

Plataforma Digital Operacional de  
**Monitoramento e Avaliação**  
**Socioambiental** da Baía de Guanabara e  
Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro

Plano de Trabalho | Julho de 2025



Cliente:



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO DE JANEIRO**

Governo do Estado do Rio de Janeiro  
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade  
Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

## APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste no Plano de Trabalho do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro para a execução técnica da Plataforma Digital Operacional de Monitoramento e Avaliação Socioambiental da Baía de Guanabara e Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro.

O Plano de Trabalho tem por base a proposta técnica apresentada no processo de contratação (contrato Nº 001/2025- Processo nº SE - 070001/000893/2024I) realizado junto à Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade-SEAS e está orientado de modo a atender o termo de referência referente ao Projeto de 30 de agosto de 2024 e que constitui parte integrante do instrumento contratual

**SUMÁRIO**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 – OBJETIVO DO PROJETO</b>                                | <b>3</b>  |
| <b>2 – MOTIVAÇÃO</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3 – INFRAESTRUTURA DE APOIO AO PROJETO</b>                 | <b>5</b>  |
| <b>4 – METODOLOGIA</b>  | <b>18</b> |
| <b>4.1 – PLATAFORMA DESENVOLVIDA E ATUALMENTE EM OPERAÇÃO</b> | <b>19</b> |
| <b>4.2 - ESCOPO DO PROJETO</b>                                | <b>32</b> |
| <b>4.3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                       | <b>50</b> |
| <b>5 – RESULTADOS ESPERADOS</b>                               | <b>53</b> |
| <b>6 – PRAZO DE EXECUÇÃO METAS E PRAZOS</b>                   | <b>55</b> |
| <b>7 – EQUIPE EXECUTORA</b>                                   | <b>57</b> |
| <b>8 – CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO</b>                           | <b>58</b> |
| <b>8.1 – DESEMBOLSO 1</b>                                     | <b>58</b> |
| <b>8.2 – DESEMBOLSO 2</b>                                     | <b>62</b> |
| <b>8.3 – DESEMBOLSO 3</b>                                     | <b>65</b> |
| <b>8.4 – DESEMBOLSO 4</b>                                     | <b>68</b> |
| <b>8.5 – DESEMBOLSO 5</b>                                     | <b>70</b> |
| <b>8.6 – DESEMBOLSO 6</b>                                     | <b>72</b> |

## **1 - OBJETIVO DO PROJETO**

A sobrevivência de uma população não está ligada apenas à disponibilidade de alimentos. Mesmo com a capacidade de alimentar as pessoas no futuro, outras variáveis são essenciais à manutenção da vida no planeta. E atualmente, uma grande parcela da população mundial ressenete-se da falta de energia, água potável, moradia, educação, assistência médica e empregos, entre outras necessidades. Assim, o acréscimo de alguns bilhões a mais de pessoas ao planeta causará uma pressão ainda maior no estoque de recursos naturais, que são fundamentais para a vida, onde a perspectiva de impactos sobre o meio ambiente é relevante. Nesta perspectiva, a preocupação ambiental é uma demanda importante de nossa sociedade, cujas técnicas e avanços tecnológicos adquiridos constituem ferramentas que podemos aplicar no contexto de seu gerenciamento, para manutenção dos recursos e serviços ambientais, e sobretudo visando a sustentabilidade dos ambientes em que habitamos.

Dessa forma, informações ambientais expõem a fragilidade dos diversos ambientes e sua dinâmica geográfica e socioespacial, caracterizando condições prévias que podem viabilizar soluções de interesse gerencial e de planejamento. De tal modo, o uso de ferramentas que possam auxiliar a análise ambiental integrada, sobretudo em áreas complexas como a Baía de Guanabara e a região costeira do Estado do Rio de Janeiro, contribui para a tomada de decisão e implementação de ações no contexto do gerenciamento e planejamento ambiental.

Associado a estes pontos, o projeto tem como objetivo geral a implementação de uma plataforma integrada de observação e monitoramento meteorológico, oceanográfico e socioeconômico para a região da Baía de Guanabara e áreas costeiras do Estado de Rio de Janeiro baseada em Internet das Coisas (IoT) para a aplicação de técnicas de modelagem computacional da dinâmica do oceano e atmosfera, além da aquisição de dados em tempo real em plataforma inédita combinada em coleta, modelagem e visualização científica de dados a serem aplicados de forma contínua e sistemática em programas de estímulo ao uso dos dados abertos em educação, negócios e engajamento cidadão. O desenvolvimento do projeto está atrelado ao disposto no item VII, artigo 4º da lei 48.666/2023 que dispõe da criação do CENTRO INTEGRADO DE GESTÃO DA BAÍA DE GUANABARA - CIG-BG.

## **2. MOTIVAÇÃO**

A Baía de Guanabara (BG) é um dos ambientes marinhos costeiros mais importantes do Brasil do ponto de vista social, econômico e ambiental. Possui

duas refinarias de petróleo em suas margens, representando 17% do processamento do óleo nacional. Abriga o segundo maior porto do país (Porto do Rio de Janeiro), onde atracam anualmente mais de 2.000 navios comerciais, dois aeroportos (Santos Dumont e Antônio Carlos Jobim), estaleiros, marinas, constituindo também um importante via marítima para um grande número de embarcações, balsas, barcos de pesca, de lazer, turismo e da marinha. Considerada área de segurança nacional, a BG abriga duas bases navais e um estaleiro do Ministério da Marinha. Encontra-se inserida na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro (RMRJ), onde há a maior concentração populacional costeira do Brasil, aproximadamente 10 milhões de habitantes, somente na planície costeira da Baía de Guanabara, o que representa 80% da população do estado. Além das características supracitadas, adiciona-se a importância desse ambiente como local de lazer, competições esportivas associadas a esportes náuticos e diversos usos relacionados a população da cidade e do estado do Rio de Janeiro. Destaca-se ainda o contexto socioambiental da BG, que aglomera, aproximadamente, 70% das indústrias do Estado do Rio de Janeiro, e ocasionam resíduos de origem industriais, acrescido à carga de esgoto doméstico, assim como o desmatamento, além do lixo e assoreamento, que transformaram a região em umas das áreas mais poluídas da costa brasileira, tendo como principais consequências a degradação ambiental, problemas de saúde pública e impactos econômicos e socioambientais.

Pelas características acima descritas, o entendimento da circulação das águas e da dinâmica atmosférica na região da BG já foi objeto de diversos estudos e programas ambientais que visaram basicamente apoiar ações de gestão ambiental em seu interior.

O conhecimento da dinâmica das águas em ambientes marinhos costeiros como a BG é de fundamental importância, dentre outros motivos, para a construção de estruturas urbanas (portos, marinas, refinarias, pontes e outros) e para a compreensão da dispersão de poluentes oriundos tanto de emissários submarinos quanto de outras fontes poluidoras para o seu interior. Esse conhecimento subsidia o planejamento de medidas de gestão e de emergência que visem minimizar o impacto ambiental de tais atividades sobre o ambiente marinho em questão.

Dessa forma, o desenvolvimento e a utilização de métodos que possam auxiliar no processo de monitoramento e análise meteoceanográfica, social, econômica e ambiental integrada, sobretudo em áreas marinhas costeiras complexas como a Baía de Guanabara e a região costeira do Estado do Rio de Janeiro, contribui para a tomada de decisão e implementação de ações no contexto do gerenciamento e planejamento ambiental sustentável da região da BG, além de contribuir para o desenvolvimento de ações voltadas para a

economia azul no estado do Rio de Janeiro. Nesse sentido, destaca-se também a total aderência do presente projeto ao decreto Nº 48666, de 31 de agosto de 2023, que dispõe sobre o programa Guanabara Azul e cria o Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara (CIGBG).

### 3. INFRAESTRUTURA DE APOIO AO PROJETO

O objetivo principal do Plano de Trabalho é desenvolver **Plataforma Digital Operacional de Monitoramento e Avaliação Socioambiental da Baía de Guanabara e Região Costeira do Estado do Rio de Janeiro (PLATAFORMA)** tirando partido do arcabouço de pesquisa no tema já existente e em desenvolvimento pelo Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia do Programa de Engenharia Civil (Conceito CAPES 7) - LAMCE/COPPE/UFRJ (<http://www.lamce.coppe.ufrj.br>). A construção da PLATAFORMA se dará através da conexão dos projetos envolvendo os estudos e pesquisas já realizados e em andamento no LAMCE, apoiados principalmente pela FAPERJ, como será visto mais adiante. O Plano de trabalho irá tirar partido do estado da arte em tecnologias digitais, onde um ambiente virtual com todas as características do real, será desenvolvido permitindo uma interação dinâmica e em tempo real com a Baía de Guanabara.

A PLATAFORMA integrará uma ampla gama de fontes de dados, para transformá-los em conhecimento e para conectar, envolver e capacitar cidadãos, governos e indústrias, fornecendo as condições necessárias para tomar decisões respaldados pelas melhores informações possíveis. A PLATAFORMA deve permitir o monitoramento integrado, contínuo e oportuno de todo o ecossistema socioambiental da BG.

A Baía de Guanabara é uma antiga conhecida do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia da COPPE/UFRJ. Desde 2000, com o acidente da refinaria da Reduc até os dias atuais, diversos projetos, estudos, teses, dissertações e projetos de fim de curso foram e estão sendo realizados pelo LAMCE tendo a BG como tema.

Situado às margens da Baía de Guanabara, no Parque Tecnológico da UFRJ, o Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia atua há quase 40 anos na área da pesquisa, formulação e desenvolvimento de métodos numéricos para aplicação nas áreas de Engenharia e Geociências. O LAMCE é hoje um dos maiores laboratórios da COPPE; possui mais de oitenta colaboradores entre professores, pesquisadores, técnico-administrativos, estagiários e alunos de graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado. Neste laboratório está instalado um dos maiores computadores de uso público do país para estudo, desenvolvimento e implantação de técnicas computacionais de alto

desempenho, capaz de realizar 230 trilhões de operações matemáticas por segundo, com eficiência energética e operação remota. No LAMCE estão disponibilizados à comunidade científica, equipamentos de visualização científica tais como: uma caverna digital com visualização 3D que pode ser aberta formando uma tela com 9 metros de extensão, um Domo com 270° de projeção e 6 metros de altura, integrado a um sistema multissensorial, um sistema de projeção holográfica, além de dispositivos interativos com uso de interfaces não convencionais. Uma das nossas principais área de atuação é a Modelagem Ambiental, destacando o desenvolvimento de modelos computacionais para processos atmosféricos e oceânicos por meio da análise de dados ambientais e em diferentes escalas espaciais; modelagem de dispersão de poluentes na atmosfera, nos oceanos e nos rios e modelagem climática associada a processos de variabilidade e mudanças climáticas.

Observações oceânicas e costeiras adequadas e sustentadas são uma parte essencial dos esforços de pesquisa, desenvolvimento e inovação para compreender e proteger os sistemas socioecológicos marinhos. Os dados podem ser provenientes de estações meteo-oceanográficas, navios, sistemas autônomos e de deriva, ou sistemas de observação remota como os satélites. Nas últimas décadas um grande investimento em infraestrutura foi realizado, permitindo o início do uso destes dados e das informações geradas em apoio às políticas públicas ambientais e climáticas. Como exemplo podemos citar o Projeto Azul-Desenvolvimentos e Inovações no Sistema de Observação Oceânica da Baía de Santos, com foco no Campo de Libra-financiado pela Shell em atendimento à cláusula de investimento em PD&I da ANP e o projeto Plataforma de Observação e Monitoramento Meteo-oceanográfico da Baía de Guanabara, com financiamento da FAPERJ.

Desde 2010, o LAMCE vem desenvolvendo projetos que envolvem a aquisição de dados meteo-oceanográficos e a implantação de modelos numéricos regionais operacionais (atmosférico e da hidrodinâmica marinha) para a região da Baía de Guanabara. Dentre os projetos destaca-se o projeto Estratégia Náutica, desenvolvido em parceria com o Comitê Olímpico Brasileiro (COB), cujo objetivo foi o desenvolvimento e a manutenção, antes e durante os Jogos Olímpicos e Paraolímpicos Rio 2016, de um sistema de previsão de vento até dez metros de altura, de correntes marinhas superficiais e de ondas para as regiões das raias olímpicas de vela da Baía de Guanabara e para a área das provas de maratona aquática e triatlo na praia de Copacabana. O projeto Estratégia Náutica contou ainda com os desenvolvimentos realizados e estrutura de sensores adquiridos no âmbito de outros dois projetos anteriores, fomentados pela FAPERJ e executados pelo LAMCE: *Sistema de aquisição e disponibilização de dados de ondas para o litoral do município do Rio de Janeiro* (Edital 09/2011) e *Estruturação de um sistema de previsão de ondas e ressacas*

para o litoral do município do Rio de Janeiro (Edital 03/2013). O legado deixado por estes projetos envolve a aquisição e disponibilização de diversos sensores meteorológicos e oceanográficos utilizados em sua execução e em operação atualmente na região da Baía de Guanabara: estações meteorológicas, termômetros oceanográficos, ADCPs e um radar marítimo de superfície que, atualmente, encontra-se instalado no prédio do laboratório de Dinâmica dos Oceanos e da Terra na Universidade Federal Fluminense.

Atualmente em desenvolvimento, o projeto *Plataforma integrada de monitoramento e observação meteo-oceanográfica para a Baía de Guanabara/RJ*, apoiado pela FAPERJ, conta com uma plataforma digital operacional para a disponibilização de informações ambientais, sociais e econômicas, oriundas de bases de dados históricos, medições feitas por sensores locais e remotos e modelos computacionais numéricos operacionais (atmosférico, de correntes marinhas e de ondas), sobre a região da Baía de Guanabara e seu entorno. Recentemente, o proponente teve dois projetos correlatos aprovados em editais da FAPERJ: *Sistema computacional de modelagem numérica para o oceano Atlântico Sul* no Programa “Apoio à Cooperação Bilateral FAPERJ/FCT - 2019” (Edital Nº 13/2019) e *Plataforma Integrada de Monitoramento de Mobilidade Humana e Modelagem da Epidemia de COVID-19* no edital “Ação Emergencial Projetos para Combater os Efeitos da Covid-19 – Parceria FAPERJ/SES – 2020, Chamada B - Apoio a Projetos já concedidos em Editais da FAPERJ”, este último com o objetivo de integrar os dados que já vêm sendo coletados no projeto *Plataforma integrada de monitoramento e observação meteo-oceanográfica para a Baía de Guanabara/RJ* com dados de mobilidade humana para serem utilizados em modelos epidemiológicos regionalizados na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Através do escopo e da dimensão do projeto proposto, são esperados impactos em nível local, regional e global associados a diversas demandas sociais, econômicas e ambientais, tais como:

- Caracterização e monitoramento de longo prazo da hidrodinâmica marinha da Baía de Guanabara e parte da região costeira do Estado do Rio de Janeiro e caracterização da circulação atmosférica da região em apoio às comunidades de pescadores, transporte marítimo, lazer etc.;
- Cooperação para o aumento de conhecimento e para a revitalização ambiental da área foco do projeto;
- Contribuição para o treinamento, formação e manutenção de pesquisadores e alunos especializados;
- Suporte à gestão de atividades portuárias;
- Suporte à gestão e mitigação de poluentes;

- Fornecimento de informações para a prática de esportes náuticos.

Para a execução do projeto proposto no presente documento, é necessária uma infraestrutura tanto de coleta de dados, quanto de processamento computacional robusta e de alto desempenho, estruturada para processar e armazenar os grandes volumes de dados utilizados e gerados. As etapas de coleta de dados contarão com o legado dos instrumentos já obtidos, tais como: estações meteorológicas, termômetros oceanográficos, ADCPs, radar marítimo, bem como toda a estrutura para recepção de dados orbitais em tempo real. Além disso, as etapas (processamento dos dados, simulações numéricas, análise e o armazenamento dos resultados gerados) serão executadas em três plataformas de alto desempenho alocadas nas dependências do novo prédio do LAMCE, localizado no Parque Tecnológico da UFRJ. A primeira, um cluster de propriedade do LAMCE, possui 1 nó de gerência e 8 nós computacionais com 12 núcleos de processamento cada, além de 36 TB de capacidade de armazenamento. A segunda, também pertencente ao LAMCE, um servidor com 10TB de disco, 8 nós com 192GB de memória usando as CPUs Intel Skylake com 12 cores/24 threads cada. E por fim, o supercomputador Lobo Carneiro, adquirido pela COPPE/UFRJ e que conta com 520 CPUs totalizando 6230 cores e capacidade de desempenho teórico de 230 Flops. Além dos computadores, o LAMCE possui uma infraestrutura única de Visualização Científica, como Caverna Digital, Domo com 7 metros de altura, tela holográfica, onde a visualização dos resultados do projeto nestes ambientes enriquece a discussão.

O Centro de Visualização visa apoiar o desenvolvimento de projetos multidisciplinares que vão desde a visualização científica, passando por simulações e desenvolvimento de ambientes virtuais imersivos até instalações interativas associando arte, ciência e educação. O LAMCE tem instalado em seus Ambientes Controlados os seguintes equipamentos:

- **CAVE – CAVERNA DIGITAL**

- Custo: R\$ 2.500.000,00
- A Caverna Digital corresponde a um sistema de visualização imersiva composta por quatro telas de projeção (frente, esquerda, direita, chão) formando um ambiente quadrado com três metros de lado, o sistema fornece projeções estereoscópicas sincronizadas nas telas e um sistema de rastreamento que permite ajustar o ponto de vista das imagens segundo a posição do usuário. Este dispositivo transmite ao usuário a sensação de estar dentro da simulação com os elementos ao seu redor. O sistema de som espacializado permite aos usuários perceber a direção ou origem dos sons na simulação. O dispositivo permite a projeção de modelos em escala 1:1, permitindo a análise de simulações em escala real.

- **HOLOGRAFIA**

- Custo: R\$ 350.000,00

- A tela holográfica corresponde a um sistema de projeção estereoscópico em tela transparente, que produz imagens tridimensionais que parecem flutuar no espaço. Os usuários podem examinar os modelos interativamente e observando de diferentes pontos de vista sem a sensação de janela (“Windows”) oferecida por telas tradicionais.
- **DOMO**
  - Custo: R\$ 1.500.000,00
  - O Domo corresponde a uma tela de projeção esférica com 8 metros de diâmetro e 240 graus de abertura, que utiliza 2 projetores para cobrir a área de visualização. As imagens curvas são produzidas em um computador com duas placas gráficas e um software que utiliza técnicas de warp e blend para produzir as imagens curvas em tempo real. Este dispositivo permite a visualização envolvente e utiliza equipamentos adicionais para aumentar a experiência sensoriais dos usuários como transdutores que produzem vibrações no chão, equipamento de geração de fumaça, bolhas e diferentes odores, todos controlados por software e hardware desenvolvido no laboratório e funcionam sincronizados com o conteúdo da simulação.
- **PROJEÇÃO NA ESFERA**
  - Custo: R\$ 80.000,00
  - Este dispositivo, formado por uma bola inflável de 2.5m de diâmetro, funciona com 1, 2 ou 3 projetores para cobrir total ou parcialmente a bola com projeções. Especialmente adequado para projeções de dados e simulações globais também é utilizado para projeções artísticas. Totalmente desenvolvido no laboratório, foi concebido para ser facilmente transportável como dispositivo itinerante de divulgação da ciência, cultura e arte.
- **PROJEÇÃO NA HOLOGRAFIA PIRAMIDAL**
  - Custo: R\$ 230.000,00
  - Uma forma alternativa de projeção à holografia em tela é a holografia em pirâmide, em que quatro faces de um modelo se compõem formando o modelo tridimensional. A pirâmide de 2m de lado, construída em acrílico cristal transparente, fornece ao usuário a sensação do modelo projetado estar flutuando no seu interior. O dispositivo possibilita ao usuário andar ao redor e examinar o modelo projetado de diferentes ângulos, ao mesmo tempo que observa outros usuários através da tela transparente.
- **SUPERCOMPUTADOR LOBO CARNEIRO**
  - Custo: R\$ 15.000.000,00
  - O Supercomputador Lobo Carneiro, inaugurado em agosto de 2016, tem sido amplamente utilizado pela comunidade científica para processamentos de modelos de várias áreas. Está instalado no prédio do LAMCE - Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia, no Parque Tecnológico da UFRJ em sala ao lado do Centro de Visualização, com interligação direta, via cabo de fibra-óptica, possibilitando a visualização de dados e resultados diretamente do

storage do supercomputador ou a visualização em tempo real de simulações durante o seu processamento.

- **PARQUE DE ANTENAS PARA RECEPÇÃO DE DADOS DE SATÉLITES AMBIENTAIS**

- Custo: R\$800.000,00
- Existem no LAMCE três antenas para recepção de dados de satélites ambientais geoestacionários (série GOES) e polares (série POES/NOAA). A estrutura é complementada por dois receptores (específicos para cada antena) e quatro computadores. Três dessas máquinas são responsáveis pela aquisição e processamento dos dados. Todo o hardware, bem como os softwares para aquisição foram adquiridos da empresa britânica Dartcom Company. Software foram desenvolvidos para aquisição automática dos dados nos formatos HPRT (POES) e GVAR (GOES), arquivamento e preparação dos dados para o processamento pós-captura (Figura 2). Além disso, este sistema também é responsável pelo controle físico das antenas, rotores de posicionamento e decodificadores digitais.

- **CLUSTERS DE ALTO DESEMPENHO**

- Custo: 800.000,00
- Estrutura de 10 clusters computacionais de alto desempenho e processamento para apoio ao desenvolvimento de projetos composta de Servidor Poweredge 860 R200, Servidor Dell Optiplex 755, Servidor Precision 690, Servidor T640 Dell PowerEdge T640.

O Núcleo de Observação da Terra (NOTE) do LAMCE utiliza sua experiência em coleta de dados in-situ, instrumentação e sensoriamento remoto para o monitoramento de sistemas físicos, químicos e biológicos da Terra, além promover o compartilhamento completo e aberto de todos os seus dados para comunidades de pesquisa, indústria, academia, governos e sociedade civil.

O NOTE atua para monitorar e avaliar o status e as mudanças em ambientes naturais e artificiais como contribuição para o estabelecimento de padrões internacionais para medições da superfície terrestre, atmosfera e oceano por meio de sua pesquisa interna e cooperação com parceiros, além de permitir e disseminar a aquisição, acesso e armazenamento de dados.

Um dos objetivos é contribuir para o desenvolvimento de gêmeos ou modelos digitais da Terra altamente precisos para monitoramento e previsão de alterações ambientais e sua relação com impacto humano. A integração de dados in-situ, aéreos e orbitais; computação de alto desempenho e ciência de dados fornece uma fonte de dados e informações única, permitindo a exploração de diferentes cenários e componentes do sistema terrestre, juntamente com possíveis estratégias de adaptação e mitigação em associação entre prioridades locais e desafios globais.

As metodologias desenvolvidas permitem melhorar o alcance e a robustez dos dados e indicadores ambientais para análise da correlação entre variáveis meteorológicas/oceanográficas e recursos naturais/ecossistemas terrestres. Dessa forma, é possível a disponibilização de produtos georreferenciados associados a aplicações ambientais, sociodemográficos, econômicos e de saúde para estabelecimento de indicadores e análises mais relevantes e direcionados para tomada de decisão.

O Núcleo de Observação da Terra conta com um ambiente dedicado e integrado para coleta de dados in-situ e orbitais em tempo-real envolvendo 3 antenas para recepção em tempo real de dados orbitais polares NOAA/METOP (ativos e passivos) e geoestacionários GOES/METEOSAT, radar marítimo, estações meteorológicas e de qualidade do ar e sensores oceanográficos (ADCPs, termômetros, marégrafo, gliders, perfiladores e derivadores).

As atividades do NOTE/LAMCE integram as ações do Air Centre (Atlantic International Research Centre), sendo escritório para o Rio de Janeiro para as iniciativas entre espaço, clima, oceano e energia no Atlântico para desenvolvimento de tecnologias inovadoras e ciência de dados.

O LAMCE possui uma vasta carteira de projetos tecnológicos realizados em parceria com empresas, nacionais e estrangeiras, e órgãos de fomento, além de convênios e intercâmbios com instituições nacionais e internacionais. Possui desde 2014, o certificado ISO 9001-2015-Sistema de Gestão da Qualidade.

Atuando na área de modelagem ambiental do LAMCE, o Núcleo de Modelagem Ambiental - NUMA (<http://www.lamce.coppe.ufrj.br/numa>) possui ampla experiência na área de modelagem computacional de fluidos geofísicos (atmosfera e oceano). Há alguns anos, modelos computacionais oceânicos e atmosféricos vêm sendo implantados e executados em diferentes plataformas computacionais no âmbito de projetos interinstitucionais acadêmicos e governamentais, em projetos com empresas associadas à indústria do petróleo e na formação acadêmica e profissional. Tais modelos são aplicados para a representação de escoamentos oceânicos e atmosféricos em diferentes escalas espaciais e temporais, abrangendo desde a escala global até a local, visando estudos climáticos e aplicações operacionais.

Através do NUMA foram realizadas uma série projetos de pesquisa e desenvolvimento correlatos à este Plano de Trabalho podem ser citados: projeto *Japi- Estudo da hidrodinâmica marinha costeira para a região do litoral sul da Bahia compreendida entre os municípios de Belmonte, Canavieira e Una-* (<http://projetojapi.lamce.coppe.coppe.ufrj.br>) (financiado pela Queiroz Galvão Exploração e Produção, projeto *Costa Norte – Desenvolvimento de metodologia para o entendimento dos processos costeiros e definição da vulnerabilidade de*

*manguezais das bacias do Pará-Maranhão e foz do Amazonas* (financiado pela Enauta) e recebeu premiação da ANP, projeto *Azul 2 - Desenvolvimentos e inovações no sistema de observação oceânica da bacia de Santos com foco no campo de Libra* (financiado pela Shell Brasil).

**Segue lista de outros projetos relacionados ao tema do Plano de Trabalho:**

1. Desenvolvimento de Metodologia para o Entendimento dos Processos Costeiros e Definição da Vulnerabilidade de Manguezais das Bacias do Pará-Maranhão e Foz do Amazonas - ENAUTA ENERGIA S.A. - 15/09/2016 até 16/03/2020
2. SISTEMA AUTÔNOMO DE IDENTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DE ÓLEO E ÁGUA DE PRODUÇÃO NO MAR FASE II- SHELL BRASIL PETROLEO LTDA - 23/09/2022 até 23/12/2024
3. Autonomous Vehicle for Offshore Wind Energy Estimation (AVOWEE) - Repsol Sinopec Brasil S.A. - 14/11/2023 até 14/05/2025
4. Desenvolvimento de Metodologia para estimativa de recursos eólicos offshore com base na integração de Métodos de Inteligência Artificial, Modelagem Física Atmosférica Regional e Sensoriamento Remoto - Total E&P do Brasil Ltda - 01/09/2023 até 01/09/2025
5. Sistema de previsão oceânica regional baseado em técnicas de aprendizado de máquina - Karoon Petróleo e Gás Ltda - 01/06/2023 até 01/06/2025
6. Sistema Computacional Operacional de Modelagem Regional Oceanográfica e Atmosférica - OCEANPACT SERVIÇOS MARITIMOS S.A - 18/11/2020 até 30/04/2023
7. Modelagem hidrodinâmica e de transporte e dispersão de óleo nas áreas das bacias sedimentares marítimas Sergipe-Alagoas e Jacuípe - Ecology And Environment do Brasil Ltda -07/12/2018 até 25/02/2019
8. Consultoria Técnica Especializada para Elaboração do Estudo Ambiental de Área Sedimentar na Bacia Sedimentar Terrestre do Solimões - Empresa de Pesquisa Energética – EPE - 13/08/2018 até 13/07/2020
9. Desenvolvimento e Inovações no Sistema de Observação Oceânica da Bacia de Santos com Foco no Campo de Libra. - Shell Brasil Petróleo Ltda. - 27/10/2017 até 27/10/2022
10. Investigação da Dinâmica de Exsudações de Óleo das Bacias de Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba Offshoree Integração com os Sistemas Petrolíferos - Petrogal Brasil S/A -02/10/2017 até 09/06/2020
11. Integração de Seepage Slicks Interpretados a partir de Imagens RADARSAT com Dados Geológicos na Região do Golfo do México (2015/00325-2) - PETROLEO BRASILEIRO S A PETROBRAS - 24/01/2016 até 24/12/2016
12. Projeto Estratégica Náutica - Fase II - Comitê Olímpico Brasileiro – COB - 27/04/2015 a 30/09/2016
13. Criação de um mega acervo de atributos oriundos de imagens RADARSAT para exsudações e derrames de óleo na superfície do mar no Golfo do México e na

Margem Continental Brasileira, visando o uso eficiente de machine learning - PETROLEO BRASILEIRO S A PETROBRAS - 14/05/2020 até 13/05/2022

A equipe de desenvolvimento do Plano de Trabalho envolve diretamente o Coordenador do LAMCE, Prof. Luiz Landau (PQ IB-CNPq), o Núcleo de Modelagem Ambiental do LAMCE, coordenado pelo Prof. Luiz Paulo de Freitas Assad do Instituto de Geociências da UFRJ e professor colaborador da COPPE, Prof. Alexandre Evsukoff do Programa de Engenharia Civil e coordenador do Núcleo de Inteligência Artificial do LAMCE, dos doutores Adriano Vasconcelos, Carina Böck e Raquel Toste, do Pesquisador Fabio Hochleitner, coordenador do Núcleo de observação da Terra; e do Pesquisador Gérson Gomes Cunha, coordenador do Grupo de Realidade Virtual e Aumentada do LAMCE, e de pós doutorandos Patrícia Mamede da Silva, Maria Célia Santos Lopes Cunha, Corbiniano Silva e Livia Maria Mendonça Cabral.

**Seguem publicações científicas em revistas internacionais no tema do projeto e produzidos pela equipe do Projeto.**

1. SANCHO, LÍVIA; PASSOS, ELISA; CATALDI, MARCIO; PAULO DE FREITAS ASSAD, LUIZ; LANDAU, LUIZ. Evaluation of the mechanisms acting on the Atlantic Meridional Overturning Circulation in CESM2 for the 1pctCO2 experiment. *Journal of Atmospheric Science Research*, v. 7, p. 40-58, 2024.
2. TOSTE, RAQUEL ; BÖCK, CARINA STEFONI ; SOARES, MAURICIO ; MORAES, NILTON OLIVEIRA ; SOARES, ANDERSON ELIAS ; NEHME, DOUGLAS MEDEIROS; DE FREITAS ASSAD, LUIZ PAULO ; LANDAU, LUIZ ; BARRETO, FERNANDO ; SILVA, CARLOS LEANDRO . CODAR data assimilation into an integrated ocean forecasting system for the Brazilian Southeastern coast. *OCEAN MODELLING*, v. 1, p. 102331, 2024.
3. TOSTE, RAQUEL; VASCONCELOS, ADRIANO; ASSAD, Luiz Paulo de Freitas ; LANDAU, LUIZ. Dynamically downscaled coastal flooding in Brazil: Guanabara Bay under a future climate change scenario. *NATURAL HAZARDS*, v. 1, p. 1, 2024.
4. DE SOUZA NASCIMENTO, MARCOLINO MATHEUS; SHADMAN, MILAD; SILVA, CORBINIANO; DE FREITAS ASSAD, LUIZ PAULO; ESTEFEN, SEGEN F.; LANDAU, LUIZ. Offshore wind and solar complementarity in Brazil: A theoretical and technical potential assessment. *ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT*, v. 270, p. 116194, 2022.
5. PARANHOS, B. R.; Luiz Landau; CATALDI, M. Atmospheric modeling for estimating wind potential: a spatio-temporal assessment of the Northeast Region of Brazil. *ENERGY*, v. 2, p. 1-13, 2022.
6. FRANZ, GUILHERME ; GARCIA, CARLOS A. E. ; PEREIRA, JANINI ; DE FREITAS ASSAD, LUIZ PAULO ; ROLLNIC, MARCELO ; GARBOSSA, LUIS HAMILTON P. ; DA CUNHA, LETÍCIA COTRIM ; LENTINI, CARLOS A. D. ; NOBRE, PAULO ; TURRA, ALEXANDER ; TROTTE-DUHÁ, JANICE R. ; CIRANO, MAURO ; ESTEFEN, SEGEN F. ; LIMA, JOSÉ ANTONIO M. ; PAIVA, AFONSO M. ; NOERNBERG, MAURICIO A. ; TANAJURA, CLEMENTE A. S. ;

- MOUTINHO, JOSÉ LUIZ ; CAMPUZANO, FRANCISCO ; LANDAU, L. . Coastal Ocean Observing and Modeling Systems in Brazil: Initiatives and Future Perspectives. *FRONTIERS IN MARINE SCIENCE*, v. 8, p. 1, 2021.
7. ASSIS TAVARES, LUIZ FILIPE; SHADMAN, MILAD; de Freitas Assad, Luiz Paulo ; SILVA, CORBINIANO ; LANDAU, LUIZ ; ESTEFEN, SEGEN F. . Assessment of the offshore wind technical potential for the Brazilian Southeast and South regions. *ENERGY*, v. 1, p. 117097, 2020.
  8. SHADMAN, M.; SILVA, C.; FALLER, DAIANE GRACIELI; ASSAD, L. P. F. ; LANDAU, L. ; ESTEFEN, S. F. . Ocean Renewable Energy Potential, Technology, and Deployments: A Case Study of Brazil. *Energies*, v. 12, p. 3658, 2019.
  9. SHADMAN, M.; SILVA, C.; FALLER, DAIANE GRACIELI; WU, Z. ; ASSAD, L. P. F. ; LANDAU, LUIZ ; LEVI, C. ; ESTEFEN, S. F. . Ocean Renewable Energy Potential, Technology, and Deployments: A Case Study of Brazil. In: Eugen Rusu. (Org.). *Renewable Energy in Marine Environment*. 1ed. Basel: Energies MDPI, 2020, v. 1, p. 277-313.
  10. MACKENZIE, BEV CELLIERS, LOUIS Assad, Luiz Paulo de Freitas HEYMANS, JOHANNA J. ROME, NICHOLAS THOMAS, JULIE ANDERSON, CLARISSA BEHRENS, JAMES CALVERLEY, MARK DESAI, KRUTI DIGIACOMO, PAUL M. DJAVIDNIA, SAMY DOS SANTOS, FRANCISCO EPARKHINA, DINA FERRARI, JOSÉ HANLY, CAITRIONA HOUTMAN, BOB JEANS, GUS LANDAU, LUIZ LARKIN, KATE LEGLER, DAVID LE TRAON, PIERRE-YVES LINDSTROM, ERIC LOOSLEY, DAVID NOLAN, GLENN , et al. ; The Role of Stakeholders in Creating Societal Value From Coastal and Ocean Observations. *FRONTIERS IN MARINE SCIENCE*, v. 6, p. 1, 2019.
  11. DA ROCHA FRAGOSO, MAURICIO; de Carvalho, Gabriel Vieira; SOARES, FELIPE LOBO MENDES; FALLER, DAIANE GRACIELI; de Freitas Assad, Luiz Paulo; TOSTE, RAQUEL; SANCHO, LÍVIA MARIA BARBOSA; PASSOS, ELISA NÓBREGA; BÖCK, CARINA STEFONI; REIS, BRUNA; LANDAU, LUIZ; ARANGO, HERNAN G.; MOORE, ANDREW M. A 4D-variational ocean data assimilation application for Santos Basin, Brazil. *Ocean Dynamics*, v. 1, p. 1-16, 2016.
  12. TOSTE, R. ; SOARES, A. E. ; NEHME, D. M. ; SANCHO, L. M. B. ; Böck, C.S. ; ASSAD, L. P. F. ; LANDAU, L. . 4DVAR Data Assimilation in the Brazilian Equatorial Margin-Costa Norte Project. *JOURNAL OF COASTAL RESEARCH*, v. 95, p. 1326, 2020.
  13. de Freitas Assad, Luiz Paulo; TOSTE, RAQUEL; BÖCK, CARINA STEFONI; NEHME, DOUGLAS MEDEIROS; SANCHO, LÍVIA; SOARES, ANDERSON ELIAS; LANDAU, LUIZ. Ocean climatology at Brazilian Equatorial Margin: a numerical approach. *Journal of Computational Science*, v. 1, p. 101159, 2020.
  14. VASCONCELOS, A. O.; TOSTE, R.; RANGEL, R. H.; ASSAD, L. P.; LANDAU, L. ; PESSOA, M. C. ; KIPERMAN, R. . Study of Sensitivity of the Environment to Accidental Oil Pollution in the South Coast of Bahia State - Brazil. In: *SPE Latin American and Caribbean Health, Safety, Environment and Sustainability*

Conference, 2015, Bogotá. SPE Latin American and Caribbean Health, Safety, Environment and Sustainability Conference.

15. Rangel, Rafael Henrique Oliveira; de Freitas Assad, Luiz Paulo; PASSOS, ELISA NÓBREGA; Souza, Caio; Cossich, William; Dragaud, Ian Cunha D Amato Viana; TOSTE, RAQUEL; Hochleitner, Fabio; LANDAU, LUIZ. Marine and Atmospheric Forecast Computational System for Nautical Sports in Guanabara Bay (Brazil). Lecture Notes in Computer Science. 1ed.: Springer International Publishing, 2019, v. 11539, p. 215-228.
16. TOSTE, RAQUEL; Assad, Luiz Paulo de Freitas; LANDAU, LUIZ. Downscaling of the global HadGEM2-ES results to model the future and present-day ocean conditions of the southeastern Brazilian continental shelf. CLIMATE DYNAMICS, v. 1, p. 143-159, 2017.
17. ASSAD, L. P. F.; BÖCK, CARINA STEFONI; CANDELLA, ROGERIO NEDER; LANDAU, L. . Influence of El Niño Wind Stress Anomalies on South Brazil Bight Ocean Volume Transports. International Journal of Oceanography, v. 2015, p. 1-15, 2015.
18. BÖCK, CARINA STEFONI; Assad, Luiz Paulo de Freitas; LANDAU, LUIZ. VARIABILIDADE DO SISTEMA CORRENTE DO BRASIL ASSOCIADA AOS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS A1FI E B1. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology (Impresso), v. 19, p. 18-30, 2015.
19. DRAGAUD, IAN CUNHA D'AMATO VIANA; SOARES DA SILVA, MAURICIO; Assad, Luiz Paulo de Freitas; CATALDI, MÁRCIO; LANDAU, LUIZ; ELIAS, RENATO NASCIMENTO; PIMENTEL, LUIZ CLAUDIO GOMES. The impact of SST on the wind and air temperature simulations: a case study for the coastal region of the Rio de Janeiro state. METEOROLOGY AND ATMOSPHERIC PHYSICS, v. (), p. 1-15, 2018.

#### **Recursos financeiros obtidos em projetos correlatos**

1. Desenvolvimento e Inovações no Sistema de Observação Oceânica da Baía de Santos com Foco no Campo de Libra. Vigência 10/2021, financiamento Shell Brasil (R\$ 21.249.546,61) e EMBRAPII (R\$ 1.530.139,57)
2. Sistema Computacional Operacional de Modelagem Regional Oceanográfica e Atmosférica. Vigência 12/2022, financiamento OceanPact Serviços Marítimos S.A (R\$ 849.905,31) e EMBRAPII (R\$ 820.189,7)
3. Criação de um mega acervo de atributos oriundos de imagens RADARSAT para exsudações e derrames de óleo na superfície do mar no Golfo do México e na Margem Continental Brasileira, visando o uso eficiente de machine learning, Vigência 05/2022, financiamento Petrobras (R\$ 2.995.374,36)
4. Plataforma integrada de monitoramento e observação meteo-oceanográfica para a Baía de Guanabara/RJ. Processo E-26/010.101111/2018. Vigência 11/2021, financiamento FAPERJ (R\$ 319.000,00)
5. I Workshop Internacional para o Desenvolvimento Integrado de Tecnologias Sustentáveis em Energia, Oceanos e Saúde. Processo SEI-260003/002590/2020. Vigência 06/2021, financiamento FAPERJ (R\$ 49.012,00)

6. Plataforma Integrada de Monitoramento de Mobilidade Humana e Modelagem de Epidemia de COVID-19. Processo E-26/010.000153/2020. Vigência 09/2021, financiamento FAPERJ (R\$ 74.000,00)
7. Projeto em parceria com o Parque Tecnológico-Aquisição de equipamentos e serviços: Plataforma integrada de monitoramento e observação meteorológica-oceanográfica para a Baía de Guanabara. Vigência 12/2021, financiamento FINEP (R\$ 140.000,00).

#### **Projetos realizados e em andamento.**

1. Título do Projeto: Autonomous Vehicle for Offshore Wind Energy Estimation (AVOWEE) – Vigência: 14/11/2023 até 14/05/2025 – Cliente: Repsol Sinopec Brasil S.A.
2. Título do Projeto: Desenvolvimento de Metodologia para estimativa de recursos eólicos offshore com base na integração de Métodos de Inteligência Artificial, Modelagem Física Atmosférica Regional e Sensoriamento Remoto – Vigência: 01/09/2023 até 01/09/2025 – Cliente: Total E&P do Brasil Ltda.
3. Título do Projeto: Sistema de previsão oceânica regional baseado em técnicas de aprendizado de máquina – Vigência: 01/06/2023 até 01/06/2025, Cliente: Karoon Petróleo e Gás Ltda.
4. Título do Projeto: SISTEMA AUTÔNOMO DE IDENTIFICAÇÃO E MONITORAMENTO DE ÓLEO E ÁGUA DE PRODUÇÃO NO MAR FASE II – Vigência: 23/09/2022 até 23/02/2025 – Cliente: SHELL BRASIL PETROLEO LTDA
5. Título do Projeto: Criação de um mega-acervo de atributos oriundos de imagens RADARSAT para exsudações e derrames de óleo na superfície do mar no Golfo do México e na Margem Continental Brasileira, visando o uso eficiente de machine learning. Vigência: 2020 – 2023, Petrobras
6. Título do Projeto: Sistema Computacional Operacional de Modelagem Regional Oceanográfica e Atmosférica. Vigência: 2020 – 2023, OceanPact/Embrapii
7. Título do Projeto: Desenvolvimento e Inovações no Sistema de Observação Oceânica da Bacia de Santos com Foco no Campo de Libra. Vigência: 2017 – 2022 Shell/Embrapii
8. Título do Projeto: Análise da evolução de bacias de margens divergentes através da aplicação de modelos termomecânicos 3D e de sua interação com o simulador SimBR. Vigência: 2019 – 2022, Petrobras
9. Título do Projeto: Estudo multidisciplinar integrado do Albiano nas bacias de Santos, Campos e Espírito Santo. Vigência: 2019 – 2023I, Shell
10. Título do Projeto: Programa Interdepartamental de Tecnologias Digitais para o Setor de Petróleo e Gás- Programa de Recursos Humanos ANP, Vigência: 2019 – atual, Finep/ANP
11. Título do Projeto: Plataforma Integrada de Monitoramento e Observação Meteorológica-oceanográfica para a Baía de Guanabara, Vigência: 2019 – atual, FAPERJ

12. Título do Projeto: Elaboração do Estudo Ambiental de Área Sedimentar na Bacia Sedimentar terrestre do Solimões. Vigência - 2018 – 2020, Empresa de Pesquisa Energética - EPE
13. Título do Projeto: Simulador de Emergência Virtual. Vigência - 2018 – 2020, OCEANPACT SERVIÇOS MARITIMOS S.A
14. Título do Projeto: Modelagem hidrodinâmica e de transporte e dispersão de óleo nas áreas das bacias sedimentares marítima Sergipe-Alagoas e Jacuípe. Vigência - 2018 – 2019, Ecology And Enviroment do Brasil Ltda
15. Título do Projeto: Investigação da Dinâmica de Migração Exsudações de Óleo das Bacias de Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba Offshore e Integração com os Sistemas Petrolíferos. Vigência - 2017 – 2020, Petrogal Brasil S/A/Embrapii
16. Título do Projeto: Desenvolvimento em Modelagem Oceanográfica Costeira com a Utilização de Perfilador Acústico. Vigência: 2017 – 2018, Proceano Serviço Oceanográfico e Ambiental Ltda
17. Título do Projeto: Desenvolvimento de Metodologia para o Entendimento dos Processos Costeiros e Definição da Vulnerabilidade de Manguezais das Bacias do Pará-Maranhão e Foz do Amazonas. Vigência: 2016 – 2019, Queiroz Galvão Exploração e Produção S.A.
18. Título do Projeto: Formação de Profissionais de Engenharia para o Setor de Petróleo e Gás. Vigência: 2016 – 2017, Queiroz Galvão Exploração e Produção S.A
19. Título do Projeto: Integração de Seepage Slicks Interpretados a Partir de Imagens RADARSAT com dados Geológicos e Tectônicos na Região do Golfo do México. Vigência: 2016 – 2016, PETROBRAS
20. Título do Projeto: Caracterização de Cenário de Ondas e de Dispersão de Água Pluvial no Entorno da Região da Catedral de Niterói, Vigência: 2016 – 2016, Mitra Arquidiocesana de Niterói
21. Título do Projeto: Combinação de inversão simultânea e modelagem de forma de onda completa elástica para estimativa exata de densidade da subsuperfície resultando em melhor caracterização de reservatório, previsão da poro-pressão e gestão de campo. Vigência: 2015 – 2017, Ikon Science do Brasil Ltda
22. Título do Projeto: Projeto Estratégica Náutica COB. Vigência: 2015 – 2016, Comitê Olímpico Brasileiro - COB
23. Título do Projeto: Projeto S.O.S - Simulador de operações Submarinas Associação Brasileira de pesquisa e Inovação Industrial. Vigência: 2015 – 2016, Tecnologia em Robótica Subsea Ltda/Embrapii
24. Título do Projeto: Modelagem 3D para Caracterização das Rochas Geradoras na Bacia do Parnaíba. Vigência: 2015 – 2016, Geopark Brasil Exploração e Produção de Petróleo e Gás Ltda
25. Título do Projeto: Estudo da Hidrodinâmica Marinha Costeira para região do Litoral Sul da Bahia compreendida entre os Municípios de Belmonte, Canavieira

e Una. Vigência 2012-2014, Queiroz Galvão Exploração e Produção S/A (<http://projetojapi.lamce.coppe.ufrj.br>).

#### 4. METODOLOGIA

O interesse direto no gerenciamento do meio ambiente e seus desdobramentos abrange órgãos públicos de fiscalização, outorga e controle ambiental, no âmbito municipal e estadual, cujo fortalecimento está voltado para as populações em geral, e os setores de baixa renda em particular, cujo risco deve ser minimizado com o desenvolvimento de melhores ações e soluções práticas, por exemplo através de modelos de previsão ambiental. Em particular, algumas regiões do Estado do Rio de Janeiro podem ser amplamente beneficiadas com estudos conduzidos e propostos no âmbito deste projeto.

Além disso, informações ambientais expõem a fragilidade dos diversos ambientes e sua dinâmica geográfica e socioespacial, caracterizando condições prévias que podem viabilizar soluções de interesse gerencial e de planejamento. De tal modo, o uso de ferramentas que possam auxiliar a análise ambiental integrada, sobretudo em áreas complexas como a Baía de Guanabara, contribui para a tomada de decisão e implementação de ações no contexto do gerenciamento e planejamento ambiental.

Os resultados propostos serão estruturados numa plataforma computacional integrada (Plataforma Digital Meteo-Oceanográfica e de Análise Socioambiental da Baía de Guanabara – PDMOAS-BG), formada por 5 subsistemas que compreendem metodologias específicas de suporte e avaliação ambiental (Figura 1): Sistema de Modelagem Ambiental, Sistema de Observação da Terra, Sistema de Análise Geoespacial, Sistema de Visualização Científica e Sistema Socioambiental-Educacional. A partir das plataformas, dados e metodologias de cada sistema, será possível, em uma segunda fase do projeto, elaborar diversos produtos derivados dos dados primários como, por exemplo, análise de eventos de micro e mesoescala, banco de informações meteorológicas; produtos e dados de satélites em tempo real, criação do sistema estadual de monitoramento ambiental a eventos extremos, dinâmica do uso e ocupação do solo, dinâmica da erosão costeira e um sistema de educação integrada e cartografia social.

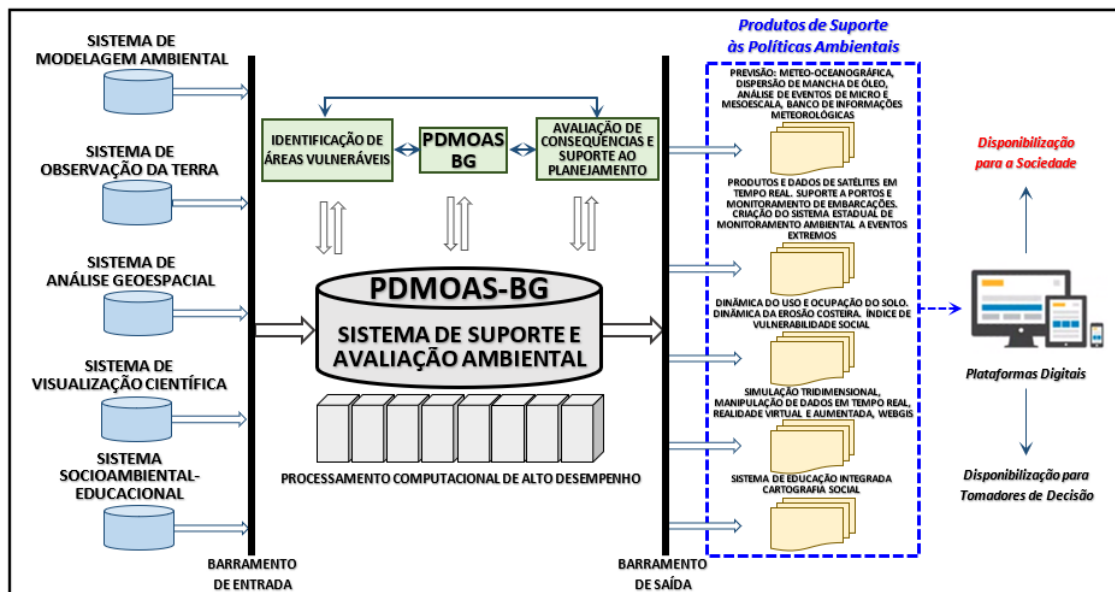


Figura 1. Estrutura da Plataforma integrada e seus principais produtos.

Outras contribuições servem como indicadores de avaliação para o acompanhamento dos resultados desta proposta:

- Contribuições ao progresso científico e tecnológico;
- Aplicações em diversas áreas da sociedade;
- Indicadores de produção científica (publicações e formação técnica);
- Formação e capacitação de recursos humanos.

## 4.1. PLATAFORMA DESENVOLVIDA E ATUALMENTE EM OPERAÇÃO

### 4.1.1. OS MODELOS DE PREVISÃO NUMÉRICOS

Atualmente a plataforma conta com um sistema operacional de previsão numérica atmosférica e oceanográfica para a Baía de Guanabara composto por modelos atmosférico, hidrodinâmico, de ondas e de dispersão de óleo. Na plataforma são disponibilizadas aos usuários as previsões para o dia atual, sob a forma de campos das principais variáveis prognósticas (temperatura do ar; precipitação; direção e intensidade de vento; direção e intensidade de correntes marinhas superficiais; altura e direção de ondas e trajetória da mancha de óleo). As principais características do sistema implementado e em operação, são apresentadas nos tópicos subseqüentes.

#### 4.1.1.1. Sistema Operacional de Modelagem Atmosférica

### **- Contexto**

Há mais de 10 (dez) anos a equipe de pesquisadores do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da COPPE vem desenvolvendo pesquisa acadêmica e científica no âmbito de dissertações de mestrado, teses de doutorado e projetos de pesquisa acadêmica na área de modelagem computacional atmosférica regional utilizando o modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF). O modelo atmosférico citado vem sendo aplicado para diferentes regiões da costa brasileira na representação diagnóstica e prognóstica de processos atmosféricos de diferentes escalas espaciais e temporais (Silva *et al.*, 2024; Jacinto *et al.*, 2021).

### **- O Modelo WRF**

De acordo com (POWERS *et al.*, 2017), em meados do ano de 1995 a ideia do modelo WRF tomou forma com a premissa de que poderia haver uma sinergia compartilhada entre a pesquisa e o uso operacional, e isso seria uma nova perspectiva em direção a evitar limitações antigas, como no modelo MM5 (*Fifth generation Pennsylvania State University – NCAR Mesoscale Model*; Grell, Dudhia & Stauffer, 1994). Segundo Skamarock *et al.* (2021), o WRF é um modelo desenvolvido tanto para fins de pesquisa quanto operacionais, mantido por uma série de instituições e agências governamentais dos Estados Unidos. O código do modelo é aberto e foi desenvolvido para ser flexível, portátil e eficiente em ambientes de computação paralela. Este modelo pode ser utilizado em aplicações para diferentes escalas espaciais e temporais, com a possibilidade de utilização de sistemas de assimilação de dados e simulações idealizadas.

Desde o lançamento público no ano 2000, o WRF se tornou o modelo atmosférico mais utilizado no mundo, devido em parte ao uso livre/gratuito e pela ausência de restrições para modificá-lo (Powers *et al.*, 2017). Até o ano de 2017 havia 36.000 usuários cadastrados em 162 países e uma taxa de publicação em revistas em torno de 510 artigos por ano (2011 a 2015) envolvendo o modelo (Powers *et al.*, 2017).

### **- Aplicação e Configurações do WRF na Baía de Guanabara**

O modelo WRF vem sendo implementado de forma operacional a cerca de 6(seis)anos na região da Baía de Guanabara no âmbito do projeto Baía Digital (baiadigital.com) desenvolvido pelo LAMCE. Para essa finalidade, o modelo está configurado com quatro grades numéricas (domínios de integração) aninhadas. A grade numérica referente ao maior domínio de integração apresenta resolução horizontal de 27 km com 100 x 118 pontos na horizontal, o segundo domínio de integração possui 9 km com 61 x 58 pontos, o terceiro apresenta resolução de 3 km com 64 x 70 pontos, e o último, apresenta resolução de 1 km com 52 x 61

pontos na horizontal. A respeito da resolução vertical, o modelo está configurado com 30 níveis.

Diferente dos modelos espectrais de escala global, modelos de área limitada como o WRF precisam, além das condições iniciais, de condições de contorno atualizadas no tempo para realizarem o prognóstico atmosférico, seja de tempo ou de clima. Quanto às condições de contorno e condições iniciais atmosféricas e da superfície do mar, o WRF é suprimido diariamente com os resultados do modelo global GFS (*Global Forecast System*). A condição de contorno de terreno é representada pela base topográfica ou Modelo Digital de Elevação (MDE, em inglês DEM) *Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 - GMTED2010* (Danielson & Gesch, 2011), na resolução de 30s (~1 km). Em relação ao uso e cobertura da terra, emprega-se a base desenvolvida através dos dados de sensoriamento remoto do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), que vão de janeiro a dezembro de 2001, cuja resolução espacial é de 1 km.

No sistema de modelagem do WRF existem dois núcleos dinâmicos: o *Nonhydrostatic Mesoscale Model* (NMM) e o *Advanced Research WRF* (ARW) (Skamarock *et al.*, 2021). No sistema atual de previsão numérica aplicado para a região da Baía de Guanabara, utiliza-se o núcleo ARW com o arranjo de grade C de Arakawa (Mesinger & Arakawa, 1976) e o método de diferenças finitas para resolução das equações diferenciais (Lundquist, Chow & Lundquist, 2010). Diferentes processos são representados por parametrizações físicas como a radiação, microfísica de nuvens, cumulus, solo, Camada Limite Atmosférica (CLA), fluxos na superfície terrestre (camada superficial), entre outros. As parametrizações físicas configuradas no modelo do sistema implementado são: *WRF Single-moment 3-class* para microfísica, *RRTMG Shortwave and Longwave Schemes* para radiação, *Revised MM5 Scheme* para a camada superficial, *Noah-MP Land Surface Model* para solo, *Yonsei University Scheme* (YSU) para Camada Limite Atmosférica e *Kain-Fritsch Scheme* para representar cumulus.

#### **4.1.1.2. Sistema Operacional de Modelagem Oceanográfica (Circulação Marinha)**

##### **- Contexto**

Há mais de 15 (quinze) anos a equipe de pesquisadores do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da COPPE vem desenvolvendo pesquisa acadêmica e científica no âmbito de dissertações de mestrado, teses de doutorado e projetos de pesquisa acadêmica na área de modelagem computacional de circulação marinha regional utilizando o modelo *Regional Ocean Modeling System* (ROMS). O modelo oceanográfico citado vem

sendo aplicado para diferentes regiões da costa brasileira na representação diagnóstica e prognóstica de processos oceanográficos associados à circulação marinha em diferentes escalas espaciais e temporais (Toste *et al.*, 2024a e 2024b; Assad *et al.*, 2020).

### **- O Modelo ROMS**

Para realizar a modelagem hidrodinâmica, é utilizado o modelo *Regional Ocean Modeling System* - ROMS (Shchepetkin & McWilliams, 2005) mantido pela Universidade de Rutgers. O ROMS é um modelo oceânico de livre acesso, amplamente utilizado pela comunidade acadêmica e conhecido por sua capacidade de simular processos oceânicos complexos. É um modelo de superfície livre utilizado para descrever a dinâmica dos fluidos em um domínio espacial específico. Ele resolve as equações primitivas do oceano em uma grade C de Arakawa. Utilizando o método de diferenças finitas, o ROMS soluciona as equações hidrodinâmicas, considerando aproximações hidrostáticas e de Boussinesq (Shchepetkin & McWilliams, 2005). Por meio desse processo, o modelo fornece resultados para cada ponto da grade, abrangendo um conjunto de variáveis prognósticas. Essas variáveis incluem temperatura, salinidade, elevação da superfície livre e as componentes de velocidade horizontal (Marchesiello *et al.*, 2003).

### **- Aplicação e Configurações do ROMS na Baía de Guanabara**

O sistema de modelagem em operação é composto por duas grades numéricas aninhadas. O domínio da grade de menor resolução está compreendido entre as latitudes 23,99° S e 22,21° S e as longitudes 43,99° W e 41,61° W. Esta grade engloba a região oceânica adjacente ao Estado do Rio de Janeiro, possuindo três das quatro fronteiras abertas (leste, oeste e sul) e 20 níveis verticais (na coluna d'água). As condições iniciais e de contorno oceânicas são obtidas através dos prognósticos disponibilizados pelo Serviço Europeu CMEMS (*Copernicus Marine Environment Monitoring Service*) que fornece resultados diários com resolução horizontal de 1/12°, 50 níveis verticais e um horizonte de previsão de 7 (sete) dias. As forçantes atmosféricas são obtidas através dos resultados gerados pelo modelo atmosférico WRF desenvolvido no âmbito do sistema operacional do projeto Baía Digital (apresentado no item 4.1.1.1). Além disso, nos contornos oceânicos, o modelo é forçado pelos campos de altura e correntes de maré astronômica oriunda do modelo global de marés TPXO7.2. Esta grade possui resolução horizontal de aproximadamente 1,3 km. A grade numérica de maior resolução espacial compreende todo o domínio da Baía de Guanabara, sendo delimitada pelas latitudes 23,07° S e 22,65° S e as longitudes 43,30° W e 43,00° W, e possui resolução horizontal de, aproximadamente, 200 m. São usadas 15 camadas verticais. As condições iniciais e de contorno são obtidas a partir dos resultados gerados pela grade de

menor resolução. Essa grade de maior resolução também possui as fronteiras leste, oeste e sul abertas.

Nos contornos abertos oceânicos das grades numéricas foram impostas as condições de contorno do tipo Chapman para a superfície livre, do tipo Flather para as velocidades barotrópicas e do tipo Radiacional para as velocidades baroclínicas, temperatura e salinidade. As grades deste sistema geram prognósticos horários para um horizonte de 72 horas (podendo ser estendidas). Além das duas grades numéricas aninhadas descritas, o sistema conta também com uma grade de maior resolução espacial (cerca de 40 m), na região localizada entre as longitudes 43,18° W e 43,09° W e latitudes 22,96° S e 22,90° S, que pode ser utilizada no sistema operacional e realocada para qualquer região no interior da Baía de Guanabara, caso demandado pelo contratante.

#### **4.1.1.3. Modelagem de Dispersão de Óleo**

##### **- Contexto**

Há mais de 6 (seis) anos a equipe de pesquisadores do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da COPPE vem desenvolvendo pesquisa acadêmica e científica no âmbito de projetos de pesquisa na área de modelagem computacional de dispersão de óleo no mar utilizando o modelo MEDSLIK-II. O modelo de dispersão citado vem sendo aplicado para diferentes regiões da costa brasileira na representação diagnóstica e prognóstica de potenciais derramamentos de óleo.

##### **- O Modelo MEDSLIK-II**

O modelo utilizado no sistema de modelagem de dispersão de óleo superficial é o MEDSLIK-II (De Dominicis *et al.*, 2013a e 2013b). As simulações do sistema são realizadas para a área da Baía de Guanabara das grades numéricas utilizadas no sistema de modelagem hidrodinâmica tridimensional operacional implementado. As simulações com o MEDSLIK-II também são forçadas pelos campos atmosféricos gerados pelo modelo WRF aplicado operacionalmente na mesma região.

Desenvolvido pelo Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), pelo Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), pelo *Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per lo Studio dell’Ambiente Marino Costiero* (CNR-IAMC) e pelo *Oceanography Center at the University of Cyprus* (OC-UCY), esse modelo é capaz de simular o transporte de uma mancha de óleo na superfície governado pelas correntes marinhas e pelo vento. No MEDSLIK-II, as partículas de óleo são também dispersadas pelos componentes de flutuação turbulenta. Além do deslocamento advectivo e difusivo, as partículas de óleo mudam em função de vários processos de transformação físicos e químicos do

óleo (evaporação, emulsificação, dispersão na coluna d'água e adesão na costa).

#### **- Aplicação e Configurações do MEDSLIK-II na Baía de Guanabara**

O modelo MEDSLIK-II é implementado de forma operacional para a região da Baía de Guanabara no âmbito do projeto Baía Digital. O sistema operacional implementado é constituído de algumas etapas de execução. A primeira etapa que é realizada no sistema é o pré-processamento dos resultados gerados pelos modelos hidrodinâmico (correntes marinhas) e atmosférico (ventos) que serão utilizados como forçantes no modelo de dispersão. Os modelos WRF e ROMS são utilizados no projeto e geram previsões diárias, para um horizonte de 72 horas, para a área de interesse do projeto (Baía de Guanabara), de forma operacional. A disponibilidade desses resultados é fundamental ao sistema de previsão da dispersão do óleo, uma vez que, resultados validados de alta resolução espacial e temporal, possibilitam uma acurácia maior na previsão da dispersão. No sistema desenvolvido e em operação, a partir da data e hora do início do vazamento hipotético, são selecionados os resultados dos modelos da data e hora correspondentes e das horas posteriores. Esses resultados (campos das componentes zonal e meridional da velocidade das correntes em quatro profundidades, campos de temperatura da superfície marinha e campos das componentes meridional e zonal do vento a 10 m) são processados para que sejam compatíveis com os formatos requeridos pelo modelo de dispersão.

Com os resultados processados e prontos, a simulação de dispersão é realizada e os resultados contém as previsões para a trajetória da mancha de óleo da hipótese acidental para as horas subsequentes ao horário de início de vazamento determinado. Considerando o sistema operacional atual de modelagem computacional, as previsões de dispersão de óleo podem ser realizadas até 24 horas após o horário inicial do vazamento do óleo. O sistema previsão de dispersão foi desenvolvido e está apto a realizar as simulações de dispersão utilizando os resultados da grade de maior resolução do ROMS (da grade da Baía de Guanabara).

No site do projeto Baía Digital é operacionalmente gerado pelo sistema uma simulação hipotética considerando um vazamento contínuo de grande porte (100 toneladas por hora) em um ponto centralizado na entrada da Baía de Guanabara. São utilizadas 30000 partículas na simulação e o horizonte de previsão é de 24 horas. O óleo considerado na simulação é do tipo leve (42º API) e o modelo é forçado, conforme descrito anteriormente, com os resultados diários dos modelos operacionais hidrodinâmico (correntes e temperatura da superfície da água) e atmosférico (vento).

#### **4.1.1.4. Sistema Operacional de Modelagem Oceanográfica (Ondas)**

### **- Contexto**

Há mais de 15 (quinze) anos a equipe de pesquisadores do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE) da COPPE vem desenvolvendo pesquisa acadêmica e científica no âmbito de dissertações de mestrado, teses de doutorado e projetos de pesquisa acadêmica na área de modelagem computacional de ondas utilizando o modelo WAVEWATCHIII (WW3) e *Simulating Waves Nearshore* (SWAN). Os modelos oceanográficos citados vêm sendo aplicados para diferentes regiões da costa brasileira na representação diagnóstica e prognóstica associados a propagação de ondas de gravidade superficial geradas pelo vento em diferentes escalas espaciais e temporais. O sistema de previsão de ondas implementado para a região da Baía de Guanabara foi desenvolvido com base em dois modelos espectrais de propagação de ondas, que são abordados em detalhes nos itens a seguir. O modelo global WAVEWATCH III - WW3 (WW3DG, 2019) fornece condições de contorno para o modelo regional de águas rasas *Simulating Waves Nearshore* - SWAN (Booij *et al.*, 1999; SWAN Team, 2019). Por sua vez, o modelo regional calcula os parâmetros de onda para as áreas de estudo, que incluem a Baía de Guanabara.

### **- O Modelo WW3**

O WW3 é um modelo numérico de onda superficial de gravidade de terceira geração desenvolvido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* e o *National Centers for Environmental Prediction* (NOAA/NCEP) e baseado no modelo de propagação de onda WAM (Hasselmann *et al.*, 1988). É um desenvolvimento mais avançado do modelo WAVEWATCH (Tolman, 1989). O modelo resolve a equação de equilíbrio de densidade da ação espectral de fase aleatória para o espectro e direção do número de onda. A suposição implícita desta equação é que as propriedades do meio (profundidade e correntes) e o próprio campo de onda variam em escalas de tempo e espaço que são muito maiores do que as escalas de variação de uma única onda.

### **- Aplicação e Configurações do WW3 na Baía de Guanabara**

As simulações do WW3 são realizadas usando seis grades computacionais regulares com o intuito de alcançar maior resolução espacial na região da Baía de Guanabara. Os domínios das grades compreendem, respectivamente, o globo terrestre, o Oceano Atlântico Sul, a costa do estado do Rio de Janeiro, a Baía de Guanabara, a região norte Fluminense, e a baía de Ilha Grande. O modelo é executado em modo de aninhamento bidirecional, onde as grades trocam informações entre elas sobre o espectro bidimensional nos pontos de fronteira. Os resultados obtidos pela grade numérica de maior resolução espacial são utilizados como condição de contorno para as simulações com o modelo SWAN (a ser apresentado no próximo item).

A condição inicial para a simulação com o WW3 foi definida como *cold start*, ou seja, quando o estado do mar é considerado em repouso no tempo zero. Neste caso, é necessário manter o modelo em execução por pelo menos 15 (quinze) dias de simulação para atingir estabilidade. O modelo é forçado com campos de vento de 10 m e cobertura de gelo marinho com uma resolução espacial de 0,25° da reanálise global GFS (NCEP, 2004). Além disso, o pacote físico utilizado é o ST4 (Arduin *et al.*, 2010) com parâmetros padrão. Como condição de contorno, é utilizada a batimetria digital do modelo de topografia global ETOPO1 (Amante & Eakins, 2009) com uma resolução espacial de 1 minuto de arco.

### **- O Modelo SWAN**

Com o objetivo de considerar a transformação das ondas de águas profundas para rasas, o modelo de ondas SWAN é aplicado para representar a propagação das ondas na área de estudo da Baía de Guanabara. Usado para obter parâmetros de ondas que definem as condições do mar em regiões costeiras, lagos e estuários, SWAN é um modelo numérico de terceira geração desenvolvido na Universidade Técnica de Delft em domínio público. O modelo é baseado na equação de equilíbrio da ação das ondas, e as ondas são descritas pelo espectro de densidade de ação das ondas bidimensional, mesmo quando fenômenos não lineares dominam. O espectro considerado no SWAN é a densidade de ação em vez do espectro de densidade de energia das ondas (Whitham, 1974). Além disso, o SWAN pode representar os seguintes processos de propagação de ondas: propagação através do espaço geográfico; refração devido a variações espaciais no fundo e correntes; elevação devido a variações espaciais no fundo e correntes; bloqueio e reflexão por correntes opostas; transmissão por bloqueio ou reflexão por obstáculos.

Para o SWAN, a grade computacional regular em coordenadas esféricas contém 473 por 338 pontos com uma faixa de frequência discreta entre 0,05 e

1,2 hertz. Assim como no WW3, a condição inicial considera repouso no tempo zero, e não inclui o vento local, correntes e maré como forçantes. Além disso, uma batimetria digital com 100 metros de resolução espacial criada a partir de cartas de navegação fornecidas pela Marinha do Brasil foi usada como condição de contorno. Os limites são preenchidos com o espectro JONSWAP com um parâmetro de realce de pico de 3,3. Além disso, estes recebem informações em diferentes segmentos. O limite zonal é dividido em quatro segmentos e o meridional em dois. Os parâmetros de altura significativa da onda, período de pico da onda e direção média da onda são extraídos da grade da Baía de Guanabara do WW3 para compor as informações de contorno da grade SWAN.

A simulação considera parametrizações de *whitecapping*, a quebra de onda induzida pela profundidade e o atrito com o fundo como processos de dissipação de energia. Finalmente, as variáveis de saída geradas pelo modelo são a altura significativa, período médio, período de pico, direção média, direção de pico e transporte de energia em termo das componentes zonal e meridional.

#### - Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

A Baía de Guanabara, com seus complexos desafios ambientais e socioeconômicos, se beneficia da aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na modelagem socioambiental. Essa ferramenta permite integrar diversas camadas de dados georreferenciados, proporcionando uma visão holística e detalhada do ecossistema e das interações entre os diversos componentes ambientais e sociais.

Aplicação de SIG na modelagem socioambiental da Baía de Guanabara:

Mapeamento detalhado:

- Zoneamento ambiental: Identificação de áreas de preservação permanente, manguezais, áreas de risco, entre outras.
- Mapeamento da ocupação do solo: Análise da expansão urbana, áreas industriais, agricultura e outras atividades.
- Mapeamento da qualidade da água: Monitoramento da salinidade, nutrientes, contaminantes e outros parâmetros.

Modelagem de processos:

- Dispersão de poluentes: Simulação da dispersão de poluentes na água e no ar, considerando fatores como correntes marítimas e ventos.
- Erosão costeira: Análise da dinâmica costeira e previsão de áreas suscetíveis à erosão.
- Impactos das mudanças climáticas: Avaliação dos impactos das mudanças climáticas no nível do mar, na temperatura da água e em outros parâmetros.

Análise espacial:

- Relação entre variáveis: Identificação de correlações entre diferentes variáveis, como a concentração de poluentes e a distância de fontes emissoras.
- Análise de tendências: Identificação de tendências ao longo do tempo, como a evolução da ocupação do solo e a qualidade da água.
- Criação de índices: Cálculo de índices de qualidade ambiental para avaliar o estado geral do ecossistema.

Suporte à tomada de decisão:

- Planejamento ambiental: Definição de áreas prioritárias para conservação e recuperação.
- Gerenciamento de recursos hídricos: Otimização do uso da água e controle da poluição.
- Avaliação de impactos ambientais: Análise dos impactos de projetos e atividades humanas no ambiente.

Exemplos de aplicação:

- Monitoramento da qualidade da água: Criação de mapas de distribuição de nutrientes e contaminantes, permitindo identificar as principais fontes de poluição e as áreas mais impactadas.
- Avaliação da vulnerabilidade costeira: Análise da dinâmica costeira e identificação das áreas mais vulneráveis à erosão e inundações.
- Planejamento de áreas protegidas: Definição de áreas prioritárias para a criação de unidades de conservação, considerando a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e as pressões antrópicas.
- Gerenciamento de resíduos sólidos: Mapeamento de lixões e aterros sanitários, e análise da geração e destinação final dos resíduos.

Benefícios da utilização de SIG:

- Visão integrada do ecossistema: Permite uma compreensão mais completa das interações entre os componentes ambientais e sociais.
- Tomada de decisão mais eficaz: Auxilia na identificação de problemas e na definição de soluções mais adequadas.
- Comunicação mais eficiente: Facilita a comunicação de informações complexas através de mapas e gráficos.
- Monitoramento contínuo: Permite o acompanhamento das mudanças ao longo do tempo e a avaliação da eficácia das medidas adotadas.

Ferramentas SIG Utilizadas:

- ArcGIS: Plataforma com uma ampla gama de ferramentas para análise espacial e modelagem.
- QGIS: Software livre e de código aberto, com funcionalidades semelhantes ao ArcGIS e uma grande comunidade de usuários.

- Google Earth Engine: Plataforma de geoinformação baseada em nuvem, com acesso a grandes volumes de dados e ferramentas de processamento.

Os SIG representam uma ferramenta essencial para a modelagem socioambiental da Baía de Guanabara, permitindo uma análise mais aprofundada dos problemas e a proposição de soluções eficazes para a recuperação e conservação desse importante ecossistema. As tecnologias a seguir atuam em conexão com os SIG para a representação dos dados e informações produzidos.

### **- Análise de Componentes Principais (ACP)**

A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica estatística multivariada poderosa que tem sido amplamente utilizada na modelagem socioambiental de sistemas complexos como a Baía de Guanabara. Ela permite reduzir a dimensionalidade de um conjunto de dados, identificando as combinações lineares de variáveis originais que explicam a maior parte da variância total.

Como a ACP é aplicada na modelagem socioambiental da Baía de Guanabara:

- Redução da dimensionalidade: A Baía de Guanabara é influenciada por uma grande quantidade de variáveis, como temperatura, salinidade, nutrientes, metais pesados, além de indicadores socioeconômicos. A ACP permite reduzir o número de variáveis, identificando os componentes principais que explicam a maior parte da variabilidade nos dados.
- Identificação de padrões: A ACP revela padrões subjacentes nos dados, permitindo identificar as principais fontes de variabilidade e as relações entre as diferentes variáveis.
- Visualização de dados: Os componentes principais podem ser plotados em gráficos, facilitando a visualização dos padrões espaciais e temporais e a identificação de agrupamentos de dados.
- Modelagem: Os componentes principais podem ser utilizados como variáveis independentes em modelos de regressão ou classificação, por exemplo, para modelar a relação entre a qualidade da água e variáveis socioeconômicas.

Etapas da aplicação da ACP na Baía de Guanabara:

- Coleta e organização dos dados: Reunião de dados sobre diversas variáveis ambientais, socioeconômicas e espaciais da Baía de Guanabara.
- Padronização dos dados: As variáveis devem ser padronizadas para garantir que todas tenham a mesma importância na análise.
- Cálculo dos componentes principais: Aplicação da técnica de ACP para identificar os componentes principais que explicam a maior parte da variância.

- Interpretação dos componentes principais: Análise da contribuição de cada variável original para cada componente principal e atribuição de um significado ambiental ou socioeconômico a cada componente.
- Visualização dos resultados: Criação de gráficos de biplot para visualizar a relação entre as variáveis originais e os componentes principais, e mapas para visualizar a distribuição espacial dos componentes principais.

Aplicações na Baía de Guanabara:

- Identificação de fontes de poluição: A ACP pode ser utilizada para identificar as principais fontes de poluição na Baía, relacionando a concentração de diferentes contaminantes com variáveis como a proximidade de áreas urbanas ou industriais.
- Avaliação da qualidade ambiental: A ACP pode ser utilizada para criar índices de qualidade ambiental, combinando diferentes indicadores e permitindo uma avaliação mais completa do estado do ecossistema.
- Delimitação de áreas homogêneas: A ACP pode ser utilizada para delimitar áreas com características ambientais semelhantes, facilitando o planejamento de ações de gestão.
- Modelagem da distribuição espacial de espécies: A ACP pode ser utilizada para modelar a distribuição de espécies marinhas em relação a variáveis ambientais e socioeconômicas.

Benefícios da utilização da ACP:

- Redução da complexidade: A ACP permite reduzir a dimensionalidade dos dados, facilitando a análise e a interpretação dos resultados.
- Identificação de padrões subjacentes: A ACP revela padrões que podem não ser evidentes na análise individual das variáveis.
- Visualização clara dos resultados: A ACP permite visualizar os resultados de forma gráfica, facilitando a comunicação dos resultados para diferentes públicos.
- Ferramenta versátil: A ACP pode ser aplicada a uma ampla variedade de problemas ambientais e socioeconômicos.

A Análise de Componentes Principais é uma ferramenta poderosa para a modelagem socioambiental da Baía de Guanabara, permitindo uma melhor compreensão da complexidade do sistema e a identificação de padrões subjacentes. Ao reduzir a dimensionalidade dos dados e facilitar a visualização dos resultados, a ACP contribui para a tomada de decisões mais informadas e eficazes para a gestão socioambiental da BG.

### **- Lógica Fuzzy**

A Lógica Fuzzy é uma ferramenta essencial para lidar com a incerteza e a imprecisão inerentes a muitos sistemas complexos, como a Baía de Guanabara. Ao contrário da lógica binária (verdadeiro ou falso), a lógica fuzzy permite a representação de informações imprecisas e graduais, o que é

particularmente útil na modelagem de sistemas ambientais, onde os conceitos como "poluição" ou "qualidade da água" são frequentemente subjetivos e dependem de múltiplos fatores.

Aplicação da Lógica Fuzzy é Aplicada na Modelagem Socioambiental da Baía de Guanabara

- Linguagem natural: A lógica fuzzy permite traduzir conceitos vagos e subjetivos da linguagem natural em valores numéricos, facilitando a análise e a modelagem. Por exemplo, o conceito de "água muito poluída" pode ser representado por um conjunto fuzzy com graus de pertinência entre 0 e 1;
- Representação de incerteza: A lógica fuzzy permite modelar a incerteza associada a dados e informações incompletas, típicas de sistemas ambientais complexos;
- Inferência fuzzy: A lógica fuzzy permite realizar inferências a partir de premissas incertas, o que é útil para a tomada de decisões em condições de incerteza;
- Modelagem de sistemas complexos: A lógica fuzzy pode ser utilizada para modelar sistemas complexos com múltiplas interações e não-linearidades, como os ecossistemas da Baía de Guanabara.

Aplicações Específicas na Baía de Guanabara:

- Avaliação da qualidade da água: A lógica fuzzy pode ser utilizada para criar modelos de avaliação da qualidade da água, considerando múltiplos indicadores e permitindo a classificação da água em categorias como "excelente", "boa", "regular" e "ruim";
- Delimitação de zonas de risco: A lógica fuzzy pode ser utilizada para delimitar zonas de risco de contaminação, considerando fatores como a distância de fontes poluidoras, a tipologia do solo e a vulnerabilidade dos ecossistemas;
- Modelagem de processos ecológicos: A lógica fuzzy pode ser utilizada para modelar processos ecológicos complexos, como a eutrofização e a proliferação de algas, considerando a interação de múltiplos fatores;
- Tomada de decisão: A lógica fuzzy pode ser utilizada para auxiliar na tomada de decisões em relação à gestão ambiental da Baía de Guanabara, considerando múltiplos critérios e incertezas.

Vantagens da Lógica Fuzzy:

- Flexibilidade: A lógica fuzzy permite modelar sistemas complexos com alta flexibilidade, adaptando-se a diferentes tipos de dados e incertezas.
- Interpretabilidade: Os modelos fuzzy são geralmente mais fáceis de interpretar do que modelos estatísticos tradicionais, facilitando a comunicação dos resultados para diferentes públicos.
- Capacidade de lidar com dados imprecisos: A lógica fuzzy permite lidar com dados imprecisos e incompletos, que são comuns em sistemas ambientais.

A lógica fuzzy representa uma ferramenta promissora para a modelagem socioambiental da Baía de Guanabara, permitindo lidar com a complexidade e a incerteza inerentes a esse sistema. Ao combinar a lógica fuzzy com outras técnicas de análise espacial, é possível desenvolver modelos mais realistas e precisos para a gestão socioambiental da Baía.

## **4.2. ESCOPO DO PROJETO**

O objetivo principal do projeto é o desenvolvimento de uma plataforma integrada de observação e monitoramento meteorológico, oceanográfico e socioeconômico para a região da Baía de Guanabara e áreas costeiras do Estado do Rio de Janeiro. O projeto inicia tendo como base a plataforma já desenvolvida no âmbito do projeto Baía Digital, conforme detalhado no item 4.1. As metas, etapas e produtos associados ao projeto proposto são sumarizados na Tabela I e os detalhes de cada um dos itens são apresentados nos tópicos subsequentes.

Os resultados gerados no projeto serão disponibilizados através da plataforma do projeto Baía Digital (<http://baia.digital>). Na plataforma atualmente em operação é disponibilizada uma parte dos resultados esperados para o projeto, especialmente alguns referentes à modelagem numérica computacional. Entretanto, cabe ressaltar que para o projeto ora proposto haverá um refinamento de tais produtos e metodologias associadas, como por exemplo em termos de resolução espacial e/ou temporal, aumento do horizonte de previsão, inclusão de forçantes e condições de contorno atualizadas e validação dos resultados numéricos, de forma a garantir o aprimoramento do sistema, o aumento da confiabilidade dos resultados e a disponibilização ininterrupta das informações.

Tabela I. Escopo do projeto proposto.

| ESCOPO DE TRABALHO E METODOLOGIA  |  |
|---|--|
| META  | PRODUTO  |
| <b>META 1: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica</b>   |  |
| <b>ETAPA 1.1</b> – Definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema. | PRODUTO 1.1 – Relatório técnico.   |
| <b>ETAPA 1.2</b> – Implementação do modelo atmosférico e validação dos resultados gerados.  | PRODUTO 1.2 – Relatório técnico.   |
| <b>ETAPA 1.3</b> – Implementação do sistema computacional atmosférico operacional.  | PRODUTO 1.3 – Previsão meteorológica (ventos, temperatura do ar e precipitação) para 48 horas, com resolução temporal de 1 hora, e com resolução espacial de 1 km para a região da Baía de Guanabara e de 9 km para todo o estado do Rio de Janeiro. |
| <b>META 2: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha</b>   |  |
| <b>ETAPA 2.1</b> – Definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema. | PRODUTO 2.1 – Relatório técnico.   |
| <b>ETAPA 2.2</b> – Implementação do modelo hidrodinâmico marinho e validação dos resultados gerados.  | PRODUTO 2.2 – Relatório técnico.   |
| <b>ETAPA 2.3</b> – Implementação do sistema computacional de circulação marinha operacional.  | PRODUTO 2.3 – Previsão oceanográfica (correntes superficiais e nível do mar) para 48 horas, com resolução temporal de 1 hora e espacial de 200 metros para a região da Baía de Guanabara.  |
| <b>META 3: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas</b>  |  |
| <b>ETAPA 3.1</b> – Definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema. | PRODUTO 3.1 – Relatório técnico.   |

|   |  |
|---|--|
| <b>ETAPA 3.2</b> – Implementação do modelo de ondas e validação dos resultados gerados.   | PRODUTO 3.2 – Relatório técnico.   |
| <b>ETAPA 3.3</b> – Implementação do sistema computacional operacional de ondas.   | PRODUTO 3.3 – Previsão de ondas (altura significativa e direção de ondas) para 48 horas, com resolução temporal de 1 hora e espacial de 200 metros para a região da Baía de Guanabara.   |
| <b>META 4: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar</b>  |  |
| <b>ETAPA 4.1</b> – Definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema.                       | PRODUTO 4.1 – Relatório técnico.   |
| <b>ETAPA 4.2</b> – Implementação do modelo de dispersão de óleo e desenvolvimento de interface gráfica para o usuário final inserir os dados sobre o vazamento de óleo.     | PRODUTO 4.2 – Interface interativa na plataforma para a inserção dos dados sobre a mancha de óleo.   |
| <b>ETAPA 4.3</b> – Implementação do sistema computacional operacional de dispersão de óleo.   | PRODUTO 4.3 – Previsão de dispersão de mancha de óleo oriunda de derramamento hipotético para qualquer ponto na Baía de Guanabara alimentado por condições oceanográficas e meteorológicas previstas para o dia.   |
| <b>META 5: Desenvolvimento de atividades de capacitação para a equipe da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro (SEAS)</b>          |  |
| <b>ETAPA 5.1</b> – Oficinas de trabalho com integrantes da SEAS   | PRODUTO 5.1 – Realização de reuniões, seminários e/ou oficinas de trabalho visando a capacitação sobre a aplicação de diferentes técnicas de investigação de aspectos oceanográficos e meteorológicos para a região da Baía de Guanabara, bem como sobre a manutenção da plataforma desenvolvida |
| <b>META 6: Desenvolver um sistema de informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas da Baía de Guanabara e região costeira como suporte à gestão ambiental</b> |  |
| <b>ETAPA 6.1</b> – Desenvolvimento de interface gráfica digital para a disponibilização de resultados gerados e dados adquiridos no projeto                                 | PRODUTO 6.1 – Interface digital gráfica para análise espacial e temporal de variáveis ambientais geradas por modelos numéricos, visualização em tempo real de dados coletados por sensores locais e remotos e visualização de dados socioeconômicos na região da Baía de Guanabara.              |

|  |   |
|--|---|
| <b>ETAPA 6.2</b> – Desenvolvimento de rotinas computacionais para pós processamento de resultados numéricos gerados  | PRODUTO 6.2 - rotinas computacionais operacionais para formatar dados e resultados numéricos gerados para serem visualizados na plataforma digital a ser desenvolvida   |
| <b>META 7: Desenhar programas de estímulo ao uso dos dados abertos gerados pelo projeto.</b>   |   |
| <b>ETAPA 7.1</b> –<br>Alinhamento entre dados produzidos e demandas intra e extra secretaria   | PRODUTO 7.1 - Análise junto à SEAS de possíveis utilizadores dos dados socioambientais do projeto em outras áreas estratégicas  |
| <b>ETAPA 7.2</b> –<br>Integração com especialistas para tomada de decisão  | PRODUTO 7.2 - Integração junto aos atores indicados pela SEAS   |
| <b>ETAPA 7.3</b> -<br>Relatório de Implementação   | PRODUTO 7.3 - Relatório técnico contendo o diagnóstico para desenvolvimento de produtos associados  |
| <b>META 8: Geração de Dados e Modelagem Socioambiental para geração de informação e indicadores socioambientais</b>  |   |
| <b>ETAPA 8.1</b> - Levantamento de Dados e Informações   | PRODUTO 8.1 - Relatório Técnico, contendo os Resultados e Indicadores socioambientais.  |
| <b>ETAPA 8.2</b> - Geração e modelagem de bases de dados socioambientais   | PRODUTO 8.2 - Integração e correlação entre os indicadores com os estabelecimentos de parâmetros indexados  |
| <b>ETAPA 8.3</b> - Elaboração de Mapas Temáticos   | PRODUTO 8,3 - Disponibilização de mapas geoespacializados e contendo parâmetros primários e correlacionados   |
| <b>ETAPA 8.4</b> - Avaliação de Indicadores Socioambientais  | PRODUTO 8.4 - Relatório técnico contendo o diagnóstico regionalizado.   |
| <b>META 9: Desenvolvimento do modelo de análise multivariada das componentes Criticidade e Capacidade de Suporte para desastres e emergências, que busca criar índices comparativos de vulnerabilidade socioambiental entre os sete municípios da Baía de Guanabara.</b> |   |
| <b>ETAPA 9.1</b> - Definição dos Componentes   | PRODUTO 9.1 - Relatório Técnico, com a Descrição Metodológica, Apresentação e Interpretação dos resultados, e a Síntese dos principais resultados e implicações para a gestão de riscos e a tomada de decisões. |

|   |  |
|---|--|
| <b>ETAPA 9.2</b> - Coleta de Dados  | PRODUTO 9.2 - Desenvolvimento de rotinas e metodologia para criação de base de dados estratificada   |
| <b>ETAPA 9.3</b> - Base de Dados Integrada  | PRODUTO 9.3 - Integração entre bases de dados sócioeconômicas existentes entre as diversas esferas municipais, estadual e federal  |
| <b>ETAPA 9.4</b> - Mapas temáticos  | PRODUTO 9.4 - Disponibilização de mapas geoespacializados e contendo parâmetros primários e correlacionados  |
| <b>ETAPA 9.5</b> - Índices de Vulnerabilidade   | PRODUTO 9.5 - Estabelecimento dos índices de vulnerabilidade regionalizados  |
| <b>ETAPA 9.6</b> - Aplicação de Métodos Multivariados (Modelos de Análise Espacial)   | PRODUTO 9.6 - Diagnóstico estatístico para estabelecimento de correlação geoespacializada  |
| <b>ETAPA 9.7</b> - Análise e Interpretação dos Resultados   | PRODUTO 9.7 - Relatório técnico contendo diagnóstico estabelecido para cada região de interesse  |
| <b>META 10: Desenvolvimento de Plataforma Digital e Disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos sete municípios da Baía de Guanabara.</b> |  |
| <b>ETAPA 10.1</b> –   | PRODUTO 10.1 - Integração entre as equipes para definição dos produtos e formatos para disseminação através de dashboard   |
| <b>ETAPA 10.2</b> –   | PRODUTO 10.2 - Desenvolvimento de dashboard em formato webgis  |
| <b>META 11: Monitoramento Meteo-Oceanográfico In-Situ e Orbital</b>   |  |
| <b>ETAPA 11.1</b> – Comissionamento de Sensores   | Produto 11.1 - Instalação e comissionamento de estações meteorológica e qualidade do ar  |
| <b>ETAPA 11.2</b> –<br>Integração com dados pré-existent  | Produto 11.2 - Desenvolvimento de metodologia e algoritmos para integração com outros sensores ambientais sob responsabilidade da SEAS   |
| <b>ETAPA 11.3</b> -<br>Desenvolvimento dos produtos meteo-oceanográficos orbitais e in-situ   | Produto 11.3 - Desenvolvimento de metodologia e rotinas computacionais para geração de mapas espacializados e séries históricas para região costeira e Baía de Guanabara                       |
| <b>ETAPA 11.4</b> – Preparação do sistema orbital para disseminação   | Produto 11.4 - Monitoramento Meteorológico a partir dos satélites Geoestacionários e Polares   |
| <b>ETAPA 11.5</b> -<br>Análise de dados orbitais coletados  | Produto 11.5 - Monitoramento Oceanográfico a partir dos satélites meteorológicos e oceanográficos com a geração de produtos de variáveis físicas associadas à superfície marinha e à atmosfera |

|   |   |
|---|---|
| <b>ETAPA 11.6 –</b><br>Disponibilização em banco de dados | Produto 11.6 - Criação de banco de dados para disseminação dos dados em interface web |
|---|---|

#### 4.2.1. Meta 1: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica

A modelagem numérica computacional atmosférica do projeto será feita com o modelo de previsão numérica de tempo *Weather Research and Forecasting* - WRF (Skamarock *et al.*, 2019). A equipe do LAMCE conta com vasta experiência na utilização deste modelo para diversas aplicações, inclusive para a região de interesse do projeto ora proposto (Toste *et al.*, 2024; Dragaud *et al.*, 2018).

Para o projeto está prevista a configuração, operacionalização, otimização e manutenção do WRF, com o objetivo principal de disponibilizar previsões meteorológicas de alta resolução espacial e temporal para o estado do Rio de Janeiro, em especial para a Baía de Guanabara. Os resultados gerados pelo modelo também serão utilizados como condição de contorno para o modelo oceânico regional do projeto.

##### Etapa 1.1 - Definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema

A primeira etapa consiste na construção das grades e pré-processamentos necessários. Para a definição das grades do modelo, serão necessárias discussões para a adequação de uma área de cobertura dentro do modelo atmosférico que atenda as dimensões necessárias para uma boa representação da circulação atmosférica da área de interesse (estado do Rio de Janeiro e Baía de Guanabara). A grade numérica é a representação geométrica do domínio do cálculo, na qual as equações numéricas serão resolvidas em todos os pontos discretos que a compõem, em cada passo de tempo.

Assim como as grades, inúmeras questões devem ser definidas anteriormente ao início da modelagem em si e, posteriormente, do desenvolvimento do sistema operacional. Em termos gerais, podem ser citadas as seguintes atividades:

1. Definição e configuração da grade do modelo atmosférico;
2. Definição das condições de contorno a serem utilizadas;

3. Escolha das parametrizações para representação dos processos de radiação solar e terrestre, camada limite atmosférica, microfísica de nuvens, cumulus e solo;
4. Implementação da base de dados de topografia e uso do solo no WRF;
5. Construção de algoritmos para viabilizar a rotina operacional com simulações automáticas do modelo WRF.

As definições descritas nos itens anteriores serão realizadas de forma técnica, visando a boa performance do modelo e confiabilidade dos resultados. Todas estas atividades e detalhamento das discussões realizadas serão apresentados em **Relatório Técnico (Produto 1.1)**.

#### Etapa 1.2 – Implementação do modelo atmosférico e validação dos resultados gerados

Após a implementação do modelo WRF e dos testes iniciais de configuração, dados meteorológicos observacionais obtidos na região, após tratamento adequado, serão utilizados para a validação dos resultados da modelagem atmosférica, garantindo a confiabilidade dos resultados. Esses dados observacionais (temperatura do ar, direção e intensidade do vento e pressão atmosférica) serão obtidos através dos equipamentos adquiridos no projeto, tais como estação meteorológica, e através de dados do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e de aeródromos e boias meteorológicas posicionados no estado do Rio de Janeiro para os mesmos períodos das simulações. Na sequência, outras atividades são fundamentais para a manutenção do sistema, conforme tópicos abaixo:

1. Implementação do modelo e testes iniciais;
2. Validação dos resultados numéricos com dados observacionais;
3. Acompanhamento periódico do sistema operacional;
4. Avaliação da consistência das previsões meteorológicas apresentadas pelo modelo após a construção de um histórico mínimo de previsões, etapa esta que permitirá um acompanhamento dos resultados gerados, permitindo o ajuste e refinamento do modelo a longo prazo, caso necessário.

O contratante poderá acessar os resultados de ambas as grades numéricas: tanto os resultados da grade atual que engloba a Baía de Guanabara, de 1 km de resolução espacial, quanto os da que abrange todo o estado do Rio de Janeiro, de 9 km de resolução. Atualmente na plataforma apenas as previsões para a região da Baía de Guanabara são disponibilizadas e somente para o dia corrente. A resolução temporal será mantida (1 hora). Portanto, será realizada a extensão do horizonte de previsão em relação ao atualmente praticado, que passará a ser de 48 horas.

Após a conclusão das etapas, todas as informações serão apresentadas em **Relatório Técnico (Produto 1.2)**.

#### Etapa 1.3 – Implementação do sistema computacional atmosférico operacional

A última etapa corresponde ao funcionamento operacional de todo o sistema de previsão. Nesta etapa serão criados os algoritmos que permitem a operacionalização do sistema, ou seja, algoritmos que tornem o sistema integrado, automático e diariamente atualizado. Com o sistema funcionando, as previsões são disponibilizadas automaticamente e novas previsões são disponibilizadas todo o dia. Diariamente serão gerados e disponibilizados resultados numéricos para um horizonte de previsão de 48 horas: basta o usuário acessar a plataforma para visualizar os resultados disponíveis. **Ventos (direção e intensidade), temperatura do ar e precipitação** serão as variáveis prognósticas do sistema e apresentarão **resolução temporal de 1 hora e resolução espacial de 1 km para a região da Baía de Guanabara e de 9 km para todo o estado do Rio de Janeiro (Produto 1.3)**. As previsões de 9 km e 1 km cobrem todos os pontos, em terra e água, que estejam dentro das áreas das respectivas grades numéricas do projeto.

#### **4.2.2. Meta 2: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha**

As simulações numéricas da circulação marinha serão realizadas com o modelo *Regional Ocean Modeling System* - ROMS. Detalhes das formulações matemáticas utilizadas pelo ROMS podem ser encontrados em Shchepetkin e McWilliams (2005). A aplicação do ROMS para estudos hidrodinâmicos é amplamente difundida pela comunidade científica e a escolha desse modelo é justificada pela experiência pretérita do grupo proponente na implementação do mesmo em diversos tipos de estudos e em escalas regionais (Toste *et al.*, 2024; Toste *et al.*, 2020; Toste *et al.*, 2017).

#### ETAPA 2.1 – Definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema

Para a realização das simulações com o modelo ROMS será utilizada a técnica de aninhamento, que consiste em usar resultados de uma simulação numérica como condições iniciais e condições de contorno para outra simulação, com maior resolução espacial e temporal. Serão empregadas duas grades numéricas: uma grade principal, de menor resolução espacial cobrindo todo o estado do Rio de Janeiro e uma grade menor, de maior resolução espacial, posicionada na região da Baía de Guanabara. A definição das resoluções horizontais das malhas numéricas e do número de camadas verticais do modelo será realizada ao longo do desenvolvimento do projeto, de modo a permitir a representação adequada dos processos oceânicos na região, aferido através da

etapa de validação dos resultados, que consiste na comparação dos resultados do modelo com dados observacionais.

Além das grades numéricas, é necessário também o levantamento sobre os dados e/ou resultados que serão utilizados como condições inicial, de contorno e forçantes do modelo, incluindo, por exemplo, a influência da maré e de rios na região. Resultados numéricos utilizados como condições inicial e de contorno são comumente escolhidos entre os produtos disponibilizados pelo *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS), enquanto a maré é extraída do modelo global TPXO. Vazões de rios, obtidas através de banco de dados da Agência Nacional de Água (ANA), também podem ser consideradas no modelo. Após a definição destes pontos, serão desenvolvidas, e documentadas em **Relatório Técnico (Produto 2.1)**, as rotinas computacionais que serão utilizadas para a operacionalização do sistema de previsão.

#### Etapa 2.2 – Implementação do modelo hidrodinâmico marinho e validação dos resultados gerados

A etapa seguinte, que será descrita em **Relatório Técnico (Produto 2.2)**, inclui a implementação do ROMS e realização de experimentos computacionais para a determinação da melhor configuração do modelo e que, posteriormente, será utilizada no sistema operacional.

Com a configuração escolhida, os resultados obtidos serão validados, ou seja, será feita a avaliação do modelo quanto à sua capacidade em reproduzir a circulação na região de estudo. Os resultados obtidos serão comparados com dados observados por satélite e/ou medidos *in situ* nas regiões de abrangência das grades numéricas, tais como dados de temperatura da água e direção e intensidade de correntes marinhas extraídas de boia meteo-oceanográfica, podem ser utilizadas na validação dos resultados numéricos.

Em relação ao modelo hidrodinâmico atualmente em operação, a resolução temporal atual é de 1 hora e a espacial de 200 metros para a região da Baía de Guanabara. No projeto, a resolução temporal será mantida em 1 hora. Além disso, o modelo que será desenvolvido no projeto contará com uma série de modificações que possibilitarão um aumento na precisão das previsões numéricas geradas, uma vez que haverá um ganho na representação da circulação do local. Neste novo modelo, um ajuste das constantes harmônicas utilizadas para representar a influência da maré no modelo será realizada. Além disso, serão incluídos dados atualizados de vazões de rios que deságuam na Baía de Guanabara, já que a influência dos rios na região apresenta um impacto significativo na hidrodinâmica local. Atualmente não são consideradas vazões de rios no modelo e a escolha dos rios dependerá de avaliações técnicas feitas durante a implementação do modelo. Refinamentos nas parametrizações

também serão realizados. Somado a estas melhorias, o horizonte de previsão será ampliado: atualmente no site são apresentadas as previsões apenas para o dia atual, enquanto no projeto serão disponibilizados resultados para 48 horas. E, finalmente, o usuário da SEAS terá acesso não apenas aos resultados da grade da Baía de Guanabara, conforme é feito atualmente na plataforma existente, mas também aos resultados da grade que engloba a região oceânica adjacente ao estado do Rio de Janeiro (de cerca de 1 km de resolução). Caso demandado pelo contratante, é possível gerar previsões com maior resolução espacial, entre 200 e 40 m, em região de interesse dentro da Baía de Guanabara.

#### Etapa 2.3 – Implementação do sistema computacional de circulação marinha operacional

Através da implementação do sistema de modelagem numérica proposto, serão geradas **previsões oceanográficas (correntes superficiais e nível do mar) para 48 horas, com resolução temporal de 1 hora e espacial de 200 metros para a região da Baía de Guanabara**, validadas com dados observacionais (**Produto 2.3**).

#### **4.2.3. Meta 3: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas**

O modelo a ser utilizado para a modelagem de onda na Baía de Guanabara é o *Simulating WAVes Nearshore* - SWAN (Booij *et al.*, 1996), modelo numérico de propagação de ondas utilizado para a obtenção de estimativas do parâmetro de ondas em regiões costeiras, lagos e estuários dado determinados campos de vento, condições de corrente e de batimetria.

As etapas 3.1 (“definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema”) e 3.2 (“implementação do modelo de ondas e validação dos resultados gerados”) compreendem objetivos e atividades semelhantes às descritas para os modelos anteriores e todas as informações relacionadas serão fornecidas em **Relatórios Técnicos** denominados, respectivamente, **Produto 3.1** e **Produto 3.2**.

Atualmente na plataforma apenas as previsões para o dia atual para a região da Baía de Guanabara são disponibilizadas. O contratante terá acesso aos resultados com um horizonte de previsão maior, de 48 horas. Além disso, haverá um aumento da resolução temporal dos resultados. Os resultados apresentados na plataforma possuem resolução de 3 (três) horas. Já as previsões do projeto terão 1 (uma) hora de resolução temporal.

#### Etapa 3.3 – Implementação do sistema computacional operacional de ondas

O sistema operacional de previsão de ondas será composto por uma hierarquia de 2 ou mais grades numéricas de forma que se possa representar

com alta resolução espacial (aproximadamente 200 metros) e temporal (1 hora) o **campo de ondas (altura significativa e direção de ondas) na região da Baía de Guanabara (Produto 3.3)**.

#### **4.2.4. Meta 4: Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes**

O modelo que será utilizado para a modelagem de dispersão de óleo é o modelo de dispersão de óleo superficial lagrangeano MEDSLIK-II (De Dominicis *et al.*, 2013a e 2013b), modelo este capaz de simular o transporte de uma mancha de óleo na superfície da água através da influência das correntes marinhas e do vento. No MEDSLIK-II, as partículas de óleo são também dispersadas pelos componentes de flutuação turbulenta, bem como em função de vários processos de transformação físicos e químicos do óleo (evaporação, emulsificação, dispersão na coluna d'água e adesão na costa).

##### Etapa 4.1 – Definição de estratégia de modelagem e desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias para a operacionalização do sistema

Assim como para os outros modelos, a etapa inicial da modelagem consiste em traçar todos os aspectos e condições específicas da modelagem. Para a previsão da dispersão, por exemplo, aspectos fundamentais incluem a definição da resolução espacial e temporal adequadas e número de partículas a serem lançadas. Além disso, o desenvolvimento das rotinas computacionais de pré-processamento, de simulação e de pós-processamento são necessárias para a automatização do sistema de previsão da dispersão da mancha de óleo e compõem as atividades iniciais, que serão documentadas em **Relatório Técnico (Produto 4.1)**.

##### Etapa 4.2 – Implementação do modelo de dispersão de óleo e desenvolvimento de interface gráfica para o usuário final inserir os dados sobre o vazamento de óleo

Para a implementação do modelo e simulação da dispersão de óleo, são necessários os seguintes dados de entrada:

- Informações sobre o vazamento de óleo, tais como data e hora do vazamento, as coordenadas do centro ou da borda da mancha, taxa do vazamento, duração do vazamento e o tipo de óleo;
- Campo de vento (campos das componentes meridional e zonal do vento a 10m);
- Campo de temperatura da superfície marinha;
- Campo tridimensional de correntes marinhas (campos das componentes zonal e meridional da velocidade das correntes em quatro profundidades).

No sistema proposto no projeto, os forçantes (campos de vento, temperatura da superfície do mar e de correntes marinhas) serão fornecidos pelos modelos operacionais do sistema (atmosférico e hidrodinâmico). Já as informações básicas sobre a mancha de óleo necessárias para a execução do modelo de dispersão de óleo serão fornecidas pelo usuário final da SEAS. Para isso, será desenvolvida uma interface gráfica na plataforma digital do projeto, onde o operador poderá inserir os dados de entrada do modelo de dispersão, tais como posição do vazamento dentro da Baía de Guanabara e o horário de início de vazamento. Assim, a partir da digitalização de tais dados na plataforma, o modelo de dispersão será automaticamente inicializado e serão geradas as previsões sobre a trajetória da mancha de óleo nos horários subsequentes ao horário inicial do vazamento.

Cabe ressaltar que esta etapa representa um avanço em relação às funcionalidades e resultados disponibilizados na plataforma do Baía Digital, uma vez que atualmente é simulado um cenário acidental hipotético considerando como local de vazamento uma posição fixa dentro da Baía de Guanabara, que foi anteriormente pré-estabelecida no sistema. Não há interatividade com o usuário final da plataforma. Portanto, com o desenvolvimento desta interface, o usuário da SEAS poderá ter independência para inserir os dados sobre um vazamento, real ou hipotético, na Baía de Guanabara e analisar, com base nos resultados do modelo, a previsão sobre a dispersão da mancha de óleo. Ao término desta etapa, uma **interface interativa na plataforma para a inserção dos dados sobre a mancha de óleo (Produto 4.2)** será elaborada.

#### Etapa 4.3 – Implementação do sistema computacional operacional de dispersão de óleo

Com o sistema desenvolvido e operacional, o vazamento de óleo na região da Baía de Guanabara, cujos dados forem inseridos na plataforma pelo usuário da SEAS, será simulado considerando as condições oceanográficas e meteorológicas previstas para o dia, gerando como resultado a **previsão sobre a trajetória da mancha de óleo nas horas subsequentes ao início do vazamento considerado (Produto 4.3)**.

#### **4.2.5. Meta 5: Desenvolvimento de atividades de capacitação para a equipe da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro (SEAS)**

O objetivo principal dessa meta é o desenvolvimento de atividades que busquem a **capacitação da equipe da SEAS (Etapa 5.1)** sobre o sistema computacional integrado a ser desenvolvido. Para tal, serão realizadas **reuniões, seminários e/ou oficinas de trabalho** nas quais serão abordados os principais temas relacionados à **dinâmica ambiental da região da Baía de**

**Guanabara, bem como sobre os métodos de medição e monitoramento utilizados no projeto e sobre a estrutura e manutenção da plataforma (Produto 5.1).**

Para esta meta, é estimado um total de até 8 (oito) eventos (reuniões, seminários ou oficinas de trabalho), sejam eles presenciais, em local determinado pela SEAS e/ou nas dependências do LAMCE, ou em formato on-line. Os encontros serão agendados com pelo menos 15 (quinze) dias de antecedência.

**4.2.6. Meta 6: Desenvolver um sistema de informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas da Baía de Guanabara e região costeira como suporte à gestão ambiental**

Essa meta tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma plataforma digital com acesso via web para integração, disponibilização e visualização de todos os dados ambientais, sociais e econômicos disponibilizados em tempo real ao longo do projeto. Os dados socioeconômicos terão como base os censos demográficos do IBGE dos anos 2010 e 2022, sendo as análises se baseiam no PCA (Análises de Componentes Principais). Além disso, através da plataforma a ser desenvolvida nessa meta será possível ao usuário acessar os resultados numéricos referentes às previsões oceanográficas e meteorológicas na Baía de Guanabara e região costeira do estado do Rio de Janeiro. Na plataforma será possível também ao usuário final da SEAS simular as trajetórias de óleo em diferentes pontos na região de interesse do projeto.

**4.2.7. Meta 7: Desenhar programas de estímulo ao uso dos dados abertos gerados pelo projeto.**

O principal objetivo desta meta é disponibilizar os dados de forma acessível e intuitiva, essencial para maximizar o impacto e a utilidade das informações geradas pelo projeto, promovendo o uso, o acesso e a inovação com base nos dados abertos.

A fim de alcançar os objetivos dessa meta, são propostas as seguintes etapas:

**1. Plataforma Online Interativa**

Criar uma plataforma online intuitiva e de fácil acesso, com mapas, gráficos e ferramentas de análise exploratória, para que qualquer pessoa possa visualizar e explorar os dados;

**2. Programas de Colaboração e Parceria**

Rede de pesquisadores: Criar uma rede de pesquisadores para compartilhar conhecimento e desenvolver projetos colaborativos utilizando os dados abertos.

Parcerias com instituições de ensino: Integrar os dados abertos nos currículos de cursos de graduação e pós-graduação, incentivando a formação de novos pesquisadores e profissionais capacitados para trabalhar com os dados.

Parcerias com o setor privado: Estimular empresas a utilizarem os dados abertos para desenvolver produtos e serviços inovadores, como aplicativos de monitoramento ambiental ou ferramentas de gestão de riscos.

Parcerias com o poder público: Integrar os dados abertos nos sistemas de gestão das prefeituras e do estado, facilitando a tomada de decisões e o planejamento de políticas públicas.

A partir de parcerias já existentes entre o Lamce e outras instituições como UERJ, UFF, Fiocruz, além de outros setores da UFRJ e instituições internacionais europeias. Serão realizadas reuniões e vistas técnicas (incluindo as viagens previstas). Novos grupos são bem-vindos desde que não alterem o escopo do projeto. Empresas de navegação como Oceanpact e Portos; Marinha; PEA da BG, ONGs, comunidade pesqueira. Poderá, ainda, ser utilizada como base a rede do Plano de Ação da BG/INEA, bem como parcerias já estabelecidas pelo Lamce.

A integração de dados abertos nos sistemas de gestão dos municípios é uma etapa estratégica para ampliar a transparência, a eficiência administrativa e a capacidade de tomada de decisão baseada em evidências. O principal objetivo dessa iniciativa é tornar os dados gerados pelo projeto acessíveis e intuitivos, promovendo seu uso amplo e estimulando inovações a partir dessas informações. Embora ainda não esteja prevista para a fase atual do projeto, há a possibilidade de iniciar diálogos com os municípios interessados, a fim de compreender suas demandas específicas e, futuramente, desenvolver padrões técnicos que viabilizem a integração dos dados às plataformas já existentes.

Quanto à aferição da confiabilidade dos dados municipais, essa poderá ser realizada por meio da definição de critérios padronizados de qualidade, interoperabilidade e rastreabilidade das informações. Além disso, a adoção de mecanismos de validação cruzada e auditoria contínua contribuirá para garantir a consistência e a integridade dos dados incorporados. A proposta, portanto, aponta para um caminho de construção colaborativa, no qual a abertura e o compartilhamento de dados se alinham às capacidades locais e à infraestrutura tecnológica já consolidada, fortalecendo a governança municipal baseada em dados confiáveis e abertos.

### **3. Estratégias de Comunicação**

A comunicação eficaz dos dados gerados pela plataforma é fundamental para garantir sua ampla utilização por diferentes públicos, incluindo gestores públicos, pesquisadores, tomadores de decisão, educadores, jornalistas e a sociedade civil em geral. Dada a complexidade e o volume das informações meteorológicas e oceanográficas disponibilizadas, torna-se essencial o envolvimento articulado entre as equipes de comunicação do Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia (LAMCE), da COPPE/UFRJ e da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (SEAS/RJ), a fim de garantir clareza, alcance e impacto nas estratégias adotadas.

#### **Criação de Campanhas de Divulgação Multicanal**

As campanhas de divulgação visam aumentar a visibilidade dos dados abertos e conscientizar sobre sua importância para a gestão ambiental e a participação cidadã. As ações serão realizadas de forma integrada entre as equipes, utilizando múltiplos canais de comunicação, de acordo com a expertise e alcance de cada instituição.

#### **Objetivos específicos:**

- Ampliar o conhecimento público sobre a existência e importância da plataforma;
- Estimular o uso dos dados por pesquisadores, técnicos e órgãos de governo;
- Engajar a sociedade em temas relacionados à sustentabilidade da Baía de Guanabara.

#### **Atividades previstas:**

- Publicações periódicas em redes sociais (Instagram, Facebook, Twitter, LinkedIn) com linguagem adaptada aos diferentes públicos;
- Produção de conteúdos jornalísticos em parceria com assessorias de imprensa (releases, entrevistas, artigos de opinião);
- Divulgação em boletins informativos digitais e físicos;
- Criação de identidade visual unificada para as ações de divulgação da plataforma;
- Campanhas especiais em datas comemorativas relevantes, como o Dia Mundial da Água e o Dia do Meio Ambiente.

As equipes de comunicação da COPPE/UFRJ e do LAMCE terão papel central na produção do conteúdo técnico com respaldo científico, enquanto a SEAS/RJ contribuirá com o vínculo institucional e a mobilização de atores governamentais e comunitários.

### **Desenvolvimento de Materiais Didáticos e de Apoio**

Para promover o uso efetivo das informações geradas, serão elaborados materiais didáticos e conteúdos explicativos voltados tanto para o público técnico quanto para leigos e estudantes. Esses materiais deverão ser desenvolvidos de forma clara, acessível e visualmente atrativa, facilitando o entendimento e a navegação pelas ferramentas e dados disponíveis.

#### **Materiais a serem produzidos:**

- **Manuais técnicos:** voltados a pesquisadores e profissionais que desejam utilizar os dados em análises avançadas;
- **Tutoriais passo a passo:** com linguagem simplificada, demonstrando como acessar e interpretar os dados no portal da plataforma;
- **Vídeos explicativos:** abordando os principais indicadores meteorológicos e oceanográficos monitorados, sua importância e aplicações;
- **Infográficos e cartilhas educativas:** para uso em escolas, centros culturais, comunidades costeiras e instituições públicas.

A produção desses materiais contará com a supervisão técnica do LAMCE e da equipe científica da COPPE/UFRJ, enquanto as equipes de comunicação auxiliarão na adaptação da linguagem, na diagramação e na disseminação dos conteúdos por meios físicos e digitais.

### **Realização de Eventos de Lançamento e Apresentação Pública**

Os eventos de lançamento dos dados abertos da plataforma constituem momentos estratégicos para consolidar o reconhecimento institucional do projeto, apresentar os resultados alcançados e promover o engajamento da comunidade acadêmica e da população em geral.

#### **Propostas de eventos:**

- **Evento inaugural híbrido (presencial e online):** com apresentação técnica do projeto, depoimentos de autoridades e demonstração da plataforma em tempo real;
- **Webinars temáticos:** voltados a públicos específicos (ex: gestores municipais, jornalistas ambientais, educadores, pescadores e ONGs locais);
- **Feiras e exposições ambientais:** com estandes interativos, simulações de dados e apresentação de estudos de caso;
- **Sessões de capacitação para jornalistas e comunicadores:** com foco na interpretação e uso responsável dos dados da plataforma.

A organização e coordenação desses eventos será feita de forma conjunta entre as instituições, garantindo representatividade, cobertura midiática e ampla participação. A SEAS/RJ, por sua posição institucional, poderá facilitar convênios, parcerias e convites a órgãos públicos e representantes da sociedade civil.

### **Avaliação e Monitoramento das Estratégias de Comunicação**

Todas as ações de comunicação deverão ser acompanhadas de indicadores de desempenho, permitindo aferir seu impacto e ajustar estratégias quando necessário. Serão considerados:

- Alcance das publicações nas redes sociais;
- Número de downloads dos materiais didáticos;
- Participação nos eventos organizados;
- Repercussão na imprensa e em portais especializados;
- Feedback de usuários da plataforma.

Esse monitoramento será realizado de forma colaborativa, com reuniões trimestrais entre as equipes envolvidas para análise dos resultados e planejamento de ações futuras. Também será criada uma lista de e-mails para envio de newsletters periódicas com atualizações sobre o projeto e suas aplicações.

#### **4.2.8. Meta 8: Geração de Dados e Modelagem Socioambiental para geração de informação e indicadores socioambientais**

O objetivo desta meta é fornecer uma base sólida para a compreensão e a gestão de sistemas socioambientais complexos. Através da coleta, análise e interpretação de dados, é possível gerar informações e indicadores que permitam:

- Monitoramento e Avaliação
  - Quantificar mudanças: Acompanhar as transformações ao longo do tempo em variáveis socioambientais, como qualidade do ar, cobertura vegetal, índices de desenvolvimento humano, entre outros.
  - Avaliar impactos: Analisar os efeitos de políticas, projetos e atividades humanas sobre o meio ambiente e as comunidades.
  - Verificar o cumprimento de metas: Acompanhar o progresso em direção a objetivos de sustentabilidade e desenvolvimento.
- Compreensão de Sistemas
  - Identificar relações: Descobrir como diferentes componentes de um sistema socioambiental estão interligados e influenciam uns aos outros.

- Modelar processos: Simular o comportamento de sistemas complexos para entender melhor seus mecanismos e prever cenários futuros.
- Suporte à Tomada de Decisão
  - Informar políticas públicas: Fornecer evidências científicas para a formulação e implementação de políticas ambientais e sociais mais eficazes.
  - Orientar investimentos: Identificar oportunidades de investimento em projetos sustentáveis e de baixo impacto ambiental.
  - Otimizar gestão: Auxiliar na gestão de recursos naturais e na resolução de conflitos socioambientais.

Para o alcance dos objetivos da Meta 8, serão desenvolvidas as seguintes etapas:

### **1. Levantamento de Dados e Informações**

Serão coletadas informações e dados pertinentes ao contexto socioambiental dos municípios na região da Baía de Guanabara. Dados sobre a vulnerabilidade social dos municípios: Rio de Janeiro, Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim, Magé e Duque de Caxias; baseados nas informações do Censo IBGE para Criticidade (variáveis de renda, alfabetização, gênero, raça ou cor, faixa etária) e Capacidade de Suporte (coleta de lixo, saneamento básico, abastecimento de água, proximidade com escolas, centro de assistência social, bombeiros, etc.). Os mapas a serem elaborados incluem: mapa dos índices de criticidade, mapa dos índices de capacidade de suporte e mapa dos índices de vulnerabilidade social. Será feita a correlação das variáveis de criticidade e capacidade de suporte aos limites geográficos de cada município: Rio de Janeiro, Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim, Magé e Duque de Caxias; considerando seus setores censitários.

### **2. Geração e modelagem de bases de dados socioambientais**

Os dados e informações coletados serão organizados em bases de dados georreferenciados, sobre aspectos sociais, econômicos e ambientais, a partir de dados do Censo Demográfico do IBGE, INEA, entre outras fontes. A modelagem dos dados SOCIOAMBIENTAIS será feita a partir de resultados do Censo IBGE, utilizando as variáveis pertinentes, além de dados resultantes de modelagem fuzzy, que através da análise de componentes principais, serão integrados no SIG, onde serão feitas os índices, indicadores e mapas temáticos.

### 3. Mapas Temáticos

- Mapas de distribuição: Mostram a distribuição espacial de fenômenos socioambientais, como áreas de risco, áreas protegidas, e padrões de uso do solo.
- Mapas de densidade: Representam a concentração de um fenômeno em determinada área.
- Mapas de vulnerabilidade: Indicam a suscetibilidade de um determinado local a eventos extremos ou mudanças ambientais.

### 4. Indicadores Socioambientais

- Indicadores de sustentabilidade: Avaliam o desempenho de um sistema em relação aos objetivos de desenvolvimento sustentável.
- Indicadores de vulnerabilidade socioambiental: Avaliam vários aspectos da vida social e econômica (renda e condições econômicas, educação, saúde, habitação, segurança, acesso a serviços, participação social e cidadania) que podem afetar a capacidade de uma pessoa ou grupo de atender suas necessidades básicas e acessar oportunidades.

#### **4.2.9. Meta 9: Desenvolvimento do modelo de análise multivariada das componentes Criticidade e Capacidade de Suporte para desastres e emergências, que busca criar índices comparativos de vulnerabilidade socioambiental entre os sete municípios da Baía de Guanabara.**

Os principais objetivos desta meta são:

**Avaliar a Criticidade Socioambiental dos Municípios:** Identificar quais municípios são mais suscetíveis a desastres e onde o risco é mais elevado, considerando fatores como frequência de eventos extremos, densidade populacional, e qualidade da infraestrutura. Quantificar e entender o grau de exposição e potencial impacto dos desastres e emergências em cada município.

**Medir a Capacidade de Suporte Socioambiental:** Determinar a eficácia dos recursos disponíveis, como infraestrutura de emergência, capacidade de planejamento e resposta, e recursos econômicos para gerir crises. Avaliar a capacidade de resposta e suporte dos municípios em relação aos desastres e emergências. Esses produtos serão desenvolvidos no contexto da metodologia PÆP-LAB. A metodologia PÆP-LAB aplicada aos índices de vulnerabilidade social visa analisar, identificar e desenvolver soluções para reduzir a vulnerabilidade social. A vulnerabilidade social é um conceito que envolve a exposição de grupos a situações de risco e privação, como pobreza, desigualdade de acesso a serviços básicos (educação, saúde, segurança, etc. Ela é medida por meio de índices de vulnerabilidade, que são indicadores sociais

que ajudam a identificar os grupos mais afetados. Ao aplicar a metodologia PÆP-LAB a esses índices, o objetivo é criar soluções inovadoras e fazer intervenções que reduzem a vulnerabilidade social, com base em uma abordagem de planejamento, experimentação e prototipagem contínua.

O processo será desenvolvido nas seguintes etapas:

### **1. Definição dos Componentes**

**Criticidade.** Relacionado à gravidade e impacto potencial dos desastres e emergências. Componentes típicos incluem:

**Risco de Desastres:** Frequência e intensidade de desastres naturais (enchentes, deslizamentos, etc.).

**Densidade Populacional:** Número de pessoas expostas ao risco.

**Infraestrutura Crítica:** Qualidade e resiliência das infraestruturas essenciais (hospitais, escolas, sistemas de transporte).

**Capacidade de Suporte.** Avalia a capacidade de uma região para lidar com desastres e oferecer suporte adequado. Componentes típicos incluem:

**Recursos de Resposta:** Disponibilidade de equipes de emergência, centros de evacuação, e equipamentos.

**Capacidade de Resiliência Comunitária:** Grau de preparação e organização da comunidade local.

**Recursos Econômicos:** Orçamento disponível para resposta e recuperação de desastres.

### **2. Coleta de Dados**

**Dados Demográficos e Socioeconômicos:** Informações sobre a população, renda, educação, e condições de moradia.

**Dados Ambientais:** Informações sobre riscos naturais, condições meteorológicas, e vulnerabilidades específicas da região.

**Dados de Infraestrutura:** Estado e localização de infraestruturas críticas, mapas de risco.

**Dados de Resposta a Desastres:** Disponibilidade e capacidade dos serviços de emergência e planos de contingência.

### **3. Base de Dados Integrada**

**Coleta de dados:** Reunião de informações sobre as diversas variáveis socioambientais, físicas e socioeconômicas de cada município: População,

Densidade demográfica, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Cobertura vegetal, Uso do solo, Infraestrutura, Riscos naturais (enchentes, deslizamentos etc.), Histórico de desastres.

Padronização: Unificação de formatos, unidades de medida e sistemas de referência para garantir a compatibilidade dos dados.

Integração: Criação de um banco de dados único, relacionando as diferentes variáveis e permitindo análises cruzadas.

#### **4. Mapas Temáticos**

Mapas de variáveis individuais: Representação cartográfica de cada variável coletada, permitindo a visualização espacial das informações e a identificação de padrões e anomalias.

Mapas de sobreposição: Combinação de diferentes mapas temáticos para analisar a distribuição espacial das variáveis e identificar áreas de maior vulnerabilidade.

#### **5. Índices de Vulnerabilidade**

Identificação e Seleção de Variáveis: Escolher variáveis representativas para os componentes de Criticidade e Capacidade de Suporte; normalizar os dados para garantir comparabilidade entre variáveis com diferentes escalas.

O IVS – Índice de Vulnerabilidade Socioambiental é uma ferramenta amplamente utilizada no Brasil e no mundo para avaliar o grau de vulnerabilidade de uma determinada população ou território, considerando aspectos sociais, econômicos, demográficos e ambientais de forma integrada.

O IVS é um indicador sintético que expressa o grau de exposição de uma população aos riscos sociais e ambientais, com base em um conjunto de variáveis agrupadas em dimensões, entre as quais:

- Condições de moradia;
- Renda e educação;
- Saneamento básico e acesso à água;
- Densidade populacional.

O IVS é utilizado para:

- Identificar territórios prioritários para políticas públicas;
- Planejar ações em saúde, habitação, meio ambiente, segurança e infraestrutura;

- Apoiar a gestão de riscos e desastres, principalmente em áreas urbanas vulneráveis;
- Avaliar a resiliência ou fragilidade socioambiental diante de eventos extremos (enchentes, deslizamentos, epidemias, etc.);
- Promover a justiça territorial, alocando recursos conforme a necessidade real da população.

O IVS pode variar, dependendo da metodologia adotada, mas em geral:

- As variáveis são padronizadas e agregadas em indicadores temáticos;
- Cada componente recebe um peso, conforme sua relevância;
- A pontuação final varia entre 0 (baixa vulnerabilidade) e 1 (alta vulnerabilidade).

A construção do IVS baseia-se em metodologias consagradas. A consolidação completa dos métodos - abrangendo fontes de dados, instrumentos e fluxos de trabalho - será formalizada no Relatório 2 (agosto/2025), em conformidade com os requisitos das Metas 8 e 9.

## **6. Aplicação de Métodos Multivariados (Modelos de Análise Espacial):**

Utilização de técnicas de geoprocessamento para identificar padrões espaciais e relacionamentos entre as variáveis; Análise de Componentes Principais (PCA): Reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar os principais fatores que contribuem para a criticidade e a capacidade de suporte; Análise de Cluster: Agrupar municípios com características semelhantes para identificar padrões e grupos de vulnerabilidade; Modelagem de Regressão Multivariada: Avaliar como diferentes variáveis influenciam a criticidade e a capacidade de suporte.

Criação dos Índices: Índice de Criticidade: Combina variáveis relacionadas à gravidade e impacto potencial dos desastres; Índice de Capacidade de Suporte: Combina variáveis relacionadas à capacidade de resposta e recuperação.

## **7. Análise e Interpretação dos Resultados**

Comparação entre Municípios: Utilizar os índices para comparar a vulnerabilidade entre os sete municípios da Baía de Guanabara.

Identificação de Áreas Críticas: Destacar áreas com alta criticidade e baixa capacidade de suporte para priorizar intervenções.

O conceito criticidade no qual o IVS trabalha considera que ela “é definida pelo conjunto de características e comportamentos dos indivíduos que condicionam o seu grau de resistência e resiliência em responder ou lidar com desastres e cenários catastróficos”. Enfatizamos que o IVS proposto terá 3 dimensões (Criticidade, Capacidade de Suporte e Ambiental), e será conduzida com base nos seguintes eixos metodológicos:

#### **a. Construção de Indicadores de Vulnerabilidade Socioambiental**

Será implementado um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVS), considerando variáveis associadas à capacidade adaptativa e exposição da população, integrando aspectos:

- Socioeconômicos: renda média, escolaridade, informalidade no trabalho, densidade demográfica, idade da população;
- Ambientais: APPs, suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação, desmatamento, queimadas, expansão urbana, além de esgoto lançado em rios e lagos, lixo lançado em rios e lagos, e arborização;
- Infraestrutura e acesso à saúde: localização e capacidade dos equipamentos de saúde, mobilidade urbana, tempo de deslocamento até serviços essenciais.

Esses dados serão normalizados, ponderados e agregados por técnicas estatísticas (como Análise de Componentes Principais – PCA) para produzir mapas de criticidade por setor censitário, com classificação por níveis (baixo, médio, alto, extremo).

#### **b. Análise Espacial Integrada**

Será adotada uma abordagem metodológica para a construção de zonas críticas de risco, identificando os territórios onde há sobreposição entre alta vulnerabilidade, baixa resiliência e alta probabilidade de ocorrência de eventos extremos.

A plataforma de monitoramento socioambiental tem como foco principal, nesta fase do projeto, a disponibilização e visualização de dados em tempo real e históricos sobre as condições ambientais da região, não contemplando, por ora, a modelagem de cenários extremos ou o cálculo de criticidade dos municípios frente a eventos adversos. Embora reconheçamos a importância de estudos anteriores, como o Plano Estadual de Recursos Hídricos de 2014 e o PRH-BG, especialmente em suas análises de vulnerabilidade a eventos extremos, a integração de tais dados à plataforma exigiria um nível de aprofundamento técnico e metodológico não previsto nesta etapa atual. Essa incorporação demandaria a adaptação de formatos, validações cruzadas e uma

infraestrutura adicional de processamento. Ainda assim, a relevância dessas informações é reconhecida, e sua utilização poderá ser avaliada em fases futuras do projeto, de acordo com a disponibilidade de recursos e a evolução das necessidades técnicas e institucionais. Assim, a plataforma permanece aberta à expansão modular, priorizando a robustez, a transparência e a utilidade dos dados socioambientais já consolidados, ao mesmo tempo em que mantém espaço para integrar contribuições mais complexas em etapas subsequentes.

#### **4.2.10. Meta 10: Desenvolvimento de Plataforma Digital e Disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos sete municípios da Baía de Guanabara.**

A interatividade do usuário na exploração de resultados de modelos é um desenvolvimento crucial para completar o ciclo de um sistema de Oceanografia e Meteorologia operacional. Objetiva-se incrementar a interatividade do usuário na utilização de informações geradas por especialistas do projeto. Desta forma, mais do que deixar a cargo da equipe científica idealizar e gerar as informações que o usuário pode ter acesso, busca-se idealizar e implementar sistemas nos quais o usuário pode customizar os resultados que tem interesse. Assim, a utilização do sistema se torna mais abrangente para diferentes atores da sociedade. São previstos os seguintes desenvolvimentos no módulo de interatividade com o usuário:

- Website:
  - Ferramenta interativa para explorar os resultados de observação e modelos. Esta ferramenta possibilitará a visualização de mapas estatísticos de variáveis diagnósticas e variáveis prognósticas.
- Dashboard Operacional
  - Todos os dados coletados e transmitidos em tempo real serão incorporados no dashboard operacional.

#### **4.2.11. Meta 11: Monitoramento Meteo-Oceanográfico *In Situ* e Orbital**

A coleta de dados é um dos pilares fundamentais de um sistema de Oceanografia e Meteorologia operacional. É importante destacar que todos os dados coletados pelo projeto são disponibilizados gratuitamente para toda a comunidade científica, assim como para a sociedade de maneira geral através das ferramentas do módulo Interface com o Usuário (meta 10). Os objetivos principais da coleta de dados in-situ são:

1. Monitorar as condições meteoceanográficas em tempo real e coletar dados para melhorar as previsões via assimilação, avaliação e calibração dos modelos numéricos.

2. Incluir coleta de dados atmosférico;

3. Ampliar o sistema operacional de monitoramento em tempo real e aquisição de dados oceanográficos e meteorológicos para a região costeira e Baía de Guanabara.

O sensoriamento remoto e a observação de dados in-situ será utilizado como fonte complementar de informações básicas que alimentam o sistema. As técnicas de modelagem computacional permitem que modelos numéricos assimilem os dados de satélites, além de informações de outros modelos de domínio espacial global. Ressalta-se que o caráter complementar do sensoriamento remoto sobre os oceanos se torna único, uma vez que não existe sistema de monitoramento sobre a água que consiga atingir a mesma característica de cobertura espacial e temporal que os satélites ambientais oferecem. Estas informações também são úteis no monitoramento ambiental de áreas remotas de exploração, como é o caso da indústria off-shore. Os dados oriundos dos satélites ambientais (polares e geo-estacionários) serão obtidos através de bancos de dados públicos, via Internet, que disponibilizam resultados em tempo quase real, além de aquisição através de sistema de antenas de recepção de dados de satélites ambientais (polares e geo-estacionários) fornecido pela Agência Espacial Européia (ESA). Inclui-se o uso de informações obtidas dos satélites ambientais NOAA, TERRA, AQUA, MetOp, METEOSAT. A partir dos dados obtidos a partir destes satélites, serão desenvolvidos produtos meteo-oceanográficos para a região costeira do Rio de Janeiro e Baía de Guanabara.

#### **4.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Amante, C., Eakins, B. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, n. March, pp. 19, 2009.

Ardhuin, F. et al. Semiempirical Dissipation Source Functions for Ocean Waves. Part I: Definition, Calibration, and Validation. *J. Phys. Oceanogr.*, 40, 1917–1941, 2010.

Assad, L.P.F.; Toste, R.; Böck, C.S.; Nehme, D.M.; Sancho, L.; Soares, A.E.; Landau, L. Ocean climatology at Brazilian Equatorial Margin: a numerical approach. *Journal of Computational Science*, v. 1, p. 101159, 2020.

Booij, A.N.; Holthuijsen, A.L.H.; Ris, A.R.C. The "Swan" Wave Model for Shallow Water. *Coastal Engineering*, 1996, pp. 668-676.

Danielson, J.J.; Gesch, D.B. Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010): U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1073. Reston: [s.n.]. 2010.

De Dominicis, M., Pinardi, N., Zodiatis, G., Lardner, R. MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting - Part 1: Theory, *Geosci. Model Dev.*, v. 6, pp. 1851-1869, 2013a.

De Dominicis, M., Pinardi, N., Zodiatis, G., Archetti, R. MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting - Part 2: Numerical simulations and validations, *Geosci. Model Dev.*, v. 6, pp. 1871-1888, 2013b.

Dragaud, I.C.A.V. ; Da Silva, M.S; Assad, L.P.F.; Cataldi, M.; Landau, L.; Elias, R.N.; Pimentel, L.C.G. The impact of SST on the wind and air temperature simulations: a case study for the coastal region of the Rio de Janeiro state. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v. s/, p. 1-15, 2018.

Grell, G.A.; Dudhia, J.; Stauffer, D. A description of the fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5) (No. NCAR/TN-398+STR). Boulder: [s.n.]. 1994.

Hasselmann, K., Hasselmann, S., Bauer, E., et al. The WAM model -a third generation ocean wave prediction model. *J. Phys. Oceanogr.*, v. 18, n. 12, Dec. 1988, pp. 1775–1810, 1988.

Jacinto, L.F.R. ; Pimentel, L.C.G.; Oliveira Junior, J.F.; Dragaud, I.C.D.V.; Silva, C.; Cossich, W.; Marton, E.; Assad, L.P.F.; Guerrero, J.S.P.; Heilbron Filho, P.F.L.; Landau, L.. Thermally and Dynamically Driven Atmospheric Circulations over Heterogeneous Atmospheric Boundary Layer: Support for Safety Protocols and Environment Management at Nuclear Central Areas. *Atmosphere*, v. 12, p. 1321, 2021.

Lundquist, K.A.; Chow, F.K.; Lundquist, J.K. An Immersed Boundary Method for the Weather Research and Forecasting Model. *Monthly Weather Review*, v. 138, n. 3, p. 796–817, 2010.

Marchesiello, P., McWilliams, J. C., & Shchepetkin, A. Equilibrium Structure and Dynamics of the California Current System. *Journal of Physical Oceanography*, 33(4), 753-783, 2003.

Mesinger, F.; Arakawa, A. Numerical methods used in atmospheric models. 1976.

NCEP. The GFS atmospheric model. Office note (National Centers for Environmental Prediction (U.S.))442, URL: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/11406>. 2004.

Powers, J. G. et al. The Weather Research and Forecasting Model: Overview, System Efforts, and Future Directions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 98, n. 8, p. 1717–1737, 2017.

Shchepetkin, A. F., McWilliams, J. C. The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model, *Ocean Modelling*, v. 9, n. 4, pp. 347–404, 2005.

Silva, M.S.; Dragaud, I.C.D.; Jacinto, L.F.R.; Moraes, N.O.; Assad, L.P.F.; Evsukoff, A.G.; Landau, L.. Operational wind forecast over the offshore Campos basin and adjacent coastal region in Brazil: support for the oil and gas industry toward renewable energy transition. *JOURNAL OF OCEAN ENGINEERING AND MARINE ENERGY (PRINT)*, p. 1-22, 2024

Skamarock, W.C. et al. A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4. NCAR/TN-556+STR, v. 1, p. 1–154, 2019.

SWAN Team. SWAN User Manual SWAN Cycle III version 41.31, p. 143, 2019.

Toste, R.; Assad, L.P.F.; Landau, L. Downscaling of the global HadGEM2-ES results to model the future and present-day ocean conditions of the southeastern Brazilian continental shelf. *Climate Dynamics*, 51, 2017.

Toste, R.; Böck, C.S.; Da Silva, M.S.; Moraes, N.O.; Soares, A.E.; Nehme, D.M.; Assad, L.P.F.; Landau, L.; Barreto, F.; Da Silva Júnior, C.L. CODAR data assimilation into an integrated ocean forecasting system for the Brazilian Southeastern coast. *Ocean Modelling*, v. 188, p. 102331, 2024a.

Toste, R.; Vasconcelos, A.; Assad, L.P.F.; Landau, L. Dynamically downscaled coastal flooding in Brazil?s Guanabara Bay under a future climate change scenario. *NATURAL HAZARDS*, v. 1, p. 1-25, 2024b.

Toste, R.; Soares, A.E.; Nehme, D.M.; Sancho, L.; Böck, C.S.; Assad, L.P.F. and Landau, L. 4DVAR data assimilation in the Brazilian Equatorial Margin – Costa Norte Project. In: Malvárez, G. and Navas, F. (eds.), *Global Coastal*

Issues of 2020. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 95, pp. 1326–1332, 2020.

Tolman, H.L. The numerical model WAVEWATCH: a third-generation model for the hindcasting of wind waves on tides in shelf seas. In: Report 89-2, Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, Delft Univ. of Techn., Delft, 1989.

Whitman, G. B. Linear and nonlinear waves. 1974.

WW3DG, T. W. I. D. G. User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 6.07. Tech. Note 333, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, College Park, MD, USA, 2019.

## 5 - RESULTADO ESPERADO

O principal resultado esperado será a elaboração e estruturação de uma plataforma computacional integrada que dê suporte à identificação de áreas vulneráveis, a elaboração de metodologias de visualização científica e bases de dados para modelagem, avaliação de consequências e suporte ao planejamento, além de metodologias de disseminação e educação da população. Neste sentido, os produtos estão divididos em diferentes subsistemas. O primeiro módulo integra plataformas de um Sistema de Modelagem Ambiental. O segundo módulo é baseado num Sistema de Observação da Terra. O módulo três engloba um Sistema de Análise Geoespacial. O módulo quatro incorpora um Sistema de Visualização Científica e, finalmente, o módulo cinco abrange um Sistema Socioambiental-Educacional.

Como proposta inicial e que integram o orçamento apresentado, serão disponibilizados, através da plataforma do projeto Baía Digital (<http://baia.digital>), os seguintes produtos, mapas e análises. A configuração da plataforma proposta compreende os seguintes produtos abaixo relacionados:

| <b>SISTEMA DE MODELAGEM AMBIENTAL</b>  |  |
|--|--|
| Plataformas e Metodologias para Identificação de Áreas Vulneráveis   |  |
| <b>Produto</b>   |  |
| Previsão meteorológica (ventos, temperatura do ar e precipitação) para 48 horas com resolução espacial de 1 km e temporal de 1 hora para a região da baía de Guanabara |  |
| Previsão meteorológica (ventos, temperatura do ar e precipitação) com 9 km de resolução espacial e 1 hora de resolução temporal para todo o estado do Rio de Janeiro   |  |

|   |  |
|---|--|
| Previsão oceanográfica (correntes superficiais, nível do mar e ondas) com resolução espacial de 200 metros e temporal de 1 hora.  |  |
| Previsão de Dispersão de mancha de óleo oriunda de derramamento hipotético para qualquer ponto na baía de Guanabara alimentado por condições oceanográficas e meteorológicas previstas para o dia.  |  |
| <b>SISTEMA DE OBSERVAÇÃO DA TERRA</b>   |  |
| Plataformas, Metodologias e Bases de Dados para Modelagem, Avaliação de Consequências e Suporte ao Planejamento   |  |
| <b>Produto</b>  |  |
| Monitoramento Meteorológico a partir dos satélites GOES e METEOSAT: dados a cada 15 minutos com a geração dos produtos: precipitação, sistemas convectivos, classificação de nuvens, secas, vento na troposfera, descargas elétricas e focos de calor |  |
| Monitoramento Oceanográfico a partir dos satélites meteorológicos e oceanográficos com a geração dos produtos: temperatura da superfície do mar, produtividade primária, vento em superfície  |  |
| <b>SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA</b>   |  |
| Plataformas e Metodologias de Visualização Científica para a Avaliação de Consequências   |  |
| <b>Plataforma</b>   | <b>Produto</b>                           |
| Simulação Tridimensional e Holográfica  | Visualização e Publicação dos Resultados |
| Manipulação de Dados em Tempo Real  |  |
| Realidade Virtual e Aumentada   |  |
| WebGIS  |  |
| <b>SISTEMA SÓCIO-AMBIENTAL-EDUCACIONAL</b>  |  |
| Metodologias de popularização e educação da população   |  |
| <b>Produto</b>  |  |
| Disponibilização de índices sociais e variáveis demográficas para algumas regiões do Estado do Rio de Janeiro.  |  |

Ao longo da execução do projeto piloto outros produtos podem ser avaliados, bem como disponibilizados de acordo com as demandas do Governo do Estado e suas secretarias que estejam alinhadas e tenham sinergia com os dados ambientais e suas aplicações. Dessa forma, é possível elencar os

seguintes produtos e suas plataformas de disseminação, conforme demanda dos Centros de Operação e Gestores.

## **6. PRAZO DE EXECUÇÃO, METAS E PRAZOS**

O presente projeto terá vigência de 36 meses, que consiste na realização das seguintes etapas e suas respectivas datas de entrega:

- Meta 1:
  - Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica
  - Prazo de entrega: mês 1-8
- Meta 2:
  - Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha
  - Prazo de entrega: mês 1-8
- Meta 3:
  - Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas
  - Prazo de entrega: mês 1-8
- Meta 4:
  - Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar;
  - Prazo de entrega: mês 5-16
- Meta 5:
  - Desenvolvimento de atividades de capacitação para a equipe da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro (SEAS)
  - Prazo de entrega: mês 18-36
- Meta 6:
  - Desenvolver um sistema de informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas da Baía de Guanabara e região costeira como suporte à gestão ambiental
  - Prazo de entrega: mês 1-30
- Meta 7:
  - Desenhar programas de estímulo ao uso dos dados abertos gerados pelo projeto.
  - Prazo de entrega: mês 9-34
- Meta 8:



## 7. EQUIPE EXECUTORA

O projeto será desenvolvido pela seguinte equipe técnica e metas associadas:

| Projeto Guanabara Azul<br>CIBG/SEAS/INEA/LAMCE |                                  |  |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|--|----------------------------------|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--|--|--|--|--|--|--|
| Equipe   | Responsabilidade                 | Classificação  | Metas             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  |                                  |  | 1                 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |  |  |  |  |  |  |  |
| Equipe Chave                                   | Luiz Landau                      | Coordenação Geral                                      | Docente           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Luiz Paulo de Freitas Assad      | Coordenação Modelagem Ambiental                        | Docente           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Carina Böck                      | Modelagem Meteo-Oceanográfica e Dispersão de Poluentes | Pesquisador       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Corbiniano Silva                 | Coordenação Análise Sócio-Econômica e Geoestatística   | Pesquisador       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Gérson Gomes da Cunha            | Coordenação Visualização Científica                    | Docente           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Maria Célia Santos Lopes         | Coordenação Base de Dados                              | Pesquisador       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
| Equipe Complementar                            | Lívia Sancho                     | Modelagem Ambiental                                    | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Yuri Brasil                      | Modelagem Ambiental                                    | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Ray Brandão de Miranda           | Visualização Científica                                | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Mário Luiz Ribeiro               | Visualização Científica                                | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | A Definir                        | Análise Geostatística                                  | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Rebeca Lyra                      | Observação da Terra                                    | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | A Definir                        | Engenharia Eletrônica                                  | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | A Definir                        | Engenharia de Sistemas                                 | Pesquisador DTI-B |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Pablo                            | Modelagem Ambiental                                    | Pesquisador DTI-C |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | André Luís de Souza Cruz Barbosa | Base de Dados  | Pesquisador DTI-C |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | A Definir                        | Sistemas Computacionais                                | Pesquisador DTI-C |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Daniela Marinho                  | Observação da Terra                                    | Pesquisador DTI-C |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |  |

## 8. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Os pagamentos deverão ser realizados através de depósito bancário no Banco do Brasil S.A., Agência Governo Rio, Prefixo 2234-9, em conta especificada nas respectivas Notas Fiscais de Serviços Eletrônica, conforme discriminação a seguir e associados às metas específicas no cronograma:

| Projeto Guanabara Azul<br>CIBG/SEAS/INEA/LAMCE |                  |                   |                          |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |
|--|------------------|-------------------|--------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--|--|--|--|--|--|
| Desembolsos                                    | Valor            | Etapa/Mês         | Relatório Correspondente | Metas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |
|  |                  |                   |                          | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |  |  |  |  |  |  |
| 1  | R\$ 1.806.850,52 | Após a Assinatura | Plano de Trabalho        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |
| 2  | R\$ 1.398.731,85 | 6                 | R2                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |
| 3  | R\$ 1.319.202,19 | 12                | R4                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |
| 4  | R\$ 890.142,86   | 18                | R6                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |
| 5  | R\$ 890.142,86   | 24                | R8                       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |
| 6  | R\$ 563.142,86   | 30                | R10                      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |  |  |  |  |  |

| Tipo   | Item   | Quantidade | Descrição  | Metas Associadas | Parcelas                |                         |                         |                       |                       |                       | Total |                  |
|--|--|------------|--|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|------------------|
|  |  |            |  |                  | 1                       | 2                       | 3                       | 4                     | 5                     | 6                     |       |                  |
| Capital  | 1  |            | Servidor para Processamento e Armazenamento de Dados (Sistema DELL Storage 12TB + Servidor Rack PowerEdge R29680)                                | 1-11             | R\$ 47.178,07           | R\$ 36.508,32           | R\$ 37.048,16           |                       |                       |                       |       | R\$ 120.734,55   |
|  | 6  |            | Estações de Trabalho (Intel i9, RAM, 64GB, HD 14TB, Placa de Vídeo 16GB)   | 1-11             | R\$ 53.075,32           | R\$ 41.071,87           | R\$ 41.679,18           |                       |                       |                       |       | R\$ 135.826,37   |
|  | 6  |            | Laptops/Tablets (Dell G5, 32GB - Windows, Android ou IOS)  | 3, 4, 5, 11      | R\$ 14.743,15           | R\$ 11.408,85           | R\$ 11.577,55           |                       |                       |                       |       | R\$ 37.729,55    |
|  | 1  |            | Equipamentos de realidade virtual e aumentada para visualização científica (Sistema de Projeção Domo e Cave + Painéis LED)                       | 5, 6, 10, 11     | R\$ 48.071,86           | R\$ 130.060,91          | R\$ 131.984,08          |                       |                       |                       |       | R\$ 310.116,85   |
|  | 2  |            | Estação Meteorológica e Qualidade do Ar (Estação automática para medição de variáveis primárias meteorológicas, qualidade do ar, radiação solar) | 1-11             | R\$ 371.138,44          | R\$ 222.683,06          | R\$ 148.455,37          |                       |                       |                       |       | R\$ 742.276,87   |
|  | 4  |            | Geradores elétricos e combustível, incluindo alimentação por energia solar Inverter Portátil (manutenção e apoio à operação)                     | 11               | R\$ 11.794,52           | R\$ 9.127,08            | R\$ 9.262,04            |                       |                       |                       |       | R\$ 30.183,64    |
| Custeio  | Material de Consumo  |            | Hds e pendrive   | 1-11             | R\$ 2.420,69            | R\$ 2.420,69            | R\$ 2.420,69            | R\$ 848,16            | R\$ 848,16            |                       |       | R\$8.958,40      |
|  |  |            | Toner  |                  | R\$ 1.037,44            | R\$ 1.037,44            | R\$ 1.037,44            | R\$ 363,50            | R\$ 363,50            |                       |       | R\$3.839,31      |
|  | Diárias & Passagens  |            | Visitas Técnicas   | 1-11             | R\$25.935,97            | R\$25.935,97            | R\$25.935,97            | R\$25.935,97          | R\$25.935,97          |                       |       | R\$129.679,85    |
|  |  |            | Participação em congressos e eventos técnicos científicos  |                  |                         |                         |                         |                       |                       |                       |       |                  |
|  | Serviços de Terceiros (serviços complementares de apoio à operação dos equipamentos) |            | Integração e desenvolvimento dos produtos de sensores orbitais e in-situ   | 6, 10, 11        | R\$96.115,49            | R\$96.115,49            | R\$96.115,49            | R\$96.115,49          | R\$96.115,49          |                       |       | R\$480.577,46    |
|  |  |            | Telemetria e instalação da infraestrutura de transmissão de dados dos sensores in-situ e satélites   | 6, 10, 11        | R\$28.834,65            | R\$28.834,65            | R\$28.834,65            | R\$28.834,65          | R\$28.834,65          |                       |       | R\$144.173,24    |
|  |  |            | Serviços para operação e infraestrutura de visualização científica   | 1, 11, 25        | R\$120.000,00           |                         |                         |                       |                       |                       |       | R\$120.000,00    |
|  |  |            | Manutenção e operacionalização de equipamentos e sensores de observação meteorológica e Oceanográfica  | 6, 10, 11        | R\$33.640,42            | R\$33.640,42            | R\$33.640,42            | R\$33.640,42          | R\$33.640,42          |                       |       | R\$168.202,11    |
|  |  |            | Manutenção Estrutura Computacional e Redes   | 1-11             | R\$57.669,30            | R\$57.669,30            | R\$57.669,30            | R\$57.669,30          | R\$57.669,30          |                       |       | R\$288.346,48    |
|  |  |            | Serviço de desenvolvimento de sistema WEBGIS (serviços de nuvem)   | 5, 6, 10, 11     | R\$24.028,87            | R\$24.028,87            | R\$24.028,87            | R\$24.028,87          | R\$24.028,87          |                       |       | R\$120.144,37    |
|  | Despesas de importação (Estação e Sensores Meteorológicos e Oceanográficos)          |            | R\$148.455,37  |                  |                         |                         |                         |                       |                       | R\$148.455,37         |       |                  |
| Bolsas   | 6  |            | DTI-A  | 1-11             | R\$ 241.200,00          | R\$ 241.200,00          | R\$ 241.200,00          | R\$ 241.200,00        | R\$ 241.200,00        | R\$ 241.200,00        |       | R\$ 1.447.200,00 |
|  | 8  |            | DTI-B  | 1-11             | R\$ 240.000,00          | R\$ 240.000,00          | R\$ 240.000,00          | R\$ 240.000,00        | R\$ 240.000,00        | R\$ 240.000,00        |       | R\$ 1.440.000,00 |
|  | 4  |            | DTI-C  | 1-11             | R\$ 44.400,00           | R\$ 44.400,00           | R\$ 44.400,00           | R\$ 44.400,00         | R\$ 44.400,00         | R\$ 20.509,11         |       | R\$ 242.509,11   |
| Despesas Operacionais e Administrativas            |  |            |  |                  | R\$ 197.110,97          | R\$ 152.588,93          | R\$ 143.912,97          | R\$ 97.106,49         | R\$ 97.106,49         | R\$ 61.433,77         |       |                  |
| <b>Total Parcelas (Capital + Custeio + Bolsas)</b> |  |            |  |                  | <b>R\$ 1.806.850,52</b> | <b>R\$ 1.398.731,85</b> | <b>R\$ 1.319.202,19</b> | <b>R\$ 890.142,85</b> | <b>R\$ 890.142,85</b> | <b>R\$ 563.142,88</b> |       |                  |
| <b>Total Geral</b>                                 |  |            |  |                  | <b>R\$ 6.868.213,14</b> |                         |                         |                       |                       |                       |       |                  |

### 8.1 Desembolso 1

A primeira parcela no valor de **R\$1.806.850,52**, após a assinatura do contrato. Este aporte será necessário para o desenvolvimento inicial do projeto de pesquisa ora proposto, composto por itens de capital, custeio e pessoal, frente aos custos previstos e às metas a serem desenvolvidas e relacionadas às atividades nos primeiros 6 meses de projeto.

## 1. Despesas de Capital

- a. Servidor Rack PowerEdge XE9680 (R\$ 47.178,07) . Fase inicial da montagem da plataforma computacional de alto desempenho para armazenamento e processamento de dados meteorológicos e oceanográficos in situ e remotos pretéritos disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esse equipamento está associado às metas:
  - i. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);
  - ii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
  - iii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
  - iv. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
  - v. Desenvolver um sistema de informações em tempo real, sobre as condições hidrodinâmicas e atmosféricas da Baía de Guanabara e Região Costeira, como suporte à gestão ambiental (Meta 6);
  - vi. Desenvolvimento de sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital (Meta 11).
- b. Estações de Trabalho Intel i9, RAM, 64GB, HD 14TB, Placa de Vídeo 16GB (R\$ 53.075,32). Aquisição de 2 estações de trabalho para desenvolvimento de sistemas para processamento de condições iniciais e de contorno a serem utilizadas nos sistemas computacionais de previsão oceanográfica (circulação e ondas), meteorológica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3 e 4). As estações de trabalho também serão utilizadas no início das atividades de geração de dados e modelagem socioambiental para a geração de informação e indicadores socioambientais (Meta 8);
- c. Laptops/Tablets [Dell G5 Windows/Android/IOS) (R\$ 14.743,15). Aquisição de 2 laptops para análise e processamento de dados in situ meteorológicos e oceanográficos coletados em campo por sensores disponíveis e adquiridos ao longo do projeto. Estas atividades estão associadas às Metas 1, 2, 3, 4. Esses equipamentos também serão utilizados para atividades associadas ao desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos 7 (sete) municípios de Baía de Guanabara;
- d. Equipamentos de Realidade Virtual e Aumentada Sistema de Projeção Domo e Cave + Painéis LED (R\$ 48.071,86). Aquisição de sistema computacional para controle do vídeowall e sala de situação em ambiente de realidade virtual imersiva de resultados numéricos produzidos pelos sistemas de previsão desenvolvidos nas metas 1,2, 3 e 4. Esses equipamentos também serão utilizados para o desenvolvimento de atividades de capacitação para a equipe da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro (Meta 5), e também para o desenvolvimento do sistema de

- informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas e atmosféricas da Baía de Guanabara e Região Costeira (Meta 6), para o desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento (Meta 10), e para atividades associadas ao monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital (Meta 11);
- e. Estação Meteorológica e de Qualidade do Ar (R\$ 371.138,44). Aquisição de 2 estação de monitoramento meteorológica e de qualidade do ar para a fase inicial de desenvolvimento do sistema de disponibilização de dados in situ em tempo real e para avaliação dos resultados numéricos obtidos pelos modelos computacionais meteorológicos e oceanográficos (circulação e ondas), associados às metas 1, 2 e 3. Além disso, a aquisição das referidas estações será utilizada para atividades de desenvolvidas nas Metas 5 e 6. Ressalta-se ainda a utilização dos dados adquiridos pelos sensores para o desenvolvimento da Meta 7 (Desenvolver programas de estímulo ao uso de dados abertos gerados pelo projeto), Meta 10 (Desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos 7 municípios de Baía de Guanabara), e Meta 11 (Monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital);
  - f. Gerador Partida Elétrica – Bluetti Inverter Portátil (R\$ 11.794,52). Aquisição inicial de sistema de geração de energia suplementar para estações meteorológicas e oceanográficas adquiridas ao longo do projeto. A aquisição desse equipamento está associada à meta 11 (Monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital).
2. Material de Consumo
- a. HDs e Pendrives (R\$ 2.420,69). Equipamentos para armazenamento de dados disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esses materiais estão associados às metas:
    - i. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);
    - ii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
    - iii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
    - iv. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
  - b. Toners (R\$ 1.037,44). Material de suporte para a impressão de relatórios técnicos e demais documentos gerados ao longo do projeto. Esse material está associado às Metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 6 (Sistemas de informação sobre as condições ambientais da Baía de Guanabara), 8 (Modelagem socioambiental) e 9 (Índices de vulnerabilidade socioambiental).
3. Diárias e Passagens
- a. Diárias e Passagens (R\$ 25.935,97). Passagens aéreas (2 x R\$ 4.934,98 = R\$ 9.869,97) e diárias (5 diárias x 2 pessoas x US\$ 277 = 16.066,00) a serem utilizadas por pesquisadores do projeto para a participação em oficinas de trabalho em eventos técnico-científicos internacionais. Essas despesas estão associadas às metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 10 (Plataforma digital e disseminação de dados) e 11

(sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital). Obs.: 1 dólar = R\$ 5,80.

#### 4. Despesas de Pessoal

- a. Pesquisador DTI-A (R\$ 6.700,00);
    - i. Luiz Landau. Coordenação geral do projeto (Metas 1 a 11);
    - ii. Luiz Paulo de Freitas Assad. Pesquisador responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica (Metas 1 a 11);
    - iii. Carina Böck. Pesquisadora responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3, 4 e 11);
    - iv. Corbiniano Silva. Pesquisador responsável pelas atividades de análise geoestatística e socioeconômica (Metas 1, 5, 8, 9, 10 e 11);
    - v. Gérson Gomes da Cunha. Pesquisador responsável pelas atividades de visualização científica e disponibilização de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10);
    - vi. Maria Célia Santos Lopes. Pesquisadora atuante nas atividades de visualização científica de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10).
  - b. Pesquisador DTI-B (R\$ 5.000,00)
    - i. Livia Sancho. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
    - ii. Ray Brandão de Miranda. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - iii. Mário Luiz Ribeiro. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - iv. Rebeca Lyra. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
    - v. Yuri Brasil. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
    - vi. A definir (Geoprocessamento). Atividades: Análise Geoestatística e Socioeconômica (Metas 5, 7, 8 e 9);
    - vii. A definir (Eletrônica). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
    - viii. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11).
  - c. Pesquisador IC (R\$ 1.684,09).
    - i. Pablo. Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
    - ii. Daniela Marinho. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
    - iii. André Luís de Souza Cruz Barbosa. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - iv. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
- #### 5. Serviços de Terceiros
- a. Integração dos produtos de sensores orbitais e in situ (R\$ 96.115,49). Desenvolvimento estatístico e computacional para obtenção dos produtos espaciais e temporais de sensoriamento remoto e dados locais. (Metas 6, 10 e 11);

- b. Instalação da infraestrutura de transmissão de dados (R\$ 28.834,65). Telemetria e transmissão de dados remotos ao LAMCE, envolvendo infraestrutura celular e satélite (Metas 6, 10 e 11);
- c. Manutenção de equipamentos e sensores (R\$ 33.640,42). Manutenção operacional dos equipamentos com substituição preventiva e corretiva de possíveis danos ou recalibração (Metas 6, 10 e 11);
- d. Manutenção da infraestrutura computacional (R\$ 57.669,30). Manutenção da operacionalidade da infraestrutura computacional e de redes (Metas 1 a 11);
- e. Desenvolvimento de sistema WebGIS (R\$ 24.028,87). Criação e desenvolvimento da plataforma de visualização e disseminação de dados (Metas 5, 6, 10 e 11);
- f. Despesas de importação (R\$ 148.455,37). Despesas necessárias ao processo de importação dos equipamentos, tributação e logística (Metas 1 a 11).
- g. Implantação do sistema de vídeowall (R\$120.000,00). Infraestrutura da sala de situação do projeto e referente as metas 1-11.

## 8.2 Desembolso 2

A segunda parcela no valor de **R\$1.398.731,85**, 6 meses após a assinatura do contrato, este aporte será necessário para o desenvolvimento do projeto de pesquisa ora proposto, composto por itens de capital, custeio e pessoal, frente aos custos previstos e às metas a serem desenvolvidas. A seguir, serão detalhadas as despesas relacionadas às atividades:

### 6. Despesas de Capital

- a. Servidor (R\$36.508,32). Fase intermediária da montagem da plataforma computacional de alto desempenho para armazenamento e processamento de dados meteorológicos e oceanográficos in situ e remotos pretéritos disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esse equipamento está associado às metas:
  - i. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);
  - ii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
  - iii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
  - iv. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
  - v. Desenvolver um sistema de informações em tempo real, sobre as condições hidrodinâmicas e atmosféricas da Baía de Guanabara e Região Costeira, como suporte à gestão ambiental (Meta 6);
  - vi. Desenvolvimento de sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital (Meta 11).
- b. Estações de Trabalho (R\$41.071,87). Aquisição de 2 estações de trabalho para desenvolvimento de sistemas para processamento de condições iniciais e de contorno a serem utilizadas nos sistemas computacionais de previsão oceanográfica (circulação e ondas),

- meteorológica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3 e 4). As estações de trabalho também serão utilizadas no início das atividades de geração de dados e modelagem socioambiental para a geração de informação e indicadores socioambientais (Meta 8);
- c. Laptops/Tablets (R\$11.408,85). Aquisição de 2 laptops/tablets para análise e visualização de dados in situ meteorológicos e oceanográficos coletados em campo por sensores disponíveis e adquiridos ao longo do projeto. Estas atividades estão associadas às Metas 4 a 11. Esses equipamentos também serão utilizados para atividades associadas ao desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos 7 (sete) municípios de Baía de Guanabara;
  - d. Equipamentos de Realidade Virtual e Aumentada (R\$130.060,91). Aquisição de telas LED, projetores 3D para exposição visual em ambiente de realidade virtual imersiva de resultados numéricos produzidos pelos sistemas de previsão desenvolvidos nas metas 1,2, 3 e 4. Esses equipamentos também serão utilizados para o desenvolvimento de atividades de capacitação para a equipe da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro (Meta 5), e também para o desenvolvimento do sistema de informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas e atmosféricas da Baía de Guanabara e Região Costeira (Meta 6), para o desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento (Meta 10), e para atividades associadas ao monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital (Meta 11);
  - e. Estação Meteorológica e de Qualidade do Ar (R\$222.683,06). Aquisição dos sensores de monitoramento meteorológica e de qualidade do ar para a fase inicial de desenvolvimento do sistema de disponibilização de dados in situ em tempo real e para avaliação dos resultados numéricos obtidos pelos modelos computacionais meteorológicos e oceanográficos (circulação e ondas), associados às metas 1, 2 e 3. Além disso, a aquisição das referidas estações será utilizada para atividades de desenvolvidas nas Metas 5 e 6. Ressalta-se ainda a utilização dos dados adquiridos pelos sensores para o desenvolvimento da Meta 7 (Desenvolver programas de estímulo ao uso de dados abertos gerados pelo projeto), Meta 10 (Desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos 7 municípios de Baía de Guanabara), e Meta 11 (Monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital);
  - f. Gerador a diesel 14 kva 220 volts (R\$9.127,08). Aquisição inicial de sistema de geração de energia suplementar para estações meteorológicas e oceanográficas adquiridas ao longo do projeto. A aquisição desse equipamento está associada à meta 11 (Monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital).
7. Material de Consumo
- a. HDs e Pendrives (R\$2.420,69). Equipamentos para armazenamento de dados disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esses materiais estão associados às metas:

- i. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);
    - ii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
    - iii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
    - iv. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
  - b. Toners (R\$ 1.037,44). Material de suporte para a impressão de relatórios técnicos e demais documentos gerados ao longo do projeto. Esse material está associado às Metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 6 (Sistemas de informação sobre as condições ambientais da Baía de Guanabara), 8 (Modelagem socioambiental) e 9 (Índices de vulnerabilidade socioambiental).
8. Diárias e Passagens
  - a. Diárias e Passagens (R\$ 25.935,97). Passagens aéreas (2 x R\$ 4.934,98 = R\$ 9.869,97) e diárias (5 diárias x 2 pessoas x US\$ 277 = 16.066,00) a serem utilizadas por pesquisadores do projeto para a participação em oficinas de trabalho em eventos técnico-científicos internacionais. Essas despesas estão associadas às metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 10 (Plataforma digital e disseminação de dados) e 11 (sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital). Obs.: 1 dólar = R\$ 5,80.
9. Despesas de Pessoal
  - a. Pesquisador DTI-A (R\$ 6.700,00);
    - i. Luiz Landau. Coordenação geral do projeto (Metas 1 a 11);
    - ii. Luiz Paulo de Freitas Assad. Pesquisador responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica (Metas 1 a 11);
    - iii. Carina Böck. Pesquisadora responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3, 4 e 11);
    - iv. Corbiniano Silva. Pesquisador responsável pelas atividades de análise geoestatística e socioeconômica (Metas 1, 5, 8, 9, 10 e 11);
    - v. Gérson Gomes da Cunha. Pesquisador responsável pelas atividades de visualização científica e disponibilização de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10);
    - vi. Maria Célia Santos Lopes. Pesquisadora atuante nas atividades de visualização científica de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10).
  - b. Pesquisador DTI-B (R\$ 5.000,00)
    - i. Livia Sancho. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10); Ray Brandão de Miranda. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - ii. Mário Luiz Ribeiro. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - iii. Rebeca Lyra. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
    - iv. Yuri Brasil. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);

- v. A definir (Geoprocessamento). Atividades: Análise Geoestatística e Socioeconômica (Metas 5, 7, 8 e 9);
  - vi. A definir (Eletrônica). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - vii. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11).
- c. Pesquisador IC (R\$ 1.684,09).
- i. Pablo. Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
  - ii. Daniela Marinho. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - iii. André Luís de Souza Cruz Barbosa. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - iv. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
10. Serviços de Terceiros
- a. Integração dos produtos de sensores orbitais e in situ (R\$ 96.115,49). Desenvolvimento estatístico e computacional para obtenção dos produtos espaciais e temporais de sensoriamento remoto e dados locais. (Metas 6, 10 e 11);
  - b. Instalação da infraestrutura de transmissão de dados (R\$ 28.834,65). Telemetria e transmissão de dados remotos ao LAMCE, envolvendo infraestrutura celular e satélite (Metas 6, 10 e 11);
  - c. Manutenção de equipamentos e sensores (R\$ 33.640,42). Manutenção operacional dos equipamentos com substituição preventiva e corretiva de possíveis danos ou recalibração (Metas 6, 10 e 11);
  - d. Manutenção da infraestrutura computacional (R\$ 57.669,30). Manutenção da operacionalidade da infraestrutura computacional e de redes (Metas 1 a 11);
  - e. Desenvolvimento de sistema WebGIS (R\$ 24.028,87). Criação e desenvolvimento da plataforma de visualização e disseminação de dados (Metas 5, 6, 10 e 11);

### 8.3 Desembolso 3

A terceira parcela no valor de **R\$1.319.202,19**, 18 meses após a assinatura do contrato, este aporte será necessário para o desenvolvimento do projeto de pesquisa ora proposto, composto por itens de capital, custeio e pessoal, frente aos custos previstos e às metas a serem desenvolvidas. A seguir, serão detalhadas as despesas relacionadas às atividades:

11. Despesas de Capital
- a. Servidor (R\$37.048,16). Fase final da montagem da plataforma computacional de alto desempenho para armazenamento e processamento de dados meteorológicos e oceanográficos in situ e remotos pretéritos disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esse equipamento está associado às metas:
    - i. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);

- ii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
  - iii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
  - iv. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
  - v. Desenvolver um sistema de informações em tempo real, sobre as condições hidrodinâmicas e atmosféricas da Baía de Guanabara e Região Costeira, como suporte à gestão ambiental (Meta 6);
  - vi. Desenvolvimento de sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital (Meta 11).
- b. Estações de Trabalho (R\$41.679,18). Aquisição de 2 estações de trabalho para desenvolvimento de sistemas para processamento de condições iniciais e de contorno a serem utilizadas nos sistemas computacionais de previsão oceanográfica (circulação e ondas), meteorológica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3 e 4). As estações de trabalho também serão utilizadas no início das atividades de geração de dados e modelagem socioambiental para a geração de informação e indicadores socioambientais (Meta 8);
- c. Laptops/Tablets (R\$11.577,55). Aquisição de 2 laptops/tablets para análise e processamento de dados in situ meteorológicos e oceanográficos coletados em campo por sensores disponíveis e adquiridos ao longo do projeto. Estas atividades estão associadas às Metas 6, 7, 8, 9 e 10. Esses equipamentos também serão utilizados para atividades associadas ao desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos 7 (sete) municípios de Baía de Guanabara;
- d. Equipamentos de Realidade Virtual e Aumentada (R\$131.984,08). Aquisição de telas LED, projetores 3D para exposição visual em ambiente de realidade virtual imersiva de resultados numéricos produzidos pelos sistemas de previsão desenvolvidos nas metas 1,2, 3 e 4. Esses equipamentos também serão utilizados para o desenvolvimento de atividades de capacitação para a equipe da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Rio de Janeiro (Meta 5), e também para o desenvolvimento do sistema de informações em tempo real sobre as condições hidrodinâmicas e atmosféricas da Baía de Guanabara e Região Costeira (Meta 6), para o desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento (Meta 10), e para atividades associadas ao monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital (Meta 11);
- e. Estação Meteorológica e de Qualidade do Ar (R\$148.455,37). Aquisição dos sensores de monitoramento meteorológica e de qualidade do ar para a fase inicial de desenvolvimento do sistema de disponibilização de dados in situ em tempo real e para avaliação dos resultados numéricos obtidos pelos modelos computacionais meteorológicos e oceanográficos (circulação e ondas), associados às metas 1, 2 e 3. Além disso, a aquisição das referidas estações será utilizada para atividades de desenvolvidas nas Metas 5 e 6. Ressalta-se ainda a utilização dos dados adquiridos pelos sensores para o desenvolvimento da Meta 7

- (Desenvolver programas de estímulo ao uso de dados abertos gerados pelo projeto), Meta 10 (Desenvolvimento de plataforma digital e disseminação do conhecimento produzido para gestores, pesquisadores e população dos 7 municípios de Baía de Guanabara), e Meta 11 (Monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital);
- f. Gerador a diesel 14 kva 220 volts (R\$9.262,04). Aquisição inicial de sistema de geração de energia suplementar para estações meteorológicas e oceanográficas adquiridas ao longo do projeto. A aquisição desse equipamento está associada à meta 11 (Monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital).
12. Material de Consumo
- a. HDs e Pendrives (R\$2.420,69). Equipamentos para armazenamento de dados disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esses materiais estão associados às metas:
- Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);
  - Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
  - Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
  - Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
- b. Toners (R\$ 1.037,44). Material de suporte para a impressão de relatórios técnicos e demais documentos gerados ao longo do projeto. Esse material está associado às Metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 6 (Sistemas de informação sobre as condições ambientais da Baía de Guanabara), 8 (Modelagem socioambiental) e 9 (Índices de vulnerabilidade socioambiental).
13. Diárias e Passagens
- a. Diárias e Passagens (R\$ 25.935,97). Passagens aéreas (2 x R\$ 4.934,98 = R\$ 9.869,97) e diárias (5 diárias x 2 pessoas x US\$ 277 = 16.066,00) a serem utilizadas por pesquisadores do projeto para a participação em oficinas de trabalho em eventos técnico-científicos internacionais. Essas despesas estão associadas às metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 10 (Plataforma digital e disseminação de dados) e 11 (sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital). Obs.: 1 dólar = R\$ 5,80.
14. Despesas de Pessoal
- a. Pesquisador DTI-A (R\$ 6.700,00);
- Luiz Landau. Coordenação geral do projeto (Metas 1 a 11);
  - Luiz Paulo de Freitas Assad. Pesquisador responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica (Metas 1 a 11);
  - Carina Böck. Pesquisadora responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3, 4 e 11);
  - Corbiniano Silva. Pesquisador responsável pelas atividades de análise geoestatística e socioeconômica (Metas 1, 5, 8, 9, 10 e 11);

- v. Gérson Gomes da Cunha. Pesquisador responsável pelas atividades de visualização científica e disponibilização de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10);
  - vi. Maria Célia Santos Lopes. Pesquisadora atuante nas atividades de visualização científica de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10).
- b. Pesquisador DTI-B (R\$ 5.000,00)
- i. Livia Sancho. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10); Ray Brandão de Miranda. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - ii. Mário Luiz Ribeiro. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - iii. Rebeca Lyra. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - iv. Yuri Brasil. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
  - v. A definir (Geoprocessamento). Atividades: Análise Geoestatística e Socioeconômica (Metas 5, 7, 8 e 9);
  - vi. A definir (Eletrônica). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - vii. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11).
- c. Pesquisador IC (R\$ 1.684,09).
- i. Pablo. Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
  - ii. Daniela Marinho. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - iii. André Luís de Souza Cruz Barbosa. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - iv. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
15. Serviços de Terceiros
- a. Integração dos produtos de sensores orbitais e in situ (R\$ 96.115,49). Desenvolvimento estatístico e computacional para obtenção dos produtos espaciais e temporais de sensoriamento remoto e dados locais. (Metas 6, 10 e 11);
  - b. Instalação da infraestrutura de transmissão de dados (R\$ 28.834,65). Telemetria e transmissão de dados remotos ao LAMCE, envolvendo infraestrutura celular e satélite (Metas 6, 10 e 11);
  - c. Manutenção de equipamentos e sensores (R\$ 33.640,42). Manutenção operacional dos equipamentos com substituição preventiva e corretiva de possíveis danos ou recalibração (Metas 6, 10 e 11);
  - d. Manutenção da infraestrutura computacional (R\$ 57.669,30). Manutenção da operacionalidade da infraestrutura computacional e de redes (Metas 1 a 11);
  - e. Desenvolvimento de sistema WebGIS (R\$ 24.028,87). Criação e desenvolvimento da plataforma de visualização e disseminação de dados (Metas 5, 6, 10 e 11);

#### 8.4 Desembolso 4

A quarta parcela no valor de R\$890.142,85, 24 meses após a assinatura do contrato, este aporte será necessário para o desenvolvimento do projeto de pesquisa ora proposto, composto por itens de capital, custeio e pessoal, frente aos custos previstos e às metas a serem desenvolvidas. A seguir, serão detalhadas as despesas relacionadas às atividades:

#### 16. Material de Consumo

- a. HDs e Pendrives (R\$848,16). Equipamentos para armazenamento de dados disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esses materiais estão associados às metas:
  - i. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);
  - ii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
  - iii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
  - iv. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
- b. Toners (R\$363,50). Material de suporte para a impressão de relatórios técnicos e demais documentos gerados ao longo do projeto. Esse material está associado às Metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 6 (Sistemas de informação sobre as condições ambientais da Baía de Guanabara), 8 (Modelagem socioambiental) e 9 (Índices de vulnerabilidade socioambiental).

#### 17. Diárias e Passagens

- a. Diárias e Passagens (R\$ 25.935,97). Passagens aéreas (2 x R\$ 4.934,98 = R\$ 9.869,97) e diárias (5 diárias x 2 pessoas x US\$ 277 = 16.066,00) a serem utilizadas por pesquisadores do projeto para a participação em oficinas de trabalho em eventos técnico-científicos internacionais. Essas despesas estão associadas às metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 10 (Plataforma digital e disseminação de dados) e 11 (sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital). Obs.: 1 dólar = R\$ 5,80.

#### 18. Despesas de Pessoal

- a. Pesquisador DTI-A (R\$ 6.700,00);
  - i. Luiz Landau. Coordenação geral do projeto (Metas 1 a 11);
  - ii. Luiz Paulo de Freitas Assad. Pesquisador responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica (Metas 1 a 11);
  - iii. Carina Böck. Pesquisadora responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3, 4 e 11);
  - iv. Corbiniano Silva. Pesquisador responsável pelas atividades de análise geoestatística e socioeconômica (Metas 1, 5, 8, 9, 10 e 11);
  - v. Gérson Gomes da Cunha. Pesquisador responsável pelas atividades de visualização científica e disponibilização de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10);

- vi. Maria Célia Santos Lopes. Pesquisadora atuante nas atividades de visualização científica de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10).
  - b. Pesquisador DTI-B (R\$ 5.000,00)
    - i. Lívia Sancho. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10); Ray Brandão de Miranda. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - ii. Mário Luiz Ribeiro. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - iii. Rebeca Lyra. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
    - iv. Yuri Brasil. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
    - v. A definir (Geoprocessamento). Atividades: Análise Geoestatística e Socioeconômica (Metas 5, 7, 8 e 9);
    - vi. A definir (Eletrônica). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
    - vii. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11).
  - c. Pesquisador IC (R\$ 1.684,09).
    - i. Pablo. Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
    - ii. Daniela Marinho. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
    - iii. André Luís de Souza Cruz Barbosa. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
    - iv. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
19. Serviços de Terceiros
- a. Integração dos produtos de sensores orbitais e in situ (R\$ 96.115,49). Desenvolvimento estatístico e computacional para obtenção dos produtos espaciais e temporais de sensoriamento remoto e dados locais. (Metas 6, 10 e 11);
  - b. Instalação da infraestrutura de transmissão de dados (R\$ 28.834,65). Telemetria e transmissão de dados remotos ao LAMCE, envolvendo infraestrutura celular e satélite (Metas 6, 10 e 11);
  - c. Manutenção de equipamentos e sensores (R\$ 33.640,42). Manutenção operacional dos equipamentos com substituição preventiva e corretiva de possíveis danos ou recalibração (Metas 6, 10 e 11);
  - d. Manutenção da infraestrutura computacional (R\$ 57.669,30). Manutenção da operacionalidade da infraestrutura computacional e de redes (Metas 1 a 11);
  - e. Desenvolvimento de sistema WebGIS (R\$ 24.028,87). Criação e desenvolvimento da plataforma de visualização e disseminação de dados (Metas 5, 6, 10 e 11);

## 8.5 Desembolso 5

A quinta parcela no valor de **R\$890.142,85, 24** meses após a assinatura do contrato, este aporte será necessário para o desenvolvimento do projeto de pesquisa ora proposto, composto por itens de capital, custeio e pessoal, frente

aos custos previstos e às metas a serem desenvolvidas. A seguir, serão detalhadas as despesas relacionadas às atividades:

#### 20. Material de Consumo

- a. HDs e Pendrives (R\$848,16). Equipamentos para armazenamento de dados disponíveis e a serem adquiridos ao longo do projeto na região de estudo. Esses materiais estão associados às metas:
  - i. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação atmosférica (Meta 1);
  - ii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de circulação marinha (Meta 2);
  - iii. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de ondas (Meta 3);
  - iv. Desenvolvimento de sistema computacional operacional de dispersão de poluentes no mar (Meta 4);
- b. Toners (R\$363,50). Material de suporte para a impressão de relatórios técnicos e demais documentos gerados ao longo do projeto. Esse material está associado às Metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 6 (Sistemas de informação sobre as condições ambientais da Baía de Guanabara), 8 (Modelagem socioambiental) e 9 (Índices de vulnerabilidade socioambiental).

#### 21. Diárias e Passagens

- a. Diárias e Passagens (R\$ 25.935,97). Passagens aéreas (2 x R\$ 4.934,98 = R\$ 9.869,97) e diárias (5 diárias x 2 pessoas x US\$ 277 = 16.066,00) a serem utilizadas por pesquisadores do projeto para a participação em oficinas de trabalho em eventos técnico-científicos internacionais. Essas despesas estão associadas às metas 5 (Atividades de capacitação de equipe da SEAS), 10 (Plataforma digital e disseminação de dados) e 11 (sistema de monitoramento meteo-oceanográfico in situ e orbital). Obs.: 1 dólar = R\$ 5,80.

#### 22. Despesas de Pessoal

- a. Pesquisador DTI-A (R\$ 6.700,00);
  - i. Luiz Landau. Coordenação geral do projeto (Metas 1 a 11);
  - ii. Luiz Paulo de Freitas Assad. Pesquisador responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica (Metas 1 a 11);
  - iii. Carina Böck. Pesquisadora responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3, 4 e 11);
  - iv. Corbiniano Silva. Pesquisador responsável pelas atividades de análise geoestatística e socioeconômica (Metas 1, 5, 8, 9, 10 e 11);
  - v. Gérson Gomes da Cunha. Pesquisador responsável pelas atividades de visualização científica e disponibilização de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10);
  - vi. Maria Célia Santos Lopes. Pesquisadora atuante nas atividades de visualização científica de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10).
- b. Pesquisador DTI-B (R\$ 5.000,00)

- i. Lívia Sancho. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10); Ray Brandão de Miranda. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - ii. Mário Luiz Ribeiro. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - iii. Rebeca Lyra. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - iv. Yuri Brasil. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
  - v. A definir (Geoprocessamento). Atividades: Análise Geoestatística e Socioeconômica (Metas 5, 7, 8 e 9);
  - vi. A definir (Eletrônica). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - vii. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11).
- c. Pesquisador IC (R\$ 1.684,09).
- i. Pablo. Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
  - ii. Daniela Marinho. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - iii. André Luís de Souza Cruz Barbosa. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - iv. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
23. Serviços de Terceiros
- a. Integração dos produtos de sensores orbitais e in situ (R\$ 96.115,49). Desenvolvimento estatístico e computacional para obtenção dos produtos espaciais e temporais de sensoriamento remoto e dados locais. (Metas 6, 10 e 11);
  - b. Instalação da infraestrutura de transmissão de dados (R\$ 28.834,65). Telemetria e transmissão de dados remotos ao LAMCE, envolvendo infraestrutura celular e satélite (Metas 6, 10 e 11);
  - c. Manutenção de equipamentos e sensores (R\$ 33.640,42). Manutenção operacional dos equipamentos com substituição preventiva e corretiva de possíveis danos ou recalibração (Metas 6, 10 e 11);
  - d. Manutenção da infraestrutura computacional (R\$ 57.669,30). Manutenção da operacionalidade da infraestrutura computacional e de redes (Metas 1 a 11);
  - e. Desenvolvimento de sistema WebGIS (R\$ 24.028,87). Criação e desenvolvimento da plataforma de visualização e disseminação de dados (Metas 5, 6, 10 e 11);

## 8.6 Desembolso 6

A quinta parcela no valor de **R\$563.142,88**, 30 meses após a assinatura do contrato, este aporte será necessário para o desenvolvimento do projeto de pesquisa ora proposto, composto por itens de capital, custeio e pessoal, frente aos custos previstos e às metas a serem desenvolvidas. A seguir, serão detalhadas as despesas relacionadas às atividades:

## 24. Despesas de Pessoal

- a. Pesquisador DTI-A (R\$ 6.700,00);
  - i. Luiz Landau. Coordenação geral do projeto (Metas 1 a 11);
  - ii. Luiz Paulo de Freitas Assad. Pesquisador responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica (Metas 1 a 11);
  - iii. Carina Böck. Pesquisadora responsável pelas atividades de modelagem meteo-oceanográfica e de dispersão de poluentes no mar (Metas 1, 2, 3, 4 e 11);
  - iv. Corbiniano Silva. Pesquisador responsável pelas atividades de análise geoestatística e socioeconômica (Metas 1, 5, 8, 9, 10 e 11);
  - v. Gérson Gomes da Cunha. Pesquisador responsável pelas atividades de visualização científica e disponibilização de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10);
  - vi. Maria Célia Santos Lopes. Pesquisadora atuante nas atividades de visualização científica de dados adquiridos e resultados gerados pelo projeto (Metas 1, 5, 6, 7 e 10).
- b. Pesquisador DTI-B (R\$ 5.000,00)
  - i. Livia Sancho. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10); Ray Brandão de Miranda. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - ii. Mário Luiz Ribeiro. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - iii. Rebeca Lyra. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - iv. Yuri Brasil. Atividades: Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
  - v. A definir (Geoprocessamento). Atividades: Análise Geoestatística e Socioeconômica (Metas 5, 7, 8 e 9);
  - vi. A definir (Eletrônica). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - vii. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11).
- c. Pesquisador IC (R\$ 1.684,09).
  - i. Pablo. Modelagem Ambiental (Metas 1 a 7, e 10);
  - ii. Daniela Marinho. Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);
  - iii. André Luís de Souza Cruz Barbosa. Atividades: Visualização Científica (Metas 5, 7 e 10);
  - iv. A definir (Sistemas). Atividades: Observação da Terra (Metas 5, 6, 7, 10 e 11);

Rio de Janeiro, 24 de fevereiro de 2025.

Luiz Landau  
Coordenador do Projeto PEC-25511LAMCE/PEC/COPPE/UFRJ