

# PROJETO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS GUIAS-CORRENTES E DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO DA LAGOA DE ITAIPU E PRAIAS DE ITAIPU E CAMBOINHAS

## RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2



**Janeiro  
2023**



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>1. ELEMENTOS CONDICIONANTES</b> .....	<b>12</b>
1.1 NÍVEIS DE REFERÊNCIA – RELAÇÃO ENTRE O RN-IBGE E O NR-DHN .....	12
1.2 LOCALIZAÇÃO E TOPO-BATIMETRIA DA ÁREA .....	12
1.3 CARACTERÍSTICAS DA MARÉ NA REGIÃO .....	14
1.4 CONDIÇÕES DE SUPORTE DO SUBSOLO E CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL SUPERFICIAL .....	15
1.5 ONDAS .....	16
1.5.1 Regime de Ondas ao Largo .....	16
1.5.2 Transformação das Ondas.....	17
1.5.3 Definição da “Onda de Projeto” .....	30
<b>2. DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO DA LAGOA DE ITAIPU E PRAIAS DE ITAIPU E CAMBOINHAS</b> .....	<b>31</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DO CANAL DE LIGAÇÃO A SER ESCAVADO.....	32
2.2 PROTEÇÃO DAS MARGENS COM TUBOS (FORMAS) GEOTÊXTIS.....	33
2.3 PRAZO ESTIMADO DA DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO .....	34
2.4 CARACTERÍSTICAS DA PRAIA ARTIFICIAL .....	34
2.5 CONTENÇÃO DO PÉ DO TALUDE DA PRAIA COM TUBOS (FORMAS) GEOTÊXTIS .....	36
2.6 PRAZO ESTIMADO DA EXECUÇÃO DA PRAIA ARTIFICIAL .....	36
<b>3. RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS GUIAS-CORRENTES</b> .....	<b>36</b>
3.1 ESTABELECIMENTO DAS CONDIÇÕES DE PROJETO .....	36
3.2 DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS A COMPOR A SEÇÃO TRANSVERSAL DOS GUIAS-CORRENTES .....	38
3.2.1 Introdução .....	38
3.2.2 Valores Mínimos da Cota de Coroamento dos Guias-Correntes – Cabeço das Estruturas.....	42
3.2.3 Peso dos Elementos na Armadura de Proteção .....	42
3.2.4 Características da Seção de Núcleo –Cabeço e Tronco das Estruturas .....	42
3.3 DEFINIÇÃO DA EXTENSÃO DOS GUIAS-CORRENTES.....	43
3.3.1 Guia-Correntes do Lado de Camboinhas .....	44
3.3.2 Guia-Correntes do Lado de Itaipu .....	44
3.4 ESTIMATIVA DE VOLUMES – SOLUÇÃO COM BLOCOS DE PEDRA (ENROCAMENTO).....	44
<b>4. CRONOGRAMA FÍSICO DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES</b> .....	<b>45</b>



<b>5.</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS .....</b>	<b>47</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	47
5.2	PROJETO EXECUTIVO .....	49
5.3	MOBILIZAÇÃO, DESMOBILIZAÇÃO E CANTEIRO DE OBRAS .....	49
5.3.1	<b>Marcos Topográficos .....</b>	<b>51</b>
5.3.2	<b>Referência de Nível.....</b>	<b>51</b>
5.3.3	<b>Serviços Topo-batimétricos.....</b>	<b>51</b>
5.3.4	<b>Elementos Básicos de Implantação.....</b>	<b>51</b>
5.3.5	<b>Rigidez dos Sistemas.....</b>	<b>52</b>
5.4	MEDIÇÕES PARA CONTROLE DAS OBRAS .....	52
5.5	DANOS EVENTUAIS CAUSADOS PELAS ONDAS.....	52
5.6	RELATÓRIOS TÉCNICOS .....	52
5.7	DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO.....	53
5.7.1	<b>Metodologia de Execução.....</b>	<b>53</b>
5.7.2	<b>Bota-fora estimado do material da desobstrução .....</b>	<b>53</b>
5.7.3	<b>Taludes do Canal de Ligação .....</b>	<b>54</b>
5.7.4	<b>Tolerâncias.....</b>	<b>54</b>
5.7.5	<b>Levantamentos Batimétricos de Controle:.....</b>	<b>54</b>
5.7.6	<b>Tubos Geotêxtis.....</b>	<b>55</b>
5.8	EXECUÇÃO DA PRAIA ARTIFICIAL .....	55
5.8.1	<b>Metodologia de Execução.....</b>	<b>56</b>
5.8.2	<b>Levantamentos Topo-Batimétricos de Controle:.....</b>	<b>57</b>
5.8.3	<b>Tubos Geotêxtis.....</b>	<b>57</b>
5.9	RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS GUIAS-CORRENTES.....	57
5.9.1	<b>Núcleo em Enrocamento.....</b>	<b>58</b>
5.10	CONTROLE TÉCNICO DA OBRA.....	61
	<b>ANEXO 1: GUIAS-CORRENTES – MEMÓRIA DE CÁLCULO .....</b>	<b>64</b>

## **APRESENTAÇÃO**

As praias de Itaipu e Cambinhas fazem parte da área chamada de Região Oceânica de Niterói. Juntas, possuem cerca de 3.000 metros de faixa praial.

As duas praias são atualmente separadas pelo Canal de Itaipu, mantido aberto através de dois guias-correntes, bastante afetados pela ação continuada das ondas, sem que nenhuma manutenção tenha sido realizada desde sua construção.

Em função do estado atual dos guias-correntes, e do grau de assoreamento do atual canal de ligação entre o mar e a Lagoa de Itaipu, a Prefeitura de Niterói, através de sua Secretaria de Obras, contratou o Projeto Básico da “Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes e Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Cambinhas”

Neste documento, a PCE – Projetos e Consultorias de Engenharia apresenta o desenvolvimento da concepção que levou em consideração as observações, solicitações e recomendações feitas pelo Professor Gilberto Dias (UFF) e a Equipe do CLIP (Subcomitê do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga). A título de memória apresenta-se breve histórico desta motivação.

Em 11 de abril de 2022, por solicitação do Sr. Secretário de Obras, foi realizada uma reunião no Gabinete do Prefeito de Niterói, com o objetivo de apresentar o desenvolvimento dos trabalhos então em curso para a “Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes e Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Cambinhas”.

Presentes diversas autoridades, incluindo o Sr. Prefeito de Niterói, o Sr. Secretário de Obras, a Coordenadora do Pró-Sustentável (CAF) e equipe, o Prof. Gilberto Dias (UFF) e membros da Diretoria do Subcomitê do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga (CLIP), a PCE – Projetos e Consultorias de Engenharia apresentou seu Projeto de Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes e Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Cambinhas.

### **Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes**

A concepção desenvolvida para a “Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes” foi aceita por unanimidade pelos presentes, não tendo havido questionamentos quanto à solução estabelecida pela PCE.

Ressalta-se também que a solução da PCE para Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes foi desenvolvida obedecendo à risca as orientações contidas no Termo de Referência apresentado pela Secretaria de Obras da Prefeitura de Niterói e nos documentos enviados pela Secretaria de Obras listados abaixo:

A “Descrição do Projeto”, contido no Termo de Referência apontava:

- *“Tem como principal objetivo a remoção do volume de areia depositado no canal de ligação entre a lagoa e o mar bem como a recuperação estrutural dos guias-correntes.”*
- *“Desta forma, pretende-se oferecer um cenário melhor do que o atual...”*



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

• “O trabalho a ser desenvolvido deverá avaliar as ações necessárias para transformar o trecho do Canal e no entorno próximo ao canal no interior da Lagoa de Itaipu num local navegável para embarcações de pequeno porte e possibilitar um melhor aproveitamento para outros esportes náuticos... mantendo-se as características atuais dos molhes e protegendo trechos das margens no local que se encontram em processo de erosão.

O Projeto terá como fonte principal de informações trabalhos já executados pela Prefeitura Municipal de Niterói, enviados a PCE, em particular:

• ***HYDROSCIENCE – Contrato Sexec nº 04/2018***

*Elaboração de Estudos para Análise da Condição Ambiental do Sistema Perilagunar Piratininga-Itaipu – Niterói: “Modelagem Computacional de Morfodinâmica Costeira: Estudo de Alternativas de Intervenção nos Molhes de Fixação da Desembocadura do Canal de Itaipu”; Porto Alegre, 15 de outubro de 2019.*

• ***Subcomitê do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga - C L I P***

*Canal de Itaipu - Recomendações para Recuperação visando Usos Múltiplos (Lagoa de Itaipu, Niterói/RJ) - Relatório Final; Grupo de Trabalho: Recuperação Ambiental e Saneamento; Rio de Janeiro, 10 de outubro de 2020.*

A seguir se apresenta um resumo dos principais tópicos abordados no Relatório da Hydrosience, por capítulo.

O documento se apresenta estruturado em seis capítulos: Apresentação; Introdução; Modelagem Computacional de Morfodinâmica Costeira; Resultado das Simulações; Conclusões e Recomendações; Referências Bibliográficas.

• **Capítulo 1 -Apresentação:**

Neste capítulo é feita uma apresentação do problema a ser estudado: redução do aporte de sedimentos através do canal de Itaipu, estudando o comprimento mínimo dos “molhes de fixação da desembocadura da Laguna de Itaipu” contribuindo para a redução do transporte de sedimentos e para a manutenção das profundidades no canal de comunicação da laguna com o mar. Busca, desse modo, “estimar o comprimento mínimo necessário dos molhes do Canal de Itaipu para que esta estrutura seja capaz de manter estável a profundidade do canal.

• **Capítulo 2 - Introdução:**

Inicia-se com um breve histórico da motivação da implantação do Canal de Itaipu e de suas estruturas de fixação (“dois molhes paralelos entre si e perpendiculares à linha de costa”).

Após uma avaliação inicial da dinâmica de movimentação – apontando o regime de ondas e as correntes de maré enchente como responsáveis pelo assoreamento no local e na formação de um “delta de maré enchente”, resume a proposta do Estudo, considerando que:

“Se a fonte dos sedimentos acumulados na desembocadura é marinha e a entrada se dá através das extremidades dos molhes ou sobre os mesmos, o prolongamento e o alteamento das estruturas são as intervenções a serem consideradas para a solução do problema”.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2****• Capítulo 3 - Modelagem Computacional de Morfodinâmica Costeira:**

Apresenta a ferramenta utilizada – Delft3D – e as diversas malhas batimétricas utilizadas (cinco diferentes grades, com escalas distintas) das quais quatro diferentes malhas foram para uso na avaliação da propagação de ondas, e uma – a de maior escala – para o cálculo dos processos morfodinâmicos. Essas malhas utilizaram informações das Cartas Náuticas e de levantamento topo-batimétrico realizado pela Hydrosience em 2018.

Dados de onda ao largo foram obtidos junto à base de dados do “The Centre for Australian Weather and Climate Research” para um período de 35 anos (jan/79 a dez/14). As informações desse banco de dados são apresentadas na forma de gráficos, tabelas e da “Rosa de Ondas”, que indicam, para um ponto ao largo (151m de profundidade):

- Direções de onda com frequência significativa decorrem de NE (8,77%) a SW (7,06%);
- Maiores alturas significativas de onda ocorrem na faixa entre 7,0m e 7,5m;
- Ondas com alturas superiores a 6,0m são provenientes das direções SSE (5 ocorrências), SW (13 ocorrências) e WSW (9 ocorrências), de um total de 315.576 observações (aproximadamente uma observação diária);
- Associadas a alturas significativas maiores do que 6,0m encontram-se períodos de pico (Tp) nas faixas de 10s a 12s (23 ocorrências) e de 12s a 14s (4 ocorrências).

A partir dessas informações foram selecionados os cenários de ondas para uso no modelo morfodinâmico (12 cenários, para quatro direções distintas de incidência em águas profundas. As direções representadas são: ~ENE (64,83°); ~SE (140,87°); ~S (187,29°) e ~SSW (215,36°).

As informações relativas às características da maré no local “...foram obtidas a partir de levantamentos de campo realizados pela Hydrosience por aproximadamente 76 dias na região oceânica adjacente à desembocadura da Laguna de Itaipu”.

Uma coleta de material de praia em áreas adjacentes aos guias-correntes (lado de Itaipu e Cambinhas) – 4 amostras em cada praia – serviram de referência para a definição do diâmetro mediano do material utilizado na modelagem (D50 = 0,45mm).

Foram estudadas quatro alternativas de intervenção na região da desembocadura, a saber:

- **Alternativa 1:** comprimento atual e alteamento dos molhes existentes;
- **Alternativa 2:** comprimento atual e alteamento dos molhes existentes e dragagem na área interna da desembocadura até a cota -2 m (IBGE);
- **Alternativa 3:** prolongamento dos molhes em 80m, alteamento dos molhes e dragagem na área interna da desembocadura, até a cota -2 m (IBGE);
- **Alternativa 4:** prolongamento dos molhes em 140m, alteamento dos molhes e dragagem na área interna da desembocadura, até a cota -2 m (IBGE).

Essas alternativas foram analisadas “... em termos de capacidade de retenção dos sedimentos provenientes da deriva litorânea e estabilidade da desembocadura (manutenção das profundidades)”.

De interesse específico da prefeitura Municipal de Niterói é a “Alternativa 2”, pois, conforme o Termo de Referência que norteou a contratação dos trabalhos, “o objetivo do projeto solicitado pela Prefeitura de Niterói é:

- *Manter a atual estrutura dos molhes em seu comprimento, podendo alterar, se necessário, a altura dos mesmos, reestruturando os espaços vazios, havendo necessidade de reconstruir os trechos extremos em contato com o mar – que já perderam sua finalidade estrutural.*
- *Quanto à desobstrução do canal de ligação entre a lagoa e o mar, a regularização da profundidade do canal deve se estender da foz (entre os cabeços recuperados, desenvolvendo-se para jusante. Profundidades máximas de 1,0m deverão, a princípio, nortear os trabalhos. O material arenoso retirado, oriundo da operação de desobstrução, necessário para permitir as premissas já apontadas, deverá, em princípio, ser utilizado nas margens da lagoa, nas proximidades do canal – de modo a fornecer proteção aos taludes naturais existentes no entorno”.*

As principais conclusões alcançadas pelo estudo da Hydrosience – válidas especificamente para a “Alternativa 2” – referência adotada para nortear os estudos para a concepção do Projeto a ser desenvolvido pela PCE, são apresentadas a seguir.

#### • **Conclusões e Recomendações**

Finalizando o relatório da Hydrosience, são apresentadas as principais conclusões alcançadas no desenvolvimento dos trabalhos e algumas recomendações para análises posteriores.

Relativamente ao comportamento da “Alternativa 2” do relatório da Hydrosience decidida pela Secretaria de Obras e Prefeitura Municipal:

- *“Os resultados das simulações realizadas para a Alternativa 2 mostraram que a dragagem no canal sem o devido prolongamento dos molhes causaria degradação do canal, principalmente entre os molhes e já no primeiro ano de simulação, em função do aporte de sedimentos provenientes da porção externa e remobilização dos sedimentos ainda presentes no interior da desembocadura”.*
- *“As simulações de propagação de ondas mostraram que a remoção dos sedimentos existentes na região da desembocadura acarretará na maior capacidade de penetração de ondas para o interior da laguna, principalmente em evento de tempestade, de modo que devem ser estudadas e analisadas as necessidades de implantação de estruturas de proteção de margem”.*

Ainda, como uma conclusão válida para todos os cenários analisados:

- *“Importante salientar que o déficit de sedimentos na praia, em longo prazo, pode diminuir sua função de proteção às infraestruturas urbanas existentes na frente costeira durante eventos de tempestade”.*



Por último:

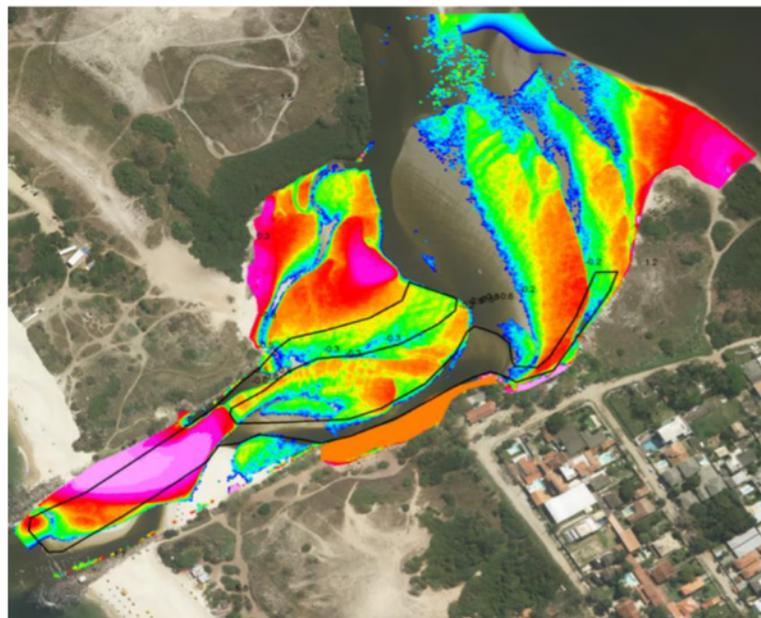
- “Na eventual intenção de dragagem do canal, recomenda-se que seja realizado um estudo detalhado das características granulométricas desse sedimento, assim como das características do material da praia nativa para que, em caso de compatibilidade, sejam adotadas técnicas executivas para devolução dos sedimentos ao local de origem, dando um destino benéfico àquele material”.

### **Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Camboinhas.**

Quanto a “Desobstrução do Canal de Ligação”, como concebida pela PCE, não foi aceita integralmente. Foi solicitado, então, que a PCE desenvolvesse a concepção contida em documento apresentado pelo Prof. Gilberto Dias (referência: e-mail do Prof. Gilberto Dias no dia 29 de agosto de 2022 às 21:45hs), reproduzida na Figura Alt-2.1, a seguir, apoiada e recomendada como solução pela Diretoria do CLIP (Subcomitê do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga), no que diz respeito à “Desobstrução do Canal de Ligação”.

Basicamente, essa solução diferencia da solução desenvolvida pela PCE no alinhamento dos elementos de geobags na parte interna da Lagoa de Itaipu criando dois canais de ligação entre a Lagoa de Itaipu e o mar, criando uma área entre os dois canais para ser utilizada pela população como área de lazer.

Tal solução poderá futuramente necessitar de uma maior frequência de manutenção com relação a eventuais assoreamentos das calhas dos canais de ligação.



**Figura ALT 2.1:** Concepção apresentada pelo Prof. Gilberto Dias para a Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Camboinhas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> referência: e-mail do Prof. Gilberto Dias; 29 de agosto de 2022 às 21:45hs.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Esta concepção, apoiada tanto pela Diretoria do CLIP (Subcomitê do Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga) quanto pela Coordenadora do Pró-Sustentável (CAF), gerou o desenvolvimento da “**ALTERNATIVA 2**”, autorizada pela Secretaria de Obras, através de Termo Aditivo ao contrato inicial.

Ressalta-se que esta Alternativa para a desobstrução do canal de ligação não é considerada a mais adequada pela PCE no que diz respeito à manutenção das profundidades ao longo do tempo, como estabelecido no Termo de Referência.

Na consecução desta alternativa para a “**Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Camboinhas**” foi levada em consideração todas as observações, solicitações e recomendações feitas pelo Prof. Gilberto Dias e a Equipe do CLIP, tais como: *não desobstruir o canal existente até a Lagoa de Itaipu e a realização da proteção da Duna Velha através da construção de praia artificial, que se desenvolve até a montante do trecho em erosão nas proximidades do restaurante Laguna’s Bar na margem esquerda (lado de Itaipu).*

**Portanto, no caso da “ALTERNATIVA 2” – Conforme Recomendações do CLIP – Prof. Gilberto Dias (UFF)**, as principais características do canal escavado e da praia artificial, são, respectivamente:

- **Dimensões do canal de ligação** entre a isóbata de -2m (IBGE) em mar aberto, até 250m para montante (início da bifurcação do canal escavado):
  - Comprimento: a partir da isóbata de 2m (IBGE), em mar aberto, até 250m para montante (início da bifurcação do canal escavado);
  - Largura: 46,8m;
  - Profundidade: -2,0m (RN-IBGE);
  - Volume total de escavação:
    - canal de acesso para a draga: 2.600m<sup>3</sup>;
    - desobstrução do canal de Itaipu: 70.000m<sup>3</sup>, sendo que 66.100m<sup>3</sup> serão depositados na praia de Camboinhas.
  
- **Proteção das margens com formas geotêxtis:** serão utilizadas na proteção do canal escavado no trecho de Camboinhas até a montante do enrocamento existente; no lado de Itaipu, serão utilizadas na contenção do pé do aterro a ser lançado para execução da praia artificial do lado de Itaipu (Duna Velha), e na proteção da margem do canal escavado até a montante do enrocamento existente;
  - 08 unidades com 50m de comprimento;
  - 03 unidades com 20m de comprimento;
  - Volume de areia para enchimento dos geotêxtis: 3.100m<sup>3</sup>.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Estimamos como **prazo total** para as operações de Desobstrução do Canal de Ligação (incluindo a proteção das margens do canal e praia artificial) **cinco meses e meio (5,5 meses)**

- **Praia Artificial** (proteção da Duna Velha até a montante do restaurante Laguna's Bar):
  - Volume de areia a ser estocado para posterior lançamento: 2.100m<sup>3</sup>;
  - Volume de areia contido nos geotêxtis a ser utilizado posteriormente na praia artificial: 1.000m<sup>3</sup> de 1.300m;

Estimamos **prazo total** para as operações de execução da Praia Artificial para proteção da Duna Velha, **dois meses e meio (2,5 meses)**.

Considerando a “**Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes**”, foi mantida a concepção da PCE, de manter o comprimento existente dos dois guias-correntes, reforçando o enrocamento existente da seguinte forma:

- **Material de Núcleo:** pedras com pesos entre 100kg e 1,0t, sendo:
  - no guia-correntes do lado de Camboinhas: 7.500m<sup>3</sup>;
  - no guia-correntes do lado de Itaipu: 5.200 m<sup>3</sup>.
- **Armaduras de Proteção:**

**No caso de se optar por pedras os volumes serão de**

	Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes – Solução em Enrocamento		
	Estimativa de Quantidades de Pedras (m <sup>3</sup> )		
	Lado de Itaipu	Lado de Camboinhas	Total
<b>Pedras Tipo C</b> (Núcleo)	5.200	7.500	12.700
<b>Pedras Tipo B</b> (Armadura)	3.100	1.650	4.750
<b>Pedras Tipo A</b> (Armadura)	1.550	4.950	6.500

**No caso de se utilizar elementos de concreto (tetrápodes)**

- Tetrápodes com peso de 8,0t por unidade, no guia-correntes do lado de Camboinhas com um total de 1.850 unidades;
- Tetrápodes com peso de 8,0t por unidade, no guia-correntes do lado de Itaipu, com um total de 1.450 unidades.

O **prazo total** estimado para as operações de “Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes do lado de Itaipu e do lado de Cambinhas” (incluindo o fechamento da passagem existente do lado de Cambinhas) é de **onze (11) meses**.

## 1. ELEMENTOS CONDICIONANTES

### 1.1 NÍVEIS DE REFERÊNCIA – RELAÇÃO ENTRE O RN-IBGE E O NR-DHN

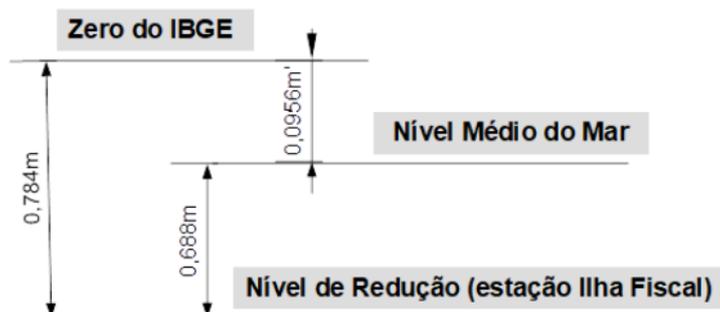
É usual, em estudos de engenharia costeira e de dragagem, a utilização da referência de profundidades utilizada nas Cartas Náuticas e em levantamentos batimétricos – o “Nível de Redução”, do Centro de Hidrografia da Marinha.

Estudos anteriores realizados na região – tanto acadêmicos quanto técnicos – apontados no “Relatório Inicial” elaborado pela PCE para a Prefeitura de Niterói (nº RELA\_01\_LI), utilizaram o “Zero do IBGE” (RN-IBGE).

Com o objetivo de manter a referência de profundidades e cotas – possibilitando assim o uso das informações contidas neste Projeto para trabalhos posteriores – decidiu-se manter o “Zero do IBGE” como referência tanto para o Projeto de Desobstrução do Canal de Ligação quanto para o Projeto de Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes.

A dissertação de mestrado realizada no LAGEMAR/DG/IGEO da UFF<sup>2</sup> em 2017, apresenta a relação entre essas duas referências: o “Zero do IBGE” (relacionado a altitudes) e o “Nível de Redução” do CHN para a estação (marégrafo) da Ilha Fiscal (relacionado a profundidades).

O croqui a seguir esclarece:



### 1.2 LOCALIZAÇÃO E TOPO-BATIMETRIA DA ÁREA

Uma primeira apreciação do comportamento da morfologia de fundo local é apresentada na Figura 1.2.1 a seguir<sup>3</sup> em profundidades variando de 28m a 3m. Mostra, ainda, como as isóbatas entre 16m e 3m tem comportamento paralelo à linha de costa.

<sup>2</sup> José Joaquim Dutra de Andrade: “Evolução Ambiental das Lagoas de Piratininga e Itaipu, Determinação da Linha Base e seus Entornos”; Dissertação de Mestrado apresentada no programa de Pós-Graduação em Dinâmica da Terra e dos Oceanos, do Laboratório de Geologia Marinha, da Universidade Federal Fluminense (2017).

<sup>3</sup> SALVADOR, M.V.S. e SILVA, M.A.M.; “Morphology and sedimentology of the Itaipu Embayment – Niterói/RJ”; Na. Acad. Bras. Cienc., (2002) 74(1): 127-134.

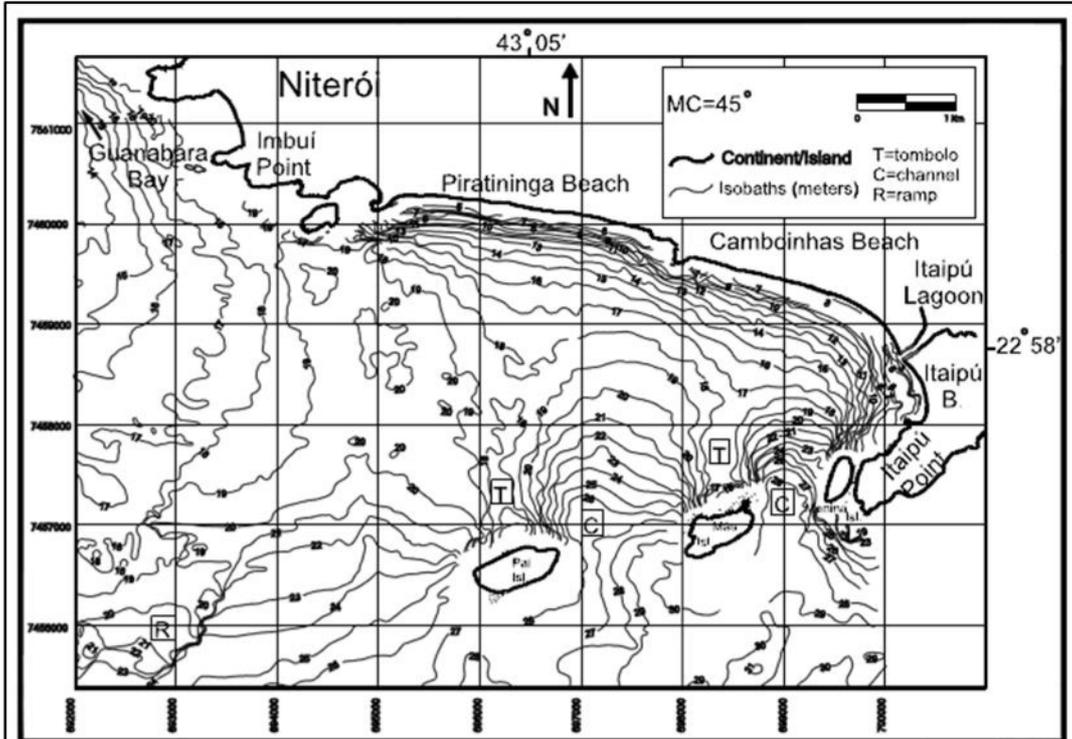


Fig. 2 – Bathymetric map of the Itaipú Embayment based on data collected during this work combined with data from DHN (1987).

**Figura 1.2.1:** Batimetria na Região das Praias de Piratininga, Camboinhas e Itaipú.

Para obter uma informação mais detalhada da batimetria na região dos guias-correntes, da geometria atual dessas estruturas, e do trecho compreendido entre o mar e a Lagoa de Itaipú, foi planejado um levantamento topo-batimétrico cadastral da região de interesse para o desenvolvimento do Projeto.

O Centro de Hidrografia da Marinha concedeu autorização para a realização de “Levantamento Hidrográfico no Canal de Itaipú e Adjacências” em 10 de janeiro de 2022 (Autorização nº 27/22), e as atividades de campo foram realizadas no período compreendido entre 17 e 25 de janeiro do corrente.

Os serviços realizados compreenderam:

- Batimetria da região do entorno da embocadura do canal de Itaipú, até a isóbata de 11m (lado de Camboinhas) e 8m (lado de Itaipú);
- Topo-batimetria de toda a região do canal de Itaipú, desde seu encontro com o mar, a jusante, até o início da lagoa, a montante;
- Levantamento topográfico cadastral da região emersa das praias de Camboinhas e Itaipú, no entorno do canal de Itaipú;
- Delimitação dos trechos em enrocamento – nos guias-correntes e no trecho emerso do revestimento das margens.



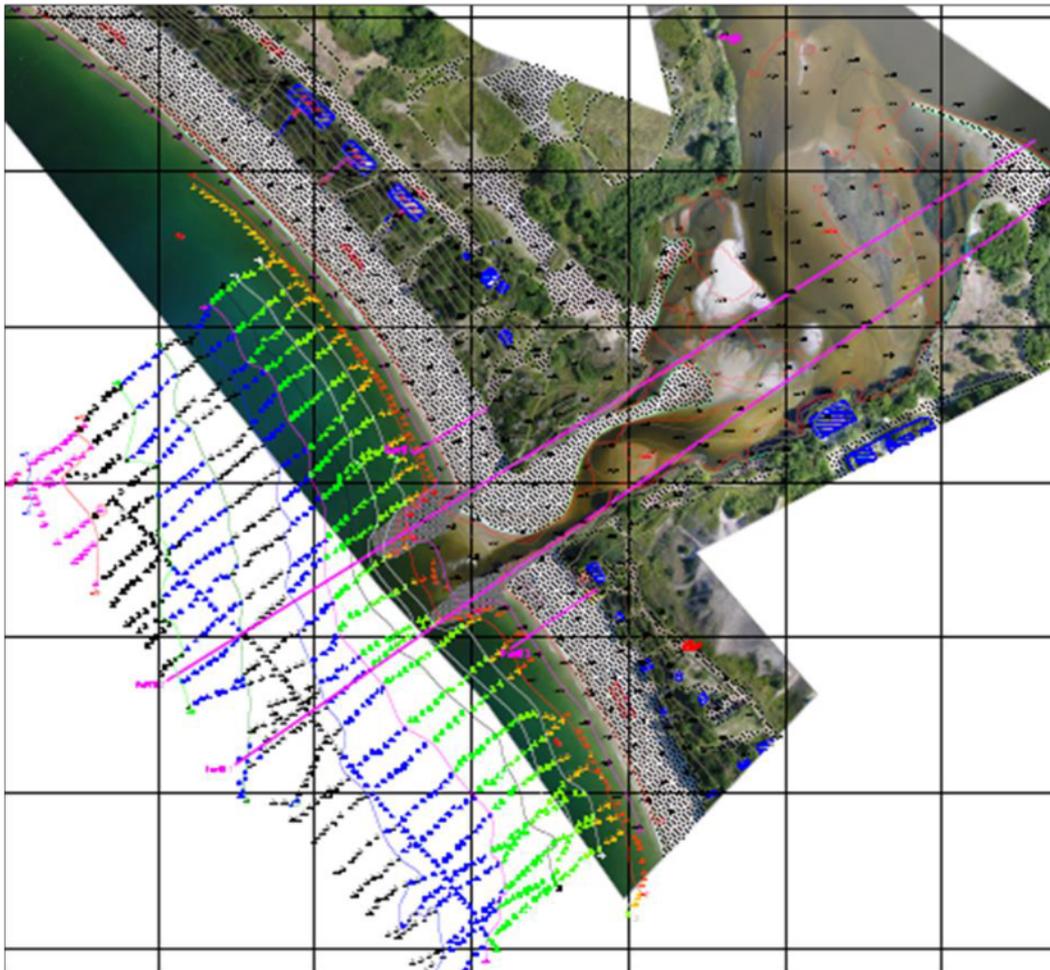
TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Os respectivos “datum” horizontal e vertical utilizados foram: SIRGAS 2000 e Imituba (“Zero do IBGE”).

Os resultados dos serviços realizados foram sobrepostos a uma foto aérea georreferenciada, realizada durante um voo de “veículo aéreo não tripulado” (drone), controlado remotamente – desenho número DES-PCE-01/01-13/22-2925, “**Planta Topo-batimétrica Cadastral no Canal de Itaipu e Adjacências**”, datado 02/02/2022.

A título de visualização, reproduz-se na Figura 1.2.2, a seguir (sem escala), o desenho citado.



**Figura 1.2.2:** Levantamento Topo-batimétrico cadastral realizado pela PCE.

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DA MARÉ NA REGIÃO

A maré na região é caracterizada por uma maré do tipo mista, semidiurna, que não ultrapassa 1,5m de variação<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> RODRIGUES, E.M., SILVA, A.L.C., ECCARD, L.R., SILVESTRE, C.P., RAMOS, Y.B.M.; “**Vulnerabilidade e variações de curto prazo da praia de Itaipu (Niterói-RJ) em resposta às mudanças nas condições de mar**”; Rev. Tamoios, São Gonçalo (RJ), ano 10, n. 2. Pág. 69-79, jul/dez 2014.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Informações contidas na “Tábua de Marés” (2022) para a Estação da Ilha Fiscal (referência utilizada nas Cartas Náuticas que apresentam a região de interesse) confirmam esta afirmação. A maior preamar prevista é de 1,4m e a menor baixa-mar prevista é de -0,1m, valores referenciados ao Nível de Redução da região.

A Tabela a seguir apresenta esses valores também referenciados ao “Zero do IBGE”.

	Em relação ao “Zero” do IBGE (RN – IBGE)	Em relação ao “Zero” da Carta Náutica (Nível de Redução – CHN)
Preamar Máxima (19/03/2022)	+0,62	1,4
NÍVEL MÉDIO	-0,05	+0,73
Baixa-mar Mínima (01/02/2022)	-0,88	-0,1

#### 1.4 CONDIÇÕES DE SUPORTE DO SUBSOLO E CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL SUPERFICIAL

Sob os guias-correntes existentes, o solo apresenta boa capacidade de suporte. Essas estruturas foram construídas em 1978, e desde então não apresentaram recalques devido à baixa capacidade de suporte.

Quanto ao material superficial encontrado no canal de ligação e arredores, as informações contidas no “**Relatório Inicial**” da PCE apresentado à Prefeitura de Niterói mostram:

- Na praia de Camboinhas, entre o meio da praia até as proximidades do guia-correntes, se encontra areia fina. As amostras coletadas pela Hydrosience no trecho emerso e na face da praia próximo ao guia-correntes indicaram a ocorrência de areia média (diâmetros medianos de 0,37mm a 0,47mm);
- No canal de ligação entre a Lagoa de Itaipu e o mar, nove amostras de sedimentos, em três seções transversais distintas, indicaram a ocorrência preponderante de areia média, com alguma fração de areia grossa a muito grossa verificada na seção mais próxima da foz;
- Na praia de Itaipu, o material superficial é constituído predominantemente por areia média até a profundidade de 5 metros. As amostras coletadas pela Hydrosience no trecho emerso e na face da praia próximo ao guia-correntes indicaram a ocorrência de areia média e média/grossa (diâmetros medianos de 0,37mm a 0,64mm).

Estas informações indicam que o material de fundo sob os guias-correntes existentes é capaz de suportar a recuperação estrutural a ser apresentada neste documento.

A desobstrução do canal de ligação entre a Lagoa de Itaipu será realizada pela retirada de material arenoso – areia média a grossa – que foi depositado no canal ao longo dos anos oriundo da região da praia de Camboinhas, não sendo esperado material resistente à escavação.



## 1.5 ONDAS

Em se tratando da recuperação estrutural dos guias-correntes as ondas são o parâmetro de maior importância já que definirá o carregamento sobre as estruturas.

O estudo de transformação de ondas realizado (vide “**Relatório Intermediário**” da PCE já apresentado à Prefeitura de Niterói) objetivou:

- Avaliar estatisticamente 41 anos de série temporal de ondas oceânicas Offshore;
- Confeccionar domínio de modelagem para propagação dos resultados de modelo global;
- Avaliar através de mapas a propagação das ondas na região do projeto;
- Extrair 41 anos de resultados de parâmetros de ondas na região do projeto;
- Avaliar estatisticamente 41 anos de série temporal de ondas na região do projeto.

Visando realizar a caracterização do clima de ondas na área do projeto, foram utilizados os resultados do projeto ERA-5, do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Esse projeto tem como objetivo produzir análises globais diárias do estado atmosférico, terrestre e dos oceanos.

As séries de ondas geradas por modelos de reanálise são frequentemente utilizadas em projetos de engenharia ao redor do mundo, onde medições locais de onda não são suficientemente longas para caracterizar o clima marítimo da região. Dessa forma, através desse estudo é possível obter os parâmetros de projeto adequados para o projeto de estruturas oceânicas, costeiras e portuárias.

### 1.5.1 Regime de Ondas ao Largo

A série temporal foi extraída para um ponto localizado ao largo da costa do Rio de Janeiro, com profundidade superior a 100 metros, localizada nas seguintes coordenadas geográficas 23° 13'37.59"S; 43° 0'0.00"O. Os dados extraídos estão disponíveis na página <https://cds.climate.copernicus.eu/>.

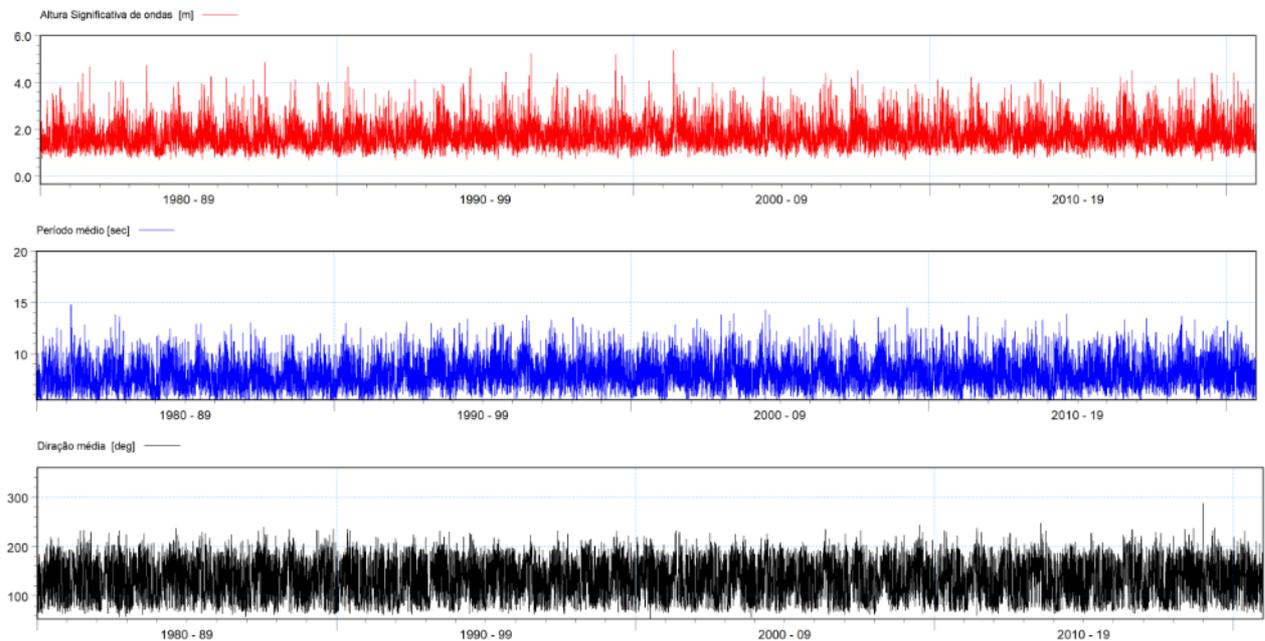
Para o presente estudo foram extraídos dados de altura significativa ( $H_s$ ), direção média ( $D_m$ ) e período médio ( $T_m$ ). Foram utilizados parâmetros de ondas em um período compreendido entre 1980 e 2020.

A Figura 1.5.1 mostra a série temporal utilizada nos estudos para os parâmetros  $H_s$ ,  $T_m$  e  $D_m$  ao longo dos 41 anos de resultados de modelo global que serviram de entrada para o modelo de propagação e transformação de ondas até a região do projeto.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**



**Figura 1.5.1** – Parâmetros de ondas extraídos na região offshore ao longo dos anos de 1980 a 2020.

#### 1.5.1.1 Regime de Ventos Utilizado

Visando caracterizar o estado de vento no domínio de modelagem, foram utilizados os resultados do modelo global do “*European Centre for Medium-Range Weather Forcastes*”, na mesma localização dos resultados de ondas.

As condições meteorológicas dessa região são caracterizadas pela presença do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) estacionado na região. Os ventos no local associados ao ASAS são provenientes do quadrante norte-leste e são característicos de condições de Bom Tempo na região (NOGUEIRA, 2015).

Essa situação de bom tempo na região é recorrentemente perturbada pela entrada de frentes frias, que antecedem a chegada de um ciclone ou anticiclone. Nessas situações, mudam os ventos e ondas na região e as condições de mar podem ser muito severas.

### 1.5.2 Transformação das Ondas

A transformação do regime de ondas do largo para a junto à costa, na região da enseada de Itaipu, foi realizada através de modelagem numérica, por meio de modelo espectral de ondas utilizado para propagação e geração pelo vento, e que inclui todos os principais efeitos de transformação em águas rasas e perdas de energia.

#### 1.5.2.1 Domínio de Modelagem e a Propagação das Ondas

Para elaboração do domínio de modelagem foi confeccionado um modelo cobrindo uma área de aproximadamente 600 x 800 quilômetros quadrados, com cerca de 6.000

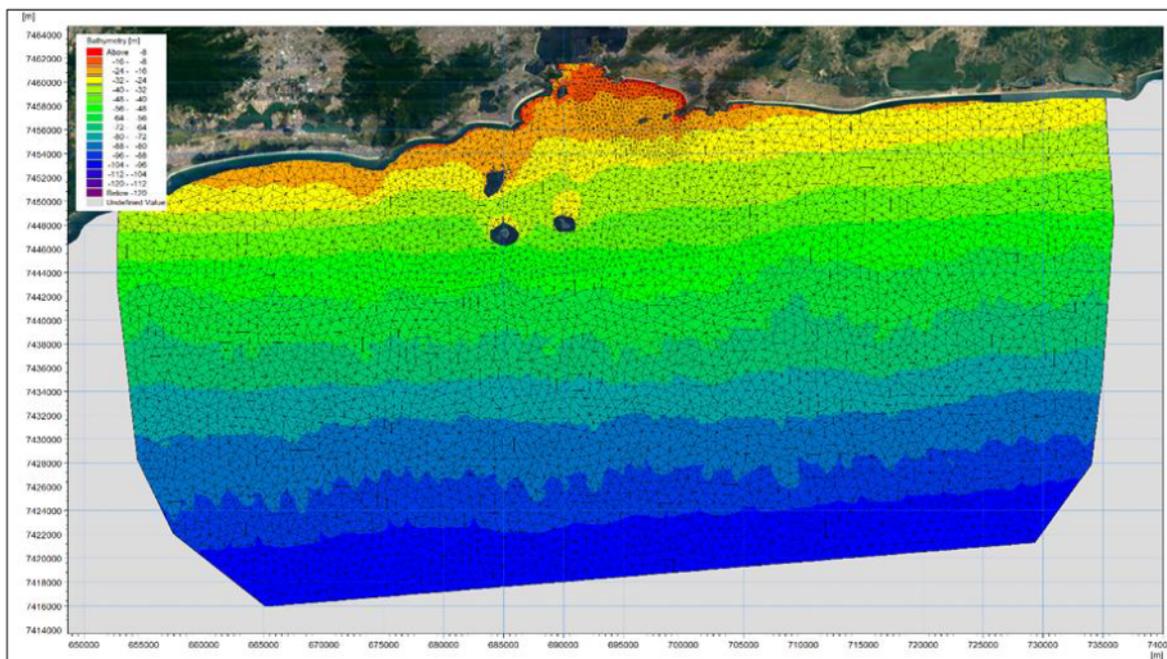
elementos, em malha numérica do tipo triangular, flexível e não estruturada, através do esquema de discretização espacial por Volumes Finitos.

Este tipo de malha numérica permite uma afinada resolução espacial na área de interesse e uma resolução menos detalhada nas áreas remotas.

Os dados batimétricos foram interpolados através de dados de cartas náuticas da DHN disponíveis para o local. As cartas estão disponíveis para acesso no site da Marinha do Brasil (<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/cartas-raster>).

O domínio do modelo e a malha utilizada são apresentados na Figura 1.5.2 e em detalhe na Figura 1.5.3.

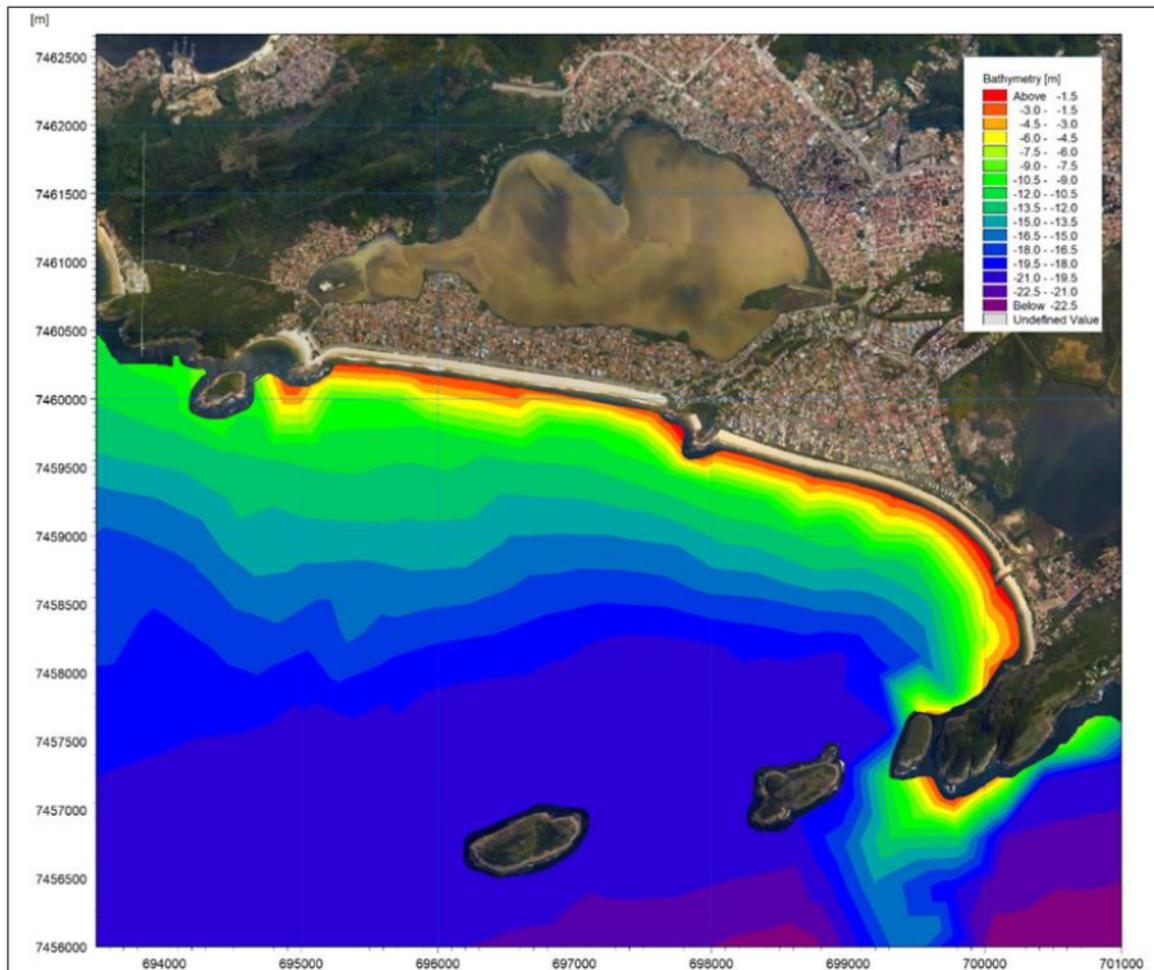
As condições de ondas citadas nos capítulos anteriores foram incluídas como condição de contorno na borda sul do modelo, e as condições de vento em todo o domínio.





TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**



**Figura 1.5.3** – Detalhe do domínio do modelo e batimetria utilizada nas simulações.

A evolução do conhecimento a respeito da mecânica das ondas permitiu incorporar processos físicos complexos em modelos numéricos computacionais, revolucionando a capacidade de se definir com maior acurácia e precisão os parâmetros de projeto para obras marítimas.

A refração, empinamento (“shoaling”), dissipação de energia e difração, entre outras, são manifestações de interações que a ondulação sofre ao se propagar por zonas de pouca profundidade.

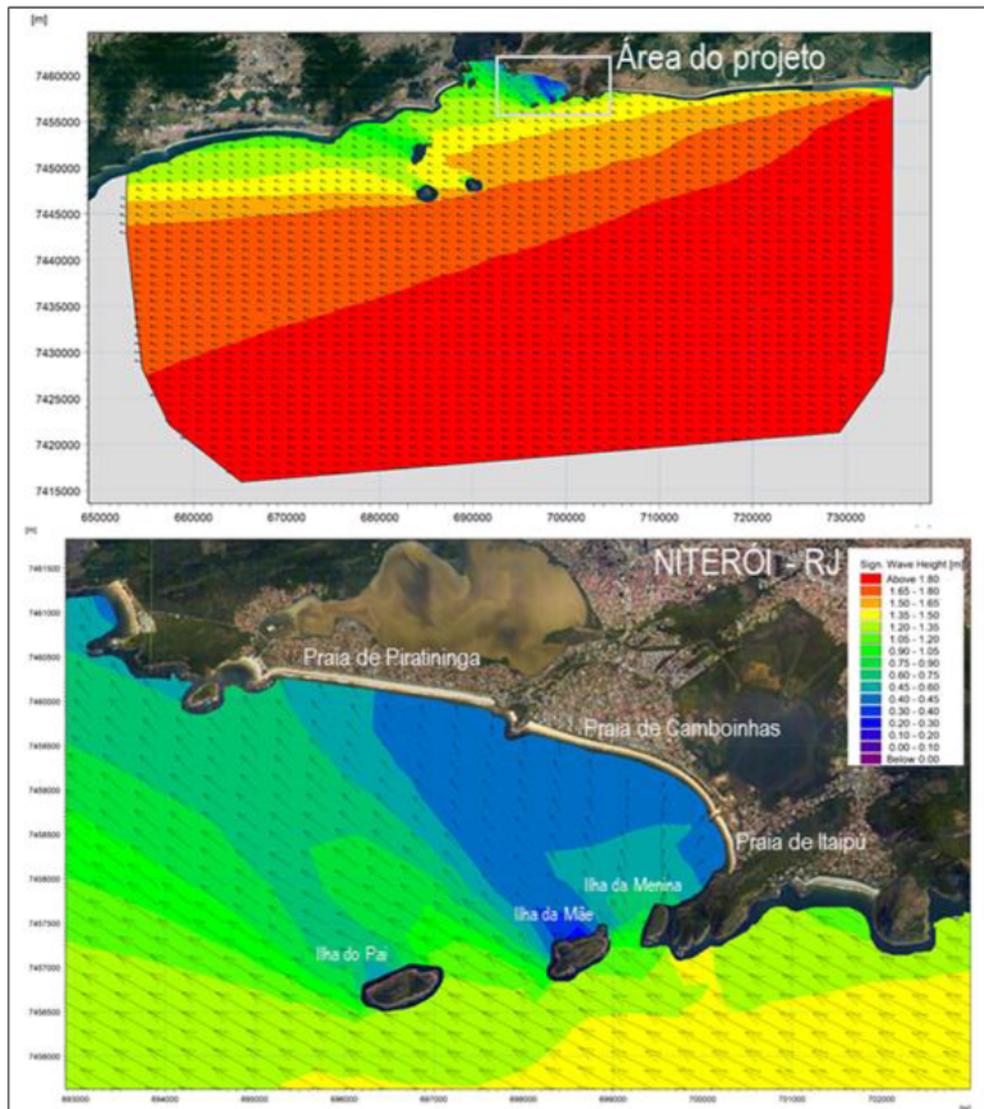
Além da influência da profundidade, a presença de obstáculos (ilhas e quebra-mares) é responsável por alterar drasticamente alguns dos principais parâmetros das ondas como a direção e a altura (MEIRELLES, 2007).

Para a simulação, os dados de onda e vento do modelo global foram utilizados como condições de contorno. A série temporal de onda é fornecida na fronteira offshore do modelo, enquanto os dados de vento são variáveis no tempo, porém iguais em toda a malha para um mesmo instante.

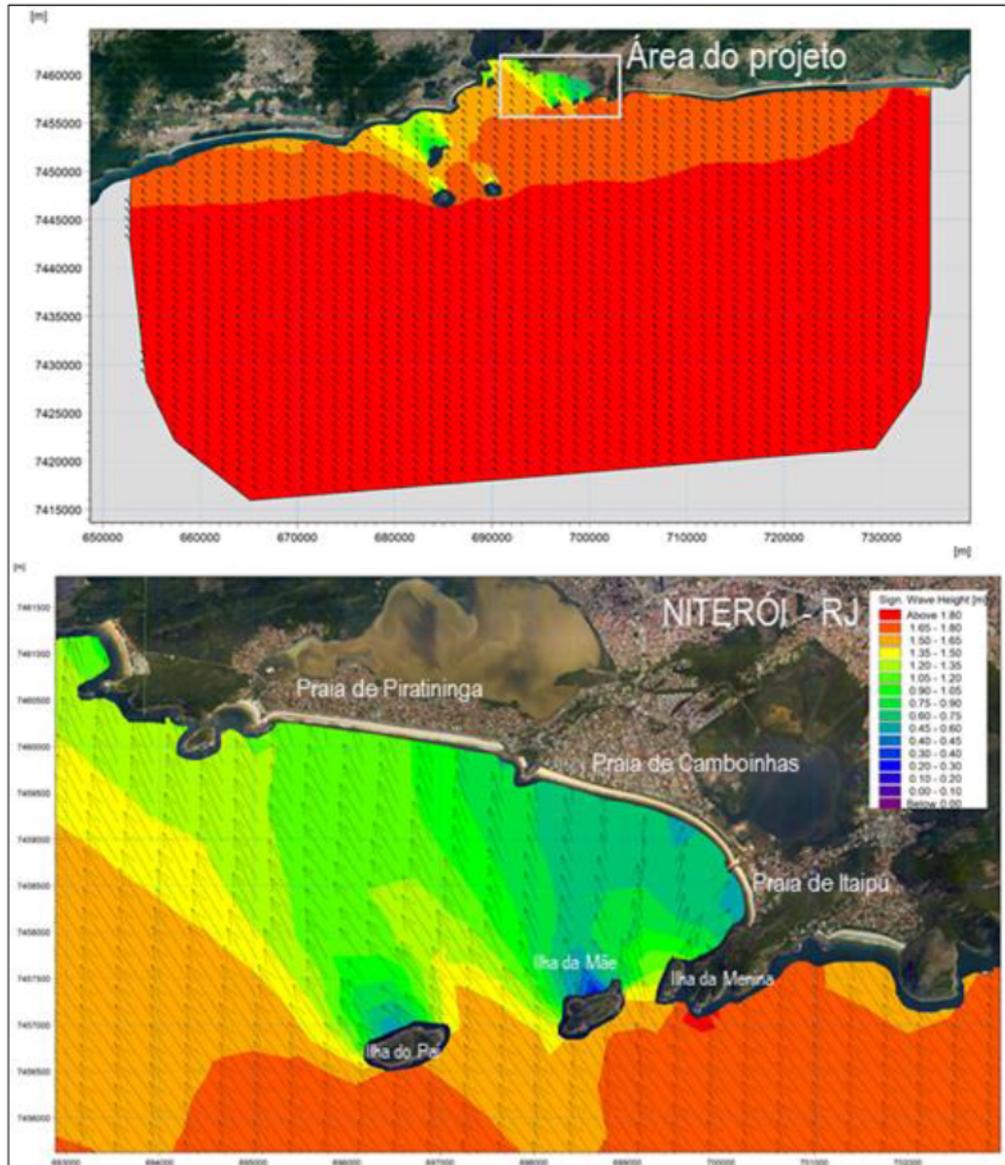
Os dados de ondas na região oceânica foram propagados para o local do projeto através do modelo matemático MIKE 21 SW do DHI. Esse é um modelo espectral de ondas utilizado para propagação e geração de ondas pelo vento, e que inclui todos os principais efeitos de transformação em águas rasas e perdas de energia.

As figura abaixo mostram a propagação das ondas da região offshore até a região do projeto apenas para fins de visualização dos efeitos de transformação das ondas de águas profundas para águas rasas.

Para isso, foram extraídos diferentes momentos da simulação, com direções variando entre Este/Sudeste (100°N), Sudeste (140°) e Sul (180°), com altura significativa (Hs) de 1,8 metros e período médio (Tm) de 10 segundos para todas as situações.



**Figura 1.5.4** – Exemplo de propagação das ondas até a região de estudo.  
 Dados de entrada: Hs= 1,8 Tm= 10 s e Dir = 100°.

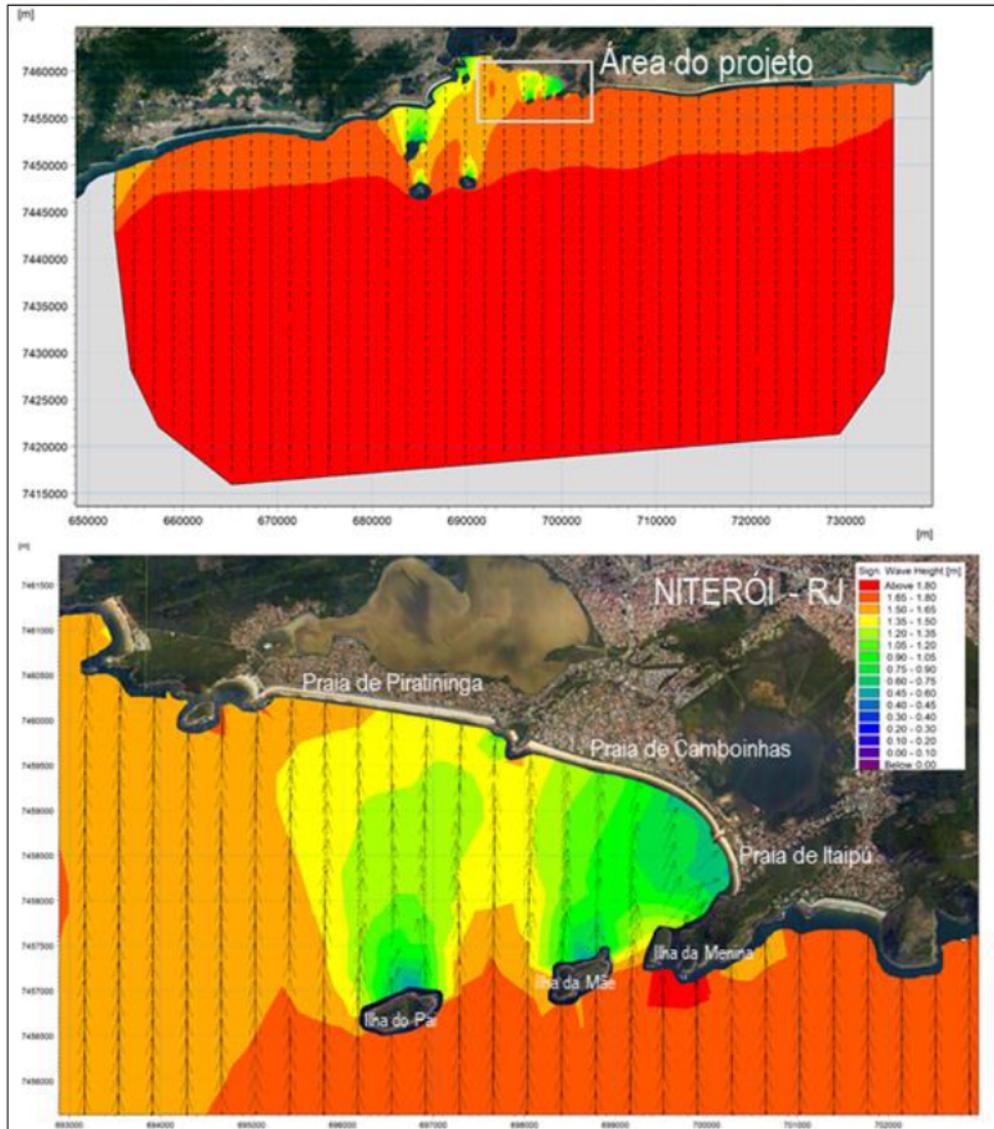


**Figura 1.5.5** – Exemplo de propagação das ondas até a região de estudo.  
Dados de entrada:  $H_s = 1,8$   $T_m = 10$  s e  $Dir = 140^\circ$ .



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**



**Figura 1.5.6** – Exemplo de propagação das ondas até a região de estudo.

Dados de entrada:  $H_s = 1,8$   $T_m = 10$  s e  $Dir = 180^\circ$ .

A região do canal de Itaipu é protegida da ação direta das ondas pelas três ilhas que estão situadas ao largo, a Ilha do Pai, a Ilha da Mãe e a Ilha da Menina.

Essas três ilhas constituem importante barreira atenuante que faz com que as ondas sofram processo de difração, reduzindo de forma significativa a energia das ondas em sua área de atuação.

Observa-se que para ondas de ESE, a praia de Itaipu e Cambinhas ficam praticamente protegidas, porém na medida em que a direção das ondas muda para as direções Sudeste e Sul, como pode ser observado nas figuras acima respectivamente, há um aumento significativo na altura das ondas na região.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Também é importante ressaltar que para ondas com direção predominante de Sudoeste, há um processo de pequena atenuação devido à presença das ilhas mais ao largo, como as ilhas Cagarras, Ilha Redonda e Ilha Rasa, mas que não chega a afetar significativamente a propagação e energia das ondas no local.

#### 1.5.2.2 Calibração do Modelo

Para a calibração do modelo, foi realizada uma simulação a fim de comparar os dados simulados com os dados coletados pelo Projeto SIMCOSTA, através da boia oceanográfica RJ01, localizada nas coordenadas 22°58'59" S / 43°10'28" W, e posicionada nas proximidades da ilha de Cotunduba, conforme observa-se na Figura 1.5.7, a seguir.



**Figura 1.5.7** – Localização da boia oceanográfica utilizada na calibração do modelo matemático.

A seguir, estão apresentados os gráficos comparativos entre esses valores, para parâmetros de  $H_s$ ,  $T_m$  e Dir, nos meses de julho e agosto de 2017 (Figura 1.5.8).

Apesar de algumas discrepâncias, em geral, a calibração representa bem os dados médios medidos.

Observa-se, principalmente, que o modelo representa bem a entrada de um sistema frontal, com  $H_s$  superiores a 3 metros.



TÍTULO:

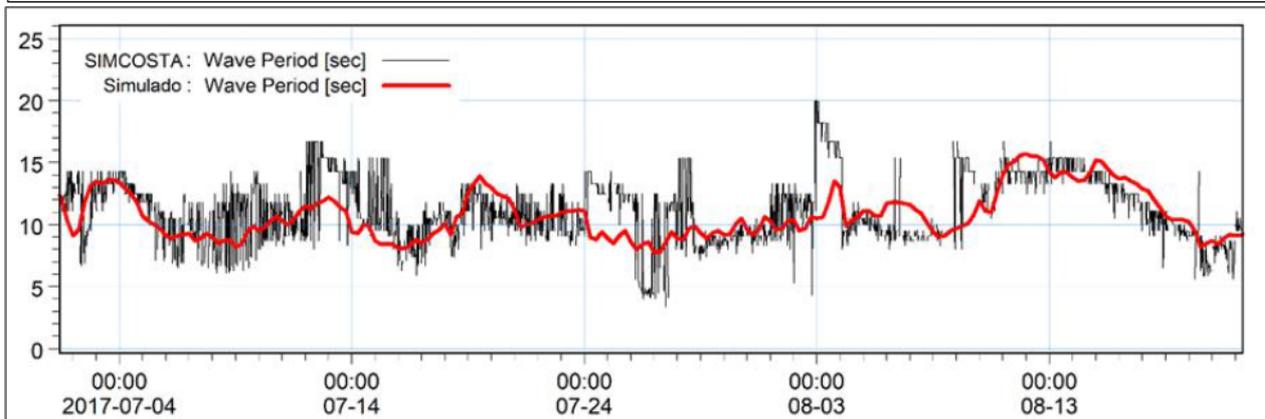
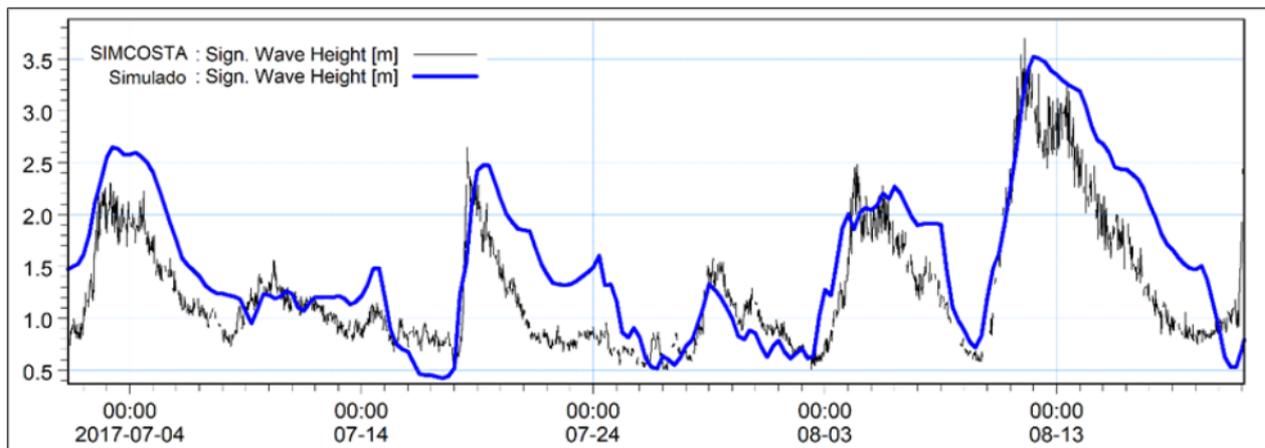
**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

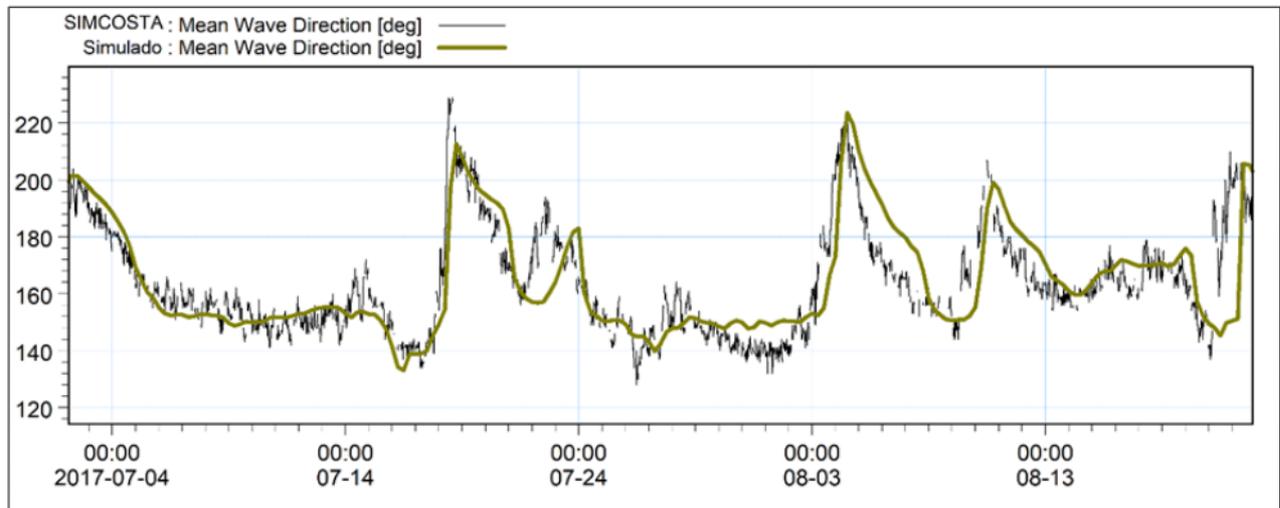
Além disso, observa-se que o período médio representa de forma satisfatória as flutuações, uma vez que os dados da boia oceanográfica são períodos com dados medidos a cada 30 minutos.

Observa-se também, que os resultados de direção de ondas do modelo, quando se comparados aos medidos, acompanham de forma fidedigna as variações.

Importante salientar que os picos de altura significativa de ondas foram representados através do modelo, resultado em uma calibração satisfatória.

Através do modelo calibrado foi possível simular os 41 anos de propagação de resultados de modelo global até a região de interesse e, a partir daí, extrair os resultados na região do projeto.





**Figura 1.5.8** – Calibração do modelo de propagação de ondas através da boia oceanográfica do projeto SIMCOSTA.

### 1.5.2.3 Regime de Ondas Junto à Costa – Resultados Obtidos

Para representar estatisticamente a região do projeto e apresentar as distribuições de frequência de ocorrência das ondas na região de estudo, foi selecionado um ponto frontal a linha de costa a uma **profundidade de 4 metros**.

A **Figura 1.5.9** mostra a localização de extração dos resultados obtidos através do modelo.



**Figura 1.5.9** – Localização do ponto de extração do modelo matemático para análise estatística.



Para efeito comparativo, a Figura 1.5.10, a seguir, mostra, na região de interesse, a propagação das ondas com uma altura significativa de ondas de 1,8 m, período médio de 10 segundos e direção de onda ao largo variando entre 100°N e 200°N, ou seja, das direções de Este/Sudeste (ESE) a Sul/Sudoeste (SSO), respectivamente.

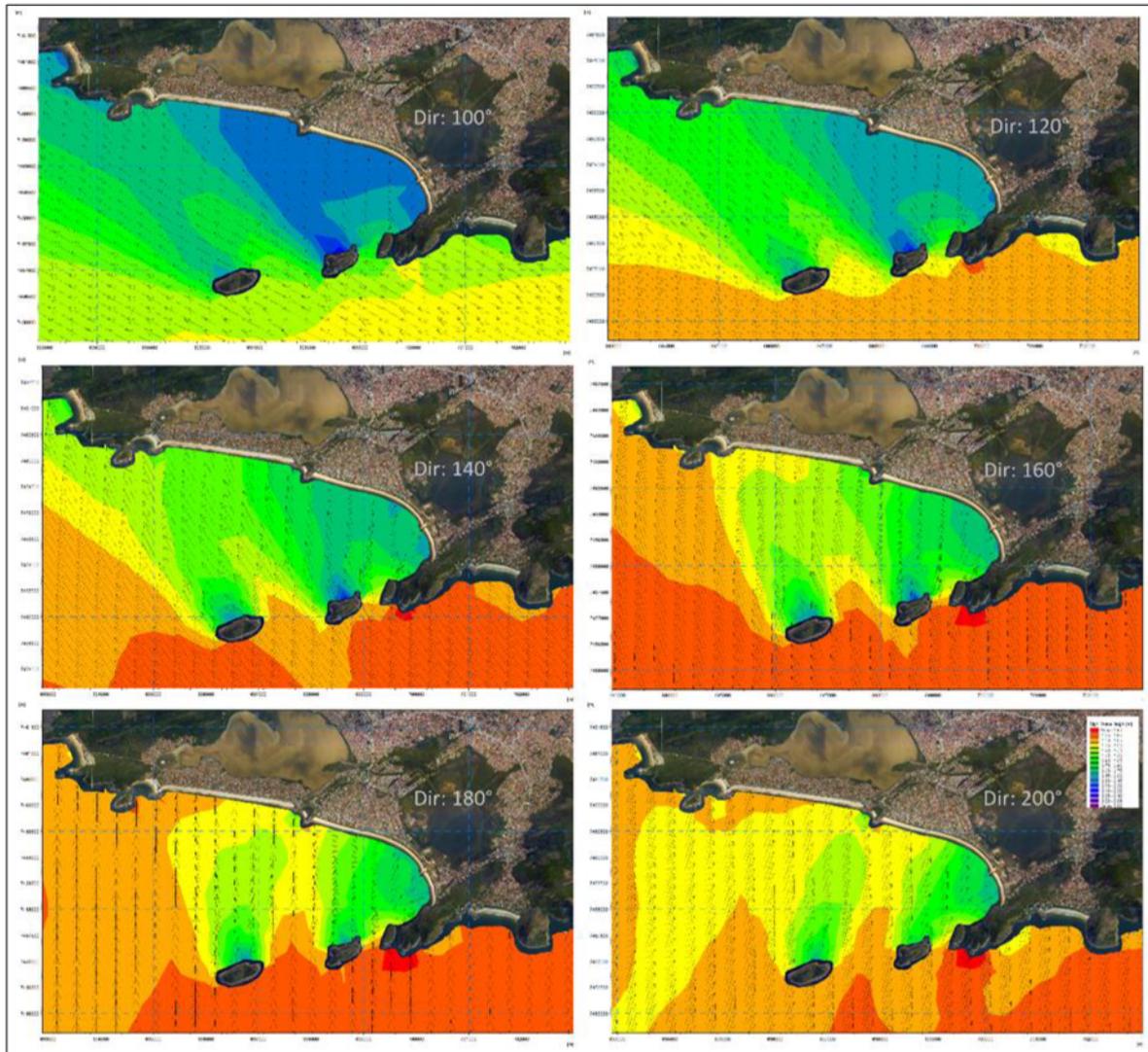
Importante notar que o efeito de difração devido a atuação das barreiras naturais impostas pelas ilhas do Pai, Mãe e Menina, faz com que as direções predominantes sejam praticamente as mesmas na região do projeto, independentemente das direções incidentes na região offshore, como pode ser observado nos campos de ondas.

Além disso, é possível notar que a rotação da direção no sentido horário faz com que haja um aumento significativo de energia na região do projeto.

Considerando que a altura significativa ( $H_s$ ) e o período médio ( $T_m$ ) adotados para todas as direções são os mesmos, pode-se observar que em situações em que há ondas provenientes de ESE (direção 100°N), cerca de 25% da energia chega a região do projeto, o seja, aproximadamente ondas com altura de 0,45 m.

Essa energia aumenta gradativamente de acordo com a rotação da direção, chegando a aproximadamente 60% quando há ondas incidentes de Sul/Sudoeste (situação de incidência de 200°N).

A energia das ondas é atenuada principalmente pela presença das ilhas existentes, porém para ondas com incidência de ESE, pode-se observar que a ponta de Itaipu, região rochosa na extremidade leste da praia de Itaipu, atenua grande parte da energia vinda dessa direção.



**Figura 1.5.10** – Propagação de ondas na região do projeto para direção de ondas variando entre ESSE (100°) e SSO (200°).

Na Figura 1.5.11 são apresentadas as frequências de ocorrência de altura significativa de ondas ( $H_s$ ), período médio ( $T_m$ ) e direção, respectivamente, no ponto selecionado.

Observa-se que nessa região a maior concentração de  $H_s$  está entre 0,5 metro, podendo ultrapassar 2 metros em alguns eventos.

A maior parte dos eventos possuem período médio que podem variar entre 9 e 11 segundos, sendo que uma pequena parcela ultrapassa 14 segundos.

A ondas têm direção predominantemente de Sudoeste, devido à presença das Ilhas do Pai, Mãe e Menina, que fazem com que a direção se convirja nesse arco, como pôde ser observado nas Figuras acima.

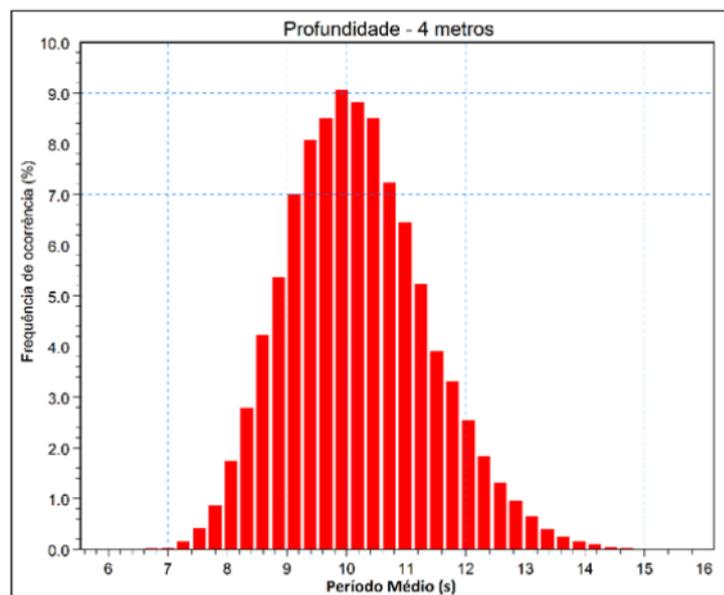
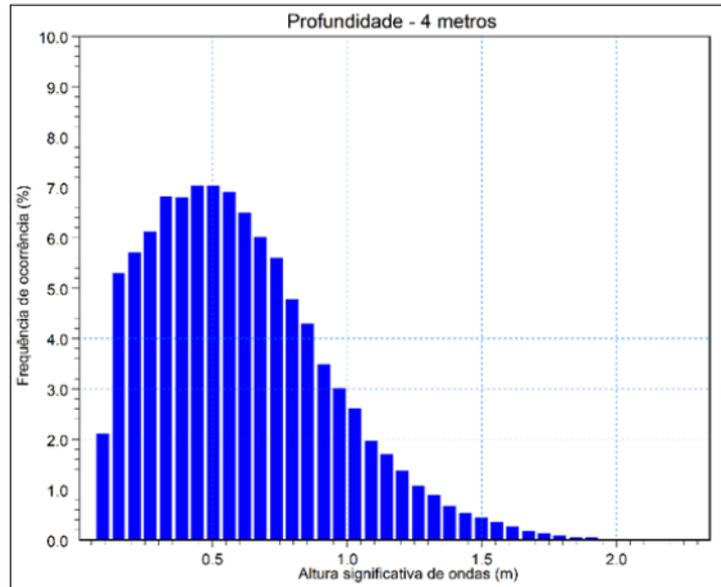


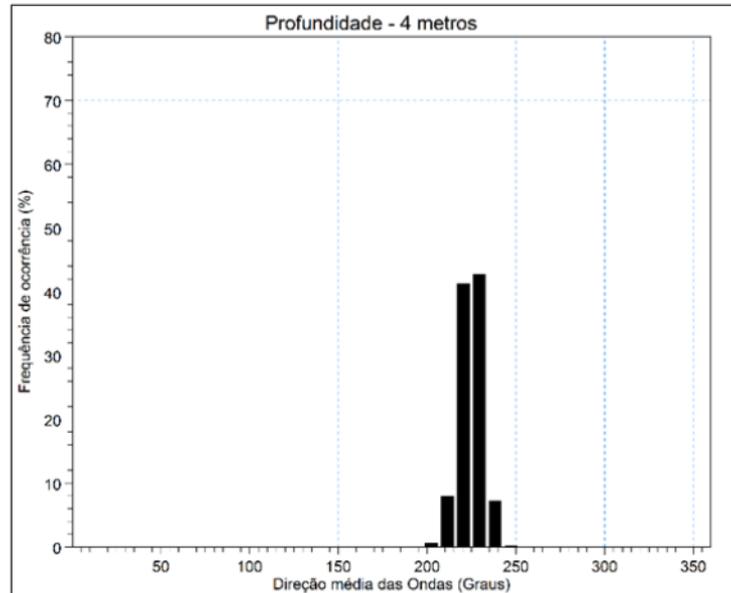
**PROJETO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS  
GUIAS-CORRENTES E DESOBSTRUÇÃO DO  
CANAL DE LIGAÇÃO DA LAGOA DE ITAIPU**



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

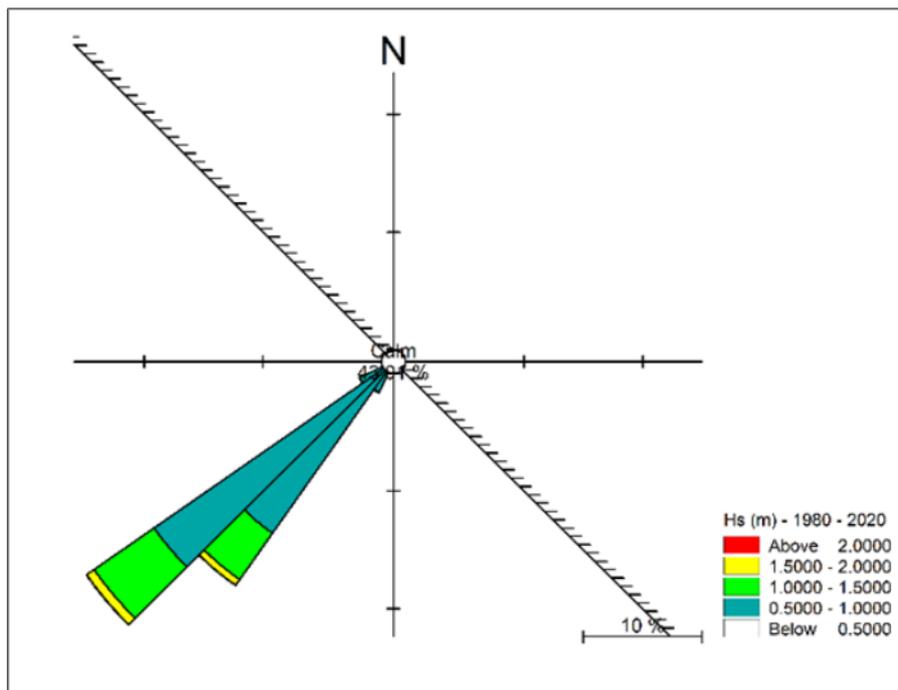




**Figura 1.5.11** – Distribuição de ocorrência de altura significativa de ondas, período médio e direção na região do projeto.

A **Figura 1.5.12** mostra a rosa de ondas defronte ao guia-correntes de Camboinhas, em uma lâmina d'água de 4m, obtida através da transformação dos dados de 41 anos na região offshore.

Observa-se que na medida em que há a rotação horária da direção das ondas (ondas mais setentrionais), há um aumento na altura significativa das ondas.



**Figura 1.5.12** – Rosa de ondas de altura significativa para o período de 1980 a 2020.

### 1.5.3 Definição da “Onda de Projeto”

A “onda de projeto” defronte aos guias-correntes (lâmina d’água de 4,0m) foi estabelecida a partir da identificação dos eventos mais intensos verificados em cada um dos 41 anos da série histórica reconstituída e propagada até a região.

Esses eventos foram analisados estatisticamente (a ferramenta de análise foi o CEDAS – “Coastal Engineering Design and Analysis System, da Veritech Inc.), para períodos de recorrência de 2, 5, 10, 25, 50, 73 e 100 anos.

A distribuição que apresentou melhor ajuste aos dados foi uma distribuição de Weibull, com parâmetro “k” = 2 (coeficiente de correlação –  $r^2 = 0,9904$ ).

WEIBULL DISTRIBUTION k = 2.00	
$F(H_s) = 1 - \text{EXP}\{-((H_s - B)/A)^k\}$	
A = 0.413 m	
B = 1.538 m	
Correlation = 0.9904	
Sum Square of Residuals = 0.0583 m	

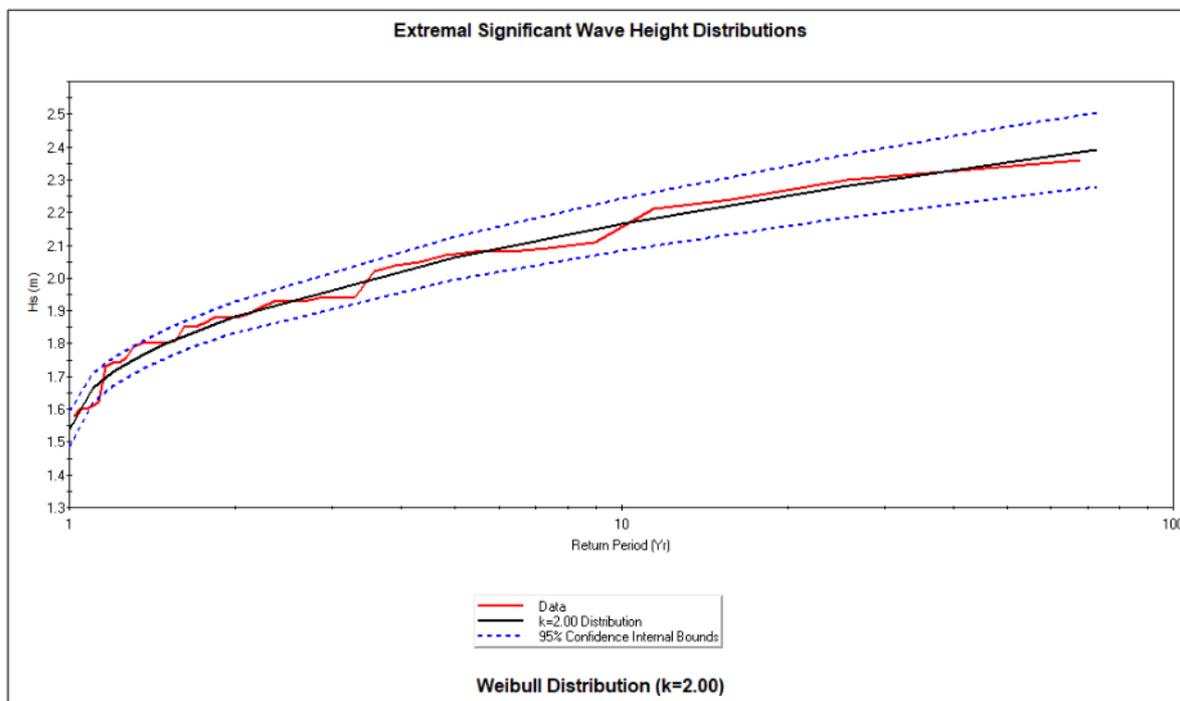
Return Period Table with 95% Confidence Interval

Return Period (Yr)	H <sub>s</sub> (m) Eq. 6	SIGR (m) Eq. 10	H <sub>s</sub> -1.28 *SIGR (m)	H <sub>s</sub> +1.28 *SIGR (m)
2	1.88	0.03	1.83	1.93
5	2.06	0.05	1.99	2.13
10	2.16	0.06	2.08	2.24
25	2.28	0.07	2.18	2.37
50	2.35	0.07	2.25	2.46
73	2.39	0.08	2.28	2.51
100	2.42	0.08	2.31	2.54

Para um intervalo de confiança de 95%, a “onda de projeto” para um período de recorrência de 100 anos é de:

- **$H_s = 2,42m$**  (limite inferior – 2,31m e limite superior = 2,54m)

O gráfico apresentado a seguir mostra o ajuste dos pontos à distribuição teórica.



Este valor de altura significativa de onda será utilizado como referência para os estudos de definição da seção transversal dos guias-correntes, em seu trecho mais desabrigado.

## **2. DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO DA LAGOA DE ITAIPU E PRAIAS DE ITAIPU E CAMBOINHAS**

Trata-se de desobstruir o canal de ligação entre a Lagoa de Itaipu e o mar no seu trecho mais externo (de jusante), com cerca de 250m de extensão a partir da isóbata de -2m. Em seguida escavar dois canais secundários, de modo a permitir uma circulação parcial do escoamento de maré tanto para o lado de Camboinhas quanto para o lado de Itaipu. Em particular o canal secundário do lado de Itaipu se desenvolve para montante até além do trecho onde são guardados diversos barcos de pequeno porte, mais acima do restaurante Laguna's Bar.

Com parte do material oriundo da desobstrução do canal de ligação, será criada uma praia artificial, que terá como objetivo proteger a Duna Velha (lado de Itaipu) de erosão que se verifica devido à ação das correntes de maré. Esta praia se desenvolverá desde o final de montante do guia-correntes de Itaipu para além do restaurante Laguna's Bar, mais para o interior da Lagoa.

O material de fundo existente – oriundo da praia de Camboinhas – é composto por areias de grossa (próximo à foz) a média (no interior da área).



## 2.1 CARACTERÍSTICAS DO CANAL DE LIGAÇÃO A SER ESCAVADO

Tem por finalidade aprofundar o trecho inicial do canal de ligação entre a Lagoa e o mar, sem, no entanto, descaracterizar o atual cenário de bancos de areia que se verificam mais para o interior da região.

No trecho entre os guias-correntes existentes, o canal a ser escavado se desenvolve na forma de um canal retilíneo, bifurcando-se, mais para montante em dois outros canais, sem, no entanto, atingir a Lagoa de Itaipu.

O trecho de canal bifurcado que se desenvolve próximo a Itaipu irá permitir um acesso direto ao mar para os pequenos barcos que se encontram guardados a seco, junto à margem esquerda, após o Restaurante Laguna's Bar.

- Antes da passagem da draga de sucção e recalque pela área entre os guias-correntes, é necessário que sejam removidas as pedras existentes no local em função do espraçamento que estas sofreram com o decorrer do tempo;

O desenho número PCE “GEOM\_PLANTA-07/11\_LI-00”, intitulado “**ALTERNATIVA 2 - DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO – PLANTA DE LOCAÇÃO**”, apresenta a planta de locação do canal a ser desobstruído.

As principais características geométricas do canal, são:

- Trecho a partir da isóbata de 2m, para montante:
  - Extensão de cerca de 250m, a partir da isóbata de -2m (IBGE), em mar aberto, para montante, até o início da bifurcação;
  - Largura: 46,8m;
  - Profundidade: -2,0m (RN-IBGE);
  - taludes estimados de 1H : 4H (correspondente a um talude natural para areia média).
- Canais desenvolvidos a partir da bifurcação: serão dois canais – um se desenvolvendo mais para o centro da área, lado de Cambinhas, e outro mais próximo à margem existente, do lado de Itaipu:
  - Comprimentos variáveis, sendo o canal do lado de Itaipu mais extenso;
  - Larguras variáveis, sendo o canal mais próximo a Cambinhas com maior largura;
  - Profundidade: -2,0m (RN-IBGE);
  - taludes estimados de 1H : 4H (correspondente a um talude natural para areia média).

Haverá a necessidade de se escavar um canal de acesso para que a draga, a ser montada na Lagoa de Itaipu, possa atingir a área de escavação – lado de Itaipu. Neste caso, as



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

dimensões de largura e profundidade deste canal serão de 5m e -1m (IBGE), respectivamente. O comprimento do canal será de cerca de 200m.

Previamente à passagem da draga de sucção e recalque no trecho entre os guias-correntes, é necessária a remoção das pedras da entrada do canal, provenientes da ação do mar sobre os molhes na sua entrada. Diante da dificuldade de mensurar o quantitativo a ser retirado para permitir a seção hidráulica mínima estabelecida no projeto, estabeleceu-se a utilização de um guindaste sobre esteiras. Este deverá ser mobilizado juntamente com os implementos “Orange Peel”, “Clamshell” e “Dragline”, de forma a que se possam utilizar todas as técnicas possíveis para a remoção conforme a dinâmica de campo

O volume total estimado de escavação é de 72.600m<sup>3</sup>, que deverá ser retirado por meio do uso de draga de sucção e recalque de pequeno porte (14” de diâmetro de tubulação). Deste total:

- Volume total da desobstrução do Canal de Itaipu (incluindo bifurcações): 70.000m<sup>3</sup>;
- Volume total de escavação para acesso da draga: 2.600m<sup>3</sup>.

Parte desse volume total será depositado em área na margem do lado de Itaipu para posterior utilização como material de aterro da praia artificial.

Do volume depositado na margem do lado de Itaipu, parte será utilizado no enchimento das formas geotêxtis (a serem utilizadas como contenção do material).

O restante do volume total será bombeado para a extremidade oeste da praia de Cambinhas, onde deverá ser espalhado com o uso de trator(es) de esteira. A geometria do espalhamento deverá ser definida durante a fase de Projeto Executivo.

## 2.2 PROTEÇÃO DAS MARGENS COM TUBOS (FORMAS) GEOTÊXTIS

Objetivando reduzir os efeitos das correntes de maré sobre as margens dos canais a serem escavados, será adotado um sistema de guias-correntes submersos, das margens desses canais o enraizamento dos guias-correntes. A proteção das margens do canal escavado será feita por uma série de tubos geotêxtis, assentes junto ao talude do canal.

Os tubos – ou formas – geotêxtis serão implantados inicialmente no trecho do canal bifurcado do lado de Itaipu, começando defronte ao restaurante Laguna’s Bar. Do lado da margem de Itaipu, o assentamento dos tubos geotêxtis se desenvolverá do restaurante Laguna’s Bar até o encontro com a extremidade de montante do guia-correntes do lado de Itaipu.

Finalizado o assentamento dos geotêxtis do lado de Itaipu, será iniciada a colocação das formas do lado de Cambinhas. O início da colocação se dará a partir da extremidade de montante do guia-correntes, desenvolvendo-se para o interior do canal.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

O desenho número PCE “**GEOM\_PLANTA\_08/11\_LI-00**”, intitulado “**ALTERNATIVA 2 – PROTEÇÃO DOS TALUDES COM GEOTÊXTEIS – PLANTA DE LOCAÇÃO**”, apresenta a planta de locação dos tubos geotêxtis sobre o canal escavado, que apresenta os seguintes quantitativos:

- 08 unidades com 50m de comprimento (sendo quatro unidades no lado de Cambinhas e quatro unidades no lado de Itaipu);
- 03 unidades com 20m de comprimento, todas no lado de Itaipu.
- O volume de areia para enchimento do geotêxtis é de 3.100m<sup>3</sup>.

### 2.3 PRAZO ESTIMADO DA DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO

O **prazo** para as operações de Desobstrução do Canal de Ligação (incluindo a proteção das margens do canal) é de **cinco meses e meio (5,5 meses)**.

**Execução de Praia Artificial** – Trecho entre Restaurante Laguna’s Bar e Duna Velha  
Aproveitando a disponibilidade de material arenoso oriundo da escavação do Canal de Itaipu, e, devido às condições de erosão do pé da Duna Velha, será construída uma praia artificial.

Essa praia se estenderá desde a extremidade de montante do guia-correntes do lado de Itaipu, até a região defronte do Restaurante Laguna’s Bar.

A localização em planta dessa praia aparece nos desenhos PCE números “**GEOM\_PLANTA\_06/11\_LI-00**”, “**GEOM\_PLANTA\_07/11\_LI-00**” e “**GEOM\_PLANTA\_08/11\_LI-00**”, respectivamente:

- ALTERNATIVA 2 – ARRANJO GERAL – PLANTA;
- ALTERNATIVA 2 – DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO – PLANTA DE LOCAÇÃO;
- ALTERNATIVA 2 – PROTEÇÃO DOS TALUDES COM GEOTÊXTEIS – PLANTA DE LOCAÇÃO.

### 2.4 CARACTERÍSTICAS DA PRAIA ARTIFICIAL

A praia artificial será construída com material oriundo da desobstrução do canal de ligação, armazenado em área localizada em área próxima à Lagoa de Itaipu, a montante do canal de ligação junto à sua margem esquerda.

A **Figura 2.4.1**, a seguir, mostra uma alternativa para a localização da área – que deverá ser definida na fase de Projeto Executivo.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**



**Figura 2.4.1:** Localização da Área para Estocagem de Areia para Utilização na Execução da Praia Artificial.

A área de estocagem do material arenoso a ser utilizado posteriormente na execução do aterro da praia artificial será definida por um quadrado de cerca de 50m de lado. Haverá necessidade de contenção desse material, para que o mesmo não retorne para área escavada e para a Lagoa.

A contenção será feita através da instalação de quatro (04) tubos (formas) geotêxteis de 50m de comprimento, cada, com as mesmas características das formas que serão utilizadas para proteção das margens do canal escavado. O volume de areia contido nos geotêxteis será utilizado posteriormente no aterro da praia artificial (estimado em cerca de 1.000m<sup>3</sup>).

O interior desse perímetro será preenchido com material oriundo da dragagem, que será posteriormente utilizado na execução do aterro mecânico da praia artificial. O volume estimado a ser estocado é de 2.100m<sup>3</sup>.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

O aterro da praia artificial será mecânico, sendo o material escavado da área de estocagem por retroescavadeira, carregado em caminhões que transportarão e despejarão o material arenoso na região entre a extremidade de montante do guia-correntes do lado de Itaipu e o restaurante Laguna's Bar.

A extensão da área a ser aterrada é de cerca de 120m, e as principais características da seção transversal do aterro a ser realizado são:

- Largura da seção de aterro: variável;
- Talude do aterro do fundo (-2m) até a profundidade de  $\pm 0$ m (IBGE): 1V : 4H;
- Talude do aterro entre as cotas de  $\pm 0$ m (IBGE) e +2m (IBGE): 1V : 1H.

## 2.5 CONTENÇÃO DO PÉ DO TALUDE DA PRAIA COM TUBOS (FORMAS) GEOTÊXTIS

O aterro da praia artificial será contido, na profundidade de -2m (IBGE) pelos tubos (formas) geotêxtis que farão a proteção do canal a ser escavado.

Por este motivo, o aterro mecânico apenas será executado após a instalação dos primeiros 140m de extensão das formas geotêxtis que irão fazer a proteção da margem esquerda do canal escavado – trecho defronte ao restaurante Laguna's Bar e à Dunn Velha.

## 2.6 PRAZO ESTIMADO DA EXECUÇÃO DA PRAIA ARTIFICIAL

O **prazo** para as atividades de implantação da área de empréstimo (incluindo armazenagem do volume de areia a ser utilizado) e de execução da Praia Artificial (a ser iniciada após a instalação dos geotêxtis no trecho defronte ao restaurante Laguna's Bar e Duna Velha), é de dois meses e meio, distribuídos no tempo da seguinte forma:

- Área para empréstimo – instalação do perímetro em geotêxtis e enchimento da jazida com a areia oriunda da escavação: um mês, iniciando-se meio mês depois do período de mobilização;
- Execução do aterro mecânica da Praia Artificial: um mês e meio, iniciando-se no quarto mês e meio de atividade.

## 3. RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS GUIAS-CORRENTES

### 3.1 ESTABELECIMENTO DAS CONDIÇÕES DE PROJETO

O levantamento batimétrico realizado mostrou que o final do guia-correntes do lado de Cambinhas (o mais exposto à ação das ondas) se encontra **muito** próximo à isóbata de 4,0m (IBGE). Essa profundidade, referenciada ao Nível de Redução (CHN – Centro de Hidrografia da Marinha), indica uma profundidade de 3,2m, aproximadamente. Sobre essas profundidades incide a oscilação astronômica do nível d'água – a maré.

As condições de variação da maré no local – segundo as informações da Carta Náutica nº 1511, são:



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

- MHHW (média das preamares de sizígia): 1,2m;
- MSL (nível médio do mar): 0,7m;
- MHLW (média das baixa-mares de quadratura): 0,3m;
- MLLW (média das baixa-mares de sizígia): 0,1m.

A “Tábua de Marés” (2022) – estação Ilha Fiscal (referência para a Carta Náutica nº 1515 – indica um valor de nível médio do mar de 0,73m e valores máximo e mínimo de maré de 1,4m e -0,1m, respectivamente.

A Tabela a seguir mostra as variações de nível d’água para ambas as referências (IBGE) e (CHN).

	Em relação ao “Zero” do IBGE (RN – IBGE)	Em relação ao “Zero” da Carta Náutica (Nível de Redução – CHN)
Preamar Máxima	+0,62	1,4
MHHW	+0,42	1,2
NÍVEL MÉDIO	-0,05	+0,73
MLLW	-0,68	0,1
Baixa-mar Mínima	-0,88	-0,1

Assim é que a coluna d’água defronte ao guia-correntes do lado de Camboinhas – que recebe com mais intensidade a ação das ondas que atingem a região pode apresentar as seguintes variações – máxima e mínima – em função da maré:

Com a contribuição do tipo de situação de maré:	Lâmina d’água (m)
Preamar Máxima	≅ 4,6
MHHW	≅ 4,4
NÍVEL MÉDIO	≅ 3,9
MLLW	≅ 3,3
Baixa-mar Mínima	≅ 3,1

A dimensão da coluna d’água (profundidade local) define o valor máximo de altura de onda que pode ocorrer – que é a altura da onda na arrebentação. Admitindo que o talude submerso local possa variar entre  $m' = 0,028$  (Camboinhas) e  $m'' = 0,029$  (no trecho entre os guias-correntes), utilizando o critério de Kamphuis<sup>5</sup> para o caso de ondas irregulares, a altura de onda na arrebentação pode variar entre.

Com a contribuição do tipo de situação de maré:	Lâmina d’água (m)	Altura na Arrebentação $H_{sb}$ (m)
MHHW	≅ 4,4	≅ 2,7

<sup>5</sup> Equation 6.32; p.140 in **Kamphuis, J.W.**: “Introduction to Coastal Engineering and Management”; 2<sup>nd</sup> Edition; Advanced Series on Ocean Engineering – Volume 30; World Scientific; 2010.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

NÍVEL MÉDIO	$\cong 3,9$	$\cong 2,4$
MLLW	$\cong 3,3$	$\cong 2,0$

A altura da “onda de projeto”, para um período de recorrência de 100 anos, calculada a partir da extrapolação dos 41 valores máximos anuais de  $H_s$  é de 2,42m. Este valor praticamente coincide com o valor da altura de onda significativa na arrebentação em situação de nível médio (2,4m) – e este será o valor aqui adotado para a realização nos cálculos para a Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes.

Portanto, a “Onda de Projeto” para o dimensionamento da Recuperação Estrutural dos Guias-Corrente será de:

$$H_s \text{ 100 anos } \cong H_{sb \text{ nível médio}} = 2,4\text{m}$$

Uma análise de sensibilidade pode, ainda, considerar a ação de uma onda com altura significativa de 2,7m – em situação de preamar (MHHW).

Quanto aos valores de período de onda, serão utilizados os valores de 14s, 12s e 10s para a definição de “ $T_{m-1,0}$ ”<sup>6</sup>. bem como as variantes ( $T_m$  e  $T_p$ ), conforme a formulação utilizada para o cálculo do peso médio dos blocos de pedra que irão compor a Armadura de Proteção.

### 3.2 DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS A COMPOR A SEÇÃO TRANSVERSAL DOS GUIAS-CORRENTES

#### 3.2.1 Introdução

Os dois guias-correntes foram construídos em enrocamento, no final da década de 1970 (em 1978).

Por este motivo, com base na batimetria atual da região e no estudo de transformação de ondas realizado, optou-se pela manutenção da solução utilizada então – a utilização de blocos de pedra de dimensões compatíveis para a manutenção da estabilidade estrutural dos guias-correntes.

As fórmulas para dimensionamento de quebra-mares de seção convencional (Iribarren, 1938; Hudson, 1953, 1959, 1961, 1974) consideram a interrelação existente entre os principais fatores de influência no projeto dessas estruturas, a saber: a altura da onda de projeto, a densidade (ou peso específico) dos elementos que compõem a armadura da seção, talude da estrutura no lado desabrigado da seção, e o grau de entrelaçamento entre esses elementos com o peso (dimensão) que devem ter esses elementos para manter a estrutura estável. Apesar de suas limitações, foi utilizada durante várias décadas.

O sucessor do “Shore Protection Manual” (1973, 1975, 1977 e 1984), o Coastal Engineering Manual (2002), ainda apresenta a fórmula de Hudson (1974), como a seguir:

<sup>6</sup> O resultado da reanálise do ECMWF – utilizada na modelagem numérica – fornece  $H_s$ ,  $T_{m-1,0}$  e “Mean Wave Direction” como parâmetros ao largo. Os valores de período de onda se mantêm os mesmos durante a propagação.



(a antiga fórmula de dimensionamento (fórmula de Hudson) é dada por:)

$$M_{50} = \frac{\rho_r \cdot H_{projeto}^3}{K_D \cdot \left[ \frac{\rho_r}{\rho_a} - 1 \right]^3 \cdot \cot \alpha}$$

(os valores sugeridos para a “onda de projeto” e o “coeficiente de estabilidade” são:)

*K<sub>D</sub>-values by SPM 1977, H = H<sub>s</sub>, for slope angles 1.5 ≤ cot α ≤ 3.0. (Based entirely on regular wave tests.)*

Stone shape	Placement	Damage, D <sup>4</sup>			
		0-5%		5-10%	10-15%
		Breaking waves <sup>1</sup>	Nonbreaking waves <sup>2</sup>	Nonbreaking waves	Nonbreaking waves
Smooth, rounded	Random	2.1	2.4	3.0	3.6
Rough angular	Random	3.5	4.0	4.9	6.6
Rough angular	Special <sup>3</sup>	4.8	5.5		

*K<sub>D</sub>-values by SPM 1984, H = H<sub>1/10</sub>.*

Stone shape	Placement	Damage, D <sup>4</sup> = 0-5%	
		Breaking waves <sup>1</sup>	Nonbreaking waves <sup>2</sup>
Smooth rounded	Random	1.2	2.4
Rough angular	Random	2.0	4.0
Rough angular	Special <sup>3</sup>	5.8	7.0

<sup>1</sup> Breaking waves means depth-limited waves, i.e., wave breaking takes place in front of the armor slope. (Critical case for shallow-water structures.)

<sup>2</sup> No depth-limited wave breaking takes place in front of the armor slope.

<sup>3</sup> Special placement with long axis of stone placed perpendicular to the slope face.

<sup>4</sup> D is defined according to SPM 1984 as follows: The percent damage is based on the volume of armor units displaced from the breakwater zone of active armor unit removal for a specific wave height. This zone extends from the middle of the breakwater crest down the seaward face to a depth equivalent to the wave height causing zero damage below still-water level.

*Shore Protection Manual (1977) versus* When considering that H<sub>1/10</sub> = 1.27H<sub>s</sub> for Rayleigh distributed wave heights (non-depth-limited waves) it is seen that the recommendations of

*Shore Protection Manual (1984): Shore Protection Manual (1984)* introduce a considerable safety factor compared to the practice based on *Shore Protection Manual (1977)*.

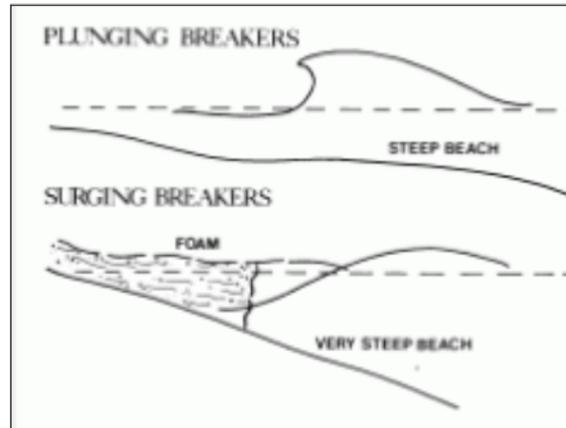
Com a adoção dos valores majorados de K<sub>d</sub> e da altura da onda de projeto, a fórmula de Hudson passou a apresentar resultados bastante conservadores (a favor da segurança).

A partir de 1985, na Holanda, um extenso programa de pesquisas sobre a estabilidade de quebra-mares foi desenvolvido, cujo resultado mais importante para o cálculo estrutural de quebra-mares foi o aparecimento da “fórmula de Van der Meer” (1988). A fórmula de Van der Meer se apresenta mais abrangente, com maior número de variáveis. Esta fórmula pode ser escrita de duas formas, em função da maneira como a onda atua sobre a estrutura.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**



- **Plunging Waves** (ondas arrebatando sobre a estrutura), onde  $\xi_m < \xi_{cr}$

$$H_s / \Delta \cdot D_{n50} = 6,2 \cdot P^{0,18} \cdot (S_d / \sqrt{N_w})^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5}$$

- **Surging Waves** (ondas deslizando sobre a estrutura), onde  $\xi_m > \xi_{cr}$

$$H_s / \Delta \cdot D_{n50} = 1,0 \cdot P^{-0,13} \cdot (S_d / \sqrt{N_w})^{0,2} \cdot \sqrt{\cot \alpha} \cdot \xi_m^P$$

O valor de  $\xi_m$  é dado por:

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\left( \frac{2\pi H_s}{g T_m^2} \right)}}$$

O valor de  $\xi_{cr}$  é dado por:

$$\xi_{cr} = \left[ 6,2 \cdot P^{0,31} \cdot \sqrt{\tan \alpha} \right]^{\frac{1}{P+0,5}}$$

Limites de algumas das variáveis que compõem estas equações são:

- $0,1 \leq P \leq 0,6$ ;
- $0,005 \leq \left( \frac{2\pi H_s}{g T_m^2} \right) \leq 0,06$ ;
- $2,0 \text{ t/m}^3 \leq \rho_r \leq 3,1 \text{ t/m}^3$ ;
- $N_w \leq 7500$ .



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

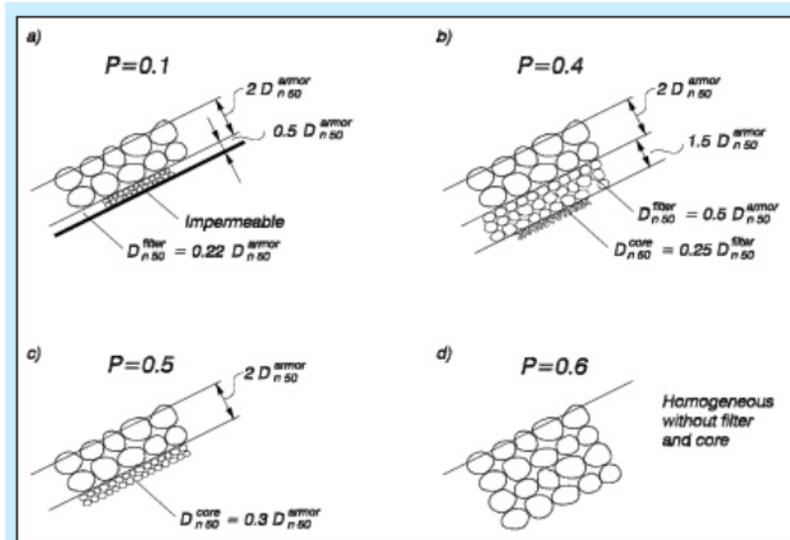


Figure VI-5-11. Notational permeability coefficients (van der Meer 1988)

Figura 3.2.1- XXX

A definição do peso das pedras levou em consideração ambas as formulações, como pode ser acompanhado no Anexo 1 – contendo cópias das telas com os cálculos realizados. Como os resultados obtidos pela utilização da fórmula de Hudson (como apresentado no *Coastal Engineering Manual*) são mais conservadores – a favor da segurança, portanto – estes foram os utilizados.

Foi realizada uma conferência dos cálculos através da utilização da fórmula de Van der Meer, em sua versão modificada por Van Gent et al (2004), quando da ocorrência de profundidades reduzidas, próximas da profundidade de arrebentação (caso das profundidades verificadas na região dos guias-correntes). Neste caso foram utilizadas as rotinas apresentadas no CRESS (*Coastal and River Engineering Support System*).

Tanto no guia-correntes do lado de Cambinhas quanto no do lado de Itaipu, os trechos mais afetados pela ação das ondas são as suas extremidades – os cabeços.

O guia-correntes do lado de Cambinhas é a estrutura mais exposta à ação das ondas, quando da ocorrência de ressacas. Além do cabeço, a face da estrutura em contato com a praia de Cambinhas tem maior exposição à ação das ondas.

No guia-correntes do lado de Itaipu, a exposição é um pouco menor, pois o guia-correntes na margem oposta do Canal de Ligação colabora com alguma proteção. Mesmo assim, o cabeço é a parte mais afetada – como demonstra o estado atual da estrutura. A face do guia-correntes em contato com o Canal de Ligação também apresenta maior exposição à ação das ondas do que a face da estrutura em contato com a praia de Itaipu.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

### 3.2.2 Valores Mínimos da Cota de Coroamento dos Guias-Correntes – Cabeço das Estruturas

O valor do galgamento (run-up) foi calculado com a utilização da rotina apresentada no CRESS (*Coastal and River Engineering Support System*) – vide Anexo 1.

Para evitar que durante ressacas as ondas ultrapassem as estruturas, os cálculos realizados indicaram que a cota final de coroamento das estruturas deve ser maior do que +3,4m (considerando a ação de um trem de ondas com altura significativa de  $H_{Sb} = 2,7m$  em preamar média – MHHW).

### 3.2.3 Peso dos Elementos na Armadura de Proteção

Analisamos para utilização como elemento a compor a Armadura de Proteção: blocos de pedra de grande dimensões.

#### 3.2.3.1 Blocos de Pedra (Enrocamento) na Armadura de Proteção – Cabeço e Tronco das Estruturas

Nesse trecho as estruturas estarão sujeitas aos maiores esforços gerados pela ação das ondas.

Utilizando a fórmula de Hudson, com um coeficiente de estabilidade de  $K_D = 2$  encontra-se, considerando como altura da onda de projeto valores de  $H_{S100\text{ anos}} = 2,4m$  e  $H_{Sb\text{ preamar}} = 2,7m$ :

- Para  $H_{projeto} = 2,4m$ :
  - $M_{50} = 3,1t$  e  $D_{n50} = 1,05m$  – Variação entre 3,8t (1,13m) e 2,5t (0,98m)
- Para  $H_{projeto} = 2,7m$ :
  - $M_{50} = 4,4t$  e  $D_{n50} = 1,18m$  - Variação entre 5,5t (1,28m) e 3,8t (1,13m)

Foi definido que a Armadura de Proteção no trecho do cabeço dos guias-correntes – **pedras Tipo A** – será composta por blocos de pedra com pesos entre 5,5t e 3,8t, sendo que 50% dos blocos devem ter peso superior a 4,5t.

Será utilizada, ainda, outra classe de pedras para compor a Armadura de Proteção em trechos menos expostos – ou em profundidades mais reduzidas. Neste caso – **pedras tipo B** – a armadura será composta por blocos de pedra com pesos entre 3,8t e 2,5t, sendo que 50% dos blocos devem ter peso superior a 3,0t.

### 3.2.4 Características da Seção de Núcleo –Cabeço e Tronco das Estruturas

Os blocos de pedra que compõem a Armadura de Proteção são assentes sobre uma camada denominada de Núcleo.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

O Núcleo, além de servir de apoio aos blocos da Armadura, também possibilita o avanço da construção, pois serve de base para a realização de um caminho de serviço para o material rodante e guindastes utilizados na construção da estrutura.

A cota de coroamento do Núcleo – denominada “Cota de Trabalho” - deve estar acima das maiores preamares, contando também com uma folga adicional (de segurança) para levar em consideração o clima de ondas normal, observado durante o período de construção. Durante eventuais períodos de ressaca, o tráfego de veículos por sobre o Núcleo pode vir a ser paralisado.

Como, normalmente, o clima de ondas na região é brando, com pouca ocorrência de ondas com maior intensidade, definiu-se os seguintes valores:

- Guia-correntes de Camboinhas (mais exposto): “Cota de Trabalho” de +2,4m (IBGE) – cerca de 1,8m acima da preamar máxima prevista para o ano de 2022;
- Guia-correntes de Itaipu (menos exposto): “Cota de Trabalho” de +1,9m (IBGE) – cerca de 1,3m acima da preamar máxima prevista para o ano de 2022;

A largura do Núcleo na “Cota de Trabalho” foi definida em função do método construtivo a ser utilizado (por meio de equipamento terrestre) e, também em função da exposição do guia-correntes à ação das ondas durante a construção. Desta maneira:

- Guia-correntes de Camboinhas (mais exposto): **Largura de 9,0m** na “Cota de Trabalho”; possibilita o tráfego de caminhões, equipamento de apoio (trator ou pá carregadeira), além de fornecer espaço para o posicionamento seguro de guindaste (para colocação da Armadura de Proteção);
- Guia-correntes de Itaipu (menos exposto): **Largura de 8,0m** na “Cota de Trabalho”; possibilita o tráfego de caminhões, equipamento de apoio (trator ou pá carregadeira), além de fornecer espaço para o posicionamento seguro de guindaste (para colocação da Armadura de Proteção).

O Núcleo – **pedras tipo C** – será constituído por pedras com pesos entre 2,5t e 0,01t, sendo que 50% dos pedras devem ter peso superior a 1,0t.

### 3.3 DEFINIÇÃO DA EXTENSÃO DOS GUIAS-CORRENTES

A inspeção local do estado atual dos guias-correntes (vide Relatório Inicial da PCE – RELA\_01\_LI), o resultado do levantamento cadastral realizado (vide desenho número DES-PCE-01/01-13/22-2925, “**Planta Topo-batimétrica Cadastral no Canal de Itaipu e Adjacências**”) bem como a orientação da Prefeitura de Niterói de se manter o comprimento atual dessas estruturas, forneceram os elementos necessários à definição do comprimento da recuperação estrutural, e conseqüente estabelecimento das seções transversais típicas.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

O desenho número PCE “**GEOM\_PLANTA\_10/11\_LI-00**”, intitulado “**ALTERNATIVA 2 – GUIAS-CORRENTES (Itaipu e Cambinhas) – PLANTA DE LOCAÇÃO**”, apresenta a planta de locação da Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes do lado de Itaipu e de Cambinhas.

### 3.3.1 Guia-Correntes do Lado de Cambinhas

A recuperação estrutural do guia-correntes do lado de Cambinhas se estenderá por um **comprimento de 141 metros** – aí incluída uma extensão de 31 metros para fechamento de uma passagem existente entre a praia de Cambinhas e o Canal de Ligação entre a Lagoa de Itaipu e o mar.

O fechamento dessa passagem é importante para a eficiência da desobstrução do Canal de Ligação. Por essa passagem material arenoso da praia é transportado para o canal em situação de mar muito agitado e marés de sizígia.

### 3.3.2 Guia-Correntes do Lado de Itaipu

A recuperação estrutural do guia-correntes do lado de Itaipu se estenderá por um **comprimento de 110 metros** – aí incluída uma extensão de 31 metros para fechamento de uma passagem existente

## 3.4 ESTIMATIVA DE VOLUMES – SOLUÇÃO COM BLOCOS DE PEDRA (ENROCAMENTO)

A partir dos parâmetros estabelecidos foram definidas as seções transversais típicas para a recuperação estrutural desses guias-correntes.

Foram estabelecidas duas seções transversais típicas para o guia-correntes do lado de Itaipu (cabeço e tronco da estrutura). Para o guia-correntes do lado de Cambinhas foram estabelecidas três seções transversais típicas – cabeço, tronco e fechamento da passagem entre praia e canal.

Uma estimativa de quantidades foi realizada, e foram encontrados os seguintes valores:

	Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes – Solução em Enrocamento		
	Estimativa de Quantidades de Pedras (m³)		
	Lado de Itaipu	Lado de Cambinhas	Total
<b>Pedras Tipo C</b> (Núcleo)	5.200	7.500	12.700
<b>Pedras Tipo B</b> (Armadura)	3.100	1.650	4.750
<b>Pedras Tipo A</b> (Armadura)	1.550	4.950	6.500





TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2****As obras serão iniciadas pela Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu.**

O principal equipamento a ser utilizado é uma draga de sucção e recalque de pequeno porte. A atividade de desobstrução do Canal de Ligação se inicia um mês após o início da mobilização e instalação do canteiro.

A draga de sucção e recalque será montado na Lagoa de Itaipu. Por este motivo, haverá a necessidade de se escavar um canal de acesso para que a draga possa atingir a área efetiva de escavação – início do lado de Itaipu, porém previamente à utilização da draga no trecho entre os guia-correntes, será executada a remoção das pedras presentes entre os guia-correntes com a utilização de guindaste. Este deverá ser mobilizado juntamente com os implementos “Orange Peel”, “Clamshell” e “Dragline”, de forma a que se possam utilizar todas as técnicas possíveis para a remoção conforme a dinâmica de campo

Este guindaste será posicionado o mais próximo possível da boca da barra e para que isso possa ser executado, deverá ser criado um caminho de serviço por sobre os guia-correntes.

As pedras serão colocadas em caminhões basculantes caçamba de 08 m3 e transportadas para área reservada na proximidade das margens para uma eventual utilização na obra de reconstrução dos molhes.

Face à impossibilidade do cálculo do volume exato a ser transportado, esse item será remunerado através de horas máquina e caminhões.

Essa operação deverá ser apoiada por uma equipe de mergulho, este item é necessário para atendimento ao disposto pela Norman 15 da Marinha do Brasil

O material inicialmente dragado será depositado em área localizada próximo à Lagoa de Itaipu, à margem esquerda (lado de Itaipu), a montante do canal de ligação. A área de estocagem do material arenoso a ser utilizado posteriormente na execução da aterro da praia artificial será definida por um quadrado de cerca de 50m de lado. Esta área será definida por quatro tubos geotêxtis, que formarão um quadrado para contenção do material arenoso. Esta operação tem um prazo previsto de um (01) mês.

Posteriormente o volume de material aí depositado (incluindo a areia utilizada para enchimento dos geotêxtis), será escavado, transportado por caminhões e lançado na praia artificial que será construída na área localizada defronte à Duna Velha e ao restaurante Laguna's Bar, em operação que poderá estender por seis semanas (1,5 meses).

Decorridos dois meses da atividade de desobstrução do canal de ligação, será iniciado a locação e enchimento (com areia local) dos tubos geotêxtis que irão proteger as margens do canal escavado. O processo de instalação destes tubos se dará pela instalação dos tubos geotêxtis na margem do lado de Itaipu (margem esquerda) – cujo prazo será de sete



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

semanas (cerca de 1,5 meses). A instalação dos geotêxteis do lado de Camboinhas se dará no sentido do mar para a Lagoa. O início da instalação se dará apenas após a escavação de desobstrução do canal no trecho junto à margem direita, e se estenderá por um mês.

**As obras de Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes serão iniciadas a partir do segundo mês de atividades.**

A metodologia adotada foi a de se iniciar as obras pela recuperação do **guia-correntes do lado de Itaipu**. Esta atividade se estende por cinco (5) meses, iniciando-se pela escavação da areia da praia de Itaipu, necessária para permitir a materialização das “seções de projeto” – atividade que se estende por um (01) mês.

O transporte de material rochoso que compõe o Núcleo, e seu lançamento sobre o enrocamento existente, começa após a escavação da areia, e se estende por dois (2) meses). A Armadura de Proteção se inicia um mês após o início da construção do Núcleo e tem duração de três (3) meses.

O início das **atividades sobre o guia-correntes do lado de Camboinhas** começa no início do oitavo mês de obra, e se estende por seis (6) meses.

A metodologia executiva é a mesma adotada para a recuperação do guia-correntes do lado de Camboinhas, isto é:

- Inicia-se pela escavação da areia da praia de Camboinhas e entorno, necessária para permitir a materialização das “seções de projeto” – processo que se estende por dois (2) meses;
- Em seguida, decorridos um mês da escavação de areia se inicia a construção do Núcleo – pelo transporte de material rochoso e seu lançamento sobre o enrocamento existente; a construção do Núcleo se estende por dois meses e meio (2,5 meses);
- A Armadura de Proteção se inicia um mês após o início da construção do Núcleo e tem duração de quatro (4) meses.

A **desmobilização** dos equipamentos e pessoal envolvidos nas atividades de **Desobstrução do Canal de Ligação** será feita durante o oitavo mês de obras, após o encerramento desta atividade.

A **desmobilização** dos equipamentos e pessoal envolvidos nas atividades de **Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes** será feita durante o décimo quarto mês de obras, após o encerramento desta atividade, e inclui, também a retirada do canteiro e limpeza da área.

## **5. ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

O texto a seguir tem por objetivo estabelecer as condições técnicas relativas às obras civis de Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes e Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Camboinhas em Niterói, RJ.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Para a realização do “**Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Camboinhas**” será aprofundado o trecho inicial do canal de ligação existente entre a Lagoa e o mar, sem, no entanto, descaracterizar o atual cenário de bancos de areia que se verificam mais para o interior da região. No trecho entre os guias-correntes, o canal a ser escavado se desenvolve na forma de um canal retilíneo, bifurcando-se, mais para montante em dois outros canais, sem, no entanto, atingir a Lagoa de Itaipu. O trecho de canal bifurcado que se desenvolve próximo a Itaipu irá permitir um acesso direto ao mar para os pequenos barcos que se encontram guardados a seco, junto à margem esquerda, após o Restaurante Laguna’s Bar.

As principais características geométricas do canal, são:

- Trecho a partir da isóbata de 2m, para montante:
  - Extensão de cerca de 250m, a partir da isóbata de -2m (IBGE), em mar aberto, para montante, até o início da bifurcação;
  - Largura: 46,8m;
  - Profundidade: -2,0m (RN-IBGE);
  - taludes estimados de 1H : 4H (correspondente a um talude natural para areia média).
- Canais desenvolvidos a partir da bifurcação: serão dois canais – um se desenvolvendo mais para o centro da área, lado de Camboinhas, e outro mais próximo à margem existente, do lado de Itaipu:
  - Comprimentos variáveis, sendo o canal do lado de Itaipu mais extenso;
  - Larguras variáveis, sendo o canal mais próximo a Camboinhas com maior largura;
  - Profundidade: -2,0m (RN-IBGE);
  - taludes estimados de 1H : 4H (correspondente a um talude natural para areia média).

Haverá a necessidade de se escavar um canal de acesso para que a draga, a ser montada na Lagoa de Itaipu, possa atingir a área de escavação – lado de Itaipu. Neste caso, as dimensões de largura e profundidade deste canal serão de 5m e -1m (IBGE), respectivamente. O comprimento do canal será de cerca de 200m. O volume total estimado de escavação é de 72.600m<sup>3</sup>, que deverá ser retirado por meio do uso de draga de sucção e recalque de pequeno porte (14” de diâmetro de tubulação). Deste total:

- Volume total da desobstrução do Canal de Itaipu (incluindo bifurcações): 70.000m<sup>3</sup>;
- Volume total de escavação para acesso da draga: 2.600m<sup>3</sup>.

Parte desse volume total será depositado em área na margem do lado de Itaipu para posterior utilização como material de aterro da praia artificial. Do volume depositado na margem do lado de Itaipu, parte será utilizado no enchimento das formas geotêxteis (a serem utilizadas como contenção do material).



O restante do volume total será bombeado para a extremidade oeste da praia de Cambainhas, onde deverá ser espalhado com o uso de trator(es) de esteira. A geometria do espalhamento deverá ser definida durante a fase de Projeto Executivo.

Para a realização da “**Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes**”, o projeto desenvolvido pela PCE mantém o comprimento existente dos dois guias-correntes. Material de Núcleo: pedras com pesos entre 100kg e 1,0t, em ambos os guias-correntes.

- no guia-correntes do lado de Cambainhas: 7.500m<sup>3</sup>;
- no guia-correntes do lado de Itaipu: 5.200 m<sup>3</sup>.

## 5.2 PROJETO EXECUTIVO

**A Contratada deverá desenvolver o projeto executivo das obras, a nível de detalhamento final de engenharia, de modo a permitir a perfeita caracterização das obras a executar.**

**Os seguintes projetos deverão ser considerados:**

- **Projeto da Desobstrução do Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Cambainhas**
- **Projeto da Praia Artificial – Proteção da Duna Velha..**
- **Projeto de Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes do lado de Cambainhas e do lado de Itaipu.**

Todos os desenhos e documentos de projeto deverão ser submetidos à SECRETARIA DE OBRAS para aprovação e só após terem sido aprovados, estes serão liberados para construção.

A Contratada deverá encaminhar à SECRETARIA DE OBRAS para aprovação, três cópias impressas de cada documento de projeto (desenho ou documento). Após a liberação para construção pela SECRETARIA DE OBRAS, a Contratada encaminhará quatro cópias impressas de cada desenho e uma cópia reproduzível em meio magnético de cada documento de projeto.

Ao final da execução das obras, a Contratada deverá elaborar a revisão “as built” dos desenhos de projeto, contemplando todas as alterações que porventura tenham sido introduzidas nas obras executadas, e encaminhará à SECRETARIA DE OBRAS duas cópias impressas de cada documento de projeto e o original em meio magnético.

## 5.3 MOBILIZAÇÃO, DESMOBILIZAÇÃO E CANTEIRO DE OBRAS

A mobilização consiste na colocação, montagem e instalação no local da obra de todos os equipamentos, materiais e mão de obra, necessários à execução dos serviços de acordo com os cronogramas propostos, incluindo a construção de escritórios e demais instalações.

O Proponente fica obrigado a apresentar junto com as propostas os croquis (plantas e cortes) dos seus canteiros de obras. Todo material a ser empregado na construção do canteiro de obra tem que ser obrigatoriamente novo e estar de acordo com a última edição das normas e especificações de materiais de construção.

As instalações dos canteiros deverão ter boa aparência, serem pintadas, possuir aeração adequada e construídas dentro dos padrões sanitários normalizados. A área do canteiro deverá ser cercada e



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

convenientemente iluminada. Periodicamente a área do canteiro deverá ser limpa, sendo procedida a remoção de todo entulho e detritos no decorrer dos trabalhos da construção.

O canteiro para a construção das obras servirá de apoio e para armazenagem temporária do material de enrocamento. Neste canteiro deverá ser prevista área de escritório para o pessoal de Fiscalização da Secretaria de Obras da Prefeitura de Niterói – doravante denominada de SECRETARIA DE OBRAS.

Todos os serviços provisórios e instalações necessárias à construção e operação dos canteiros e frentes de obra serão de responsabilidade da Contratada . Inclui-se nesta determinação os acessos, serviços de terraplenagem e drenagem, suprimento e distribuição de água potável e industrial, esgotos sanitários, suprimentos e distribuição de energia elétrica, telecomunicações, transporte, entre outros.

A desmobilização consistirá na desmontagem e retirada do canteiro da obra de todos os equipamentos e instalações provisórias executadas, bem como na limpeza das áreas de trabalho e remoção de todos os resíduos das obras.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Locação da Obra

### 5.3.1 Marcos Topográficos

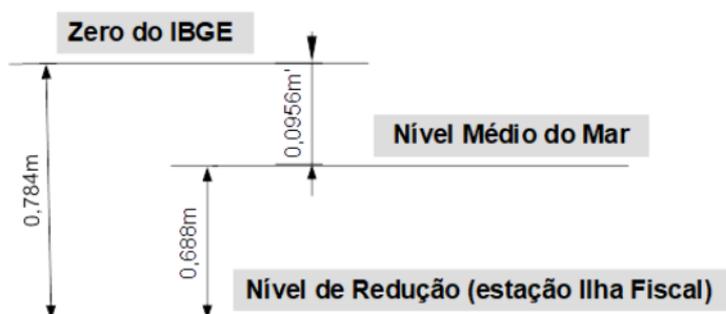
Na área de execução das obras encontra-se implantado marco topográfico referenciado ao IBGE, que pode servir como apoio às obras. Havendo necessidade, a Contratada deverá instalar outros marcos, amarrados ao marco topográfico existente, com a precisão adequada.

### 5.3.2 Referência de Nível

A Referência de Nível a ser adotada nas Obras de “Recuperação Estrutural dos Guias-Correntes e Desobstrução da Canal de Ligação da Lagoa de Itaipu e Praias de Itaipu e Cambinhas” será o “Zero” do IBGE.

Nos desenhos do projeto básico todas as elevações indicadas encontram-se referidas a essa referência.

A relação entre o “Zero” do IBGE e o “Nível de Redução do CHN é apresentada a seguir.



### 5.3.3 Serviços Topo-batimétricos

A execução das obras deverá ser acompanhada por controle topográfico e batimétrico rigoroso, a cargo da Contratada e verificada pela Fiscalização da SECRETARIA DE OBRAS.

A Contratada será responsável pela proteção e conservação dos marcos auxiliares implantados para apoio à obra – caso sejam necessários.

### 5.3.4 Elementos Básicos de Implantação

Todas as operações de locação a serem efetuadas deverão utilizar métodos e instrumentos compatíveis com os critérios e a precisão necessários para cada componente da obra.

Como referências topográficas para as obras, deverão ser utilizadas coordenadas no sistema local da SECRETARIA DE OBRAS e como referência de nível, tanto para altimetria terrestre como para batimetria, deverá ser adotado o “Zero” do IBGE.

A Contratada é responsável por quaisquer erros de alinhamento, nivelamento ou esquadro que venham a ser constatados, hipótese em que deverá refazer os serviços, ficando às suas expensas a correção de todo ou qualquer erro de locação e nivelamento.



### 5.3.5 Rigidez dos Sistemas

Todos os marcos existentes deverão ser colocados e materializados externamente à área de operação. Caso isto não seja possível, em locais fora das movimentações da obra, isto é, da influência de movimentação de veículos, embarcações máquinas e pedestres.

Tanto os marcos existentes, assim como os novos implantados, deverão ser protegidos e identificados por letras ou números.

### 5.4 MEDIÇÕES PARA CONTROLE DAS OBRAS

A Contratada deverá, antes de iniciar qualquer das atividades previstas, executar um levantamento topo-batimétrico cadastral do local, ao longo toda a área de influência do projeto.

O objetivo desse levantamento é o de determinar se ocorreram mudanças significativas na geometria dos guias-correntes que possam afetar os quantitativos apresentados no Projeto Básico.

O canal de ligação existente sofre muita variação em sua geometria – em particular na região do seu encontro com o mar – sua embocadura. Por este motivo, as condições de profundidade na área de desobstrução do Canal de Ligação devem ser verificadas – de modo a garantir que os quantitativos apresentados no Projeto Básico não tenham sofrido mudanças.

O controle das seções de projeto deverá ser executado por seções levantadas por batimetria ou por nivelamento geométrico conforme o caso.

### 5.5 DANOS EVENTUAIS CAUSADOS PELAS ONDAS

Todos os danos causados durante as obras, pela ação do mar, nas situações de agitação excepcional, serão de responsabilidade exclusiva da Contratada, que deverá proceder a todos os reparos necessários, por sua única e exclusiva responsabilidade e ônus.

### 5.6 RELATÓRIOS TÉCNICOS

A Contratada deverá fornecer à Fiscalização da SECRETARIA DE OBRAS, relatórios mensais onde constarão todos os serviços realizados e incluirão:

- andamento detalhado dos serviços, com gráfico de evolução mensal e acumulado, comparando com o cronograma contratual.
- técnica e equipamentos utilizados.
- mão de obra direta e indireta.
- acidentes / incidentes do trabalho.
- ocorrências relevantes em geral.

Ao final de cada etapa construtiva, serão emitidos relatórios finais de execução.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

De cada relatório mensal ou final constarão obrigatoriamente os controles dos materiais (lançados ou escavados) durante o período objeto do relatório além de todos os demais assuntos relacionados com a execução da obra, de modo a fornecer à SECRETARIA DE OBRAS um retrato fiel do andamento dos serviços.

### 5.7 DESOBSTRUÇÃO DO CANAL DE LIGAÇÃO

Da análise dos materiais a serem escavados – areia média a grossa –, a metodologia construtiva prescrita é a de se utilizar uma draga de sucção e recalque de pequeno porte (14” de diâmetro na sucção e no recalque) para desobstruir o canal, bombeando o material arenoso para a extremidade oposta da Praia de Camboinhas, onde deverão ser espalhados por equipamento auxiliar (trator de lâmina).

***A necessidade de equipamento de elevação de carga intermediário (“booster”) deverá ser objeto de detalhamento quando do Projeto Executivo.***

Os serviços deverão ser realizados em estrita obediência aos desenhos de projeto, de modo que a profundidade indicada e as linhas de off-set da área a escavar sejam plenamente atingidas.

#### 5.7.1 Metodologia de Execução

O início da operação de desobstrução do canal de ligação se dará a partir da Lagoa de Itaipu, desenvolvendo-se em direção à desembocadura existente – no encontro com o mar.

#### 5.7.2 Bota-fora estimado do material da desobstrução

O material escavado pela draga deverá ser bombeado para a extremidade oeste da Praia de Camboinhas. O material deverá ser espalhado por trator(es) de lâmina. A quantidade de tratores deverá ser objeto de detalhamento quando do Projeto Executivo.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**



**Figura 5.7.1 - XXX**

### **5.7.3 Taludes do Canal de Ligação**

Os taludes indicados no projeto foram admitidos para efeito de levantamento de quantidades baseado no tipo de material arenoso aí encontrado – areia média.

Os taludes da área a ser escavada será o talude natural em consequência do escorregamento do solo arenoso após a conformação das linhas de off-set indicadas nos desenhos de projeto.

### **5.7.4 Tolerâncias**

Serão admitidas as seguintes tolerâncias em relação às dimensões básicas das áreas dragadas:

- Vertical: 0,2m abaixo das elevações finais de dragagem, não se admitindo nenhuma cota superior às mesmas;
- Horizontal: 1,0m para fora das linhas de off-set medidas nas elevações finais de projeto, não sendo admitida nenhuma tolerância para dentro das linhas de off-set.

### **5.7.5 Levantamentos Batimétricos de Controle:**

Serão realizados obrigatoriamente dois levantamentos topo-batimétrico às expensas da Contratada, cuja execução será acompanhada pela Fiscalização da SECRETARIA DE OBRAS.

Será exigido um levantamento topo-batimétrico inicial da área a ser desobstruída antes do início da execução dos serviços, e um levantamento topo-batimétrico final da área



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

desobstruída (canal de ligação), após a conclusão dos serviços, permitindo assim a determinação dos volumes “in situ” dragados;

A Contratada deverá as suas expensas, realizar sondagens batimétricas, sondagens essas que deverão ser anexadas aos relatórios mensais para análise de andamento e medição dos serviços.

### **5.7.6 Tubos Geotêxtis**

Serão utilizados tubos geotêxtis ao longo de todo o desenvolvimento do canal de ligação – em seu trecho desprotegido, que se desenvolve desde a Lagoa de Itaipu e os guias-correntes.

Esses tubos, de comprimento variáveis entre 50m, 30m e 20m irão garantir a manutenção prolongada da profundidade da desobstrução. Irão evitar que o material arenoso dos taludes do canal de ligação seja deslocado para o fundo da estrutura hidráulica, em função das correntes de maré.

No trecho do canal de ligação que se desenvolve entre os guias-corrente não será necessária esta proteção.

Os tubos geotêxtis serão preenchidos com o material arenoso existente no local, fora do canal desobstruído, e serão assentados sobre tapete geotêxtil de ancoragem – cuja finalidade é a de evitar acomodação dos tubos pela ação das correntes de maré que estarão presentes no canal de ligação desobstruído.

Os tubos geotêxtis deverão ser envoltos por uma manta geotêxtil de sacrifício – cuja finalidade é proteger os elementos de eventuais danos causados por vandalismo, enquanto a vegetação submersa não floresce.

### **5.8 EXECUÇÃO DA PRAIA ARTIFICIAL**

A praia artificial a ser construída tem como objetivo proteger a Duna Velha da erosão por ação das correntes de maré e de proporcionar à população uma faixa de areia para melhor aproveitamento das condições de balneabilidade que se verificam no trecho de margem que se estende desde o final de montante do guia-correntes de Itaipu até a região defronte ao restaurante Laguna's Bar.

O material arenoso para a execução desta benfeitoria será proveniente em parte da dragagem a ser realizada para acesso à draga ao local de escavação bem como da escavação propriamente dita.

Inicialmente deverão ser posicionados, e em seguida preenchidos com material arenoso proveniente do início da dragagem do acesso à draga, quatro t(4) tubos geotêxtis de 50m de comprimento, cada, na forma em planta de um quadrado – materializando o local aonde será despejado o material dragado, para futura utilização como empréstimo para execução do aterro da Praia Artificial. A definição exata do local de estocagem de areia deve ser objeto de estudo durante a fase de Projeto Executivo, tomando como base a Figura



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

seguinte. O interior desse perímetro será preenchido com material oriundo da dragagem, que será posteriormente utilizado na execução do aterro mecânico da praia artificial.



Figura 5.8.1- XXX

### 5.8.1 Metodologia de Execução

A praia artificial será implantada com a utilização da areia proveniente da área de estocagem já descrita, bem como do material arenoso utilizado como enchimento dos quatro tubos geotêxtis utilizados para contenção do material de empréstimo.

O aterro da praia artificial será contido, na profundidade de -2m (IBGE) pelos tubos (formas) geotêxtis que farão a proteção do canal a ser escavado. Por este motivo, o aterro mecânico apenas será executado após a instalação dos primeiros 140m de extensão das formas geotêxtis que irão fazer a proteção da margem esquerda do canal escavado – trecho defronte ao restaurante Laguna's Bar e à Dunn Velha.

A extensão da área a ser aterrada é de cerca de 120m, e as principais características da seção transversal do aterro a ser realizado são:

- Largura da seção de aterro: variável;
- Talude do aterro do fundo (-2m) até a profundidade de  $\pm 0$ m (IBGE): 1V : 4H;
- Talude do aterro entre as cotas de  $\pm 0$ m (IBGE) e +2m (IBGE): 1V : 1H.

O aterro para materialização da praia artificial terá início após a implantação dos primeiros 140m de tubos geotêxtis que serão instalados na margem esquerda do canal a ser escavado – trecho que se inicia defronte ao restaurante Laguna's Bar, e se desenvolve para jusante, no sentido da foz do canal.

O aterro será mecânico, obedecendo a seguinte sequência:



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

- Escavação por retroescavadeira do material na área de empréstimo (incluindo o conteúdo dos quatro tubos geotêxtis);
- Carregamento em caminhões, que transportarão o material até o local de despejo (início na região da extremidade de montante do guia-correntes do lado de Itaipu, prosseguindo até a montante do restaurante Laguna's Bar);
- Basculamento do material na área de despejo – utilizando, quando necessário, retroescavadeira para posicionamento e espelhamento do material de aterro;
- Todo o aterro deve ser executado, em uma primeira fase, do fundo até a cota de  $\pm 0\text{m}$  (IBGE), no talude de 1V : 4H;
- A segunda fase da execução do aterro se dará da cota de  $\pm 0\text{m}$  até a cota final de  $+2\text{m}$  (IBGE), no talude de 1V : 1H, seguindo a mesma sequência de execução – de jusante para montante, a partir do guia-correntes do lado de Itaipu.

Os serviços deverão ser realizados em estrita obediência aos desenhos de projeto, de modo que a profundidade indicada e as linhas de off-set da área de aterro da praia artificial sejam plenamente atingidas.

**5.8.2 Levantamentos Topo-Batimétricos de Controle:**

Serão realizados obrigatoriamente dois levantamentos topo-batimétrico às expensas da Contratada, cuja execução será acompanhada pela Fiscalização da SECRETARIA DE OBRAS.

Será exigido um levantamento topo-batimétrico inicial da área a ser desobstruída antes do início da execução dos serviços de aterro para implantação da praia artificial, e um levantamento topo-batimétrico final da praia artificial executada, após a conclusão dos serviços, permitindo assim a determinação dos volumes "in situ" aterrados.

**5.8.3 Tubos Geotêxtis**

Serão utilizados quatro tubos geotêxtis de sacrifício para contenção do material de empréstimo a ser utilizado no aterro mecânica da praia artificial. Todos os quatro tubos terão comprimento de 50m e altura (quando preenchidos) de 1,4m. serão dispostos de modo a formar um quadrado. No interior deste quadrado será depositado o material arenoso – de empréstimo para o aterro mecânico da praia artificial.

Os tubos geotêxtis serão preenchidos com o material arenoso oriundo da escavação do canal de acesso da draga ao local e da dragagem de projeto. Como serão temporários, sendo retirados após o uso do material arenoso contido em seu interior, não serão assentados sobre tapete geotêxtil de ancoragem, nem serão envoltos em manta geotêxtil de sacrifício.

**5.9 RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS GUIAS-CORRENTES**

Foi considerado, para efeito de Cronograma de Execução, a execução concomitante de parte da recuperação dos guias-correntes, iniciando pelo guia-correntes do lado de Itaipu. Três meses depois, será iniciada a recuperação dogue-correntes do lado de Camboinhas.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

A recuperação estrutural dos guias-correntes será realizada com a utilização de enrocamento para compor o Núcleo das estruturas, que será protegido por uma Armadura de Proteção.

### **5.9.1 Núcleo em Enrocamento**

O material a ser utilizado como material de Núcleo nos dois guias-correntes será constituído por enrocamento de blocos de rocha sã, de diferentes categorias de peso.

Os serviços referentes à construção dos enrocamentos compreendem todas as operações necessárias à execução da obra, desde a lavra da pedra – ou aquisição dos blocos – até atingir a geometria final, conforme os desenhos de projeto, dentro das tolerâncias definidas.

#### **5.9.1.1 Características Gerais da Rocha**

A rocha a ser empregada na construção dos enrocamentos deverá ser de boa qualidade, sã e compacta, inalterável à ação dos agentes atmosféricos, ao ataque químico pela água do mar e às alternâncias de imersão e emersão.

O material rochoso deverá ser isento de substâncias vegetais, de argilas e terras, bem como de capas de jazidas, de materiais intemperizados e outros estranhos à rocha sã.

Os blocos não deverão apresentar crateras, fissuras ou superfícies de fratura, nem outras imperfeições ou defeitos que possam contribuir para seu fraturamento nas operações de manuseio e transporte ou sob a ação das intempéries e das ondas marinhas.

#### **5.9.1.2 Ensaio Tecnológicos a Serem Realizados**

Os ensaios das amostras da rocha a ser utilizada deverão ser realizados às expensas da Contratada, por laboratório de reconhecida idoneidade e competência, e deverão fornecer no mínimo os seguintes elementos:

- peso específico da rocha saturada com superfície seca. O peso específico após a saturação com água doce e secagem da superfície, deverá ser superior a 2,65 t/m<sup>3</sup>, com uma tolerância máxima de 0,03 t/m<sup>3</sup> para menos deste valor.
- Índice de absorção de água pela rocha, após imersão durante 30 dias em água salgada a 20°C, com indicação do comportamento da rocha, no que se refere a indícios de dissolução, abrandamento ou desintegração no fim do tempo de imersão.
- tensão da ruptura por compressão simples normal do leito do estrato. A resistência à ruptura por compressão simples, normal ao leito do estrato, deverá ser superior a 0,5 t/cm<sup>2</sup>.

O conjunto desses ensaios deverá ser realizado antes do início da construção da recuperação dos guias-correntes, para aprovação preliminar dos materiais.

Os blocos de rocha da armadura deverão ter uma forma geométrica cúbica ou esférica. Deverão ter arestas vivas, não sendo aceito blocos arredondados ou com formas achatadas e lamelares.



### 5.9.1.3 Construção do Núcleo

O material do Núcleo (em enrocamento) será constituído por blocos de rocha sã natural em conformidade com as presentes especificações e deverão ser lançadas de modo a atenderem a geometria e os limites de peso indicados nos desenhos do projeto.

A faixa de variação desta camada será de blocos de pedra entre um mínimo de 100kg e um máximo de 1,0t – sendo que 50% dos blocos devem se apresentar com pesos superiores a 500kg (0,5t).

A cota de trabalho, que também é a cota acabada do Núcleo é de (referência IBGE):

- Guia-correntes do lado de Camboinhas: +2,4m;
- Guia-correntes do lado de Itaipu: +1,9m.

A largura do Núcleo na cota de trabalho é de:

- Guia-correntes do lado de Camboinhas: 9,0m;
- Guia-correntes do lado de Itaipu: 8,0m.

O talude final da seção transversal para ambos os guias-correntes é de 1V ; 1,5H.

O volume a ser utilizado nos guias-correntes é de, respectivamente:

- Guia-correntes do lado de Camboinhas: 7.500m<sup>3</sup>;
- Guia-correntes do lado de Itaipu: 5.200m<sup>3</sup>.

O material rochoso será lançado de acordo com a metodologia apresentada nesta Especificação Técnica ou por outro método aprovado pela SECRETARIA DE OBRAS. Os blocos de rocha serão lançados por caminhões basculantes ou posicionados com a utilização de guindastes (base sob a Armadura), utilizando “grabs” ou caçambas basculantes, conforme o método construtivo adotado pela Contratada que deverá contemplar mecanismos que ajudem a colocação ordenada das pedras.

Para garantir a precisão dos lançamentos das obras imersas e pedras das armaduras, deverá ser utilizado sistema eletrônico de posicionamento por satélite, com base de aferição em terra (DGPS) ou sistemas de posicionamento eletrônico, pelo método de interseção utilizando bases em terra. A precisão deve ser igual ou menos a 0,5m.

Durante a colocação dos blocos de rocha submersos, poderá haver necessidade de inspeções submarinas, realizadas por mergulhadores de modo a acompanhar a execução da obra com respeito a verificação da geometria de projeto, e a detectar a espaços vazios.

Durante o lançamento dos blocos de rocha emersos do Núcleo, haverá permanente controle topográfico, de modo a orientar o basculamento dos caminhões e o respectivo espalhamento mecânico realizado por tratores e/ou carregadeiras que irão construir os taludes acabados do quebra-mar.

O lançamento de material rochoso fino para gerar uma pista de rolamento sobre a plataforma de tráfego do Núcleo na cota de trabalho (“caminho de serviço sobre os guias-correntes – vide desenho de seções típicas), este material deverá ser removido previamente à colocação da Armadura.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

O avanço do quebra-mar será sempre executado à seção plena, e o núcleo não poderá avançar mais do que vinte (20) metros em relação ao lançamento da armadura.

O núcleo deverá avançar por basculamento dos caminhões e espalhamentos sucessivos da rocha por meio de equipamentos de lâmina sobre esteira e/ou carregadeiras com pneus equipados com rede de proteção para operação em rocha.

As tolerâncias geométricas, para a construção do Núcleo em enrocamento são as seguintes:

- “off sets” horizontais, medidos a cada nível específico da seção transversal final de projeto - 0,50 m (meio metro);
- cotas a cada nível de projeto - 0,50 m (meio metro).

O lançamento de material rochoso fino para gerar uma pista de rolamento sobre a plataforma de tráfego do Núcleo na cota de trabalho (“caminho de serviço sobre os guias-correntes – vide desenho de seções típicas), deverá ser removido previamente à colocação da Armadura de Proteção.

O avanço da colocação da Armadura de Proteção deverá ser realizado no sentido do enraizamento para o cabeço até a cota de trabalho. Da cota de trabalho até a cota de coroamento final, a colocação dos blocos rochosos deverá ser executada no sentido oposto – isto é, do cabeço para o enraizamento dos guias-correntes.

#### 5.9.1.4- Armadura de Proteção em Pedras

1. Execução da **Recuperação do Guia-Correntes de Camboinhas** (admitindo que os dois sejam executados simultaneamente):
  - a. Escavação de Areia para Nova Seção Transversal e Fechamento da Passagem (1.200m<sup>3</sup>) com clam-shell de 0,96m<sup>3</sup> (Sistema EMOP 03.030.0159-0):
    - i. Produtividade: 6 h/d; 12 ciclos/hora; caçamba de 0,96m<sup>3</sup> (volume útil = 75%) = 0,72m<sup>3</sup>;
    - ii. 0,72m<sup>3</sup>/caçamba x 12caçambas/h x 8h/d x 5d/semana x 0,7 (rendimento) = 241,92 m<sup>3</sup>/semana  $\cong$  240 m<sup>3</sup>/semana;
    - iii. 1.200m<sup>3</sup> / 240 m<sup>3</sup>/semana = **5 semanas**.
  - b. Núcleo: 8m<sup>3</sup>/caminhão; 1 caminhão @ 15 minutos (4 caminhões/hora);
    - i. Produção Semanal: 32m<sup>3</sup>/h x 8h/d x 5d/semana x 0,7 (rendimento) = **896m<sup>3</sup>/semana**;
    - ii. Volume do Núcleo em Camboinhas: **6.700m<sup>3</sup>** / 896m<sup>3</sup>/semana = 7,47 semanas  $\cong$  **8 semanas**
  - c. Armaduras: 4 ciclos/hora do guindaste; 1 bloco/ciclo; 4 blocos de pedra/hora; 4 blocos/h x 8h/d x 5d/semana = 160 blocos/semana.
  - d. Blocos Tipo B: **1.650m<sup>3</sup>** x 2,0t/m<sup>3</sup> = 3.300t / 3,5t/bloco = 942,9  $\cong$  944 blocos;
  - e. Blocos tipo A: **4.950m<sup>3</sup>** x 2,0t/m<sup>3</sup> = 9.900t / 6,5t/bloco = 1.523,1  $\cong$  1.524 blocos;
  - f. blocos (944 + 1.524) / 160 blocos/semana = 15,43 semanas  $\cong$  **16 semanas**.



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

2. Execução da **Recuperação do Guia-Correntes de Itaipu** (admitindo que os dois sejam executados simultaneamente):
- Escavação de Areia para Nova Seção Transversal e Fechamento da Passagem (1.200m<sup>3</sup>) com clam-shell de 0,96m<sup>3</sup> (Sistema EMOP 03.030.0159-0):
    - Produtividade: 6 h/d; 12 ciclos/hora; caçamba de 0,96m<sup>3</sup> (volume útil= 75%) = 0,72m<sup>3</sup>;
    - 0,72m<sup>3</sup>/caçamba x 12caçambas/h x 8h/d x 5d/semana x 0,7 (rendimento) = 241,92 m<sup>3</sup>/semana  $\cong$  240 m<sup>3</sup>/semana.
    - 600m<sup>3</sup> / 240 m<sup>3</sup>/semana = 2,5 semanas  $\cong$  **3 semanas**.
  - Núcleo: 8m<sup>3</sup>/caminhão; 1 caminhão @ 20 minutos (3 caminhões/hora);
    - Produção Semanal: 24m<sup>3</sup>/h x 8h/d x 5d/semana x 0,7 (rendimento) = **672m<sup>3</sup>/semana**;
    - Volume do Núcleo em Itaipu: **4.500m<sup>3</sup>** / 672m<sup>3</sup>/semana = 6,70 semanas  $\cong$  **7 semanas**
  - Armaduras: 4 ciclos/hora do guindaste; 1 bloco/ciclo; 4 blocos de pedra/hora; 4blocos/h x 8h/d x 5d/semana = 160 blocos/semana.
  - Blocos Tipo B: **3.100m<sup>3</sup>** x 2,0t/m<sup>3</sup> = 6.200t / 3,5t/bloco = 1.771,4  $\cong$  1.772 blocos;
  - Blocos tipo A: **1.550m<sup>3</sup>** x 2,0t/m<sup>3</sup> = 3.100t / 6,5t/bloco = 476,9  $\cong$  478 blocos;
  - blocos (1.772 + 478)/ 160 blocos/semana = 14,01 semanas  $\cong$  **15 semanas**.

### 5.10 CONTROLE TÉCNICO DA OBRA

O controle do avanço e da execução da obra, será realizado pela Contratada, por levantamentos de perfis e seções transversais e por inspeções visuais “in loco”, em intervalos de tempo adequados ao andamento da obra.

O espaçamento entre as seções de controle não deverá ultrapassar 10,0 m.

Imediatamente antes do início do lançamento do Núcleo do dique/quebra-mar, será realizado um levantamento batimétrico de alta precisão, que constituirá a base de referência para a medição dos serviços. Esse levantamento deverá ser executado em seções transversais aos eixos das obras, espaçadas de 10,0 m em 10,0 m.

À medida que os serviços forem avançando, levantamentos periódicos de controle deverão ser realizados de modo que se tenha pleno controle da evolução dos serviços.

Mensalmente, serão realizados levantamentos batimétricos com a finalidade de se calcular as quantidades e volumes de material efetivamente lançados e colocados.

Assim que seja iniciado a execução da parte emersa dos guias-correntes, serão realizados, além dos levantamentos batimétricos, os levantamentos topográficos, em seções coincidentes com as submersas, de modo que superponham e que permitam que toda a seção seja levantada.

Neste caso, os levantamentos topográficos, sempre que possível, deverão ser executados em baixa-mar permitindo que se levante o máximo da seção emersa. Os levantamentos batimétricos deverão ser realizados em preamar. Este procedimento permitirá que se faça



a concordância dos levantamentos das obras emersas e submersas na mesma seção transversal.

Para a medição do material de enrocamento, a Contratada deverá fornecer, instalar e operar balanças rodoviárias eletrônicas, de capacidade suficiente para suportar o maior caminhão totalmente carregado que pretenda utilizar nos serviços. A precisão da balança deverá ser de 0,25% do peso medido ou de 50 kg para qualquer carga. O ônus dessa operação de pesagem deverá ser diluído nos preços unitários. Cada caminhão, perfeitamente identificado, deve ter sua tara conferida diariamente ou toda a vez que for solicitado pela SECRETARIA DE OBRAS. A balança deverá emitir um bilhete comprobatório da pesagem realizada, no qual seja impresso automaticamente, o mínimo:

- a placa do veículo;
- a data e hora da pesagem realizada;
- o peso total em kg.

A localização das balanças será definida de comum acordo com a SECRETARIA DE OBRAS de modo que todo o caminhão após a pesagem só possa se dirigir ao local de armazenagem das pedras.

Caberá a Contratada emitir um relatório de cada viagem realizada pelos caminhões, definindo:

- nome ou placa do veículo transportador;
- início e fim da viagem;
- local de desembarque;
- peso total;
- peso do veículo vazio;
- peso das pedras transportadas por viagem.

A cada 7 dias, a Contratada deverá apresentar um relatório sumarizando todas as viagens realizadas no período em cada veículo e por tipo de pedra. Cada veículo somente poderá transportar em cada vez pedras de mesma classificação.

O volume de pedras transportado e colocado no enrocamento, avaliado por estimativa a partir das pesagens realizadas, será obtido pela divisão do peso da pedra pelo coeficiente 2,0.

No caso dos tetrápodes, após o processo de fabricação (concretagem), cada elemento deverá ser devidamente identificado para que se possa aferir a data da fabricação e da data a partir da qual o elemento poderá ser retirado da área de armazenagem para transporte aos guias-correntes.

Para identificação de cada tetrápode uma marca deve estar perfeitamente visível e registrada com as seguintes informações:

- **XX-DDMMAA-ZZZZ**, onde:  
**XX**: identificação do peso do elemento (no caso 08);  
**DD**: dia da fabricação (concretagem);  
**MM**: mês da fabricação;



PREFEITURA  
**NITERÓI**  
EMUSA

RELATÓRIO

Nº

RELA\_04\_LI

REV. 0A

**PROJETO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS  
GUIAS-CORRENTES E DESOBSTRUÇÃO DO  
CANAL DE LIGAÇÃO DA LAGOA DE ITAIPU**

FOLHA

63 de 72



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

**AA:** ano da fabricação;

**ZZZZ:** número de série do elemento (varia de 0001 a 3300).



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

## ANEXO 1: GUIAS-CORRENTES – MEMÓRIA DE CÁLCULO

### 1. *Run-up:*

Segundo a rotina do CRESS o valor do run-up independe do período da onda

- Com a altura da onda de projeto ( $H_s = 2,4m$ ):  
(33%)

R1.2 Wave run up on rough slopes - explicit formulae [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters	Graphic	Help
<b>Input</b>		
<input type="radio"/> $H_s$	2,40	m
<input type="radio"/> $T_m$	8,80	s
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,50	-
<input type="radio"/> P	0,50	-
n	33,00	%
<input checked="" type="radio"/> $R_{un} \%$	2,61	m
<b>Output</b>		
$\xi_m$	4,73	-

Calculate Save Load Graphic Report

R1.2 Wave run up on rough slopes - explicit formulae [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters	Graphic	Help
<b>Input</b>		
<input type="radio"/> $H_s$	2,40	m
<input type="radio"/> $T_m$	12,30	s
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,50	-
<input type="radio"/> P	0,50	-
n	33,00	%
<input checked="" type="radio"/> $R_{un} \%$	2,61	m
<b>Output</b>		
$\xi_m$	6,61	-

Calculate Save Load Graphic Report



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

(10%)

R1.2 Wave run up on rough slopes - explicit formulae [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters	Graphic	Help
<b>Input</b>		
<input type="radio"/> $H_s$	2,40 m	
<input type="radio"/> $T_m$	8,80 s	
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,50 -	
<input type="radio"/> P	0,50 -	
n	10,00 %	
<input checked="" type="radio"/> $R_{un}$ %	3,48 m	
<b>Output</b>		
$\xi_m$	4,73 -	

Calculate Save Load Graphic Report

- Com a altura da onda máxima de arrebentação ( $H_s = 2,7m$ ):  
(33%)

R1.2 Wave run up on rough slopes - explicit formulae [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters	Graphic	Help
<b>Input</b>		
<input type="radio"/> $H_s$	2,70 m	
<input type="radio"/> $T_m$	9,00 s	
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,50 -	
<input type="radio"/> P	0,50 -	
n	33,00 %	
<input checked="" type="radio"/> $R_{un}$ %	2,94 m	
<b>Output</b>		
$\xi_m$	4,56 -	

Calculate Save Load Graphic Report

(10%)

R1.2 Wave run up on rough slopes - explicit formulae [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters	Graphic	Help
Input		Output
<input type="radio"/> H <sub>s</sub>	2,70 m	<input type="radio"/> ξ <sub>m</sub>
<input type="radio"/> T <sub>m</sub>	8,80 s	4,46 -
<input type="radio"/> cot α	1,50 -	
<input type="radio"/> P	0,50 -	
n	10,00 %	
<input checked="" type="radio"/> R <sub>un</sub> %	3,92 m	

Calculate Save Load Graphic Report

**Run-up** (galgamento das ondas sobre o guia-correntes de Camboinhas):

MHHW + 2,94m = 4,14m (H<sub>s</sub> = 2,7m ; R<sub>33%</sub>)

MHHW + 3,92m = 5,12m (H<sub>s</sub> = 2,7m ; R<sub>10%</sub>)

Estes valores, em relação ao IBGE (referência adotada) são, respectivamente:

+3,36m (MHHW + 2,94m)

+4,34m (MHHW + 3,92m)

## 2. Fórmula de Hudson:

- $H_{projeto} = H_{100anos} = 2,4m$

**Table VI-5-22/Equation VI-5-67  
Hudson stability formula  
for 2-layer rock slopes**

Gravity	9.806 m/sec <sup>2</sup>			
Mass density of rock	2650 kg/m <sup>3</sup>			
Mass density of water	1025 kg/m <sup>3</sup>			
K <sub>o</sub>	2			
Δ	1.58537 m			
Slope (cot[α])	1.5			
H <sub>s</sub> (m)	D <sub>n50</sub> (m)	M <sub>50</sub> (kg)	W <sub>50</sub> (N)	Stability Number (N <sub>s</sub> )
2.4	1.04964	3064.57	30051.2	1.44225

- M<sub>50</sub> = 3,1t e D<sub>n50</sub> = 1,05m (Variação entre 3,8t (1,13m) e 2,5t (0,98m))

*Nota do CEM: breaking waves means depth-limited waves, i.e., wave breaking takes place in front of the armor slope – critical case for shallow-water waves.*



TÍTULO:

RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2

- $H_{projeto} = H_{br} \text{ em preamar} = 2,7m$

**Table VI-5-22/Equation VI-5-67  
Hudson stability formula  
for 2-layer rock slopes**

Gravity	9.806	m/sec <sup>2</sup>			
Mass density of rock	2650	kg/m <sup>3</sup>			
Mass density of water	1025	kg/m <sup>3</sup>			
$K_D$	2				
$\Delta$	1.58537	m			
Slope (cot[ $\alpha$ ])	1.5				
$H_s$ (m)	$D_{n50}$ (m)	$M_{50}$ (kg)	$W_{50}$ (N)	Stability Number ( $N_s$ )	
2.7	1.18085	4363.42	42787.7	1.44225	

- $M_{50} = 4,4t$  e  $D_{n50} = 1,18m$  (Variação entre 5,5t (1,28m) e 3,8t (1,13m))

- Resultados resumidos:

**Table VI-5-22/Equation VI-5-67  
Hudson stability formula  
for 2-layer rock slopes**

Gravity	9.806	m/sec <sup>2</sup>			
Mass density of rock	2650	kg/m <sup>3</sup>			
Mass density of water	1025	kg/m <sup>3</sup>			
$K_D$	2				
$\Delta$	1.58537	m			
Slope (cot[ $\alpha$ ])	1.5				
$H_s$ (m)	$D_{n50}$ (m)	$M_{50}$ (kg)	$W_{50}$ (N)	Stability Number ( $N_s$ )	
2.4	1.04964	3064.57	30051.2	1.44225	
2.55	1.11525	3675.84	36045.3	1.44225	
2.7	1.18085	4363.42	42787.7	1.44225	
2.85	1.24645	5131.81	50322.5	1.44225	

### 3. Fórmula de Van der Meer:

- **Deep-water conditions;  $C_{pl} = 6,2$  e  $C_s = 1,0$**   
(apenas a título de ilustração – as condições em Itaipu são de águas rasas – “depth limited waves”)



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

$t_r = 6$  horas:

- <http://rws.cress.tudelft.nl>

C34.3 Stability of rock in wave attack (v.d. Meer) [2.0]

Calculate

Close

Parameters Help

Input

<input type="radio"/> $H_s$	2,40	-	m
<input type="radio"/> $T_m$	8,80	-	s
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,50	-	
<input type="radio"/> $C_h$	6,20	-	
<input type="radio"/> $P$	0,50	-	
<input type="radio"/> $\rho_s$	2650	-	kg/m <sup>3</sup>
<input type="radio"/> $\rho_w$	1025	-	kg/m <sup>3</sup>
<input type="radio"/> $S$	2	-	
<input type="radio"/> $N$	2455,00	-	
<input checked="" type="radio"/> $D_{n50}$	0,99	-	m

Output

$\xi_m$	4,73	-	
$\xi_{mc}$	4,08	-	
$\Delta$	1,59	-	
$D_{50}$	1,17	-	m
$W_{50}$	2546	-	kg

$t_r = 12$  horas:

- <http://rws.cress.tudelft.nl>

C34.3 Stability of rock in wave attack (v.d. Meer) [2.0]

Calculate

Close

Parameters Help

Input

<input type="radio"/> $H_s$	2,40	-	m
<input type="radio"/> $T_m$	8,80	-	s
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,50	-	
<input type="radio"/> $C_h$	6,20	-	
<input type="radio"/> $P$	0,50	-	
<input type="radio"/> $\rho_s$	2650	-	kg/m <sup>3</sup>
<input type="radio"/> $\rho_w$	1025	-	kg/m <sup>3</sup>
<input type="radio"/> $S$	2	-	
<input type="radio"/> $N$	4910,00	-	
<input checked="" type="radio"/> $D_{n50}$	1,06	-	m

Output

$\xi_m$	4,73	-	
$\xi_{mc}$	4,08	-	
$\Delta$	1,59	-	
$D_{50}$	1,26	-	m
$W_{50}$	3134	-	kg



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

Rotinas do CRESS (<http://www.cress.nl>):

- *Shallow-water conditions: Van Gent et al (2004) com  $C_{pl} = 8,4$  e  $C_s = 1,3$*

$t_r = 6$  horas:

R9.2 Rock armour layers [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters Graphic Help

Input			Output		
<input type="radio"/> $H_s$	2,4	m	$\xi_c$	4,26	-
<input type="radio"/> $H_{2\%}$	2,7	m	$M_{50}$	1362	kg
<input type="radio"/> $T_m$	8,8	s	$N$	2454,55	-
<input type="radio"/> $t_r$	6,0	hrs			
<input type="radio"/> $T_{m-1,0}$	10,0	s			
<input type="radio"/> $C_{pl}$	8,4	-			
<input type="radio"/> $C_s$	1,3	-			
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,5	-			
<input type="radio"/> $P$	0,5	-			
<input type="radio"/> $\rho_s$	2650	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> $\rho_w$	1025	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> $S_d$	2	-			
<input checked="" type="radio"/> $D_{n50}$	0,80	m			

Calculate Save Load Graphic Report

R9.2 Rock armour layers [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters Graphic Help

Input			Output		
<input type="radio"/> $H_s$	2,4	m	$\xi_c$	4,26	-
<input type="radio"/> $H_{2\%}$	3,4	m	$M_{50}$	2701	kg
<input type="radio"/> $T_m$	9,0	s	$N$	2400,00	-
<input type="radio"/> $t_r$	6,0	hrs			
<input type="radio"/> $T_{m-1,0}$	10,0	s			
<input type="radio"/> $C_{pl}$	8,4	-			
<input type="radio"/> $C_s$	1,3	-			
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,5	-			
<input type="radio"/> $P$	0,5	-			
<input type="radio"/> $\rho_s$	2650	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> $\rho_w$	1025	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> $S_d$	2	-			
<input checked="" type="radio"/> $D_{n50}$	1,01	m			

Nota: apenas a título de ilustração, pois  $H_{2\%} = 3,4$ m não é possível (altura máxima na arrebenção é de 2,7m em situação de preamar).



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

- **Análise de sensibilidade com  $C_{pl} = 7,25$  e  $C_s = 1,05$**

**$t_r = 6$  horas:**

R9.2 Rock armour layers [2.0]			Coastal and River Engineering Support System		
Parameters	Graphic	Help			
<b>Input</b>			<b>Output</b>		
<input type="radio"/> $H_s$	2,4	m	$\xi_c$	4,55	-
<input type="radio"/> $H_{2\%}$	2,7	m	$M_{50}$	2585	kg
<input type="radio"/> $T_m$	8,8	s	$N$	2454,55	-
<input type="radio"/> $t_r$	6,0	hrs			
<input type="radio"/> $T_{m-1,0}$	10,0	s			
<input type="radio"/> $C_{pl}$	7,3	-			
<input type="radio"/> $C_s$	1,1	-			
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,5	-			
<input type="radio"/> $P$	0,5	-			
<input type="radio"/> $\rho_s$	2650	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> $\rho_w$	1025	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> $S_d$	2	-			
<input checked="" type="radio"/> $D_{n50}$	0,99	m			

Calculate Save Load Graphic Report



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

*t<sub>r</sub> = 12 horas:*

R9.2 Rock armour layers [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters Graphic Help

Input			Output		
<input type="radio"/> H <sub>s</sub>	2,4	m	ξ <sub>c</sub>	4,26	-
<input type="radio"/> H <sub>2%</sub>	2,7	m	M <sub>50</sub>	1677	kg
<input type="radio"/> T <sub>m</sub>	8,8	s	N	4909,09	-
<input type="radio"/> t <sub>r</sub>	12,0	hrs			
<input type="radio"/> T <sub>m-1,0</sub>	10,0	s			
<input type="radio"/> C <sub>pl</sub>	8,4	-			
<input type="radio"/> C <sub>s</sub>	1,3	-			
<input type="radio"/> cot α	1,5	-			
<input type="radio"/> P	0,5	-			
<input type="radio"/> ρ <sub>s</sub>	2650	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> ρ <sub>w</sub>	1025	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> S <sub>d</sub>	2	-			
<input checked="" type="radio"/> D <sub>n50</sub>	0,86	m			

Calculate Save Load Graphic Report

R9.2 Rock armour layers [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters Graphic Help

Input			Output		
<input type="radio"/> H <sub>s</sub>	2,4	m	ξ <sub>c</sub>	4,26	-
<input type="radio"/> H <sub>2%</sub>	3,4	m	M <sub>50</sub>	3326	kg
<input type="radio"/> T <sub>m</sub>	9,0	s	N	4800,00	-
<input type="radio"/> t <sub>r</sub>	12,0	hrs			
<input type="radio"/> T <sub>m-1,0</sub>	10,0	s			
<input type="radio"/> C <sub>pl</sub>	8,4	-			
<input type="radio"/> C <sub>s</sub>	1,3	-			
<input type="radio"/> cot α	1,5	-			
<input type="radio"/> P	0,5	-			
<input type="radio"/> ρ <sub>s</sub>	2650	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> ρ <sub>w</sub>	1025	kg/m <sup>3</sup>			
<input type="radio"/> S <sub>d</sub>	2	-			
<input checked="" type="radio"/> D <sub>n50</sub>	1,08	m			

Nota: apenas a título de ilustração, pois H<sub>2%</sub> = 3,4m não é possível (altura máxima na arrebentação é de 2,7m em situação de preamar).



TÍTULO:

**RELATÓRIO FINAL – ALTERNATIVA 2**

- **Análise de sensibilidade com  $C_{pl} = 7,25$  e  $C_s = 1,05$**

**$t_r = 12$  horas:**

R9.2 Rock armour layers [2.0] Coastal and River Engineering Support System

Parameters	Graphic	Help
<b>Input</b>		
<input type="radio"/> $H_s$	2,4	m
<input type="radio"/> $H_{2\%}$	2,7	m
<input type="radio"/> $T_m$	8,8	s
<input type="radio"/> $t_r$	12,0	hrs
<input type="radio"/> $T_{m-1,0}$	10,0	s
<input type="radio"/> $C_{pl}$	7,3	-
<input type="radio"/> $C_s$	1,1	-
<input type="radio"/> $\cot \alpha$	1,5	-
<input type="radio"/> $P$	0,5	-
<input type="radio"/> $\rho_s$	2650	kg/m <sup>3</sup>
<input type="radio"/> $\rho_w$	1025	kg/m <sup>3</sup>
<input type="radio"/> $S_d$	2	-
<input checked="" type="radio"/> $D_{n50}$	1,06	m
<b>Output</b>		
$\xi_c$	4,55	-
$M_{50}$	3182	kg
$N$	4909,09	-

Calculate Save Load Graphic Report

**Nota final:**

Neste caso, chega-se ao mesmo valor do que o calculado pela fórmula de Hudson para  **$H_{projeto} = 2,4$  m**. Portanto, o resultado fornecido pela fórmula de Hudson com as modificações de 1984 se mostra conservador.



Assinado digitalmente por:

Hernande Gomes  
Flores Filho  
•••.165.177-••  
Data: 06/09/2023  
13:03

