

GRUPO PRÓ-BABITONGA

CÂMARA TÉCNICA CANAL DO LINGUADO

ESTUDOS HIDRODINÂMICOS: Cenários para apoio à reconstrução ambiental do CANAL DO LINGUADO

Resumo Executivo - Dezembro / 2024

- INTRODUÇÃO

O **Grupo Pró-Babitonga (GPB)** é um colegiado que reúne representações dos segmentos socioambiental, público e socioeconômico, com o intuito de contribuir para um amplo processo de gestão ambiental participativa do Ecossistema Babitonga, localizado na região nordeste de Santa Catarina, Brasil.

Em sua estrutura o GPB contempla algumas Câmaras Técnicas, entre elas, a CT Canal do Linguado (CTCL). Criada em fevereiro de 2018, a CTCL tem como principal objetivo mobilizar pesquisas e estudos que possam trazer subsídios técnicos para tomada de decisão sobre o futuro do canal.

No intuito de sanar lacunas no conhecimento sobre o tema foram realizados dois seminários com a participação de pesquisadores de diversas universidades. Em 2020 um Termo de Referência definindo o escopo de estudos de modelagem hidrodinâmica necessários para a compreensão das respostas ambientais com uma eventual reabertura do Canal do Linguado foi elaborado pela CTCL. O Termo de Referência foi lançado e cinco instituições, entre empresas e universidades, submeteram propostas comerciais para avaliação. Após a avaliação da Câmara Técnica, proposta submetida pela Universidade do Vale do Itajaí foi aprovada e executada com recursos originados de Termo de Ajustamento de Conduta conduzido pelo Ministério Público Federal¹.

O estudo foi composto por três etapas, e teve como objetivo caracterizar a hidrodinâmica do Canal do Linguado com o uso de um modelo numérico (modelagem), ferramenta que permite a elaboração de prognósticos (*software* Delft-3D). Em outras palavras, a modelagem é uma representação simplificada da realidade construída a partir de bancos de dados pretéritos e da coleta de dados atuais de nível d'água, velocidade e direção de correntes, temperatura, salinidade e turbidez da água, oxigênio dissolvido e clorofila-*a*.

¹ Procedimento de acompanhamento de TAC MPF nº 1.33.005.000224/2014-89; Cumprimento de sentença nº 5002001-92.2013.4.04.720

Etapa 1 Aquisição de dados	Etapa 2 Modelagem numérica	Etapa 3 Obras de engenharia
<ul style="list-style-type: none"> • Hidrográfico • Batimétrico • Sedimentológico • Topográfico • Hidrológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrodinâmica • Transporte sedimentos • Calibração/Validação • Renovação das águas • Execução cenários • Pluma de dragagem • Hidrodinâmica pilares da ponte 	<ul style="list-style-type: none"> • Obras de arte especiais (OAE): pontes • Contenção de erosão

Enquanto à margem norte do aterro a olho nu é possível observar o grande acúmulo de sedimentos, a pesquisa registrou, à margem sul, uma baixa qualidade da água com circulação bastante restrita. As modelagens matemáticas realizadas indicaram que a eventual abertura do aterro contribuiria significativamente com a renovação da água no canal, podendo atingir até 92% em 120 dias em determinados cenários. A pesquisa ainda indica reflexos da eventual abertura, como pontos de erosão e assoreamento. Por fim, o estudo apresenta propostas de obras de engenharia para a rodovia, ferrovia e também para mitigar potenciais impactos negativos das intervenções de abertura, além de estimativas do volume de sedimentos a ser dragado.

Este “**Resumo Executivo**”, por sua vez, tem a função de apresentar os principais pontos da pesquisa à sociedade do entorno da Babitonga. É importante esclarecer que a presente pesquisa não possui relação direta com a abertura do Canal do Linguado, mas soma-se a estudos anteriores ao subsidiar os órgãos responsáveis com informações técnicas para a tomada de decisão. A eventual abertura necessariamente será objeto de licenciamento ambiental específico.

- **ETAPA 1 - AQUISIÇÃO DE DADOS**

O conceito de Ecossistema Babitonga adotado pelo GPB considera toda a área da Baía Babitonga e a porção costeira adjacente. Porém, neste estudo, de forma a facilitar o entendimento, será considerado como “Canal do Linguado” a porção ao sul do aterro, da rodovia BR-280 até a “boca da barra”, área também popularmente conhecida como “Lagoa”. Já a porção ao norte do aterro será denominada como “Baía Babitonga”.

A coleta de dados primários, em sua maior parte, se concentrou nas imediações do aterro, ao norte e ao sul da rodovia. O levantamento de dados hidrodinâmicos primários em campo consistiu no registro da **variação temporal do nível d’água** em duas estações maregráficas, uma no Canal do Linguado e outra na Baía da Babitonga. Dados temporais da variação do nível da água, perfis verticais de velocidade e direção de correntes foram coletados em dois pontos amostrais no Canal do Linguado. Também foram coletados

dados de **variação temporal e espacial de parâmetros físico-químicos** (salinidade, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila-*a*), com o instrumento *CTD*, no Canal do Linguado e na Baía Babitonga. As **medições de vazão**, por sua vez, foram realizadas com o instrumento chamado Perfilador Acústico de Correntes por Doppler (*ADCP*).

Adicionalmente dados de quatro estações maregráficas e uma meteorológica, instaladas e mantidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI), foram cedidos por essa instituição. A Figura 1 apresenta a localização dos pontos de coleta dos diferentes tipos de dados na área de estudo, enquanto a Figura 2 indica a localização dos marégrafos e da estação meteorológica da EPAGRI.

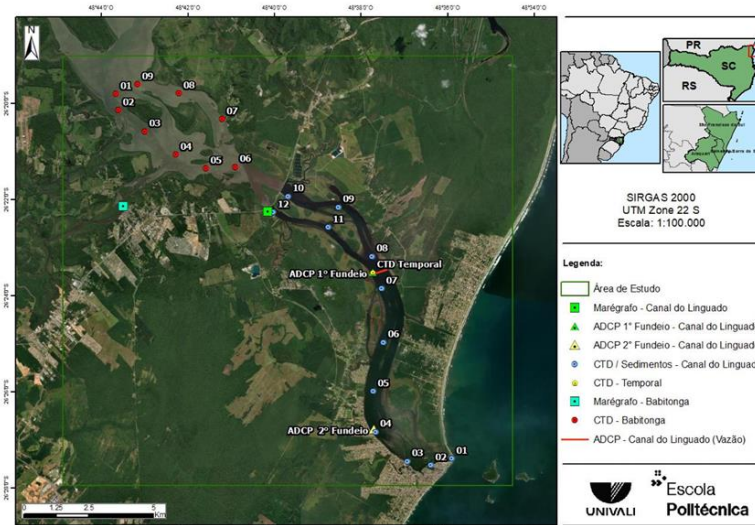


Figura 1: Localização dos pontos de coleta dos diferentes tipos de dados na área de estudo.

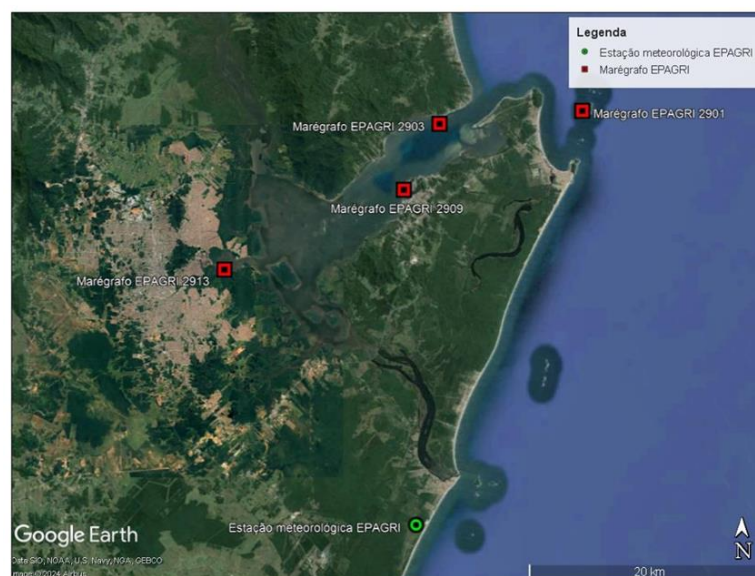


Figura 2: Localização dos marégrafos e da estação meteorológica da EPAGRI.

Para viabilizar as modelagens numéricas também foi elaborado o **mapa batimétrico** (mapa das profundidades) do Canal do Linguado (Figura 3) com o emprego de um ecobatímetro monofeixe (Figura 4) associado a um aerolevantamento. Para o restante da área de estudo a batimetria considerada foi a existente nas cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil-DHN (Figura 5).

Outra questão fundamental neste tipo de modelagem é o conhecimento sobre as **bacias hidrográficas com influência no Ecossistema Babitonga**. Desta maneira, foi elaborado um diagnóstico com base na bibliografia disponível e em estimativas das vazões líquidas e sólidas dos contribuintes mais relevantes e/ou próximos à área de estudo, conforme observa-se nas Figuras 6 e 7.

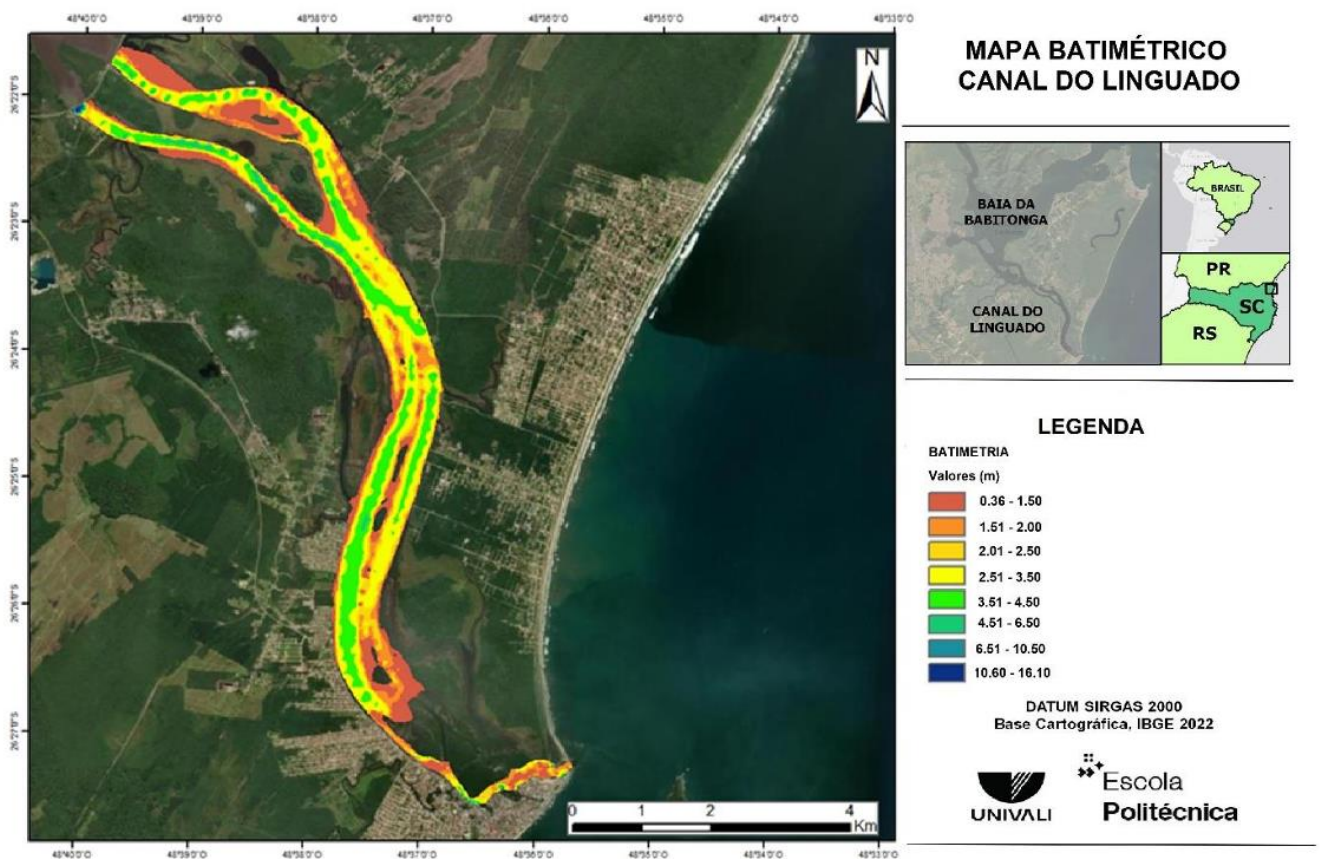


Figura 3: Mapa batimétrico do Canal do Linguado.



Figura 4: Equipamentos utilizados para a elaboração do mapa batimétrico (mapa de profundidades).

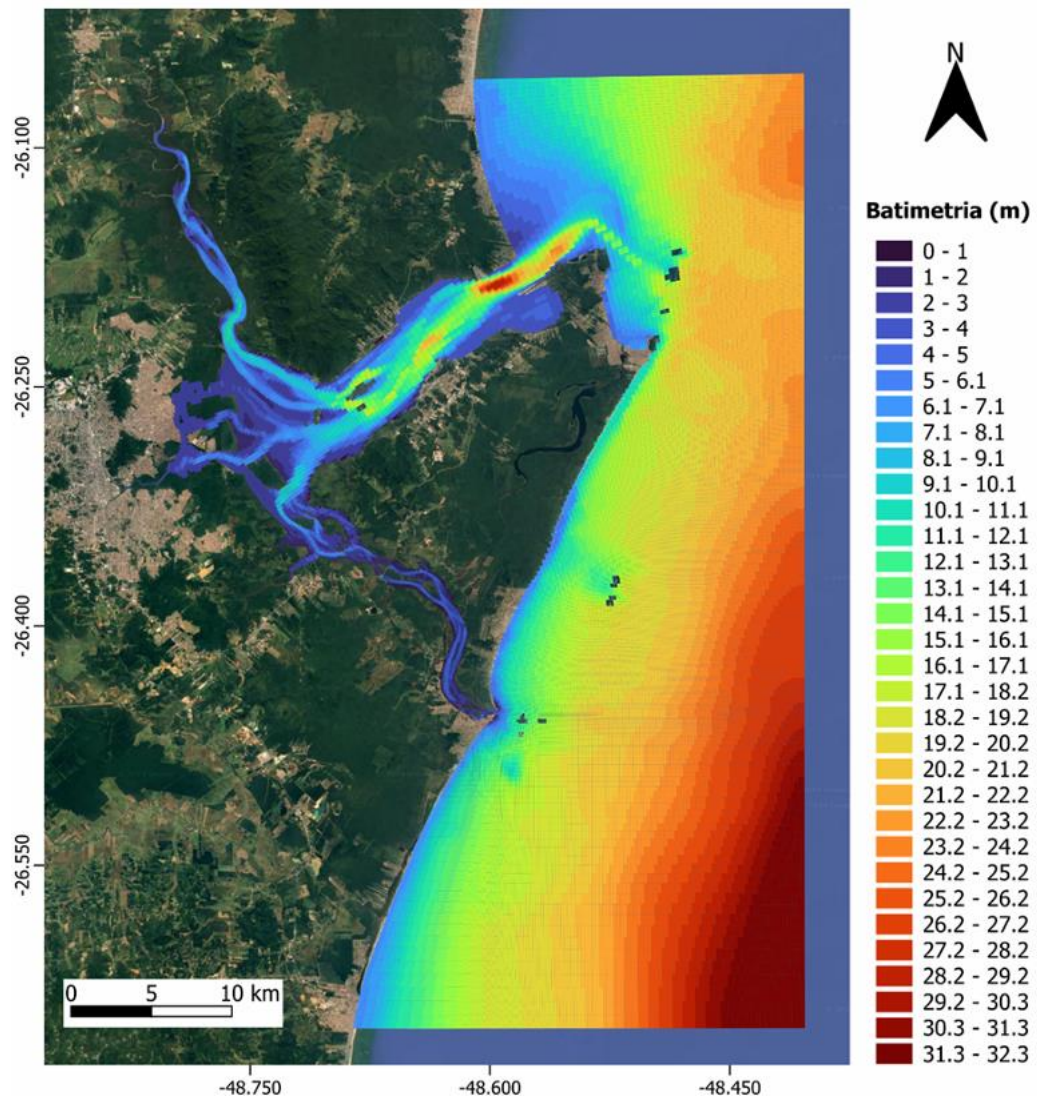


Figura 5: Mapa batimétrico da Baía Babitonga e região costeira adjacente.

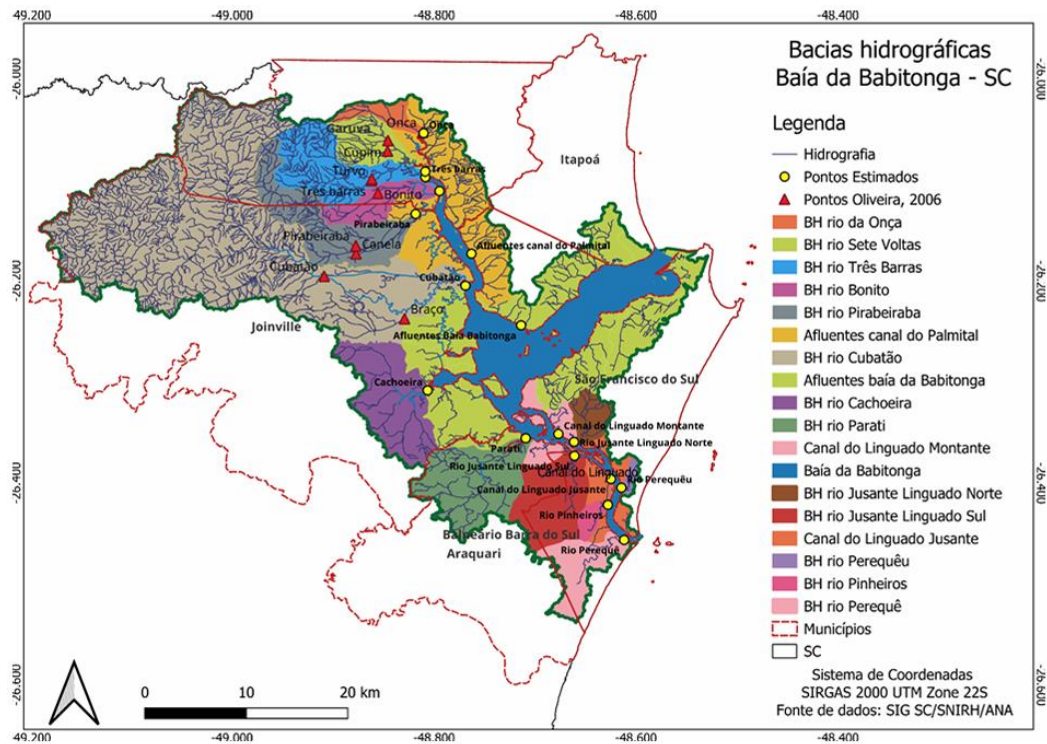


Figura 6: Mapa das bacias hidrográficas do entorno do Ecossistema Babitonga e os rios para as modelagens

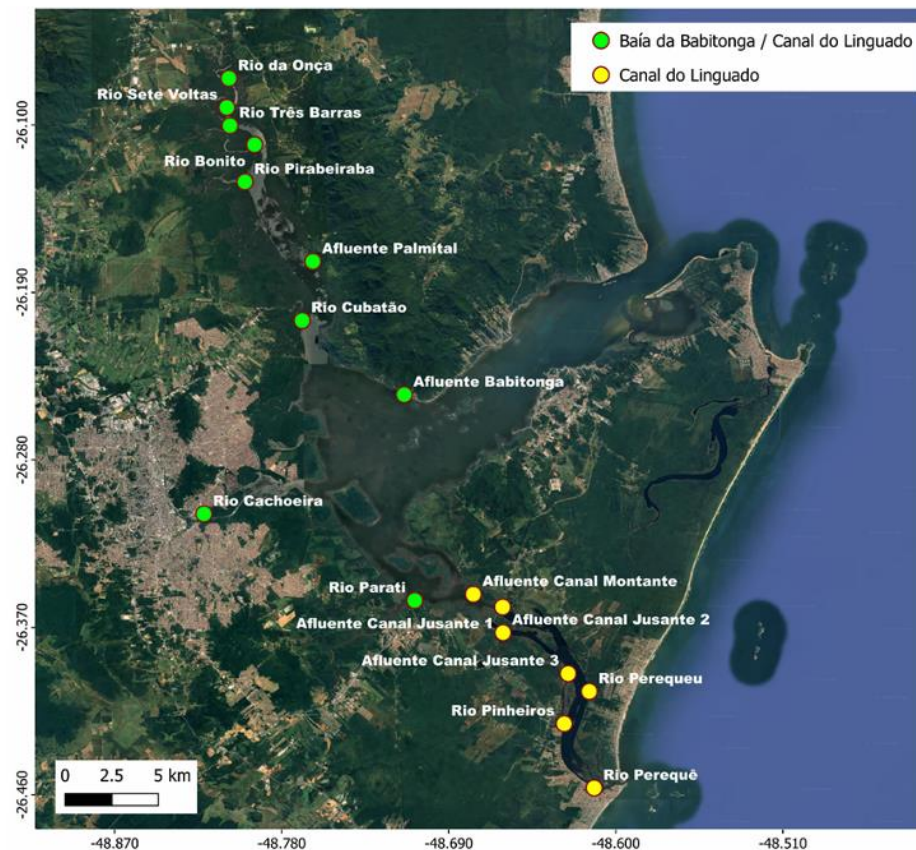


Figura 7: Indicação dos rios com vazão estimada para os estudos de modelagem.



A análise dos dados hidrográficos obtidos indicou que há uma diferença em relação ao nível da água, sendo a variação significativamente menor na área do Canal do Linguado em comparação com a Baía Babitonga. Tal condição influencia na baixa circulação de água com reflexos diretos em sua qualidade físico-química, resultando em alta salinidade e baixa taxa de oxigênio dissolvido nas proximidades do aterro (Figuras 8, 9 e 10). Importante ressaltar que a qualidade da água dos afluentes (em relação a matéria orgânica) não foi um fator considerado.

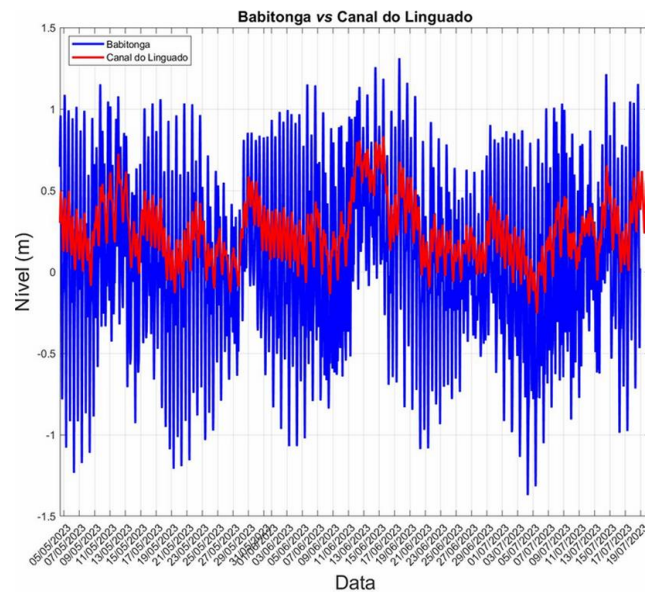


Figura 8: Representação gráfica da variação do nível de marés.

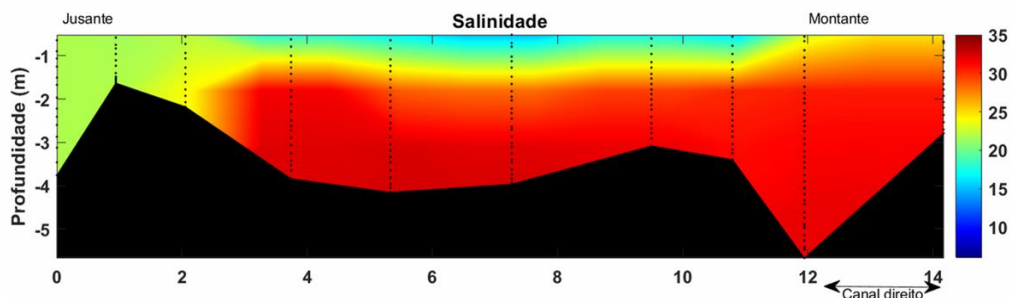


Figura 9: Representação gráfica da salinidade no Canal do Linguado.

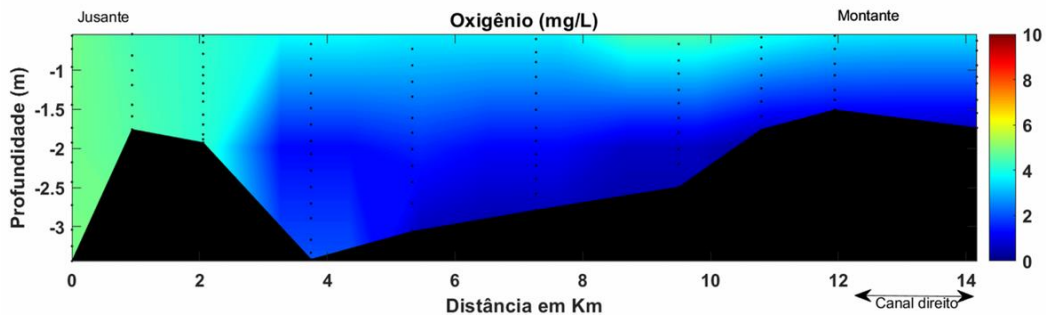


Figura 10: Representação gráfica dos níveis de oxigênio dissolvido no Canal do Linguado.

A modelagem numérica permite a elaboração de prognósticos e se vale dos dados previamente coletados em campo para alimentar o modelo e validar seus resultados. A modelagem hidrodinâmica considerou cinco cenários, sendo quatro deles de remoção parcial do aterro no canal sul (75m, 100m, Tubulações-120m e 200m). O quinto cenário considera a manutenção do aterro (Figura 11).

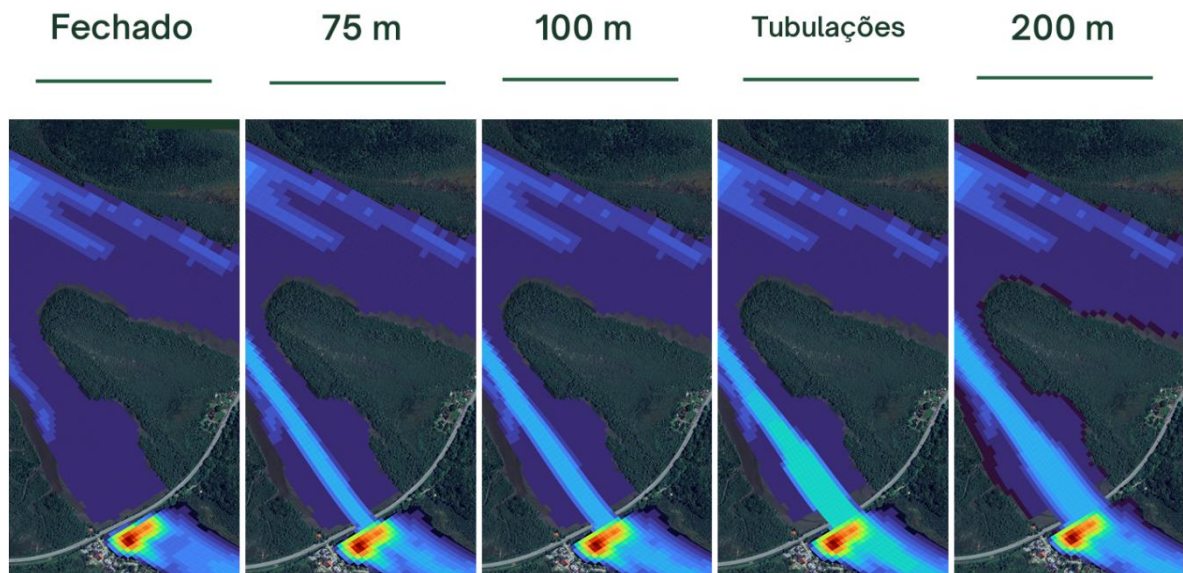


Figura 11: Cenários considerados nas modelagens matemáticas.

Etapa 2 – MODELAGEM NUMÉRICA

- Hidrodinâmica

Dentre os cinco cenários apresentados, o que mais se mostrou positivo para atender ao objetivo de restauração de condições ambientais e retomada da navegação no canal do linguado foi o da **abertura parcial de 100m no canal sul**. Assim, neste sumário executivo, as imagens e gráficos apresentados referem-se a este cenário.

Em relação ao nível da água, observou-se, a partir do modelo, que a abertura parcial de 100m provocaria uma pequena alteração no nível médio em relação ao cenário atual, com o canal fechado, passando de 0,28m para 0,25m. Já o nível máximo apresentaria uma variação de 0,53m, passando dos atuais 1,04m para 1,57m (Tabela 1 e Figura 12).

Tabela 1: Valores de variação do nível da água nos diferentes cenários avaliados.



Cenário	Nível médio (m)	Nível máximo (m)
Fechado	0,28	1,04
Abertura 75 m	0,24	1,55
Abertura 100 m	0,25	1,57
Abertura 120 m	0,25	1,58
Abertura 200 m	0,25	1,60

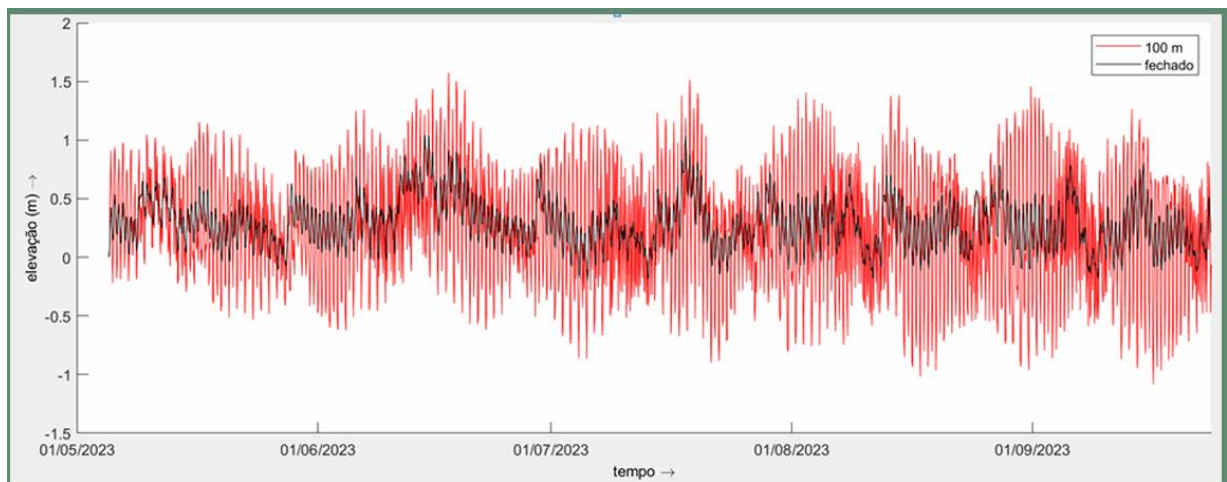


Figura 12: Representação gráfica da variação do nível da água com a abertura de 100m no canal sul.

Em relação às correntes, a modelagem indicou um considerável aumento da velocidade em comparação ao canal fechado. As maiores velocidades indicadas pelo modelo estariam nas imediações da abertura, com estabilização prevista no período de três anos após a abertura (Figura 13). Apesar da velocidade relativamente alta das correntes na imediação da abertura, em 94,5% do tempo elas não superariam os 3 nós, condição que teria pouco impacto negativo sobre a navegação de embarcações de pequeno porte. Observou-se também um considerável aumento da velocidade da corrente na boca da barra, **condição que favorece a manutenção do canal de navegação aberto**, conforme se observa na figura 14.

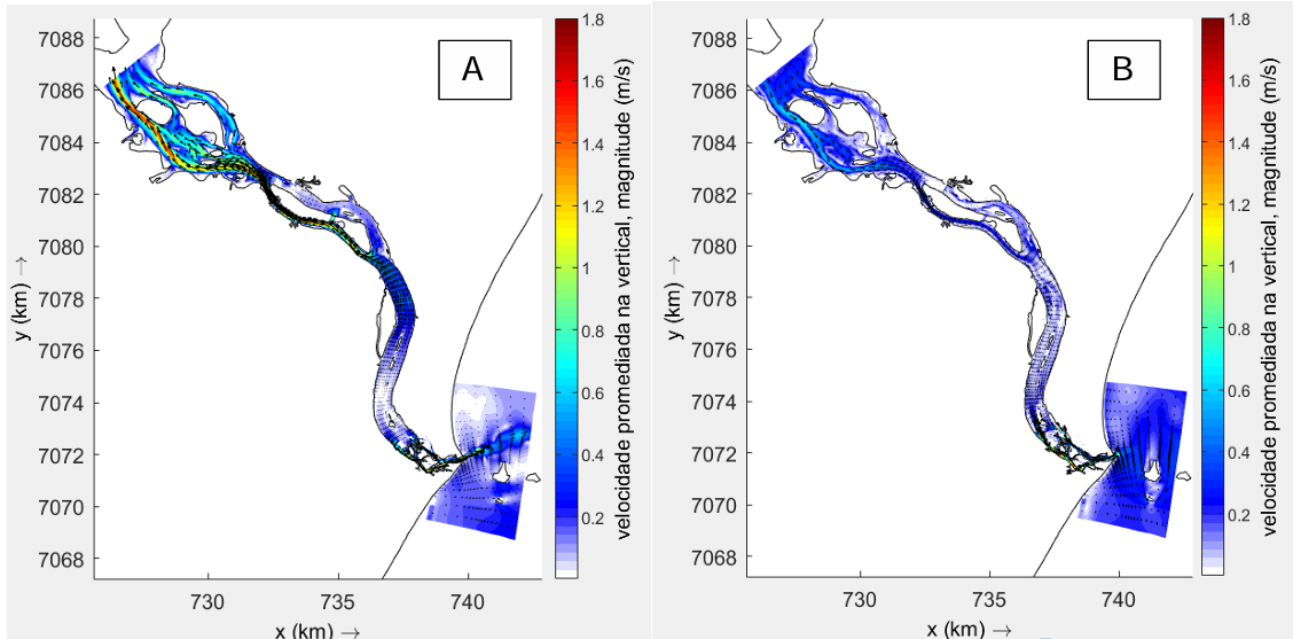


Figura 13: Representação gráfica da hidrodinâmica modelada no cenário de abertura parcial de 100 m para o instante de vazante (A) e enchente (B). As cores no fundo indicam a magnitude da velocidade e vetores (setas) indicam a direção.

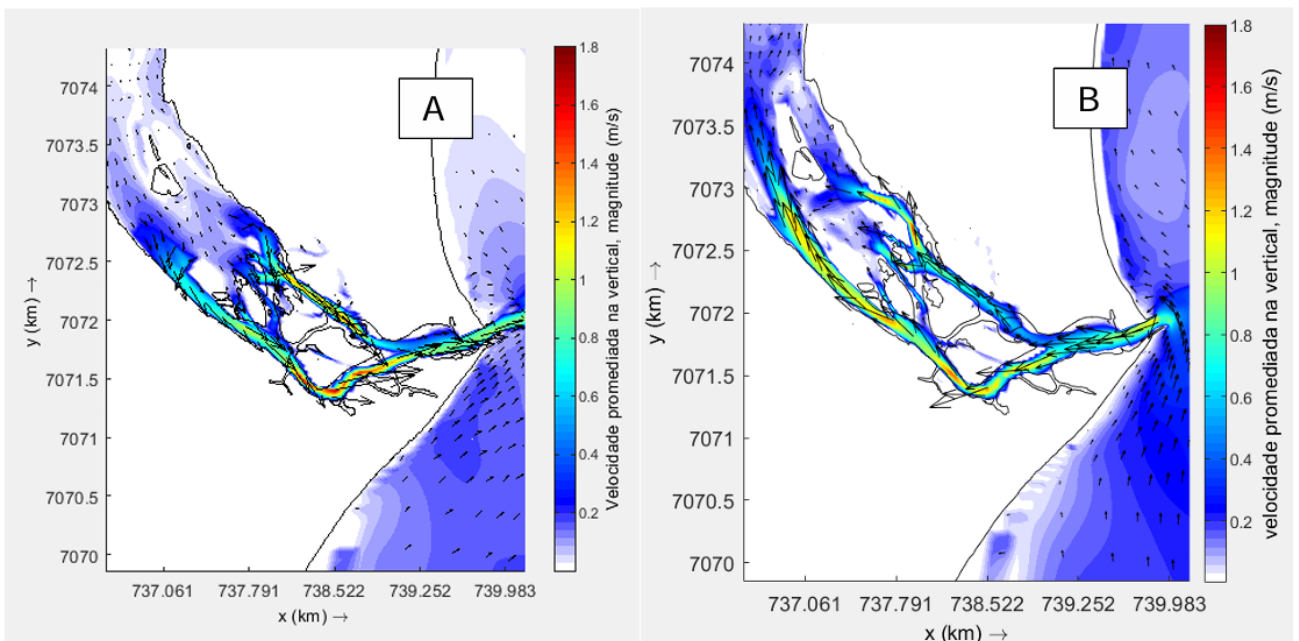


Figura 14: Em detalhe a representação gráfica da hidrodinâmica modelada na desembocadura do canal no cenário de abertura parcial de 100 m para o instante de vazante (A) e enchente (B). As cores no fundo indicam a magnitude da velocidade e os vetores (setas) indicam a direção.

Em relação à renovação das águas, o cenário de abertura parcial de 100m possibilitaria, em 30 dias, uma taxa de renovação superior a 50%. Já no prazo de 120 dias, a taxa de renovação das águas da Babitonga e do Canal do Linguado será superior a 90% (Figura 15).

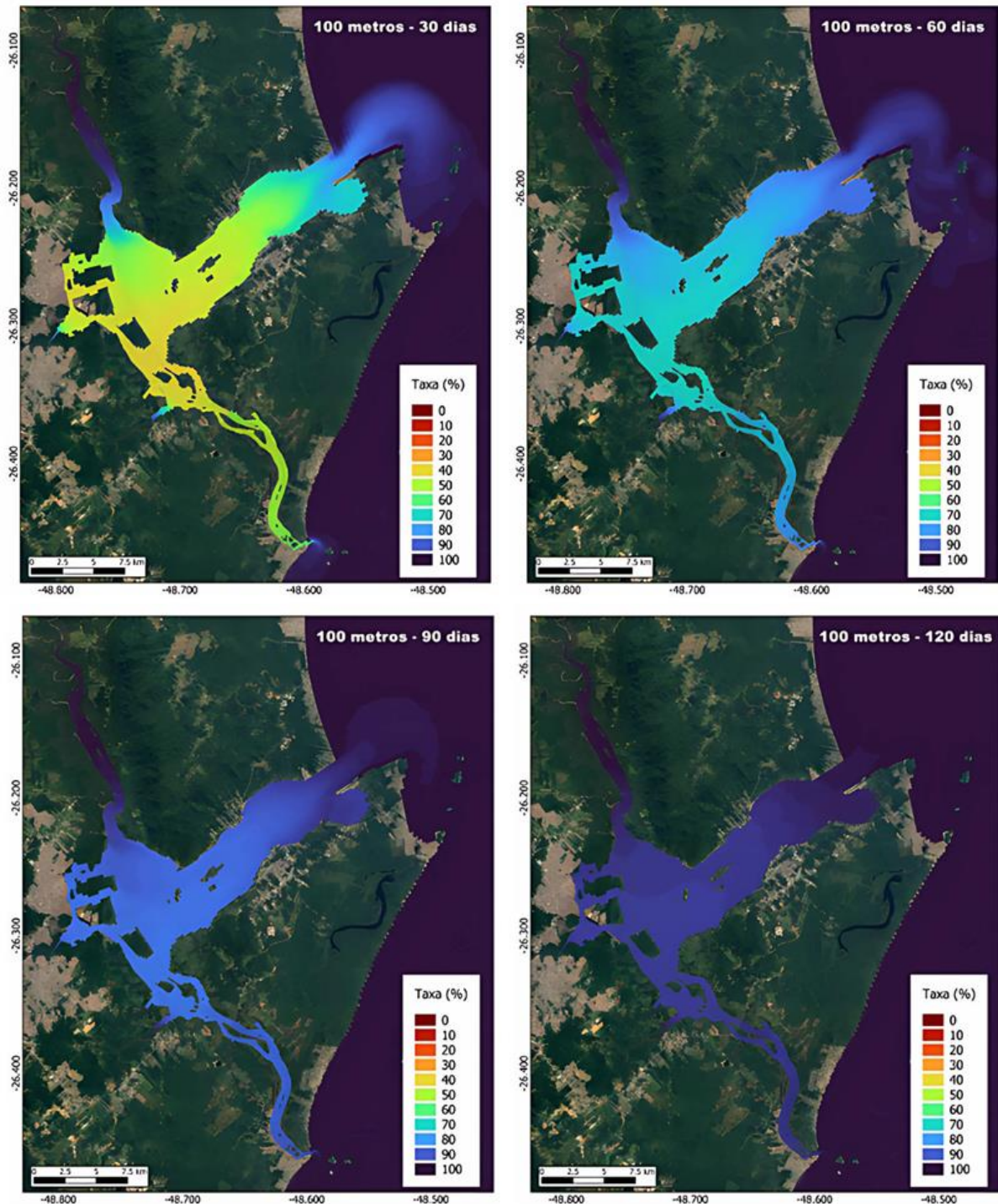


Figura 15: Resultados espaciais da taxa de renovação da água de todo o domínio da modelagem com a abertura parcial do aterro em 100 m para 30, 60, 90 e 120 dias.



Em relação aos sedimentos, os estudos identificaram a existência de três classes, sendo: lama, areia fina e areia grossa. Junto a esses dados foi elaborada a modelagem com a indicação de pontos de erosão. Os pontos de erosão identificados em sua maioria já existem atualmente, e continuarão presentes com a abertura. No entanto, a abertura parcial de 100m resultará em alguns novos pontos de erosão, principalmente nas proximidades do aterro (Figura 16).

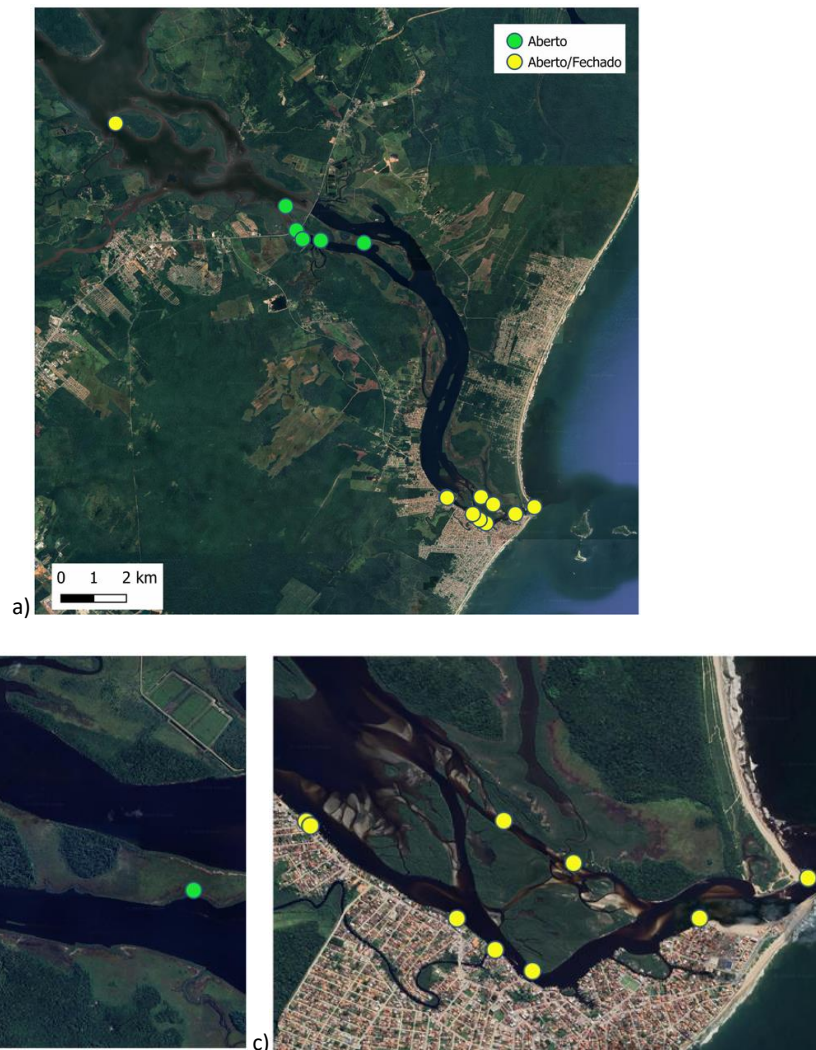


Figura 16: Indicação dos pontos que apresentam processo erosivo dentro do domínio de modelagem no Canal do Linguado. Em amarelo os pontos que apresentam erosão atualmente e em verde os pontos que apresentarão erosão após a retirada do aterro.

Com a eventual abertura do canal será necessária a dragagem de parte dos sedimentos acumulados ao norte do aterro, de modo a possibilitar o restabelecimento de uma profundidade de 4 metros no canal (profundidade indicada na Carta Náutica nº 1805 de 1942).



Como já foi identificado em um estudo anterior ([acesse](#)), esses sedimentos não possuem contaminantes em quantidades que impeçam sua dragagem. Importante destacar que a atividade de dragagem, num primeiro momento, tem potencial para causar impactos negativos no ecossistema. Este tipo de atividade provoca a dispersão parcial das porções mais finas dos sedimentos (“pluma de sedimentos”), que aumentam a turbidez da água.

Por isso também foi elaborada uma modelagem para estimar o volume de sedimentos a ser dragado e o alcance da “pluma de sedimentos”. Para a abertura parcial de 100 m o estudo indicou a necessidade de dragagem de 528.394,56 m³ de sedimentos. A pluma resultante desta atividade se concentrará nas proximidades da operação da draga, com tendência de dissipação de 70% em até sete dias após a finalização da dragagem. A draga sugerida para esta atividade é do tipo “retroescavadeira” ou “clamshell”. Importante destacar que **a abertura e a dragagem deverão ser objeto de licenciamento específico.**

Com a retirada do aterro **haverá um aumento na circulação da água dentro do Canal do Linguado**, assim como uma maior oscilação do nível d’água, o que pode levar à inundação de alguns locais próximos às margens, quando o nível estiver maior que o valor das cotas analisadas (0,80m - 1m), conforme demonstrado nas figuras 17 a 23. Ressalta-se que nas simulações o nível d’água atingiu ou ultrapassou os níveis de 0,80 m e 1,0 m para os cenários de abertura em aproximadamente 12% e 5% do tempo total simulado.

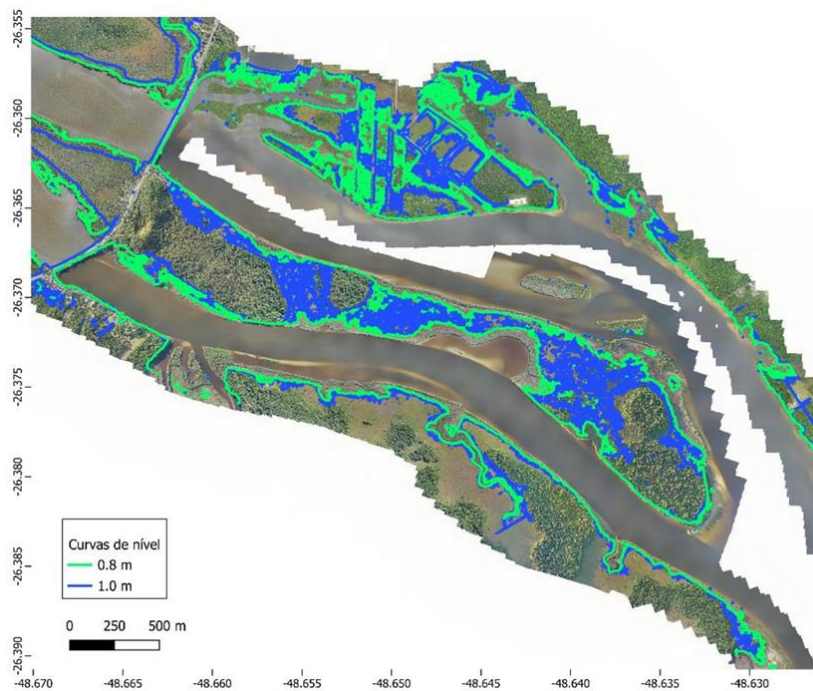


Figura 17: Região do Canal do Linguado próxima ao aterro com indicação das cotas topográficas de 0,80 m (linha verde) e 1,0 m (linha azul).

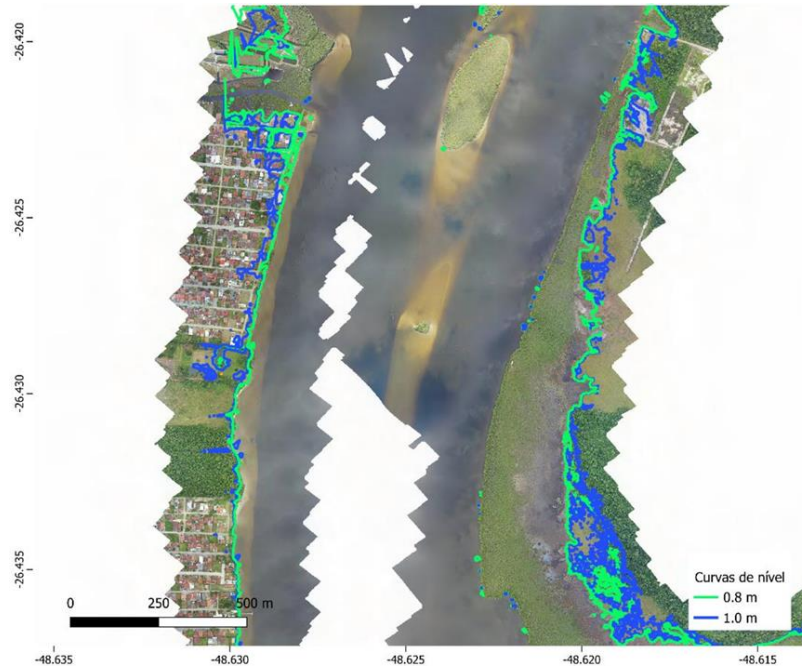


Figura 18: Região central do Canal do Linguado com indicação das cotas topográficas de 0,80 m (linha verde) e 1,0 m (linha azul).

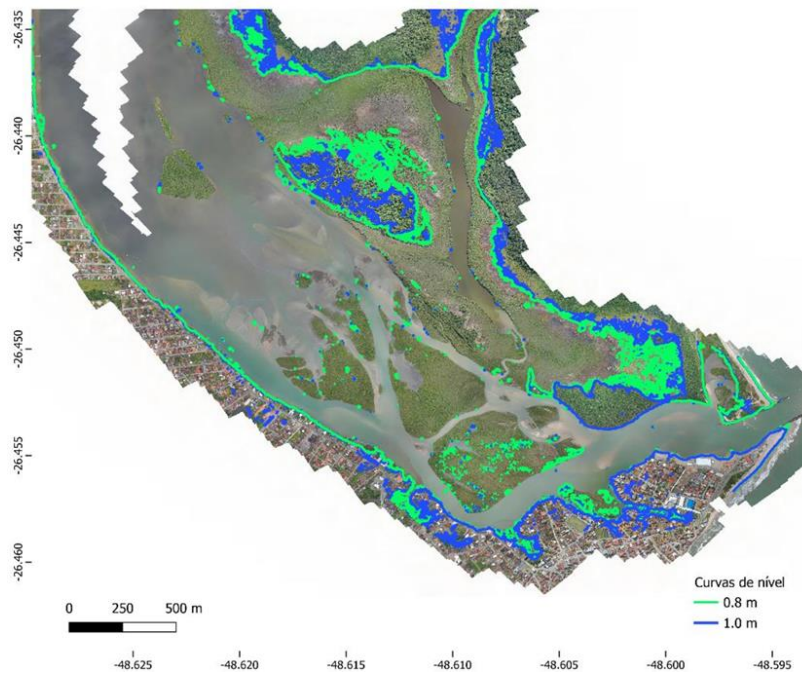


Figura 19: Região do Canal do Linguado próxima a desembocadura com indicação das cotas topográficas de 0,80 m (linha verde) e 1,0 m (linha azul).



Figura 20: Detalhe de uma região na área central de Balneário Barra do Sul com as cotas topográficas de 0,80 m e 1,0 m destacadas.

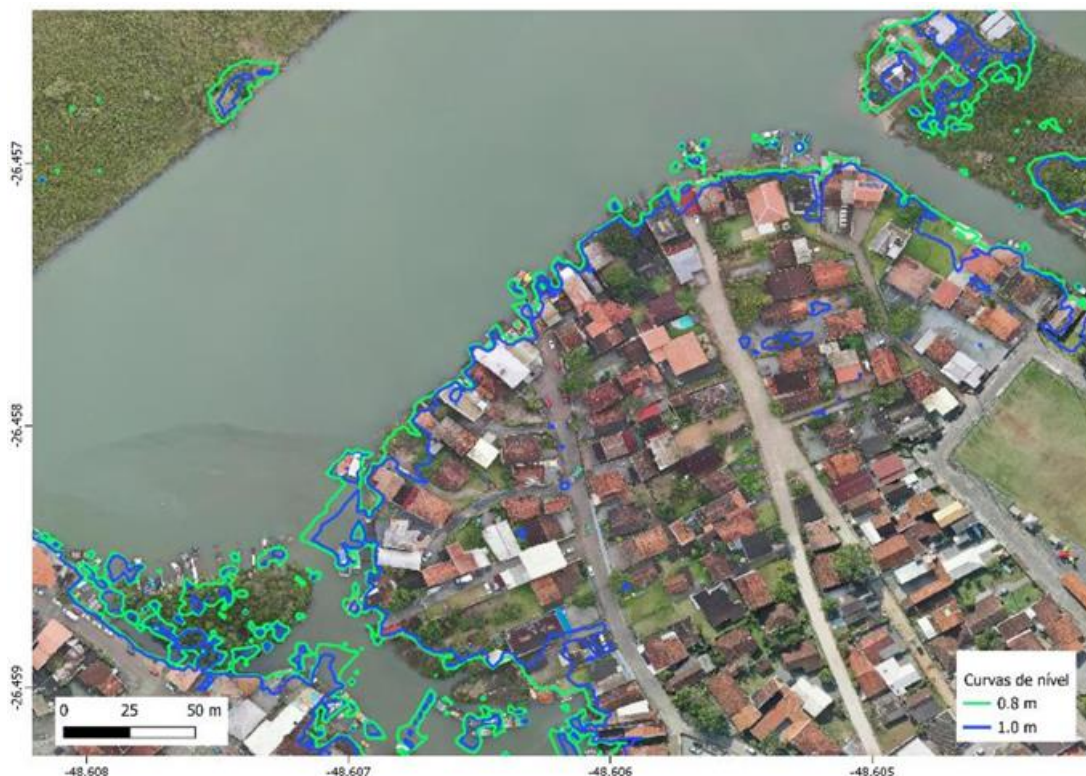


Figura 21: Detalhe de uma região na área central de Balneário Barra do Sul próximo a entrada do rio Perequê, com as cotas topográficas de 0,80 m e 1,0m destacadas.

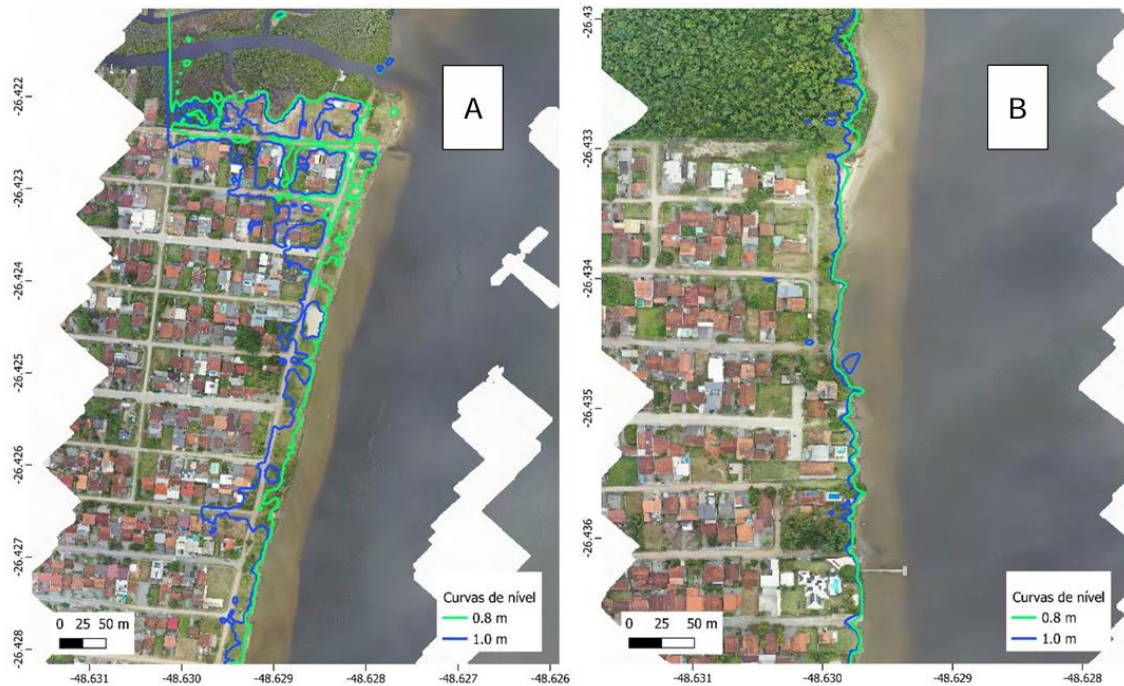


Figura 22: Detalhe de uma região na área central de Balneário Barra do Sul próximo a Lagoa Maria Fernanda (A) e no final do bairro da Costeira (B), com as cotas topográficas de 0,80 m e 1,0m destacadas.

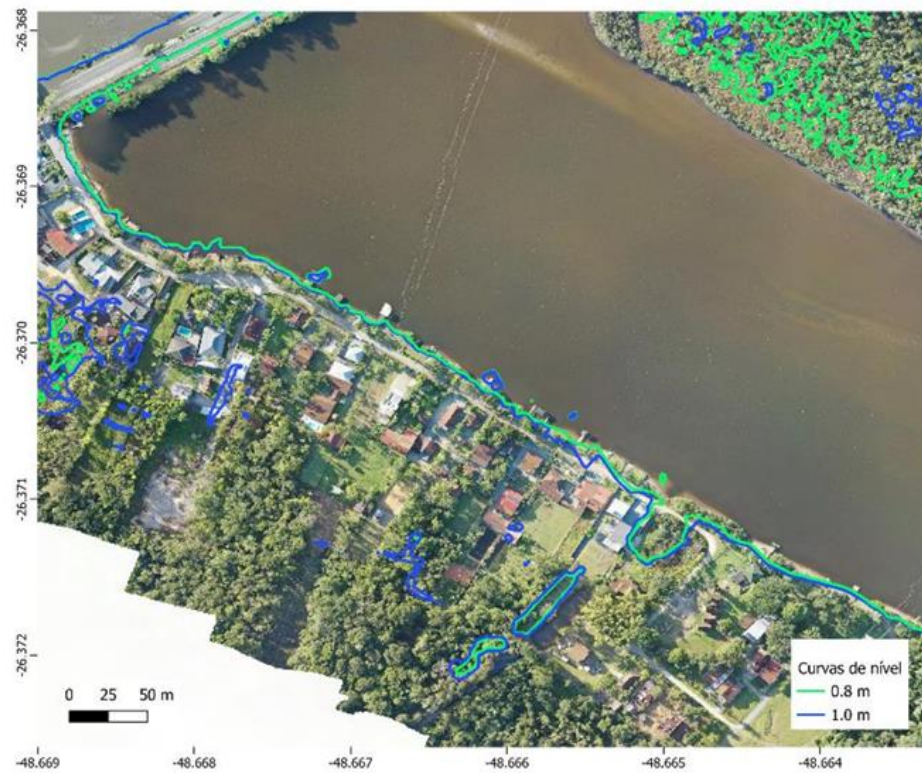


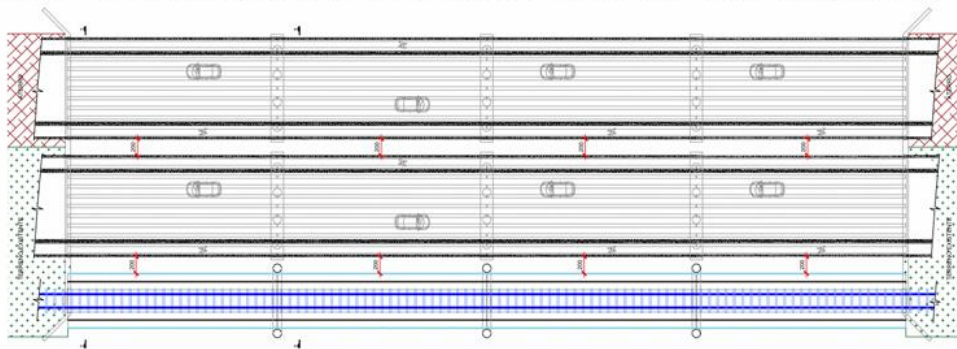
Figura 23: Detalhe de uma região próxima ao canal sul do aterro, com as cotas topográficas de 0,80 m e 1,0m destacadas.

Etapa 3 - OBRAS DE ENGENHARIA

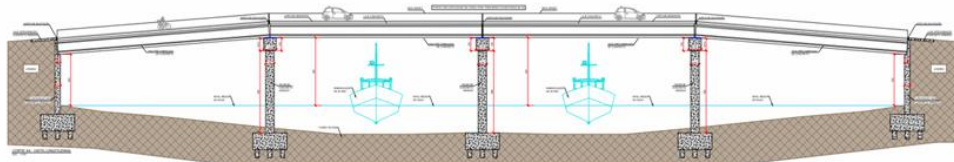
A eventual remoção parcial do aterro no Canal do Linguado - 100 metros no canal sul - trará a necessidade de instalação de pontes rodoviária e ferroviária. Pensando no futuro da ampliação da frota catarinense, prevê-se que a ponte rodoviária contenha **duas pistas duplas** (trecho duplicado da BR-280) para uma carga de TB-450 (maior carga móvel rodoviária prevista em norma brasileira). Já a ponte ferroviária está prevista para atender ao TB-360 (maior carga móvel ferroviária prevista em norma brasileira). Duas hipóteses foram consideradas para as obras de engenharia.

- Hipótese 1

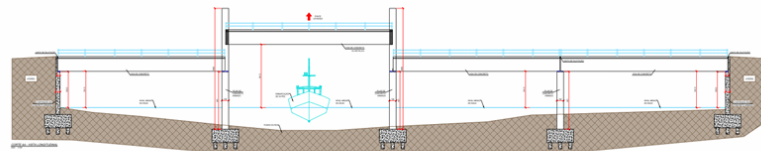
Vistas superior: possível ver 2 pontes rodoviárias com pista dupla e mais uma ferroviária.



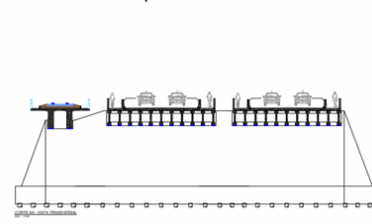
Vista Frontal da Ponte Rodoviária: Para permitir a passagem de embarcações de até 50 pés, será planejada a ponte com elevação altimétrica (em rampa) possibilitando um gabarito inferior de pelo menos 8,0 metros em relação ao nível médio da água.



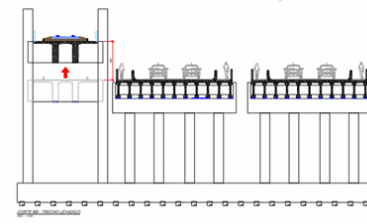
Vista Frontal da Ponte Ferroviária: Para evitar elevar o tabuleiro da ponte ferroviária, a ideia seria criar um vão levadiço, permitindo que todo o tabuleiro acompanhe o nível da atual linha ferroviária. E trecho levadiço permitirá a passagem de embarcações de até 50 pés.



Corte AA: Vista próxima à cabeceira.



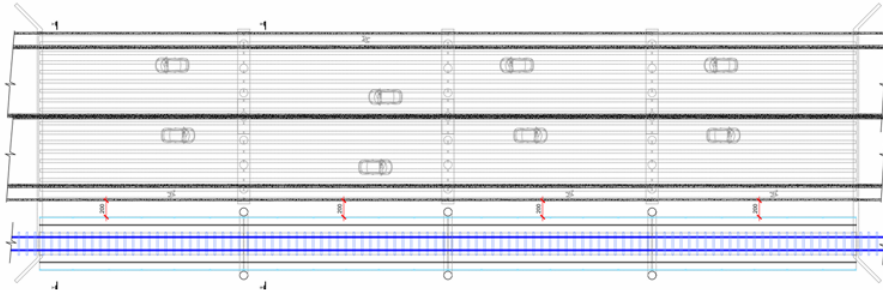
Corte BB: Vista no trecho levadiço.



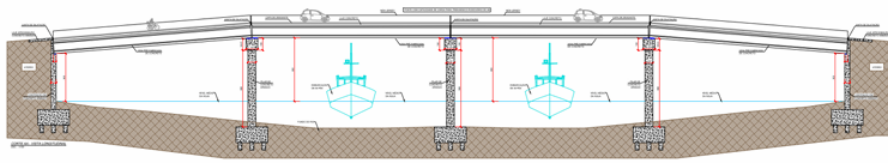


Hipótese 2

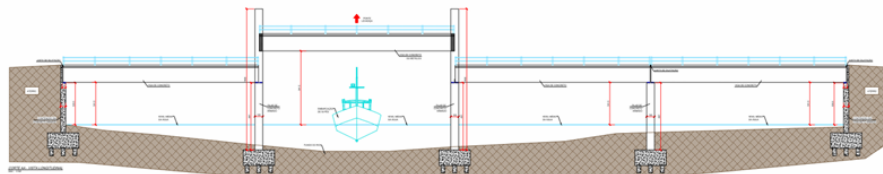
Vistas superior: possível ver apenas 1 ponte rodoviária com pistas duplicadas e a ponte ferroviária ao lado.



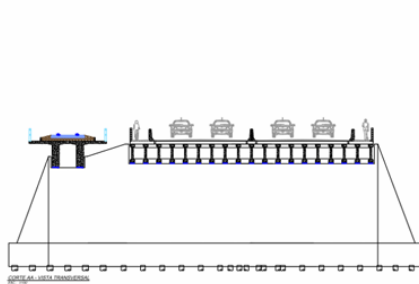
Vista Frontal das Pontes Rodoviárias: Para permitir a passagem de embarcações de até 50 pés, será planejada a ponte com elevação altimétrica (em rampa) possibilitando um gabarito inferior de pelo menos 8,0 metros em relação ao nível médio da água.



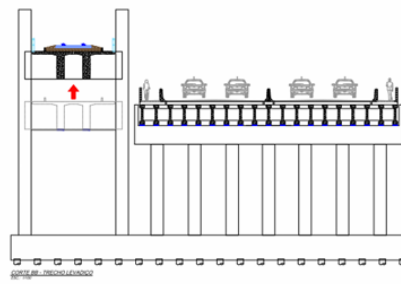
Vista Frontal da Ponte Ferroviária: Para evitar elevar o tabuleiro da ponte ferroviária, a ideia seria criar um vão levadiço, permitindo que todo o tabuleiro acompanhe o nível da atual linha ferroviária. E trecho levadiço permitirá a passagem de embarcações de até 50 pés.



Corte AA: Vista próxima à cabeceira.



Corte BB: Vista no trecho levadiço.



- CONCLUSÕES GERAIS

- O ambiente estudado é altamente complexo e dependente de diversas variáveis;
- A circulação da água no canal atualmente é bastante restrita, com baixa troca entre a água do canal e águas costeiras, resultando em baixa qualidade ambiental;
- Os resultados obtidos com a modelagem numérica demonstram uma melhora significativa na circulação hidrodinâmica com a remoção parcial de 100 m do aterro sul;
- A abertura parcial de 100 m do aterro sul resultará em melhoria na circulação e na renovação das águas do canal, proporcionando a renovação de 36% da água em 30 dias e superior a 92% em 120 dias;
- Com a abertura parcial de 100 m ocorrerá a erosão acentuada apenas na região de retirada do aterro e haverá um leve aumento de erosão em outros pontos onde já existe erosão atualmente;
- Após a abertura parcial de 100 m do canal a velocidade da corrente nas proximidades do aterro será levemente aumentada. Ainda assim, possibilitará navegação, inclusive de embarcações de pequeno porte, em 90% do tempo;
- A simulação com a manutenção do canal fechado não indica aumento significativo do assoreamento, com exceção da região próxima à desembocadura (Barra do Sul). A região entre a ilha do Linguado e o estreitamento em Balneário Barra do Sul não apresentam erosão nem assoreamento significativo;
- Locais abaixo das cotas de 0,80m e 1,0m podem sofrer com alagamentos devido ao aumento da oscilação do nível d'água;
- Impactos das erosões e das possíveis inundações podem ser mitigados.

6. EQUIPE EXECUTORA (Universidade do Vale do Itajaí - Univali)

Prof^a Cristina Ono Horita, Dra. (coordenação)
Prof^a Adelita Ramaiana Bennemann Granemann MSc.
Prof. Adosindro Joaquim Almeida Dr.
Prof. Delamar Heleno Schumacher, MSc.
Prof. Franklin Misael Pacheco Tena, Dr.
Prof. Guilherme Augusto Stefanello Franz, Dr. (Aquaflow Consultoria Ambiental)
Prof. José Gustavo Natorf de Abreu, Dr.
Prof. Lucas Matheus de Oliveira Scoz, Esp.
Prof. Mauro Michelena Andrade, Dr.
Prof. Marcos Paulo Berribilli, MSc
Prof. Tobias Bleninger, Dr. (UFPR)
Oc. Márcio Piazero, MSc.
Téc. de Laboratório Bruna Alves
Téc. De Laboratório Érica Cavalli Trembulak
Téc. De Laboratório Stévia Duarte Silva
Barqueiro Ruan Albino da Luz
Acad. Bernardy da Silva
Acad. João Victor Fagundes da Silveira

7. COMITÊ EXECUTIVO GPB

Alejandra V. Escalante – Associação de Defesa e educação Ambiental
(Secetária Executiva – probabitunga@gmail.com)
Horácio Schowhow – Sec. Municipal de Pesca e Assuntos Portuários – São Fco. do Sul
Maria Cristina Lançonni – Pescadora Artesanal - Araquari

8. CÂMARA TÉCNICA CANAL DO LINGUADO

Anelise Destefani – Instituto Federal Catarinense *campus* Araquari
Adelaide Bogo –Universidade do Estado de Santa Catarina *campus* Joinville
Claudio Rudolfo Tureck – Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE (coordenação)
Fabiano Grecco de Carvalho – Ministério Público Federal – PRM Joinville
Gunther Weber – Sociedade Amigos da Marinha – SOAMAR
Leticia Haak – Instituto Babitonga de Pesquisa e Conservação Socioambiental
Tiago Alzuguir Gutierrez – Ministério Público Federal - PRM Joinville

*Para referenciar este documento:

Câmara Técnica Canal do Linguado/Grupo Pró-Babitonga 2024. Resumo Executivo - Estudos hidrodinâmicos: Cenários para apoio à reconstrução ambiental do Canal do Linguado.