

ALGUNS ASPECTOS HIDRODINÂMICOS RELACIONADOS ÀS MUDANÇAS DO CLIMA, DE INTERESSE PARA A TERMOPE

Prof. Claudio Freitas Neves

Prof. Paulo Cesar Colonna Rosman

Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica

Programa de Engenharia Oceânica/COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro, 30 de julho de 2020

ROTEIRO

- 1. Fenômenos de escala planetária**
- 2. Fenômenos de mesoescala**
- 3. Fenômenos de escala local**
- 4. Considerações Finais**

1. Fenômenos de escala planetária



Conceitos Fundamentais

2019 – Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

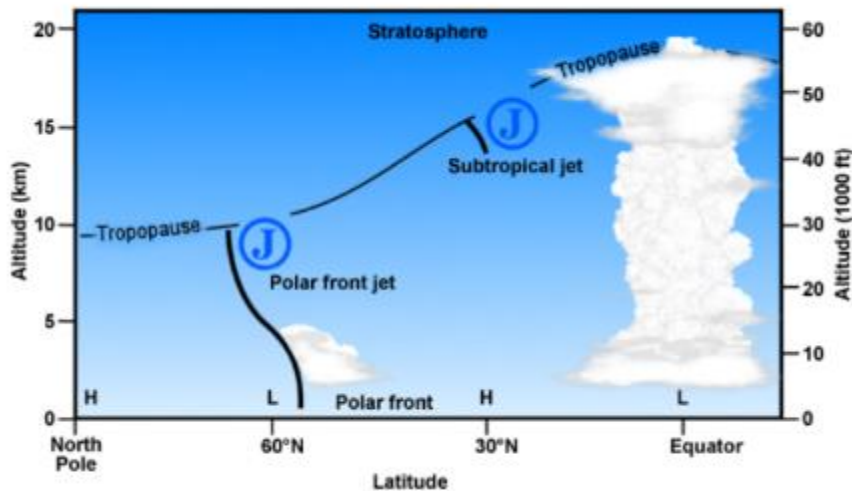
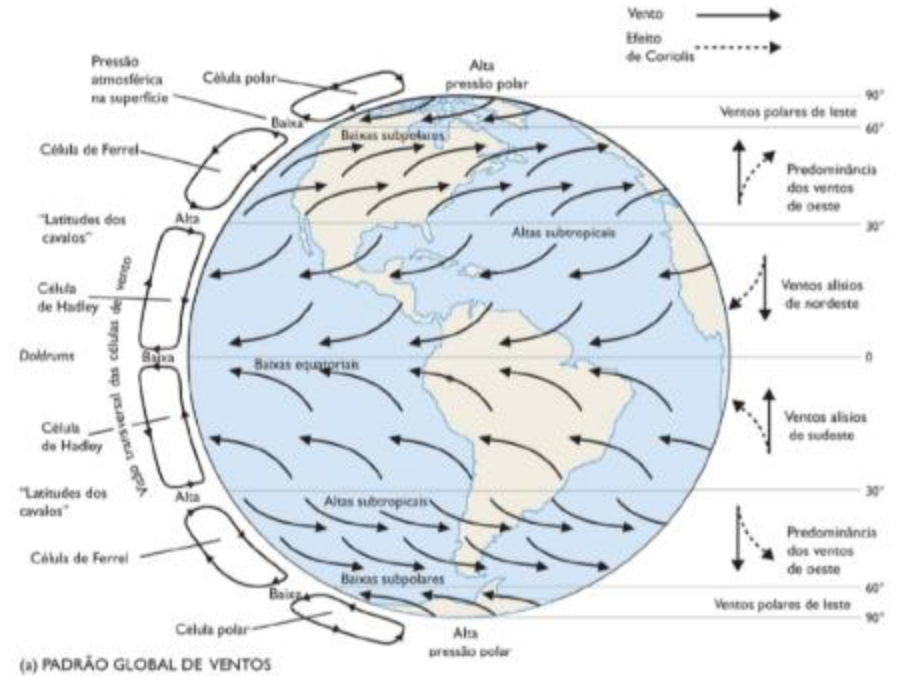
<https://www.ipcc.ch/srocc/>

- **Circulação atmosférica**
- **Circulação oceânica**
- **Mudanças do clima**

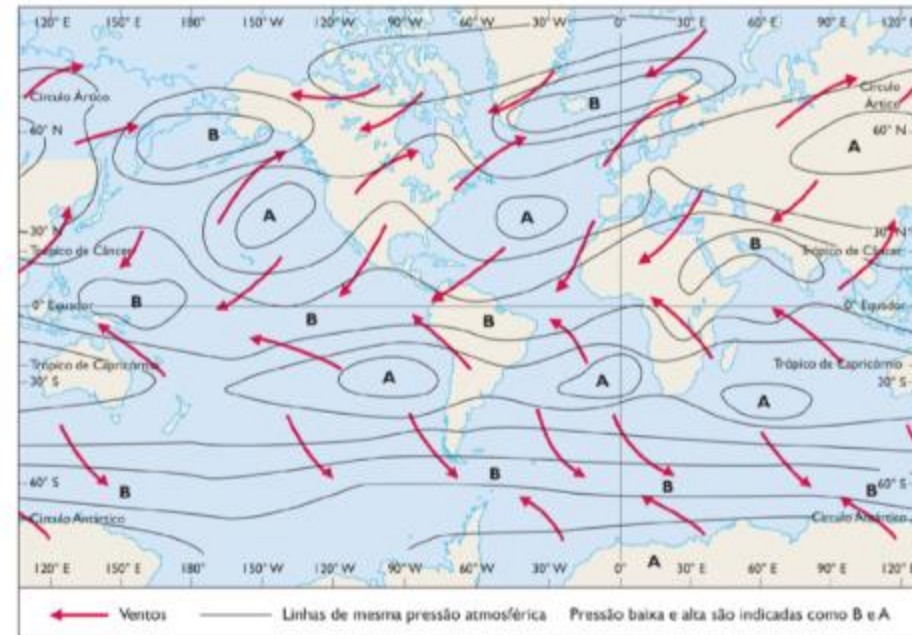


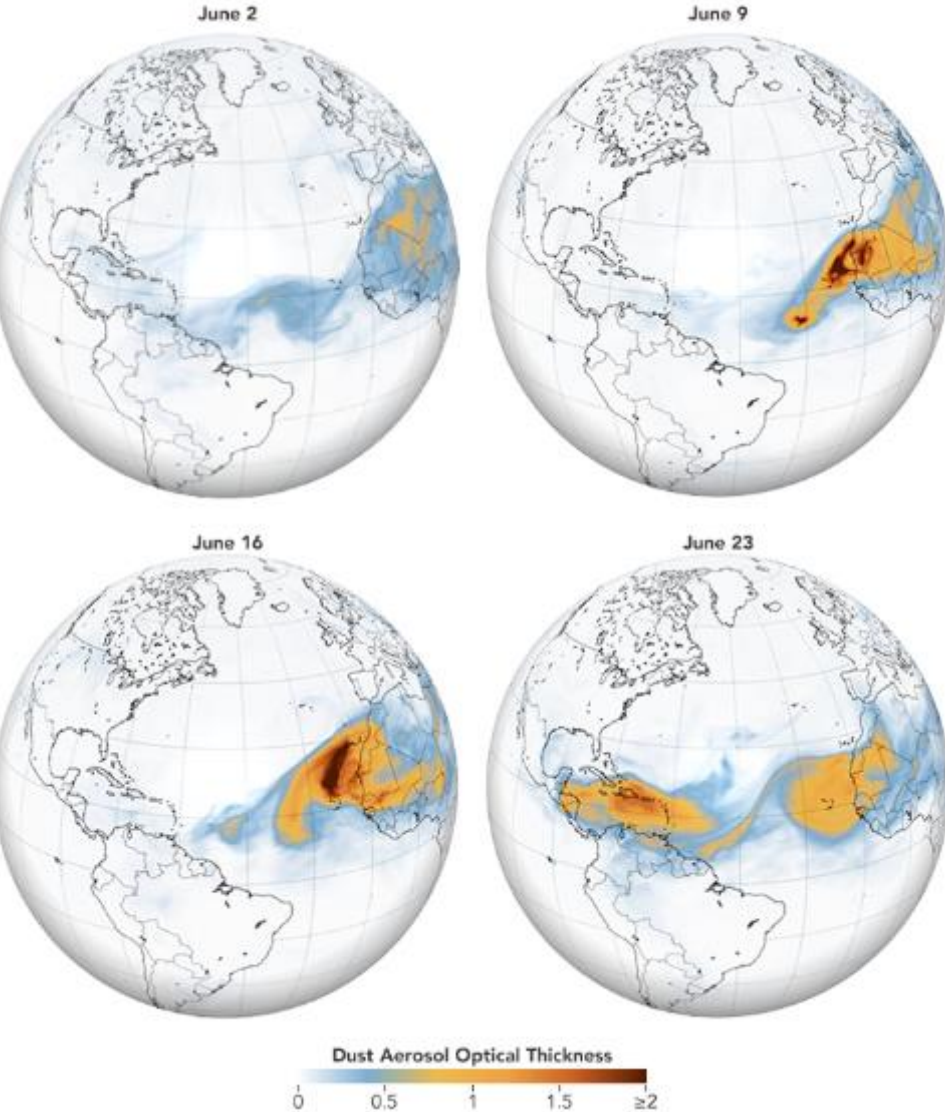
NEOENERGIA

As diferenças de aquecimento da atmosfera, associada à rotação da Terra, produz a circulação global, incluindo a ZCIT.

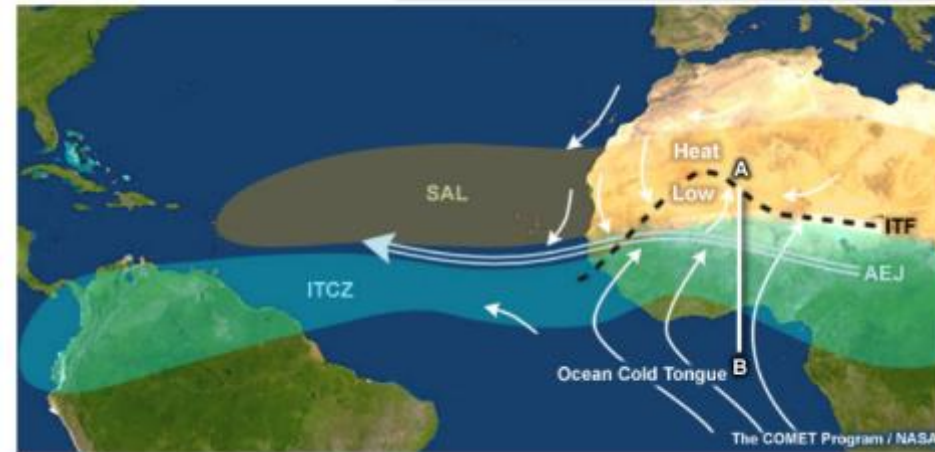
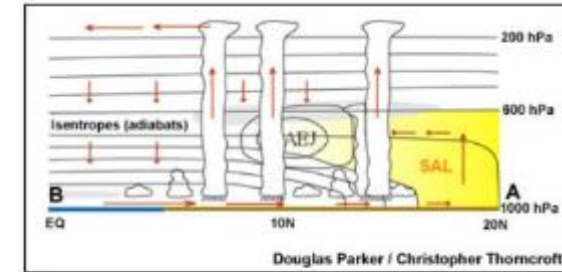


©The COMET Program





Large-scale Features of the West African Monsoon and the Tropical Atlantic



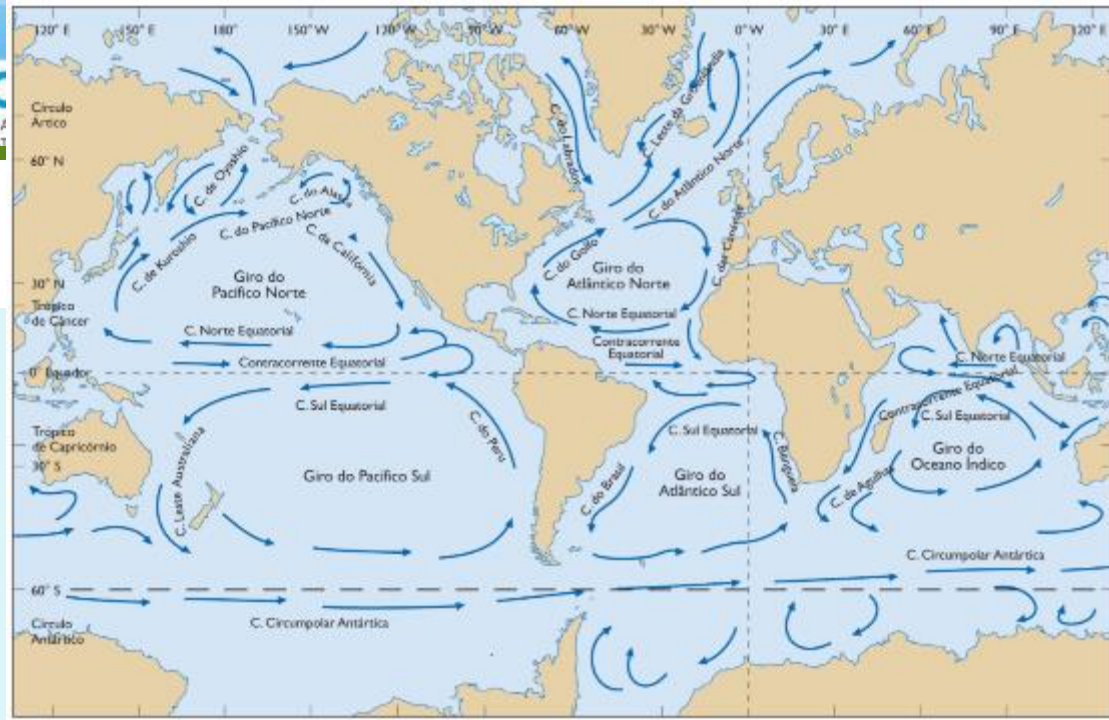
A ZCIT oscila sua posição de acordo com a estação do ano.



NEOENERGIA



CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS EM AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS



As circulações globais da atmosfera e dos oceanos estão intrinsecamente relacionadas.

Existe uma circulação de massas d'água superficial (quente) e uma circulação profunda (fria), com duração da ordem de 1000 anos.



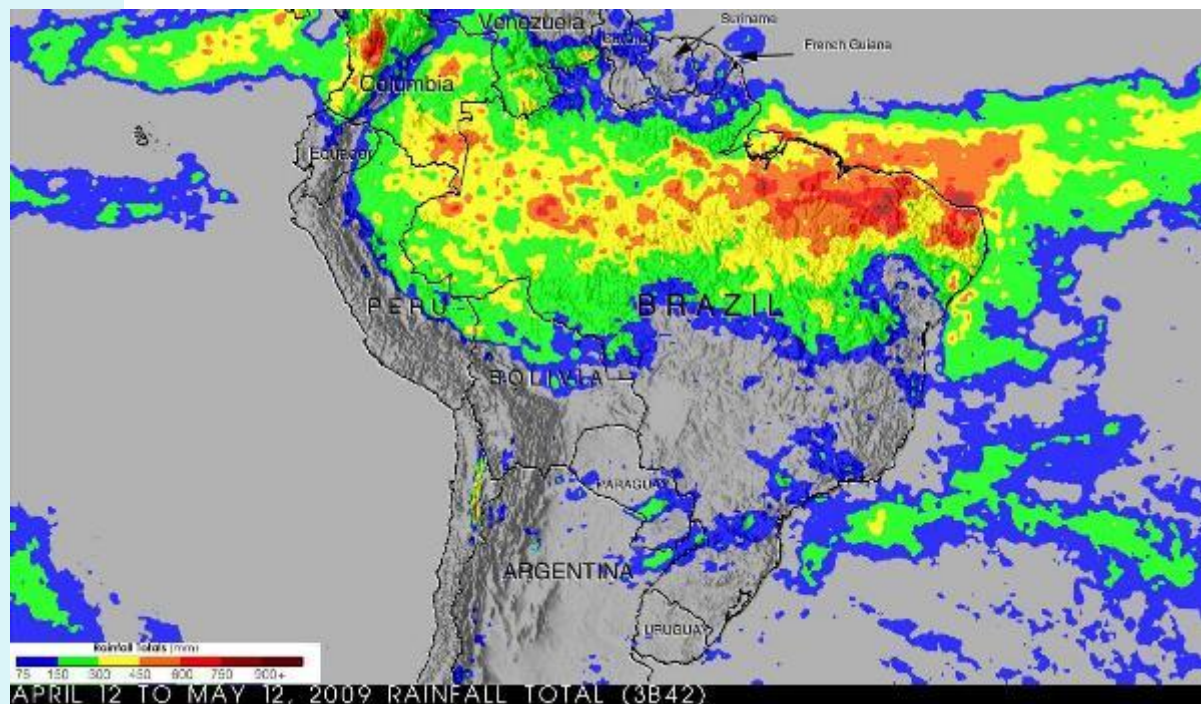
2. Fenômenos de mesoescala



Conceitos Fundamentais

- **ZCIT**
- **Ciclones tropicais e extratropicais**
- **Geração de ondas**
- **Propagação de ondas**

Área sob influência da ZCIT (12 de abril a 12 de maio de 2009)



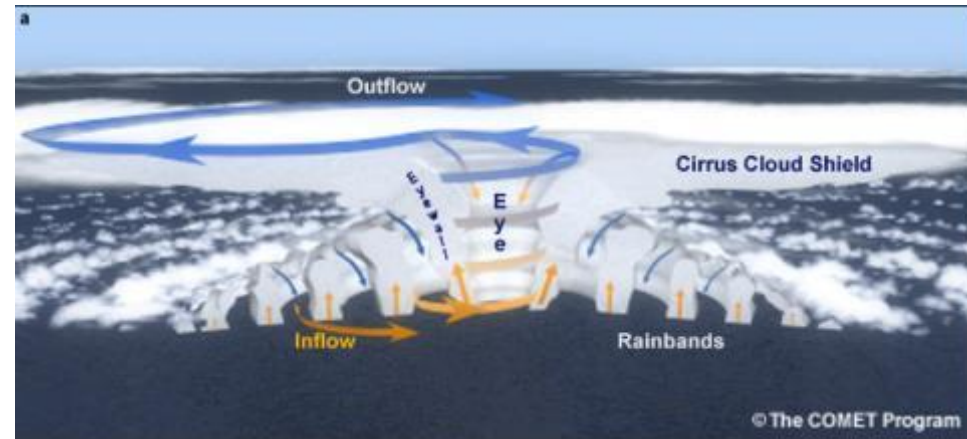
Fonte:

Tropical Rainfall Measuring Mission
(TRMM) – Godard Space Flight Center
(NASA)

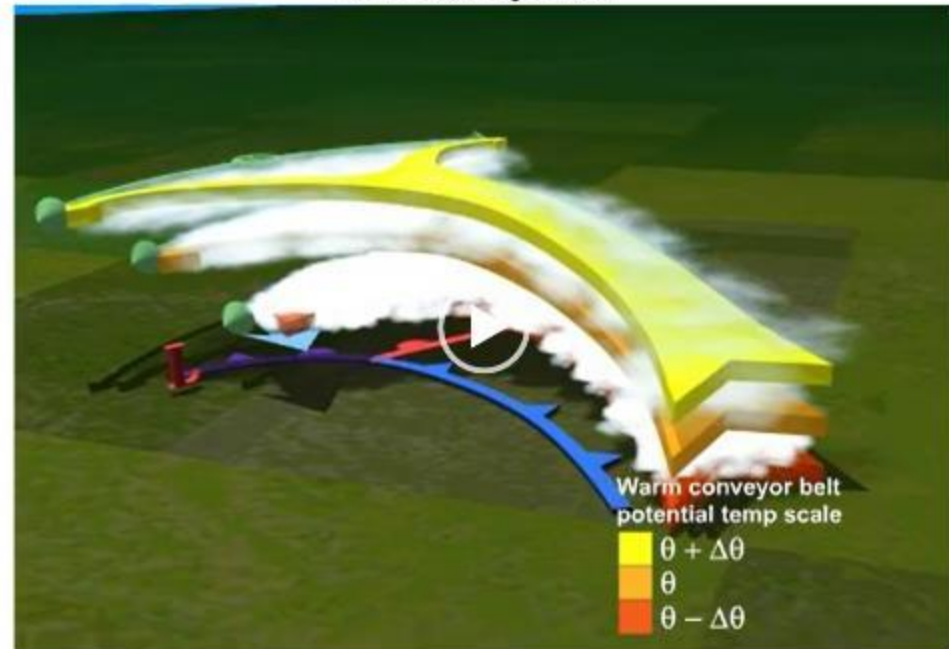
[https://trmm.gsfc.nasa.gov/publications
dir/brazil_may09_flooding.html](https://trmm.gsfc.nasa.gov/publications/dir/brazil_may09_flooding.html)

Ciclones tropicais possuem estrutura vertical com fraco cisalhamento. Caracterizam-se pela depressão central, raio da velocidade máxima, velocidade de deslocamento central e centro quente.

Ciclones extratropicais caracterizam-se pelo deslocamento de massas de ar quente sucedidas por massas de ar frio, forte cisalhamento vertical e centro frio.



Deformation Zone in Relationship to a Warm Conveyor Belt

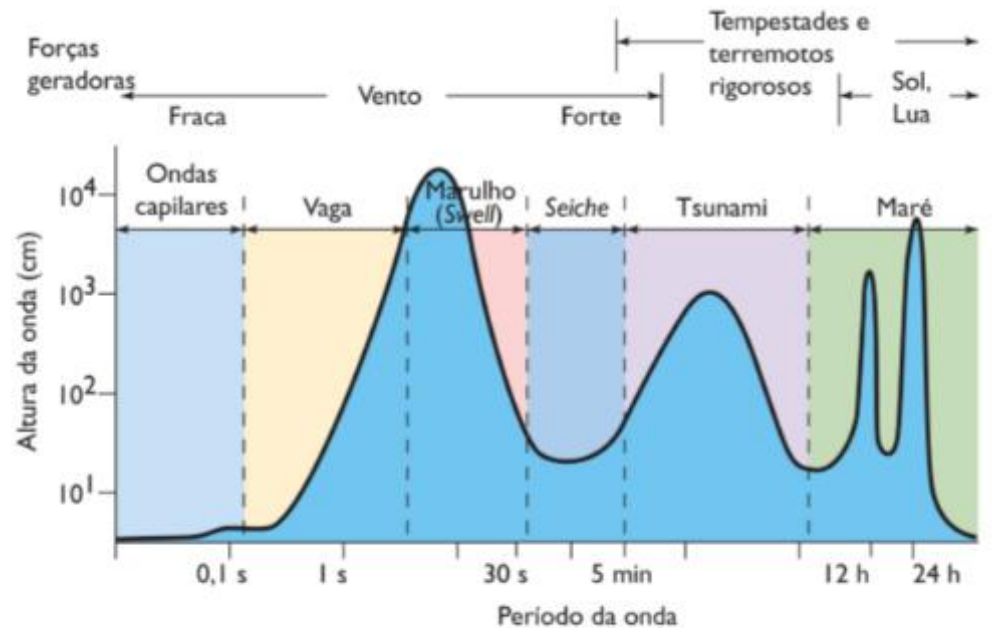




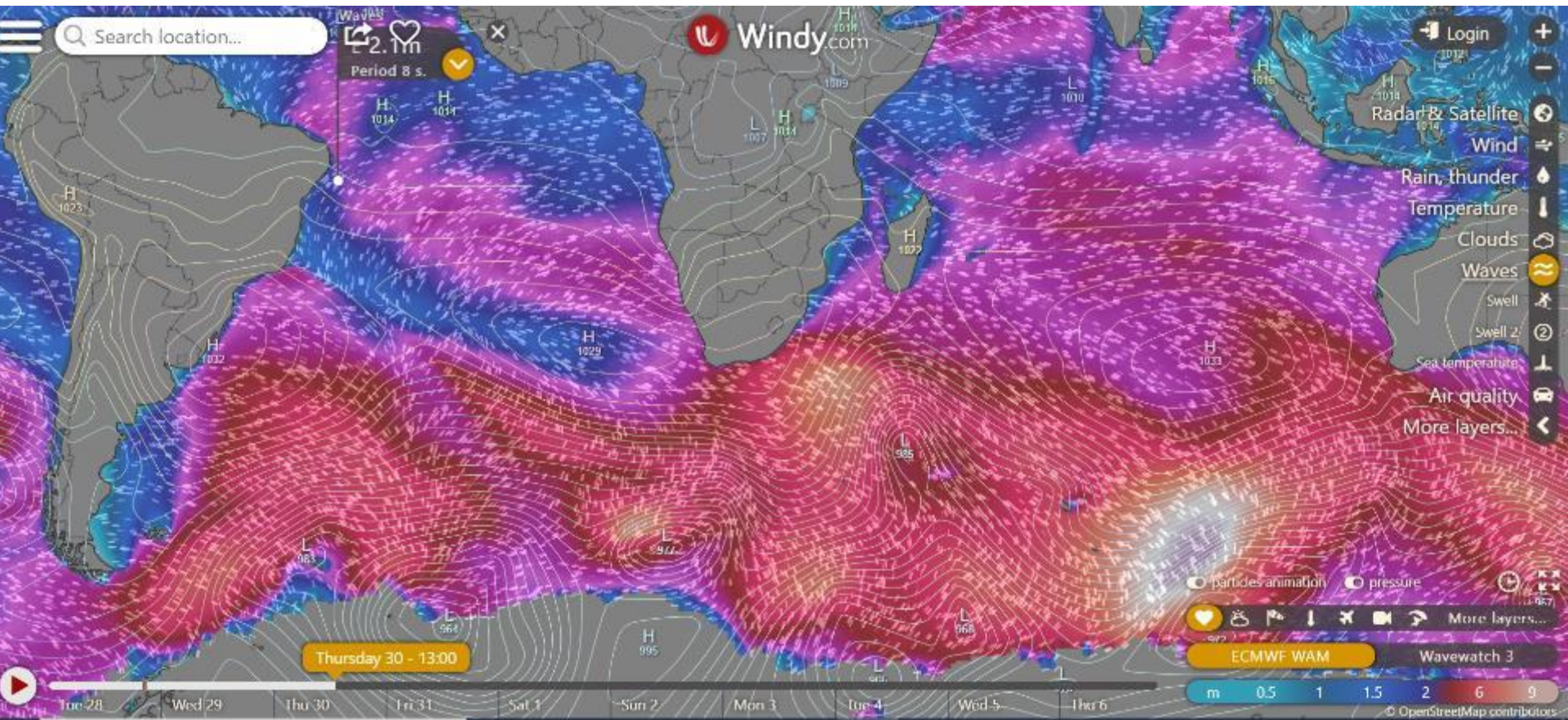
Há vários tipos de ondas nos oceanos: as geradas por vento possuem período na faixa de 1 s e 30 s.

Tensões tangenciais (cisalhamento) e flutuações de pressão geram ondas de capilaridade. Efeitos não lineares provocam aumento da altura e período.

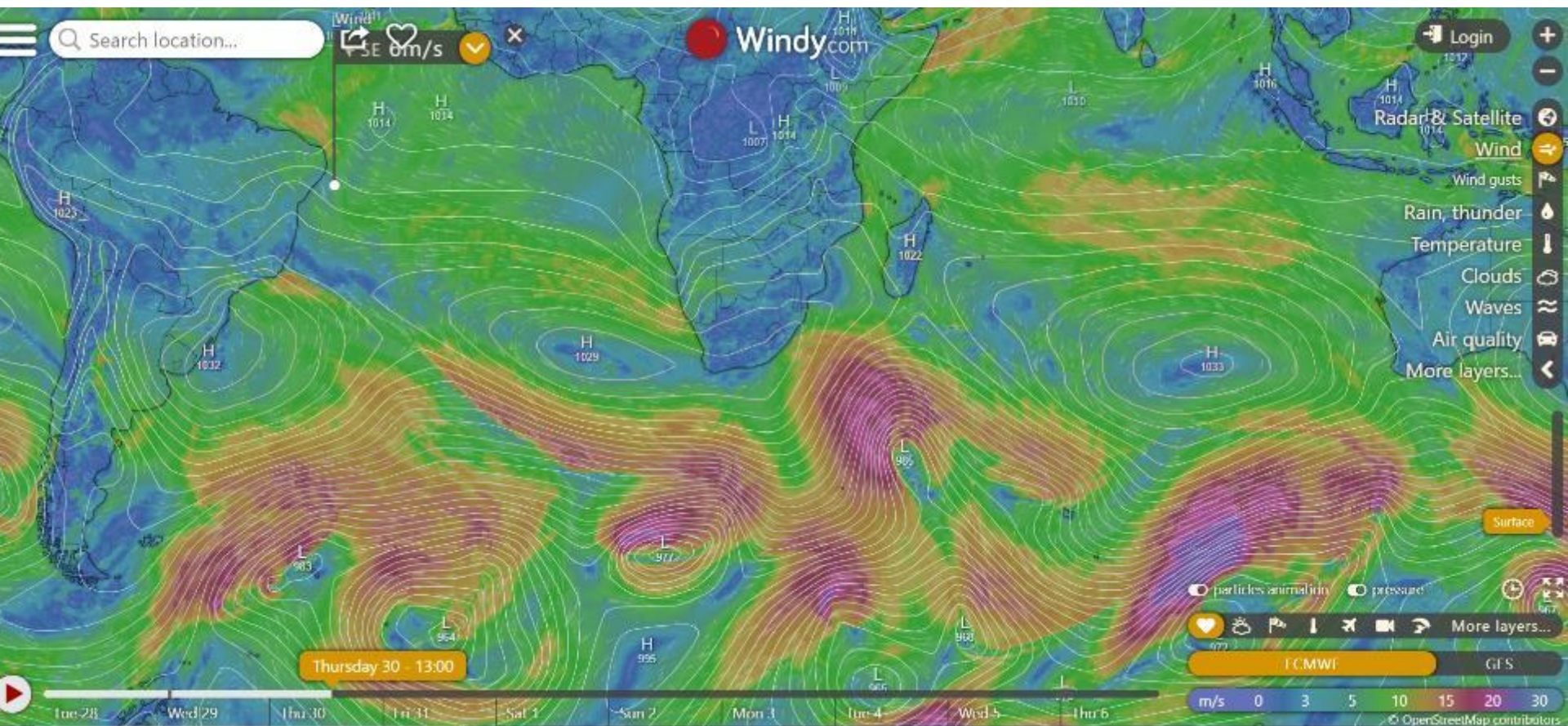
A geração depende da duração, da intensidade e da pista do vento.

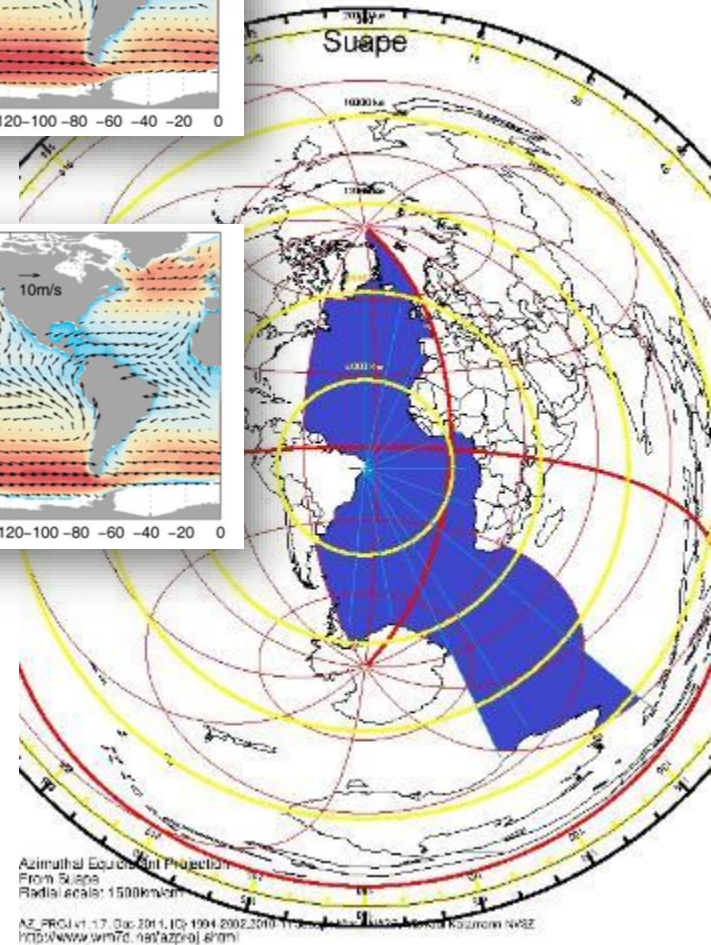
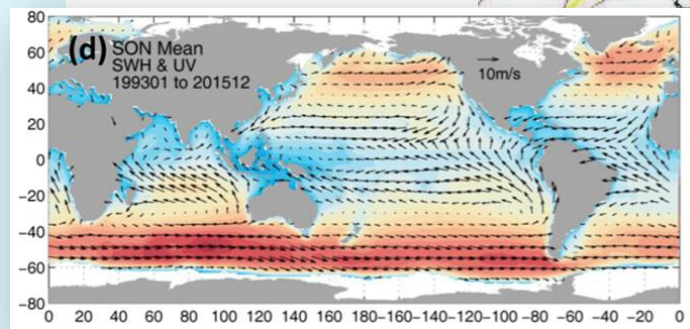
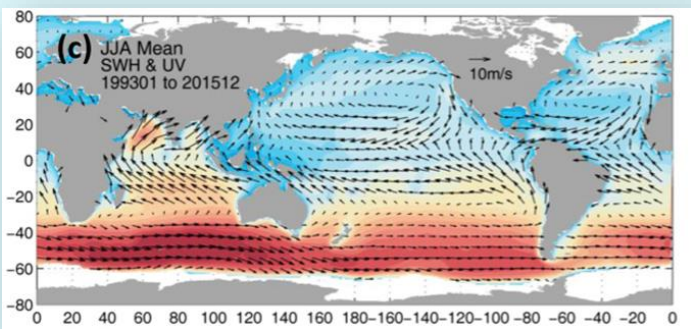
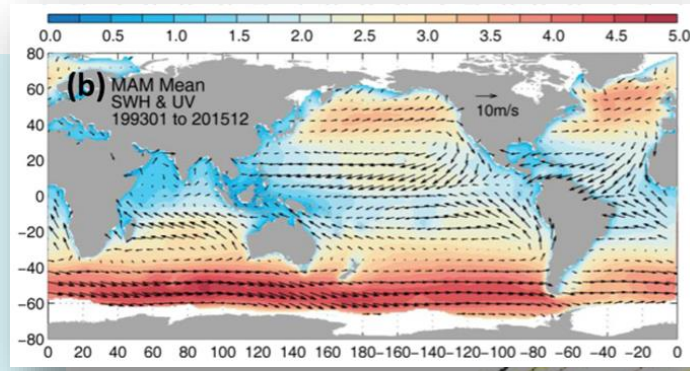
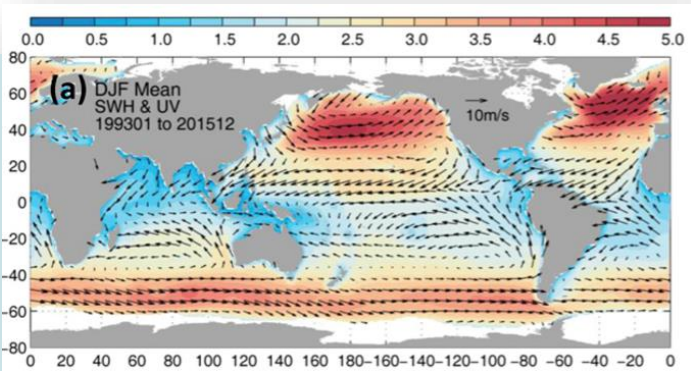


(b) ESPECTRO DE ONDAS IDEALIZADO



<http://www.windy.com>





Climatologia sazonal global de alturas significativas e de velocidade de vento

Fonte: Lin & Oey (2020)



3. Fenômenos de escala local



Efeitos Diversos

- **Ação de ondas sobre estruturas (quebra-mar)**
- **Ação das estruturas sobre as ondas**
- **Circulação hidrodinâmica: sedimentos em suspensão**
- **Recirculação de água de refrigeração**
- **Datum Vertical e Subsidência**
- **Plâncton e Plásticos**



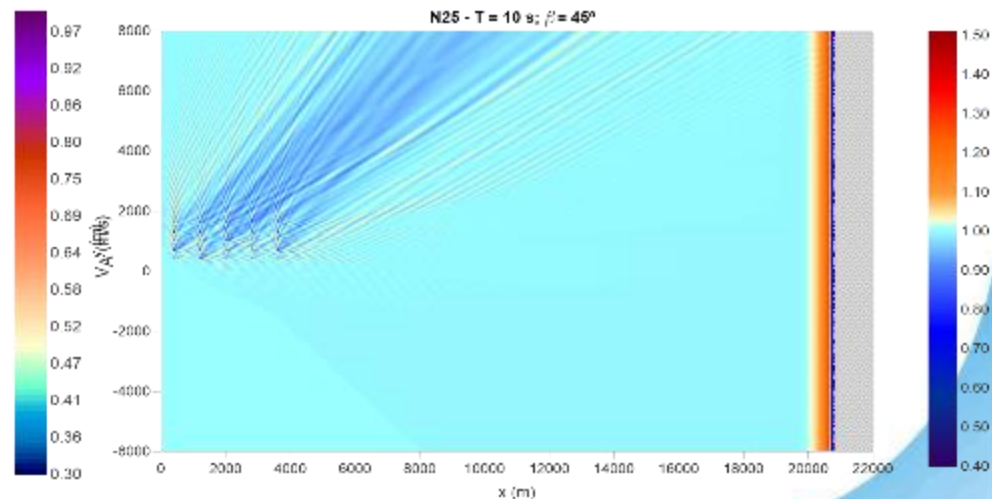
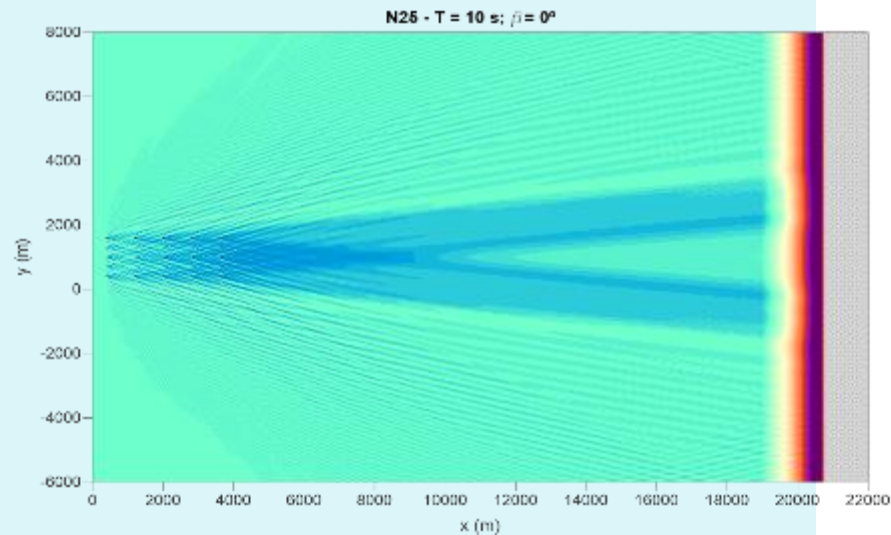
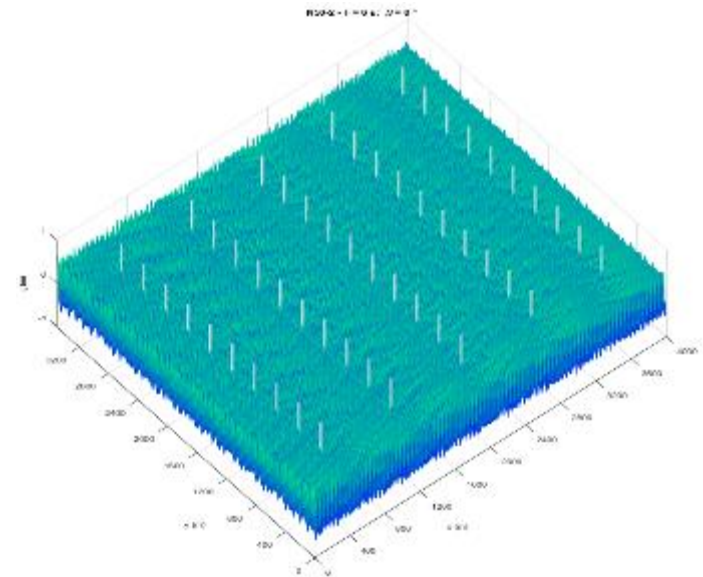
NEOENERGIA



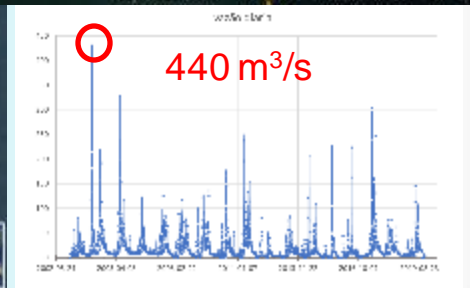
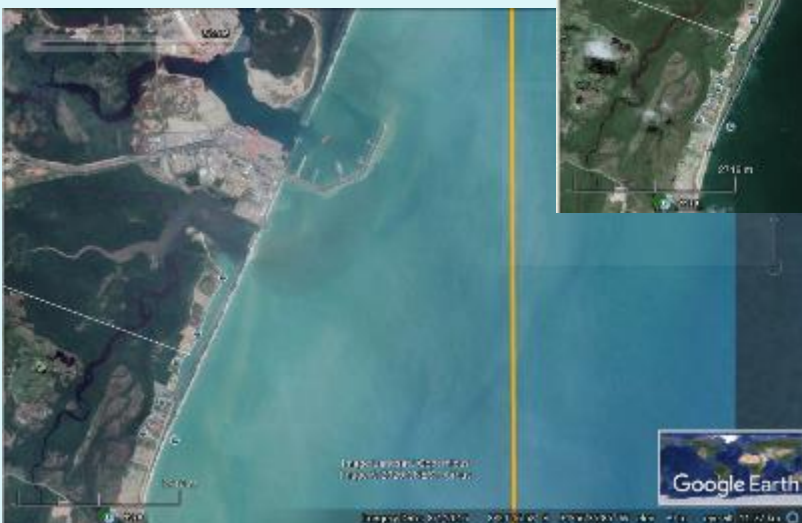
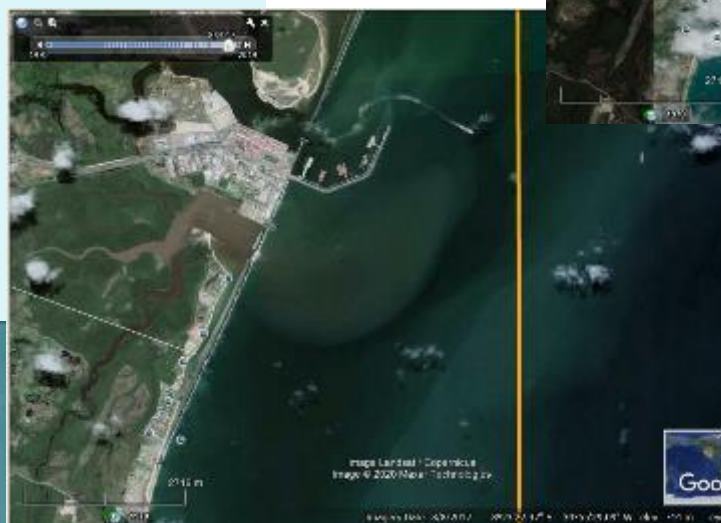
Ação de ondas sobre estruturas.

Ação de estruturas sobre ondas.

Interação de ondas com parques eólicos offshore de tipo monopilar,
Laura Aguilera Jiménez, Tese D.Sc.
COPPE, Eng. Oceânica, 2020.



Descarga sólida no rio
Ipojuca em 1/8/2016,
8/8/2017, 13/3/2018.



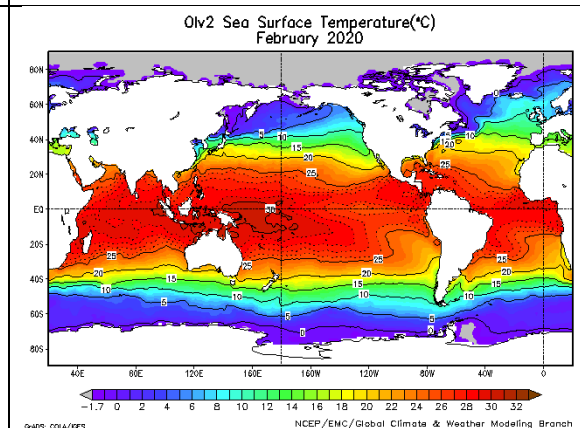
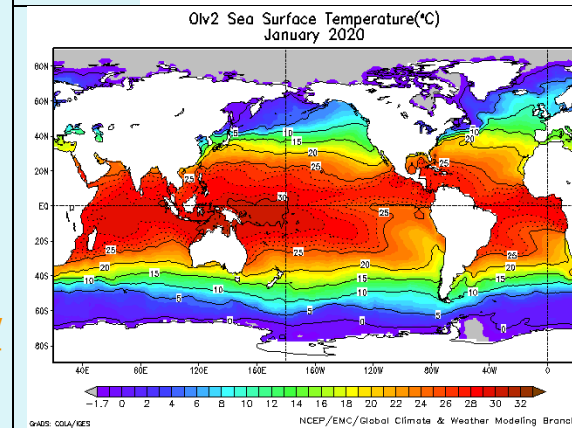
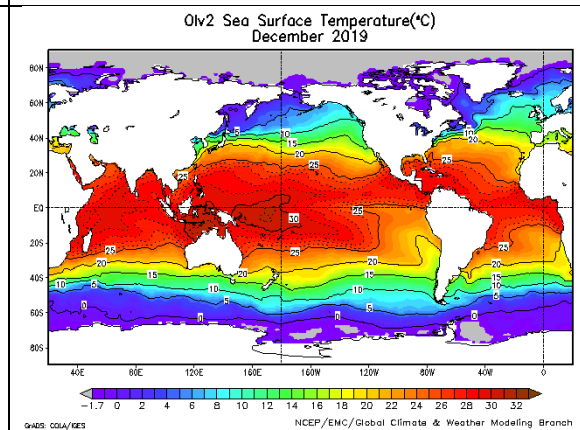
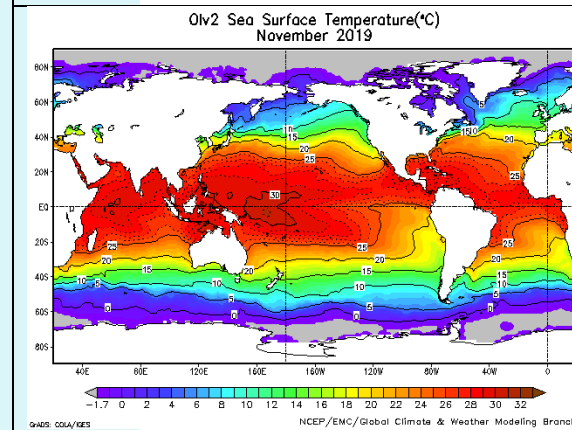
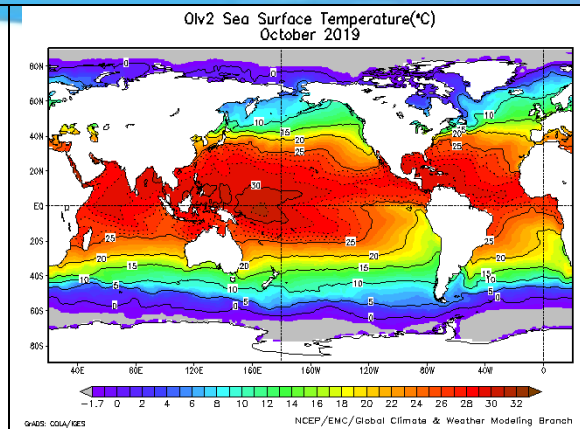
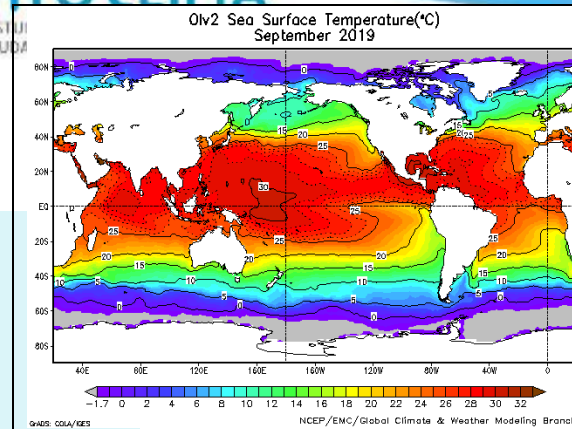
Temperatura da
Superfície do Mar

janeiro e fevereiro
de 2020: 28°C

Temperatura
de projeto: 29°C

Condição de
licenciamento: +3°C a
100 m do difusor

Fonte: https://www.emc.ncep.noaa.gov/research/cmb/sst_analysis/





NEOENERGIA



CENTRO CLIMA

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO
AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS - COPPE/UFRJ

Sobre análises de recirculação térmica, emissários e captação de SST (sedimentos suspensos totais)

Há vários trabalhos relacionados a recirculação térmica:

Veja Aplicações – Projetos em www.sisbahia.coppe.ufRJ.br

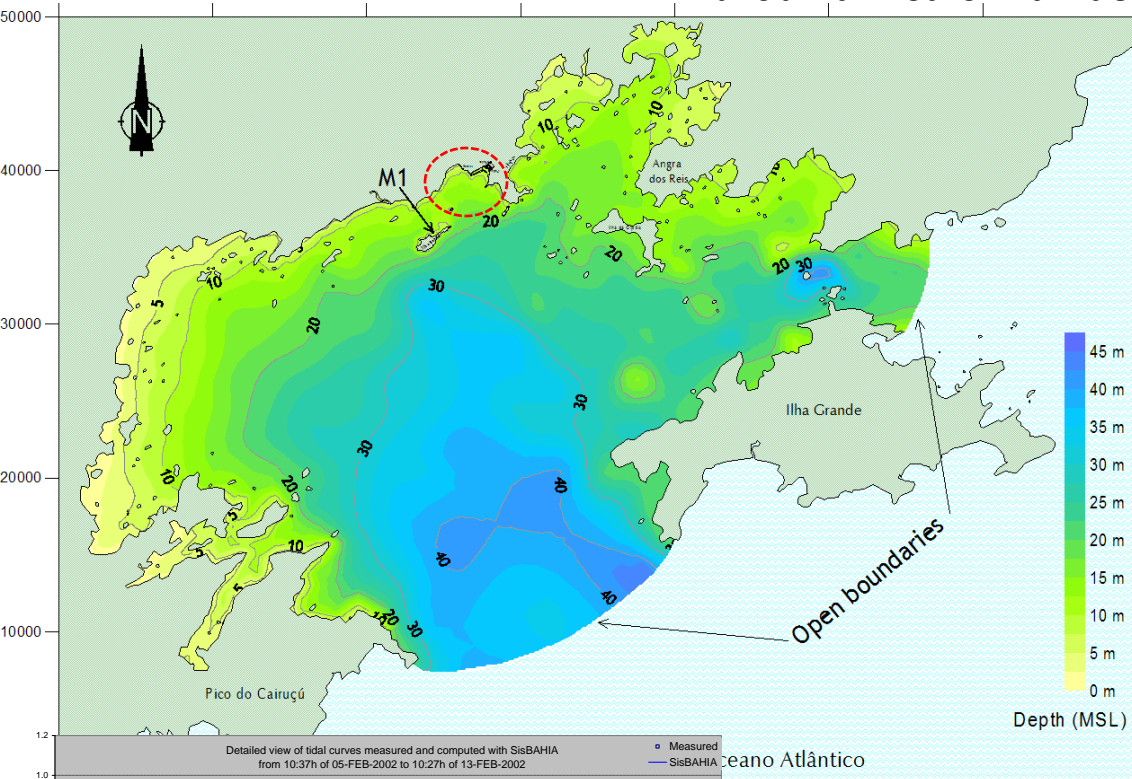
Exemplo:

Análises de recirculação térmica, e muitas outras, com modelagem computacional realizadas para a Eletronuclear, que objetivaram cenários de operação para as usinas de Angra, na Baía da Ilha Grande, RJ.

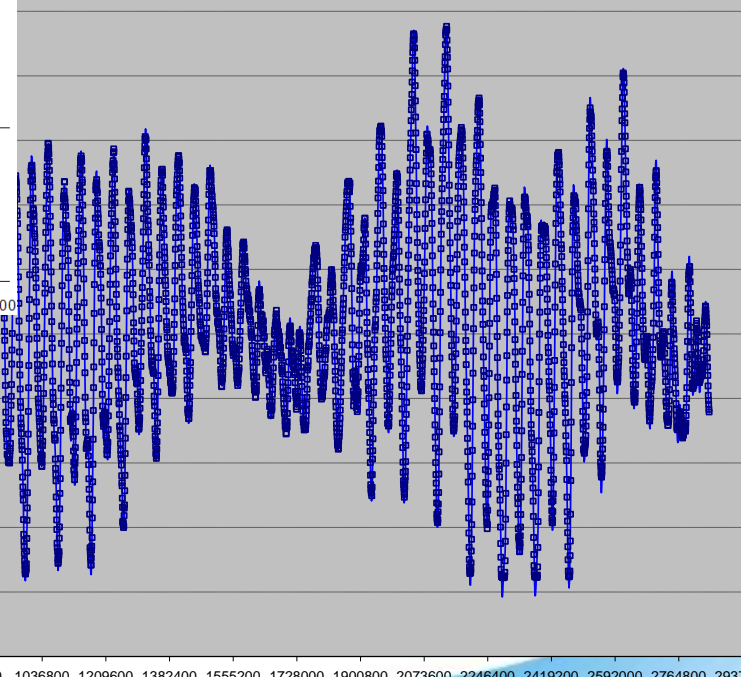
- Angra 1 = 40 m³/s; Angra 2 = 80 m³/s; Angra 3 = 80 m³/s

Hidrodinâmica e Plumas Térmicas – Usinas de Angra dos Reis

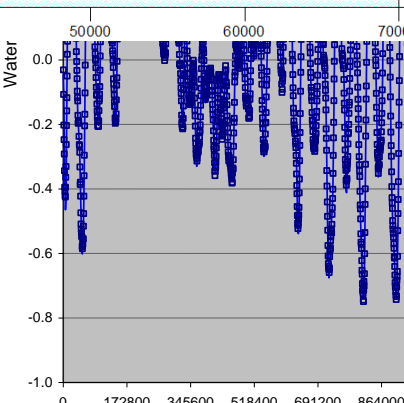
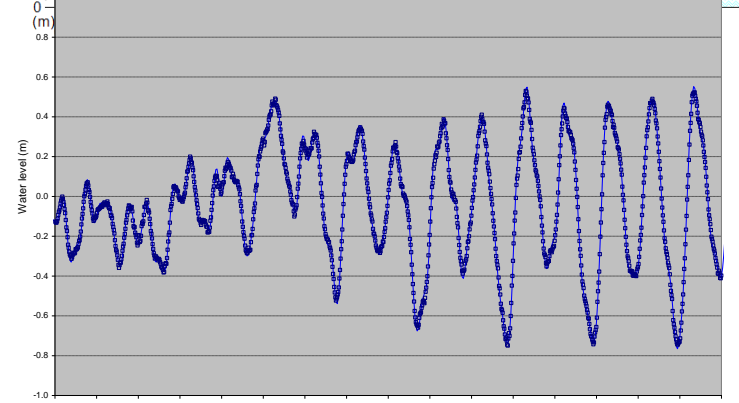
Measured and computed tidal curves at Itaorna Bay. Data measured at tidal gauge M1 shown aside. Bellow, the computed and measured results over 33 days, and at the left corner a detailed view of a 5 days period, for a better appraisal of the computed results.



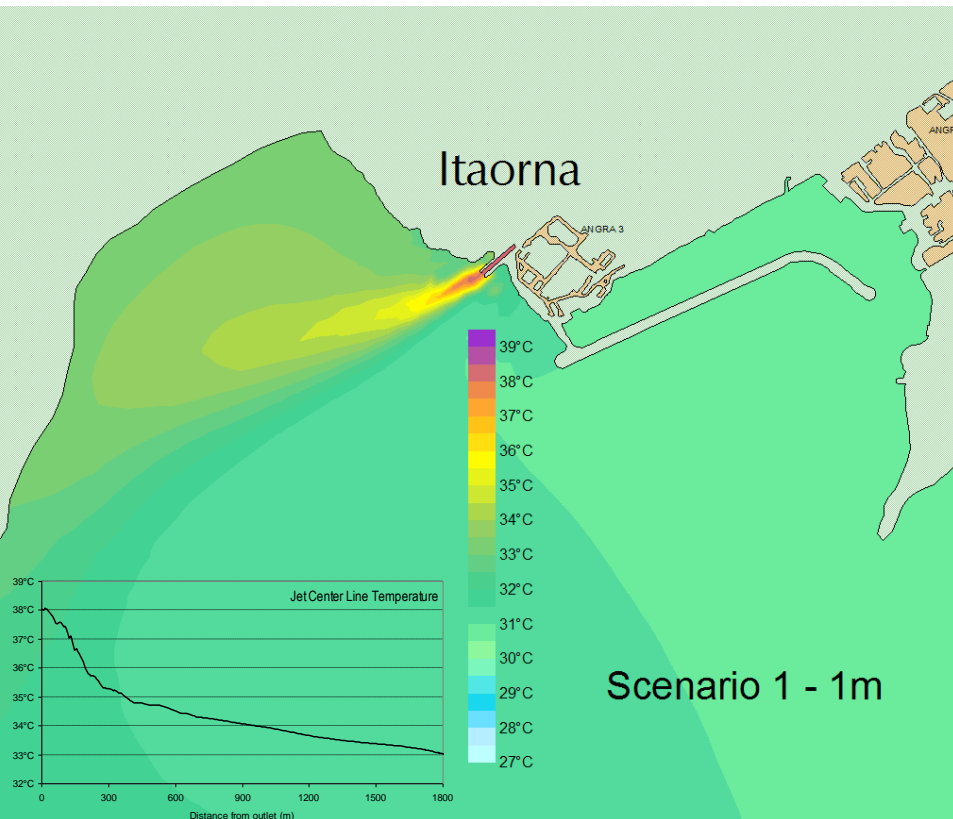
Tidal curves measured and computed with SisBAHIA from 10:37h of 01-FEB-2002 to 10:27h of 06-MAR-2002



Detailed view of tidal curves measured and computed with SisBAHIA from 10:37h of 05-FEB-2002 to 10:27h of 13-FEB-2002

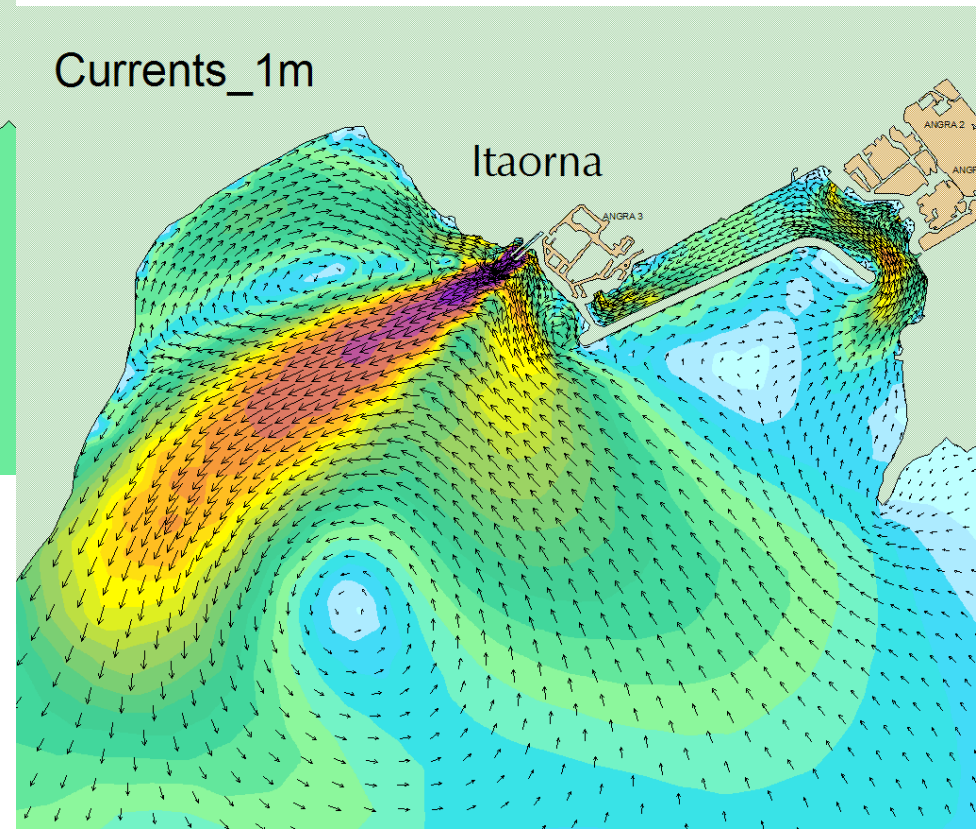


Hidrodinâmica e Plumas Térmicas – Usinas de Angra dos Reis



Top map shows 1 m layer temperature distributions, and bottom map 1 m layer flow field, in Itaorna cove in Bay of Ilha Grande – The situation represented is entirely hypothetical.

Currents_1m





NEOENERGIA



CENTRO CLIMA

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO
AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS – COPPE/UFRJ

Sobre análises de recirculação térmica, emissários e captação de SST (sedimentos suspensos totais)

Há vários trabalhos relacionados a recirculação térmica:

Veja Aplicações – Projetos em www.sisbahia.coppe.ufrj.br

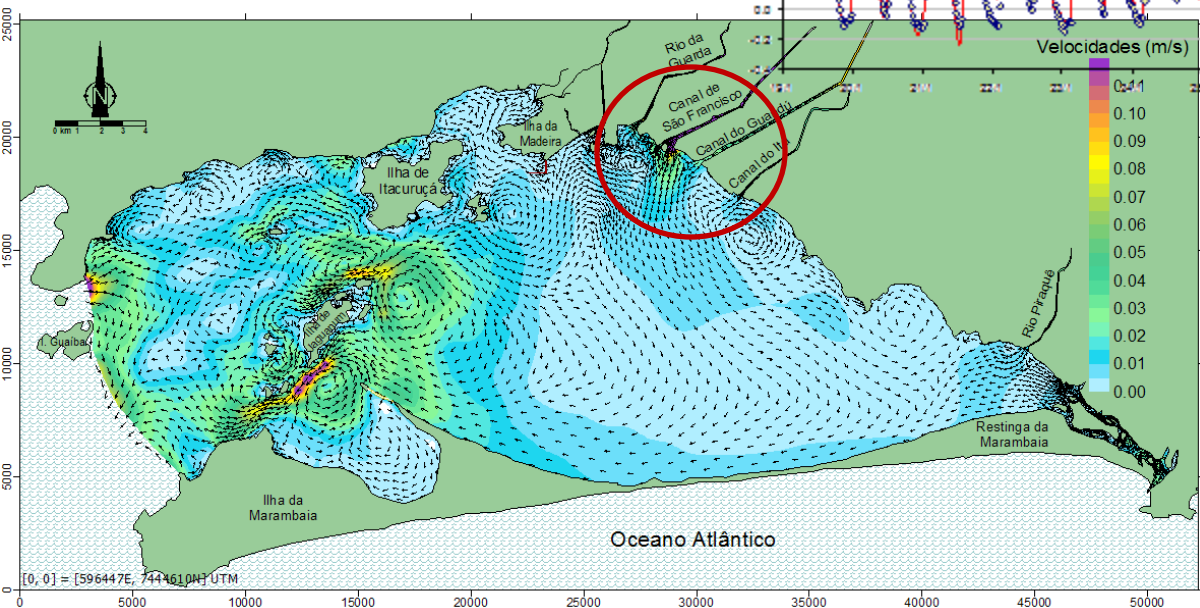
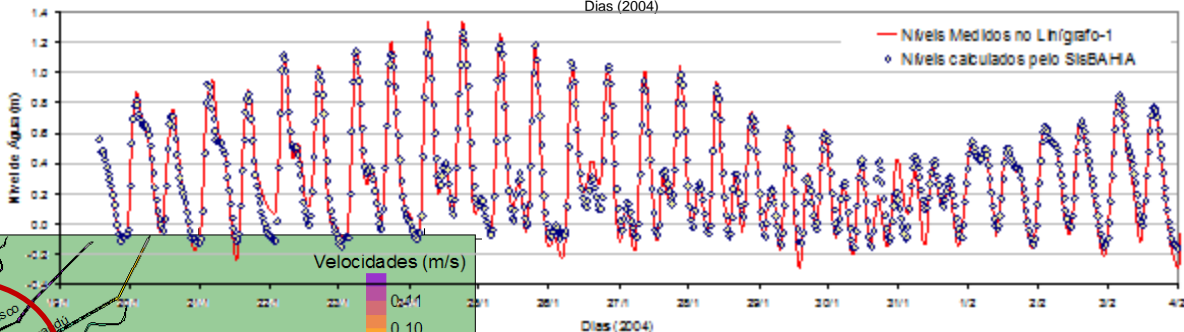
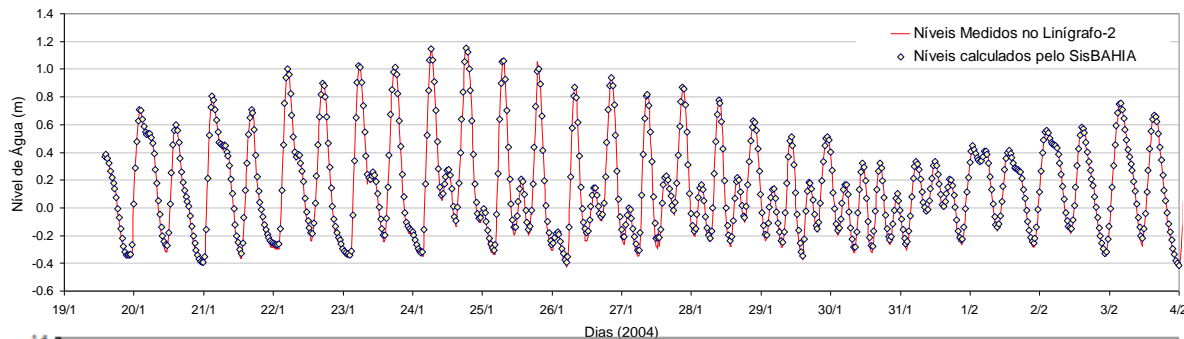
Exemplo:

Análises pertinentes a recirculação térmica e licenciamento do descarte de água aquecida da termoelétrica da Companhia Siderúrgica do Atlântico, atual Thernium, na Baía de Sepetiba, RJ, com captação de 18 m³/s

Plumas térmicas da UTE-CSA – Baía de Sepetiba

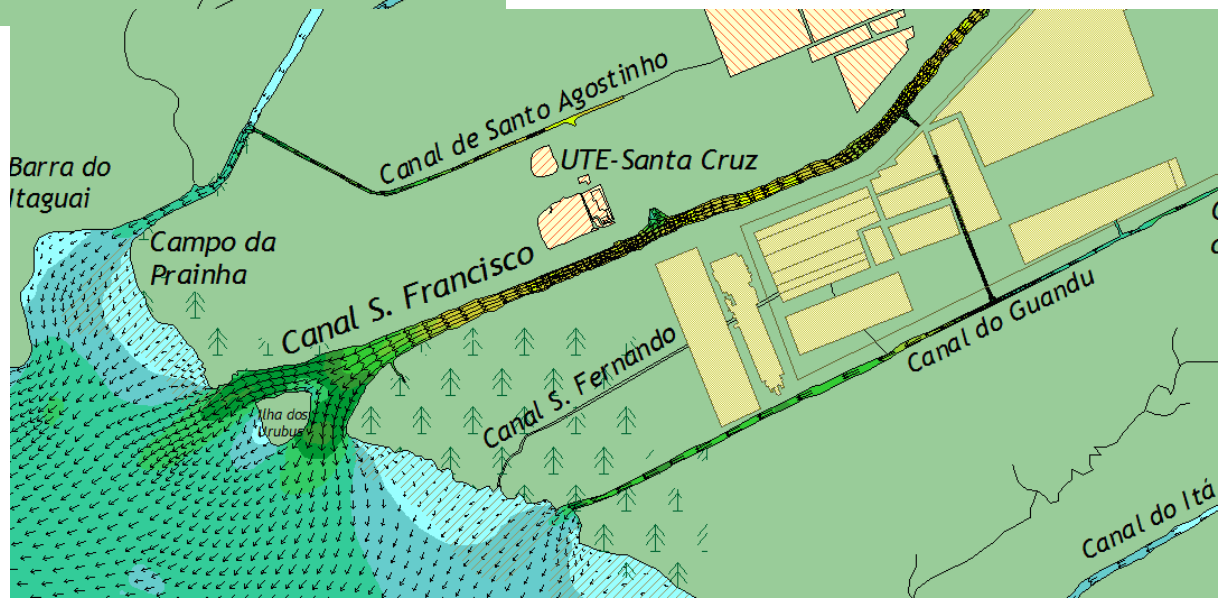
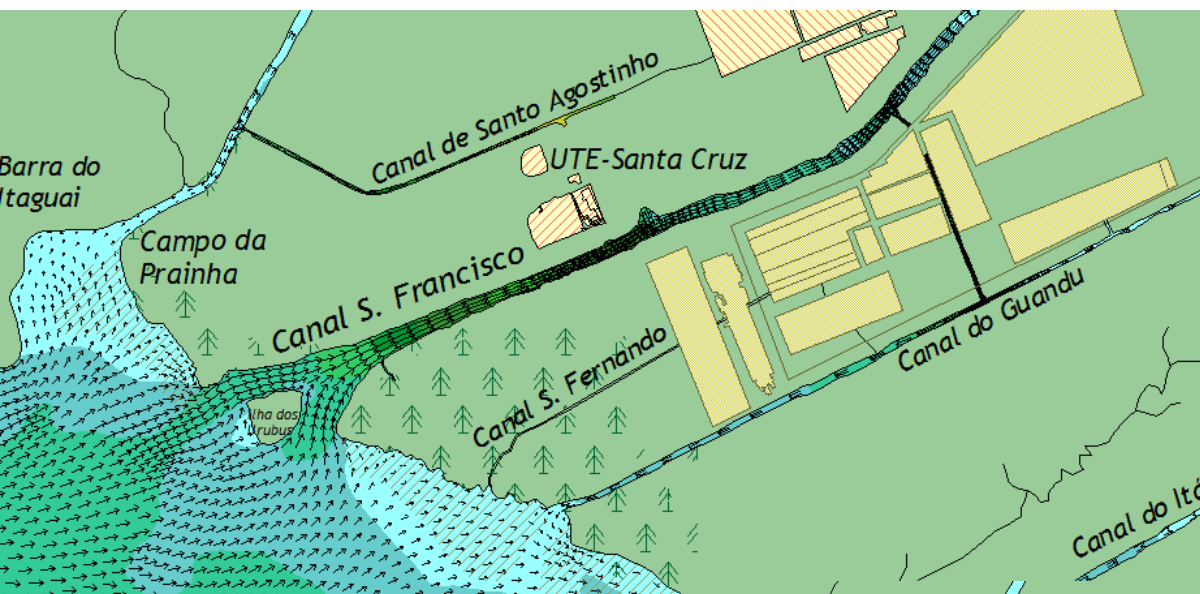
Calibração:

Níveis de maré no Canal de São Francisco na foz na Baía de Sepetiba e a cerca de 10 km a montante.



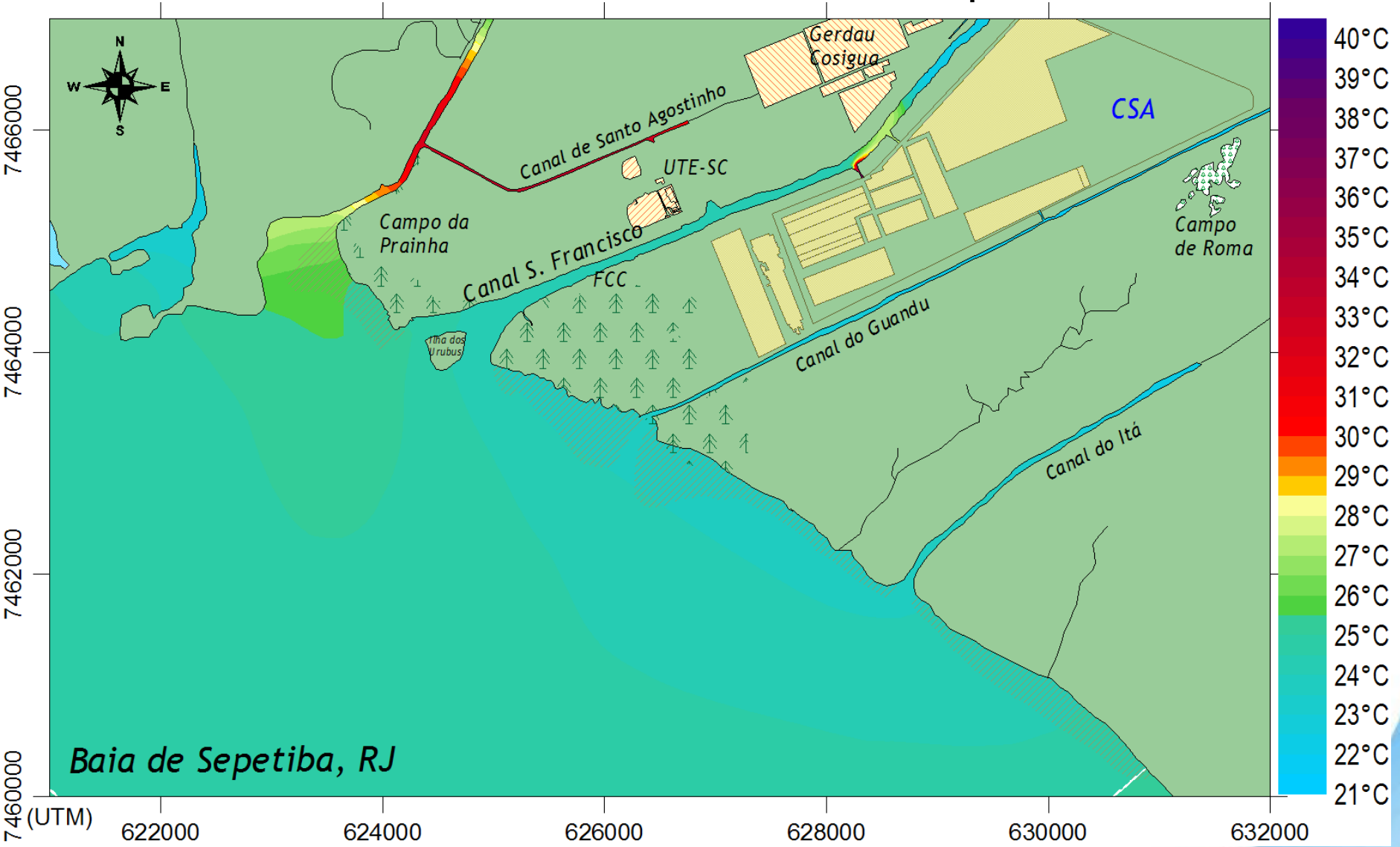
Correntes residuais eulerianas ao longo de um dia de maré de sizígia.

Plumas térmicas da UTE-CSA – Baía de Sepetiba





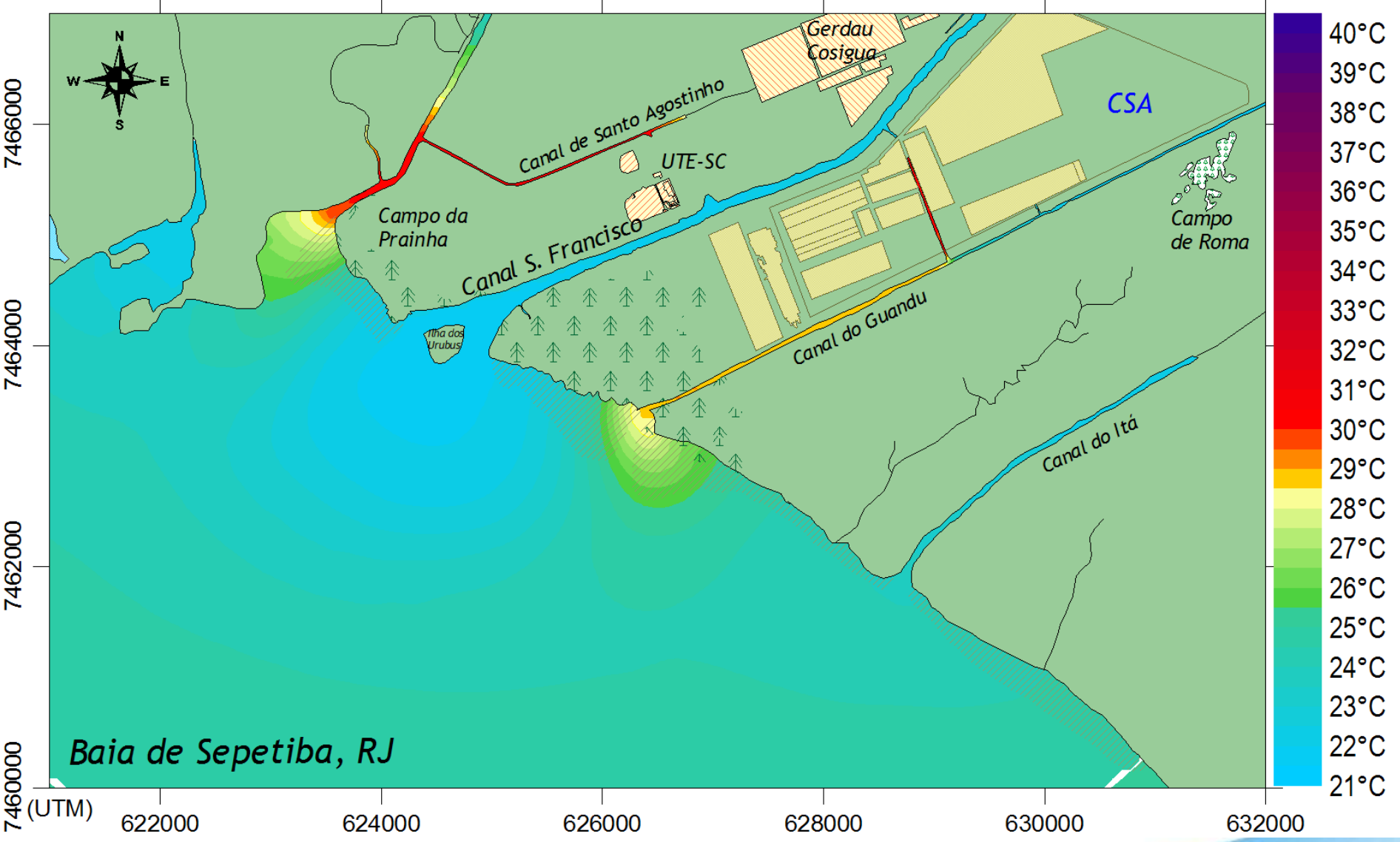
Plumas térmicas da UTE-CSA – Baía de Sepetiba



Baía de Sepetiba, RJ



Plumas térmicas da UTE-CSA – Baía de Sepetiba



Baía de Sepetiba, RJ



NEOENERGIA



CENTRO CLIMA

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO
AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS – COPPE UFRJ

Sobre análises de recirculação térmica, emissários e captação de SST (sedimentos suspensos totais)

Há vários trabalhos relacionados a emissários:

Veja Aplicações – Projetos em www.sisbahia.coppe.ufrj.br

Exemplo mais recente:

Análises de Hidrodinâmica Ambiental Pertinentes ao Projeto de um Emissário em Praia Grande – Cabo Frio, RJ, para a empresa Prolagos, de março a julho de 2020.



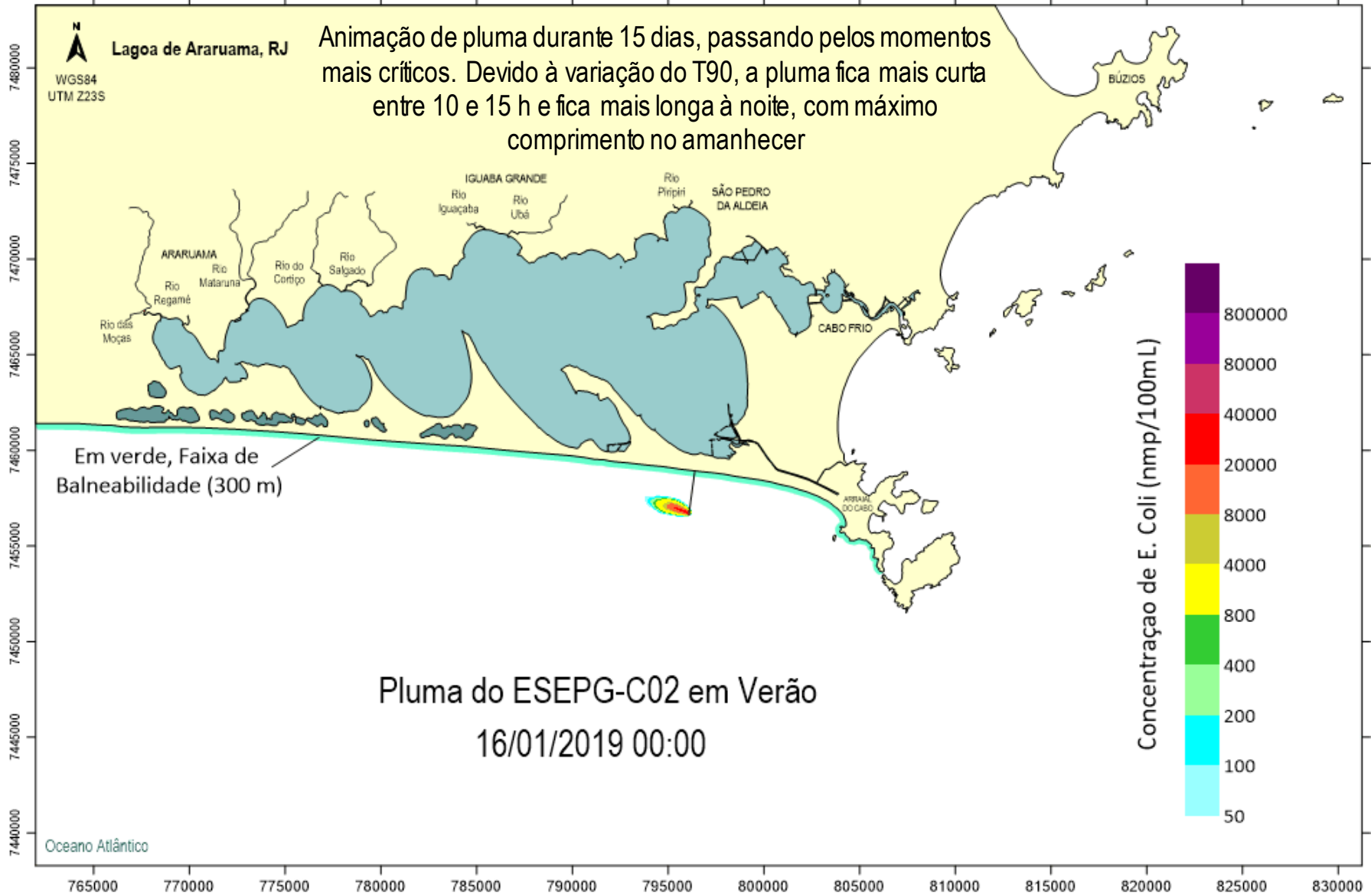
NEOENERGIA



CENTRO CLIMA

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS - COPPE/UFERJ

Resultados de Campo Afastado – Plumagens do ESEPG-C02_Verão





NEOENERGIA



CENTRO CLIMA

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO
AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS – COPPE/UFRJ

Sobre análises de recirculação térmica, emissários e captação de SST (sedimentos suspensos totais)

Há vários trabalhos relacionados sedimentos finos:

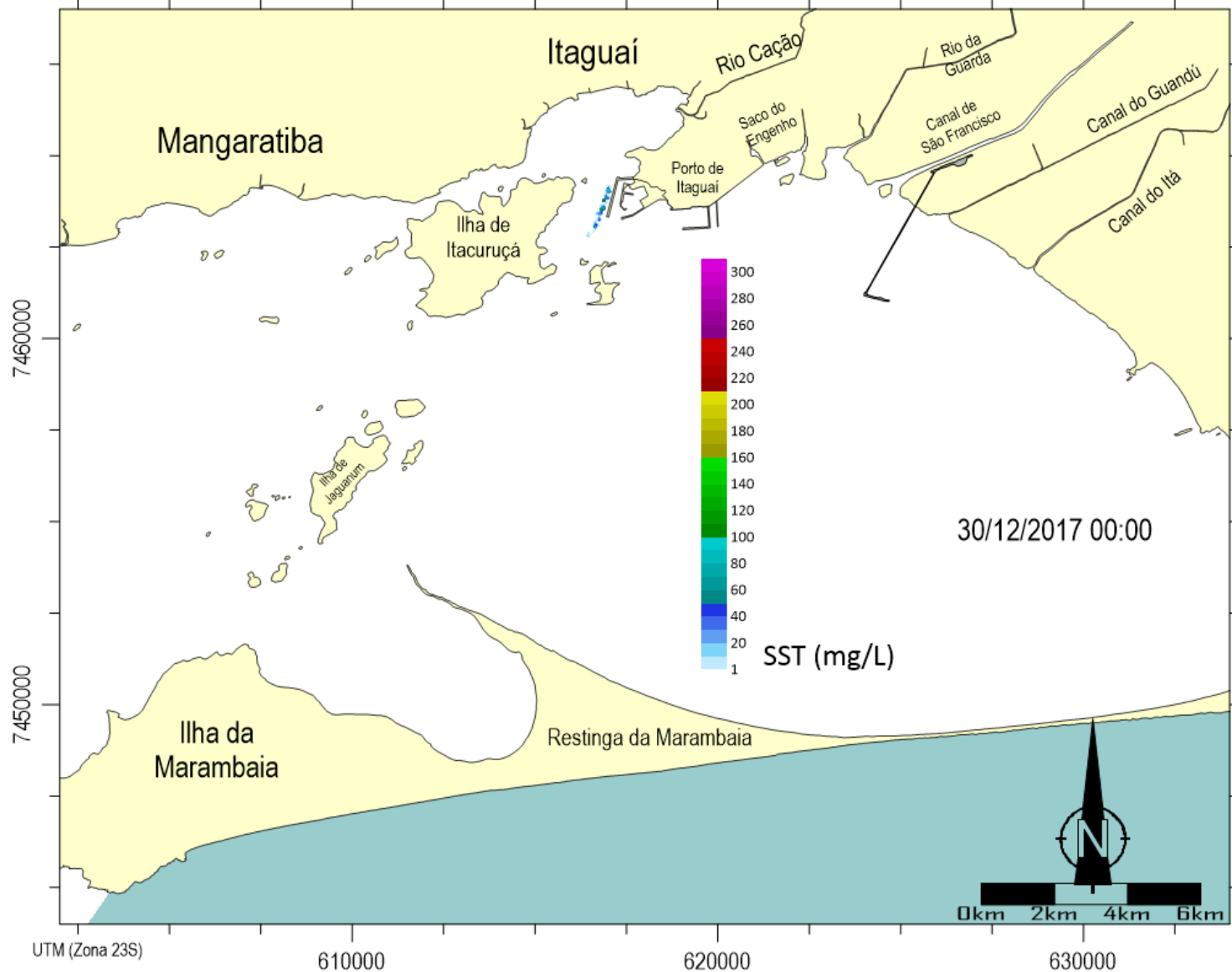
Veja Aplicações – Projetos em www.sisbahia.coppe.ufrj.br

Exemplo: “**DETERMINAÇÃO DA DERIVA DE SEDIMENTOS EM DRAGAGENS DE CANAIS DE ACESSO E ÁREAS PORTUÁRIAS NA BAÍA DE SEPETIBA, RJ**”, no contexto de programa de trabalho no âmbito do acordo de cooperação técnica com o SINDOPITA – Sindicato de Operadores Portuários do Município de Itaguaí. Ref. Fundação Coppetec PENO-19235, de 10/2018 a 02/2019.



NEOENERGIA

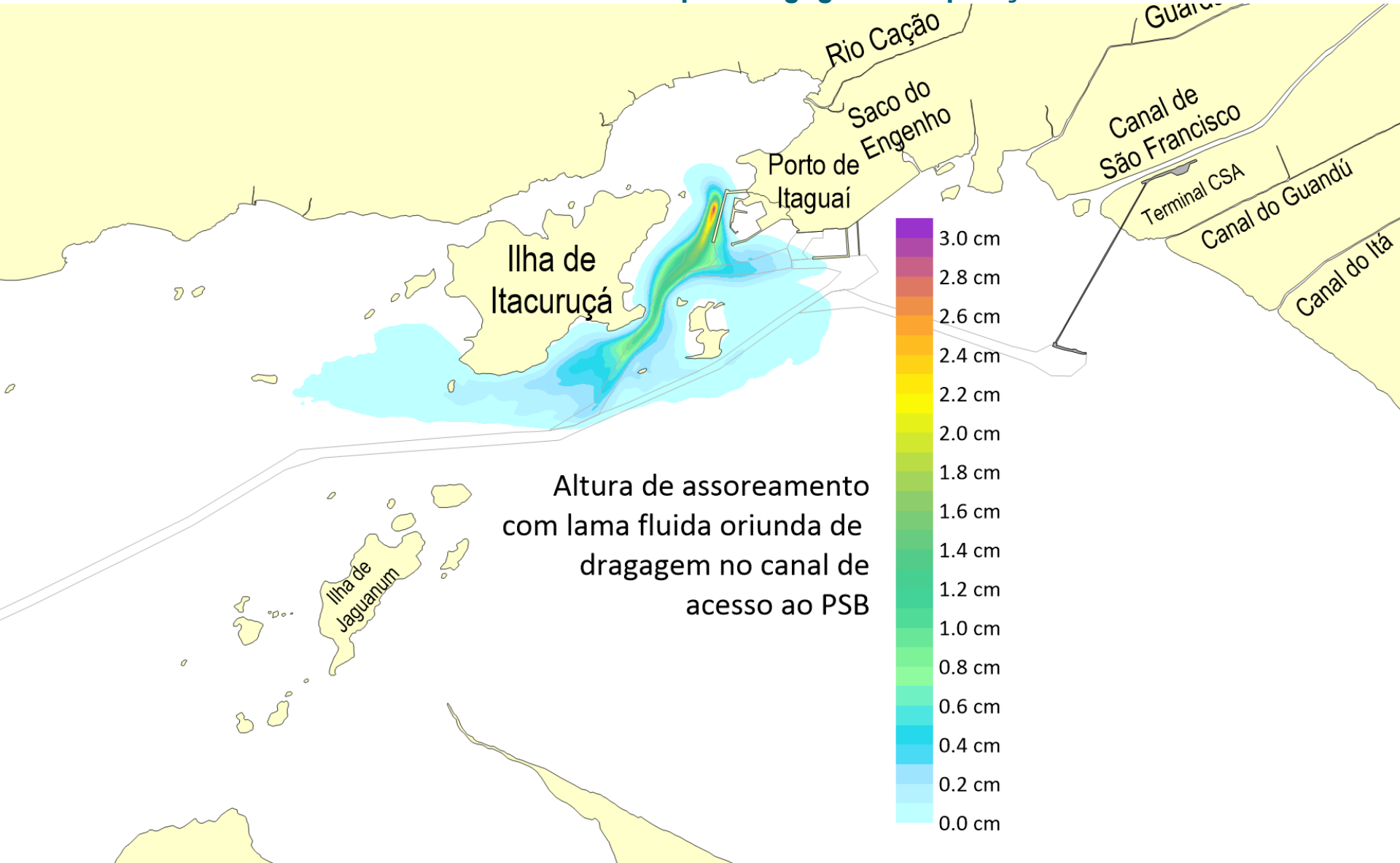
Taxas de Assoreamento por Dragagens - Draga em Operação





NEOENERGIA

Taxas de Assoreamento por Dragagens - Deposição





NEOENERGIA



CENTRO CLIMA

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO
AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS – COPPE/UFRJ

Sobre análises de recirculação térmica, emissários e captação de SST (sedimentos suspensos totais)

Há vários trabalhos relacionados sedimentos finos:

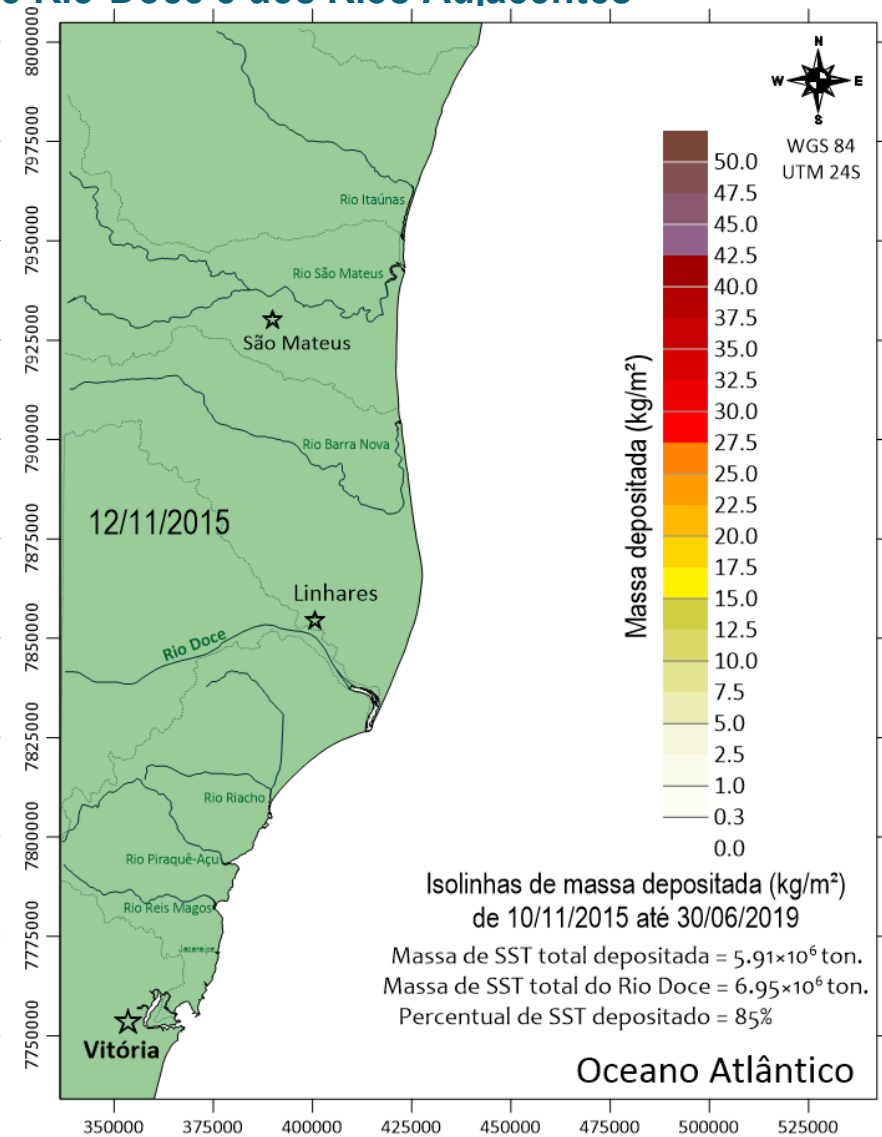
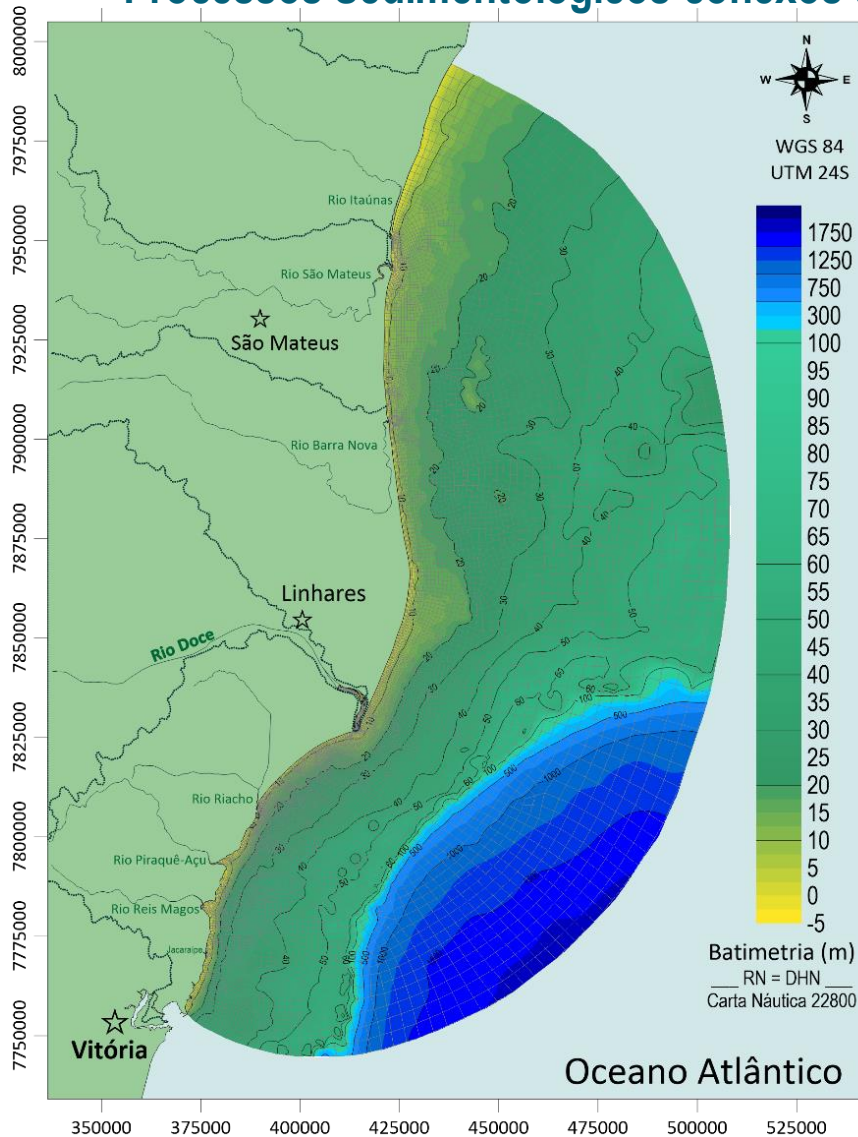
Veja Aplicações – Projetos em www.sisbahia.coppe.ufrj.br

Exemplos:

- Aplicação de modelos de circulação hidrodinâmica acoplado com modelo de geração de ondas, modelos de qualidade de água e modelo de transporte Lagrangeano para plumas efluentes, com deposição de particulados finos, no âmbito do projeto intitulado “ANÁLISES DE IMPACTOS NA QUALIDADE DE ÁGUA DOS CORPOS RECEPTORES DE EFLUENTES PLUVIAIS DAS ÁREAS INDUSTRIAIS DA VALE, EM TUBARÃO – ES”. Contratado pela Vale S.A. Ref. Fundação Coppetec PENO-22872, de 01/2020 a 10/2020.
- Aplicação de modelo de circulação hidrodinâmica acoplado com modelo de geração de ondas, modelo de transporte de salinidade e modelo de transporte de sedimentos finos, no âmbito do projeto intitulado “SOBRE SEDIMENTOS DEPOSITADOS NA ZONA COSTEIRA ADJACENTE À FOZ DO RIO DOCE, APÓS A RUPTURA DA BARRAGEM DA SAMARCO EM 05/11/2015”. Contratado pela Vale S.A. Ref. Fundação Coppetec PENO-22694, de 11/2019 a 04/2021.



Processos Sedimentológicos conexos ao Rio Doce e aos Rios Adjacentes



Impactos Sobre o Sistema de Transmissão de Eletricidade

'Ciclone bomba' provocou o maior dano da história na rede elétrica do estado, diz Celesc

Na terça (30), mais de 1,5 milhão de imóveis ficaram sem luz. Recomposição total do sistema pode levar até três dias.

Por Carolina Holland, G1 SC

01/07/2020 15h42 • Atualizado há uma semana

'Ciclone bomba' provoca ventos de até 130 km/h no Sul nesta quarta

A Defesa Civil catarinense já contabiliza nove mortos no Estado e uma pessoa desaparecida em decorrência do ciclone extratropical

Por Paula Sperb, da FolhaPress - Porto Alegre
01/07/2020 11:50 • Atualizado há uma semana

<https://valor.globo.com/brasil/noticia/2020/07/01/ciclone-bomba-provoca-ventos-de-at-130-kmh-no-sul-nesta-quarta.ghtml>

<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2020/07/01/ciclone-bomba-provocou-o-maior-dano-da-historia-na-rede-eletrica-do-estado-diz-celes>



Foto: Raphele/QuartaMidiol



4. Considerações Finais

SOMOS A ENERGIA
PARA C
O FUTURO

Considerações Finais

- A zona costeira é considerada pelas empresas de resseguros como a **região de maior risco no planeta**, pela exposição simultânea a fenômenos marinhos, atmosféricos e geológicos.
- É muito importante que a identificação, avaliação e gestão dos riscos climáticos esteja integrada à **gestão de riscos global** das organizações e das cidades.
- A **incorporação de uma prática de monitoramento permanente** aumenta a resiliência e constituirá vantagem no futuro.
- Realizar **levantamentos geodésicos** a intervalos regulares e preservar os marcos.
- Existe, porém, a necessidade de **preservação da informação** para as gerações futuras.

EQUIPE CENTRO CLIMA

NOME	FUNÇÃO	QUALIFICAÇÃO
Emilio Lèbre La Rovere	Coordenador do projeto	Professor Titular do Programa de Planejamento Energético – PPE/COPPE/UFRJ (D.Sc)
Claudio Freitas Neves	Processos costeiros	Professor Associado do Programa de Engenharia Oceânica – PENO/COPPE/UFRJ (Ph.D)
Paulo Cesar Colonna Rosman	Circulação hidrodinâmica	Professor Titular do Programa de Engenharia Oceânica – PENO/COPPE/UFRJ (Ph.D)
Heliana Vilela de Oliveira Silva	Metodologia de adaptação	Pesquisador Sênior do Centro Clima (D.Sc)
Denise da Silva de Sousa	Metodologia de adaptação	Pesquisador Sênior do Centro Clima (D.Sc)
Giovannini Luigi	Cenarização do clima	Pesquisador Sênior do Centro Clima (D.Sc)
Silvia B. Schaffel	Incorporação do risco climático na estratégia de negócios	Pós-doutoranda do PPE (D.Sc)
Jônatas Cavalcanti Teixeira	Estagiário	Graduando em Engenharia Ambiental da Poli/UFRJ
Fundação Coppetec	Administração financeira, legal e contábil	-



OBRIGADO!

Claudio F. Neves
neves@oceanica.ufrj.br
Paulo Cesar C. Rosman
pccrosman@ufrj.br
COPPE/UFRJ



NEOENERGIA

Imagens:

Slide 5:

- esquerda:

Slide 6:

- esquerda: NASA – Dust plume to remember – June 27, 2020.
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/146913/a-dust-plume-to-remember>
- direita: MetEd - a) Major large-scale features and (b) key synoptic and mesoscale weather systems of the West Africa monsoon and the tropical Atlantic. (c) Schematic of N-S vertical cross section along the Greenwich Meridian highlighting the heat low-AEJ-ITCZ system, the Saharan Air Layer
https://www.meted.ucar.edu/tropical/textbook_2nd_edition/media/graphics/west_africa_atlantic_a.jpg

Slide 7:

- superior: Tempête Eleanor filmée en drone - Easy Ride Opérateur Drone - Saint-Malo - Bretagne - France <https://www.youtube.com/watch?v=Doa-ufKF9UI>
- inferior: 20 m Waves- biggest STORM in the WORLD 2017
https://www.youtube.com/watch?time_continue=4&v=XocZniEQ1nk



NEOENERGIA



CENTRO CLIMA
CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO
AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS - COPPE UFRJ

Imagens

Slide 16

- superior: Malta, -
https://video.dailymail.co.uk/preview/mol/2019/03/04/4131966366349149318/636x382MP4_4131966366349149318.mp4
- Superior direita: ciclovia Tim Maia, Rio de Janeiro, RJ -
http://ep01.epimg.net/brasil/imagenes/2016/04/21/politica/1461256688_847248_1461256833_noticia_normal.jpg
- inferior direita: Praia da Macumba, Rio de Janeiro, RJ -
<https://www.youtube.com/watch?v=BG9DJZ2Wpno>

Referências:

- Circulação termohalina de grande escala
<https://sos.noaa.gov/datasets/ocean-circulation-conveyor-belts/>
- AGUILERA, Laura Jiménez, *Interação de ondas com parques eólicos offshore de tipo monopilar*, Tese D.Sc. COPPE UFRJ, Eng. Oceânica, 2020.
- LIN, Y. & OEY, L. 2020. Global trends of sea surface gravity wave, wind, and coastal wave setup. *Journal of Climate* 33 (3): 769-785.