



"Novas Tecnologias para o Monitoramento Meteoceanográfico da Margem Equatorial Brasileira - MEqB"

I Congresso de Ciências do Mar na Margem Equatorial - I CCMME

São Luís - Maranhão

28 a 30 de outubro de 2024



Sumário

1

OceanPact

2

Expedição Amapá

3

Novas tecnologias de monitoramento
meteoceanográfico

4

IA para monitoramento oceânico

5

Plataforma digital



An aerial photograph of a wide, winding river at sunset. The sun is a bright orange orb on the horizon, casting a warm glow over the water and the dark, silhouetted banks. The river meanders through the landscape, reflecting the light from the sky. On the right side of the image, there is a dark teal triangular overlay that points towards the top right corner. A white dotted line with circular markers at its vertices forms a path across the image, starting from the bottom left, going up to a circle containing the number '1', then down to a point on the river, and finally up to the top right corner of the teal overlay.

1

OceanPact

• Institucional > O que fazemos



- Licenciamento e estudos ambientais
- Levantamentos oceanográficos
- Segurança operacional
- Proteção ambiental

- Geofísica
- Geotecnia
- Inspeção, reparo e manutenção
- Suporte a construção
- Descomissionamento

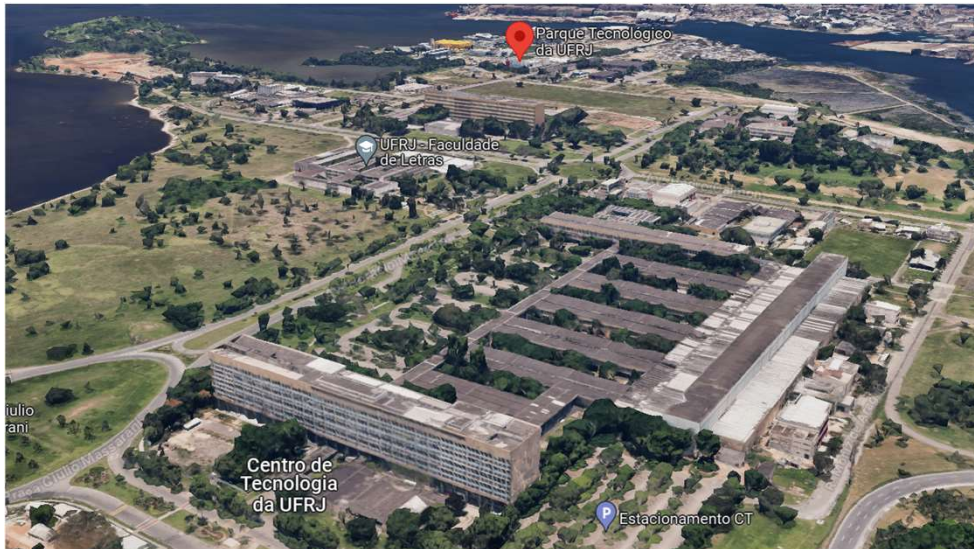
MISSÃO

Ajudar a sociedade e os nossos clientes a conhecer, usar e explorar o litoral, os oceanos e suas riquezas – garantindo sua proteção e preservação.

- Logística marítima
- Bases de apoio offshore
- Engenharia portuária e costeira



Centro de Tecnologia da OceanPact - Parque Tecnológico



Estamos atualmente nos transferindo para um prédio no Parque Tecnológico da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Além disso, temos parceria com diversos laboratórios da Universidade:

- Laboratório Tecnologia Submarina (LTS)
- Laboratório de Tecnologia Oceânica (LABOCEANO)
- Laboratório de Controle e Automação (LEAD)
- Laboratório de Ondas e Correntes (LOC)
- Polo Náutico
- Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIOc)
- Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE)
- Outros





Centro de Tecnologia da OceanPact - Parque Tecnológico



OceanPact Tech atualmente está se transferindo de um galpão de 400 m² para um prédio de 2500m².

An aerial photograph of a wide, winding river at sunset. The sun is a bright orange orb on the horizon, casting a warm glow over the water and the surrounding dark, forested land. The river meanders through the landscape, reflecting the light from the sky. On the right side of the image, there is a dark teal vertical bar with a white dotted line border. A white circle containing the number '2' is positioned in the upper left quadrant, with a white dotted line extending from it across the river towards the bottom left. Another white dotted line extends from the top of the teal bar towards the bottom right.

2

Expedição Amapá

Expedição Amapá

A OceanPact montou a “Expedição Amapá” com o objetivo de avaliar locais na costa do estado do Amapá para instalação de uma rede de HF Radar com o intuito de medir correntes de forma sistemática e assim, assimilar esses dados no modelo de previsão de corrente buscando melhorar o modelo de deriva de óleo aplicado a região da MEqB.



8 dias
de viagem



4 horas de avião
monomotor



900 km
de caminhonete



2 drones



12 horas
de lancha voadeira

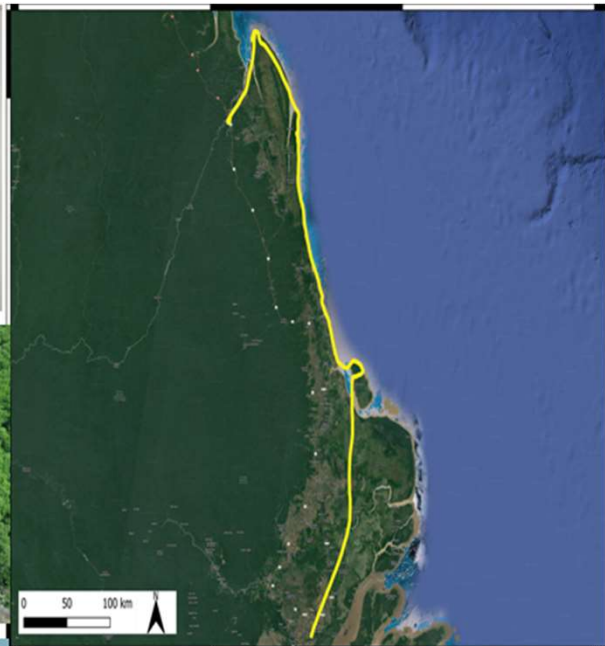


+ de **2 mil**
fotos e vídeos





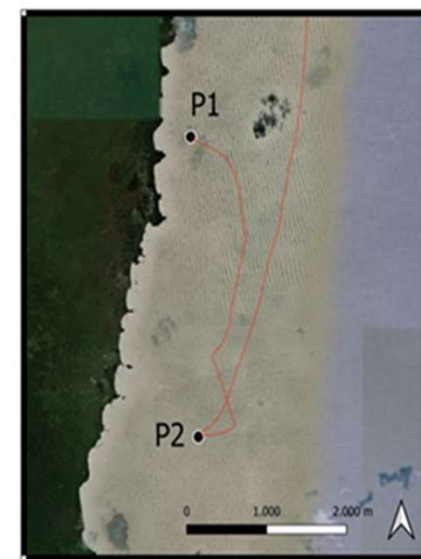
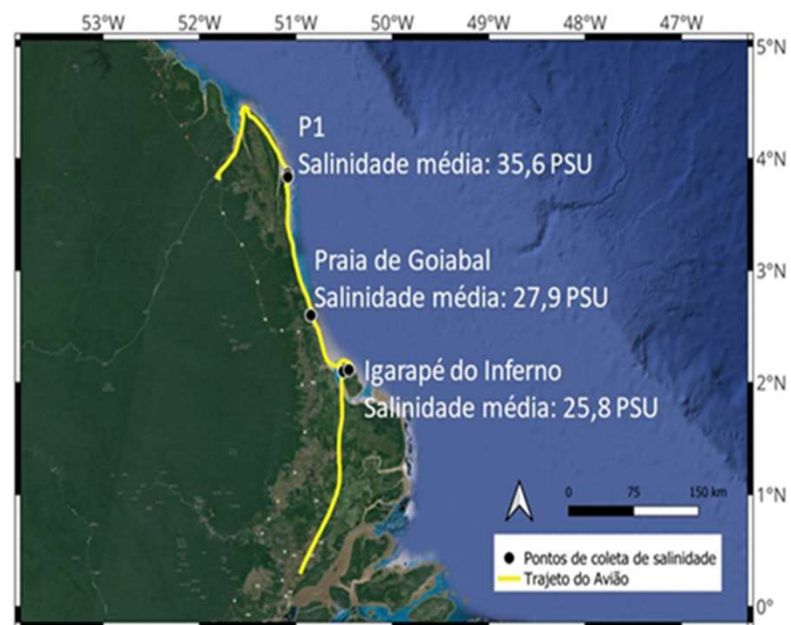
Sobrevoo do litoral



Após chegada ao Oiapoque foi realizada uma reunião com o Diretor do Parque Nacional do Cabo Orange (PNCO), Oceanógrafo Ricardo Motta Pires, com objetivo de discutir locais para as visitas.



Identificando pontos durante o sobrevoo



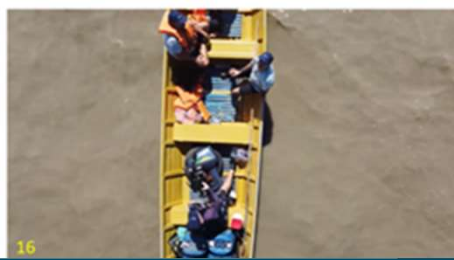
Identificação dos pontos P1 e P2 em terra firme e coletar água para realizar a análise de salinidade.



Ponto P1



Ponto P2



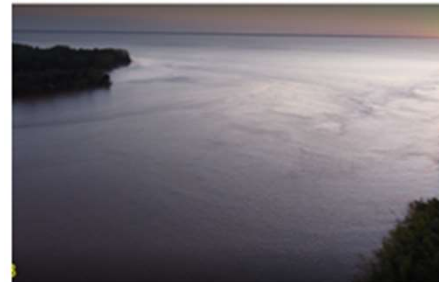
Em P2 encontramos uma vegetação mais exuberante, com árvores maiores na faixa em frente a praia o que prejudica uma possível instalação de estação de HF - Radar. P1 apresentou condições melhores para se instalar a nossa estação.



Praia do
Goiabal



ESEC
Maracá
Jipioca



A praia do Goiabal passa por um intenso processo erosivo com a perda de muitas construções, mas a encontramos um local apropriado, já na ESEC de Maracá-Jipioca isso não foi possível.

An aerial photograph of a wide river winding through a landscape at sunset. The sun is low on the horizon, casting a warm orange glow over the water and the surrounding land. The sky transitions from orange near the horizon to a pale blue at the top. On the right side of the image, there is a dark teal triangular overlay that contains white text. A white dotted line with circular markers at the vertices and midpoints of the sides is overlaid on the image, connecting the number '3' to the teal area.

3

Novas
tecnologias para
monitoramento
Meteoceanográfico

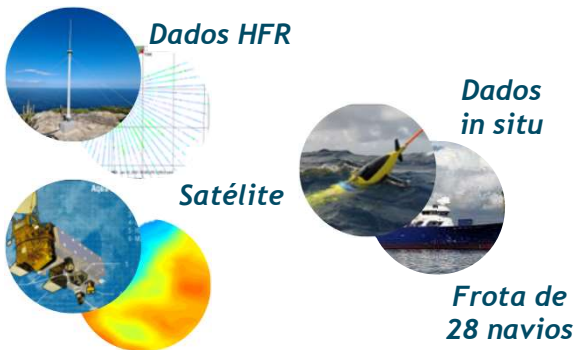


Projeto CRONOS

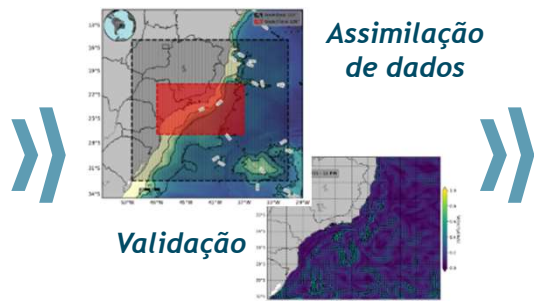


O CRONOS é uma plataforma que integra dados meteoceanográficos de diferentes fontes para gerar um modelo de previsão mais assertivo, fornecendo maior segurança as operações offshore.

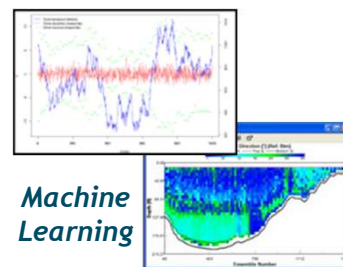
COLETA DE DADOS



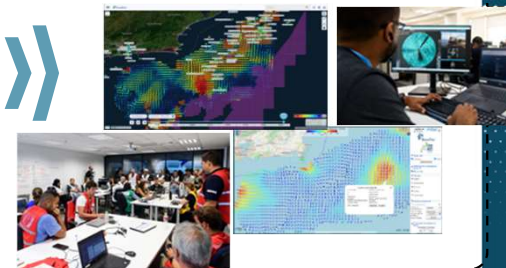
MODELAGEM



CIÊNCIA DE DADOS



INTEGRAÇÃO E VISUALIZAÇÃO E TOMADA DE DECISÃO



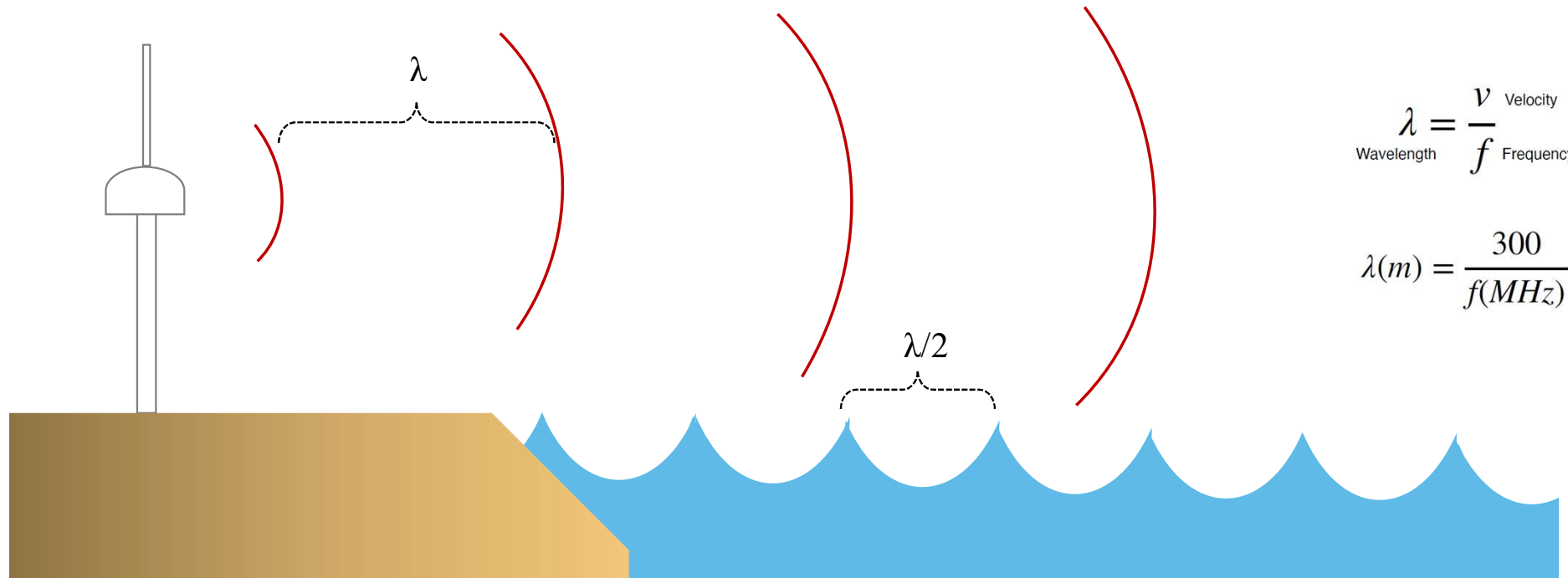
PARCEIROS





Condição de Bragg

Para radares de alta frequência usados na medição de correntes oceânicas, a condição de Bragg implica que **as ondas de rádio são refletidas mais eficientemente pelas ondas do mar que têm metade do comprimento de onda das ondas de rádio.**



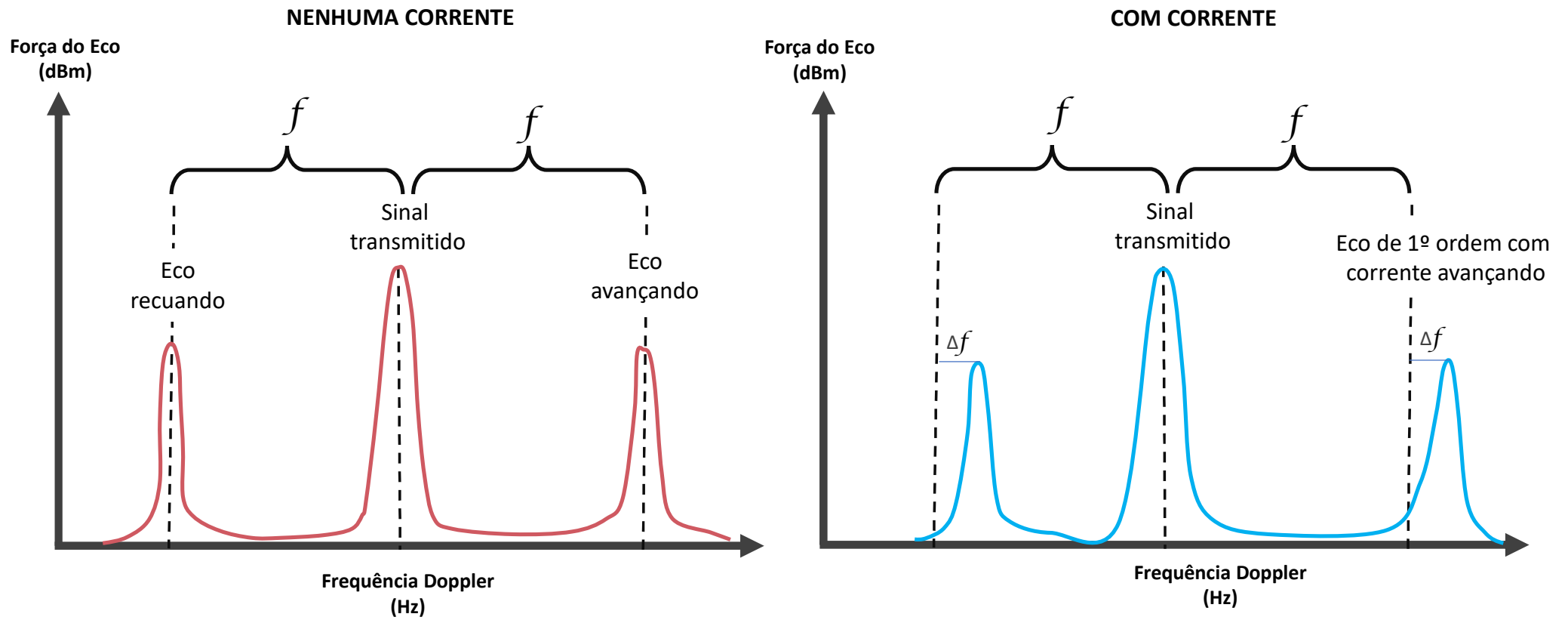
$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Wavelength Velocity
Frequency

$$\lambda(m) = \frac{300}{f(MHz)}$$

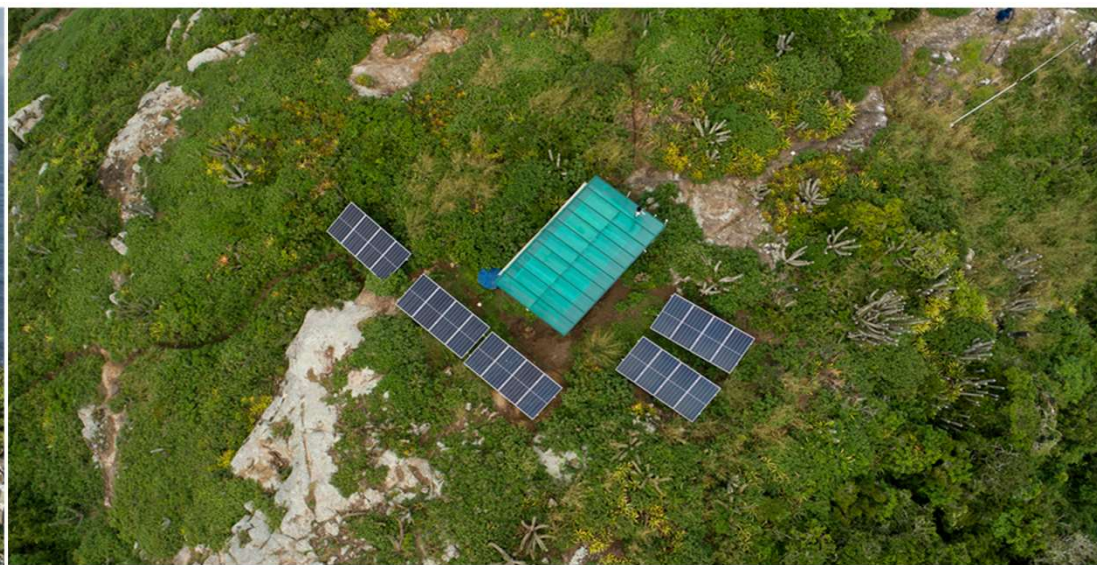


Medidas de Correntes



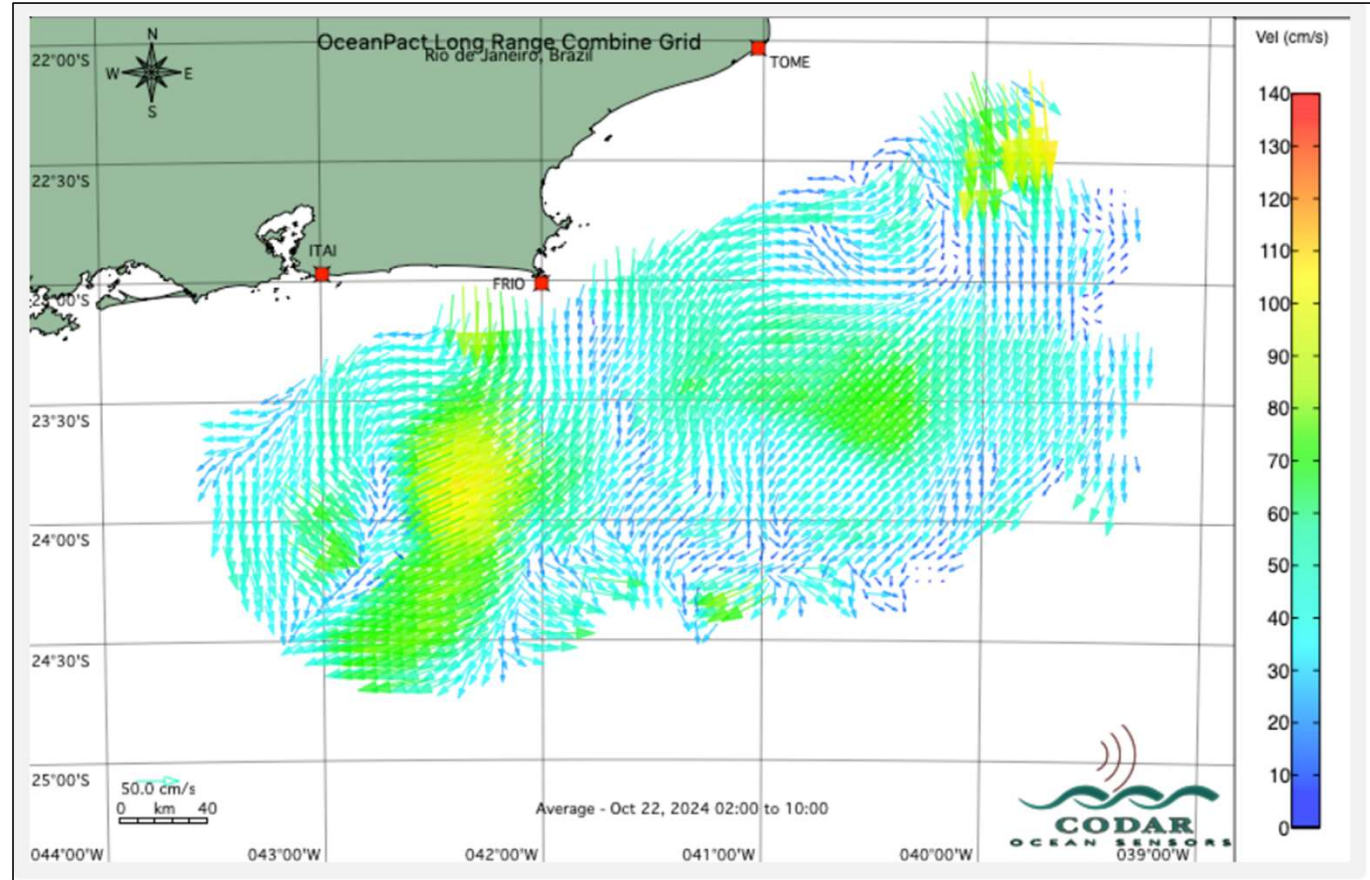
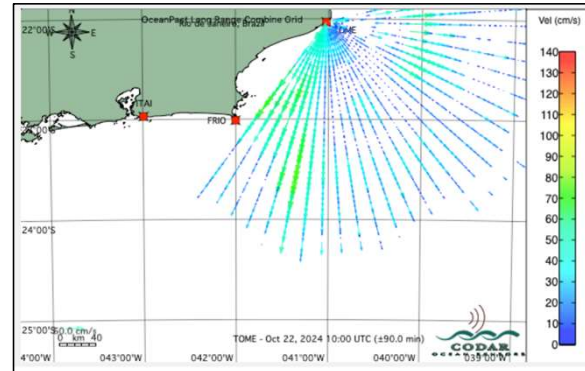
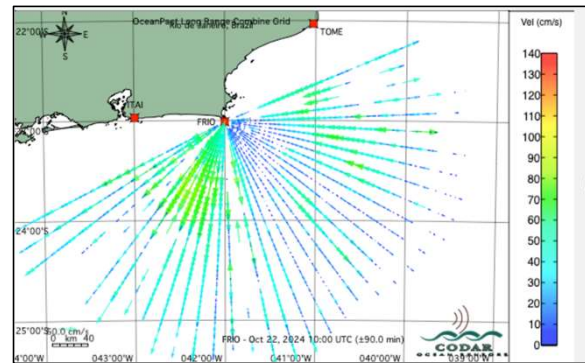
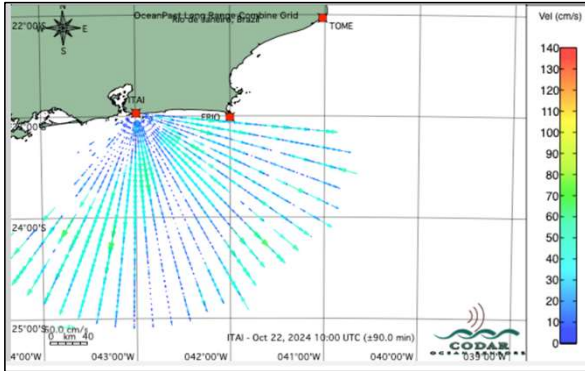


Estação FRIO - Localizado na Ilha de Cabo Frio: 100% off-grid

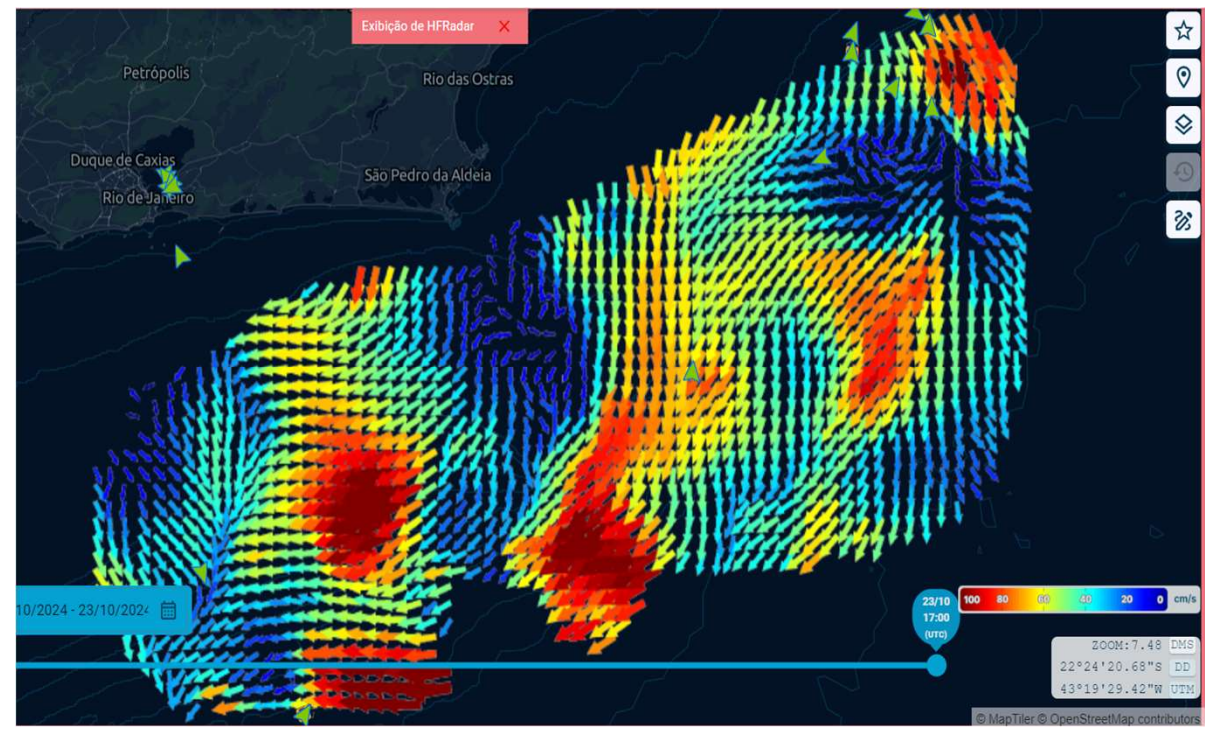
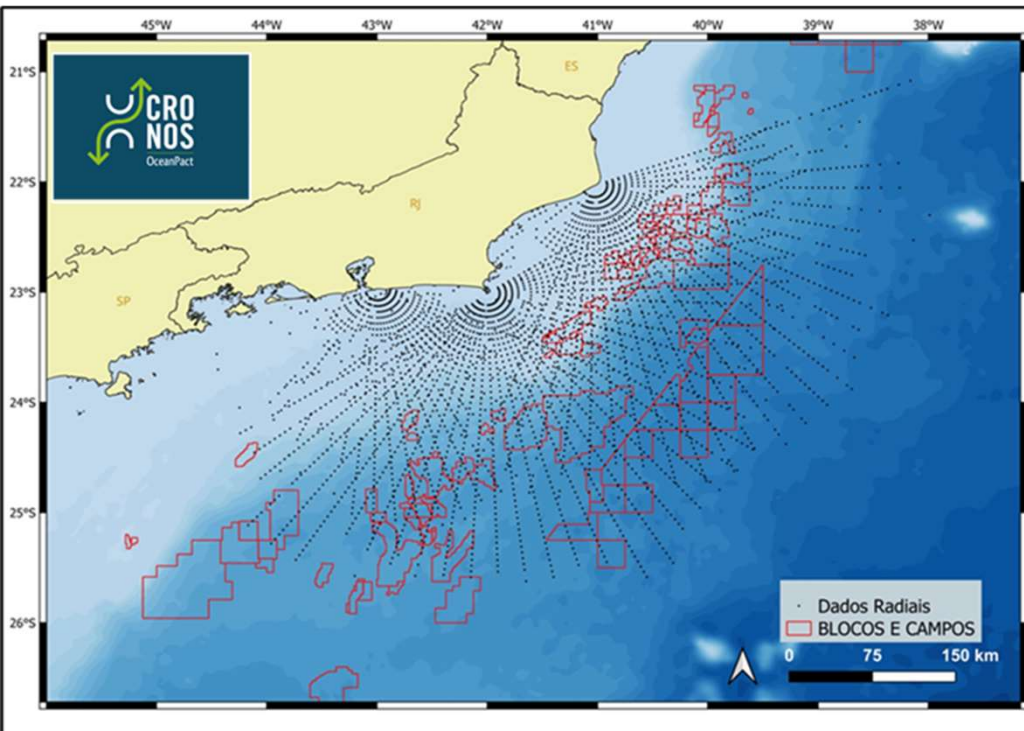




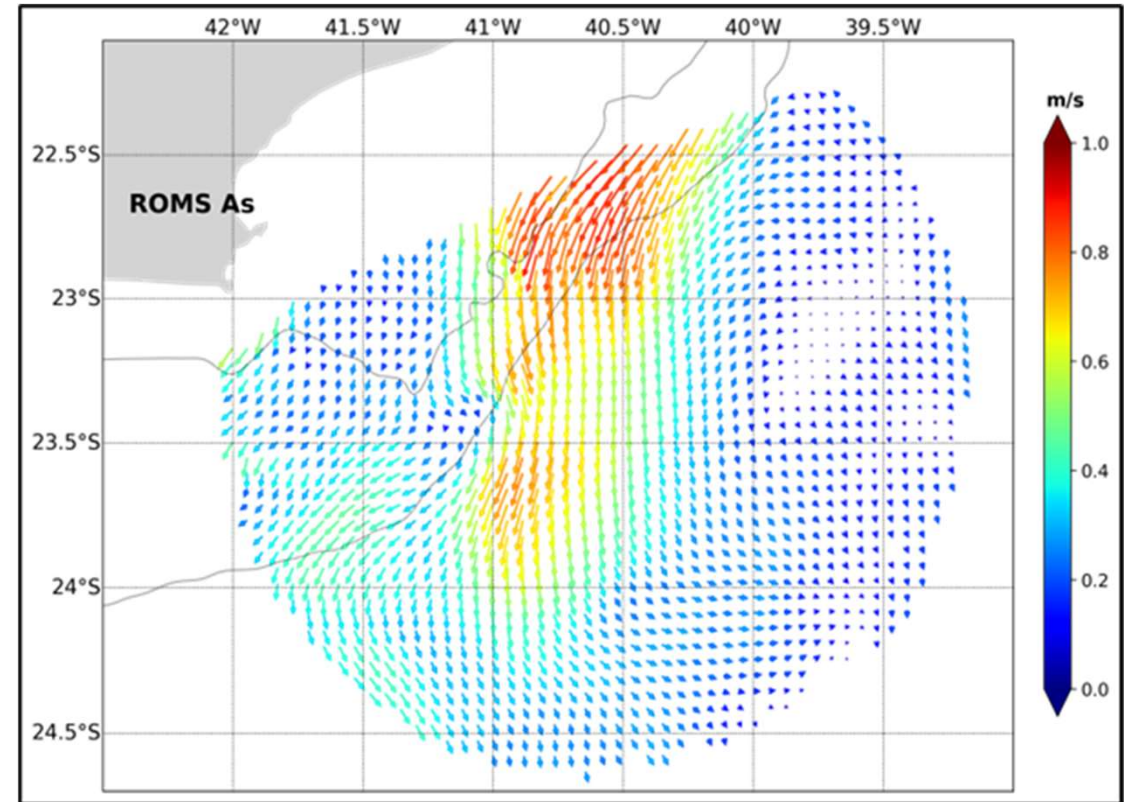
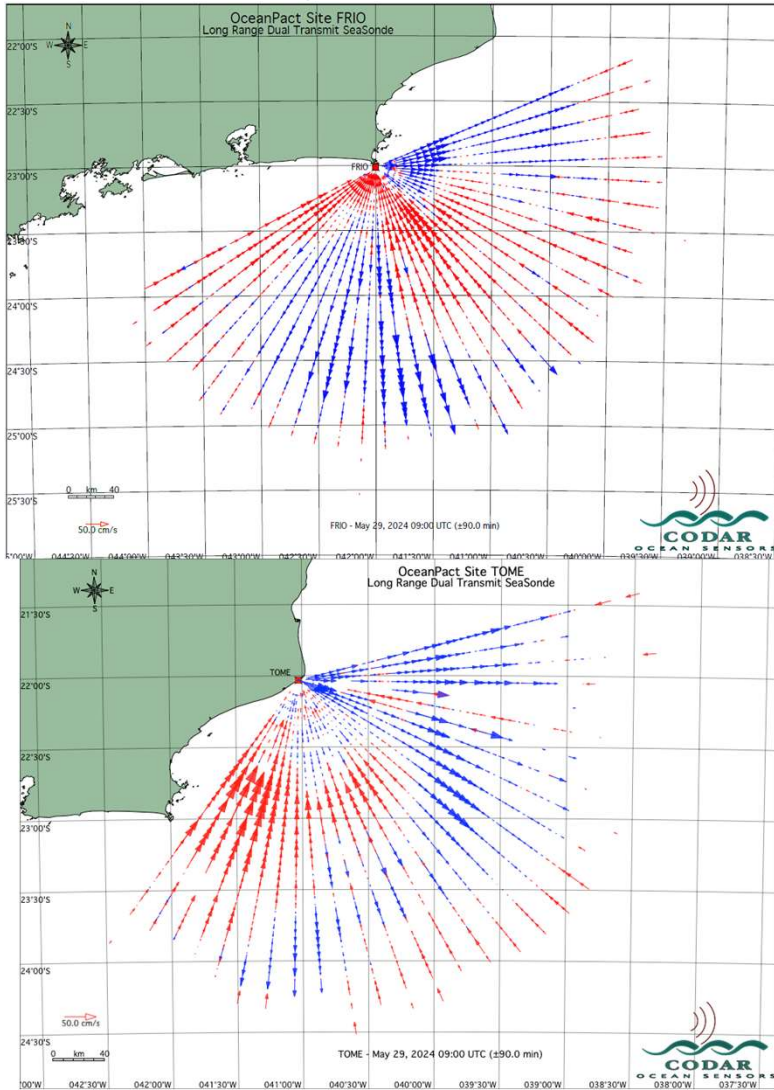
Radars e totais



Cobertura total dos dados HF Radar

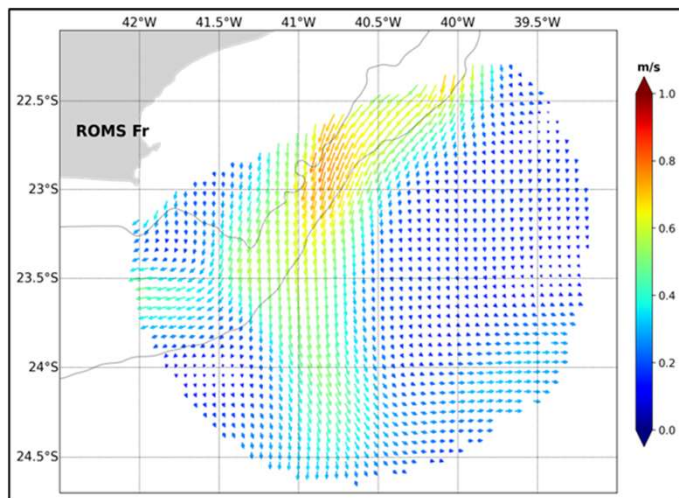


Assimilação de radias no modelo ROMS

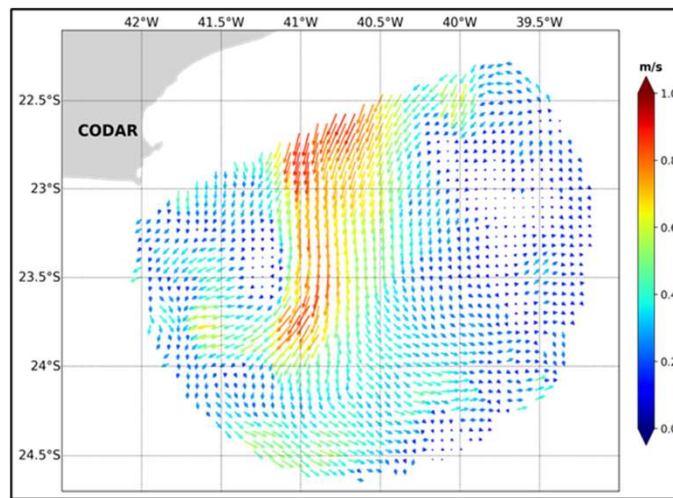


Modelos mais assertivos

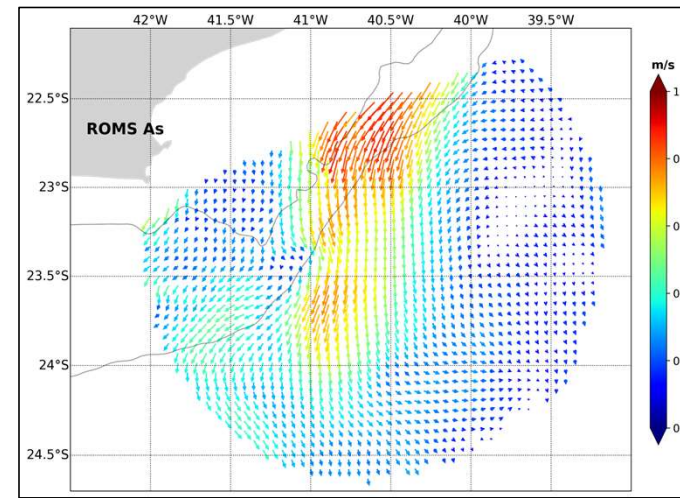
ROMS Livre



HF-Radar



ROMS assimilado

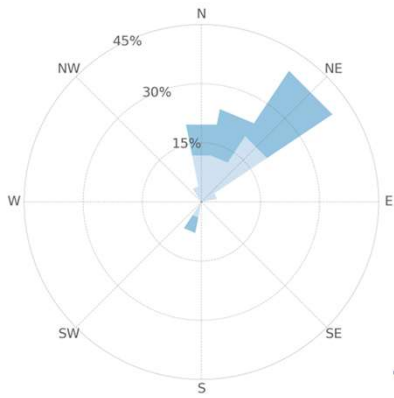




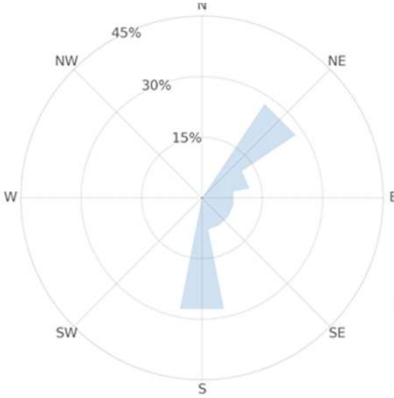
Modelos gerados pela plataforma CRONOS

DESEMPENHO DA MODELAGEM

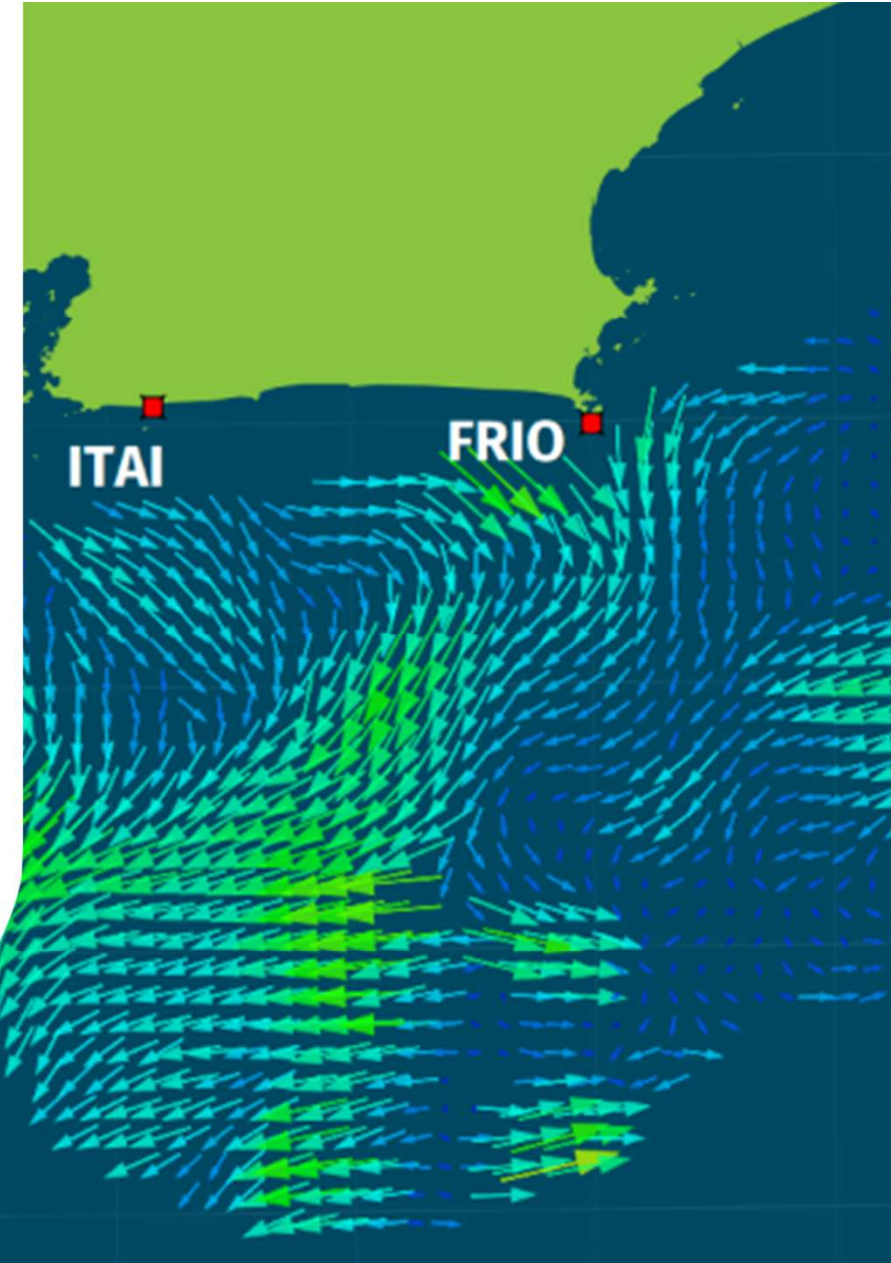
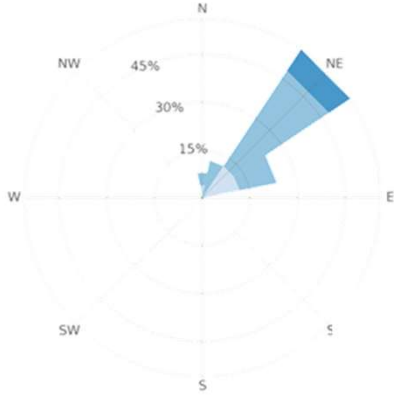
MEDIÇÃO HF RADAR



MODELO ROMS



MODELO ASSIMILADO





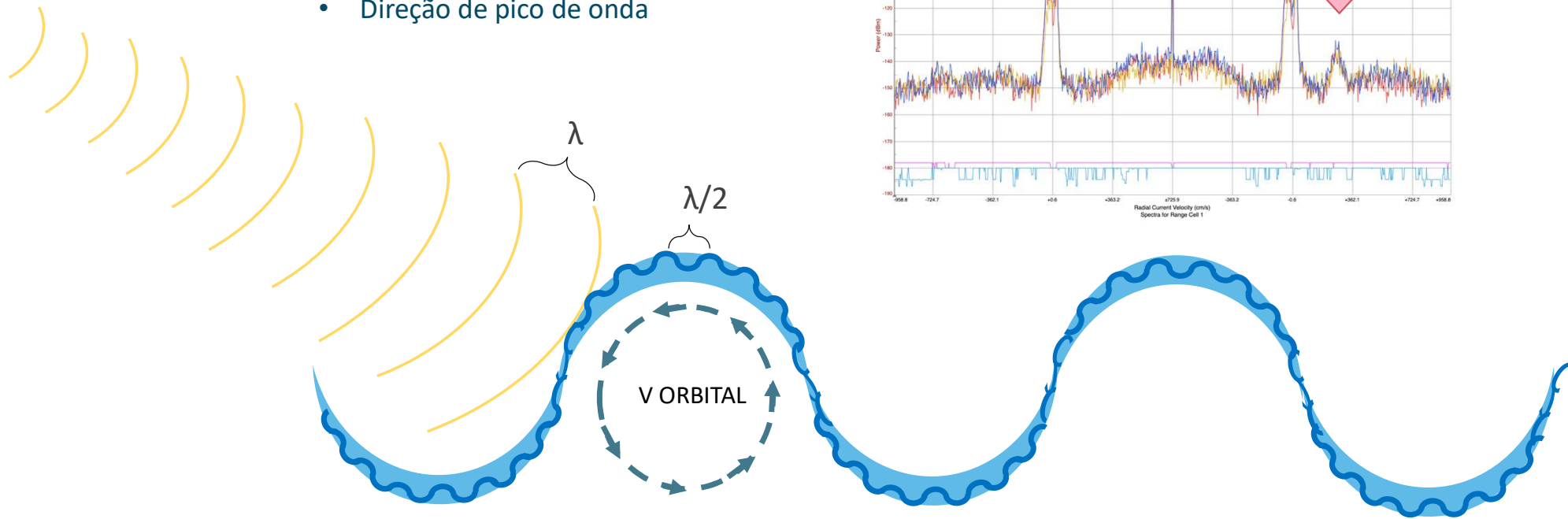
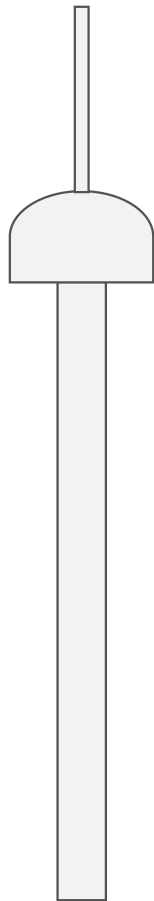
Conceitos básicos e princípios de funcionamento

Medidas de Ondas

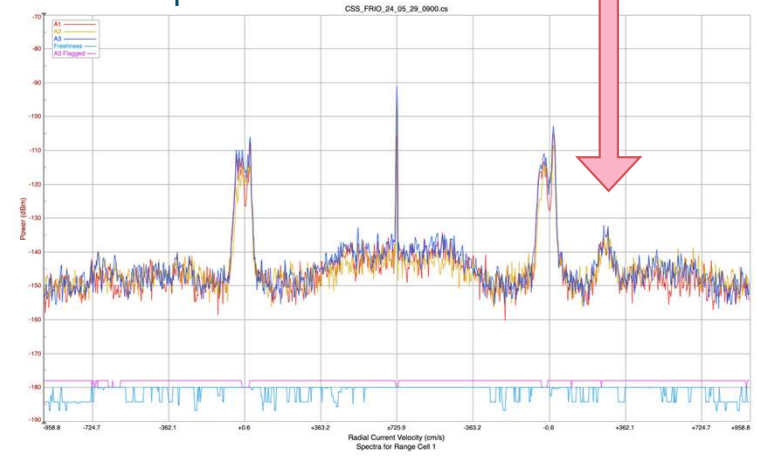
A interação da velocidade orbital da onda com o movimento de ondas Bragg cria uma banda lateral espectral que compreende a **segunda ordem**.

MEDIDAS DO SEASONDE:

- Altura significativa de onda
- Período da Onda
- Direção de pico de onda



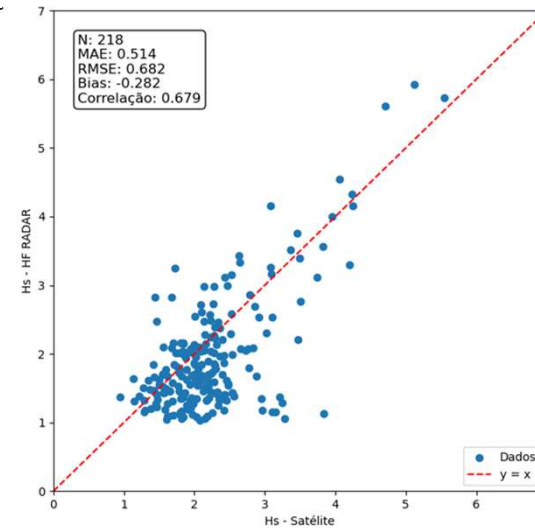
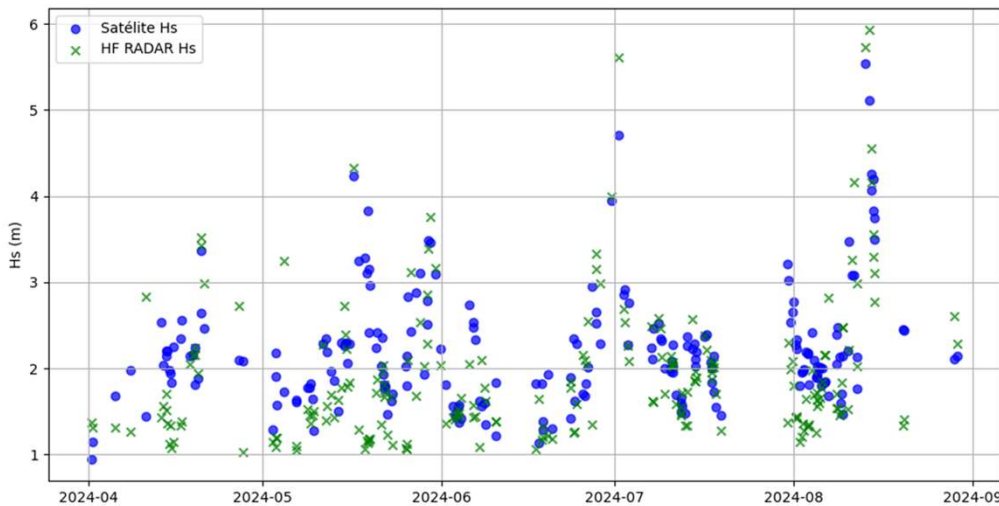
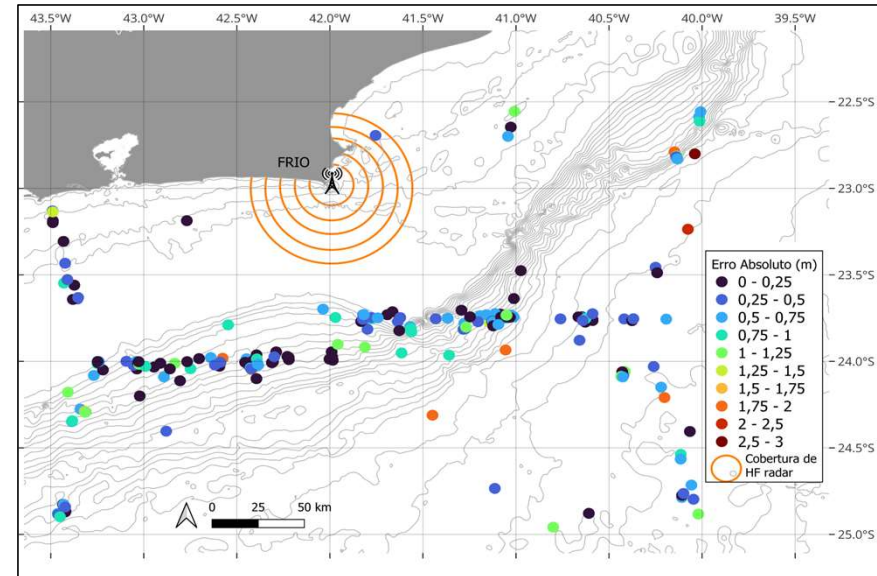
O sinal de segunda ordem é mais fraco do que o sinal de primeira ordem.



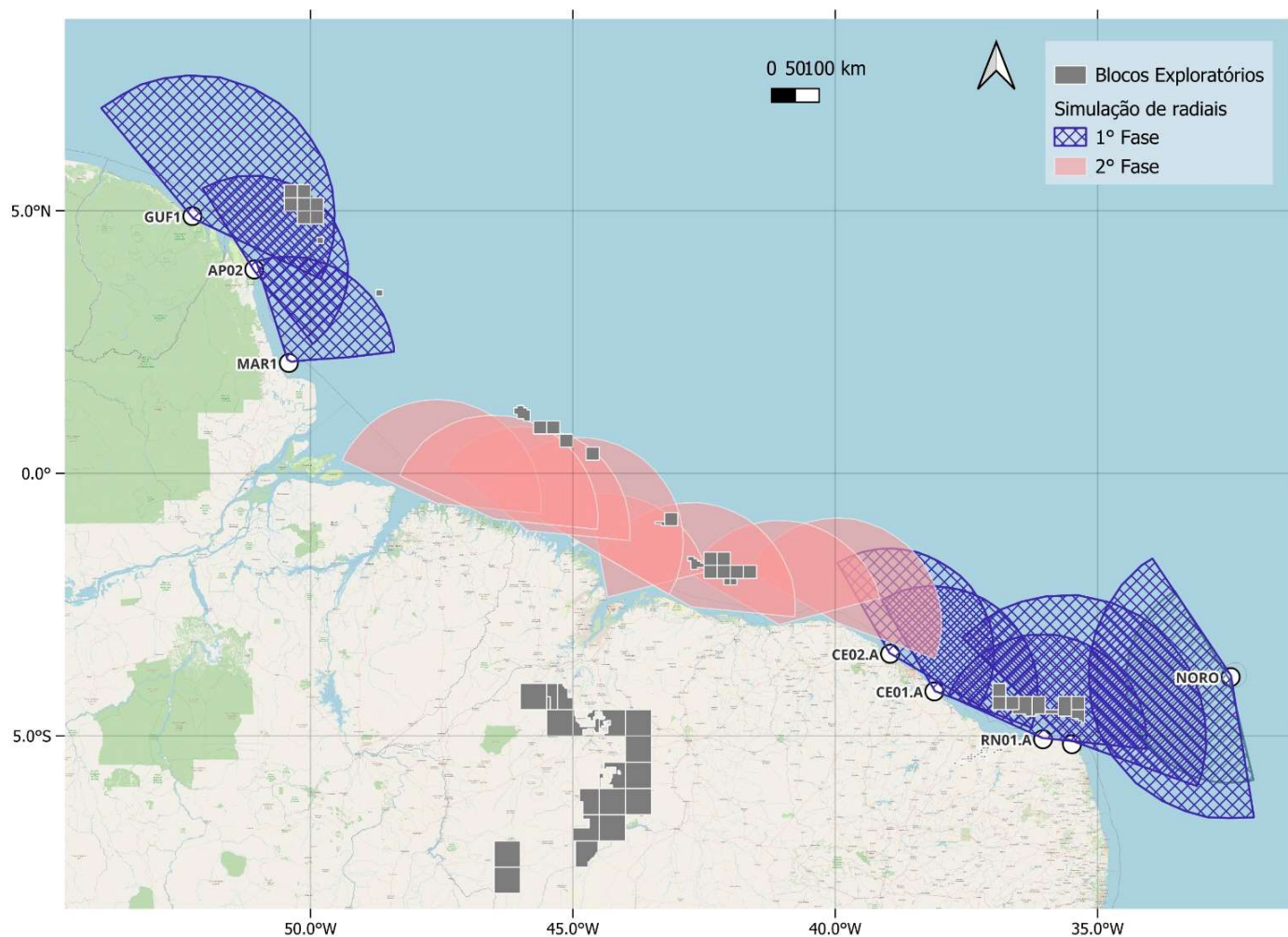


Comparação da dados de onda do HF radar com Sítelíte

- Período da comparação: abril a setembro de 2024 e os dados mostram o erro absoluto da comparação de dados de HF radar com os dados de satélite coletados em cada um dos pontos.
- A comparação dos dados de HF radar com os dados de satélite mostrou um bom desempenho com MAE de 0,514 e RMSE de 0,682. O bias de -0,282 indica **uma subestimativa de Hs pelos dados de HF radar**, com uma correlação (0,679).



Simulação de cobertura do HF RADAR ao longo de toda a MEqB

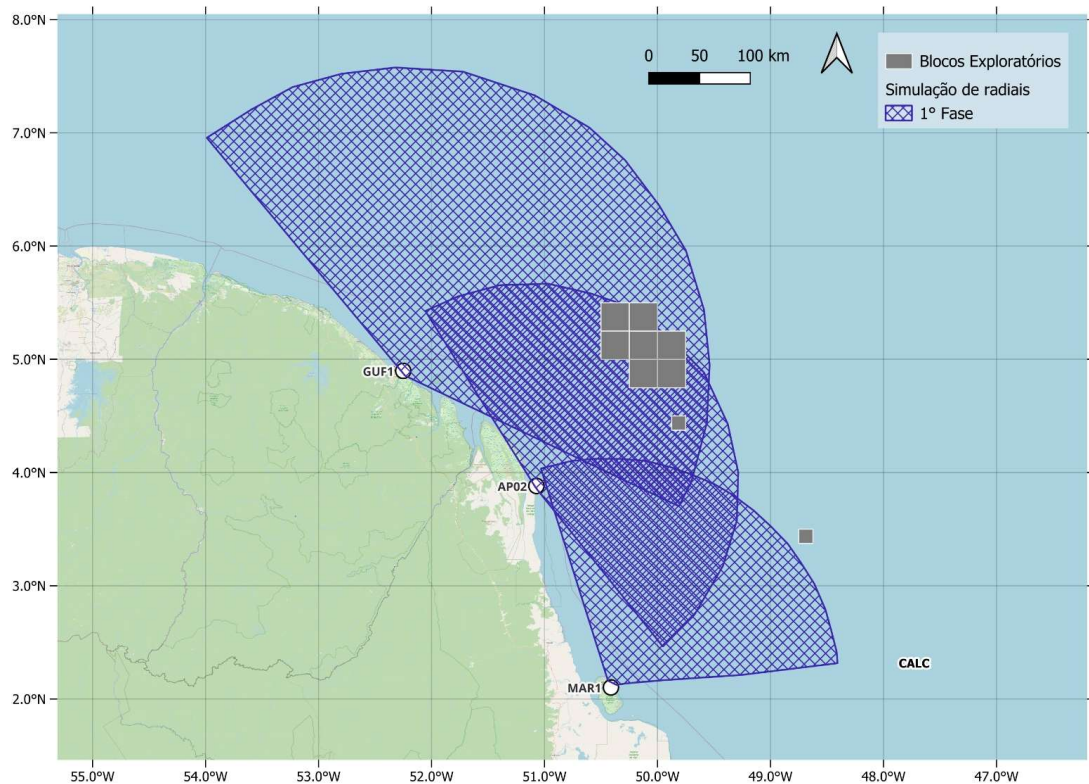


- Usando o software SeaDisplay foi possível simular a cobertura espacial de toda a MEqB deste o RN até o AP, chegando inclusive na Guiana Francesa.

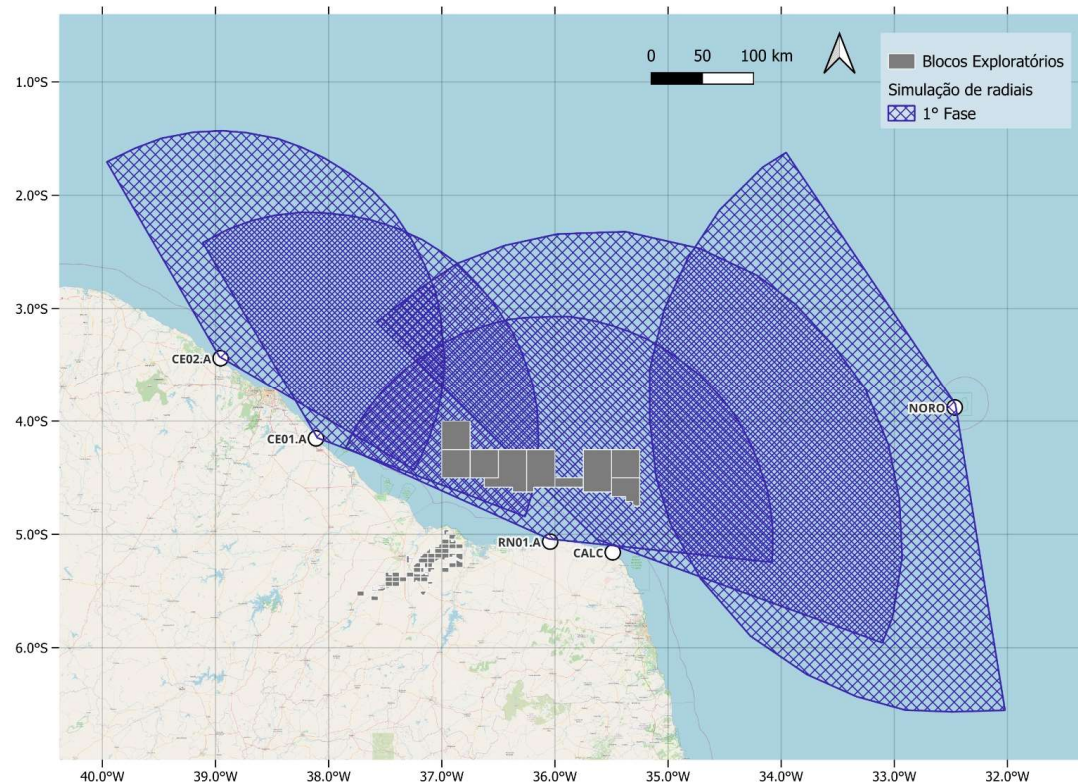
- Fase 1 - 8 estações SeaSonde CODAR:
 - 3 estações dual transmitter: 01 em Fernando de Noronha, 01 no Farol do Calcanhar (RN) e 01 em Kouru na Guiana Francesa
 - 5 estações long range: 01 no Rio Grande do Norte (Farol de São Bento), 02 no Ceará (Paracuru e Beberibe), e 02 no Amapá (Reservas de Ilha Maracá Jipioca e Cabo Orange).



Simulação de cobertura do HF-Radar



AP e GF



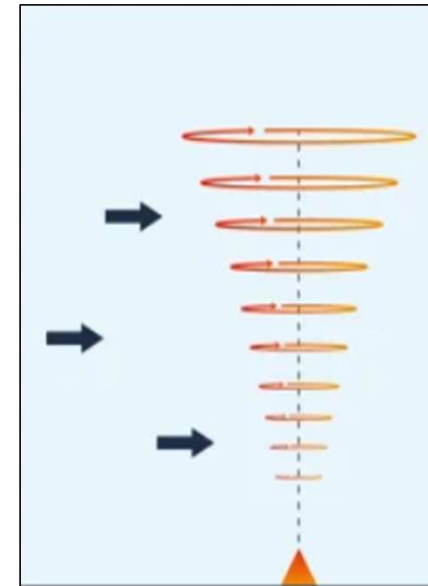
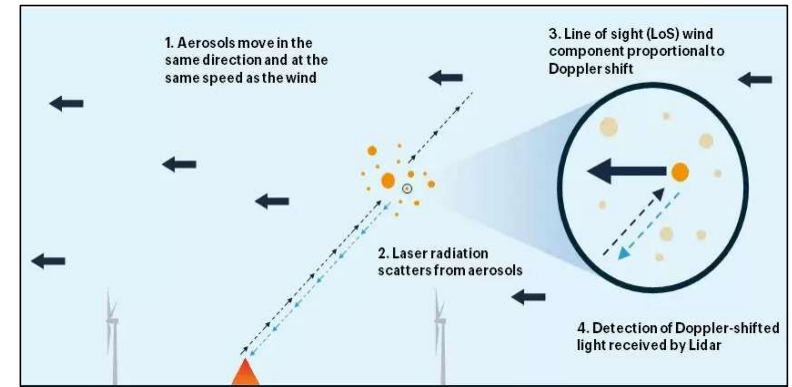
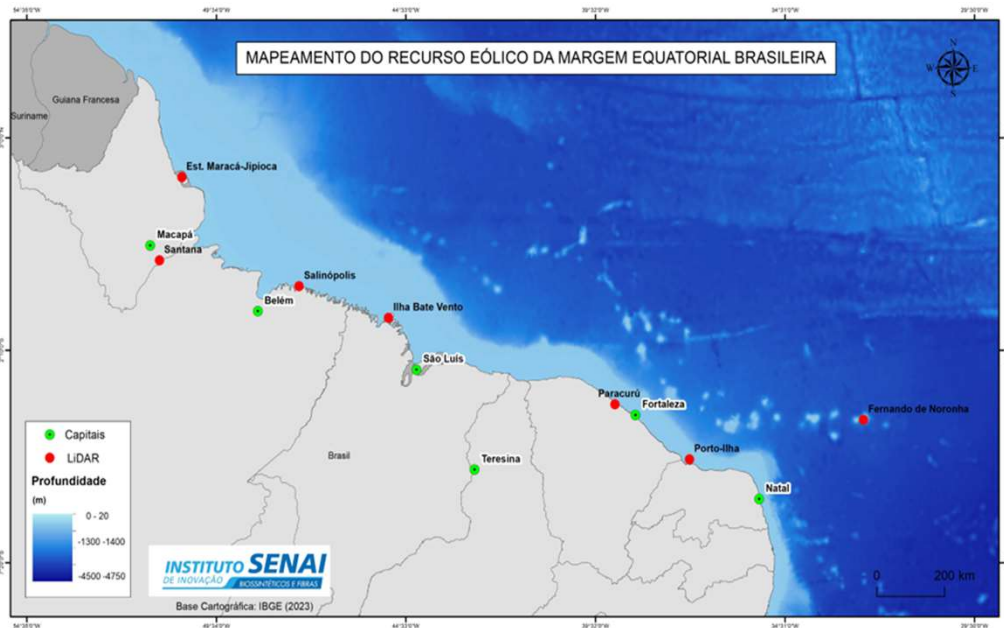
CE, RN, FN



Cobertura dos LiDARS

Utilização da Rede com LiDARS já instalada em sete pontos da costa para monitoramento de perfil de vento ao longo da MEqB.

Fonte: ISI-ER





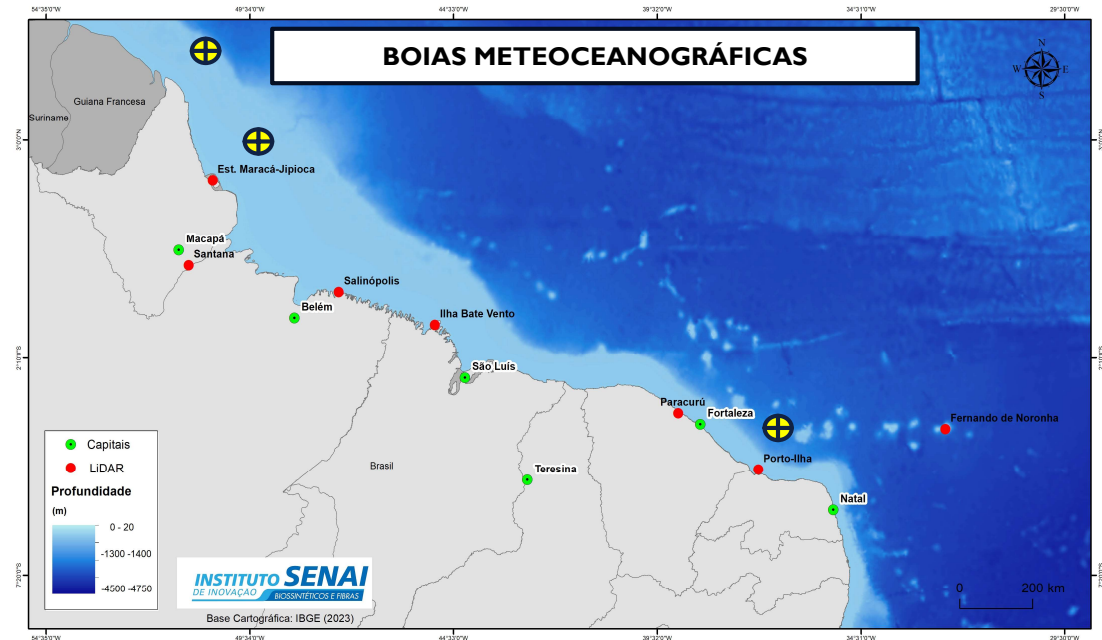
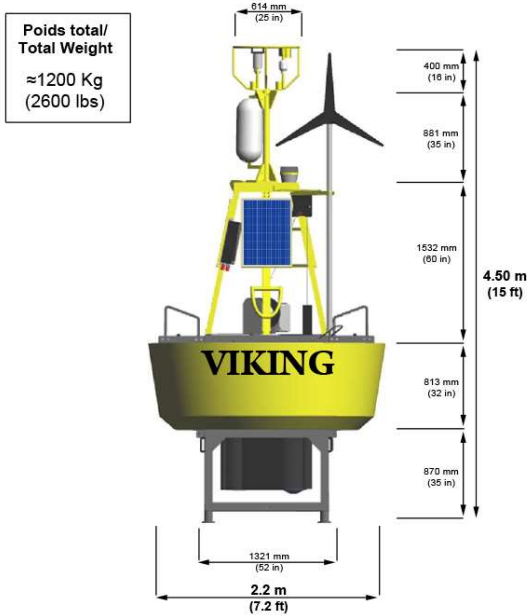
Instalação de boias meteoceanográficas

Instalação da Rede Integrada de Monitoramento Oceânico e Meteorológico.

- Instalação de 3 boias meteoceanográficas (fase 1)



A visualização ao vivo fornece uma visão geral rápida das últimas leituras da boia





OceanPact Tech Operações remotas

A operação remota é a combinação de uma plataforma e equipamentos, todos operados de terra



Aumento de produtividade e eficiência

Diminuição de riscos com pessoas embarcadas

Descarbonização

Redução de CAPEX e OPEX

• Tecnologias de ASV e AUSV

Uma tecnologia que vem sendo usada são os veículos autônomos de superfície (ASV), os veículos subaquático e de superfície autônomos (AUSV) e os veículos autônomos submarinos (AUV), para coleta de diferentes medidas:

- qualidade da água,
- perfil de corrente,
- temperatura e salinidade,
- batimetria e mapeamento de fundo,
- identificação de óleo,
- imagens do fundo do mar e
- identificação de espécies habitam o fundo (espécies bentônicas), etc.



An aerial photograph of a winding river at sunset. The sun is low on the horizon, casting a warm orange glow over the water and the surrounding dark, forested land. The river flows from the foreground towards the background, with several meanders. On the right side of the image, there is a teal-colored triangular overlay that points towards the top right corner. A white dotted line with circular markers at the vertices of a triangle connects the number '4' to the teal area.

4

IA para
monitoramento
oceânico



Inteligência Artificial para Monitoramento Oceânico

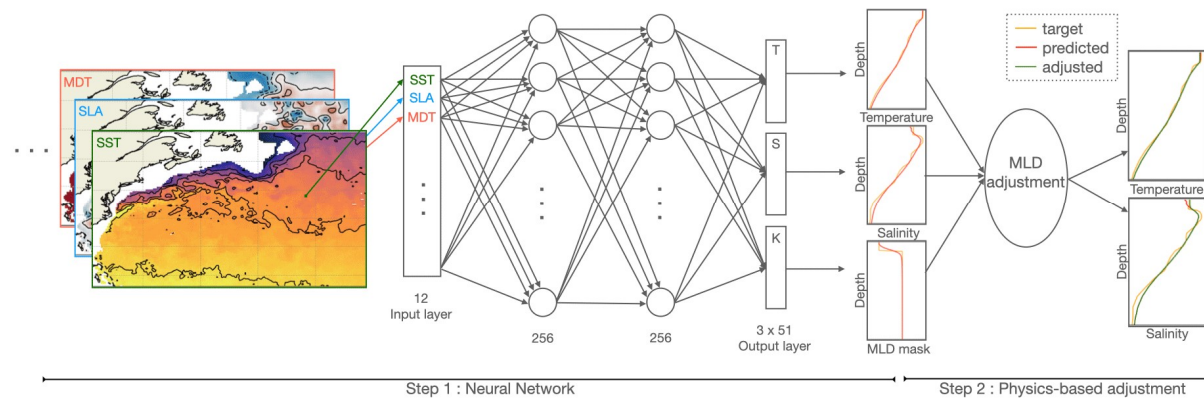
Inteligência Artificial

- Modelos de IA são versáteis comparados com modelos numéricos clássicos;
- Uma rede pode ser adaptada para variadas finalidade. Ex: redes convolucionais usadas na identificação de alvos em imagens e na previsão do Hs de onda a partir de dados de vento;
- Modelos de IA são comumente divididos em classificação e regressão, com essas áreas encontrando amplo uso na meteoceanografia;
- Rápido tempo previsão comparado com modelos clássicos.

 **Keras**

Simple. Flexible. Powerful.

 **PyTorch**

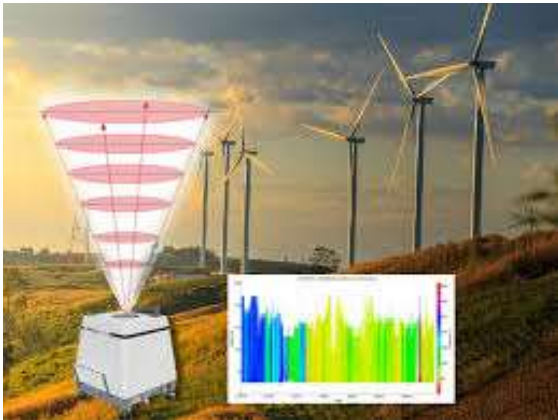


Fonte: <https://os.copernicus.org/articles/18/1221/2022/>

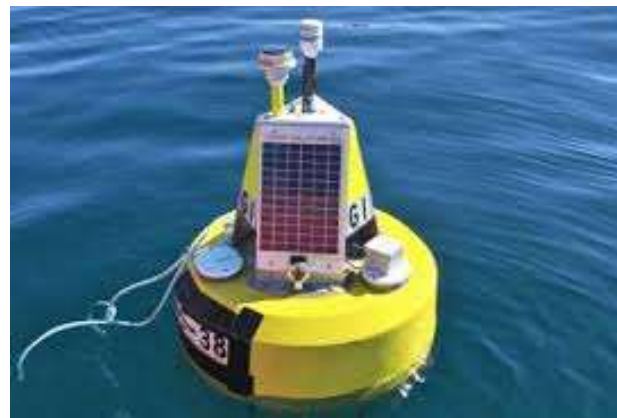


Previsão

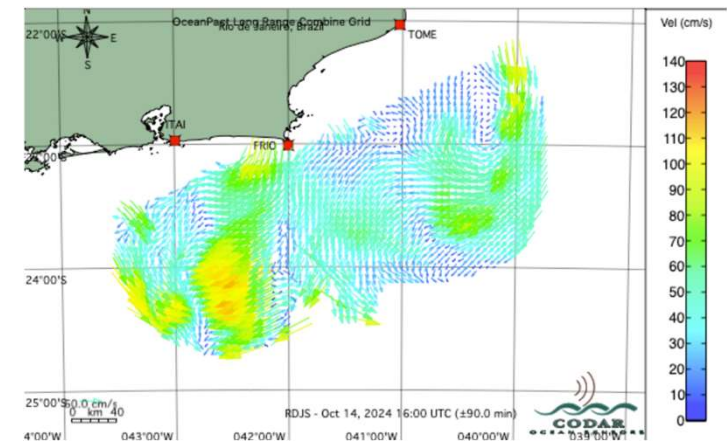
- Modelos de IA podem ser utilizados na previsão de janelas temporais curtas e longas. Além disso, a IA pode ser utilizada na correção de modelos numéricos, a chamada modelagem híbrida;
- Nas previsões de curto prazo, o nowcast (de 0 a 24 h) é uma fonte inovadora de dados, pois o treinamento pode utilizar sensores in situ e remotos, como estações meteorológicas, LiDARs, boias, ADCPs, HF-Radar;
- Podem ser utilizadas redes MLP (Multi Layer Perceptron), LSTM, CNN, GNN:



<https://www.movelaser.eu/pt/>



<https://www.nexsens.com/systems/wave-buoy>





Previsão

- Nas previsões longas, redes neurais podem ser treinadas com reanálises de modelos, disponibilizando previsões mais assertivas que os modelos clássicos e em um tempo 100 x menor;
- Na modelagem híbrida, redes neurais já são utilizadas na correção da previsão de modelos de ondas e atmosféricos, com a correção do campos de correntes representando um grande desafio e tópico de pesquisa.

nature

[Explore content](#) [About the journal](#) [Publish with us](#)

[nature](#) > [articles](#) > article

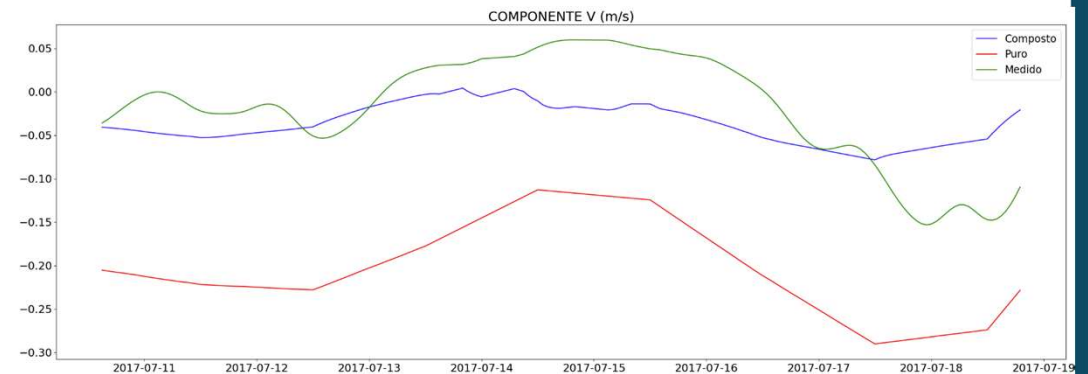
Article | [Open access](#) | Published: 05 July 2023

Accurate medium-range global weather forecasting with 3D neural networks

Google DeepMind's AI Weather Forecaster Handily Beats a Global Standard

Machine learning algorithms that digested decades of weather data were able to forecast 90 percent of atmospheric measures more accurately than Europe's top weather center.

Correção de corrente - OceanPact





Inteligência meteoceanográfica

- Na OceanPact, a área de inteligência meteoceanográfica aplica técnicas clássicas de ML, como clustering, regressão, árvores de decisão, e modelos de redes neurais, incluindo LSTM, CNN-LSTM e GNN, em problemas de caracterização meteoceanográfica, nowcasting, correção de modelos numéricos (modelagem híbrida/assimilação de dados), com a previsão de longo prazo sendo o próximo foco de desenvolvimento.;
- Como fontes de dados, temos utilizados dados de boias, anemômetros de navios, modelos globais, HF-Radar, dentre outros;

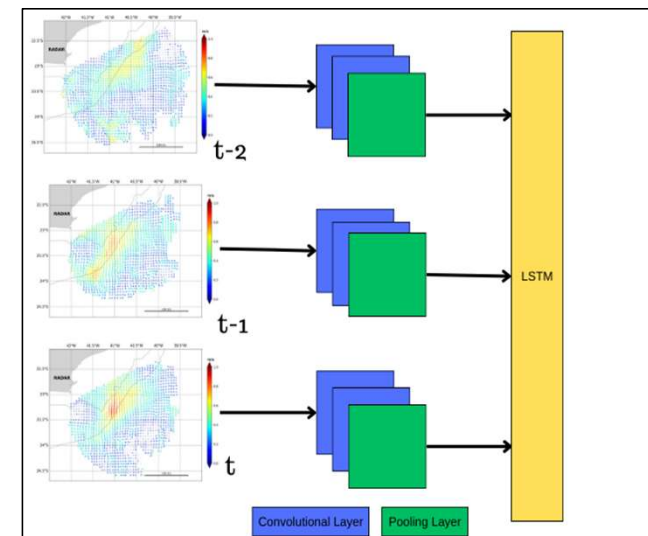
Article

Enhancing Wave Hindcast Accuracy by Predicting Modeling Errors with LSTM Neural Network

Matheus Bonjour Laviola da Silva ^{1,2}, Fernando Tulio Camilo Barreto ¹, Marcia Carolina de Oliveira Costa ¹, Carlos Leandro da Silva Junior ¹, Ricardo de Camargo ²

- ¹ OceanPact, Rua da Glória, 122, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 20241-180, Brazil;
² Department of Atmospheric Sciences - Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences, University of São Paulo, Rua do Matão, 226, São Paulo, São Paulo, 05508-090, Brazil
* Correspondence: matheus.bonjour@gmail.com; Tel.: +55-(27)-997-294-235 (M.B.L.S.)

Abstract: LSTMs have been used in various applications, including meteorological forecasts like wind speed and wave height. However, their effectiveness relies on extensive and continuous time series, a challenge in areas with limited data collection infrastructure, such as certain regions in Brazil. A solution is training neural networks to correct errors in existing numerical models, rather than attempting direct predictions from incomplete data. In this study, significant wave height (Hs) data were collected from PNBOIA buoys in three Brazilian locations (Santos Buoy, Itajaí Buoy, Rio Grande Buoy) and compared with WW3 model hindcast. The variables selected for neural network training were those with the highest correlation to hs residuals, including hs from the model and



An aerial photograph of a wide, winding river at sunset. The sun is a bright orange orb on the horizon, casting a warm glow across the sky and reflecting on the water. The river flows through a dark, forested landscape. On the right side of the image, there is a teal-colored triangular overlay that points towards the top right. A white dotted line with circular markers at its vertices runs diagonally across the scene, starting from the bottom left, passing through the number '5', and ending at the top right.

5

Plataforma Digital

Plataforma Digital

SUBSEA



Acompanhamento em tempo real do posicionamento de ativos e transmissão ao vivo das operações de inspeção e manutenção de sistemas submarinos.

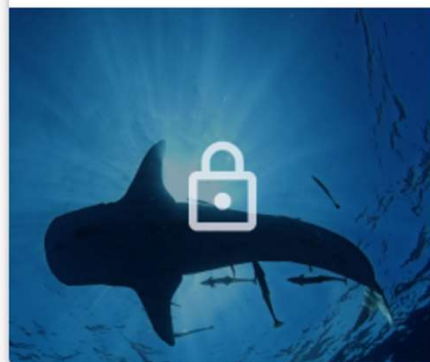
[ABRIR APLICAÇÃO](#)



MONITORAMENTO OSD



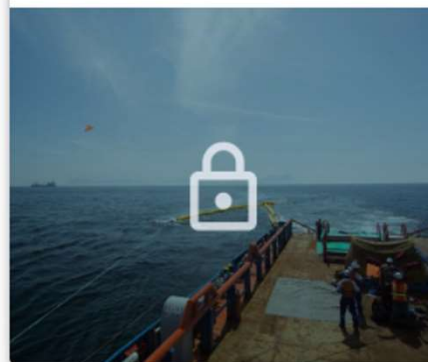
Monitoramento e gestão das feições detectadas por radares de óleo instalados a bordo de embarcações e plataformas.



RESPOSTA A EMERGÊNCIAS



Informações meteoceanográficas medidas em tempo real e previsões, além de ferramentas de previsão de deriva para apoio a emergências.



OPERAÇÕES



Acompanhamento do status e atividades sendo realizadas em tempo real pelas embarcações da frota.

[ABRIR APLICAÇÃO](#)



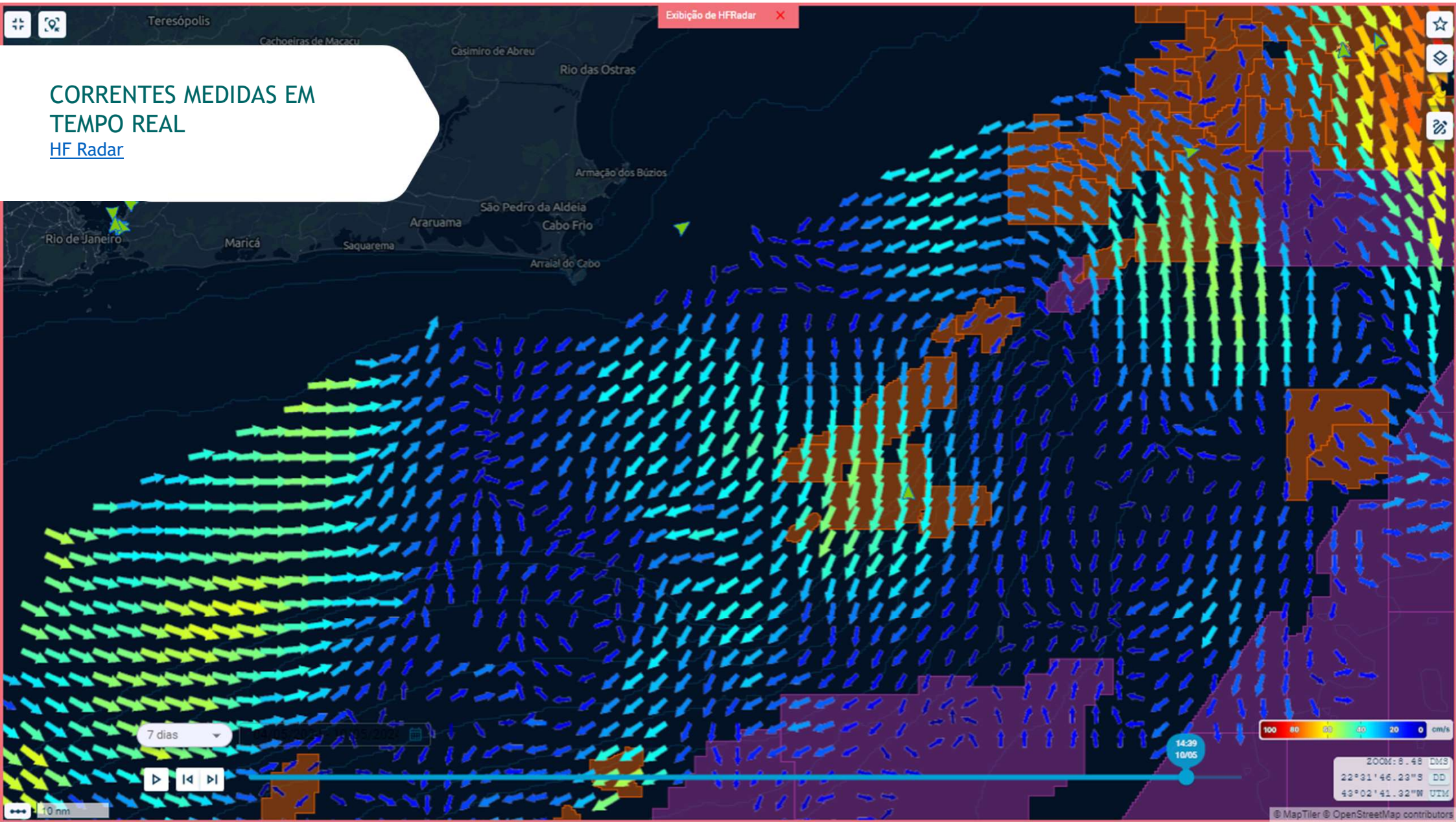
PREVISÃO OCEÂNICA

Plataforma de inteligência meteoceanográfica aplica redução de riscos climáticos e ganhos de eficiência operacional.



CORRENTES MEDIDAS EM TEMPO REAL

[HF Radar](#)



MODELO DE PREVISÃO DE CORRENTES

Assimilação de dados

Previsão de Correntes marítimas

Teófilo Otoni

Nova Viçosa

São Mateus

Linhares

Vitória

Governador Valadares

Ipatinga

Curvelo

Sete Lagoas

Belo Horizonte

Divinópolis

Ubatuba

Juiz de Fora

Campos dos Goytacazes

Nova Friburgo

Volta Redonda

Petrópolis

Rio de Janeiro

Santos

Taubaté

Campinas

Limeira

Bauru

Jaú

Novo Horizonte

Ribeirão Preto

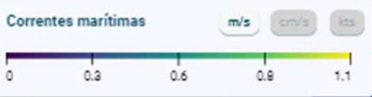
Franca

Uberaba

José do Rio Preto

Botucatu

Itapeva



7 Dias

0.25X



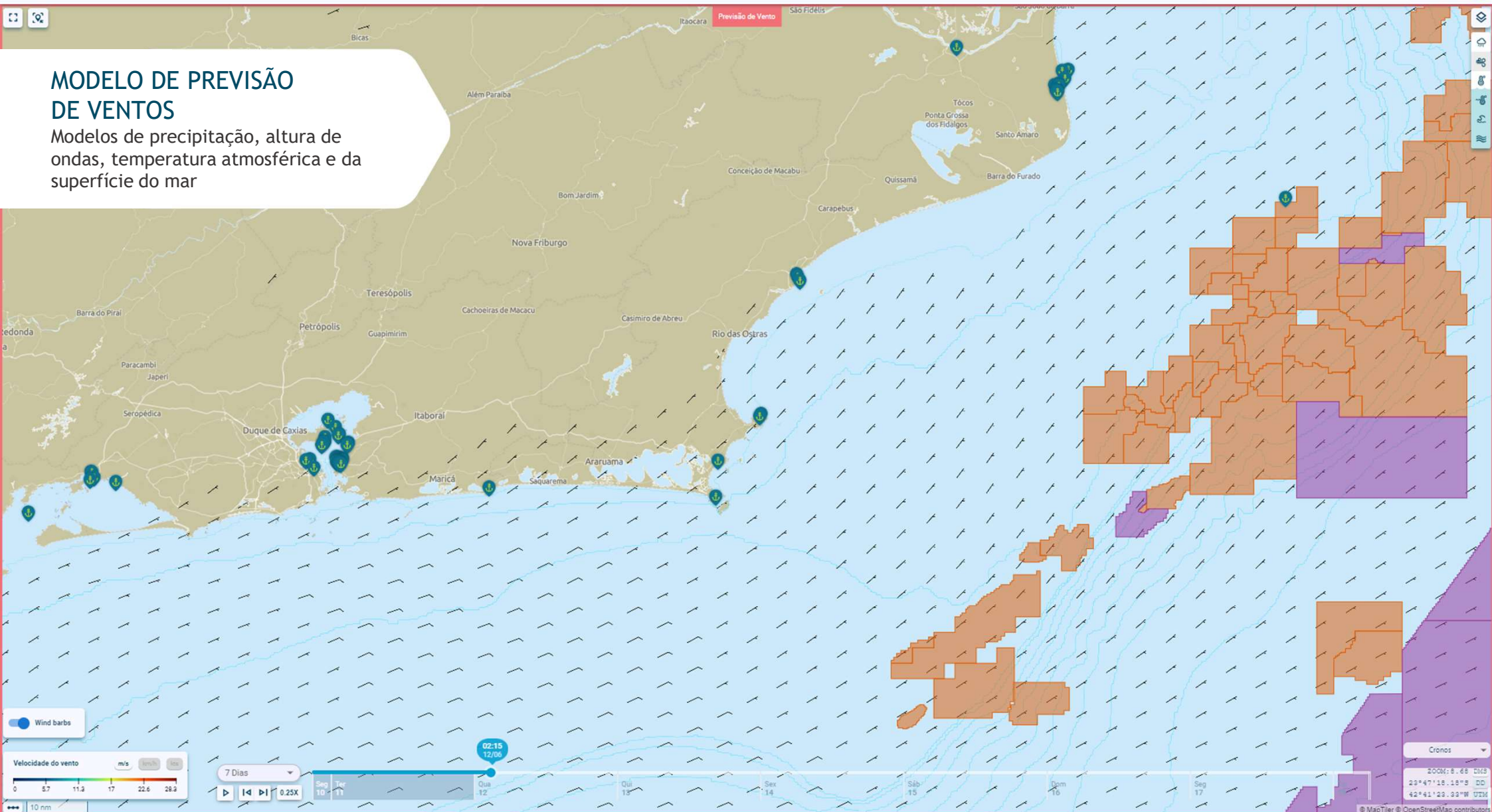
20:00
10/05

Brasil

ZOOM: 6.50 DMS
18°55'40.29" S DD
49°18'32.91" W UTM

MODELO DE PREVISÃO DE VENTOS

Modelos de precipitação, altura de ondas, temperatura atmosférica e da superfície do mar



MAPAS E CAMADAS

Cartas náuticas, satélite, blocos exploratórios, campos de produção, camadas ISL, unidades de conservação, inventário de equipamentos



Controle de camadas

Estilo de mapa

- Cartas Náuticas
- Satélite
- Escuro
- Claro
- Subsea

Layers

- Blocos exploratórios
- Campos de produção
- Portos
- Camada ISL
- Unidades de Conservação
- Áreas Prioritárias de Fauna
- Inventário de Equipamentos

Timelines

- Sem timelines
- HF Radar

ZOOM: 9.32 DMS
 23°27'03.14"S DD
 42°33'31.15"W UTM

5 nm



0min 1.6kt 50° 63°

Câmeras

Detalhes da embarcação

Câmera PTZ



1:30 ENCERRAR CONTROLE DE CÂMERA

VIS IR

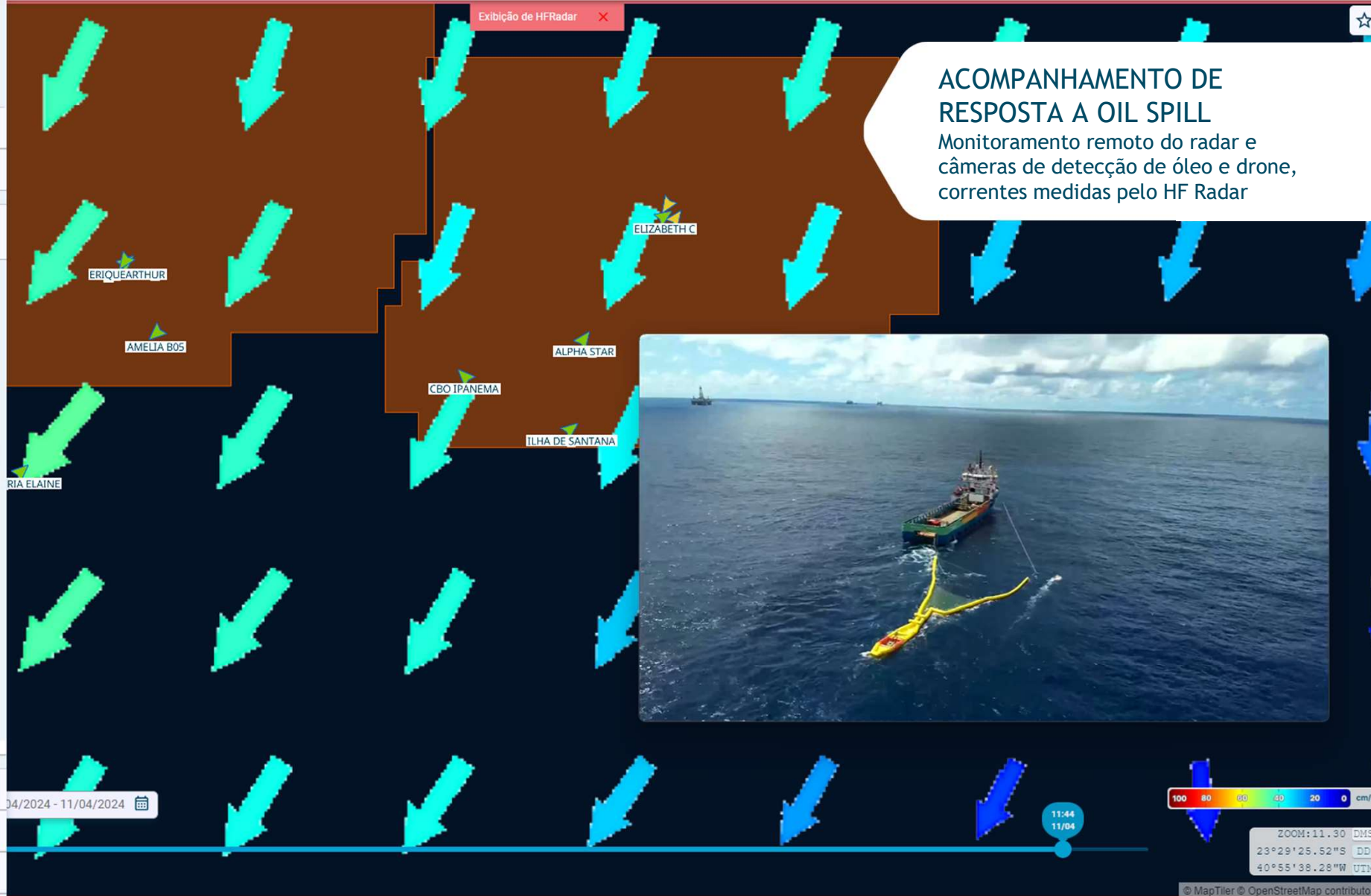
Zoom: 68%

⊖ ⊕

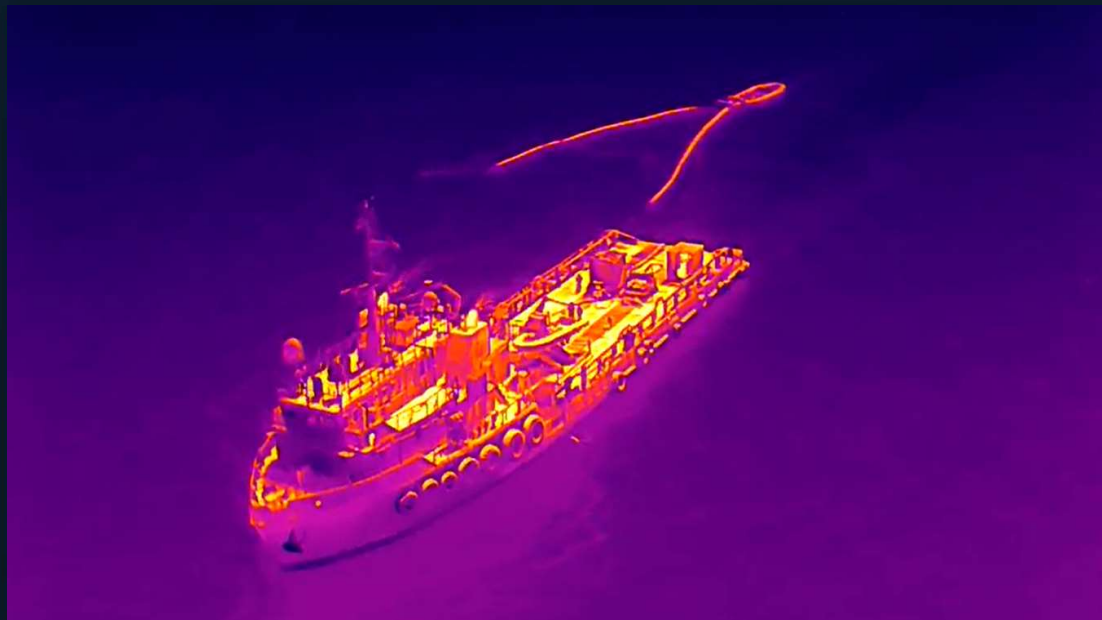
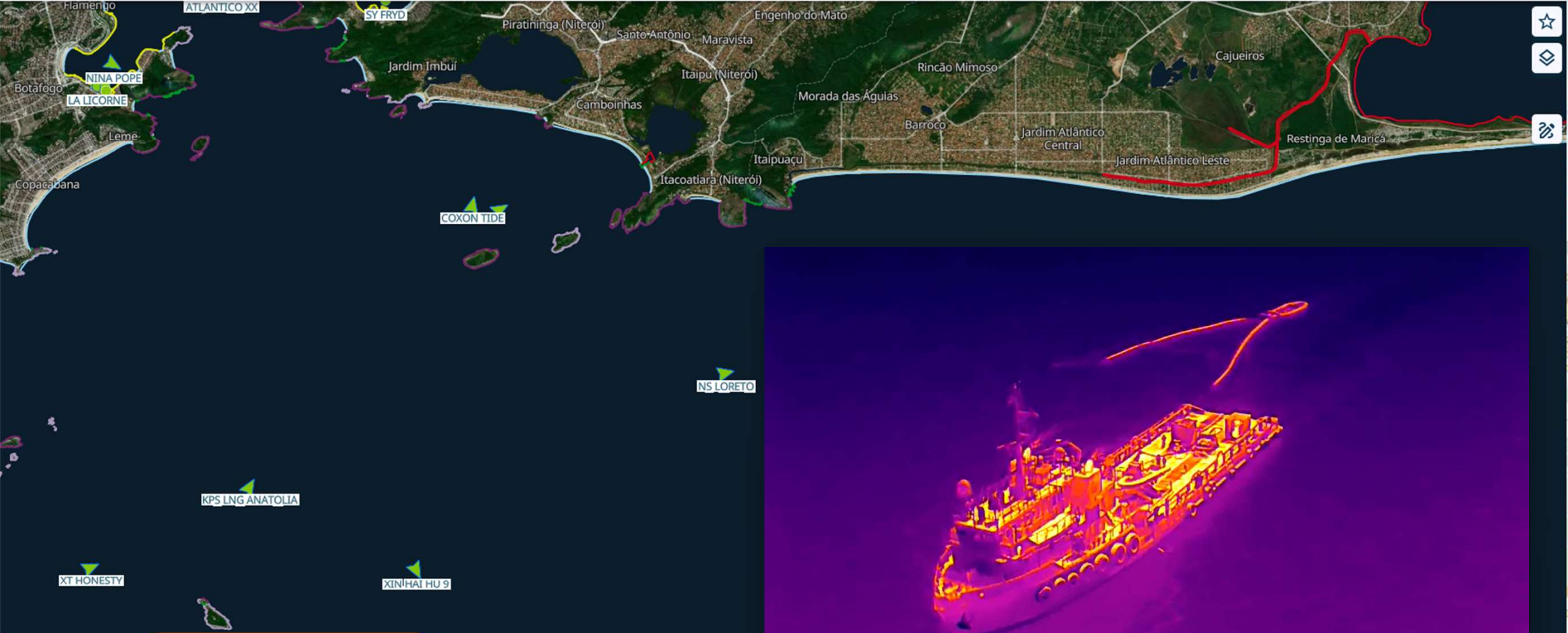
Status da Frota

Permissão de Trabalho

Lista de Tripulantes



ACOMPANHAMENTO DE RESPOSTA A OIL SPILL
 Monitoramento remoto do radar e câmeras de detecção de óleo e drone, correntes medidas pelo HF Radar



ACOMPANHAMENTO DE RESPOSTA A EMERGÊNCIAS
Câmeras de drone com infravermelho

ZOOM: 11.75 DMS
23°04'02.57" S DD
42°50'10.15" W UTM

Voltar

Deriva de óleo **Beta**

Identificação

Nome:

Posição inicial

Grade:

Busca

Latitude: Longitude:

Período

Data inicial (UTC):

Horas de simulação: h

Características do vazamento

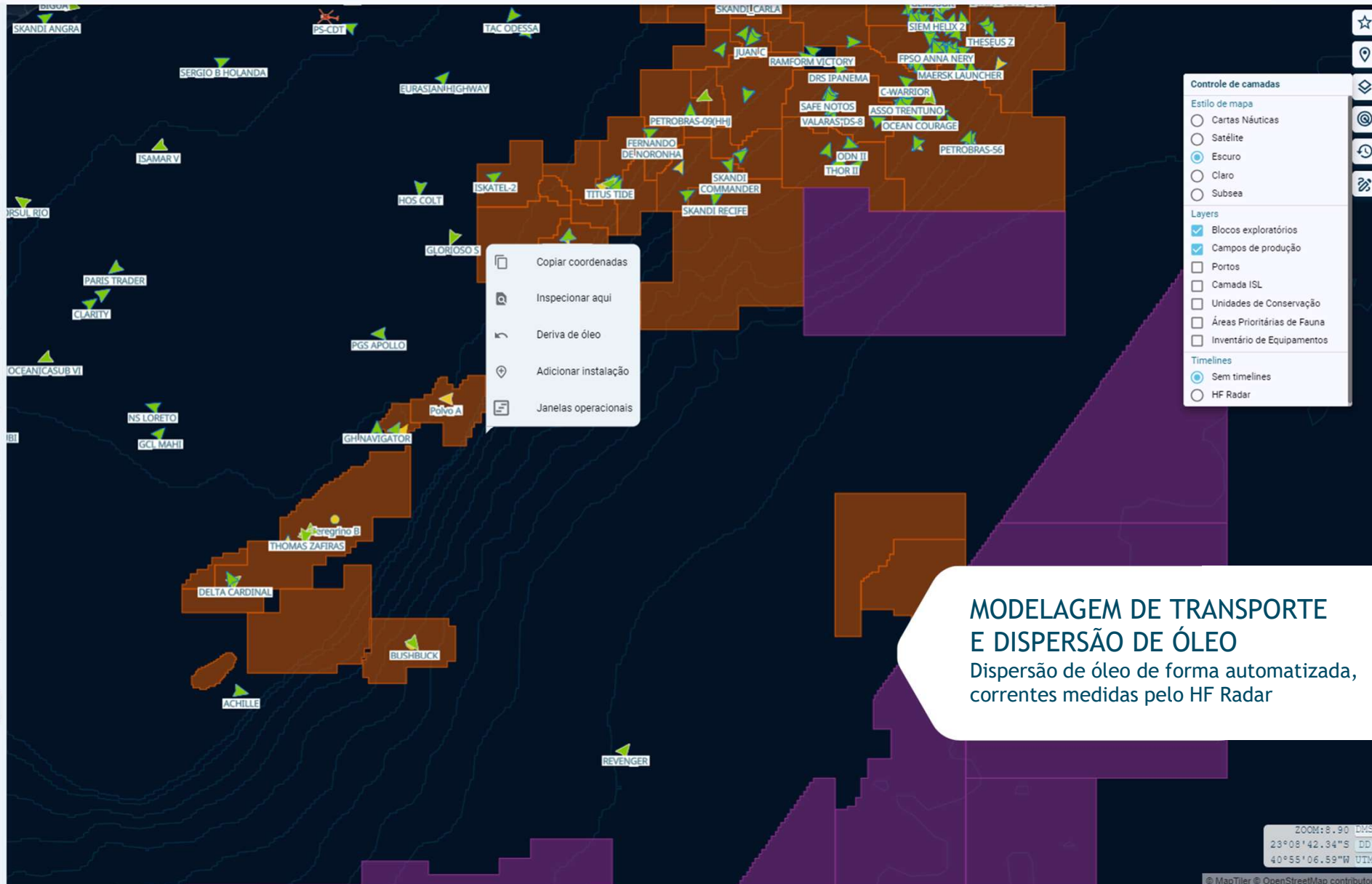
Tipo de óleo:

Volume total: m³ Duração: h

Profundidade: m

Tipo do vazamento: Instantâneo Contínuo

SIMULAR



MODELAGEM DE TRANSPORTE E DISPERSÃO DE ÓLEO
 Dispersão de óleo de forma automatizada,
 correntes medidas pelo HF Radar



MODELAGEM DE TRANSPORTE E DISPERSÃO DE ÓLEO
Dispersão de óleo de forma automatizada

Voltar

Janelas operacionais

Nova consulta

Velocidade das correntes 1,5 kts

Altura significativa das ondas 2 m

Velocidade do vento 15 kts

Janelas operacionais

01.	SÁB 03:00 (UTC)	28/09/2024	18h
	SÁB 21:00 (UTC)	28/09/2024	



Voltar [Close Icon]

Detecção de Óleo por Satélite (KS...

+ Nova consulta

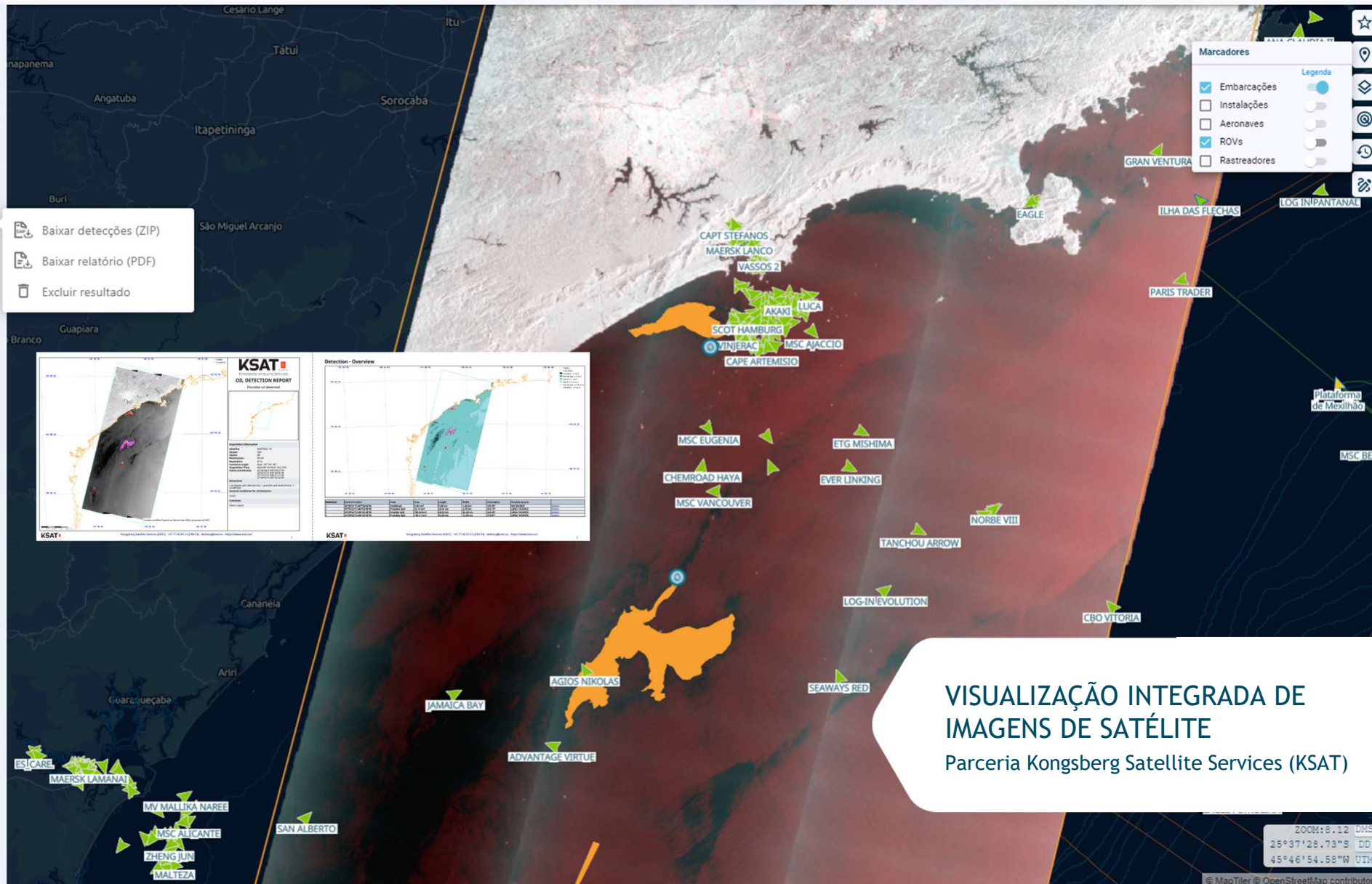
- SENTINEL1A 14/03/2024 às 08:32 (UTC)
- SENTINEL1A 06/06/2024 às 08:32 (UTC)
- SENTINEL1A 10/09/2024 às 08:32 (UTC)

Opacidade da imagem [Slider: 0 to 100]

Nº de feições oleosas: 4

Detalhes

Data inicial (UTC)	10/09/2024 às 08:31
Data final (UTC)	10/09/2024 às 08:32
Ângulo de incidência mínimo	30.07
Ângulo de incidência máximo	45.65
Direção	DESCENDING
Modo de operação do sensor	IW



VISUALIZAÇÃO INTEGRADA DE IMAGENS DE SATÉLITE
 Parceria Kongsberg Satellite Services (KSAT)

Zoom: 8.12 DMS
 25°37'28.73"S DD
 45°46'54.58"W UTM

OBRIGADO

carlos.leandro@oceanpact.com

