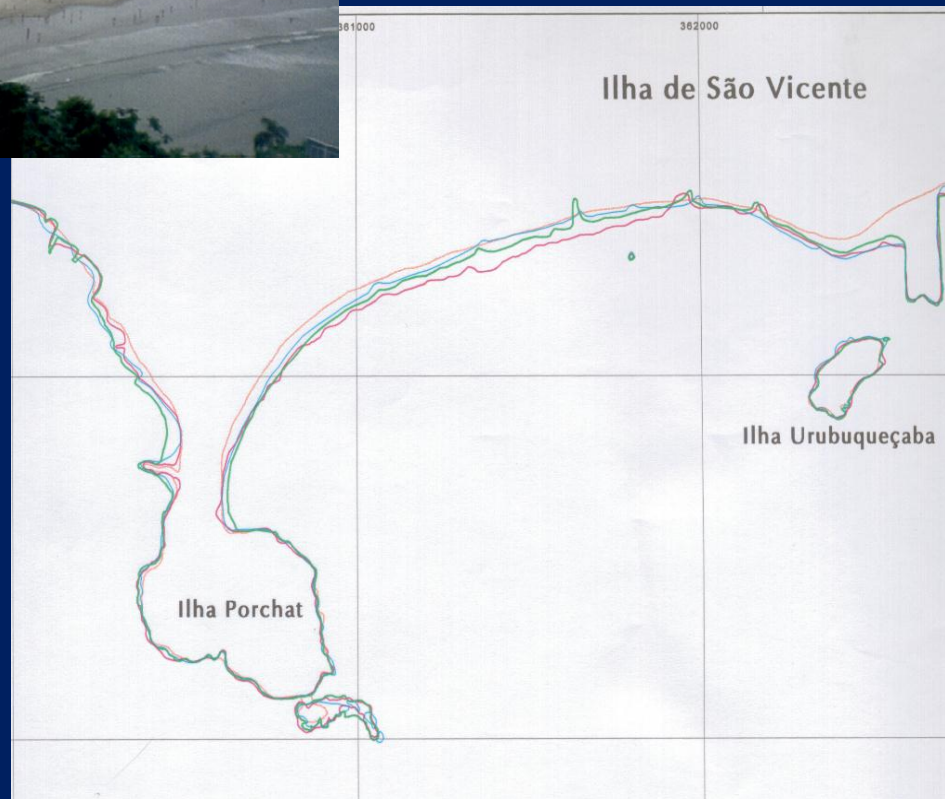


Fonte: D. Muehe, *et al.*

São Paulo

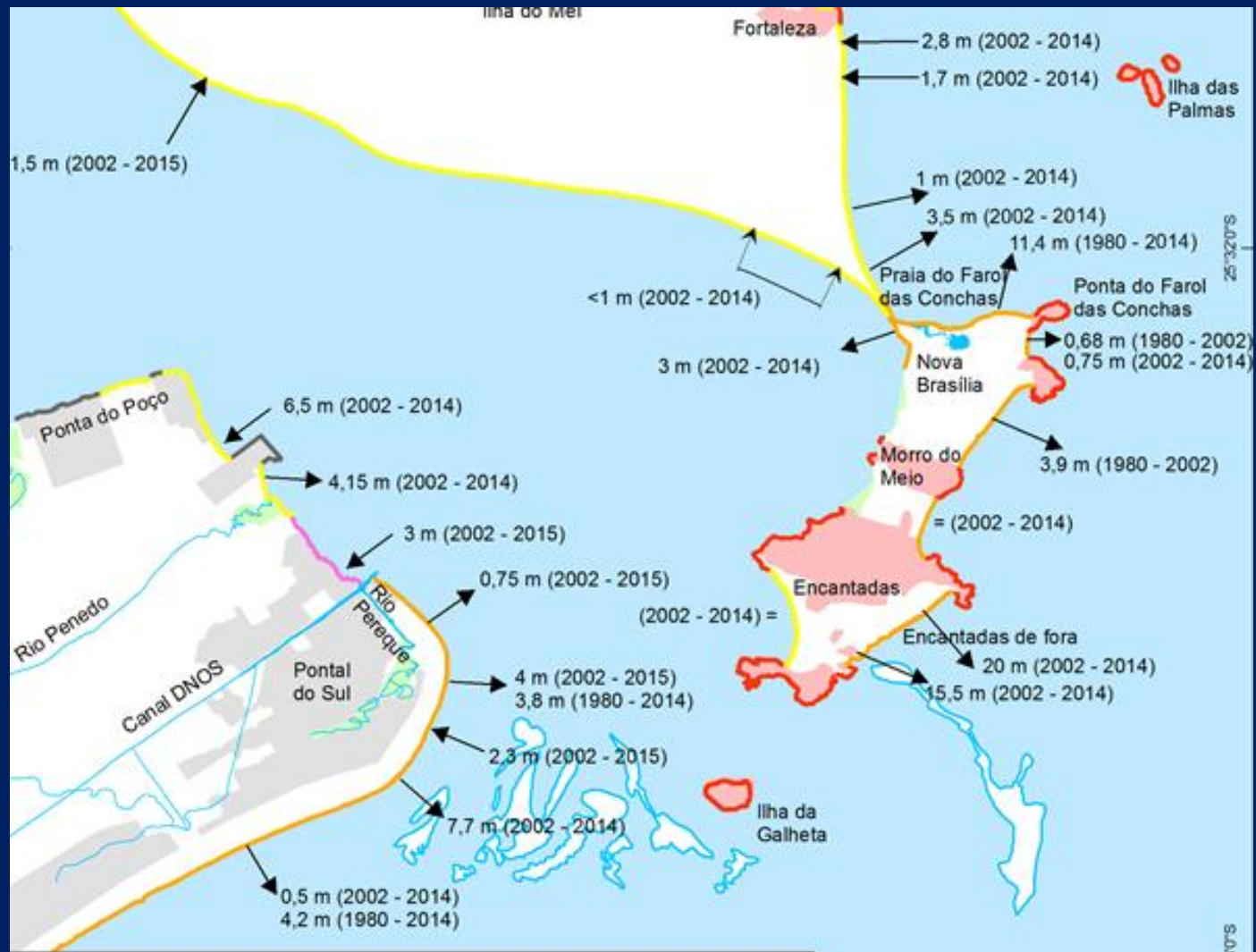


A linha laranja representa a linha de costa em 1962 que em geral é a mais recuada de todas. A linha azul representa 1977, a rosa representa 1994 e a verde representa 2000. A oeste da ilha Porchat o acúmulo de material sedimentar só é garantido pela construção de uma série de espigões, construídos na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



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

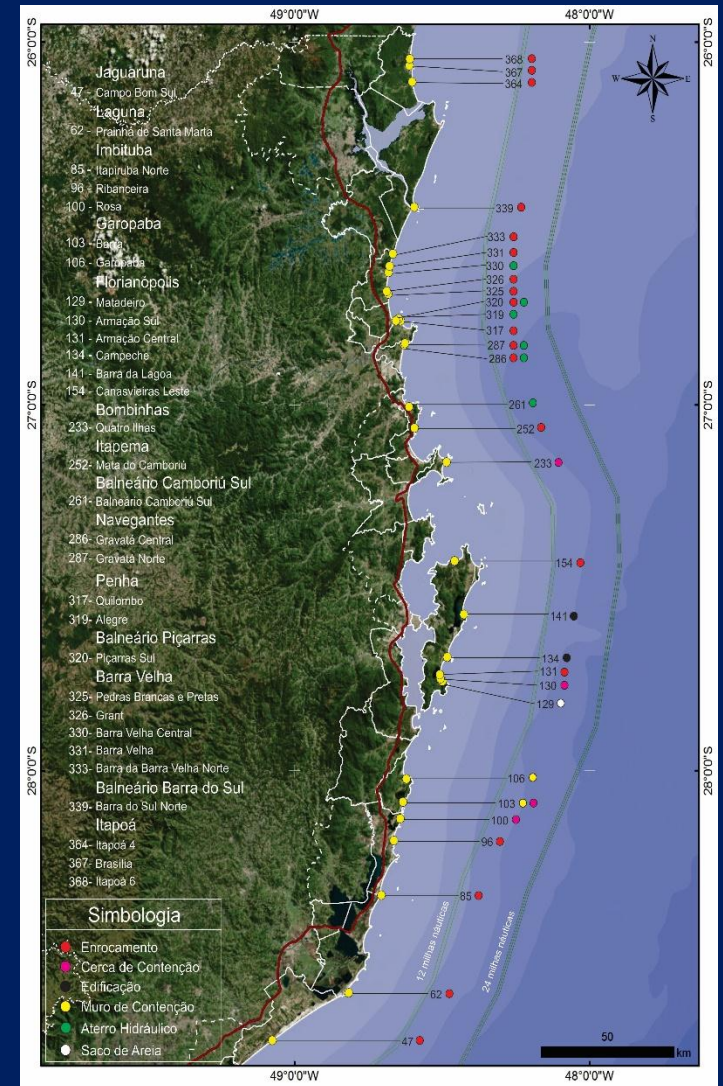
Paraná



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.

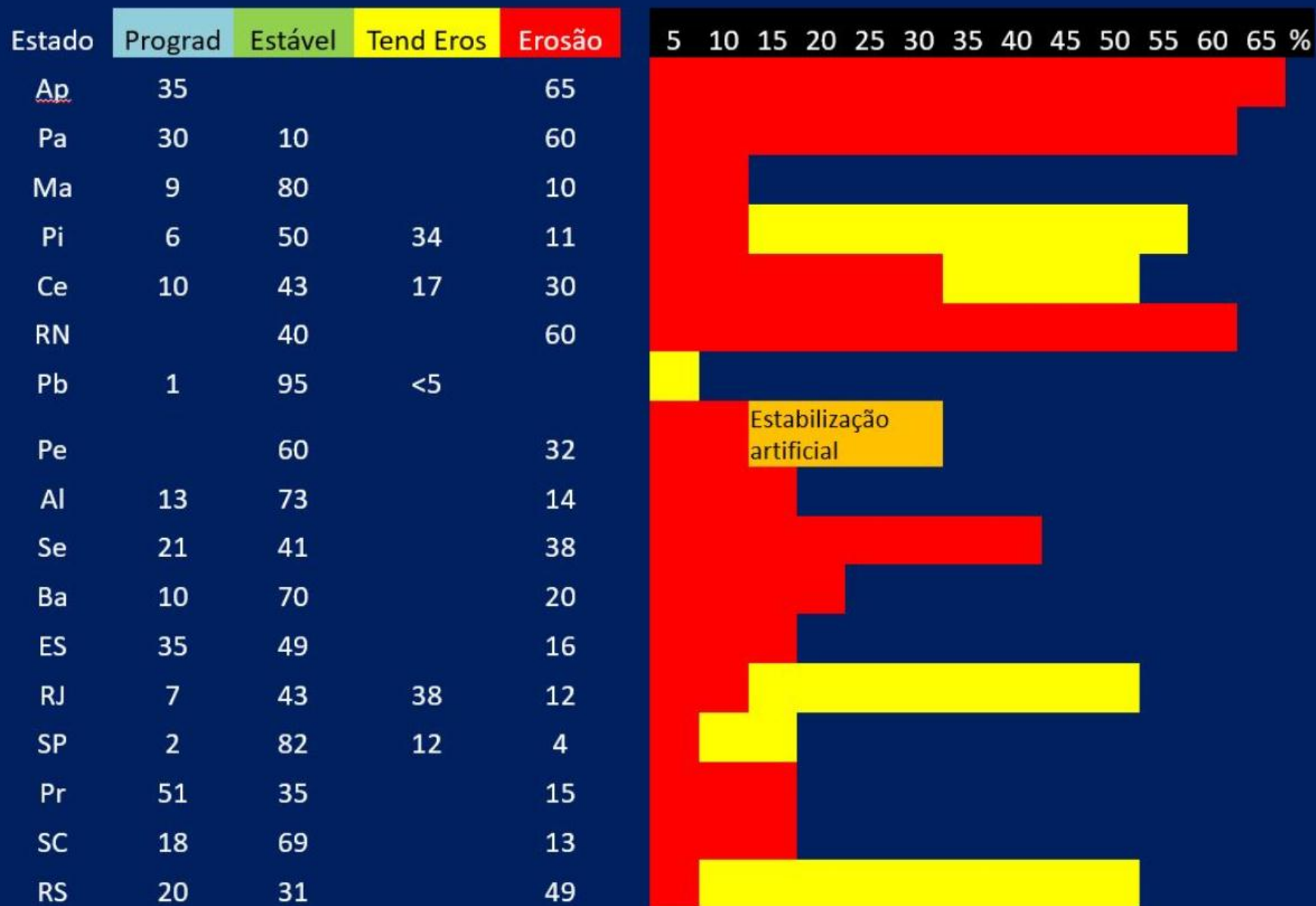
Fonte: Horn Filho *et al.*

Rio Grande do Sul

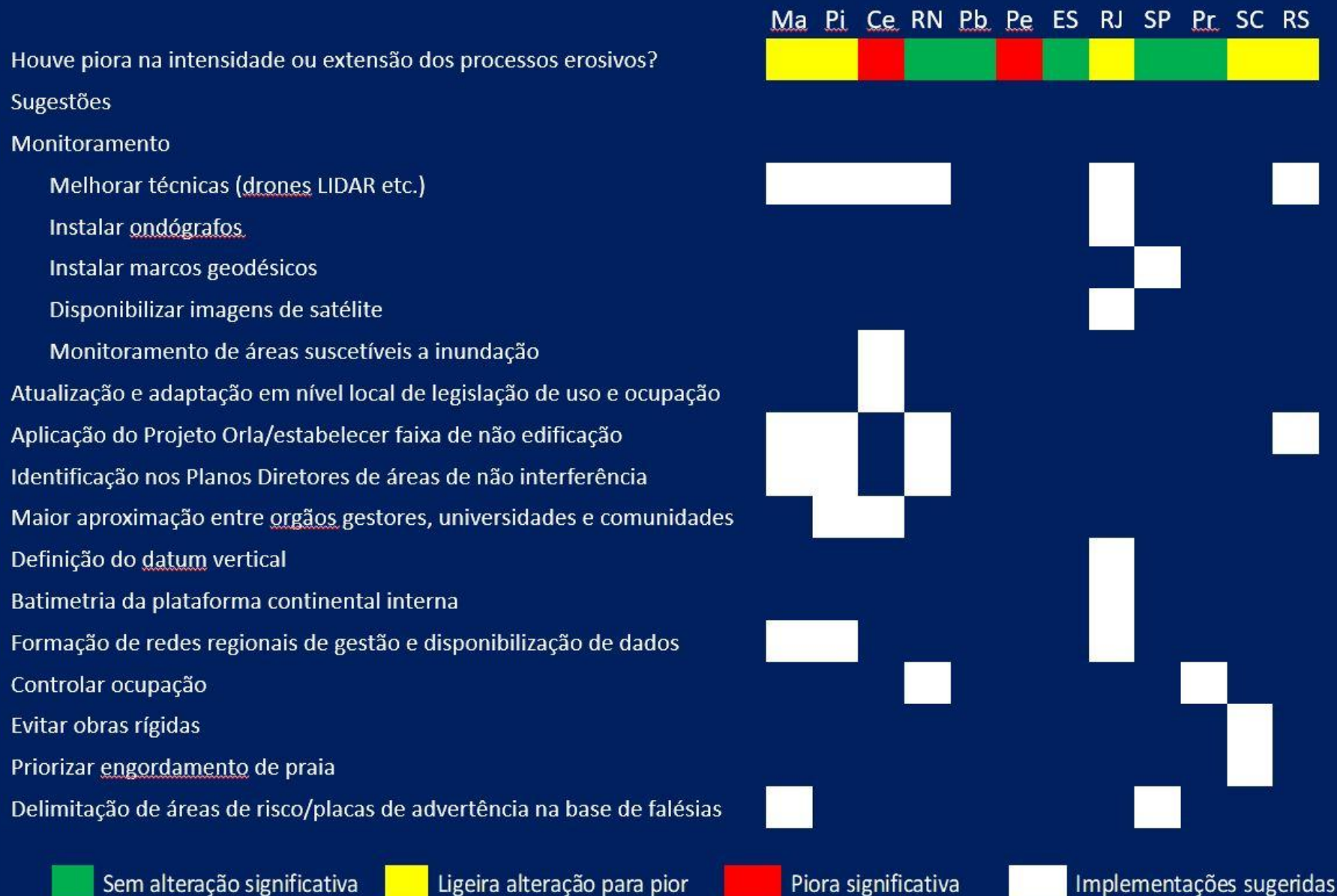


Variação da linha de costa do RS
entre os anos 2002 e 2013

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



EFEITO PROVÁVEL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS
PARA O LITORAL URBANIZADO DO BRASIL

Obrigado



Imagem: John Church, 2007