



PLANO BÁSICO AMBIENTAL PORTO SUL

ELABORAÇÃO DO PLANO BÁSICO AMBIENTAL DO
PORTO SUL E DOS ESTUDOS COMPLEMENTARES
NECESSÁRIOS À SOLICITAÇÃO DA SUA LICENÇA
DE IMPLANTAÇÃO

PROGRAMA DE GESTÃO E MONITORAMENTO DA LINHA DE COSTA

PORTO SUL

PROGRAMA BÁSICO AMBIENTAL - PBA

PROGRAMA DE GESTÃO E MONITORAMENTO DA LINHA DE COSTA

Novembro de 2014

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| APRESENTAÇÃO..... | 4 |
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 1.1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO | 5 |
| 1.2. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA..... | 8 |
| 1.3. JUSTIFICATIVA..... | 8 |
| 2. OBJETIVOS | 22 |
| 2.1. OBJETIVO GERAL | 22 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| 3. METAS | 22 |
| 4. METODOLOGIA..... | 23 |
| 4.1. SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LINHA DE COSTA | 23 |
| 4.1.1 <u>Fase de Pré-Implantação</u> | 23 |
| 4.1.2 <u>Fases de Implantação e Operação</u> | 25 |
| 4.2. SUBPROGRAMA DE GESTÃO COSTEIRA..... | 28 |
| 5. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL | 32 |
| 6. CRONOGRAMA FÍSICO | 35 |
| 7. INTERRELAÇÃO COM OUTROS PROGRAMAS..... | 37 |
| 8. EQUIPE TÉCNICA | 38 |
| 9. MEDIDAS MITIGADORAS ASSOCIADAS..... | 38 |
| 10. RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA..... | 40 |
| 11. RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA..... | 40 |
| 12. REFERÊNCIAS | 40 |

ANEXOS

Anexo 1 – Estudo de Alternativas para Transferência de Areia “Sand Bypass” na área de Influência do Porto Sul

Anexo 2 – Levantamento do Perfil de Praia da Linha da Costa

Anexo 3 – Cadastro Técnico Federal – CTF IBAMA

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|---------------|--|----|
| Figura 1.1 - | Localização do Porto Sul..... | 6 |
| Figura 1.2 - | Empreendimento Objeto de Licença de Implantação..... | 7 |
| Figura 1.3 - | Saliente formado associado ao Terminal Ignácio Barbosa – Sergipe. Seu cais de acostagem situa-se a 2.400 m da linha da costa e é abrigado por um quebra-mar artificial de 550 m. Administrado pela Companhia Vale do Rio Doce (Vale) desde 1994. Sentido dominante do transporte é NE-SW | 9 |
| Figura 1.4 - | Foto de sobrevoo recente mostrando o saliente criado na zona de sombra do Terminal Inácio Barbosa..... | 10 |
| Figura 1.5 - | Detalhe do saliente criado na zona de sombra do Terminal Inácio Barbosa. Observar que o trecho de praia situado imediatamente à jusante do saliente encontra-se em erosão. Aracaju ao fundo..... | 10 |
| Figura 1.6 - | Porto Sul: Saliente previsto pela modelagem numérica ao final de 30 anos. Observar que as figuras 1.3 e 1.6 estão na mesma escala | 11 |
| Figura 1.7 - | Comportamento das Ondas..... | 13 |
| Figura 1.8 - | Clima de Ondas..... | 14 |
| Figura 1.9 - | Nível de Mar | 15 |
| Figura 1.10 - | Componentes Norte e Sul do Transporte Litorâneo..... | 15 |
| Figura 1.11 - | Variabilidade Mensal do Transporte Litorâneo..... | 16 |
| Figura 1.12 - | Transporte Litorâneo de Sedimentos Arenosos..... | 16 |
| Figura 1.13 - | Transporte Litorâneo de Sedimentos Arenosos (extensão costeira de 250 m indicada pela linha vermelha | 17 |
| Figura 1.14 - | Resultados da Modelagem Numérica: Saliente a Ser Formado..... | 18 |
| Figura 1.15 - | Trecho de Linha de Costa Impactado Pelo Porto Sul | 19 |
| Figura 1.16 - | Cenários de Transpasse de Sedimentos e Seus Impactos no Recuo Erosivo da Linha de Costa | 20 |
| Figura 1.17 - | Ponto de Retirada de Sedimento para Transpasse e Pontos de Descarte dos Sedimentos Retirados do Saliente..... | 21 |
| Figura 4.1 - | Levantamento das linhas de base. Levantamento realizado no período entre 26 de março-15 de abril de 2013..... | 24 |
| Figura 4.2 - | O desenho final do programa de monitoramento da linha de costa (localização, frequência, espaçamento das estações) foi elaborado com base nos resultados obtidos nas modelagens numéricas | 26 |
| Figura 4.3 - | Localização das estradas e acessos à praia a serem utilizados durante as operações de transpasse de sedimentos adotando-se a Alternativa 2 | 30 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|--------------|---|----|
| Quadro 5.1 - | Legislação Federal Aplicável ao PGLC | 32 |
| Quadro 6.1 - | Cronograma Físico de Execução do Subprograma de Monitoramento da Linha de Costa – Fase de Pré-Implantação do Empreendimento (em semestres) | 36 |
| Quadro 6.2 - | Cronograma Físico de Execução do Subprograma de Monitoramento da Linha de Costa – Fase de Implantação e Operação do Empreendimento (em semestres) | 36 |
| Quadro 6.3 - | Cronograma Físico de Execução do Subprograma de Gestão Costeira – Fase de Operação (em semestres) | 36 |
| Quadro 7.1 - | Relação do Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa com Outros Programas do PBA Porto Sul | 37 |
| Quadro 8.1 - | Equipe Técnica necessária para executar o Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa | 38 |
| Quadro 9.1 - | Medidas Associadas ao Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa | 38 |
| Quadro 9.2 - | Medidas Associadas ao Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa presentes no Anexo 1 | 39 |

APRESENTAÇÃO

Os Programas que constituem o Plano Básico Ambiental – PBA do Porto Sul são apresentados em conformidade com a Licença Prévia Ibama nº. 447/2012. São abordados, no âmbito do PBA, 37 Programas listados a seguir:

- 01 Programa Ambiental para a Construção
- 02 Programa Compensatório de Plantio
- 03 Programa de A. da Infraestrutura das Comunidades do Entorno do Empreendimento
- 04 Programa de Afugentamento e Resgate da Fauna Terrestre
- 05 Programa de Apoio à Contratação e Mão de Obra Local
- 06 Programa de Apoio ao Empreendedorismo
- 07 Programa de Capacitação da Mão de Obra Local
- 08 Programa de Compensação Ambiental
- 09 Programa de Compensação da Atividade Pesqueira
- 10 Programa de Comunicação e Interação Social
- 11 Programa de Controle de Erosão e Assoreamento
- 12 Programa de Educação Ambiental com as Comunidades
- 13 Programa de Emergência Individual (PEI)
- 14 Programa de Gerenciamento de Efluentes
- 15 Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)
- 16 Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR)
- 17 Programa de Gestão Ambiental (PGA)
- 18 Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa**
- 19 Programa de Implantação dos S. Locais de Habitação e Planos Locais de Habitação
- 20 Programa de Mitigação das Interferências no Sistema Viário
- 21 Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira
- 22 Programa de Monitoramento da Batimetria
- 23 Programa de Monitoramento da Biota Aquática
- 24 Programa de Monitoramento da Fauna Terrestre
- 25 Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar
- 26 Programa de Monitoramento das Águas e Sedimentos
- 27 Programa de Monitoramento de Flora
- 28 Programa de Monitoramento de Ruídos e Vibrações
- 29 Programa de Prevenção à Exploração Sexual
- 30 Programa de Prospecção e Resgate Arqueológico e Educação Patrimonial
- 31 Programa de Reassentamento e Desapropriação
- 32 Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)
- 33 Programa de Reorientação da Atividade Turística no Litoral Norte
- 34 Programa de Reposição da Vegetação de Nascentes, Matas Ciliares e Manguezais
- 35 Programa de Resgate de Flora
- 36 Programa de Valorização da Cultura
- 37 Programa de Verificação e Gerenciamento da Água de Lastro dos Navios

1. INTRODUÇÃO

Um programa de gestão da linha de costa (PGLC) pode ser considerado como um conjunto de ações que permitem enfrentar, de modo organizado e planejado, o processo de erosão costeira, presente e futuro, e sua relação com intervenções humanas no ambiente marinho. No presente caso o PGLC tem por objetivo o desenvolvimento e implementação de ações para monitoramento da linha de costa e do ambiente praial e a mitigação da erosão costeira, resultante da implantação do Porto Sul, utilizando técnicas de controle aceitáveis tanto do ponto de vista de custos quanto do ponto de vista socioambiental.

A linha de costa, definida como a interseção entre as superfícies terrestre e do mar, encontra-se em constante modificação em resposta às diferentes forças que afetam a sua posição (e.g. ondas, marés, nível do mar, erosão ou acumulação de sedimentos etc.). Um PGLC compreensivo deve contemplar o monitoramento da posição da linha de costa e das diferentes forças nas várias escalas espaciais e temporais, assim como propor soluções para manutenção da qualidade ambiental e recreativa da praia.

1.1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O Porto Sul é um empreendimento concebido no Planejamento Estratégico do Estado da Bahia e corresponde ao Porto ligado à Ferrovia de Integração Oeste-Leste no Oceano Atlântico. Esta Ferrovia articula este porto marítimo com as regiões produtivas do oeste da Bahia e o Brasil Central. Seus objetivos estruturantes são:

- Reverter o processo de concentração da economia estadual na RMS;
- Reinsere o Estado no mercado nacional e global;
- Rearticular o Estado com seu próprio território;
- Reverter a atual dinâmica de decadência econômica vivida pela região a partir da crise do cacau.

O empreendimento se localiza na Costa Leste do Brasil, no litoral norte do município de Ilhéus-BA, entre as localidades de Aritaguá e Sambaituba, nas proximidades com o rio Almada. A **Figura 1.1** mostra a localização do empreendimento.

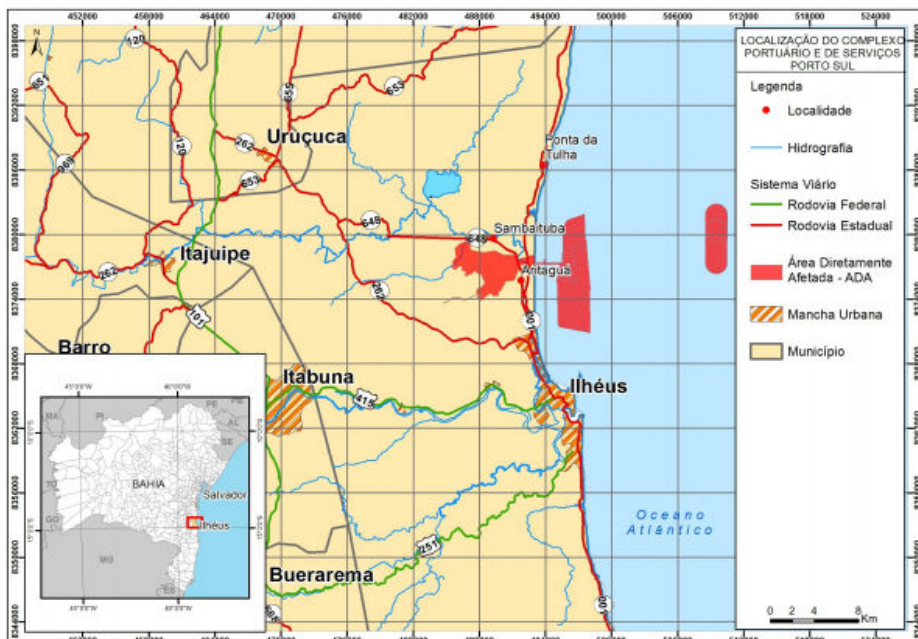


Figura 1.1 - Localização do Porto Sul

Diversos estudos foram realizados durante o processo de obtenção de Licença Prévia. Todos estes estudos foram realizados ponderando de forma integrada as repercussões da implantação e operação do Porto Sul, que inclui um Porto Público e o Terminal Privado da Bahia Mineração. Este processo culminou com a emissão da Licença Prévia nº. 447/12 por parte do IBAMA, em 14 de novembro de 2012.

Nesta nova etapa do processo do licenciamento (Licença de Implantação) estão sendo consideradas as seguintes estruturas para funcionamento geral do Porto e do Terminal Privado da BAMIN:

- acessos rodoviários e ferroviários ao porto, áreas comuns ao Porto Público e a BAMIN;
- parte dos acessos rodoviários e ferroviários internos ao Porto Público;
- seções da ponte marítima para atendimento ao terminal da BAMIN e do Porto Público;
- parte do quebra-mar para atendimento ao terminal da BAMIN e do Porto Público;
- berço para embarque de minério e dois berços para graneis associados ao Porto Público;
- berço para embarque do minério da BAMIN;
- dragagem associada ao canal de acesso e ao lado norte do quebra-mar;
- corredor central de serviços;
- estacionamento de caminhões;
- aduana;
- estações de tratamento de água e efluentes líquidos e central de resíduos;
- pedreira;
- píer provisório;
- canteiros de obras; e
- estrutura retroportuária e *offshore* do terminal da BAMIN.

A Figura 1.2 mostra em verde a área objeto da Licença de Implantação.

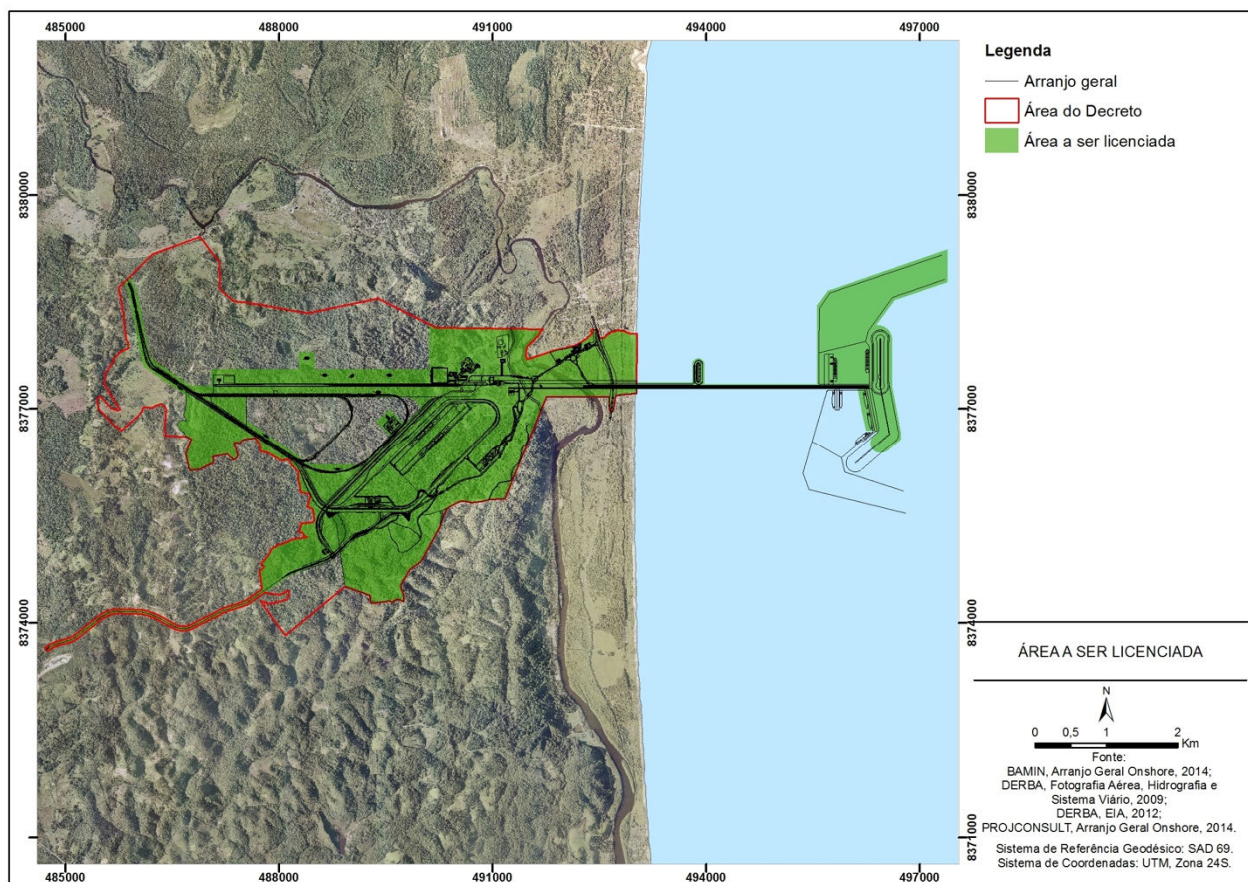


Figura 1.2 - Empreendimento Objeto de Licença de Implantação

Estas estruturas estão detalhadas no Volume 1 deste documento, que apresenta o projeto ora em Licenciamento de Implantação.

Todas as demais estruturas, associadas à operação das cargas a serem movimentadas pelo Porto Público, consideradas no processo da Licença Prévia, deverão ser objeto de licenciamento específico.

1.2. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

O PGLC é constituído de dois Subprogramas. O primeiro é voltado ao monitoramento da posição da linha de costa e das forçantes ambientais (ondas, correntes, marés e vento). O segundo Subprograma estabelece as intervenções a serem utilizadas para mitigação da erosão incluindo técnicas de controle, volumes de sedimentos a serem mobilizados, e frequência temporal. Deve-se ter em mente que a principal técnica a ser utilizada para a mitigação dos processos erosivos decorrentes da implantação do Porto Sul, será o transpasse de areia (sand bypass), como ficou estabelecido durante o licenciamento ambiental.

Os aspectos ecológicos do ecossistema praial que serão monitorados em outros programas ambientais deverão ser integrados a este monitoramento físico.

1.3. JUSTIFICATIVA

A motivação para a criação e implementação do PGLC decorre dos impactos previstos da implantação das estruturas marítimas do futuro Porto Sul. Estas estruturas, ao alterarem os padrões de circulação ao longo da linha de costa, deverão resultar no aparecimento de um saliente na região de sombra criada pelo quebra-mar do futuro porto. O desenvolvimento do saliente provoca um déficit de sedimentos nos trechos de linha de costa laterais ao mesmo, desencadeando um processo erosivo na linha de costa. O desenvolvimento de um saliente desta natureza está bem exemplificado para o Terminal Marítimo Inácio Barbosa (Sergipe) (**Figuras 1.3 a 1.6**). Para efeito de comparação, a **Figura 1.6** (na mesma escala da **Figura 1.3**) apresenta a posição, ao final de 30 anos, do saliente a ser criado pela construção do Porto Sul, segundo os resultados da modelagem numérica, e se nenhum programa de gestão da linha de costa for implementado.



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

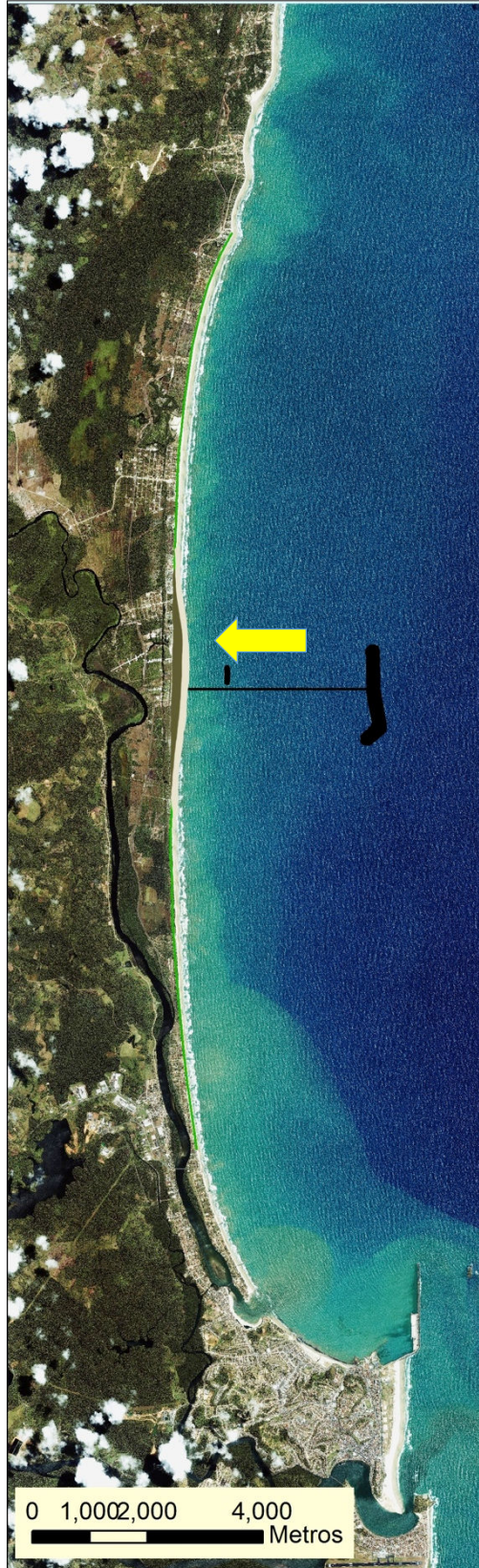
Figura 1.3 - Saliente formado associado ao Terminal Ignácio Barbosa – Sergipe. Seu cais de acostagem situa-se a 2.400 m da linha da costa e é abrigado por um quebra-mar artificial de 550 m. Administrado pela Companhia Vale do Rio Doce (Vale) desde 1994. Sentido dominante do transporte é NE-SW



Figura 1.4 - Foto de sobrevoo recente mostrando o saliente criado na zona de sombra do Terminal Inácio Barbosa



Figura 1.5 - Detalhe do saliente criado na zona de sombra do Terminal Inácio Barbosa. Observar que o trecho de praia situado imediatamente à jusante do saliente encontra-se em erosão. Aracaju ao fundo



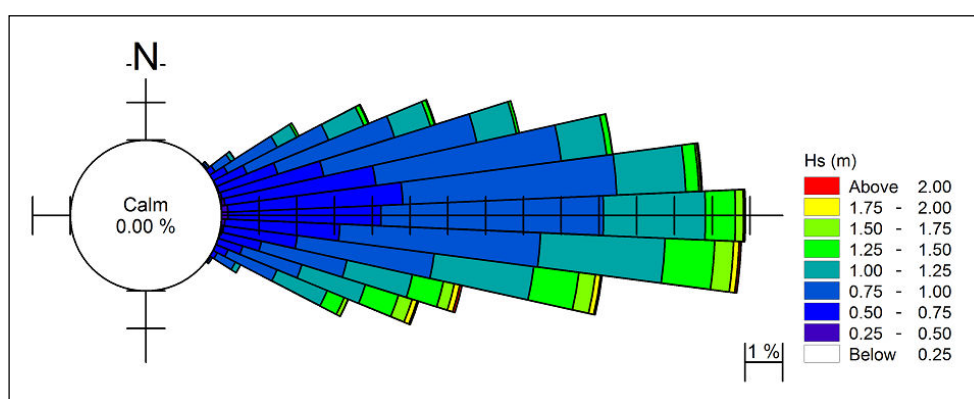
Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Figura 1.6 - Porto Sul: Saliente previsto pela modelagem numérica ao final de 30 anos. Observar que as figuras 1.3 e 1.6 estão na mesma escala

Para a elaboração do PGLC foi realizada uma modelagem numérica específica da dinâmica costeira, incluindo: (i) transporte de sedimentos e variabilidade natural da linha de costa, (ii) impactos decorrentes da construção do Porto Sul na linha de costa, e (iii) eficiência de diferentes soluções de transpasse de sedimentos. Esta modelagem adicional foi realizada não só para atender necessidades específicas do PGLC como também para avaliar os efeitos de mudanças mais recentes no leiaute do porto (redução na extensão do quebra-mar sul). Uma síntese dos resultados obtidos é apresentada abaixo. O relatório completo da modelagem está no **Anexo 1**, inserido no Estudo de Alternativas para Transferência de Areia “Sand Bypass” na área de Influência do Porto Sul (Capítulo 3).

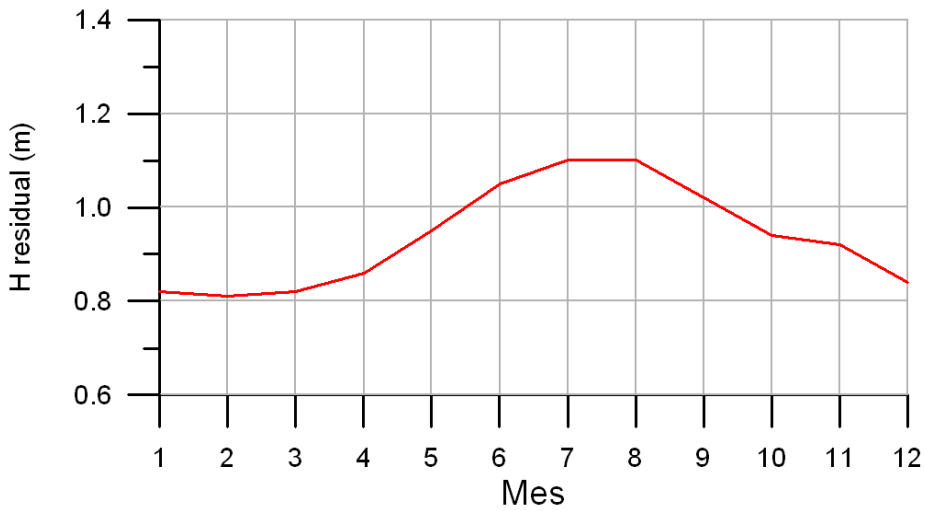
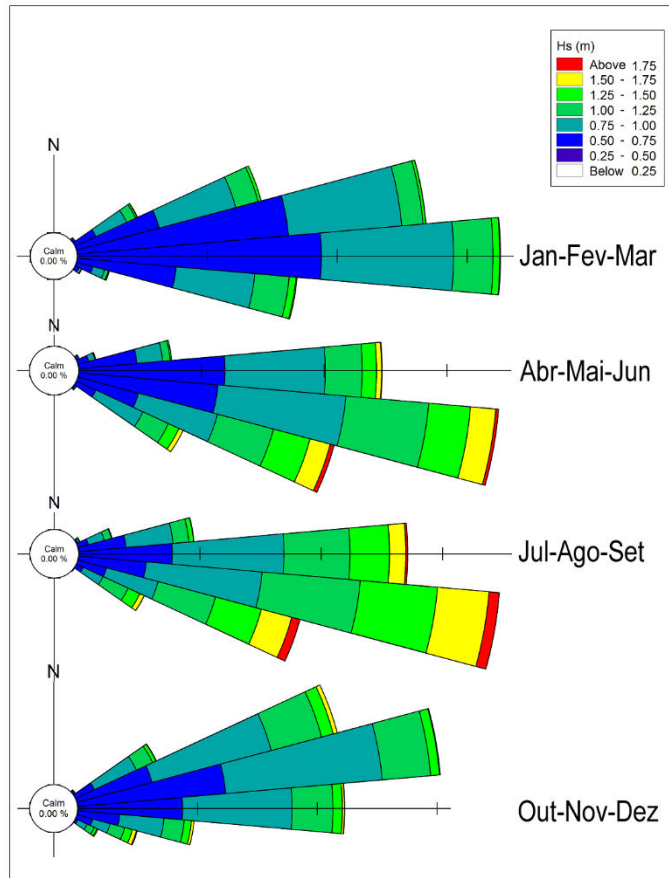
- Na região onde será implantado o futuro Porto Sul as ondas, na isóbata de 10 m apresentam alturas da 0,8 m – 1,0 m, raramente excedendo 2,0 m. Períodos de pico situam-se entre 6s e 8s e raramente excedem 12s. O quadrante dominante de aproximação das ondas é E-ESE (**Figura 1.7**);
- O clima de ondas varia sazonalmente. No inverno predominam ondas do quadrante E-ESE. Durante o verão, ondas do quadrante ENE–E. As maiores ondas são oriundas do quadrante ESE e ocorrem durante o inverno (**Figura 1.8**);
- O nível de mar mais elevado no local do projeto, com período de retorno de 100 anos, resulta do efeito combinado da maré e das ondas (sobrelevação e espraiamento) e foi estimado em 2,18 m acima do nível médio do mar (**Figura 1.9**);
- A modelagem da dinâmica transversal do perfil praiado mostrou que o recuo máximo da linha da costa, com período de recorrência de 100 anos, no local onde será implantado o Porto Sul, é de aproximadamente 21 m. Este recuo “instantâneo” resulta da sobrelevação do nível de mar mencionada acima, com período de retorno de 100 anos, e decorre do efeito combinado da ação da maré e das ondas;
- O recuo máximo da linha de costa, causado pelas variações temporais naturais na deriva é baixo (< 2 m) e pode ser considerado desprezível;
- Nas últimas décadas ocorreram variações na magnitude dos componentes norte e sul do transporte litorâneo. Em média, estes dois componentes apresentam a mesma ordem de grandeza. O transporte para Norte é de cerca de 120.000 m³/ano e o transporte para sul é de cerca de 80.000 m³/ano. O transporte resultante médio é da ordem de 40.000 m³/ano e direcionado para Norte. Deve-se ressaltar, entretanto, que o transporte resultante já experimentou mudanças várias vezes durante os últimos 30 anos (**Figura 1.10**);
- Quando se considera a variabilidade mensal do transporte litorâneo, verifica-se que no período de abril até setembro o transporte está direcionado para norte com taxa máxima de 22.000 m³/mês verificada para o mês de julho. No período outubro até março, o transporte é direcionado para sul com taxa máxima de 18.000 m³/mês verificada para o mês de dezembro (**Figura 1.11**);
- A maior parte do transporte litorâneo de sedimentos arenosos ocorre em profundidades inferiores a 4,0 m e estende-se até uma distância de 250 m costa-afora da linha de costa (**Figuras 1.12 e 1.13**);
- A modelagem indicou que a extensão máxima do saliente ficará entre 250 m e 300 m e a erosão máxima da linha de costa nas laterais do saliente ficará aproximadamente em 40 m. Estas mudanças correspondem à situação final de um novo equilíbrio na configuração da linha de costa, a ser alcançado após a construção do quebra-mar. Este equilíbrio só será alcançado ao final de muito tempo (>100 anos) e apenas se não for estabelecido nenhum sistema de gerenciamento de sedimento para mitigar o impacto negativo na linha de costa. (**Figura 1.14**);
- O impacto do quebramar na linha de costa se fará sentir até uma distância máxima de 8 km tanto a norte quanto a sul do porto (**Figura 1.15**);

- Simulações do comportamento da linha de costa para os próximos 30 anos mostram que o volume de sedimento a ser transpassado é da ordem de aproximadamente 75.000 m³/ano;
- Foram examinados vários cenários de transpasse de sedimentos e seus impactos no recuo erosivo da linha de costa. As simulações mostraram que o recuo erosivo máximo da linha de costa guarda uma certa independência da frequência das operações de transpasse que podem ser realizadas a intervalos de 02, 04 e 06 anos. (**Figura 1.16**); e
- A distância ótima entre o ponto de retirada de sedimento do saliente e o ponto de descarte nas laterais é entre 3,5 km (a norte, volumes a serem descartados de 90.000 m³, 180.000 m³ e 270.000 m³, com intervalos de 2 anos, 4 anos, 6 anos respectivamente) e 4 km (a sul, volumes a serem descartados de 60.000 m³, 120.000 m³ e 180.000 m³, com intervalos e 2 anos, 4 anos e 6 anos respectivamente) km (**Figuras 1.16 e 1.17**).



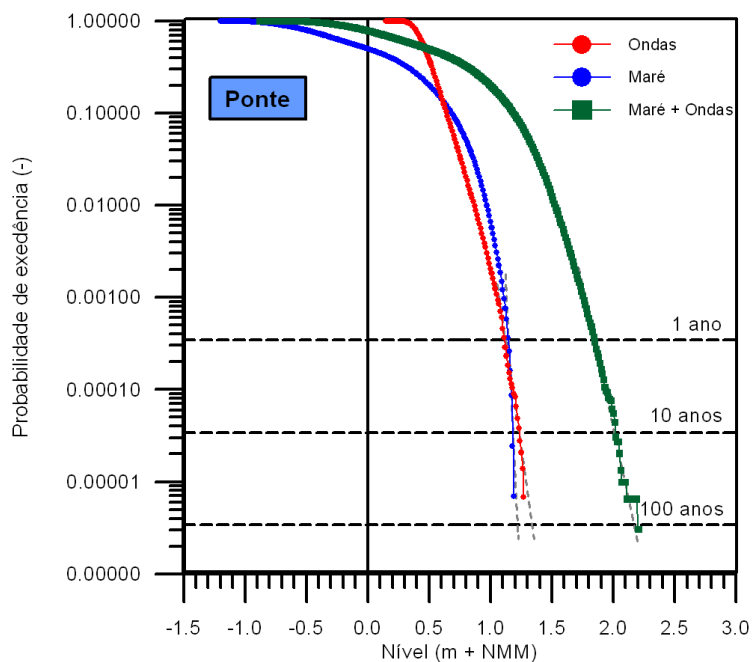
Fonte: DHI, 2014.

Figura 1.7 - Comportamento das Ondas



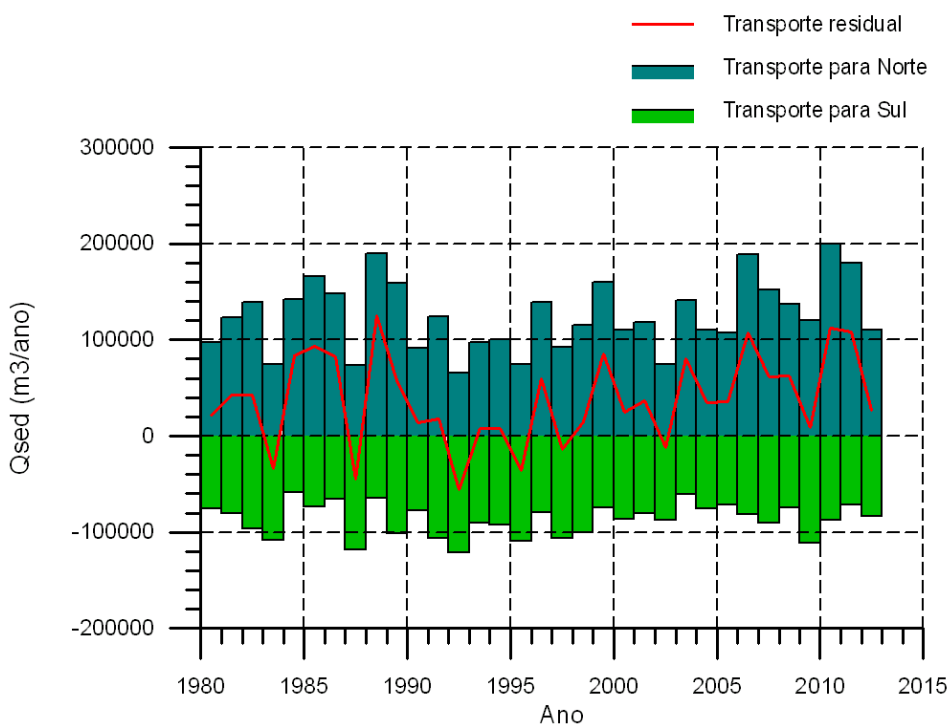
Fonte: DHI, 2014.

Figura 1.8 - Clima de Ondas



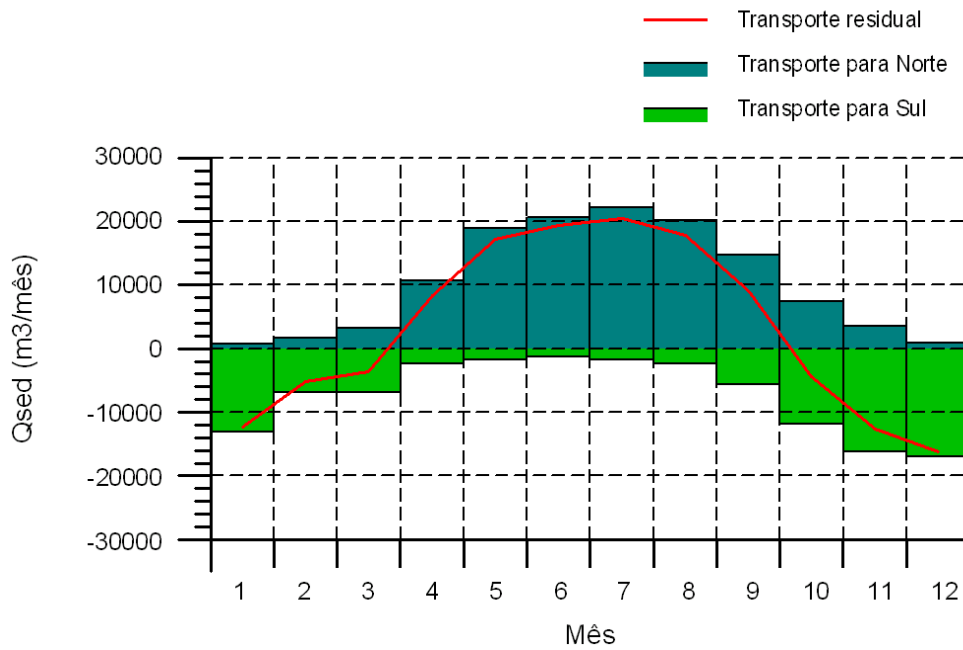
Fonte: DHI, 2014.

Figura 1.9 - Nível de Mar



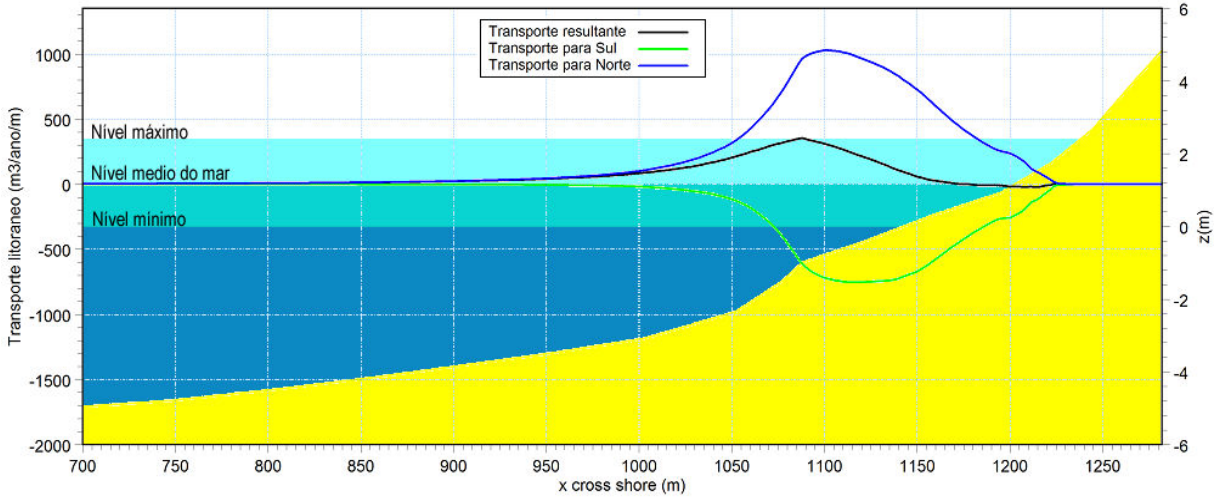
Fonte: DHI, 2014.

Figura 1.10 - Componentes Norte e Sul do Transporte Litorâneo



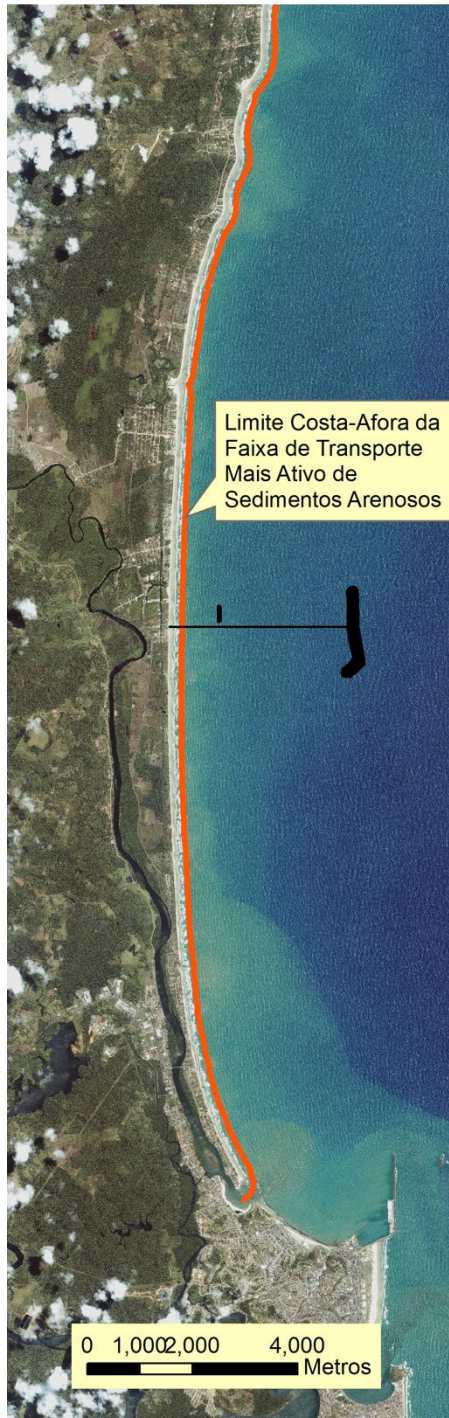
Fonte: DHI, 2014.

Figura 1.11 - Variabilidade Mensal do Transporte Litorâneo



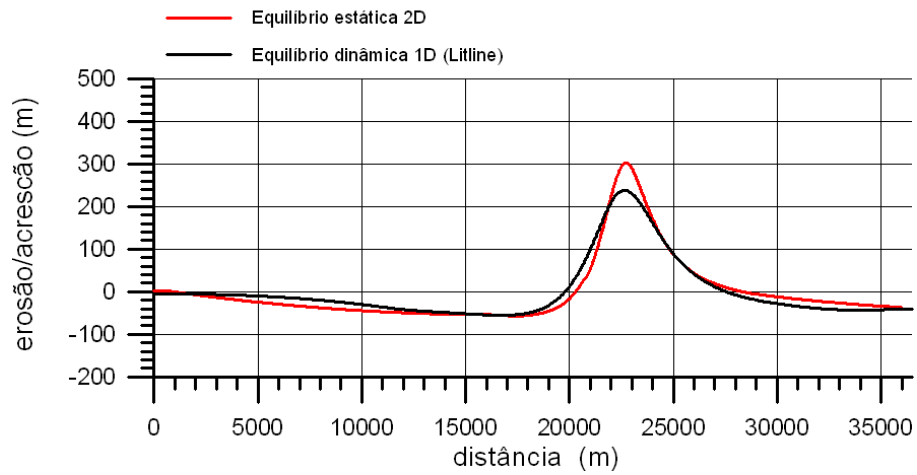
Fonte: DHI, 2014.

Figura 1.12 - Transporte Litorâneo de Sedimentos Arenosos



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Figura 1.13 - Transporte Litorâneo de Sedimentos Arenosos (extensão costeira de 250 m indicada pela linha vermelha)



Fonte: DHI, 2014.

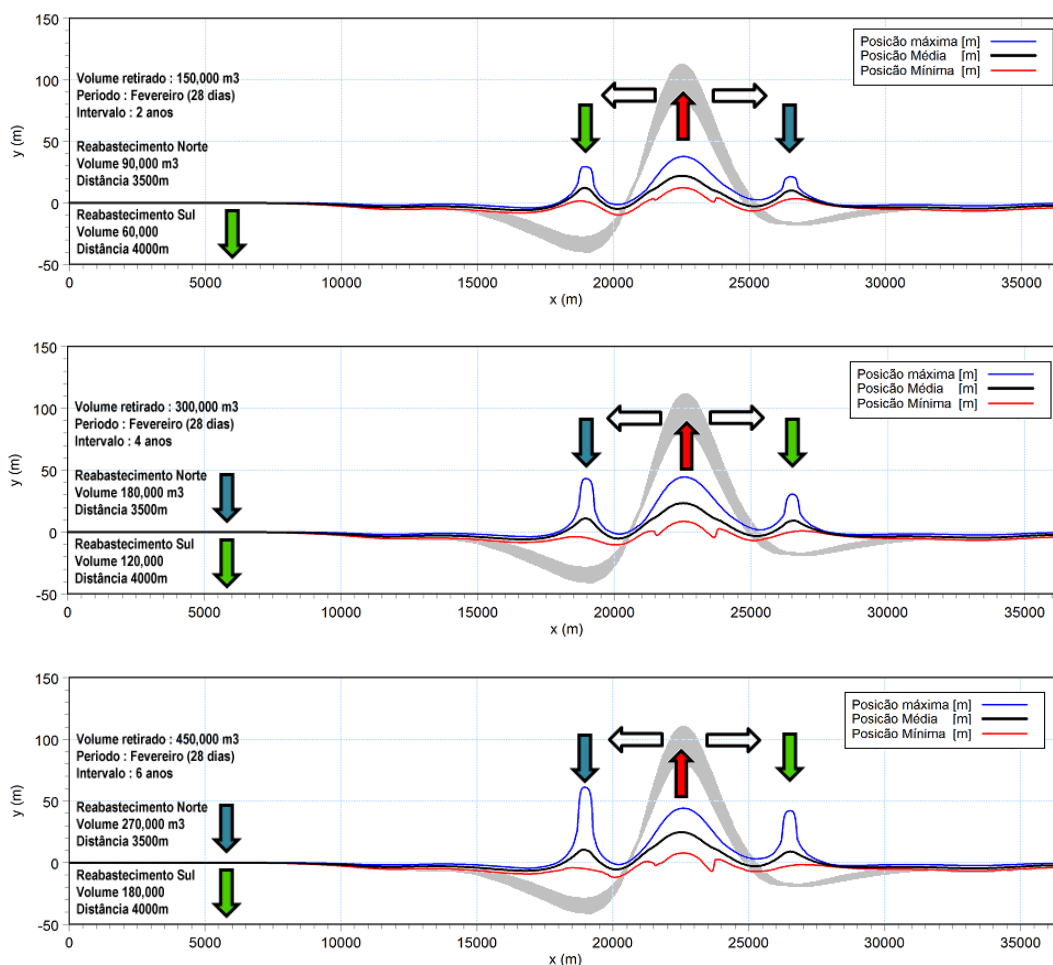
Figura 1.14 - Resultados da Modelagem Numérica: Saliente a Ser Formado



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

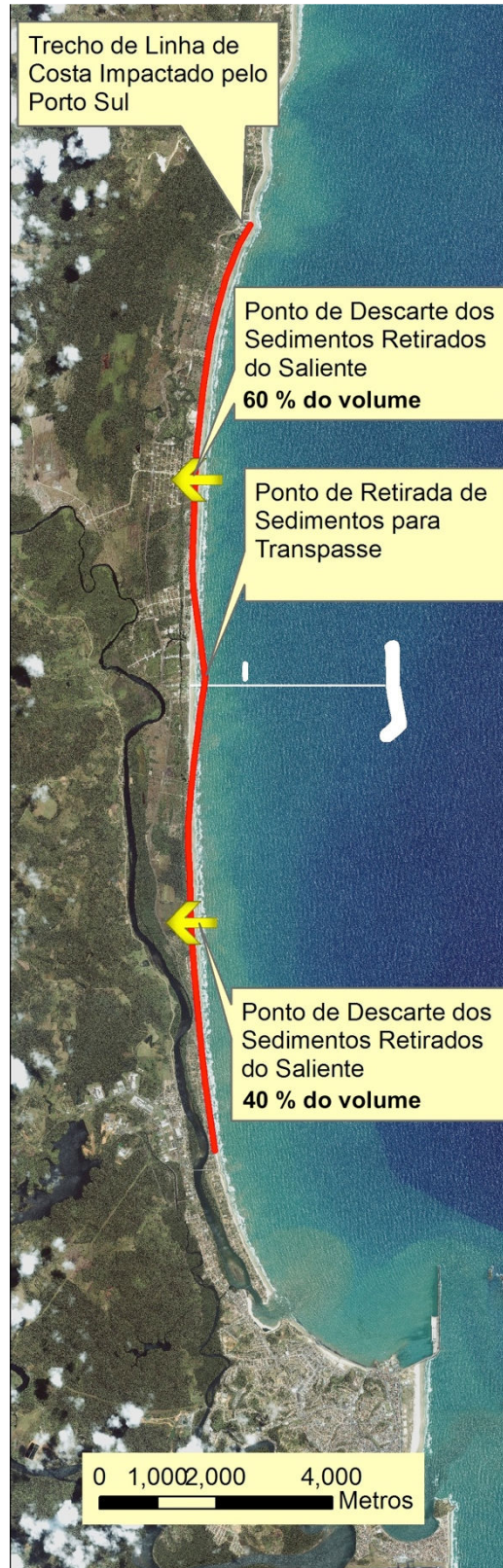
Figura 1.15 - Trecho de Linha de Costa Impactado Pelo Porto Sul

| Cenário | | Saliente | | Praia Norte do Porto | | Praia Sul do porto | |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Volume retirado (m ³) | Interval (anos) | Acresção Máxima (m) | Tirada da linha de costa | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 150,000 | 2 | 40 | 11 | 10 | 2000 | 8 | 3000 |
| 300,000 | 4 | 45 | 21 | 10 | 2000 | 8 | 3000 |
| 450,000 | 6 | 45 | 32 | 12 | 2000 | 8 | 3000 |



Fonte: DHI, 2014.

Figura 1.16 - Cenários de Transpasse de Sedimentos e Seus Impactos no Recuo Erosivo da Linha de Costa



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Figura 1.17 - Ponto de Retirada de Sedimento para Transpasse e Pontos de Descarte dos Sedimentos Retirados do Saliente

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O PGLC do Porto Sul tem por objetivo geral garantir que as variações na posição da linha de costa (erosão), decorrentes da construção das estruturas marítimas do Porto Sul, não ultrapassem os valores considerados como resultantes exclusivamente da variabilidade natural na posição da linha de costa. Esta variabilidade natural da linha de costa decorre de mudanças naturais no regime de ondas e no nível do mar, causado pelo efeito combinado de ondas e mares. Este valor foi estabelecido (ANEXO I – ITEM 3.3.3) como resultado das modelagens numéricas realizadas em 21 metros.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Assegurar o monitoramento continuado do perfil praial no trecho de linha de costa impactado pelo empreendimento;
- Assegurar o monitoramento continuado dos parâmetros meteoceanográficos (ventos, ondas, marés e correntes) na região do porto; e
- Assegurar o transpasse de sedimentos e recomposição da praia no trecho impactado pelo empreendimento quando a magnitude do recuo erosivo da linha de costa exceder 21 metros.

3. METAS

| Metas | Quantidade | Prazo |
|---|---|------------------------------|
| Levantamento Linhas de Base | 67 perfis levantados com 2 km de extensão = total 134 km | Já realizado |
| Monitoramento Perfis de Praia | 1.216 km de perfis de praia levantados | Primeiro Semestre de 2022 |
| Monitoramento Video-gráfico | 2.920 dias de monitoramento videográficos | Primeiro Semestre de 2022 |
| Monitoramento Parâmetros Meteoceanográficos | 35.000 horas de medidas (ondas, ventos, nível do mar, correntes) | Primeiro Semestre de 2022 |
| Transpasse de Sedimentos | Transpasse de 150.000 m ³ a 450.000 m ³ de sedimentos da extremidade do saliente e seu descarte a norte (3,5 km – 60%) e a sul (4,0 km – 40%) | Entre os anos de 2020 e 2022 |

Fonte: Elaboração Própria, 2014.

4. METODOLOGIA

O Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa foi subdividido em dois Subprogramas: Subprograma de Monitoramento da Linha de Costa e Subprograma de Gestão Costeira. Estes Subprogramas são descritos a seguir.

4.1. SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LINHA DE COSTA

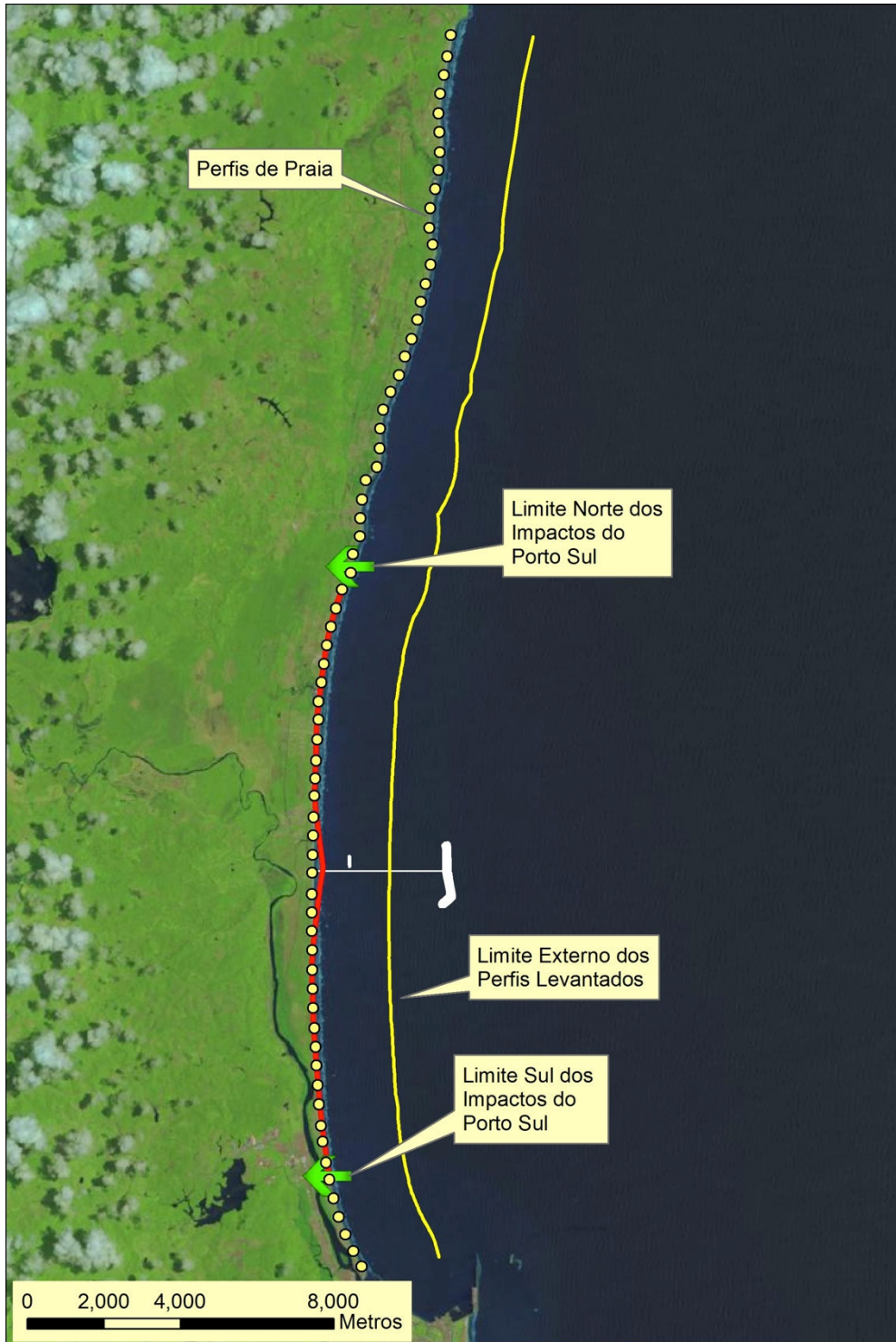
O Subprograma de Monitoramento da Linha de Costa deverá ser desenvolvido ao longo de toda a vida útil do empreendimento, envolvendo as fases de pré-implantação, de implantação e de operação.

4.1.1 Fase de Pré-Implantação

Atividade 1 – levantamento das Linhas de Base (base-line) do Perfil Praial

Este estudo consiste no levantamento de 67 perfis praias, espaçados de 500 m, desde a foz do rio Almada até o promontório de Serra Grande, acompanhado de coleta de sedimento na face praial nos perfis ímpares. Os perfis devem incluir a parte emersa e a porção submersa até uma distância aproximada de 2000 m costa-afora. Estes perfis constituem a linha de base para comparação das mudanças futuras na geometria e volumes de sedimento estocados no perfil praial (**Figura 4.1**).

Este levantamento já foi realizado no período entre 26 de março-15 de abril de 2013.



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Figura 4.1 - Levantamento das linhas de base. Levantamento realizado no período entre 26 de março-15 de abril de 2013

Atividade 2 - Modelagem Numérica dos Processos Costeiros, da Variabilidade da Linha de Costa e das Alternativas de Transpasse de Sedimentos.

Esta etapa inclui a realização de uma modelagem numérica detalhada:

- (i) Dos processos costeiros atuantes ao longo da linha de costa;
- (ii) Dos volumes de sedimentos transportados (mensalmente e anualmente);
- (iii) Da variabilidade natural da linha de costa em resposta às diferentes forçantes meteo-oceanográficas (marés, ondas, tempestades, mudanças na altura, frequência direcional das ondas);
- (iv) Das alterações na linha de costa induzidas pela construção do Porto Sul para diferentes cenários; e
- (v) Da eficiência de diferentes esquemas de transpasse de sedimentos.

Esta modelagem foi concluída e os resultados encontram-se no **Anexo 1**, como já mencionado.

Os resultados desta modelagem foram utilizados para:

- (i) Definir os volumes de sedimentos a serem mobilizados na operação de transpasse, sua frequência temporal, os locais de tomada e descarte dos sedimentos ao longo da linha de costa, e os mecanismos para o transpasse de sedimentos;
- (ii) Os locais a serem monitorados (posição dos perfis praias, sua frequência temporal e extensão costa-afora, pontos de implantação de câmeras de monitoramento etc.); e
- (iii) A variabilidade natural do perfil praias, sem a presença do Porto Sul. Esta variabilidade foi utilizada para definir o limiar para o recuo erosivo da linha de costa (21 metros), a partir do qual operações de transpasse de sedimentos serão realizadas.

4.1.2 Fases de Implantação e Operação

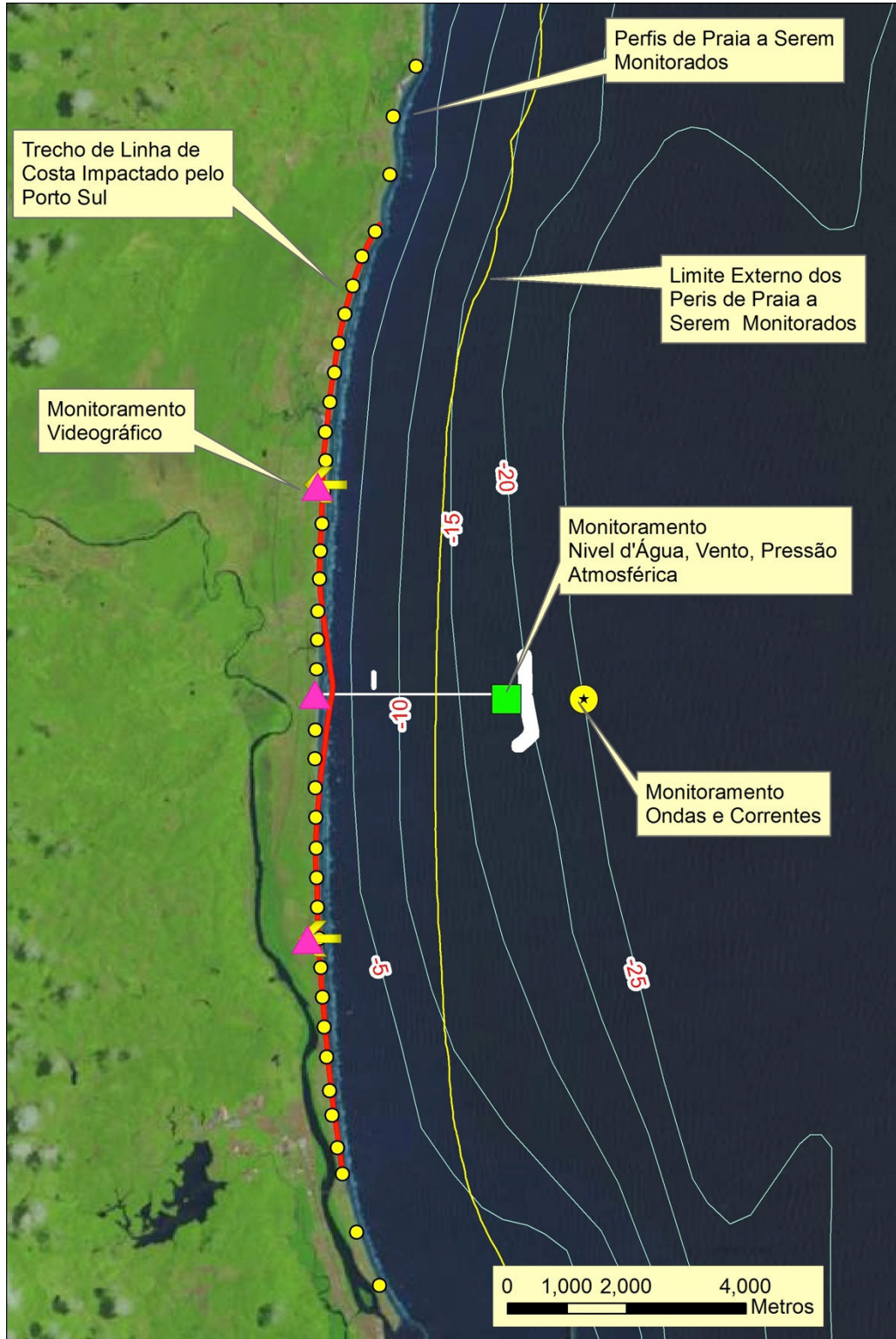
Atividade 3 – Realização de Perfis de Praia na Área Diretamente Impactada pelo Empreendimento

Estes perfis deverão ser realizados obedecendo a mesma metodologia utilizada no levantamento das linhas de base (Atividade 1 da Fase de Pré-Implantação) (ver **Anexo 2**), compreendendo a porção sub-aérea do perfil e estendendo-se até 2000 m costa-afora. As modelagens realizadas indicam um trecho total de 16 km de linha de costa potencialmente afetado pela construção do porto Sul, incluindo-se erosão e progradação da linha de costa. A **Figura 4.2** mostra a localização dos perfis a serem monitorados. Neste trecho o espaçamento entre os perfis será de 500 m. A frequência temporal destes perfis deverá ser trimestral para o primeiro ano de implantação do empreendimento, com início no primeiro semestre da Fase de Implantação. Após este primeiro ano, e em função dos resultados obtidos os levantamentos passariam a ter frequência semestral.

A realização destes perfis permitirá acompanhar o crescimento do saliente e a erosão da linha de costa prevista na modelagem. Durante o levantamento dos perfis deverá ser realizada a coleta de sedimentos na face praias seguindo os mesmos procedimentos adotados durante o levantamento das linhas de base.

No trecho de linha de costa externo aquele diretamente impactado pelo empreendimento, entre a foz do rio Almada e o promontório de Serra Grande, deverão ser levantados perfis de praia com espaçamento de 1 km, coincidentes espacialmente com aqueles levantados durante o estabelecimento das linhas de base (ver **Figura 4.2** para localização). A frequência deste levantamento deverá ser a mesma dos perfis realizados na Área Diretamente Afetada pelo

Empreendimento e permitirá avaliar mudanças de caráter mais abrangentes afetando regionalmente o setor da zona costeira onde o empreendimento está implantado.



Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Figura 4.2 - O desenho final do programa de monitoramento da linha de costa (localização, frequência, espaçamento das estações) foi elaborado com base nos resultados obtidos nas modelagens numéricas

Atividade 4 - Monitoramento Videográfico

Está atividade inclui a implantação de pelo menos 03 sistemas de monitoramento videográfico intervalado (tipo time-lapse) indicadas na figura 4.2. Estes sistemas consistem de câmeras fotográficas digitais instaladas em postes, acopladas com intervalômetros, que possibilitem a tomada de fotografias panorâmicas da praia, de uma mesma posição a intervalos de 24 horas. Estes sistemas permitirão o registro fotográfico continuado do comportamento da linha de costa, crescimento do saliente e processos erosivos. O sistema videográfico permitirá uma amostragem mais continua do comportamento da linha de costa quando comparado à realização dos perfis praias. Um exemplo do produto a ser obtido pode ser visualizado utilizando o link: http://www.youtube.com/watch?v=LN_0LM1XtbU.

Atividade 5 - Monitoramento de Parâmetros Meteoceanográficos

Este monitoramento deverá ser realizado com o uso de equipamentos a serem instalados no Porto Sul, para medição do nível do mar, ondas, ventos e correntes (**Figura 4.2**). Estes dados são fundamentais para uma compreensão das mudanças documentadas para a linha de costa.

A metodologia de aquisição dos dados é descrita a seguir:

(i) Direção e Velocidade do Vento: durante todo o período serão monitoradas as direções e velocidades dos ventos, através da instalação de um conjunto composto por um sensor de medição de vento e por um “datalogger”.

Uma rotina de aquisição será desenvolvida para realização das medidas através do “datalogger”. A programação é realizada por instruções de “software” específicas para amostragem dos sensores de velocidade e direção a cada 5 segundos. As leituras são promediadas no tempo e o resultado armazenado na memória do instrumento como leitura média correspondente a um período de observação de 10 minutos. Para este período de observação, também podem ser registrados os valores máximos de velocidade ocorridos e o desvio padrão da direção. São também usadas opcionalmente, instruções específicas para avaliar a velocidade média e o desvio padrão médio da direção em intervalos de 1 hora e ao final de cada dia (00h00min).

(ii) Hidrodinâmica: para caracterização hidrodinâmica, o monitoramento da direção e velocidade das correntes, além da medição de ondas será realizado através de perfiladores acústico de corrente ADCP (“Acoustic Doppler Current Profiler”) operando a 600 kHz (adequado para medir perfis de até 128 m). As medições de magnitude e direção da corrente marinha e de ondas serão executadas a cada intervalo de 15 minutos, em várias camadas da lâmina d’água.

Neste tipo de instrumento a leitura é feita a partir do estudo do eco de uma salva (“ping”) de ultrassom. Com base no desvio de frequência medido (efeito “Doppler”) e informações complementares (temperatura da água e salinidade), pode-se determinar uma velocidade média para uma certa camada vertical (“bin”) da lâmina d’água em estudo.

Estas leituras são promediadas no tempo e o resultado (“ensemble”) é armazenado na memória não volátil do instrumento. O modelo de instrumento a ser empregado possui quatro feixes de medição, permitindo determinar os componentes Norte e Este de cada camada com base em sua bússola interna, devidamente corrigida para a declinação magnética local.

Para o fundeio do ADCP serão utilizados conjuntos de lastros acoplados a um sistema que permite manter o equipamento sempre na posição vertical.

A partir dos diversos parâmetros inerentes à programação de um ADCP, tais como quantidade e espessura de camadas e número de “pings per ensemble”, é possível estimar vários dados relativos às medições, tais como desvio padrão teórico das medidas, consumo da bateria e espaço em memória necessário. Neste caso, os “ensembles” devem ser programados durante os primeiros três minutos de um intervalo de amostragem de 15 minutos, a fim de evitar a componente induzida por ondas.

(iii) Marés: um marégrafo será usado para medir e registrar dados de pressão de alta resolução, para representar as elevações de maré na área do empreendimento.

O marégrafo a ser empregado deverá possuir um sensor de pressão de alta precisão compensado para temperatura e deverá registrar pressão e fornece resoluções de elevação da superfície d'água da ordem de 0,1 a 0,2 cm. Os dados são armazenados no instrumento e extraídos diretamente para um computador utilizando o software do instrumento. O marégrafo será configurado para coletar dados a cada intervalo de 0,25 segundos durante 15 minutos, registrando a média das 3.600 medições tomadas nos 15 minutos.

Esta atividade terá início simultaneamente com o levantamento dos perfis de praia.

Atividade 6 - Estudos Retrospectivos e Banco de Dados.

Esta atividade consistirá na compilação dos dados existentes, e levantados durante a execução do Subprograma de Monitoramento e a modelagem e inserção destes dados em um Banco de Dados Geográfico (SIG) do PGLC. Este banco de dados dará suporte ao PGLC e inclui, dentre outros aspectos, porém não exclusivamente: (i) dados biológicos do ecossistema praias contemplando períodos de desova de quelônios, presença de mamíferos marinhos etc. , (ii) cadastro dos imóveis situados na franja litorânea passíveis de serem afetados pela implantação do Porto Sul, (iii) definição, posição e variação temporal da linha de costa, (iv) dados meteoceanográficos, (v) perfis praias, batimetrias, e sua evolução temporal (vi) dados socioeconômicos, culturais e de infraestrutura, (vii) cenários de modelagem da posição futura da linha de costa, (viii) dados do monitoramento etc.

4.2. SUBPROGRAMA DE GESTÃO COSTEIRA

Este Subprograma estabelece as principais características do processo de transpasse de sedimentos para recomposição da linha de costa. O Subprograma prevê, ainda, a reavaliação periódica de todo o Programa de Gestão.

Atividade 1 - Transpasse de Sedimentos

Considerando-se que a variabilidade natural da linha de costa situa-se em torno de 21 metros; sempre que o monitoramento da linha de costa indicar um recuo erosivo superior a este valor, o sistema de transpasse de sedimentos será acionado. Deve-se chamar atenção para o fato que a resposta da linha de costa à construção do quebra-mar será muito lenta devido a dois aspectos: (i) a grande distância da linha de costa em que o quebra-mar estará situado e (ii) os reduzidos volumes de sedimento transportados ao longo da linha de costa. Isto possibilita uma razoável margem de segurança para a implementação do sistema de transpasse.

Como visto, as simulações mostraram que o recuo erosivo máximo da linha de costa guarda uma certa independência da frequência das operações de transpasse, o que indica que estas operações podem ser realizadas a intervalos de 2, 4 e 6 anos sem maiores implicações para o comportamento final da linha de costa. Foi realizada uma análise das alternativas tecnológicas atuais para a realização deste transpasse (**Anexo 1**). Quatro alternativas foram consideradas: (i) Alternativa 1 - estrutura fixa com bombas e linha de recalque, (ii) Alternativa 2 - utilização de “drag line excavator” para retirada da areia e transporte do material até o ponto de descarte com caminhões, (iii) Alternativa 3 - utilização de draga do tipo sucção e recalque e (iv) Alternativa 4 - utilização de “garra” ou retroescavadeira e balsas. A alternativa 1, transpasse com estrutura fixa, foi considerada inadequada, em função dos reduzidos volumes a serem transpassados, conforme apontado nos estudos de modelagem numérica. A alternativa 2, equipamento de dragagem do tipo “dragline excavator” é um equipamento muito comum, com fácil mobilização e montagem, muito ágil e adaptável e com ótimo rendimento sendo adequado aos volumes estimados a serem transpassados. Os caminhões e os equipamentos de movimentação de sólidos (pás-carregadeiras e tratores de lâminas) também são soluções de fácil obtenção e extremamente adaptáveis. A alternativa 3, dragagem pelo mar é adequada com equipamentos pequenos, com calagem de no máximo 1,0 m, pois a posição da área a ser dragada (extremidade do saliente), encontra-se na região de arrebenção das ondas. A alternativa 4 foi considerada inadequada tendo em vista que além dos equipamentos considerados, ter maior número de equipamentos para a flutuação do equipamento de dragagem, e a pequena profundidade na área de erosão que obrigaria o uso de um outro equipamento que bombeasse os sedimentos do interior da balsa, para a área de deposição.

Em função do intervalo de operação a ser adotado, a operação de transpasse constará da transferência de 150.000 m³ (a cada 2 anos), 300.000 m³ (a cada 4 anos) ou 450.000 m³ (a cada 6 anos) de sedimentos da extremidade do saliente e seu descarte à norte e a sul nos pontos indicados nas **Figuras 1.16 e 1.17**. A distância ótima entre o ponto de retirada de sedimento do saliente e o ponto de descarte nas laterais é entre 3,5 km (a norte, volumes a serem descartados 90.000 m³, 180.000 m³ ou 270.000 m³, em intervalos de tempo de respectivamente 02, 04 e 06 anos) e 4,0 km (a sul, volumes a serem descartados de 60.000 m³, 120.000 m³ ou 180.000 m³ em intervalos de tempo de respectivamente 02, 04 e 06 anos) (**Figura 1.17**).

A análise dos impactos ambientais (**Anexo 1**) associados às diferentes alternativas tecnológicas e frequências de dragagem indica que a solução menos impactante do ponto de vista ambiental é aquela que contempla o transpasse feito com a utilização de “drag line excavator”, para retirada da areia, e o transporte com caminhões (Alternativa 2), em princípio, em intervalos de 4 anos. Contudo, pode ser prematuro, neste momento, definir exatamente as frequências e volumes exatos a serem transpassados. Os valores listados acima são apenas indicativos. Os valores finais só poderão ser estabelecidos a partir dos resultados obtidos com o monitoramento da linha de costa. O mapa da figura 4.3 indica a localização das estradas e acessos à praia a serem utilizados pelos caminhões durante a execução das operações de transpasse adotando-se a Alternativa 2.

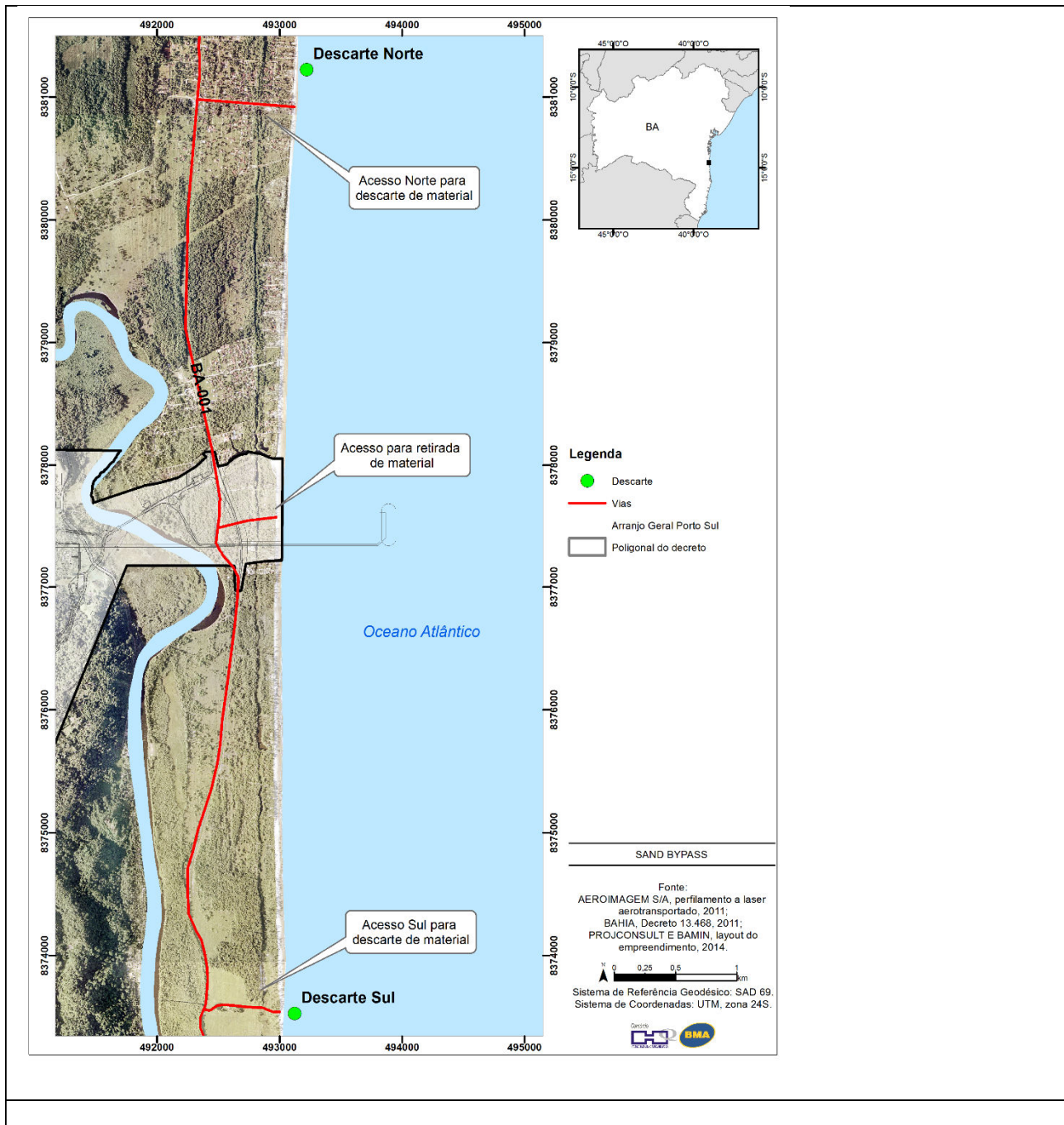


Figura 4.3 - Localização das estradas e acessos à praia a serem utilizados durante as operações de transpasse de sedimentos adotando-se a Alternativa 2

As operações de transpasse de sedimentos devem ocorrer no período de outono/inverno independentemente da tecnologia de transpasse utilizada, evitando-se interferências destas operações com o período de desova de tartarugas marinhas, assim como minimizando o conflito com banhistas, durante a alta temporada de veraneio.

Durante o planejamento e antes do início das operações de transpasse serão realizadas oficinas de consulta com a população impactada, com foco nos moradores locais e em representantes das atividades de turismo e pesca, de modo a responder e incorporar, sempre que tecnicamente possível, os anseios destas pessoas sobre os melhores momentos para as atividades de transferência de areia, assim como o aprimoramento da alternativa tecnológica vista como menos impactante.

Atividade 2 - Reavaliação do PGLC

A cada 06 anos, após a implantação, o PGLC deverá ser reavaliado, por uma comissão externa de especialistas, quanto ao cumprimento dos seus objetivos e o sucesso das metodologias e medidas implementadas e onde pertinente adaptado/modificado para incorporar quaisquer mudanças ambientais, de projeto e legais que venham a ocorrer neste interstício.

5. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Quadro 5.1 - Legislação Federal Aplicável ao PGLC

| Legislação | Disposição/caput |
|---|--|
| Decreto-lei 9.760, de 5 de setembro de 1946 | <p>Art. 2º - São terrenos de marinha, em uma profundidade de 33 (trinta e três) metros, medidos horizontalmente, para a parte da terra, da posição da linha do preamar médio de 1831:</p> <p>a) os situados no continente, na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas, até onde se faça sentir a influência das marés;</p> <p>b) os que contornam as ilhas situadas em zona onde se façam sentir a influência das marés.</p> <p>Parágrafo único. Para os efeitos deste artigo a influência das marés é caracterizada pela oscilação periódica de 5 (cinco) centímetros pelo menos do nível das águas, que ocorra em qualquer época do ano.</p> <p>Art. 3º - São terrenos acrescidos de marinha os que se tiverem formado, natural ou artificialmente, para o lado do mar ou dos rios e lagoas, em seguimento aos terrenos de marinha.</p> |
| Lei no. 7.661, de 16 de maio de 1988 | <p>Art. 3º. O PNGC deverá prever o zoneamento de usos e atividades na Zona Costeira e dar prioridade à conservação e proteção, entre outros, dos seguintes bens:</p> <p>I - recursos naturais, renováveis e não renováveis; recifes, parcéis e bancos de algas; ilhas costeiras e oceânicas; sistemas fluviais, estuarinos e lagunares, baías e enseadas; praias; promontórios, costões e grutas marinhas; restingas e dunas; florestas litorâneas, manguezais e pradarias submersas;</p> <p>II - sítios ecológicos de relevância cultural e demais unidades naturais de preservação permanente;</p> <p>III - monumentos que integrem o patrimônio natural, histórico, paleontológico, espeleológico, arqueológico, étnico, cultural e paisagístico.</p> <p>Art. 10º. As praias são bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado, sempre, livre e franco acesso a elas e ao mar, em qualquer direção e sentido, ressalvados os trechos considerados de interesse de segurança nacional ou incluídos em áreas protegidas por legislação específica.</p> <p>§ 1º. Não será permitida a urbanização ou qualquer forma de utilização do solo na Zona Costeira que impeça ou dificulte o acesso assegurado no caput deste artigo.</p> <p>§ 2º. A regulamentação desta lei determinará as características e as modalidades de acesso que garantam o uso público das praias e do mar.</p> <p>§ 3º. Entende-se por praia a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece um outro ecossistema.</p> |
| Constituição do Estado da Bahia de 05 de outubro de 1989 | <p>Art. 214 - O Estado e Municípios obrigam-se, através de seus órgãos da Administração direta e indireta, a:</p> <p>I - promover a conscientização pública para a proteção do meio ambiente e estabelecer programa sistemático de educação ambiental em todos os níveis de ensino e nos meios de comunicação de massa;</p> <p>II - garantir o amplo acesso da comunidade às informações sobre as fontes e causas da poluição e degradação ambiental e informar sistematicamente à população a qualidade do meio ambiente, os níveis de poluição, a presença de substâncias potencialmente danosas à saúde nos alimentos, água, ar e solo e as situações de riscos de acidente;</p> <p>III - estabelecer e controlar os padrões de qualidade ambiental;</p> <p>IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente</p> |

| Legislação | Disposição/caput |
|---|---|
| | <p>causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;</p> <p>V - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio biológico e genético e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;</p> <p>VI - definir espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, representativos de todos os ecossistemas originais do Estado;</p> <p>VII - proteger a fauna e a flora, em especial as espécies ameaçadas de extinção, fiscalizando a extração, captura, produção, transporte, comercialização e consumo de seus espécimes e subprodutos, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem sua extinção ou submetam os animais à crueldade;</p> <p>VIII - incentivar e apoiar as entidades ambientalistas não governamentais, constituídas na forma da lei, respeitando sua autonomia e independência de ação;</p> <p>IX - garantir livre acesso às praias, proibindo-se qualquer construção particular, inclusive muros, em faixa de, no mínimo, sessenta metros, contados a partir da linha da preamar máxima.</p> <p>X - estabelecer critérios de identificação das áreas de risco geológico, especialmente nos perímetros urbanos;</p> <p>XI - condicionar a participação em licitações, acesso a benefícios fiscais e linhas de crédito ao cumprimento da legislação ambiental, certificado pelos órgãos competentes;</p> <p>XII - promover medidas judiciais e administrativas, responsabilizando os causadores de poluição ou de degradação ambiental, podendo punir ou interditar temporária ou definitivamente a instituição causadora de danos ao meio ambiente;</p> <p>XIII - estabelecer, na forma da lei, a tributação das atividades que utilizem recursos ambientais e que impliquem potencial ou efetiva degradação ambiental.</p> |
| <p>Lei no. 9.636, de 15 de maio de 1998.</p> | <p>Dispõe sobre a regularização, administração, aforamento e alienação de bens imóveis de domínio da União, altera dispositivos dos Decretos-Leis nos 9.760, de 5 de setembro de 1946, e 2.398, de 21 de dezembro de 1987, regulamenta o § 2º do art. 49 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, e dá outras providências.</p> <p>Art. 4º. Os Estados, Municípios e a iniciativa privada, a juízo e a critério do Ministério da Fazenda, observadas as instruções que expedir sobre a matéria, poderão ser habilitados, mediante convênios ou contratos a serem celebrados com a SPU, para executar a identificação, demarcação, cadastramento e fiscalização de áreas do patrimônio da União, assim como o planejamento e a execução do parcelamento e da urbanização de áreas vagas, com base em projetos elaborados na forma da legislação pertinente.</p> <p>§ 1º. Na elaboração e execução dos projetos de que trata este artigo, serão sempre respeitados a preservação e o livre acesso às praias marítimas, fluviais e lacustres e a outras áreas de uso comum do povo.</p> <p>Art. 6º. A realização de aterro, construção ou obra e, bem assim, a instalação de equipamentos no mar, lagos, rios e quaisquer correntes de água, inclusive em áreas de praias, mangues e vazantes, ou em outros bens de uso comum, de domínio da União, sem a prévia autorização do Ministério da Fazenda, importará:</p> <p>I - na remoção do aterro, da construção, obra e dos equipamentos instalados, inclusive na demolição das benfeitorias, à conta de quem as houver efetuado; e</p> <p>II - a automática aplicação de multa mensal em valor equivalente a R\$ 30,00 (trinta reais), atualizados anualmente em 1º de janeiro de cada ano, mediante portaria do</p> |

| Legislação | Disposição/caput |
|--|---|
| | <p>Ministério da Fazenda, para cada metro quadrado das áreas aterradas ou construídas, ou em que forem realizadas obras ou instalados equipamentos, que será cobrada em dobro após trinta dias da notificação, pessoal, pelo correio ou por edital, se o infrator não tiver removido o aterro e demolido as benfeitorias efetuadas."</p> |
| <p>Decreto no. 3.725, de 10 de janeiro de 2001.</p> | <p>Regulamenta a Lei nº 9.636, de 15 de maio de 1998, que dispõe sobre a regularização, administração, aforamento e alienação de bens imóveis de domínio da União, e dá outras providências.</p> <p>Art. 14. A utilização, a título precário, de áreas de domínio da União será autorizada mediante outorga de permissão de uso pelo Secretário do Patrimônio da União, publicada resumidamente no Diário Oficial.</p> <p>§ 1º Do ato de outorga constarão as condições da permissão, dentre as quais: I - a finalidade da sua realização; II - os direitos e obrigações do permissionário; III - o prazo de vigência, que será de até três meses, podendo ser prorrogado por igual período; IV - o valor da garantia de cumprimento das obrigações, quando necessária, e a forma de seu recolhimento; V - as penalidades aplicáveis, nos casos de inadimplemento; e VI - o valor e a forma de pagamento, que deverá ser efetuado no ato de formalização da permissão.</p> <p>§ 2º Os equipamentos e as instalações a serem utilizados na realização do evento não poderão impedir o livre e franco acesso às praias e às águas públicas correntes e dormentes.</p> <p>§ 3º Constituirá requisito para que se solicite a outorga de permissão de uso a comprovação da prévia autorização pelos órgãos federais, estaduais e municipais competentes para autorizar a realização do evento.</p> <p>§ 4º Durante a vigência da permissão de uso, o permissionário ficará responsável pela segurança, limpeza, manutenção, conservação e fiscalização da área, comprometendo-se, salvo autorização expressa em contrário, a entregá-la, dentro do prazo, nas mesmas condições em que inicialmente se encontrava.</p> <p>§ 5º O simples início da utilização da área, ou a prestação da garantia, quando exigida, após a publicação do ato de outorga, independentemente de qualquer outro ato especial, representará a concordância do permissionário com todas as condições da permissão de uso estabelecidas pela autoridade competente.</p> <p>§ 6º Nas permissões de uso, mesmo quando gratuitas, serão cobrados, a título de ressarcimento, os custos administrativos da União, relacionados direta ou indiretamente com o evento.</p> <p>§ 7º A Secretaria do Patrimônio da União estabelecerá os parâmetros para a fixação do valor e da forma de pagamento na permissão de uso de áreas da União.</p> <p>§ 8º A publicação resumida identificará o local de situação da área da União, o permissionário e o período de vigência da permissão.</p> |
| <p>Resolução CONAMA no. 303, de 20 de março de 2002</p> | <p>Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.</p> |

| Legislação | Disposição/caput |
|---|---|
| Decreto no. 5.300 de 7 de dezembro de 2004 | <p>Regulamenta a Lei no. 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências</p> <p>Art. 21. As praias são bens públicos de uso comum do povo, sendo assegurado, sempre, livre e franco acesso a elas e ao mar, em qualquer direção e sentido, ressalvados os trechos considerados de interesse da segurança nacional ou incluídos em áreas protegidas por legislação específica.</p> <p>§ 1º. O Poder Público Municipal, em conjunto com o órgão ambiental, assegurará no âmbito do planejamento urbano, o acesso às praias e ao mar, ressalvadas as áreas de segurança nacional ou áreas protegidas por legislação específica, considerando os seguintes critérios:</p> <p>I - nas áreas a serem loteadas, o projeto do loteamento identificará os locais de acesso à praia, conforme competências dispostas nos instrumentos normativos estaduais ou municipais;</p> <p>II - nas áreas já ocupadas por loteamentos à beira mar, sem acesso à praia, o Poder Público Municipal, em conjunto com o órgão ambiental, definirá as áreas de servidão de passagem, responsabilizando-se por sua implantação, no prazo máximo de dois anos, contados a partir da publicação deste Decreto; e</p> <p>III - nos imóveis rurais, condomínios e quaisquer outros empreendimentos à beira mar, o proprietário será notificado pelo Poder Público Municipal, para prover os acessos à praia, com prazo determinado, segundo condições estabelecidas em conjunto com o órgão ambiental.</p> <p>§ 2º. A Secretaria do Patrimônio da União, o órgão ambiental e o Poder Público Municipal decidirão os casos omissos neste Decreto, com base na legislação vigente.</p> <p>§ 3º. As áreas de domínio da União abrangidas por servidão de passagem ou vias de acesso às praias e ao mar serão objeto de cessão de uso em favor do Município correspondente.</p> <p>§ 4º. As providências descritas no § 1º. não impedem a aplicação das sanções civis, administrativas e penais previstas em lei.</p> <p>Art. 23. Os limites da orla marítima ficam estabelecidos de acordo com os seguintes critérios:</p> <p>I - marítimo: isóbata de dez metros, profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos;</p> <p>II - terrestre: cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.</p> |

Fonte: Elaboração própria, 2014.

6. CRONOGRAMA FÍSICO

Abaixo estão apresentados os cronogramas físicos (em semestres) de execução das atividades do PGLC.

Quadro 6.1 - Cronograma Físico de Execução do Subprograma de Monitoramento da Linha de Costa – Fase de Pré-Implantação do Empreendimento (em semestres)

| ATIVIDADES | 2013-2014 | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev |
| Atividade 1 - Linhas de Base | | | | | | | | | | | | |
| Atividade 2 - Modelagem Numérica | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Quadro 6.2 - Cronograma Físico de Execução do Subprograma de Monitoramento da Linha de Costa – Fase de Implantação e Operação do Empreendimento (em semestres)

| ATIVIDADES | SEMESTRES | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | S11 | S12 | S13 | S14 | S15 | S16 | S17 | S18 |
| Atividade 3 – Realização de Perfis de Praia | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atividade 4 - Monitoramento Videografico | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atividade 5 - Monitoramento de Parâmetros Meteoceanográficos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atividade 6 - Estudos Retrospectivos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Quadro 6.3 - Cronograma Físico de Execução do Subprograma de Gestão Costeira – Fase de Operação (em semestres)

| ATIVIDADES | SEMESTRES | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | S11 | S12 | S13 | S14 | S15 | S16 | S17 | S18 |
| Atividade 1 - Transpasse de Sedimentos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atividade 2 - Reavaliação do PGLC | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaboração Própria, 2014.

7. INTERRELAÇÃO COM OUTROS PROGRAMAS

Este Programa tem inter-relação com o Programa de Gestão Ambiental, com o Plano Ambiental para a Construção (PAC), que define as diretrizes e as técnicas básicas recomendadas para serem empregadas durante a implantação do empreendimento, com o Programa de Comunicação Social, o Programa de Educação Ambiental e o Programa de Gerenciamento de Riscos, que serão desenvolvidos prévia e paralelamente aos trabalhos de implantação do Porto Sul.

Quadro 7.1 - Relação do Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa com Outros Programas do PBA Porto Sul

| Programa | Interação Relevante |
|---|--|
| Programa de Gestão Ambiental | <p>O Programa de Gestão Ambiental é o programa de controle de todo o PBA, sendo a sua principal ferramenta integradora. À coordenação deste programa deverão ser anteriormente apresentados os relatórios para encaminhamento ao Ibama e esta mesma coordenação deverá verificar o andamento dos trabalhos e discutir eventuais revisões metodológicas. Este programa realizará também a integração dos resultados de todos os programas, podendo acionar linhas de ação para reversão, controle e potencialização de impactos.</p> <p>Os dados do monitoramento da linha de costa poderão ser solicitados de forma tratada a qualquer momento pela coordenação deste programa para avaliar a eficácia das ações do programa.</p> |
| Plano Ambiental para a Construção (PAC) | <p>O PAC tem por objetivo apresentar as diretrizes e as orientações a serem seguidas pelo empreendedor e pelas empreiteiras durante as fases de construção das obras terrestres e marítimas que compõem o Porto Sul. Apresenta, ainda, os cuidados a serem tomados com vistas à preservação da qualidade ambiental dos meios físico e biótico das áreas que vão sofrer intervenção antrópica e à minimização dos impactos sobre as comunidades circunvizinhas.</p> |
| Programa de Comunicação e Interação Social | <p>O Programa de Comunicação e Interação Social possui interface com todos os programas ambientais propostos para a implantação do Porto Sul.</p> |
| Programa de Educação Ambiental | <p>O Programa de Educação Ambiental compreende um conjunto de projetos e ações continuados que visam conscientizar, informar e educar os trabalhadores envolvidos com o empreendimento e as comunidades na área de entorno do empreendimento abordando temas referentes às questões ambientais e de conservação dos ecossistemas, bem como aqueles que tratam da diversidade social e cultural local.</p> <p>O Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa se relaciona principalmente com o Subprograma de Educação Ambiental Comunitária que deverá esclarecer a população das comunidades possivelmente impactadas sobre os impactos previstos e as medidas tomadas.</p> |
| Programa de Gerenciamento de Riscos | <p>O termo Gerenciamento de Riscos é utilizado para caracterizar o processo de identificação, avaliação e controle de riscos. O Programa de Gerenciamento de Riscos contempla um conjunto de ações, técnicas e administrativas, que têm por objetivo prevenir, reduzir e controlar os riscos, bem como manter uma instalação operando dentro de padrões de segurança considerados toleráveis ao longo de sua vida útil. Compreende a identificação, classificação e avaliação dos riscos e, a formulação e implantação de medidas e procedimentos técnicos e administrativos que têm por objetivo prevenir, reduzir e controlar os riscos. O Programa contempla:</p> <ul style="list-style-type: none"> Informações de Segurança de Processo; Política de Análise e Revisão de Riscos; Gerenciamento de Mudanças; Garantia da Integridade de Sistemas Críticos (Programa de Manutenção e Inspeção); Procedimentos Operacionais; Política de Capacitação e Treinamento; Procedimento de Gestão de Terceiros; Procedimentos de Investigação de Incidentes; Procedimentos de Emergência. |

Fonte: Elaboração Própria, 2014.

8. EQUIPE TÉCNICA

Quadro 8.1 - Equipe Técnica necessária para executar o Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa

| Profissional | Formação/Experiência | Função |
|--------------------------------|---|--|
| Oceanógrafo/Geólogo/Engenheiro | Experiência em aquisição e tratamento de dados meteoceanográficos | Gerenciamento do PGLC e responsável pela coleta e processamento dos dados meteoceanográficos |
| Hidrografo/Topografo | Experiência em levantamentos topo/batimétricos | Responsável pelo levantamento e processamento dos perfis praias |
| Cartografo | Experiência em Sistemas de Informação Geográfica | Responsável pela implantação e manutenção do Banco de Dados do PGLC e pela coleta e processamento dos dados videográficos. |

Fonte: Elaboração própria, 2014.

9. MEDIDAS MITIGADORAS ASSOCIADAS

Segundo os Estudos Complementares apresentados ao Ibama, são medidas associadas ao Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa:

Quadro 9.1 - Medidas Associadas ao Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa

| |
|---|
| Estudar técnicas menos impactantes para a execução da transferência de areia, considerando atenuação dos impactos desta medida na paisagem, turismo e residentes locais, bem como na biota associada. |
| Implantar um programa de monitoramento que permita identificar o período e a frequência adequados para a operação de transferência de areia considerando aspectos relacionados aos impactos no meio biótico e socioeconômico. |
| Implementação de solução de gerenciamento da linha de costa que utilize tecnologias eficazes que não venham implicar em maiores comprometimentos paisagísticos. |
| Implementar a transferência de areia da área de acumulação (saliente) para o trecho de praia ao norte do porto. O objetivo desta ação será a redução dos efeitos erosivos ao norte do porto. |
| Manter controlada a expansão do saliente, mediante a transferência periódica de areia, com monitoramento periódico do comportamento da linha de costa de forma a minimizar as interferências sobre a dinâmica natural da Barra do Abelar. |
| Monitoramento da eficácia das medidas de controle do comportamento da linha de costa. |
| Retirada do Píer de Embarque Provisório (PEP) após a fase de construção do Porto. |

Fonte: DERBA, 2012.

Adicionalmente, os Estudos ambientais associados às técnicas de transferência de areia, apresentados no **Anexo 1** deste documento, recomendam as seguintes medidas mitigadoras:

Quadro 9.2 - Medidas Associadas ao Programa de Gestão e Monitoramento da Linha de Costa presentes no Anexo 1

| MEDIDAS MITIGADORAS |
|---|
| Verificar as emissões de fumaça preta de todo o maquinário pesado envolvido nas obras, visando o atendimento aos padrões nacionais vigentes para a emissão da fumaça preta. |
| Realizar o transpasse de areia periodicamente, quando as taxas de erosão ultrapassarem a variabilidade natural esperada para o ambiente. Inicialmente se recomenda o transpasse em intervalos de 4 anos. |
| Realizar a proteção do leito dos acessos com brita ou outros materiais que assegurem a capacidade de suporte para a passagem dos caminhões. Reforçar a ponte que dá acesso à área do saliente. Recompôr os acessos após a atividade. |
| Contratar equipamentos em perfeito estado de conservação; Realizar checagens diárias de vazamentos em todo o maquinário utilizado; utilizar bandejas coletoras de óleo nos locais de estacionamento dos veículos no período noturno; retirar os veículos da atividade imediatamente ao observar vazamentos. |
| Realizar as operações de transpasse apenas no período compreendido entre os meses de abril a agosto, de modo a não interferir com as atividades reprodutivas de tartarugas. |
| Controle de velocidade dos caminhões, limitando a velocidade a 20 km/h nos acessos à praia e a 60 km/h na BA-001. |
| Estabelecer protocolos de passagem de jangadas na praia durante a atividade de transpasse; realizar ações de comunicação antecipada da atividade junto às comunidades existentes no litoral entre as localidades de São Miguel e a Ponta da Tulha. |
| Executar sinalização de toda a atividade na praia, nos acessos à BA-001 e no trecho da BA-001 a ser utilizado para a atividade. |
| Realizar manutenção adequada de caminhões para evitar a geração de ruído excessivo, retirar imediatamente da operação equipamentos que gerem níveis de ruído excessivo. |

Fonte: Elaboração Própria, 2014.

Especificamente com relação a Barra do Abelar, caso as ações de mitigação previstas neste plano não se mostrem suficientes para permitir a sua abertura natural, serão adotadas medidas de engenharia que promovam a sua abertura artificial, de modo a atender à solicitação do IBAMA (Parecer Técnico 02001.003291_2014-17 COPAH_IBAMA e Parecer Técnico 003765-2014-21_COPAH-IBAMA).

10. RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA

José Maria Landim Dominguez.

11. RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

O Empreendedor é o responsável pela execução do Programa.

12. REFERÊNCIAS

DERBA - DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA. **Estudo de Impacto Ambiental (Eia) e Relatório De Impacto Ambiental (Rima) para Implantação do Porto Sul em Ilhéus.** Derba /Consórcio. Maio/2012.

DHI. Porto Sul. Impacto costeiro e gerenciamento de sedimento. **Estudos de modelagem.** 2014.

ANEXOS

Anexo 1 – Estudo de Alternativas para Transferência de Areia “Sand Bypass” na área de Influência do Porto Sul



PLANO BÁSICO AMBIENTAL PORTO SUL

ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE TRANSFERÊNCIA DE AREIA
“SAND BYPASS” NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PORTO SUL

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

PORTO SUL – BAMIN

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA TRANSFERÊNCIA DE AREIA "SAND BYPASS" NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PORTO SUL

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Novembro de 2014

| | |
|--|-----------|
| APRESENTAÇÃO..... | 9 |
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 CONHECIMENTO DO PROBLEMA | 10 |
| 3 ESTABILIDADE DA LINHA DE COSTA – ESTUDOS DE MODELAGEM..... | 11 |
| 3.1 DADOS METEO-OCEANOGRÁFICOS | 11 |
| 3.1.1 Ondas..... | 11 |
| 3.1.2 Marés..... | 13 |
| 3.1.3 Vento | 15 |
| 3.2 ESTUDO DE TRANSFORMAÇÃO DE ONDAS..... | 16 |
| 3.2.1 Montagem do Modelo | 16 |
| 3.2.2 Calibração do Modelo de Ondas | 17 |
| 3.2.3 Resultados | 21 |
| 3.2.4 Variações Anuais nas Condições de Onda | 23 |
| 3.2.5 Variações Sazonais nas Condições de Ondas..... | 25 |
| 3.2.6 Ressacas Históricas | 27 |
| 3.3 DINÂMICA DO PERFIL TRANSVERSAL DA PRAIA | 29 |
| 3.3.1 Condições de Ondas no Local do Projeto | 29 |
| 3.3.2 Níveis da Água no Local do Projeto..... | 30 |
| 3.3.3 Evolução do Perfil no Curto e Médio Prazo..... | 31 |
| 3.4 TRANSPORTE LITORÂNEO | 36 |
| 3.4.1 Montagem do Modelo | 36 |
| 3.4.2 Transporte Litorâneo Médio | 37 |
| 3.5 IMPACTO COSTEIRO | 39 |
| 3.5.1 Célula Sedimentológica | 40 |
| 3.5.2 Dinâmica Natural da Linha de Costa Causada pelas Variações na Deriva | 41 |
| 3.5.3 Transporte de Litoral após a Construção do Quebramar..... | 43 |
| 3.5.4 Evolução da Linha de Costa após a Construção do Porto..... | 44 |
| 3.5.4.1 Abordagem do Modelo | 44 |
| 3.5.4.2 Validação do modelo..... | 45 |
| 3.6 SISTEMAS DE TRANSPASSE DE AREIA..... | 47 |
| 3.6.1 Relocação Contínua de Areia pelo Sistema Automático de Bombeamento..... | 49 |
| 3.6.2 Relocação Periódica por Escavação ou Dragagem | 54 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.6.2.1 | Relocação Anual | 55 |
| 3.6.2.2 | Relocação Bianual | 56 |
| 3.6.2.3 | Relocação Multianual | 58 |
| 3.6.3 | <u>Situação com Somente Porto da BAMIN</u> | 61 |
| 3.7 | CONCLUSÃO DOS ESTUDOS DE MODELAGEM | 61 |
| 3.8 | SOLUÇÃO RECOMENDADA A PARTIR DOS ESTUDOS DE MODELAGEM ... | 63 |
| 4 | AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE RECOMPOSIÇÃO DA LINHA DE COSTA | 66 |
| 4.1 | VERIFICAÇÃO ANALÍTICA | 66 |
| 4.1.1 | <u>Alternativa 1 – Utilização de Estrutura Fixa, com Bombas e Linha de Recalque</u> | 69 |
| 4.1.1.1 | Descrição da Alternativa 1 | 69 |
| 4.1.1.2 | Dimensionamento dos Equipamentos | 71 |
| 4.1.2 | <u>Alternativa 2 – Utilização de “Drag Line” e Caminhões</u> | 71 |
| 4.1.2.1 | Descrição da Alternativa 2 | 71 |
| 4.1.2.2 | Dimensionamento dos equipamentos..... | 73 |
| 4.1.3 | <u>Alternativa 3 – Utilização de Draga do Tipo Succão e Recalque</u> | 75 |
| 4.1.3.1 | Descrição da Alternativa 3 | 75 |
| 4.1.3.2 | Dimensionamento dos Equipamentos | 75 |
| 4.1.4 | <u>Alternativa 4 – Utilização de “Garra” ou Retro-escavadeira e Balsas</u> | 79 |
| 4.1.4.1 | Descrição da Alternativa 4 | 79 |
| 4.1.4.2 | Dimensionamento dos equipamentos..... | 79 |
| 4.1.5 | <u>Considerações sobre as Alternativas</u> | 81 |
| 4.2 | ORÇAMENTAÇÃO DAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS ADEQUADAS | 82 |
| 4.2.1 | <u>Alternativa 2 – “Drag Line” e Caminhões</u> | 82 |
| 4.2.1.1 | Cenário I – Período de Recorrência dos Trabalhos de Dois Anos | 82 |
| 4.2.1.2 | Cenário II – Período de Recorrência dos Trabalhos de Três Anos | 82 |
| 4.2.1.3 | Cenário III – Período de Recorrência dos Trabalhos de Quatro Anos | 82 |
| 4.2.1.4 | Cenário IV – Período de Recorrência dos Trabalhos de Seis Anos | 83 |
| 4.2.2 | <u>Alternativa 3 – Draga e Booster</u> | 83 |
| 4.2.2.1 | Cenário I – Período de Recorrência dos Trabalhos de Dois Anos | 83 |
| 4.2.2.2 | Cenário II – Período de Recorrência dos Trabalhos de Três Anos | 83 |
| 4.2.2.3 | Cenário III – Período de Recorrência dos Trabalhos de Quatro Anos | 84 |
| 4.2.2.4 | Cenário IV – Período de Recorrência dos Trabalhos de Seis Anos | 84 |
| 4.3 | REFERÊNCIAS DAS DIFERENTES ALTERNATIVAS | 84 |
| 5 | ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS | 91 |
| 5.1 | ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DAS ALTERNATIVAS | 91 |
| 5.1.1 | <u>Alternativa 1 – Transpasse com Caminhões</u> | 91 |
| 5.1.2 | <u>Alternativa 2 - Transpasse com Draga</u> | 105 |
| 5.2 | COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS | 116 |
| 5.3 | MEDIDAS DE GESTÃO AMBIENTAL DA ALTERNATIVA PREFERIDA | 122 |
| 6 | CONCLUSÕES | 124 |
| 7 | PROJETO DA ALTERNATIVA SELECIONADA | 125 |
| 7.1 | LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPASSE | 125 |
| 7.2 | DIMENSIONAMENTO DA ALTERNATIVA ADOTADA | 127 |
| 7.3 | METODOLOGIA DE EXECUÇÃO E OPERAÇÃO | 128 |
| 7.4 | FLUXOGRAMA DA OPERAÇÃO | 130 |
| 7.5 | CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO E EXECUÇÃO | 130 |
| 7.6 | ORÇAMENTO | 131 |

8 REFERÊNCIAS..... 132**ANEXO**

Anexo - Impacto Costeiro e Gerenciamento de Sedimento – Estudos de Modelagem

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|---------------|---|----|
| Figura 1.1 - | Localização do Local do Projeto..... | 9 |
| Figura 1.2 - | Arranjo Portuária | 10 |
| Figura 3.1 - | Local do projeto e posições dos dados de ondas | 12 |
| Figura 3.2 - | Rosa das Ondas Oceânicas (Local: 14.500o S, 38.000o W)..... | 13 |
| Figura 3.3 - | Exemplo dos Níveis d' água Calculados pelos Componentes Harmônicos de Marés Agosto/Set 2011 | 15 |
| Figura 3.4 - | Rosa de Vento Calculada com Base nos Dados de GROW do Período 1980-2012..... | 15 |
| Figura 3.5 - | Batimetria do Modelo de Transformação de Onda | 16 |
| Figura 3.6 - | Detalhe da Batimetria do Modelo na Área do Projeto | 17 |
| Figura 3.7 - | Comparação entre as Ondas Simuladas no Modelo e as Medições Realizadas pelo Cepemar no Período 2009-2010. Altura Significativa de Onda, Hs..... | 18 |
| Figura 3.8 - | Comparação entre as Ondas Simuladas no Modelo e as Medições Realizadas pelo Cepemar no Período 2009-2010. Período de pico da onda, Tp | 18 |
| Figura 3.9 - | Comparação entre as Ondas Simuladas no Modelo e as Medições Realizadas pelo Cepemar no Período 2009-2010. Direção Média de Onda, MWD..... | 19 |
| Figura 3.10 - | Comparação entre as Ondas Simuladas Comparação entre os Resultados do Modelo e os Dados Medidos. Alto esquerdo: Hs, Alto Direito; Tp, Abaixo: MWD . | 19 |
| Figura 3.11 - | Distribuições Acumuladas de Frequências para as Medições e as Simulações no Modelo. Esquerda: Altura Significativa de Onda, Centro: Período de pico das Ondas, Direita: Direção Média da Onda | 20 |
| Figura 3.12 - | Erro nas Propriedades Simuladas da Propagação das Ondas. Esquerda: Altura Significativa de Onda, Centro: Período de Pico das Ondas, Direita: Direção Média da Onda..... | 20 |
| Figura 3.13 - | Rosa de Ondas Perto da Costa..... | 21 |
| Figura 3.14 - | Exemplo de Campo de Onda Simulado. Condições de Onda ao Largo: Hm0 = 1.5m, Tp = 8.5s, MWD = 60 graus..... | 22 |
| Figura 3.15 - | Exemplo de Campo de Onda Simulado. Condições de Onda ao Largo: Hm0 = 1.5m, Tp = 9.0s, MWD = 90 graus..... | 22 |
| Figura 3.16 - | Exemplo de Campo de Onda Simulado. Condições de Onda ao Largo: Hm0 = 1.5m, Tp = 9.5s, MWD = 120 graus..... | 23 |
| Figura 3.17 - | Média da Altura Significativa de Onda para o Período de 1980-2012..... | 24 |
| Figura 3.18 - | Média do Período de Pico para o Período de 1980-2012 | 24 |
| Figura 3.19 - | Direção média da energia de onda para o período de 1970-2010 | 25 |
| Figura 3.20 - | Rosas de Ondas na Profundidade de 10m em Frente do Local do Projeto..... | 26 |
| Figura 3.21 - | Variação Mensal da Altura Significativa Média de Onda..... | 26 |
| Figura 3.22 - | Variação Mensal do Período Médio de Pico de Onda | 27 |
| Figura 3.23 - | Variação Mensal da Direção Média de Onda | 27 |
| Figura 3.24 - | Perfil Transversal 22 (fonte Ref /2/)..... | 29 |

| | | |
|---------------|--|----|
| Figura 3.25 - | Varição Temporal de Ondas na Parte Central do Projeto. Profundidade 10m, período [1980 – 2012] | 30 |
| Figura 3.26 - | Níveis de Água Extremos na Área Central do Projeto | 31 |
| Figura 3.27 - | Perfis de Equilíbrio Conforme o Tamanho dos Grãos..... | 33 |
| Figura 3.28 - | Ilustração do Conceito do Modelo do Perfil | 34 |
| Figura 3.29 - | Varição da Posição da Linha de Costa Durante o Período [1980-2012] | 35 |
| Figura 3.30 - | Estatísticas de Excedência para a Dinâmica da Linha de Costa Devida à Evolução do Perfil | 36 |
| Figura 3.31 - | Distribuição do Transporte Litorâneo ao Longo do Perfil da Praia | 37 |
| Figura 3.32 - | Taxas Anuais de Transporte Litorâneo Calculado para o Período de 1980-2012 | 38 |
| Figura 3.33 - | Taxas Médias Mensais de Transporte Litorâneo Calculadas para o Período de 1980-2012 | 39 |
| Figura 3.34 - | Localização da Célula Sedimentológicas | 41 |
| Figura 3.35 - | Ilustração da Mudança da Linha da Costa dentro de uma Célula Costeira. Linha Cinza: Posição Inicial de Equilíbrio da Linha da Costa, Linha Preta: nova Posição de Equilíbrio da Linha da Costa..... | 42 |
| Figura 3.36 - | Ilustração do transporte litorâneo e a tendência da evolução da linha de costa logo depois a construção do quebramar. Em cima a evolução da linha de costa sem nenhuma intervenção. Em baixo: A variação do transporte litoral na situação inicia após a construção do quebramar | 43 |
| Figura 3.37 - | Localização dos Pontos na Costa usados no Estudo de Impacto Costeiro..... | 46 |
| Figura 3.38 - | Configuração equilíbrio da linha de costa após da construção do quebramar completa (BAMIN + Porto Publico). Linha vermelha: solução do modelo estática-2D, linha preta: Solução do modelo dinâmico 1D | 47 |
| Figura 3.39 - | Ilustração do Sistema de Transpasse de Sedimento | 48 |
| Figura 3.40 - | Ilustração do Sistema de Relocação pelo Equipamento da Praia..... | 48 |
| Figura 3.41 - | Exemplos de Vários Tipos de Dragagens Praticados pelas Autoridades Costeiras da Dinamarca | 49 |
| Figura 3.42 - | Distribuição Mensal de Transporte Litorâneo | 50 |
| Figura 3.43 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 1: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 1000m | 52 |
| Figura 3.44 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m | 52 |
| Figura 3.45 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 3: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m | 52 |
| Figura 3.46 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 4: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m | 53 |
| Figura 3.47 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 5: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 5000m | 53 |
| Figura 3.48 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m | 54 |
| Figura 3.49 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m | 54 |

| | | |
|---------------|---|----|
| Figura 3.50 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m | 54 |
| Figura 3.51 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m. Período de operação: Fevereiro (todo ano) | 55 |
| Figura 3.52 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 3: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m. Período de operação: Fevereiro (todo ano) | 55 |
| Figura 3.53 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ . Distância entre tomada e emissário: 2500m | 56 |
| Figura 3.54 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ . Distância entre tomada e emissário: 3000m | 57 |
| Figura 3.55 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ . Distância entre tomada e emissário: 4000m | 57 |
| Figura 3.56 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ | 58 |
| Figura 3.57 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 200,000 m ³ | 58 |
| Figura 3.58 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m ³ | 59 |
| Figura 3.59 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 150,000 m ³ | 60 |
| Figura 3.60 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m ³ | 60 |
| Figura 3.61 - | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 450,000 m ³ | 60 |
| Figura 3.62 - | Evolução da linha de costa após de 5 + 30 anos para situação com somente o terminal da BAMIN. A abrange (Máximo – Mínimo) da evolução da situação com os dois portos juntos é indicada com área cinza | 61 |
| Figura 3.63 - | Ilustração do melhor sistema de relocação de areia | 65 |
| Figura 4.1 - | Representação esquemática para o Saliente e a Erosão estimada | 68 |
| Figura 4.2 - | Estrutura fixa para o sistema de bombas de sucção e linha de recalque | 69 |
| Figura 4.3 - | Estrutura fixa para o sistema de bombas de sucção e linha de recalque | 69 |
| Figura 4.4 - | Visão Geral da Estrutura fixa para o sistema de bombas de sucção (esquerda) e linha de recalque e do ponto de descarga na erosão máxima (direita) | 70 |
| Figura 4.5 - | Esquema Geral do processo de transposição da areia – Remoção da Acréscimo | 71 |
| Figura 4.6 - | Fotografia ilustrativa do processo de dragagem de areia com "Drag Line" | 72 |
| Figura 4.7 - | Esquema Geral do processo de transposição da areia – Reconstituição da Erosão | 72 |
| Figura 4.8 - | Tabela de Dimensionamento do Diâmetro de Dragagem | 76 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Figura 4.9 - | IHC Beaver 3300..... | 78 |
| Figura 4.10 - | Ellicott Super Dragon 4170..... | 78 |
| Figura 4.11 - | Operação de Dragliner no Lago Waihola, Nova Zelândia..... | 85 |
| Figura 4.12 - | Operação de Dragliner em Louisiana, Estados Unidos..... | 86 |
| Figura 4.13 - | Operação de Dragliner em Miami, Estados Unidos..... | 86 |
| Figura 4.14 - | Operação de draga, com tubo de sucção e recalque..... | 87 |
| Figura 4.15 - | Operação de draga, com tubo de sucção e recalque..... | 87 |
| Figura 4.16 - | Lançamento dos sedimentos na área de deposição, com espalhamento através de bulldozer..... | 88 |
| Figura 4.17 - | Vista aérea do Porto..... | 88 |
| Figura 4.18 - | Operação de enchimento de balsas, através de dragagem com recurso a "garra" (grab)..... | 89 |
| Figura 4.19 - | Operação de enchimento de balsas, através de dragagem com recurso a retro-escavadeira..... | 90 |
| Figura. 5.1 - | Ciclo produtivo do sistema de transpasse com caminhões..... | 92 |
| Figura. 5.2 - | Ciclo produtivo sistema de transpasse com draga..... | 105 |
| Figura 7.1 - | Localização Geral do Porto Sul e das Áreas de Retirada e Reposição de Sedimento (setor norte e setor sul)..... | 125 |
| Figura 7.2 - | Indicação dos acessos a serem utilizados às áreas de retirada e reposição de sedimento..... | 126 |
| Figura 7.3 - | Esquema Geral do processo de transposição da areia – Local de Retirada de Areia e Locais de Deposição de Areia..... | 128 |
| Figura 7.4 - | Esquemas de como será realizado a escavação, o carregamento, o transporte, o descarregamento e o espalhamento da areia..... | 129 |
| Figura 7.5 - | Fluxo das atividades previstas no processo de transpasse de sedimento..... | 130 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|--------------|--|-----|
| Quadro 5.1 - | Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões..... | 93 |
| Quadro 5.2 - | Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga..... | 106 |
| Quadro 5.3 - | Escores Atribuídos aos Subaspectos na Comparação entre Alternativas..... | 116 |
| Quadro 5.4 - | Comparação entre as Alternativas para o Transpasse de Areia..... | 117 |
| Quadro 5.5 - | Listagem de Medidas Mitigadoras para o Transpasse de Areia com Caminhões..... | 122 |
| Quadro 7.1 - | Dados de Entrada do Projeto..... | 127 |
| Quadro 7.2 - | Cronograma Físico de Execução– Fase de Operação (em semestres)..... | 130 |
| Quadro 7.3 - | Cronograma Físico de Execução– Semestre de Execução do Transpasse de Sedimento..... | 131 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|---------------|---|----|
| Tabela 3.1 - | Constantes harmônicas (semi-amplitude e fase) das marés no Porto de Ilhéus (LONG 39 1.7' W; LAT 14° 46.9' S). Fonte: Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras, Femar - Fundação de Estudos do Mar..... | 14 |
| Tabela 3.2 - | Apresentação dos 20 eventos de ressaca mais importantes entre 1980-2012 | 28 |
| Tabela 3.3 - | Níveis d' água extremos calculados para vários períodos de retorno em relação ao nível médio do mar (NMA) | 31 |
| Tabela 3.4 - | Recuo máximo estimado da linha da costa devido à dinâmica do perfil transversal da costa para diferentes períodos de retorno, baseado no período [1980 – 2012] | 35 |
| Tabela 3.5 - | Primeira serie de cenários de bombeamento | 50 |
| Tabela 3.6 - | Resultados das simulações da linha de costa cenário 1 – 5 Volume de sedimento retirado: 100,000 m ³ /ano..... | 51 |
| Tabela 3.7 - | Resultados das simulações da linha de costa cenário 2,3 e 4 Volume de sedimento retirado: 50,000 m ³ /ano..... | 53 |
| Tabela 3.8 - | Resultados das simulações da linha de costa cenários 2 e 3 Volume de sedimento retirado: 50,000 m ³ . Período de operação: Fevereiro (todo ano)..... | 56 |
| Tabela 3.9 - | Resultados das simulações da linha de costa com intervalo de relocação de areia de 2 anos. Volume de sedimento retirado: 100,000 m ³ . Distancias entre retirada da areia e a relocação de 2500m, 3000m e 4000m..... | 57 |
| Tabela 3.10 - | Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual. Volume media de sedimento retirado: 50,000 m ³ /ano. Intervalos de 2,4 e 6 anos | 59 |
| Tabela 3.11 - | Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual. Volume media de sedimento retirado: 75,000 m ³ /ano. Intervalos de 2,4 e 6 anos | 60 |
| Tabela 3.12 - | Especificações para o melhor sistema de reabastecimento de areia..... | 64 |
| Tabela 4.1 - | Dimensionamento das Capacidades da Draga..... | 76 |
| Tabela 4.2 - | Produtividade Teórica de Dragagem | 76 |

APRESENTAÇÃO

O CONSÓRCIO HYDROS BMA apresenta o Estudo de Alternativas de Transferência de Areia "Sand Bypass" na Área de Influência do Porto Sul - RELATÓRIO TÉCNICO FINAL – Revisão 01, parte integrante do Contrato nº 45/2056-2257, firmado entre as empresas HYDROS ENGENHARIA E PLANEJAMENTO S/A E BIOMONITORAMENTO E MEIO AMBIENTE LTDA. e a empresa BAHIA MINERAÇÃO S/A.

As atividades do presente contrato foram desenvolvidas como previsto e os produtos apresentados ao cliente na forma de minuta e discutidos com a contratante.

O presente RELATÓRIO TÉCNICO FINAL consolida todo o estudo desenvolvido. Este documento, organizado em 8 capítulos, aborda os seguintes aspectos: a estabilidade da linha de costa frente a implantação do Porto Sul; as alternativas tecnológicas disponíveis de recomposição a partir da transferência de areia; e a viabilidade sócio ambiental das alternativas consideradas viáveis.

Para a alternativa recomendada são apresentados, ao final do relatório, os dados de projeto necessário ao seu planejamento e futuro detalhamento e implementação.

1 INTRODUÇÃO

O projeto Porto Sul implica na construção de uma ponte de 3.500 m de comprimento, e um quebra-mar de aproximadamente 1.700 m de comprimento, bem como diversos berços. O porto está situado ao norte da cidade de Ilhéus, em uma área onde a costa é orientado de sul para norte. A localização do projeto é apresentada na Erro! Fonte de referência não encontrada.

Durante uma parte do ano o transporte litorâneo é direcionado ao norte e durante outra parte ao Sul. O estabelecimento do porto terá um impacto sobre as condições de transporte de sedimentos litorâneos e irá resultar em alterações da linha de costa (erosão e acresção) na área afetada pelo novo porto.

No estudo de Impacto Ambiental foi sugerido um sistema de transpasse de sedimentos (Sediment bypass system) para mitigar o impacto negativo do porto na costa. O intuito deste sistema seria a relocação de areia acumulada na área de sombra atrás do porto para as praias adjacentes ao porto. O objetivo do atual estudo é avaliar alternativas técnicas viáveis para tal sistema. Para suportar a análise quantitativa da eficácia dos vários sistemas de transpasse foram realizados estudos detalhados de ondas, transporte de sedimento e evolução da linha de costa.

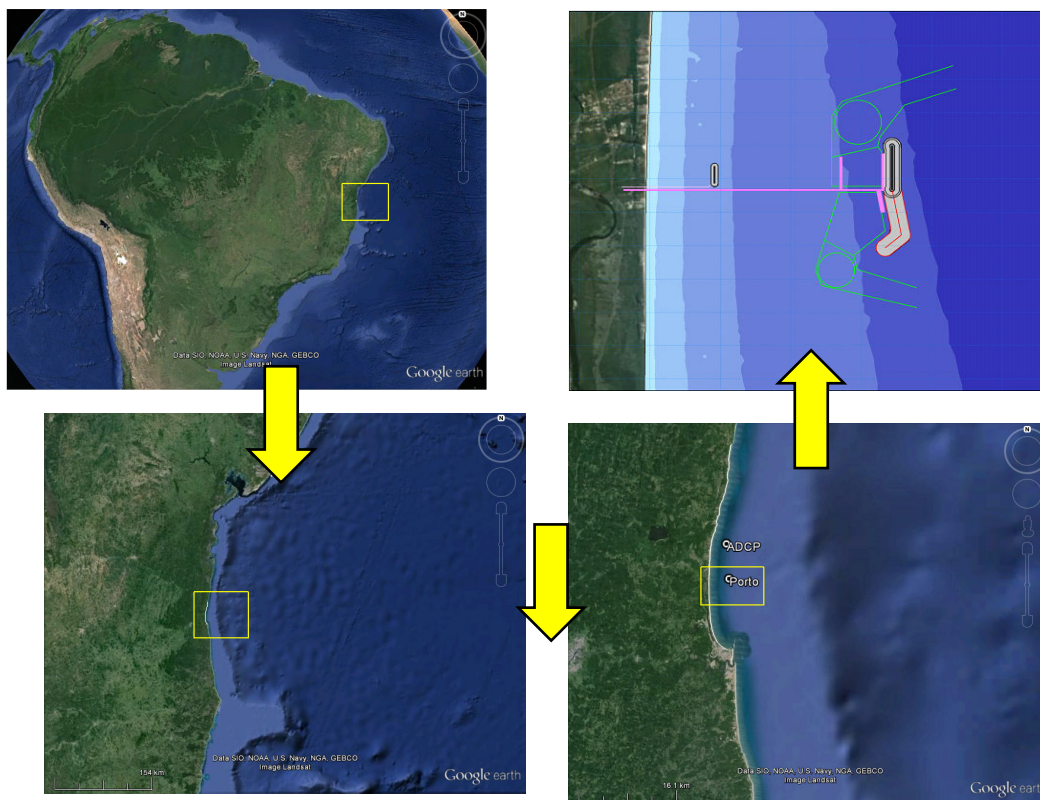


Figura 1.1 - Localização do Local do Projeto

O arranjo do porto analisado é apresentado na **Figura 1.2**. O porto consiste em duas partes: o Porto da BAMIN no lado norte e o Porto Público no lado sul. Nesta análise serão analisados os impactos na costa dos dois portos juntos e do porto BAMIN.

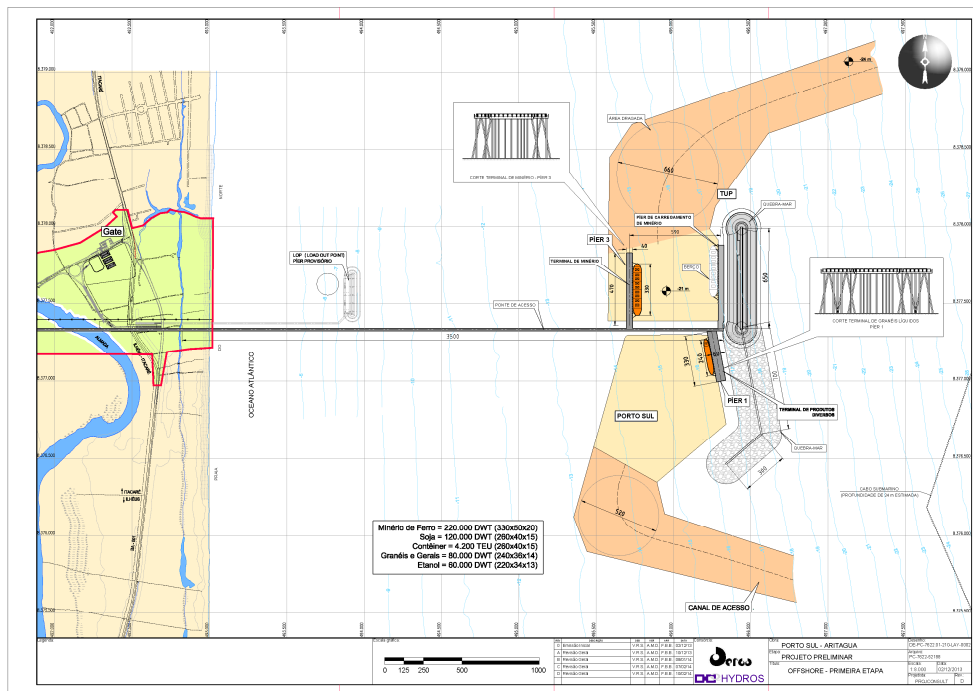


Figura 1.2 - Arranjo Portuária

2 CONHECIMENTO DO PROBLEMA

A construção do porto terá alguma influência sobre as condições de onda ao longo da costa. As mudanças nas condições de onda têm um impacto no transporte de sedimento ao longo da costa e podem causar mudanças na posição da linha da costa.

Quando é construída uma estrutura marítima, tal como um quebra-mar ou um porto, a energia da onda incidente diminui numa seção ao longo da costa localizada ao abrigo da obra. A diminuição da energia de onda reflete-se numa diminuição local da altura de onda, com a altura de onda mínima localizada no centro da área de sombra atrás da estrutura. A diminuição local da altura de onda na área de sombra do quebra-mar causa uma gradiente longitudinal no nível médio da água (wave set-up). Este gradiente gera uma corrente, ao longo da costa, direcionada para o eixo do quebra-mar.

Em virtude da diminuição da altura de onda, a capacidade da corrente litorânea de transportar areia fica localmente diminuída, o que provoca acumulação de sedimento. Esta acumulação de sedimento provoca um crescimento da praia atrás do quebra-mar. Como a orientação da linha da costa muda na zona de sombra atrás do quebra-mar, a componente longitudinal das forças hidrodinâmicas causadoras da corrente litorânea fica adequadamente diminuída.

Eventualmente, é atingida uma situação onde as forças hidrodinâmicas que tendem a criar uma protuberância na linha da costa são equilibradas por forças que tendem a suavizá-la. A configuração da linha de costa em equilíbrio resultante corresponde a um crescimento da praia na zona de sombra do quebra-mar em forma de sino, comumente chamado de saliente. Se a

distância entre o quebra-mar e a praia for relativamente pequena, a linha da costa irá crescer até atingir o quebra-mar e formará o que é chamado de tombolo.

A formação de saliente cria um déficit de sedimento nas faixas de praia mais distantes do porto. Este déficit se reflete em erosão da linha de costa. O objetivo de um sistema de transpasse de sedimento é de tirar sedimento no local de acresção (a saliente) e colocar no local de déficit (o local de erosão).

Para poder avaliar e aperfeiçoar um sistema de transpasse de sedimento é necessário obter um entendimento muito bom dos processos costeiros antes – e depois da instalação de tal sistema. Na atual localização o transporte de sedimento ao longo da costa é dominado pela ação de ondas e as correntes geradas pelas ondas. Correntes geradas pelo vento e as marés desempenham um papel secundário em termos de transporte litorâneo. A variação do nível do mar é importante para determinar a parte ativa do perfil transversal da praia, que é definida como a parte do perfil onde acontece a maior parte (>95%) do transporte litorâneo.

A avaliação dos sistemas de transpasses deve ser realizada com base no balanço de sedimento litorâneo. Este balanço descreve os processos de transporte de sedimento e todas as fontes de sedimento na zona litorânea, inclusive o transporte líquido (a deriva), os componentes de transporte para norte e para sul e as variações temporais nos componentes de transporte de sedimento. Como mencionado antes, a ação de ondas é o fator mais importante para o transporte de sedimento litorâneo e o balanço de sedimento. Por isso, foi realizado um estudo detalhado de modelagem matemática das condições de ondas usando modelos matemáticos avançados. Neste estudo foram usados dados, de primeira qualidade, de ondas na zona offshore como dados de contorno. Os modelos foram calibrados usando dados de ondas medidos no local. A calibração dos modelos não incluiu somente a altura de ondas, mas também incluiu o período - e direção de ondas, que são fatores muito importantes na avaliação do impacto costeiro do novo porto.

3 ESTABILIDADE DA LINHA DE COSTA – ESTUDOS DE MODELAGEM

O presente estudo de modelagem inclui análises de condições de ondas, correntes e transporte de sedimento para as situações antes e depois da construção do novo porto. Com base nestes estudos foi analisado o impacto do novo porto na linha de costa e a eficácia de vários sistemas de transpasse de sedimento para mitigar os potenciais impactos negativos previstos com sua implantação.

3.1 DADOS METEO-OCEANOGRÁFICOS

3.1.1 Ondas

Informações sobre as condições de ondas no local do projeto são importantes para a análise do transporte litorâneo de sedimentos e o desenvolvimento de um esquema de proteção adequado. Com o objetivo de se obter condições confiáveis de ondas próximas à costa, os dados disponíveis de ondas em águas profundas foram transformados para a região de águas rasas através de um estudo de modelagem matemática.

Os dados de ondas ao largo foram obtidos do modelo global de ondas GROW (Global Reanalysis of Ocean Waves) operado pelo Ocean Weather e cobriram o período de 1980-2012. A **Figura 3.1** mostra o local do projeto e as posições dos dados de ondas.

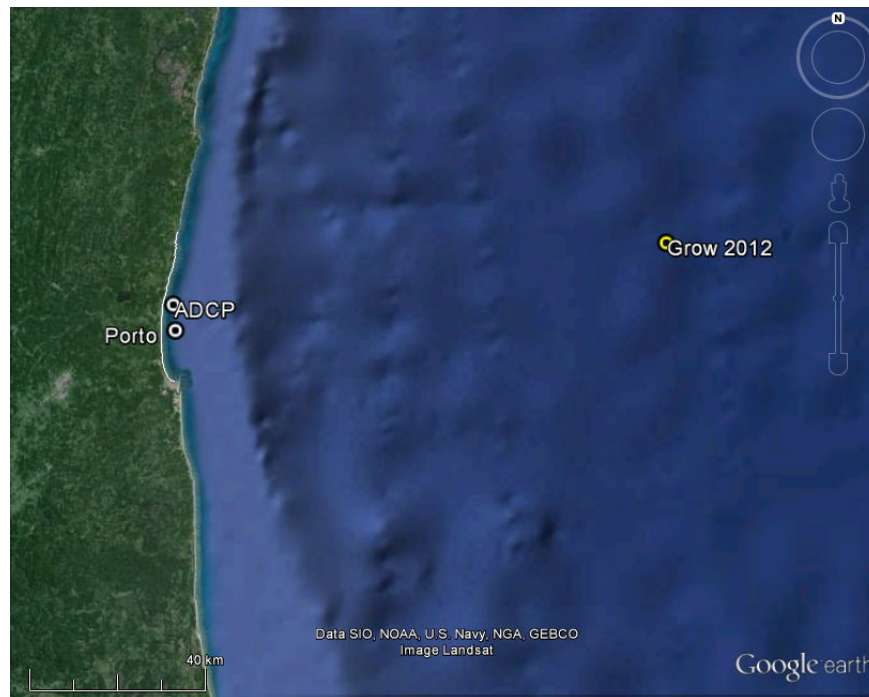


Figura 3.1 - Local do projeto e posições dos dados de ondas

A base para a análise atual sobre as condições de onda consiste em dados de onda em águas profundas (GROW), fornecidos pelo modelo de onda global operado pela Ocean. Weather Inc. Neste modelo as condições de onda são simuladas baseadas na variação dos campos de vento e da pressão atmosférica. Os dados usados nesta análise estão baseados no ponto da grade do modelo localizado nas coordenadas 14.500°S, 38.000°W, ver **Figura 1.1**. Os dados cobriram o período de tempo de Janeiro de 1980 a Dezembro de 2012 e fornecem os parâmetros de onda a intervalos de uma hora. Os dados consistem de séries temporais contínuas de parâmetros correspondentes a vagas e a ondulações (altura de onda, - período e direção média). A validade dos dados do GROW está restrita a águas profundas.

A **Figura 3.2** mostra as rosas de ondas para as três componentes de ondas. A figura mostra que a maior parcela da energia total de ondas é representada por ondas menores que 2,5 m.

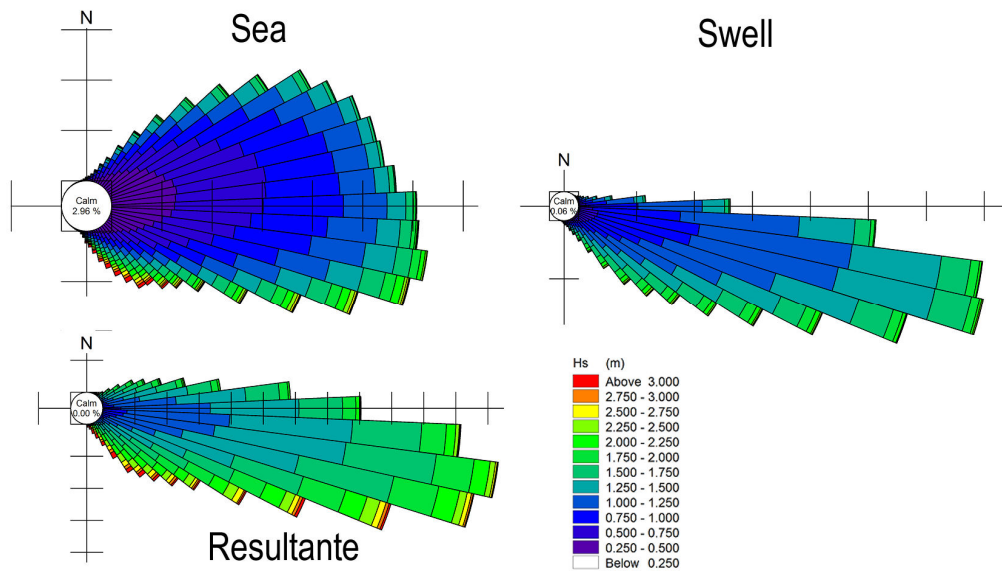


Figura 3.2 - Rosa das Ondas Oceânicas (Local: 14.500° S, 38.000° W)

3.1.2 Marés

Os níveis d'água no local do projeto são determinados principalmente pela maré astronômica. As marés astronômicas são geradas pelas ações gravitacionais da lua e do sol e estão, conseqüentemente, relacionadas a periodicidades tais como a rotação da terra (24.8h), a órbita da lua ao redor da terra (27 dias) e da terra ao redor do sol (ano solar). Deste modo o sinal da maré astronômica pode ser previsto usando uma análise harmônica, a qual consiste em descrever as variações no nível d'água das marés através da superposição das constituintes harmônicas.

As constituintes principais da maré que foram levadas em conta nas análises dos níveis de água observados foram extraídas do Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras, da Femar - Fundação de Estudos do Mar, Estação Porto de Ilhéus. Elas estão listadas na **Tabela 3.1**.

Tabela 3.1 - Constantes harmônicas (semi-amplitude e fase) das marés no Porto de Ilhéus (LONG 39 1.7' W; LAT 14° 46.9' S). Fonte: Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras, Femar - Fundação de Estudos do Mar

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

| Nome da Estação : PORTO DE ILHÉUS (MALHADO) – BA | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|------------------------|
| Localização : Próximo ao início do Cais de Atracação | | | | | |
| Organ. Responsável : DHN / INPH | | | | | |
| Latitude : 14° 46,9' S | | Longitude : 39° 01,7' W | | | |
| Período Analisado : 10/11/76 a 11/12/76 | | | Nº de Componentes : 40 | | |
| Análise Harmônica : Método Almirante Santos Franco | | | | | |
| Classificação : Maré Semidiurna. | | | | | |
| Estabelecimento do Porto: (HWF&C) | | III H 55 min | Nível Médio (Zo): | | 112 cm acima do NR. |
| Médias das Preamares de Sизigia (MHWS) : | | 203 cm acima do NR. | Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : | | 151 cm acima do NR. |
| Média das Baixa-mares de Sизigia (MLWS) : | | 20 cm acima do NR. | Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : | | 72 cm acima do NR. |
| CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS | | | | | |
| Componentes | Semi-amplitude (H) cm | Fase (g) graus (°) | Componentes | Semi-amplitude (H) cm | Fase (g) graus (°) |
| Sa | - | - | MU ₂ | 2,7 | 123 |
| Ssa | - | - | N ₂ | 12,5 | 092 |
| Mm | 3,2 | 255 | NU ₂ | 2,4 | 093 |
| Mf | - | - | M ₂ | 65,6 | 099 |
| MTM | - | - | L ₂ | 1,3 | 182 |
| Msf | 4,7 | 346 | T ₂ | 1,5 | 114 |
| Q ₁ | 2,4 | 097 | S ₂ | 26,0 | 114 |
| O ₁ | 5,4 | 127 | K ₂ | 7,1 | 115 |
| M ₁ | 0,9 | 092 | MO ₃ | 1,3 | 204 |
| P ₁ | 0,8 | 200 | M ₃ | 1,9 | 087 |
| K ₁ | 2,5 | 206 | MK ₃ | 0,3 | 314 |
| J ₁ | 1,3 | 142 | MN ₄ | 0,7 | 124 |
| OO ₁ | 1,1 | 280 | M ₄ | 1,0 | 198 |
| MNS ₂ | 0,9 | 133 | SN ₄ | 0,6 | 031 |
| 2N ₂ | 1,6 | 085 | MS ₄ | 0,4 | 131 |
| Referências de Nível: RN-1 localizada no lado esquerdo da guarita da entrada do Porto RN-2 na quina do cais de atracação, próximo a estação maregráfica | | | | | |
| Obs: Outros Períodos: 09/11/20 a 08/12/20; 24/04/59 a 25/05/59; 03/09/74 a 04/10/74; 10/11/76 a 24/11/76 Consta das Tábuas das Marés | | | | | |

Código BNDO: 40145

Um exemplo das variações do nível de água relativas à maré astronômica está apresentado na **Figura 3.3**.

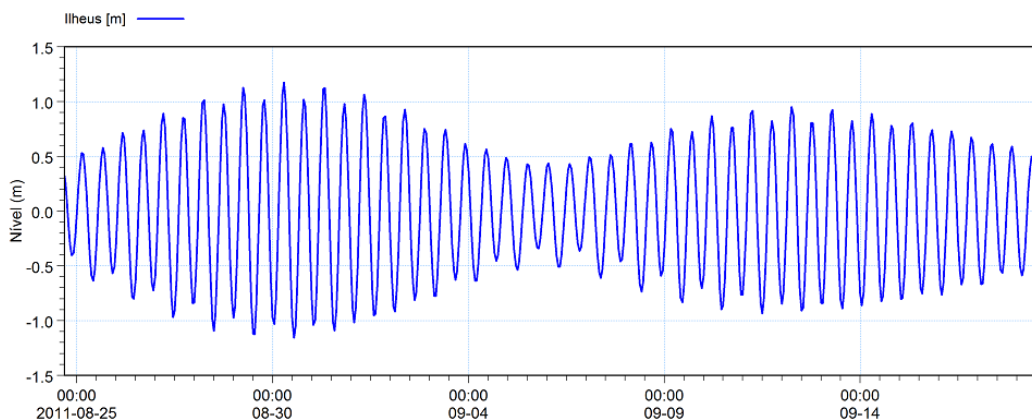


Figura 3.3 - Exemplo dos Níveis d' água Calculados pelos Componentes Harmônicos de Marés Agosto/Set 2011

3.1.3 Vento

A rosa de vento, calculada com base nas séries temporais de vento providenciadas pela GROW é apresentada na **Figura 3.4**. A figura mostra que a velocidade de vento mais frequente é de aproximadamente 5 a 7 m/s. Os ventos mais fortes vem das direções SE e SSE.

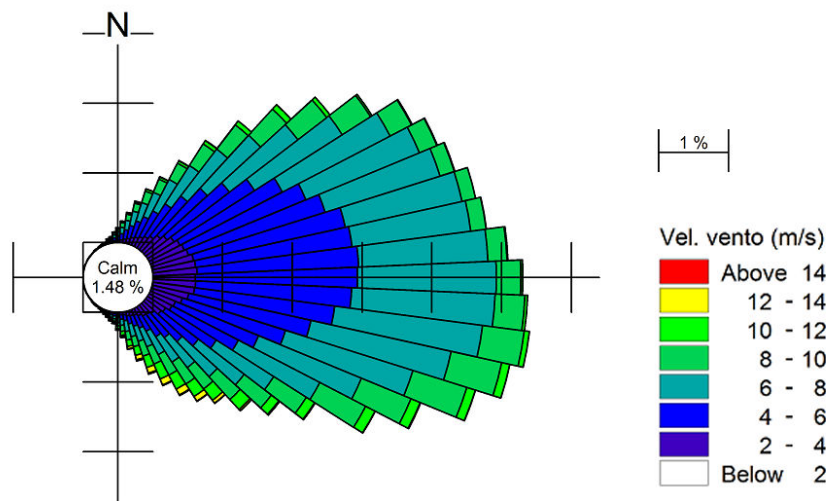


Figura 3.4 - Rosa de Vento Calculada com Base nos Dados de GROW do Período 1980-2012

3.2 ESTUDO DE TRANSFORMAÇÃO DE ONDAS

3.2.1 Montagem do Modelo

A propagação das ondas de águas profundas para a zona costeira foi simulada utilizando o modelo do DHI de ondas espectrais MIKE-21 SW, o qual representa o estado-da-arte na modelagem de ondas oceânicas e em áreas costeiras. O modelo inclui todos os mecanismos físicos que são relevantes para a presente aplicação, tais como refração, empinamento, dissipação de energia devida ao atrito com o fundo e à arrebentação, e o crescimento devido ao vento.

A **Figura 3.5** mostra a batimetria do modelo utilizada no estudo de transformação de ondas. O modelo cobre uma área de mais ou menos 150 km x 400 km. Foi utilizado um total de aproximadamente 34.000 células computacionais. Os dados batimétricos foram extraídos das cartas náuticas disponíveis e dos levantamentos batimétricos providenciados pelo cliente. Um detalhe da batimetria na área do projeto é apresentado na **Figura 3.6**.

Na fronteira do modelo situada ao largo as condições de ondas foram especificadas conforme disponibilizadas pelos dados do GROW. Estes dados incluem duas componentes de ondas distintas (vaga e ondulação). Ambas as componentes foram transformadas separadamente no modelo. Nos locais de extração dos resultados das simulações de ondas as componentes transformadas de vagas e ondulações foram usadas para calcular as características da onda resultante.

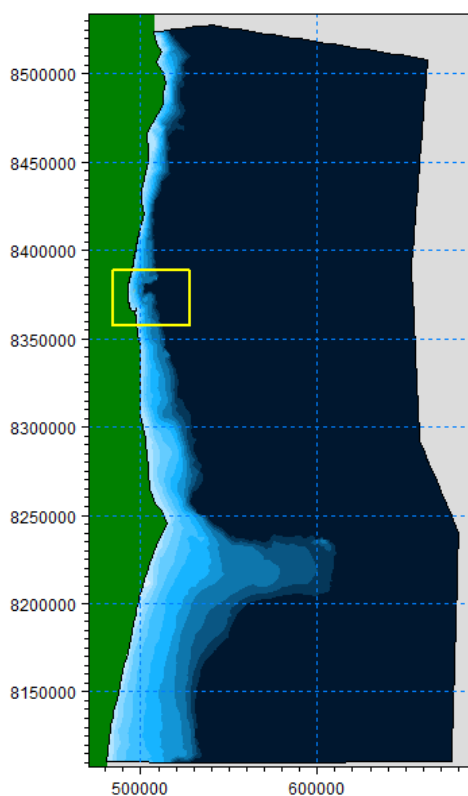


Figura 3.5 - Batimetria do Modelo de Transformação de Onda

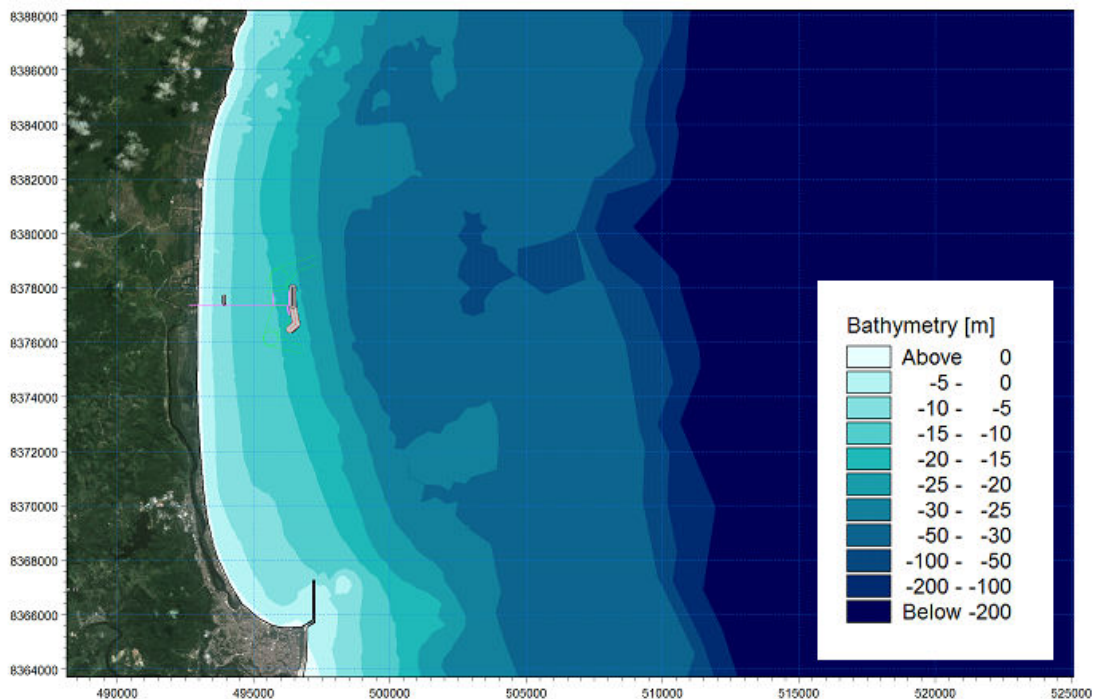


Figura 3.6 - Detalhe da Batimetria do Modelo na Área do Projeto

A altura de onda resultante foi calculada com base na soma das contribuições das componentes de vagas e ondulações para a energia total de onda:

$$H_{s,res} = \sqrt{H_{s,sea}^2 + H_{s,swell}^2} \quad (5.1)$$

O período resultante foi estimado como um valor médio das componentes de vagas e ondulações, ponderado utilizando-se as suas respectivas contribuições para a energia total de onda:

$$T_{z,res} = \frac{T_{z,sea} H_{s,sea}^2 + T_{z,swell} H_{s,swell}^2}{H_{s,sea}^2 + H_{s,swell}^2} \quad (5.2)$$

Finalmente, a direção média da onda foi estimada de maneira similar por:

$$\tan \alpha_{res} = \frac{\sin \alpha_{sea} H_{s,sea}^2 + \sin \alpha_{swell} H_{s,swell}^2}{\cos \alpha_{sea} H_{s,sea}^2 + \cos \alpha_{swell} H_{s,swell}^2} \quad (5.3)$$

3.2.2 Calibração do Modelo de Ondas

O modelo foi calibrado usando dados de campo coletados e analisados pelo Cepemar em 2009/2010 na área do projeto, ver **Figura 3.1**. As **Figura 3.7**, **Figura 3.8**, e **Figura 3.9** mostram a comparação entre os resultados do modelo e os dados medidos para o período de Fevereiro de

2009 até Dezembro de 2010. A análise mostra que, apesar de haver alguma dispersão, a concordância geral está satisfatória. Deve-se levar em conta que os dados do GROW especificados na fronteira do modelo não se originam de medições, mas são dados gerados sinteticamente.

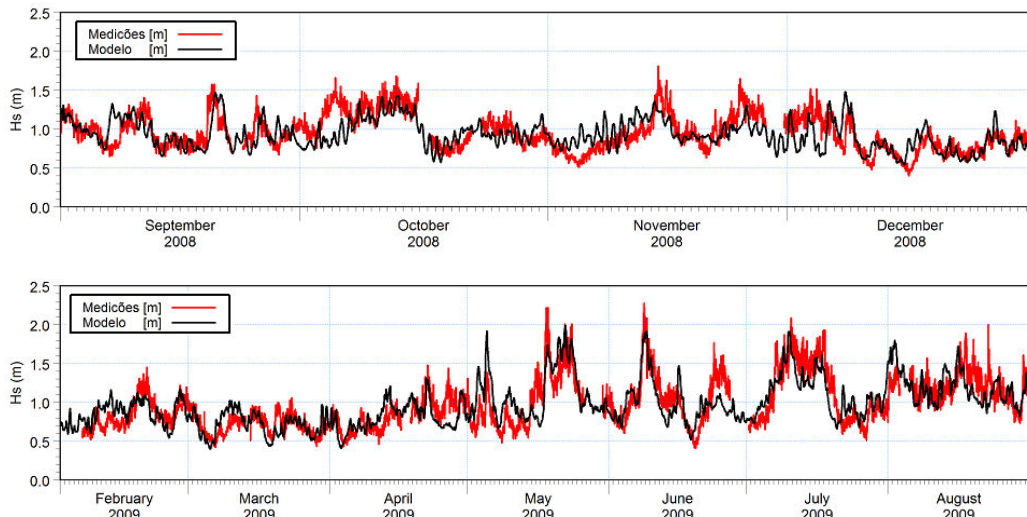


Figura 3.7 - Comparação entre as Ondas Simuladas no Modelo e as Medições Realizadas pelo Cepemar no Período 2009-2010. Altura Significativa de Onda, Hs

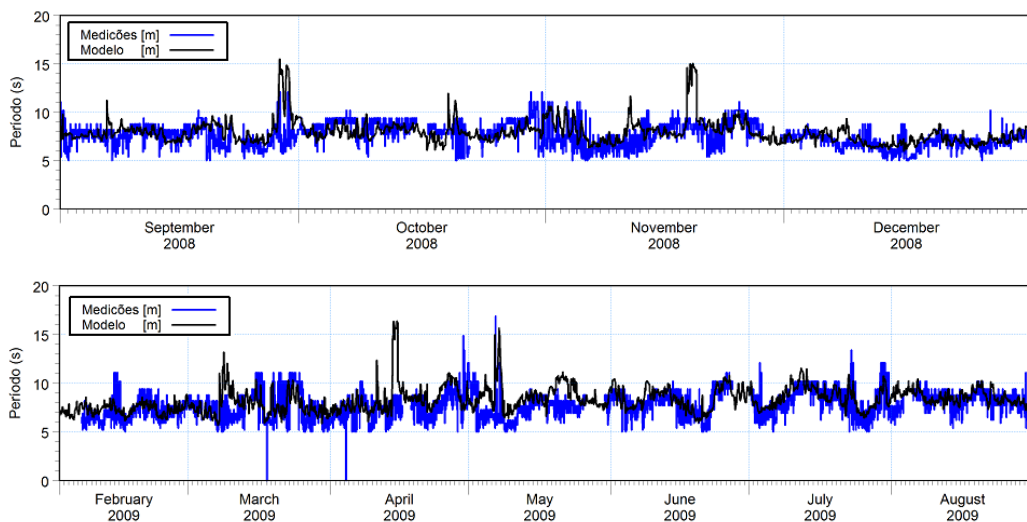


Figura 3.8 - Comparação entre as Ondas Simuladas no Modelo e as Medições Realizadas pelo Cepemar no Período 2009-2010. Período de pico da onda, Tp

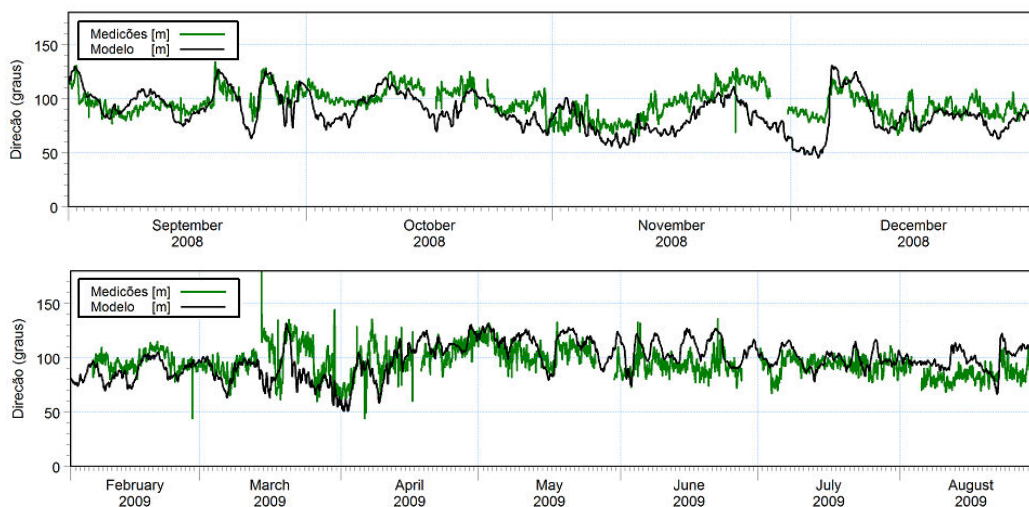


Figura 3.9 - Comparação entre as Ondas Simuladas no Modelo e as Medições Realizadas pelo Cepemar no Período 2009-2010. Direção Média de Onda, MWD

Como mencionado, podem ser identificadas várias fontes de erros, tais como inexatidões nos dados em águas profundas do GROW, falta de dados de vento na zona perto da costa e limitações inerentes ao modelo matemático aplicado. Com o intuito de prover uma análise quantitativa segura do desempenho do modelo, os resultados do modelo não só foram avaliados no domínio de tempo, mas também a nível estatístico.

Para validar o modelo foi feita uma análise da distribuição estatística dos três parâmetros de ondas principais, usando os dados medidos e simulados do período Fevereiro 2009 até Dezembro 2010. A **Figura 3.10** mostra as distribuições de altura significativa de onda, período de pico e direção média de onda para as medições e os resultados do modelo.

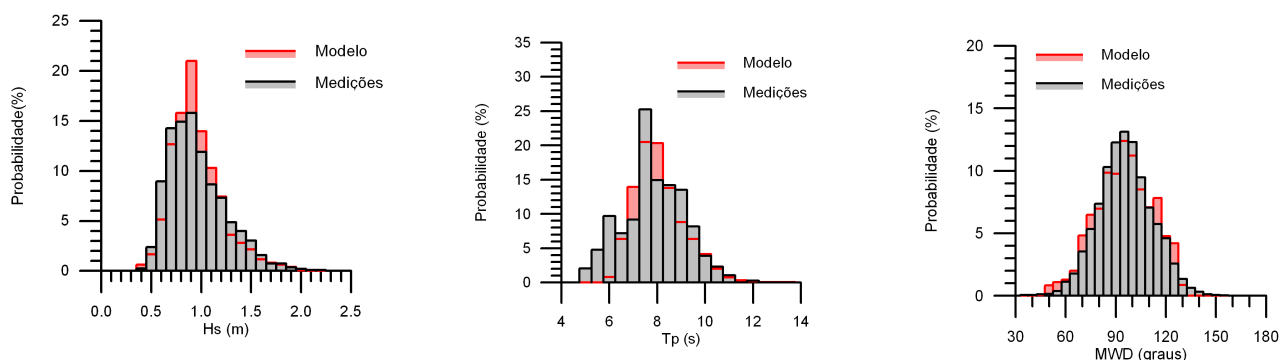


Figura 3.10 - Comparação entre as Ondas Simuladas Comparação entre os Resultados do Modelo e os Dados Medidos. Alto esquerdo: Hs, Alto Direito; Tp, Abaixo: MWD

Em média, vê-se que o modelo representa bem a altura de onda. O modelo superestima um pouco as ondas entre 0.6 e 0.8m subestima levemente as ondas entre 1.3 e 1.6m. A concordância geral entre os períodos simulados com as medições está satisfatória. Em geral as direções de onda também são reproduzidas de forma satisfatória, embora tenha sido observadas pequenas discordâncias. A razão para estas pequenas discordâncias pode ser a falta de bons dados de

ventos perto da costa, os quais podem ser responsáveis pela geração de ondas com ângulos grandes em relação à linha da costa. Em média as energias de onda total que vem do quadrante do norte e do sul estão representadas com precisão. Com o intuito de quantificar a habilidade do modelo de reproduzir a distribuição medida de altura de onda, - período, e – direção, foram calculadas as frequências acumuladas dos dados medidos e simulados. Os resultados estão apresentados na **Figura 3.11**.

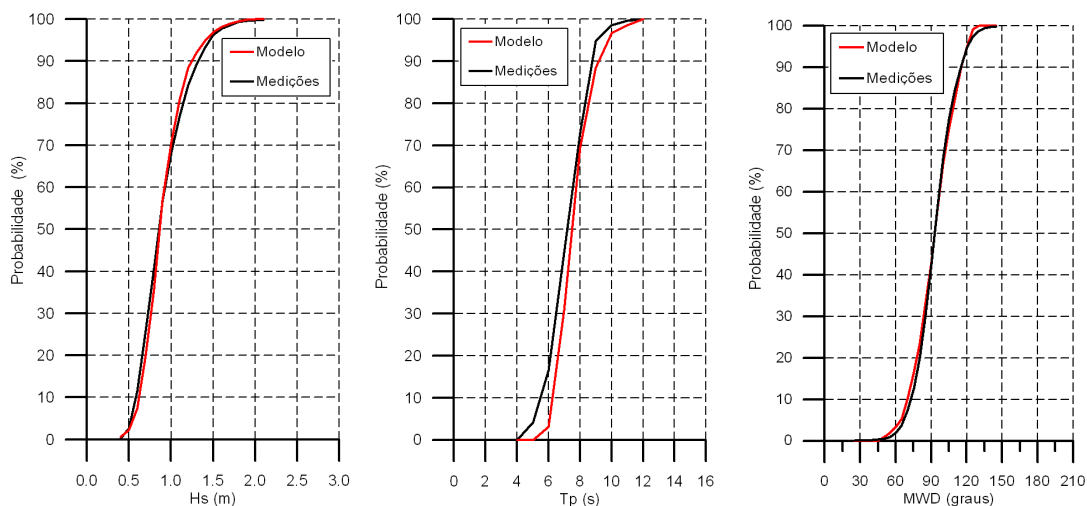


Figura 3.11 - Distribuições Acumuladas de Frequências para as Medições e as Simulações no Modelo. Esquerda: Altura Significativa de Onda, Centro: Período de pico das Ondas, Direita: Direção Média da Onda

O erro nos valores simulados é calculado como a diferença entre as frequências simuladas e medidas e está mostrado na **Figura 3.12**.

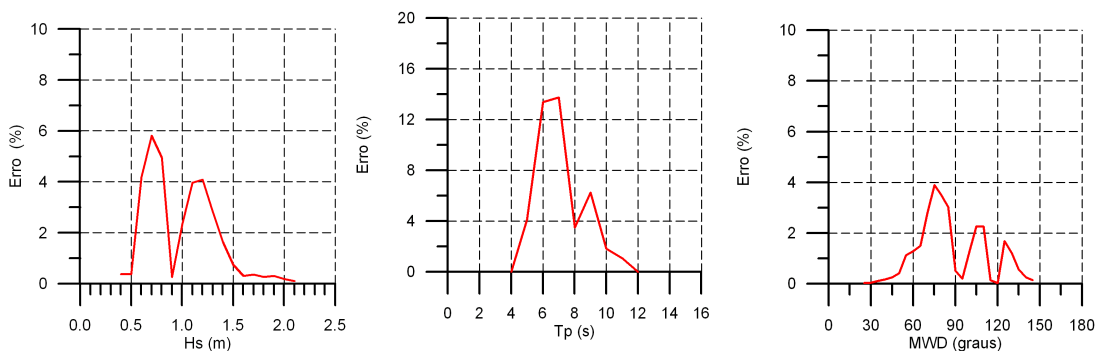


Figura 3.12 - Erro nas Propriedades Simuladas da Propagação das Ondas. Esquerda: Altura Significativa de Onda, Centro: Período de Pico das Ondas, Direita: Direção Média da Onda

As figuras indicam que a diferença máxima na frequência de excedência para certo intervalo da altura de onda é menor do que seis por cento. De modo semelhante, para o período de pico das ondas o erro máximo fica em torno de 14 por cento e para a direção de onda o erro permanece menor do que quatro por cento. O erro nunca excedeu os erros máximos permissíveis que são típicos para este tipo de aplicação.

3.2.3 Resultados

O modelo calibrado foi aplicado para transformar as séries temporais de parâmetros de onda em águas profundas fornecidos pelos dados do GROW para o local do projeto.

A rosa de ondas calculada para a situação atual em frente do local do projeto (profundidade de 10m) é apresentada na **Figura 3.13**.

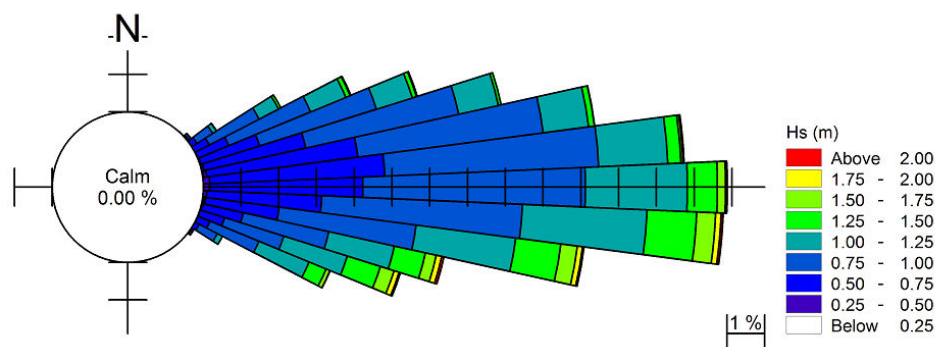


Figura 3.13 - Rosa de Ondas Perto da Costa

A figura mostra que a energia de ondas é muito concentrada na direção E. As maiores ondas vêm das direções ESE até SE.

Para analisar o impacto das estruturas nas condições de ondas foram incluídas a quebramar completa e o porto provisório na batimetria do modelo. Três exemplos de resultados do modelo estão mostrados nas figuras abaixo. As **Figura 3.14**, **Figura 3.15** e **Figura 3.16** mostram campos de onda simulados, que correspondem a condições típicas de ondas na área do projeto. A altura de ondas é 1.5m nas três figuras. Os períodos de pico são 8.5s, 9.0s e 9.5s respectivamente e as direções são 60°, 90° e 120° respectivamente. As simulações correspondem à situação com o quebramar estendido e a presença do porto provisório.

As simulações do modelo mostram que as condições de onda ao longo do local do projeto são fortemente dominadas pela presença dos quebra-mares, que criam áreas de sombra em que a altura de onda é significativamente reduzida.

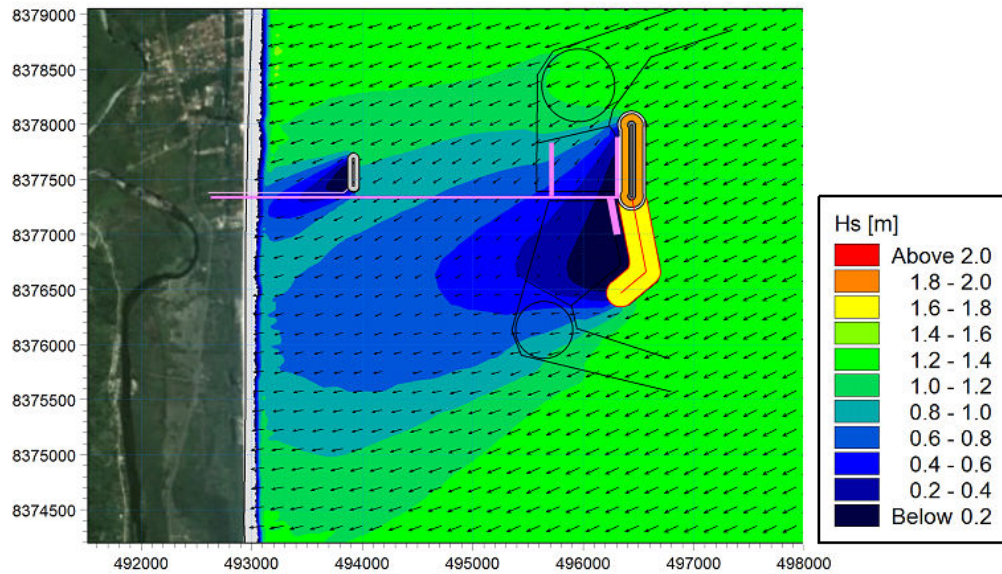


Figura 3.14 - Exemplo de Campo de Onda Simulado. Condições de Onda ao Largo: $H_{m0} = 1.5m$, $T_p = 8.5s$, $MWD = 60$ graus

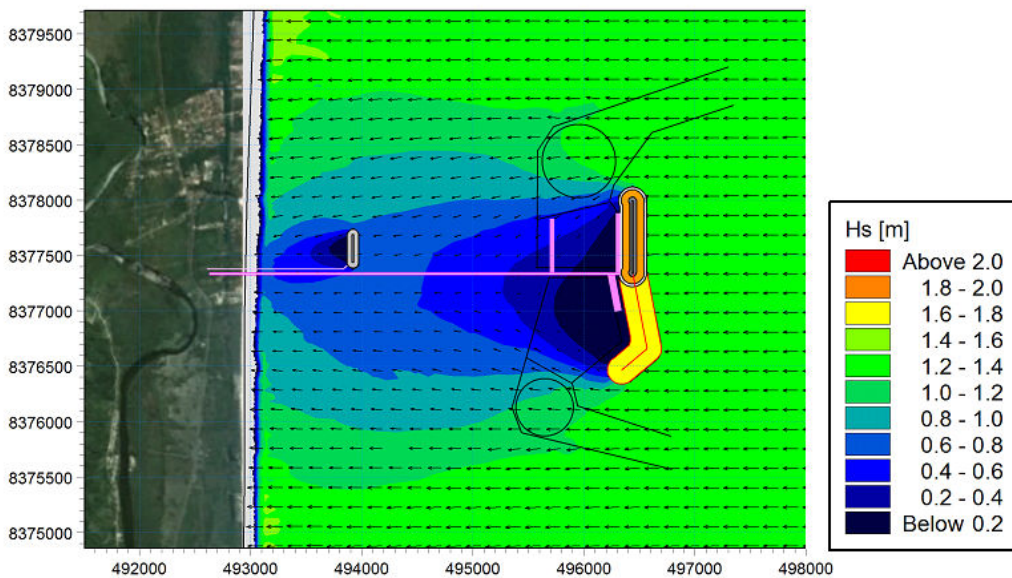


Figura 3.15 - Exemplo de Campo de Onda Simulado. Condições de Onda ao Largo: $H_{m0} = 1.5m$, $T_p = 9.0s$, $MWD = 90$ graus

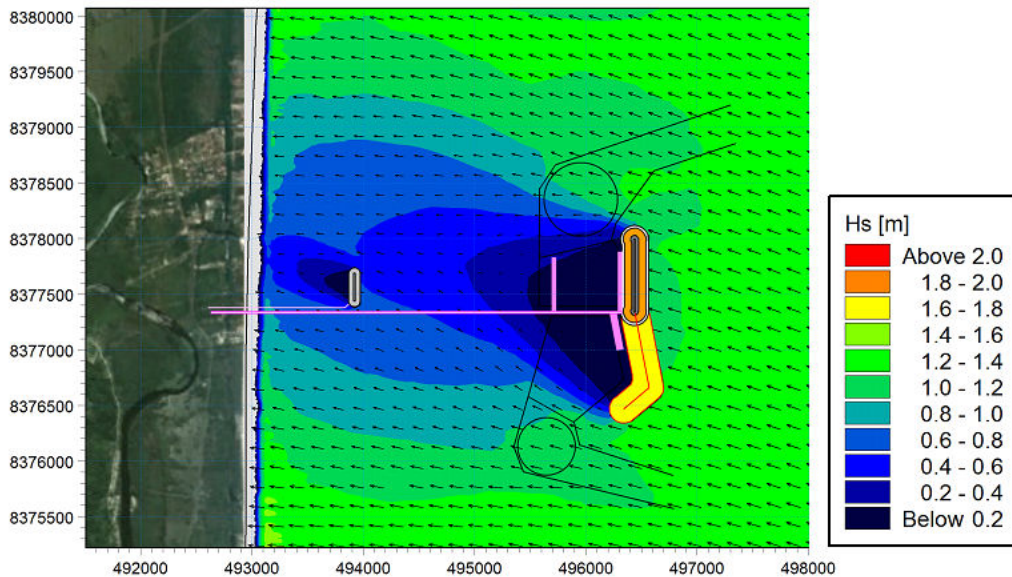


Figura 3.16 - Exemplo de Campo de Onda Simulado. Condições de Onda ao Largo: $H_{m0} = 1.5m$, $T_p = 9.5s$, $MWD = 120$ graus

3.2.4 Variações Anuais nas Condições de Onda

Sabe-se, através de outros projetos realizados ao longo da costa do Brasil, que as variações temporais nas condições de onda ocorrem em escalas de tempo que são importantes para o presente projeto. Variações nas condições de onda durante o período coberto pelos dados foram analisadas, calculando-se os parâmetros de onda representativos para cada ano do período de cobertura dos dados. Esses parâmetros representativos de onda foram: a altura média de onda, H_R , o período de onda, T_R , e a direção de onda, α_R , que foram calculados da seguinte maneira:

$$H_R = \sqrt{\overline{H_S^2}} \quad (3.4)$$

$$T_R = \frac{\overline{TH_S^2}}{H_S^2} \quad (3.5)$$

$$\alpha_R = \frac{\overline{\alpha H_S^2}}{H_S^2} \quad (3.6)$$

O período médio representativo e a direção de onda representativa foram calculados como valores médios ponderados pela energia de onda.

A variação temporal da altura de onda representativa, H_R , está apresentada na **Figura 3.17**.

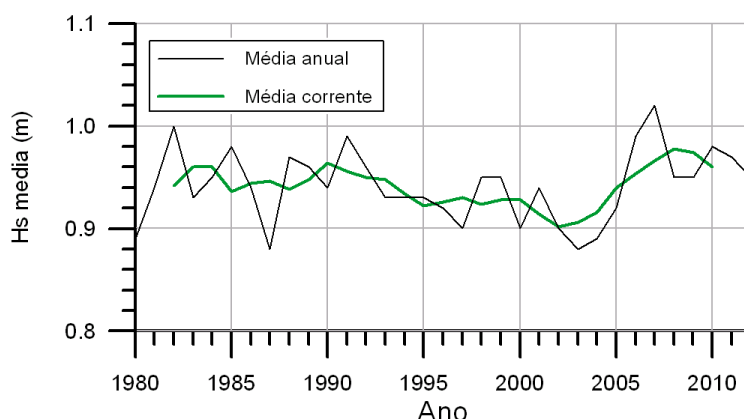


Figura 3.17 - Média da Altura Significativa de Onda para o Período de 1980-2012

Os cálculos indicam pequenas variações na altura de onda. Observe-se que a média da altura de onda aumentou levemente durante os últimos 10 anos. Não se sabe, no entanto, se as variações observadas representam uma tendência de longo prazo de aumento da altura de onda, ou se são meramente devidas a variações de curto período. As variações observadas terão algum efeito na evolução da linha da costa.

O período de onda representativo, T_R , é mostrado na **Figura 3.18**. As variações temporais no período de onda representativo são pequenas, da ordem de 0.5s, e não se espera que causem impactos significantes na evolução da linha da costa.

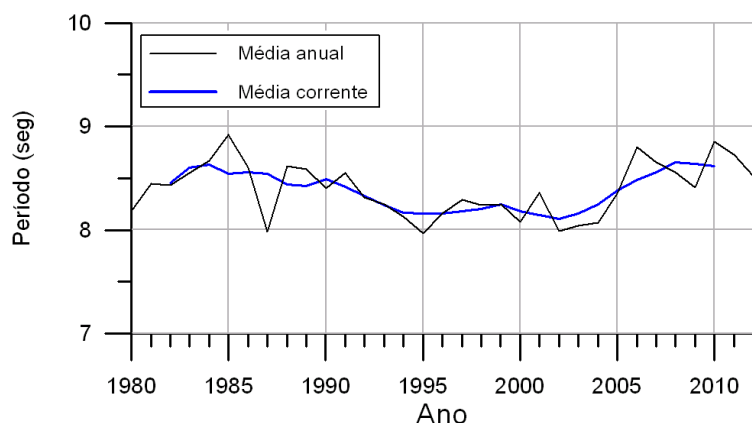


Figura 3.18 - Média do Período de Pico para o Período de 1980-2012

A variação temporal da direção de onda representativa, α_R , está apresentada na **Figura 3.19**. As análises indicam que houve variações graduais na direção da energia de onda de aproximadamente 4 graus durante o período coberto pelos dados. Nos últimos 20 anos a direção de ondas está mudando na direção horária correspondendo a uma taxa de variação média de 0.2 grau/ano. Esta tendência foi observada em várias outras lugares no litoral Brasileira

Baseado em outros projetos realizados na costa brasileira, acredita-se que as mudanças observadas são, pelo menos parcialmente, devidas a mudanças periódicas nas condições de vento no Atlântico Sul. Tais variações aparecem na escala de tempo de décadas e estão relacionadas com fenômenos que causam variações nas condições climáticas, como o El Niño. O

efeito de mudanças climáticas devido ao aquecimento global não pode ser confirmado, tão pouco excluído nessas análises.

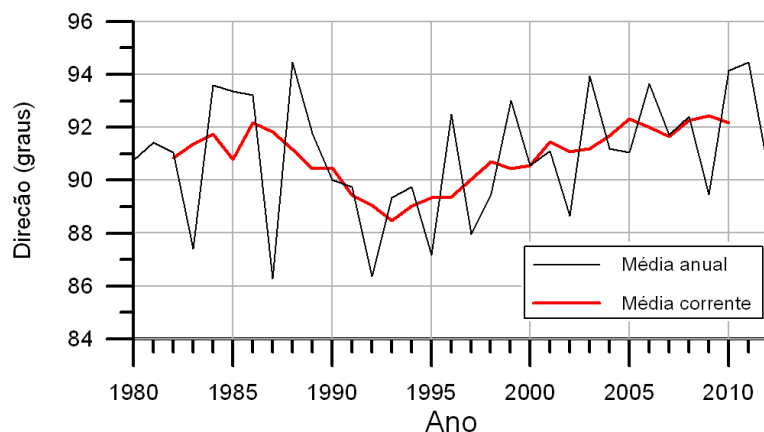


Figura 3.19 - Direção média da energia de onda para o período de 1970-2010

Para uma linha de costa exposta diretamente às ondas oceânicas, o efeito causado pela mudança gradual da direção de onda é o de que a orientação de equilíbrio da linha da costa, definida como a orientação da linha da costa para a qual o transporte resultante anual na direção Norte e na direção Sul se tornam iguais em magnitude, mudará de acordo. Para a situação atual a orientação de equilíbrio da linha de costa mudou no sentido horário. A mudança no balanço entre o transporte dirigido para Norte e para Sul conduziu a um aumento no transporte resultante anual de sedimentos na direção Norte.

3.2.5 Variações Sazonais nas Condições de Ondas

Também em escalas temporais menores podem ser observadas flutuações significativas nas condições de ondas. A **Figura 3.20** mostra as rosas de onda para cada período trimestral do ano. Observa-se uma dominância clara de ondas da direção ESE durante o período de Abril a Setembro. Durante o resto do ano foi observada uma componente relativamente forte de E e ENE.

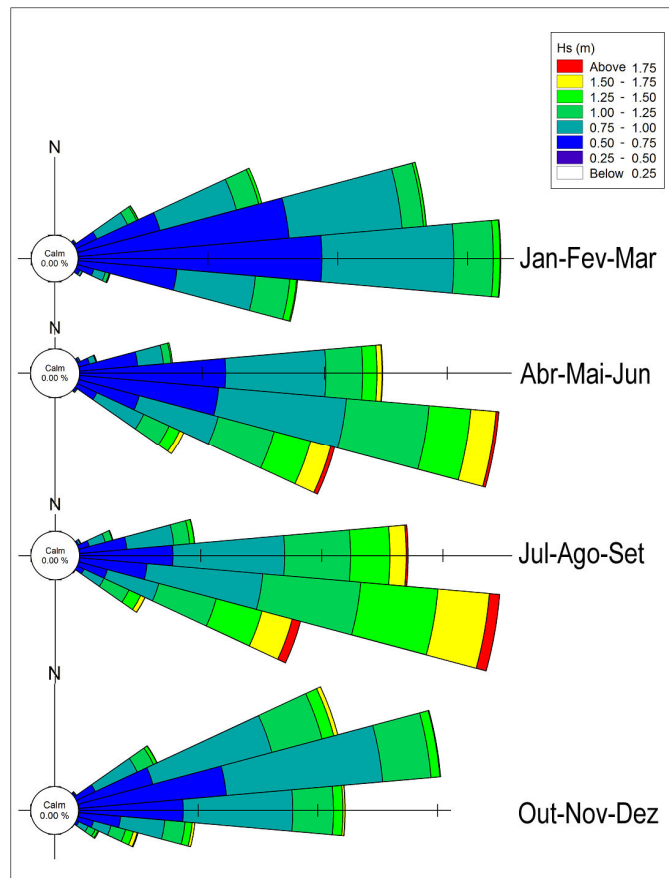


Figura 3.20 - Rosas de Ondas na Profundidade de 10m em Frente do Local do Projeto

A **Figura 3.21**, **Figura 3.22**, e **Figura 3.23** mostram a média mensal de altura significativa de onda, - período de pico e - direção. As alturas médias das ondas parecem variar de aproximadamente 0.8m de Dezembro/Janeiro e de aproximadamente 1.1m de Julho/Agosto. De modo semelhante, o período médio de onda variou de 7.5s a 9.0s. Variações sazonais muito nítidas podem ser observadas na direção das ondas. Nos meses de verão a direção média da onda é entre 75°N e 80°N. No inverno a direção média é entre 95°N e 100°N.

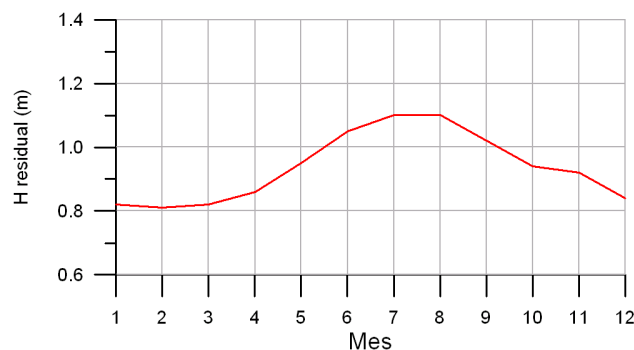


Figura 3.21 - Variação Mensal da Altura Significativa Média de Onda

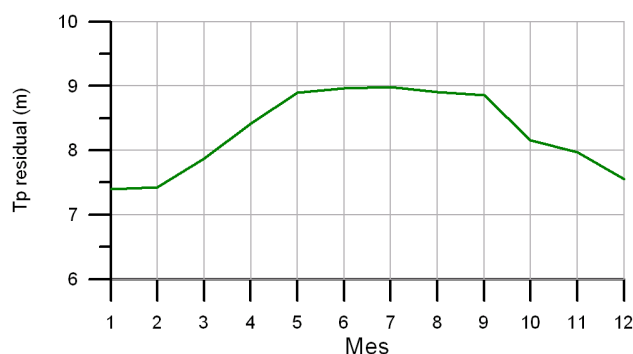


Figura 3.22 - Variação Mensal do Período Médio de Pico de Onda

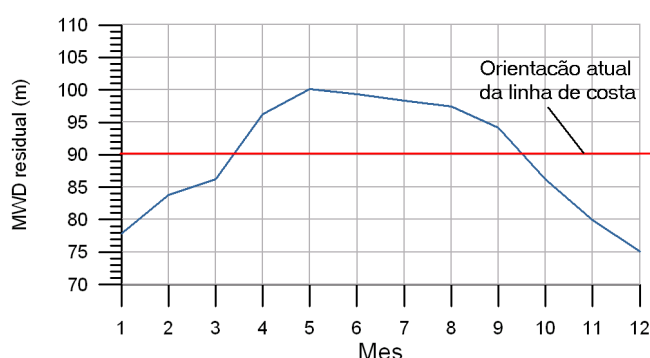


Figura 3.23 - Variação Mensal da Direção Média de Onda

3.2.6 Ressacas Históricas

Foi realizada uma análise para avaliar a importância das ressacas históricas recentes. A transformação dos dados de ondas ao largo para o período de 1980-2012 foi usada para definir eventos individuais de ressacas. Um evento de ressaca é definido na análise como o período de tempo durante o qual a altura significativa de onda H_s ultrapassa uma determinada altura crítica. O período da ressaca cessa quando a altura de onda se torna menor do que esse valor crítico. Para cada período de ressaca os seguintes parâmetros foram calculados:

- Início da ressaca (dia, mês, ano).
- Duração (em horas)
- Altura média e máxima da onda (H_s) durante o evento
- Direção média da onda (MWD) e período pico da onda (T_p).

Deve-se observar que o método para identificar os eventos individuais de ressaca é, de certa maneira, arbitrário, e pode estar sujeito a aperfeiçoamento. Os eventos de ressaca foram classificados de acordo com a exposição à energia de onda (calculados como o produto da energia de onda pela duração da ressaca). A **Tabela 3.2** apresenta a classificação das ressacas, baseada nos dados de onda transformados para o local do projeto. O valor crítico da altura de onda foi considerado nessa análise como 3.0m.

Tabela 3.2 - Apresentação dos 20 eventos de ressaca mais importantes entre 1980-2012

| Classif. | Início da ressaca | | | Duração (Horas) | Hs med. (m) | Hs max (m) | MWD (graus) | Tp med. (s) | Score (%) |
|----------|-------------------|-----|------|--------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|
| | Dia | Mes | Ano | | | | | | |
| 1 | 15 | 7 | 1988 | 41 | 3.5 | 3.9 | 152.9 | 11.5 | 100.0 |
| 2 | 10 | 7 | 2005 | 26 | 3.4 | 4.0 | 165.8 | 11.7 | 60.3 |
| 3 | 10 | 7 | 1986 | 28 | 3.2 | 3.5 | 147.3 | 11.5 | 58.3 |
| 4 | 17 | 8 | 1991 | 26 | 3.3 | 3.5 | 137.9 | 11.4 | 54.8 |
| 5 | 15 | 7 | 1985 | 27 | 3.2 | 3.4 | 124.3 | 11.9 | 54.5 |
| 6 | 11 | 5 | 2007 | 21 | 3.3 | 3.6 | 155.7 | 11.5 | 46.4 |
| 7 | 20 | 10 | 2011 | 21 | 3.2 | 3.4 | 155.8 | 11.1 | 42.4 |
| 8 | 11 | 7 | 1989 | 19 | 3.4 | 3.5 | 154.4 | 11.1 | 42.1 |
| 9 | 14 | 7 | 1985 | 20 | 3.1 | 3.2 | 143.7 | 11.0 | 38.0 |
| 10 | 30 | 11 | 1988 | 15 | 3.4 | 3.7 | 162.9 | 11.0 | 34.8 |
| 11 | 24 | 9 | 1999 | 16 | 3.3 | 3.6 | 164.5 | 11.1 | 34.5 |
| 12 | 13 | 6 | 2010 | 16 | 3.1 | 3.3 | 170.9 | 11.1 | 31.2 |
| 13 | 30 | 7 | 2007 | 12 | 3.6 | 4.0 | 153.5 | 11.9 | 30.1 |
| 14 | 30 | 6 | 2006 | 15 | 3.1 | 3.2 | 134.1 | 11.2 | 28.9 |
| 15 | 18 | 6 | 1988 | 14 | 3.2 | 3.4 | 168.0 | 10.8 | 28.7 |
| 16 | 31 | 7 | 2007 | 11 | 3.5 | 3.9 | 155.0 | 12.3 | 27.2 |
| 17 | 19 | 4 | 1981 | 12 | 3.3 | 3.5 | 183.1 | 12.0 | 25.7 |
| 18 | 10 | 5 | 1989 | 10 | 3.2 | 3.4 | 151.2 | 10.8 | 20.7 |
| 19 | 7 | 9 | 2006 | 11 | 3.0 | 3.1 | 144.6 | 11.2 | 20.1 |
| 20 | 2 | 6 | 1988 | 10 | 3.2 | 3.3 | 155.7 | 11.1 | 20.0 |

A tabela indica que a ressaca mais forte iniciou em 15 de Julho de 1988 e teve uma duração de 41 horas. A média da altura significativa de onda na zona offshore durante a ressaca foi de 3.5m e a altura significativa máxima de onda foi 3.9m. A média do período de onda e da direção de onda foram 11.5s e 152.9°N, respectivamente.

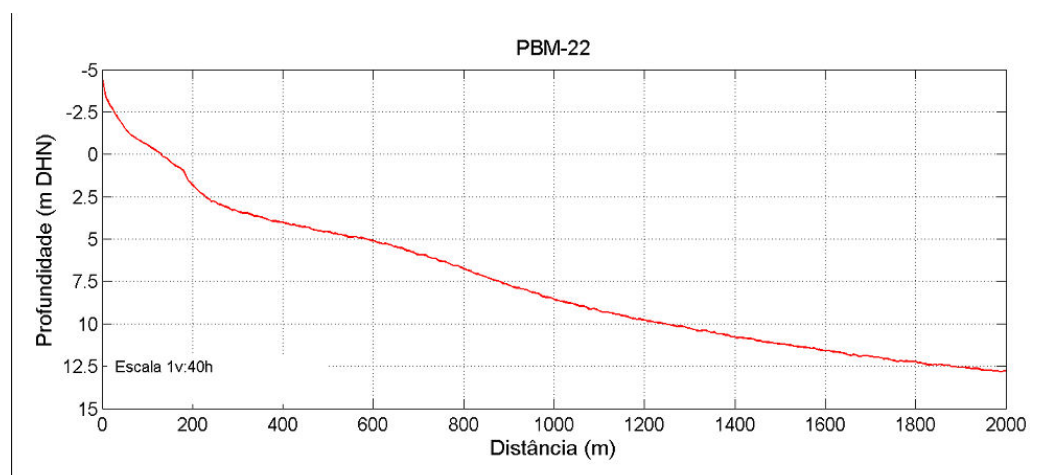
A análise mostra que oito das vinte ressacas mais fortes ocorreram nos últimos dez anos. Tal fato ressalta que as condições de ondas ficaram mais severas na última década.

3.3 DINÂMICA DO PERFIL TRANSVERSAL DA PRAIA

A forma do perfil da praia se adapta continuamente conforme as mudanças nas condições hidrodinâmicas. Em períodos de tempestades a areia é removida da linha da costa e depositada a uma distância mais afastada da mesma. Em períodos de calmaria, a areia é devolvida gradativamente à praia pela ação das ondas. O desenvolvimento do perfil é afetado pelas condições das ondas (altura, período e direção) e por variações no nível d'água. Em períodos com níveis de água relativamente altos, acompanhados de forte ação das ondas, a linha da costa recua para alcançar o perfil de equilíbrio; em períodos de calmaria a linha da costa voltará gradativamente à sua posição original, até seu perfil estar em equilíbrio com as condições hidrodinâmicas.

A dinâmica do perfil transversal da linha de costa é importante para poder estimar o recuo máximo da mesma durante tempestades. Nesta seção é analisada a dinâmica da linha da costa na escala de tempo de tempestades individuais a estações do ano. Outros processos que afetam a linha da costa, tais como mudanças de médio prazo nas condições das ondas (associadas, por exemplo, ao fenômeno do El Niño) e o aumento do nível do mar no longo prazo, ocorrem durante períodos de tempo significativamente maiores e não interferem diretamente com as mudanças de curto prazo no perfil aqui consideradas.

Na análise atual a dinâmica do perfil de praia foi analisada no local da ponte, na parte central da área do projeto. Foi simulada uma série temporal de dados de onda e de nível d'água para um período contínuo de 32 anos (1980-2012). O perfil transversal inicial é apresentado na **Figura 3.24**.



3.3.1 Condições de Ondas no Local do Projeto

As condições de onda foram simuladas durante os últimos 32 anos usando o modelo de transformação de onda calibrado, como apresentado na seção 3.2. Na fronteira em águas profundas as séries temporais contínuas de dados do GROW foram impostas a intervalos de uma hora. O nível de água foi definido de acordo com as componentes da maré astronômica. A série

temporal dos dados de ondas transformados foi obtida no local do perfil transversal. A **Figura 3.25** apresenta as series temporais de Altura, período e direção de ondas numa profundidade de 10m na área central do projeto.

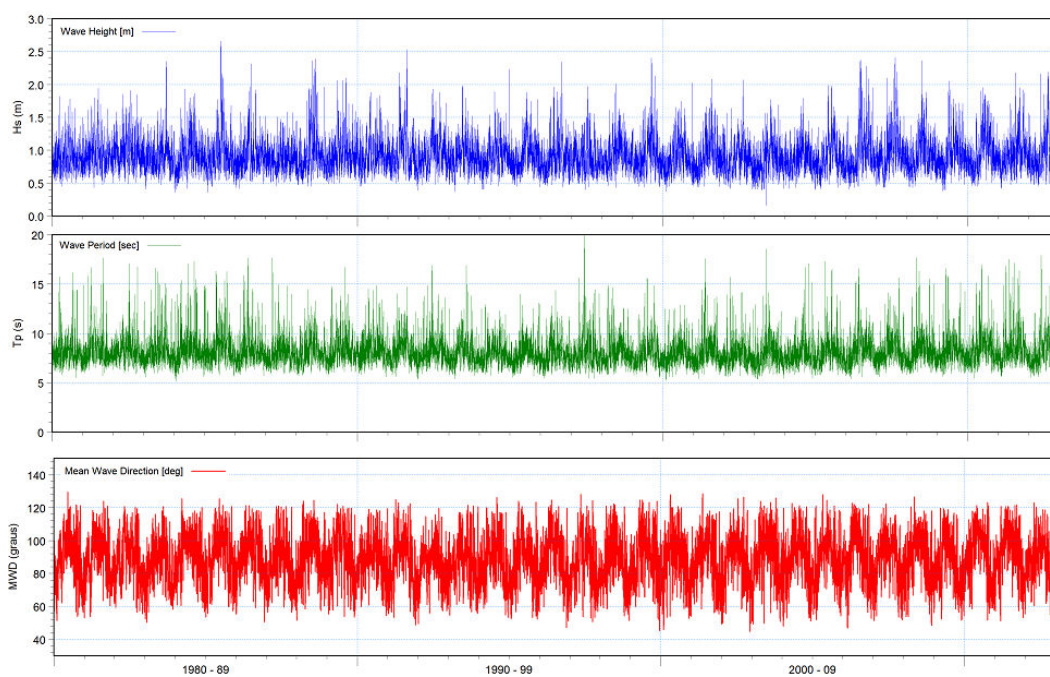


Figura 3.25 - Variação Temporal de Ondas na Parte Central do Projeto. Profundidade 10m, período [1980 – 2012]

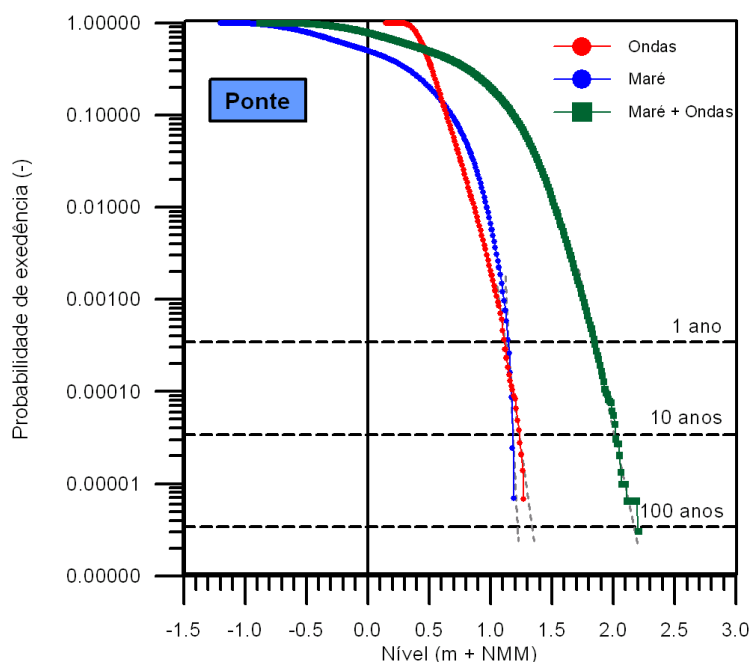
3.3.2 Níveis da Água no Local do Projeto

O nível da água desempenha um papel importante no processo de erosão da praia durante tempestades. O principal efeito do aumento do nível da água é o de que maiores profundidades permitem que ondas mais altas cheguem até a praia, onde quebram e causam erosão. No caso do presente projeto, as variações no nível da água são causadas em escala regional pelos efeitos da maré astronômica e do vento, e em escala local pelos efeitos das ondas.

As variações no nível da água causadas pelas ondas incluem a sobre-elevação (wave set-up) e o espraiamento (wave run-up). A sobre-elevação é a variação no nível médio do mar causada pela arrebatção das ondas. O espraiamento é o nível máximo alcançado por uma onda individual ao avançar pela praia após quebrar. As variações no nível d'água provocadas por ondas são bem entendidas e há várias referências na literatura. Na presente análise são aplicadas as definições apresentadas nas diretrizes de 2004 da Agência Federal de Emergências dos EUA (Federal Emergency Agency). As diretrizes são utilizadas para avaliar o risco de erosão costeira no litoral da Califórnia e são amplamente aceitas.

O modelo calcula a sobre-elevação e o espraiamento e os dados derivados das ondas costeiras são utilizados para calcular as estatísticas referentes às variações no nível d'água provocadas pelas ondas. Infelizmente, não estão disponíveis dados com medição das variações no nível d'água. Portanto, não foi possível incluir nesta análise o efeito do vento nas variações no nível d'água. As variações no nível d'água devidas à maré astronômica foram calculadas com base nos

componentes harmônicos de marés do FEMAR apresentados na seção 3.1. A **Figura 3.26** apresenta as distribuições estatísticas dos níveis d'água. A curva azul indica os níveis d'água gerados pela maré astronômica, a curva vermelha indica os níveis provocados pelas ondas e a curva verde representa os níveis d'água oriundos do efeito combinado de ondas e marés. Os níveis apresentados aqui dizem respeito ao nível médio d'água, que fica 1.12m acima do nível zero da DHN.



A partir das análises estatísticas foram obtidas estatísticas de níveis d'água extremos. Isto foi feito por meio da extrapolação manual das distribuições calculadas para os valores correspondentes a períodos de retorno de 1 ano, 10 anos e 100 anos. Os níveis d'água para os diferentes períodos de retorno são apresentados na **Tabela 3.3**.

Tabela 3.3 - Níveis d' água extremos calculados para vários períodos de retorno em relação ao nível médio do mar (NMA)

| Tempo de Recorrência | Ondas | Marés | Total |
|----------------------|-------|-------|-------|
| 1 ano | 1.10 | 1.15 | 1.85 |
| 10 anos | 1.22 | 1.18 | 2.02 |
| 100 anos | 1.35 | 1.21 | 2.18 |

3.3.3 Evolução do Perfil no Curto e Médio Prazo

No decorrer dos últimos anos esforços consideráveis foram realizados no desenvolvimento de modelos matemáticos que descrevam o comportamento dinâmico do perfil transversal da linha de costa.

A presente análise baseou-se no modelo apresentado em Kriebel e Dean (1993). Esse modelo fornece soluções para a resposta no tempo do perfil de praia a tempestades na forma de uma integral de convolução. O modelo inclui uma função forçante de erosão variável no tempo e uma função exponencial de resposta da erosão. A função de erosão inclui dados de onda e níveis de água para a atual área do projeto. Com o objetivo de obter soluções analíticas, Kriebel e Dean (1993) representaram uma ressaca por meio de um hidrógrafa idealizada. No presente trabalho as equações governantes foram resolvidas numericamente nos casos em que não foram feitas simplificações quanto às condições das ondas e nível d'água.

A base do método de convolução é a observação de que a resposta de uma praia a condições permanentes de pressão é aproximadamente exponencial no tempo. Assume-se que a equação diferencial linear que rege a resposta do perfil a variações no nível d'água tenha a seguinte forma:

$$\frac{dR(t)}{dt} + \alpha R(t) = \alpha R_{\infty} f(t) \quad (3.7)$$

R = posição da linha de costa e t = tempo. R_{∞} representa o avanço ou o recuo máximo em potencial da linha da costa se a praia alcançasse um novo equilíbrio relativo às condições do nível d'água e da arrebentação das ondas. O fator α = parâmetro característico da taxa do sistema, definido como $\alpha = 1/T_s$. A expressão para a escala de tempo característica, T_s , foi derivada com base em medições:

$$T_s = C_1 \frac{H_b^{3/2}}{g^{1/2} A^3} \left(1 + \frac{h_b}{B} + \frac{mx_b}{h_b} \right)^{-1} \quad (3.8)$$

- C1 = Constante, estabelecida como $C_1 = 320$, com base em resultados laboratoriais (Kriebel e Dean, 1993)
- Hb = Altura da onda ao quebrar
- g = Aceleração devida à gravidade
- A = Constante do perfil
- hb = Profundidade da onda ao quebrar
- B = Altura da berma
- m = Inclinação da praia na linha de água
- xb = Largura da zona de arrebentação

A constante do perfil, A, se baseia no pressuposto de que a forma do perfil transversal da linha de costa pode ser simplificada de acordo com a seguinte expressão:

$$h = AX^{2/3} \quad (3.9)$$

Onde h = profundidade, X é a distância transversal da linha d'água. Dean (1987) encontrou uma expressão empírica para A, determinada inteiramente pelas propriedades dos sedimentos, com base em dados de campo:

$$A = 0,067ws^{0.44} \quad (3.10)$$

Onde ws é a velocidade da queda dos sedimentos (em cm/s).

A velocidade de queda dos sedimentos aumenta conforme o tamanho dos grãos. Assim, no caso de areia grossa calcula-se um fator A alto, o que resulta em um perfil íngreme. No caso de areia fina, o fator A é baixo e o perfil correspondente é mais suave. A **Figura 3.27** mostra a forma do perfil transversal da linha da costa referente a grãos com vários diâmetros diferentes.

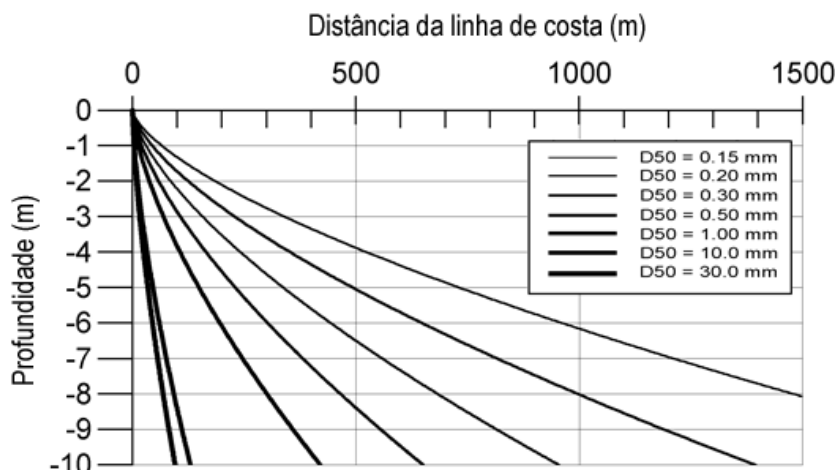


Figura 3.27 - Perfis de Equilíbrio Conforme o Tamanho dos Grãos
(Fonte: Mangor 2004)

A altura de onda na arrebentação H_b e a profundidade no local de arrebentação h_b são calculadas no modelo utilizando um modelo simples de transformação de ondas, assumindo a refração e o empinamento lineares. O índice utilizado para a arrebentação das ondas foi 0,78, sendo um valor de uso comum. A altura da berma B e a inclinação da praia foram derivadas diretamente do perfil medido da praia.

No modelo admite-se que a forma do perfil transversal da linha da costa permanece constante, enquanto que a parte ativa do perfil desloca-se conforme as elevações do nível d'água (nível de ressaca). A velocidade desse deslocamento do perfil é determinada pelas condições das ondas. Parte-se do pressuposto que não há perda de sedimento na linha da costa, mas que o mesmo seja reposicionado devido às variações nas condições das ondas e nos níveis d'água. O conceito encontra-se ilustrado na **Figura 3.28**.

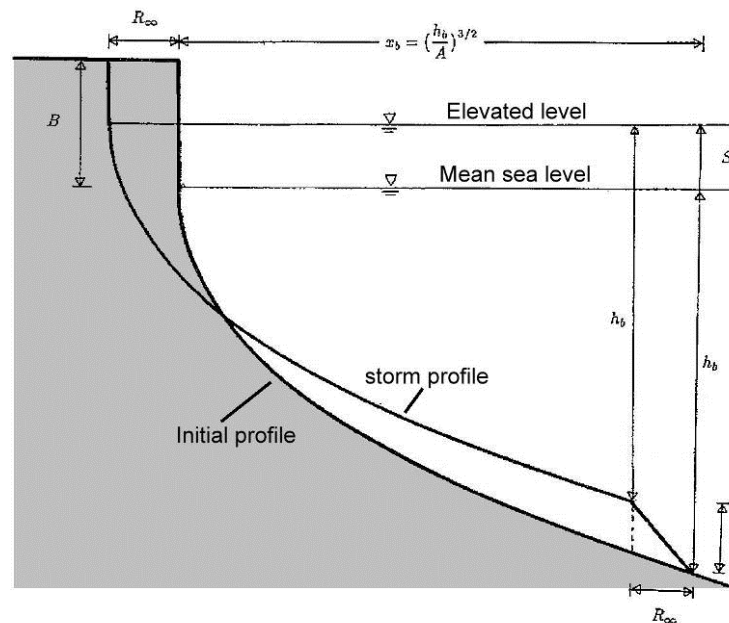


Figura 3.28 - Ilustração do Conceito do Modelo do Perfil

Com base nas definições acima, a posição de equilíbrio da linha da costa – que será alcançada se as condições atuais permanecerem constantes – pode ser calculada conforme segue:

$$R_{\infty} = \frac{S \left(x_b - \frac{h_b}{m} \right)}{B + h_b - S/2} \quad (3.11)$$

onde S = elevação da superfície da água (devida à maré, ressaca, sobre-elevação e espraiamento).

Nas simulações os parâmetros utilizados para as ondas foram baseados nas condições derivadas das ondas costeiras. A elevação total no nível d'água consiste de duas componentes: 1) – maré astronômica e 2) sobre-elevação e espraiamento, conforme apresentados na seção anterior. A sobre-elevação e o espraiamento foram estimados com base em Ruggiero et Al. (2001). A equação foi resolvida numericamente para o período de 2001 a 2010.

A análise do perfil transversal da praia foi realizada para as seis posições ao longo da área do projeto. O perfil médio no decorrer do tempo foi utilizado como condição inicial. O espaçamento da grade utilizada no modelo foi de 2m. O intervalo de tempo nas simulações foi de 3 horas, o que corresponde à resolução de tempo dos dados de ondas.

A variação da posição da linha de costa foi simulada durante o período de [1980 - 2012]. Os resultados são apresentados na **Figura 3.29**. Note-se que as simulações representam apenas o recuo da linha de costa devido a mecanismos puros de transporte transversal de sedimentos. Isto implica que nessas simulações o volume total da areia permanece constante. As simulações representam a dinâmica da linha da costa, devida à relocação transversal da areia causada pela ação das ondas em conjunto com os níveis d'água. As perdas de sedimento devidas ao transporte

longitudinal, conforme descrito na seção anterior, precisam ser superpostas nas simulações das variações da linha da costa devidas aos processos de transporte transversal do sedimento.

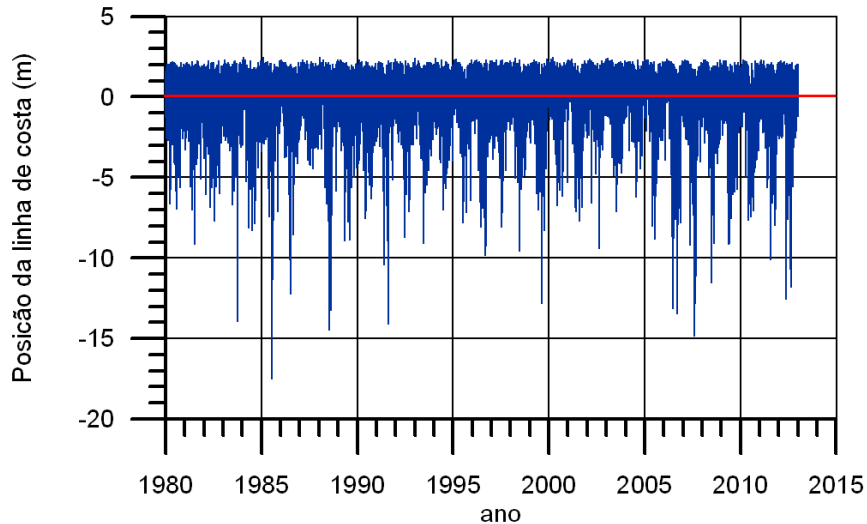


Figura 3.29 - Variação da Posição da Linha de Costa Durante o Período [1980-2012]

As estatísticas de excedência das flutuações da linha da costa foram calculadas das simulações, ver a **Figura 3.30**. As linhas pontilhadas pretas representam os resultados do modelo, enquanto que a curva vermelha representa o melhor ajuste (Weibull). A erosão máxima da linha da costa para diferentes períodos de retorno foi obtida por meio da extrapolação manual das distribuições calculadas para os valores correspondentes a períodos de retorno de 10 anos e 100 anos. Os resultados baseados nos últimos dez anos [2000-2010] estão apresentados na **Tabela 3.4**.

O recuo máximo da linha da costa para o período de retorno de 100 anos foi de aproximadamente 21m. Isto indica que a linha da costa não deve recuar mais de 21m durante os próximos 100 anos, desde que não haja perda de sedimento na praia devida ao transporte longitudinal à mesma, e que as condições meteo-marinhas permaneçam inalteradas na região.

Tabela 3.4 - Recuo máximo estimado da linha da costa devido à dinâmica do perfil transversal da costa para diferentes períodos de retorno, baseado no período [1980 – 2012]

| Tempo de recorrência | | |
|----------------------|---------|----------|
| 1 ano | 10 anos | 100 anos |
| 13m | 17m | 21m |

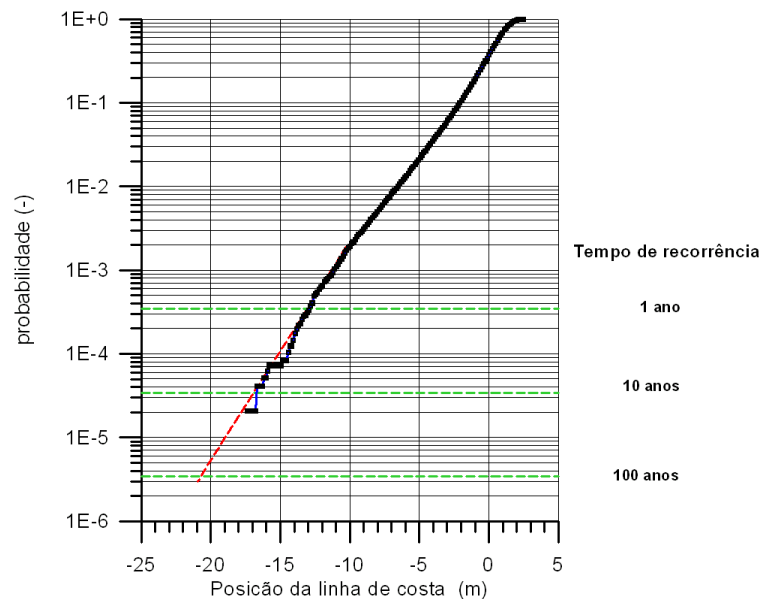


Figura 3.30 - Estatísticas de Excedência para a Dinâmica da Linha de Costa Devida à Evolução do Perfil

3.4 TRANSPORTE LITORÂNEO

Quando as ondas se aproximam da costa com um determinado ângulo, são geradas correntes pelas forças hidrodinâmicas associadas à arrebentação da onda. Essas correntes geradas pelas ondas causam transporte de sedimento ao longo da praia. A orientação da linha de costa, definida como a orientação da linha perpendicular à praia, é de aproximadamente 90° N na área central (ponte) do projeto. O transporte anual líquido de sedimento, ou deriva litorânea, é definido como a soma do transporte anual nas direções Norte e Sul.

As condições atuais de transporte na praia no local do projeto foram analisadas utilizando uma série de modelos matemáticos avançados para ondas, hidrodinâmica e transporte de sedimento.

3.4.1 Montagem do Modelo

O modelo de onda calibrado descrito no capítulo anterior foi usado para simular as condições de onda ao longo da costa. A série temporal de ondas simuladas foi calculada numa posição central do projeto (ponte) numa profundidade de 10m. Os dados de ondas transformados foram usados como dado de entrada para o modelo de transporte litorâneo de sedimento.

Os cálculos de deriva litorânea foram realizados utilizando o modelo de transporte do DHI LITPACK. Informações técnicas sobre o modelo podem ser obtidas em www.dhigroup.com ou fornecidas mediante solicitação.

O modelo de transporte está baseado numa aproximação 1D e calcula a transformação e a arrebentação das ondas ao longo de um perfil transversal na área próxima à linha da costa. O modelo calcula as correntes longitudinais que são geradas pelas ondas e o transporte de sedimentos resultante. Uma vantagem importante desta metodologia é que com esse modelo

pode-se utilizar uma resolução espacial muito fina, a qual é necessária para resolver a hidrodinâmica costeira e o transporte de sedimento de maneira suficientemente precisa.

3.4.2 Transporte Litorâneo Médio

A **Figura 3.31** mostra a taxa anual de transporte de sedimentos calculada ao longo do perfil transversal localizado na parte central da área do projeto. A linha azul representa o transporte anual para N, a linha verde representa o transporte de sedimento para S. O transporte líquido está indicado pela linha preta. Os cálculos mostram que os componentes de transporte para Norte e para Sul são da mesma ordem de magnitude e que há um pequeno transporte líquido dirigido para Norte. A simulação no modelo mostra que quase todo o transporte litorâneo ocorre a uma distância de 250m da linha de marés alta.

Um parâmetro importante para o comportamento morfodinâmico da praia é a assim chamada profundidade de fechamento, a qual é definida como a profundidade máxima da água onde o sedimento é transportado pela ação de ondas e correntes. Observou-se que quase todo o transporte de sedimento ocorre perto da linha d'água, em profundidades menores que 4m (DHN).

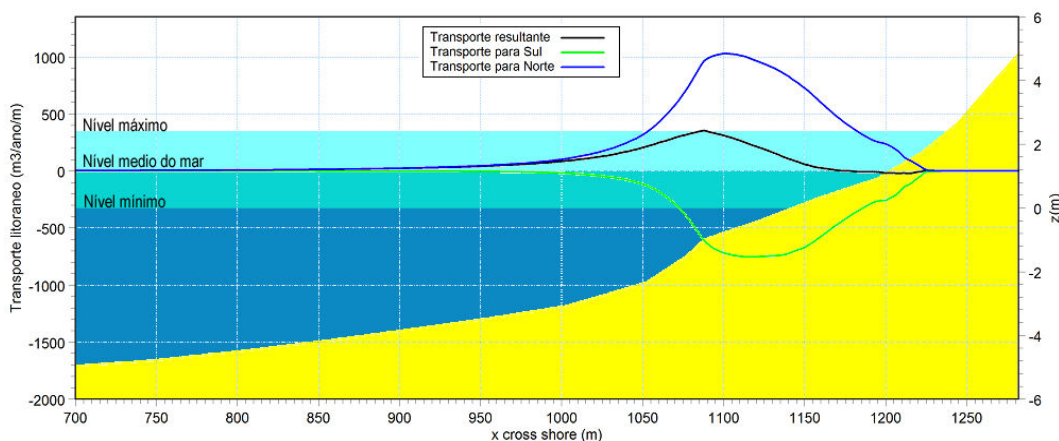


Figura 3.31 - Distribuição do Transporte Litorâneo ao Longo do Perfil da Praia

Com o intuito de estudar as variações temporais do transporte litorâneo, foram realizadas simulações no modelo para cada ano durante o período de 1980-2012. Os resultados estão apresentados na **Figura 3.32**. As colunas representam os componentes Norte e Sul do transporte anual resultante. A linha vermelha indica o transporte residual.

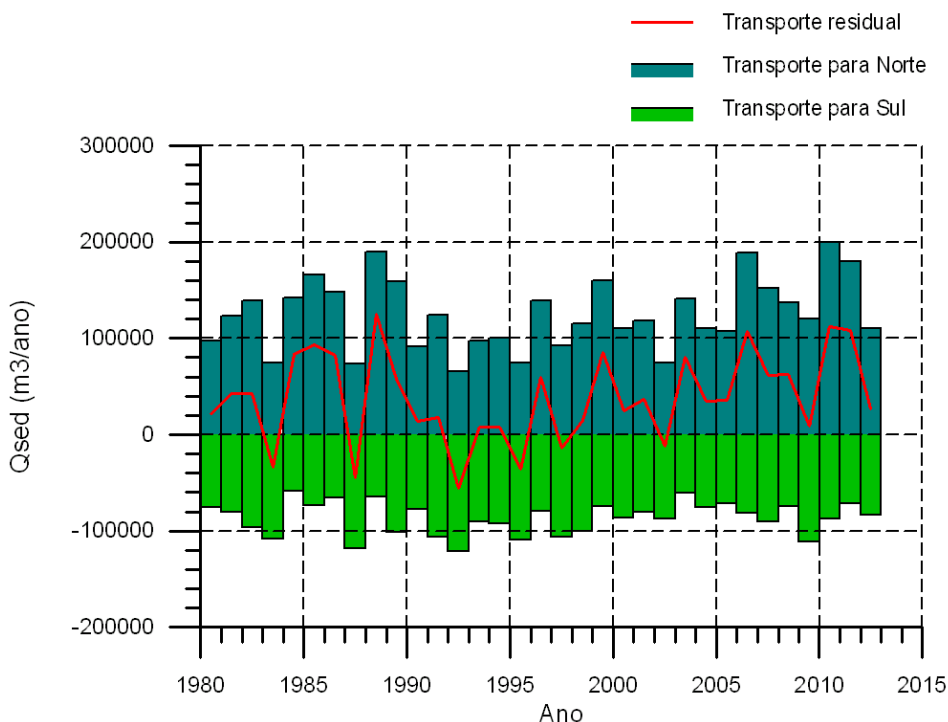


Figura 3.32 - Taxas Anuais de Transporte Litorâneo Calculado para o Período de 1980-2012

Os cálculos indicaram uma variação clara no transporte ao longo dos anos. A direção do transporte residual ao norte da foz do rio mudou várias vezes durante o período coberto pelos dados. A magnitude do transporte dirigido para norte e para sul está geralmente entre 80.000 m³/ano e 200.000 m³/ano. Na média, o transporte residual está dirigido para Norte.

As simulações no modelo mostram que o componente Norte aumentou gradualmente durante os últimos 20 anos.

Além das variações na escala de tempo de anos, também ocorrem fortes variações sazonais no transporte litorâneo. A **Figura 3.33** mostra a variação mensal do transporte litorâneo, calculada para todo o período coberto pelos dados.

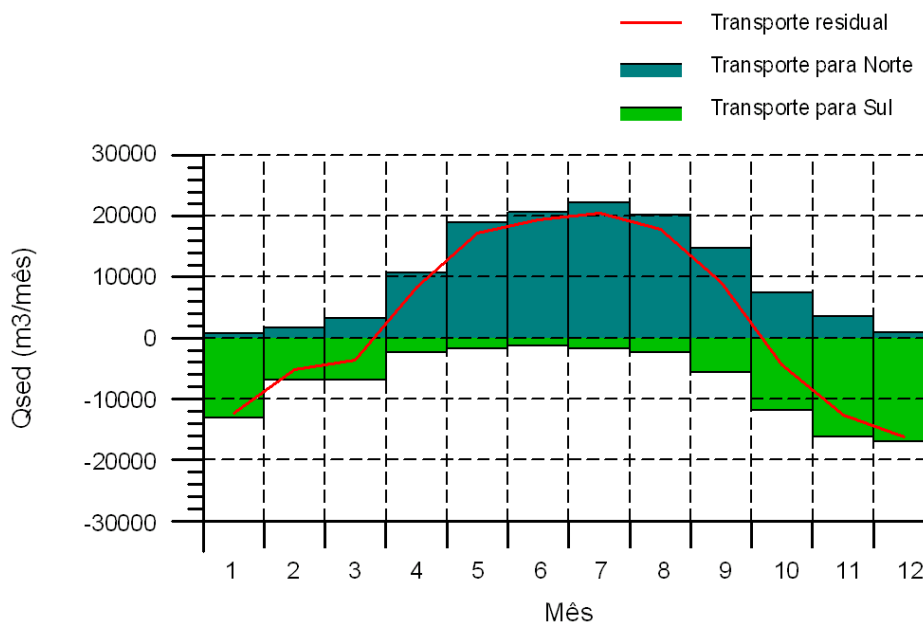


Figura 3.33 - Taxas Médias Mensais de Transporte Litorâneo Calculadas para o Período de 1980-2012

As simulações do modelo mostram que o transporte litorâneo está dirigido para norte no inverno (Abril-Setembro) e para sul durante o verão (Outubro-Março). As taxas máximas de transporte para norte - e sul ocorrem em julho e Dezembro, respectivamente.

3.5 IMPACTO COSTEIRO

Quando as ondas se propagam de águas profundas para a costa, vários mecanismos de transformação se tornam ativos. A refração fará as ondas se adaptarem gradualmente a um ângulo de incidência mais perpendicular à costa. Quando as ondas entram em águas rasas, a altura da onda é afetada pelo efeito de empinamento. Ao atingir certa relação crítica entre altura da onda/profundidade da água, a onda começa a arrebentar e gradualmente perde a sua energia, à medida que se propaga como "macaréu turbulento" pela zona de arrebentação.

A arrebentação da onda causa uma gradiente no nível médio do mar na praia, comumente chamado de "wave set-up". A elevação máxima do nível do mar causada por essa sobrelevação é de aproximadamente 25% da altura da onda no ponto de arrebentação. No caso de ondas incidentes oblíquas, a arrebentação da onda causa uma força hidrodinâmica ao longo da costa que gera uma corrente longitudinal, comumente chamada de corrente litorânea. Essa corrente é responsável pelo transporte de areia ao longo da costa.

A construção do porto terá alguma influência sobre as condições de onda ao longo da costa. As mudanças nas condições de onda têm um impacto no transporte de sedimento ao longo da costa e podem causar mudanças na posição da linha da costa. Nesta seção é analisado o efeito do porto sobre as condições das ondas na costa, na hidrodinâmica e no transporte de sedimento e é avaliado o impacto na linha da costa.

Quando é construída uma estrutura marítima, tal como um quebra-mar ou um porto, então a energia da onda incidente diminui numa seção ao longo da costa localizada ao abrigo da obra. A diminuição da energia de onda reflete-se numa diminuição local da altura de onda, com a altura de onda mínima localizada no centro da área de sombra atrás da estrutura. A diminuição local da altura de onda na área de sombra do quebra-mar causa uma gradiente longitudinal no nível médio da água (wave set-up). Este gradiente gera uma corrente, ao longo da costa, direcionada para o eixo do quebra-mar.

Em virtude da diminuição da altura de onda, a capacidade da corrente litorânea de transportar areia fica localmente diminuída, o que provoca acumulação de sedimento. Esta acumulação de sedimento provoca um crescimento da praia atrás do quebra-mar. Como a orientação da linha da costa muda na zona de sombra atrás do quebra-mar, a componente longitudinal das forças hidrodinâmicas causadoras da corrente litorânea fica adequadamente diminuída.

Eventualmente, é atingida uma situação onde as forças hidrodinâmicas que tendem a criar uma protuberância na linha da costa são equilibradas por forças que tendem a suavizá-la. A configuração da praia em equilíbrio resultante corresponde a um crescimento da praia na zona de sombra do quebra-mar em forma de sino, comumente chamado de saliente. Se a distância entre o quebra-mar e a praia for relativamente pequena, a linha da costa irá crescer até atingir o quebra-mar e formará o que é chamado de tombolo.

3.5.1 Célula Sedimentológica

Para analisar o impacto do novo porto na linha de costa é importante conhecer as dimensões da célula sedimentológica. Uma célula sedimentológica é uma seção da linha de costa em que os processos físicos são relativamente independentes de processos ativos em células adjacentes. Os limites de uma célula geralmente são definidos pela presença de unidades maiores que bloqueiam o transporte litorâneo com, por exemplo, promontórios rochosos, grandes estruturas marítimas tipo portos e moles, ou deltas fluviais.

O litoral ao Norte do novo porto é caracterizado por extensões de praia arenosa. Existem várias áreas rochosas no litoral norte do porto, mas estas áreas não interrompem o transporte litorâneo. Deste modo, o limite norte da célula sedimentológica norte do porto está localizada na Serra Grande, aproximadamente 22 km norte do porto.

No litoral sul do novo porto a praia é continua até boca da Barra, quase até o porto de Ilhéus, localizada aproximadamente 10 km sul do novo porto. A célula sedimentológica e os limites norte e sul são apresentados na **Figura 3.34**.

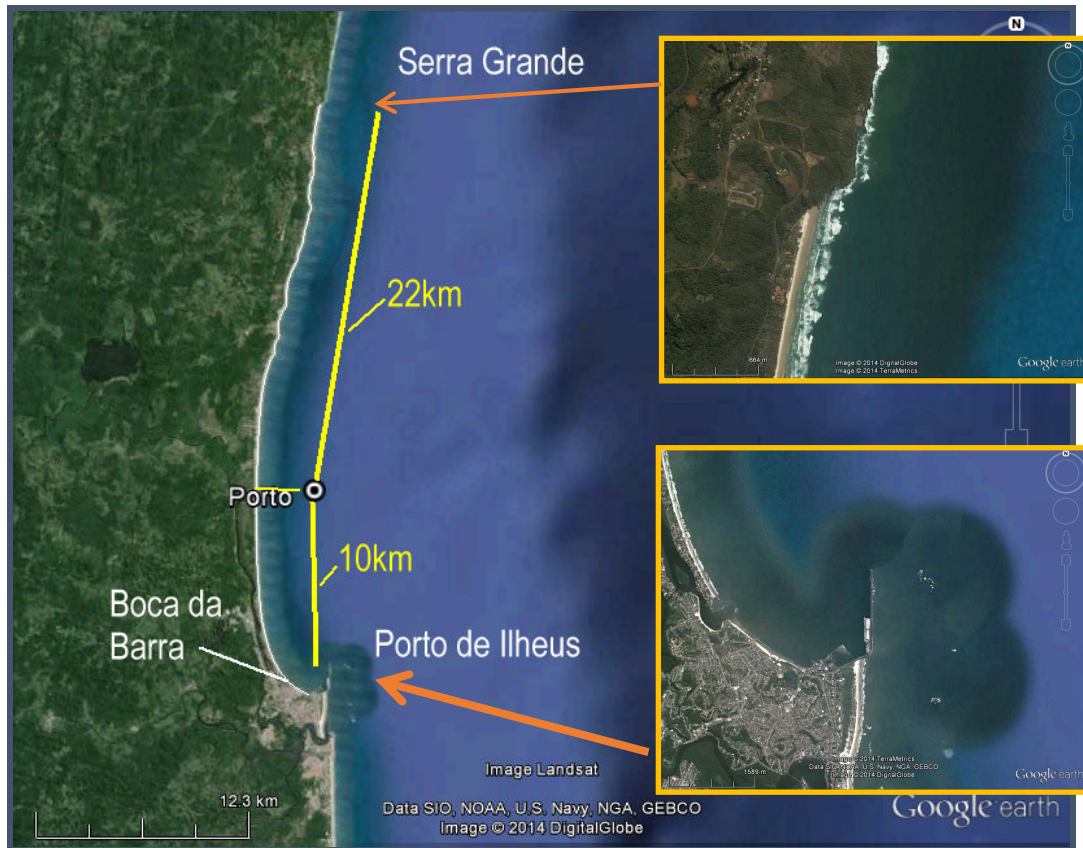


Figura 3.34 - Localização da Célula Sedimentológicas

Dentro da célula de sedimento a linha da costa tentará atingir a sua assim chamada orientação de equilíbrio, a qual é definida como a orientação onde as componentes do transporte litorâneo anual dirigido para Norte e Sul são iguais em magnitude.

3.5.2 Dinâmica Natural da Linha de Costa Causada pelas Variações na Deriva

A orientação de equilíbrio da linha da costa é definida pelas condições das ondas litorâneas. Se ocorrerem mudanças nas condições de ondas, por exemplo, devido à variação sazonal, então a linha da costa dentro de uma célula de sedimento tentará se adaptar a uma nova orientação, a qual corresponde à nova orientação de equilíbrio. Este mecanismo está ilustrado na **Figura 3.35**. A área cinzenta indica a posição de equilíbrio da linha da costa inicial. A linha preta representa a orientação de equilíbrio da linha da costa, correspondente às mudanças nas condições de ondas.

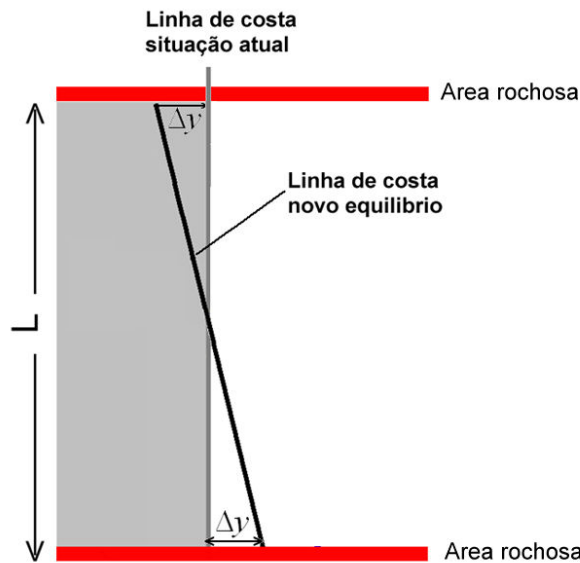


Figura 3.35 - Ilustração da Mudança da Linha da Costa dentro de uma Célula Costeira. Linha Cinza: Posição Inicial de Equilíbrio da Linha da Costa, Linha Preta: nova Posição de Equilíbrio da Linha da Costa

Assumimos que o transporte litorâneo anual é dividido em dois períodos. No primeiro período o transporte total é igual ao componente norte do transporte anual e durante o segundo período o transporte é igual ao componente sul. Assumimos que a linha de costa continue estreita e que a orientação desta mude como indicado na **Figura 3.35**.

Assim a mudança da linha de costa pode ser estimada usando considerações geométricas simples como:

$$\Delta y_{max} = \frac{4Q_{ann}}{L d_{act}} \quad (3.12)$$

Aqui Δy_{max} = amplitude máxima da linha de costa, Q_{ann} = magnitude do componente do transporte anual litoral, L = comprimento da célula sedimentologica, e d_{act} = profundidade de fechamento. Na seção 3.2 foram calculados os componentes norte e sul do transporte litorâneo. A magnitude máxima dos componentes é de aproximadamente 200.000 m³/ano. O comprimento da célula sedimentologica é de aproximadamente 35 km, e a profundidade de fechamento é da ordem de 5m. Assim, a amplitude máxima da linha de costa fica de aproximadamente 4.5m.

Considerando que o porto está localizado a uma distância dx do limite da célula a amplitude da linha costa na posição do porto, Δy_{porto} pode ser estimada usando:

$$\Delta y_{porto} = \Delta y_{max} \left[1 - \frac{2dx}{L} \right] \quad (3.13)$$

Usando um valor dx de 12 km a amplitude da linha de costa na posição do porto, Δy_{porto} , pode ser calculada sendo de aproximadamente 1.5m. Este valor é uma estimativa conservadora e é pequena em comparação com a variação da linha de costa devido à dinâmica do perfil transversal que foi analisada na seção 3.3. Por isso, a dinâmica natural da linha de costa devido a variações temporais na deriva pode ser considerada desprezível e não precisa ser analisada em maiores detalhes.

3.5.3 Transporte de Litoral após a Construção do Quebramar

Após a construção do quebramar as condições de ondas, correntes e transporte litorâneo vão mudar conforme escrito na seção 3.5.1. Atrás o quebramar forma-se uma área de sombra onde a altura de ondas fica diminuída. As mudanças nas condições de ondas na zona litoral se refletem num padrão semelhante da capacidade de transporta sedimento ao longo da costa. Para ondas vindo de E até S o transporte litorâneo diminuída na área norte do quebramar. Para ondas das direções N até E a capacidade de transporte diminuirá no lado sul quebramar. Este mecanismo esta ilustrado em **Figura 3.36**. A evolução da linha de costa após da construção do quebramar e sem intervenção nenhuma em relação com gerenciamento de sedimento está ilustrada na figura em cima. A figura a baixo mostra os componentes norte e sul do transporte litorâneo e o transporte resultante. A posição do quebramar esta indicado na figura. Geralmente o transporte resultante é da ordem 40,000 m³/ano e está direcionado ao norte, como foi apresentada na seção 3.4.2. As reduções nos componentes norte e sul do transporte criam um padrão do transporte resultante. No lado sul do porto, o transporte resultante aumenta na direção do porto e depois diminuída fortemente na are atrás do quebramar. Observe-se a inversão do transporte litoral (de norte para sul) na parte norte da área atrás do quebramar. Norte do quebramar o transporte aumenta. Á certa distancia do porto o transporte resultante atinge o mesmo valor que sul do porto, indicando o fim da área afetada pela presença do porto.

A gradiente no transporte litorâneo provoca um impacto inicial da linha de costa. Nas áreas com transporte acelerando a linha de costa recuará e na área onde o transporte está desacelerando a linha de costa vai crescer. Este padrão resulta na formação do saliente na área atrás do porto e a erosão da linha de costa nos dois lados do porto.

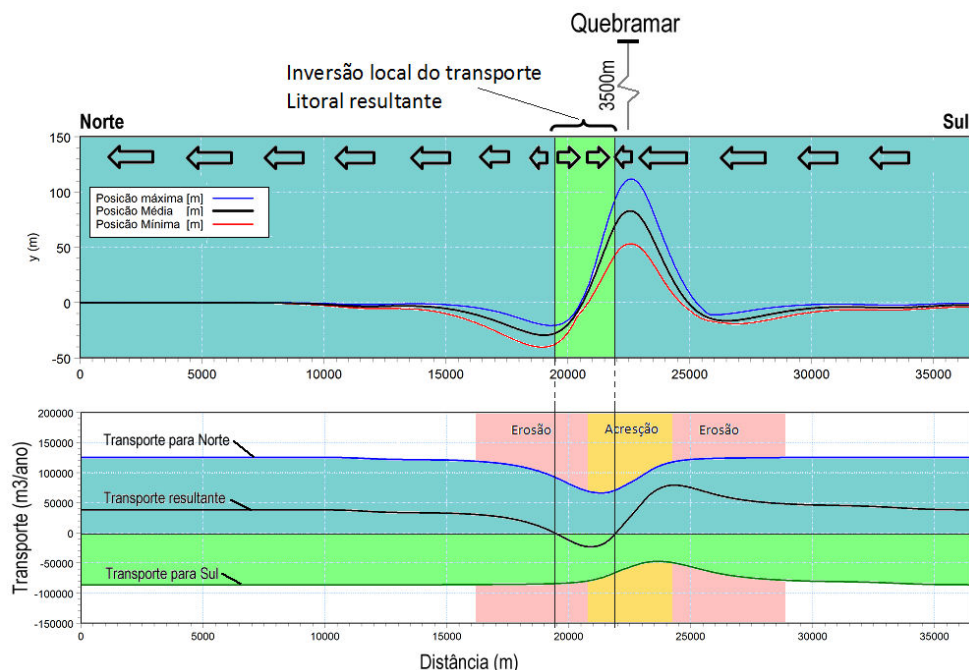


Figura 3.36 - Ilustração do transporte litorâneo e a tendência da evolução da linha de costa logo depois a construção do quebramar. Em cima a evolução da linha de costa sem nenhuma intervenção. Em baixo: A variação do transporte litoral na situação inicia após a construção do quebramar

3.5.4 Evolução da Linha de Costa após a Construção do Porto

Nas praias naturais a linha de costa tem uma tendência de desenvolver a orientação equilíbrio, em que a orientação da linha de costa, aonde os componentes norte e sul do transporte anual de sedimento cheguem a ter a mesma magnitude e assim, o transporte residual fica zero.

Gradientes no transporte litoral ao longo da costa se refletem numa mudança na linha de costa. É possível que haja uma taxa de transporte litorâneo resultante considerável sem esta causar erosão nem acreção. Enquanto o transporte litorâneo é constante ao longo da costa não terá mudança na posição da linha de costa. Quando for construído um quebramar offshore, o transporte litorâneo será reduzido na área de sombra atrás do quebramar. Esta redução causa uma gradiente ao longo da costa que causará acumulação de sedimento e assim, acreção da linha de costa a montante do quebramar. Similarmente será criada uma área de erosão a jusante do quebramar. As mudanças na orientação da linha de costa, causadas pela acreção/erosão afetam a taxa do transporte de sedimento. Assim, quanto mais a linha de costa atinge a orientação de equilíbrio menor será o transporte litorâneo.

3.5.4.1 Abordagem do Modelo

Foram realizadas simulações da evolução da linha de costa usando o modelo LITPACK, desenvolvido pelo DHI. O modelo é capaz de simular a erosão e acreção da linha de costa após a construção de uma estrutura marítima tipo quebramar ou espigão. Os impactos das estruturas nas condições de ondas, correntes e transporte litorâneo são incluídos no modelo. O modelo é baseado no princípio de balanço de sedimento litorâneo. A mudança na posição da linha de costa é calculada usando a formulação da continuidade:

$$\frac{dQ(x)}{dt} = -\frac{dQ_l}{dx} + S \quad (3.14)$$

| | |
|----------------|---|
| Q(x) | = Mudança volumétrica (m ³) |
| t | = tempo (s) |
| Q _l | = Transporte litorâneo (m ³ /s) |
| x | = coordenado ao longo da costa (m) |
| S | = termos de fontes e perdas (m ³ /s) |

O fator S representa o volume de sedimento que é importado ou exportado da célula de sedimento como, por exemplo, o volume de engordamento da praia. O transporte de sedimento pelo vento é considerado pequeno em comparação ao transporte litorâneo e por isso foi negligenciado.

Assumindo que a mudança da linha de costa acontece através de uma translação do perfil transversal da praia, e que a forma média deste perfil não muda, as mudanças volumétricas podem ser transformadas em mudanças na posição da linha de costa conforme a seguinte expressão:

$$\frac{dQ(x)}{dt} = h_{act} \frac{dY_c(x)}{dt} \quad (3.15)$$

Aqui, Y_c = posição da linha de costa (m) e h_{act} = profundidade de fechamento, que é a profundidade máxima onde as ondas e correntes são capazes de mobilizar a areia no leito do mar. A **Figura 3.31** indica que a profundidade de fechamento no atual site é de aproximadamente 6m. O modelo considera a distribuição perpendicular da costa do transporte litorâneo no cálculo do bloqueamento do transporte pelas estruturas.

Nas simulações da evolução da linha de costa foram incluídos os resultados do estudo de ondas como apresentados na seção 3.2. As simulações cobrem um período de trinta anos após a construção do quebramar. Nas simulações foi assumido que as condições de ondas do período 1982 - 2012, apresentadas na seção 3.2, podem ser consideradas representativas para o período de trinta anos após a construção do porto e que não haverá mudanças significativas nas condições de ondas na zona offshore. A situação inicial da linha de costa corresponde à situação cinco anos após a construção do porto provisório (PEP). As simulações mostram que esta situação inicial não desempenha um papel importante na evolução da linha de costa enquanto o PEP será tirado completamente após o período de cinco anos.

3.5.4.2 Validação do modelo

O modelo de evolução da linha de costa é um modelo dinâmico que resolve as mudanças temporais da linha de costa causadas pelas variações nas condições de ondas. O modelo é 1-Dimensional, onde foi assumido que as variações na batimetria na direção ao longo da costa são pequenas em comparação com as mudanças na batimetria na direção perpendicular à costa (Uniformidade longitudinal). Uma análise da batimetria do modelo indica que esta afirmação é justificada para o atual site. Mesmo assim, algumas variações podem ser observadas ao longo da costa do atual site. Para validar o modelo de evolução da linha de costa foi realizada uma comparação com um modelo da evolução da linha de costa que incluía a batimetria completa e assim, incluía o efeito de todas as variações da batimetria. Neste modelo, a posição da linha de costa para a situação de equilíbrio é calculada com base nas mudanças na orientação de equilíbrio antes- e depois a construção do quebramar. Como o modelo é baseado no conceito de orientação equilíbrio os resultados obtidos por este modelo refletem a configuração média, quase estática da linha de costa que se estabelecerá só após muito tempo (>100 anos). Como se trata dos resultados de dois modelos com base diferentes, uma comparação direta não é totalmente justificada. O modelo 1-Dimensional incluiu as variações sazonais nas condições de ondas, mas não incluiu a variação na batimetria ao longo da costa. O segundo modelo, baseado nas simulações completas em 2D incluiu os efeitos das variações na batimetria ao longo da costa, mas considera a linha de costa média e para a situação de equilíbrio. Mesmo assim a comparação dos resultados dos dois modelos é útil para validar o modelo aplicado no estudo. Para simular um período quase infinito no modelo 1D o mesmo período de trinta anos foi repetido 10 vezes nas simulações (assim simulando um período de 300 anos).

Para calcular a configuração equilíbrio da linha de costa a série temporal completa de eventos de ondas no oceano, como descrito na seção 5, foi transformada para perto da costa usando o modelo de transformação de ondas calibrado. Foi selecionado um total de 43 posições ao longo da costa, onde foram calculadas as estatísticas das ondas e orientação equilíbrio da linha de costa. As posições estão apresentadas na **Figura 3.37**.

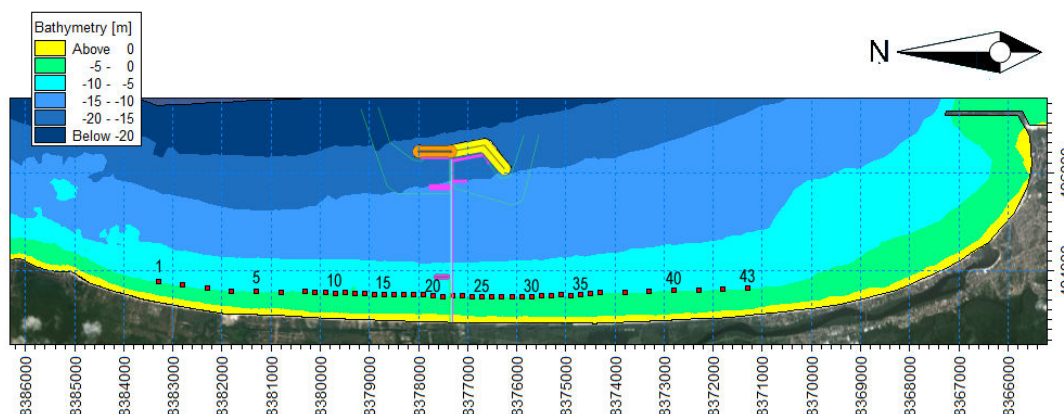


Figura 3.37 - Localização dos Pontos na Costa usados no Estudo de Impacto Costeiro

Os cálculos foram realizados para a situação antes e depois da construção do porto completa (BAMIN + Porto Publico).

O efeito do porto sobre as condições das ondas na costa é expresso através da mudança na orientação de equilíbrio da linha de costa, a qual foi calculada a partir dos dados de ondas transformadas nas posições apresentadas na figura acima.

Devido ao efeito de bloqueio do novo porto sobre as ondas que vêm das direções Sul até Este, aumenta a importância relativa das ondas de direções do Norte no lado norte do porto. Isto resulta numa rotação anti-horária da direção da onda resultante. Como resultado das mudanças nas condições de ondas a praia adaptará a sua orientação e começará a se desenvolver para atingir uma nova configuração de equilíbrio. No lado sul do porto acontece o contrário, aqui a importância das ondas da direção sul aumenta e o resultado é uma tendência de rotação horária da linha de costa.

Usando este mecanismo, as mudanças calculadas nas condições das ondas foram aplicadas para calcular o impacto na linha da costa.

A mudança na orientação de equilíbrio da linha de costa depois da construção do porto pode ser interpretada em termos de evolução da linha de costa através da seguinte expressão:

$$\Delta y(x) = \int_0^x \frac{\partial \tan \beta_{eq}}{\partial x} dx + C \quad (3.16)$$

Onde Δy = mudança na linha de costa (m), x = coordenada ao longo da costa, β_{eq} = orientação local de equilíbrio da linha de costa e C = constante.

A constante C é obtida a partir da exigência de que nenhum sedimento seja adicionado ou removido da praia, ou seja, exigência de continuidade de areia. A configuração equilíbrio da linha de costa está apresentada através da linha vermelha na **Figura 3.38**. A linha de costa calculada pelo modelo dinâmico 1D é indicada como a linha preta. Para simular a configuração final da linha de costa o período simulado no modelo dinâmica deve ser aumentado até a linha de costa chegou numa configuração estável. Por isso, o período simulado neste modelo foi de 300 anos.

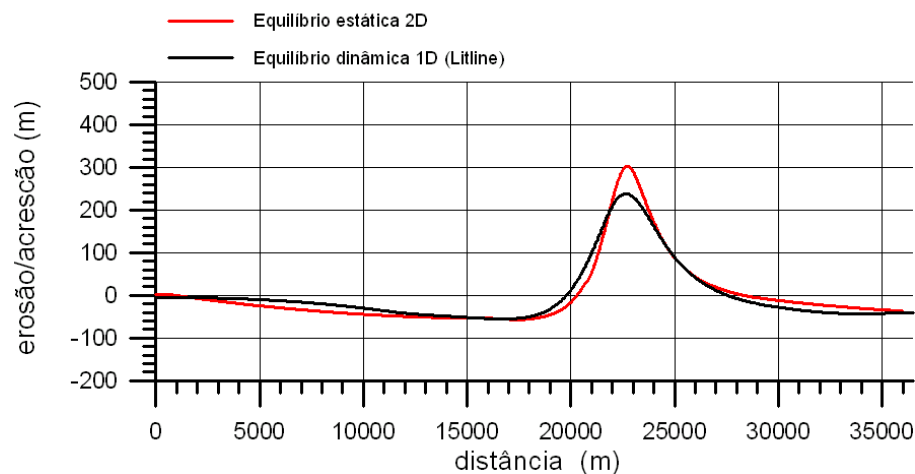


Figura 3.38 - Configuração equilíbrio da linha de costa após da construção do quebramar completa (BAMIN + Porto Público). Linha vermelha: solução do modelo estática-2D, linha preta: Solução do modelo dinâmico 1D

A análise mostrou que as soluções dos dois modelos são muito similares na área do atual projeto. Os modelos indicam que a extensão do saliente máximo ficará aproximadamente 250m a 300m e a erosão da linha de costa nos dois lados do porto ficará aproximadamente 40m. Ressalte-se que as mudanças apresentadas na **Figura 3.38** correspondem à situação final do novo equilíbrio. Esta situação ocorrerá depois de muito tempo (>100 anos) e somente se não for estabelecido nenhum sistema de gerenciamento de sedimento para mitigar o impacto negativo na linha de costa.

3.6 SISTEMAS DE TRANSPASSE DE AREIA

Para mitigar o impacto negativo do quebramar na linha de costa será necessário estabelecer um sistema de proteção da linha de costa. O objetivo de tal sistema é de limitar o recuo da linha de costa ao longo das praias adjacentes ao porto. Em estudos anteriores foram analisadas várias alternativas para o sistema de proteção e foi concluído que a melhor opção será um sistema de transpasse de sedimentos. Assim será retirado sedimento da área atrás do porto onde estará se formando um saliente e recolada nas praias onde acontecerá erosão. As análises apresentadas nas seções anteriores mostraram que a erosão acontecerá nos dois lados do porto. Por isso, o sistema de transpasse de sedimento deve ser desenvolvido num tal maneira que ele é capaz de tirar areia do saliente e recolocar no lado sul e norte do porto. O sistema pode ser realizado em várias maneiras. Nesta análise foram consideradas as seguintes alternativas:

- Relocação contínua de areia pelo sistema automático de bombeamento.
- Relocação pelo equipamento de escavação da praia
- Dragagem.

O sistema automático de bombeamento consiste de uma serie de bombas montadas a um pier transversal da linha de costa. Um exemplo de tal sistema esta apresentado em **Figura 3.39**.



Figura 3.39 - Ilustração do Sistema de Transpasse de Sedimento (Tweed River, Australia)

As bombas mantêm um trecho com profundidade suficiente para captar a areia que foi transportado pela corrente litoral. Através de um sistema de dutos a areia estará transportada e emitida em duas posições no lado norte e sul do porto. Assim a areia continuará sendo transportada ao longo da costa através da corrente litoral. Na seção 3.4 foi mostrado que há variações sazonais na intensidade e direção do transporte litoral. Durante o período de Abril-Setembro o transporte está principalmente direcionado ao norte e no período Outubro-Março ao sul. O transporte resultante foi calculado a ser aproximadamente 40,000 m³/ano e os componentes do transporte anual na direção norte e sul são da ordem 120,000m³/ano e 80,000m³/ano respectivamente. A variação do transporte litorâneo deve ser incluída nos cenários de bombeamento do sistema; o sedimento deve ser lançado no lado norte do porto durante o período Abril-Setembro e no lado sul no período Outubro-Março.

O sistema de relocação pelo equipamento de escovação da praia consiste em um escavador com alcança longa que tira a areia da praia durante períodos com maré baixa, ver ilustração na **Figura 3.40**. A areia será transportada pelo caminhão para a localização de relocação. O sistema é muito simples, robusto e flexível e pode ser operacionalizado com intervalos de um a cinco anos dependendo da intensidade do transporte litorâneo.

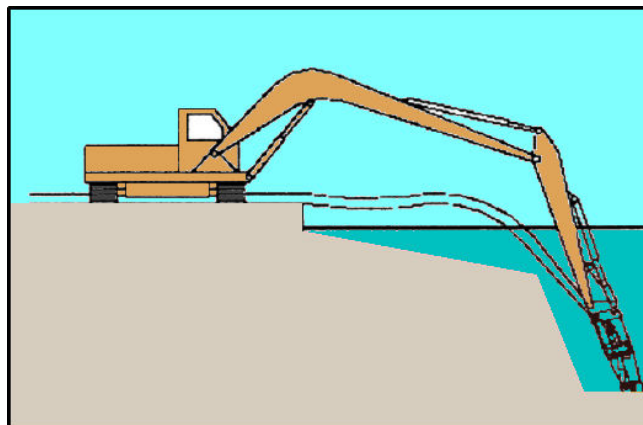


Figura 3.40 - Ilustração do Sistema de Relocação pelo Equipamento da Praia

A relocação de areia pela dragagem é uma operação que tipicamente está repetido com intervalos de vários anos devido o grande custo em relação com a mobilização do equipamento. Um exemplo de operação de dragagem esta apresentado em **Figura 3.41**.



Figura 3.41 - Exemplos de Vários Tipos de Dragagens Praticados pelas Autoridades Costeiras da Dinamarca

Nas simulações não se fez diferença se a retirada foi realizada pelo sistema automático, pelo equipamento de escavação ou pela dragagem. Os detalhes das operações não foram incluídos na modelagem. Os volumes de sedimento que foram retiradas e recolocadas forma incluídas como fatores de fontes e perdas no balanço de sedimento, assumindo que o perfil transversal da costa sempre ficou igual e se reformou rápido depois da retirada de sedimento. Obviamente isto é uma simplificação da realidade, mas no prazo longo considerado nesta análise (30 anos) os detalhes da forma do perfil transversal não desempenham um papel importante para o balanço de sedimento e a evolução da linha de costa no longo prazo.

3.6.1 Relocação Contínua de Areia pelo Sistema Automático de Bombeamento

A análise do transporte litorâneo foi apresentada na seção 3.4. A distribuição mensal do transporte litorâneo (valor média dos últimos 30 anos) está apresentada na **Figura 3.42**.

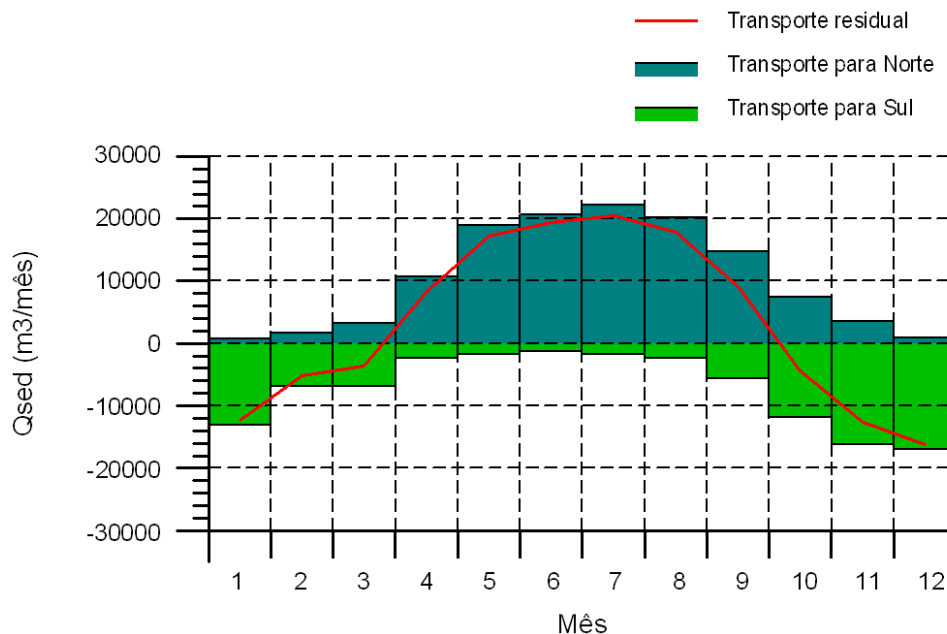


Figura 3.42 - Distribuição Mensal de Transporte Litorâneo

A análise mostrou que o transporte litorâneo resultante é direcionado ao norte durante o período Abril – Setembro e para Sul no período Outubro – Março. Em média o transporte para norte é aproximadamente 120,000 m³/ano e para sul de cerca 80,000 m³/ano causando um transporte residual anual de aproximadamente 40,000 m³/ano. Estes valores foram adotados nas primeiras simulações da evolução da linha de costa. Na primeira serie de simulações foram analisados 5 cenários de bombeamento/lançamento:

Tabela 3.5 - Primeira serie de cenários de bombeamento

| Cenário | Volume total da tirada de areia | Lançado No lado Sul (Out-Mar) | Lançado No lado Norte (Abr-Set) | Distancia entre tomada e emissário |
|---------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 1000m |
| 2 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 2000m |
| 3 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 3000m |
| 4 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 4000m |
| 5 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 5000m |

Os resultados estão apresentados nas **Figura 3.43** a **Figura 3.47**. As linhas azul, preta e vermelha indicam as posições máximas, mínimas e médias da linha de costa durante a simulação de 30 anos. Os valores da posição mínima, máxima e media da posição da linha de costa foram calculados com base nos resultados entre cinco e trinta anos após a construção do porto. Assim foram calculadas as posições da linha de costa para a situação em que o sistema esta em equilíbrio dinâmico. Os resultados do modelo indicam que nas primeiras cinco anos após a construção do porto o recuo da linha de costa ficará dentro do limite de 20m e por isso não terá

necessidade de relocar areia para mitigar problemas de erosão. A evolução da linha de costa sem nenhuma intervenção esta indicada como cinza nas figuras. As posições de tomada e os emissários estão indicadas nas figuras. Como situação inicial foi usada a linha de costa depois de cinco anos com porto preliminar. Esta situação inicial se mostrou de não ter uma grande importância no resultado final das simulações.

A **Figura 3.43** mostra a configuração da linha de costa após de trinta anos com o sistema onde a distancia entre a tomada e os emissários era 1000m. As simulações indicam que a acresção máxima do saliente é aproximadamente 110m no lado norte e 90m no lado sul. Na posição da tomada o recuo da linha de costa é aproximadamente 20m. A erosão máxima da praia á aproximadamente 35m no lado norte e 20m no lado sul. Os resultados de todos os cinco simulações são apresentados na **Tabela 3.6**.

Tabela 3.6 - Resultados das simulações da linha de costa cenário 1 – 5 Volume de sedimento retirado: 100,000 m³/ano

| Cenário | Tomada | Praia Norte do Porto | | | Praia Sul do porto | | |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| | Erosão máxima (m) | Acresção Máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Acresção máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 1 | 20 | 110 | 35 | 1500 | 90 | 20 | 4000 |
| 2 | 40 | 70 | 25 | 4500 | 60 | 15 | 4500 |
| 3 | 50 | 50 | 10 | 6000 | 45 | 8 | 6000 |
| 4 | 55 | 50 | 15 | 2000 | 40 | 2 | 2500 |
| 5 | 60 | 55 | 30 | 2500 | 40 | 10 | 3000 |

As simulações mostram que a menor valor da erosão máxima da praia ocorre para uma distancia entre a tomada e o emissário de 3000m (Cenário 3). Para distâncias maiores a erosão máxima acontecerá na faixa de praia entre a tomada e o emissário. A erosão na tomada e relativamente forte e é inevitável porque é o resultado do déficit de sedimento criado pelo próprio sistema de bombas. Mesmo se fosse construído um enrocamento local para proteger a linha de costa na localização da tomada a erosão aconteceria no fim do enrocamento.

As distancias entre a tomada e os emissários são grandes porque o impacto do porto chega até uma grande distância ao longo da costa devida a dimensão do quebramar e a grande distancia entre ele e a costa. As grandes distâncias entre a tomada e os emissários são fatores negativos deste tipo de sistema porque aumentam o preço de construção e manutenção e o custo da energia necessário para bombear o sedimento da tomada para o emissário.

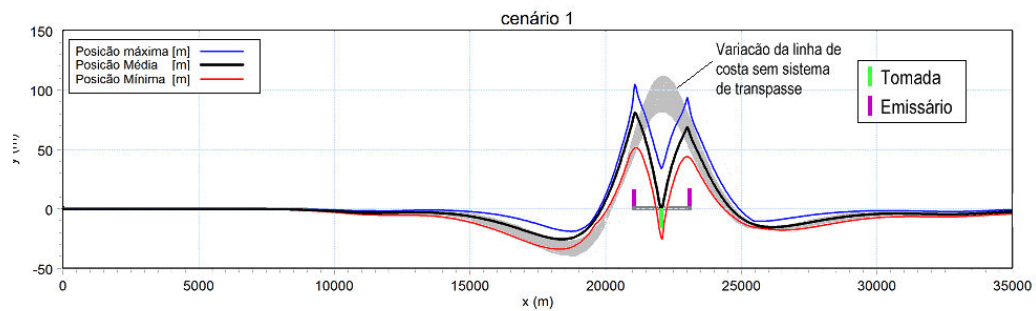


Figura 3.43 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 1: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 1000m

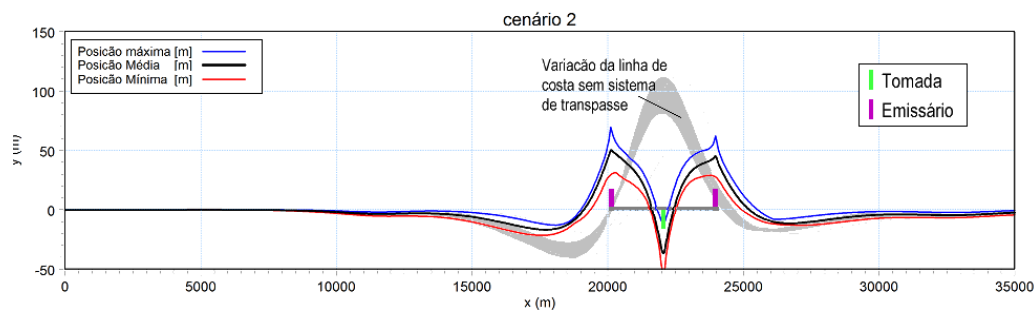


Figura 3.44 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m

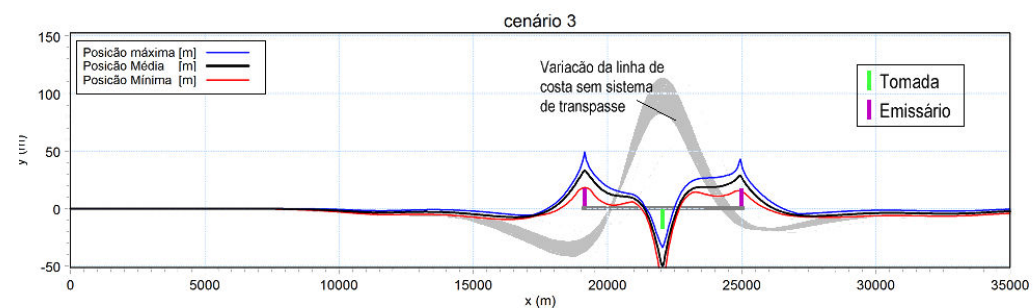


Figura 3.45 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 3: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m

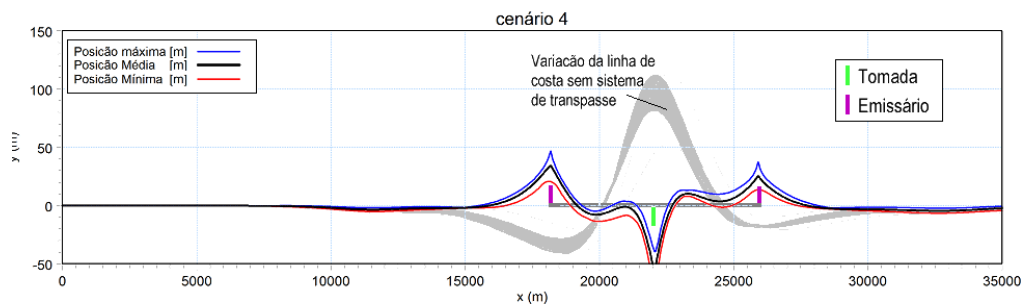


Figura 3.46 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 4: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m

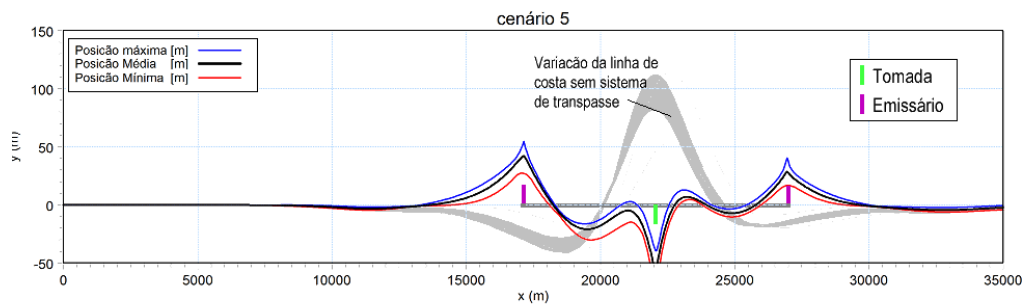


Figura 3.47 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 5: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 5000m

Para diminuir a erosão da praia na localização da tomada foram realizadas três simulações adicionais com vazão de sedimento reduzido até 50,000 m³/ano. Os resultados são apresentados nas **Figura 3.48**, **Figura 3.49**, e **Figura 3.50**. Os valores de erosão e acresção máximas são apresentados na **Tabela 3.7**. As simulações mostram que, ao diminuir a vazão de sedimento para 50,000 m³/ano, a erosão máxima na praia não aumenta significativa e a erosão na tomada pode ser evitada.

Tabela 3.7 - Resultados das simulações da linha de costa cenário 2,3 e 4 Volume de sedimento retirado: 50,000 m³/ano

| Cenário | Tomada | Praia Norte do Porto | | | Praia Sul do porto | | |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| | Erosão máxima (m) | Acresção Máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Acresção máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 2 | 0 | 40 | 20 | 3000 | 50 | 8 | 3000 |
| 3 | 0 | 45 | 20 | 4500 | 55 | 10 | 5000 |
| 4 | 0 | 60 | 30 | 4500 | 65 | 10 | 5000 |

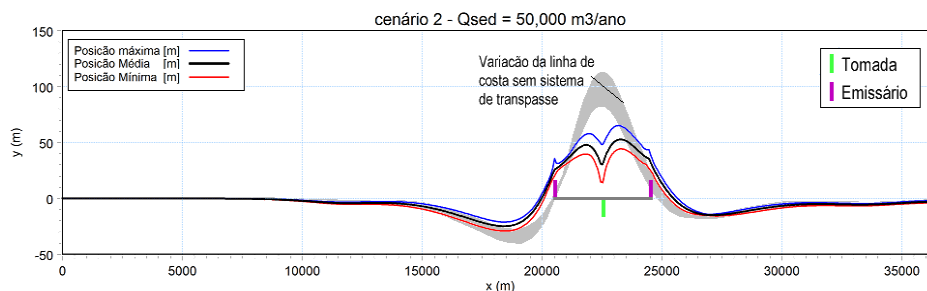


Figura 3.48 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m

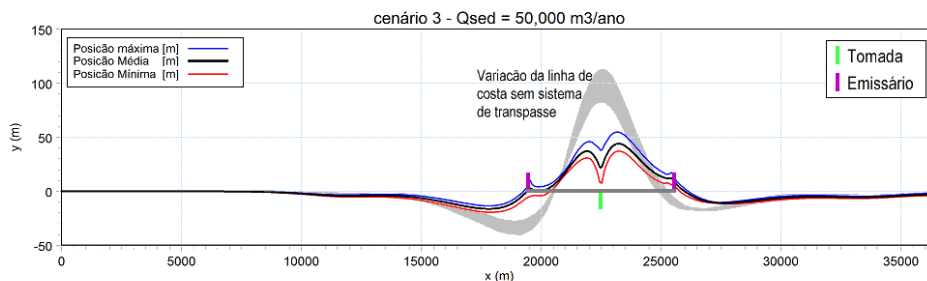


Figura 3.49 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m

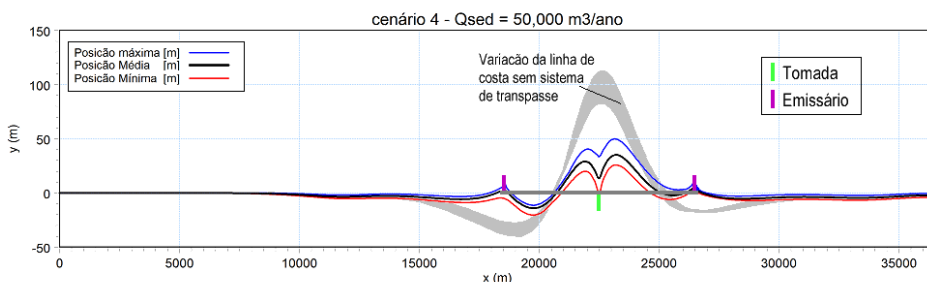


Figura 3.50 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m

3.6.2 Relocação Periódica por Escavação ou Dragagem

Com base nos resultados das simulações com o sistema automático de bombeamento foi definida um série de cenários onde o volume total de sedimento foi retirado do saliente e recolocado na praia somente periodicamente. A relocação de areia pode ser realizada pela terra através de escavação ou pelo mar através de dragagem. O modelo matemático é igual em todas as simulações. A única diferença é a distribuição espacial e temporal da vazão de sedimento.

3.6.2.1 Relocação Anual

Na primeira série de simulações com relocação periódica foi simulada e relocação de areia uma vez por ano. Foi simulado que a operação de relocação de areia tem duração de um mês, fevereiro. O mês de fevereiro foi selecionado porque as condições de ondas são os mais tranquilos do ano. Isto facilitará o trabalho no local. Em princípio a operação pode ser realizada em todo mês do ano. Se tivesse uma restrição, por exemplo, em relação com a desova de tartarugas marinhas não haveria problema em realizar a operação durante outro período do ano.

Foram simulados dois cenários: um com distancia entre a área de retirada e a área de relocação de 2000m e outro de 3000m. Nestas simulações foi usado um volume total de sedimento a ser relocado de 50,000 m³. Foi assumido que a areia seria retirada numa faixa de 500m de praia na Apex do saliente. A relocação do material nas praias norte e sul do porto aconteceram numa faixa mais curto de 35m.

Os resultados das simulações são apresentados nas **Figura 3.51** e **Figura 3.52**. Nas duas simulações a erosão máxima ao longo das praias foi da ordem 20m.

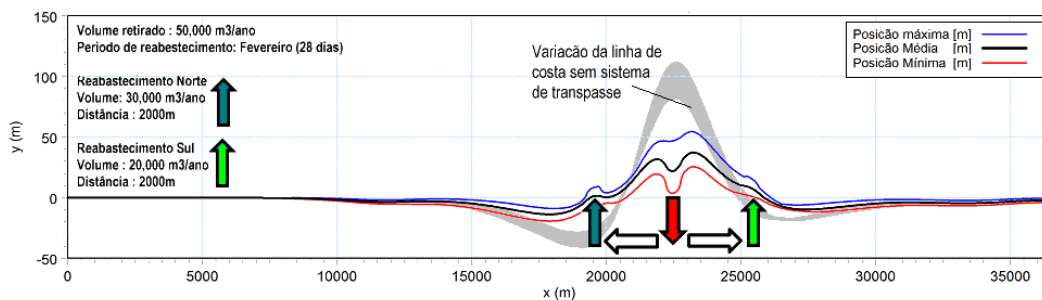


Figura 3.51 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 2:
Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m. Período de operação:
Fevereiro (todo ano)

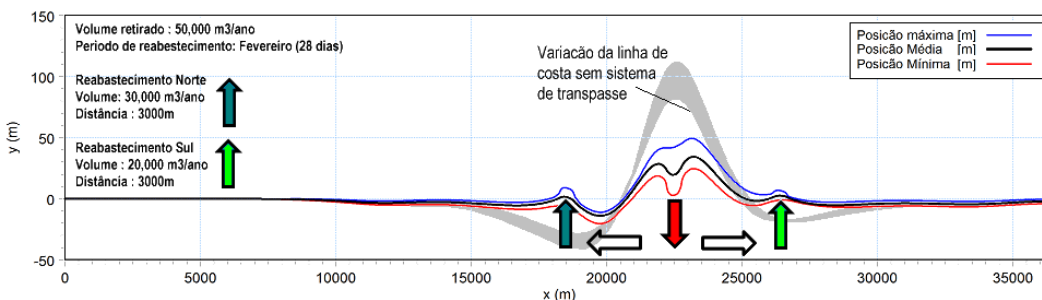


Figura 3.52 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 3:
Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m. Período de operação:
Fevereiro (todo ano)

Na situação com distância entre área de retirada e área de reposição de 2000m a erosão máxima aconteceu além da área de reposição do sedimento. Na situação com distância de 3000m a erosão máxima aconteceu entre a área de retirada e a área de reposição. Os valores da erosão e acreção são listados na **Tabela 3.8**.

Tabela 3.8 - Resultados das simulações da linha de costa cenários 2 e 3 Volume de sedimento retirado: 50,000 m³. Período de operação: Fevereiro (todo ano)

| Cenário | Tomada | Praia Norte do Porto | | | Praia Sul do porto | | |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| | Erosão máxima (m) | Acresção Máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Acresção máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 2 | 0 | 45 | 20 | 4500 | 60 | 12 | 5000 |
| 3 | 0 | 40 | 20 | 2500 | 50 | 10 | 3000 |

3.6.2.2 Relocação Bianaual

Em termos de impacto ambiental e custo da operação seria interessante analisar a possibilidade de realizar a relocação com período maior que um ano. Por isso foi realizada um serie de simulações onde a retirada de sedimento foi realizado durante o mês de fevereiro cada dois anos. O objetivo principal deste seria de simulações foi analisar a melhor distancia entre a retirada e o relocação de área. Foram simulados cenários com distancias 2500m, 3000m e 4000m. Os resultados são apresentados nas **Figura 3.53**, **Figura 3.54** e **Figura 3.55**. A acresção máxima do saliente, a erosão máxima ao longo das praias e a distancia entre a erosão máxima e a aérea de retirada são apresentados na **Tabela 3.49**.

Os resultados mostram que a erosão máxima aconteceu além da área de relocação do sedimento para uma distância entre área de retirada e área de reposição de 3000m. Na situação com distância de 4000m a erosão máxima aconteceu entre a área de retirada e a área de relocação.

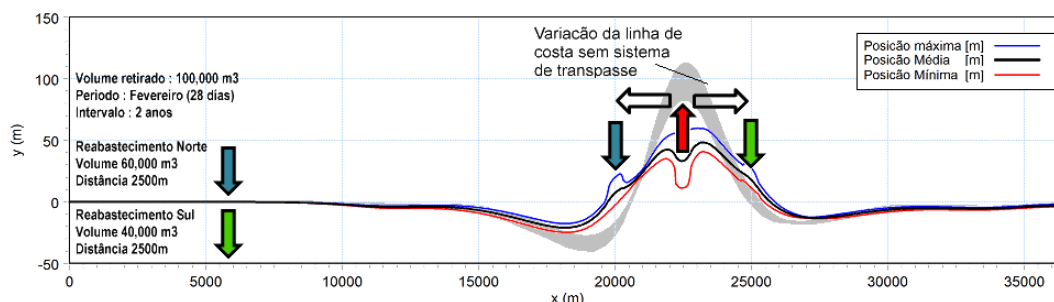


Figura 3.53 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³. Distância entre tomada e emissário: 2500m

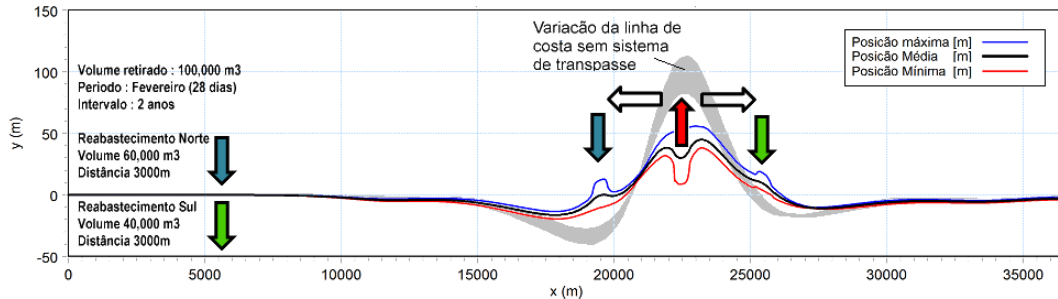


Figura 3.54 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³. Distância entre tomada e emissário: 3000m

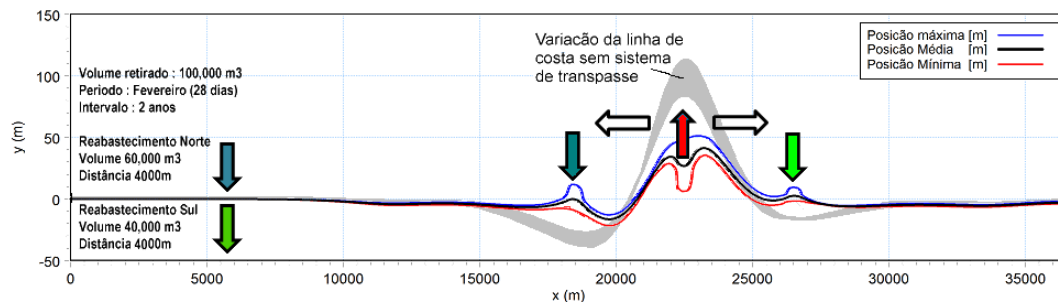


Figura 3.55 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³. Distância entre tomada e emissário: 4000m

Tabela 3.9 - Resultados das simulações da linha de costa com intervalo de relocação de areia de 2 anos. Volume de sedimento retirado: 100,000 m³. Distancias entre retirada da areia e a relocação de 2500m, 3000m e 4000m

| Cenário | Praia Norte do Porto | | Praia Sul do porto | |
|-------------------------|----------------------|---------------|--------------------|----------------------------|
| | Saliente | Erosão máxima | Erosão máxima | Distância da erosão máxima |
| Distancia relocação (m) | Acréscimo máxima (m) | (m) | (m) | (m) |
| 2500 | 60 | 25 | 15 | 4500 |
| 3000 | 55 | 20 | 12 | 5000 |
| 4000 | 50 | 25 | 5 | 3000 |

3.6.2.3 Relocação Multianual

As simulações com relocação bianual mostraram bons resultados em termos de impacto costeiro. Por isso foi iniciado um serie de simulações com intervalo de dois, quatro e seis anos. As simulações de relocação bianual indicam que a distancia ótima entre a retirada de areia e a relocação é entre 3000m e 4000m. Nas simulações em seguidas foi adotada uma distancia de 3500m no lado Norte do porto e 4000m no lado Sul. Foram realizadas duas series de simulações, um com volume media de areia retirada, Q_r , de 50,000 m³/ano e outro com 75,000 m³/ano.

Nas simulações a retirada de areia aconteceu ao longo de uma faixa da praia, X_s , com comprimento de 2000m em frente do Apex do saliente. A retirada da linha de costa durante a operação, dy , pode ser estimada usando $dy = Q_r/X_s/da$, aonde da = profundidade ativa de praia, que é definida como a soma da profundidade de fechamento, que $\pm 6m$ e a altura ativa da paia seca, que é estimado a ser $\pm 1m$. Assim o valor da profundidade da praia de 7m foi usado nos cálculos. Conseqüentemente, a variação da linha de costa na área da retirada de areia foi calculada como 7m á 32m.

Os resultados são apresentados nas **Figura 3.56**, **Figura 3.57**, **Figura 3.58** e na **Tabela 3.10**. As simulações indicam que a erosão máxima não muda muito com a frequência da operação. A acreção do saliente varia um pouco com a frequência, mas isto não é um fator muito importante. Como uma operação em cada 6 anos é mais barato que 3 operações em cada 2 anos, é preferido o cenário com intervalo maior entre duas operações.

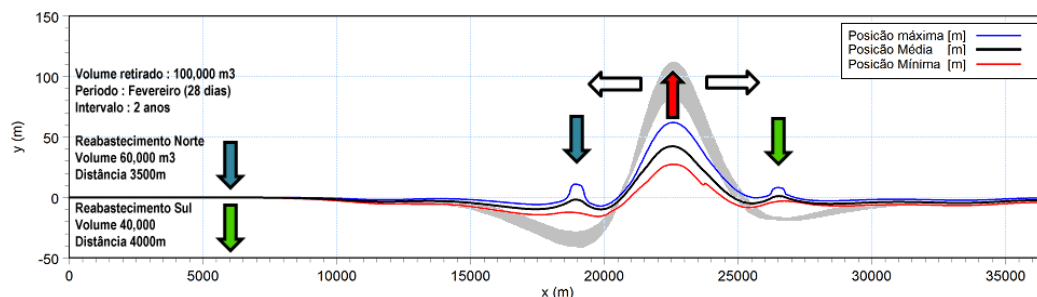


Figura 3.56 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³

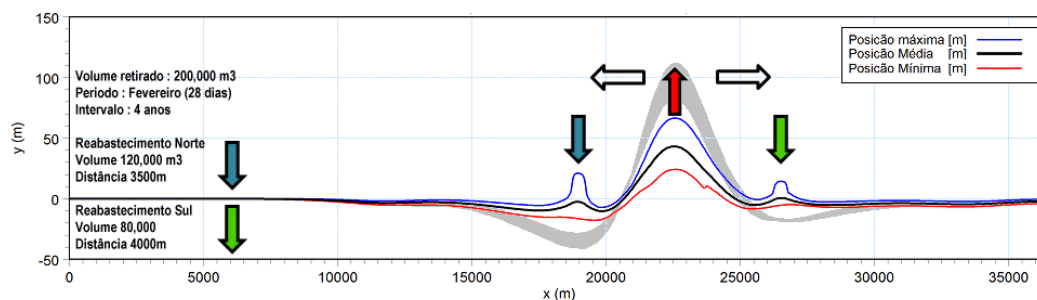


Figura 3.57 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 200,000 m³

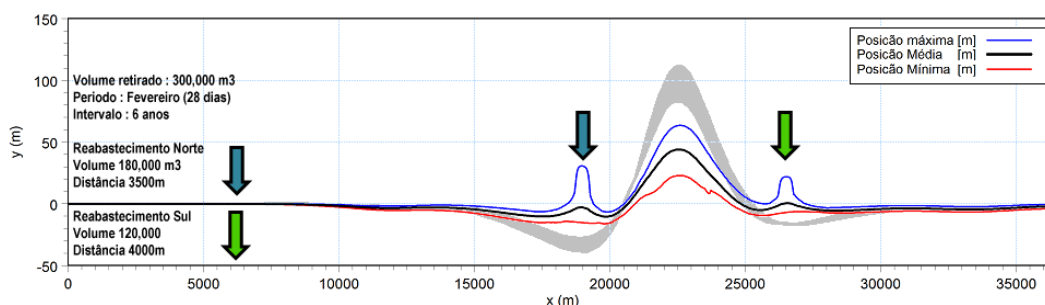


Figura 3.58 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m³

Tabela 3.10 - Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual. Volume media de sedimento retirado: 50,000 m³/ano. Intervalos de 2,4 e 6 anos

| Cenário | | Saliente | | Praia Norte do Porto | | Praia Sul do porto | |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Volume retirado (m ³) | Interval (anos) | Acresção Máxima (m) | Tirada da linha de costa | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 100,000 | 2 | 50 | 7 | 21 | 2500 | 8 | 3000 |
| 200,000 | 4 | 62 | 14 | 23 | 2500 | 8 | 3000 |
| 300,000 | 6 | 65 | 21 | 25 | 2500 | 10 | 3000 |

A erosão máxima que acontece para os cenários analisados é de cerca de 21m a 25m no lado norte do porto. Esta taxa de erosão é maior que a taxa máxima tolerável de 20. Para diminuir mais ainda a erosão foi realizada uma serie de simulações com volume media de retirada de areia aumentada até 75,000 m³/ano. Os resultados são apresentados nas **Figura 3.59**, **Figura 3.60**, e **Figura 3.61**.

Os resultados mostram que a erosão máxima da linha de costa fica dentro do limite de 20m para um volume media de relocação de areia de 75,000 m³/ano. A menor erosão (10m) no lado Norte do porto foi obtida para um intervalo de dois anos. Cenários com intervalos de quatro até seis anos não criarão problemas com erosão excessiva. Os resultados são apresentados na **Tabela 3.11**. A acresção máxima do saliente durante a simulação é 40m a 45m. A tirada máxima da linha de costa durante o período simulado variou de 11 metros para o intervalo de 2 anos até 32 metros para o intervalo de 6 anos, assumindo uma faixa de retirada de areia de 2 km ao longo do saliente. A erosão máxima ocorrerá a uma distancia de aproximadamente 2 km da ponte no lado norte do porto e 3 km no lado sul do porto.

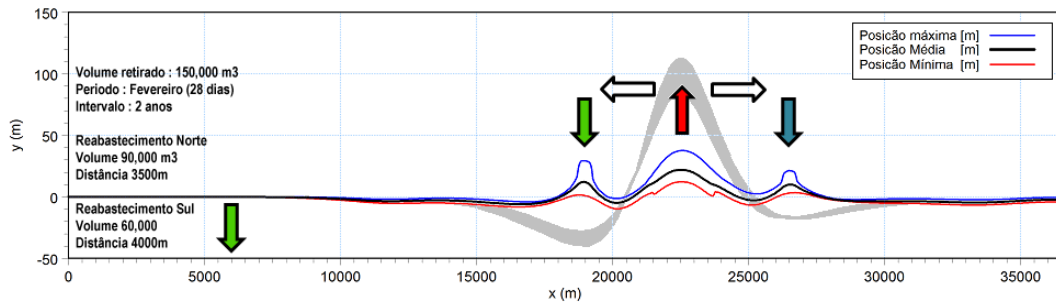


Figura 3.59 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 150,000 m³

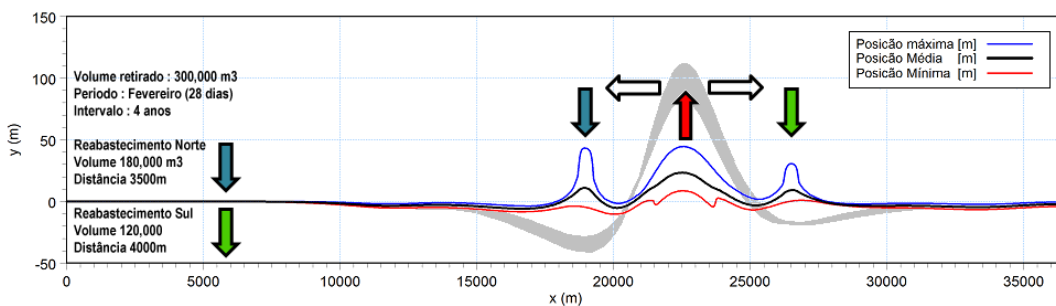


Figura 3.60 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m³

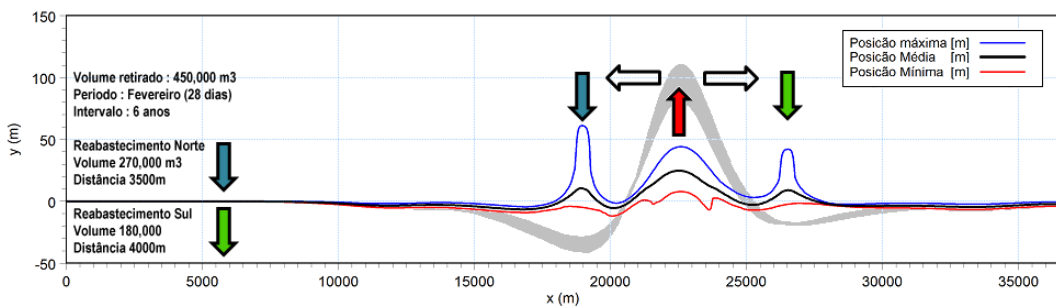


Figura 3.61 - Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 450,000 m³

**Tabela 3.11 - Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual
Volume média de sedimento retirado: 75,000 m³/ano. Intervalos de 2,4 e 6 anos**

| Cenário | | Saliente | | Praia Norte do Porto | | Praia Sul do porto | |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Volume retirado (m ³) | Interval (anos) | Acresção Máxima (m) | Tirada da linha de costa | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 150,000 | 2 | 40 | 11 | 10 | 2000 | 8 | 3000 |
| 300,000 | 4 | 45 | 21 | 10 | 2000 | 8 | 3000 |
| 450,000 | 6 | 45 | 32 | 12 | 2000 | 8 | 3000 |

3.6.3 Situação com Somente Porto da BAMIN

O modelo de evolução da linha de costa foi aplicado para simular a situação com somente o quebramar de BAMIN. O comprimento do quebramar é de aproximadamente 650m na crista e de 730m no leito do mar. Para manter uma aproximação conservadora em termos de impacto costeiro o comprimento da estrutura foi assumido como sendo de 730m. A simulação cobriu o período de 30 anos e foram usadas as mesmas condições iniciais que nas outras simulações com quebramar maior. A linha de costa inicial correspondeu à situação após cinco anos com o PEP. Os resultados são apresentados na **Figura 3.62**.

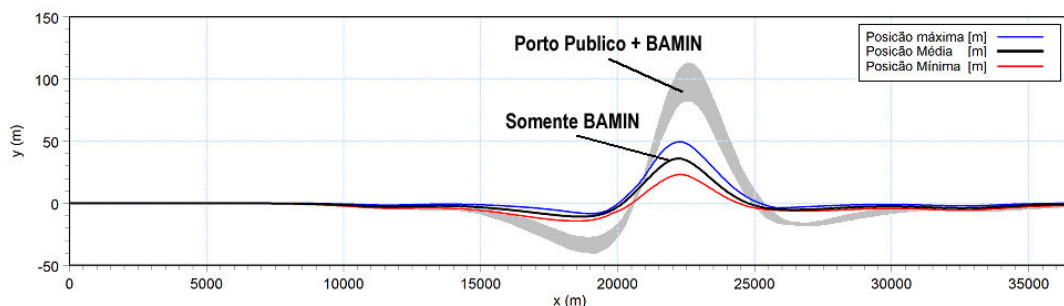


Figura 3.62 - Evolução da linha de costa após de 5 + 30 anos para situação com somente o terminal da BAMIN. A abrange (Máximo – Mínimo) da evolução da situação com os dois portos juntos é indicada com área cinza

A simulação indica que o impacto na linha de costa para a situação com somente o porto da BAMIN é consideravelmente menor que para a situação com a combinação dos dois portos. A erosão máxima observada durante o período simulado de trinta anos foi 15m e aconteceu numa distância de aproximadamente 3 km norte da ponte. Como esta erosão máxima é dentro do limite de 20m associados a variabilidade natural do perfil de praia, no local do porto, com tempo de recorrência de 100 anos (**Tabela 3.4**), não será necessário estabelecer um sistema de gestão de sedimento no caso de somente o porto da BAMIN ser construído.

3.7 CONCLUSÃO DOS ESTUDOS DE MODELAGEM

As seguintes conclusões foram obtidas do estudo de modelagem:

Na área atrás do Porto as alturas de ondas, em 10m de profundidade, estão tipicamente na ordem de 0,8m – 1,0m e raramente excedem a 2,0m. Períodos de pico das ondas estão tipicamente na ordem de 6s a 8s e raramente excedem a 12s. O intervalo da direção de onda dominante é E-ESE.

Durante as últimas décadas algumas mudanças significativas podem ser observadas nas condições de ondas. A altura média de ondas aumentou em aproximadamente 10% nos últimos 10 anos, o período de ondas aumentou em cerca de 5% e a direção da energia de onda mudou aproximadamente 4 graus durante os últimos 20 anos.

Há grandes variações sazonais nas condições de ondas. No inverno as direções predominantes das ondas são E-ESE. Durante o verão as direções predominantes são ENE–E. As maiores ondas vem da direção ESE durante o inverno.

A velocidade do vento está tipicamente na ordem de 5 a 8 m/s e raramente excede 10 m/s.

O nível de água mais alto no local de projeto (período de retorno de 100 anos), que ocorre devido ao efeito combinado da maré e ondas (sobreelevação e espraiamento) foi estimado em 2,18m acima do nível médio do mar.

A análise da dinâmica do perfil transversal mostrou que a máxima taxa de recuo natural da linha da costa, com período de recorrência de 100 anos, é de aproximadamente 21m no local do projeto. Esta variação da linha de costa ocorre naturalmente e não é causado pelo porto.

Nas últimas décadas houve grandes variações nas magnitudes dos componentes norte e sul de transporte litorâneo. Em média os dois componentes são da mesma ordem de grandeza. O transporte para Norte é de cerca de 120.000 m³/ano e o transporte para sul é de cerca de 80.000 m³/ano.

O transporte resultante é da ordem de 40.000m³/ano e direcionado na direção Norte. A direção do transporte resultante já mudou várias vezes durante os últimos 30 anos.

Há grande variação sazonal na magnitude - e direção - do transporte litorâneo. No período de Abril até Setembro o transporte está direcionado ao Norte com taxa máxima de 22.000 m³/mês em Julho. No período Outubro – Março o transporte é direcionado ao sul com taxa máxima de 18.000 m³/mês em Dezembro.

A maior parte do transporte de sedimento ocorre em águas com profundidade menores que 4,0m e dentro de uma distância de 250m da linha de costa.

Para a situação atual, o recuo máximo da linha de costa, causado pelas variações temporais naturais na deriva é baixo (<2m) e pode ser considerado desprezível.

O impacto do novo quebramar pode ser observado até uma distância de 7 km nos lados norte e sul do porto.

Simulações da evolução da linha de costa durante um período de 30 anos após a instalação do sistema de relocação de sedimento mostram que o volume de sedimento a ser relocado deve ser de aproximadamente 75.000 m³/ano.

Em termos de erosão máxima da linha de costa a frequência da operação não é muito importante. A relocação de um maior volume de área com intervalo de vários anos não causará erosão mais severa do que um sistema automático de bombeamento contínuo.

O cenário de relocação de areia recomendado para a situação com os dois portos é um volume de 300,000 com periodicidade de quatro anos (Volume médio de 75.000 m³/ano). Assim a erosão máxima da linha de costa ficará dentro do limite de 20m, dentro da taxa máxima de recuo da linha de costa, com recorrência de 100 anos.

A distância ótima entre a retirada de sedimento e a relocação é 3500m no lado norte do píer e 4000m no lado sul.

Os resultados do modelo indicam que nos primeiros quatro anos após a construção do porto o recuo da linha de costa ficará dentro do limite de 20m e por isso não terá necessidade de relocar areia para mitigar problemas de erosão durante a construção do porto. É recomendável iniciar o

programa de monitoramento da linha de costa antes da construção do porto para sempre poder intervir e controlar a evolução da linha de costa.

A erosão máxima da linha de costa para a situação de ser implantado com somente o terminal da BAMIN é de aproximadamente 15m e fica menor que o limite de 20m. Assim não será necessário estabelecer um sistema de relocação de sedimento nesta situação.

3.8 SOLUÇÃO RECOMENDADA A PARTIR DOS ESTUDOS DE MODELAGEM

Nas seções anteriores foram testados e avaliados, através de modelagem matemática, vários conceitos de relocação de areia. As simulações da evolução da linha de costa mostraram o desenvolvimento de um saliente na área de sombra atrás do novo porto. Como mostram os resultados da modelagem, caso não se houvesse previsto nenhuma ação para mitigar o impacto negativo na linha de costa o saliente cresceria gradualmente até que este chegaria a uma configuração de equilíbrio. Este equilíbrio só seria alcançado após longo tempo (>100 anos).

Com base nos resultados dos estudos de modelagem apresentados nas seções anteriores pode-se derivar duas considerações importantes que determinam o melhor sistema de relocação de areia:

1 – Os componentes norte e sul do transporte litorâneo anual são da mesma ordem de magnitude. O estudo mostra um transporte resultante relativamente pequeno na direção norte.

2 – Devido à distância relativamente grande entre o quebramar e a costa, os gradientes no transporte litorâneo são relativamente fracos e dispersos numa área grande ao longo da costa. Estas condições iniciarão devagar o desenvolvimento de um saliente relativamente largo (vários quilômetros ao longo da costa).

Estas duas considerações resultam nos seguintes requerimentos do sistema de relocação de areia:

1 – O sistema deve ser capaz de reabastecer areia nos lados norte e sul do porto. A distribuição do volume de areia a ser relocado é de aproximadamente 60% no lado norte do porto e 40% no lado sul.

2 – A areia deve ser reabastecida a uma grande distância do píer. As simulações indicam que a ótima distância para reabastecer a areia é 3500m no lado norte e 4000m no lado sul do píer.

3 – Devido aos gradientes relativamente fracos no transporte litorâneo e o pequeno transporte resultante o desenvolvimento do saliente é lento. Por isso o sistema de relocação de areia não precisa ser operacional continuamente. Simulações mostraram que podem ser adotados intervalos de vários anos entre as operações sem causar erosão excessiva da linha de costa.

Com base nas considerações acima mencionadas é recomendado realizar a relocação de areia por escavação ou por dragagem. O estabelecimento de um sistema automático de bombas que fique em operação continuamente não é recomendado pelas seguintes razões:

1 – Não é necessário com relação ao controle da erosão da linha de costa.

2 – Poderia causar erosão excessiva da linha de costa na área da tomada em caso de grandes volumes de areia que precisassem ser relocadas.

3 – O custo alto de instalação, operação e manutenção do sistema de bombas e dutos devido à grande distância entre a tomada e a área de reabastecimento de areia.

4 – Poluição visual permanente da instalação.

Utilizando um sistema periódico de reabastecimento de areia a operação tem duração de poucas semanas com intervalos de vários anos. Assim o impacto visual será muito menor.

O reabastecimento pode ser realizado por escavação ou por dragagem. As duas metodologias tem vantagens e desvantagens, como por exemplo:

O sedimento deve ser retirado da parte ativa do perfil transversal da praia. Se isto for feito pela dragagem a operação deve ser realizada na zona de surf que é um ambiente raso e muito turbulento. Isto pode causar problemas técnicos e operacionais durante a operação.

Se a operação for realizada por escavação a areia deve ser transportada pelo caminhão. Isto pode causar incômodo indesejável nas praias com impacto negativo nas áreas de turismo e/ou meio ambiente.

Se a operação for realizada por dragagem o melhor período da operação é fevereiro devida às condições relativamente calmas no mar. Como este período é estação alta de turismo, isto poderia ter um impacto económico negativo.

Os aspectos do melhor sistema de reabastecimento de areia estão apresentados na **Tabela 3.12**.

Tabela 3.12 - Especificações para o melhor sistema de reabastecimento de areia

| | |
|--|------------------------------|
| Volume total a ser relocado | 300,000 m³ |
| Distância entre o píer e a área de reabastecimento de areia no lado norte | 3.500m |
| Volume de areia a ser relocado ao lado norte do píer | 180,000 m ³ |
| Distância entre o píer e a área de reabastecimento de areia no lado sul | 4.000m |
| Volume de areia a ser reabastecido o lado sul do píer | 120,000 m ³ |
| Intervalo entre as operações | 4 anos |

A localização do sistema é apresentada na **Figura 3.63**. As simulações apresentadas nas seções anteriores mostraram que o impacto máximo na linha de costa é da ordem 50 m e acontecerá no Apex do saliente. Mudanças na linha de costa desta ordem de grandeza não podem ser representadas visualmente na figura.

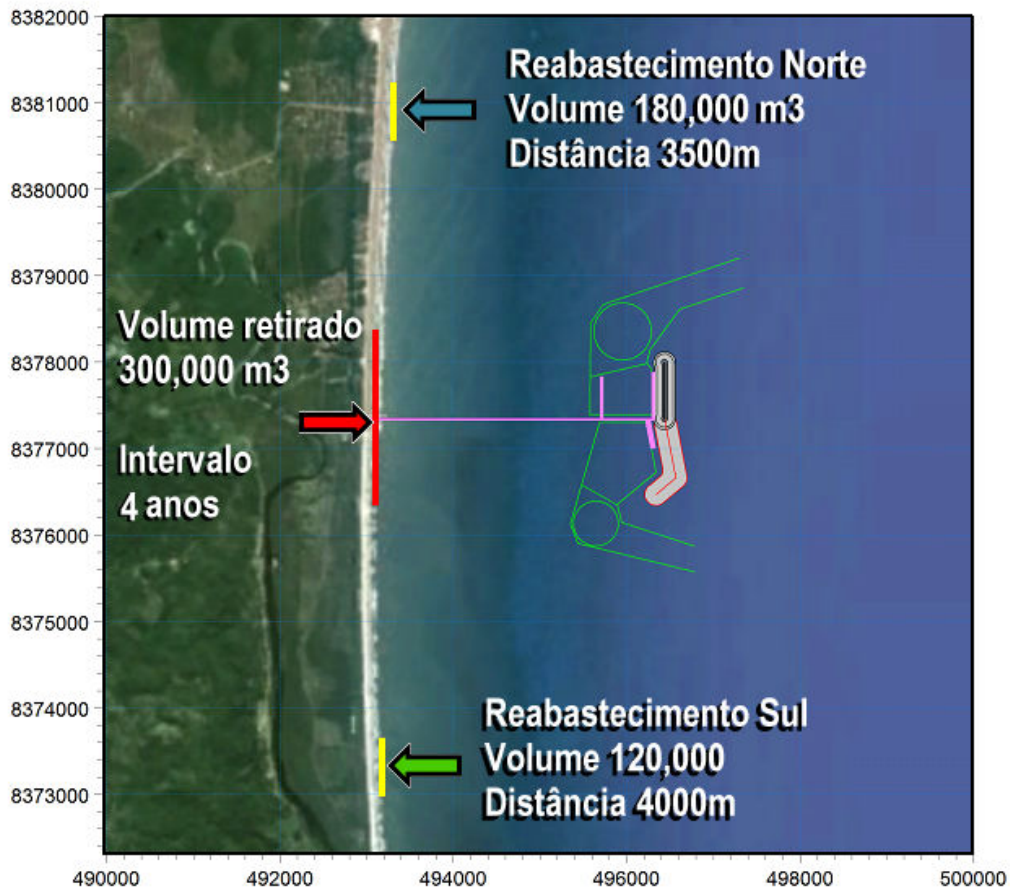


Figura 3.63 - Ilustração do melhor sistema de relocação de areia

Após a construção do porto será iniciado um programa de monitoramento da linha de costa. Neste programa a posição da linha de costa será medida com frequência de uma ou duas vezes por ano. Com base nas medições da linha de costa pode ser avaliado o funcionamento do sistema de relocação de areia. Será possível ajustar os volumes e a frequência de relocação e a distribuição dos volumes nos lados norte e sul do porto. Esta flexibilidade do sistema é necessária para poder responder às possíveis mudanças nas condições de ondas e assim nas mudanças e flutuações no transporte litorâneo e a evolução da linha de costa.

As melhores alternativas tecnológicas serão discutidas nos capítulos seguintes, sob o aspecto operacional e ambiental.

Esta análise integrada permitirá a seleção da melhor alternativa a ser adotada pelo empreendimento.

4 AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE RECOMPOSIÇÃO DA LINHA DE COSTA

Considerando os resultados apresentados no capítulo 3, esta Avaliação de Alternativas de Recomposição da Linha de Costa abordará dois métodos tecnológicos de transposição de areia de praia, tendo como base a operação se dando em terra ou a operação se dando sobre o mar. Para melhor entendimento relacionam-se as tecnologias escolhidas para investigação das alternativas, a saber:

- Alternativa 1 – Utilização de estrutura fixa, com bombas e linha de recalque;
- Alternativa 2 – Utilização de "Drag Line" e caminhões;
- Alternativa 3 – Utilização de Dragagem do tipo sucção e recalque;
- Alternativa 4 – Utilização de "garra" ou retroescavadeira e balsas.

Estas alternativas serão analisadas, quando couber, considerando 4 cenários de recorrência dos trabalhos, a saber:

- Cenário 1 – Recomposição da linha de costa a cada 2 anos;
- Cenário 2 – Recomposição da linha de costa a cada 3 anos;
- Cenário 3 – Recomposição da linha de costa a cada 4 anos; e
- Cenário 4 – Recomposição da linha de costa a cada 6 anos.

O objetivo geral desta Avaliação de Alternativas é a indicação de uma ou mais que sejam elegidas viáveis, sob o aspecto técnico, para consolidação do ponto de vista ambiental.

4.1 VERIFICAÇÃO ANALÍTICA

Para os eventos de modificação da linha costeira que promovem acréscimos e erosões com correspondentes volumes de areia, concluíram-se os seguintes pontos:

1. Estimativa de acúmulo após o período consolidado de dois anos:
 - a. A extensão de acréscimo máximo foi estimada em 40 metros, desde a linha original da costa;
 - b. A extensão de erosão máxima foi estimada em 10 metros, relativamente à linha de costa original;
 - c. O volume total ao longo do período de dois anos é de 90.000 m³ na porção ao norte da ponte de acesso do Porto Sul distando 3.500 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte.
 - d. No caso da porção ao sul da ponte de acesso do Porto Sul, apurou-se um volume total, após o período de dois anos, de 60.000 m³, distando 4.000 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte; e,
 - e. O volume total a ser transportado será de 150.000 m³.

2. Estimativa de acúmulo após o período consolidado de três anos:

- a. A extensão de acréscimo máximo foi estimada em 45 metros, desde a linha original da costa;
 - b. A extensão de erosão máxima foi estimada em 10 metros, relativamente à linha de costa original;
 - c. O volume total ao longo do período de três anos é de 135.000 m³ na porção ao norte da ponte de acesso do Porto Sul distando 3.500 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte.
 - d. No caso da porção ao sul da ponte de acesso do Porto Sul, apurou-se um volume total, após o período de três anos, de 90.000 m³, distando 4.000 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte; e,
 - e. O volume total a ser transportado será de 225.000 m³.
3. Estimativa de acúmulo após o período consolidado de quatro anos:
- f. A extensão de acréscimo máximo foi estimada em 45 metros, desde a linha original da costa;
 - g. A extensão de erosão máxima foi estimada em 10 metros, relativamente à linha de costa original;
 - h. O volume total ao longo do período de quatro anos é de 180.000 m³ na porção ao norte da ponte de acesso do Porto Sul distando 3.500 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte.
 - i. No caso da porção ao sul da ponte de acesso do Porto Sul, apurou-se um volume total, após o período de quatro anos, de 120.000 m³, distando 4.000 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte; e,
 - j. O volume total a ser transportado será de 300.000 m³.
4. Estimativa de acúmulo após o período consolidado de seis anos:
- a. A extensão de acréscimo máximo foi estimada em 45 metros, desde a linha original da costa;
 - b. A extensão de erosão máxima foi estimada em 12 metros, relativamente à linha de costa original;
 - c. O volume total ao longo do período de seis anos é de 270.000 m³ na porção ao norte da ponte de acesso do Porto Sul distando 3.500 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte.
 - d. No caso da porção ao sul da ponte de acesso do Porto Sul, apurou-se um volume total, após o período de seis anos, de 180.000 m³, distando 4.000 metros entre a posição de retirada da areia até a posição de descarte; e,
 - e. O volume total a ser transportado será de 450.000 m³.

Na **Figura 4.1** pode ser observado o resultado esperado, com a representação de forma esquemática do maior acréscimo e a maior erosão esperada, com base na simulação matemática.

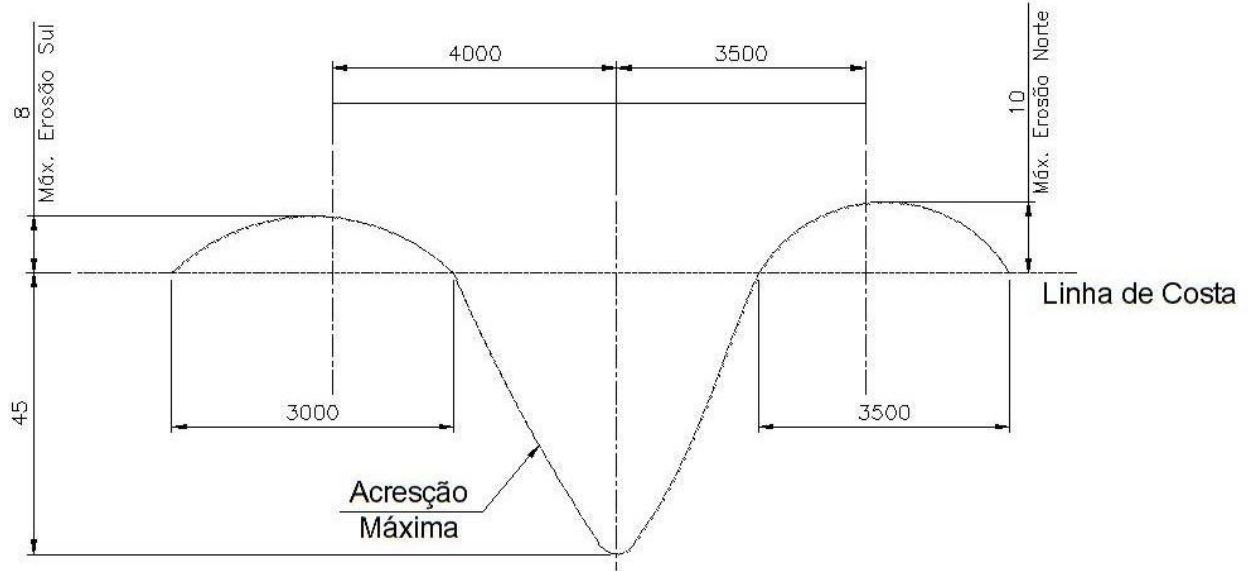


Figura 4.1 - Representação esquemática para o Saliente e a Erosão estimada

4.1.1 Alternativa 1 – Utilização de Estrutura Fixa, com Bombas e Linha de Recalque

4.1.1.1 Descrição da Alternativa 1

A Alternativa 1 estabeleceu o emprego de uma estrutura fixa, do tipo píer, com bombas de recalque posicionadas em locais, previamente determinados, que permitam a redução da volumetria acumulada no acréscimo de praia, succionando a emulsão água-areia por intermédio de uma linha de recalque (tubulação) desde o ponto de acréscimo até o ponto de erosão máxima verificado no estudo específico.

Esta solução é conhecida com a denominação inglesa Sand Bypass System (SBS) e foi empregado inicialmente na barra do Rio Tweed, na Austrália.



Figura 4.2 - Estrutura fixa para o sistema de bombas de sucção e linha de recalque1



Figura 4.3 - Estrutura fixa para o sistema de bombas de sucção e linha de recalque2

¹ <http://www.couriermail.com.au/ipad/state-of-origin-row-on-beach-sand/story-fn6ck45n-1226100336384>



Figura 4.4 - Visão Geral da Estrutura fixa para o sistema de bombas de sucção (esquerda) e linha de recalque e do ponto de descarga na erosão máxima (direita)³

A tecnologia de transferência contínua por bombeamento de areia praial de uma estrutura fixa do tipo Píer para recomposição da linha de costa, usualmente funciona com diversas bombas instaladas ao longo da estrutura fixa que recalcam a mistura de areia com água desde a estrutura fixa até uma área onde ocorreu a erosão e será recomposta a linha de costa pela deposição, conforme a sequência a seguir:

- a. A estrutura fixa do tipo Píer é dotada de bombas alocadas em pontos específicos, conforme ilustrado e indicado pela palavra "Bombas", na **Figura 4.3**, e estudados por meio de simulação matemática em computador;
- b. A potência, regime de trabalho (contínuo ou alternado), backup, sistema e potência de alimentação, sistema de alternância e inversão, de cada bomba, serão estabelecidos a partir do volume e a densidade do fluido a ser recalcado, ambos obtidos da simulação matemática realizada;
- c. A linha de recalque, conforme ilustrado e indicado pela palavra "Linhas de Recalque", na **Figura 4.3**, pode contar com sistemas Booster ao longo, tendo em vista as análises e verificações de perda de carga e conveniência de gerenciamento da potência das bombas das estruturas fixas;
- d. Na outra ponta da linha de recalque encontrar-se-á um sistema de recomposição fixo ou móvel que permitirá o espalhamento ao longo de uma extensão de linha de costa que será recomposta.

Esta Alternativa usualmente é empregada para a transposição de volumes grandes de material e em locais onde ocorra o efeito de acréscimo-erosão, muito sensivelmente, ao longo ou em boa parte do ano, fato que não ocorre na região estudada, conforme apresentado no capítulo 3.

Outro detalhe que sopesou na decisão de se adotar ou não outra solução é a indicação (capítulo 3) que para a região estudada não foi possível garantir que o local onde ocorrerá o saliente será facilmente desmontável pelo bombeamento contínuo do sistema, isto é, não é possível garantir a remoção de todo os sedimento acumulado da forma verificada na simulação pela presente tecnologia.

² http://www.vliz.be/wiki/Sand_by-pass_systems

³ <http://outerbanksvoice.com/2013/02/05/task-force-to-examine-sand-bypass-system-for-inlet/>

4.1.1.2 Dimensionamento dos Equipamentos

Em função dos fatos relatados anteriormente e da grande distância entre o ponto de captação e os pontos de lançamento de areia, que exigiriam estruturas complementares para rebombear a areia ("boosters"), esta alternativa representa um processo caro e ineficiente, portanto esta alternativa foi considerada não adequada financeira e tecnicamente.

4.1.2 Alternativa 2 – Utilização de "Drag Line" e Caminhões

4.1.2.1 Descrição da Alternativa 2

A Alternativa 2 prevê o processo executivo descrito a seguir:

- A escavação da areia do saliente onde encontra-se o acréscimo praial com "Drag Line" com formação de pilhas de areia;
- As pilhas de areia são desmontadas por pá-carregadeira sobre pneumáticos ou esteiras que procedem o carregamento dos caminhões;
- O deslocamento da areia é feito pelos caminhões desde o local do acréscimo praial até a região da erosão praial;
- A areia é descarregada pelos caminhões sobre o local onde encontra-se a erosão; e,
- O espalhamento e nivelamento da areia sobre o local da erosão é realizado por trator de lâmina sobre pneumáticos ou sobre esteiras.

Nas **Figuras 4.5 a 4.7** podem ser vistos esquemas de como será realizado a escavação, o carregamento, o transporte, o descarregamento e o espalhamento da areia desde o ponto onde está previsto o acréscimo máximo, até o local onde está prevista a erosão máxima na região da praia, afetada pelo efeito.

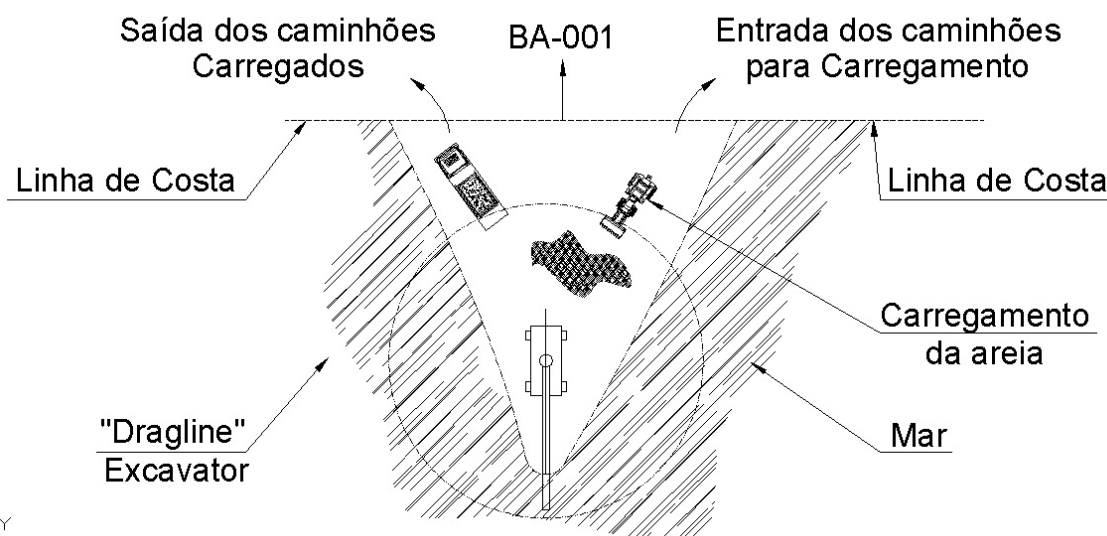


Figura 4.5 - Esquema Geral do processo de transposição da areia – Remoção da Acréscimo



Figura 4.6 - Fotografia ilustrativa do processo de dragagem de areia com "Drag Line"⁴

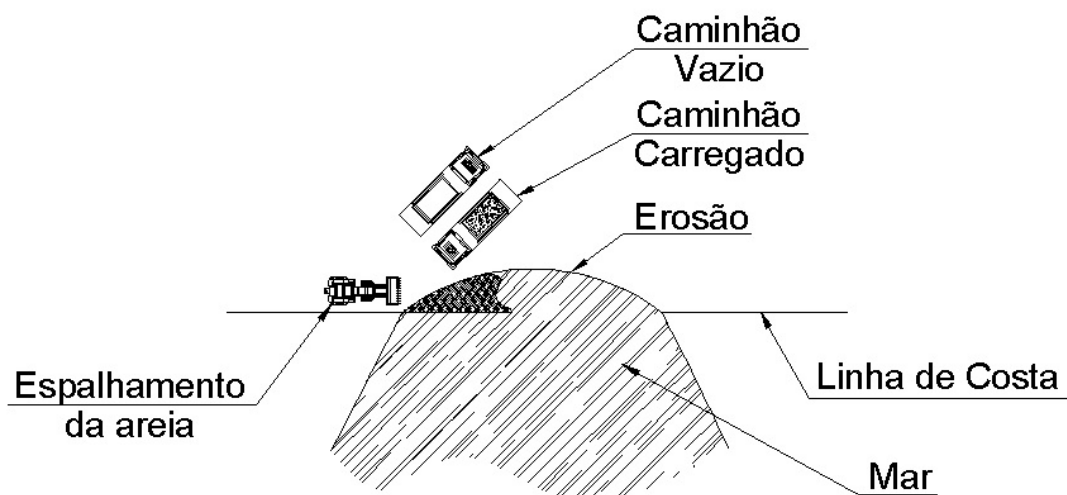


Figura 4.7 - Esquema Geral do processo de transposição da areia – Reconstituição da Erosão

⁴ <http://www.polytron.my/testimonials.html>

4.1.2.2 Dimensionamento dos equipamentos

Os dimensionamentos foram elaborados segundo fase conceitual de desenvolvimento dos trabalhos, tendo os rendimentos, produções, capacidades extraídas do "Manual Técnico de Escavação, Terraplanagem e Escavação em Rocha", conforme solicitações recebidas, e que não impactam na precisão exigida para o cálculo no presente momento.

Foi dimensionada a presente alternativa, tomando-se como base a capacidade de escavação do equipamento tipo "Dragline" empregado na confecção da pilha, da escavadeira utilizada no desmonte da pilha e carregamento dos caminhões, dos caminhões com semi-reboque do tipo basculante utilizados no transporte da areia, do trator de lâmina utilizado no espalhamento.

a) Cenário I - Período de Recorrência dos Trabalhos de Dois Anos

Quando adotado o período de dois anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 150.000 m³; e,
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m.
- c. Dois equipamentos do tipo "Dragline" Bucyrus-Erie modelo 88B, com caçamba de capacidade máxima de 6 yd³ – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até 132 m³/h cada, totalizando cerca de 264 m³/h;
- d. Uma pá-carregadeira, CAT-966 com caçamba de capacidade máxima de 4,0 m³ – capacidade horária estimada de carregamento de 332 m³/h;
- e. Doze caminhões com capacidade de caçamba média de 12 m³ – capacidade horária estimada de transporte de 216 m³/h;
- f. Dois tratores de lâmina espalhando a areia na região da erosão com capacidade de espalhamento de 132 m³/h;
- g. Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 2 (dois) meses e 6 dias, totalizando 569 horas de equipamento.

b) Cenário II - Período de Recorrência dos Trabalhos de Três Anos

Quando adotado o período de três anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 225.000 m³; e,
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m.
- c. Três equipamentos do tipo "Dragline" Bucyrus-Erie modelo 88B, com caçamba de capacidade máxima de 6 yd³ – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até 132 m³/h cada, totalizando cerca de 396 m³/h;
- d. Duas pá-carregadeira, CAT-966 com caçamba de capacidade máxima de 4,0 m³ – capacidade horária estimada de carregamento de 198 m³/h;
- e. Dezoito caminhões com capacidade de caçamba média de 12 m³ – capacidade horária estimada de transporte de 216 m³/h;

- f. Três tratores de lâmina espalhando a areia na região da erosão com capacidade de espalhamento de 396 m³/h;
- g. Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 2 (dois) meses e 12 dias, totalizando 569 horas de equipamento.

c) Cenário III - Período de Recorrência dos Trabalhos de Quatro Anos

Quando adotado o período de quatro anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 300.000 m³;
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m;
- c. Três equipamentos do tipo "Dragline" Bucyrus-Erie modelo 88B, com caçamba de capacidade máxima de 6 yd³ – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até 132 m³/h cada, totalizando cerca de 396 m³/h;
- d. Duas pá-carregadeira, com caçamba de capacidade máxima de 6 m³ – capacidade horária estimada de carregamento de 344 m³/h;
- e. Vinte e um caminhões com capacidade de caçamba média de 12 m³ – capacidade horária estimada de transporte de 344 m³/h;
- f. Um trator de lâmina espalhando a areia na região da erosão com capacidade de espalhamento de 344 m³/h; e,
- g. Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 3 (três) meses e 19 dias, totalizando 872 horas de equipamento.

d) Cenário IV - Período de Recorrência dos Trabalhos de Seis Anos

Quando adotado o período de seis anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 450.000 m³; e,
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m.
- c. Cinco equipamentos do tipo "Dragline" Bucyrus-Erie modelo 88B, com caçamba de capacidade máxima de 6 yd³ – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até 132 m³/h cada, totalizando cerca de 396 m³/h;
- d. Uma pá-carregadeira, com caçamba de capacidade máxima de 12 m³ – capacidade horária estimada de carregamento de 661 m³/h;
- e. Vinte e oito caminhões com capacidade de caçamba média de 12 m³ – capacidade horária estimada de transporte de 661 m³/h;
- f. Um trator de lâmina espalhando a areia na região da erosão com capacidade de espalhamento de 762 m³/h;
- g. Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 2 (dois) meses e 8 dias, totalizando 681 horas de equipamento.

4.1.3 Alternativa 3 – Utilização de Draga do Tipo Sucção e Recalque

4.1.3.1 Descrição da Alternativa 3

A solução dragagem marítima analisará três cenários, o cenário I, com a relocação de 150.000 m³ de areia a cada 2 anos, com o lançamento de 90.000 m³ para Norte e 60.000 m³ para Sul; o cenário II, com a relocação de 300.000 m³ de areia a cada 4 anos, com o lançamento de 180.000 m³ para Norte e 120.000 m³ para Sul e o cenário III, com a relocação de 450.000 m³ de areia a cada 6 anos, com o lançamento de 270.000 m³ para Norte e 180.000 m³ para Sul. Em todas as alternativas o material será bombeado a 3.500m de distância quando para Norte e 4.000m para Sul. Essa operação deverá ser executada no menor tempo possível e preferencialmente no entorno de fevereiro a fim de que se aproveitem as condições mais favoráveis do mar que se dão nesta época.

4.1.3.2 Dimensionamento dos Equipamentos

Para o dimensionamento do equipamento mais adequado para atender às demandas acima consideramos o disposto a seguir, em qualquer dos cenários considerados.

1. O material a ser bombeado é areia tipo C segundo a classificação da publicação da IHC Holland "How to select the right dredger for the job" (vide **Figura 4.8**);
2. A distância máxima de recalque é de 4.000 m;
3. A elevação terminal máxima é de 4 m;
4. O número máximo de mangotes intermediários e/ou conexões é 15;
5. O diâmetro do rotor da bomba de dragagem é o máximo disponível para cada distância de bombeamento;
6. Não há limitações para o corte do material a ser dragado pelo desagregador;
7. A densidade média máxima do material a ser dragado é de 1,85 ton/m³ (poros preenchidos com água);
8. O volume de dragagem varia conforme o cenário, sendo de 150.000 m³ para o cenário I, de 300.000 m³ para o cenário II e 450.000 m³ para o cenário III;
9. O prazo máximo para a execução do volume seja de 4 meses;
10. A eficiência média dos equipamentos seja de 60%, isto é, a draga efetivamente bombeia 60% do tempo disponível, o saldo restante é gasto em manobras de avanço, mudanças de faixa, manutenção, etc.;
11. O tempo mensal disponível para bombeamento seja de 720 horas;
12. A draga a ser utilizada seja de fabricação seriada, por fabricante tradicional do mercado de dragagem.

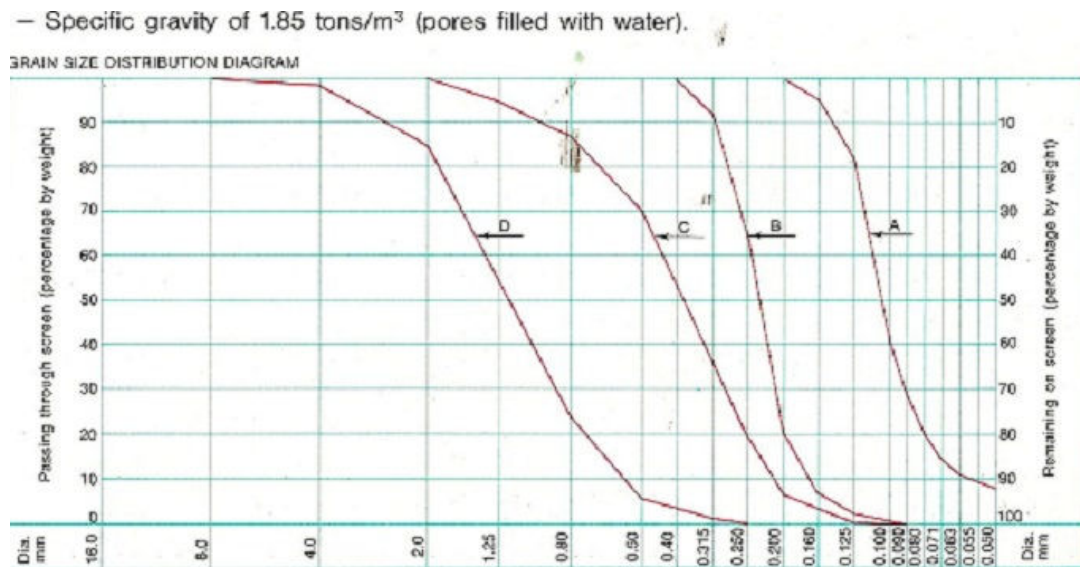


Figura 4.8 - Tabela de Dimensionamento do Diâmetro de Dragagem⁵

Levando-se em conta o parque Brasileiro de equipamentos de dragagem, para atender as exigências do projeto deve ser utilizada draga com diâmetro de recalque de 24" e potência disponível no eixo da bomba de dragagem de pelo menos 2.250HP

A seguir serão mostradas as características de dois modelos de dragas fabricadas pelos mais tradicionais fabricantes de dragas do mundo, IHC MERWEDE e ELLICOTT DREDGES. A primeira é a IHC Beaver 3.300 e a outra a Ellicott Super Dragon 4.170. O modelo IHC Beaver 3300 já não é mais produto da linha IHC, porém foi considerado em virtude de haver uma destas dragas no Brasil, pertencente a uma empresa Brasileira e a Ellicott Super Dragon 4.170 aparece como parâmetro comparativo de produto atualmente em produção.

Tabela 4.1 - Dimensionamento das Capacidades da Draga

| Draga | Potência na Bomba (HP) | Diâmetro na Sucção/Descarga (mm) | Potência no Desagregador (HP) | Profundidade de Dragagem (m) |
|---------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| IHC 3300 | 2.250 | 650 / 600 | 740 | 16 |
| ELLICOTT 4170 | 2.560 | 686 / 610 | 750 | 17,7 |

Produção teórica das referidas dragas, para 2.000m de distância de recalque, é a abaixo (vide Figuras 4.9 e 4.10).

Tabela 4.2 - Produtividade Teórica de Dragagem

| Draga | Produtividade Teórica (m ³ /h) para 2.000 m |
|---------------|--|
| IHC 3300 | 400 |
| ELLICOTT 4170 | 540 |

A distância de 2.000 m metros foi considerada, pois para os valores requeridos de 3.500 m e 4.000 m as dragas selecionadas se tornam antieconômicas. Neste caso temos duas hipóteses, ou

⁵ <http://www.ihcbeaverdredgers.com/>

se dá um "tombo" no material, isto é, bombeia-se para 2.000 m e depois deste ponto recalca-se 1.500 m ou 2.000 m dependendo do caso ou se utiliza um booster a 2.000 m da draga.

Da **Tabela 4.2**, temos:

Cenário I:

IHC 3300 = $350 \times 720 \times 0,60 = 151.200 \text{ m}^3/\text{mês}$, portanto executando o serviço em 1,0 meses aproximadamente com booster ou 2,0 meses usando-se a técnica do "tombo".

ELLCOTT 4170 = $500 \times 720 \times 0,60 = 216.000 \text{ m}^3/\text{mês}$, portanto executando o serviço em 21 dias aproximadamente com booster ou 42 dias usando-se a técnica do "tombo".

Cenário II:

IHC 3300 = $350 \times 720 \times 0,60 = 151.200 \text{ m}^3/\text{mês}$, portanto executando o serviço em 2,0 meses aproximadamente com booster ou 4,0 meses usando-se a técnica do "tombo".

ELLCOTT 4170 = $500 \times 720 \times 0,60 = 216.000 \text{ m}^3/\text{mês}$, portanto executando o serviço em 1,4 meses aproximadamente com booster ou 2,8 meses usando-se a técnica do "tombo".

Cenário III:

IHC 3300 = $350 \times 720 \times 0,60 = 151.200 \text{ m}^3/\text{mês}$, portanto executando o serviço em 3,0 meses aproximadamente com booster ou 6,0 meses usando-se a técnica do "tombo".

ELLCOTT 4170 = $500 \times 720 \times 0,60 = 216.000 \text{ m}^3/\text{mês}$, portanto executando o serviço em 2,08 meses aproximadamente com booster ou 4,2 meses usando-se a técnica do "tombo".

Ambos os equipamentos são de grande porte e qualquer um deles exigirá uma complexa operação de mobilização e desmobilização com a utilização de carretas especiais para transporte de seus principais componentes, o uso de guindastes de grande porte e, além disso, a grande extensão da linha de recalque também necessitará de uma utilização intensa de carretas extensivas para seu transporte e de seus flutuantes.

**C. Type-
2300-8000**

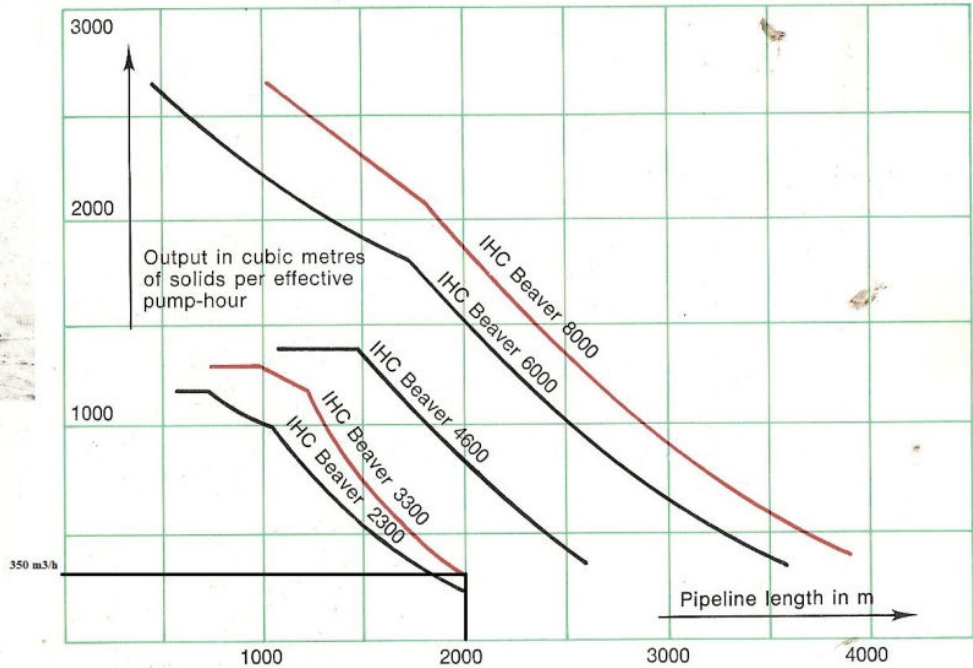


Figura 4.9 - IHC Beaver 33006

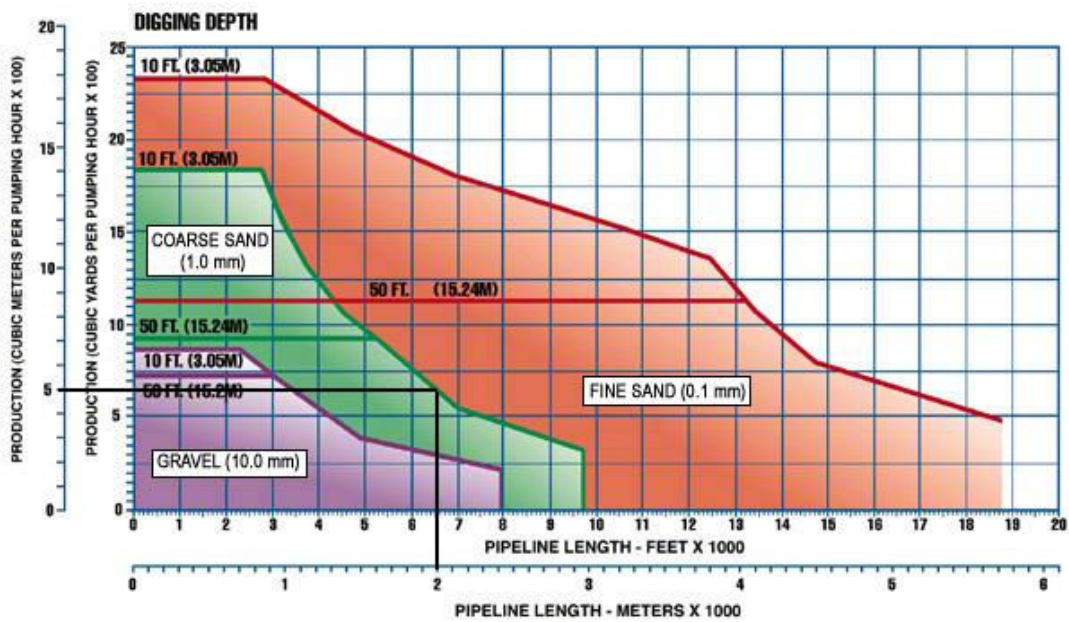


Figura 4.10 - Ellicott Super Dragon 41707

⁶ <http://www.ihcbeaverdredgers.com/>

⁷ <http://www.dredge.com/dredge-equipment-models/specs-670-dragon-dredge.html>

4.1.4 Alternativa 4 – Utilização de “Garra” ou Retro-escavadeira e Balsas

4.1.4.1 Descrição da Alternativa 4

Esta solução corresponde à utilização de “garra” (grab) ou retroescavadeira hidráulica ou de arrasto (drag line), apoiados sobre uma plataforma marítima, extraíndo o material e o colocando em balsas, que transportam e depositam esse material na área de erosão. Neste caso admite-se que o rendimento é o mesmo da Alternativa 2 (descrita acima), visto que se considera que existem balsas suficientes para que a dragagem ocorra continuamente, sem interrupções.

Quanto aos rendimentos, tendo em conta que a operação do garra ou da retroescavadeira hidráulica ou dragline será o fator condicionante para o processo, consideraremos os mesmo rendimentos constantes da alternativa 2.

O processo executivo é descrito em seguida:

- a. A escavação da areia do saliente onde se encontra o acréscimo praiar com retroescavadeira hidráulica ou “garra” ou dragline com deposição da areia diretamente em balsas;
- b. As balsas transportam o material dragado para o local de erosão, depositando-o;
- c. O ciclo é repetido, até à movimentação da plataforma para o próximo local de dragagem (de notar que esta plataforma é móvel e pode ser auto propelida)
- d. O ciclo repete-se até se atingirem os níveis desejados nos locais de acréscimo e erosão.

4.1.4.2 Dimensionamento dos equipamentos

A presente alternativa, foi dimensionada para os 4 cenários considerados neste estudo, tomando-se como base a capacidade de dragagem do equipamento tipo “garra” ou retroescavadeira hidráulica ou dragline empregados para o enchimento das balsas e o tempo de deslocamento das mesmas na área de erosão, bem como o seu tempo de regresso para o local de enchimento, fechando o ciclo. Foi também considerado o deslocamento das plataformas nos diferentes locais de dragagem. Observa-se que foram escolhidas as capacidades da caçamba (bucket) e da garra (grab) comumente utilizadas neste tipo de trabalho e por isso mais fáceis de encontrar no mercado.

a) Cenário I – Período de Recorrência dos Trabalhos de Dois Anos

Cabe, também, notar que o rendimento para uma ou outra solução (tendo em conta que o material a ser escavado é areia marinha) é o mesmo, considerando a mesma capacidade da garra ou da caçamba de dragagem.

Quando adotado o período de dois anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 150.000 m³; e,
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m.

- c. Um equipamento com capacidade da caçamba de 5m^3 – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até $160,88\text{ m}^3/\text{h}$ – considerados empolamento e curva granulométrica característica;
- d. Três balsas, com caçamba de capacidade máxima de 500 m^3 – capacidade horária estimada de carregamento de $162,46\text{ m}^3/\text{h}$ – considerados empolamento e curva granulométrica característica;

Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 3 (três) meses e 15 dias, totalizando 105 dias ou ainda 1.050 horas de cada equipamento.

b) Cenário II – Período de Recorrência dos Trabalhos de Três Anos

Cabe, também, notar que o rendimento para uma ou outra solução (tendo em conta que o material a ser escavado é areia marinha) é o mesmo, considerando a mesma capacidade da garra ou da caçamba de dragagem.

Quando adotado o período de três anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 225.000 m^3 ; e,
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m .
- c. Três equipamentos com capacidade da caçamba de 5m^3 – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até $160,88\text{ m}^3/\text{h}$ cada, totalizando $321,75\text{ m}^3/\text{h}$ – considerados empolamento e curva granulométrica característica;
- d. Cinco balsas, com caçamba de capacidade máxima de 500 m^3 – capacidade horária estimada de carregamento de $270,77\text{ m}^3/\text{h}$ – considerados empolamento e curva granulométrica característica;

Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 3 (três) meses e 4 dias, totalizando 94 dias ou ainda 940 horas de cada equipamento.

c) Cenário III – Período de Recorrência dos Trabalhos de Quatro Anos

Quando adotado o período de quatro anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 300.000 m^3 ; e,
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m .
- c. Três equipamentos com capacidade da caçamba de 5m^3 – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até $160,88\text{ m}^3/\text{h}$ cada, totalizando $321,75\text{ m}^3/\text{h}$ – considerado empolamento e curva granulométrica característica;
- d. Cinco balsas, com caçamba de capacidade máxima de 500 m^3 – capacidade horária estimada de carregamento de $324,75\text{ m}^3/\text{h}$ – considerado empolamento e curva granulométrica característica.

Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 3 (três) meses e 15 dias, totalizando 115 dias ou ainda 1.150 horas de cada equipamento.

d) Cenário IV – Período de Recorrência dos Trabalhos de Seis Anos

Quando adotado o período de seis anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão tomar-se-ão os seguintes dados de entrada do problema:

- a. Volume total estimado a ser movimentado: 450.000 m³;
- b. Distância adotada para a movimentação do volume estimado: 4.000 m.
- c. Quatro equipamentos com capacidade da caçamba de 5 m³ – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até 160,88 m³/h cada, totalizando 482,63 m³/h; e,
- d. Seis balsas, com caçamba de capacidade máxima de 500 m³ – capacidade horária estimada de carregamento de 433,23 m³/h.

Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 3 (seis) meses e 28 dias, totalizando 118 dias ou ainda 1.180 horas de cada equipamento.

4.1.5 Considerações sobre as Alternativas

Alguns fatores e premissas contribuíram para a opção sugerida que destacamos a seguir:

- a. Alternativa 1: Dragagem com equipamento SBS foi considerada inadequada para o tipo de comportamento de acréscimo/erosão que foi identificado no estudo de modelagem;
- b. Alternativa 2: O equipamento de dragagem do tipo "Dragline Excavator" ou "Grab Dredge" é um equipamento muito comum, com fácil mobilização e montagem, muito ágil e adaptável e com ótimo rendimento sendo adequado aos volumes estimados. Os caminhões e os equipamentos de movimentação de sólidos (pás-carregadeiras e tratores de lâminas) também são soluções de fácil obtenção e extremamente adaptáveis;
- c. Alternativa 3: A dragagem pelo mar é adequada com equipamentos pequenos, com calagem de no máximo 1,0 m, pois a posição da área onde deverá ser dragada, encontra-se dentro da região de arrebentação das ondas – deverá ser verificada os valores médios de mobilização e de movimentação de material para esta alternativa; e,
- d. Alternativa 4: Foi considerada inadequada tendo em vista que além dos equipamentos considerados ter maior número de equipamento para a flutuação do equipamento de dragagem, e a pequena profundidade na área de erosão que obrigaria o uso de um outro equipamento que bombeasse os sedimentos do interior da balsa, para a área de deposição.

Optou-se por indicar as Alternativas 2 e 3 como tecnicamente adequadas, sendo a verificação dos valores concernentes o fator de escolha por parte dos responsáveis, obviamente após serem consideradas as questões socioambientais discutidas no capítulo 5.

4.2 ORÇAMENTAÇÃO DAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS ADEQUADAS

4.2.1 Alternativa 2 – “Drag Line” e Caminhões

4.2.1.1 Cenário I – Período de Recorrência dos Trabalhos de Dois Anos

Quando adotado o período de dois anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Quantidade | Unidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|--|------------|----------------|----------|----------------|-------------------------|
| 1 | Mobilização do Canteiro | 1 | vb. | 1 | R\$ 265.175,00 | R\$ 265.175,00 |
| 2 | “Drag Line” Bucyrus-Erie modelo 88B | 2 | m ³ | 150000 | R\$ 4,94 | R\$ 1.482.000,00 |
| 3 | Pás Carregadeiras - Caçamba de 4,0 m ³ | 1 | m ³ | 150000 | R\$ 2,25 | R\$ 337.500,00 |
| 4 | Caminhões basculantes com 12 m ³ de caçamba | 12 | m ³ | 150000 | R\$ 0,65 | R\$ 1.170.000,00 |
| 5 | Tratores de Lâmina | 2 | m ³ | 150000 | R\$ 2,21 | R\$ 663.000,00 |
| Total para o intervalo de 2 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 3.652.500,00 |
| Custo/m³ | | | | | | R\$ 24,35 |

4.2.1.2 Cenário II – Período de Recorrência dos Trabalhos de Três Anos

Quando adotado o período de três anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Quantidade | Unidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|--|------------|----------------|----------|----------------|-------------------------|
| 1 | Mobilização do Canteiro | 1 | vb. | 1 | R\$ 419.762,50 | R\$ 419.762,50 |
| 2 | “Drag Line” Bucyrus-Erie modelo 88B | 3 | m ³ | 225000 | R\$ 4,94 | R\$ 3.334.500,00 |
| 3 | Pás Carregadeiras - Caçamba de 6,0 m ³ | 2 | m ³ | 225000 | R\$ 2,25 | R\$ 1.012.500,00 |
| 4 | Caminhões basculantes com 12 m ³ de caçamba | 18 | m ³ | 225000 | R\$ 0,65 | R\$ 2.632.500,00 |
| 5 | Tratores de Lâmina | 3 | m ³ | 225000 | R\$ 2,21 | R\$ 1.491.750,00 |
| Total para o intervalo de 4 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 8.471.250,00 |
| Custo/m³ | | | | | | R\$ 37,65 |

4.2.1.3 Cenário III – Período de Recorrência dos Trabalhos de Quatro Anos

Quando adotado o período de quatro anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Quantidade | Unidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|--|------------|----------------|----------|----------------|-------------------------|
| 1 | Mobilização do Canteiro | 1 | vb. | 1 | R\$ 364.762,50 | R\$ 364.762,50 |
| 2 | “Drag Line” Bucyrus-Erie modelo 88B | 3 | m ³ | 300000 | R\$ 4,94 | R\$ 4.446.000,00 |
| 3 | Pás Carregadeiras - Caçamba de 6,0 m ³ | 2 | m ³ | 300000 | R\$ 2,25 | R\$ 1.350.000,00 |
| 4 | Caminhões basculantes com 12 m ³ de caçamba | 21 | m ³ | 300000 | R\$ 0,46 | R\$ 2.866.500,00 |
| 5 | Tratores de Lâmina | 1 | m ³ | 300000 | R\$ 1,55 | R\$ 464.100,00 |
| Total para o intervalo de 4 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 9.126.600,00 |
| Custo/m³ | | | | | | R\$ 30,42 |

4.2.1.4 Cenário IV – Período de Recorrência dos Trabalhos de Seis Anos

Quando adotado o período de seis anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Quantidade | Unidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|--|------------|----------------|----------|----------------|--------------------------|
| 1 | Mobilização do Canteiro | 1 | vb. | 1 | R\$ 398.937,50 | R\$ 398.937,50 |
| 2 | "Drag Line" Bucyrus-Erie modelo 88B | 5 | m ³ | 450000 | R\$ 4,94 | R\$ 11.115.000,00 |
| 3 | Pás Carregadeiras - Caçamba de 12,0 m ³ | 1 | m ³ | 450000 | R\$ 2,25 | R\$ 1.012.500,00 |
| 4 | Caminhões basculantes com 12 m ³ de caçamba | 28 | m ³ | 450000 | R\$ 0,39 | R\$ 4.914.000,00 |
| 5 | Tratores de Lâmina | 1 | m ³ | 450000 | R\$ 1,33 | R\$ 596.700,00 |
| Total para o intervalo de 6 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 17.638.200,00 |
| Custo/m³ | | | | | | R\$ 39,20 |

4.2.2 Alternativa 3 – Draga e Booster

4.2.2.1 Cenário I – Período de Recorrência dos Trabalhos de Dois Anos

Quando adotado o período de dois anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Unidade | Quantidade | nº Dragas | Custo Unitário | Custo Total |
|--|---|----------------|------------|-----------|------------------|-------------------------|
| 1 | Instalação da Draga IHC 3300 Beaver | vb. | 1 | 1 | R\$ 3.000.000,00 | R\$ 3.000.000,00 |
| 2 | Instalação do Booster | vb. | 1 | 1 | R\$ 400.000,00 | R\$ 400.000,00 |
| 3 | Serviço de Sucção e Recalque | m ³ | 150000 | 1 | R\$ 23,00 | R\$ 3.450.000,00 |
| 4 | Serviço de Rebombeamento e Espalhamento | m ³ | 150000 | 1 | R\$ 8,00 | R\$ 1.200.000,00 |
| Total para o intervalo de 2 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 8.050.000,00 |

4.2.2.2 Cenário II – Período de Recorrência dos Trabalhos de Três Anos

Quando adotado o período de três anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Unidade | Quantidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|---|----------------|------------|----------|------------------|--------------------------|
| 1 | Instalação da Draga IHC 3300 Beaver | vb. | 1 | 1 | R\$ 3.000.000,00 | R\$ 3.000.000,00 |
| 2 | Instalação do Booster | vb. | 1 | 1 | R\$ 400.000,00 | R\$ 400.000,00 |
| 3 | Serviço de Sucção e Recalque | m ³ | 225000 | 1 | R\$ 23,00 | R\$ 5.175.000,00 |
| 4 | Serviço de Rebombeamento e Espalhamento | m ³ | 225000 | 1 | R\$ 8,00 | R\$ 1.800.000,00 |
| Total para o intervalo de 4 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 10.375.000,00 |

4.2.2.3 Cenário III – Período de Recorrência dos Trabalhos de Quatro Anos

Quando adotado o período de quatro anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Unidade | Quantidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|---|----------------|------------|----------|------------------|--------------------------|
| 1 | Instalação da Draga IHC 3300 Beaver | vb. | 1 | 1 | R\$ 3.000.000,00 | R\$ 3.000.000,00 |
| 2 | Instalação do Booster | vb. | 1 | 1 | R\$ 400.000,00 | R\$ 400.000,00 |
| 3 | Serviço de Sucção e Recalque | m ³ | 300000 | 1 | R\$ 23,00 | R\$ 6.900.000,00 |
| 4 | Serviço de Rebombeamento e Espalhamento | m ³ | 300000 | 1 | R\$ 8,00 | R\$ 2.400.000,00 |
| Total para o intervalo de 4 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 12.700.000,00 |

4.2.2.4 Cenário IV – Período de Recorrência dos Trabalhos de Seis Anos

Quando adotado o período de seis anos para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um despendio de valores conforme estão expressos nas planilhas a seguir:

| Item | Descrição | Unidade | Quantidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|---|----------------|------------|----------|------------------|--------------------------|
| 1 | Instalação da Draga IHC 3300 Beaver | vb. | 1 | 1 | R\$ 3.000.000,00 | R\$ 3.000.000,00 |
| 2 | Instalação do Booster | vb. | 1 | 1 | R\$ 400.000,00 | R\$ 400.000,00 |
| 3 | Serviço de Sucção e Recalque | m ³ | 450000 | 1 | R\$ 23,00 | R\$ 10.350.000,00 |
| 4 | Serviço de Rebombeamento e Espalhamento | m ³ | 450000 | 1 | R\$ 8,00 | R\$ 3.600.000,00 |
| Total para o intervalo de 6 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 17.350.000,00 |

4.3 REFERÊNCIAS DAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

Como referências adicionais, são abaixo explicitados exemplos de locais onde foram utilizadas cada uma das alternativas descritas no presente relatório.

Alternativa 1 – Utilização de Estrutura Fixa, com bombas e linha de recalque

Um bom exemplo da utilização desta tecnologia, apresentada no Item 4.1.1 deste relatório é a utilização desta solução., na Barra do Rio Tweed, na Austrália.

Alternativa 2 – Utilização de *Dragline* e caminhões

Nas figuras abaixo, é possível evidenciar exemplos de trabalhos de dragagem efetuados utilizando esta metodologia.



Figura 4.11 - Operação de Dragline no Lago Waihola, Nova Zelândia⁸

⁸ <http://www.odt.co.nz/news/dunedin/11171/group-dredges-waihola-harbour>



Figura 4.12 - Operação de Dragline em Louisiana, Estados Unidos⁹



Figura 4.13 - Operação de Dragline em Miami, Estados Unidos¹⁰

⁹ <http://www.northlafourchelevee.com/projects/equipment/>

¹⁰ http://www.wrquarries.com/news/news_photos8.htm

Alternativa 3 – Draga e Booster

Abaixo um exemplo de utilização de tubo de sucção e recalque, desta vez com utilização de draga, ao invés de estrutura fixa. Esta alternativa foi utilizada na construção de um Porto na Nigéria¹¹. Todas as imagens se encontram na referência bibliográfica da citação 12.



Figura 4.14 - Operação de draga, com tubo de sucção e recalque



Figura 4.15 - Operação de draga, com tubo de sucção e recalque

¹¹ http://www.boskalis.com/uploads/media/Nigeria_-_Onne_Port_01.pdf



Figura 4.16 - Lançamento dos sedimentos na área de deposição, com espalhamento através de bulldozer



Figura 4.17 - Vista aérea do Porto

Alternativa 4 – Utilização de “garra” ou retroescavadeira e balsas

Na figura abaixo é possível observar um exemplo de uma dragagem efetuada através de “garra”, com dois equipamentos, bem como respectivas plataformas e balsas, no Porto de Oakland, nos Estados Unidos da América¹².

¹² http://www.waterboards.ca.gov/sanfranciscobay/water_issues/programs/dredging.shtml

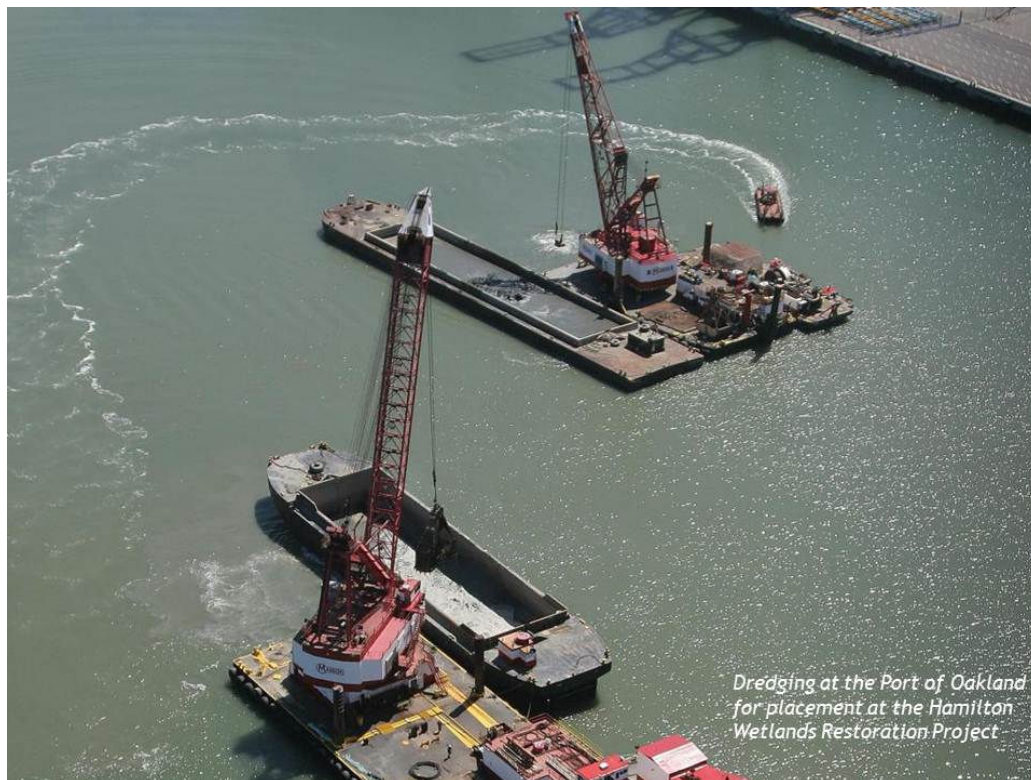


Figura 4.18 - Operação de enchimento de balsas, através de dragagem com recurso a “garra” (grab)

Abaixo também é possível observar um exemplo de uma dragagem efetuada através de retroescavadeira hidráulica, no Panamá¹³:

¹³ <http://www.dredgingtoday.com/2013/05/22/ihc-merwede-delivers-new-backhoe-dredger-to-acp-panama/>

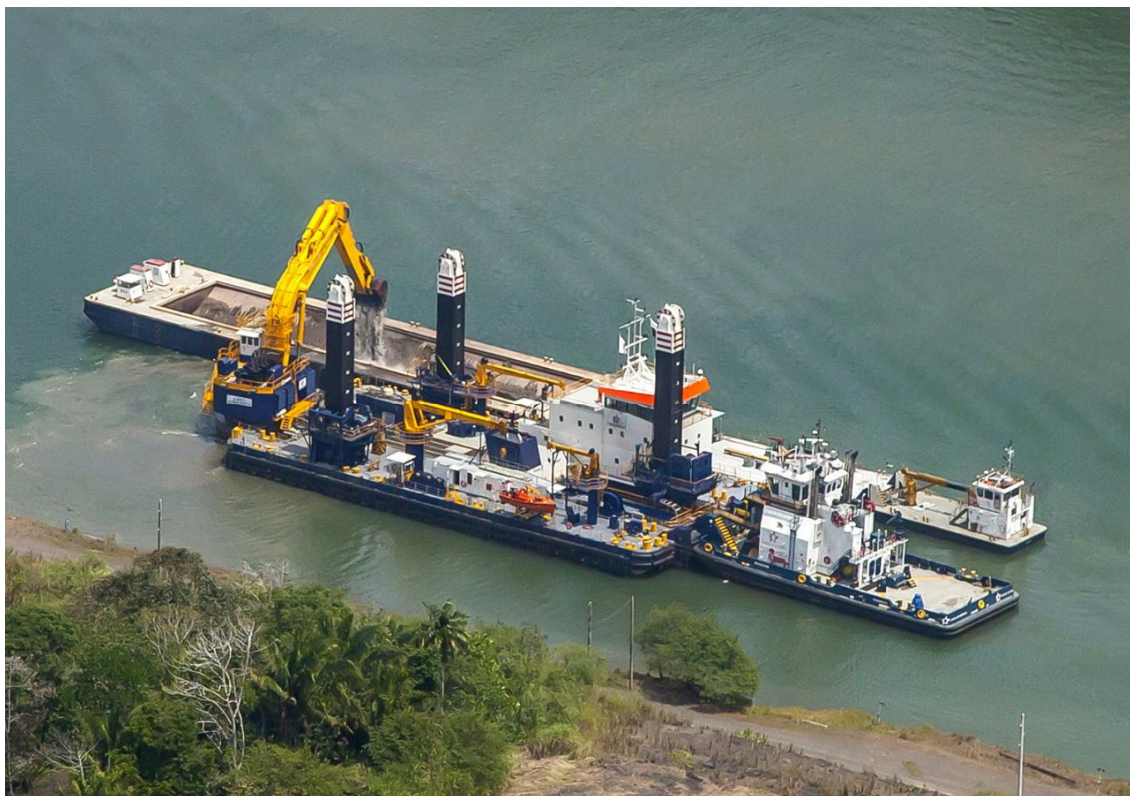


Figura 4.19 - Operação de enchimento de balsas, através de dragagem com recurso a retro-escavadeira

5 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Nos capítulos anteriores foram apresentadas as alternativas técnicas para a execução do transpasse de areia. Neste capítulo serão desenvolvidas: a análise socioambiental das duas alternativas selecionadas como viáveis e uma comparação multicritério entre as alternativas, tendo como objetivo a identificação da alternativa de intervenção mais adequada do ponto de vista técnico, econômico e socioambiental. Apresenta-se a seguir o desdobramento deste item.

5.1 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DAS ALTERNATIVAS

O processo de análise socioambiental das alternativas foi realizado com base nas duas etapas metodológicas abaixo apresentadas:

- 1) **Identificação do ciclo de processo** – Compreende um entendimento do fluxo de processo associado a cada uma das alternativas avaliadas;
- 2) **Identificação, descrição e classificação dos impactos** – Compreende a identificação dos impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico, considerando os diversos aspectos relacionados com o desenvolvimento da obra, tais como emissões atmosféricas e outras emissões, e identificação da sua interrelação com as características locais dos meios físico, biótico e socioeconômico, descrição e contextualização destas interferências, identificação de medidas mitigadoras necessárias e classificação da importância dos impactos descritos com e sem a aplicação das medidas mitigadoras identificadas.

5.1.1 Alternativa 1 – Transpasse com Caminhões

O ciclo de processo associado com a alternativa de transpasse de caminhões é apresentado na **Figura 5.1**. O processo se inicia com a chegada e instalação de equipamentos e a partir deste momento iniciam-se as operações, que consistem em excavação do saliente com Dragliners formando uma pilha de areia na zona do saliente. Esta pilha é a que será distribuída para caminhões basculantes de 12 m³ com o auxílio de pás carregadeiras. Com o carregamento dos caminhões, estes sairão da praia utilizando acessos existentes, entrarão na BA-001 e percorrerão uma distância de 3,5 km para o norte (ponto de descarte norte) ou 4 km para o sul (ponto de descarte sul), onde acessarão a praia novamente utilizando acessos existentes e farão o descarregamento da areia nas coordenadas pré-definidas. Feito o descarte, a areia será nivelada com trator de esteiras e os caminhões retornarão ao ponto de coleta de areia no saliente pelo mesmo trajeto.

A areia assim distribuída será naturalmente transportada pelas ondas e correntes litorâneas para os trechos sujeitos aos processos erosivos, sendo este o objetivo principal do sistema de transpasse, a saber: assegurar a restituição de material necessária para reestabelecer o transporte natural de areia na célula de costa potencialmente afetada pelos processos erosivos.



Figura. 5.1 - Ciclo produtivo do sistema de transpasse com caminhões

Fonte: elaboração própria

A avaliação dos impactos associados com esta alternativa é apresentada no **Quadro 5.1** abaixo. Ao todo, foram identificados 14 impactos sendo que 5 incidem no meio físico, 3 incidem no meio biótico e 6 incidem no meio socioeconômico. A maioria dos impactos relacionados são mitigáveis com medidas adequadas.

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|-----------------------------------|---|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 1 | FÍSICO | Alterações da qualidade do ar | <p>As alterações da qualidade do ar estão restritas às emissões gasosas do maquinário pesado que será utilizado na atividade de transpasse. A geração de material particulado associado com a remobilização da areia é considerada desprezível, uma vez que a areia estará úmida quando da sua retirada e o ciclo de transporte e descarga será rápido (estimado em 30 minutos). O contexto do local da operação, com ampla ventilação e espaços abertos assegura que as eventuais emissões de gases de descargas de maquinário pesado serão rapidamente dispersas. Ainda assim, cabem medidas de controle e inspeção referentes à geração de fumaça preta para evitar quaisquer incômodos aos residentes do entorno onde se darão as operações. Devido ao seu contexto de ocorrência e mediante a aplicação das medidas recomendadas, este impacto foi considerado de baixa importância.</p> | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Verificar as emissões de fumaça preta de todo o maquinário pesado envolvido nas obras, visando o atendimento aos padrões nacionais vigentes para a emissão da fumaça preta. | Baixa | Baixa |
| 2 | | Aumento local de turbidez na água | <p>A operação de retirada de areia no saliente e a operação de descarte de areia nos pontos de erosão resultarão na drenagem de águas mescladas com sedimentos, as quais irão para o mar, gerando turbidez. A zona onde isto ocorre já sofre esta interferência a qual decorre da interação das ondas com o fundo arenoloso, de tal modo que as águas da região próxima ao litoral já apresentam níveis elevados de turbidez. Devido ao seu contexto de ocorrência este impacto foi considerado de baixa importância.</p> | Impacto negativo, não mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Não se aplicam | Baixa | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|--|---|--|--|---------------------------|---------------------------|
| 3 | FÍSICO | Controle da erosão da praia | O controle da erosão da praia ao norte e ao sul do porto é o objetivo da operação de transpasse de areia. A retenção de areia no saliente formado a oeste do quebra-mar do porto acumulará um total estimado de 75.000 m ³ de areia/ano. Como a direção de transporte varia a depender das condições meteorológicas sazonais, 60% deste valor corresponde ao volume de areia que passaria para o norte do porto e 40% corresponde ao volume que passaria para o sul do Porto. Com a reposição periódica deste volume a norte e a sul do saliente, o processo de erosão será contido. | Impacto positivo, mitigável, permanente, de intensidade alta, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Realizar o transpasse de areia periodicamente, quando as taxas de erosão ultrapassarem a variabilidade natural esperada para o ambiente | Alta | Alta |
| 4 | | Risco de desenvolvimento de processos erosivos nos acessos à praia | O acesso à praia será feito em 3 pontos, a saber, na área do saliente, a 3,5 km ao norte do saliente e a 4 km ao sul do saliente. Os três locais contam com acessos pré-existentes os quais se encontram já antropizados. Contudo, o tráfego intenso de caminhões tenderá a degradar os acessos se nenhuma medida de proteção for empregada. Como a conformação do terreno nestes acessos é arenosa, recomenda-se a proteção destes e manutenção regular com brita ou outros insumos voltados para melhorar a condição de suporte do leito estradal, para evitar | Impacto negativo, mitigável, cíclico, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo | Realizar a proteção do leito dos acessos com brita ou outros materiais que assegurem a capacidade de suporte para a passagem dos caminhões. Reforçar a ponte no acesso ao saliente. Ações de recuperação dos acessos à praia após o desenvolvimento da atividade | Alta | Média |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|--|--|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 4 | FÍSICO | | a formação de sulcos e inviabilização dos acessos. No acesso em frente ao saliente há uma ponte de madeira que deverá receber reforço para suportar o peso dos equipamentos que trafegarão sobre esta, para terem acesso à praia. Também será necessário inspecionar e recuperar eventuais trechos erodidos nos acessos. | | | | |
| 5 | | Risco de contaminação com hidrocarbonetos | O uso de maquinário movido com base na queima de óleo diesel e com motores lubrificados com óleo de motor gera o risco de eventuais derrames de hidrocarbonetos. Com as devidas ações de controle na frota de veículos a ser utilizada, o risco de derrames será baixo. Considerando as medidas de mitigação a serem adotadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Contratar equipamentos em perfeito estado de conservação; Realizar checagens diárias de vazamentos em todo o maquinário utilizado; utilizar bandejas coletoras de óleo nos locais de estacionamento dos veículos no período noturno; retirar os veículos da atividade imediatamente ao observar vazamentos. | Média | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|---|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 6 | BIÓTICO | Mortandade de organismos bentônicos | Os organismos que vivem na areia da zona do saliente e nas áreas que receberão os sedimentos são residentes comuns do ambiente praiar, incluindo crustáceos, moluscos e vermes nematóides, dentre outros. Durante a operação, os animais porventura residentes na areia do saliente e nas áreas que receberão sedimentos sofrerão mortandade. Tratam-se de organismos comuns no ambiente praiar e que apresentam ciclos de vida curtos, sendo que os organismos perdidos devem retornar aos locais do impacto poucos meses após as intervenções, devido ao recrutamento natural. Não se tem notícia da ocorrência de espécies endêmicas ou ameaçadas como membros do bentos de ambientes praias na região. Em função do seu contexto de ocorrência a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, não mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e não cumulativo. | Não se aplicam | Baixa | Baixa |
| 7 | | Interferências com a reprodução de tartarugas | A zona onde a atividade se dará apresenta pequena atividade reprodutiva de tartarugas. Porém no monitoramento foi constatada a presença de alguns sítios de nidificação ativos nas imediações do porto. As tartarugas marinhas são espécies ameaçadas e protegidas por lei. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência provável e não cumulativo. | Realizar as operações de transpasse apenas no período compreendido entre os meses de abril a agosto, de modo a não interferir com as atividades | Alta | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|---|---|--|---------------------------|---------------------------|
| 7 | BIÓTICO | Interferências com a reprodução de tartarugas | Por conseguinte deve-se evitar realizar as operações de transpasse nos meses entre setembro e março, que correspondem ao período reprodutivo das tartarugas. Para minimizar as perturbações recomenda-se a menor frequência possível de intervenções, o que leva à recomendação de realizar a atividade do transpasse com intervalos de pelo menos 4 anos. Utilizando-se da janela ambiental indicada, o risco de interferências com a atividade reprodutiva de tartarugas será nulo. Portanto, com a aplicação da medida recomendada a importância deste impacto foi considerada baixa. | | reprodutivas de tartarugas; Fazer as operações de transpasse com frequência de pelo menos 4 anos entre as operações. | | |
| 8 | | Risco de atropelamento de animais | A depender da frequência desejada as operações de transpasse de areia envolverão uma quantidade crescente de veículos (estando previstos 12 caminhões para o período de 2 anos, 21 para o de 4 anos e 28 para o de 6 anos). Os caminhões trafegarão por um trecho de cerca de 7,5 km da BA-001, com fluxos de veículos crescentes na medida em que o tempo de acúmulo de material no saliente for aumentando. Este tráfego acarretará risco de atropelamento de animais silvestres, o que já ocorre na operação normal da estrada. Como a região apresenta fauna silvestre de importância reconhecida, é importante minimizar este risco. Para esta fim, sugere-se efetuar controle de velocidade dos caminhões, além de reduzir o tempo e o intervalo entre as intervenções. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade média, reversível, local, de ocorrência provável e cumulativo. | Controle de velocidade dos caminhões, limitando a velocidade à 60 km/h na BA-001; Realização do transpasse com | Média | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|--|--|--|---------------------------|---------------------------|
| 8 | BIÓTICO | | Desta forma seria minimizado o risco. Outra medida seria a de realizar a operação em épocas do ano não coincidentes com os períodos de pico do turismo, onde o fluxo de tráfego na BA-001 é naturalmente ampliado. Recomenda-se a realização da operação com intervalos de pelo menos 4 anos e no período entre abril e agosto, para evitar os períodos de maior pico na atividade turística, que compreende o período de verão. Com as medidas de controle indicadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | | intervalos de pelo menos 4 anos entre as intervenções; Execução do transpasse na janela entre abril e agosto. | | |
| 9 | SOCIOECONÔMICO | Interferência com o turismo e uso recreacional da praia | A praia no trecho que sofrerá a intervenção do transpasse de areia é frequentada no período de verão por veranistas e turistas. A atividade de transpasse alterará a atratividade da praia no período de sua execução, devido à presença de maquinário na praia que estará realizando a operação. A atividade comprometerá a atividade de lazer na praia no período das obras, inclusive por razões de segurança. Este impacto pode ser efetivamente minimizado ao realizar a operação de transpasse no período de outono/inverno, evitando assim a interferência com o uso da praia por veranistas e visitantes que frequentam a região. De modo a minimizar as perturbações, recomenda-se adotar intervalos de intervenção espaçados. Com as medidas de controle recomendadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade alta, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com intervalos de pelo menos 4 anos entre intervenções. | Alta | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|-----------------------------|---|---|---|---------------------------|---------------------------|
| 10 | SOCIOECONÔMICO | Interferência com o tráfego | <p>A depender da frequência desejada as operações de transpasse de areia envolverão quantidades crescentes de caminhões (12 para 2 anos, 21 para 4 anos e 28 para 6 anos). Os caminhões trafegarão por um trecho de cerca de 7,5 km da BA-001, com fluxos proporcionalmente crescentes a depender da frequência de execução da atividade. Cabe ressaltar que os fluxos de tráfego estarão direcionados ao sul e ao norte do saliente (Porto Sul), sendo esperados fluxos diferentes nas duas direções. Para os fluxos na direção norte (3,5 km) são esperados fluxos máximos de tráfego de caminhões da ordem de 11 caminhões/hora para a frequência de transpasse de 2 anos, 18 caminhões/hora para a frequência de transpasse de 4 anos e 30 caminhões/hora para a frequência de transpasse de 6 anos. Para os fluxos na direção sul (4 km em relação ao saliente), são esperados fluxos máximos de tráfego de caminhões de 8 caminhões/hora para a frequência de transpasse de 2 anos, 12/caminhões hora para a frequência de transpasse de 4 anos e 20 caminhões/hora para a frequência de transpasse de 6 anos. Este tráfego poderia interferir desfavoravelmente aumentando os fluxos no trecho utilizado pela operação na BA-001. Para minimizar este impacto recomenda-se espaçar a frequência das operações de transpasse, além de realizar a mesma no período da baixa estação turística, correspondente aos meses de outono e inverno.</p> | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade média, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com intervalos de pelo menos 4 anos. | Média | Baixa |

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões

(continuação)

Continua

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|--|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 10 | | | Com as medidas de controle sugeridas a importância deste impacto foi considerada baixa. | | | | |
| 11 | SOCIOECONÔMICO | Interferência com a atividade pesqueira | <p>A interferência da atividade de transpasse com a atividade pesqueira está restrita à modalidade de pesca com rede de arrasto, feita na zona da praia, e ao embarque de jangadas que utilizam a praia como local de guarda na Ponta da Tulha. Como a atividade se dará integralmente no ambiente da praia e na estrada BA-001 não se esperam interferências com as demais modalidades de pesca praticadas na região. Os dados disponíveis dão conta de a pesca com rede de arrasto de praia não é muito representativo do ponto de vista da sua produtividade, embora a mesma possa ser localmente importante para pescadores da região. O período mais propício a esta modalidade de pesca é o período de verão, pois a rede é colocada a partir de uma canoa que está no mar, sendo as suas extremidades trazidas para a praia, onde a rede é puxada pelos pescadores. Em função desta característica, a atividade</p> | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade média, reversível, local, de ocorrência provável e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com intervalos de pelo menos 4 anos entre as atividades; | Média | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---------------|---|---------------|--|---------------------------|---------------------------|
| 11 | SOCIOECONÔMICO | | <p>depende de condições de mar calmo, que se dão preferencialmente nos meses de verão. Outro cuidado importante é assegurar tanto o embarque e desembarque de jangadas no trecho selecionado para o lançamento da areia ao norte do porto, interrompendo as atividades de descarga e nivelamento da areia todas as vezes que houver uma jangada chegando à praia ou saindo desta. Deste modo, para minimizar as possíveis interferências com esta modalidade de pesca, recomenda-se espaçar ao máximo as intervenções de transpasse e executá-la nos meses do outono e inverno, que em geral tem uma condição meteorológica e hidrodinâmica que desfavorece tanto a pesca com rede de arrasto de praia quanto a pesca de jangada. Além disto será necessária a comunicação prévia junto às comunidades residentes entre São Miguel e a Ponta da Tulha para comunicar o início e o fim da atividade de transpasse e as convencionar as ações para a passagem de jangadas na praia durante a atividade. Cabe ressaltar ainda que as comunidades potencialmente afetadas por este impacto já estarão sendo atendidas pelo Programa de Compensação Pesqueira do Porto Sul. Em virtude das medidas de controle indicadas e adotando desde já estas medidas, a importância deste impacto foi considerada baixa.</p> | | <p>realizar ações de comunicação antecipada da atividade junto às comunidades existentes no litoral entre as localidades de São Miguel e a Ponta da Tulha.</p> | | |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|--|--|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 12 | SOCIOECONÔMICO | Aumento do risco de acidentes de trânsito e atropelamento de pessoas | A depender da frequência desejada as operações de transpasse de areia envolverão números crescentes de caminhões. Estes trafegarão por um trecho de cerca de 7,5 km da BA-001, com fluxos crescentes na medida em que a quantidade de areia a ser transferida aumentar. Este tráfego poderia interferir desfavoravelmente aumentando os riscos de acidentes com veículos e pedestres. Cabe observar que a rodovia BA-001 já incorpora o risco de acidentes com veículos e pessoas, associado à operação normal da estrada. Para minimizar este impacto recomenda-se espaçar a frequência das operações de transpasse e realizar a mesma no período da baixa estação turística, correspondente aos meses de outono e inverno. Nos acessos à praia, a velocidade dos caminhões deve ser mantida em 20 km/h e na BA-001 a velocidade deve ser limitada a 60km/h. Cabem ainda ações de sinalização de segurança na praia, nos acessos à BA-001 e no trecho de 7,5 km onde se dará a atividade de transpasse. Além disto será necessária a comunicação prévia junto às comunidades residentes entre São Miguel e a Ponta da Tulha para comunicar o início e o fim da atividade de transpasse. Com a adoção das medidas de controle indicadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, de intensidade baixa, reversível, cíclico, local, de ocorrência provável e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); controlar a velocidade dos veículos envolvidos na atividade, limitando-a a 20 km/h nos acessos à praia e a 60 km/h na BA-001. Realizar a operação do transpasse com intervalos de pelo menos 4 anos. Executar sinalização de toda a atividade na praia, nos acessos à BA-001 e no trecho da BA-001 a ser utilizado para a atividade; realizar ações de comunicação antecipada da atividade junto às comunidades existentes no litoral entre as localidades de São Miguel e a Ponta da Tulha. | Média | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---------------------------|--|---|--|---------------------------|---------------------------|
| 13 | SOCIOECONÔMICO | Aumento do nível de ruído | As operações de transpasse gerarão ruídos associados com a operação do maquinário e caminhões que trafegarão pela praia, pelos acessos ao saliente, aos pontos de descarte e pela BA-001. Os níveis de ruído nos acessos e na praia são os apresentam o maior potencial de incômodo de residentes locais, pelo que é importante limitar os horários das operações de transporte de areia, realizar manutenção adequada dos sistemas de escapamento e motores dos caminhões, retirar da atividade caminhões que apresentem nível de ruído excessivo e realizar a atividade apenas no período de inverno, quando a taxa de ocupação da região será menor. Na BA-001 os níveis de ruído serão compatíveis com o tráfego projetado para a estrada. Este impacto, com as devidas medidas de mitigação foi considerado de importância baixa. | Impacto negativo, cíclico, mitigável, de intensidade média, reversível, local, de ocorrência provável e cumulativo. | Realizar manutenção adequada de caminhões para evitar a geração de ruído excessivo, retirar imediatamente da operação equipamentos que gerem níveis de ruído excessivo; realizar a atividade apenas no período de baixa estação (entre os meses de abril a agosto) | Média | Baixa |

Continua

Quadro 5.1 - Avaliação dos impactos relacionados com a alternativa de transpasse com caminhões (conclusão)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|----------------------------------|---|--|--|---------------------------|---------------------------|
| 14 | SOCIOECONÔMICO | Alteração temporária da paisagem | A operação de transpasse de areia criará uma alteração temporária no aspecto visual da praia, devido à presença de maquinário pesado e caminhões. Isto corresponde a uma alteração da paisagem, que na região funciona como atrativo para o veraneio e o lazer da praia. Cabe ressaltar que esta alteração estará se dando em um trecho já afetado pelas estruturas do Porto Sul e que o aspecto original da praia será reestabelecido com a retirada dos equipamentos. Para atenuar este impacto, cabem duas medidas, a saber: o espaçamento da frequência das intervenções, reduzindo o período em que ocorre o impacto visual e realizar a atividade no período de outono/inverno, que corresponde a um período onde o efeito atrator da paisagem é menos relevante do ponto de vista econômico, ou seja, para o turismo. Com a adoção das medidas recomendadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade média, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com espaçamento de pelo menos 4 anos entre as intervenções. | Média | Média/Baixa |

5.1.2 Alternativa 2 - Transpasse com Dragagem

O ciclo de processo associado com a alternativa de transpasse mediante dragagem é apresentado na **Figura 5.2**. O processo se inicia com a chegada e instalação de tubulações, sistemas de bombeamento e uma draga. A partir deste momento iniciam-se as operações, que consistem na dragagem do material arenoso no saliente e o seu bombeamento/recalque da mistura de água e areia para os pontos de lançamento. Nestes locais, a pilha de areia acumulada será espalhada e conformada por meio de tratores de lâmina.

Cabe ressaltar que o sistema de transpasse com dragagem poderá requerer a implantação de estruturas auxiliares de bombeamento, já que a distância de bombeamento requererá tombo ou booster.

A areia assim distribuída será naturalmente transportada pelas ondas e correntes litorâneas para os trechos sujeitos aos processos erosivos, sendo este o objetivo principal do sistema de transpasse, a saber: assegurar a restituição de material necessária para restabelecer o transporte natural de areia na célula de costa potencialmente afetada pelos processos erosivos.



Figura. 5.2 - Ciclo produtivo sistema de transpasse com draga

Fonte: Elaboração própria

A avaliação dos impactos associados com esta alternativa é apresentada no **Quadro 5.2** abaixo. Ao todo, foram identificados 14 impactos sendo que 5 incidem no meio físico, 3 incidem no meio biótico e 6 incidem no meio socioeconômico. A maioria dos impactos relacionados são mitigáveis com medidas adequadas.

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|-----------------------------------|--|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 1 | FÍSICO | Alterações da qualidade do ar | As alterações da qualidade do ar estão restritas às emissões gasosas da draga que será utilizada na atividade de transpasse. A geração de material particulado associado com a remobilização da areia é considerada desprezível, uma vez que a areia estará úmida quando da sua retirada. O contexto do local da operação, com ampla ventilação e espaços abertos assegura que as eventuais emissões de gases de descargas da draga serão rapidamente dispersas. Ainda assim, cabem medidas de controle e inspeção referentes à geração de fumaça preta para evitar quaisquer incômodos aos residentes do entorno onde se darão as operações. Devido ao seu contexto de ocorrência e mediante a aplicação das medidas recomendadas, este impacto foi considerado de baixa importância. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Verificar as emissões de fumaça preta da embarcação a ser utilizada na dragagem, visando o atendimento aos padrões nacionais vigentes para a emissão da fumaça preta. | Baixa | Baixa |
| 2 | | Aumento local de turbidez na água | A operação de retirada de areia no saliente e a operação de descarte de areia nos pontos de erosão resultarão na drenagem de águas mescladas com sedimentos, as quais irão para o mar, gerando turbidez. A zona onde isto ocorre já sofre esta interferência, a qual decorre da interação das ondas com o fundo arenolamoso, de tal modo que as águas da região próxima ao litoral já apresentam níveis elevados de turbidez. Por ser temporário e devido ao seu contexto de ocorrência este impacto foi considerado de baixa importância. | Impacto negativo, não mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Não se aplicam | Baixa | Baixa |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|--|---|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 3 | FÍSICO | Controle da erosão da praia | O controle da erosão da praia ao norte e ao sul do porto é o objetivo da operação de transpasse de areia. A retenção de areia no saliente formado a oeste do quebra-mar do porto acumulará um total estimado de 75.000 m ³ de areia/ano. Como a direção de transporte varia a depender das condições meteorológicas sazonais, 60% deste valor corresponde ao volume de areia que passaria para o norte do porto e 40% corresponde ao volume que passaria para o sul do Porto. Com a reposição periódica deste volume a norte e a sul do saliente, o processo de erosão será contido. | Impacto positivo, mitigável, permanente, de intensidade alta, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Realizar o transpasse de areia periodicamente, quando as taxas de erosão ultrapassarem a variabilidade natural esperada para o ambiente | Alta | Alta |
| 4 | | Risco de desenvolvimento de processos erosivos nos acessos à praia | O acesso à praia será feito em 3 pontos, a saber, na área do saliente, a 3,5km ao norte do saliente e a 4 km ao sul do saliente. Os três locais contam com acessos pré-existentes os quais se encontram já antropizados. Contudo, o tráfego de equipamentos tenderá a degradar os acessos se nenhuma medida de proteção for empregada. Como a conformação do terreno nestes acessos é arenosa, recomenda-se a proteção destes e manutenção regular com brita ou outros insumos voltados para melhorar a condição de suporte do leito estradal, para evitar a formação de sulcos e inviabilização dos acessos. No acesso em frente ao saliente há uma ponte de madeira que deverá receber reforço para suportar o peso dos equipamentos que trafegarão sobre esta, para terem acesso à praia. Também será necessário inspecionar e recuperar eventuais trechos erodidos nos acessos. | Impacto negativo, mitigável, temporário, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo | Realizar a proteção do leito dos acessos com brita ou outros materiais que assegurem a capacidade de suporte para a passagem dos caminhões. Reforço de ponte de madeira no acesso em frente ao saliente. Ações de recuperação dos acessos após a atividade. | Média | Baixa |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|---|--|--|---------------------------|---------------------------|
| 5 | FÍSICO | Risco de contaminação com hidrocarbonetos | O uso de draga de sucção e recalque com base na queima de óleo diesel e com motores lubrificados com óleo de motor gera o risco de eventuais derrames de hidrocarbonetos. Com as devidas ações de controle na embarcação, o risco de derrames será baixo. Com as medidas de mitigação adotadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Contratar equipamentos em perfeito estado de conservação; Realizar checagens diárias de vazamentos em todo o maquinário utilizado; a draga deverá estar dotada de canaletas de drenagem e caixas separadoras de água e óleo, de forma a permitir a coleta e destinação adequada de quaisquer drenagens e resíduos oleosos nela armazenados. | Média | Baixa |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|--|---|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 6 | BIÓTICO | Mortandade de organismos bentônicos | Os organismos que vivem na areia da zona do saliente e nas áreas que receberão os sedimentos são residentes comuns do ambiente praiar, incluindo crustáceos, moluscos e vermes nematóides, dentre outros. Durante a operação, os animais porventura residentes na areia do saliente e nas áreas que receberão sedimentos sofrerão mortalidade. Tratam-se de organismos comuns no ambiente praiar e que apresentam ciclos de vida curtos, sendo que os organismos perdidos devem retornar aos locais do impacto poucos meses após as intervenções, devido ao recrutamento natural. Não se tem notícia da ocorrência de espécies endêmicas ou ameaçadas como membros do bentos de ambientes praias na região. Por ser temporário e em função do seu contexto de ocorrência a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, não mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e não cumulativo. | Não se aplicam | Baixa | Baixa |
| 7 | | Risco de interferências com a reprodução de tartarugas | A zona onde a atividade se dará apresenta pequena atividade reprodutiva de tartarugas. Porém no monitoramento foi constatada a presença de alguns sítios de nidificação ativos nas imediações do porto. As tartarugas marinhas são espécies ameaçadas e protegidas por lei. Por conseguinte deve-se evitar realizar as operações de transpasse nos meses entre setembro e março, que correspondem ao período reprodutivo das tartarugas. Utilizando-se da janela ambiental indicada, o risco de interferências com a atividade reprodutiva de tartarugas será nulo. Portanto, com a aplicação da medida recomendada a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, temporário, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência provável e não cumulativo. | Realizar as operações de transpasse apenas no período compreendido entre os meses de abril a agosto, de modo a não interferir com as atividades reprodutivas de tartarugas; | Alta | Baixa |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|--|---|---|---------------------------|---------------------------|
| 8 | BIÓTICO | Risco de atropelamento de animais | Nesta alternativa tecnológica o tráfego pela BA-001 será muito restrito, associado apenas ao período de montagem da tubulação e boosters, nas etapas de instalação e remoção das estruturas. Contudo, como a região apresenta fauna silvestre de importância reconhecida, é importante minimizar este risco. Para esta fim, sugere-se efetuar controle de velocidade dos veículos de carga que estarão acessando a praia, além de espaçar ao máximo os intervalos da atividade. Desta forma seria minimizado o risco. Outra medida seria a de realizar a operação em épocas do ano não coincidentes com os períodos de pico do turismo, onde o fluxo de tráfego na BA-001 é naturalmente ampliado. Recomenda-se a realização da operação no período entre abril e agosto, para evitar os períodos de maior pico na atividade turística, que compreende o período de verão. Com as medidas de controle indicadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência provável e cumulativo. | Controle de velocidade dos caminhões, limitando a velocidade à 60 km/h na BA-001 e a 20 km/h nos acessos; Execução do transpasse na janela entre abril e agosto. Espaçar a atividade com intervalos de pelo menos 4 anos. | Baixa | Baixa |
| 9 | SOCIOECONÔMICO | Interferência com o turismo e uso recreacional da praia | A praia no trecho que sofrerá a intervenção do transpasse de areia é frequentada no período de verão por veranistas e turistas. A atividade de transpasse alterará a atratividade da praia no período de sua execução, devido à presença da draga e tubulações de 3,5 km para o norte ou 4 km para o sul em relação ao saliente, na praia. Isto comprometerá a atividade de lazer na praia no período das obras, inclusive por razões de segurança. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade alta, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação com o maior espaçamento possível entre as intervenções. | Alta | Média |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Dragagem

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|---|---|--|---------------------------|---------------------------|
| 9 | SOCIOECONÔMICO | Interferência com o turismo e uso recreacional da praia | Este impacto pode ser efetivamente minimizado ao realizar a operação de transpasse no período de outono/inverno, minimizando assim a interferência com o uso da praia por veranistas e visitantes que frequentam a região. Também é importante espaçar os intervalos de realização da atividade para minimizar as perturbações com o uso da praia. Com as medidas de controle recomendadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | | | | |
| 10 | | Interferência com o tráfego | Nesta alternativa tecnológica o tráfego pela BA-001 será muito restrito, associado apenas ao período de montagem da tubulação e boosters, nas etapas de instalação e remoção das estruturas. Para minimizar este impacto recomenda-se realizar a atividade no período da baixa estação turística, correspondente aos meses de outono e inverno. Com a medida de controle sugerida a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade baixa, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno). | Baixa | Baixa |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---|---|---|--|---------------------------|---------------------------|
| 11 | SOCIOECONÔMICO | Interferência com a atividade pesqueira | <p>A interferência da atividade de transpasse com a atividade pesqueira está restrita à modalidade de pesca com rede de arrasto, feita na zona da praia, e ao embarque de jangadas que utilizam a praia como local de guarda na Ponta da Tulha. O período mais propício a esta modalidade de pesca é o período de verão, pois a rede é colocada a partir de uma canoa que está no mar, sendo as suas extremidades trazidas para a praia, onde a rede é puxada pelos pescadores. A atividade depende de condições de mar calmo, que se dão preferencialmente nos meses de verão. Outro cuidado importante é assegurar tanto o embarque e desembarque de jangadas no trecho selecionado para o lançamento da areia ao norte do porto, interrompendo as atividades de descarga e nivelamento da areia todas as vezes que houver uma jangada chegando à praia ou saindo desta. A presença de tubulação contínua por trechos de até 4 km na praia poderá representar um obstáculo de difícil transposição por jangadeiros, que serão obrigados a desviar dos seus locais tradicionais de guarda de embarcações, sendo este um impacto de difícil controle para esta opção tecnológica.</p> <p>Recomenda-se que a atividade seja realizada nos meses do outono e inverno, quando o clima desfavorece a pesca. Será necessária a comunicação prévia junto às comunidades residentes entre São Miguel e a Ponta da Tulha para comunicar o início e o fim da atividade e a convencionar as ações para a passagem de jangadas na praia durante a atividade.</p> <p>Cabe ressaltar ainda que as comunidades potencialmente afetadas por este impacto já estarão atendidas pelo Programa de Compensação Pesqueira do Porto Sul.</p> | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade alta, reversível, local, de ocorrência provável e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com o maior espaçamento possível entre intervenções; Estabelecer protocolos de passagem de jangadas na praia durante a atividade; realizar ações de comunicação antecipada da atividade junto às comunidades existentes no litoral entre as localidades de São Miguel e a Ponta da Tulha. | Alta | Média |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Draga

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|--|--|--|--|---------------------------|---------------------------|
| 12 | SOCIOECONÔMICO | Aumento do risco de acidentes de trânsito e atropelamento de pessoas | Nesta alternativa tecnológica o tráfego pela BA-001 será muito restrito, associado apenas ao período de montagem da tubulação e boosters, nas etapas de instalação e remoção das estruturas. Mesmo com este fluxo limitado, há riscos de acidentes envolvendo veículos e pedestres. Cabe observar que a rodovia BA-001 já incorpora o risco de acidentes com veículos e pessoas, associado à operação normal da estrada. Nos acessos à praia, a velocidade dos caminhões deve ser mantida em 20 km/h e na BA-001 a velocidade deve ser limitada a 60km/h. Para minimizar este impacto recomenda-se realizar o transpasse no período da baixa estação turística, correspondente aos meses de outono e inverno. Cabem ainda ações de sinalização de segurança na praia e nos acessos à BA-001. Além disto será necessária a comunicação prévia junto às comunidades residentes entre São Miguel e a Ponta da Tulha para comunicar o início e o fim da atividade de transpasse. Com a adoção das medidas de controle indicadas a importância deste impacto foi considerada baixa. | Impacto negativo, mitigável, de intensidade baixa, reversível, cíclico, local, de ocorrência provável e cumulativo | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); executar sinalização de toda a atividade na praia, nos acessos à BA-001 e no trecho da BA-001 a ser utilizado para a atividade; limitar a velocidade dos veículos da atividade nos acessos a 20 km/h e na BA-001 a 60 km/h. realizar ações de comunicação antecipada da atividade junto às comunidades existentes no litoral entre as localidades de São Miguel e a Ponta da Tulha. | Baixa | Baixa |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Dragagem

(continuação)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|---------------------------|--|---|---|---------------------------|---------------------------|
| 13 | SOCIOECONÔMICO | Aumento do nível de ruído | <p>As operações de transpasse gerarão ruídos associados com a operação do maquinário, pelos acessos ao saliente, nos pontos de descarte no próprio saliente. Os níveis de ruído nos acessos e na praia são os apresentam o maior potencial de incômodo de residentes locais, pelo que é importante limitar os horários das operações de instalação e desinstalação de equipamentos, realizar manutenção adequada dos sistemas de escapamento e motores dos equipamentos que porventura acessarem a praia, retirar da atividade equipamentos que apresentem nível de ruído excessivo e realizar a atividade apenas no período de inverno, quando a taxa de ocupação da região será menor. Na BA-001 os níveis de ruído serão compatíveis com o tráfego projetado para a estrada. Como esta alternativa envolve pequeno fluxo de veículos na praia este impacto, com as devidas medidas de mitigação foi considerado de importância baixa.</p> | Impacto negativo, cíclico, mitigável, de intensidade média, reversível, local, de ocorrência provável e cumulativo. | Realizar manutenção adequada de equipamentos para evitar a geração de ruído excessivo, retirar imediatamente da operação equipamentos que gerem níveis de ruído excessivo; realizar a atividade apenas no período de baixa estação (entre os meses de abril a agosto) | Baixa | Baixa |

Continua

Quadro 5.2 - Avaliação dos Impactos Relacionados com a Alternativa de Transpasse com Dragagem

(conclusão)

| No | MEIO CONSIDERADO | IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | MEDIDAS MITIGADORAS | IMPORTÂNCIA SEM MITIGAÇÃO | IMPORTÂNCIA COM MITIGAÇÃO |
|----|------------------|----------------------------------|---|--|---|---------------------------|---------------------------|
| 14 | SOCIOECONÔMICO | Alteração temporária da paisagem | A operação de transpasse de areia com dragagem criará uma alteração temporária no aspecto visual da praia, devido à presença da dragagem, tubulações, bombas e tratores de esteira. Ainda poderão ser necessárias outras estruturas devido a necessidade de suporte de sistemas de bombeamento e boosters. Isto corresponde a uma alteração temporária da paisagem, que na região funciona como atrativo para o veraneio e o lazer da praia. Cabe ressaltar que esta alteração estará se dando em um trecho já afetado pelas estruturas do Porto Sul e que o aspecto original da praia será restabelecido com a retirada dos equipamentos. Devido a presença de tubulação por trechos contínuos da praia, a interferência da atividade foi considerada maior que no caso da outra alternativa tecnológica. Para atenuar este impacto, cabem duas medidas, a saber: espaçar a realização da atividade o máximo possível e realizar a atividade no período de outono/inverno, que corresponde a um período onde o efeito atrator da paisagem é menos relevante do ponto de vista econômico, ou seja, para o turismo. Com a adoção das medidas recomendadas a importância deste impacto foi considerada média. | Impacto negativo, mitigável, cíclico, de intensidade média, reversível, local, de ocorrência certa e cumulativo. | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com o maior espaçamento possível entre intervenções. | Alta | Média |

5.2 COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A comparação de alternativas foi realizada levando em conta os aspectos socioambientais, além de aspectos operacionais e econômicos. Foi adotada uma sistemática de análise multicritério. Na análise, foram considerados três aspectos principais, a saber: Operacionalidade, Investimentos Necessários e Aspectos Socioambientais. Cada aspecto principal foi então subdividido em subaspectos, como segue:

- a) **Aspecto principal - Operacionalidade:** Este aspecto principal foi subdividido nos subaspectos: duração da operação; período mais favorável; posição interferida na linha de costa; necessidade de manutenção corretiva e preventiva e eficácia na contenção de processos erosivos;
- b) **Aspecto principal - Investimentos Necessários:** Este aspecto principal foi subdividido nos subaspectos: valor do investimento inicial, custo de manutenção mensal e possibilidade de surgimento de custos imprevistos.
- c) **Aspecto principal - Aspectos Socioambientais:** Este aspecto principal engloba cada um dos 14 impactos socioambientais identificados na etapa anterior.

A cada subaspecto acima identificado foi atribuído um escore que identifica o grau de favorabilidade do subaspecto avaliado tendo como referência a outra alternativa. Os escores individuais dos subaspectos foram somados, sendo que a alternativa que apresenta o total maior é a que apresenta menos restrições de aplicabilidade. Para a atribuição dos escores dos subaspectos foi adotado o sistema de escores identificado no **Quadro 5.3** abaixo.

Quadro 5.3 - Escores Atribuídos aos Subaspectos na Comparação entre Alternativas

| CLASSIFICAÇÃO | ESCORE |
|----------------------------|--------|
| Aspecto muito desfavorável | 1 |
| Aspecto desfavorável | 2 |
| Aspecto neutro | 3 |
| Aspecto favorável | 4 |
| Aspecto muito favorável | 5 |

O exercício de comparação entre as alternativas é apresentado no **Quadro 5.4** abaixo. Para a comparação entre alternativas foi adotada a frequência de transpasse de 4 (quatro) anos, de modo a equiparar a avaliação. Se forem adotadas outras frequências de transpasse, as alterações serão proporcionais, mantendo-se assim a validade da análise comparativa.

Quadro 5.4 - Comparação entre as Alternativas para o Transpasse de Areia

| ALTERNATIVAS | ASPECTO AVALIADO | SUB-ASPECTO | CONSIDERAÇÕES | ESCORES |
|---|----------------------------------|---|---|---------|
| ALTERNATIVA 1 - TRANSPASSE COM CAMINHÕES COM FREQUÊNCIA DE 4 (QUATRO) ANOS | OPERACIONALIDADE | Duração da operação | Duração de 3 cerca de meses. O mesmo que na outra alternativa. Aspecto neutro. | 3 |
| | | Período mais favorável | Independente do período do ano. Aspecto muito favorável na comparação das alternativas. | 5 |
| | | Posição interferida na linha de costa | Alcança o trecho de 7,5 km de linha de costa com ponto de retirada no saliente e pontos de descarte da areia a 3,5 km para o norte e 4 km para o sul em relação ao saliente. Mesmo trecho interferido pela outra alternativa, pelo que este aspecto foi considerado neutro. | 3 |
| | | Necessidade de manutenção preventiva e corretiva | Manutenção preventiva de equipamentos é necessária, potencial de manutenção corretiva baixo por serem equipamentos simples e facilmente substituíveis. Aspecto favorável em comparação com a outra alternativa. | 4 |
| | | Eficácia na contenção de processos erosivos | Sistema efetivo e flexível que requer baixo nível tecnológico, mas assegura o atendimento aos objetivos do controle de erosão. Performance equivalente à da outra alternativa considerada. Aspecto neutro | 3 |
| | INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS | Valor do investimento inicial | O investimento é de R\$ 11.592.900,00, sendo o mais econômico dentre as alternativas consideradas. Aspecto muito favorável. | 5 |
| | | Custo de manutenção mensal | Requer baixos índices de manutenção mensal em comparação com a outra alternativa. Aspecto favorável. | 4 |
| | | Possibilidade de aparecimento de custos imprevistos | Baixa dada a ampla disponibilidade no mercado dos equipamentos utilizados. Aspecto favorável na comparação com a outra alternativa. | 4 |
| | ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS | Alterações da qualidade do ar | Em comparação com a outra alternativa, o potencial de alterações de qualidade do ar é um pouco maior. Aspecto desfavorável | 2 |
| | | Aumento local de turbidez na água | O aumento de turbidez na água é considerado equivalente ao potencial de geração de turbidez da outra alternativa. Aspecto neutro. | 3 |

Continua

Quadro 5.4 - Comparação entre as Alternativas para o Transpasse de Areia

(continuação)

| ALTERNATIVAS | ASPECTO AVALIADO | SUB-ASPECTO | CONSIDERAÇÕES | ESCORES |
|---|---------------------------------|--|--|---------|
| ALTERNATIVA 1 - TRANSPASSE COM CAMINHÕES COM FREQUÊNCIA DE 4 (QUATRO) ANOS | ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS | Controle da erosão da praia | As duas alternativas consideradas são igualmente efetivas no controle dos processos erosivos. Aspecto neutro. | 3 |
| | | Risco de desenvolvimento de processos erosivos nos acessos à praia | Esta alternativa mostra-se desfavorável em comparação com a outra alternativa, devido ao maior fluxo de caminhões necessário. Aspecto desfavorável. | 2 |
| | | Risco de contaminação com hidrocarbonetos | Como esta alternativa envolve uma maior quantidade de veículos, o potencial para contaminação com hidrocarbonetos nesta alternativa é maior. Portanto considerou-se este como um aspecto desfavorável nesta alternativa. | 2 |
| | | Mortandade de organismos bentônicos | Impacto equivalente para as duas alternativas. Aspecto neutro. | 3 |
| | | Interferências com a reprodução de tartarugas | Com as medidas de mitigação indicadas nenhuma das alternativas interferirá com a reprodução de tartarugas. Aspecto neutro | 3 |
| | | Risco de atropelamento de animais | A alternativa envolve a circulação de caminhões pela BA-001, o que supera a quantidade de veículos que usarão a BA-001 na outra alternativa. Aspecto desfavorável | 2 |
| | | Interferência com o turismo e uso recreacional da praia | Na comparação entre as duas alternativas, o uso de caminhões evita a presença de tubulações extensas na praia, que podem interferir com o seu uso. Por esta razão, a alternativa de uso de caminhões foi considerada como favorável em relação à alternativa de dragagem. Aspecto favorável. | 4 |
| | | Interferência com o tráfego | Esta alternativa envolve o tráfego de caminhões ao longo do trecho de 7,5 km da BA-001, ao passo que a outra alternativa envolve apenas tráfego temporário de veículos que farão a entrega das tubulações e sistemas de bombeamento. Alternativa desfavorável em relação à outra | 2 |

Continua

Quadro 5.4 - Comparação entre as Alternativas para o Transpasse de Areia

(continuação)

| ALTERNATIVAS | ASPECTO AVALIADO | SUB-ASPECTO | CONSIDERAÇÕES | ESCORES |
|---|------------------------------------|--|---|-----------|
| ALTERNATIVA 1 - TRANSPASSE COM CAMINHÕES COM FREQUÊNCIA DE 4 (QUATRO) ANOS | ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS | Interferência com a atividade pesqueira | Em comparação com a outra alternativa, o uso de caminhões é menos restritivo em relação ao embarque e desembarque de jangadas que utilizam a praia, bem como em relação à execução da pesca de arrasto com rede de cerco, razão pela qual esta alternativa de uso de caminhões foi considerada favorável | 4 |
| | | Aumento do risco de acidentes de trânsito e atropelamento de pessoas | Em comparação com a outra alternativa, o uso de caminhões gera uma condição de maior risco de acidentes e atropelamento de pessoas. Aspecto desfavorável | 2 |
| | | Aumento do nível de ruído | Devido ao maior fluxo de caminhões nos acessos à praia, esta alternativa apresenta maior potencial de geração de ruído e incômodo a residentes no entorno dos acessos. Aspecto desfavorável. | 2 |
| | | Alteração da paisagem | As duas alternativas interferem com a paisagem. Porém a alternativa de caminhões gera apenas alguns pontos de interferências, ao passo que a alternativa de dragagem envolve o uso de uma tubulação contínua de 4 km e sistema de bombeamento que ficarão sobre a praia, gerando uma interferência maior. Aspecto favorável em relação à alternativa dos caminhões. | 4 |
| | ESCORE FINAL DA ALTERNATIVA | | | 69 |
| ALTERNATIVA 2 - DRAGAGEM COM TUBULAÇÃO DE TRANSPASSE COM FREQUÊNCIA DE 4 (QUATRO) ANOS | OPERACIONALIDADE | Duração da operação | Duração de cerca de 3 meses. O mesmo que na outra alternativa. Aspecto neutro. | 3 |
| | | Período mais favorável | Esta alternativa é favorecida em condições de verão e apresenta dificuldades técnicas (embora não seja inviável) no período de inverno, devido às condições de mar agitado. Aspecto desfavorável. | 2 |

Continua

Quadro 5.4 - Comparação entre as Alternativas para o Transpasse de Areia

(continuação)

| ALTERNATIVAS | ASPECTO AVALIADO | SUB-ASPECTO | CONSIDERAÇÕES | ESCORES |
|---|----------------------------------|---|---|---------|
| ALTERNATIVA 2 - DRAGAGEM COM TUBULAÇÃO DE TRANSPASSE COM FREQUÊNCIA DE 4 (QUATRO) ANOS | OPERACIONALIDADE | Posição interferida na linha de costa | Alcança o trecho de 7,5 km de linha de costa com ponto de retirada no saliente e pontos de descarte da areia a 3,5 km para o norte e 4 km para o sul em relação ao saliente. Mesmo trecho interferido pela outra alternativa, pelo que este aspecto foi considerado neutro. | 3 |
| | | Necessidade de manutenção preventiva e corretiva | Por se tratar de sistema embarcado, com encaixes de fileiras de tubos e sistemas de bombeamento que requerem manutenção periódica, considera-se esta alternativa como desfavorável em relação à de caminhões. Aspecto desfavorável | 2 |
| | | Eficácia na contenção de processos erosivos | O sistema de dragagem assegura os efeitos desejados de contenção dos processos erosivos. Aspecto neutro em relação à outra alternativa. | 3 |
| | INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS | Valor do investimento inicial | O valor do investimento para a dragagem com frequência de 4 (quatro) anos é de R\$ 12.700.000,00, sendo superior ao valor da outra alternativa. Aspecto desfavorável. | 2 |
| | | Custo de manutenção mensal | Devido à conformação técnica do sistema que envolve o posicionamento e encaixe de linhas de tubos, haverá maior necessidade de esforço de manutenção no período das obras. Aspecto desfavorável em comparação com a outra alternativa. | 2 |
| | | Possibilidade de aparecimento de custos imprevistos | Os sistemas desta alternativa estão mais sujeitos a falhas em comparação com a outra alternativa. Aspecto desfavorável. | 2 |
| | ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS | Alterações da qualidade do ar | Esta alternativa atrai menor quantidade de equipamentos que utilizam o combustível fóssil. Aspecto favorável. | 4 |
| | | Aumento local de turbidez na água | O aumento de turbidez na água é considerado equivalente ao potencial de geração de turbidez da outra alternativa. Aspecto neutro. | 3 |
| | | Controle da erosão da praia | As duas alternativas são consideradas igualmente efetivas no controle dos processos erosivos. Aspecto neutro. | 3 |

Continua

Quadro 5.4 - Comparação entre as Alternativas para o Transpasse de Areia

(conclusão)

| ALTERNATIVAS | ASPECTO AVALIADO | SUB-ASPECTO | CONSIDERAÇÕES | ESCORES |
|---|---------------------------------|--|--|-----------|
| ALTERNATIVA 2 - DRAGAGEM COM TUBULAÇÃO DE TRANSPASSE COM FREQUÊNCIA DE 4 (QUATRO) ANOS | ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS | Risco de desenvolvimento de processos erosivos nos acessos à praia | Nesta alternativa, o fluxo de equipamentos pesados nos acessos à praia será bem menos intenso. Aspecto favorável | 4 |
| | | Risco de contaminação com hidrocarbonetos | Esta alternativa atrai menor quantidade de equipamentos que utilizam o combustível fóssil. Aspecto favorável. | 4 |
| | | Mortandade de organismos bentônicos | Impacto equivalente para as duas alternativas. Aspecto neutro. | 3 |
| | | Interferências com a reprodução de tartarugas | Com as medidas de mitigação indicadas nenhuma das alternativas interferirá com a reprodução de tartarugas. Aspecto neutro | 3 |
| | | Risco de atropelamento de animais | Esta alternativa envolve fluxos menores de tráfego na BA-001. Aspecto favorável. | 4 |
| | | Interferência com o turismo e uso recreacional da praia | A presença de tubulação com até 4 km de comprimento e estrutura de bombeamento na praia torna esta alternativa desfavorável em comparação com a outra alternativa. Aspecto desfavorável. | 2 |
| | | Interferência com o tráfego | Esta alternativa envolve fluxos menores de tráfego na BA-001. Aspecto favorável. | 4 |
| | | Interferência com a atividade pesqueira | A presença de tubulação com 4 km e estrutura de bombeamento na praia torna esta alternativa desfavorável em comparação com a outra alternativa, particularmente em relação ao impedimento para o embarque e desembarque de jangadas no trecho afetado. Aspecto desfavorável. | 2 |
| | | Aumento do risco de acidentes de trânsito e atropelamento de pessoas | Esta alternativa envolve fluxos menores de tráfego na BA-001. Aspecto favorável. | 4 |
| | | Aumento do nível de ruído | Esta alternativa apresenta menor fluxo de caminhões, o que representa menor presença de fontes de ruído próximas a receptores sensíveis. Aspecto favorável | 4 |
| | | Alteração da paisagem | A presença de tubulação com 4 km e estrutura de bombeamento na praia torna esta alternativa desfavorável em comparação com a outra alternativa. Pode ainda ser necessária a instalação de outras estruturas na praia para dar suporte aos boosters e outras. Aspecto muito desfavorável. | 1 |
| ESCORE FINAL DA ALTERNATIVA | | | | 64 |

Na comparação entre as alternativas, a que apresenta um maior grau de aspectos favoráveis é o transpasse de areia com caminhões na frequência de 4 (quatro) anos, tendo obtido um escore total de 69 pontos. A alternativa envolvendo dragagem com frequência de 4 (quatro) anos obteve um escore total de 64 pontos, inferior à outra alternativa.

Deste modo, a alternativa preferida é o transpasse de areia com caminhões com intervalos de 4 (quatro) anos.

5.3 MEDIDAS DE GESTÃO AMBIENTAL DA ALTERNATIVA PREFERIDA

O transpasse de areia com caminhões - a alternativa preferida - requer uma série de ações de controle, as quais foram apresentadas na avaliação dos impactos. O **Quadro 5.5** abaixo apresenta a listagem das medidas mitigadoras necessárias para a correta implementação destas medidas. Considera-se que, com os devidos cuidados, a atividade poderá ser desenvolvida com mínimo impacto.

Quadro 5.5 - Listagem de Medidas Mitigadoras para o Transpasse de Areia com Caminhões

| IMPACTO | MEDIDAS MITIGADORAS |
|--|---|
| Alterações da qualidade do ar | Verificar as emissões de fumaça preta de todo o maquinário pesado envolvido nas obras, visando o atendimento aos padrões nacionais vigentes para a emissão da fumaça preta. |
| Controle da erosão da praia | Realizar o transpasse de areia periodicamente, quando as taxas de erosão ultrapassarem a variabilidade natural esperada para o ambiente. |
| Risco de desenvolvimento de processos erosivos nos acessos à praia | Realizar a proteção do leito dos acessos com brita ou outros materiais que assegurem a capacidade de suporte para a passagem dos caminhões. Reforçar a ponte que dá acesso à área do saliente. Recompôr os acessos após a atividade. |
| Risco de contaminação com hidrocarbonetos | Contratar equipamentos em perfeito estado de conservação; Realizar checagens diárias de vazamentos em todo o maquinário utilizado; utilizar bandejas coletoras de óleo nos locais de estacionamento dos veículos no período noturno; retirar os veículos da atividade imediatamente ao observar vazamentos. |
| Interferências com a reprodução de tartarugas | Realizar as operações de transpasse apenas no período compreendido entre os meses de abril a agosto, de modo a não interferir com as atividades reprodutivas de tartarugas; Fazer as operações de transpasse com intervalos de 4 anos entre as operações. |
| Risco de atropelamento de animais | Controle de velocidade dos caminhões, limitando a velocidade à 60 km/h na BA-001; Realização do transpasse com intervalos de 4 anos; Execução do transpasse na janela entre abril e agosto. |
| Interferência com o turismo e uso recreacional da praia | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com intervalos de 4 (quatro) anos, de forma a minimizar a necessidade de equipamentos. |

Continua

Quadro 5.5 - Listagem de Medidas Mitigadoras para o Transpasse de Areia com Caminhões (conclusão)

| IMPACTO | MEDIDAS MITIGADORAS |
|--|---|
| Interferência com o tráfego | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com intervalos de 4 (quatro) anos entre as atividades. |
| Interferência com a atividade pesqueira | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com o maior espaçamento possível entre intervenções; Estabelecer protocolos de passagem de jangadas na praia durante a atividade; realizar ações de comunicação antecipada da atividade junto às comunidades existentes no litoral entre as localidades de São Miguel e a Ponta da Tulha. |
| Aumento do risco de acidentes de trânsito e atropelamento de pessoas | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); controlar a velocidade dos veículos envolvidos na atividade, limitando-a a 20 km/h nos acessos à praia e a 60 km/h na BA-001. Realizar a operação do transpasse com intervalos de 4 (quatro) anos entre as atividades. Executar sinalização de toda a atividade na praia, nos acessos à BA-001 e no trecho da BA-001 a ser utilizado para a atividade; realizar ações de comunicação antecipada da atividade junto às comunidades existentes no litoral entre as localidades de São Miguel e a Ponta da Tulha. |
| Aumento do nível de ruído | Realizar manutenção adequada de caminhões para evitar a geração de ruído excessivo, retirar imediatamente da operação equipamentos que gerem níveis de ruído excessivo; realizar a atividade apenas no período de baixa estação (entre os meses de abril a agosto). |
| Alteração temporária da paisagem | Fazer a operação de transpasse no período entre abril e agosto (outono e inverno); realizar a operação do transpasse com intervalos de 4 (quatro) anos entre as atividades. |

6 CONCLUSÕES

O Estudo de Alternativas de Transferência de Areia com o objetivo de minimizar o impacto costeiro, previsto com a implantação e a operação do Porto Sul, no município de Ilhéus, foi desenvolvido a partir da modelagem matemática da interferência da estrutura “offshore” na dinâmica costeira; do estudo de alternativas tecnológicas para implementação do processo de transferência de areia; e da análise sócio ambiental das alternativas consideradas como tecnicamente adequadas.

Dos estudos de modelagem matemática conclui-se que:

- O cenário de relocação de areia recomendado para a situação com os dois portos é um volume de 300.000 m³/ano com periodicidade de quatro anos (Volume médio de 75.000 m³/ano). Assim a erosão máxima da linha de costa ficará dentro do limite de 20m, que é o máximo de recuo natural previsto para a linha de costa, com recorrência de 100 anos.
- A distância ótima entre a retirada de sedimento e a relocação é 3.500m no lado norte do píer e 4.000m no lado sul.
- Os resultados do modelo indicam que nos primeiros quatro anos após a construção do porto o recuo da linha de costa ficará dentro do limite de 20m de recuo natural e por isso não terá necessidade de relocar areia para mitigar problemas de erosão durante a construção do porto. É recomendável iniciar o programa de monitoramento da linha de costa antes da construção do porto para sempre poder intervir e controlar a evolução da linha de costa.
- A erosão máxima da linha de costa para a situação com somente o terminal da BAMIN é de aproximadamente 15m e fica menor que o limite de 20m adotado neste estudo. Assim não será necessário estabelecer um sistema de relocação de sedimento nesta situação.

Com base no comportamento de acréscimo e erosão identificado com os estudos de modelagem verificou-se que sobre o aspecto técnico as alternativas 2 e 3 foram as que apresentaram a melhor viabilidade, quais sejam:

- Alternativa 2: Utilização de “Drag Line” e caminhões;
- Alternativa 3: Utilização de Draga do tipo sucção e recalque.

A partir de uma sistemática de análise multicritério foi feita a comparação das alternativas selecionadas sob o ponto de vista técnico, considerando os aspectos socioambientais, operacionais e econômicos.

Estes estudos indicaram como preferencial a Alternativa 2 – Utilização de “Drag Line” e caminhões, a ser adotada em intervalos de 4 anos, a partir do início da operação do empreendimento.

7 PROJETO DA ALTERNATIVA SELECIONADA

Neste item são consolidados os dados de projetos, já apresentados ao longo deste documento, para a alternativa selecionada – Alternativa 2 – Utilização de "Drag Line" e Caminhões.

7.1 LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPASSE

A localização do sistema é apresentada na **Figura 7.1**. As simulações apresentadas nas seções anteriores mostraram que o impacto máximo na linha de costa é da ordem 50m e acontecerá no Apex do saliente, na zona de sombra do quebra-mar do Porto Sul. Mudanças na linha de costa desta ordem de grandeza não podem ser representadas visualmente na figura. Contudo, a figura indica os volumes e distâncias envolvidas no processo de reconstituição da linha de costa.

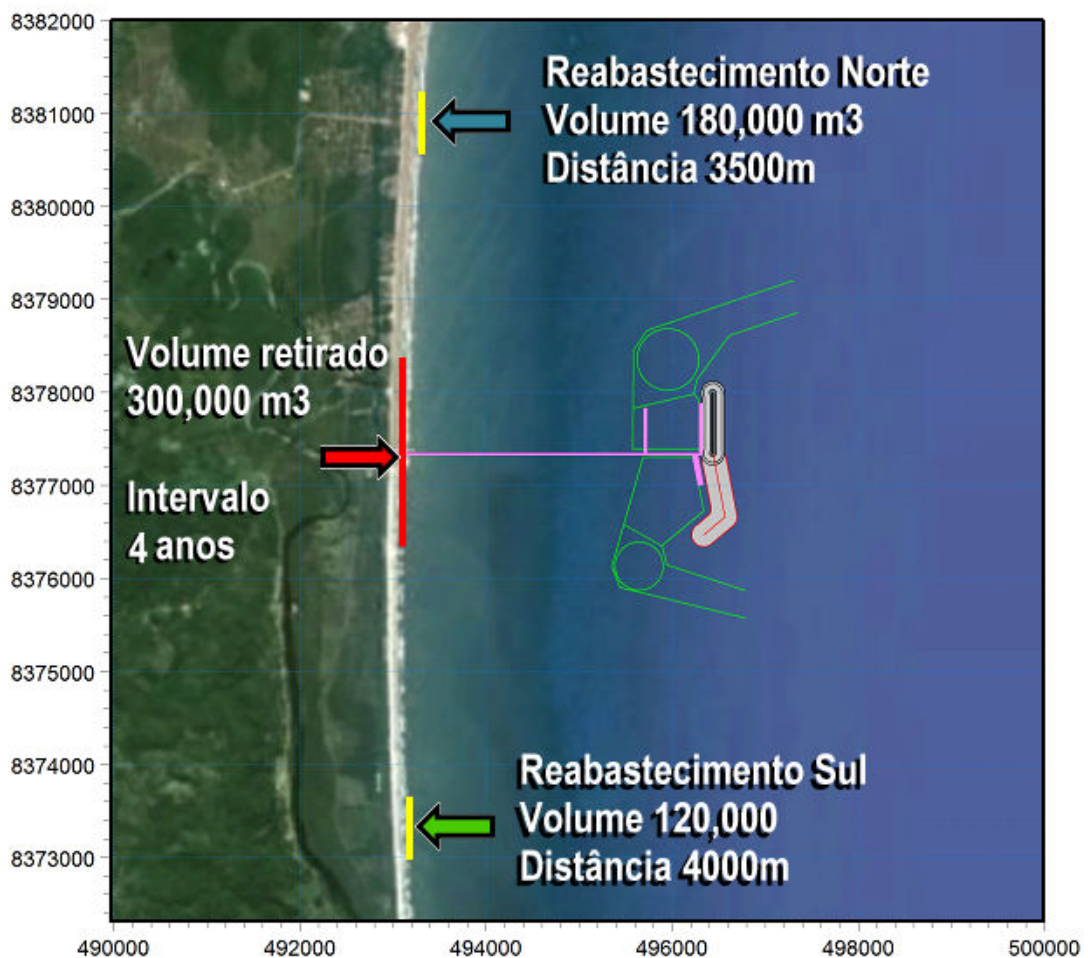


Figura 7.1 - Localização Geral do Porto Sul e das Áreas de Retirada e Reposição de Sedimento (setor norte e setor sul)

A **Figura 7.2** localiza os acessos (em vermelho) a serem utilizados no processo de transporte de areia entre a área de retirada, no Apex do saliente, e a área de reposição ao norte e ao sul.

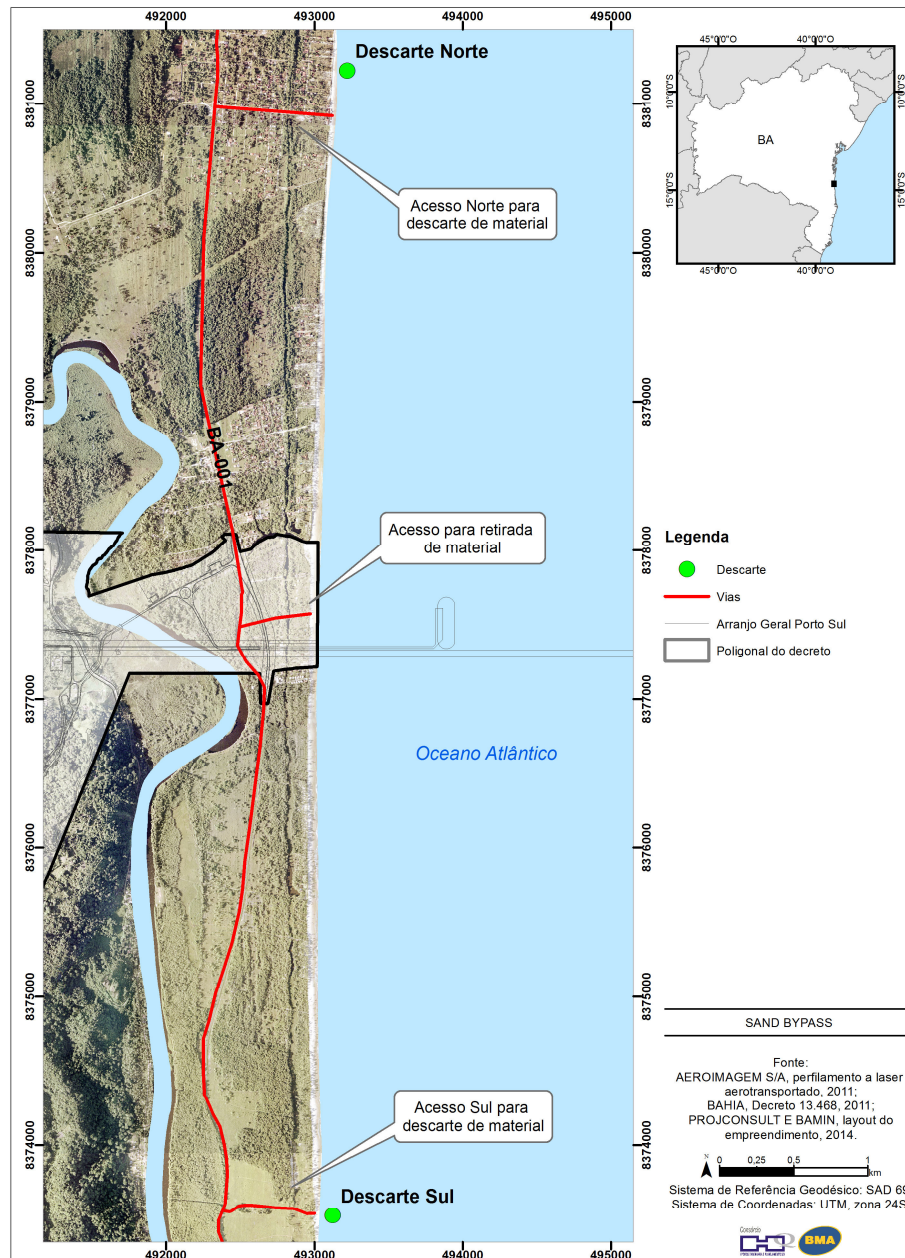


Figura 7.2 - Indicação dos acessos a serem utilizados às áreas de retirada e reposição de sedimento

7.2 DIMENSIONAMENTO DA ALTERNATIVA ADOTADA

A presente alternativa foi dimensionada tomando-se como base a capacidade de escavação do equipamento tipo "Drag Line" empregada na confecção da pilha, da escavadeira utilizada no desmonte da pilha e carregamento dos caminhões, dos caminhões com semi-reboque do tipo basculante utilizados no transporte da areia e do trator de lâmina utilizado no espalhamento.

O **Quadro 7.1**, a seguir apresenta os volumes e distâncias envolvidas no projeto.

Quadro 7.1 - Dados de Entrada do Projeto

| | |
|--|------------------------|
| Volume total a ser relocado | 300.000 m ³ |
| Distância entre o píer e a área de reabastecimento de areia no lado norte | 3.500m |
| Volume de areia a ser relocado ao lado norte do píer | 180,000 m ³ |
| Distância entre o píer e a área de reabastecimento de areia no lado sul | 4.000m |
| Volume de areia a ser reabastecido o lado sul do píer | 120.000 m ³ |
| Intervalo entre as operações | 4 anos |

Para a frequência de operação recomendada (a cada 4 anos) serão necessários os seguintes equipamentos e características operacionais:

- Três equipamentos do tipo "Dragline" Bucyrus-Erie modelo 88B, com caçamba de capacidade máxima de 6 yd³ – capacidade horária estimada de dragagem com areia de até 132 m³/h cada, totalizando cerca de 396 m³/h;
- Duas pás-carregadeiras, com caçamba de capacidade máxima de 6 m³ – capacidade horária estimada de carregamento de 344 m³/h;
- Vinte e um caminhões com capacidade de caçamba média de 12 m³ – capacidade horária estimada de transporte de 344 m³/h;
- Um trator de lâmina espalhando a areia na região da erosão com capacidade de espalhamento de 344 m³/h; e,

Com esta configuração de equipamentos estima-se atender a movimentação de areia em um período de 3 (três) meses e 19 dias, totalizando 872 horas de equipamento.

7.3 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO E OPERAÇÃO

Para a alternativa selecionada se estabeleceu o processo executivo descrito a seguir:

- A escavação da areia do saliente onde encontra-se o acréscimo praial com "Dragline" com formação de pilhas de areia;
- As pilhas de areia são desmontadas por pá-carregadeira sobre pneumáticos ou esteiras que procedem o carregamento dos caminhões;
- O deslocamento da areia é feito pelos caminhões desde o local do acréscimo praial até a região da erosão praial;
- A areia é descarregada pelos caminhões sobre o local onde encontra-se a erosão; e,
- O espalhamento e nivelamento da areia sobre o local da erosão é realizado por trator de lâmina sobre pneumáticos ou sobre esteiras.

Nas **Figuras 7.3** e **7.4** podem ser vistos esquemas de como será realizado a escavação, o carregamento, o transporte, o descarregamento e o espalhamento da areia desde o ponto onde está previsto o acréscimo máximo, até o local onde está prevista a erosão máxima na região da praia, afetada pelo efeito.

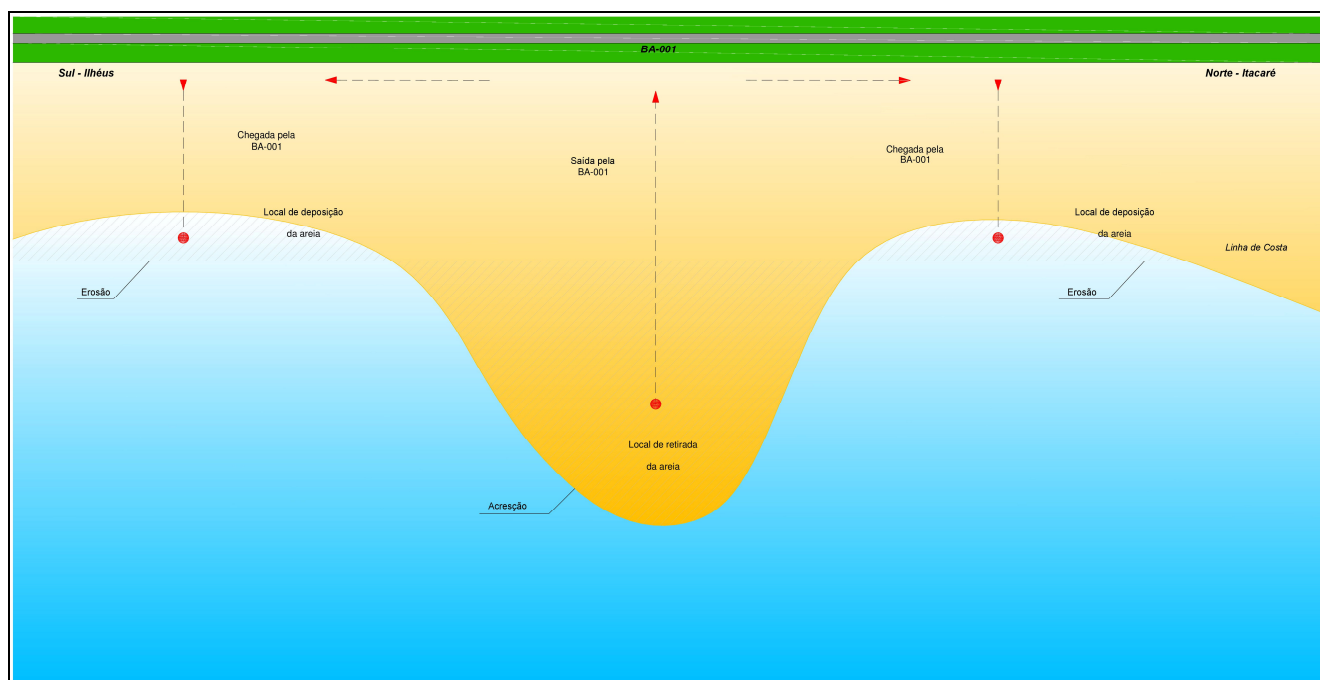


Figura 7.3 - Esquema Geral do processo de transposição da areia – Local de Retirada de Areia e Locais de Deposição de Areia

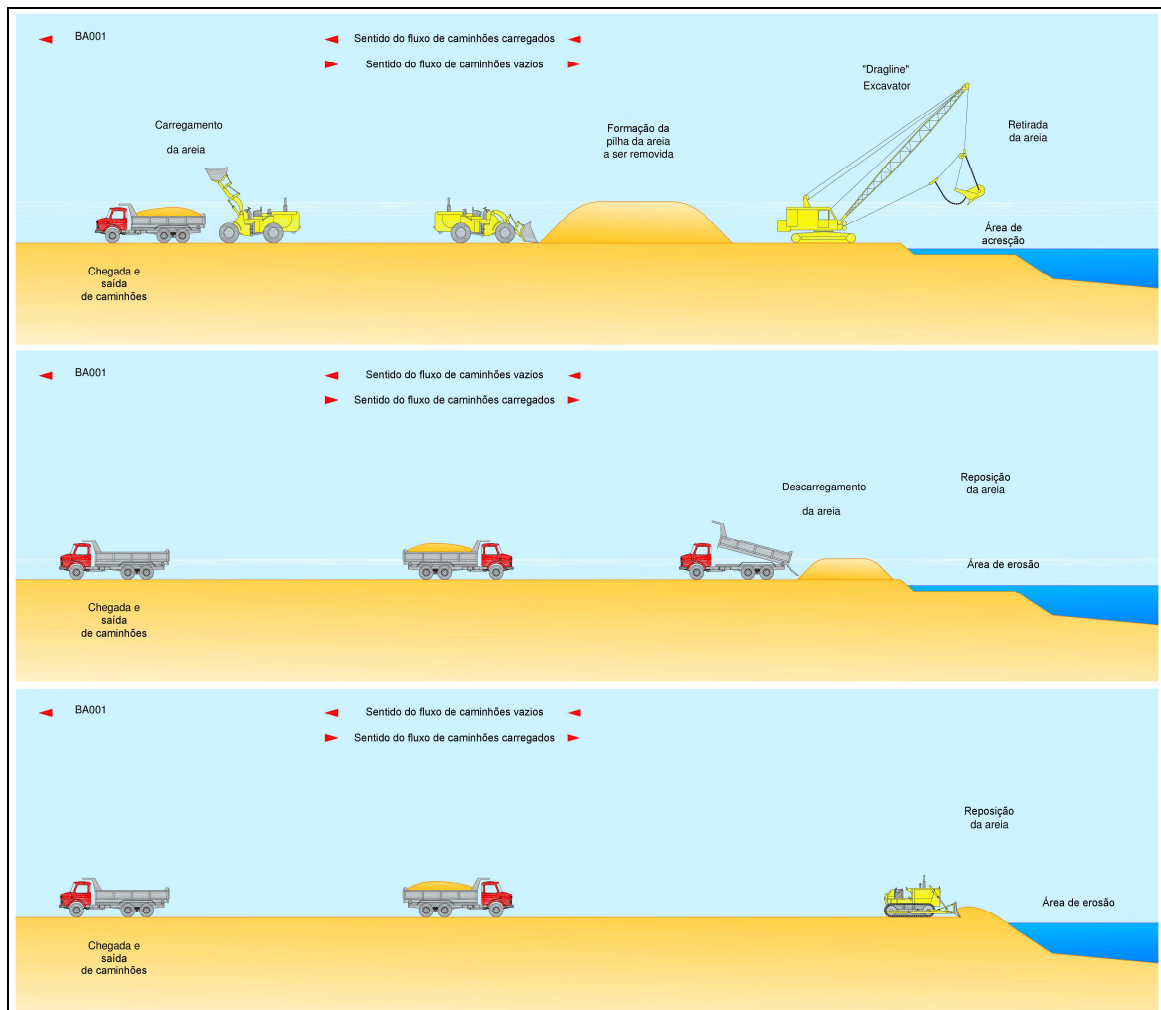


Figura 7.4 - Esquemas de como será realizado a escavação, o carregamento, o transporte, o descarregamento e o espalhamento da areia

A areia assim distribuída será naturalmente transportada pelas ondas e correntes litorâneas para os trechos sujeitos aos processos erosivos, sendo este o objetivo principal do sistema de transpasse, a saber: assegurar a restituição de material necessária para reestabelecer o transporte natural de areia na célula de costa potencialmente afetada pelos processos erosivos.

7.4 FLUXOGRAMA DA OPERAÇÃO

O ciclo de processo associado com a alternativa de transpasse de caminhões é apresentado na **Figura 7.5**. O processo se inicia com a mobilização / instalação de equipamentos e a partir deste momento iniciam-se as operações conforme descrito acima. Concluído o transpasse está prevista a desmobilização dos equipamentos até o ciclo seguintes, estimado para acontecer após o intervalo de 4 anos.

O processo de operação deverá ser precedido pela ampla sinalização da área. Ao longo de todo o ciclo deverá ocorrer a adequada comunicação das comunidades a serem afetadas.

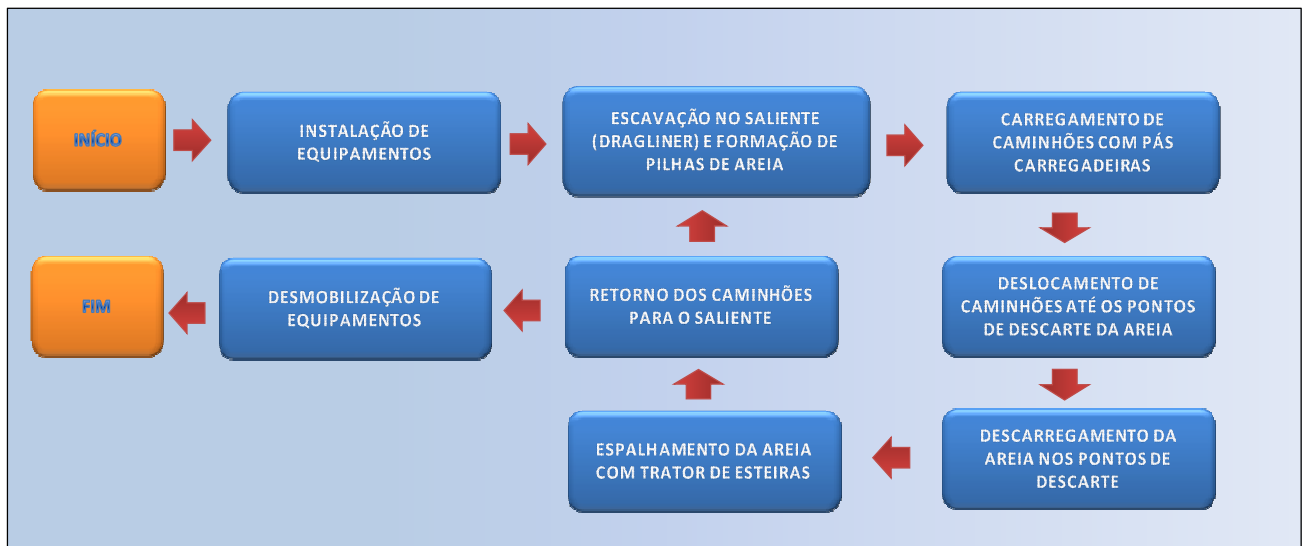


Figura 7.5 - Fluxo das atividades previstas no processo de transpasse de sedimento

7.5 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO E EXECUÇÃO

São apresentados a seguir dois cronogramas físicos de atividades (**Quadros 7.2 e 7.3**). Ambos identificando o período de execução das ações envolvidas no processo de transferência de areia. O primeiro, organizado em semestres, posiciona as atividades nos ciclos de 4 anos e tem início com a conclusão da implantação da estrutura do quebra-mar. O Segundo detalha, em um intervalo mensal, o momento para execução de cada uma das macro-atividades previstas.

Quadro 7.2 - Cronograma Físico de Execução– Fase de Operação (em semestres)

| ATIVIDADES | 2014-2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 | S 9 | S 10 | S 11 | S 12 | S 13 | S 14 | S 15 | S 16 | S 17 | S 18 | |
| Ações de sinalização e comunicação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mobilização / instalação de Equipamentos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transpasse de Sedimentos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaboração Própria, 2014

Quadro 7.3 - Cronograma Físico de Execução– Semestre de Execução do Transpasse de Sedimento

| ATIVIDADES | MESES | | | | | |
|--------------------------------------|-------|----|----|----|----|----|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Ações de sinalização | | | | | | |
| Ações de comunicação | | | | | | |
| Mobilização de Equipe e Equipamentos | | | | | | |
| Transpasse de Sedimentos | | | | | | |
| Desmobilização | | | | | | |

Fonte: Elaboração Própria, 2014

7.6 ORÇAMENTO

O período de quatro anos adotado para a remoção do acréscimo e reconstituição da erosão acarretará um desembolso de valores conforme expresso na planilha a seguir:

| Item | Descrição | Quantidade | Unidade | Unidades | Custo Unitário | Custo Total |
|--|--|------------|----------------|----------|----------------|-------------------------|
| 1 | Mobilização do Canteiro | 1 | vb. | 1 | R\$ 364.762,50 | R\$ 364.762,50 |
| 2 | "Drag Line" Bucyrus-Erie modelo 88B | 3 | m ³ | 300000 | R\$ 4,94 | R\$ 4.446.000,00 |
| 3 | Pás Carregadeiras - Caçamba de 6,0 m ³ | 2 | m ³ | 300000 | R\$ 2,25 | R\$ 1.350.000,00 |
| 4 | Caminhões basculantes com 12 m ³ de caçamba | 21 | m ³ | 300000 | R\$ 0,46 | R\$ 2.866.500,00 |
| 5 | Tratores de Lâmina | 1 | m ³ | 300000 | R\$ 1,55 | R\$ 464.100,00 |
| Total para o intervalo de 4 anos entre intervenções | | | | | | R\$ 9.126.600,00 |
| Custo/m³ | | | | | | R\$ 30,42 |

8 REFERÊNCIAS

- /1/ Mangor, K. H., Shoreline Management Guidelines. (2004). DHI Water and Environment. ISBN 87981950-5-0. 290 pp.
- /2/ CB&I 2013, Execução de Estudos Ambientais Complementares para o Licenciamento Ambiental da Jazida de Areia Marinha. Sub-Área_02 – Ilheus-BA. Produto 3 – Medição de Perfis Topo-Batimétricos. Junho 2013
- /3/ Dean, R.G. 1987. "Coastal Sediment Processes: Toward Engineering Solutions". Proc. Coastal Sediments '87, ASCE, New York, N.Y. 1 – 24.
- /4/ Federal Emergency Agency (FEMA). Final Draft Guidelines for Coastal Flood Hazard Analysis and Mapping for the Pacific Coast of the United States. 2004. US. Department of Homeland Security.
- /5/ Hallermeyer, R.J., 1981. "A Profile Zonation for Seasonal Sand Beaches from Wave Climate". Coastal Engineering, Vol. 4, 253-277.
- /6/ Kriebel, David, L. and Robert G. Dean., 1993. "Convolute Method for Time-dependent Beach-Profile Response". Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering. Vol. 119, No. 2. ASCE.
- /7/ Ruggiero, P., P.D. Komar, W.G. McDougal, J.J. Marra and R. A. Beach. (2001). Wave Run up, Extreme Water Levels and the Erosion of Properties Backing Beaches. Journal of Coastal Research, Vol. 17, No. 2, pp. 407 – 419

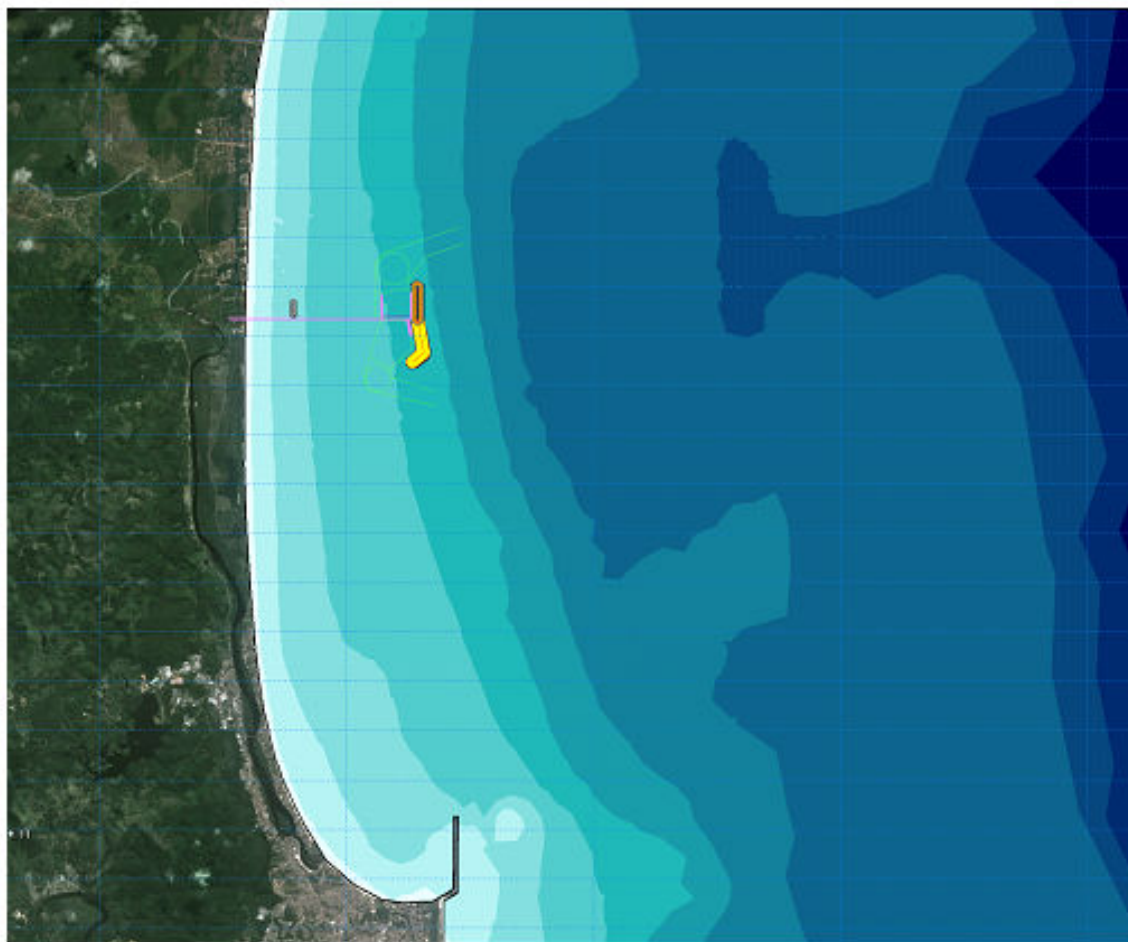
ANEXO

Anexo 1 - Impacto Costeiro e Gerenciamento de Sedimento – Estudos de Modelagem

PORTO SUL

Impacto costeiro e gerenciamento de sedimento

Estudos de modelagem



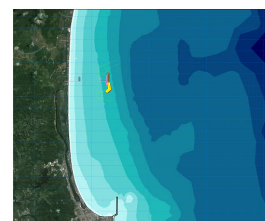
| |
|--|
| Quality Management |
| ISO 9001 |
| <p>This project has been prepared under the DHI Business Management System certified by DNV to be in compliance with ISO 9001: Quality Management System</p> |
|  <p>Quality Management System certified according to DS/EN ISO 9001 by Det Norske Veritas, Business Assurance, Denmark A/S</p> |

PORTO SUL

Estabilidade da linha da costa

Estudos de modelagem

Prepared for BMA
Represented by Pablo Alejandro Cotsifis



| | |
|--------------------|-----------------|
| Project manager | Berry Elfrink |
| Quality supervisor | Ida Brøker |
| Project number | 11816507 |
| Approval date | 2014-04-28 |
| Revision | Relatório Final |
| Classification | Restricted |

CONTEÚDO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Introdução | 5 |
| 2 | Conhecimento do Problema..... | 7 |
| 3 | Sumário executivo e conclusões | 8 |
| 4 | Dados Meteo-Oceanográficos..... | 10 |
| 4.1 | Ondas..... | 10 |
| 4.2 | Marés | 11 |
| 4.3 | Vento..... | 13 |
| 5 | Estudo de Transformação de Ondas | 14 |
| 5.1 | Montagem do Modelo | 14 |
| 5.2 | Calibração do Modelo de Ondas | 15 |
| 5.3 | Resultados | 19 |
| 5.4 | Variações Anuais nas Condições de Onda | 21 |
| 5.5 | Variações Sazonais nas Condições de Ondas..... | 23 |
| 5.6 | Ressacas históricas | 25 |
| 6 | Dinâmica do Perfil Transversal da Praia | 27 |
| 6.1 | Condições de Ondas no Local do Projeto | 27 |
| 6.2 | Níveis da Água no Local do Projeto..... | 28 |
| 6.3 | Evolução do Perfil no Curto e Médio Prazo..... | 30 |
| 7 | Transporte litorâneo | 35 |
| 7.1 | Montagem do modelo | 35 |
| 7.2 | Transporte litorâneo médio | 35 |
| 8 | Impacto costeiro | 38 |
| 8.1 | Célula sedimentologica..... | 38 |
| 8.2 | Dinâmica natural da linha de costa causada pelas variações na deriva | 39 |
| 8.3 | Transporte de litoral após a construção do quebramar..... | 41 |
| 8.4 | Evolução da linha de costa após a construção do porto | 42 |
| 8.4.1 | Abordagem do modelo..... | 42 |
| 8.4.2 | Validação do modelo | 44 |
| 9 | Sistemas de transpasse de areia | 47 |
| 9.1 | Relocação contínua de areia pelo sistema automático de bombeamento | 49 |
| 9.2 | Relocação periódica por escavação ou dragagem..... | 54 |
| 9.2.1 | Relocação anual | 54 |
| 9.2.2 | Relocação bianual | 56 |
| 9.2.3 | Relocação multianual..... | 57 |
| 9.3 | Situação com somente porto da BAMIN..... | 61 |
| 10 | Solução recomendada | 62 |
| 11 | Referências..... | 65 |

FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1-1 | Localização do local do projeto..... | 5 |
| Figura 1-2 | Arranjo portuária..... | 6 |
| Figura 3-1 | Localização do local do projeto..... | 8 |
| Figura 4-1 | Local do projeto e posições dos dados de ondas..... | 10 |
| Figura 4-2 | Rosa das ondas oceânicas (Local: 14.500° S, 38.000° W)..... | 11 |
| Figura 4-3 | Exemplo dos níveis d' água calculados pelos componentes harmônicos de marés Agosto/Set 2011..... | 13 |
| Figura 4-4 | Rosa de vento calculada com base nos dados de GROW do período 1980-2012..... | 13 |
| Figura 5-1 | Batimetria do modelo de transformação de onda..... | 14 |
| Figura 5-2 | Detalhe da batimetria do modelo na área do projeto..... | 15 |
| Figura 5-3 | Comparação entre as ondas simuladas no modelo e as medições realizadas pelo Cepemar no período 2009-2010. Altura significativa de onda, Hs..... | 16 |
| Figura 5-4 | Comparação entre as ondas simuladas no modelo e as medições realizadas pelo Cepemar no período 2009-2010. Período de pico da onda, Tp..... | 16 |
| Figura 5-5 | Comparação entre as ondas simuladas no modelo e as medições realizadas pelo Cepemar no período 2009-2010. Direção média de onda, MWD..... | 17 |
| Figura 5-6 | Comparação entre as ondas simuladas Comparação entre os resultados do modelo e os dados medidos. Alto esquerdo: Hs, Alto direito; Tp, Abaixo: MWD..... | 17 |
| Figura 5-7 | Distribuições acumuladas de frequências para as medições e as simulações no modelo. Esquerda: Altura significativa de onda, Centro: Período de pico das ondas, Direita: Direção média da onda..... | 18 |
| Figura 5-8 | Erro nas propriedades simuladas da propagação das ondas. Esquerda: Altura significativa de onda, Centro: Período de pico das ondas, Direita: Direção média da onda..... | 18 |
| Figura 5-9 | Rosa de ondas perto da costa..... | 19 |
| Figura 5-10 | Exemplo de campo de onda simulado. Condições de onda ao largo: Hm0 = 1.5m, Tp = 8.5s, MWD = 60 graus..... | 20 |
| Figura 5-11 | Exemplo de campo de onda simulado. Condições de onda ao largo: Hm0 = 1.5m, Tp = 9.0s, MWD = 90 graus..... | 20 |
| Figura 5-12 | Exemplo de campo de onda simulado. Condições de onda ao largo: Hm0 = 1.5m, Tp = 9.5s, MWD = 120 graus..... | 21 |
| Figura 5-13 | Média da altura significativa de onda para o período de 1980-2012..... | 22 |
| Figura 5-14 | Média do período de pico para o período de 1980-2012..... | 22 |
| Figura 5-15 | Direção média da energia de onda para o período de 1970-2010..... | 23 |
| Figura 5-16 | Rosas de ondas na profundidade de 10m em frente do local do projeto..... | 24 |
| Figura 5-17 | Variação mensal da altura significativa média de onda..... | 24 |
| Figura 5-18 | Variação mensal do período médio de pico de onda..... | 25 |
| Figura 5-19 | Variação mensal da direção média de onda..... | 25 |
| Figura 6-1 | Perfil transversal 22 (fonte Ref /2/)..... | 27 |
| Figura 6-2 | Variação temporal de ondas na parte central do projeto. Profundidade 10m, período [1980 – 2012]..... | 28 |
| Figura 6-3 | Níveis de água extremos na área central do projeto..... | 29 |
| Figura 6-4 | Perfis de equilíbrio conforme o tamanho dos grãos (Fonte: Mangor 2004)..... | 31 |
| Figura 6-5 | Ilustração do conceito do modelo do perfil..... | 32 |
| Figura 6-6 | Variação da posição da linha de costa durante o período [1980-2012]..... | 33 |
| Figura 6-7 | Estatísticas de excedência para a dinâmica da linha de costa devida à evolução do perfil..... | 34 |
| Figura 7-1 | Distribuição do transporte litorâneo ao longo do perfil da praia..... | 36 |
| Figura 7-2 | Taxas anuais de transporte litorâneo calculado para o período de 1980-2012..... | 36 |
| Figura 7-3 | Taxas médias mensais de transporte litorâneo calculadas para o período de 1980-2012..... | 37 |
| Figura 8-1 | Localização da célula sedimentológicas..... | 39 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 8-2 | Ilustração da mudança da linha da costa dentro de uma célula costeira. Linha cinza: posição inicial de equilíbrio da linha da costa, linha preta: nova posição de equilíbrio da linha da costa. | 40 |
| Figura 8-3 | Ilustração do transporte litorâneo e a tendência da evolução da linha de costa logo depois a construção do quebramar. Em cima a evolução da linha de costa sem nenhuma intervenção. Em baixo: A variação do transporte litoral na situação inicia após a construção do quebramar. | 42 |
| Figura 8-4 | Localização dos pontos na costa usados no estudo de impacto costeiro. | 44 |
| Figura 8-5 | Configuração equilíbrio da linha de costa após da construção do quebramar completa (BAMIN + Porto Publico). Linha vermelha: solução do modelo estática-2D, linha preta: Solução do modelo dinâmico 1D. | 45 |
| Figura 9-1 | Ilustração do sistema de transpasse de sedimento. | 47 |
| Figura 9-2 | Ilustração do sistema de relocação pelo equipamento da praia. | 48 |
| Figura 9-3 | Exemplos de vários tipos de dragagens praticados pelas autoridades costeiras da Dinamarca. | 48 |
| Figura 9-4 | Distribuição mensal de transporte litorâneo. | 49 |
| Figura 9-5 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 1: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 1000m. | 51 |
| Figura 9-6 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m. | 51 |
| Figura 9-7 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 3: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m. | 52 |
| Figura 9-8 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 4: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m. | 52 |
| Figura 9-9 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 5: Vazão de sedimento: 100,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 5000m. | 52 |
| Figura 9-10 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m. | 53 |
| Figura 9-11 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m. | 53 |
| Figura 9-12 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m. | 54 |
| Figura 9-13 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m. Período de operação: Fevereiro (todo ano) | 55 |
| Figura 9-14 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 3: Vazão de sedimento: 50,000 m ³ /ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m. Período de operação: Fevereiro (todo ano) | 55 |
| Figura 9-15 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ . Distância entre tomada e emissário: 2500m. | 56 |
| Figura 9-16 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ . Distância entre tomada e emissário: 3000m. | 56 |
| Figura 9-17 | Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ . Distância entre tomada e emissário: 4000m. | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 9-18 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m ³ . | 58 |
| Figura 9-19 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 200,000 m ³ . | 58 |
| Figura 9-20 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m ³ . | 58 |
| Figura 9-21 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 150,000 m ³ . | 59 |
| Figura 9-22 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m ³ . | 60 |
| Figura 9-23 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 450,000 m ³ . | 60 |
| Figura 9-24 Evolução da linha de costa após de 5 + 30 anos para situação com somente o terminal da BAMIN. A abrangência (Máximo – Mínimo) da evolução da situação com os dois portos juntos é indicada com área cinza. | 61 |
| Figura 10-1 Ilustração do melhor sistema de relocação de areia. | 64 |

TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 4-1 Constantes harmônicas (semi-amplitude e fase) das marés no Porto de Ilhéus (LONG 39 1.7' W; LAT 14° 46.9' S). Fonte: Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras, Femar - Fundação de Estudos do Mar. | 12 |
| Tabela 5-1 - Apresentação dos 20 eventos de ressaca mais importantes entre 1980-2012 | 26 |
| Tabela 6-1 Níveis d' água extremos calculados para vários períodos de retorno em relação ao nível médio do mar (NMA) | 29 |
| Tabela 6-2 Recuo máximo estimado da linha da costa devido à dinâmica do perfil transversal da costa para diferentes períodos de retorno, baseado no período [1980 – 2012]. | 33 |
| Tabela 9-1 Primeira série de cenários de bombeamento | 50 |
| Tabela 9-2 Resultados das simulações da linha de costa cenário 1 – 5 | 50 |
| Tabela 9-3 Resultados das simulações da linha de costa cenário 2,3 e 4 | 53 |
| Tabela 9-4 Resultados das simulações da linha de costa cenários 2 e 3 | 55 |
| Tabela 9-5 Resultados das simulações da linha de costa com intervalo de relocação de areia de 2 anos. Volume de sedimento retirado: 100,000 m ³ . Distancias entre retirada da areia e a relocação de 2500m, 3000m e 4000m. | 57 |
| Tabela 9-6 Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual | 59 |
| Tabela 9-7 Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual | 60 |
| Tabela 10-1 especificações para o melhor sistema de reabastecimento de areia | 63 |

1 Introdução

O projeto Porto Sul implica na construção de uma ponte de 3.500 m de comprimento, e um quebra-mar de aproximadamente 1.700 m de comprimento, bem como diversos berços. O porto está situado ao norte da cidade de Ilhéus, em uma área onde a costa é orientado de sul para norte. A localização do projeto é apresentada na Figura 1-1.

Durante uma parte do ano o transporte litorâneo é direcionado ao norte e durante outra parte ao Sul. O estabelecimento do porto terá um impacto sobre as condições de transporte de sedimentos litorâneos e irá resultar em alterações da linha de costa (erosão e acresção) na área afetada pelo novo porto.

No estudo de Impacto Ambiental foi sugerido um sistema de transpasse de sedimentos (Sediment bypass system) para mitigar o impacto negativo do porto na costa. O intuito deste sistema seria a relocação de areia acumulada na área de sombra atrás do porto para as praias adjacentes ao porto. O objetivo do atual estudo é avaliar alternativas técnicas viáveis para tal sistema. Para suportar a análise quantitativa da eficácia dos vários sistemas de transpasse foram realizados estudos detalhados de ondas, transporte de sedimento e evolução da linha de costa.

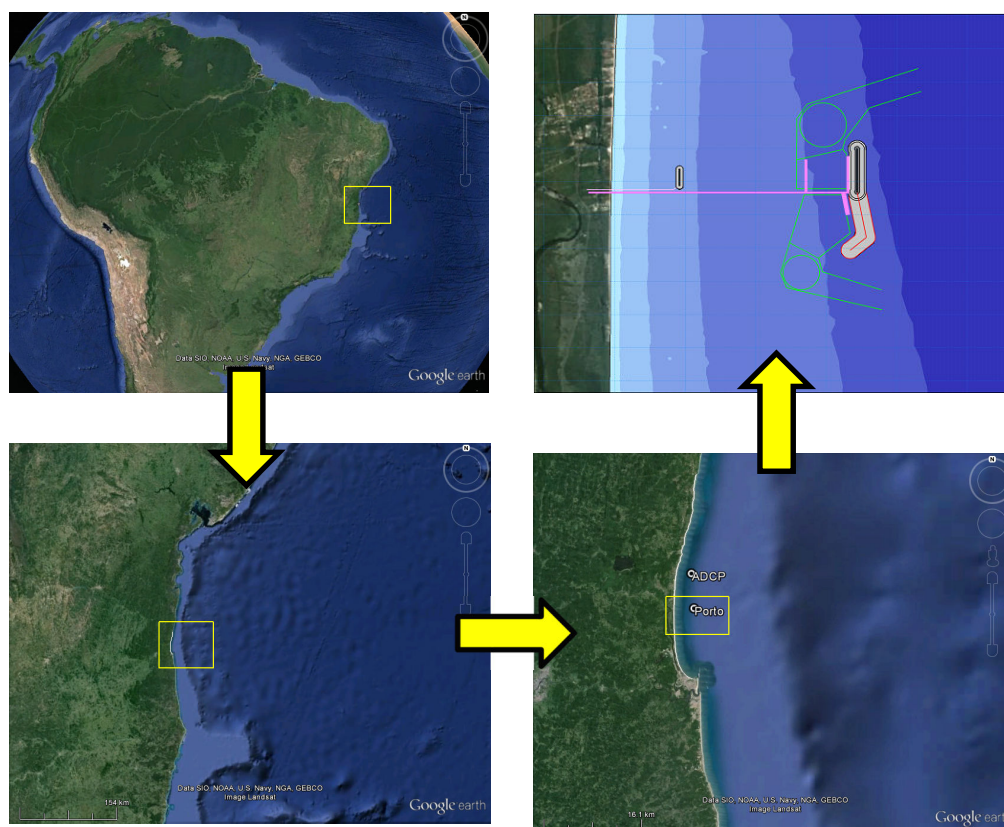


Figura 1-1 Localização do local do projeto.

O arranjo do porto analisado é apresentado na Figura 1-2. O porto consiste em duas partes: o Porto da BAMIN no lado norte e o Porto Público no lado sul. Nesta análise serão analisados os impactos na costa do porto BAMIN e dos dois portos juntos.

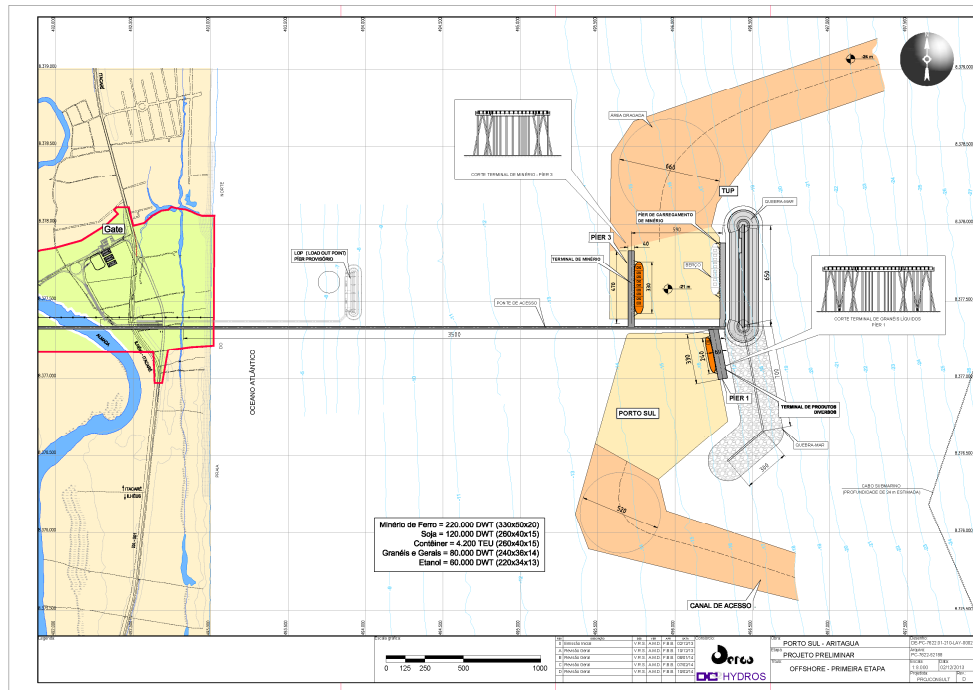


Figura 1-2 Arranjo portuária.

2 Conhecimento do Problema

A construção do porto terá alguma influência sobre as condições de onda ao longo da costa. As mudanças nas condições de onda têm um impacto no transporte de sedimento ao longo da costa e podem causar mudanças na posição da linha da costa.

Quando é construída uma estrutura marítima, tal como um quebra-mar ou um porto, a energia da onda incidente diminui numa seção ao longo da costa localizada ao abrigo da obra. A diminuição da energia de onda reflete-se numa diminuição local da altura de onda, com a altura de onda mínima localizada no centro da área de sombra atrás da estrutura. A diminuição local da altura de onda na área de sombra do quebra-mar causa uma gradiente longitudinal no nível médio da água (wave set-up). Este gradiente gera uma corrente, ao longo da costa, direcionada para o eixo do quebra-mar.

Em virtude da diminuição da altura de onda, a capacidade da corrente litorânea de transportar areia fica localmente diminuída, o que provoca acumulação de sedimento. Esta acumulação de sedimento provoca um crescimento da praia atrás do quebra-mar. Como a orientação da linha da costa muda na zona de sombra atrás do quebra-mar, a componente longitudinal das forças hidrodinâmicas causadoras da corrente litorânea fica adequadamente diminuída.

Eventualmente, é atingida uma situação onde as forças hidrodinâmicas que tendem a criar uma protuberância na linha da costa são equilibradas por forças que tendem a suavizá-la. A configuração da linha de costa em equilíbrio resultante corresponde a um crescimento da praia na zona de sombra do quebra-mar em forma de sino, comumente chamado de saliente. Se a distância entre o quebra-mar e a praia for relativamente pequena, a linha da costa irá crescer até atingir o quebra-mar e formará o que é chamado de tombolo.

A formação de saliente cria um déficit de sedimento nas faixas de praia mais distantes do porto. Este déficit se reflete em erosão da linha de costa. O objetivo de um sistema de transpasse de sedimento é de tirar sedimento no local de acresção (a saliente) e colocar no local de déficit (o local de erosão).

Para poder avaliar e aperfeiçoar um sistema de transpasse de sedimento é necessário obter um entendimento muito bom dos processos costeiros antes – e depois da instalação de tal sistema. Na atual localização o transporte de sedimento ao longo da costa é dominado pela ação de ondas e as correntes geradas pelas ondas. Correntes geradas pelo vento e as marés desempenham um papel secundário em termos de transporte litorâneo. A variação do nível do mar é importante para determinar a parte ativa do perfil transversal da praia, que é definida como a parte do perfil onde acontece a maior parte (>95%) do transporte litorâneo.

A avaliação dos sistemas de transpasses deve ser realizada com base no balanço de sedimento litorâneo. Este balanço descreve os processos de transporte de sedimento e todas as fontes de sedimento na zona litorânea, inclusive o transporte líquido (a deriva), os componentes de transporte para norte e para sul e as variações temporais nos componentes de transporte de sedimento. Como mencionado antes, a ação de ondas é o fator mais importante para o transporte de sedimento litorâneo e o balanço de sedimento. Por isso, foi realizado um estudo detalhado de modelagem matemática das condições de ondas usando modelos matemáticos avançados. Neste estudo foram usados dados, de primeira qualidade, de ondas na zona offshore como dados de contorno. Os modelos foram calibrados usando dados de ondas medidos no local. A calibração dos modelos não incluiu somente a altura de ondas, mas também incluiu o período - e direção de ondas, que são fatores muito importantes na avaliação do impacto costeiro do novo porto.

3 Sumário executivo e conclusões

Diversos estudos de modelagem matemática foram realizados para analisar o impacto de um novo porto na linha da costa norte de Ilhéus-BA. O local do projeto está apresentado na Figura 3-1.

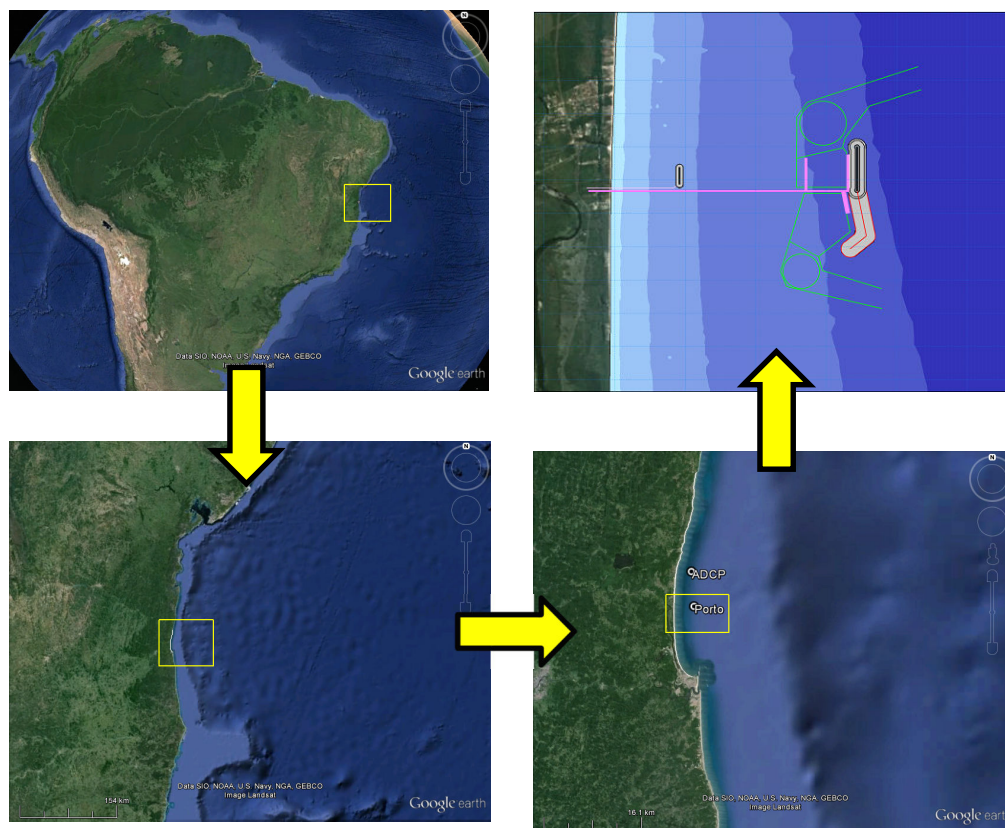


Figura 3-1 Localização do local do projeto.

O presente estudo de modelagem inclui análises de condições de ondas, correntes e transporte de sedimento para as situações antes e depois da construção do novo porto. Foi analisado o impacto do novo porto na linha de costa e a eficácia de vários sistemas de transpasse de sedimento para mitigar os impactos negativos do porto na linha de costa.

As seguintes conclusões foram obtidas do estudo de modelagem:

1. Na área atrás do Porto as alturas de ondas, em 10m de profundidade, estão tipicamente na ordem de 0,8m – 1,0m e raramente excedem a 2,0m. Períodos de pico das ondas estão tipicamente na ordem de 6s a 8s e raramente excedem a 12s. O intervalo da direção de onda dominante é E-ESE.
2. Durante as últimas décadas algumas mudanças significativas podem ser observadas nas condições de ondas. A altura média de ondas aumentou em aproximadamente 10% nos últimos 10 anos, o período de ondas aumentou em cerca de 5% e a direção da energia de onda mudou aproximadamente 4 graus durante os últimos 20 anos.
3. Há grandes variações sazonais nas condições de ondas. No inverno as direções predominantes das ondas são E-ESE. Durante o verão as direções predominantes são ENE –E. As maiores ondas vem da direção ESE durante o inverno.

4. A velocidade do vento está tipicamente na ordem de 5 a 8 m/s e raramente excede 10 m/s.
5. O nível de água mais alto no local de projeto (período de retorno de 100 anos), que ocorre devido ao efeito combinado da maré e ondas (sobrelevação e espraiamento) foi estimado em 2,18m acima do nível médio do mar.
6. A análise da dinâmica do perfil transversal mostrou que a máxima taxa de recuo natural da linha da costa, com período de recorrência de 100 anos, é de aproximadamente 21m no local do projeto. Esta variação da linha de costa ocorre naturalmente e não é causado pelo porto.
7. Nas últimas décadas houve grandes variações nas magnitudes dos componentes norte e sul de transporte litorâneo. Em média os dois componentes são da mesma ordem de grandeza. O transporte para Norte é de cerca de 120.000 m³/ano e o transporte para sul é de cerca de 80.000 m³/ano.
8. O transporte resultante é da ordem de 40.000m³/ano e direcionado na direção Norte. A direção do transporte resultante já mudou várias vezes durante os últimos 30 anos.
9. Há grande variação sazonal na magnitude - e direção - do transporte litorâneo. No período de Abril até Setembro o transporte está direcionado ao Norte com taxa máxima de 22.000 m³/mês em Julho. No período Outubro – Março o transporte é direcionado ao sul com taxa máxima de 18.000 m³/mês em Dezembro.
10. A maior parte do transporte de sedimento ocorre em águas com profundidade menores que 4,0m e dentro de uma distância de 250m da linha de costa.
11. Para a situação atual, o recuo máximo da linha de costa, causado pelas variações temporais naturais na deriva é baixo (<2m) e pode ser considerado desprezível.
12. O impacto do novo quebramar pode ser observado até uma distância de 7 km nos lados norte e sul do porto.
13. Simulações da evolução da linha de costa durante um período de 30 anos após a instalação do sistema de relocação de sedimento mostram que o volume de sedimento a ser relocado deve ser de aproximadamente 75.000 m³/ano.
14. Em termos de erosão máxima da linha de costa a frequência da operação não é muito importante. A relocação de um maior volume de área com intervalo de vários anos não causará erosão mais severa do que um sistema automático de bombeamento contínuo.
15. O cenário de relocação de areia recomendado para a situação com os dois portos é um volume de 300,000 com periodicidade de quatro anos (Volume médio de 75.000 m³/ano). Assim a erosão máxima da linha de costa ficará dentro do limite de 20m.
16. A distância ótima entre a retirada de sedimento e a relocação é 3500m no lado norte do píer e 4000m no lado sul.
17. Os resultados do modelo indicam que nas primeiras quatro anos após a construção do porto o recuo da linha de costa ficará dentro do limite de 20m e por isso não terá necessidade de relocar areia para mitigar problemas de erosão durante a construção do porto. É recomendável iniciar o programa de monitoramento da linha de costa antes da construção do porto para sempre poder intervir e controlar a evolução da linha de costa.
18. A erosão máxima da linha de costa para a situação com somente o terminal da BAMIN é de aproximadamente 15m e fica menor que o limite de 20m. Assim não será necessário estabelecer um sistema de relocação de sedimento nesta situação.

4 Dados Meteo-Oceanográficos

4.1 Ondas

Informações sobre as condições de ondas no local do projeto são importantes para a análise do transporte litorâneo de sedimentos e o desenvolvimento de um esquema de proteção adequado. Com o objetivo de se obter condições confiáveis de ondas próximas à costa, os dados disponíveis de ondas em águas profundas foram transformados para a região de águas rasas através de um estudo de modelagem matemática.

Os dados de ondas ao largo foram obtidos do modelo global de ondas GROW (Global Reanalysis of Ocean Waves) operado pelo Ocean Weather e cobriram o período de 1980-2012. A Figura 4-1 mostra o local do projeto e as posições dos dados de ondas.

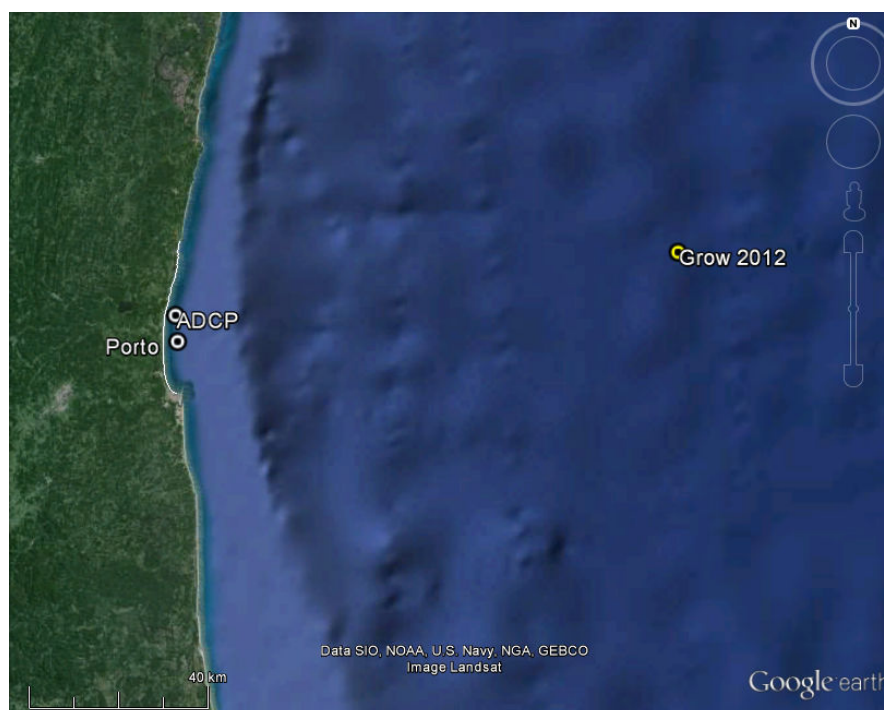


Figura 4-1 Local do projeto e posições dos dados de ondas

A base para a análise atual sobre as condições de onda consiste em dados de onda em águas profundas (GROW), fornecidos pelo modelo de onda global operado pela Ocean Weather Inc. Neste modelo as condições de onda são simuladas baseadas na variação dos campos de vento e da pressão atmosférica. Os dados usados nesta análise estão baseados no ponto da grade do modelo localizado nas coordenadas 14.500 ° S, 38.000° W, ver Figura 1.1. Os dados cobriram o período de tempo de Janeiro de 1980 a Dezembro de 2012 e fornecem os parâmetros de onda a intervalos de uma hora. Os dados consistem de séries temporais contínuas de parâmetros correspondentes a vagas e a ondulações (altura de onda, - período e direção média). A validade dos dados do GROW está restrita a águas profundas.

A Figura 4-2 mostra as rosas de ondas para as três componentes de ondas. A figura mostra que a maior parcela da energia total de ondas é representada por ondas menores que 2,5 m.

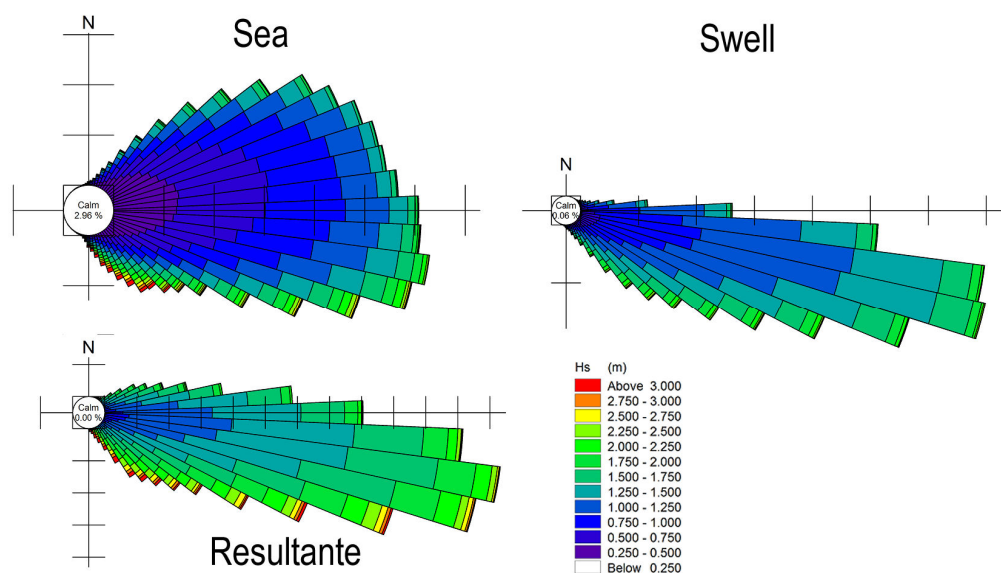


Figura 4-2 Rosa das ondas oceânicas (Local: 14.500° S, 38.000° W).

4.2 Marés

Os níveis d'água no local do projeto são determinados principalmente pela maré astronômica. As marés astronômicas são geradas pelas ações gravitacionais da lua e do sol e estão, conseqüentemente, relacionadas a periodicidades tais como a rotação da terra (24.8 h), a órbita da lua ao redor da terra (27 dias) e da terra ao redor do sol (ano solar). Deste modo o sinal da maré astronômica pode ser previsto usando uma análise harmônica, a qual consiste em descrever as variações no nível d'água das marés através da superposição das constituintes harmônicas.

As constituintes principais da maré que foram levadas em conta nas análises dos níveis de água observados foram extraídas do Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras, da Femar - Fundação de Estudos do Mar, Estação Porto de Ilhéus. Elas estão listadas na Tabela 4-1.

Tabela 4-1 Constantes harmônicas (semi-amplitude e fase) das marés no Porto de Ilhéus (LONG 39 1.7' W; LAT 14° 46.9' S). Fonte: Catálogo das Estações Maregráficas Brasileiras, Femar - Fundação de Estudos do Mar.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

| Nome da Estação : | | PORTO DE ILHÉUS (MALHADO) – BA | | | |
|---|-----------------------|--|---|-----------------------|---------------------|
| Localização : | | Próximo ao início do Cais de Atracação | | | |
| Organ. Responsável : | | DHN / INPH | | | |
| Latitude : | | 14° 46,9' S | Longitude : | | 39° 01,7' W |
| Período Analisado : | | 10/11/76 a 11/12/76 | Nº de Componentes : | | 40 |
| Análise Harmônica : | | Método Almirante Santos Franco | | | |
| Classificação : | | Maré Semidiurna. | | | |
| Estabelecimento do Porto: (HWF&C) | | III H 55 min | Nível Médio (Zo): | | 112 cm acima do NR. |
| Médias das Preamares de Sízigia (MHWS) : | | 203 cm acima do NR. | Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : | | 151 cm acima do NR |
| Média das Baixa-mares de Sízigia (MLWS) : | | 20 cm acima do NR. | Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : | | 72 cm acima do NR. |
| CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS | | | | | |
| Componentes | Semi-amplitude (H) cm | Fase (g) graus (°) | Componentes | Semi-amplitude (H) cm | Fase (g) graus (°) |
| Sa | - | - | MU ₂ | 2,7 | 123 |
| Ssa | - | - | N ₂ | 12,5 | 092 |
| Mm | 3,2 | 255 | NU ₂ | 2,4 | 093 |
| Mf | - | - | M ₂ | 65,6 | 099 |
| MTM | - | - | L ₂ | 1,3 | 182 |
| Msf | 4,7 | 346 | T ₂ | 1,5 | 114 |
| Q ₁ | 2,4 | 097 | S ₂ | 26,0 | 114 |
| O ₁ | 5,4 | 127 | K ₂ | 7,1 | 115 |
| M ₁ | 0,9 | 092 | MO ₃ | 1,3 | 204 |
| P ₁ | 0,8 | 200 | M ₃ | 1,9 | 087 |
| K ₁ | 2,5 | 206 | MK ₃ | 0,3 | 314 |
| J ₁ | 1,3 | 142 | MN ₄ | 0,7 | 124 |
| OO ₁ | 1,1 | 280 | M ₄ | 1,0 | 198 |
| MNS ₂ | 0,9 | 133 | SN ₄ | 0,6 | 031 |
| 2N ₂ | 1,6 | 085 | MS ₄ | 0,4 | 131 |
| Referências de Nível: RN-1 localizada no lado esquerdo da guarita da entrada do Porto RN-2 na quina do cais de atracação, próximo a estação maregráfica | | | | | |
| Obs: Outros Períodos: 09/11/20 a 08/12/20; 24/04/59 a 25/05/59; 03/09/74 a 04/10/74; 10/11/76 a 24/11/76 Consta das Tábuas das Marés | | | | | |

Código BNDO: 40145

Um exemplo das variações do nível de água relativas à maré astronômica está apresentado na Figura 4-3.

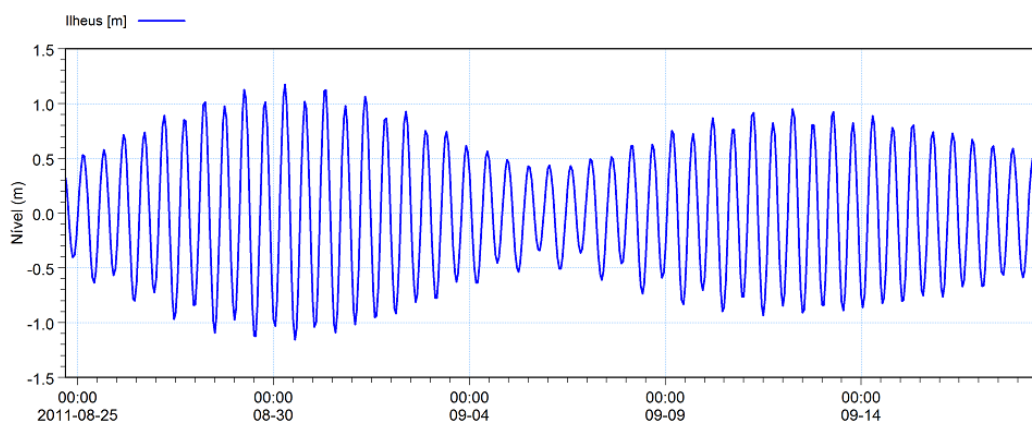


Figura 4-3 Exemplo dos níveis d' água calculados pelos componentes harmônicos de marés Agosto/Set 2011

4.3 Vento

A rosa de vento, calculada com base nas séries temporais de vento providenciadas pela GROW é apresentada na Figura 4-4. A figura mostra que a velocidade de vento mais frequente é de aproximadamente 5 a 7 m/s. Os ventos mais fortes vem das direcões SE e SSE.

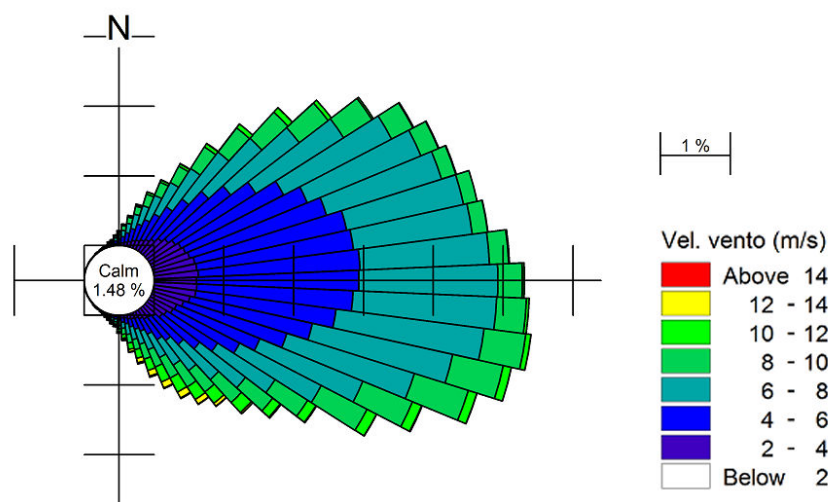


Figura 4-4 Rosa de vento calculada com base nos dados de GROW do período 1980-2012

5 Estudo de Transformação de Ondas

5.1 Montagem do Modelo

A propagação das ondas de águas profundas para a zona costeira foi simulada utilizando o modelo do DHI de ondas espectrais MIKE-21 SW, o qual representa o estado-da-arte na modelagem de ondas oceânicas e em áreas costeiras. O modelo inclui todos os mecanismos físicos que são relevantes para a presente aplicação, tais como refração, empinamento, dissipação de energia devida ao atrito com o fundo e à arrebenção, e o crescimento devido ao vento.

A Figura 5-1 mostra a batimetria do modelo utilizada no estudo de transformação de ondas. O modelo cobre uma área de mais ou menos 150 km x 400 km. Foi utilizado um total de aproximadamente 34.000 células computacionais. Os dados batimétricos foram extraídos das cartas náuticas disponíveis e dos levantamentos batimétricos providenciados pelo cliente. Um detalhe da batimetria na área do projeto é apresentado na Figura 5-2.

Na fronteira do modelo situada ao largo as condições de ondas foram especificadas conforme disponibilizadas pelos dados do GROW. Estes dados incluem duas componentes de ondas distintas (vaga e ondulação). Ambas as componentes foram transformadas separadamente no modelo. Nos locais de extração dos resultados das simulações de ondas as componentes transformadas de vagas e ondulações foram usadas para calcular as características da onda resultante.

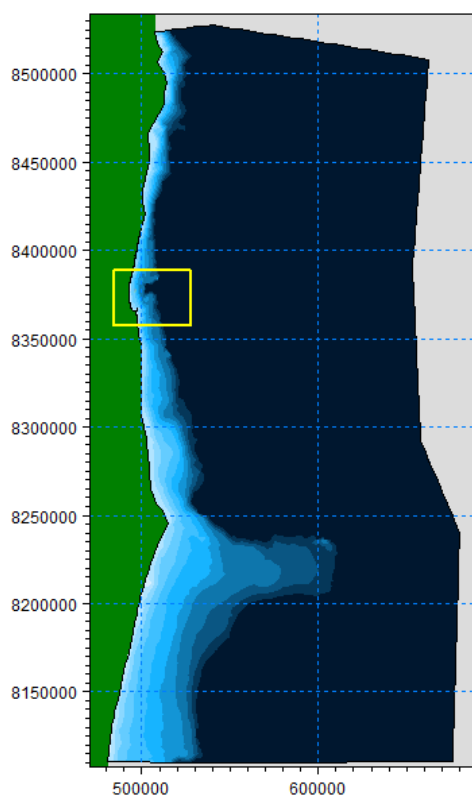


Figura 5-1 Batimetria do modelo de transformação de onda

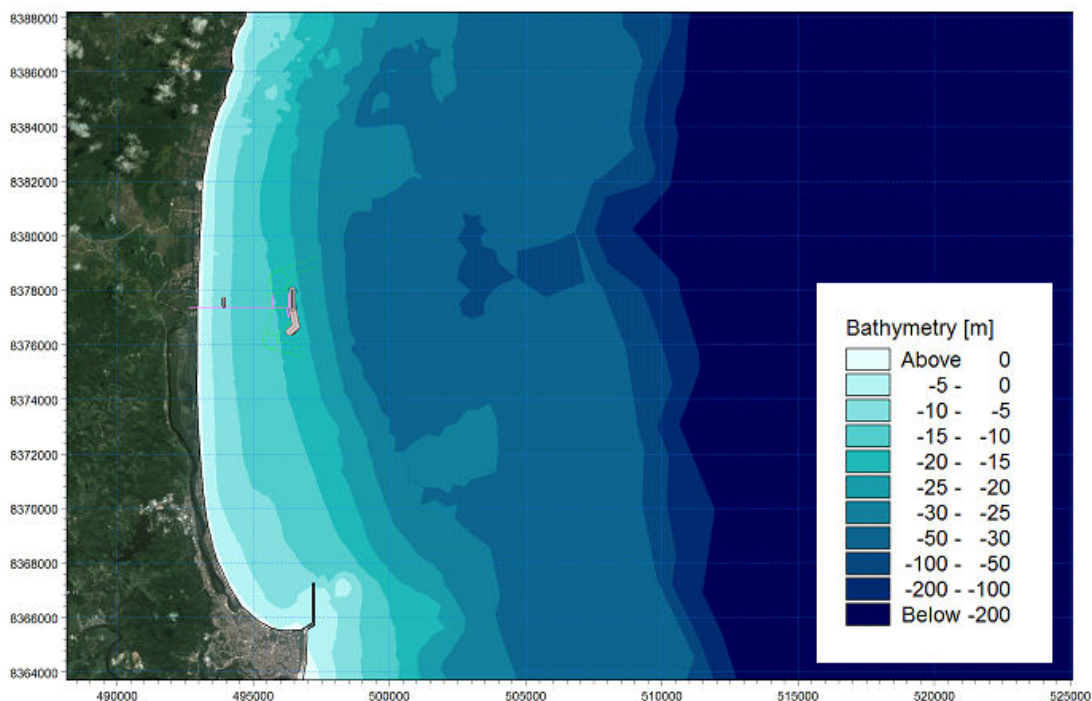


Figura 5-2 Detalhe da batimetria do modelo na área do projeto.

A altura de onda resultante foi calculada com base na soma das contribuições das componentes de vagas e ondulações para a energia total de onda:

$$H_{s,res} = \sqrt{H_{s,sea}^2 + H_{s,swell}^2} \quad (5.1)$$

O período resultante foi estimado como um valor médio das componentes de vagas e ondulações, ponderado utilizando-se as suas respectivas contribuições para a energia total de onda:

$$T_{z,res} = \frac{T_{z,sea} H_{s,sea}^2 + T_{z,swell} H_{s,swell}^2}{H_{s,sea}^2 + H_{s,swell}^2} \quad (5.2)$$

Finalmente, a direção média da onda foi estimada de maneira similar por:

$$\tan \alpha_{res} = \frac{\sin \alpha_{sea} H_{s,sea}^2 + \sin \alpha_{swell} H_{s,swell}^2}{\cos \alpha_{sea} H_{s,sea}^2 + \cos \alpha_{swell} H_{s,swell}^2} \quad (5.3)$$

5.2 Calibração do Modelo de Ondas

O modelo foi calibrado usando dados de campo coletados e analisados pelo Cepemar em 2009/2010 na área do projeto, ver Figura 4-1. As Figura 5-3, Figura 5-4, e Figura 5-5 mostram a comparação entre os resultados do modelo e os dados medidos para o período de Fevereiro de 2009 até Dezembro de 2010. A análise mostra que, apesar de haver alguma dispersão, a concordância geral está satisfatória. Deve-se levar em conta que os dados do GROW especificados na fronteira do modelo não se originam de medições, mas são dados gerados sinteticamente.

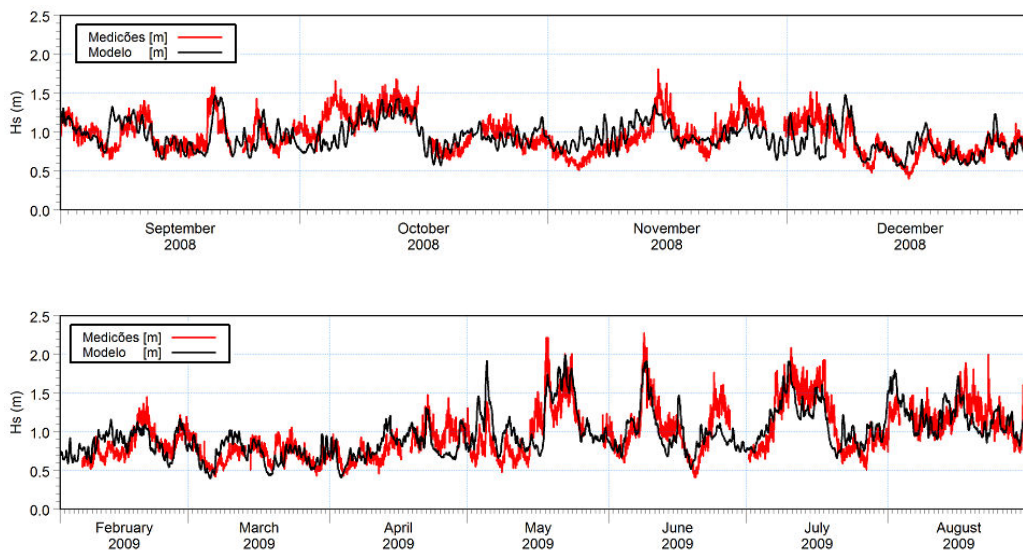


Figura 5-3 Comparação entre as ondas simuladas no modelo e as medições realizadas pelo Cepemar no período 2009-2010. Altura significativa de onda, H_s .

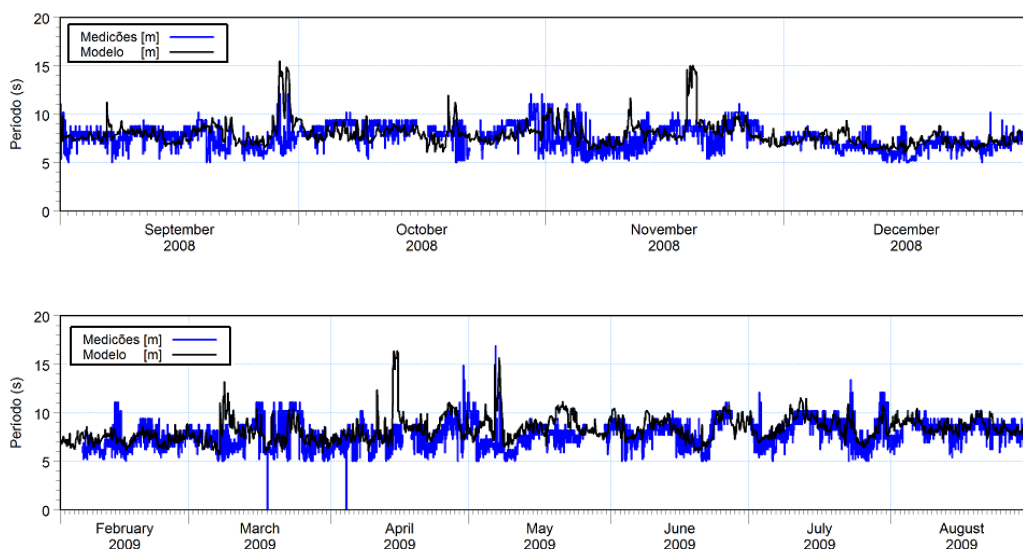


Figura 5-4 Comparação entre as ondas simuladas no modelo e as medições realizadas pelo Cepemar no período 2009-2010. Período de pico da onda, T_p

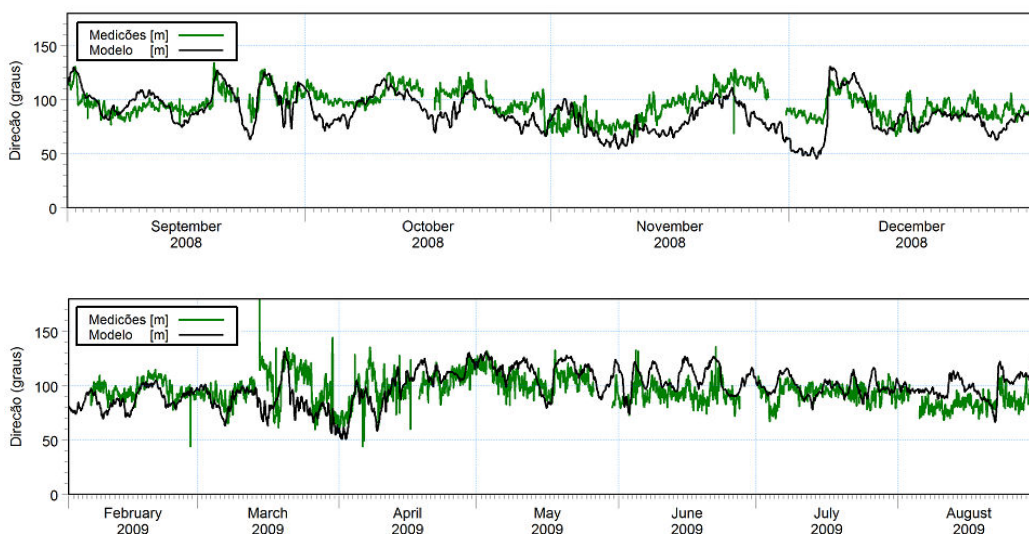


Figura 5-5 Comparação entre as ondas simuladas no modelo e as medições realizadas pelo Cepemar no período 2009-2010. Direção média de onda, MWD

Como mencionado, podem ser identificadas várias fontes de erros, tais como inexatidões nos dados em águas profundas do GROW, falta de dados de vento na zona perto da costa e limitações inerentes ao modelo matemático aplicado. Com o intuito de prover uma análise quantitativa segura do desempenho do modelo, os resultados do modelo não só foram avaliados no domínio de tempo, mas também a nível estatístico.

Para validar o modelo foi feita uma análise da distribuição estatística dos três parâmetros de ondas principais, usando o os dados medidos e simulados do período Fevereiro 2009 até Dezembro 2010. A Figura 5-6 mostra as distribuições de altura significativa de onda, período de pico e direção média de onda para as medições e os resultados do modelo.

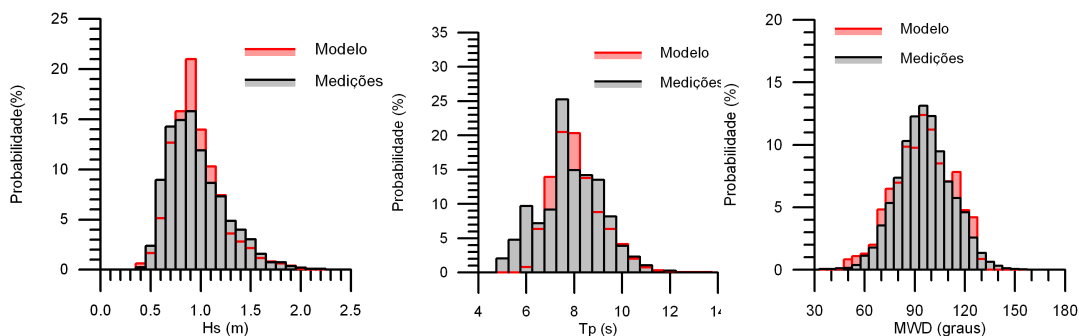


Figura 5-6 Comparação entre as ondas simuladas Comparação entre os resultados do modelo e os dados medidos. Alto esquerdo: Hs, Alto direito; Tp, Abaixo: MWD

Em média, vê-se que o modelo representa bem a altura de onda. O modelo superestima um pouco as ondas entre 0.6 e 0.8m subestima levemente as ondas entre 1.3 e 1.6m. A

concordância geral entre os períodos simulados com as medições está satisfatória. Em geral as direções de onda também são reproduzidas de forma satisfatória, embora tenha sido observadas pequenas discordâncias. A razão para estas pequenas discordâncias pode ser a falta de bons dados de ventos perto da costa, os quais podem ser responsáveis pela geração de ondas com ângulos grandes em relação à linha da costa. Em média as energias de onda total que vem do quadrante do norte e do sul estão representadas com precisão. Com o intuito de quantificar a habilidade do modelo de reproduzir a distribuição medida de altura de onda, - período, e - direção, foram calculadas as frequências acumuladas dos dados medidos e simulados. Os resultados estão apresentados na Figura 5-7

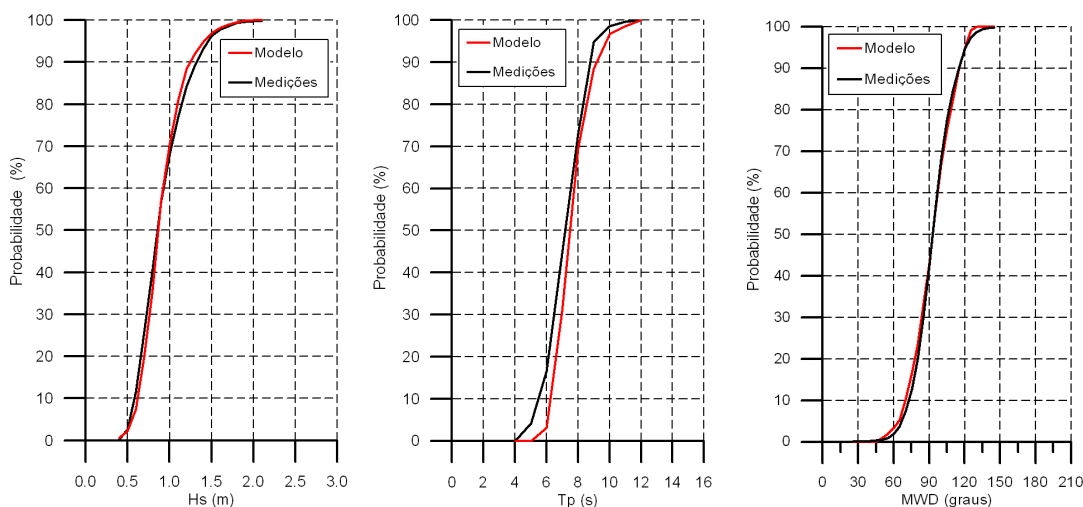


Figura 5-7 Distribuições acumuladas de frequências para as medições e as simulações no modelo. Esquerda: Altura significativa de onda, Centro: Período de pico das ondas, Direita: Direção média da onda.

O erro nos valores simulados é calculado como a diferença entre as frequências simuladas e medidas e está mostrado na Figura 5-8.

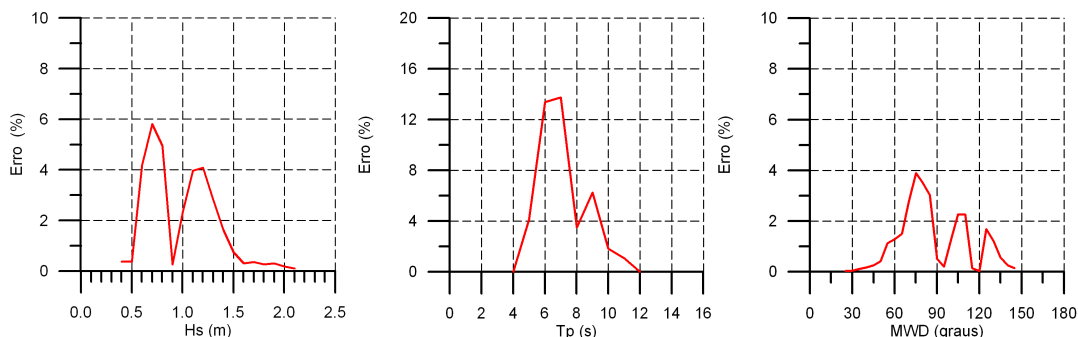


Figura 5-8 Erro nas propriedades simuladas da propagação das ondas. Esquerda: Altura significativa de onda, Centro: Período de pico das ondas, Direita: Direção média da onda.

As figuras indicam que a diferença máxima na frequência de excedência para certo intervalo da altura de onda é menor do que seis por cento. De modo semelhante, para o

período de pico das ondas o erro máximo fica em torno de 14 por cento e para a direção de onda o erro permanece menor do que quatro por cento. O erro nunca excedeu os erros máximos permissíveis que são típicos para este tipo de aplicação.

5.3 Resultados

O modelo calibrado foi aplicado para transformar as séries temporais de parâmetros de onda em águas profundas fornecidos pelos dados do GROW para o local do projeto.

A rosa de ondas calculada para a situação atual em frente do local do projeto (profundidade de 10m) é apresentada na Figura 5-9.

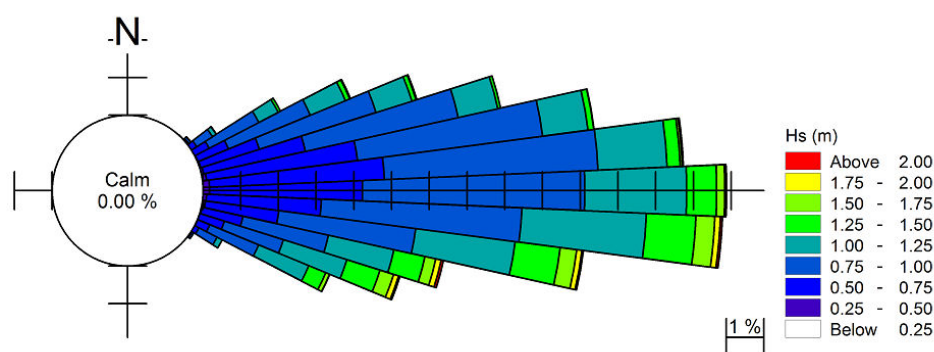


Figura 5-9 Rosa de ondas perto da costa

A figura mostra que a energia de ondas é muito concentrada na direção E. As maiores ondas vem das direções ESE até SE.

Para analisar o impacto das estruturas nas condições de ondas foram incluídas a quebramar completa e o porto provisório na batimetria do modelo. Três exemplos de resultados do modelo estão mostrados nas figuras abaixo. As Figura 5-10, Figura 5-11 e Figura 5-12 mostram campos de onda simulados, que correspondem a condições típicas de ondas na área do projeto. A altura de ondas é 1.5m nas três figuras. Os períodos de pico são 8.5s, 9.0s e 9.5s respectivamente e as direções são 60°, 90° e 120° respectivamente. As simulações correspondem à situação com o quebramar estendido e a presença do porto provisório.

As simulações do modelo mostram que as condições de onda ao longo do local do projeto são fortemente dominadas pela presença dos quebra-mares, que criam áreas de sombra em que a altura de onda é significativamente reduzida.

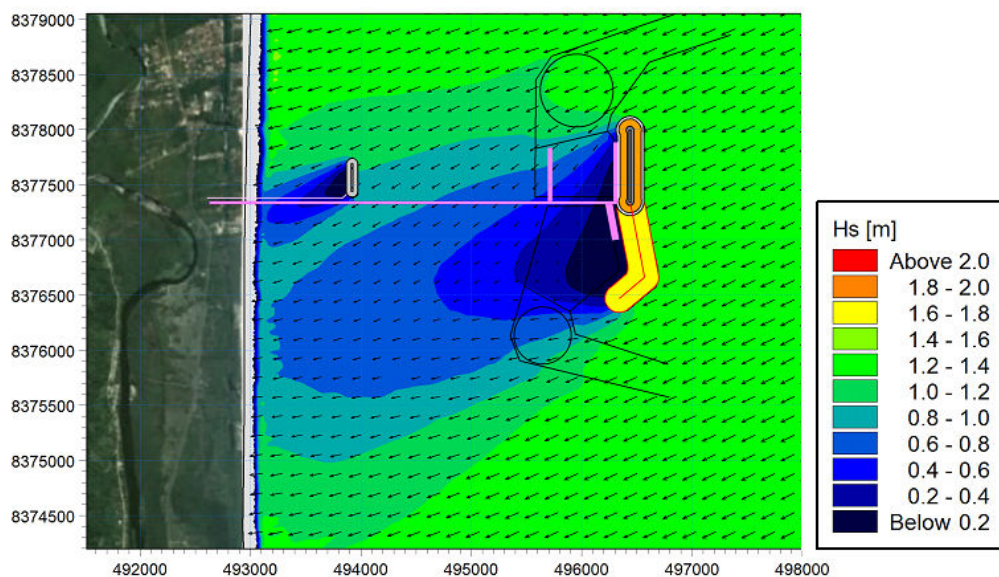


Figura 5-10 Exemplo de campo de onda simulado. Condições de onda ao largo: $H_{m0} = 1.5\text{m}$, $T_p = 8.5\text{s}$, $MWD = 60$ graus.

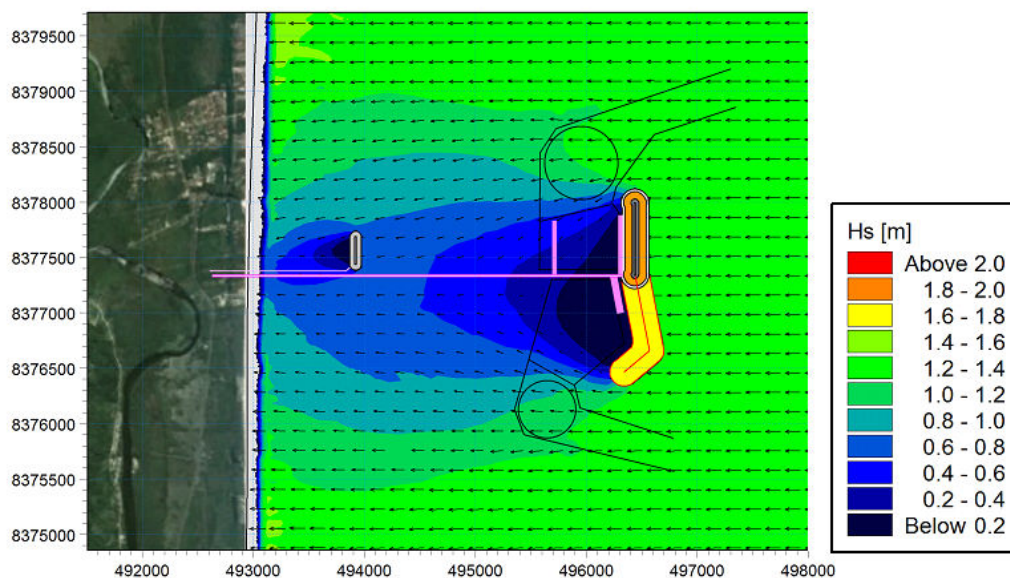


Figura 5-11 Exemplo de campo de onda simulado. Condições de onda ao largo: $H_{m0} = 1.5\text{m}$, $T_p = 9.0\text{s}$, $MWD = 90$ graus.

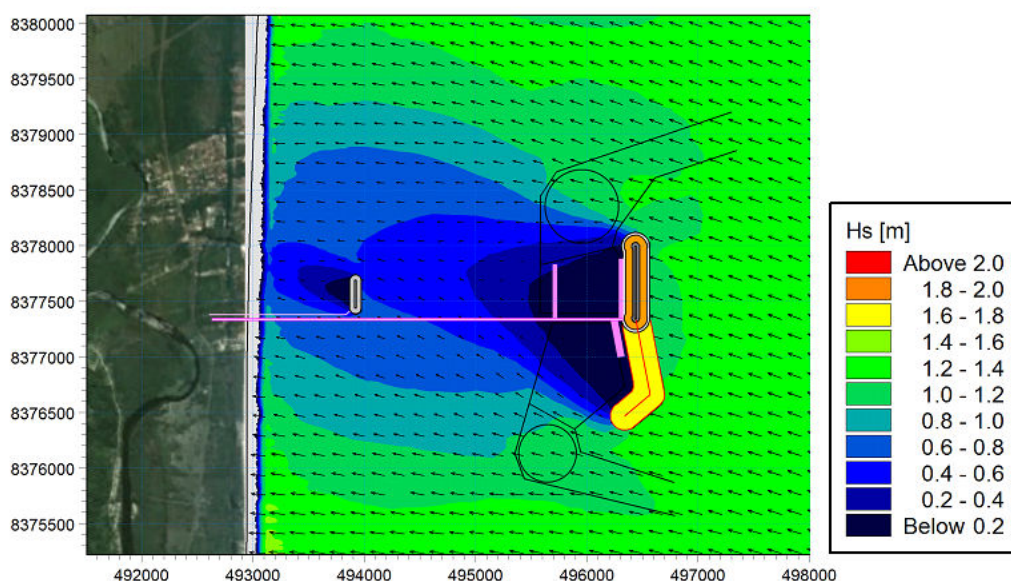


Figura 5-12 Exemplo de campo de onda simulado. Condições de onda ao largo: $H_{m0} = 1.5\text{m}$, $T_p = 9.5\text{s}$, $MWD = 120$ graus.

5.4 Variações Anuais nas Condições de Onda

Sabe-se, através de outros projetos realizados ao longo da costa do Brasil, que as variações temporais nas condições de onda ocorrem em escalas de tempo que são importantes para o presente projeto. Variações nas condições de onda durante o período coberto pelos dados foram analisadas, calculando-se os parâmetros de onda representativos para cada ano do período de cobertura dos dados. Esses parâmetros representativos de onda foram: a altura média de onda, H_R , o período de onda, T_R , e a direção de onda, α_R , que foram calculados da seguinte maneira:

$$H_R = \sqrt{\overline{H_S^2}} \quad (5.4)$$

$$T_R = \frac{\overline{TH_S^2}}{\overline{H_S^2}} \quad (5.5)$$

$$\alpha_R = \frac{\overline{\alpha H_S^2}}{\overline{H_S^2}} \quad (5.5)$$

O período médio representativo e a direção de onda representativa foram calculados como valores médios ponderados pela energia de onda.

A variação temporal da altura de onda representativa, H_R , está apresentada na Figura 5-13.

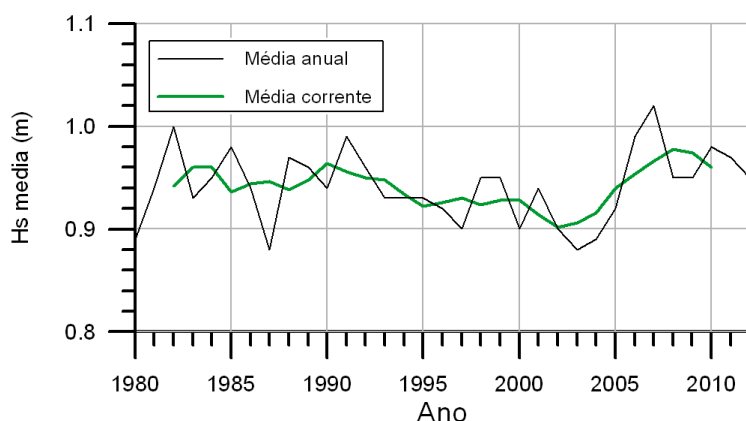


Figura 5-13 Média da altura significativa de onda para o período de 1980-2012

Os cálculos indicam pequenas variações na altura de onda. Observe-se que a média da altura de onda aumentou levemente durante os últimos 10 anos. Não se sabe, no entanto, se as variações observadas representam uma tendência de longo prazo de aumento da altura de onda, ou se são meramente devidas a variações de curto período. As variações observadas terão algum efeito na evolução da linha da costa.

O período de onda representativo, T_R , é mostrado na Figura 5-14. As variações temporais no período de onda representativo são pequenas, da ordem de 0.5s, e não se espera que causem impactos significantes na evolução da linha da costa.

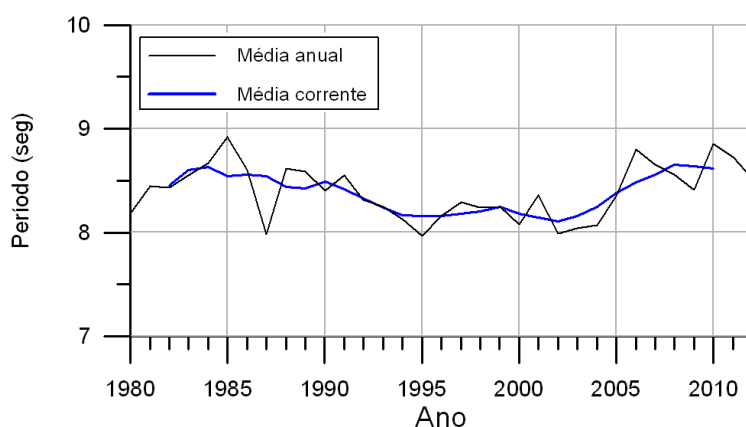


Figura 5-14 Média do período de pico para o período de 1980-2012

A variação temporal da direção de onda representativa, α_R , está apresentada na Figura 5-15. As análises indicam que houve variações graduais na direção da energia de onda de aproximadamente 4 graus durante o período coberto pelos dados. Nos últimos 20 anos a direção de ondas está mudando na direção horária correspondendo a uma taxa de variação média de 0.2 grau/ano. Esta tendência foi observada em várias outras lugares no litoral Brasileira

Baseado em outros projetos realizados na costa brasileira, acredita-se que as mudanças observadas são, pelo menos parcialmente, devidas a mudanças periódicas nas condições de vento no Atlântico Sul. Tais variações aparecem na escala de tempo de

décadas e estão relacionadas com fenômenos que causam variações nas condições climáticas, como o El Niño. O efeito de mudanças climáticas devido ao aquecimento global não pode ser confirmado, tão pouco excluído nessas análises.

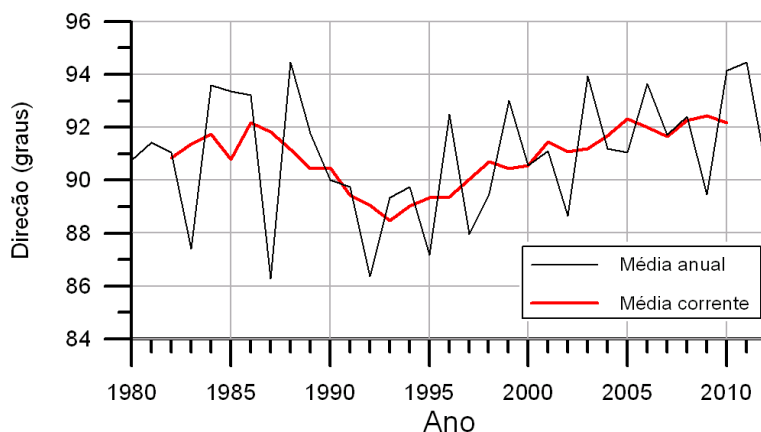


Figura 5-15 Direção média da energia de onda para o período de 1970-2010

Para uma linha de costa exposta diretamente às ondas oceânicas, o efeito causado pela mudança gradual da direção de onda é o de que a orientação de equilíbrio da linha da costa, definida como a orientação da linha da costa para a qual o transporte resultante anual na direção Norte e na direção Sul se tornam iguais em magnitude, mudará de acordo. Para a situação atual a orientação de equilíbrio da linha de costa mudou no sentido horário. A mudança no balanço entre o transporte dirigido para Norte e para Sul conduziu a um aumento no transporte resultante anual de sedimentos na direção Norte.

5.5 Variações Sazonais nas Condições de Ondas

Também em escalas temporais menores podem ser observadas flutuações significativas nas condições de ondas. A Figura 5-16 mostra as rosas de onda para cada período trimestral do ano. Observa-se uma dominância clara de ondas da direção ESE durante o período de Abril a Setembro. Durante o resto do ano foi observada uma componente relativamente forte de E e ENE.

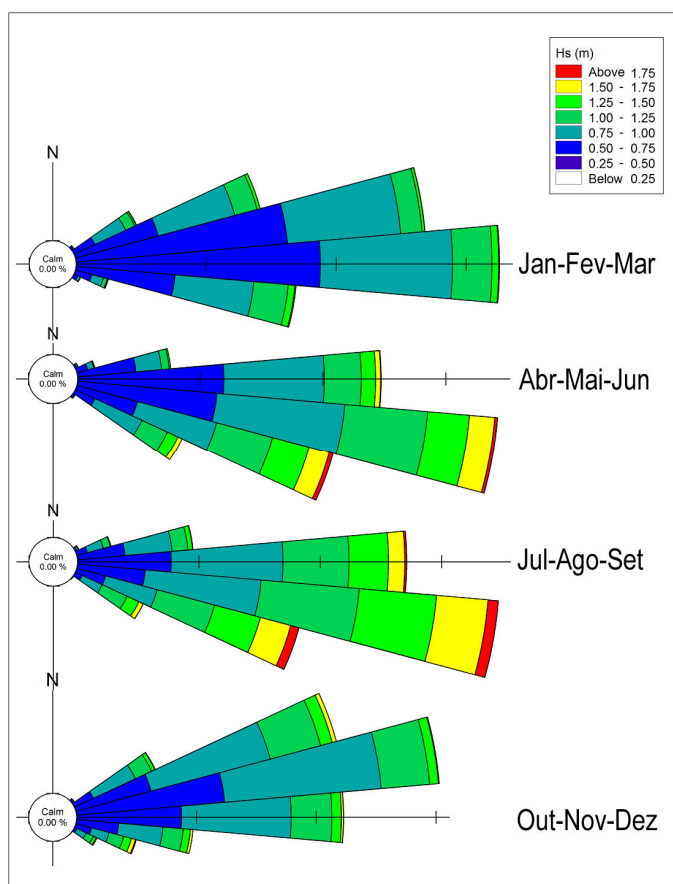


Figura 5-16 Rosas de ondas na profundidade de 10m em frente do local do projeto

A Figura 5-17, Figura 5-18, e Figura 5-19 mostram a média mensal de altura significativa de onda, - período de pico e - direção. As alturas médias das ondas parecem variar de aproximadamente 0.8m de Dezembro/Janeiro e de aproximadamente 1.1m de Julho/Agosto. De modo semelhante, o período médio de onda variou de 7.5s a 9.0s. Variações sazonais muito nítidas podem ser observadas na direção das ondas. Nos meses de verão a direção média da onda é entre 75°N e 80°N. No inverno a direção média é entre 95°N e 100°N.

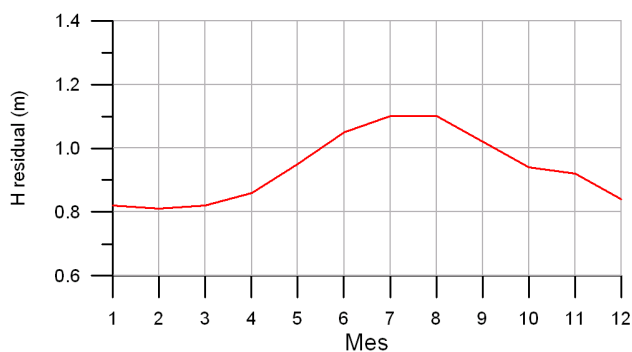


Figura 5-17 Variação mensal da altura significativa média de onda

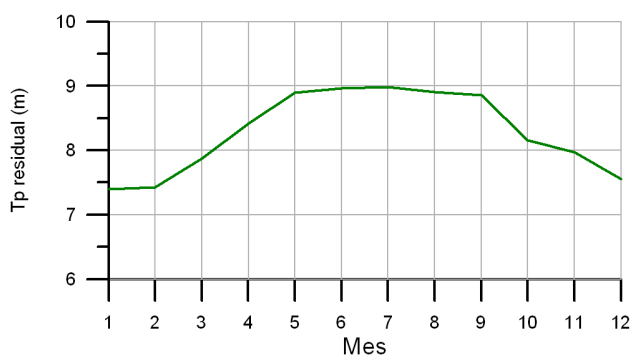


Figura 5-18 Variação mensal do período médio de pico de onda

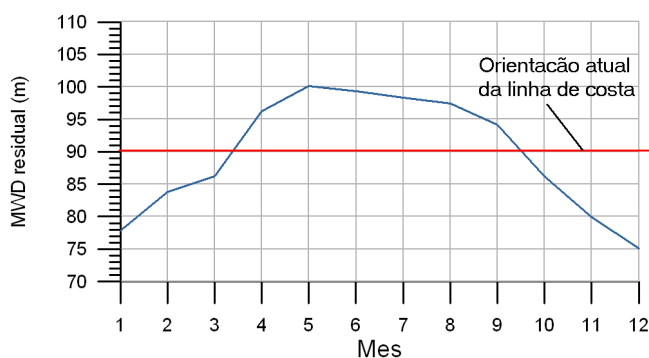


Figura 5-19 Variação mensal da direção média de onda

5.6 Ressacas históricas

Foi realizada uma análise para avaliar a importância das ressacas históricas recentes. A transformação dos dados de ondas ao largo para o período de 1980-2012 foi usada para definir eventos individuais de ressacas. Um evento de ressaca é definido na análise como o período de tempo durante o qual a altura significativa de onda H_s ultrapassa uma determinada altura crítica. O período da ressaca cessa quando a altura de onda se torna menor do que esse valor crítico. Para cada período de ressaca os seguintes parâmetros foram calculados:

- Início da ressaca (dia, mês, ano).
- Duração (em horas)
- Altura média e máxima da onda (H_s) durante o evento
- Direção média da onda (MWD) e período pico da onda (Tp).

Tabela 5-1 - Apresentação dos 20 eventos de ressaca mais importantes entre 1980-2012

| Classif. | Início da ressaca | | | Duração (Horas) | Hs med. (m) | Hs max (m) | MWD (graus) | Tp med. (s) | Escore (%) |
|----------|-------------------|-----|------|--------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | Dia | Mes | Ano | | | | | | |
| 1 | 15 | 7 | 1988 | 41 | 3.5 | 3.9 | 152.9 | 11.5 | 100.0 |
| 2 | 10 | 7 | 2005 | 26 | 3.4 | 4.0 | 165.8 | 11.7 | 60.3 |
| 3 | 10 | 7 | 1986 | 28 | 3.2 | 3.5 | 147.3 | 11.5 | 58.3 |
| 4 | 17 | 8 | 1991 | 26 | 3.3 | 3.5 | 137.9 | 11.4 | 54.8 |
| 5 | 15 | 7 | 1985 | 27 | 3.2 | 3.4 | 124.3 | 11.9 | 54.5 |
| 6 | 11 | 5 | 2007 | 21 | 3.3 | 3.6 | 155.7 | 11.5 | 46.4 |
| 7 | 20 | 10 | 2011 | 21 | 3.2 | 3.4 | 155.8 | 11.1 | 42.4 |
| 8 | 11 | 7 | 1989 | 19 | 3.4 | 3.5 | 154.4 | 11.1 | 42.1 |
| 9 | 14 | 7 | 1985 | 20 | 3.1 | 3.2 | 143.7 | 11.0 | 38.0 |
| 10 | 30 | 11 | 1988 | 15 | 3.4 | 3.7 | 162.9 | 11.0 | 34.8 |
| 11 | 24 | 9 | 1999 | 16 | 3.3 | 3.6 | 164.5 | 11.1 | 34.5 |
| 12 | 13 | 6 | 2010 | 16 | 3.1 | 3.3 | 170.9 | 11.1 | 31.2 |
| 13 | 30 | 7 | 2007 | 12 | 3.6 | 4.0 | 153.5 | 11.9 | 30.1 |
| 14 | 30 | 6 | 2006 | 15 | 3.1 | 3.2 | 134.1 | 11.2 | 28.9 |
| 15 | 18 | 6 | 1988 | 14 | 3.2 | 3.4 | 168.0 | 10.8 | 28.7 |
| 16 | 31 | 7 | 2007 | 11 | 3.5 | 3.9 | 155.0 | 12.3 | 27.2 |
| 17 | 19 | 4 | 1981 | 12 | 3.3 | 3.5 | 183.1 | 12.0 | 25.7 |
| 18 | 10 | 5 | 1989 | 10 | 3.2 | 3.4 | 151.2 | 10.8 | 20.7 |
| 19 | 7 | 9 | 2006 | 11 | 3.0 | 3.1 | 144.6 | 11.2 | 20.1 |
| 20 | 2 | 6 | 1988 | 10 | 3.2 | 3.3 | 155.7 | 11.1 | 20.0 |

Deve-se observar que o método para identificar os eventos individuais de ressaca é, de certa maneira, arbitrário, e pode estar sujeito a aperfeiçoamento. Os eventos de ressaca foram classificados de acordo com a exposição à energia de onda (calculados como o produto da energia de onda pela duração da ressaca). A Tabela 5-1 apresenta a classificação das ressacas, baseada nos dados de onda transformados para o local do projeto. O valor crítico da altura de onda foi considerado nessa análise como 3.0m.

A tabela indica que a ressaca mais forte iniciou em 15 de Julho de 1988 e teve uma duração de 41 horas. A média da altura significativa de onda na zona offshore durante a ressaca foi de 3.5m e a altura significativa máxima de onda foi 3.9m. A média do período de onda e da direção de onda foram 11.5s e 152.9°N, respectivamente.

A análise mostra que oito das vinte ressacas mais fortes ocorreram nos últimos dez anos. Tal fato ressalta que as condições de ondas ficaram mais severas na última década.

6 Dinâmica do Perfil Transversal da Praia

A forma do perfil da praia se adapta continuamente conforme as mudanças nas condições hidrodinâmicas. Em períodos de tempestades a areia é removida da linha da costa e depositada a uma distância mais afastada da mesma. Em períodos de calmaria, a areia é devolvida gradativamente à praia pela ação das ondas. O desenvolvimento do perfil é afetado pelas condições das ondas (altura, período e direção) e por variações no nível d'água. Em períodos com níveis de água relativamente altos, acompanhados de forte ação das ondas, a linha da costa recua para alcançar o perfil de equilíbrio; em períodos de calmaria a linha da costa voltará gradativamente à sua posição original, até seu perfil estar em equilíbrio com as condições hidrodinâmicas.

A dinâmica do perfil transversal da linha de costa é importante para poder estimar o recuo máximo da mesma durante tempestades. Nesta seção é analisada a dinâmica da linha da costa na escala de tempo de tempestades individuais a estações do ano. Outros processos que afetam a linha da costa, tais como mudanças de médio prazo nas condições das ondas (associadas, por exemplo, ao fenômeno do El Niño) e o aumento do nível do mar no longo prazo, ocorrem durante períodos de tempo significativamente maiores e não interferem diretamente com as mudanças de curto prazo no perfil aqui consideradas.

Na análise atual a dinâmica do perfil de praia foi analisada no local da ponte, na parte central da área do projeto. Foi simulada uma série temporal de dados de onda e de nível d' água para um período contínuo de 32 anos (1980-2012). O perfil transversal inicial é apresentado na Figura 6-1.

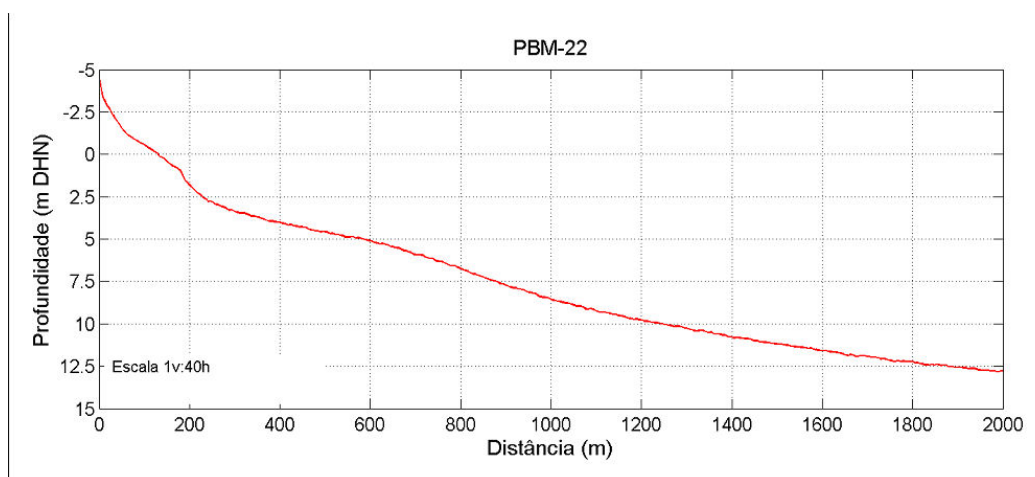


Figura 6-1 Perfil transversal 22 (fonte Ref /2/)

6.1 Condições de Ondas no Local do Projeto

As condições de onda foram simuladas durante os últimos 32 anos usando o modelo de transformação de onda calibrado, como apresentado na seção 4. Na fronteira em águas profundas as séries temporais contínuas de dados do GROW foram impostas a intervalos de uma hora. O nível de água foi definido de acordo com as componentes da

maré astronômica. A série temporal dos dados de ondas transformados foi obtida no local do perfil transversal. A Figura 6-2 apresenta as series temporais de Altura, período e direção de ondas numa profundidade de 10m na área central do projeto.

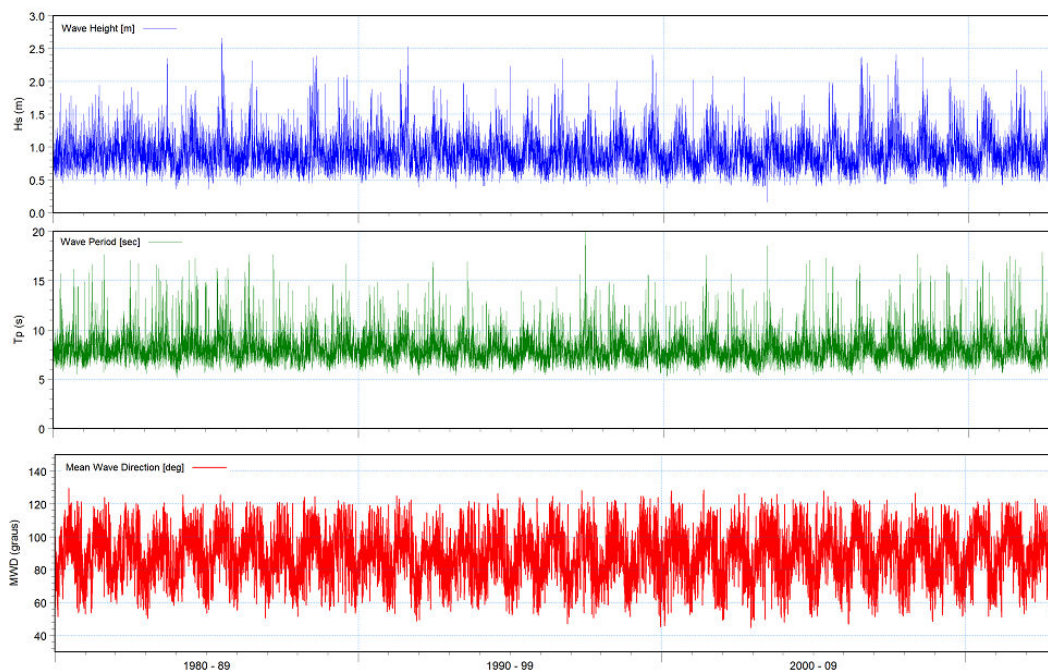


Figura 6-2 Variação temporal de ondas na parte central do projeto. Profundidade 10m, período [1980 – 2012]

6.2 Níveis da Água no Local do Projeto

O nível da água desempenha um papel importante no processo de erosão da praia durante tempestades. O principal efeito do aumento do nível da água é o de que maiores profundidades permitem que ondas mais altas cheguem até a praia, onde quebram e causam erosão. No caso do presente projeto, as variações no nível da água são causadas em escala regional pelos efeitos da maré astronômica e do vento, e em escala local pelos efeitos das ondas.

As variações no nível da água causadas pelas ondas incluem a sobre-elevação (wave set-up) e o espraiamento (wave run-up). A sobre-elevação é a variação no nível médio do mar causada pela arrebentação das ondas. O espraiamento é o nível máximo alcançado por uma onda individual ao avançar pela praia após quebrar. As variações no nível d'água provocadas por ondas são bem entendidas e há várias referências na literatura. Na presente análise são aplicadas as definições apresentadas nas diretrizes de 2004 da Agência Federal de Emergências dos EUA (Federal Emergency Agency). As diretrizes são utilizadas para avaliar o risco de erosão costeira no litoral da Califórnia e são amplamente aceitas.

O modelo calcula a sobre-elevação e o espraiamento e os dados derivados das ondas costeiras são utilizados para calcular as estatísticas referentes às variações no nível d'água provocadas pelas ondas. Infelizmente, não estão disponíveis dados com medição das variações no nível d'água. Portanto, não foi possível incluir nesta análise o efeito do vento nas variações no nível d'água. As variações no nível d'água devidas à maré

astronômica foram calculadas com base nos componentes harmônicos de marés do FEMAR apresentados na seção 3. A Figura 6-3 apresenta as distribuições estatísticas dos níveis d'água. A curva azul indica os níveis d'água gerados pela maré astronômica, a curva vermelha indica os níveis provocados pelas ondas e a curva verde representa os níveis d'água oriundos do efeito combinado de ondas e marés. Os níveis apresentados aqui dizem respeito ao nível médio d'água, que fica 1.12m acima do nível zero da DHN.

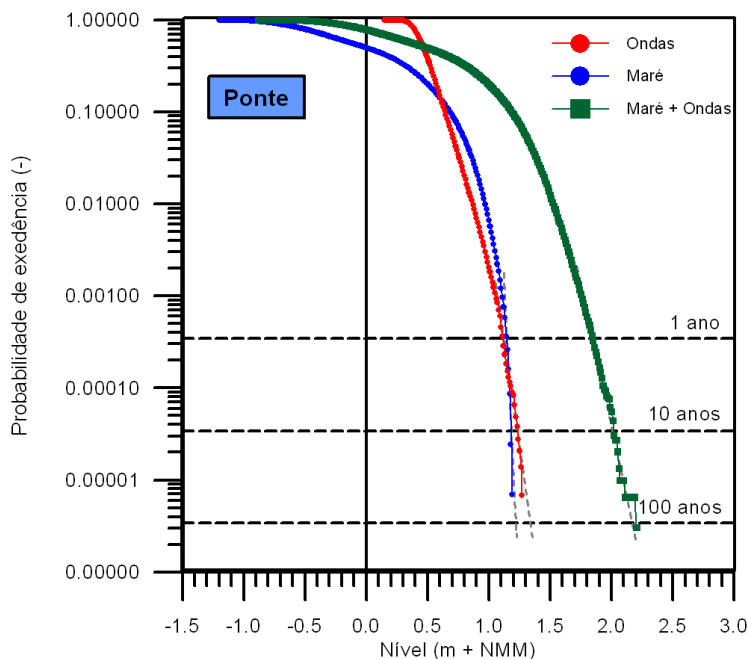


Figura 6-3 Níveis de água extremos na área central do projeto

A partir das análises estatísticas foram obtidas estatísticas de níveis d'água extremos. Isto foi feito por meio da extrapolação manual das distribuições calculadas para os valores correspondentes a períodos de retorno de 1 ano, 10 anos e 100 anos. Os níveis d'água para os diferentes períodos de retorno são apresentados na Tabela 6-1.

Tabela 6-1 Níveis d' água extremos calculados para vários períodos de retorno em relação ao nível médio do mar (NMA)

| Tempo de recorrência | Ondas | Marés | Total |
|----------------------|-------|-------|-------|
| 1 ano | 1.10 | 1.15 | 1.85 |
| 10 anos | 1.22 | 1.18 | 2.02 |
| 100 anos | 1.35 | 1.21 | 2.18 |

6.3 Evolução do Perfil no Curto e Médio Prazo

No decorrer dos últimos anos esforços consideráveis foram realizados no desenvolvimento de modelos matemáticos que descrevam o comportamento dinâmico do perfil transversal da linha de costa.

A presente análise baseou-se no modelo apresentado em Kriebel e Dean (1993). Esse modelo fornece soluções para a resposta no tempo do perfil de praia a tempestades na forma de uma integral de convolução. O modelo inclui uma função forçante de erosão variável no tempo e uma função exponencial de resposta da erosão. A função de erosão inclui dados de onda e níveis de água para a atual área do projeto. Com o objetivo de obter soluções analíticas, Kriebel e Dean (1993) representaram uma ressaca por meio de um hidrógrafa idealizada. No presente trabalho as equações governantes foram resolvidas numericamente nos casos em que não foram feitas simplificações quanto às condições das ondas e nível d'água.

A base do método de convolução é a observação de que a resposta de uma praia a condições permanentes de pressão é aproximadamente exponencial no tempo. Assume-se que a equação diferencial linear que rege a resposta do perfil a variações no nível d'água tenha a seguinte forma:

$$\frac{dR(t)}{dt} + \alpha R(t) = \alpha R_{\infty} f(t) \quad (6.1) \quad (4.1)$$

R = posição da linha de costa e t = tempo. R_{∞} representa o avanço ou o recuo máximo em potencial da linha da costa se a praia alcançasse um novo equilíbrio relativo às condições do nível d'água e da arrebentação das ondas. O fator α = parâmetro característico da taxa do sistema, definido como $\alpha = 1/T_s$. A expressão para a escala de tempo característica, T_s , foi derivada com base em medições:

$$T_s = C_1 \frac{H_b^{3/2}}{g^{1/2} A^3} \left(1 + \frac{h_b}{B} + \frac{mx_b}{h_b} \right)^{-1} \quad (6.2) \quad (4.2)$$

C1 = Constante, estabelecida como C1 = 320, com base em resultados laboratoriais (Kriebel e Dean, 1993)

Hb = Altura da onda ao quebrar

g = Aceleração devida à gravidade

A = Constante do perfil

hb = Profundidade da onda ao quebrar

B = Altura da berma

m = Inclinação da praia na linha de água

xb = Largura da zona de arrebentação

A constante do perfil, A, se baseia no pressuposto de que a forma do perfil transversal da linha de costa pode ser simplificada de acordo com a seguinte expressão:

$$h = AX^{2/3} \quad (6.3) \quad (4.3)$$

Onde h = profundidade, X é a distância transversal da linha d'água. Dean (1987) encontrou uma expressão empírica para A, determinada inteiramente pelas propriedades dos sedimentos, com base em dados de campo:

$$A = 0,067ws^{0.44} \quad (6.4) \quad (4.4)$$

Onde ws é a velocidade da queda dos sedimentos (em cm/s).

A velocidade de queda dos sedimentos aumenta conforme o tamanho dos grãos. Assim, no caso de areia grossa calcula-se um fator A alto, o que resulta em um perfil íngreme. No caso de areia fina, o fator A é baixo e o perfil correspondente é mais suave. A Figura 6-4 mostra a forma do perfil transversal da linha da costa referente a grãos com vários diâmetros diferentes.

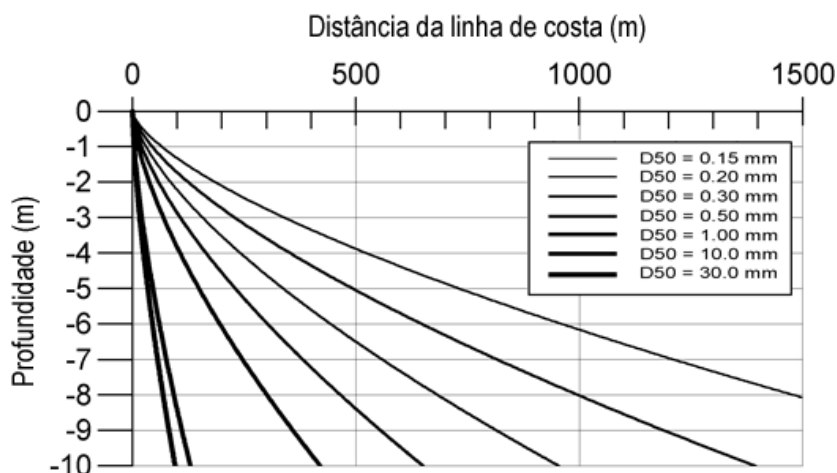


Figura 6-4 Perfis de equilíbrio conforme o tamanho dos grãos (Fonte: Mangor 2004)

A altura de onda na arrebentação H_b e a profundidade no local de arrebentação h_b são calculadas no modelo utilizando um modelo simples de transformação de ondas, assumindo a refração e o empinamento lineares. O índice utilizado para a arrebentação das ondas foi 0,78, sendo um valor de uso comum. A altura da berma B e a inclinação da praia foram derivadas diretamente do perfil medido da praia.

No modelo admite-se que a forma do perfil transversal da linha da costa permanece constante, enquanto que a parte ativa do perfil desloca-se conforme as elevações do nível d'água (nível de ressaca). A velocidade desse deslocamento do perfil é determinada pelas condições das ondas. Parte-se do pressuposto que não há perda de sedimento na linha da costa, mas que o mesmo seja reposicionado devido às variações

nas condições das ondas e nos níveis d'água. O conceito encontra-se ilustrado na Figura 6-5.

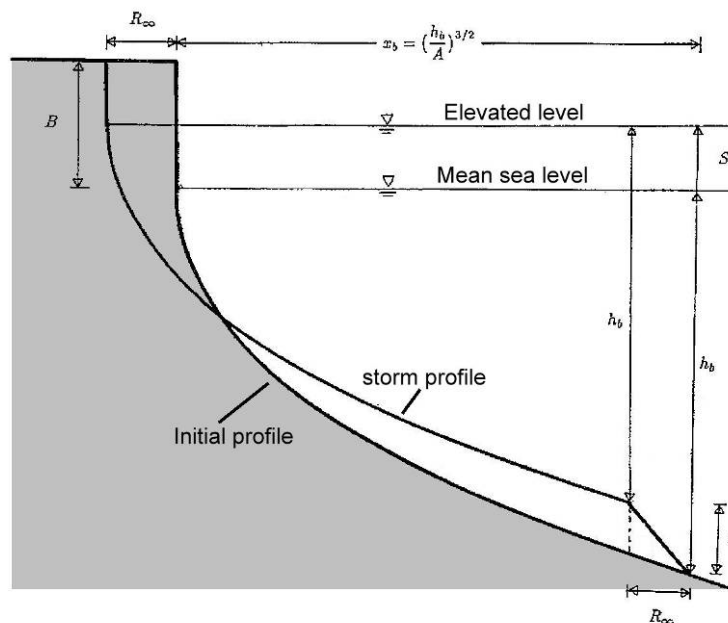


Figura 6-5 Ilustração do conceito do modelo do perfil

Com base nas definições acima, a posição de equilíbrio da linha da costa – que será alcançada se as condições atuais permanecerem constantes – pode ser calculada conforme segue:

$$R_{\infty} = \frac{S \left(x_b - \frac{h_b}{m} \right)}{B + h_b - S / 2} \tag{6.5} \tag{4.5}$$

onde S = elevação da superfície da água (devida à maré, ressaca, sobre-elevação e espraiamento).

Nas simulações os parâmetros utilizados para as ondas foram baseados nas condições derivadas das ondas costeiras. A elevação total no nível d'água consiste de duas componentes: 1) – maré astronômica e 2) sobre-elevação e espraiamento, conforme apresentados na seção anterior. A sobre-elevação e o espraiamento foram estimados com base em Ruggiero et Al. (2001). A equação foi resolvida numericamente para o período de 2001 a 2010.

A análise do perfil transversal da praia foi realizada para as seis posições ao longo da área do projeto. O perfil médio no decorrer do tempo foi utilizado como condição inicial. O espaçamento da grade utilizada no modelo foi de 2m. O intervalo de tempo nas simulações foi de 3 horas, o que corresponde à resolução de tempo dos dados de ondas.

A variação da posição da linha de costa foi simulada durante o período de [1980 - 2012]. Os resultados são apresentados na Figura 6-6. Note-se que as simulações representam

apenas o recuo da linha de costa devido a mecanismos puros de transporte transversal de sedimentos. Isto implica que nessas simulações o volume total da areia permanece constante. As simulações representam a dinâmica da linha da costa, devida à relocação transversal da areia causada pela ação das ondas em conjunto com os níveis d'água. As perdas de sedimento devidas ao transporte longitudinal, conforme descrito na seção anterior, precisam ser superpostas nas simulações das variações da linha da costa devidas aos processos de transporte transversal do sedimento.

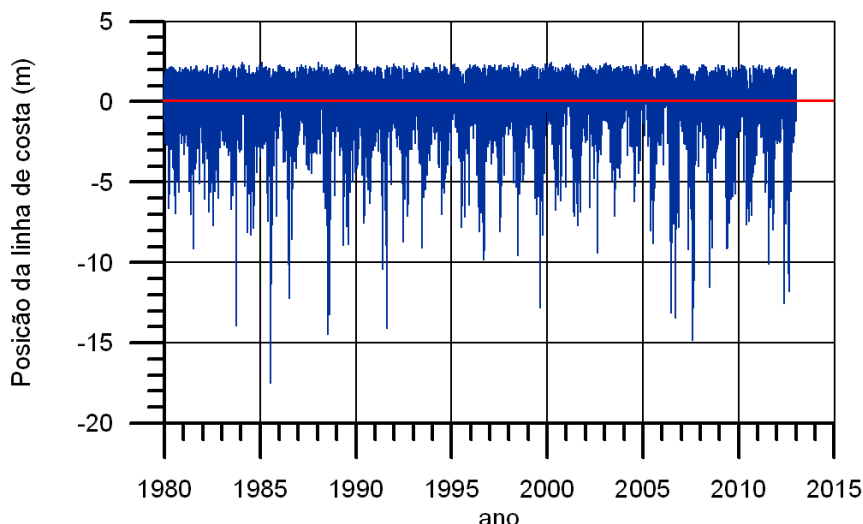


Figura 6-6 - Variação da posição da linha de costa durante o período [1980-2012]

As estatísticas de excedência das flutuações da linha da costa foram calculadas das simulações, ver a Figura 6-7. As linhas pontilhadas pretas representam os resultados do modelo, enquanto que a curva vermelha representa o melhor ajuste (Weibull). A erosão máxima da linha da costa para diferentes períodos de retorno foi obtida por meio da extrapolação manual das distribuições calculadas para os valores correspondentes a períodos de retorno de 10 anos e 100 anos. Os resultados baseados nos últimos dez anos [2000-2010] estão apresentados na Tabela 6-2.

O recuo máximo da linha da costa para o período de retorno de 100 anos foi de aproximadamente 21m. Isto indica que a linha da costa não deve recuar mais de 21m durante os próximos 100 anos, desde que não haja perda de sedimento na praia devida ao transporte longitudinal à mesma, e que as condições meteo-marinhas permaneçam inalteradas na região.

Tabela 6-2 Recuo máximo estimado da linha da costa devido à dinâmica do perfil transversal da costa para diferentes períodos de retorno, baseado no período [1980 – 2012].

| Tempo de recorrência | | |
|----------------------|---------|----------|
| 1 ano | 10 anos | 100 anos |
| 13m | 17m | 21m |

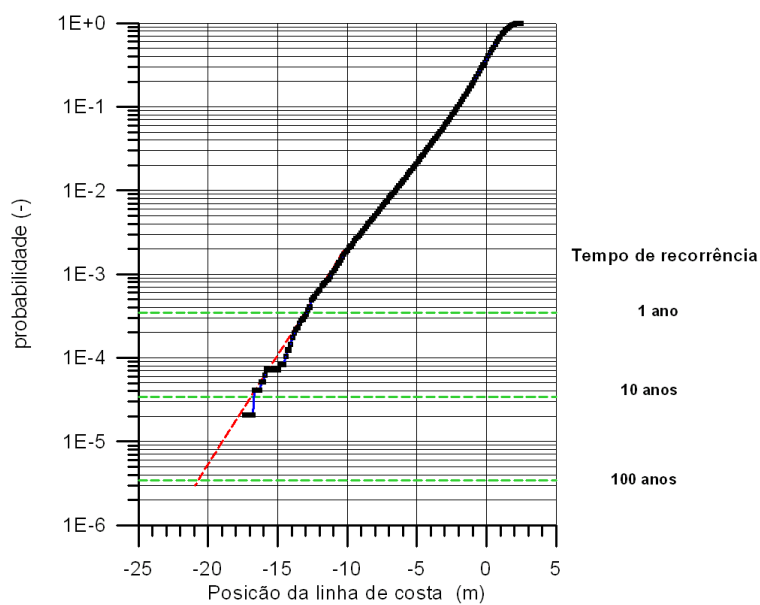


Figura 6-7 Estatísticas de excedência para a dinâmica da linha de costa devida à evolução do perfil.

7 Transporte litorâneo

Quando as ondas se aproximam da costa com um determinado ângulo, são geradas correntes pelas forças hidrodinâmicas associadas à arrebentação da onda. Essas correntes geradas pelas ondas causam transporte de sedimento ao longo da praia. A orientação da linha de costa, definida como a orientação da linha perpendicular à praia, é de aproximadamente 90° N na área central (ponte) do projeto. O transporte anual líquido de sedimento, ou deriva litorânea, é definido como a soma do transporte anual nas direções Norte e Sul.

As condições atuais de transporte na praia no local do projeto foram analisadas utilizando uma série de modelos matemáticos avançados para ondas, hidrodinâmica e transporte de sedimento.

7.1 Montagem do modelo

O modelo de onda calibrado descrito no capítulo anterior foi usado para simular as condições de onda ao longo da costa. A série temporal de ondas simuladas foi calculada numa posição central do projeto (ponte) numa profundidade de 10m. Os dados de ondas transformados foram usados como dado de entrada para o modelo de transporte litorâneo de sedimento.

Os cálculos de deriva litorânea foram realizados utilizando o modelo de transporte do DHI LITPACK. Informações técnicas sobre o modelo podem ser obtidas em www.dhigroup.com ou fornecidas mediante solicitação.

O modelo de transporte está baseado numa aproximação 1D e calcula a transformação e a arrebentação das ondas ao longo de um perfil transversal na área próxima à linha da costa. O modelo calcula as correntes longitudinais que são geradas pelas ondas e o transporte de sedimentos resultante. Uma vantagem importante desta metodologia é que com esse modelo pode-se utilizar uma resolução espacial muito fina, a qual é necessária para resolver a hidrodinâmica costeira e o transporte de sedimento de maneira suficientemente precisa.

7.2 Transporte litorâneo médio

A Figura 7-1 mostra a taxa anual de transporte de sedimentos calculada ao longo do perfil transversal localizado na parte central da área do projeto. A linha azul representa o transporte anual para N, a linha verde representa o transporte de sedimento para S. O transporte líquido está indicado pela linha preta. Os cálculos mostram que os componentes de transporte para Norte e para Sul são da mesma ordem de magnitude e que há um pequeno transporte líquido dirigido para Norte. A simulação no modelo mostra que quase todo o transporte litorâneo ocorre a uma distância de 250m da linha de marés alta.

Um parâmetro importante para o comportamento morfodinâmico da praia é a assim chamada profundidade de fechamento, a qual é definida como a profundidade máxima da água onde o sedimento é transportado pela ação de ondas e correntes. Observou-se que quase todo o transporte de sedimento ocorre perto da linha d'água, em profundidades menores que 4m (DHN).

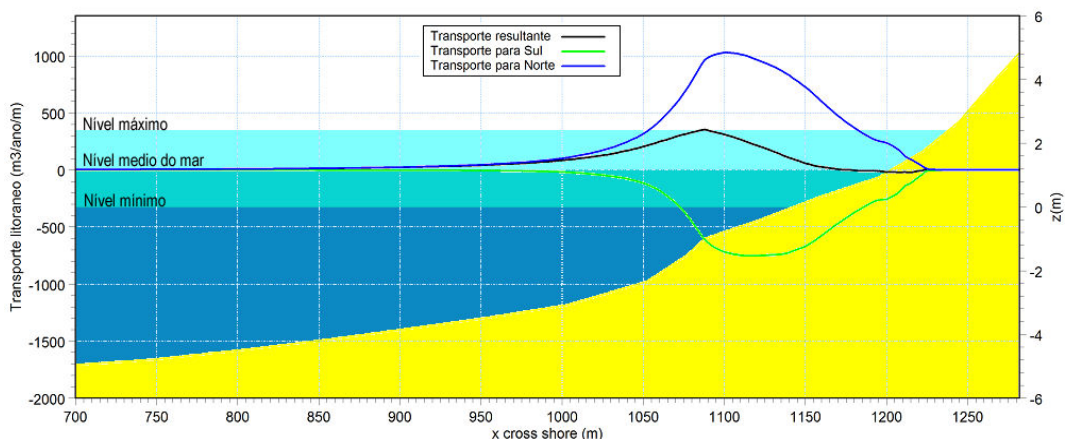


Figura 7-1 Distribuição do transporte litorâneo ao longo do perfil da praia.

Com o intuito de estudar as variações temporais do transporte litorâneo, foram realizadas simulações no modelo para cada ano durante o período de 1980-2012. Os resultados estão apresentados na Figura 7-2. As colunas representam os componentes Norte e Sul do transporte anual resultante. A linha vermelha indica o transporte residual.

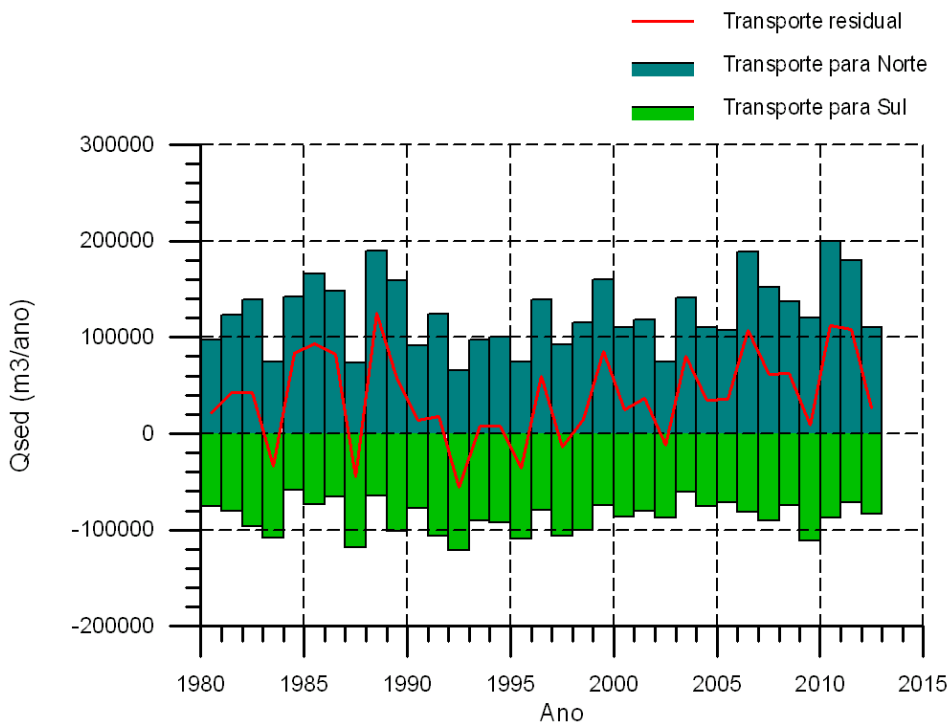


Figura 7-2 Taxas anuais de transporte litorâneo calculado para o período de 1980-2012.

Os cálculos indicaram uma variação clara no transporte ao longo dos anos. A direção do transporte residual ao norte da foz do rio mudou várias vezes durante o período coberto

pelos dados. A magnitude do transporte dirigido para norte e para sul está geralmente entre 80.000 m³/ano e 200.000 m³/ano. Na média, o transporte residual está dirigido para Norte.

As simulações no modelo mostram que o componente Norte aumentou gradualmente durante os últimos 20 anos.

Além das variações na escala de tempo de anos, também ocorrem fortes variações sazonais no transporte litorâneo. A Figura 7-3 mostra a variação mensal do transporte litorâneo, calculada para todo o período coberto pelos dados.

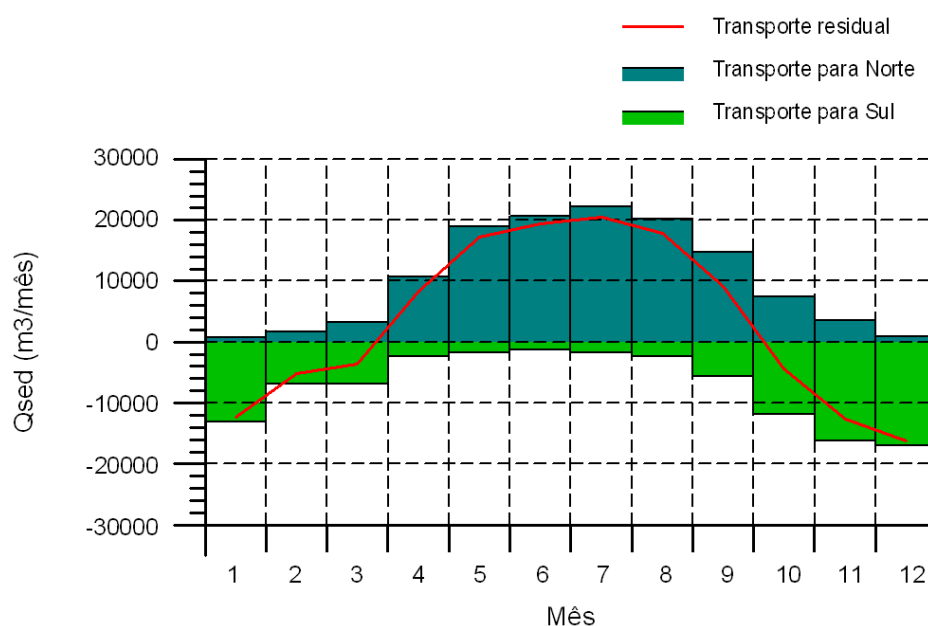


Figura 7-3 Taxas médias mensais de transporte litorâneo calculadas para o período de 1980-2012.

As simulações do modelo mostram que o transporte litorâneo está dirigido para norte no inverno (Abril-Setembro) e para sul durante o verão (Outubro-Março). As taxas máximas de transporte para norte - e sul ocorrem em julho e Dezembro, respectivamente.

8 Impacto costeiro

Quando as ondas se propagam de águas profundas para a costa, vários mecanismos de transformação se tornam ativos. A refração fará as ondas se adaptarem gradualmente a um ângulo de incidência mais perpendicular à costa. Quando as ondas entram em águas rasas, a altura da onda é afetada pelo efeito de empinamento. Ao atingir certa relação crítica entre altura da onda/ profundidade da água, a onda começa a arrebentar e gradualmente perde a sua energia, à medida que se propaga como “macaréu turbulento” pela zona de arrebentação.

A arrebentação da onda causa uma gradiente no nível médio do mar na praia, comumente chamado de “wave set-up”. A elevação máxima do nível do mar causada por essa sobrelevação é de aproximadamente 25 % da altura da onda no ponto de arrebentação. No caso de ondas incidentes oblíquas, a arrebentação da onda causa uma força hidrodinâmica ao longo da costa que gera uma corrente longitudinal, comumente chamada de corrente litorânea. Essa corrente é responsável pelo transporte de areia ao longo da costa.

A construção do porto terá alguma influência sobre as condições de onda ao longo da costa. As mudanças nas condições de onda têm um impacto no transporte de sedimento ao longo da costa e podem causar mudanças na posição da linha da costa. Nesta seção é analisado o efeito do porto sobre as condições das ondas na costa, na hidrodinâmica e no transporte de sedimento e é avaliado o impacto na linha da costa.

Quando é construída uma estrutura marítima, tal como um quebra-mar ou um porto, então a energia da onda incidente diminui numa seção ao longo da costa localizada ao abrigo da obra. A diminuição da energia de onda reflete-se numa diminuição local da altura de onda, com a altura de onda mínima localizada no centro da área de sombra atrás da estrutura. A diminuição local da altura de onda na área de sombra do quebra-mar causa uma gradiente longitudinal no nível médio da água (wave set-up). Este gradiente gera uma corrente, ao longo da costa, direcionada para o eixo do quebra-mar.

Em virtude da diminuição da altura de onda, a capacidade da corrente litorânea de transportar areia fica localmente diminuída, o que provoca acumulação de sedimento. Esta acumulação de sedimento provoca um crescimento da praia atrás do quebra-mar. Como a orientação da linha da costa muda na zona de sombra atrás do quebra-mar, a componente longitudinal das forças hidrodinâmicas causadoras da corrente litorânea fica adequadamente diminuída.

Eventualmente, é atingida uma situação onde as forças hidrodinâmicas que tendem a criar uma protuberância na linha da costa são equilibradas por forças que tendem a suavizá-la. A configuração da praia em equilíbrio resultante corresponde a um crescimento da praia na zona de sombra do quebra-mar em forma de sino, comumente chamado de saliente. Se a distância entre o quebra-mar e a praia for relativamente pequena, a linha da costa irá crescer até atingir o quebra-mar e formará o que é chamado de tombolo.

8.1 Célula sedimentologica

Para analisar o impacto do novo porto na linha de costa é importante conhecer as dimensões da célula sedimentologica. Uma célula sedimentologica é uma seção da linha de costa em que os processos físicos são relativamente independentes de processos ativos em células adjacentes. Os limites de uma célula geralmente são definidos pela presença de unidades maiores que bloqueiam o transporte litorâneo com, por exemplo,

promontórios rochosos, grandes estruturas marítimas tipo portos e moles, ou deltas fluviais.

O litoral ao Norte do novo porto é caracterizado por extensões de praia arenosa. Existem varias áreas rochosas no litoral norte do porto, mas estas áreas não interrompem o transporte litorâneo. Deste modo, o limite norte da célula sedimentologica norte do porto está localizada na Serra Grande, aproximadamente 22 km norte do porto.

No litoral sul do novo porto a praia é continua até boca da Barra, quase até o porto de Ilhéus, localizada aproximadamente 10 km sul do novo porto. A célula sedimentologica e os limites norte e sul são apresentados na Figura 8-1

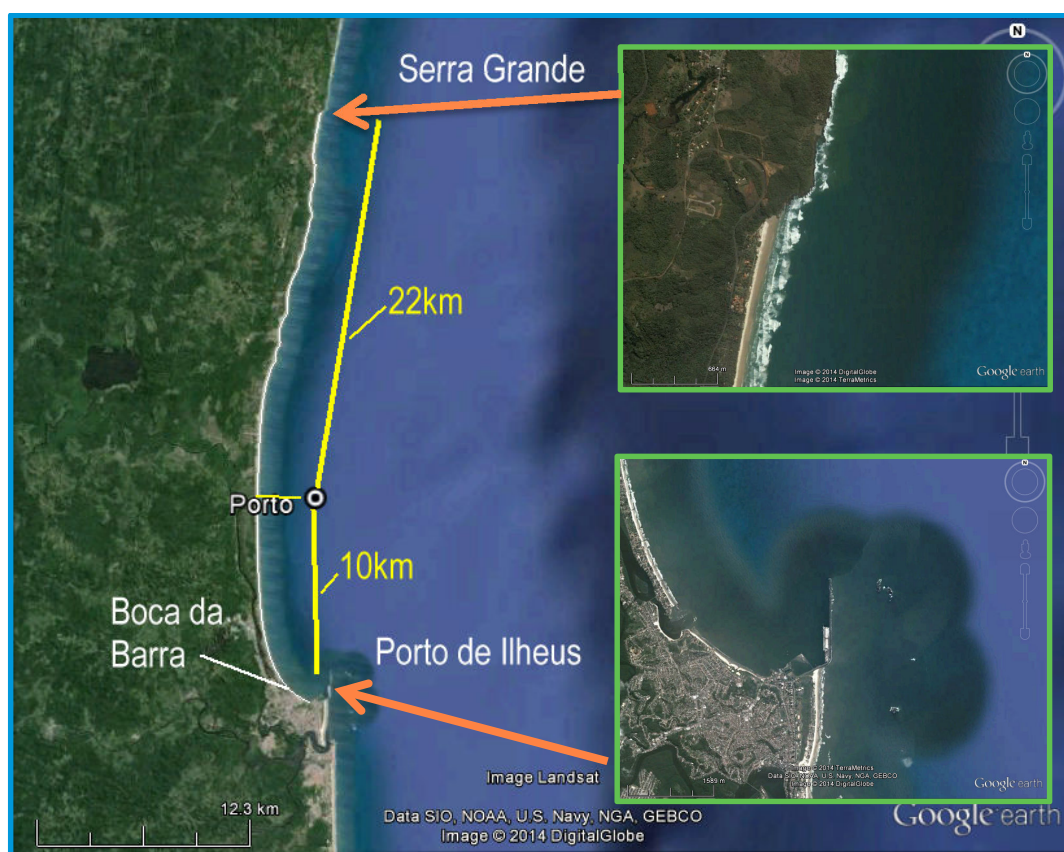


Figura 8-1 Localização da célula sedimentológicas

Dentro da célula de sedimento a linha da costa tentará atingir a sua assim chamada orientação de equilíbrio, a qual é definida como a orientação onde as componentes do transporte litorâneo anual dirigido para Norte e Sul são iguais em magnitude.

8.2 Dinâmica natural da linha de costa causada pelas variações na deriva

A orientação de equilíbrio da linha da costa é definida pelas condições das ondas litorâneas. Se ocorrerem mudanças nas condições de ondas, por exemplo, devido à variação sazonal, então a linha da costa dentro de uma célula de sedimento tentará se

adaptar a uma nova orientação, a qual corresponde à nova orientação de equilíbrio. Este mecanismo está ilustrado na Figura 8-2. A área cinzenta indica a posição de equilíbrio da linha da costa inicial. A linha preta representa a orientação de equilíbrio da linha da costa, correspondente às mudanças nas condições de ondas.

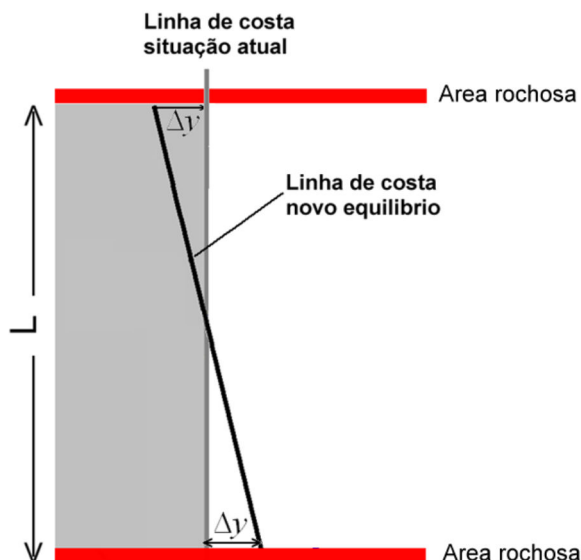


Figura 8-2 Ilustração da mudança da linha da costa dentro de uma célula costeira. Linha cinza: posição inicial de equilíbrio da linha da costa, linha preta: nova posição de equilíbrio da linha da costa.

Assumimos que o transporte litorâneo anual é dividido em dois períodos. No primeiro período o transporte total é igual ao componente norte do transporte anual e durante o segundo período o transporte é igual ao componente sul. Assumimos que a linha de costa continue estreita e que a orientação desta mude como indicado na Figura 8-2.

Assim a mudança da linha de costa pode ser estimada usando considerações geométricas simples como:

$$\Delta y_{max} = \frac{4Q_{ann}}{L d_{act}} \quad (8.1)$$

Aqui Δy_{max} = amplitude máxima da linha de costa, Q_{ann} = magnitude do componente do transporte anual litoral, L = comprimento da célula sedimentologica, e d_{act} = profundidade de fechamento. Em seção 5 foram calculados os componentes norte e sul do transporte litorâneo. A magnitude máxima dos componentes é de aproximadamente 200.000 m³/ano. O comprimento da célula sedimentologica é de aproximadamente 35 km, e a profundidade de fechamento é da ordem de 5m. Assim, a amplitude máxima da linha de costa fica de aproximadamente 4.5m.

Considerando que o porto está localizado a uma distância dx do limite da célula a amplitude da linha costa na posição do porto, Δy_{porto} pode ser estimada usando:

$$\Delta y_{porto} = \Delta y_{max} \left[1 - \frac{2dx}{L} \right] \quad (8.2)$$

Usando um valor dx de 12 km a amplitude da linha de costa na posição do porto, Δy_{porto} , pode ser calculada sendo de aproximadamente 1.5m. Este valor é uma estimativa conservadora e é pequena em comparação com a variação da linha de costa devido à dinâmica do perfil transversal que foi analisada na seção 6. Por isso, a dinâmica natural da linha de costa devido a variações temporais na deriva pode ser considerada desprezível e não precisa ser analisada em maiores detalhes.

8.3 Transporte de litoral após a construção do quebramar

Após a construção do quebramar as condições de ondas, correntes e transporte litorâneo vão mudar conforme escrito na seção 8.1. Atrás o quebramar forma-se uma área de sombra onde a altura de ondas fica diminuída. As mudanças nas condições de ondas na zona litoral se refletem num padrão semelhante da capacidade de transporta sedimento ao longo da costa. Para ondas vindo de E até S o transporte litorâneo diminuída na área norte do quebramar. Para ondas das direções N até E a capacidade de transporte diminuirá no lado sul quebramar. Este mecanismo esta ilustrado em Figura 8-3. A evolução da linha de costa após da construção do quebramar e sem intervenção nenhuma em relação com gerenciamento de sedimento está ilustrada na figura em cima. A figura a baixo mostra os componentes norte e sul do transporte litorâneo e o transporte resultante. A posição do quebramar esta indicado na figura. Geralmente o transporte resultante é da ordem 40,000 m³/ano e está direcionado ao norte, como foi apresentada na seção 7.2. As reduções nos componentes norte e sul do transporte criam um padrão do transporte resultante. No lado sul do porto, o transporte resultante aumenta na direção do porto e depois diminuída fortemente na are atrás do quebramar. Observe-se a inversão do transporte litoral (de norte para sul) na parte norte da área atrás do quebramar. Norte do quebramar o transporte aumenta. À certa distancia do porto o transporte resultante atinge o mesmo valor que sul do porto, indicando o fim da área afetada pela presença do porto.

A gradiente no transporte litorâneo provoca um impacto inicial da linha de costa. Nas áreas com transporte acelerando a linha de costa recuará e na área onde o transporte está desacelerando a linha de costa vai crescer. Este padrão resulta na formação do saliente na área atrás do porto e a erosão da linha de costa nos dois lados do porto.

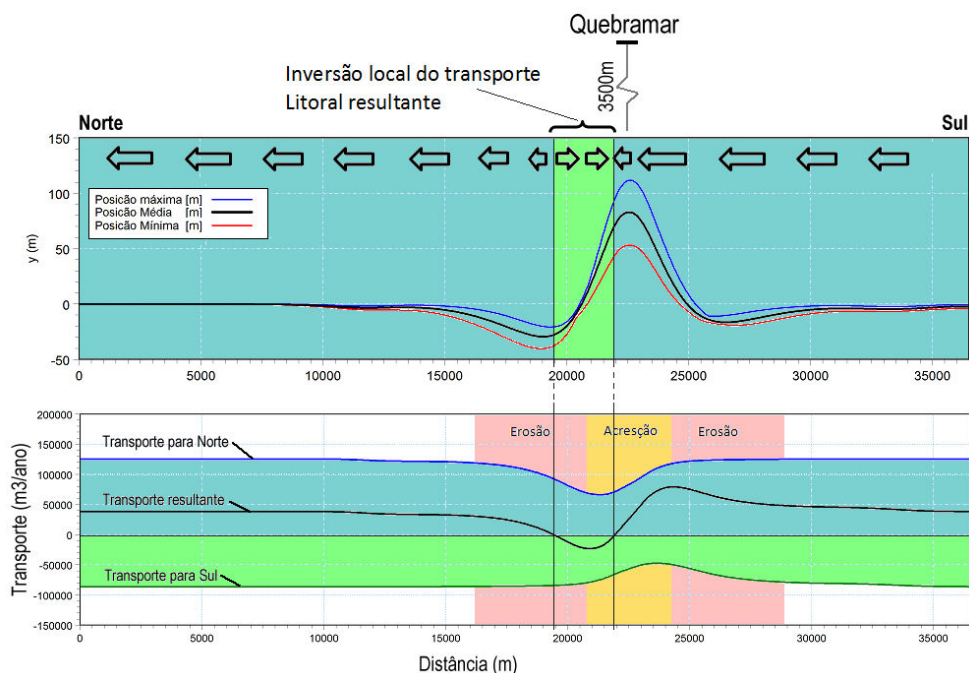


Figura 8-3 Ilustração do transporte litorâneo e a tendência da evolução da linha de costa logo depois a construção do quebramar. Em cima a evolução da linha de costa sem nenhuma intervenção. Em baixo: A variação do transporte litoral na situação inicia após a construção do quebramar.

8.4 Evolução da linha de costa após a construção do porto

Nas praias naturais a linha de costa tem uma tendência de desenvolver a orientação equilíbrio, em que a orientação da linha de costa, aonde os componentes norte e sul do transporte anual de sedimento cheguem a ter a mesma magnitude e assim, o transporte residual fica zero.

Gradientes no transporte litoral ao longo da costa se refletem numa mudança na linha de costa. É possível que haja uma taxa de transporte litorâneo resultante considerável sem esta causar erosão nem acreção. Enquanto o transporte litorâneo é constante ao longo da costa não terá mudança na posição da linha de costa. Quando for construído um quebramar offshore, o transporte litorâneo será reduzido na área de sombra atrás do quebramar. Esta redução causa uma gradiente ao longo da costa que causará acumulação de sedimento e assim, acreção da linha de costa a montante do quebramar. Similarmente será criada uma área de erosão a jusante do quebramar. As mudanças na orientação da linha de costa, causadas pela acreção/erosão afetam a taxa do transporte de sedimento. Assim, quanto mais a linha de costa atinge a orientação de equilíbrio menor será o transporte litorâneo.

8.4.1 Abordagem do modelo

Foram realizadas simulações da evolução da linha de costa usando o modelo LITPACK, desenvolvido pelo DHI. O modelo é capaz de simular a erosão e acreção da linha de costa após a construção de uma estrutura marítima tipo quebramar ou espigão. Os

impactos das estruturas nas condições de ondas, correntes e transporte litorâneo são incluídos no modelo. O modelo é baseado no princípio de balanço de sedimento litorâneo. A mudança na posição da linha de costa é calculada usando a formulação da continuidade:

$$\frac{dQ(x)}{dt} = -\frac{dQ_l}{dx} + S \quad (8.3)$$

(7.1)

- Q(x) = Mudança volumétrica (m³)
 t = tempo (s)
 Q_l = Transporte litorâneo (m³/s)
 x = coordenado ao longo da costa (m)
 S = termos de fontes e perdas (m³/s)

O fator S representa o volume de sedimento que é importado ou exportado da célula de sedimento como, por exemplo, o volume de engordamento da praia. O transporte de sedimento pelo vento é considerado pequeno em comparação ao transporte litorâneo e por isso foi negligenciado.

Assumindo que a mudança da linha de costa acontece através de uma translação do perfil transversal da praia, e que a forma média deste perfil não muda, as mudanças volumétricas podem ser transformadas em mudanças na posição da linha de costa conforme a seguinte expressão:

$$\frac{dQ(x)}{dt} = h_{act} \frac{dY_c(x)}{dt} \quad (8.4) \quad (7.2)$$

Aqui, Y_c = posição da linha de costa (m) e h_{act} = profundidade de fechamento, que é a profundidade máxima onde as ondas e correntes são capazes de mobilizar o areia no leito do mar. A Figura 7-1 indica que a profundidade de fechamento no atual site é de aproximadamente 6m. O modelo considera a distribuição perpendicular da costa do transporte litorâneo no cálculo do bloqueamento do transporte pelas estruturas. Uma descrição mais técnica do modelo é apresentada no Apêndice A.

Nas simulações da evolução da linha de costa foram incluídos os resultados do estudo de ondas como apresentados na seção 5. As simulações cobrem um período de trinta anos após a construção do quebramar. Nas simulações foi assumido que as condições de ondas do período 1982 - 2012, apresentadas na seção 5, podem ser consideradas representativas para o período de trinta anos após a construção do porto e que não haverá mudanças significativas nas condições de ondas na zona offshore. A situação inicial da linha de costa corresponde à situação cinco anos após a construção do porto provisório (PEP). As simulações mostram que esta situação inicial não desempenha um

papel importante na evolução da linha de costa enquanto o PEP será tirado completamente após o período de cinco anos.

8.4.2 Validação do modelo

O modelo de evolução da linha de costa é um modelo dinâmico que resolve as mudanças temporais da linha de costa causadas pelas variações nas condições de ondas. O modelo é 1-Dimensional, onde foi assumido que as variações na batimetria na direção ao longo da costa são pequenas em comparação com as mudanças na batimetria na direção perpendicular à costa (Uniformidade longitudinal). Uma análise da batimetria do modelo indica que esta afirmação é justificada para o atual site. Mesmo assim, algumas variações podem ser observadas ao longo da costa do atual site. Para validar o modelo de evolução da linha de costa foi realizada uma comparação com um modelo da evolução da linha de costa que incluía a batimetria completa e assim, incluía o efeito de todas as variações da batimetria. Neste modelo, a posição da linha de costa para a situação de equilíbrio é calculada com base nas mudanças na orientação de equilíbrio antes- e depois a construção do quebramar. Como o modelo é baseado no conceito de orientação equilíbrio os resultados obtidos por este modelo refletem a configuração média, quase estática da linha de costa que se estabelecerá só após muito tempo (>100 anos). Como se trata dos resultados de dois modelos com base diferentes, uma comparação direta não é totalmente justificada. O modelo 1-Dimensional incluiu as variações sazonais nas condições de ondas, mas não incluiu a variação na batimetria ao longo da costa. O segundo modelo, baseado nas simulações completas em 2D incluiu os efeitos das variações na batimetria ao longo da costa, mas considera a linha de costa média e para a situação de equilíbrio. Mesmo assim a comparação dos resultados dos dois modelos é útil para validar o modelo aplicado no estudo. Para simular um período quase infinito no modelo 1D o mesmo período de trinta anos foi repetido 10 vezes nas simulações (assim simulando um período de 300 anos).

Para calcular a configuração equilíbrio da linha de costa a série temporal completa de eventos de ondas no oceano, como descrito na seção 5, foi transformada para perto da costa usando o modelo de transformação de ondas calibrado. Foi selecionado um total de 43 posições ao longo da costa, onde foram calculadas as estatísticas das ondas e orientação equilíbrio da linha de costa. As posições estão apresentadas na Figura 8-4.

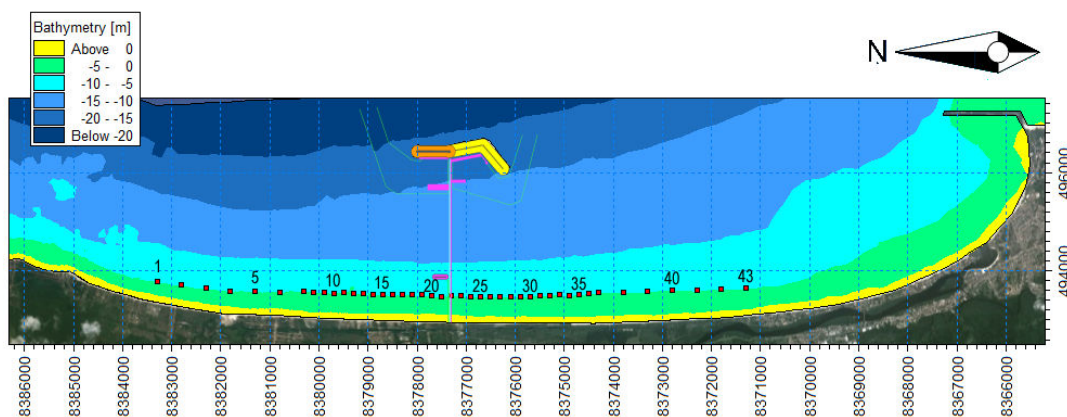


Figura 8-4 Localização dos pontos na costa usados no estudo de impacto costeiro.

Os cálculos foram realizados para a situação antes e depois da construção do porto completa (BAMIN + Porto Publico).

O efeito do porto sobre as condições das ondas na costa é expresso através da mudança na orientação de equilíbrio da linha de costa, a qual foi calculada a partir dos dados de ondas transformadas nas posições apresentadas na figura acima.

Devido ao efeito de bloqueio do novo porto sobre as ondas que vêm das direções Sul até Este, aumenta a importância relativa das ondas de direções do Norte no lado norte do porto. Isto resulta numa rotação anti-horária da direção da onda resultante. Como resultado das mudanças nas condições de ondas a praia adaptará a sua orientação e começará a se desenvolver para atingir uma nova configuração de equilíbrio. No lado sul do porto acontece o contrário, aqui a importância das ondas da direção sul aumenta e o resultado é uma tendência de rotação horária da linha de costa.

Usando este mecanismo, as mudanças calculadas nas condições das ondas foram aplicadas para calcular o impacto na linha da costa.

A mudança na orientação de equilíbrio da linha de costa depois da construção do porto pode ser interpretada em termos de evolução da linha de costa através da seguinte expressão:

$$\Delta y(x) = \int_0^x \frac{\partial \tan \beta_{eq}}{\partial x} dx + C \quad (8.5) \quad (6.2)$$

Onde Δy = mudança na linha de costa (m), x = coordenada ao longo da costa, β_{eq} = orientação local de equilíbrio da linha de costa e C = constante.

A constante C é obtida a partir da exigência de que nenhum sedimento seja adicionado ou removido da praia, ou seja, exigência de continuidade de areia. A configuração equilíbrio da linha de costa está apresentada através da linha vermelha na Figura 8-5. A linha de costa calculada pelo modelo dinâmico 1D é indicada como a linha preta. Para simular a configuração final da linha de costa o período simulado no modelo dinâmica deve ser aumentado até a linha de costa chegou numa configuração estável. Por isso, o período simulado neste modelo foi de 300anos.

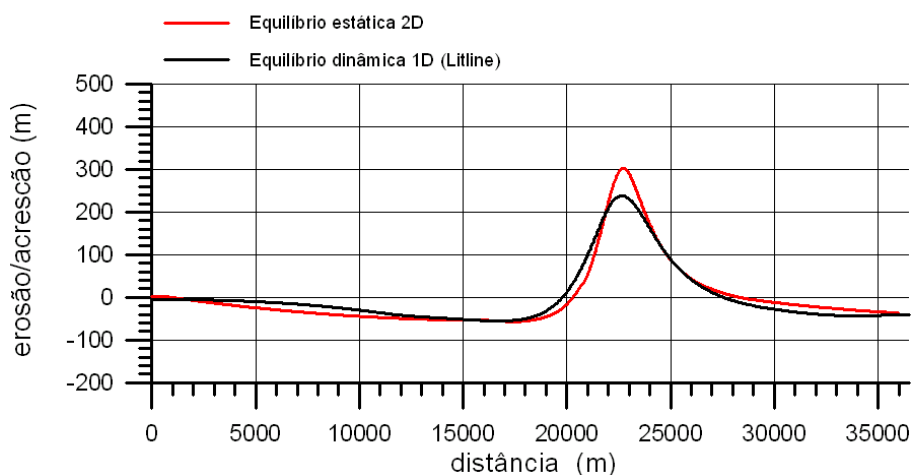


Figura 8-5 Configuração equilíbrio da linha de costa após da construção do quebramar completa (BAMIN + Porto Publico). Linha vermelha: solução do modelo estática-2D, linha preta: Solução do modelo dinâmico 1D.

A análise mostrou que as soluções dos dois modelos são muito similares na área do atual projeto. Os modelos indicam que a extensão do saliente máximo ficará aproximadamente 250m à 300m e a erosão da linha de costa nos dois lados do porto ficará aproximadamente 40m. Ressalte-se que as mudanças apresentadas na Figura 8-5 correspondem à situação final do novo equilíbrio. Esta situação ocorrerá depois de muito tempo (>100 anos) e somente se não for estabelecido nenhum sistema de gerenciamento de sedimento para mitigar o impacto negativo na linha de costa.

9 Sistemas de transpasse de areia

Para mitigar o impacto negativo do quebramar na linha de costa será necessário estabelecer um sistema de proteção da linha de costa. O objetivo de tal sistema é de limitar o recuo da linha de costa ao longo das praias adjacentes ao porto. Em estudos anteriores foram analisadas várias alternativas para o sistema de proteção e foi concluído que é a melhor opção será um sistema de transpasse de sedimentos. Assim será retirado sedimento da área atrás do porto onde estará se formando um saliente e recolada nas praias onde acontecerá erosão. As análises apresentadas nas seções anteriores mostraram que a erosão acontecerá nos dois lados do porto. Por isso, o sistema de transpasse de sedimento deve ser desenvolvido num tal maneira que ele é capaz de tirar areia do saliente e recolocar no lado sul e norte do porto. O sistema pode ser realizado em várias maneiras. Nesta análise foram consideradas as seguintes alternativas:

- Relocação contínua de areia pelo sistema automático de bombeamento.
- Relocação pelo equipamento de escavação da praia
- Dragagem.

O sistema automático de bombeamento consiste de uma serie de bombas montadas a um píer transversal da linha de costa. Um exemplo de tal sistema esta apresentado em Figura 9-1



Figura 9-1 Ilustração do sistema de transpasse de sedimento (Tweed River, Australia)

As bombas mantem um trecho com profundidade suficiente para captar a areia que foi transportado pela corrente litoral. Através de um sistema de dutos a areia estará transportada e emitida em duas posições no lado norte e sul do porto. Assim a areia continuará sendo transportada ao longo da costa através da corrente litoral. Na seção 7 foi mostrado que há variações sazonais na intensidade e direção do transporte litoral. Durante o período de Abril-Setembro o transporte está principalmente direcionado ao norte e no período Outubro-Março ao sul. O transporte resultante foi calculado a ser aproximadamente 40,000 m³/ano e os componentes do transporte anual na direção norte e sul são da ordem 120,000m³/ano e 80,000m³/ano respectivamente. A variação do transporte litorâneo deve ser incluída nos cenários de bombeamento do sistema; o

sedimento deve ser lançado no lado norte do porto durante o período Abril-Setembro e no lado sul no período Outubro-Março.

O sistema de relocação pelo equipamento de escavação da praia consiste em um escavador com alcança longa que tira a areia da praia durante períodos com maré baixa, ver ilustração na Figura 9-2. A areia será transportada pelo caminhão para a localização de relocação. O sistema é muito simples, robusto e flexível e pode ser operacionalizado com intervalos de um a cinco anos dependendo da intensidade do transporte litorâneo.

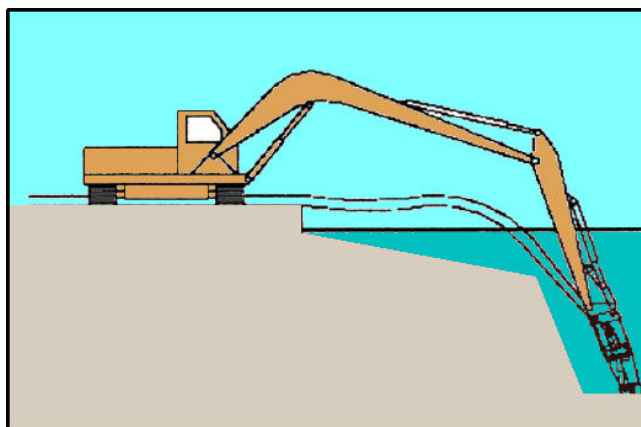


Figura 9-2 Ilustração do sistema de relocação pelo equipamento da praia

A relocação de areia pela dragagem é uma operação que tipicamente está repetido com intervalos de vários anos devido o grande custo em relação com a mobilização do equipamento. Um exemplo de operação de dragagem esta apresentado em Figura 9-3.



Figura 9-3 Exemplos de vários tipos de dragagens praticados pelas autoridades costeiras da Dinamarca.

Nas simulações não se fez diferença se a retirada foi realizada pelo sistema automático, pelo equipamento de escavação ou pela dragagem. Os detalhes das operações não foram incluídos na modelagem. Os volumes de sedimento que foram retiradas e recolocadas forma incluídas como fatores de fontes e perdas no balanço de sedimento, assumindo que o perfil transversal da costa sempre ficou igual e se reformou rápido depois da retirada de sedimento. Obviamente isto é uma simplificação da realidade, mas no prazo longo considerado nesta análise (30 anos) os detalhes da forma do perfil transversal não desempenham um papel importante para o balanço de sedimento e a evolução da linha de costa no longo prazo.

9.1 Relocação contínua de areia pelo sistema automático de bombeamento

A análise do transporte litorâneo foi apresentada na seção 7. A distribuição mensal do transporte litorâneo (valor média dos últimos 30 anos) está apresentada na Figura 9-4.

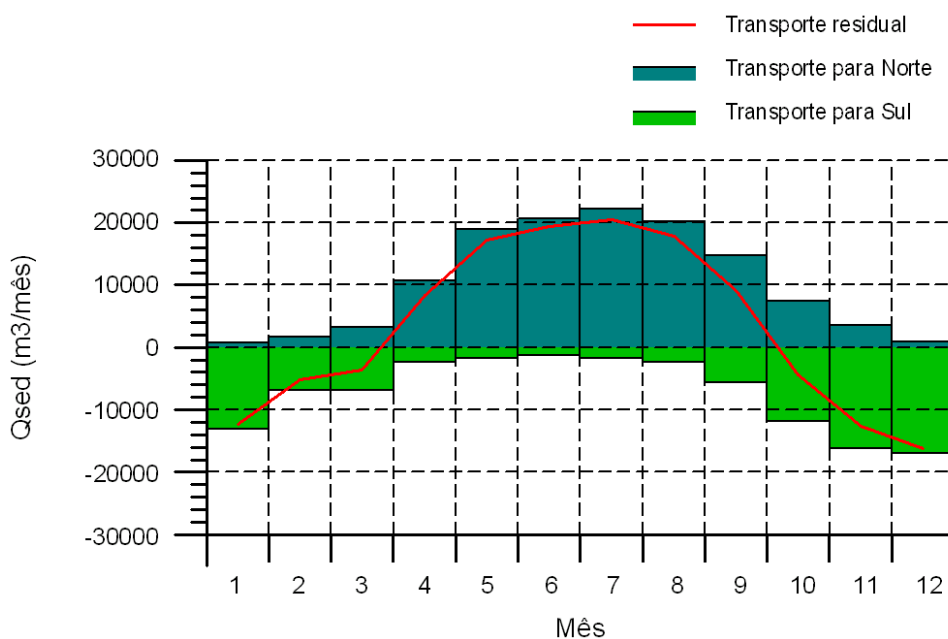


Figura 9-4 Distribuição mensal de transporte litorâneo

A análise mostrou que o transporte litorâneo resultante é direcionado ao norte durante o período Abril – Setembro e para Sul no período Outubro – Março. Em média o transporte para norte é aproximadamente 120,000 m³/ano e para sul de cerca 80,000 m³/ano causando um transporte residual anual de aproximadamente 40,000 m³/ano. Estes valores foram adotados nas primeiras simulações da evolução da linha de costa. Na primeira serie de simulações foram analisados 5 cenários de bombeamento/lançamento:

Tabela 9-1 Primeira serie de cenários de bombeamento

| Cenário | Volume total da tirada de areia | Lançado No lado Sul (Out-Mar) | Lançado No lado Norte (Abr-Set) | Distancia entre tomada e emissário |
|---------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 1000m |
| 2 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 2000m |
| 3 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 3000m |
| 4 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 4000m |
| 5 | 100,000 | 40,000 | 60,000 | 5000m |

Os resultados estão apresentados nas Figura 9-5 aFigura 9-9. As linhas azul, preta e vermelha indicam as posições máximas, mínimas e médias da linha de costa durante a simulação de 30 anos. Os valores da posição mínima, máxima e media da posição da linha de costa foram calculados com base nos resultados entre cinco e trinta anos após a construção do porto. Assim foram calculadas as posições da linha de costa para a situação em que o sistema esta em equilíbrio dinâmico. Os resultados do modelo indicam que nas primeiras cinco anos após a construção do porto o recuo da linha de costa ficará dentro do limite de 20m e por isso não terá necessidade de relocar areia para mitigar problemas de erosão. A evolução da linha de costa sem nenhuma intervenção esta indicada como cinza nas figuras. As posições de tomada e os emissários estão indicadas nas figuras. Como situação inicial foi usada a linha de costa depois de cinco anos com porto preliminar. Esta situação inicial se mostrou de não ter uma grande importância no resultado final das simulações.

A Figura 9-5 mostra a configuração da linha de costa após de trinta anos com o sistema onde a distancia entre a tomada e os emissários era 1000m. As simulações indicam que a acresção máxima do saliente é aproximadamente 110m no lado norte e 90m no lado sul. Na posição da tomada o recuo da linha de costa é aproximadamente 20m. A erosão máxima da praia á aproximadamente 35m no lado norte e 20m no lado sul. Os resultados de todos os cinco simulações são apresentados na Tabela 9-2

Tabela 9-2 Resultados das simulações da linha de costa cenário 1 – 5
Volume de sedimento retirado: 100,000 m³/ano

| Cenário | Tomada | Praia Norte do Porto | | | Praia Sul do porto | | |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| | Erosão máxima (m) | Acresção Máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Acresção máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 1 | 20 | 110 | 35 | 1500 | 90 | 20 | 4000 |
| 2 | 40 | 70 | 25 | 4500 | 60 | 15 | 4500 |
| 3 | 50 | 50 | 10 | 6000 | 45 | 8 | 6000 |
| 4 | 55 | 50 | 15 | 2000 | 40 | 2 | 2500 |
| 5 | 60 | 55 | 30 | 2500 | 40 | 10 | 3000 |

As simulações mostram que a menor valor da erosão máxima da praia ocorre para uma distancia entre a tomada e o emissário de 3000m (Cenário 3). Para distâncias maiores a erosão máxima acontecerá na faixa de praia entre a tomada e o emissário. A erosão na tomada e relativamente forte e é inevitável porque é o resultado do déficit de sedimento criado pelo próprio sistema de bombas. Mesmo se fosse construído um enrocamento local para proteger a linha de costa na localização da tomada a erosão aconteceria no fim do enrocamento.

As distancias entre a tomada e os emissários são grandes porque o impacto do porto chega até uma grande distância ao longo da costa devida a dimensão do quebramar e a grande distancia entre ele e a costa. As grandes distâncias entre a tomada e os emissários são fatores negativos deste tipo de sistema porque aumentam o preço de construção e manutenção e o custo da energia necessário para bombear o sedimento da tomada para o emissário.

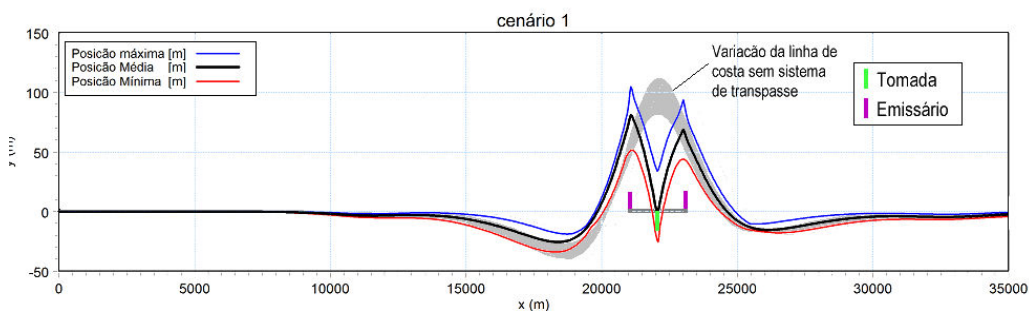


Figura 9-5 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 1: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 1000m.

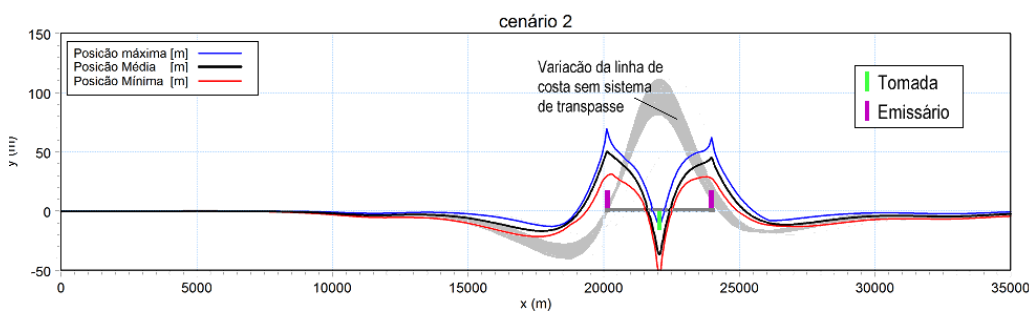


Figura 9-6 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m.

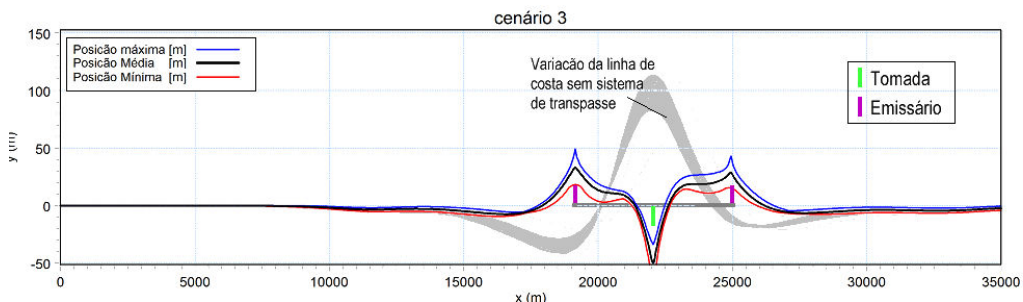


Figura 9-7 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 3: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m.

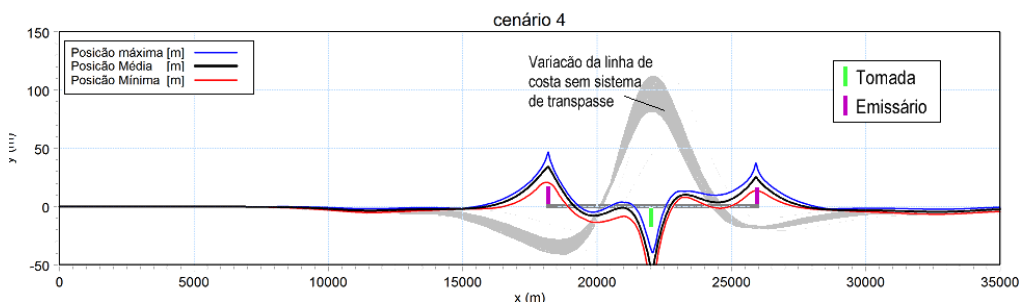


Figura 9-8 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 4: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m.

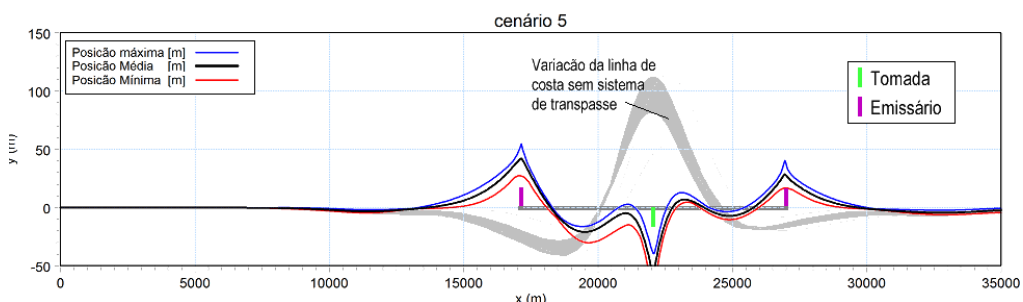


Figura 9-9 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 5: Vazão de sedimento: 100,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 5000m.

Para diminuir a erosão da praia na localização da tomada foram realizadas três simulações adicionais com vazão de sedimento reduzido até 50,000 m³/ano. Os resultados são apresentados nas Figura 9-10, Figura 9-11, e Figura 9-12. Os valores de erosão e acresção máximas são apresentados na Tabela 9-3. As simulações mostram que, ao diminuir a vazão de sedimento para 50,000 m³/ano, a erosão máximas na praia não aumenta significativa e a erosão na tomada pode ser evitada.

Tabela 9-3 Resultados das simulações da linha de costa cenário 2,3 e 4
 Volume de sedimento retirado: 50,000 m³/ano

| Cenário | Tomada | Praia Norte do Porto | | | Praia Sul do porto | | |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| | Erosão máxima (m) | Acresção Máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Acresção máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 2 | 0 | 40 | 20 | 3000 | 50 | 8 | 3000 |
| 3 | 0 | 45 | 20 | 4500 | 55 | 10 | 5000 |
| 4 | 0 | 60 | 30 | 4500 | 65 | 10 | 5000 |

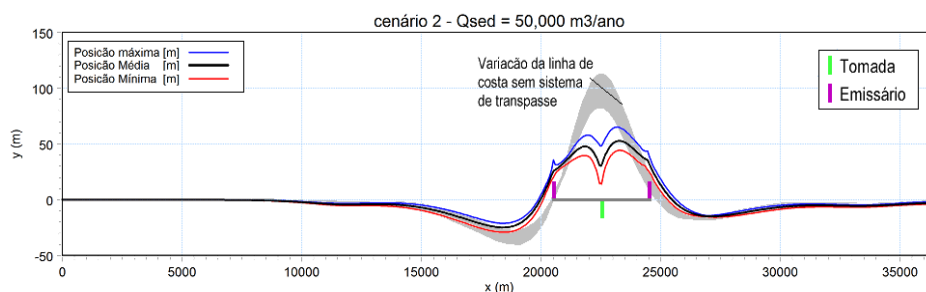


Figura 9-10 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m3/ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m.

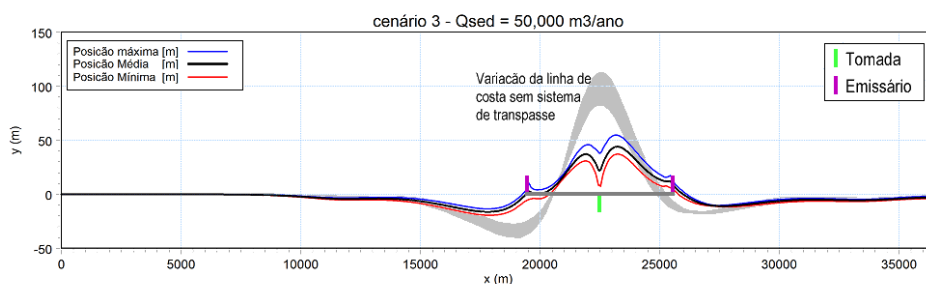


Figura 9-11 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m3/ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m

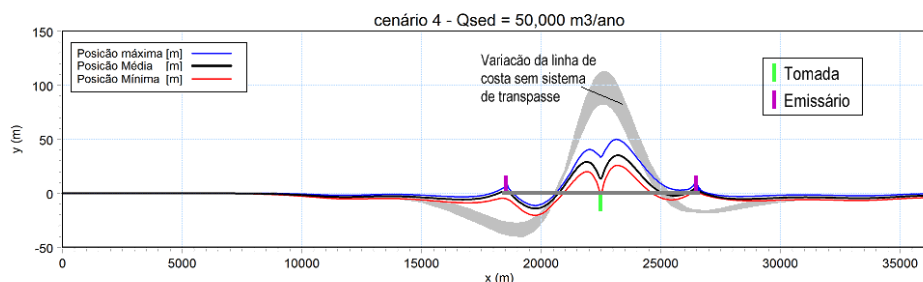


Figura 9-12 Resposta da linha de costa após de trinta anos com sistema automático de bombeamento – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 4000m

9.2 Relocação periódica por escavação ou dragagem

Com base nos resultados das simulações com o sistema automático de bombeamento foi definida um série de cenários onde o volume total de sedimento foi retirado do saliente e recolocado na praia somente periodicamente. A relocação de areia pode ser realizada pela terra através de escavação ou pelo mar através de dragagem. O modelo matemático é igual em todas as simulações. A única diferença é a distribuição espacial e temporal da vazão de sedimento.

9.2.1 Relocação anual

Na primeira série de simulações com relocação periódica foi simulada e relocação de areia uma vez por ano. Foi simulado que a operação de relocação de areia tem duração de um mês, fevereiro. O mês de fevereiro foi selecionado porque as condições de ondas são os mais tranquilos do ano. Isto facilitará o trabalho no local. Em princípio a operação pode ser realizada em todo mês do ano. Se tivesse uma restrição, por exemplo, em relação com a desova de tartarugas marinhas não haveria problema em realizar a operação durante outro período do ano.

Foram simulados dois cenários: um com distancia entre a área de retirada e a área de relocação de 2000m e outro de 3000m. Nestas simulações foi usado um volume total de sedimento a ser relocado de 50,000 m³. Foi assumido que a areia seria retirada numa faixa de 500m de praia na Apex do saliente. A relocação do material nas praias norte e sul do porto aconteceram numa faixa mais curto de 35m.

Os resultados das simulações são apresentados nas Figura 9-13 e Figura 9-14. Nas duas simulações a erosão máxima ao longo das praias foi da ordem 20m.

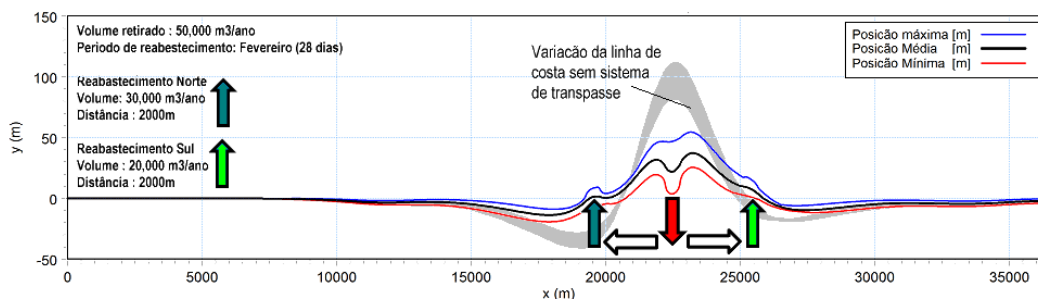


Figura 9-13 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 2: Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 2000m. Período de operação: Fevereiro (todo ano)

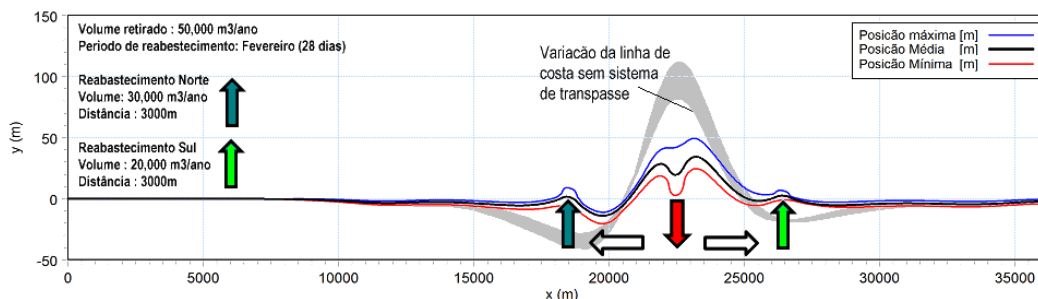


Figura 9-14 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação de areia pela terra – Cenário 3: Vazão de sedimento: 50,000 m³/ano. Distância entre tomada e emissário: 3000m. Período de operação: Fevereiro (todo ano)

Na situação com distância entre área de retirada e área de recolocação de 2000m a erosão máxima aconteceu além da área de relocação do sedimento. Na situação com distância de 3000m a erosão máxima aconteceu entre a área de retirada e a área de relocação. Os valores da erosão e acreção são listados na Tabela 9-4

Tabela 9-4 Resultados das simulações da linha de costa cenários 2 e 3
 Volume de sedimento retirado: 50,000 m³.
 Período de operação: Fevereiro (todo ano)

| Cenário | Tomada | Praia Norte do Porto | | | Praia Sul do porto | | |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|
| | Erosão máxima (m) | Acreção Máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Acreção máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 2 | 0 | 45 | 20 | 4500 | 60 | 12 | 5000 |
| 3 | 0 | 40 | 20 | 2500 | 50 | 10 | 3000 |

9.2.2 Relocação bianual

Em termos de impacto ambiental e custo da operação seria interessante analisar a possibilidade de realizar a relocação com período maior que um ano. Por isso foi realizada um serie de simulações onde a retirada de sedimento foi realizado durante o mês de fevereiro cada dois anos. O objetivo principal deste seria de simulações foi analisar a melhor distancia entre a retirada e o relocação de área. Foram simulados cenários com distancias 2500m, 3000m e 4000m. Os resultados são apresentados nas Figura 9-15Figura 9-16Figura 9-17. A acresção máxima do saliente, a erosão máxima ao longo das praias e a distancia entre a erosão máxima e a aérea de retirada são apresentados na Tabela 9-5.

Os resultados mostram que a erosão máxima aconteceu além da área de relocação do sedimento para uma distância entre área de retirada e área de recolocação de 3000m. Na situação com distância de 4000m a erosão máxima aconteceu entre a área de retirada e a área de relocação.

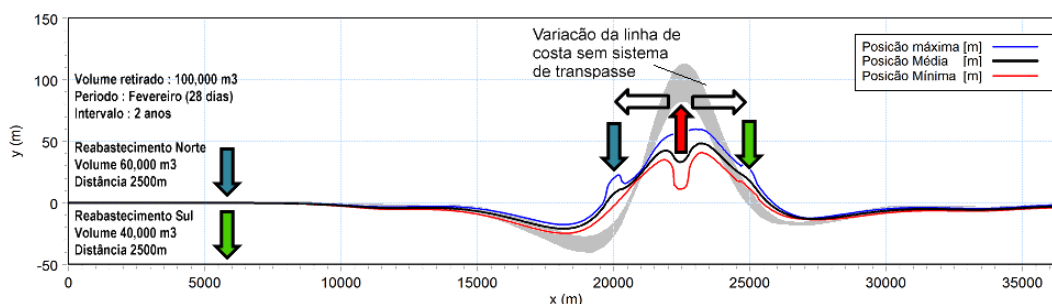


Figura 9-15 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³. Distância entre tomada e emissário: 2500m.

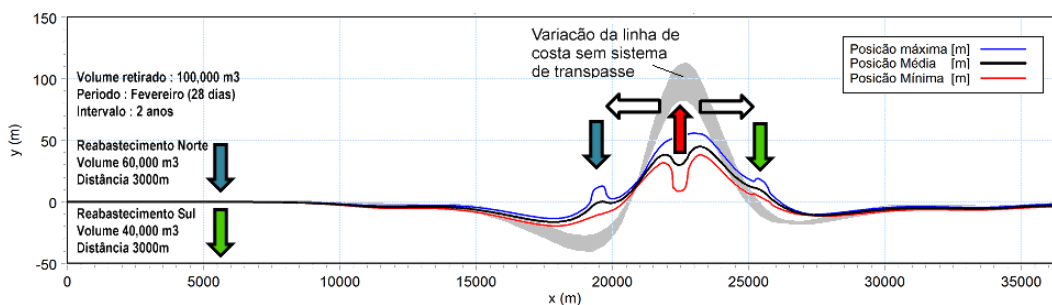


Figura 9-16 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³. Distância entre tomada e emissário: 3000m.

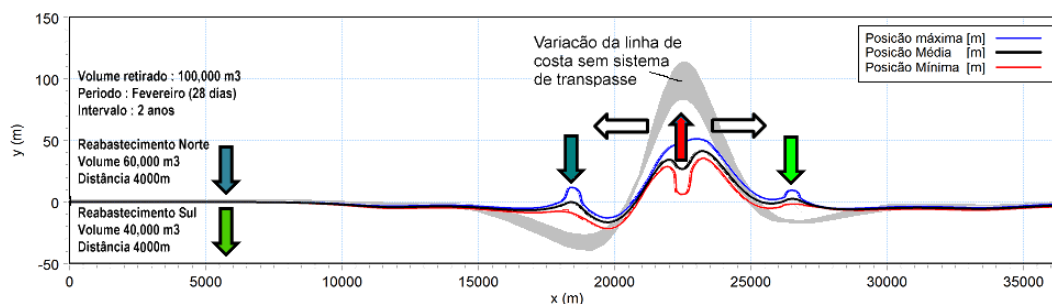


Figura 9-17 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³. Distância entre tomada e emissário: 4000m.

Tabela 9-5 Resultados das simulações da linha de costa com intervalo de relocação de areia de 2 anos. Volume de sedimento retirado: 100,000 m³. Distancias entre retirada da areia e a relocação de 2500m, 3000m e 4000m.

| Cenário | Saliente | Praia Norte do Porto | | Praia Sul do porto | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| | | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| Distancia relocação (m) | Acresção máxima (m) | | | | |
| 2500 | 60 | 25 | 3000 | 15 | 4500 |
| 3000 | 55 | 20 | 4500 | 12 | 5000 |
| 4000 | 50 | 25 | 2500 | 5 | 3000 |

9.2.3 Relocação multianual

As simulações com relocação bianual mostraram bons resultados em termos de impacto costeiro. Por isso foi iniciado um serie de simulações com intervalo de dois, quatro e seis anos. As simulações de relocação bianual indicam que a distancia ótima entre a retirada de areia e a relocação é entre 3000m e 4000m. Nas simulações em seguidas foi adotada uma distancia de 3500m no lado Norte do porto e 4000m no lado Sul. Foram realizadas duas series de simulações, um com volume media de areia retirada, Q_r , de 50,000 m³/ano e outro com 75,000 m³/ano.

Nas simulações a retirada de areia aconteceu ao longo de uma faixa da praia, X_s , com comprimento de 2000m em frente do Apex do saliente. A retirada da linha de costa durante a operação, dy , pode ser estimada usando $dy = Q_r / X_s / da$, aonde da = profundidade ativa de praia, que é definida como a soma da profundidade de fechamento, que $\pm 6m$ e a altura ativa da paia seca, que é estimado a ser $\pm 1m$. Assim o

valor da profundidade da praia de 7m foi usado nos cálculos. Consequentemente, a variação da linha de costa na área da retirada de areia foi calculada como 7m à 32m.

Os resultados são apresentados nas Figura 9-18, Figura 9-19 e na Tabela 9-6. As simulações indicam que a erosão máxima não muda muito com a frequência da operação. A acresção do saliente varia um pouco com a frequência, mas isto não é um fator muito importante. Como uma operação em cada 6 anos é mais barato que 3 operações em cada 2 anos, é preferido o cenário com intervalo maior entre duas operações.

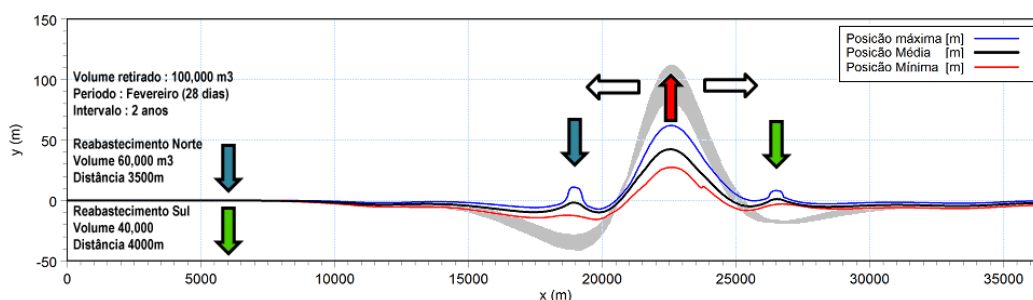


Figura 9-18 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 100,000 m³.

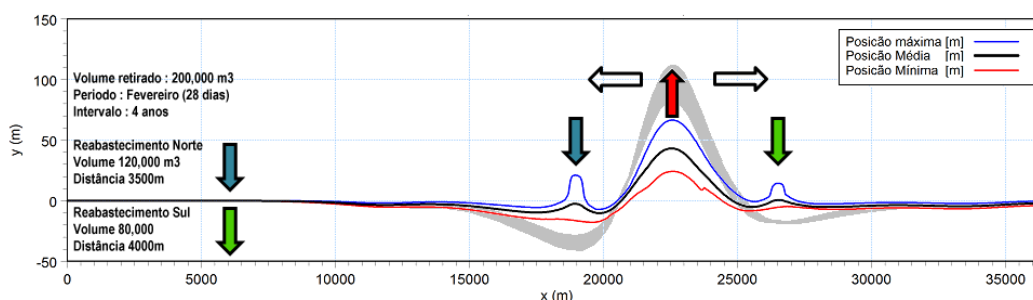


Figura 9-19 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 200,000 m³.

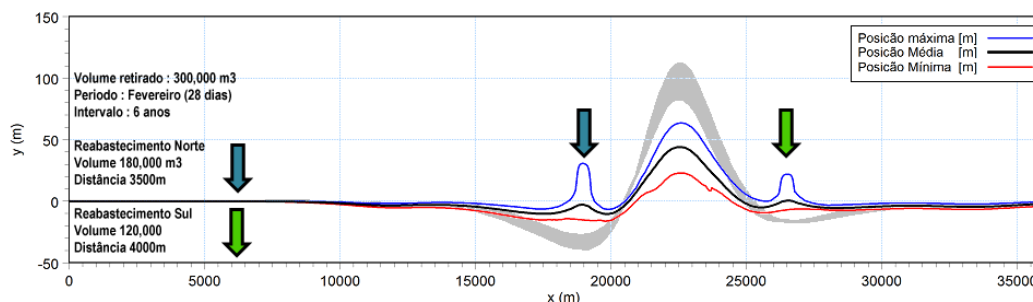


Figura 9-20 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m³.

Tabela 9-6 Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual. Volume media de sedimento retirado: 50,000 m³/ano. Intervalos de 2,4 e 6 anos.

| Cenário | | Saliente | | Praia Norte do Porto | | Praia Sul do porto | |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Volume retirado (m ³) | Interval (anos) | Acresção Máxima (m) | Tirada da linha de costa | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 100,000 | 2 | 50 | 7 | 21 | 2500 | 8 | 3000 |
| 200,000 | 4 | 62 | 14 | 23 | 2500 | 8 | 3000 |
| 300,000 | 6 | 65 | 21 | 25 | 2500 | 10 | 3000 |

A erosão máxima que acontece para os cenários analisados é de cerca de 21m a 25m no lado norte do porto. Esta taxa de erosão é maior que a taxa máxima tolerável de 20. Para diminuir mais ainda a erosão foi realizada uma serie de simulações com volume media de retirada de areia aumentada até 75,000 m³/ano. Os resultados são apresentados nas Figura 9-21, Figura 9-22, e Figura 9-23.

Os resultados mostram que a erosão máxima da linha de costa fica dentro do limite de 20m para um volume media de relocação de areia de 75,000 m³/ano. A menor erosão (10m) no lado Norte do porto foi obtida para um intervalo de dois anos. Cenários com intervalos de quatro até seis anos não criarão problemas com erosão excessiva. Os resultados são apresentados na Tabela 9-7. A acresção máxima do saliente durante a simulação é 40m a 45m. A tirada máxima da linha de costa durante o período simulado variou de 11 metros para o intervalo de 2 anos até 32 metros para o intervalo de 6 anos, assumindo uma faixa de retirada de areia de 2 km ao longo do saliente. A erosão máxima ocorrerá a uma distancia de aproximadamente 2 km da ponte no lado norte do porto e 3 km no lado sul do porto.

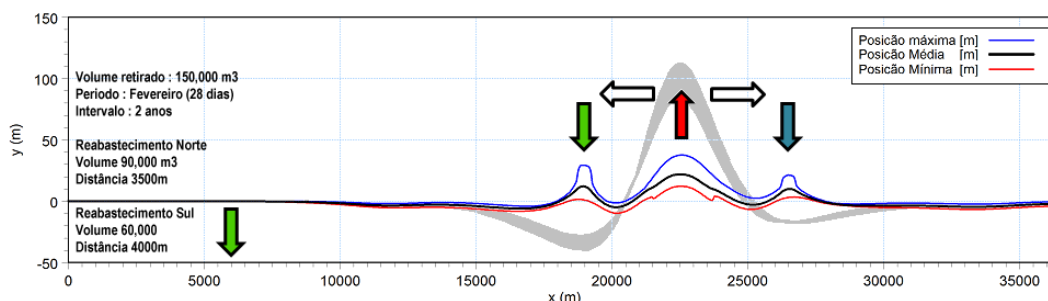


Figura 9-21 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 2 anos. Vazão total de sedimento por operação: 150,000 m³.

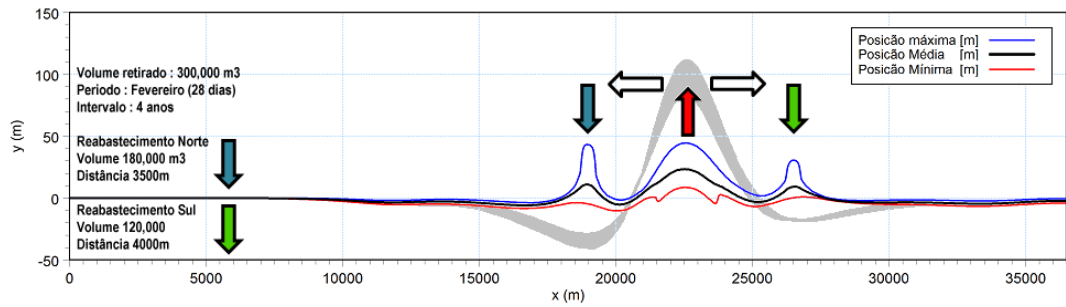


Figura 9-22 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 4 anos. Vazão total de sedimento por operação: 300,000 m³.

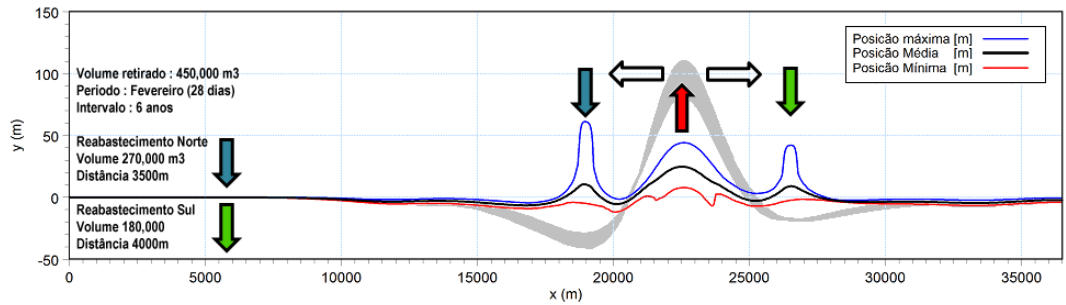


Figura 9-23 Resposta da linha de costa após de trinta anos com relocação periódica de areia – Intervalo entre duas operações: 6 anos. Vazão total de sedimento por operação: 450,000 m³.

Tabela 9-7 Resultados das simulações da linha de costa com relocação multianual Volume media de sedimento retirado: 75,000 m³/ano. Intervalos de 2,4 e 6 anos.

| Cenário | | Saliente | | Praia Norte do Porto | | Praia Sul do porto | |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Volume retirado (m ³) | Interval (anos) | Acresção Máxima (m) | Tirada da linha de costa | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) | Erosão máxima (m) | Distância da erosão máxima (m) |
| 150,000 | 2 | 40 | 11 | 10 | 2000 | 8 | 3000 |
| 300,000 | 4 | 45 | 21 | 10 | 2000 | 8 | 3000 |
| 450,000 | 6 | 45 | 32 | 12 | 2000 | 8 | 3000 |

9.3 Situação com somente porto da BAMIN

O modelo de evolução da linha de costa foi aplicado para simular a situação com somente o quebramar de BAMIN. O comprimento do quebramar é de aproximadamente 650m na crista e de 730m no leito do mar. Para manter uma aproximação conservadora em termos de impacto costeiro o comprimento da estrutura foi assumido como sendo de 730m. A simulação cobriu o período de 30 anos e foram usadas as mesmas condições iniciais que nas outras simulações com quebramar maior. A linha de costa inicial correspondeu à situação após cinco anos com o PEP. Os resultados são apresentados na Figura 9-24.

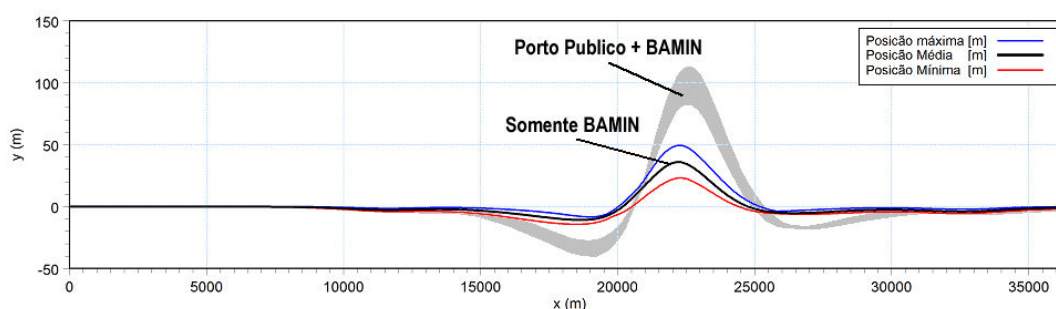


Figura 9-24 Evolução da linha de costa após de 5 + 30 anos para situação com somente o terminal da BAMIN. A abrange (Máximo – Mínimo) da evolução da situação com os dois portos juntos é indicada com área cinza.

A simulação indica que o impacto na linha de costa para a situação com somente o porto da BAMIN é consideravelmente menor que para a situação com a combinação dos dois portos. A erosão máxima observada durante o período simulado de trinta anos foi 15m e aconteceu numa distância de aproximadamente 3 km norte da ponte. Como esta erosão máxima é dentro do limite de 20m não será necessário estabelecer um sistema de gestão de sedimento no caso de somente o porto da BAMIN ser construído.

10 Solução recomendada

Nas seções anteriores foram testados e avaliados, através de modelagem matemática, vários conceitos de relocação de areia. As simulações da evolução da linha de costa mostraram o desenvolvimento de um saliente na área de sombra atrás do novo porto. Caso não se houvesse tomado nenhuma ação para mitigar o impacto negativo na linha de costa o saliente cresceria gradualmente até que este chegaria a uma configuração de equilíbrio. Este equilíbrio só seria alcançado após longo tempo (>100 anos)

Com base nos resultados dos estudos de modelagem apresentados nas seções anteriores pode se derivar duas considerações importantes que determinam o melhor sistema de relocação de areia:

1 – Os componentes norte e sul do transporte litorâneo anual são da mesma ordem de magnitude. O estudo mostra um transporte resultante relativamente pequeno na direção norte.

2 – Devido à distância relativamente grande entre o quebramar e a costa, os gradientes no transporte litorâneo são relativamente fracos e dispersos numa área grande ao longo da costa. Estas condições iniciarão devagar o desenvolvimento de um saliente relativamente largo (vários quilômetros ao longo da costa).

Estas duas considerações resultam nos seguintes requerimentos do sistema de relocação de areia:

1 – O sistema deve ser capaz de reabastecer areia nos lados norte e sul do porto. A distribuição do volume de areia a ser relocado é de aproximadamente 60% no lado norte do porto e 40% no lado sul.

2 – A areia deve ser reabastecida a uma grande distância do píer. As simulações indicam que a ótima distância para reabastecer a areia é 3500m no lado norte e 4000m no lado sul do píer.

3 – Devido os gradientes relativamente fracos no transporte litorâneo e o pequeno transporte resultante o desenvolvimento do saliente é lento. Por isso o sistema de relocação de areia não precisa ser operacional continuamente. Simulações mostraram que podem ser adotados intervalos de vários anos entre as operações sem causar erosão excessiva da linha de costa.

Com base nas considerações acima mencionadas é recomendado realizar a relocação de areia por escavação ou por dragagem. O estabelecimento de um sistema automático de bombas que está em operação continuamente não é recomendado pelas seguintes razões:

1 – Não é necessário com relação ao controle da erosão da linha de costa.

2 – Poderia causar erosão excessiva da linha de costa na área da tomada em caso de grandes volumes de areia que precisassem ser relocadas.

3 – O custo alto de instalação, operação e manutenção do sistema de bombas e dutos devido à grande distância entre a tomada e a área de reabastecimento de areia.

4 – Poluição visual permanente da instalação.

Utilizando um sistema periódico de reabastecimento de areia a operação tem duração de poucas semanas com intervalos de vários anos. Assim o impacto visual será muito menor.

O reabastecimento pode ser realizado por escavação ou por dragagem. As duas metodologias tem vantagens e desvantagens, como por exemplo:

O sedimento deve ser retirado da parte ativa do perfil transversal da praia. Se isto for feito pela dragagem a operação deve ser realizada na zona de surf que é um ambiente raso e muito turbulento. Isto pode causar problemas técnicos e operacionais durante a operação.

Se a operação for realizada por escavação a areia deve ser transportada pelo caminhão. Isto pode causar incômodo indesejável nas praias com impacto negativo nas áreas de turismo e/ou meio ambiente.

Se a operação for realizada por dragagem o melhor período da operação é fevereiro devida às condições relativamente calmas no mar. Como este período é estação alta de turismo, isto poderia ter um impacto económico negativo.

Os aspectos do melhor sistema de reabastecimento de areia estão apresentados na Tabela 10-1.

Tabela 10-1 especificações para o melhor sistema de reabastecimento de areia

| | |
|--|------------------------|
| Volume total a ser relocado | 300,000 m ³ |
| Distância entre o píer e a área de reabastecimento de areia no lado norte | 3500m |
| Volume de areia a ser relocado ao lado norte do píer | 180,000 m ³ |
| Distância entre o píer e a área de reabastecimento de areia no lado sul | 4000m |
| Volume de areia a ser reabastecido o lado sul do píer | 120,000 m ³ |
| Intervalo entre as operações | 4 anos |

A localização do sistema é apresentada na Figura 10-1. As simulações apresentadas nas seções anteriores mostraram que o impacto máximo na linha de costa é da ordem 50m e acontecerá no Apex do saliente. Mudanças na linha de costa desta ordem de grandeza não podem ser representadas visualmente na figura.

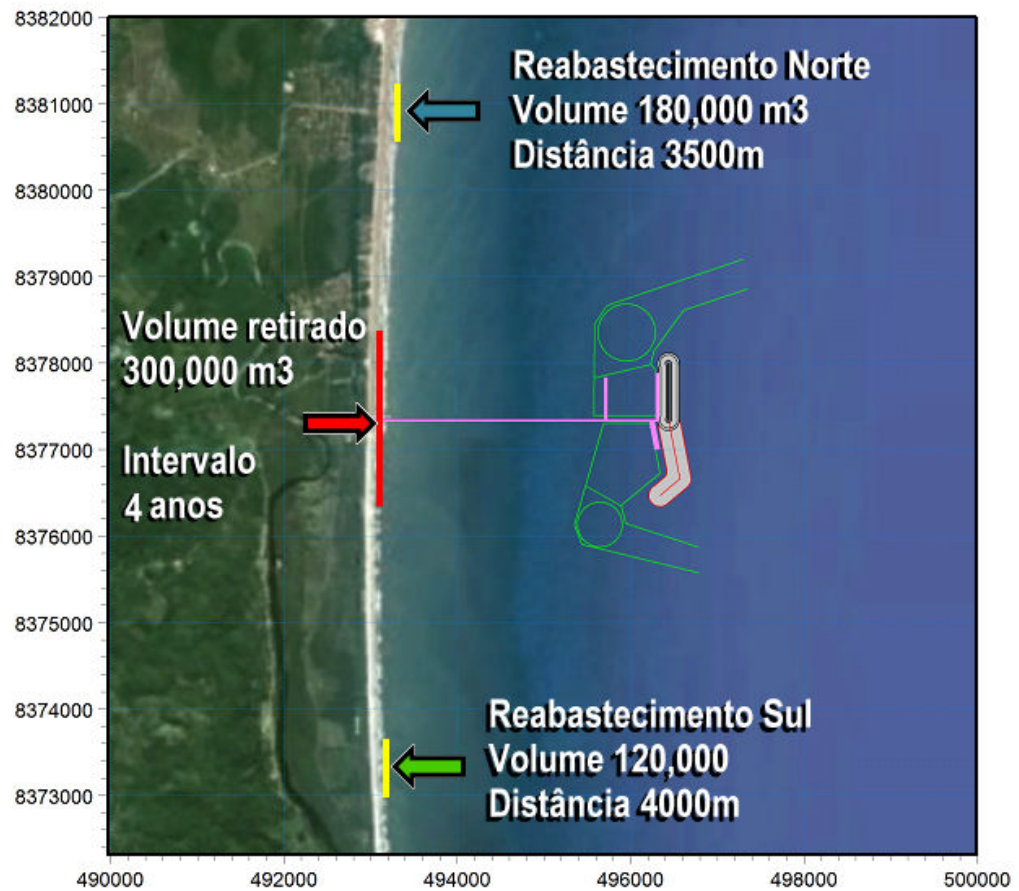


Figura 10-1 Ilustração do melhor sistema de relocação de areia.

Após a construção do porto será iniciado um programa de monitoramento da linha de costa. Neste programa a posição da linha de costa será medida com frequência de uma ou duas vezes por ano. Com base nas medições da linha de costa pode ser avaliado o funcionamento do sistema de relocação de areia. Será possível ajustar os volumes e a frequência de relocação e a distribuição dos volumes nos lados norte e sul do porto. Esta flexibilidade do sistema é necessária para poder responder às possíveis mudanças nas condições de ondas e assim nas mudanças e flutuações no transporte litorâneo e a evolução da linha de costa.

11 Referências

- /1/ Mangor, K. H., Shoreline Management Guidelines. (2004). DHI Water and Environment. ISBN 87981950-5-0. 290 pp.
- /2/ CB&I 2013, Execução de Estudos Ambientais Complementares para o Licenciamento Ambiental da Jazida de Areia Marinha. Sub-Área_02 – Ilheus-BA. Produto 3 – Medição de Perfis Topo-Batimétricos. Junho 2013
- /3/ Dean, R.G. 1987. “Coastal Sediment Processes: Toward Engineering Solutions”. Proc. Coastal Sediments '87, ASCE, New York, N.Y. 1 – 24.
- /4/ Federal Emergency Agency (FEMA). Final Draft Guidelines for Coastal Flood Hazard Analysis and Mapping for the Pacific Coast of the United States. 2004. US. Department of Homeland Security.
- /5/ Hallermeyer, R.J., 1981. “A Profile Zonation for Seasonal Sand Beaches from Wave Climate”. Coastal Engineering, Vol. 4, 253-277.
- /6/ Kriebel, David, L. and Robert G. Dean., 1993. “Convolute Method for Time-dependent Beach-Profile Response”. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering. Vol. 119, No. 2. ASCE.
- /7/ Ruggiero, P., P.D. Komar, W.G. McDougal, J.J. Marra and R. A. Beach. (2001). Wave Run up, Extreme Water Levels and the Erosion of Properties Backing Beaches. Journal of Coastal Research, Vol. 17, No. 2, pp. 407 – 419

Anexo 2 – Levantamento do Perfil de Praia da Linha da Costa

**EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O
LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA
SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA**

PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

PREPARADO PARA:



PREPARADO POR:

CB&I



JUNHO DE 2013



CB&I

RL-5270072-01-MM-TBP-V02

EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS



ÍNDICE DE REVISÕES

| VER | DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS |
|------------|--|
| 01 | ORIGINAL |
| 02 | ATENDENDO A SOLICITAÇÕES |

| | VER. 01 | VER. 02 | VER. 03 | VER. 04 | VER. 05 | VER. 06 | VER. 07 |
|-------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DATA | 04/06/2013 | 12/07/2013 | | | | | |
| PROJETO | 5270072 | 5270072 | | | | | |
| EXECUÇÃO | BQ | BQ | | | | | |
| VERIFICAÇÃO | MS | MS | | | | | |
| APROVAÇÃO | LS | LS | | | | | |

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA CB&I, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

A IMPRESSÃO OU REPRODUÇÃO DESTE DOCUMENTO TORNA A CÓPIA NÃO CONTROLADA.

| | | | | |
|--|---|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA II DE 156 |  |
| | EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA | | | |

SUMÁRIO EXECUTIVO



Com objetivo de caracterizar a morfodinâmica das praias adjacentes ao futuro Terminal Portuário da Bamin, auxiliar na definição correta da atual posição da linha de costa e gerar subsídios para futuros monitoramentos de perfil praiial, foi realizada uma campanha de levantamento de perfis topo-batimétricos. Um total de 67 perfis foram levantados ao longo das Praias do Norte de Ilhéus, com espaçamento de 500 m entre perfis. No presente relatório técnico são descritas as atividades desenvolvidas em campo, a metodologia utilizada nos levantamentos, assim como o processamento e os resultados dos levantamentos de dados de perfil de praia.

Para atingir os objetivos propostos, foram instalados 134 marcos geodésicos de 1ª ordem (alta precisão) e 2ª ordem (precisão intermediária), ambos compostas e caracterizados pela densificação de marcos topográficos distribuídos, implantados e materializados a cada 500 m ao longo de 36 km de praia. Os marcos foram utilizados para definir a origem de cada perfil, sendo que para cada marco oficial (de 1ª e 2ª ordem) foi instalado um marco de apoio e segurança, para caso houvesse perda ou dano dos marcos principais.

Para a definição do posicionamento (planimetria) e georreferenciamento de alta precisão das redes geodésicas foram utilizados equipamentos que operam com o sistema GNSS por meio de antenas receptoras GPS de dupla frequência – L1/L2. A precisão horizontal das coordenadas planimétricas dos marcos topográficos de 1ª ordem foi em média de 0,00275 m. O mesmo equipamento foi utilizado para a altimetria e o transporte de altitudes, sendo adotado o método de nivelamento geométrico duplo (nivelamento e contra-nivelamento), também considerado de alta precisão (classe IN). Os procedimentos e metodologias de execução adotadas foram embasados nas especificações presentes na NBR 13.133 - Execução de levantamento topográfico e na Lei nº 10.267 do INCRA (Georreferenciamento de Imóveis Rurais).

A partir dos marcos instalados, foram coletados dados dos perfis subaéreo e subaquático. Os perfis subaéreos foram coletados através da marcação de pontos com o equipamento DGPS-RTK, e os perfis subaquáticos foram levantados através da utilização de um ecobatímetro com posicionamento obtido através da base móvel do RTK. Também, com intuito de caracterizar os sedimentos da praia, foram coletadas amostras de sedimentos a cada 1 km. No total foram medidos 67 perfis topo-batimétricos, que se estenderam até uma profundidade máxima de 16 metros, totalizando aproximadamente 139 km de linhas topo-batimétricas medidas.

Notou-se a presença de formações recifais a partir do Perfil PBM-36 em direção ao Norte, representadas por elevações junto ao fundo de até 7 metros de altura, com extensão variando de dezenas e centenas de metros. A granulometria do trecho entre a foz do Rio Almada e o promontório de Serra Grande variou

| | | | | |
|---|--------------------------|------|-------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA III DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |



entre areia média e areia fina, sendo que estas representam as maiores frações em todas as amostras, correspondendo juntas de 88% a 99% do total de sedimentos amostrados.

Quanto a morfodinâmica, a praia foi classificada como dominada por ondas, sendo seu estágio morfodinâmico predominante o intermediário. Nota-se um padrão espacial bem definido, onde do perfil PBM-01 ao perfil PBM-39 o estado morfodinâmico predominante é terraço de baixa-mar, e do perfil PBM-41 ao PBM-67 o estado morfodinâmico predominante é de bancos transversais.

Também, foi realizada a comparação dos dados dos perfis topo-batimétricos com os levantamentos geofísicos e batimétricos apresentados no Produto 1. As elevações do fundo marinho observadas nos perfis praias são concordantes com o mapeamento dos recifes efetuado a partir dos dados geofísicos. Os dados do levantamento batimétrico e dos perfis topo-batimétricos apresentam uma boa correlação e concordância entre si sendo as diferenças observadas provenientes dos diferentes métodos de aquisição e correção dos dados realizados no levantamento hidrográfico monofeixe e na medição dos perfis topo-batimétricos.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 13 |
| 2 INSTALAÇÃO DOS MARCOS TOPOGRÁFICOS..... | 15 |
| 2.1 REDE GEODÉSICA DE 1ª ORDEM..... | 17 |
| 2.2 REDE GEODÉSICA DE 2ª ORDEM..... | 18 |
| 2.3 MÉTODOS CONSTRUTIVOS E PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO | 18 |
| 2.3.1 MARCOS TOPOGRÁFICOS OFICIAIS DA REDE GEODÉSICA DE 1ª ORDEM | 18 |
| 2.3.2 MARCOS TOPOGRÁFICOS INTERMEDIÁRIOS E DE APOIO/SEGURANÇA DA REDE GEODÉSICA DE 1ª E 2ª ORDEM..... | 19 |
| 2.4 PLANIMETRIA | 20 |
| 2.5 ALTIMETRIA..... | 23 |
| 3 LEVANTAMENTO DOS PERFIS DE PRAIA | 26 |
| 3.1 EQUIPAMENTOS E <i>SOFTWARES</i> UTILIZADOS..... | 26 |
| 3.1.1 EMBARCAÇÃO..... | 26 |
| 3.1.2 ECOBATÍMETRO..... | 26 |
| 3.1.3 COMPENSADOR DE MOVIMENTOS | 27 |
| 3.1.4 SISTEMA DE POSICIONAMENTO..... | 28 |
| 3.1.5 ACESSÓRIOS RELACIONADOS AOS SERVIÇOS | 30 |
| 3.1.6 PRINCIPAIS <i>SOFTWARES</i> UTILIZADOS..... | 30 |
| 3.2 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DOS LEVANTAMENTOS TOPO-BATIMÉTRICOS..... | 31 |
| 3.2.1 PORÇÃO SUBAÉREA..... | 31 |
| 3.2.2 PORÇÃO SUBAQUÁTICA | 33 |
| Aferição do Ecobatímetro | 35 |
| Levantamento batimétrico na zona de arrebentação | 35 |
| 3.3 PLANO DE LINHAS | 36 |
| 3.4 <i>OFFSETS</i> DOS EQUIPAMENTOS | 40 |
| 3.5 DADOS DE MARÉ | 40 |
| 3.6 COLETA DE SEDIMENTOS..... | 44 |



| | | | | |
|---|--------------------------|------|-----------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA V DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA | | | | |
| PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.6.1 | ANALISE DOS SEDIMENTOS..... | 47 |
| 3.7 | CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS..... | 47 |
| 4 | RESULTADOS | 48 |
| 4.1 | LEVANTAMENTOS DE PERFIL DE PRAIA..... | 48 |
| 4.2 | ANÁLISE GRANULOMÉTRICA..... | 84 |
| 4.3 | CORRELAÇÃO DOS PERFIS PRAIAIS COM LEVANTAMENTO GEOFÍSICO | 89 |
| 4.4 | COMPARAÇÃO DOS PERFIS PRAIAIS COM O LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE..... | 100 |
| 5 | CONCLUSÕES | 102 |
| 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 103 |
| | APÊNDICE A – CÁLCULOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO | 105 |
| | APÊNDICE B – FREQUÊNCIAS SIMPLES E ACUMULADA DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO | 106 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Localização da área de estudo. | 14 |
| Figura 2: Materiais utilizados para construção dos marcos topográficos. | 20 |
| Figura 3: Coleta das coordenadas planimétricas adotando como ponto de posicionamento do equipamento o centro da placa de identificação do marco. | 21 |
| Figura 4: Localização dos marcos MR-01 e MR-03, utilizados para realização do rastreamento estático do nivelamento planimétrico. | 22 |
| Figura 5: Procedimento de coleta das coordenadas altimétricas. | 24 |
| Figura 6. Ecobatímetro <i>Odom Hydrographic Echotrac CV 100</i> ; e Transdutor <i>Odom Hydrographic</i> modelo <i>OTSBB200-9</i> | 27 |
| Figura 7. Compensador de Movimentos <i>Odom Hydrographic Teledyne TSS DMS-05</i> | 28 |
| Figura 8: Sistema de posicionamento Trimble R6 RTK. | 29 |
| Figura 9: Radio base Trimble HPB 450 usado no sistema Trimble R6 RTK. | 29 |
| Figura 10: Disco de aferição do transdutor do ecobatímetro (bar check). | 30 |
| Figura 11: Sistemática de redução de níveis em coleta de dados de perfil subaéreo através do uso de DGPS-RTK. | 32 |
| Figura 12: Base fixa do DGPS-RTK e Rádio base instalados; e coleta de dados de perfil na face da praia. | 32 |
| Figura 13: Esquema de distribuição dos equipamentos utilizados nos levantamentos batimétricos com moto aquática. | 34 |
| Figura 14: Sistema de aquisição de dados batimétricos através da utilização de moto aquática. | 34 |
| Figura 15: Preparação da moto aquática para coleta de dados batimétricos. | 35 |
| Figura 16: Exemplo de um <i>overlap</i> entre dados batimétricos e topográficos do perfil PBM-01. | 36 |
| Figura 17: Traçado proposto para o levantamento topo-batimétrico (à direita) e linhas executadas durante o levantamento de campo (à esquerda). | 37 |
| Figura 18: Zoom das linhas planejadas e executadas dos primeiros perfis realizados. Projeção Horizontal UTM, Zona 24S, <i>Datum</i> SAD69. | 38 |
| Figura 19. Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 31 de março de 2013 (UTC). | 41 |
| Figura 20: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 02 de abril de 2013 (UTC). | 41 |
| Figura 21: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 03 de abril de 2013 (UTC). | 42 |
| Figura 22: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 10 de abril de | |

| | |
|---|----|
| 2013 (UTC)..... | 42 |
| Figura 23: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 11 de abril de 2013 (UTC)..... | 43 |
| Figura 24: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 12 de abril de 2013 (UTC)..... | 43 |
| Figura 25: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 13 de abril de 2013 (UTC)..... | 44 |
| Figura 26: Localização dos pontos de coleta de amostras de sedimento..... | 46 |
| Figura 27. Topo-batimetria do perfil PBM-01..... | 50 |
| Figura 28. Topo-batimetria do perfil PBM-02..... | 51 |
| Figura 29. Topo-batimetria do perfil PBM-03..... | 51 |
| Figura 30: Topo-batimetria do perfil PBM-04..... | 52 |
| Figura 31: Topo-batimetria do perfil PBM-05..... | 52 |
| Figura 32: Topo-batimetria do perfil PBM-06..... | 53 |
| Figura 33: Topo-batimetria do perfil PBM-07..... | 53 |
| Figura 34: Topo-batimetria do perfil PBM-08..... | 54 |
| Figura 35: Topo-batimetria do perfil PBM-09..... | 54 |
| Figura 36: Topo-batimetria do perfil PBM-10..... | 55 |
| Figura 37: Topo-batimetria do perfil PBM-11..... | 55 |
| Figura 38: Topo-batimetria do perfil PBM-12..... | 56 |
| Figura 39: Topo-batimetria do perfil PBM-13..... | 56 |
| Figura 40: Topo-batimetria do perfil PBM-14..... | 57 |
| Figura 41: Topo-batimetria do perfil PBM-15..... | 57 |
| Figura 42: Topo-batimetria do perfil PBM-16..... | 58 |
| Figura 43: Topo-batimetria do perfil PBM-17..... | 58 |
| Figura 44: Topo-batimetria do perfil PBM-18..... | 59 |
| Figura 45: Topo-batimetria do perfil PBM-19..... | 59 |
| Figura 46: Topo-batimetria do perfil PBM-20..... | 60 |
| Figura 47: Topo-batimetria do perfil PBM-21..... | 60 |
| Figura 48: Topo-batimetria do perfil PBM-22..... | 61 |
| Figura 49: Topo-batimetria do perfil PBM-23..... | 61 |
| Figura 50: Topo-batimetria do perfil PBM-24..... | 62 |
| Figura 51: Topo-batimetria do perfil PBM-25..... | 62 |
| Figura 52: Topo-batimetria do perfil PBM-26..... | 63 |
| Figura 53: Topo-batimetria do perfil PBM-27..... | 63 |



| | | | | |
|--|---|------|--------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA VIII DE 156 |  |
| | EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA | | | |
| PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

| | |
|--|----|
| Figura 54: Topo-batimetria do perfil PBM-28..... | 64 |
| Figura 55: Topo-batimetria do perfil PBM-42..... | 64 |
| Figura 56: Topo-batimetria do perfil PBM-30..... | 65 |
| Figura 57: Topo-batimetria do perfil PBM-31..... | 65 |
| Figura 58: Topo-batimetria do perfil PBM-32..... | 66 |
| Figura 59: Topo-batimetria do perfil PBM-33..... | 66 |
| Figura 60: Topo-batimetria do perfil PBM-34..... | 67 |
| Figura 61: Topo-batimetria do perfil PBM-35..... | 67 |
| Figura 62: Topo-batimetria do perfil PBM-36..... | 68 |
| Figura 63: Topo-batimetria do perfil PBM-37..... | 68 |
| Figura 64: Topo-batimetria do perfil PBM-38..... | 69 |
| Figura 65: Topo-batimetria do perfil PBM-39..... | 69 |
| Figura 66: Topo-batimetria do perfil PBM-40..... | 70 |
| Figura 67: Topo-batimetria do perfil PBM-41..... | 70 |
| Figura 68: Topo-batimetria do perfil PBM-42..... | 71 |
| Figura 69: Topo-batimetria do perfil PBM-43..... | 71 |
| Figura 70: Topo-batimetria do perfil PBM-44..... | 72 |
| Figura 71: Topo-batimetria do perfil PBM-45..... | 72 |
| Figura 72: Topo-batimetria do perfil PBM-46..... | 73 |
| Figura 73: Topo-batimetria do perfil PBM-47..... | 73 |
| Figura 74: Topo-batimetria do perfil PBM-48..... | 74 |
| Figura 75: Topo-batimetria do perfil PBM-49..... | 74 |
| Figura 76: Topo-batimetria do perfil PBM-50..... | 75 |
| Figura 77: Topo-batimetria do perfil PBM-51..... | 75 |
| Figura 78: Topo-batimetria do perfil PBM-52..... | 76 |
| Figura 79: Topo-batimetria do perfil PBM-53..... | 76 |
| Figura 80: Topo-batimetria do perfil PBM-54..... | 77 |
| Figura 81: Topo-batimetria do perfil PBM-55..... | 77 |
| Figura 82: Topo-batimetria do perfil PBM-56..... | 78 |
| Figura 83: Topo-batimetria do perfil PBM-57..... | 78 |
| Figura 84: Topo-batimetria do perfil PBM-58..... | 79 |
| Figura 85: Topo-batimetria do perfil PBM-59..... | 79 |
| Figura 86: Topo-batimetria do perfil PBM-60..... | 80 |
| Figura 87: Topo-batimetria do perfil PBM-61..... | 80 |
| Figura 88: Topo-batimetria do perfil PBM-62..... | 81 |

| | |
|---|-----|
| Figura 89: Topo-batimetria do perfil PBM-63. | 81 |
| Figura 90: Topo-batimetria do perfil PBM-64. | 82 |
| Figura 91: Topo-batimetria do perfil PBM-65. | 82 |
| Figura 92: Topo-batimetria do perfil PBM-66. | 83 |
| Figura 93: Topo-batimetria do perfil PBM-67. | 83 |
| Figura 94: Mapeamento da classificação das amostras de sedimento. | 88 |
| Figura 95: Comparação das elevações do fundo marinha observadas no levantamento dos perfis topo-batimétricos e dos recifes mapeados a partir dos levantamentos geofísicos. Os pontos azuis representam o ponto inicial e final dos recifes mapeados pela geofísica nos perfis praiais. | 98 |
| Figura 96: Comparação das elevações do fundo marinha observadas no levantamento dos perfis topo-batimétricos e dos recifes mapeados a partir dos levantamentos geofísicos. Os pontos azuis representam o ponto inicial e final dos recifes mapeados pela geofísica nos perfis praiais. | 99 |
| Figura 97: Planilha geral dos cálculos do nivelamento geométrico dos marcos geodésicos, efetuado a partir de três métodos diferenciados. | 105 |
| Figura 98: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-01. | 106 |
| Figura 99: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-01. | 106 |
| Figura 100: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-03. | 107 |
| Figura 101: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-03. | 107 |
| Figura 102: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-05. | 108 |
| Figura 103: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-05. | 108 |
| Figura 104: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-07. | 109 |
| Figura 105: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-07. | 109 |
| Figura 106: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-09. | 110 |
| Figura 107: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-09. | 110 |
| Figura 108: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-11. | 111 |
| Figura 109: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-11. | 111 |
| Figura 110: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-13. | 112 |
| Figura 111: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-13. | 112 |
| Figura 112: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-15. | 113 |
| Figura 113: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-15. | 113 |
| Figura 114: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-17. | 114 |
| Figura 115: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-17. | 114 |
| Figura 116: Distribuição de frequência simples da amostra SBM--19. | 115 |
| Figura 117: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM--19. | 115 |
| Figura 118: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-21. | 116 |



| | |
|--|-----|
| Figura 119: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-21. | 116 |
| Figura 120: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-23. | 117 |
| Figura 121: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-23. | 117 |
| Figura 122: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-25. | 118 |
| Figura 123: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-25. | 118 |
| Figura 124: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-27. | 119 |
| Figura 125: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-27. | 119 |
| Figura 126: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-29. | 120 |
| Figura 127: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-29. | 120 |
| Figura 128: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-31. | 121 |
| Figura 129: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-31. | 121 |
| Figura 130: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-33. | 122 |
| Figura 131: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-33. | 122 |
| Figura 132: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-35. | 123 |
| Figura 133: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-35. | 123 |
| Figura 134: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-37. | 124 |
| Figura 135: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-37. | 124 |
| Figura 136: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-39. | 125 |
| Figura 137: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-39. | 125 |
| Figura 138: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-41. | 126 |
| Figura 139: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-41. | 126 |
| Figura 140: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-43. | 127 |
| Figura 141: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-43. | 127 |
| Figura 142: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-45. | 128 |
| Figura 143: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-45. | 128 |
| Figura 144: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-47. | 129 |
| Figura 145: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-47. | 129 |
| Figura 146: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-49. | 130 |
| Figura 147: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-49. | 130 |
| Figura 148: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-51. | 131 |
| Figura 149: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-51. | 131 |
| Figura 150: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-53. | 132 |
| Figura 151: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-53. | 132 |
| Figura 152: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-55. | 133 |
| Figura 153: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-55. | 133 |

| | |
|--|-----|
| Figura 154: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-57 | 134 |
| Figura 155: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-57. | 134 |
| Figura 156: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-59 | 135 |
| Figura 157: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-59. | 135 |
| Figura 158: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-61 | 136 |
| Figura 159: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-61. | 136 |
| Figura 160: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-63 | 137 |
| Figura 161: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-63. | 137 |
| Figura 162: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-65. | 138 |
| Figura 163: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-65. | 138 |
| Figura 164: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-67 | 139 |
| Figura 165: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-67 | 139 |

| | | | | |
|--|--|------|-------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA XII DE 156 |  |
| | EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1: Nomenclatura e ordem dos marcos instalados para medição dos perfis topo-batimétricos. | 16 |
| Tabela 2: Precisão horizontal das coordenadas planimétricas dos marcos topográficos da rede geodésica de 1ª ordem..... | 23 |
| Tabela 3: Coordenadas iniciais e azimutes dos perfis topo-batimétricos. Coordenadas em metros, Projeção Horizontal UTM, Zona 24 Sul, <i>Datum</i> SAD69 (Doppler). | 38 |
| Tabela 4. <i>Offsets</i> dos equipamentos utilizados durante o levantamento da parte emersa dos perfis praias. | 40 |
| Tabela 5. <i>Offsets</i> dos equipamentos utilizados para o levantamento da parte submersa dos perfis praias. | 40 |
| Tabela 6. Localização dos pontos de coleta de sedimento na zona de espraiamento, para os perfis ímpares de PBM-01 a PBM-67. Coordenadas em metros, Projeção Horizontal UTM, Zona 24 Sul, <i>Datum</i> SAD69 (Doppler). | 45 |
| Tabela 7. Cronograma das atividades desenvolvidas durante a campanha de levantamentos de dados de perfil de praia realizada entre a foz do Rio Almada (Ilhéus) e o promontório de Serra Grande (Uruçuca), realizada entre os dias 01 de Janeiro a 20 de Abril de 2013. | 48 |
| Tabela 8. Extensão dos perfis topo-batimétricos medidos batimétrico entre a foz do Rio Almada e o promontório de Serra Grande, nos municípios de Ilhéus e Uruçuca/BA, respectivamente. | 49 |
| Tabela 9: Classificação das amostras, segundo os parâmetros de FOLK & WARD (1957). | 85 |
| Tabela 10: Classes granulométricas dos sedimentos em porcentagem (%)..... | 87 |
| Tabela 11: Valores dos parâmetros estatísticos calculados. | 101 |

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 13 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

1 INTRODUÇÃO

Com objetivo de caracterizar a morfodinâmica das praias adjacentes ao futuro Terminal Portuário da Bamin e auxiliar na definição correta da atual posição da linha de costa, foi realizada uma campanha de levantamento de perfis topo-batimétricos. No presente relatório, são descritas as atividades desenvolvidas em campo, a metodologia utilizada nos levantamentos, assim como o processamento e os resultados dos levantamentos de dados de perfil de praia.

Para atingir o objetivo proposto, foram instalados marcos topográficos de primeira e de segunda ordem com espaçamento de 500 m, utilizados para definir a origem de cada perfil. Os perfis sub-aéreos foram coletados através da marcação de pontos com o equipamento DGPS-RTK, e os perfis sub-aquáticos foram levantados através da utilização de um ecobatímetro com posicionamento obtido através da base móvel do RTK. Também, com intuito de caracterizar os sedimentos da praia, foram coletadas amostras de sedimentos a cada 1 km. No total foram medidos 67 perfis topo-batimétricos, que se estenderam até uma profundidade máxima de 16 metros, totalizando aproximadamente 139 km de linhas topo-batimétricas medidas.

1.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada entre a foz do Rio Almada e o promontório de Serra Grande, localizados nos municípios de Ilhéus e Uruçuca, respectivamente, nas adjacências da jazida de areia marinha e do futuro Terminal Portuário da Bamin (Figura 1).

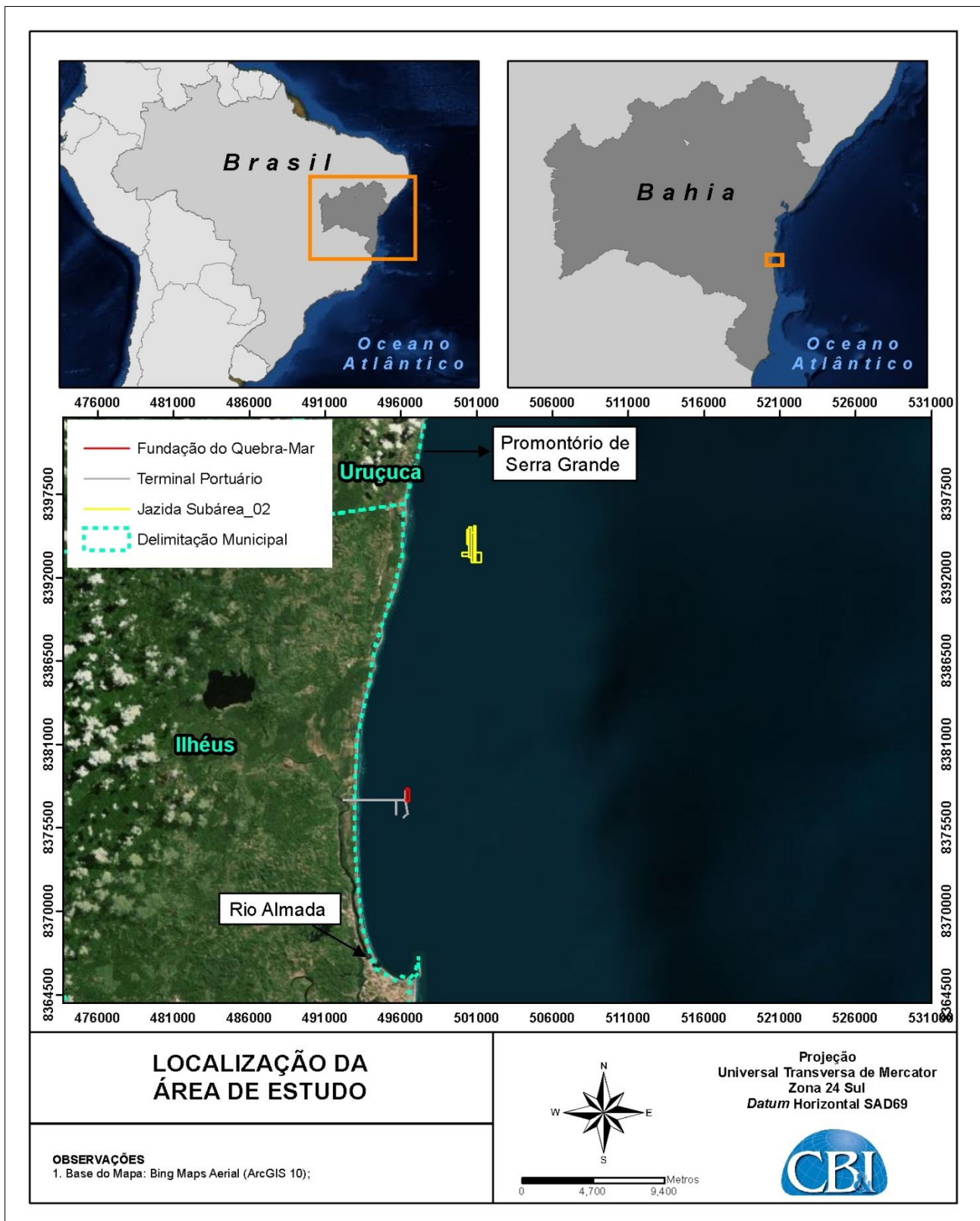



Figura 1: Localização da área de estudo.

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 15 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

2 INSTALAÇÃO DOS MARCOS TOPOGRÁFICOS

As redes geodésicas de 1ª e 2ª ordem caracterizam-se pelo conjunto de 134 marcos topográficos materializados na região litorânea da Bahia, todos posicionados ao longo do trecho de praias compreendido entre a foz do Rio Almada e o promontório de Serra Grande.

Todos os procedimentos e metodologias de execução adotados foram embasados nas especificações presentes na NBR 13.133 - Execução de levantamento topográfico e na Lei nº 10.267 do INCRA (Georreferenciamento de Imóveis Rurais).

Para melhor organização dos marcos topográficos, estes foram denominados de forma distinta, sendo eles:

- Marcos oficiais: marcos topográficos da rede geodésica de 1ª ordem, constituindo rede de apoio geodésico de alta precisão;
- Marcos intermediários: marcos da rede geodésica de 2ª ordem, com espaçamento entre si de 500 m;
- Marcos de apoio/segurança: marcos implantados junto aos marcos oficiais e/ou intermediários, em um raio de distância de aproximadamente 20 m, servindo de apoio imediato caso ocorra a perda ou dano do marco principal.

Na Tabela 1 são apresentados todos os marcos instalados, sua nomenclatura e sua ordem, e nos itens subsequentes estes são descritos com maior detalhamento. Os marcos oficiais e intermediários foram instalados com uma distância fixa de 500 m entre si, sendo suas coordenadas o ponto de origem dos perfis topo-batimétricos.



Tabela 1: Nomenclatura e ordem dos marcos instalados para medição dos perfis topo-batimétricos.

| NOME DO MARCO | ORDEM | TIPO | NOME DO MARCO | ORDEM | TIPO |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------------|
| MBM-01 | 1 ^a | Oficial | MBM-01A | 1 ^a | Oficial-Apoio |
| MBM-02 | 2 ^a | Intermediário | MBM-02A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-03 | 2 ^a | Intermediário | MBM-03A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-04 | 2 ^a | Intermediário | MBM-04A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-05 | 2 ^a | Intermediário | MBM-05A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-06 | 2 ^a | Intermediário | MBM-06A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-07 | 2 ^a | Intermediário | MBM-07A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-08 | 2 ^a | Intermediário | MBM-08A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-09 | 1 ^a | Oficial | MBM-09A | 1 ^a | Oficial-Apoio |
| MBM-10 | 2 ^a | Intermediário | MBM-10A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-11 | 2 ^a | Intermediário | MBM-11A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-12 | 2 ^a | Intermediário | MBM-12A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-13 | 2 ^a | Intermediário | MBM-13A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-14 | 2 ^a | Intermediário | MBM-14A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-15 | 2 ^a | Intermediário | MBM-15A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-16 | 2 ^a | Intermediário | MBM-16A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-17 | 2 ^a | Intermediário | MBM-17A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-18 | 2 ^a | Intermediário | MBM-18A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-19 | 1 ^a | Oficial | MBM-19A | 1 ^a | Oficial-Apoio |
| MBM-20 | 2 ^a | Intermediário | MBM-20A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-21 | 2 ^a | Intermediário | MBM-21A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-22 | 2 ^a | Intermediário | MBM-22A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-23 | 2 ^a | Intermediário | MBM-23A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-24 | 2 ^a | Intermediário | MBM-24A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-25 | 2 ^a | Intermediário | MBM-25A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-26 | 2 ^a | Intermediário | MBM-26A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-27 | 2 ^a | Intermediário | MBM-27A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-28 | 1 ^a | Oficial | MBM-28A | 1 ^a | Oficial-Apoio |
| MBM-29 | 2 ^a | Intermediário | MBM-29A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-30 | 2 ^a | Intermediário | MBM-30A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-31 | 2 ^a | Intermediário | MBM-31A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-32 | 2 ^a | Intermediário | MBM-32A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-33 | 2 ^a | Intermediário | MBM-33A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-34 | 2 ^a | Intermediário | MBM-34A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-35 | 2 ^a | Intermediário | MBM-35A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-36 | 2 ^a | Intermediário | MBM-36A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-37 | 1 ^a | Oficial | MBM-37A | 1 ^a | Oficial-Apoio |
| MBM-38 | 2 ^a | Intermediário | MBM-38A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-39 | 2 ^a | Intermediário | MBM-39A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-40 | 2 ^a | Intermediário | MBM-40A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-41 | 2 ^a | Intermediário | MBM-41A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-42 | 2 ^a | Intermediário | MBM-42A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-43 | 2 ^a | Intermediário | MBM-43A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-44 | 1 ^a | Oficial | MBM-44A | 1 ^a | Oficial-Apoio |
| MBM-45 | 2 ^a | Intermediário | MBM-45A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-46 | 2 ^a | Intermediário | MBM-46A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-47 | 2 ^a | Intermediário | MBM-47A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-48 | 2 ^a | Intermediário | MBM-48A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |
| MBM-49 | 2 ^a | Intermediário | MBM-49A | 2 ^a | Intermediário-Apoio |



| NOME DO MARCO | ORDEM | TIPO | NOME DO MARCO | ORDEM | TIPO |
|---------------|-------|---------------|---------------|-------|---------------------|
| MBM-50 | 2ª | Intermediário | MBM-50A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-51 | 2ª | Intermediário | MBM-51A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-52 | 2ª | Intermediário | MBM-52A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-53 | 2ª | Intermediário | MBM-53A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-54 | 2ª | Intermediário | MBM-54A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-55 | 2ª | Intermediário | MBM-55A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-56 | 2ª | Intermediário | MBM-56A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-57 | 2ª | Intermediário | MBM-57A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-58 | 2ª | Intermediário | MBM-58A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-59 | 2ª | Intermediário | MBM-59A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-60 | 2ª | Intermediário | MBM-60A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-61 | 2ª | Intermediário | MBM-61A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-62 | 2ª | Intermediário | MBM-62A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-63 | 2ª | Intermediário | MBM-63A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-64 | 2ª | Intermediário | MBM-64A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-65 | 2ª | Intermediário | MBM-65A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-66 | 2ª | Intermediário | MBM-66A | 2ª | Intermediário-Apoio |
| MBM-67 | 1ª | Oficial | MBM-67A | 1ª | Oficial-Apoio |



2.1 REDE GEODÉSICA DE 1ª ORDEM

A rede geodésica de 1ª ordem instalada é composta por 16 marcos topográficos, onde:

- 08 marcos topográficos são do tipo tronco-quadrangulares de concreto (lados com 0,10 m x 0,10 m e altura de 0,80 m);
- 08 marcos topográficos de apoio/segurança são do tipo tronco-circulares de PVC, revestidos com concreto (diâmetro de 0,07 m e altura de 0,80 m).

A distribuição e os tipos de materiais empregados na composição dos marcos topográficos que compõem à rede geodésica de 1ª ordem foram estabelecidos de forma a promover o apoio geodésico seguro durante a execução dos levantamentos topo-batimétricos. A confiabilidade dos marcos implantados, tanto em questões ligadas aos critérios de materialização, bem como no que diz respeito aos critérios de acurácia e precisão do georreferenciamento e altimetria (coordenadas plani-altimétricas), permite que se tenha segurança na utilização dos mesmos como base de apoio geodésica à etapas e/ou trabalhos futuros do projeto.

Os marcos de 1ª ordem foram instalados com uma distância de no máximo 5 km entre si, sendo que os métodos de instalação e a distribuição dos marcos topográficos da rede geodésica de 1ª ordem visaram principalmente: precisão, acurácia, manutenção e, principalmente condições estáveis e seguras de operação com o sistema GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) de precisão

| | | | | |
|--|--|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 18 DE 156 |  |
| | EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA | | | |
| PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

durante às atividades do levantamento topográfico.

2.2 REDE GEODÉSICA DE 2ª ORDEM



A rede geodésica de 2ª ordem é composta pelo total de 118 marcos topográficos intermediários, alocados com distância de 500 m entre si, onde:

- 59 marcos topográficos intermediários são do tipo tronco-circulares de PVC, revestidos com concreto (diâmetro de 0,07 m e altura de 0,80 m), denominados;
- 59 marcos topográficos intermediários de apoio/segurança são do tipo tronco-circulares de PVC, revestidos com concreto (diâmetro de 0,07 m e altura de 0,80 m).

2.3 MÉTODOS CONSTRUTIVOS E PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO

2.3.1 MARCOS TOPOGRÁFICOS OFICIAIS DA REDE GEODÉSICA DE 1ª ORDEM

- Foram utilizados 08 marcos tronco-quadrangulares de concreto pré-fabricados (base e topo, com 0,10m x0,10m e altura de 0,80m);
- Foram fixadas plaquetas metálicas no topo de cada marco tronco-quadrangular de concreto para identificação;
- A partir de um GPS de navegação, foram identificados os locais de instalação dos marcos topográficos, através das coordenadas oriundas de um plano de linha pré-aprovado pela BAMIN;
- Para instalação e acomodação dos marcos topográficos no início dos perfis praias, foram cavadas covas de 0,5 m de diâmetro e 1 m de altura, com auxílio de pá e cavadeira;
- O marco topográfico foi posicionado na respectiva cova, sendo deixado cerca de 5 a 10 cm aflorante em relação ao nível do terreno;
- Foi conduzida aferição e nivelamento do marco com régua-niveladora para garantir a verticalidade do mesmo em relação ao nível do terreno;
- Por fim, a cova foi vedada com solo oriundo da própria escavação local e a instalação do marco topográfico foi concluída;

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 19 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

2.3.2 MARCOS TOPOGRÁFICOS INTERMEDIÁRIOS E DE APOIO/SEGURANÇA DA REDE GEODÉSICA DE 1ª E 2ª ORDEM

- Foram utilizados um total de 126 marcos tronco-circulares de PVC, revestidos com concreto (diâmetro de 0,07 m e altura de 0,80 m - Figura 2);
- Foram realizados furos espaçados a cada 20cm;
- Para aumento da estabilização durante a instalação e permanência do mesmo, foram inseridas transversalmente hastes fixadoras de aço (5/16” de espessura e 35 cm de comprimento) nos furos dos marcos topográficos;
- Para revestimento dos marcos topográficos, utilizou-se argamassa de secagem rápida, originando uma massa consistente;
- O cano foi totalmente preenchido com a massa de argamassa da base até o seu topo, sendo necessário um tempo de espera para secagem (“cura”) do concreto dos marcos topográficos confeccionados;
- Foram fixadas plaquetas metálicas no topo de cada marco topográfico tronco-circular para identificação do mesmo;
- A localização do ponto de instalação dos marcos topográficos foi realizada com GPS de navegação, através das coordenadas oriundas do plano de linhas pré-aprovado pelo cliente;
- Para instalação e acomodação dos marcos topográficos no início dos perfis praiais, foram cavadas covas de 0,5 m de diâmetro e 1 m de altura, com auxílio de pá e cavadeira;
- O marco topográfico foi posicionado na respectiva cova, sendo deixado cerca de 5 a 10 cm aflorante em relação ao nível do terreno;
- Para garantir a verticalidade do marco em relação ao nível do terreno, foi realizada a aferição e nivelamento do mesmo com régua-niveladora;
- Ao final, a cova foi vedada com solo oriundo da própria escavação local, e assim a instalação do marco topográfico foi concluída.



Figura 2: Materiais utilizados para construção dos marcos topográficos.

2.4 PLANIMETRIA

As coordenadas planimétricas dos marcos que formam a rede geodésica de 1ª ordem foram obtidas após a execução de levantamento geodésico com a utilização de sistema GNSS de alta precisão. Foram utilizadas antenas receptoras GPS de dupla frequência (L1/L2) Trimble® R6 e Hi-Target® (Figura 3). A partir deste procedimento, a técnica de poligonação/vetorização GPS foi replicada por meio de rastreamento estático, apoiada a rede geodésica existente e fornecida pela BAMIN (marcos MR-01 e MR-03). Durante o levantamento geodésico o tempo médio de rastreamento estático foi fixado em torno de 4 horas, ocorrendo períodos superiores de medição.

O marco geodésico **MR-01**, concedido pela Bamin, localiza-se nas coordenadas $14^{\circ} 41' 33,14541''$ S e $39^{\circ} 04' 11,28538''$ W (SAD69) e apresenta altitude ortométrica equivalente 3,280 m referenciada ao *datum* vertical do IBGE (nível médio do mar de Imbituba/SC - Figura 4). O marco geodésico **MR-03**, também concedido pela Bamin, localiza-se nas coordenadas $14^{\circ} 38' 0,20428''$ S e $39^{\circ} 04' 09,78555''$ W (SAD69) e apresenta altitude ortométrica equivalente 2,974 m referenciada ao *datum* vertical do IBGE (nível médio do mar de Imbituba/SC - Figura 4).



Figura 3: Coleta das coordenadas planimétricas adotando como ponto de posicionamento do equipamento o centro da placa de identificação do marco.

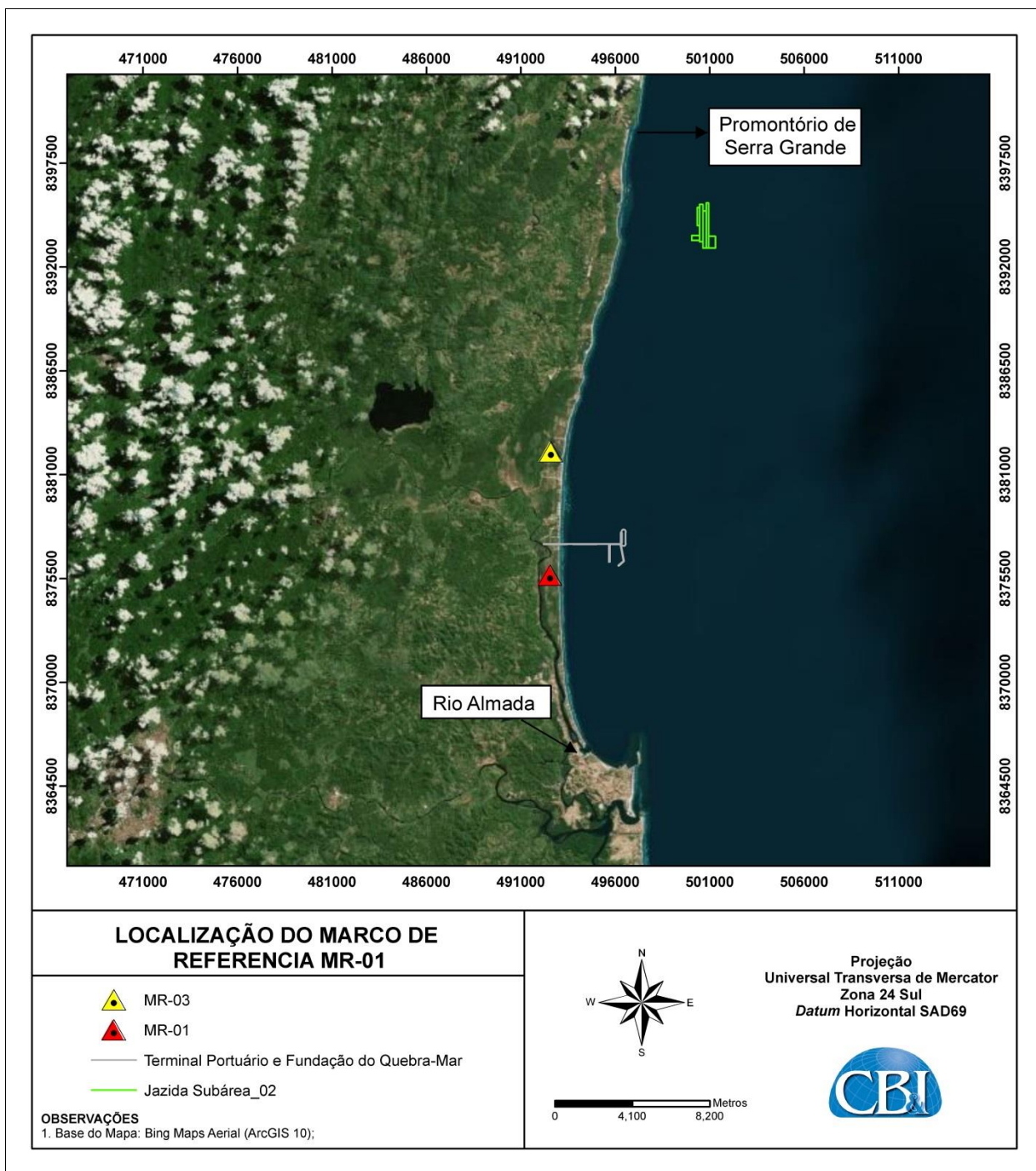


Figura 4: Localização dos marcos MR-01 e MR-03, utilizados para realização do rastreamento estático do nivelamento planimétrico.

Após o processamento dos dados oriundos dos levantamentos das redes geodésicas, constatou-se que as coordenadas planimétricas obtidas apresentaram valores altamente precisos, conforme podem ser verificadas na Tabela 2.

Tabela 2: Precisão horizontal das coordenadas planimétricas dos marcos topográficos da rede geodésica de 1ª ordem.

| MARCOS | PRECISÃO HORIZONTAL (M) |
|--------|-------------------------|
| MBM-01 | 0,002 |
| MBM-09 | 0,002 |
| MBM-19 | 0,001 |
| MBM-28 | 0,002 |
| MBM-37 | 0,002 |
| MBM-44 | 0,004 |
| MBM-54 | 0,002 |
| MBM-67 | 0,007 |

Para as coordenadas planimétricas dos marcos que formam a rede geodésica de 2ª ordem, também foi executado levantamento geodésico com a utilização de sistema GNSS de alta precisão, sendo que o tempo médio de medição estática foi fixado em torno de 1 hora por ponto. Neste caso foram usados como apoio os marcos da rede geodésica de primeira ordem. Durante estas medições também foram utilizadas antenas receptoras GPS de dupla frequência (L1/L2) Trimble® R6 e Hi-Target®. Durante os levantamentos topográficos, ocorreu o total controle de acurácia (PDOP) e precisão dos pontos transportados, todos devidamente “amarrados” em marcos topográficos de controle de alta precisão.

2.5 ALTIMETRIA

Também utilizando antenas receptoras GPS de dupla frequência (L1/L2) Trimble® R6 e Hi-Target®, a altimetria dos marcos topográficos das redes de 1ª e 2ª ordem foram obtidas através de nivelamento geométrico duplo (nivelamento e contra- nivelamento) em sua totalidade. Os levantamentos de nivelamento iniciaram a partir do marco MR-01 da Bamin em direção ao marco MBM-19, implantado pela CB&I. A partir disto, o transporte de altitude ortométrica foi executado em dois trechos com sentidos distintos:

- **Sentido Sul:** partindo do marco MBM-19 em direção até o marco MBM01, incluindo o nivelamento geométrico de todos os respectivos marcos de apoio/segurança;
- **Sentido Norte:** partindo do marco MBM-19 até o marco MBM67, incluindo o nivelamento geométrico de todos os respectivos marcos de apoio/segurança (Figura 5).

O marco topográfico de partida utilizado como o apoio altimétrico para todo o nivelamento geométrico da rede geodésica de 1ª e 2ª ordem foi o marco da BAMIN: MR-01, cuja altitude ortométrica é equivalente a 3,280 m referenciada ao *datum* vertical do IBGE (nível médio do mar de Imbituba/SC - Figura 4).



As altimetrias obtidas em todos os marcos topográficos foram referenciadas ao *datum* vertical do IBGE e ao *datum* vertical DHN. A conversão para DHN foi realizada conforme repassado pelo cliente, somando 1,033 m às altitudes ortométricas obtidas através de nivelamento geométrico, ou seja, $Alt_{DHN} = Alt_{IBGE} + 1,033m$.



Figura 5: Procedimento de coleta das coordenadas altimétricas.

O cálculo das cotas após nivelamento geométrico foi feito por 3 métodos:

- Método 1:
 - Cálculo do nivelamento acumulado de todo o trecho. O nivelamento foi dividido em dois trechos: Trecho 1: MBM-19 ao MBM01 e Trecho 2: MBM-19 ao MBM-67.
 - Cálculo do contra nivelamento a partir da cota obtida do nivelamento acumulado (procedimento anterior), passando por todo o trecho no sentido inverso. Por trecho os erros obtidos foram:
 - Trecho 1: MBM-19 ao MBM-01 – Erro: 13 mm (Tolerância: $12\text{ mm} \cdot \sqrt{K}$)

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 25 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

= 36 mm, onde $K = 9$ km)

- Trecho 2: MBM-19 ao MBM-67 – Erro: 33 mm (Tolerância: $12\text{mm} \cdot \sqrt{K}$)
= 60 mm, onde $K = 25$ km)

- Recálculo das cotas do contra nivelamento através da subtração dos erros obtidos no valor das cotas → $\text{Contra-Corr.} = (\text{Contra} - \text{Erro dist})$
- Cálculo do nivelamento corrigido através da média das cotas do nivelamento e do contra nivelamento corrigido → $\text{Niv. Corr} = (\text{Nivelamento} + \text{Contra Corr.})/2$.

- Método 2:

- Repetição dos procedimentos anteriores, porém a correção das cotas foi realizada por sub-trecho, ou seja, ao iniciar o nivelamento, as cotas foram corrigidas pelo erro do referido sub-trecho. Exemplo de um sub-trecho:

- Nivelamento: MBM-19 ao MBM-18
- Contra Nivelamento: MBM-18 ao MBM-19 → Distribuição do erro.

- Método 3:

- Correção das cotas através da fórmula:

$$\text{Erro distribuído} = \frac{\text{Erro}}{2 * \text{Número de sub trechos}}$$

- Erro distribuído do Trecho 1 (MBM-19 ao MBM-01):

$$\text{Erro distribuído} = \frac{0,013}{2 * 18} = 0,0003611 \text{ m}$$



- Erro distribuído do Trecho 2 (MBM-19 ao MBM-67):

$$\text{Erro distribuído} = \frac{0,033}{2 * 48} = 0,0003438 \text{ m}$$

- Distribuição acumulativa dos erros ao longo dos sub-trechos → $\text{Correção} = (\text{Erro} * \text{Sequencia do sub trecho})$

- E.g.: Trecho 1:

Sub-trecho MBM-19 = $0,0003611 * 0$ (Início)

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 26 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

Sub-trecho MBM-18 e MBM-18-A = 0,0003611*1

Sub-trecho MBM-17 e MBM-17-A = 0,0003611*2

Sub-trecho MBM-01 e MBM-01-A = 0,0003611*18 (Fim do Trecho1)

- Cálculo do nivelamento corrigido através da subtração do valor de correção na cota do nivelamento → Niv. Corr = (Nivelamento - Correção)

Os métodos 1 e 2 tratam-se de erros aleatórios (não acumulativos) e o método 3 trata-se de erros sistemáticos (acumulativos). Os valores finais de cotas foram obtidos através da média aritmética dos três métodos citados acima os quais podem ser visualizados no Apêndice A deste documento.

3 LEVANTAMENTO DOS PERFIS DE PRAIA

3.1 EQUIPAMENTOS E *SOFTWARES* UTILIZADOS

Os principais equipamentos utilizados para a realização dos levantamentos topo-batimétricos foram: (i) ecobatímetro com transdutor *Odom* (200 KHz); (ii) compensador de movimento triaxial *Teledyne TSS*; e (iii) DGPS-RTK *Trimble R6*.

Para realização dos levantamentos batimétricos, todos estes instrumentos são acoplados a um sistema de navegação e aquisição de dados, o *software* HYPACK.

As especificações de todos os equipamentos utilizados são fornecidas a seguir:

3.1.1 EMBARCAÇÃO

Moto aquática Yamaha Wave-Runner modelo VX-Cruiser, com motor de propulsão de 110hp.

3.1.2 ECOBATÍMETRO

- Ecobatímetro *Odom Hydrographic Echotrac CV 100* - 200 kHz (Figura 6):
 - Resolução: 0,01 m;
 - Exatidão: 0,01 m +/- 0,1% da profundidade em frequência 200 kHz;
 - Range de profundidade: 0,2 - 200 m em frequência 200 kHz;



- Velocidade do som: 1370 a 1700 m/s, resolução de 1 m/s;
 - Relógio interno;
 - Entradas para compensador de movimento e medição da velocidade do som;
 - Saídas para computador externo ou sistema remoto;
 - Dimensões: 450 mm altura x 450 mm largura x 300 mm de profundidade;
 - Peso: 15,9 Kg.
- Transdutor *Odom Hydrographic* modelo *OTSBB200-9* (Figura 6):
 - Frequência: 200 kHz;
 - Largura do *beam*: 4°/20° em frequência 200 kHz;
 - Tipo de cabo: C43 (2-14 AWG) C43;
 - Material da janela acústica: uretano;
 - Peso: 1,0 Kg.



Figura 6. Ecobatímetro *Odom Hydrographic Echotrac CV 100*; e Transdutor *Odom Hydrographic* modelo *OTSBB200-9*.

3.1.3 COMPENSADOR DE MOVIMENTOS

- Compensador de Movimentos *Odom Hydrographic Teledyne TSS* Modelo *DMS-05* (Figura 7);
 - Compensa os movimentos de *heave*, *pitch* e *roll*;

| | | | | |
|--|---|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 28 DE 156 |  |
| | EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | |

- Exatidão do compensador de *heave*: 1 cm ou 5% (período de 0 a 20 s);
- Exatidão *pitch* e *roll*: 0,001°;
- Range máximo: *heave* +/- 10 m; *pitch* e *roll* +/- 60°;
- Taxa de saída de dados digitais: até 200 Hz;
- Taxa de saída de dados analógicos: até 500 Hz;
- Dimensões: 172 mm altura x 99 mm diâmetro;
- Peso: +/- 4,0 Kg.



Figura 7. Compensador de Movimentos *Odom Hydrographic Teledyne TSS DMS-05*.

3.1.4 SISTEMA DE POSICIONAMENTO

- Receptor GPS *Trimble R6 RTK Base* (base fixa). Receptor GPS com antena GPS e rádio UHF integrados em uma única peça. Receptor GPS com 72 canais paralelos e tecnologia R-Track para rastreamento de GPS L1/CA/L2 com suporte para WASS e EGNOS, GLONASS L1/CA/L2 (Figura 8);
- Receptor GPS *Trimble R6 RTK Rover* (base móvel). Receptor GPS, antena GPS e rádio UHF, integrados em uma única peça. Receptor GPS com 72 canais paralelos e tecnologia R-Track para rastreamento de GPS L1/CA/L2 com suporte para WASS e EGNOS, GLONASS L1/CA/L2; Tecnologia de transmissão de dados sem fio, Bluetooth™, integrada. Capacidade de operar com GSM/GPRS para conexão à Internet para operar como *Rover* em uma rede

Trimble VRS (*Virtual Reference Station*); Coletor de dados TSC2 em ambiente *Microsoft Windows Mobile for Pocket PC*, com Bluetooth e Wi-Fi integrados e programa *SurveyController* (Figura 8).



Figura 8: Sistema de posicionamento Trimble R6 RTK.

- Rádio Base UHF *Trimble HPB450*, com 14 canais selecionáveis; Potência configurável em 2 ou 35 W; Seletor de canais integrado, a prova d'água e completamente selado; *Display* de LCD para visualização dos canais, acompanhado de antena de 3 db e cabos de conexão para antena e GPS (Figura 9).



Figura 9: Radio base Trimble HPB 450 usado no sistema Trimble R6 RTK.

- Suporte de coletor para bastão;

- Haste de fibra de carbono de 2 metros;
- Tripé de alumínio de suporte para o rádio externo;
- Tripé de ajuste fino para a base fixa;
- Tripé de alumínio para antena do rádio base;
- Bastão 3,6 m para antena do rádio base;

3.1.5 ACESSÓRIOS RELACIONADOS AOS SERVIÇOS



- Suporte para transdutor *Odom Hydrographic* modelo *OTSBB200*;
- *Junction Box Teledyne Odom Hydrographic TDSI Model 3017*;
- Disco de aferição metálico (*bar check*) com 60 cm de diâmetro e peso total de 4 Kg, recomendado pela *Odom Hydrographic* (Figura 10);
- Computador *Panasonic Toughbook*;
- Cabos de comunicação entre equipamentos (rede, serial e USB).



Figura 10: Disco de aferição do transdutor do ecobatímetro (bar check).

3.1.6 PRINCIPAIS SOFTWARES UTILIZADOS

- *HYPACK 2012a Inc.* desenvolvido pela *Coastal Oceanographics*, específico para navegação, aquisição e processamento de dados batimétricos;

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 31 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

- *ArcGIS® 10.1* (ESRI) utilizado na espacialização das informações (pré e pós-processamento);
- *Global Mapper 12* utilizado na espacialização das informações (pré e pós-processamento);
- *MATLAB 2011a* utilizado no pós-processamento dos dados coletados;
- *AutoCAD 2012* utilizado na confecção dos desenhos.

3.2 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DOS LEVANTAMENTOS TOPO-BATIMÉTRICOS

A realização dos levantamentos topo-batimétricos consiste em duas fases: o levantamento da porção subaérea e o levantamento da porção subaquática da praia, que são descritos com maior detalhamento nos itens subsequentes.

3.2.1 PORÇÃO SUBAÉREA

Os levantamentos na porção subaérea do perfil foram realizados através da marcação de pontos com o equipamento DGPS-RTK. O DGPS-RTK (*Differential Global Positioning System - Real Time Kinematics*) é um sistema que fornece o posicionamento nos três eixos dimensionais (X, Y e Z), a partir de posicionamento por satélites e por diferencial. Este último fornece uma precisão da ordem de 1 cm +/- 2 ppm, para coordenadas planimétricas, e de 1,5 - 2,0 cm +/- 2 ppm, para coordenadas altimétricas (SEEBER, 2003).

O diferencial é gerado a partir de uma base fixa posicionada acima de uma referência de nível (RN), ou monumento, que se comunica com a base móvel a partir de um sinal de rádio que pode atingir até 10.000 m de alcance. O receptor da base fixa é posicionado em um tripé de alumínio e nivelado através de uma base nivelante. Já o receptor da base móvel gera o posicionamento a partir de sua oscilação, podendo repassar o mesmo a uma controladora ou ao *software* HYPACK, sendo acoplada na porção superior de uma haste de fibra de carbono. As alturas, tanto da haste quanto do tripé, são mensuradas com uma trena e corrigidas em termos verticais diretamente na controladora do aparelho.

Quando os levantamentos ocorrem na porção subaérea da praia, os dados de posicionamento são armazenados direto na controladora e transferidos posteriormente ao *software* de tratamento de



dados. Após a correção das alturas relativas, apresentadas na Figura 11, o dado final a ser armazenado é a cota do ponto de coleta, referenciada ao nível médio do mar (NMM). Na Figura 12 é apresentado um exemplo da coleta de dados do perfil subaéreo, mostrando a base fixa sobre o monumento e a aquisição de dados com a base móvel.

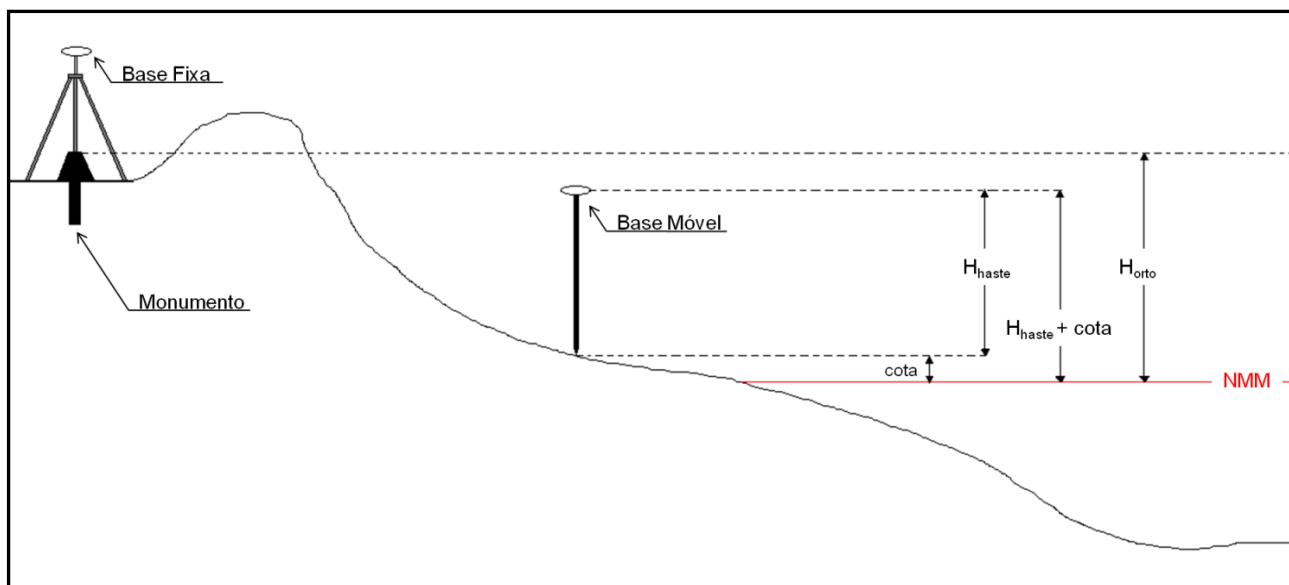




Figura 11: Sistemática de redução de níveis em coleta de dados de perfil subaéreo através do uso de DGPS-RTK.



Figura 12: Base fixa do DGPS-RTK e Rádio base instalados; e coleta de dados de perfil na face da praia.

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 33 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

3.2.2 PORÇÃO SUBAQUÁTICA

Na porção subaquática dos perfis praiais os levantamentos são realizados através da utilização de um ecobatímetro com posicionamento obtido através da base móvel do RTK. O ecobatímetro emite ondas acústicas para a determinação da profundidade, com uma exatidão de até 0,01 m. Esse equipamento possibilita a entrada de dados relativos à velocidade de propagação do som na água e da profundidade (*draft*) do transdutor (sonda que emite e recebe o som, pelo qual a profundidade é determinada em função do tempo entre a emissão e o recebimento do pulso sonoro). De acordo com as especificações técnicas do equipamento, podem ser obtidas medidas de profundidade compreendidas no intervalo de 0,5 a 120 metros. É importante ressaltar que durante a coleta, a velocidade da embarcação deve ser sempre inferior a 4 nós.

Na Figura 13 é apresentado o esquema de instalação e distribuição dos equipamentos na moto aquática. Conforme pode ser observado, o transdutor do ecobatímetro encontra-se na base de uma haste e, no topo desta, é posicionada a base móvel do sistema de posicionamento. A diferença vertical entre os dois equipamentos (*offset*) é entrada como parâmetro de correção no *software* HYPACK de forma a nível ar a base do transdutor em relação ao nível zero do mar (Figura 14). No mesmo eixo é acoplado o compensador de movimentos para medição de *heave*, *pitch* e *roll* relativos ao mesmo setor que se encontram os sensores na embarcação. Da mesma forma, o DGPS-RTK corrige a oscilação do nível do mar em frequência mareal através do posicionamento da base móvel no eixo *z* no mesmo setor em que se posiciona o transdutor, conforme apresentado por Ramos (2007), que trata sobre reduções batimétricas através do método GPS diferencial preciso (DGPS-RTK).

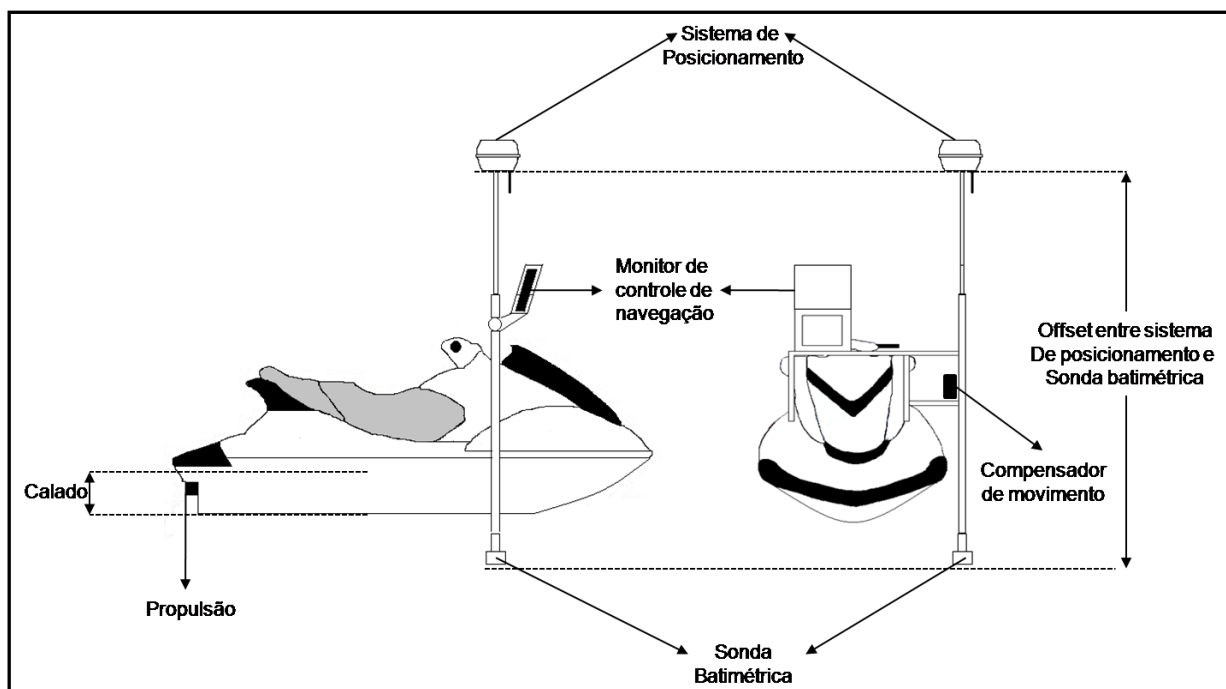


Figura 13: Esquema de distribuição dos equipamentos utilizados nos levantamentos batimétricos com moto aquática.

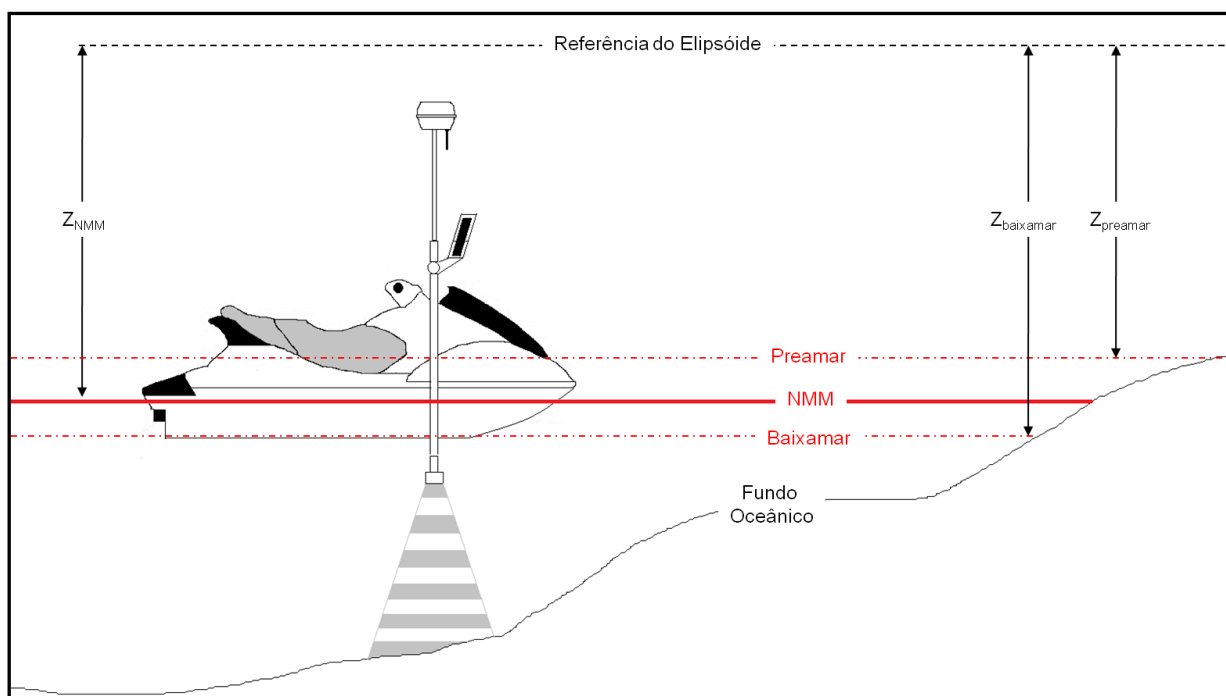


Figura 14: Sistema de aquisição de dados batimétricos através da utilização de moto aquática.

A navegação é realizada a partir de um computador portátil localizado no interior de uma caixa estanque, conectado ao ecobatímetro (localizado em um compartimento na região frontal da embarcação), ao compensador de movimento e ao sistema RTK. Na Figura 15 é apresentada a moto aquática sendo preparada para realização da medição.



Figura 15: Preparação da moto aquática para coleta de dados batimétricos.

Todos os fatores de correção citados acima são incorporados ao *software* HYPACK para determinação das profundidades exatas nos pontos amostrados.

Aferição do Ecobatímetro

A aferição (ajuste) do ecobatímetro é realizada através do procedimento de *bar check*, com a medição da velocidade do som na coluna d'água associada, onde o disco metálico (Figura 10) é posicionado abaixo da sonda em profundidades conhecidas. As profundidades são definidas através da marcação a cada 1 metro no cabo utilizado para o *bar check*.

Levantamento batimétrico na zona de arrebentação

Na zona de arrebentação o levantamento batimétrico é realizado sempre durante a preamar. Isso permite que existam dados de profundidades para um mesmo local (zona de arrebentação)

provenientes tanto do levantamento subaquático como do levantamento subaéreo. Essa coincidência de dados é denominada *overlap*. Durante o processamento dos dados, a junção da porção subaérea com a porção subaquática é feita no *overlap*. Na Figura 16 é apresentado um exemplo de *overlap* entre os dados topográficos e batimétricos para o perfil praiial PBM-01. O *overlap* é também uma medida de controle de qualidade do levantamento batimétrico, uma vez que quanto mais coincidentes os dados de batimetria e topografia, maior a qualidade do levantamento.

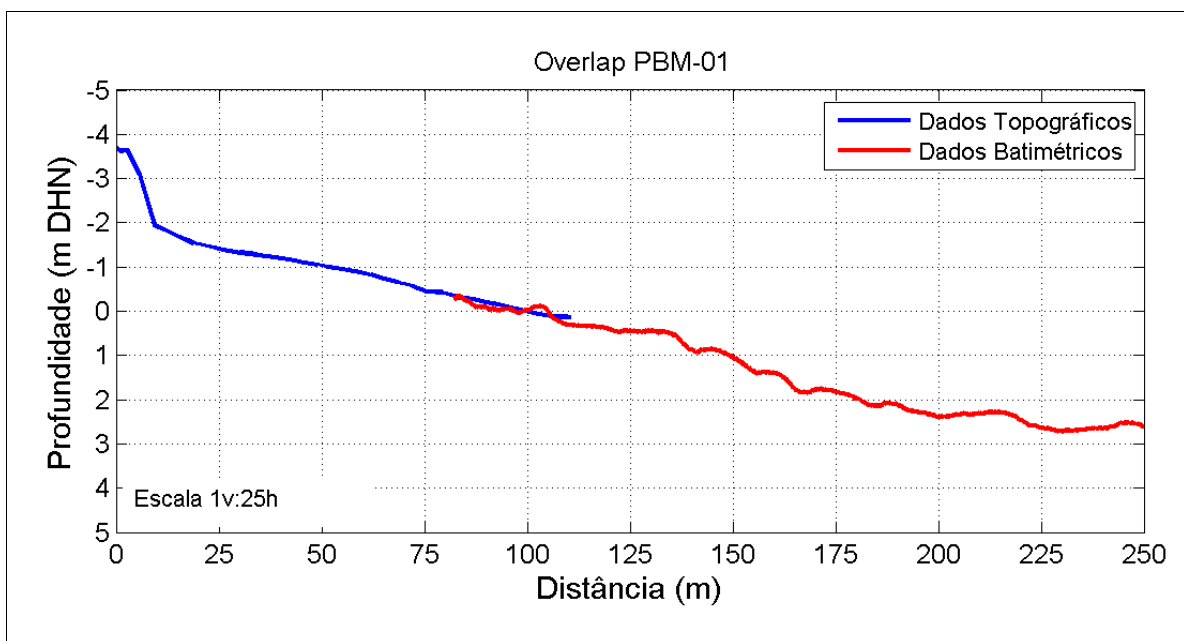


Figura 16: Exemplo de um *overlap* entre dados batimétricos e topográficos do perfil PBM-01.

3.3 PLANO DE LINHAS

Na fase de planejamento, as linhas de sondagem topo-batimétricas foram definidas de acordo com o traçado apresentado na Figura 17 (lado esquerdo), com linhas no sentido transversal à costa. Para tal, cada perfil tem um valor de azimuth em relação ao marco que determina a orientação do perfil perpendicular a linha de costa. Na Figura 17 (lado direito), é apresentado o traçado real percorrido durante o levantamento dos perfis topo-batimétricos realizados. Na Figura 18 é apresentado um zoom dos primeiros perfis, permitindo uma melhor visualização da coincidência entre as linhas executadas e planejadas.

Na Tabela 3 são apresentadas as coordenadas iniciais e os azimutes de cada um dos perfis topo-batimétricos.

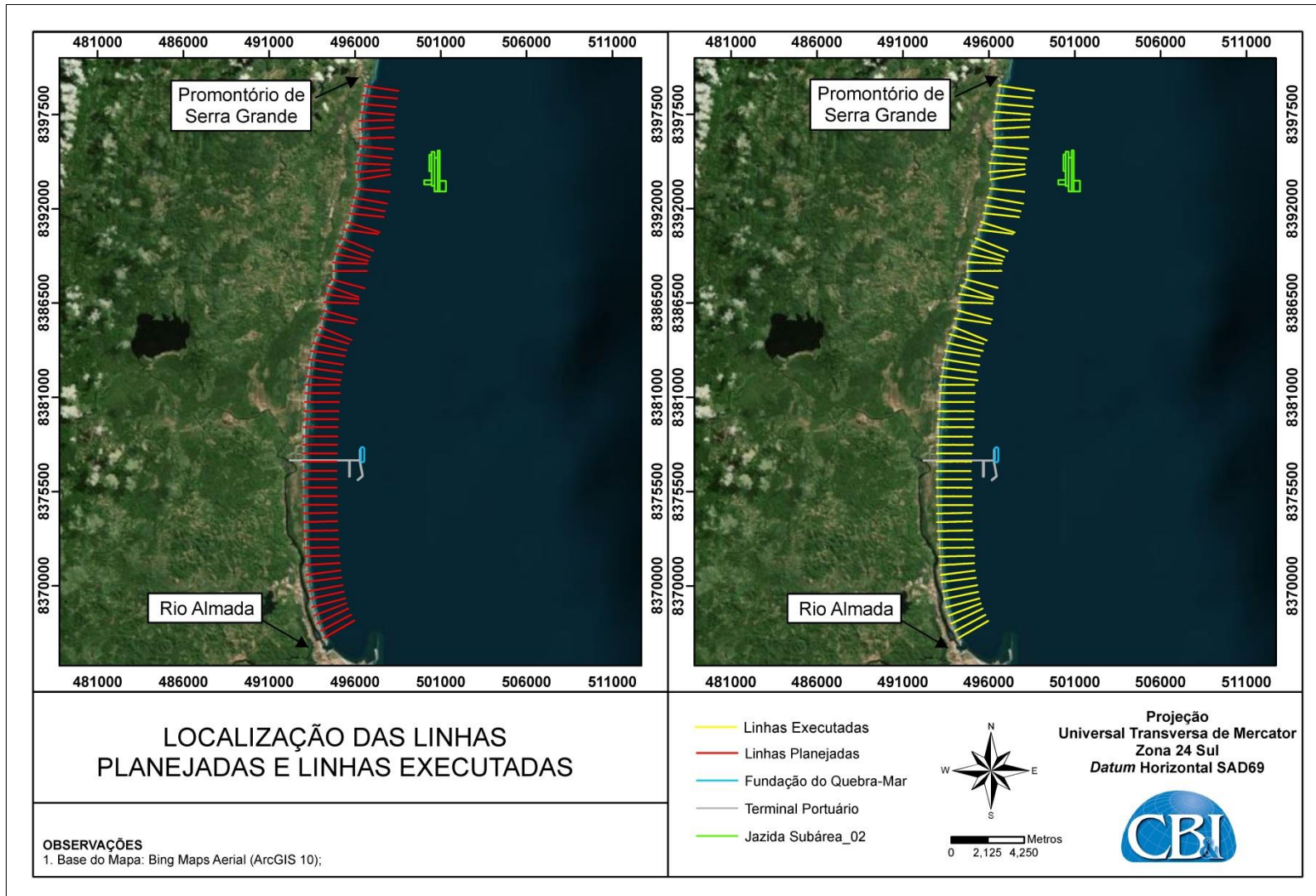


Figura 17: Traçado proposto para o levantamento topo-batimétrico (à direita) e linhas executadas durante o levantamento de campo (à esquerda).

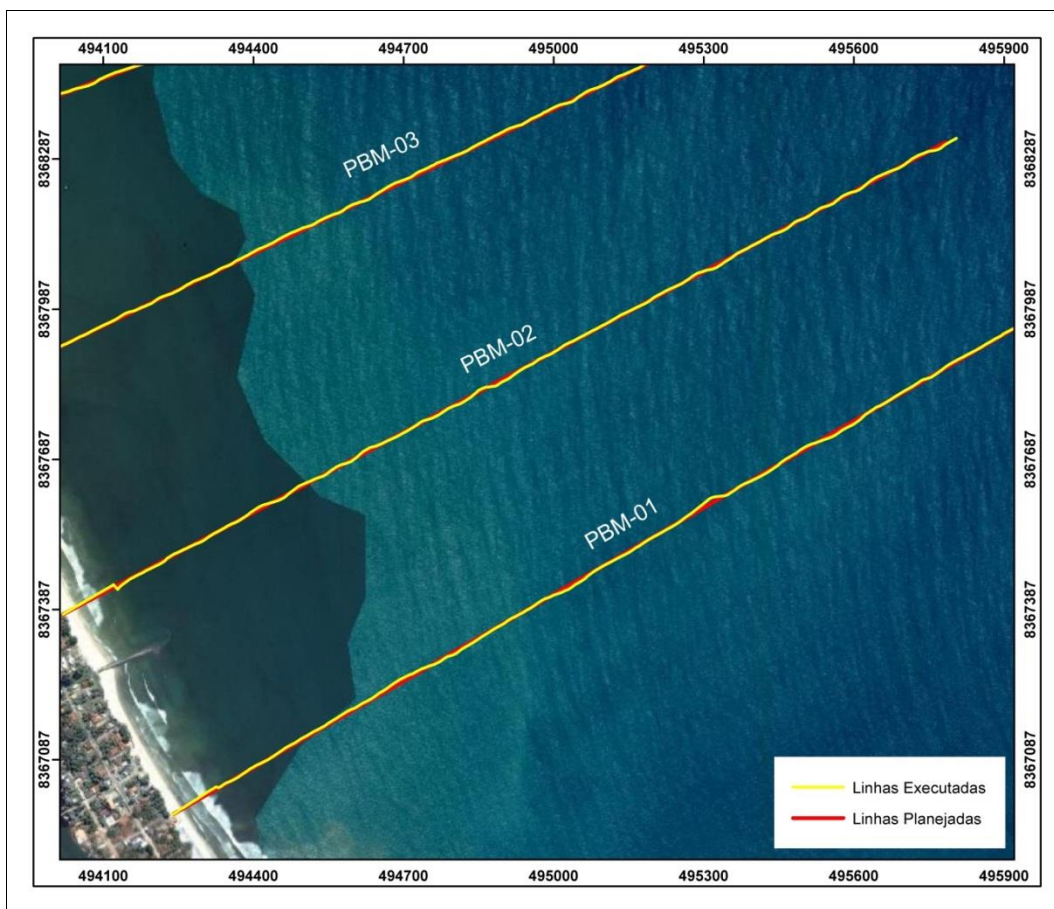


Figura 18: Zoom das linhas planejadas e executadas dos primeiros perfis realizados. Projeção Horizontal UTM, Zona 24S, Datum SAD69.

Tabela 3: Coordenadas iniciais e azimutes dos perfis topo-batimétricos. Coordenadas em metros, Projeção Horizontal UTM, Zona 24 Sul, Datum SAD69 (Doppler).

| NOME DO PERFIL | COORDENADAS INICIAIS DOS PERFIS | | AZIMUTE |
|----------------|---------------------------------|---------------|---------|
| | X | Y | |
| MBM-01 | 494.239,985 | 8.366.977,655 | 56,9 |
| MBM-02 | 494.020,509 | 8.367.377,417 | 59,4 |
| MBM-03 | 493.816,502 | 8.367.816,565 | 62,4 |
| MBM-04 | 493.635,655 | 8.368.270,824 | 68,2 |
| MBM-05 | 493.503,555 | 8.368.760,974 | 74,7 |
| MBM-06 | 493.398,796 | 8.369.250,933 | 78,0 |
| MBM-07 | 493.312,892 | 8.369.692,007 | 79,7 |
| MBM-08 | 493.224,632 | 8.370.236,736 | 83,0 |
| MBM-09 | 493.183,161 | 8.370.646,153 | 82,7 |
| MBM-10 | 493.130,922 | 8.371.217,405 | 86,7 |
| MBM-11 | 493.090,060 | 8.371.719,328 | 88,6 |
| MBM-12 | 493.061,793 | 8.372.221,787 | 89,3 |
| MBM-13 | 493.036,834 | 8.372.718,697 | 90,0 |
| MBM-14 | 493.004,953 | 8.373.204,893 | 88,9 |
| MBM-15 | 492.976,410 | 8.373.725,526 | 88,6 |
| MBM-16 | 492.964,253 | 8.374.225,311 | 88,6 |
| MBM-17 | 492.954,483 | 8.374.722,256 | 90,0 |
| MBM-18 | 492.948,736 | 8.375.233,893 | 90,0 |



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

| NOME DO PERFIL | COORDENADAS INICIAIS DOS PERFIS | | AZIMUTE |
|----------------|---------------------------------|---------------|---------|
| | X | Y | |
| MBM-19 | 492.945,278 | 8.375.734,354 | 90,0 |
| MBM-20 | 492.937,982 | 8.376.222,637 | 90,0 |
| MBM-21 | 492.941,083 | 8.376.704,707 | 90,0 |
| MBM-22 | 492.954,959 | 8.377.257,883 | 90,0 |
| MBM-23 | 492.964,038 | 8.377.729,421 | 90,0 |
| MBM-24 | 492.976,934 | 8.378.232,354 | 90,0 |
| MBM-25 | 492.987,334 | 8.378.713,246 | 90,0 |
| MBM-26 | 493.010,274 | 8.379.262,977 | 90,0 |
| MBM-27 | 493.029,306 | 8.379.726,018 | 90,0 |
| MBM-28 | 493.053,928 | 8.380.188,943 | 90,0 |
| MBM-29 | 493.085,301 | 8.380.731,172 | 90,0 |
| MBM-30 | 493.120,253 | 8.381.251,945 | 90,0 |
| MBM-31 | 493.114,213 | 8.381.732,119 | 90,0 |
| MBM-32 | 493.189,972 | 8.382.231,648 | 96,4 |
| MBM-33 | 493.261,567 | 8.382.728,823 | 97,6 |
| MBM-34 | 493.337,791 | 8.383.223,175 | 99,2 |
| MBM-35 | 493.439,555 | 8.383.713,916 | 98,8 |
| MBM-36 | 493.570,039 | 8.384.187,238 | 103,2 |
| MBM-37 | 493.725,314 | 8.384.683,290 | 106,5 |
| MBM-38 | 493.948,828 | 8.385.107,831 | 113,4 |
| MBM-39 | 494.004,710 | 8.385.606,531 | 98,2 |
| MBM-40 | 494.193,266 | 8.386.065,541 | 105,5 |
| MBM-41 | 494.204,310 | 8.386.550,445 | 92,1 |
| MBM-42 | 494.249,567 | 8.387.038,258 | 99,6 |
| MBM-43 | 494.338,852 | 8.387.533,315 | 110,7 |
| MBM-44 | 494.632,881 | 8.387.884,962 | 105,3 |
| MBM-45 | 494.708,573 | 8.388.367,437 | 90,0 |
| MBM-46 | 494.722,200 | 8.388.879,301 | 92,3 |
| MBM-47 | 494.804,420 | 8.389.387,679 | 102,2 |
| MBM-48 | 494.990,466 | 8.389.849,801 | 110,0 |
| MBM-49 | 495.212,870 | 8.390.283,006 | 112,7 |
| MBM-50 | 495.368,414 | 8.390.777,726 | 97,2 |
| MBM-51 | 495.535,797 | 8.391.225,881 | 107,8 |
| MBM-52 | 495.691,048 | 8.391.733,281 | 96,1 |
| MBM-53 | 495.776,724 | 8.392.192,024 | 99,5 |
| MBM-54 | 495.906,841 | 8.392.660,050 | 100,1 |
| MBM-55 | 496.034,204 | 8.393.177,268 | 95,6 |
| MBM-56 | 496.091,149 | 8.393.696,646 | 81,2 |
| MBM-57 | 496.010,674 | 8.394.135,738 | 85,6 |
| MBM-58 | 496.027,282 | 8.394.653,021 | 92,2 |
| MBM-59 | 496.152,889 | 8.395.153,531 | 96,0 |
| MBM-60 | 496.248,552 | 8.395.643,257 | 94,7 |
| MBM-61 | 496.273,410 | 8.396.112,729 | 88,4 |
| MBM-62 | 496.269,865 | 8.396.643,496 | 86,7 |
| MBM-63 | 496.242,688 | 8.397.130,179 | 88,4 |
| MBM-64 | 496.293,428 | 8.397.643,229 | 94,4 |
| MBM-65 | 496.385,958 | 8.398.130,309 | 95,4 |
| MBM-66 | 496.469,051 | 8.398.618,121 | 95,3 |
| MBM-67 | 496.564,766 | 8.399.169,337 | 98,2 |

3.4 OFFSETS DOS EQUIPAMENTOS

Na Tabela 4 são apresentados os *offsets* utilizados no levantamento da parte emersa dos perfis praiais. Estes *offsets* foram inseridos na controladora do DGPS-RTK durante o processo de configuração do equipamento. Dessa forma, estes valores são automaticamente descontados dos dados coletados.

Tabela 4. *Offsets* dos equipamentos utilizados durante o levantamento da parte emersa dos perfis praiais.

| <i>OFFSET</i> | VERTICAL |
|-------------------------|----------|
| BASE (DGPS-RTK) | 1,415 m |
| ROVER (DGPS-RTK) | 2,055 m |

Na Tabela 5 são apresentados os *offsets* utilizados no levantamento da parte submersa dos perfis de praia. Os valores de *offset* (X, Y e Z) apresentados na tabela, são inseridos no *software* de aquisição e navegação (HYPACK) para posterior correção dos dados durante o processamento dos mesmos. Já o valor do *Draft* é inserido diretamente no ecobatímetro para que o registro batimétrico contemple toda a coluna d'água.

Tabela 5. *Offsets* dos equipamentos utilizados para o levantamento da parte submersa dos perfis praiais.

| <i>OFFSET</i> | X | Y | Z | DRAFT |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| DGPS-RTK | 0,00 m | 0,05 m | 1,82 m | ----- |
| TRANSDUTOR (Ecobatímetro) | 0,00 m | 0,00 m | 0,00 m | 0,34 m |
| MRU (Compensador de Movimentos) | 0,12 m | 0,01 m | 0,00 m | ----- |

3.5 DADOS DE MARÉ

Foram utilizados no tratamento dos perfis batimétricos medidos os dados de maré coletados com o método de “*RTK tide*”, apresentados da Figura 19 a Figura 25.

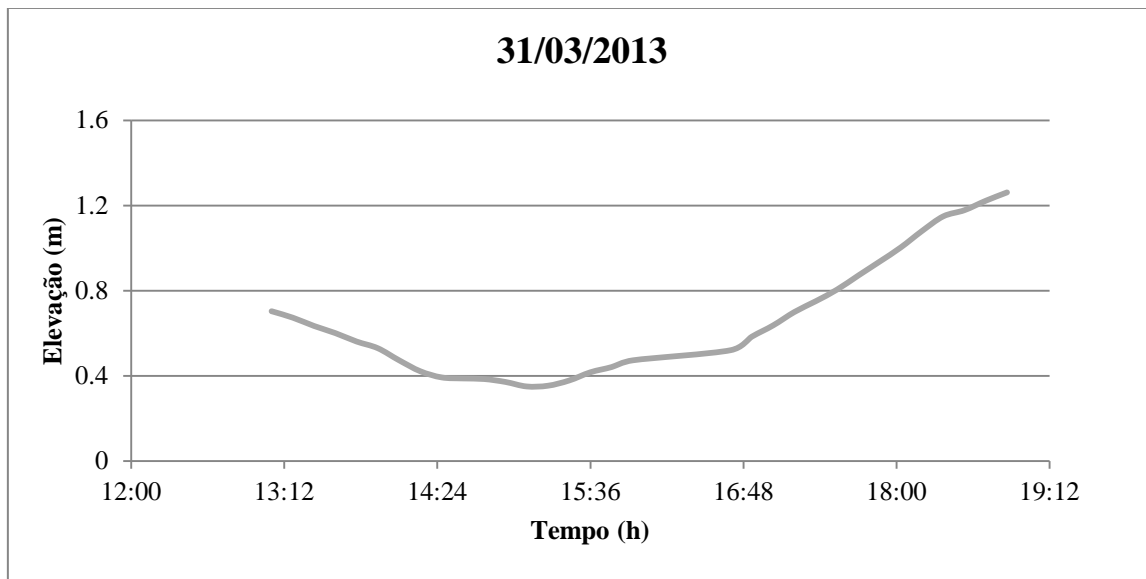


Figura 19. Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 31 de março de 2013 (UTC).

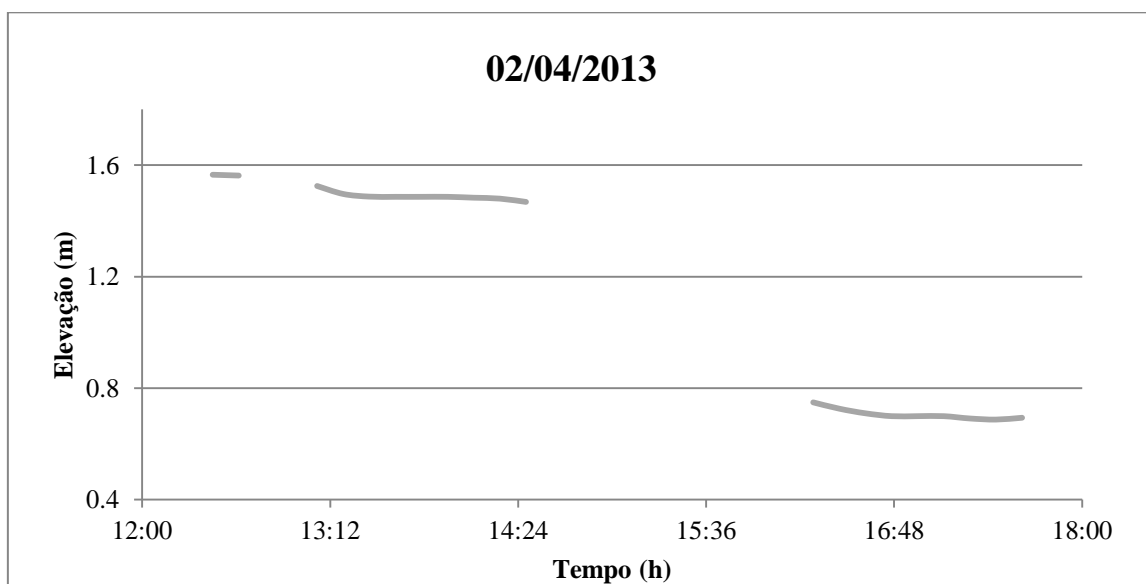


Figura 20. Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 02 de abril de 2013 (UTC).

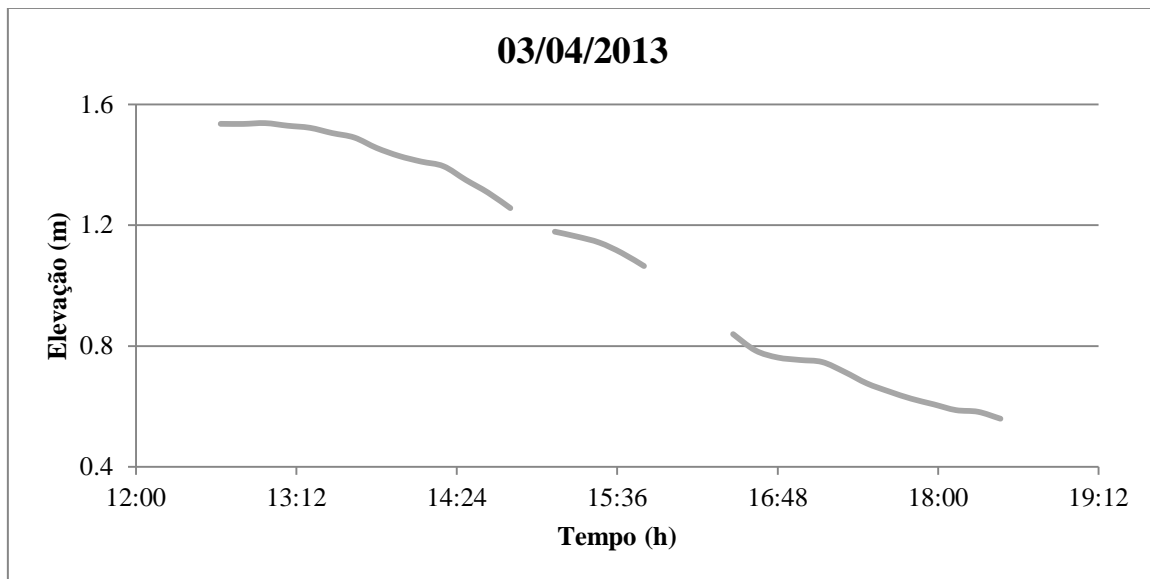


Figura 21: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 03 de abril de 2013 (UTC).

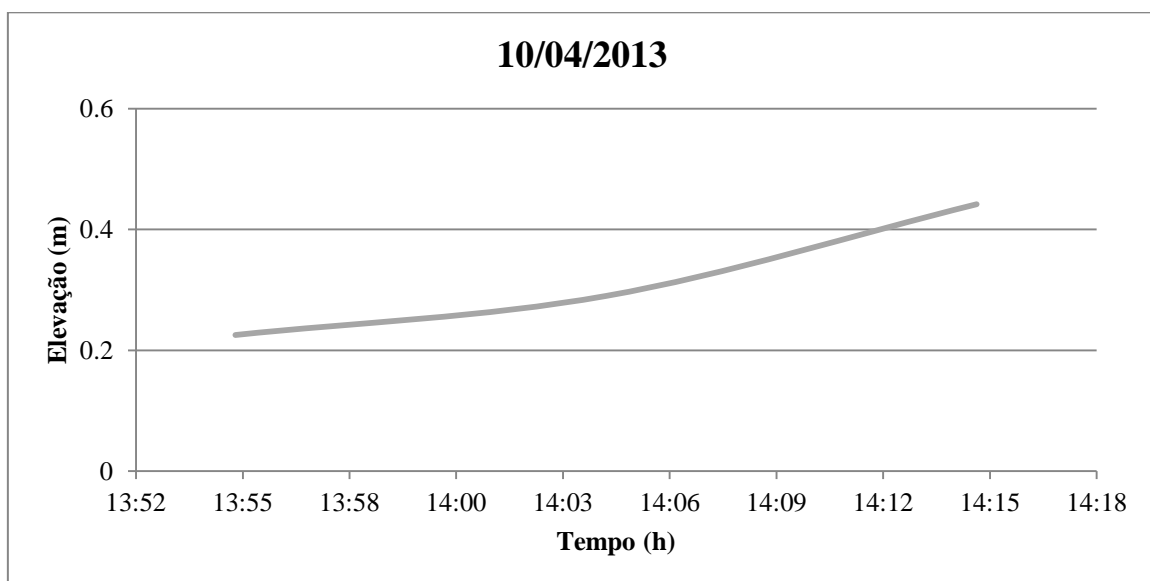


Figura 22: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 10 de abril de 2013 (UTC).

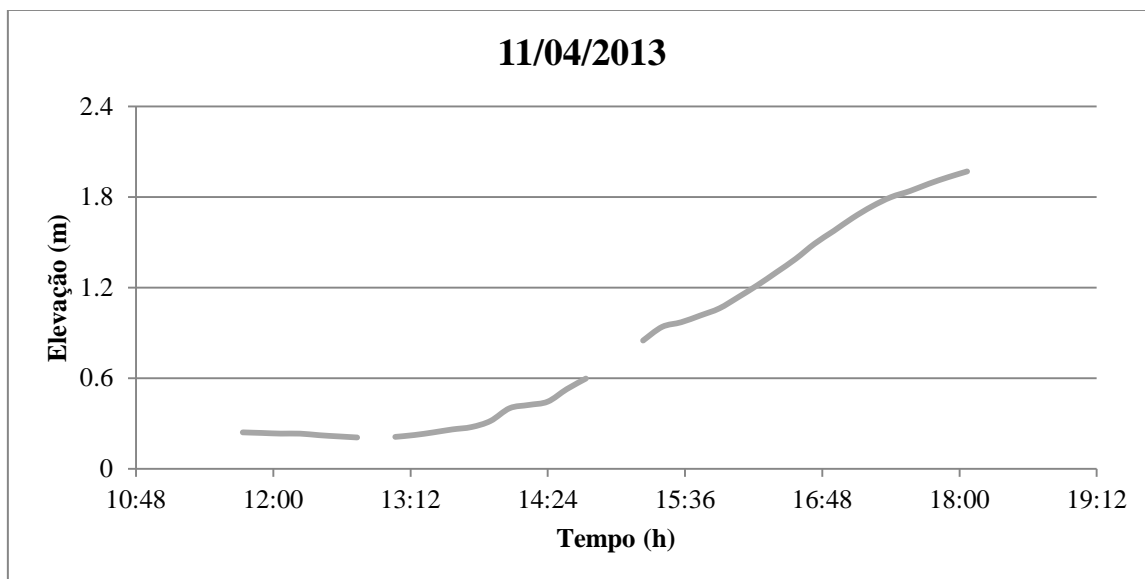


Figura 23: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 11 de abril de 2013 (UTC).

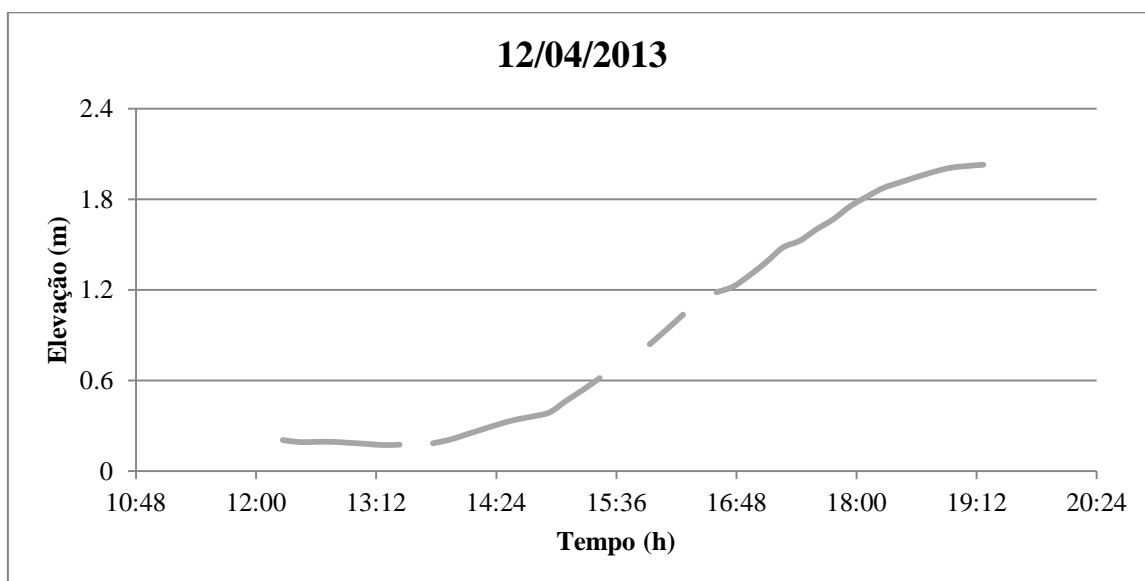


Figura 24: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 12 de abril de 2013 (UTC).

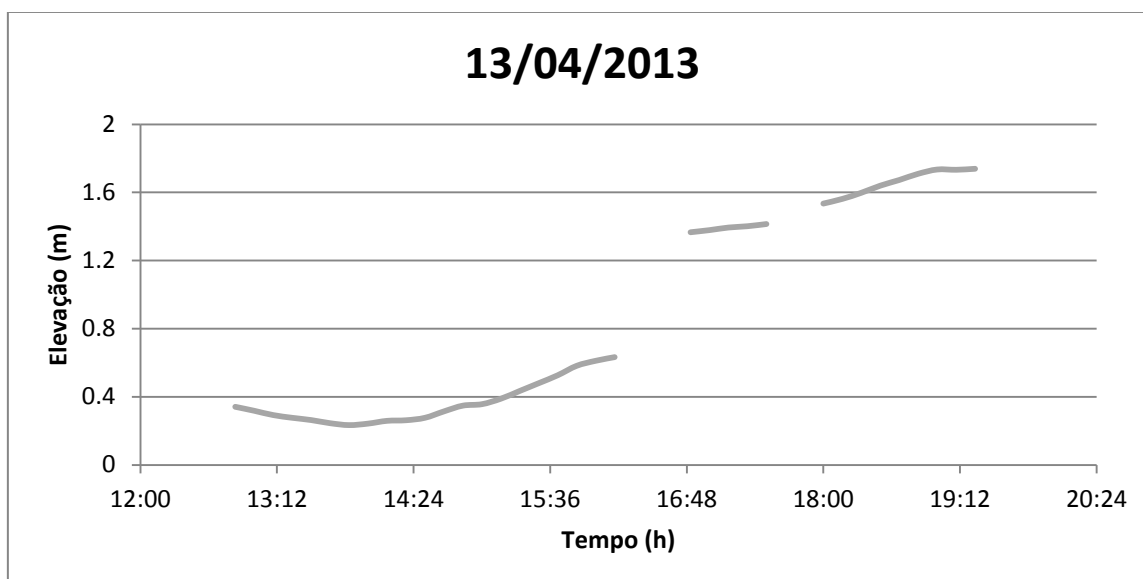


Figura 25: Dados de maré adquiridos durante o levantamento topo-batimétrico no dia 13 de abril de 2013 (UTC).

3.6 COLETA DE SEDIMENTOS

Foram coletadas amostras de sedimento superficial ao longo da praia, aproximadamente a cada 1 km, na zona de espraiamento dos perfis topo-batimétricos, totalizando 34 amostras de sedimentos. A coleta de sedimentos foi realizada com auxílio de um tubo de amostragem de plástico, sendo coletados aproximadamente 500 g de sedimentos. As amostras foram acondicionadas em um saco plástico do tipo *zip loc*, previamente identificado.

Na Tabela 6 são apresentadas as coordenadas dos pontos de coleta das amostras de sedimento os quais foram obtidos com auxílio do RTK. Na Figura 26 é apresentada a localização dos pontos de coleta das amostras de sedimento. A nomenclatura dos pontos amostrais de sedimentos seguiu a mesma numeração dos perfis correspondentes onde estas foram coletadas.



| | | | | |
|--|---|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 45 DE 156 |  |
| | EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA | | | |
| PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

Tabela 6. Localização dos pontos de coleta de sedimento na zona de espreadimento, para os perfis ímpares de PBM-01 a PBM-67. Coordenadas em metros, Projeção Horizontal UTM, Zona 24 Sul, Datum SAD69 (Doppler).

| PERFIL | COORDENADA X | COORDENADA Y | PROF.(M) | PERFIL | COORDENADA X | COORDENADA Y | PROF.(M) |
|--------|--------------|--------------|----------|--------|--------------|--------------|----------|
| SBM-01 | 494283,70 | 8367006,28 | 0,98 | SBM-35 | 493506,09 | 8383704,78 | 1,25 |
| SBM-03 | 493866,94 | 8367843,32 | 0,73 | SBM-37 | 493773,81 | 8384668,68 | 1,54 |
| SBM-05 | 493554,15 | 8368774,75 | 1,09 | SBM-39 | 494053,80 | 8385599,48 | 1,55 |
| SBM-07 | 493369,18 | 8369702,21 | 0,82 | SBM-41 | 494383,39 | 8386546,87 | 0,64 |
| SBM-09 | 493243,29 | 8370653,56 | 0,94 | SBM-43 | 494513,26 | 8387465,63 | 0,7 |
| SBM-11 | 493170,55 | 8371721,06 | 0,77 | SBM-45 | 494803,69 | 8388367,84 | 0,4 |
| SBM-13 | 494617,19 | 8372718,83 | 0,97 | SBM-48 | 494803,76 | 8389387,91 | 0,81 |
| SBM-15 | 493063,84 | 8373727,49 | 0,71 | SBM-49 | 495317,90 | 8390238,16 | 0,62 |
| SBM-17 | 493822,08 | 8374722,77 | 0,25 | SBM-51 | 495630,68 | 8391194,50 | 1,12 |
| SBM-19 | 492972,80 | 8375734,57 | 1,16 | SBM-53 | 495837,50 | 8392181,59 | 1,22 |
| SBM-21 | 494795,19 | 8376705,20 | 0,81 | SBM-55 | 496107,39 | 8393169,72 | 0,96 |
| SBM-23 | 493073,00 | 8377729,94 | 0,23 | SBM-57 | 496107,99 | 8394143,01 | 0,98 |
| SBM-25 | 493003,75 | 8378713,59 | 0,56 | SBM-59 | 496224,31 | 8395145,77 | 1,2 |
| SBM-27 | 493051,92 | 8379726,31 | 1,14 | SBM-61 | 496338,99 | 8396114,33 | 1,42 |
| SBM-29 | 493155,47 | 8380731,33 | 1,09 | SBM-63 | 496308,34 | 8397132,11 | 1,77 |
| SBM-31 | 493122,10 | 8381732,36 | 0,76 | SBM-65 | 496467,07 | 8398122,40 | 1,12 |
| SBM-33 | 493329,26 | 8382719,31 | 1,2 | SBM-67 | 496634,79 | 8399156,82 | 1,62 |

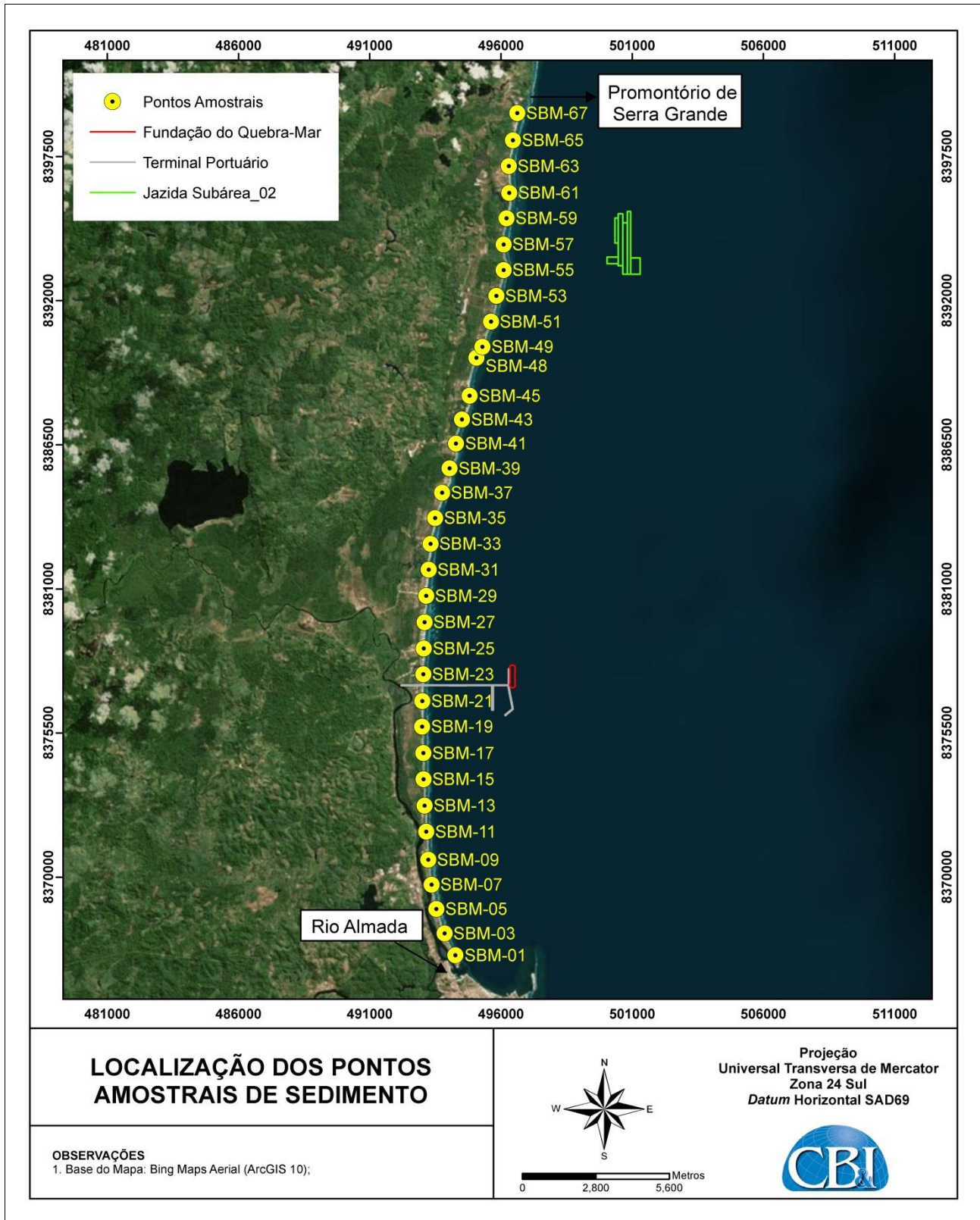




Figura 26: Localização dos pontos de coleta de amostras de sedimento.

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 47 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

3.6.1 ANALISE DOS SEDIMENTOS

O caracterização granulométrica foi realizada conforme os seguintes procedimentos:

- *Quarteamento*: a amostra foi dividida e retirou-se uma porção de aproximadamente 100 g para análise;
- *Lavagem*: a amostra bruta foi lavada utilizando-se um Becker de 1000 ml e água destilada para retirada dos sais solúveis. O tempo de repouso para lavagem foi o necessário para decantação dos sedimentos finos, com repetição do processo, quando necessário;
- *Secagem*: as amostras foram introduzidas em uma estufa, em temperatura aproximada de 60°C, até a retirada completa da umidade;
- *Pesagem inicial*: a amostra já seca foi pesada em balança de precisão para determinação do peso inicial;
- *Peneiramento a seco (tamisação)*: as amostras foram submetidas ao processo de tamisação a intervalo de 1 de Phi (ϕ), na escala de WENTWORTH (1922), que consiste na passagem da amostra em um jogo de peneiras com diferentes diâmetros de malha, através de agitação mecânica, durante 10 minutos. O material retido em cada peneira foi pesado, para se obter o percentual de cada fração;
- *Tratamento dos dados*: após o peneiramento e pesagem de cada fração retida nas peneiras, calculou-se a frequência de ocorrência de cada fração, e estes resultados foram analisados segundo os parâmetros descritos por FOLK & WARD (1957).

3.7 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O cronograma das atividades desenvolvidas durante a campanha de levantamentos de dados de perfil de praia é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Cronograma das atividades desenvolvidas durante a campanha de levantamentos de dados de perfil de praia realizada entre a foz do Rio Almada (Ilhéus) e o promontório de Serra Grande (Uruçuca), realizada entre os dias 01 de Janeiro a 20 de Abril de 2013.

| DATA | ATIVIDADES |
|-----------------------------------|--|
| 01 a 31 de Janeiro de 2013 | Instalação dos marcos topográficos |
| 20 de Março de 2013 | Reconhecimento dos marcos topográficos |
| 11 a 25 Março de 2013 | Mobilização, aquisição de materiais, organização e planejamento das atividades |
| 26 de Março a 15 de Abril de 2013 | Levantamento dos perfis subaéreo, submerso e amostragem de sedimentos |
| 16 a 20 de Abril de 2013 | Limpeza e organização de materiais, documentos e desmobilização |

4 RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTOS DE PERFIL DE PRAIA

Os resultados dos perfis topo-batimétricos medidos em campo são produto do processamento dos dados brutos obtidos em campo, por meio do uso de *softwares* de processamento de dados, tais como *Hypack* e *Matlab*. Na Tabela 8 são apresentadas as extensões dos perfis topo-batimétricos medidos batimétrico entre a foz do Rio Almada e o promontório de Serra Grande, nos municípios de Ilhéus e Uruçuca/BA, respectivamente. No total foram percorridos 138.732,16 metros, totalizando 67 perfis.



Tabela 8. Extensão dos perfis topo-batimétricos medidos batimétrico entre a foz do Rio Almada e o promontório de Serra Grande, nos municípios de Ilhéus e Uruçuca/BA, respectivamente.

| PERFIL | PERFIL EMERSO(M) | PERFIL SUBMERSO (M) | PERFIL | PERFIL EMERSO(M) | PERFIL SUBMERSO (M) |
|--------|------------------|---------------------|--------|------------------|---------------------|
| PBM-01 | 110,74 | 1.894,26 | PBM-35 | 136,54 | 1.936,17 |
| PBM-02 | 117,09 | 1.929,27 | PBM-36 | 126,16 | 2.012,68 |
| PBM-03 | 117,66 | 1.916,95 | PBM-37 | 135,42 | 1.916,95 |
| PBM-04 | 139,36 | 1.902,59 | PBM-38 | 164,19 | 1.936,82 |
| PBM-05 | 126,80 | 1.903,00 | PBM-39 | 148,40 | 1.987,39 |
| PBM-06 | 102,33 | 1.923,83 | PBM-40 | 186,41 | 1.958,51 |
| PBM-07 | 135,77 | 1.913,60 | PBM-41 | 179,28 | 1.844,28 |
| PBM-08 | 131,30 | 1.910,82 | PBM-42 | 193,22 | 1.849,97 |
| PBM-09 | 111,83 | 1.912,85 | PBM-43 | 289,44 | 1.744,10 |
| PBM-10 | 123,80 | 1.901,44 | PBM-44 | 191,79 | 1.774,19 |
| PBM-11 | 159,86 | 1.911,57 | PBM-45 | 173,67 | 1.876,99 |
| PBM-12 | 130,88 | 1.939,90 | PBM-46 | 188,70 | 1.846,06 |
| PBM-13 | 153,45 | 1.883,31 | PBM-47 | 179,73 | 1.868,21 |
| PBM-14 | 165,77 | 1.873,91 | PBM-48 | 165,55 | 1.878,79 |
| PBM-15 | 168,25 | 1.879,72 | PBM-49 | 177,14 | 1.861,49 |
| PBM-16 | 168,52 | 1.868,97 | PBM-50 | 184,55 | 1.878,70 |
| PBM-17 | 174,04 | 1.924,57 | PBM-51 | 179,61 | 1.898,30 |
| PBM-18 | 144,80 | 1.893,80 | PBM-52 | 177,78 | 1.932,02 |
| PBM-19 | 118,72 | 1.954,01 | PBM-53 | 170,14 | 1.945,16 |
| PBM-20 | 153,20 | 1.900,83 | PBM-54 | 156,18 | 2.001,95 |
| PBM-21 | 176,96 | 1.836,52 | PBM-55 | 148,62 | 1.906,61 |
| PBM-22 | 174,41 | 1.859,79 | PBM-56 | 194,09 | 1.895,98 |
| PBM-23 | 175,79 | 1.854,07 | PBM-57 | 198,24 | 1.896,98 |
| PBM-24 | 181,02 | 1.925,79 | PBM-58 | 200,42 | 1.889,58 |
| PBM-25 | 182,48 | 1.855,67 | PBM-59 | 203,45 | 1.851,65 |
| PBM-26 | 132,47 | 1.991,59 | PBM-60 | 209,99 | 1.858,94 |
| PBM-27 | 121,00 | 1.955,23 | PBM-61 | 153,82 | 1.901,60 |
| PBM-28 | 151,05 | 1.926,79 | PBM-62 | 163,27 | 1.943,63 |
| PBM-29 | 135,60 | 1.911,10 | PBM-63 | 162,58 | 1.996,57 |
| PBM-30 | 143,07 | 1.935,68 | PBM-64 | 185,91 | 1.980,04 |
| PBM-31 | 223,29 | 1.813,67 | PBM-65 | 158,54 | 2.063,54 |
| PBM-32 | 169,42 | 2.024,99 | PBM-66 | 185,61 | 1.880,22 |
| PBM-33 | 139,74 | 1.912,11 | PBM-67 | 763,98 | 1.338,79 |
| PBM-34 | 143,40 | 2.001,61 | | | |

Os dados brutos foram submetidos a uma análise de qualidade e consistência utilizando o *software HYPACK*. Uma vez que o intervalo de aquisição dos dados foi de 0,1 segundo, fez-se necessária uma suavização dos perfis através de um filtro de média móvel, devido ao grande volume de dados. Todos os perfis foram referenciados ao nível de referência DHN e ao datum horizontal SAD69 (Doppler).

Da Figura 27 a Figura 93 são apresentados os resultados dos perfis de praia levantados durante a campanha. A partir do perfil PBM-36 são verificadas elevações no fundo marinho, em decorrência das formações recifais observadas na região de estudo. Estas possuem comprimento variável de dezenas a centenas de metros, podendo atingir até 7 metros de altura do fundo.

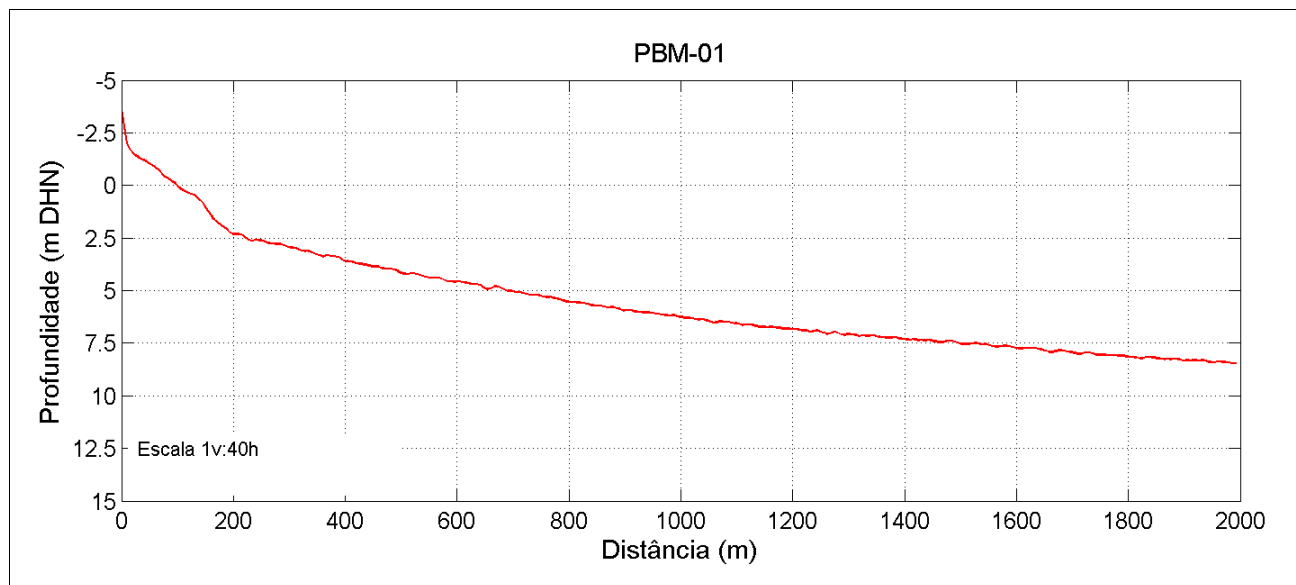


Figura 27. Topo-batimetria do perfil PBM-01.

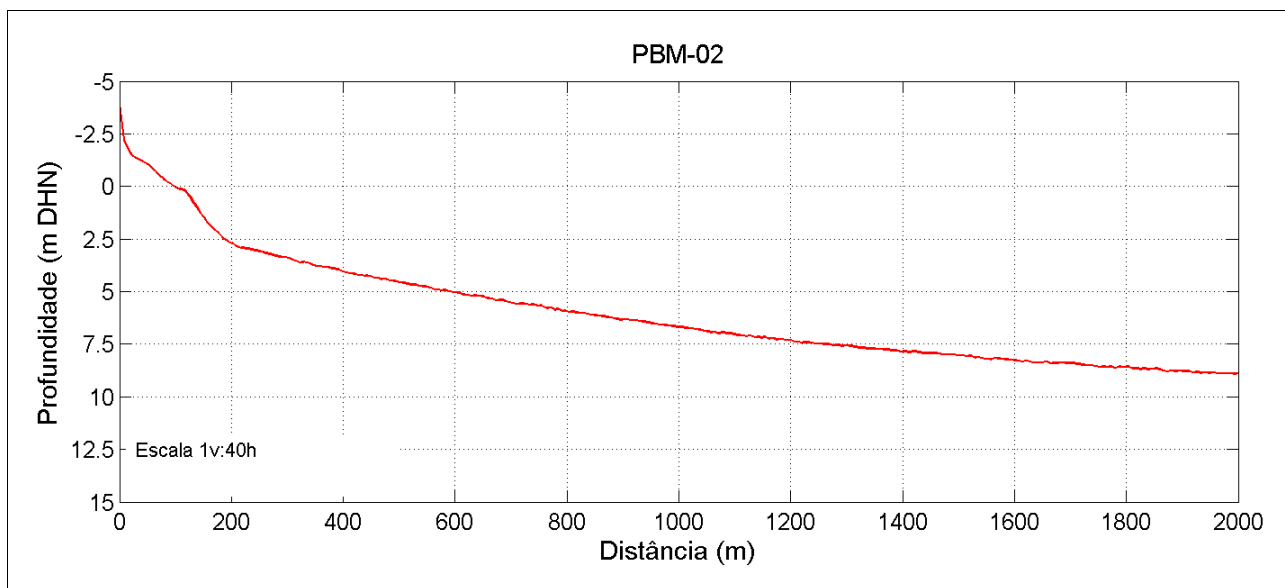


Figura 28. Topo-batimetria do perfil PBM-02.

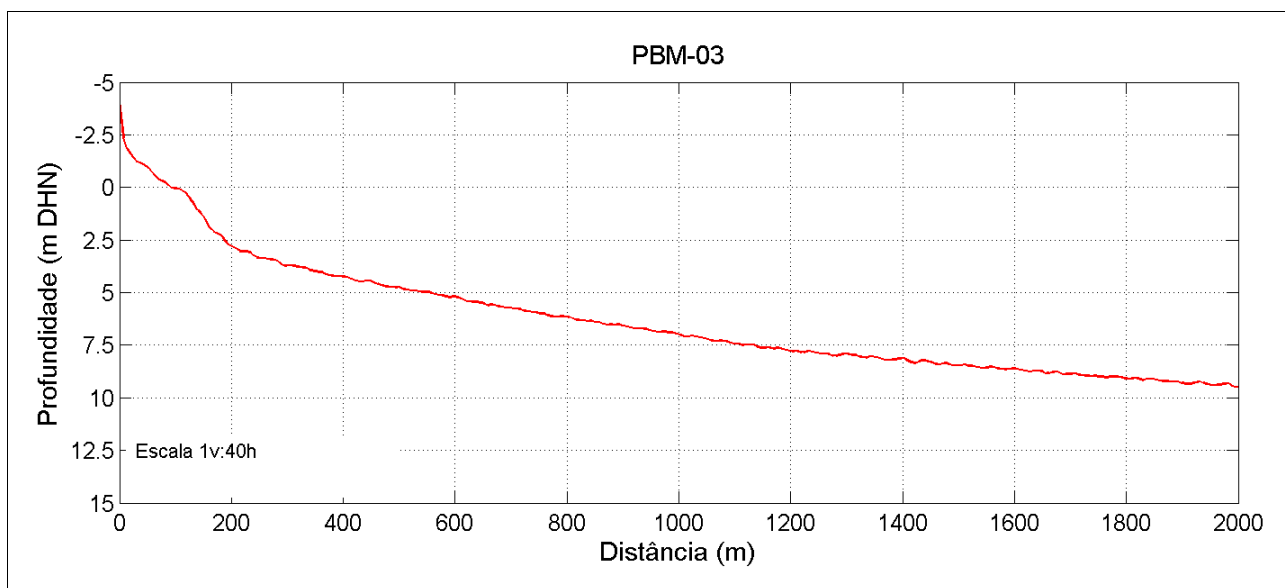


Figura 29. Topo-batimetria do perfil PBM-03.

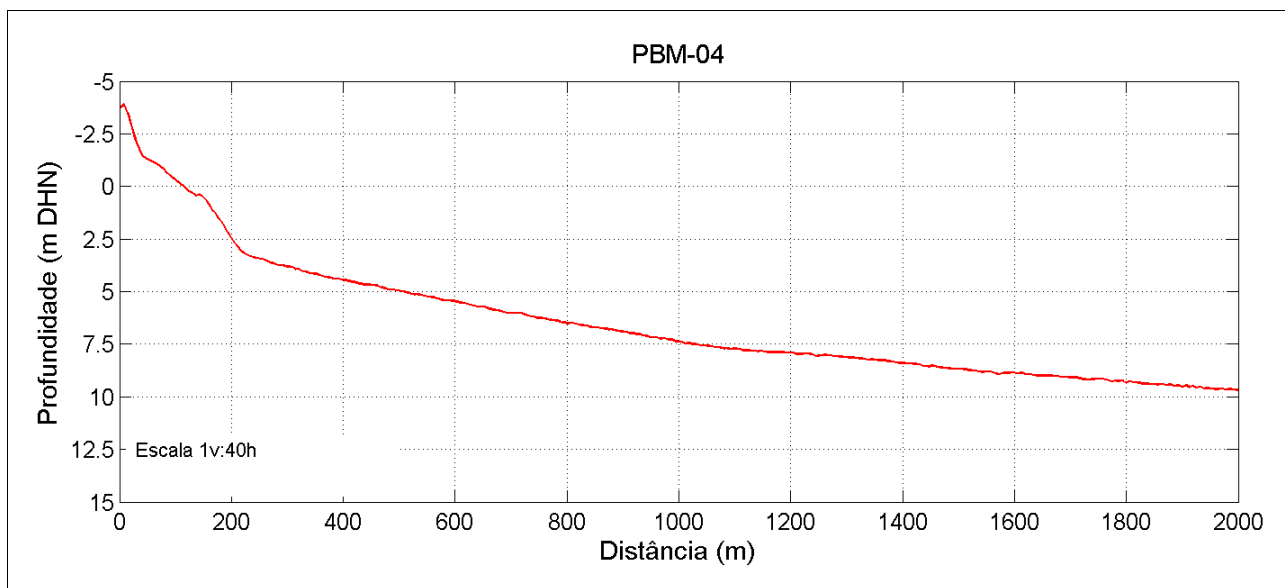


Figura 30: Topo-batimetria do perfil PBM-04.

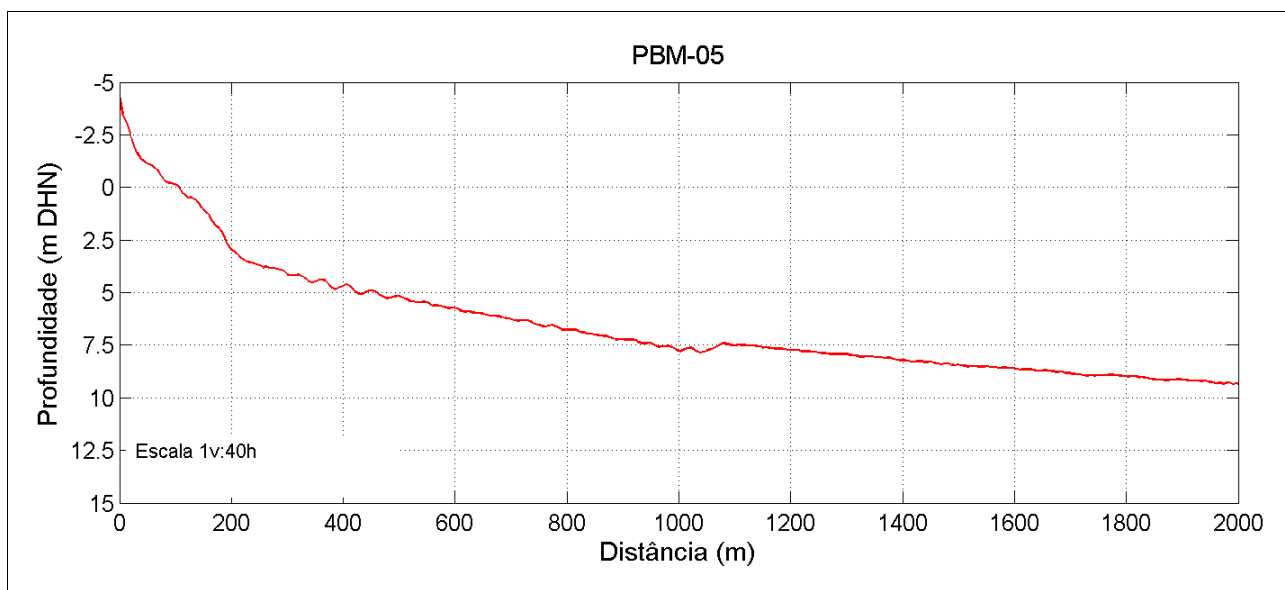


Figura 31: Topo-batimetria do perfil PBM-05.

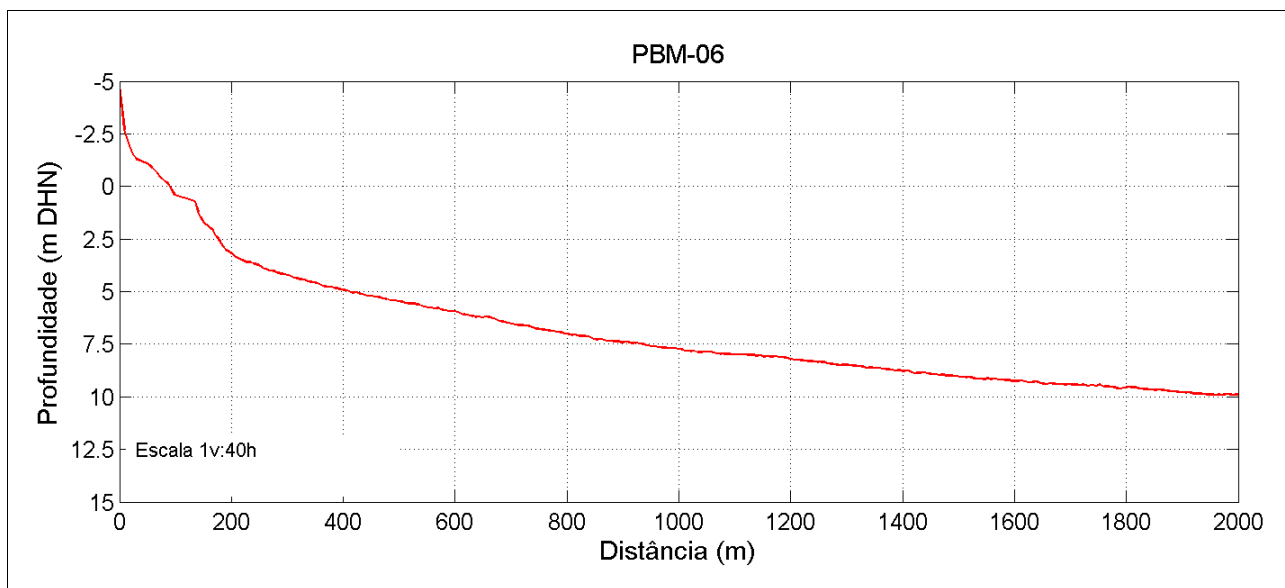


Figura 32: Topo-batimetria do perfil PBM-06.

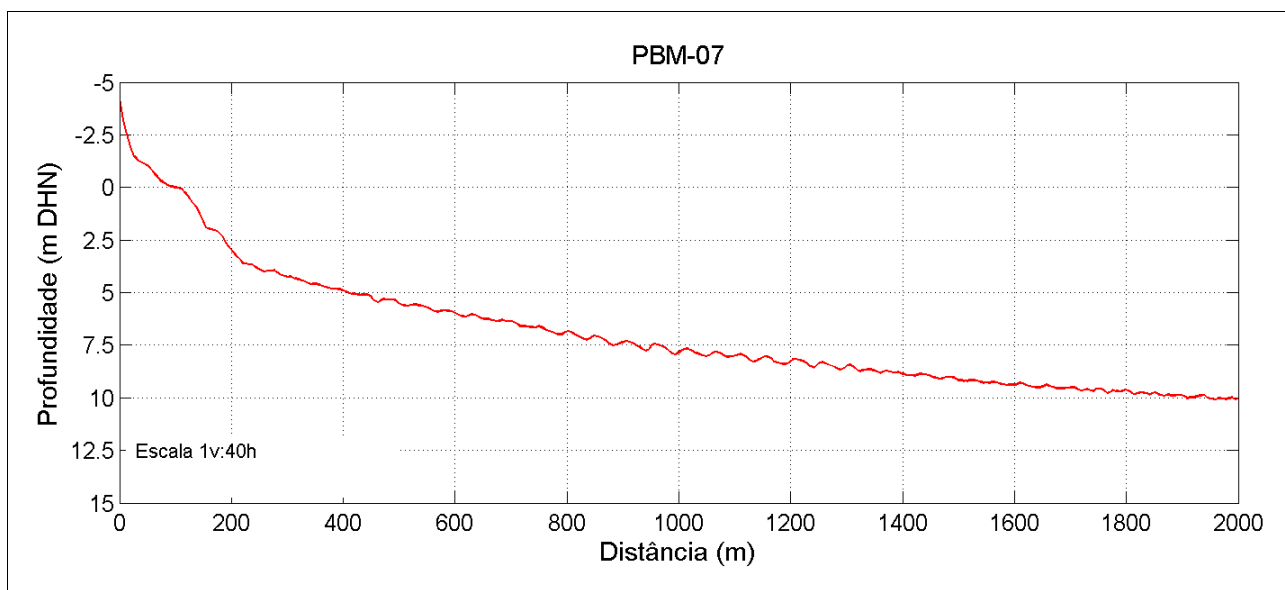


Figura 33: Topo-batimetria do perfil PBM-07.

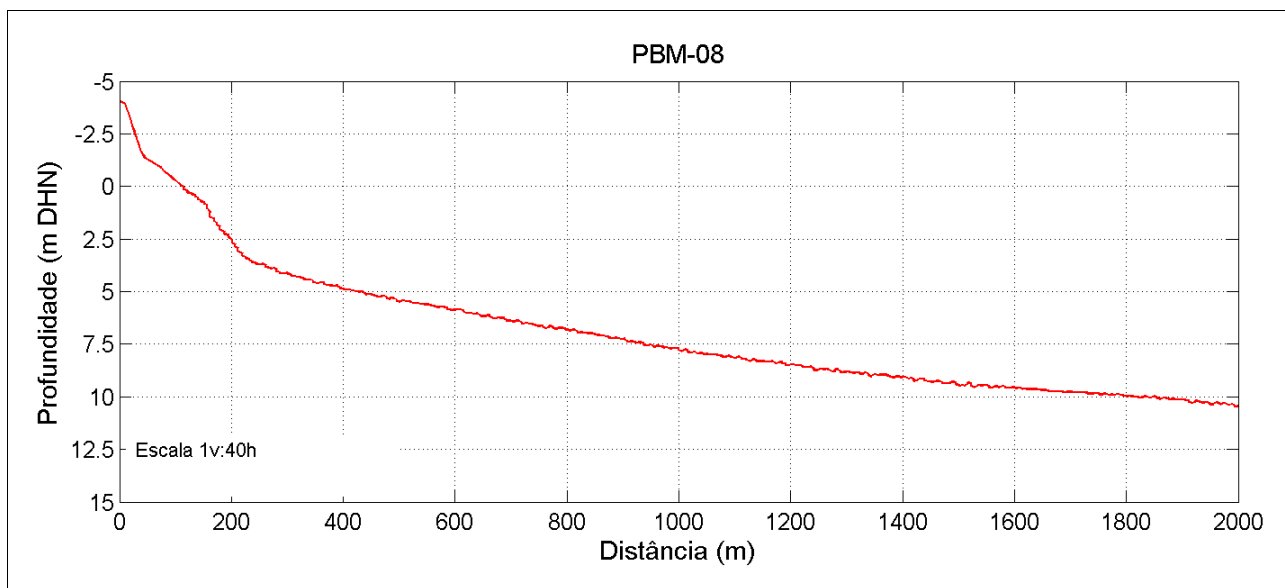


Figura 34: Topo-batimetria do perfil PBM-08.

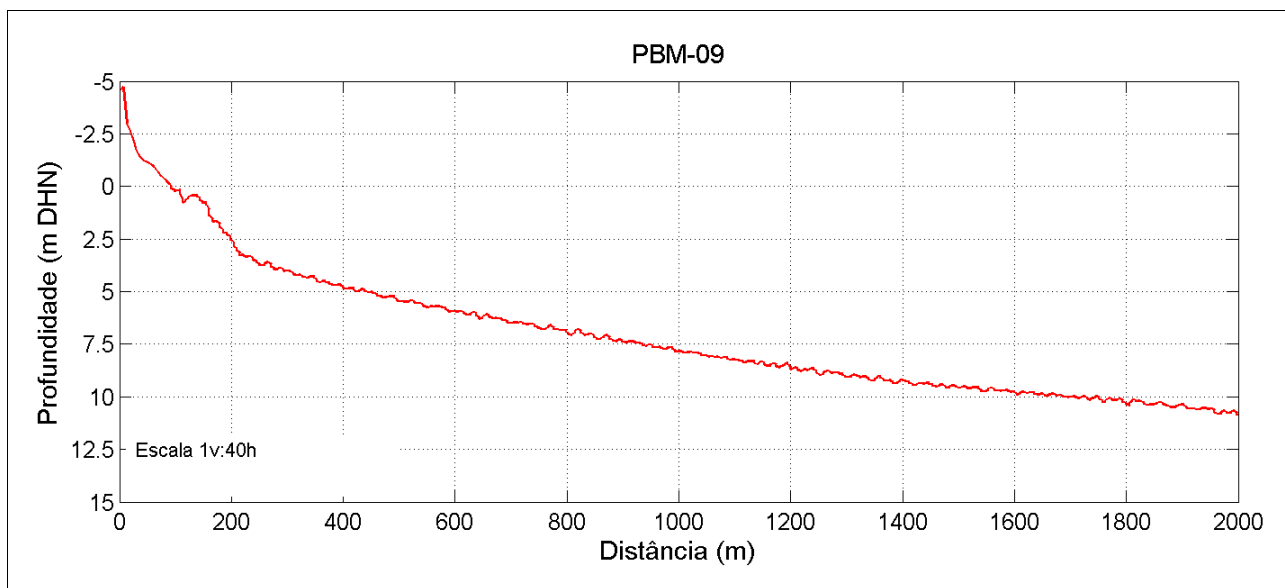


Figura 35: Topo-batimetria do perfil PBM-09.

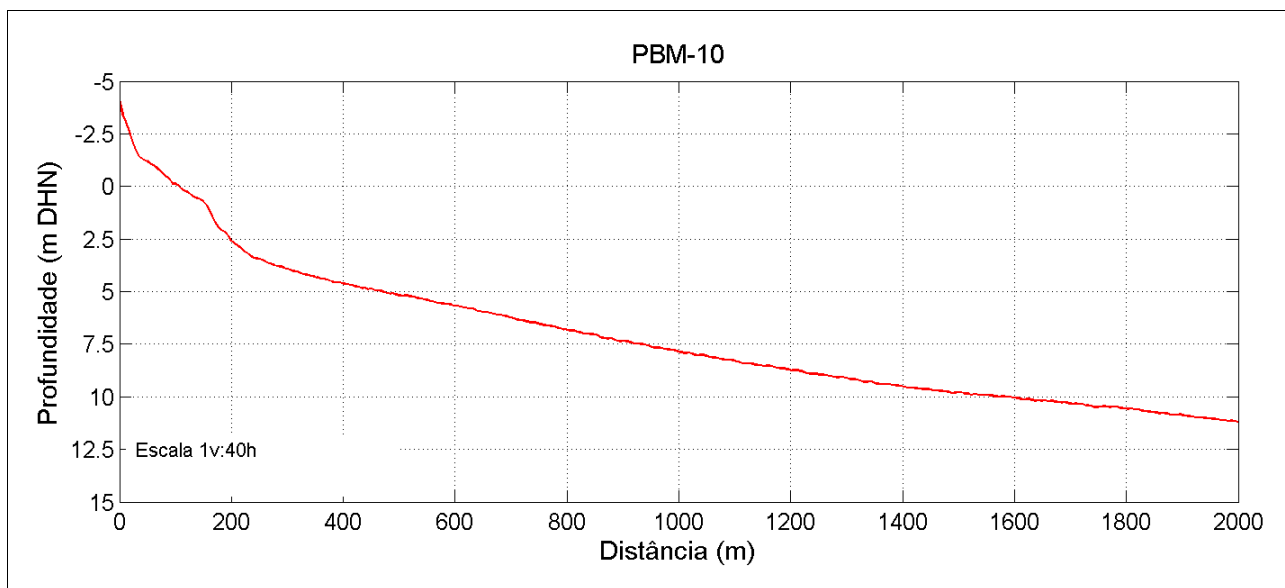


Figura 36: Topo-batimetria do perfil PBM-10.

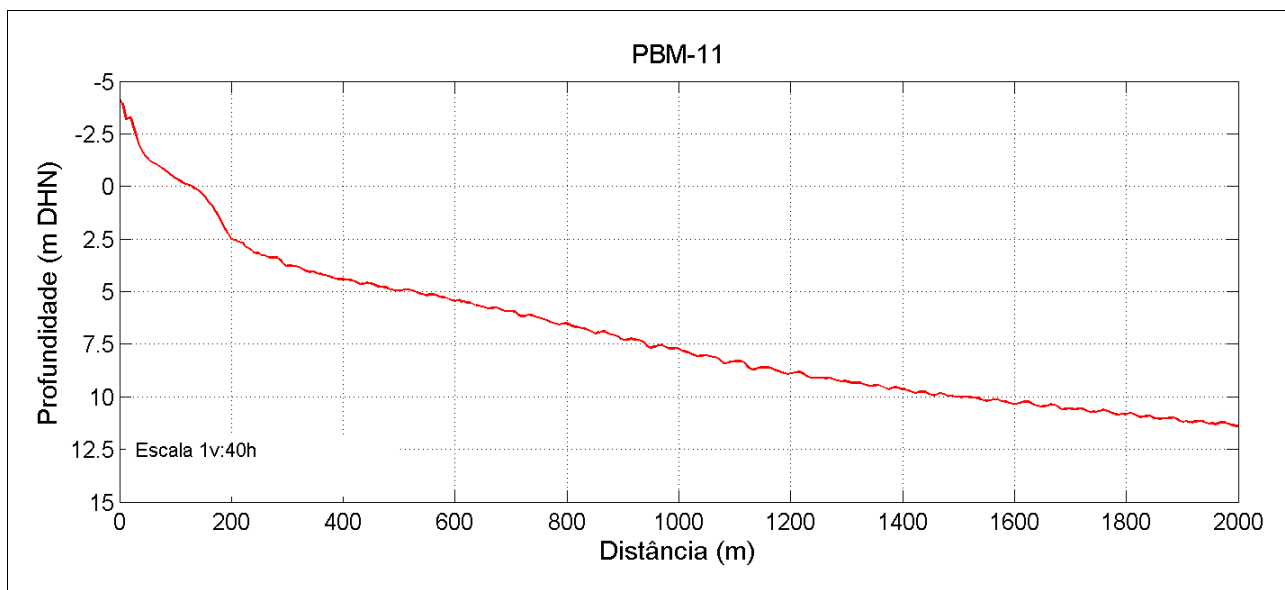


Figura 37: Topo-batimetria do perfil PBM-11.

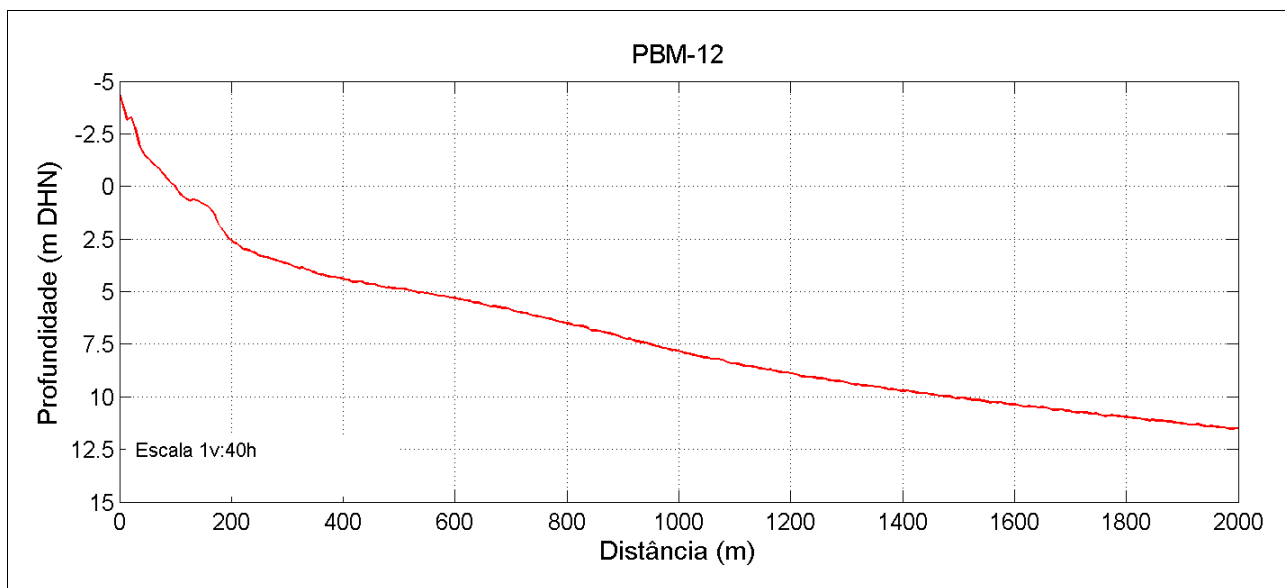


Figura 38: Topo-batimetria do perfil PBM-12.

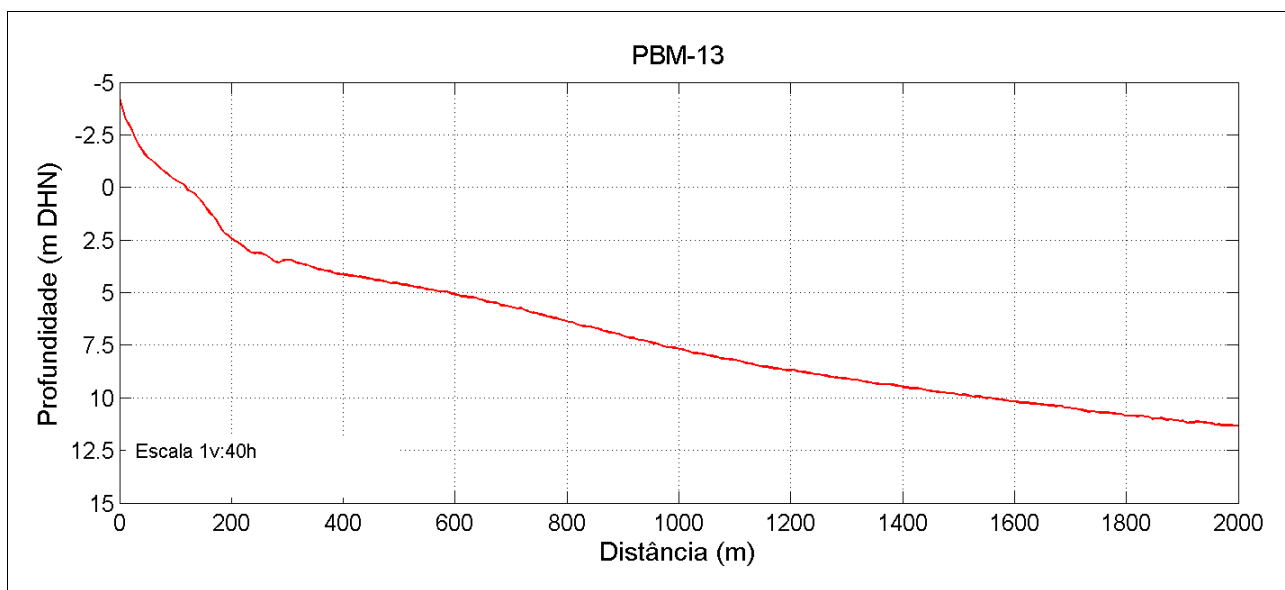


Figura 39: Topo-batimetria do perfil PBM-13.

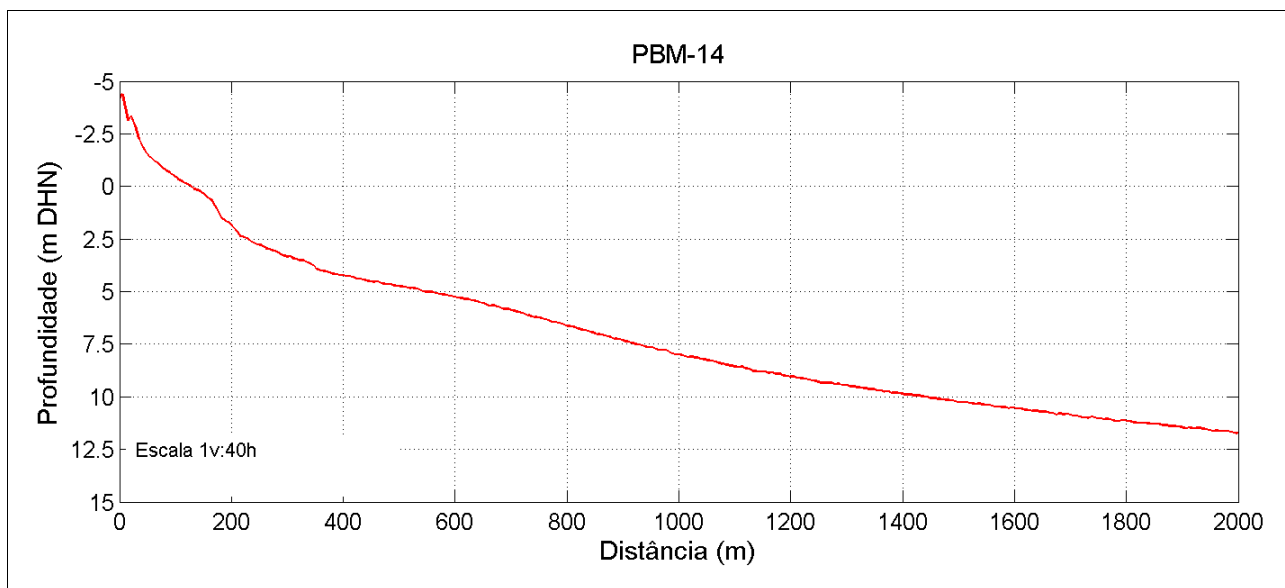


Figura 40: Topo-batimetria do perfil PBM-14.

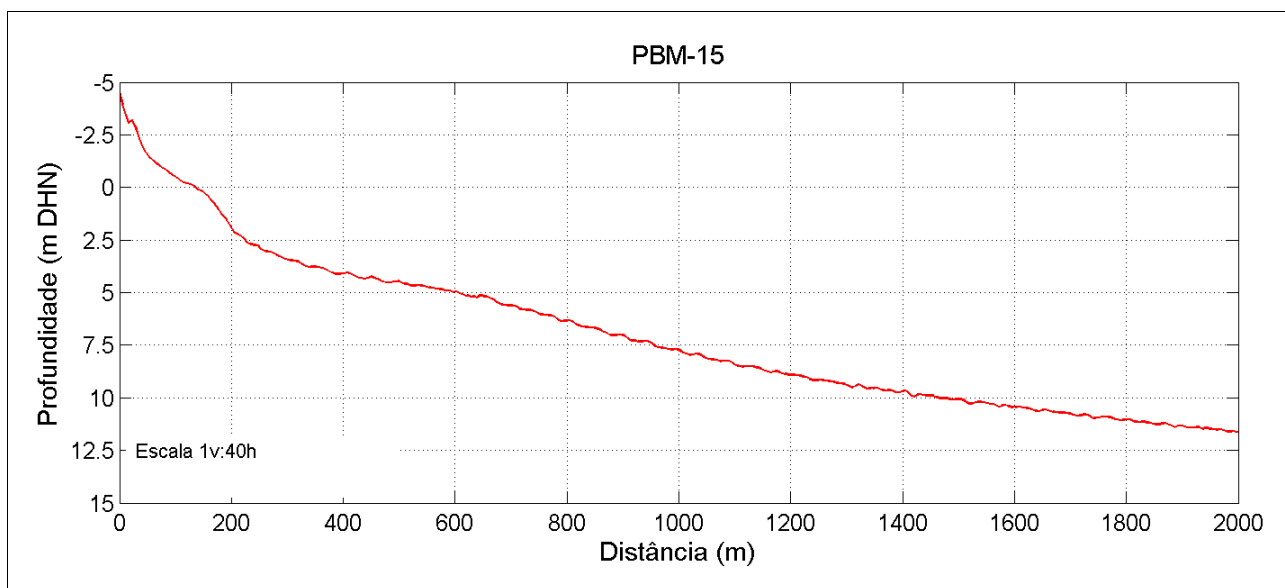


Figura 41: Topo-batimetria do perfil PBM-15.

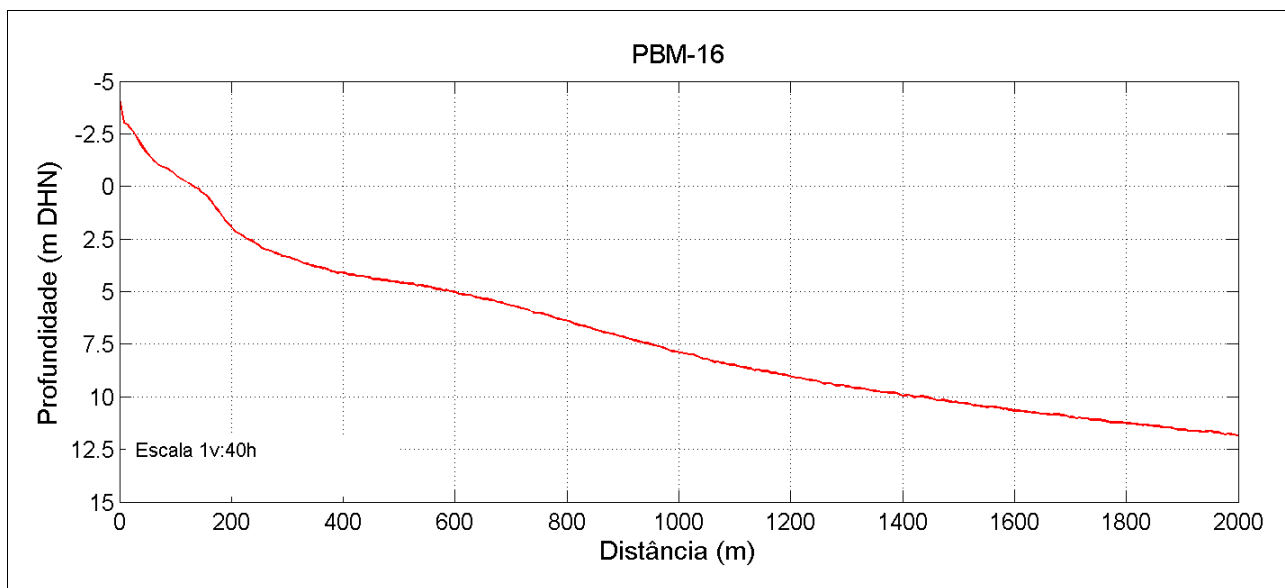


Figura 42: Topo-batimetria do perfil PBM-16.

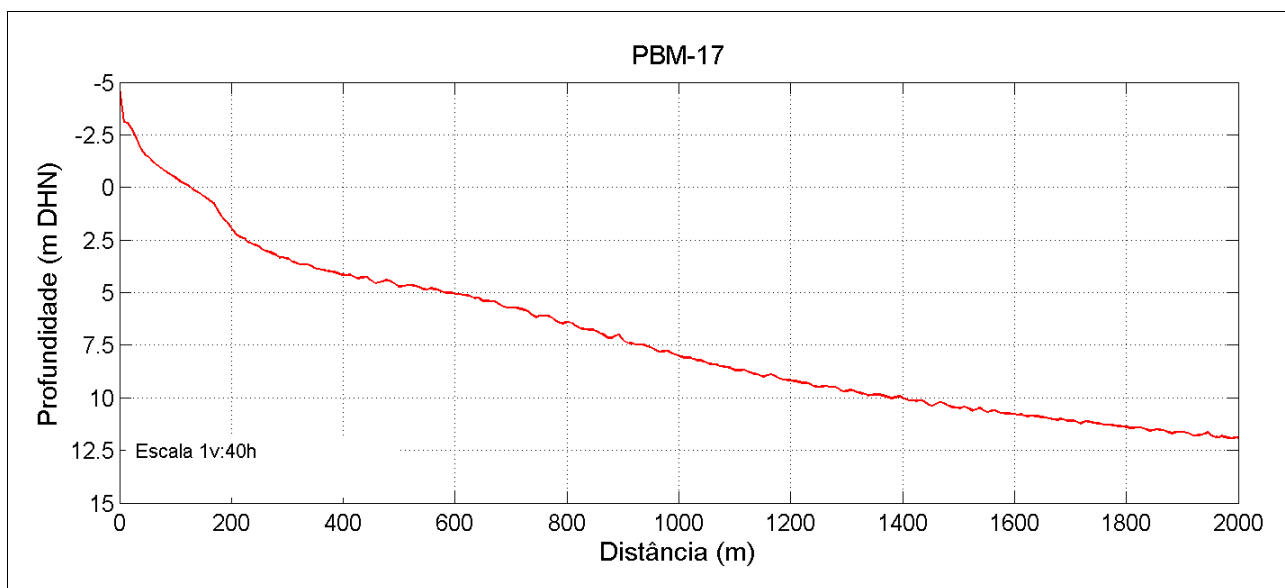


Figura 43: Topo-batimetria do perfil PBM-17.

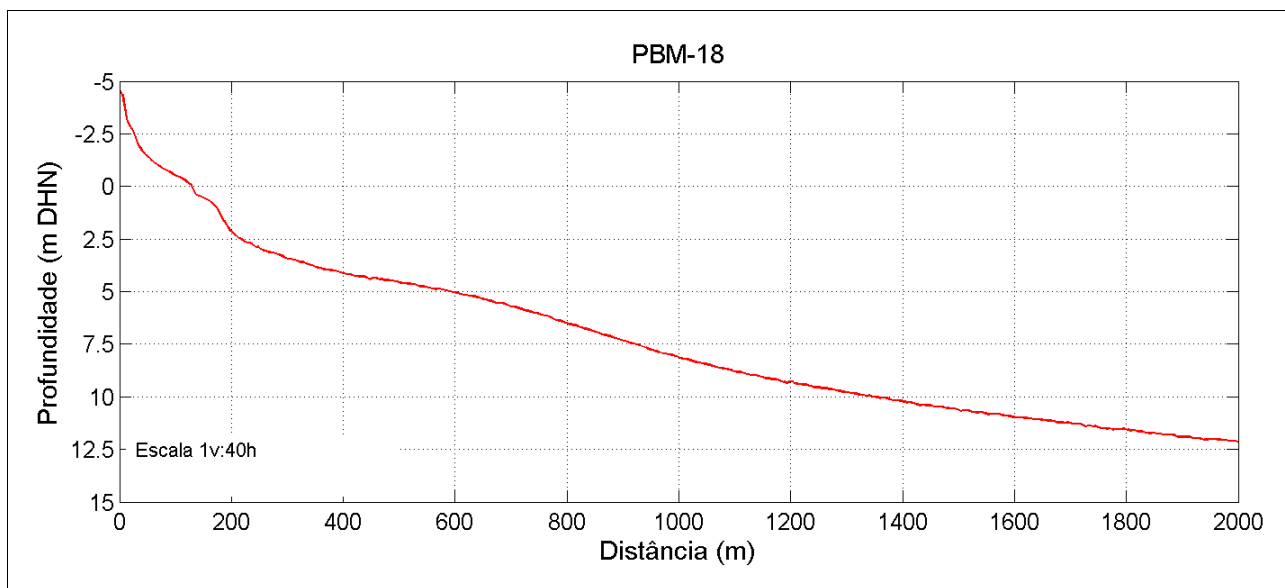


Figura 44: Topo-batimetria do perfil PBM-18.

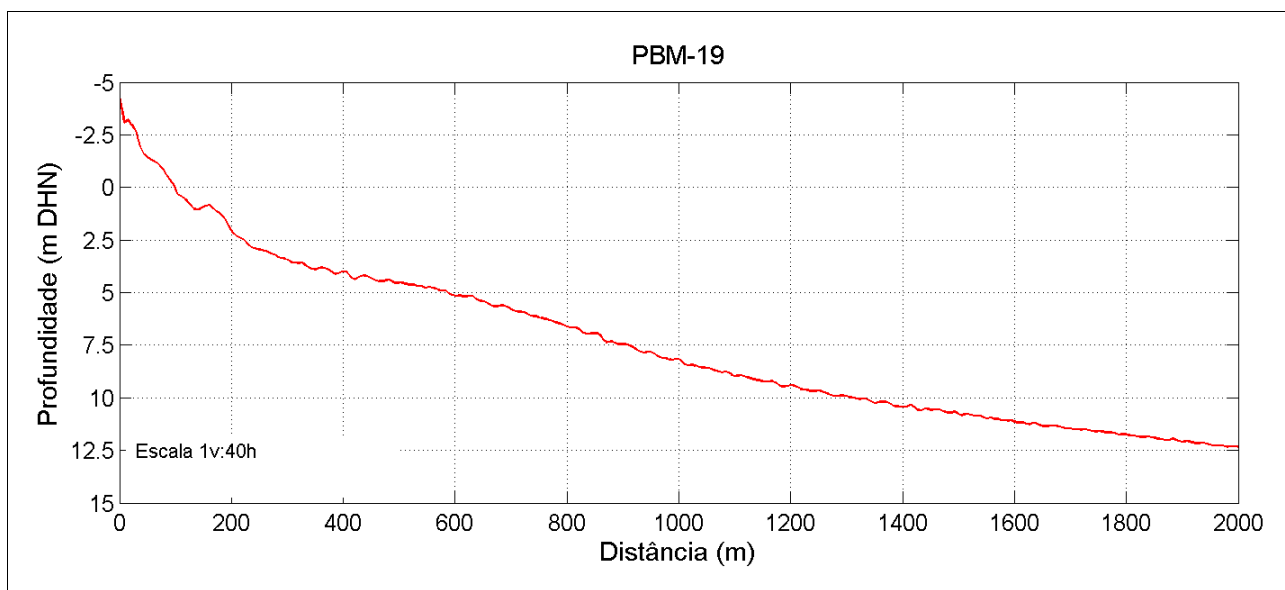


Figura 45: Topo-batimetria do perfil PBM-19.

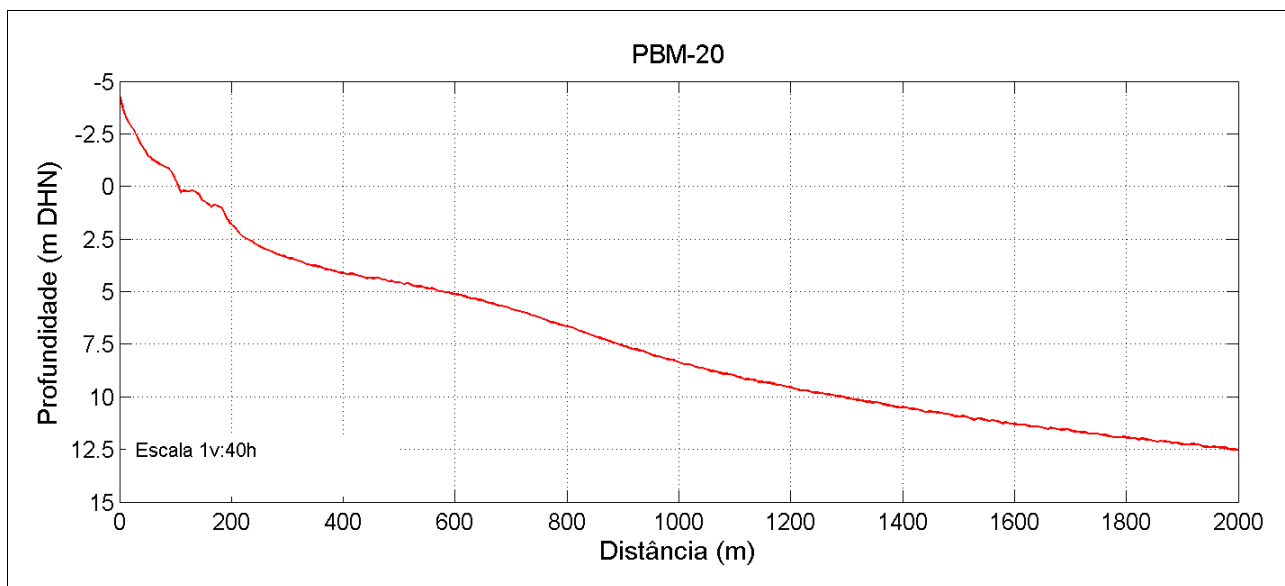


Figura 46: Topo-batimetria do perfil PBM-20.

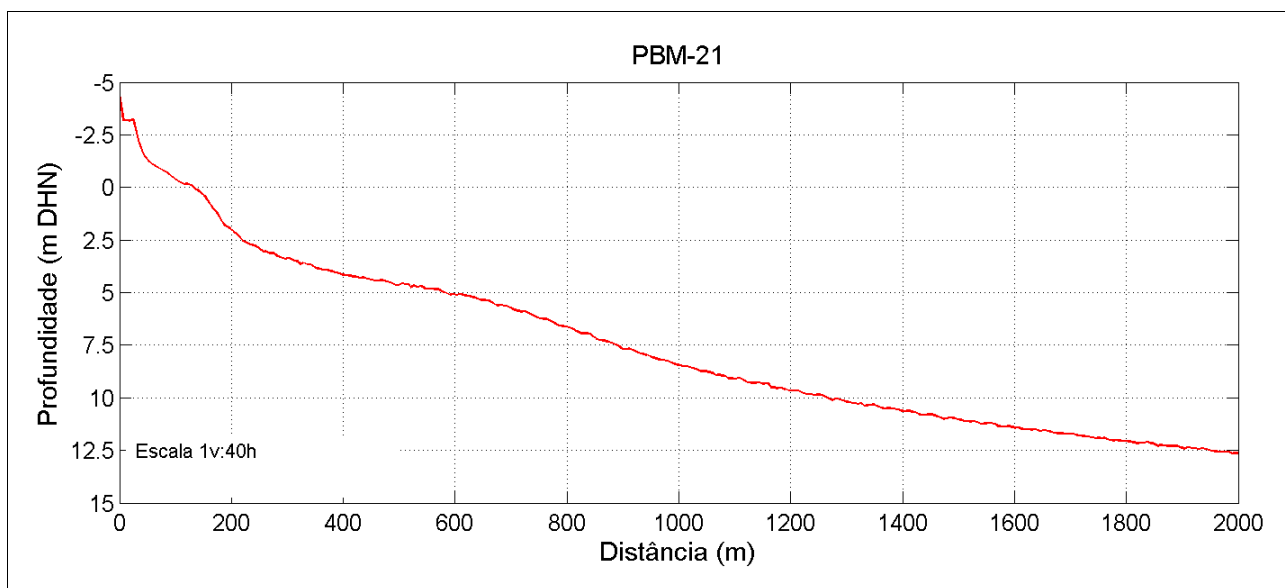


Figura 47: Topo-batimetria do perfil PBM-21.

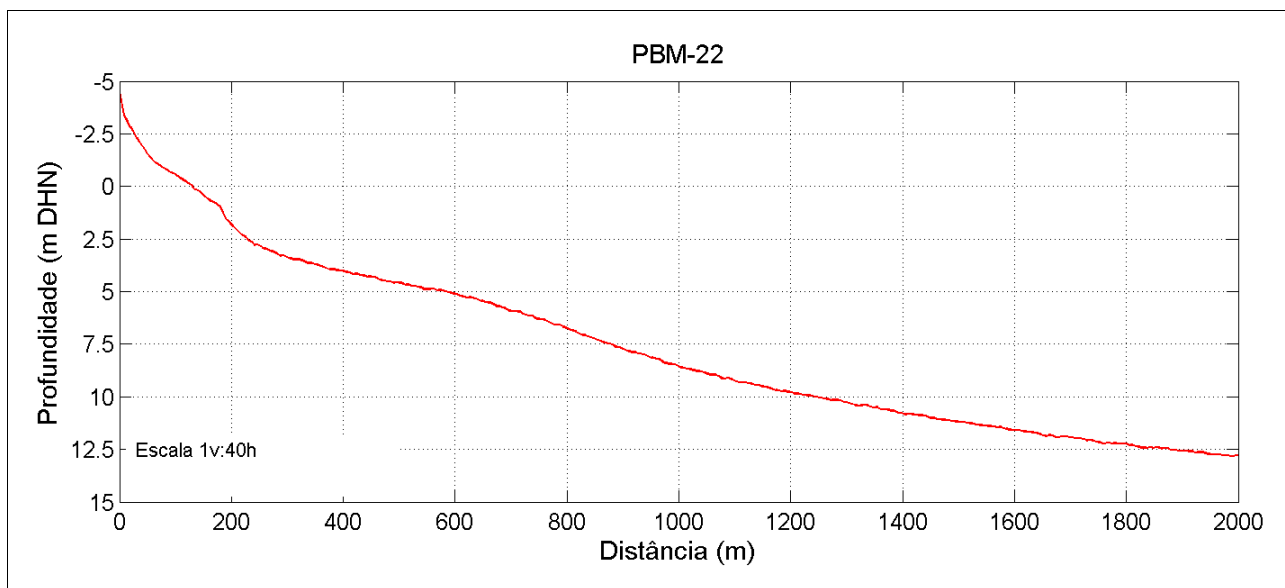


Figura 48: Topo-batimetria do perfil PBM-22.

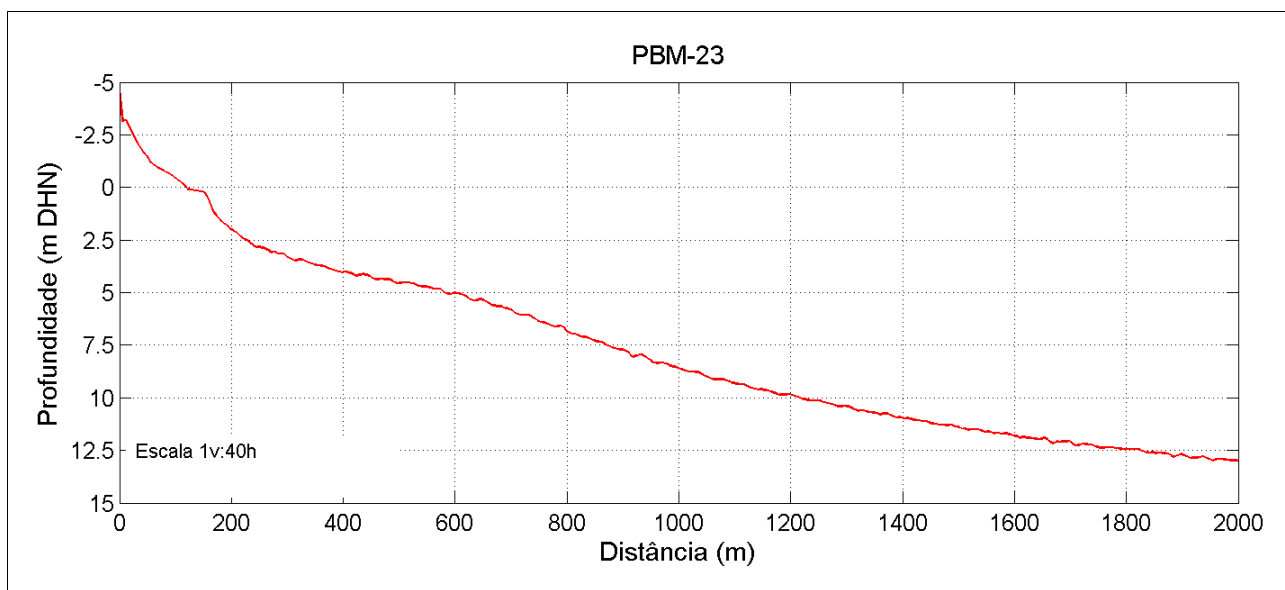


Figura 49: Topo-batimetria do perfil PBM-23.

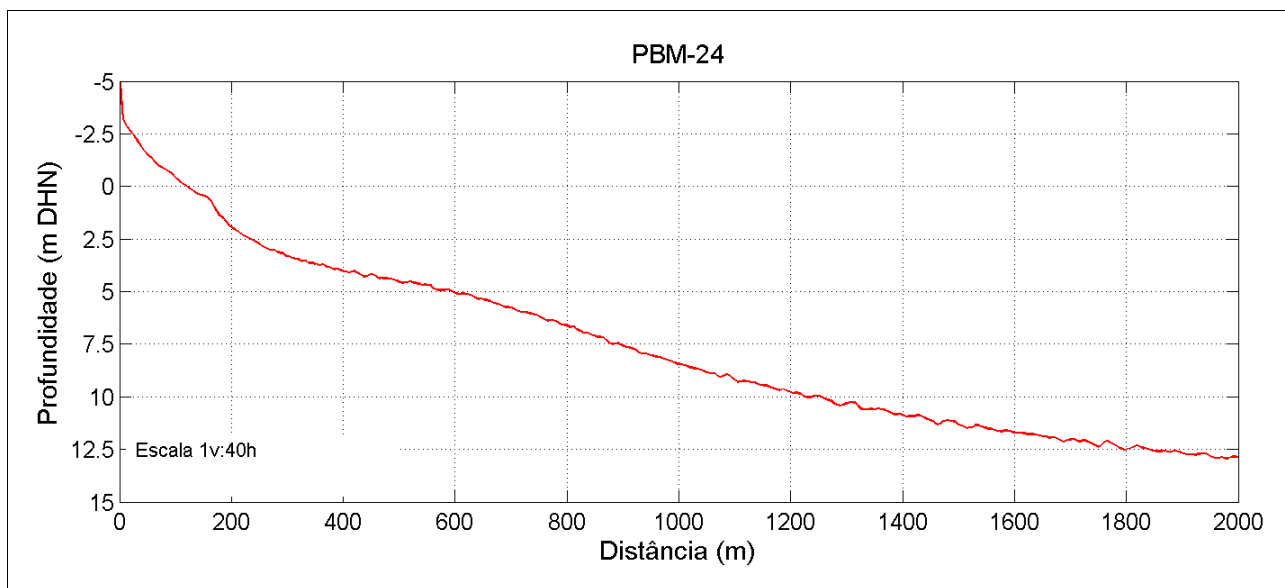


Figura 50: Topo-batimetria do perfil PBM-24.

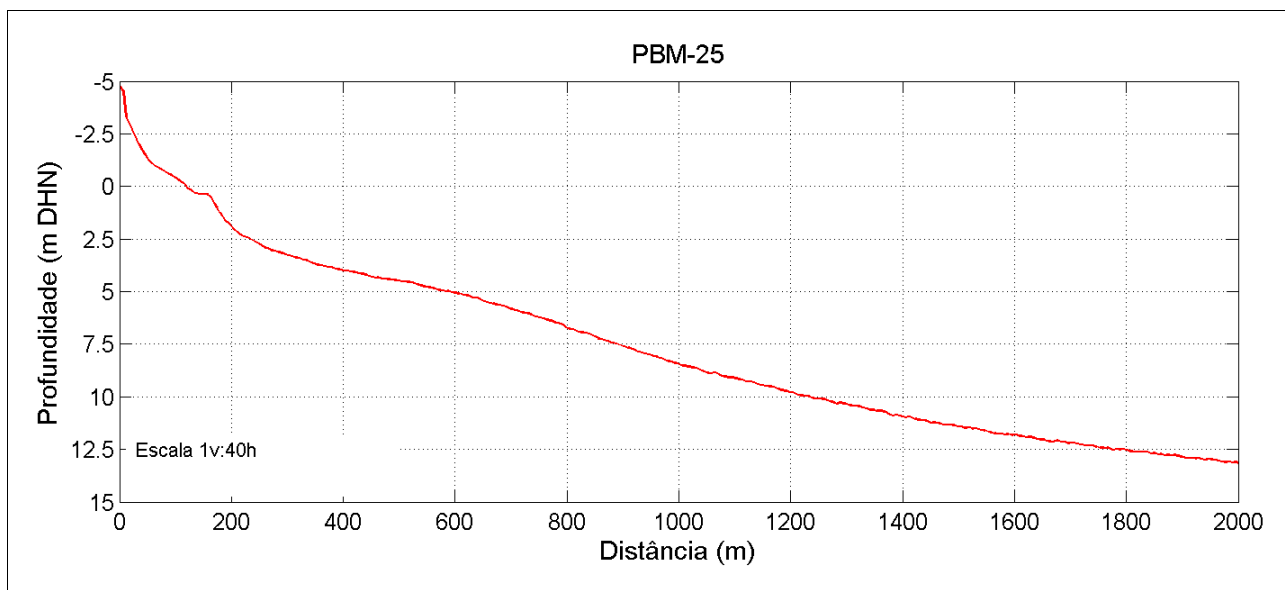


Figura 51: Topo-batimetria do perfil PBM-25.

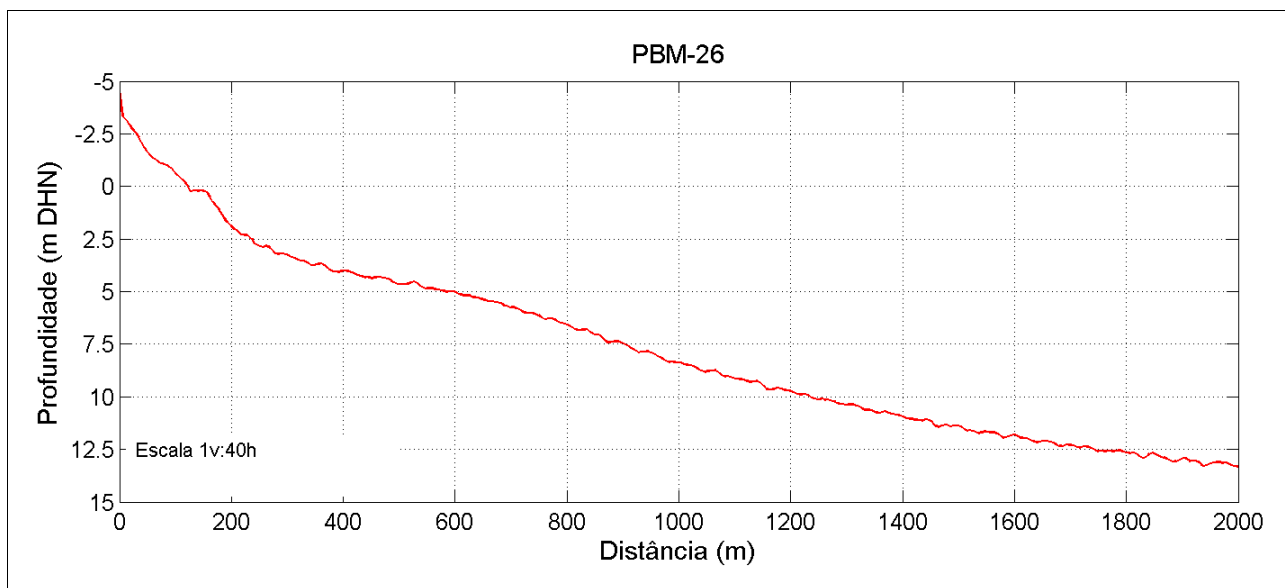


Figura 52: Topo-batimetria do perfil PBM-26.

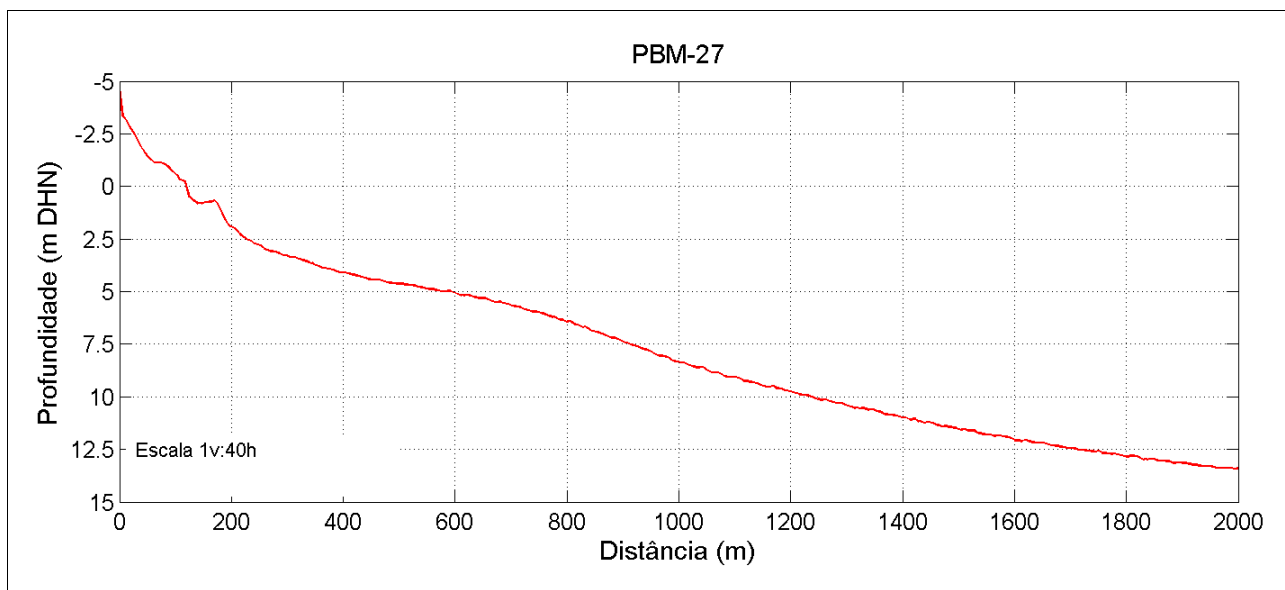


Figura 53: Topo-batimetria do perfil PBM-27.

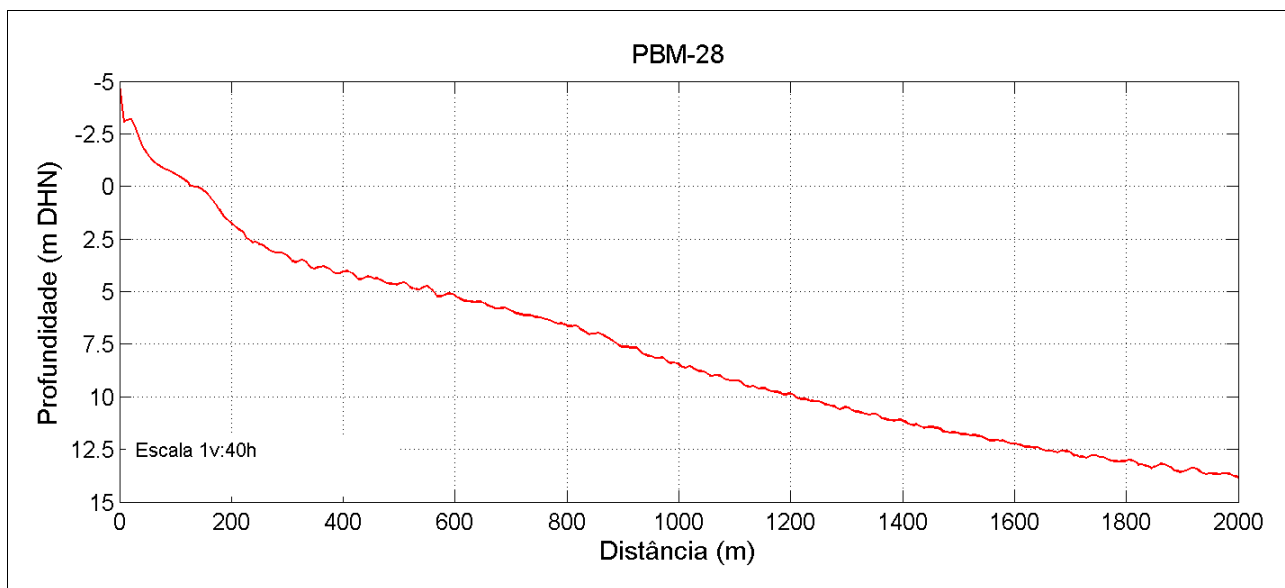


Figura 54: Topo-batimetria do perfil PBM-28.

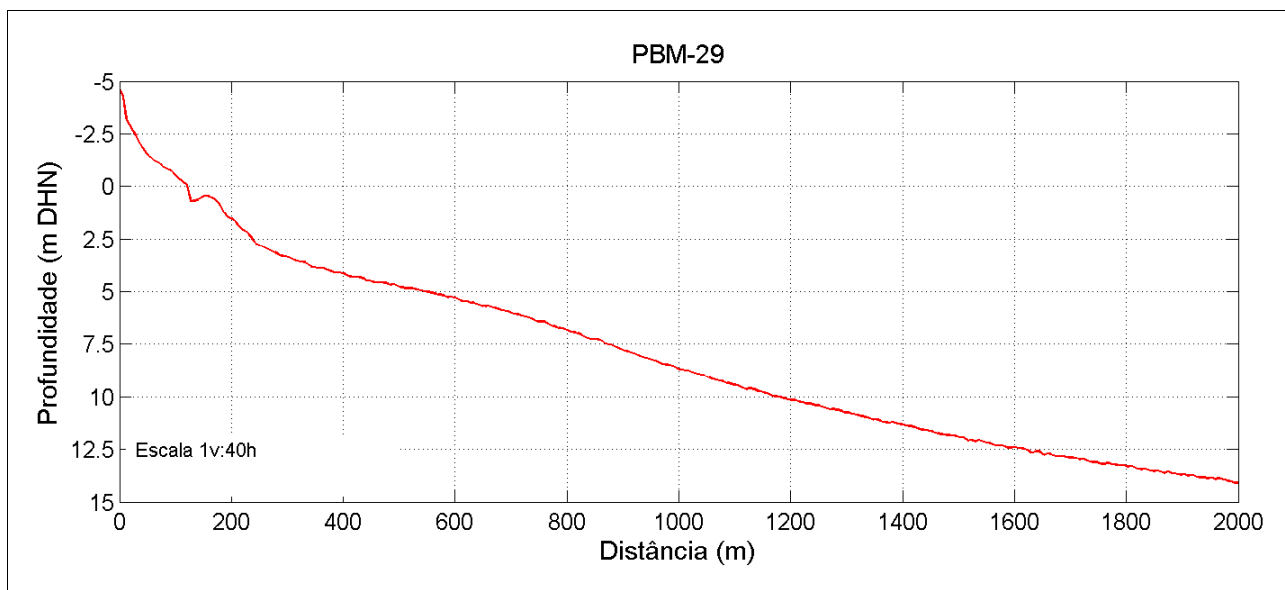


Figura 55: Topo-batimetria do perfil PBM-42.

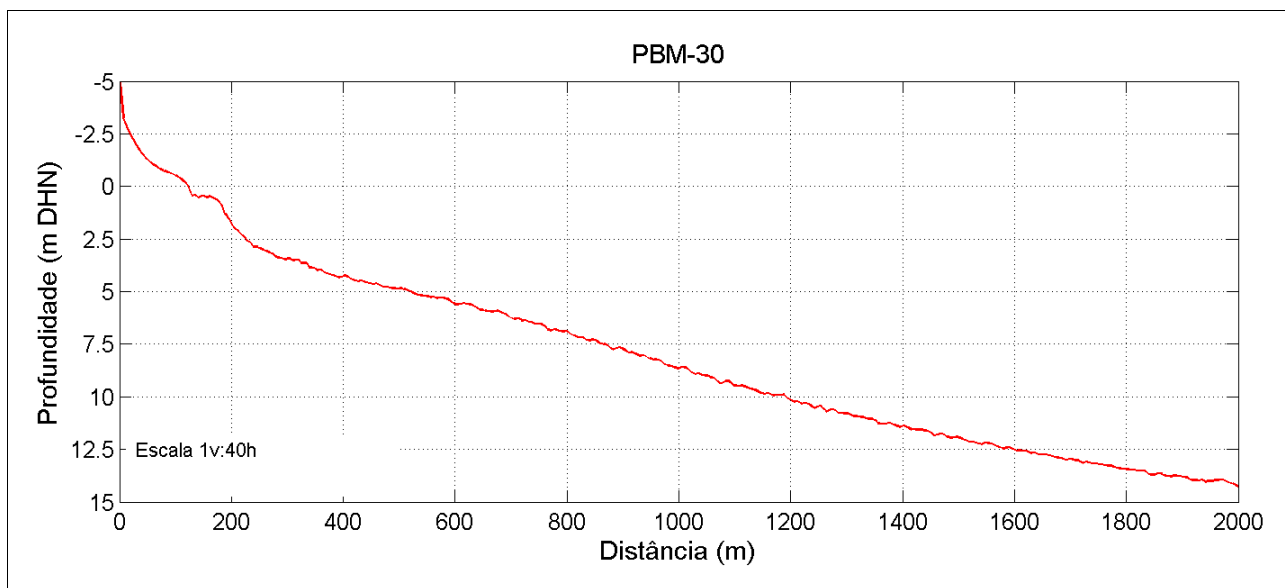


Figura 56: Topo-batimetria do perfil PBM-30.

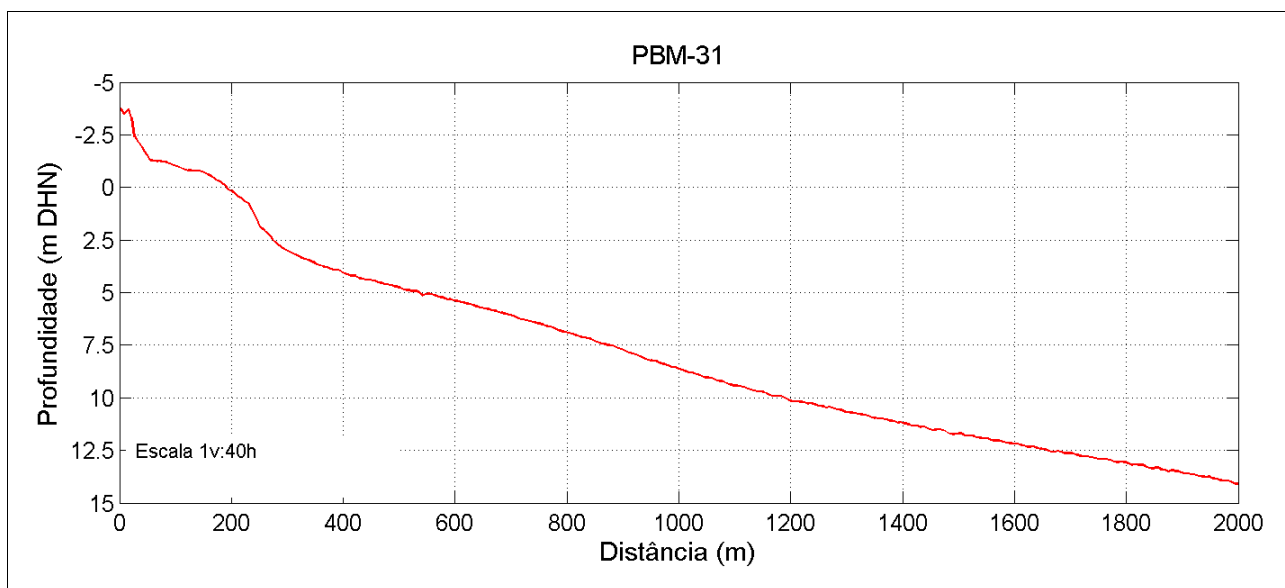


Figura 57: Topo-batimetria do perfil PBM-31.

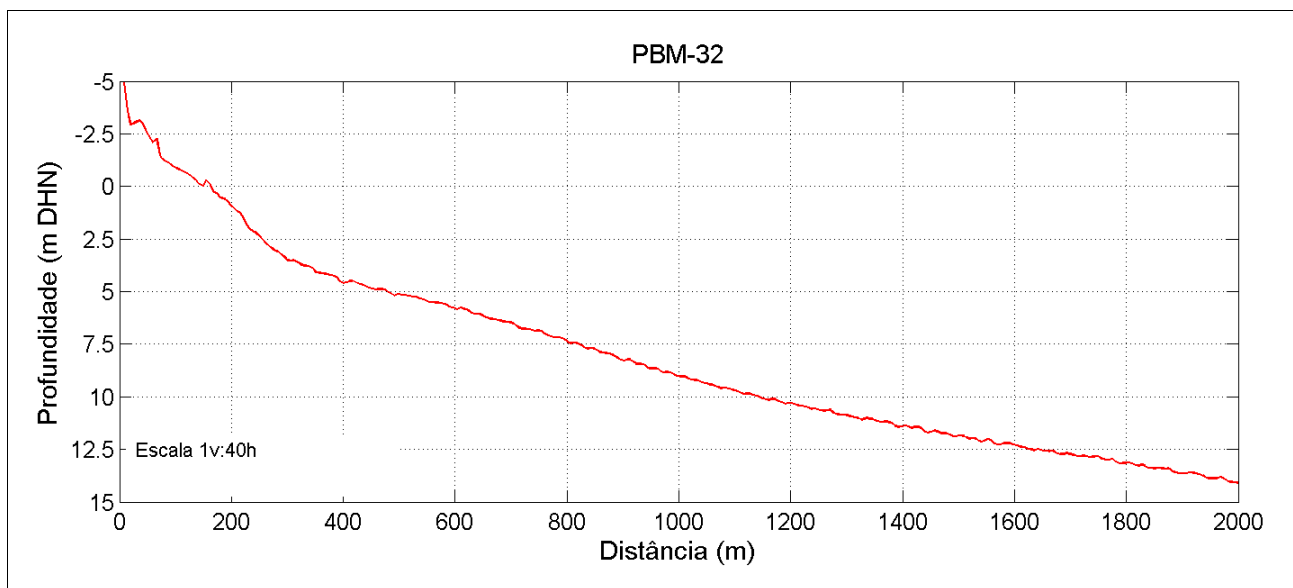


Figura 58: Topo-batimetria do perfil PBM-32.

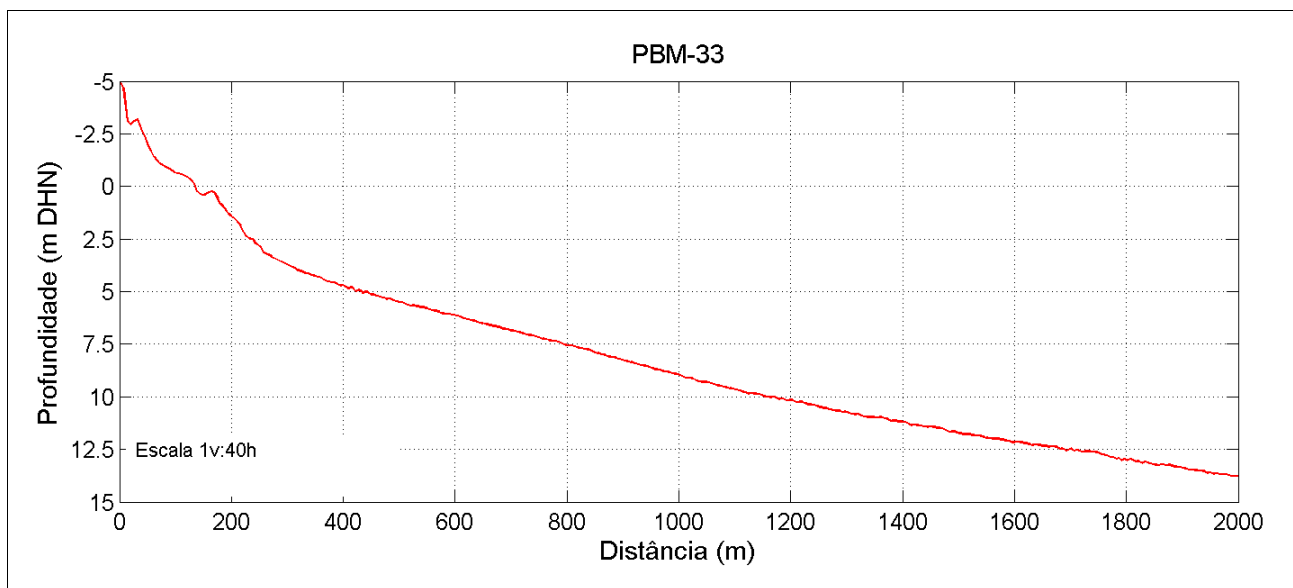


Figura 59: Topo-batimetria do perfil PBM-33.

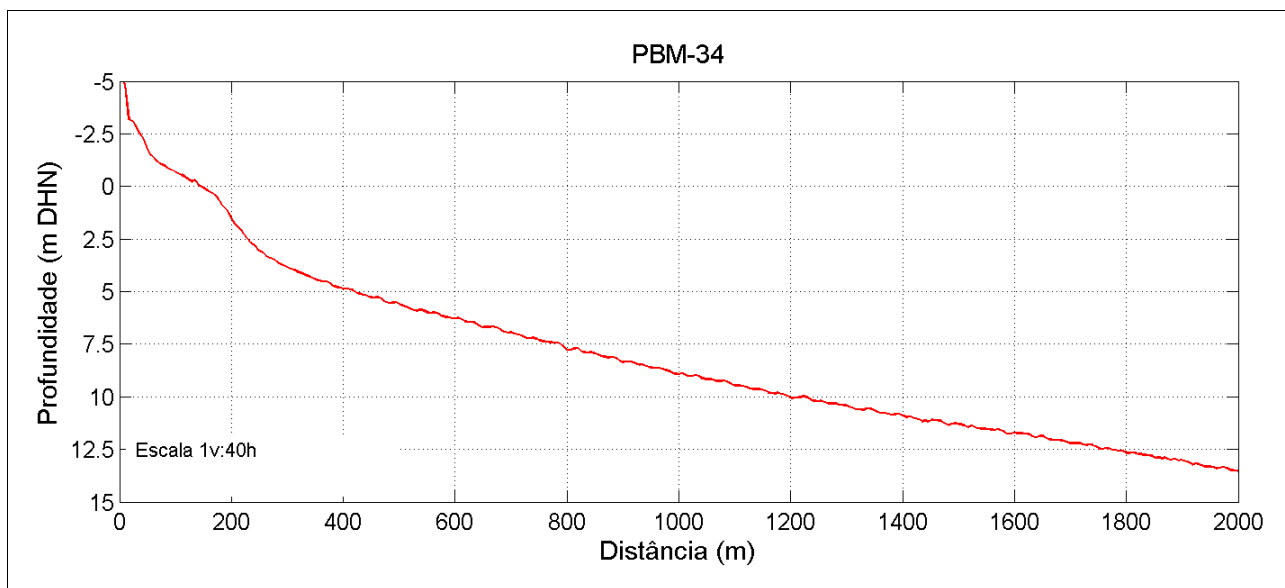


Figura 60: Topo-batimetria do perfil PBM-34.

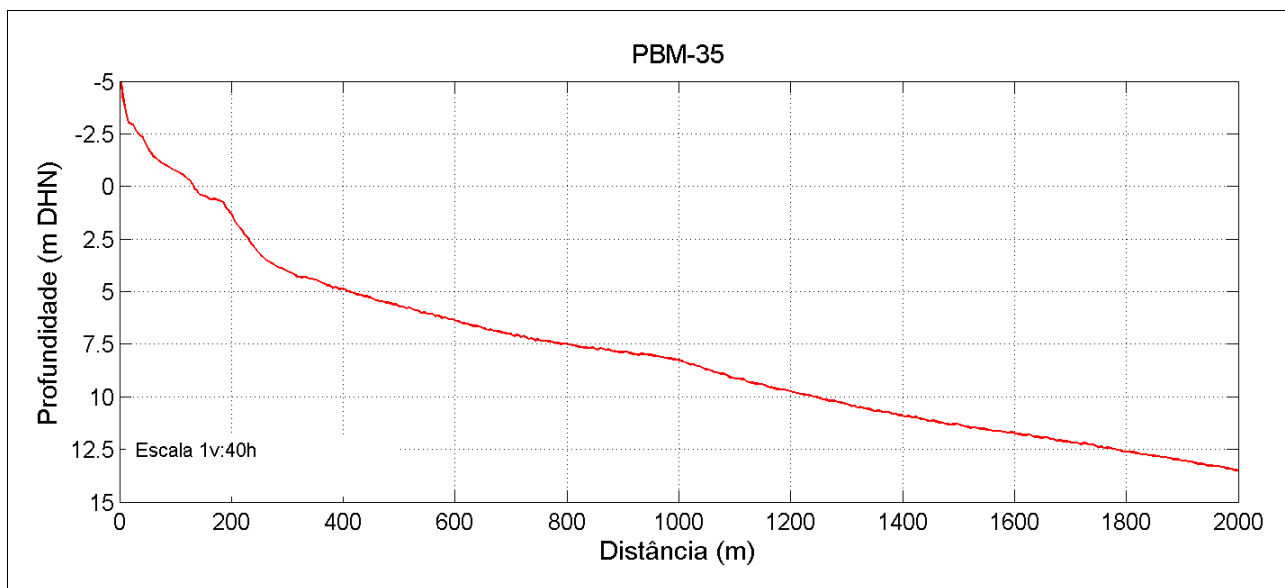


Figura 61: Topo-batimetria do perfil PBM-35.



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

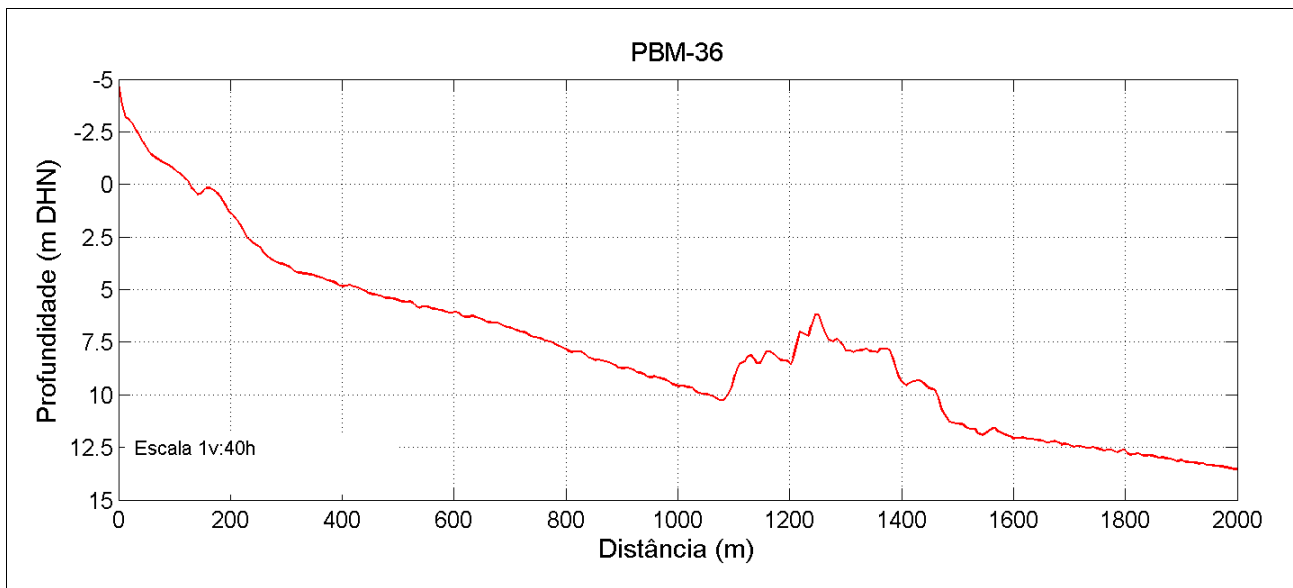


Figura 62: Topo-batimetria do perfil PBM-36.

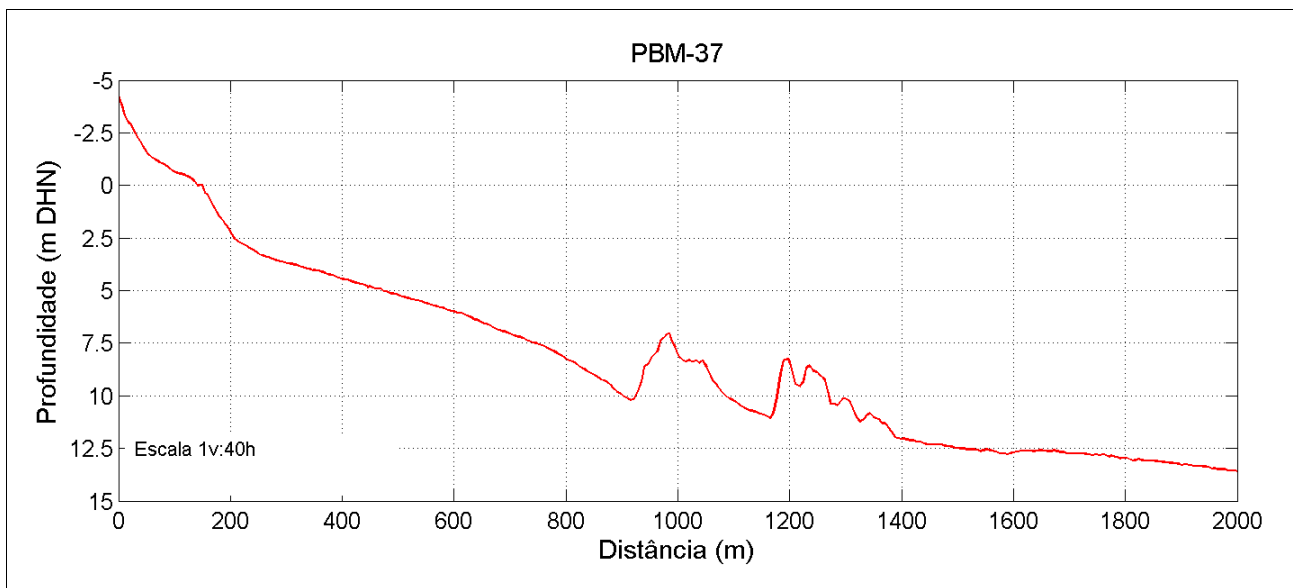


Figura 63: Topo-batimetria do perfil PBM-37.

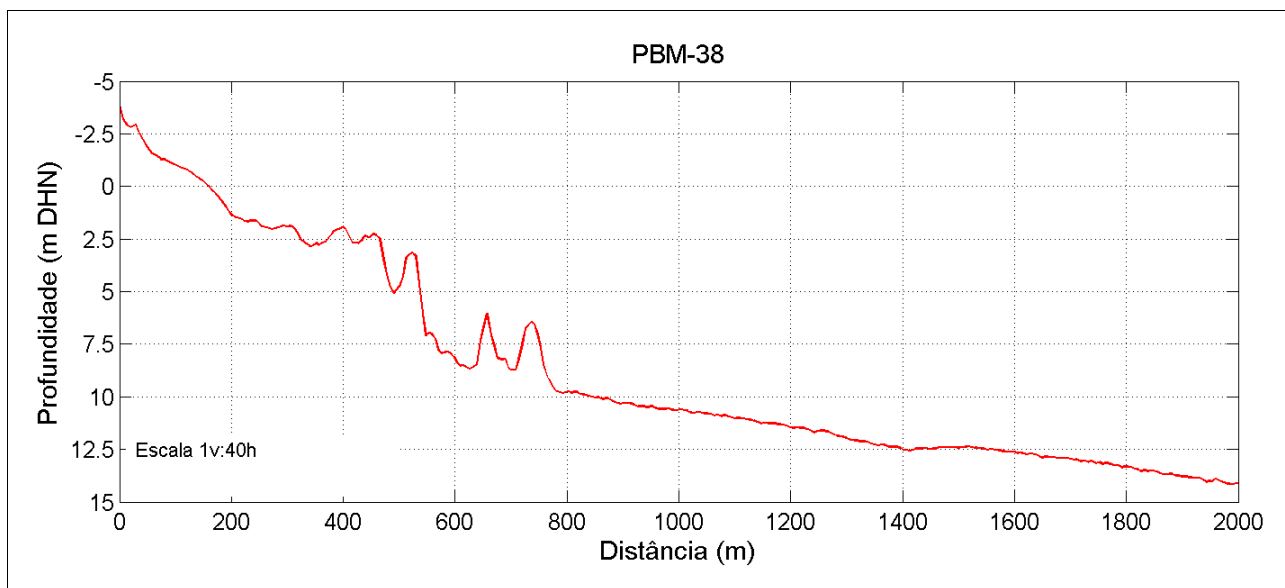


Figura 64: Topo-batimetria do perfil PBM-38.

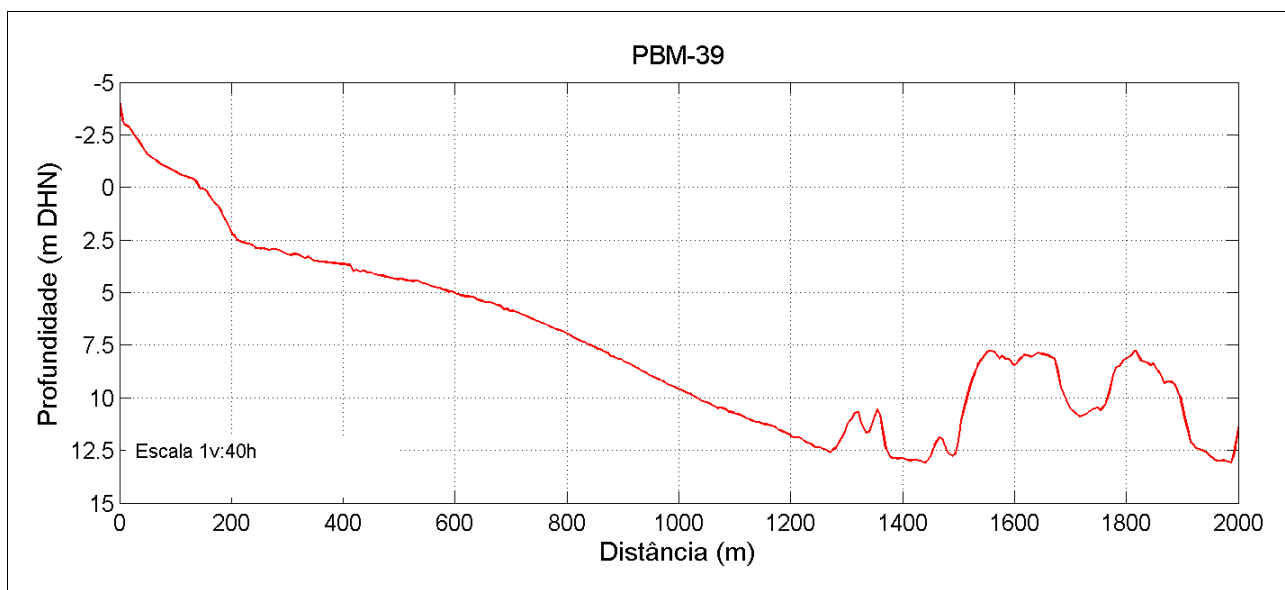


Figura 65: Topo-batimetria do perfil PBM-39.

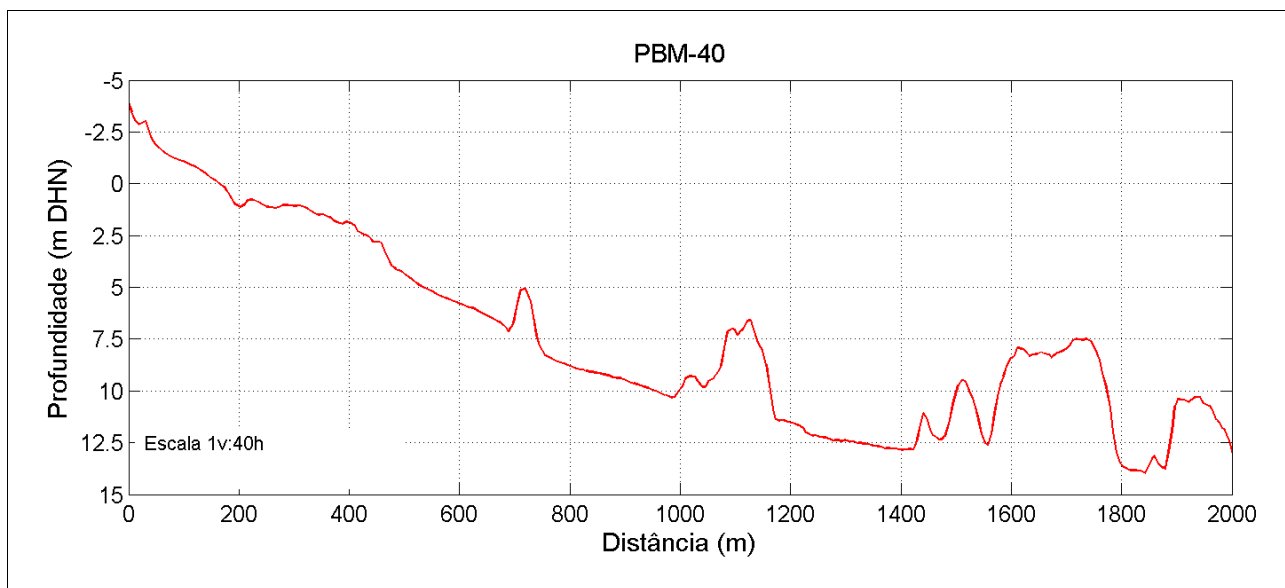


Figura 66: Topo-batimetria do perfil PBM-40.

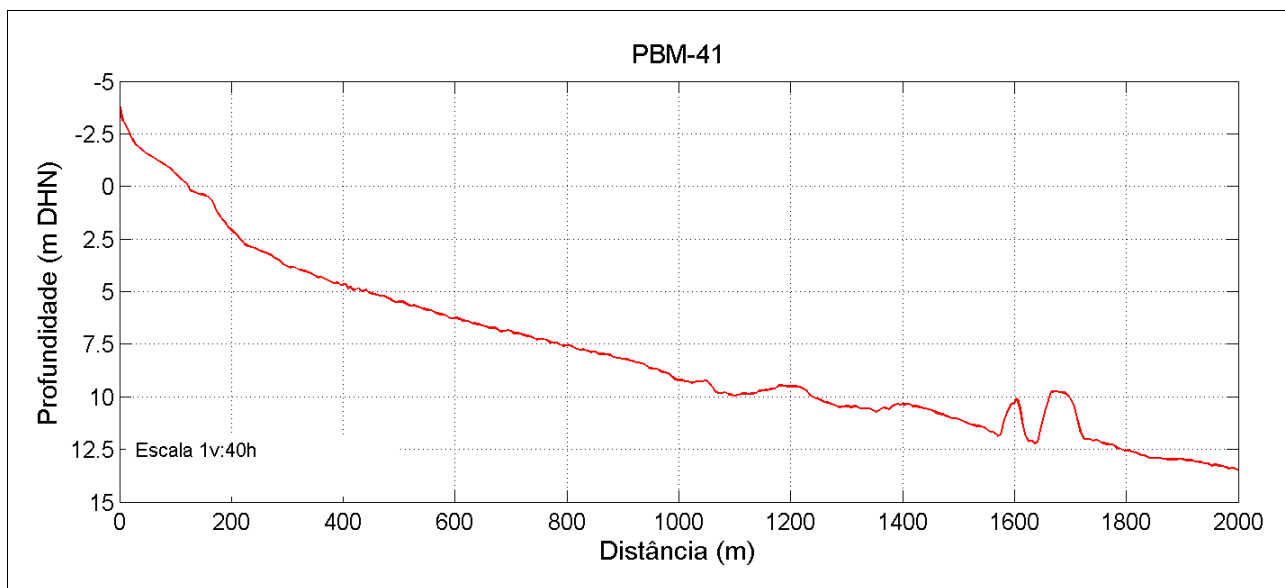


Figura 67: Topo-batimetria do perfil PBM-41.

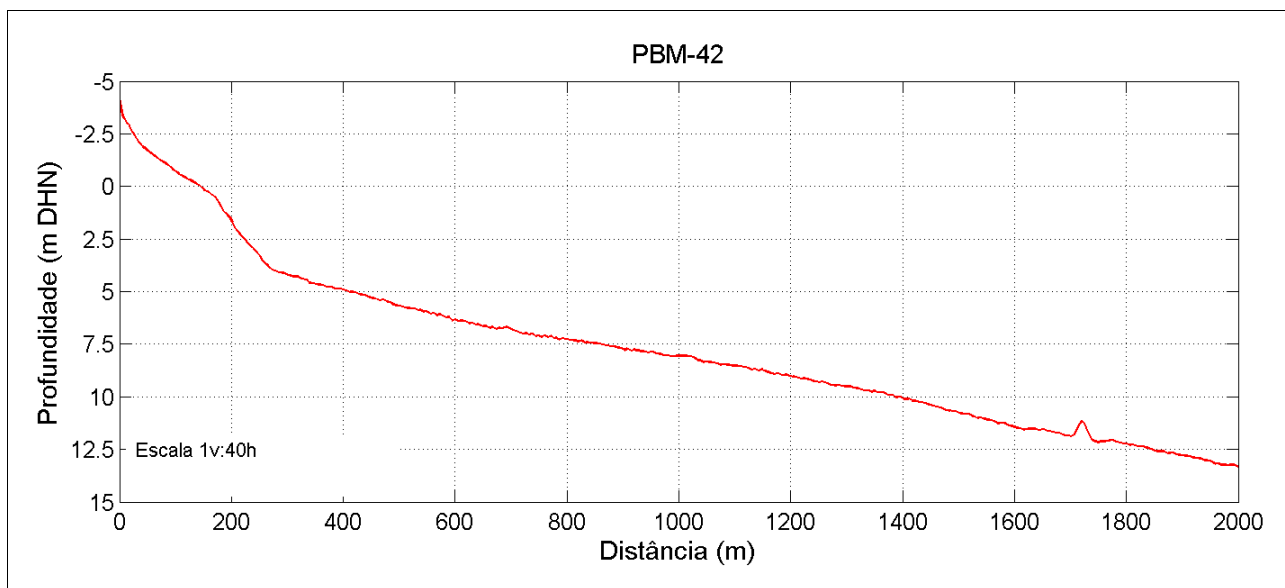


Figura 68: Topo-batimetria do perfil PBM-42.

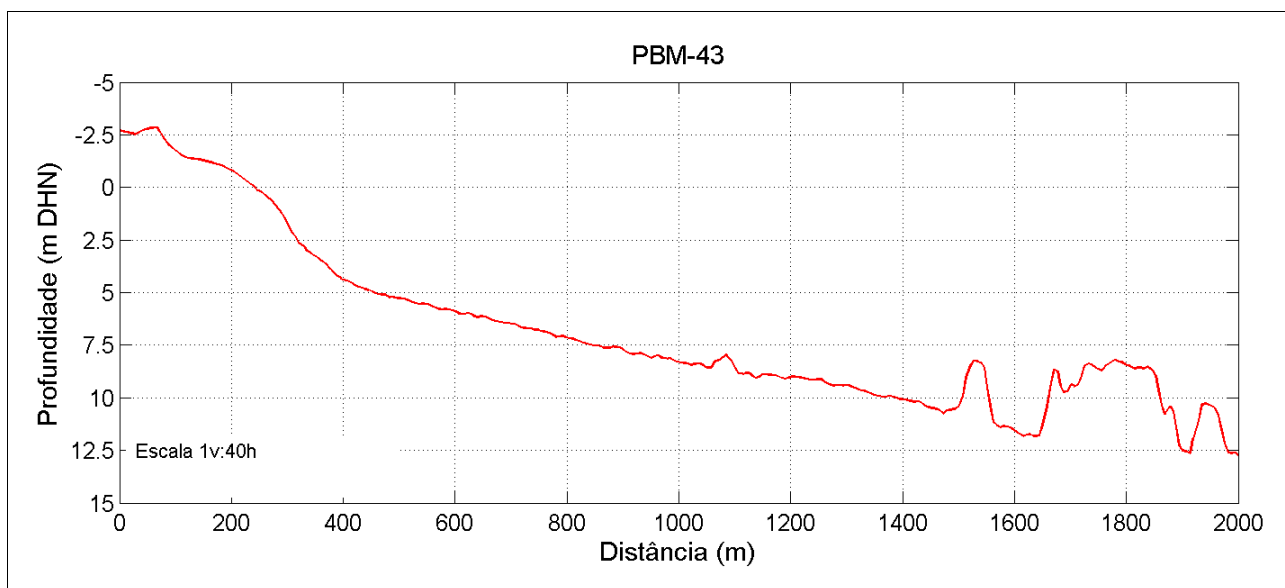


Figura 69: Topo-batimetria do perfil PBM-43.

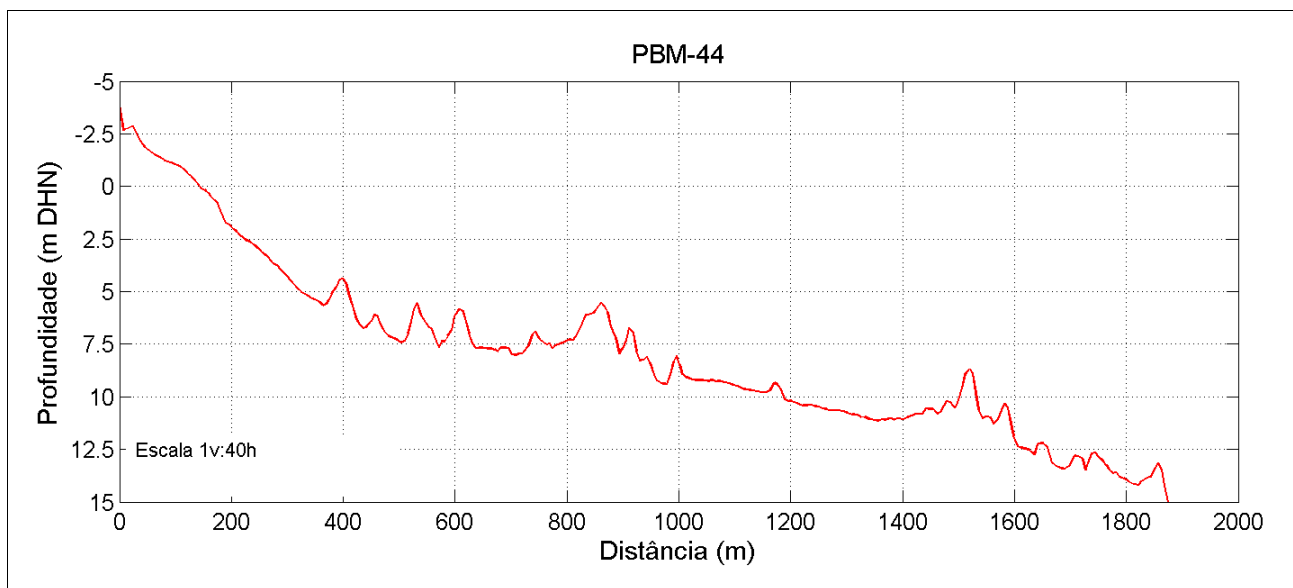


Figura 70: Topo-batimetria do perfil PBM-44.

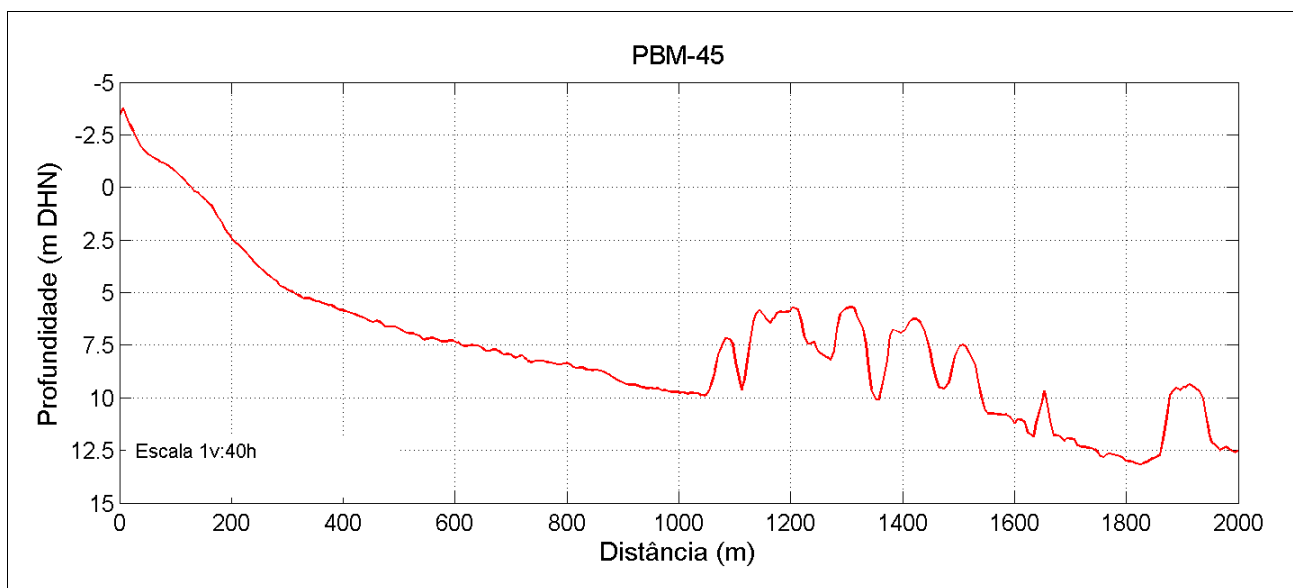


Figura 71: Topo-batimetria do perfil PBM-45.

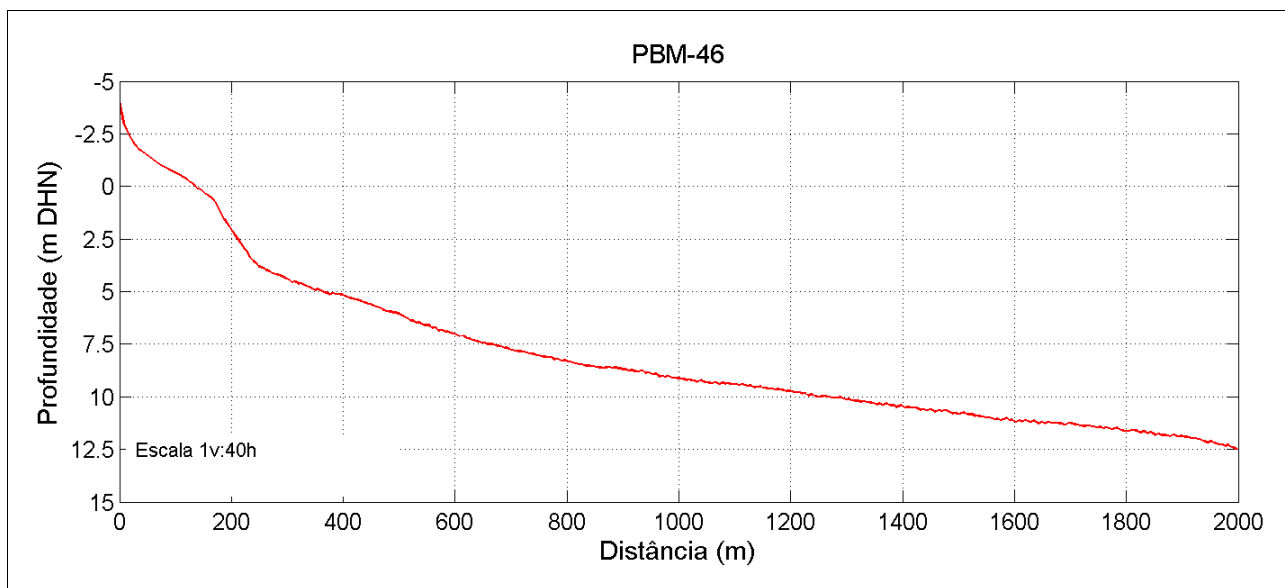


Figura 72: Topo-batimetria do perfil PBM-46.

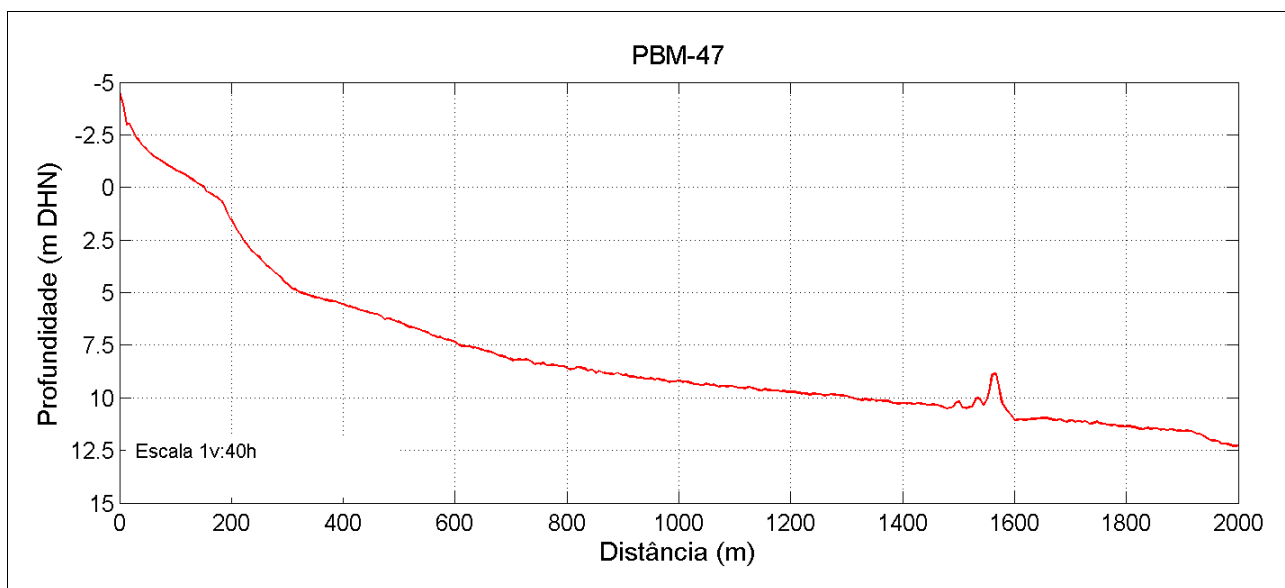


Figura 73: Topo-batimetria do perfil PBM-47.

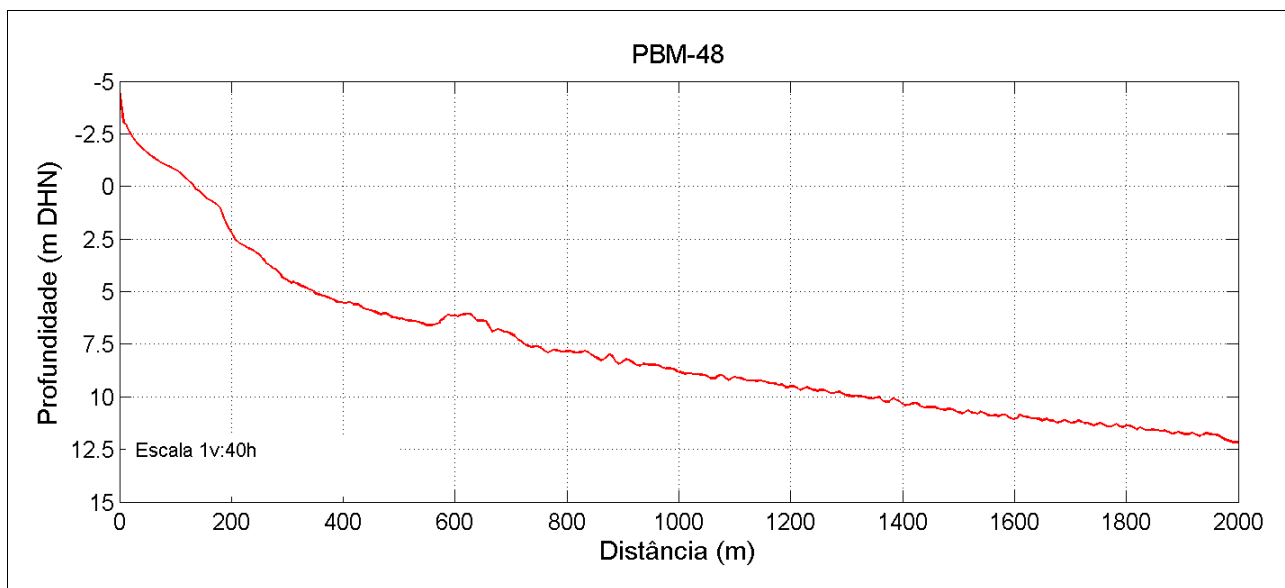


Figura 74: Topo-batimetria do perfil PBM-48.

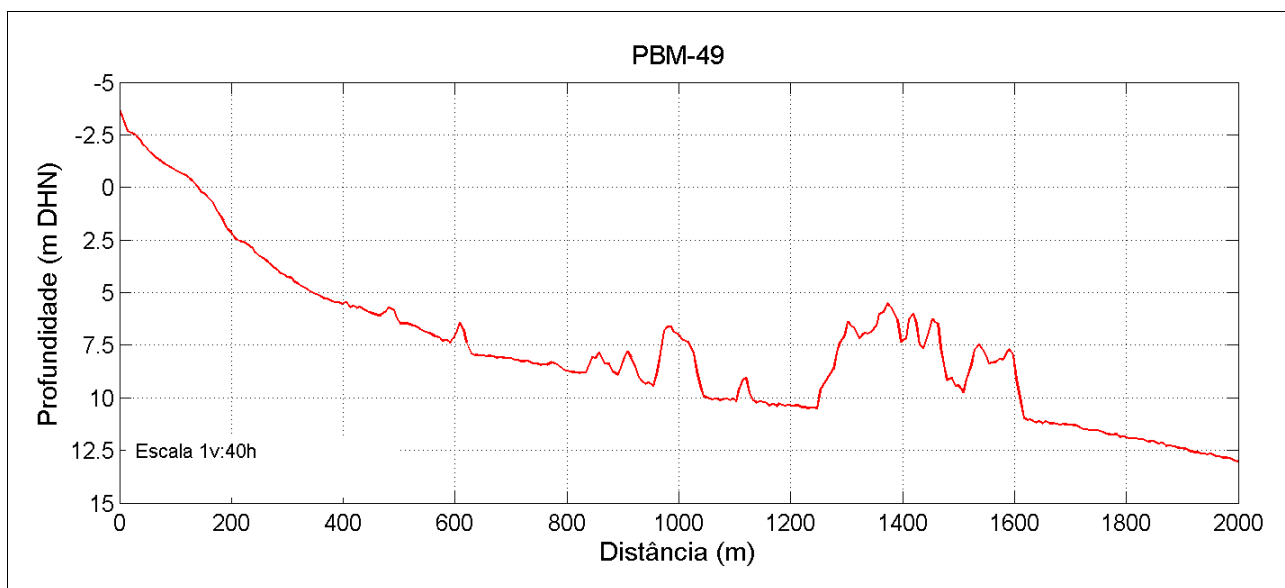


Figura 75: Topo-batimetria do perfil PBM-49.

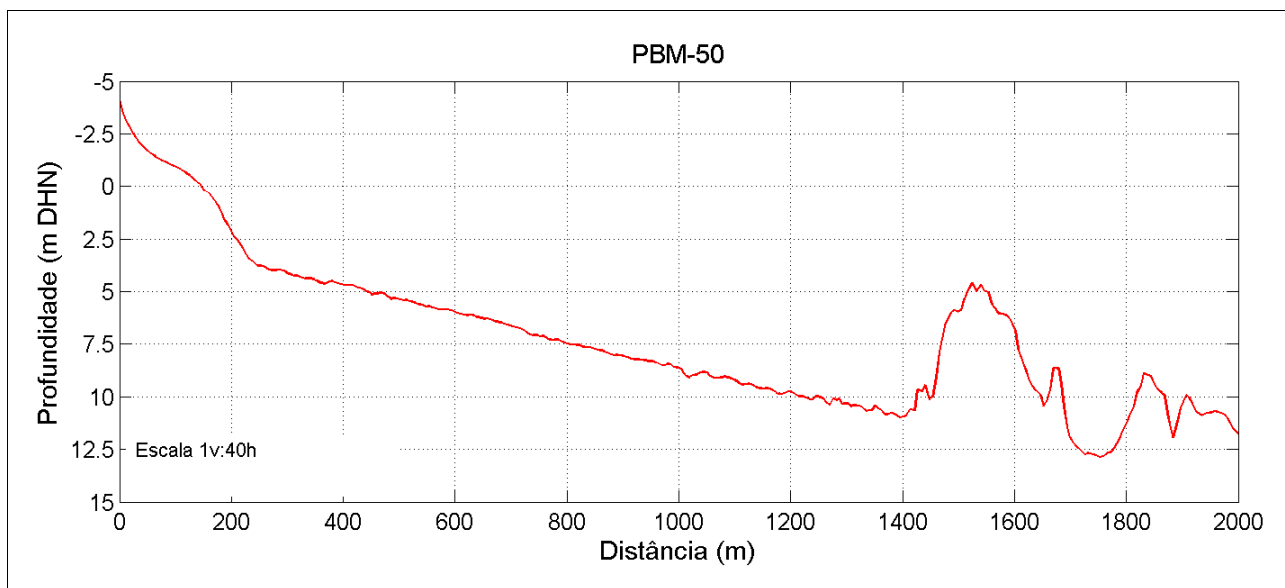


Figura 76: Topo-batimetria do perfil PBM-50.

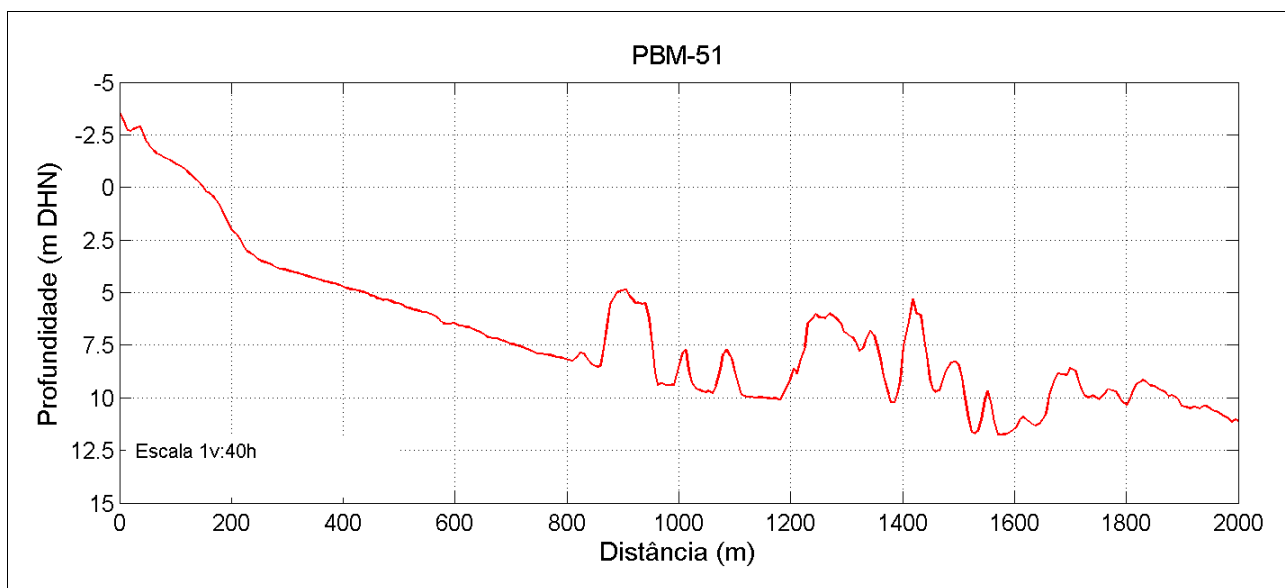


Figura 77: Topo-batimetria do perfil PBM-51.



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

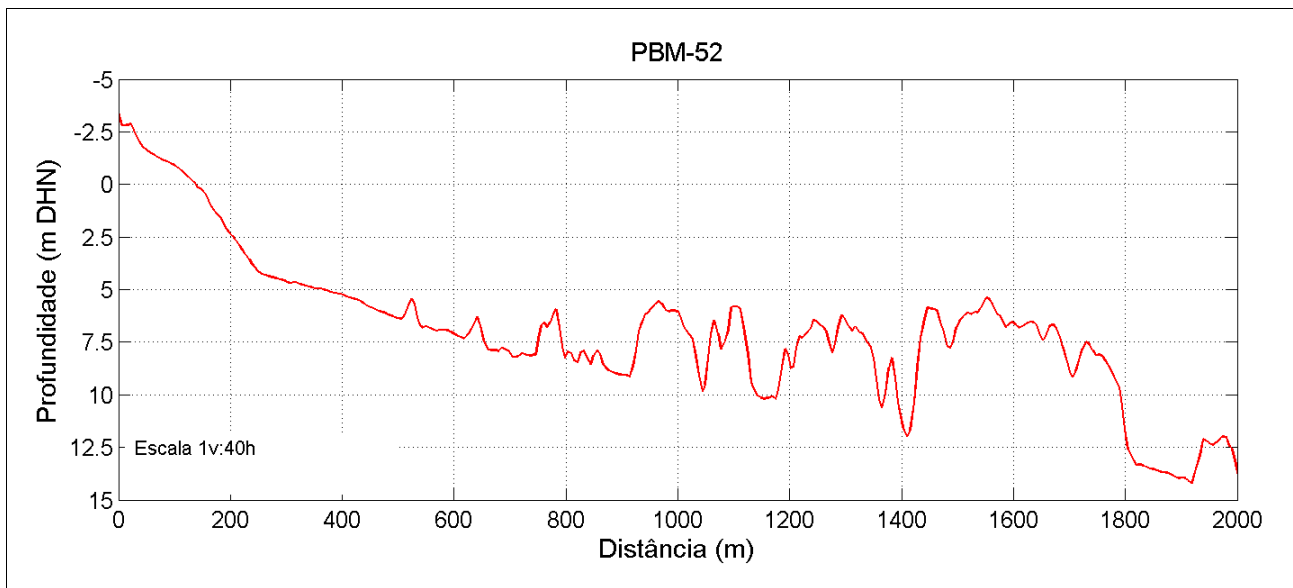


Figura 78: Topo-batimetria do perfil PBM-52.

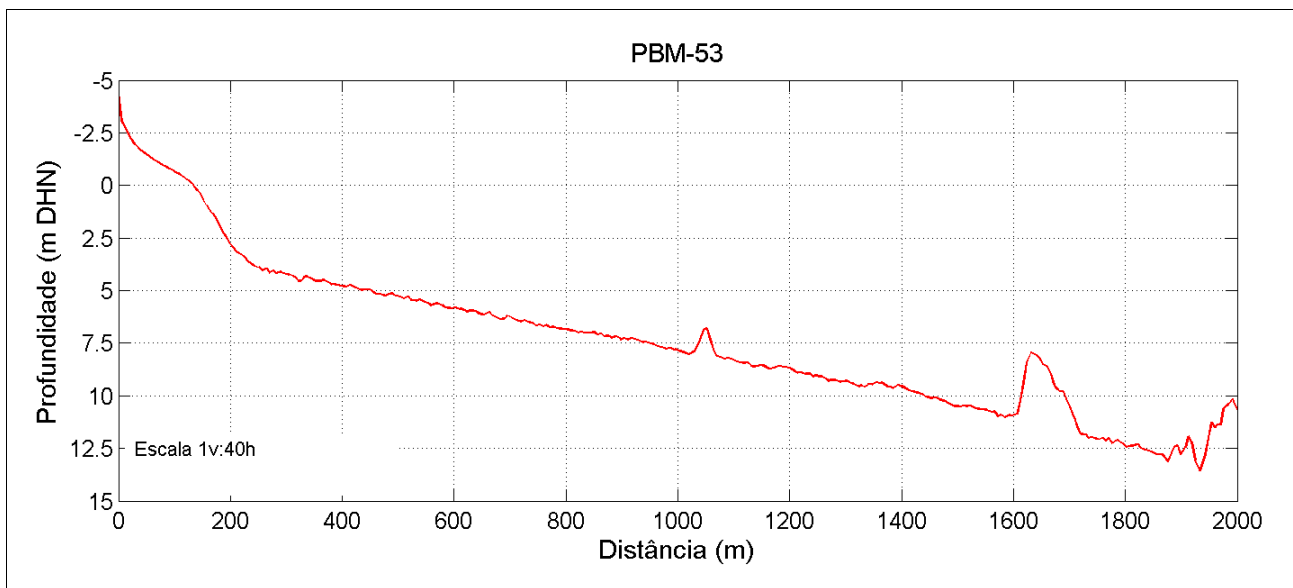


Figura 79: Topo-batimetria do perfil PBM-53.

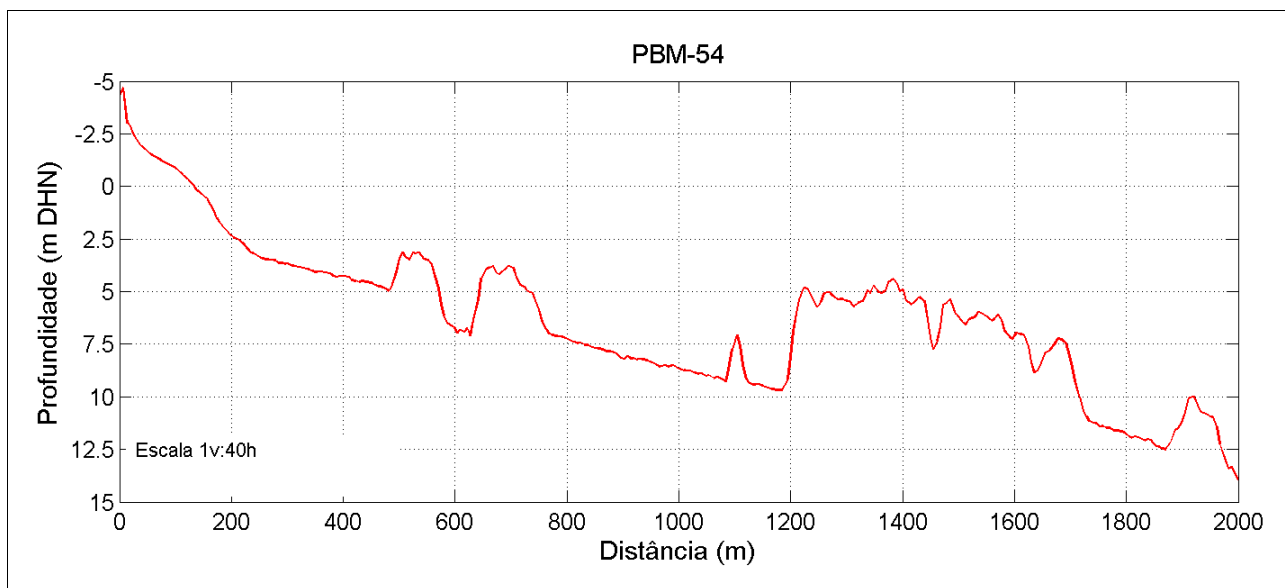


Figura 80: Topo-batimetria do perfil PBM-54.

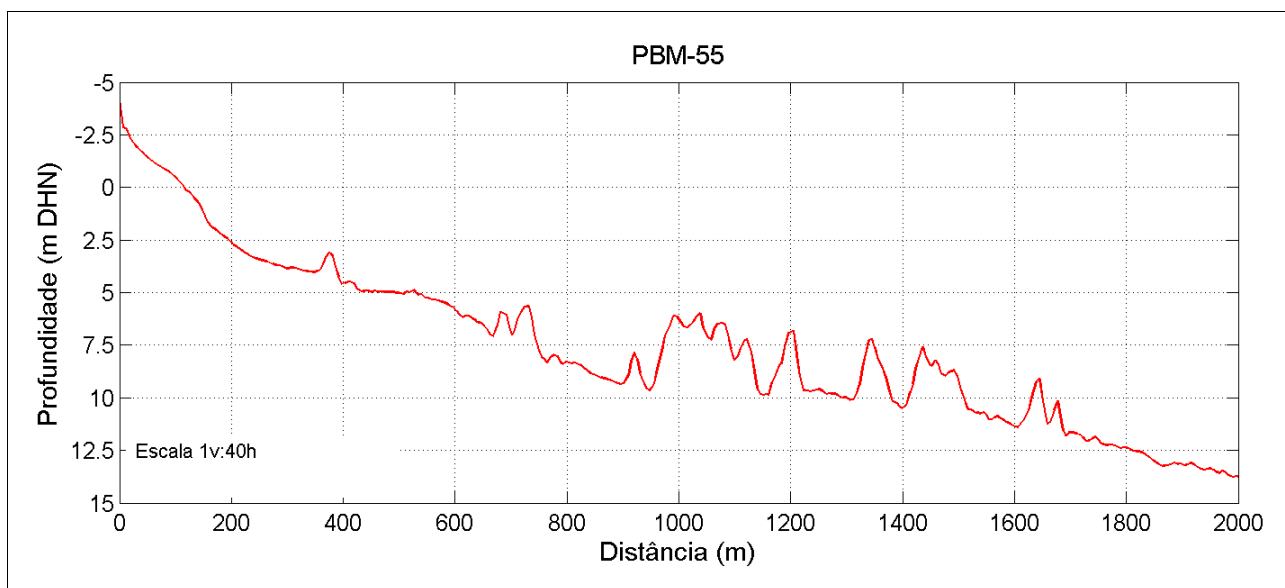


Figura 81: Topo-batimetria do perfil PBM-55.

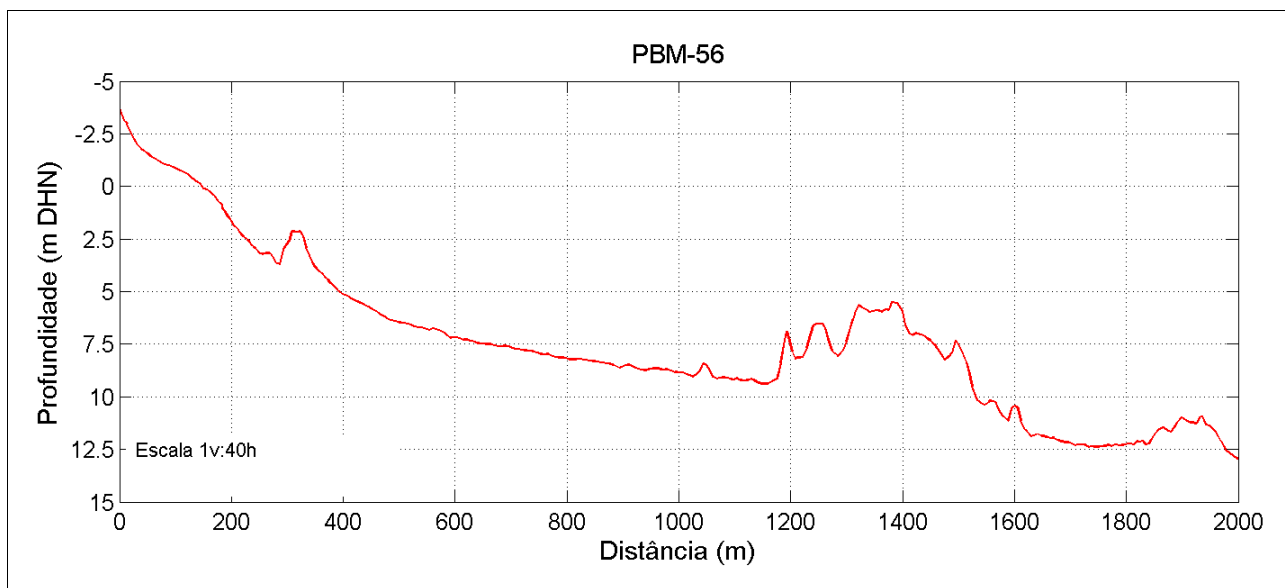


Figura 82: Topo-batimetria do perfil PBM-56

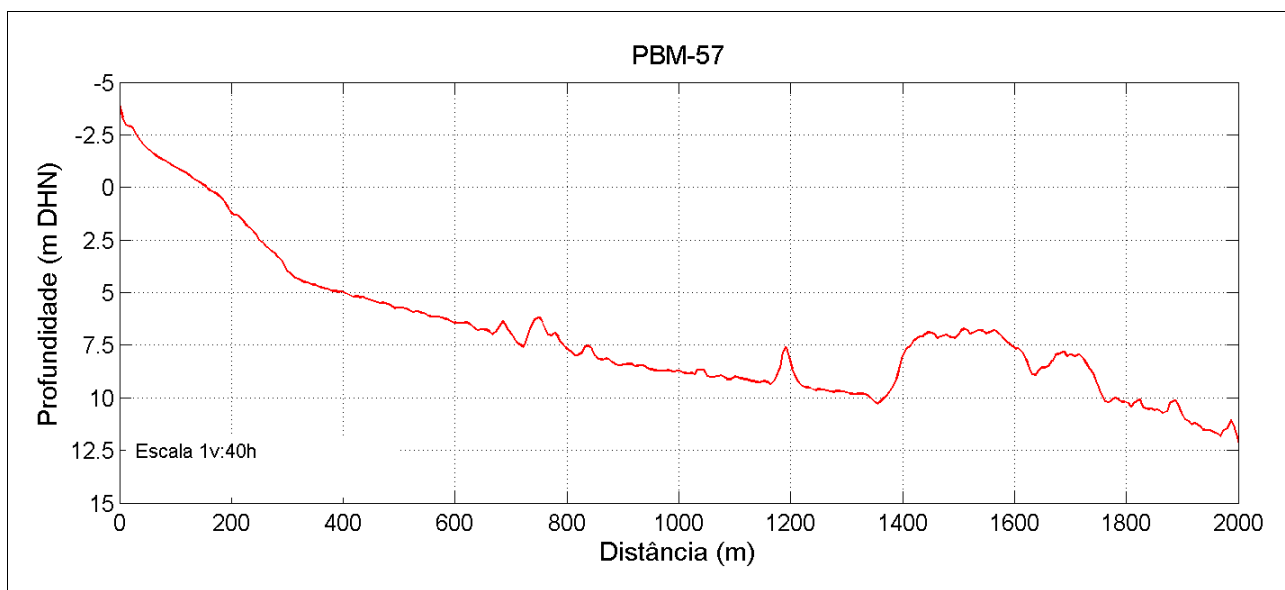


Figura 83: Topo-batimetria do perfil PBM-57.

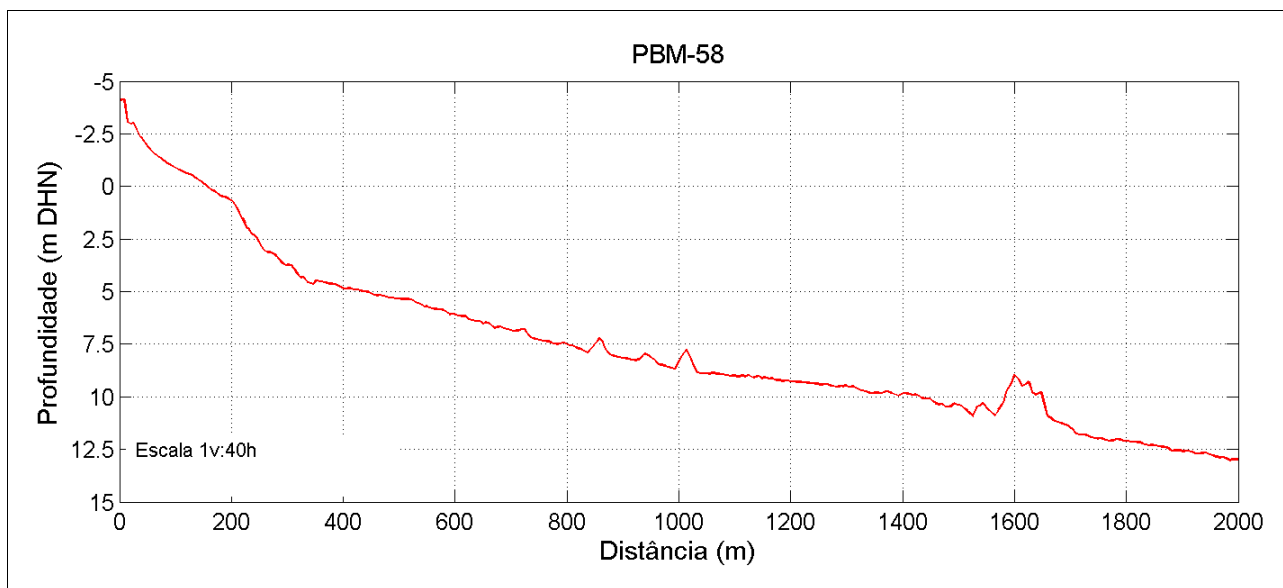


Figura 84: Topo-batimetria do perfil PBM-58.

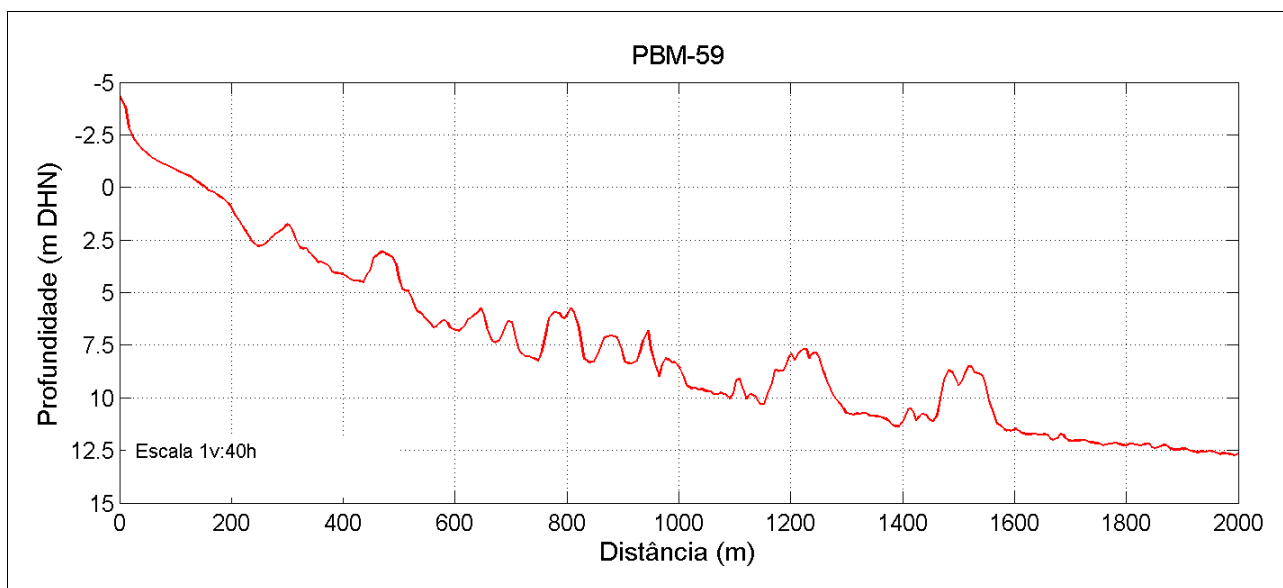


Figura 85: Topo-batimetria do perfil PBM-59.

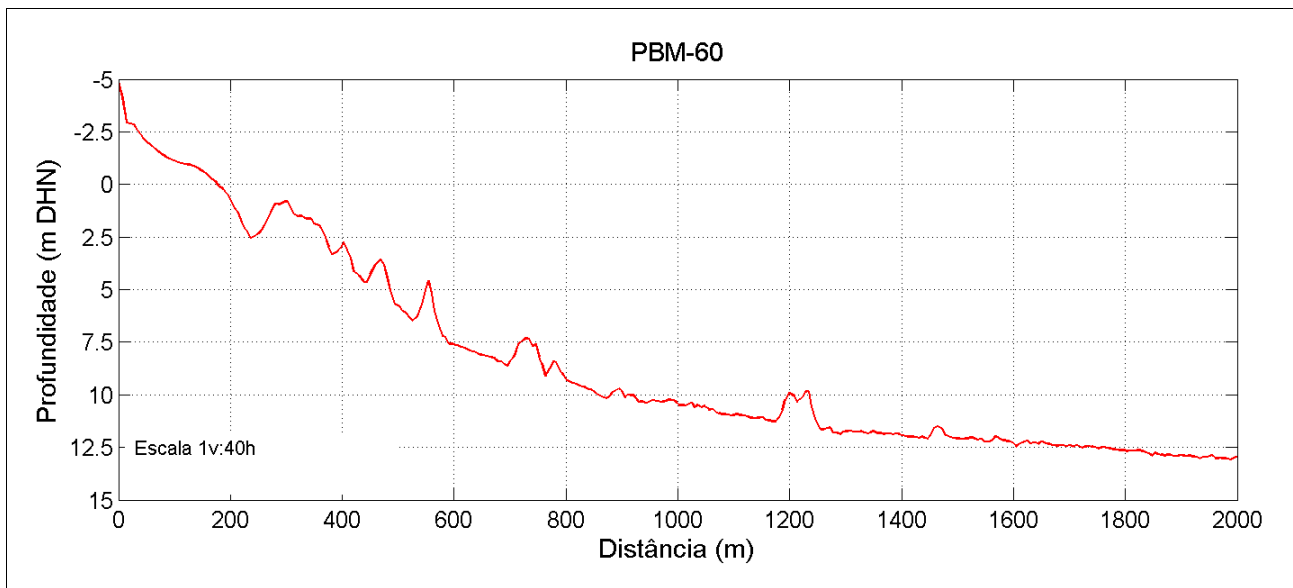


Figura 86: Topo-batimetria do perfil PBM-60.

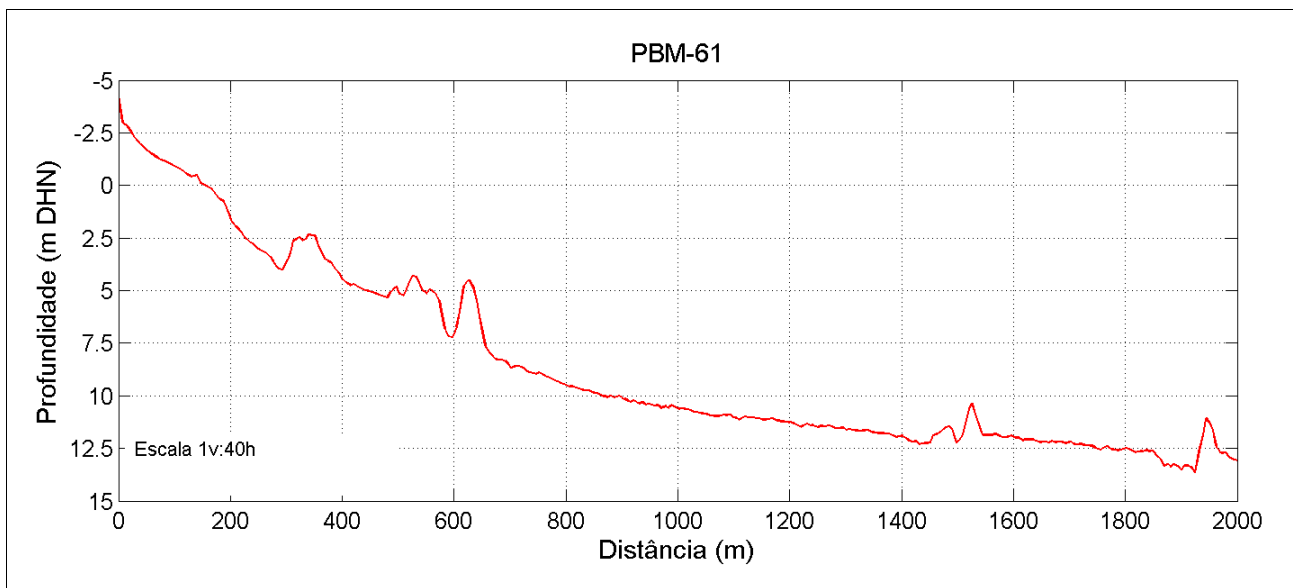


Figura 87: Topo-batimetria do perfil PBM-61.

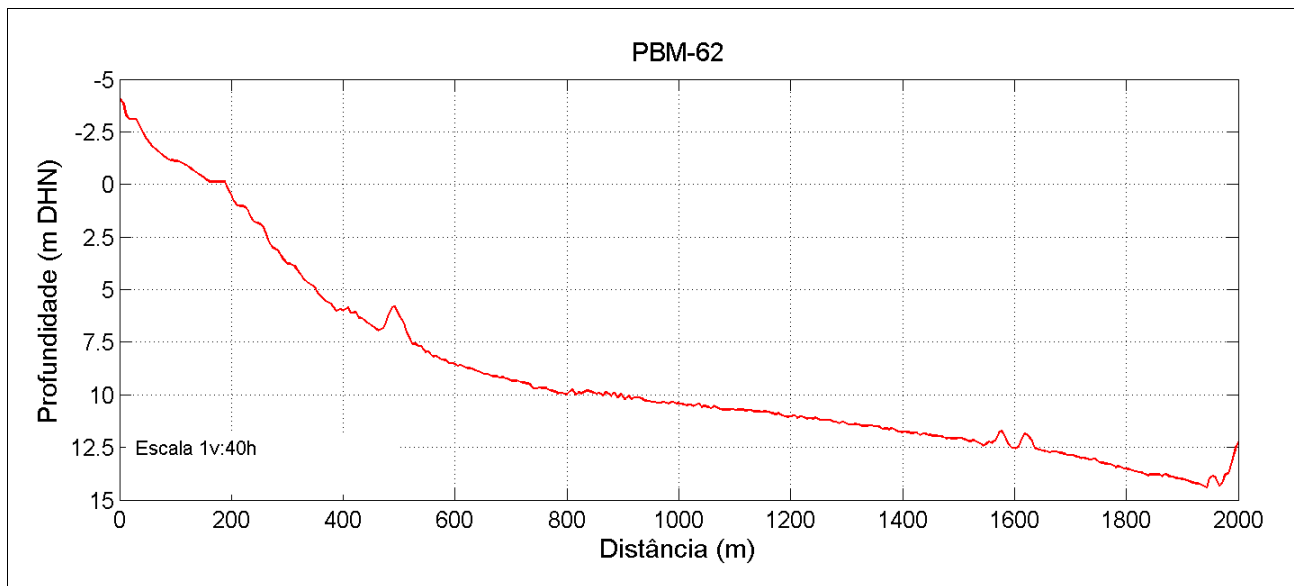


Figura 88: Topo-batimetria do perfil PBM-62.

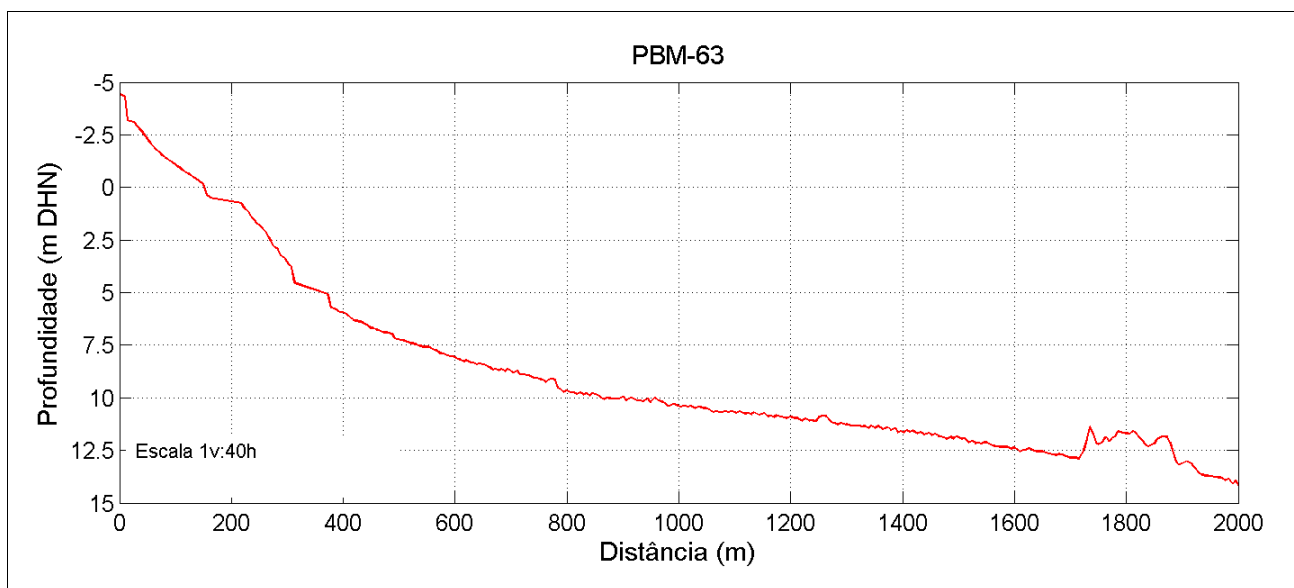


Figura 89: Topo-batimetria do perfil PBM-63.

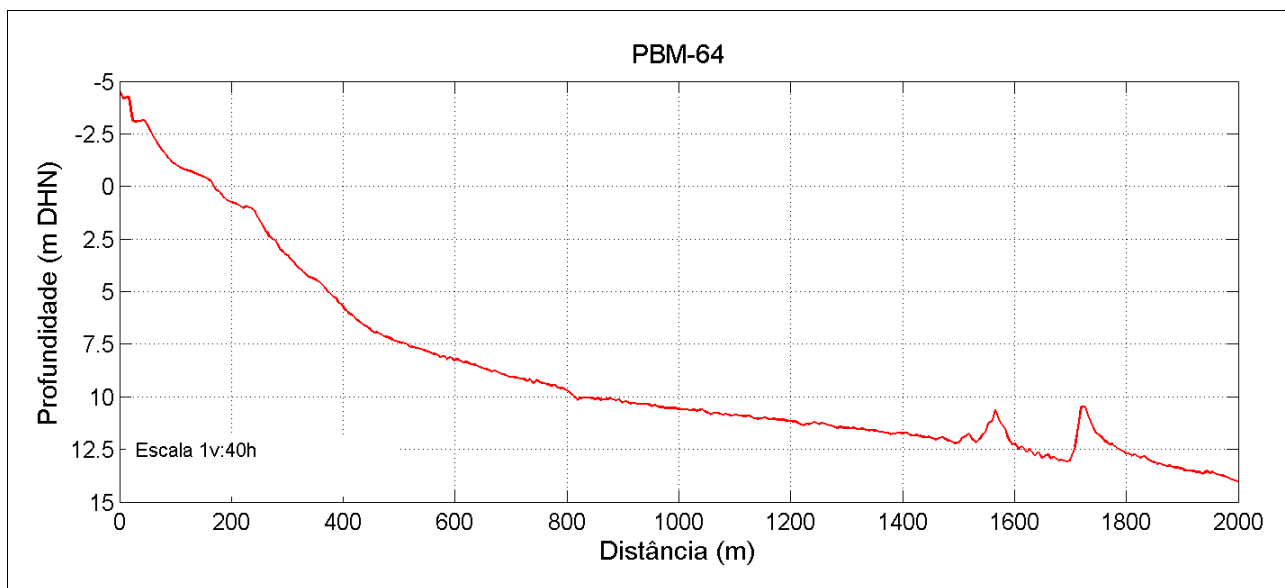


Figura 90: Topo-batimetria do perfil PBM-64.

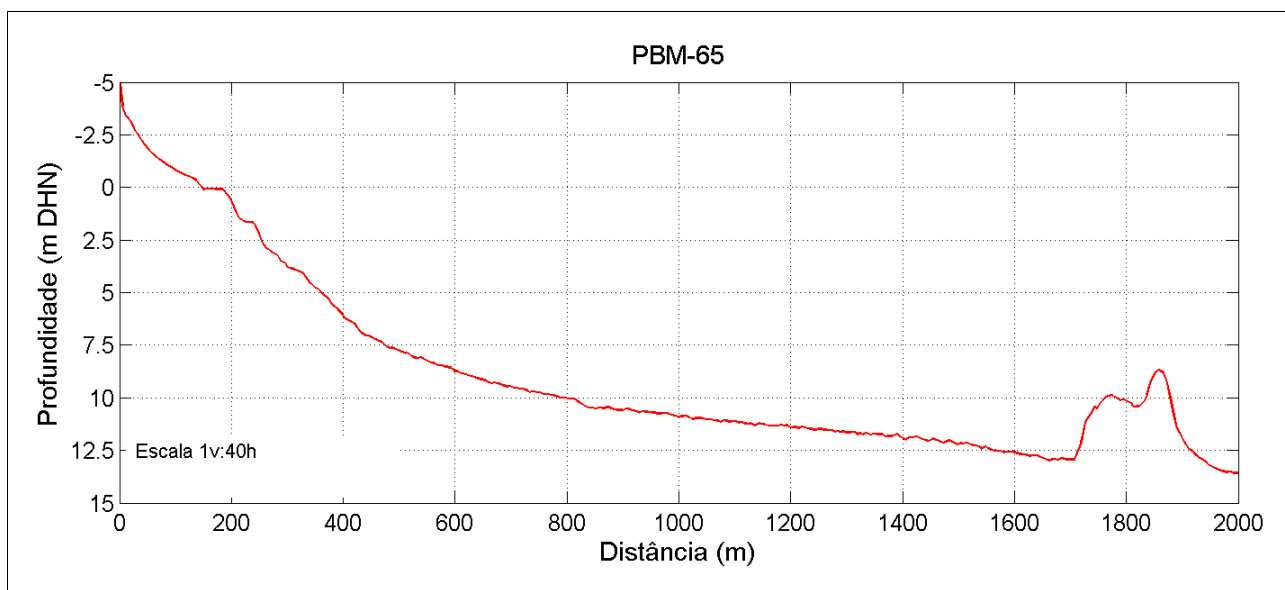


Figura 91: Topo-batimetria do perfil PBM-65.

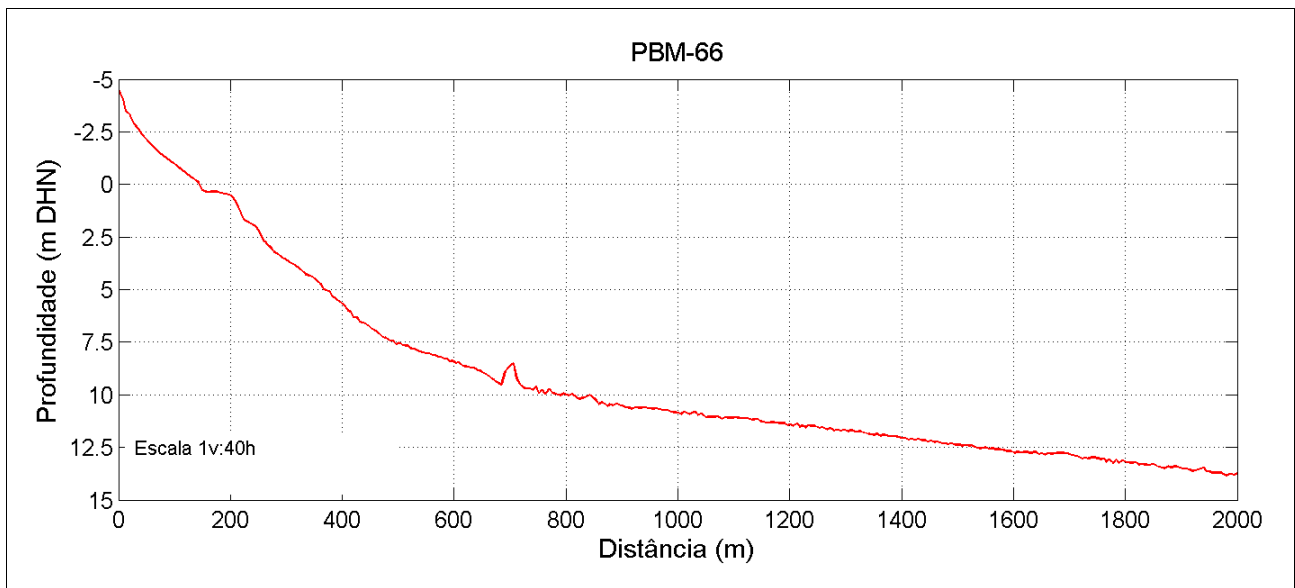


Figura 92: Topo-batimetria do perfil PBM-66.

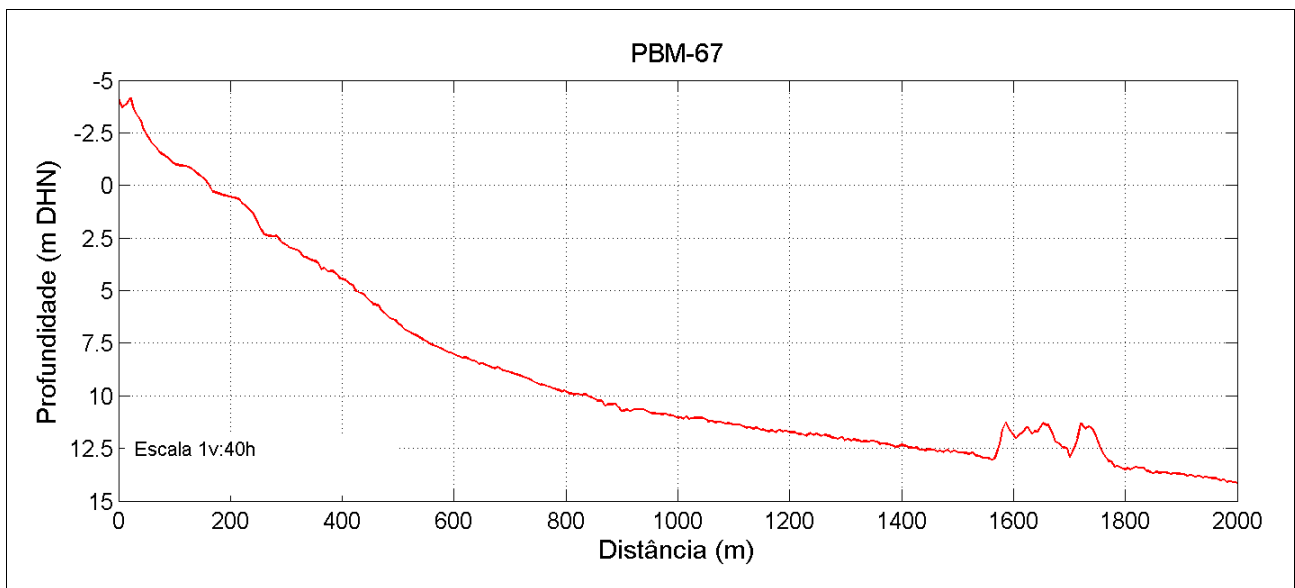




Figura 93: Topo-batimetria do perfil PBM-67.

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 84 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados das análises granulométricas das amostras são apresentados na forma de tabelas e figuras que indicam os parâmetros estatísticos e a distribuição granulométrica de cada amostra. A classificação das 34 amostras coletadas, segundo os parâmetros de FOLK & WARD (1957) e as classes granulométricas em porcentagem (%), são apresentadas nas Tabela 9 e Tabela 10. Na Figura 94 é apresentada distribuição espacial da classificação das amostras de sedimento.

De maneira geral, as amostras de sedimento variaram entre areia fina e areia média, sendo classificados de moderadamente selecionados a muito bem selecionados. Juntas, areia fina e areia média representam de 88% a 99% da composição granulométrica das amostras. As figuras de distribuição de frequência simples e distribuição de frequência acumulada em milímetros (mm) de todas as amostras são apresentadas no Apêndice B deste relatório.



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

Tabela 9: Classificação das amostras, segundo os parâmetros de FOLK & WARD (1957).

| AMOSTRAS | MÉDIA (MM) | MEDIANA (MM) | CLASSIFICAÇÃO | GRAU DE SELEÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | ASSIMETRIA | CLASSIFICAÇÃO | CURTOSE | CLASSIFICAÇÃO |
|---------------|------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------|---------------------------|---------|---------------|
| SBM-01 | 0,2078 | 0,1957 | Areia fina | 0,6717 | Moderadamente selecionado | -0,2884 | Negativa | 1.138 | Leptocúrtica |
| SBM-03 | 0,2886 | 0,3097 | Areia média | 0,6141 | Moderadamente selecionado | 0,5522 | Positiva | 0.9282 | Mesocúrtica |
| SBM-05 | 0,2975 | 0,3164 | Areia média | 0,5766 | Moderadamente selecionado | 0,5680 | Positiva | 1.069 | Mesocúrtica |
| SBM-07 | 0,2979 | 0,3178 | Areia média | 0,6876 | Moderadamente selecionado | 0,2880 | Positiva | 1.174 | Leptocúrtica |
| SBM-09 | 0,3054 | 0,3262 | Areia média | 0,6493 | Moderadamente selecionado | 0,3479 | Positiva | 1.288 | Leptocúrtica |
| SBM-11 | 0,2826 | 0,3038 | Areia média | 0,6784 | Moderadamente selecionado | 0,3168 | Positiva | 0.9082 | Mesocúrtica |
| SBM-13 | 0,3463 | 0,3463 | Areia média | 0,5361 | Moderadamente selecionado | 0,0470 | Aproximadamente simétrica | 1.41 | Leptocúrtica |
| SBM-15 | 0,2914 | 0,3123 | Areia média | 0,6116 | Moderadamente selecionado | 0,5548 | Positiva | 0.9576 | Mesocúrtica |
| SBM-17 | 0,2912 | 0,3143 | Areia média | 0,6225 | Moderadamente selecionado | 0,5673 | Positiva | 1.018 | Mesocúrtica |
| SBM-19 | 0,3436 | 0,3436 | Areia média | 0,4564 | Bem selecionado | 0,3076 | Positiva | 1.21 | Leptocúrtica |
| SBM-21 | 0,3251 | 0,3315 | Areia média | 0,5042 | Moderadamente selecionado | 0,5770 | Positiva | 1.166 | Leptocúrtica |
| SBM-23 | 0,3401 | 0,3401 | Areia média | 0,4373 | Bem selecionado | 0,3015 | Positiva | 1.143 | Leptocúrtica |
| SBM-25 | 0,3324 | 0,3324 | Areia média | 0,4846 | Bem selecionado | 0,3125 | Positiva | 1.28 | Leptocúrtica |
| SBM-27 | 0,3191 | 0,3281 | Areia média | 0,5142 | Moderadamente selecionado | 0,5874 | Positiva | 1.199 | Leptocúrtica |
| SBM-29 | 0,3417 | 0,3417 | Areia média | 0,4511 | Bem selecionado | 0,2940 | Positiva | 1.109 | Mesocúrtica |
| SBM-31 | 0,3319 | 0,3319 | Areia média | 0,4539 | Bem selecionado | 0,3006 | Positiva | 1.157 | Leptocúrtica |
| SBM-33 | 0,2898 | 0,3091 | Areia média | 0,5757 | Moderadamente selecionado | 0,5633 | Positiva | 0.9588 | Mesocúrtica |



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

| AMOSTRAS | MÉDIA (MM) | MEDIANA (MM) | CLASSIFICAÇÃO | GRAU DE SELEÇÃO | CLASSIFICAÇÃO | ASSIMETRIA | CLASSIFICAÇÃO | CURTOSE | CLASSIFICAÇÃO |
|----------|------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------------|------------|---------------------------|---------|---------------|
| SBM-35 | 0,2926 | 0,3121 | Areia média | 0,5731 | Moderadamente selecionado | -0.1281 | Positiva | 1.025 | Mesocúrtica |
| SBM-37 | 0,3200 | 0,3274 | Areia média | 0,4895 | Bem selecionado | 0.2644 | Positiva | 1.138 | Leptocúrtica |
| SBM-39 | 0,3484 | 0,3484 | Areia média | 0,3195 | Muito bem selecionado | 0.2708 | Aproximadamente simétrica | 0.7377 | Platicúrtica |
| SBM-41 | 0,2668 | 0,2830 | Areia média | 0,6289 | Moderadamente selecionado | 0.1284 | Positiva | 0.7767 | Platicúrtica |
| SBM-43 | 0,2272 | 0,2154 | Areia fina | 0,6140 | Moderadamente selecionado | 0.232 | Negativa | 0.7875 | Platicúrtica |
| SBM-45 | 0,2486 | 0,2507 | Areia fina | 0,6352 | Moderadamente selecionado | 0.1988 | Aproximadamente simétrica | 0.7378 | Platicúrtica |
| SBM-47 | 0,2065 | 0,1949 | Areia fina | 0,5840 | Moderadamente selecionado | 0.09096 | Negativa | 1.06 | Mesocúrtica |
| SBM-49 | 0,2291 | 0,2211 | Areia fina | 0,6492 | Moderadamente selecionado | 0.2673 | Aproximadamente simétrica | 0.7893 | Platicúrtica |
| SBM-51 | 0,2713 | 0,2884 | Areia média | 0,6178 | Moderadamente selecionado | 0.292 | Positiva | 0.7932 | Platicúrtica |
| SBM-53 | 0,2563 | 0,2639 | Areia média | 0,6251 | Moderadamente selecionado | 0.1952 | Aproximadamente simétrica | 0.7435 | Platicúrtica |
| SBM-55 | 0,2455 | 0,2449 | Areia fina | 0,6264 | Moderadamente selecionado | 0.2278 | Aproximadamente simétrica | 0.7378 | Platicúrtica |
| SBM-57 | 0,2721 | 0,2882 | Areia média | 0,6394 | Moderadamente selecionado | 0.1774 | Positiva | 0.7834 | Platicúrtica |
| SBM-59 | 0,3253 | 0,3294 | Areia média | 0,4828 | Bem selecionado | 0.2117 | Positiva | 1.189 | Leptocúrtica |
| SBM-61 | 0,2438 | 0,2430 | Areia fina | 0,6305 | Moderadamente selecionado | 0.2546 | Aproximadamente simétrica | 0.738 | Platicúrtica |
| SBM-63 | 0,3401 | 0,3401 | Areia média | 0,4501 | Bem selecionado | 0.1675 | Positiva | 1.111 | Leptocúrtica |
| SBM-65 | 0,2588 | 0,2702 | Areia média | 0,6306 | Moderadamente selecionado | 0.1812 | Positiva | 0.7516 | Platicúrtica |
| SBM-67 | 0,2644 | 0,2787 | Areia média | 0,6229 | Moderadamente selecionado | 0.2638 | Positiva | 0.7661 | Platicúrtica |



Tabela 10: Classes granulométricas dos sedimentos em porcentagem (%)

| AMOSTRA | AREIA MUITO GROSSA | AREIA GROSSA | AREIA MÉDIA | AREIA FINA | AREIA MUITO FINA | SILTE |
|---------------|--------------------------|-----------------|----------------|------------|---------------------|-------|
| SBM-01 | 0,609 | 0,597 | 25,929 | 64,862 | 7,074 | 0,930 |
| SBM-03 | 0,000 | 3,250 | 67,631 | 26,306 | 1,692 | 1,121 |
| SBM-05 | 0,000 | 2,020 | 72,648 | 23,594 | 0,887 | 0,851 |
| SBM-07 | 2,462 | 4,810 | 65,315 | 25,202 | 1,706 | 0,506 |
| SBM-09 | 0,000 | 6,533 | 70,587 | 18,021 | 4,333 | 0,525 |
| SBM-11 | 0,000 | 5,933 | 61,299 | 28,559 | 3,615 | 0,594 |
| SBM-13 | 0,400 | 7,036 | 80,344 | 9,077 | 2,607 | 0,535 |
| SBM-15 | 0,288 | 3,451 | 68,156 | 25,309 | 1,859 | 0,937 |
| SBM-17 | 0,000 | 3,545 | 69,297 | 22,840 | 3,853 | 0,465 |
| SBM-19 | 0,157 | 3,143 | 86,253 | 7,447 | 2,259 | 0,741 |
| SBM-21 | 1,356 | 1,329 | 79,731 | 15,467 | 1,489 | 0,627 |
| SBM-23 | 0,000 | 1,525 | 87,217 | 9,789 | 1,044 | 0,425 |
| SBM-25 | 0,000 | 0,563 | 83,884 | 11,546 | 3,152 | 0,854 |
| SBM-27 | 0,000 | 0,856 | 80,866 | 15,434 | 2,009 | 0,836 |
| SBM-29 | 0,004 | 4,359 | 83,142 | 11,796 | 0,312 | 0,387 |
| SBM-31 | 0,000 | 0,005 | 84,579 | 14,310 | 0,503 | 0,603 |
| SBM-33 | 0,000 | 0,000 | 72,059 | 26,892 | 0,269 | 0,779 |
| SBM-35 | 0,000 | 0,000 | 73,561 | 24,792 | 1,237 | 0,410 |
| SBM-37 | 0,000 | 0,000 | 81,829 | 17,369 | 0,031 | 0,770 |
| SBM-39 | 0,000 | 0,005 | 95,875 | 3,056 | 0,247 | 0,817 |
| SBM-41 | 0,361 | 0,218 | 60,182 | 36,352 | 1,741 | 1,147 |
| SBM-43 | 0,000 | 0,482 | 36,420 | 60,909 | 1,587 | 0,602 |
| SBM-45 | 0,000 | 0,630 | 49,582 | 46,943 | 1,777 | 1,068 |
| SBM-47 | 0,000 | 1,237 | 23,615 | 70,131 | 4,345 | 0,671 |
| SBM-49 | 0,000 | 0,000 | 40,392 | 54,256 | 4,084 | 1,268 |
| SBM-51 | 0,050 | 0,355 | 62,456 | 35,029 | 1,003 | 1,107 |
| SBM-53 | 0,000 | 0,205 | 54,032 | 43,912 | 1,464 | 0,387 |
| SBM-55 | 0,000 | 0,000 | 48,532 | 49,267 | 1,494 | 0,707 |
| SBM-57 | 0,000 | 3,136 | 58,972 | 35,187 | 1,753 | 0,951 |
| SBM-59 | 0,000 | 0,000 | 83,033 | 14,827 | 1,610 | 0,530 |
| SBM-61 | 0,000 | 0,000 | 48,001 | 49,137 | 2,182 | 0,679 |
| SBM-63 | 0,000 | 3,665 | 83,384 | 12,403 | 0,430 | 0,118 |
| SBM-65 | 0,000 | 0,000 | 56,335 | 40,739 | 1,737 | 1,190 |
| SBM-67 | 0,000 | 0,000 | 59,305 | 38,397 | 1,479 | 0,819 |

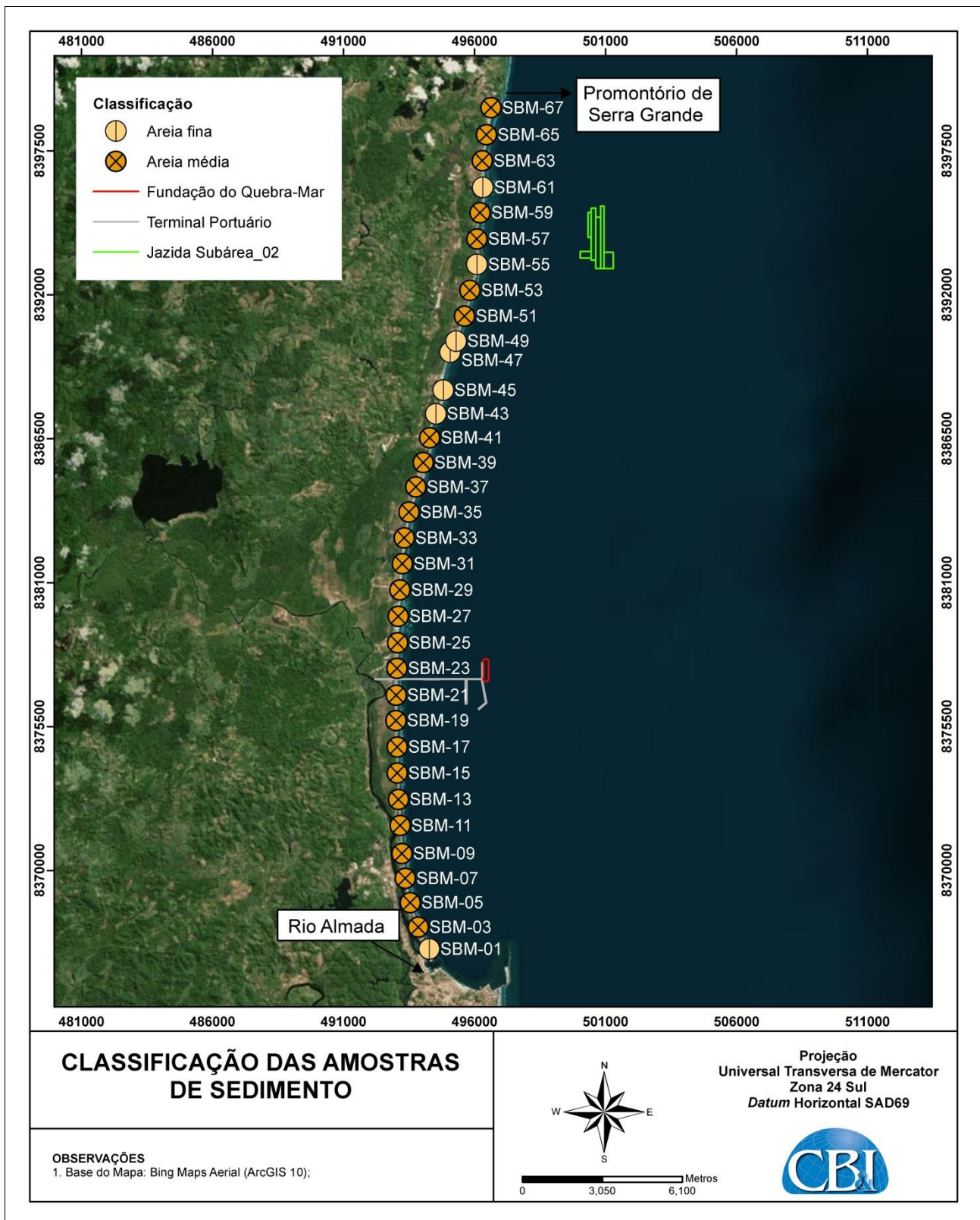


Figura 94: Mapeamento da classificação das amostras de sedimento.

4.1 CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA

A classificação morfodinâmica das praias compreendidas entre foz do Rio Almada e o Promontório de Praia Grande foi feita com base no índice de *Relative Tide Range* (RTR) (SHORT,1999), conforme fórmula abaixo, onde TR é a variação da maré e H_b é altura de onda na profundidade de quebra:

$$RTR = TR/H_b$$

O RTR classifica as praias em 4 tipos em relação às forçantes dominantes do meio ambiente (Tabela 11).

Tabela 11: Classificação de praias conforme RTR.

| RTR | CLASSIFICAÇÃO |
|------------------------|-----------------------------|
| Inferior ou igual a 3 | Praias dominadas por ondas |
| De 3 a 10 | Praias modificadas por maré |
| De 10 a 50 | Praias dominadas por maré |
| Superior ou igual a 50 | Planícies de maré |



O valor da variação de maré foi determinado a partir da média entre as médias das preamares de sigízia e das baixa-mares de quadratura obtidas da Estação Marégrafia do Porto de Ilhéus (Malhado) – BA da FEMAR (Figura 95). O valor de variação da maré obtido foi de 1,375 m $((2,03+0,72)/2)$.


FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

| Nome da Estação : | | PORTO DE ILHÉUS (MALHADO) – BA | | | |
|---|-----------------------|--|---|-------------------------------|---------------------|
| Localização : | | Próximo ao início do Cais de Atracação | | | |
| Organ. Responsável : | | DHN / INPH | | | |
| Latitude : | | 14° 46,9' S | Longitude : | | 39° 01,7' W |
| Período Analisado : | | 10/11/76 a 11/12/76 | | Nº de Componentes : 40 | |
| Análise Harmônica : | | Método Almirante Santos Franco | | | |
| Classificação : | | Maré Semidiurna. | | | |
| Estabelecimento do Porto: (HWF&C) | | III H 55 min | Nível Médio (Zo): | | 112 cm acima do NR. |
| Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) : | | 203 cm acima do NR. | Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : | | 151 cm acima do NR |
| Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) : | | 20 cm acima do NR. | Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : | | 72 cm acima do NR. |
| CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS | | | | | |
| Componentes | Semi-amplitude (H) cm | Fase (g) graus (°) | Componentes | Semi-amplitude (H) cm | Fase (g) graus (°) |
| Sa | - | - | MU ₂ | 2,7 | 123 |
| Ssa | - | - | N ₂ | 12,5 | 092 |
| Mm | 3,2 | 255 | NU ₂ | 2,4 | 093 |
| Mf | - | - | M ₂ | 65,6 | 099 |
| MTM | - | - | L ₂ | 1,3 | 182 |
| Msf | 4,7 | 346 | T ₂ | 1,5 | 114 |
| Q ₁ | 2,4 | 097 | S ₂ | 26,0 | 114 |
| O ₁ | 5,4 | 127 | K ₂ | 7,1 | 115 |
| M ₁ | 0,9 | 092 | MO ₃ | 1,3 | 204 |
| P ₁ | 0,8 | 200 | M ₃ | 1,9 | 087 |
| K ₁ | 2,5 | 206 | MK ₃ | 0,3 | 314 |
| J ₁ | 1,3 | 142 | MN ₄ | 0,7 | 124 |
| OO ₁ | 1,1 | 280 | M ₄ | 1,0 | 198 |
| MNS ₂ | 0,9 | 133 | SN ₄ | 0,6 | 031 |
| 2N ₂ | 1,6 | 085 | MS ₄ | 0,4 | 131 |
| Referências de Nível: RN-1 localizada no lado esquerdo da guarita da entrada do Porto RN-2 na quina do cais de atracação, próximo a estação maregráfica | | | | | |
| Obs: Outros Períodos: 09/11/20 a 08/12/20; 24/04/59 a 25/05/59; 03/09/74 a 04/10/74; 10/11/76 a 24/11/76 Consta das Tábuas das Marés | | | | | |

Código BNDO: 40145

Figura 95: Tabela da Femar do Porto de Ilhéus (Malhado) – BA, utilizada para determinação da variação de maré.

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 91 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

Para obtenção do valor de H_b foi realizada modelagem numérica de ondas utilizando o modelo de geração e propagação de ondas SWAN, pertencente ao pacote de modelos do Delft3D (maiores informações em RIS et al., 1999; WL | DELFT HYDRAULICS, 1999). Para tanto, foram utilizados dados de ondas em águas profundas a cada três horas para um período de 7 anos (totalizando aproximadamente 20.000 estados de mar), obtidos do modelo global Wavewatch III – WW3 (TOLMAN, 1997; 1999), nas coordenadas geográficas $14,5^\circ$ S e $38,5^\circ$ W (Figura 96). Devido a inviabilidade de simular um número tão grande de dados (~ 20.000), um conjunto de 294 casos representativos de altura significativa (H_s), período de pico (T_p) e direção de pico (Dir) foram selecionados para propagação de ondas, sendo utilizada uma metodologia de interpolação de dados denominada Hipercubo para reconstrução da série temporal em águas rasas (BONANATA *et al.*, 2010). O Hipercubo funciona basicamente como uma técnica de interpolação linear em 3 dimensões que, aplicada aos parâmetros de onda e coeficientes de propagação com características direcionais, possibilita reconstruir a série temporal em águas rasas com o mesmo comprimento da série temporal original de águas profundas.

Com os resultados da propagação de um determinado número de estados de mar com diferentes combinações de H_s , T_p e Dir, desde águas profundas até um ponto de interesse nas proximidades da costa, é possível realizar a interpolação linear tridimensional dos resultados para se determinar os valores de H_{si} , T_{pi} e Dir_i nesse ponto para cada estado de mar da série original em águas profundas. Dessa forma, os 294 casos de ondas de águas profundas foram propagados e reconstruídos em uma profundidade de aproximadamente 10 m de profundidade adjacente a área de estudo (Figura 97), cuja coordenada foi de $14,6^\circ$ S e $39,05^\circ$ W. O valor de H_b foi determinado a partir da média da série temporal de altura significativa das ondas em águas rasas da série reconstruída, sendo o valor obtido de aproximadamente 0,94 m. Sendo assim, o valor de RTR foi de 1,5 classificando a área de estudo como praia dominada por ondas.



EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA

PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

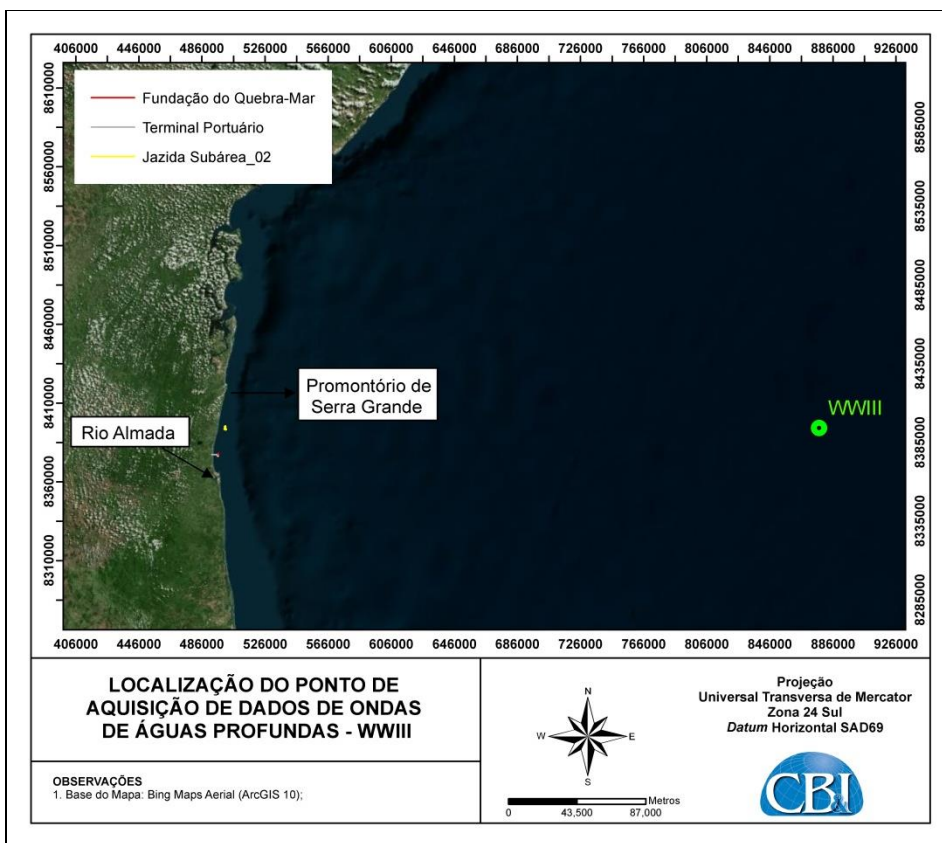


Figura 96: Localização do ponto de extração dos dados de ondas de águas profundas do modelo Wavewatch III.

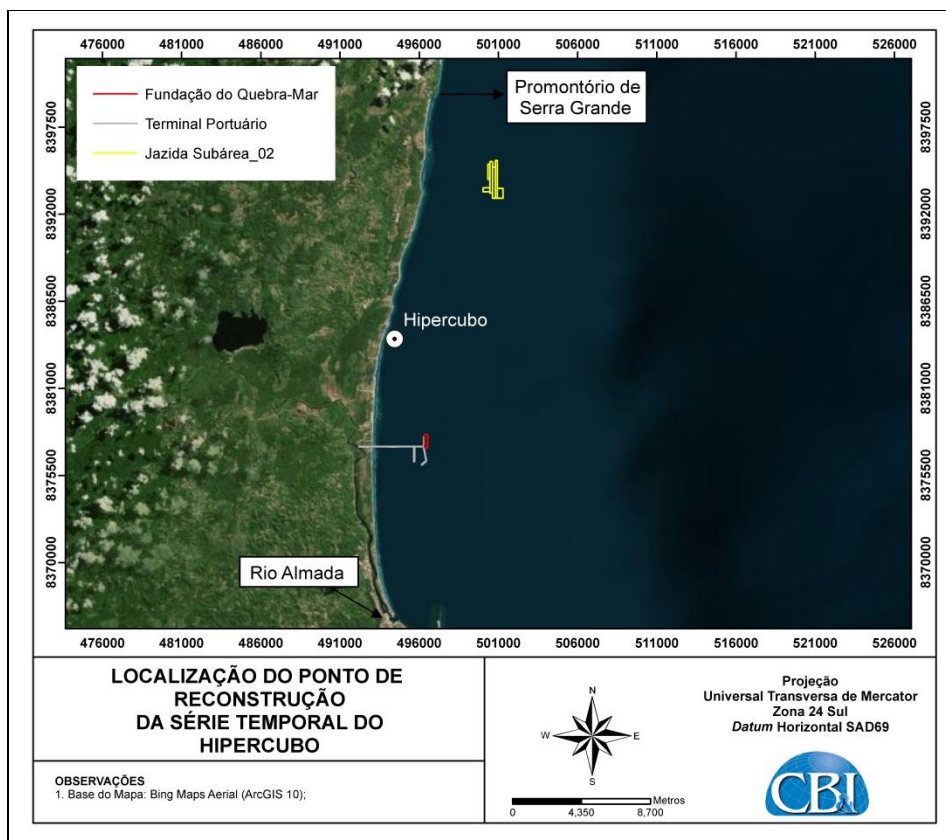


Figura 97: Localização do ponto de reconstrução da série temporal de ondas do Hipercubo.

Wright & Short (1984) propuseram uma classificação do estado das praias dominadas por ondas, a partir de um parâmetro adimensional denominado ômega (Ω), conforme apresentado na fórmula abaixo:

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s \times T}$$

onde H_b é altura de onda na profundidade de quebra, W_s é a velocidade de sedimentação do grão e T é o período da onda. A velocidade de descida do grão é diretamente proporcional ao tamanho do grão e pode ser obtida através da fórmula (GIBBS *et al*, 2007):

$$W_s = \left(\frac{\left(\frac{\left(\frac{16196,4 \times (D_{50})^2}{0,12} \right)}{18} \right)}{10000} \right)$$

onde D_{50} é o tamanho do grão em mm.

Valores de ômega inferiores a 1 classificam praias reflectivas enquanto que valores de ômega superiores a 6 determinam praias dissipativas. Praias intermediárias apresentam valores de ômega entre 1 e 6 e podem ser classificadas em praias de banco e calha longitudinal, praias de bancos e cúspides rítmicos, praias de bancos transversais e terrações de baixa-mar, conforme Tabela 12.

As praias dissipativas representam o nível mais energético das praias. São caracterizadas por uma zona de surf extensa, sedimentos predominantes de baixa granulometria e baixo gradiente de declividade, onde as ondas com alturas grandes dissipam sua energia através de quebras deslizantes. Já as praias reflectivas representam o nível menos energético de praias, com uma combinação de pequenas ondas e/ou longos períodos, caracterizada por ser constituída de sedimentos mais grosseiros. As praias reflectivas normalmente possuem uma pequena faixa de areia e zona de *swash*, a qual apresenta-se bem inclinada, com um gradiente alto onde as ondas quebram mergulhantes. As praias intermediárias encontram-se em um estágio energético compreendido entre o maior nível

energético dissipativo e o menor nível energético reflectivo. Esses ambientes são caracterizados essencialmente pela presença de bancos e calhas, compreendem uma maior variação de altura, período de ondas e tamanho de grão do que as praias dissipativas e reflectivas (SHORT, 1999).

Tabela 12: Classificação de praias de acordo com o parâmetro Ω , de acordo com (SHORT, 1999).

| INTERVALO Ω | CLASSIFICAÇÃO |
|--------------------|--------------------------------------|
| Inferior a 1 | Reflectiva |
| 1-2 | Terraço de baixa-mar |
| 2-3 | Praias de bancos transversais |
| 3-4 | Praias de bancos e cúspides rítmicos |
| 4-5 | Praias de banco e calha longitudinal |
| Superior a 6 | Dissipativas |



O cálculo do ômega foi feito para toda a série reconstruída com o Hipercubo (~ 20.000 casos de ondas) para os pontos finais dos perfis onde houve coleta de sedimento.

No Apêndice C são apresentados histogramas de cada um dos perfis onde foi realizada a caracterização morfodinâmica. Esta análise foi efetuada para visualizar as variações do estágio morfodinâmico da praia perante a diferentes estados de mar incidentes. A partir dos histogramas é possível notar que em geral o estado morfodinâmico da área de estudo ao longo do tempo é predominantemente intermediário. Alguns perfis iniciais (PBM-03, PBM-05, PBM-07, PBM-09, PBM-13) apresentam maiores frequências no estado reflectivo.

Com intuito de identificar a variação espacial do parâmetro ômega, foi determinada a mediana dos ôegas calculados para cada estado de mar. Estes resultados encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13: Valores do parametro omega mediano e classificação morfodinâmica.

| PERFIL | Ω MEDIANO | CLASSIFICAÇÃO |
|--------|------------------|--------------------------------------|
| PBM-01 | 2,85 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-03 | 1,07 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-05 | 1,12 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-07 | 1,18 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-09 | 1,16 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-11 | 1,36 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-13 | 1,12 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-15 | 1,46 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-17 | 1,47 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-19 | 1,25 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-21 | 1,44 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-23 | 1,33 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-25 | 1,44 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-27 | 1,53 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-29 | 1,39 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-31 | 1,46 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-33 | 1,72 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-35 | 1,74 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-37 | 1,65 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-39 | 1,71 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-41 | 2,14 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-43 | 3,43 | Praias de Bancos e cúspides rítmicos |
| PBM-45 | 2,43 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-47 | 4,23 | Praias de banco e calha longitudinal |
| PBM-49 | 3,15 | Praias de Bancos e cúspides rítmicos |
| PBM-51 | 2,08 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-53 | 2,12 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-55 | 3,01 | Praias de Bancos e cúspides rítmicos |
| PBM-57 | 2,04 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-59 | 1,52 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-61 | 2,95 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-63 | 1,40 | Terraço de Baixa-Mar |
| PBM-65 | 2,32 | Praias de Bancos Transversais |
| PBM-67 | 2,12 | Praias de Bancos Transversais |


| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 96 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

A partir ômega calculados é possível notar um padrão espacial bem definido, onde do perfil PBM-01 ao perfil PBM-39 o estado morfodinâmico predominante é terraço de baixa-mar, e do perfil PBM-41 ao PBM-67 o estado morfodinâmico predominante é de bancos transversais.

As praias de terraço de baixa-mar são os tipos de praia intermediária menos energéticas. São caracterizadas por moderada inclinação na face praial, que durante a baixa-mar encontra-se conectada a um banco ou terraço. Em geral apresenta feições suaves com uma crista central e pequenas reentrâncias denominadas *mini-rips*. As praias de terraço de baixa-mar essencialmente apresentam reentrâncias, com uma linha de costa reta, sem topografia rítmica. As ondas nas praias de terraço de baixa-mar apresentam alturas inferiores à 1 m que durante as premares passam por cima do banco e quebram na face praial, comportando-se como uma praia reflectiva, enquanto que nas baixa-mares as ondas quebram no banco que encontra-se exposto se comportando como uma praia dissipativa.

As praias de bancos transversais apresentam bancos transversais ou perpendiculares à costa e conectados à mesma. A linha de costa então é caracterizada por megacúspides conectadas aos bancos e reentrâncias escarpadas. As ondas quebram nos bancos conectados às saliências da costa dissipando grande parte da energia enquanto que nas reentrâncias as ondas quebram deslizantes. De forma geral, há uma convergência de energia das ondas nas saliências e uma divergência de energia de ondas nas reentrâncias. A zona de surf apresenta uma circulação celular onde a quebra de ondas nos bancos/saliências gera correntes paralelas à costa em direção às reentrâncias que retornam ao mar através das correntes de retorno no centro das reentrâncias.

Cabe ressaltar que a classificação morfodinâmica apresentada nesse relatório é válida apenas para o período de coleta, uma vez que para uma classificação morfodinâmica definitiva de uma praia é necessário maior número de coleta de sedimentos no perfil e também de coletas sazonais, de modo a identificar possíveis variações do estágio morfodinâmico associado às diferentes condições de ondas ao longo do ano. Além disso, ressalta-se que a classificação aqui proposta apresenta limitações quanto aos dados de alturas de onda, uma vez que estes foram extraídos em uma profundidade maior que a profundidade de quebra. Para uma classificação morfodinâmica mais robusta da área de estudo são recomendados: monitoramento dos perfis praias; coletas de sedimento ao longo dos perfis (parte aérea, zona de espraiamento e parte submersa); levantamentos de dados de ondas na zona de arrebentação. Embora apresente limitações, a classificação proposta nesse trabalho encontra-se coerente com observações de campo.

| | | | | |
|---|--------------------------|------|------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 97 DE 156 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

4.2 CORRELAÇÃO DOS PERFIS PRAIAIS COM LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

Com objetivo de validar as elevações do fundo marinho verificadas nos perfis praiais como formações recifais, foi realizada a comparação dos dados dos perfis com o mapeamento dos recifes dos levantamentos geofísicos apresentados no Produto 1 – “Levantamentos Geofísicos e Hidrográficos”. Para tanto, foram selecionados alguns perfis para realizar a comparação. Estes, são apresentados nas Figura 98 e Figura 99. Pode-se observar grande concordância entre as elevações do fundo dos perfis praiais com o mapeamento dos recifes realizado a partir da geofísica.



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

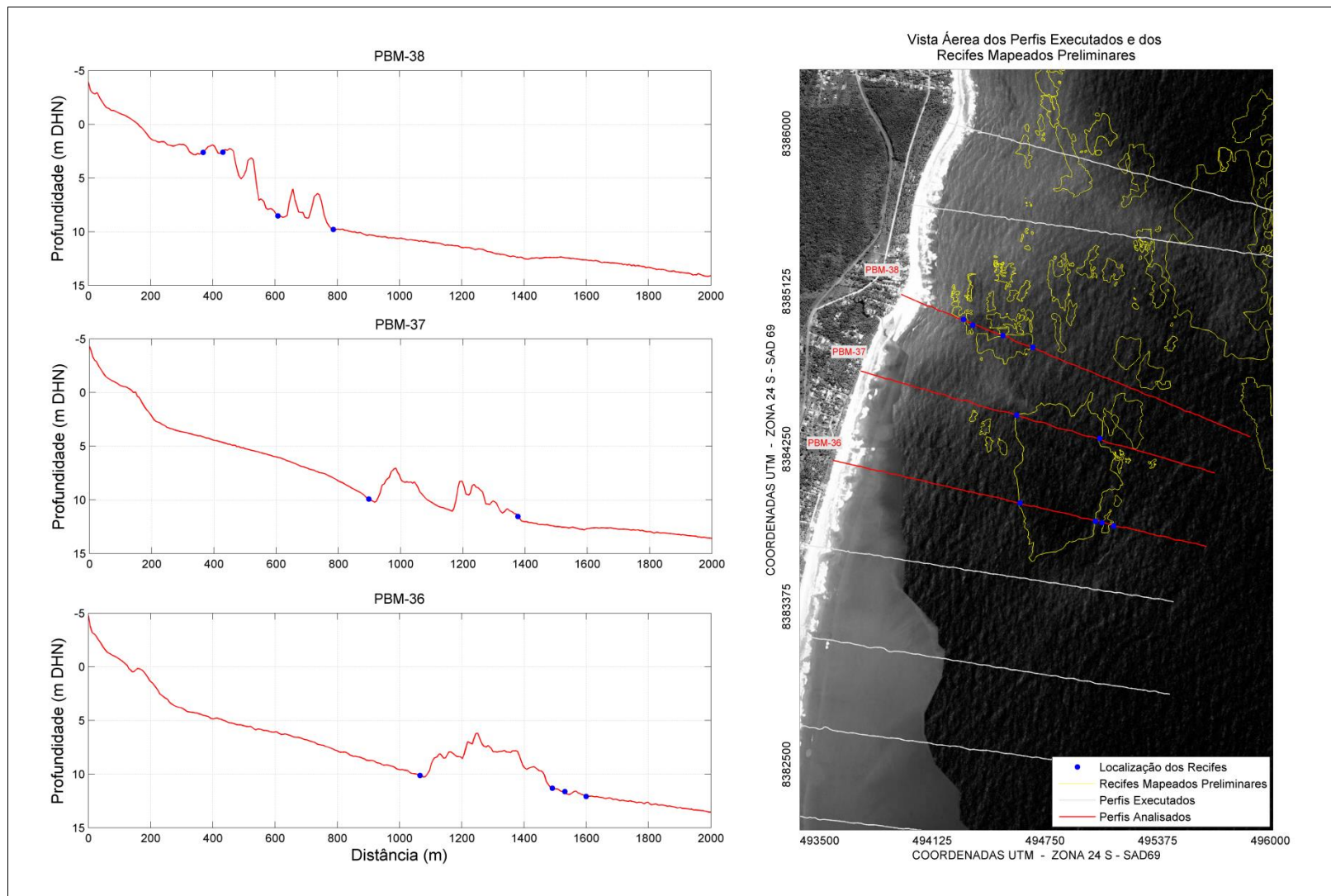


Figura 98: Comparação das elevações do fundo marinha observadas no levantamento dos perfis topo-batimétricos e dos recifes mapeados a partir dos levantamentos geofísicos. Os pontos azuis representam o ponto inicial e final dos recifes mapeados pela geofísica nos perfis praias.



PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS

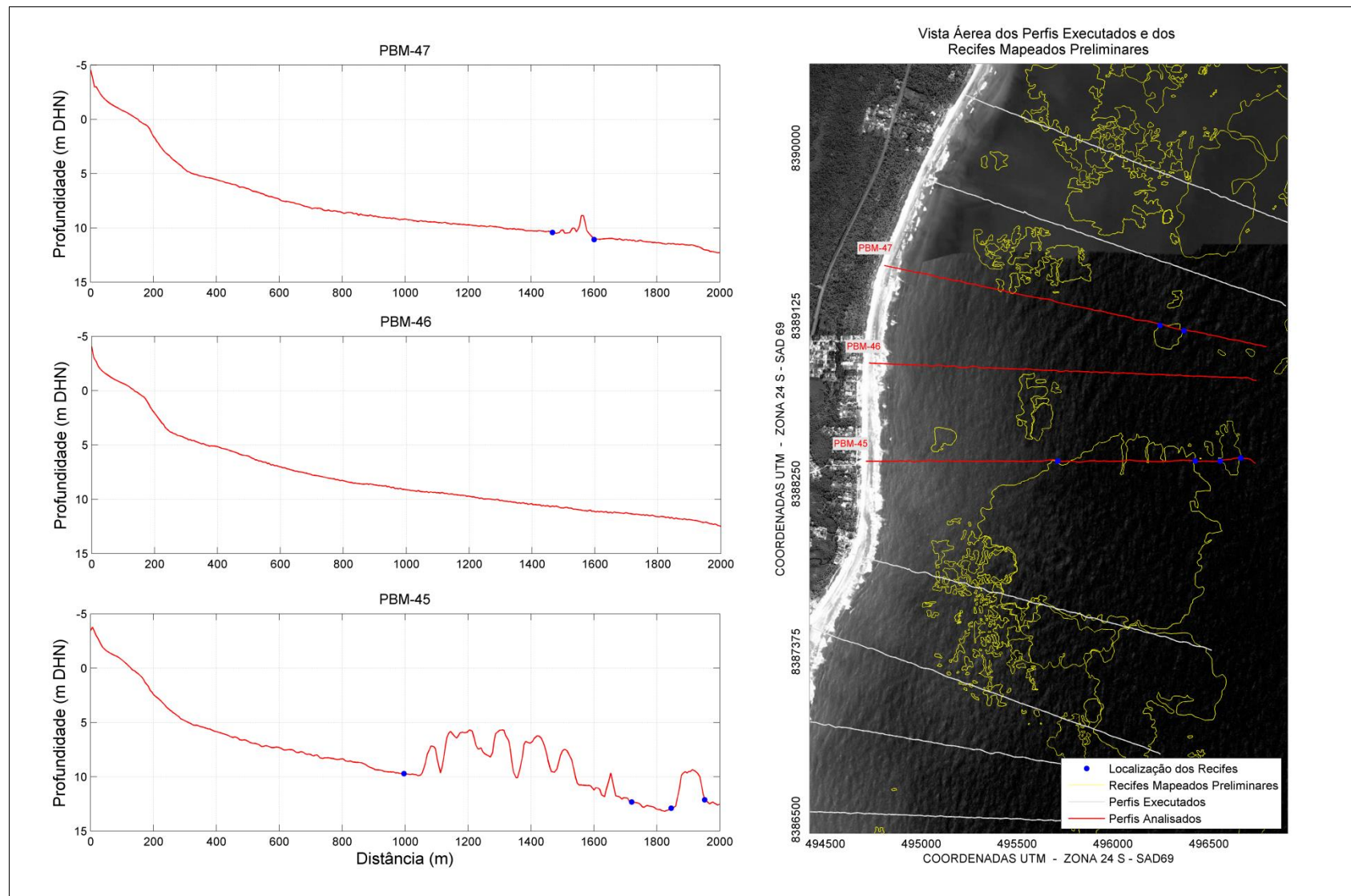




Figura 99: Comparação das elevações do fundo marinha observadas no levantamento dos perfis topo-batimétricos e dos recifes mapeados a partir dos levantamentos geofísicos. Os pontos azuis representam o ponto inicial e final dos recifes mapeados pela geofísica nos perfis praias.

| | | | | |
|--|--|------|-------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 100 DE 113 |  |
| | EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA | | | |
| PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

4.3 COMPARAÇÃO DOS PERFIS PRAIAIS COM O LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

A comparação entre os dados de perfis praias e os dados do levantamento batimétrico monofeixe realizado em 15/01/2013 a 07/02/2013, apresentado no Produto 1 – “Levantamentos Geofísicos e Hidrográficos”, foi quantificada através de quatro parâmetros:

- Erro Médio Absoluto (*Absolute Mean Error*). O erro estatístico absoluto médio é o desvio médio entre os dados de batimetria e perfil. O desvio médio ideal é zero. O erro estatístico absoluto médio tem a mesma dimensão física (unidade) do dado. O erro estatístico absoluto médio é definido como (Willmott, 1982):

$$E_{abs} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |batimetria_i - perfil\ praias_i|$$

- Erro Médio Quadrático (*Root Mean Square Error*). A raiz do erro médio quadrático é um indicador do desvio entre os dados de batimetria e perfil praias assim como o desvio médio, contudo é, em geral, maior do que ele. A raiz do erro médio quadrático ideal é nula, e possui a mesma dimensão física (unidade) do dado. O erro médio quadrático é definido como (Willmott, 1982):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (batimetria_i - perfil\ praias_i)^2}$$

- Índice de Concordância (*Index of Agreement*) proposto por Willmott & Wicks, 1980 (*apud* Willmott, 1982), definido por:

$$C = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (batimetria_i - perfil\ praias_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|batimetria_i - \overline{batimetria}| + |perfil\ praias_i - \overline{perfil\ praias}|)^2} \right]$$

- Coeficiente de correlação linear, ou coeficiente de correlação de Pearson. O coeficiente de correlação linear é uma medida da dependência linear entre os dados de batimetria e perfil praias. O coeficiente de correlação linear ideal, para este caso, é igual a um. O coeficiente de correlação linear é definido por (Spiegel & Stephens, 1999):

$$R = \frac{cov(batimetria, perfil\ praial)}{\sigma_b \sigma_{pp}}$$

onde:

cov(batimetria, perfil praial) = covariância entre os valores da batimetria e perfil praial;

σ_b = desvio padrão dos dados de batimetria;



σ_{pp} = desvio padrão dos dados de perfil praial.

Na Tabela 14 são apresentados os valores encontrados para os parâmetros descritos acima e bem como os valores de desvio padrão e variância dos dados.

Tabela 14: Valores dos parâmetros estatísticos calculados.

| PARÂMETRO | VALOR |
|------------------|----------|
| E _{abs} | 0,8232 m |
| RMSE | 1,2421 m |
| C | 94,14% |
| R | 0,9061 |
| Desvio Padrão | 1,1468 m |
| Variância | 1,3152 m |

Os dados de batimetria e perfil praial apresentaram uma concordância de 94% e uma correlação de 91%. Os valores encontrados dos erros estatísticos calculados, desvio padrão e variância são provenientes dos possíveis erros inerentes aos métodos de levantamentos batimétricos, tais como mudança na velocidade do som durante o levantamento (alteração das propriedades químicas e físicas da água), precisão dos equipamentos de aquisição do posicionamento e profundidade e dos equipamentos de aquisição da maré e erros inerentes aos métodos de tratamento dos dados, *e.g.* correção da maré. As diferenças observadas entre os dados do levantamento batimétrico e da

| | | | | |
|---|--------------------------|------|-------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 102 DE 113 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA | | | | |
| PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

medição dos perfis topo-batimétricos são explicadas pelos diferentes métodos utilizados em cada levantamento. Na aquisição dos dados batimétricos o levantamento foi realizado com equipamento de baixa frequência, a correção da maré foi feita com dados de maré obtidos por mareógrafo de pressão. Já na medição dos perfis topo-batimétricos os dados batimétricos foram obtidos com equipamento em alta frequência e a correção da maré foi feita através dos dados de maré obtidos pelo “*RTK Tide*”.

O erro máximo aceito para um levantamento batimétrico de Categoria B é de aproximadamente ± 1 m atendendo à NORMAM-25/DHN. Dessa forma os dados batimétricos e os dados dos perfis praias podem variar entre si em até 2 m. Considerando que os erros estatísticos calculados encontram-se na faixa de 1 m, valor este inferior a soma dos possíveis erros máximos dos levantamentos, os dados de batimetria e perfil praias são considerados aceitáveis e válidos como levantamentos hidrográficos categoria B.


5 CONCLUSÕES

O presente relatório descreveu todas as atividades de campo e os resultados dos levantamentos de perfis de praia realizados pela CB&I entre a foz do Rio Almada (Ilhéus/BA) e o promontório de Serra Grande (Uruçuca/BA), realizados entre 09 de janeiro a 15 de abril de 2013.

Para atingir os objetivos propostos, foram instalados 134 marcos geodésicos de 1ª e 2ª ordem. Os marcos de foram espaçados a cada 500 m e utilizados para definir a origem de cada perfil, sendo que para cada marco oficial foi instalado um marco de apoio e segurança, para caso houvesse perda ou dano dos marcos principais.

Uma vez definidos e implantados os marcos geodésicos, foram realizados 67 perfis topo-batimétricos na porção subaérea e subaquática, com amostragem de sedimentos a cada 1 km de praia, iniciando no primeiro perfil levantado. Os perfis tiveram início no marco geodésico e estenderam-se 2 km, até no máximo 16 m de profundidade. No total, 138.732,16 m de linhas topo-batimétricas foram medidas.

Notou-se a presença de formações recifais a partir do Perfil PBM-36, representadas por elevações junto ao fundo de até 7 metros de altura, com extensão variando de dezenas e centenas de metros. A granulometria do trecho entre a foz do Rio Almada e o promontório de Serra Grande variou entre areia fina e areia média, sendo que estas representam as frações mais frequentes nas amostras, correspondendo juntas de 88% a 99% do total de sedimentos amostrados.

| | | | | |
|---|--------------------------|------|-------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 103 DE 113 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

Quanto a morfodinâmica praial, a praia foi classificada como dominada por ondas, sendo seu estágio morfodinâmico predominante o intermediário. Nota-se um padrão espacial bem definido, onde do perfil PBM-01 ao perfil PBM-39 o estado morfodinâmico predominante é terraço de baixamar, e do perfil PBM-41 ao PBM-67 o estado morfodinâmico predominante é de bancos transversais.

Também, foi realizada a comparação dos dados dos perfis topo-batimétricos com os levantamentos geofísicos e batimétricos apresentados no Produto 1 – “Levantamentos Geofísicos e Hidrográficos”. As elevações do fundo marinho observadas nos perfis praias são concordantes com o mapeamento dos recifes efetuado a partir dos dados geofísicos. Os dados de perfil praial e batimétricos foram comparados a partir de diversos descritores estatísticos e mostraram-se concordantes (94%), com diferença média de 0,82 m entre eles.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): NBR 13133/ABNT - Execução de Levantamento Topográfico. 1994.

BRASIL. Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2011.

BONANATA, R.; MEDINA, R.; SILVEIRA, L.; BENEDET, L., 2010. Metodología para la caracterización del clima marítimo em un punto cerca de la costa a partir de una serie de datos en aguas profundas. VI Congreso Argentino de Ingeniería Portuaria.

DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil): NORMAM-25/DHN – Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos. 2011.



FOLK, R. L. & WARD, W. C. Brazos River Bar: A Study of the Significance of Grain Size. *Journal of Sediment Petrology*, 27 (1): 3-26. 1957.

Gibbs R. J., Matthews M. D., Link D. A. 1971. The relationship between sphere size and settling velocity. *J. Sedimentary Petrology*. 41, 7-18

RAMOS, A. M. Aplicação, investigação e análise da metodologia de reduções batimétricas através do método GPS diferencial preciso / Alexandre Moreira Ramos. Curitiba, 2007.

RIS, R.C., N. BOOIJ AND L.H. HOLTHUIJSEN, 1999. A third-generation wave model for coastal regions, Part II, Verification, *J. Geoph. Research*, 104, 7649-7666.

SEEBER, G. Satellite Geodesy: foundations, methods and applications. 2. ed. Berlin: Walter de

| | | | | |
|---|--------------------------|------|-------------------|--|
|  | RL-5270072-01-MM-TBP-V02 | CB&I | PÁGINA 104 DE 113 |  |
| EXECUÇÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS COMPLEMENTARES PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA JAZIDA DE AREIA MARINHA SUBÁREA_02 – ILHÉUS/BA PRODUTO 3 – MEDIÇÃO DE PERFIS TOPO-BATIMÉTRICOS | | | | |

Gruyter, 2003. 589 p.

SHORT, A.D. Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. Ed.1. John Wiley & Sons, Ltd.1999.

SPIEGEL, M.R. & STEPHENS, L.J., 1999. Theory and Problems of Statistics.

TOLMAN, H. L., 1997: User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.15. NOAA / NWS / NCEP / OMB Technical Note 151, 97 pp.

TOLMAN, H. L., 1999: User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.18. NOAA / NWS / NCEP / OMB Technical Note 166, 110 pp.

WENTWORTH, C. R. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. Journal of Geology, 30: 1922. p. 377-392.

WILLMOTT, C.J., 1982. Some comments on the evaluation of model performance. American Meteorological Society Bulletin, p.1309-1313.

WL | DELFT HYDRAULICS. 1999. Modification First-Guess SWAN and Bench Mark Tests for SWAN: Report no. H3515, Delft.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamic variability of surf zone and beaches: a synthesis. Mar. Geol., n. 56, p. 93-118, 1984.

**APÊNDICE A – CÁLCULOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

| MÉTODO 1 | | | | | | | MÉTODO 2 | | MÉTODO 3 | | | | ALT. CORRIG. MED 1-2 | | ALT. CORRIG. MED 1-2-3 | |
|----------|----------|--------|------------|------------|-------------|------------|----------|-----------|-------------|------------|----------|------------|----------------------|------------|------------------------|------------|
| Marco | Nívelame | Contra | Erro acum. | Erro dist. | Contra-Corr | Niv. Corr. | Marco | Niv.Corr. | Nivelamento | Erro dist. | Correção | Niv. Corr. | Marco | Niv. Corr. | Marco | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 | 3,251 | 0,013 | 0,013 | 3,238 | 3,238 | 19 | 3,238 | 3,238 | 0,0003611 | 0,000 | 3,238 | 19 | 3,238 | 19 | 3,238 |
| 18 | 3,512 | 3,529 | 0,017 | 0,013 | 3,516 | 3,514 | 18 | 3,514 | 3,512 | 0,0003611 | 0,000 | 3,512 | 18 | 3,514 | 18 | 3,513 |
| 18A | 3,452 | 3,469 | 0,017 | 0,013 | 3,456 | 3,454 | 18A | 3,454 | 3,452 | 0,0003611 | 0,000 | 3,452 | 18A | 3,454 | 18A | 3,453 |
| 17 | 3,748 | 3,766 | 0,018 | 0,013 | 3,753 | 3,751 | 17 | 3,751 | 3,748 | 0,0003611 | 0,001 | 3,747 | 17 | 3,751 | 17 | 3,749 |
| 17A | 3,353 | 3,37 | 0,017 | 0,013 | 3,357 | 3,355 | 17A | 3,355 | 3,353 | 0,0003611 | 0,001 | 3,352 | 17A | 3,355 | 17A | 3,354 |
| 16 | 3,18 | 3,192 | 0,017 | 0,013 | 3,179 | 3,177 | 16 | 3,177 | 3,175 | 0,0003611 | 0,001 | 3,174 | 16 | 3,177 | 16 | 3,176 |
| 16A | 3,54 | 3,552 | 0,016 | 0,013 | 3,539 | 3,538 | 16A | 3,538 | 3,536 | 0,0003611 | 0,001 | 3,535 | 16A | 3,538 | 16A | 3,537 |
| 15 | 3,529 | 3,542 | 0,013 | 0,013 | 3,529 | 3,529 | 15 | 3,529 | 3,529 | 0,0003611 | 0,001 | 3,528 | 15 | 3,529 | 15 | 3,529 |
| 15A | 3,511 | 3,523 | 0,012 | 0,013 | 3,510 | 3,511 | 15A | 3,514 | 3,511 | 0,0003611 | 0,001 | 3,510 | 15A | 3,512 | 15A | 3,511 |
| 14 | 3,244 | 3,26 | 0,016 | 0,013 | 3,247 | 3,246 | 14 | 3,246 | 3,244 | 0,0003611 | 0,002 | 3,242 | 14 | 3,246 | 14 | 3,244 |
| 14A | 3,538 | 3,554 | 0,016 | 0,013 | 3,541 | 3,540 | 14A | 3,540 | 3,538 | 0,0003611 | 0,002 | 3,536 | 14A | 3,540 | 14A | 3,538 |
| 13 | 3,196 | 3,212 | 0,016 | 0,013 | 3,199 | 3,198 | 13 | 3,198 | 3,196 | 0,0003611 | 0,002 | 3,194 | 13 | 3,198 | 13 | 3,196 |
| 13A | 3,125 | 3,141 | 0,016 | 0,013 | 3,128 | 3,127 | 13A | 3,127 | 3,125 | 0,0003611 | 0,002 | 3,123 | 13A | 3,127 | 13A | 3,125 |
| 12 | 3,375 | 3,388 | 0,013 | 0,013 | 3,375 | 3,375 | 12 | 3,375 | 3,375 | 0,0003611 | 0,003 | 3,372 | 12 | 3,375 | 12 | 3,374 |
| 11 | 3,102 | 3,113 | 0,011 | 0,013 | 3,100 | 3,101 | 11 | 3,101 | 3,102 | 0,0003611 | 0,003 | 3,099 | 11 | 3,101 | 11 | 3,100 |
| 11A | 3,621 | 3,631 | 0,010 | 0,013 | 3,618 | 3,620 | 11A | 3,620 | 3,621 | 0,0003611 | 0,003 | 3,618 | 11A | 3,620 | 11A | 3,619 |
| 10 | 3,195 | 3,209 | 0,014 | 0,013 | 3,196 | 3,196 | 10 | 3,196 | 3,195 | 0,0003611 | 0,003 | 3,192 | 10 | 3,196 | 10 | 3,194 |
| 10A | 3,065 | 3,08 | 0,015 | 0,013 | 3,067 | 3,066 | 10A | 3,067 | 3,065 | 0,0003611 | 0,003 | 3,062 | 10A | 3,066 | 10A | 3,065 |
| 9 | 3,533 | 3,546 | 0,013 | 0,013 | 3,533 | 3,533 | 9 | 3,533 | 3,533 | 0,0003611 | 0,004 | 3,529 | 9 | 3,533 | 9 | 3,532 |
| 9A | 3,467 | 3,48 | 0,013 | 0,013 | 3,467 | 3,467 | 9A | 3,467 | 3,467 | 0,0003611 | 0,004 | 3,463 | 9A | 3,467 | 9A | 3,466 |
| 8A | 3,153 | 3,168 | 0,015 | 0,013 | 3,155 | 3,154 | 8A | 3,154 | 3,153 | 0,0003611 | 0,004 | 3,149 | 8A | 3,154 | 8A | 3,152 |
| 8 | 3,044 | 3,06 | 0,016 | 0,013 | 3,047 | 3,046 | 8 | 3,045 | 3,044 | 0,0003611 | 0,004 | 3,040 | 8 | 3,045 | 8 | 3,044 |
| 7A | 3,132 | 3,144 | 0,012 | 0,013 | 3,131 | 3,132 | 7A | 3,132 | 3,132 | 0,0003611 | 0,004 | 3,128 | 7A | 3,132 | 7A | 3,130 |
| 7 | 3,196 | 3,209 | 0,013 | 0,013 | 3,196 | 3,196 | 7 | 3,196 | 3,196 | 0,0003611 | 0,004 | 3,192 | 7 | 3,196 | 7 | 3,195 |
| 6 | 3,756 | 3,769 | 0,013 | 0,013 | 3,756 | 3,756 | 6 | 3,756 | 3,756 | 0,0003611 | 0,005 | 3,751 | 6 | 3,756 | 6 | 3,754 |
| 6A | 3,633 | 3,642 | 0,009 | 0,013 | 3,629 | 3,631 | 6A | 3,631 | 3,633 | 0,0003611 | 0,005 | 3,628 | 6A | 3,631 | 6A | 3,630 |
| 5 | 3,326 | 3,336 | 0,010 | 0,013 | 3,323 | 3,325 | 5 | 3,325 | 3,326 | 0,0003611 | 0,005 | 3,321 | 5 | 3,325 | 5 | 3,323 |
| 5A | 3,354 | 3,363 | 0,009 | 0,013 | 3,350 | 3,352 | 5A | 3,352 | 3,354 | 0,0003611 | 0,005 | 3,349 | 5A | 3,352 | 5A | 3,351 |
| 4 | 2,642 | 2,648 | 0,006 | 0,013 | 2,635 | 2,639 | 4 | 2,639 | 2,642 | 0,0003611 | 0,005 | 2,637 | 4 | 2,639 | 4 | 2,638 |
| 4A | 3,109 | 3,115 | 0,006 | 0,013 | 3,102 | 3,106 | 4A | 3,106 | 3,109 | 0,0003611 | 0,005 | 3,104 | 4A | 3,106 | 4A | 3,105 |
| 3 | 3,076 | 3,079 | 0,003 | 0,013 | 3,066 | 3,071 | 3 | 3,071 | 3,076 | 0,0003611 | 0,006 | 3,070 | 3 | 3,071 | 3 | 3,071 |
| 3A | 2,784 | 2,787 | 0,003 | 0,013 | 2,774 | 2,779 | 3A | 2,779 | 2,784 | 0,0003611 | 0,006 | 2,778 | 3A | 2,779 | 3A | 2,779 |
| 2 | 2,933 | 2,932 | -0,001 | 0,013 | 2,919 | 2,926 | 2 | 2,926 | 2,933 | 0,0003611 | 0,006 | 2,927 | 2 | 2,926 | 2 | 2,926 |
| 2A | 2,995 | 2,996 | 0,001 | 0,013 | 2,983 | 2,989 | 2A | 2,989 | 2,995 | 0,0003611 | 0,006 | 2,989 | 2A | 2,989 | 2A | 2,989 |
| 1 | 2,614 | 2,614 | 0,000 | 0,013 | 2,601 | 2,608 | 1 | 2,608 | 2,614 | 0,0003611 | 0,006 | 2,608 | 1 | 2,608 | 1 | 2,608 |
| 1A | 2,344 | 2,345 | 0,001 | 0,013 | 2,332 | 2,338 | 1A | 2,338 | 2,344 | 0,0003611 | 0,006 | 2,338 | 1A | 2,338 | 1A | 2,338 |

Figura 100: Planilha geral dos cálculos do nivelamento geométrico dos marcos geodésicos, efetuado a partir de três métodos diferenciados.



APÊNDICE B – FREQUÊNCIAS SIMPLES E ACUMULADA DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO

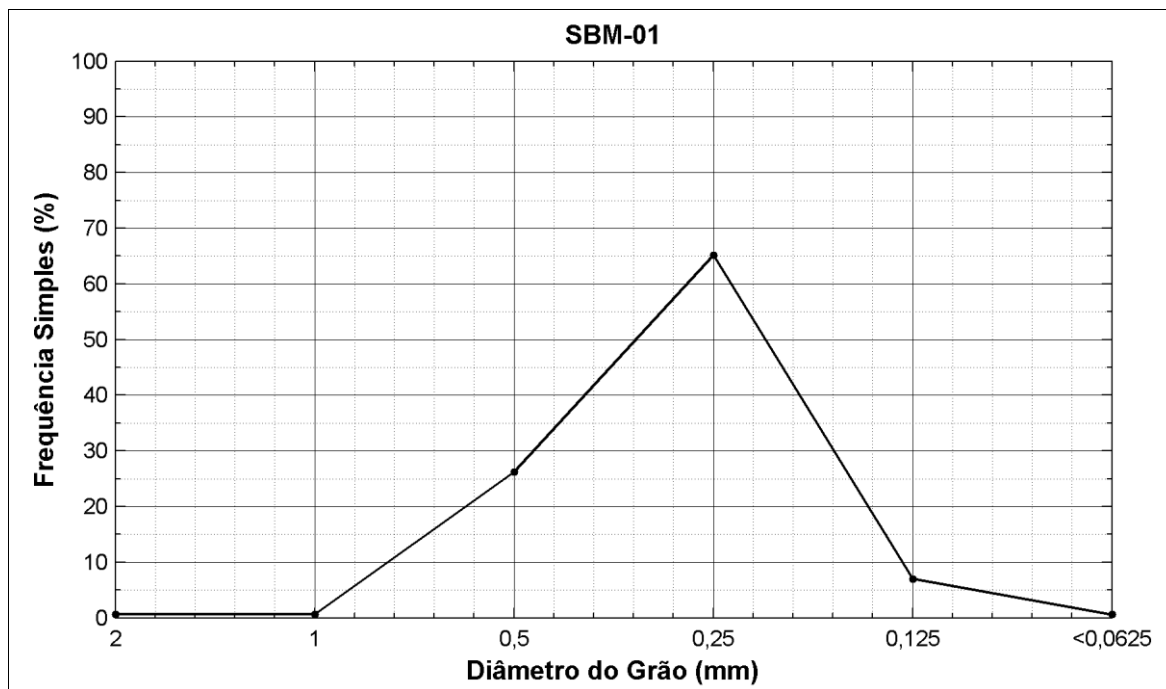


Figura 101: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-01.

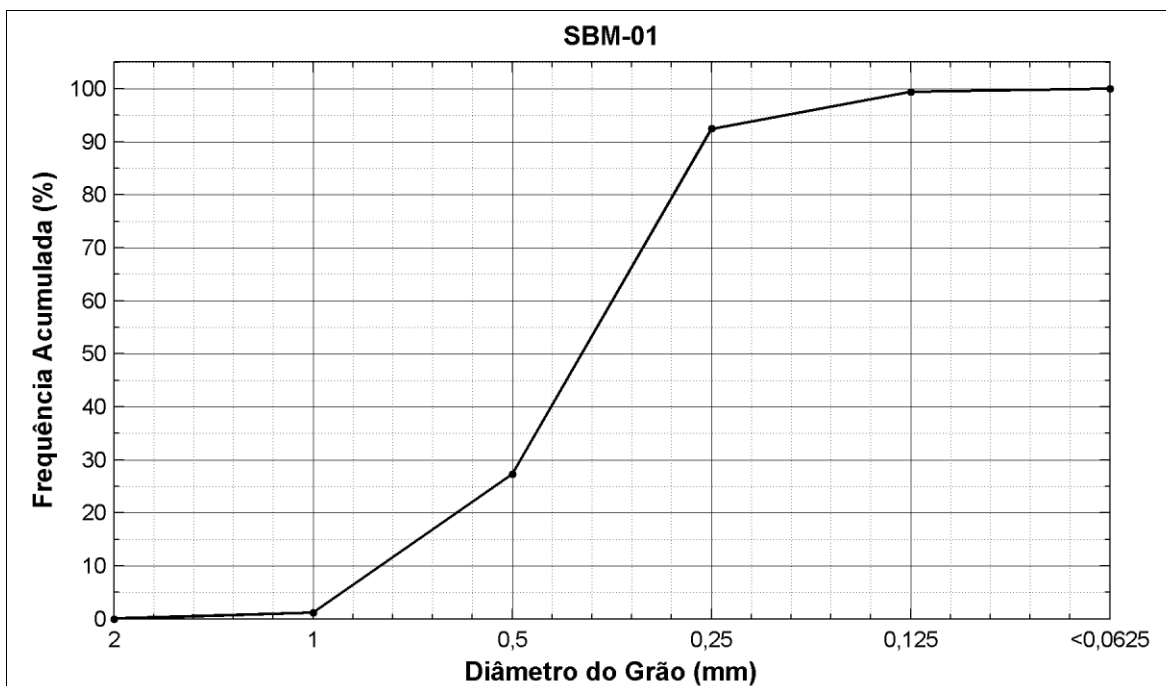


Figura 102: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-01.

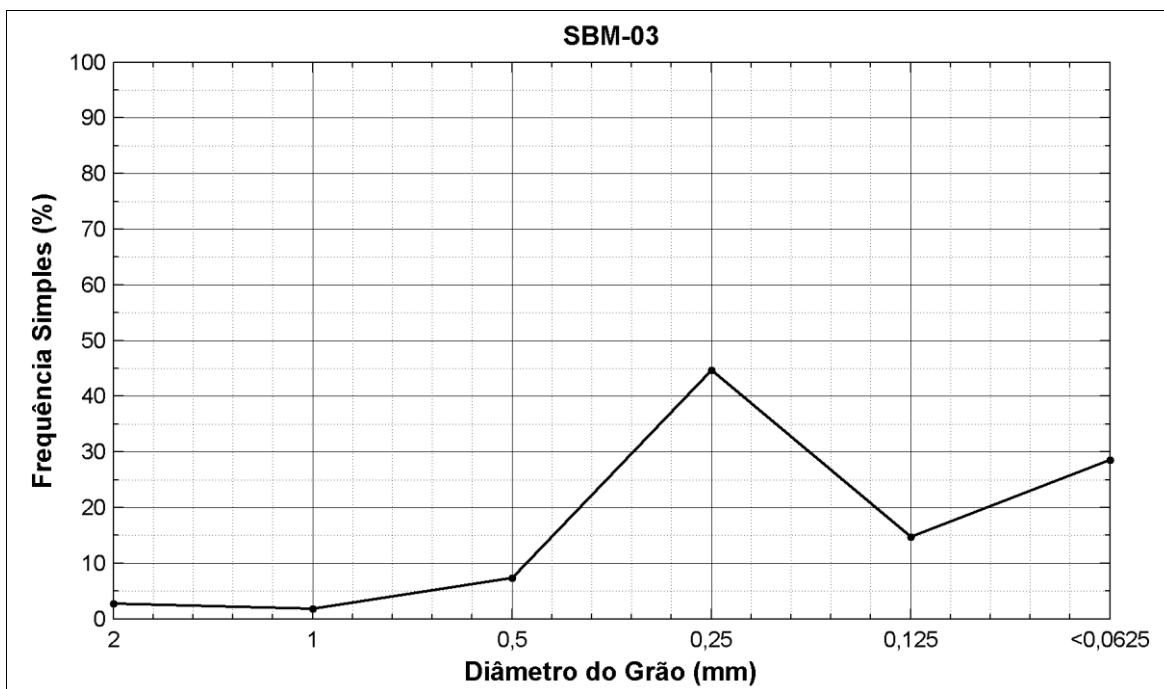


Figura 103: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-03.

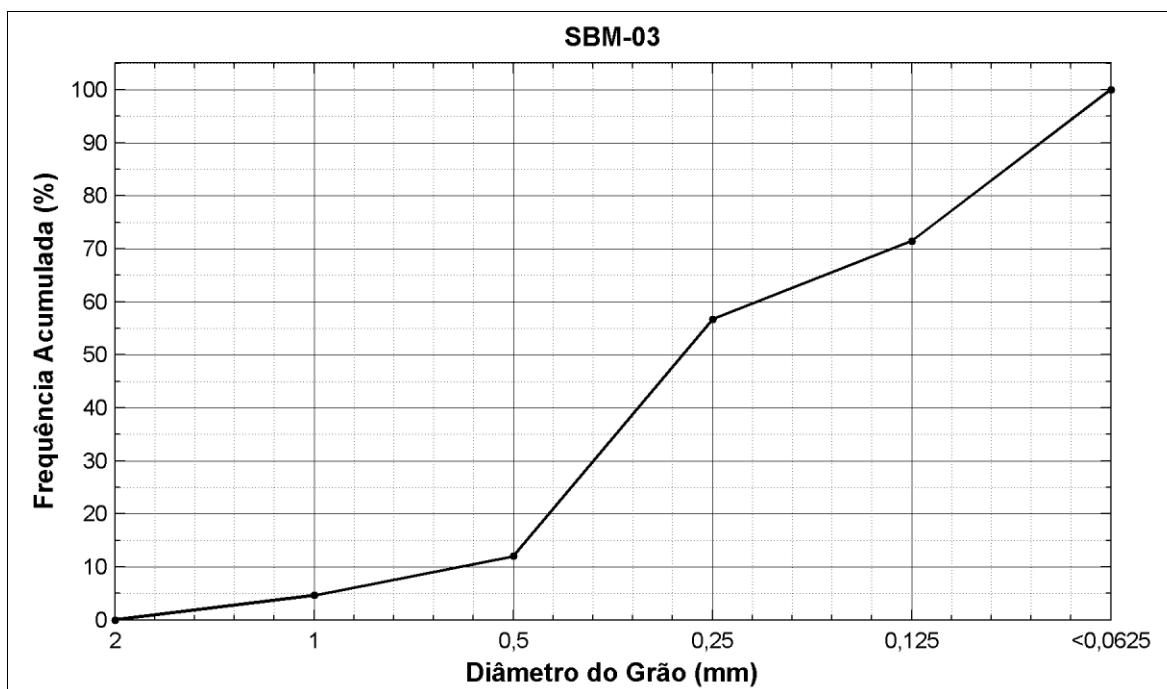


Figura 104: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-03.

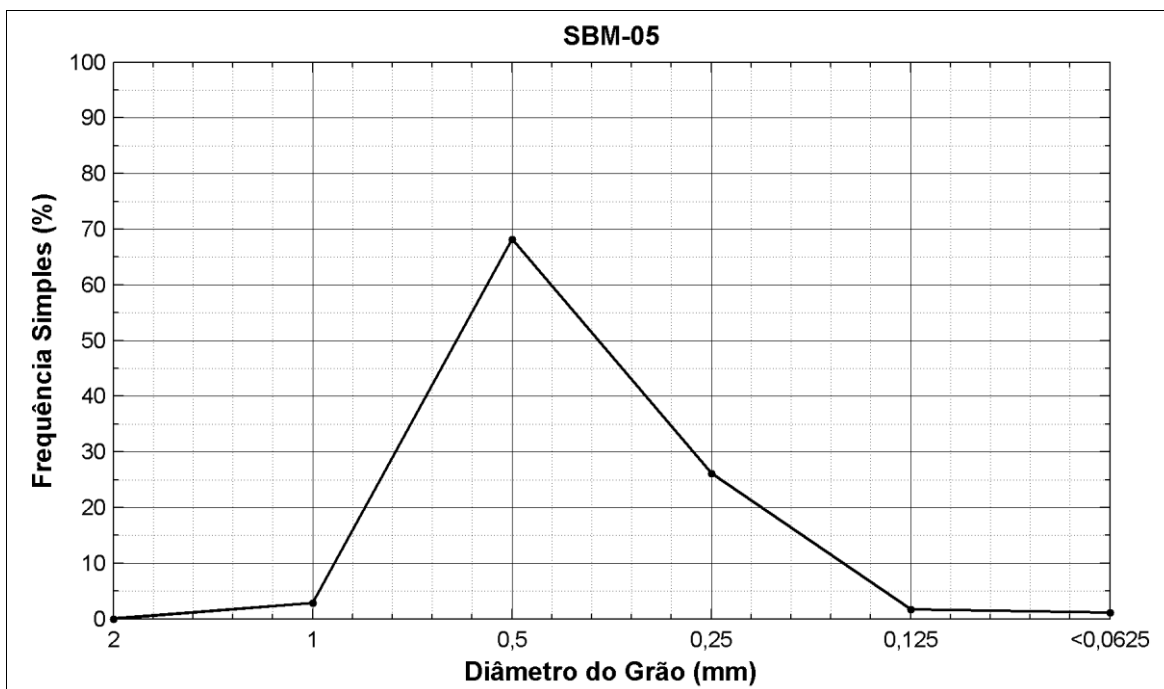


Figura 105: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-05.

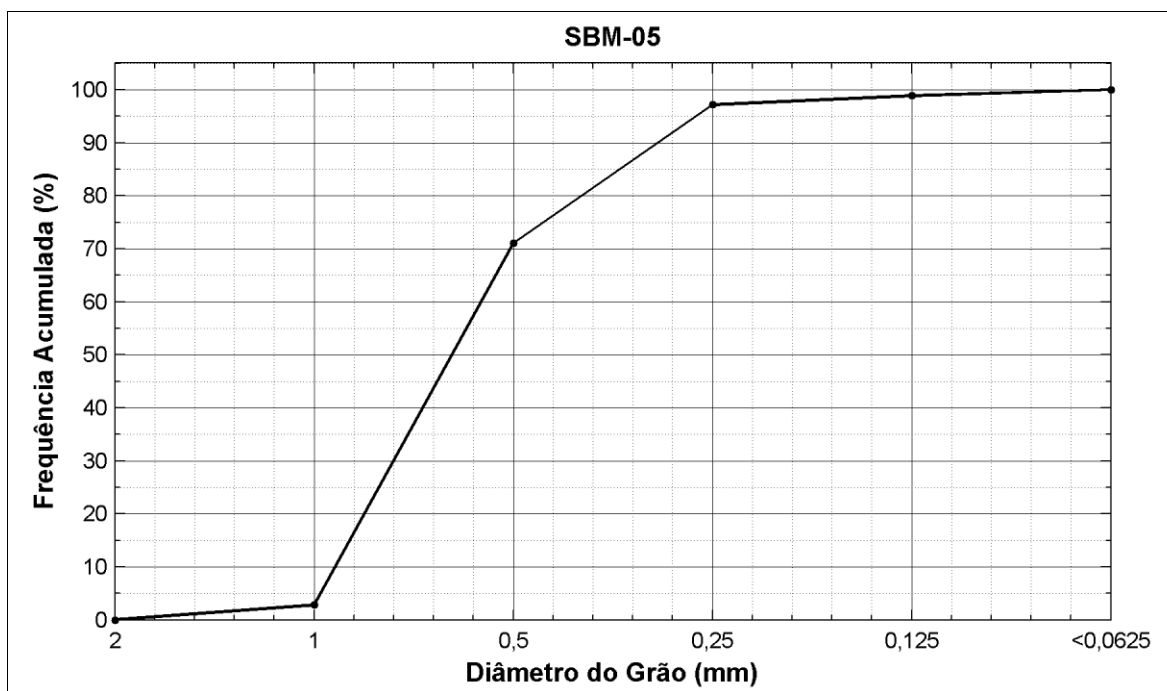


Figura 106: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-05.

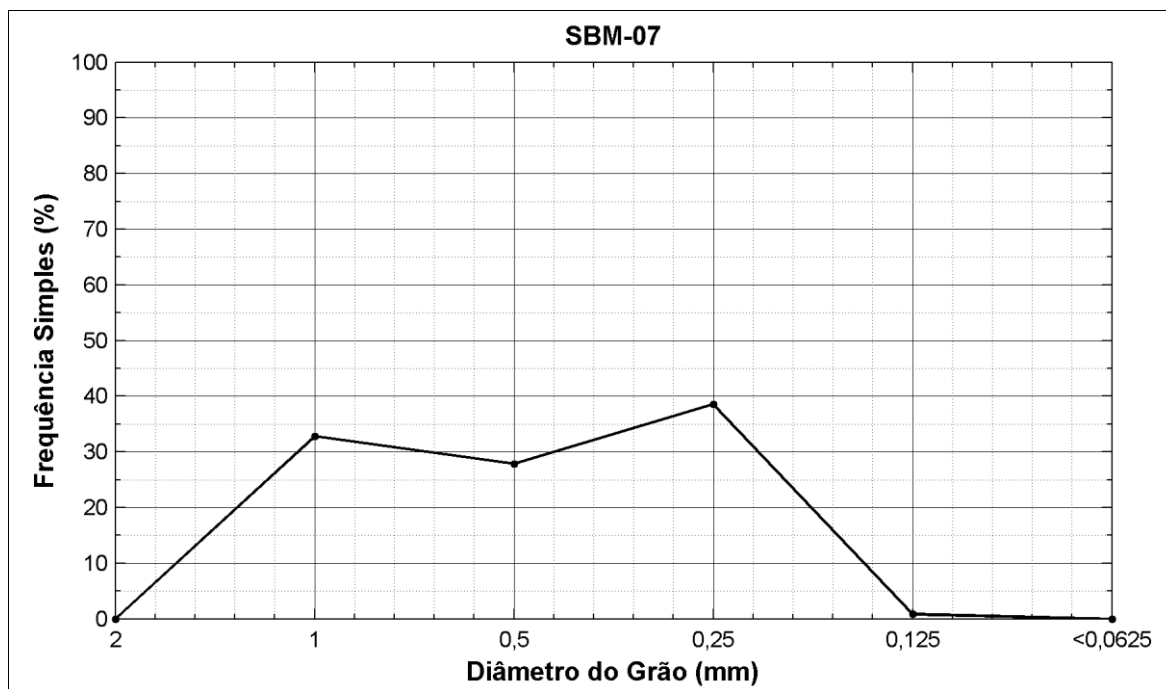


Figura 107: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-07.

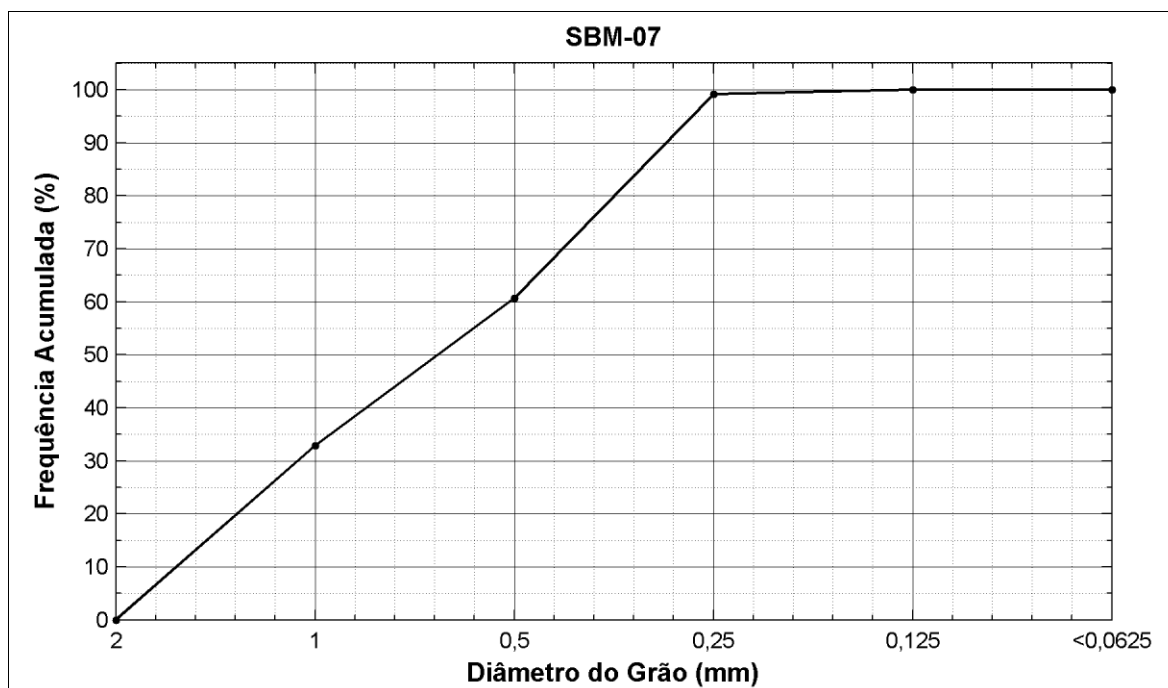


Figura 108: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-07.

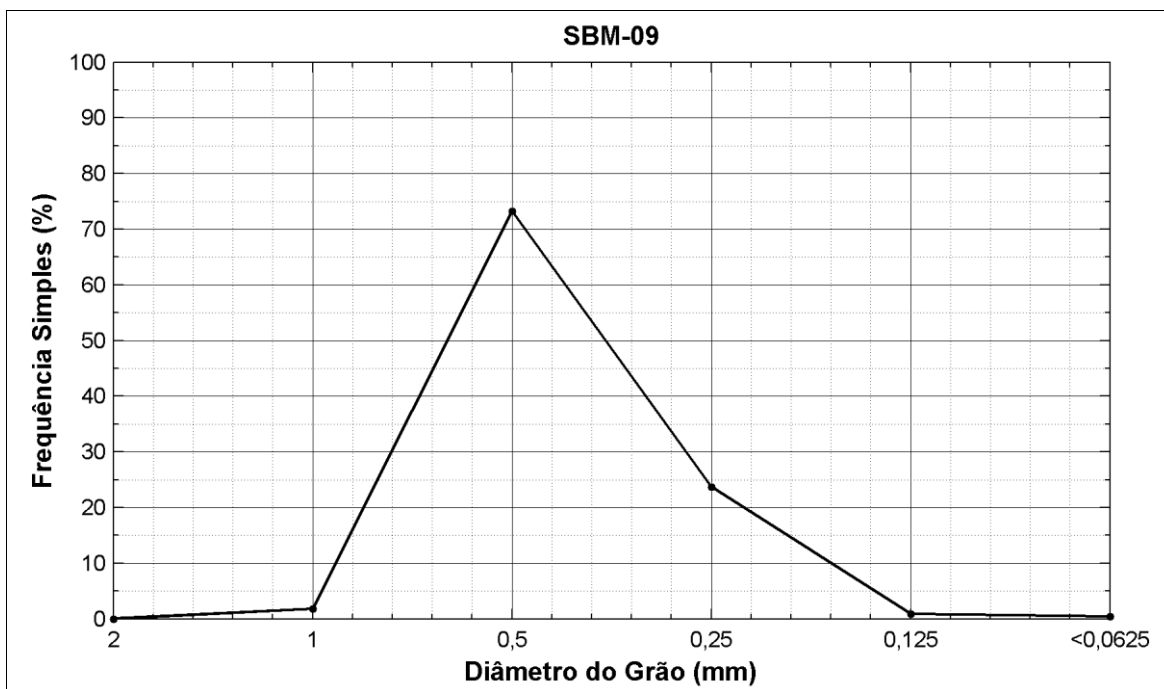


Figura 109: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-09.

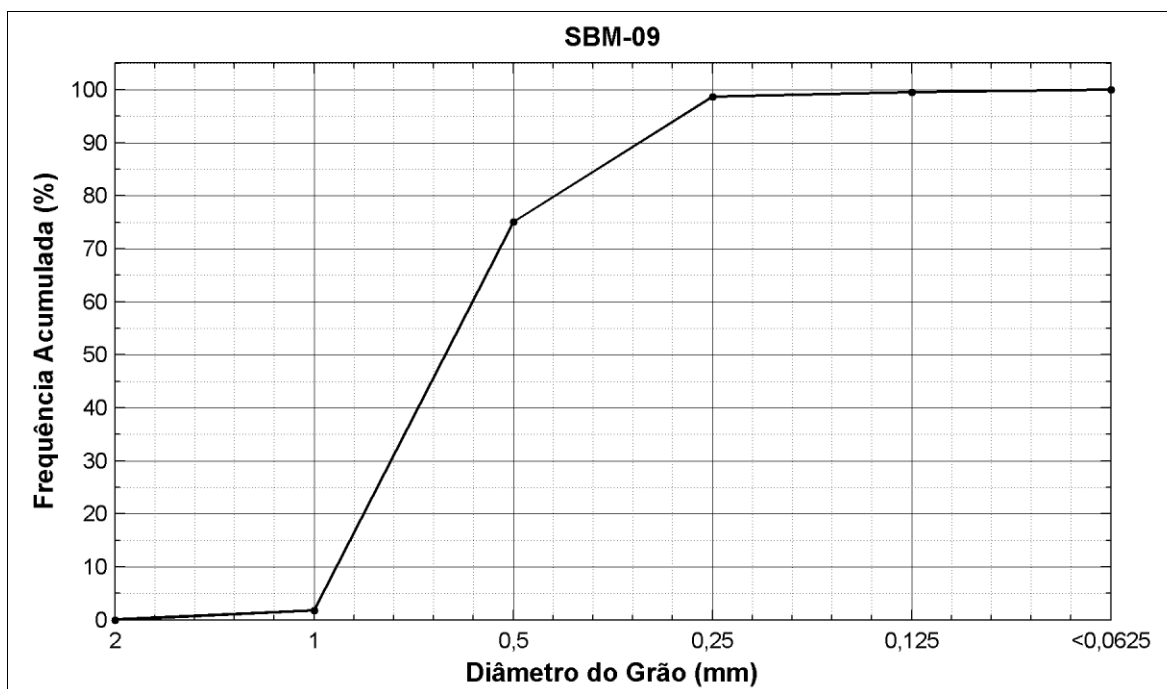


Figura 110: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-09.



Figura 111: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-11



Figura 112: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-11.

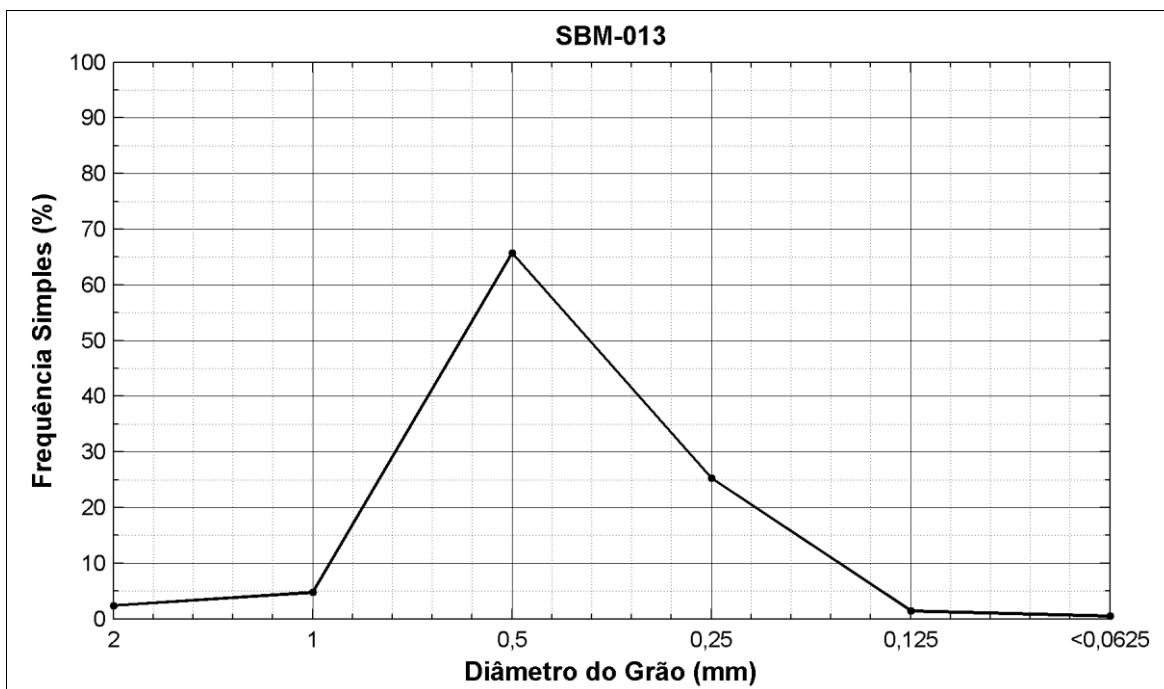


Figura 113: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-13.

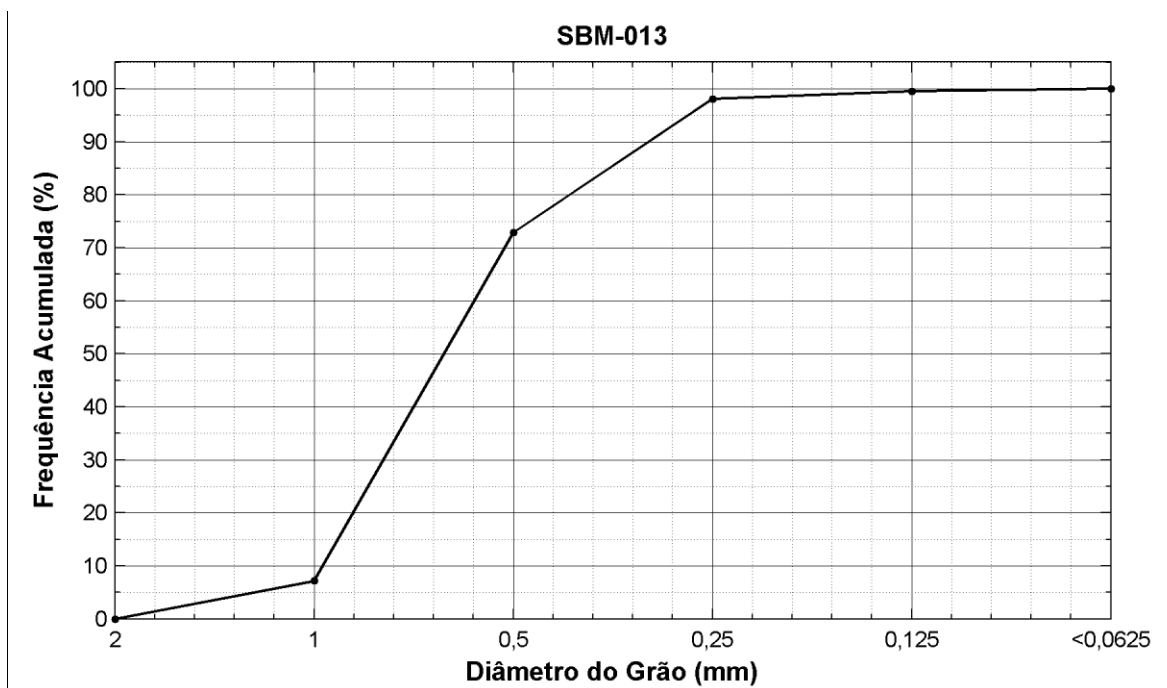


Figura 114: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-13.

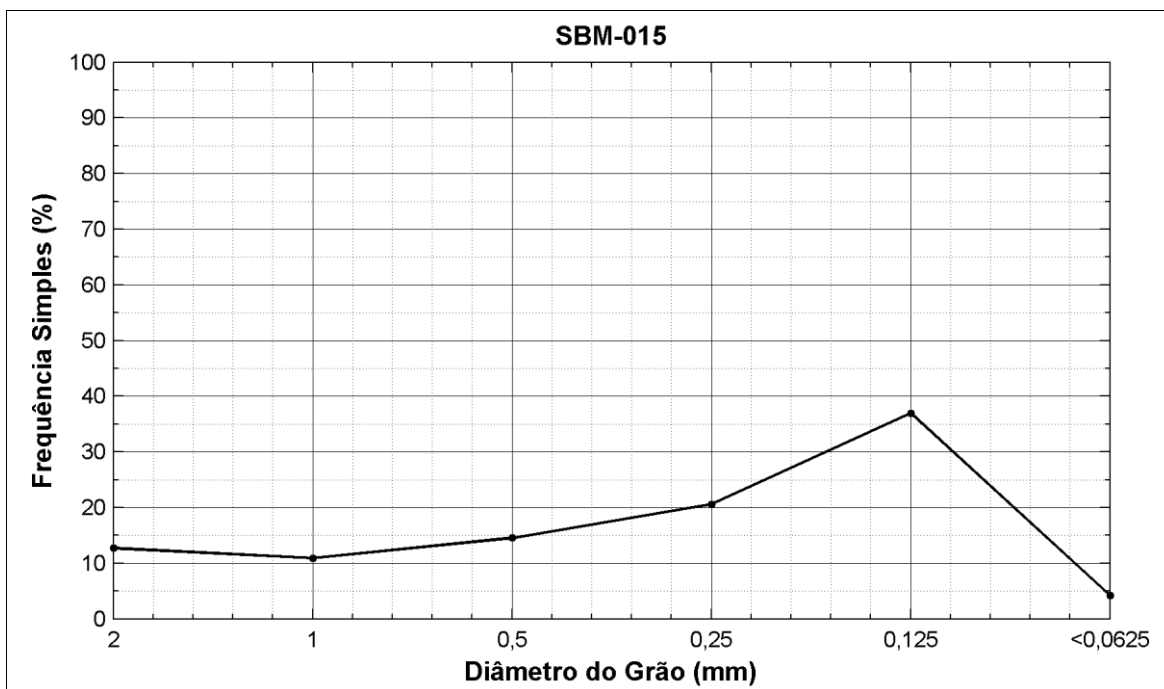


Figura 115: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-15.

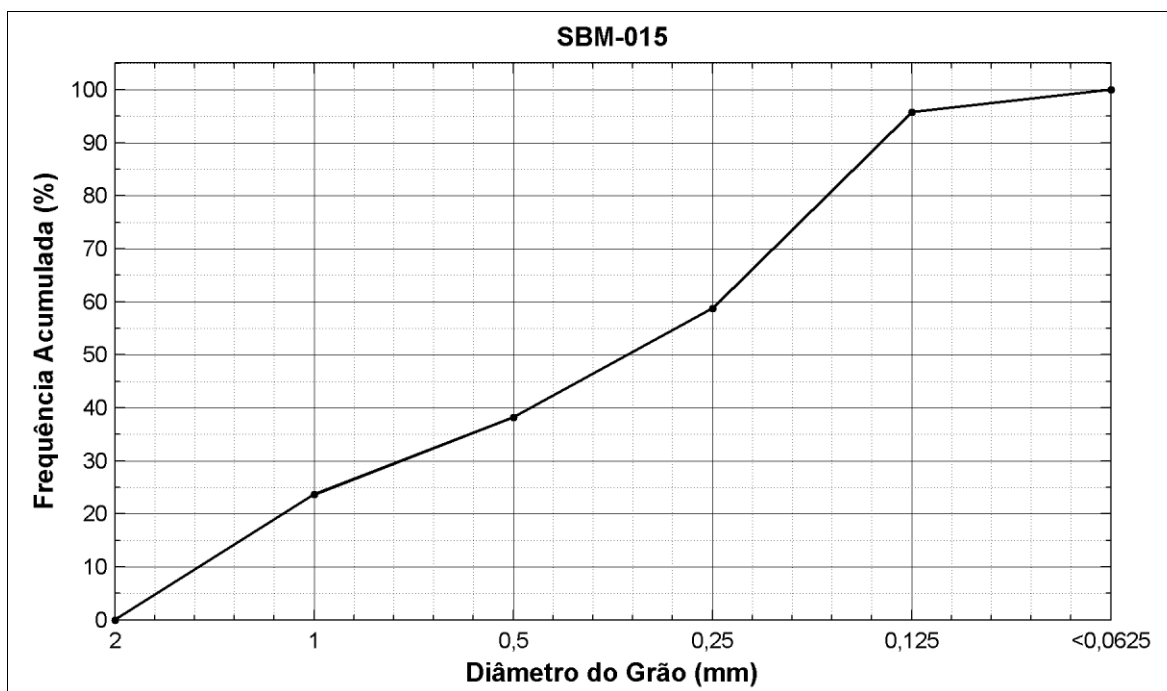


Figura 116: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-15.



Figura 117: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-17.

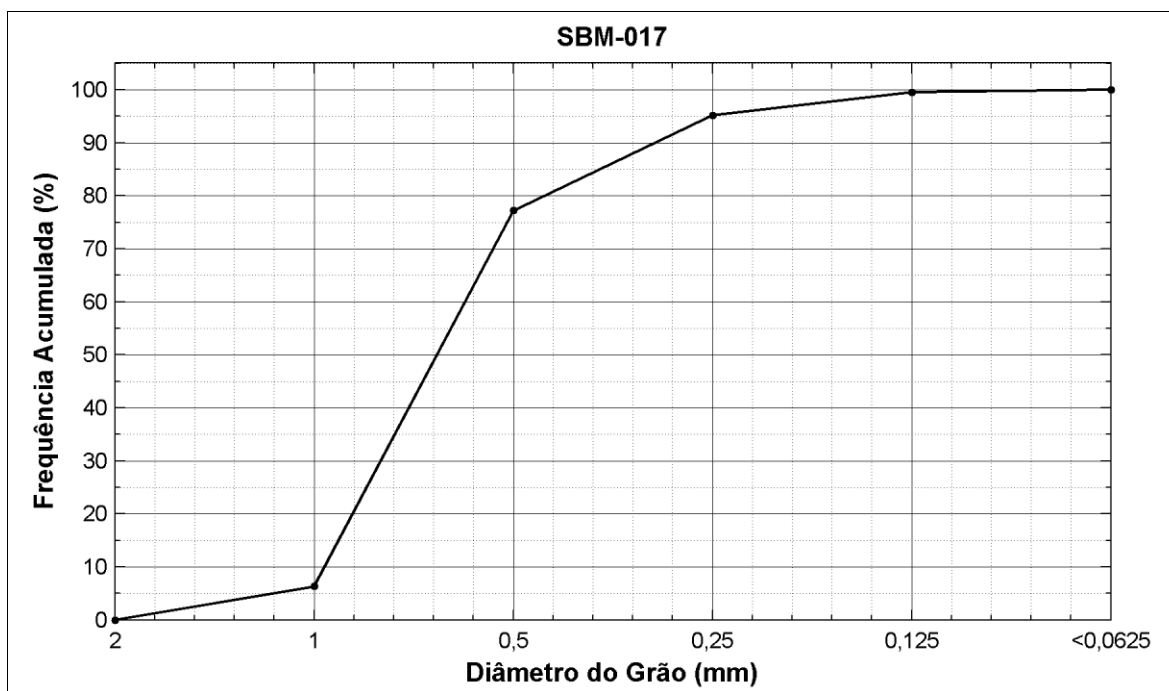


Figura 118: Distribuição de frequência acumulada da SBM-17.



Figura 119: Distribuição de frequência simples da amostra SBM--19.

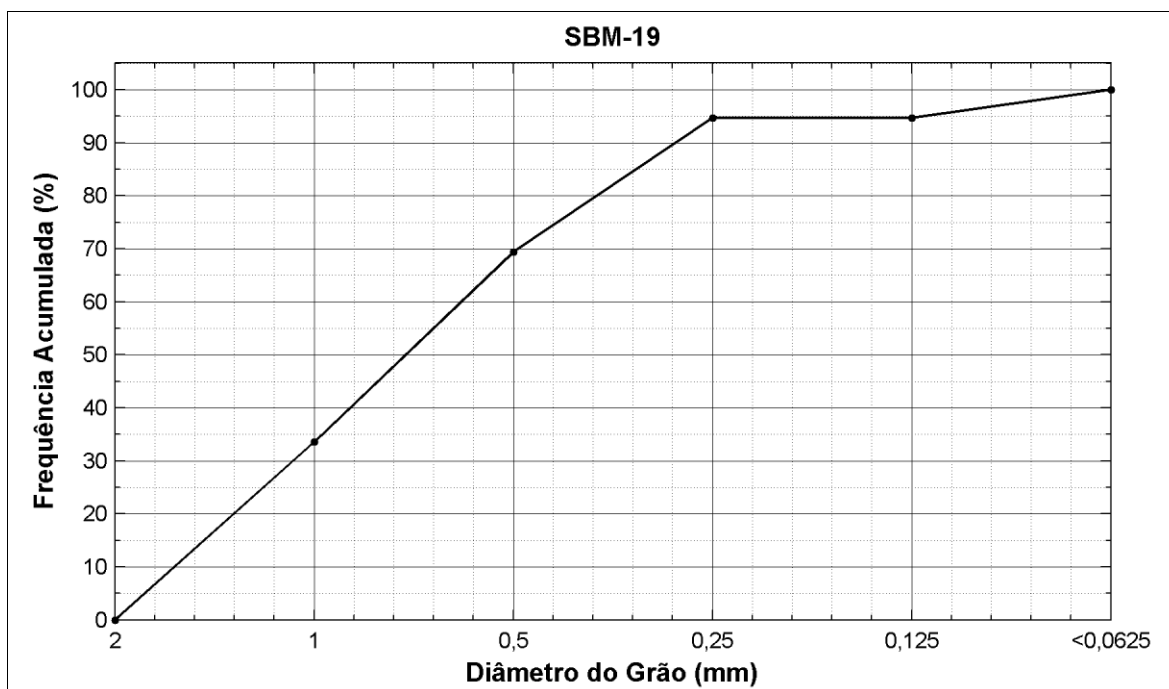


Figura 120: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM--19.

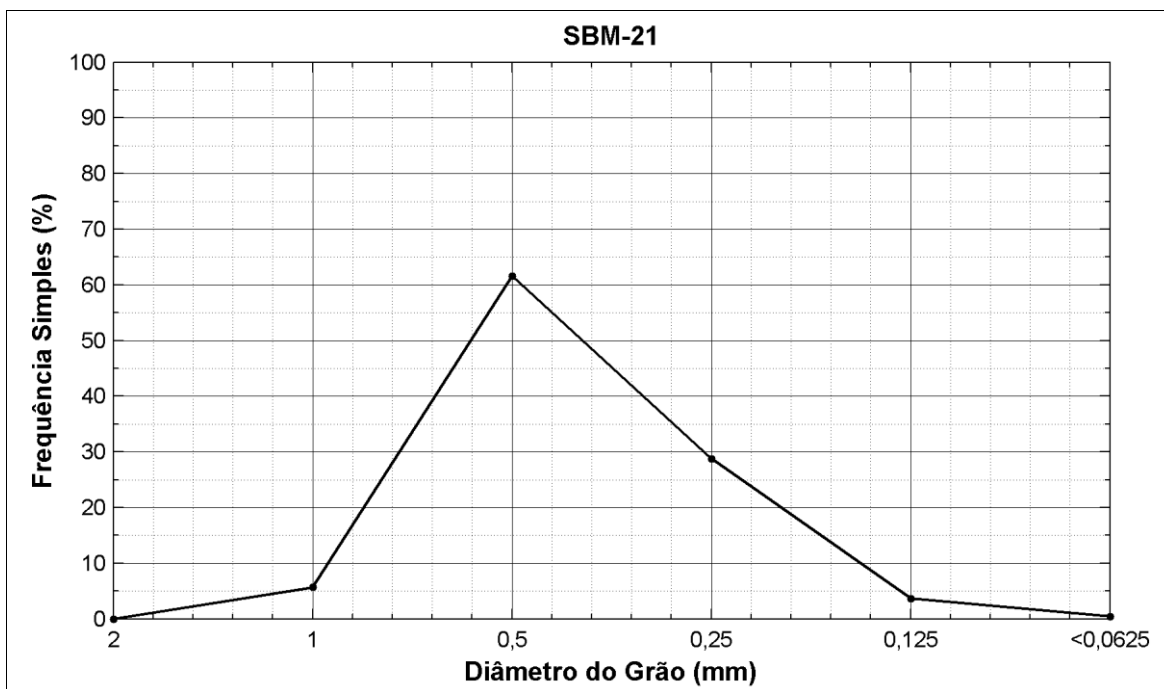


Figura 121: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-21.

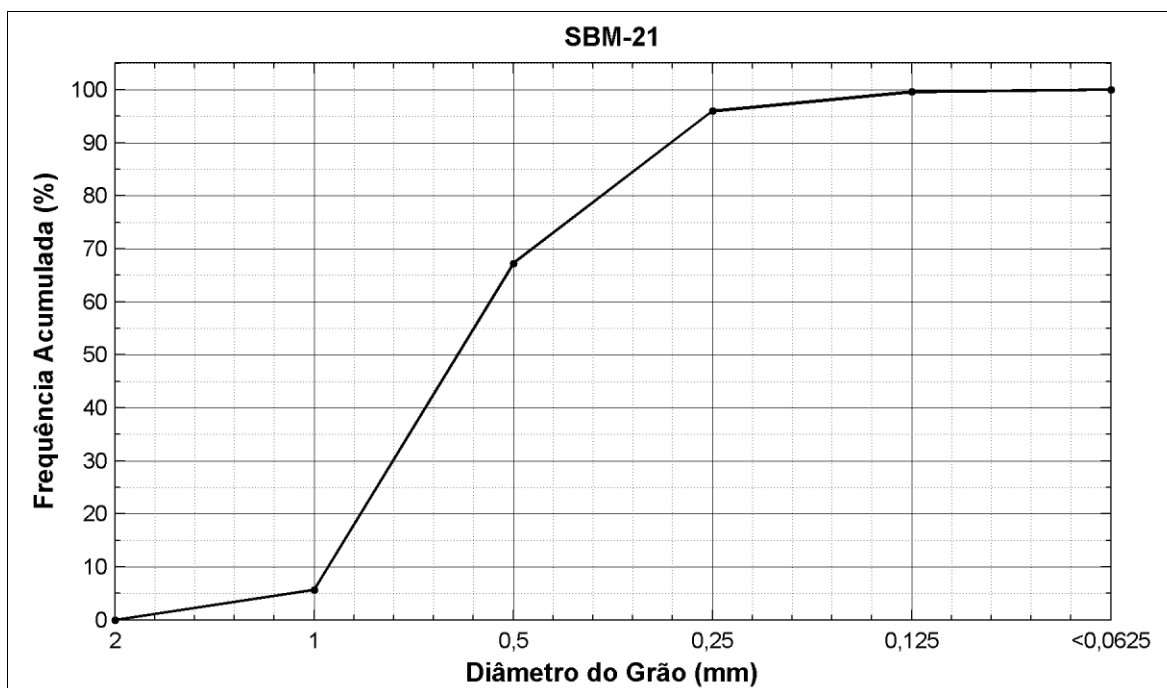


Figura 122: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-21.

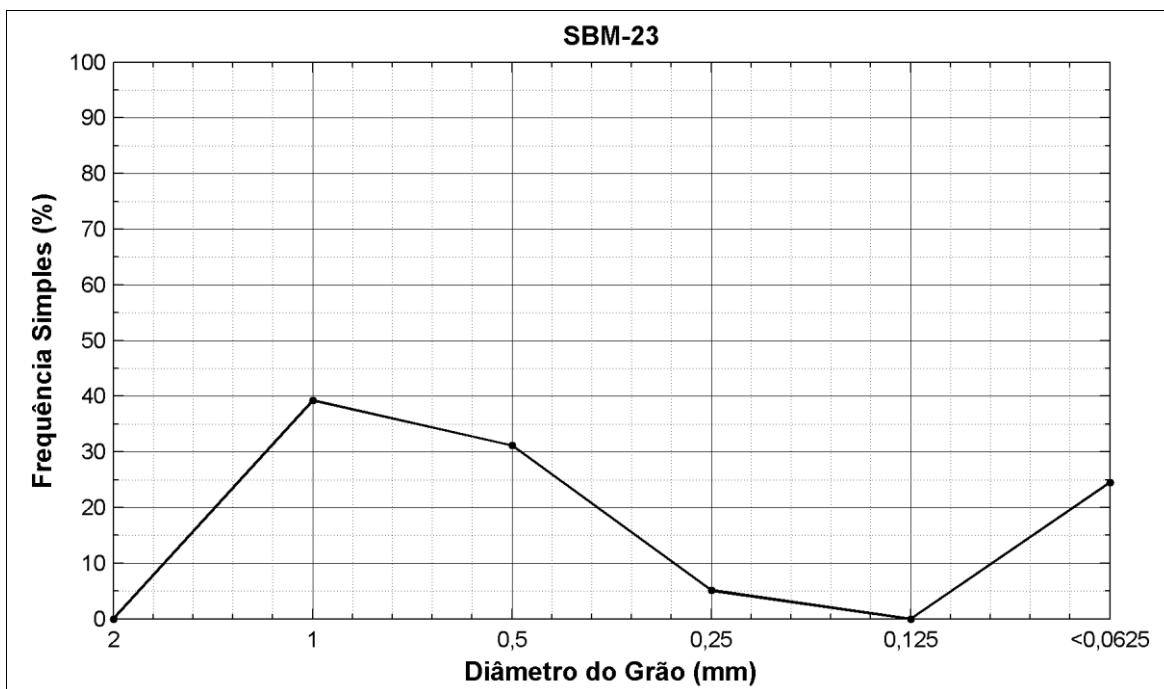


Figura 123: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-23.

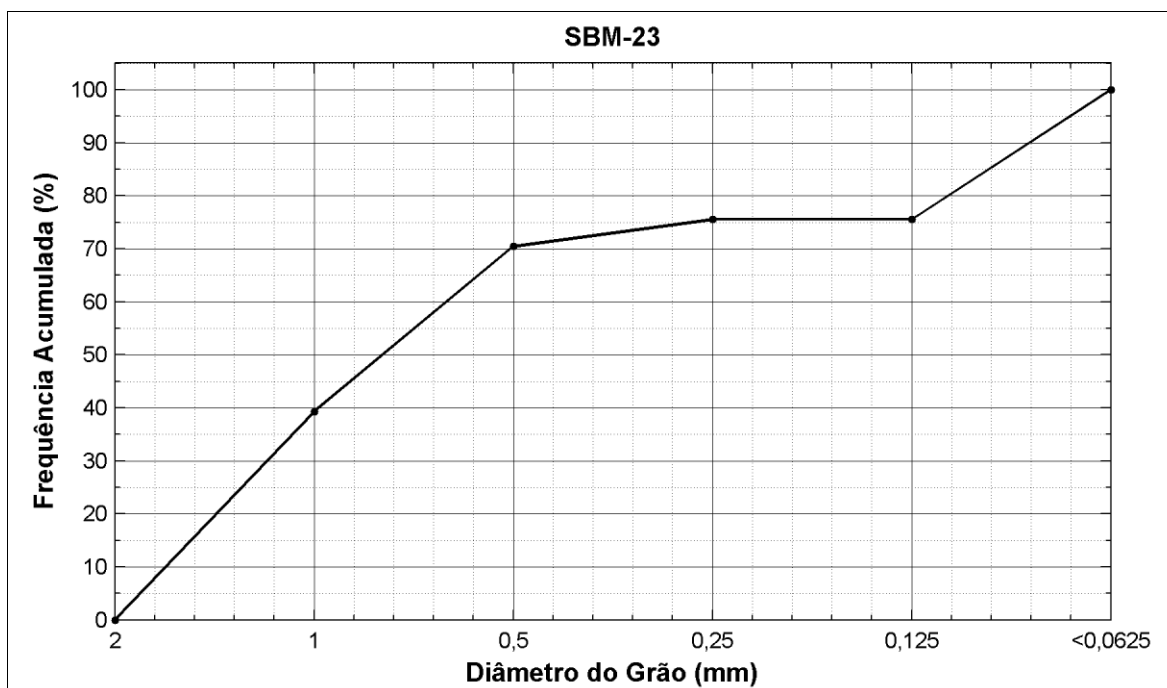


Figura 124: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-23.

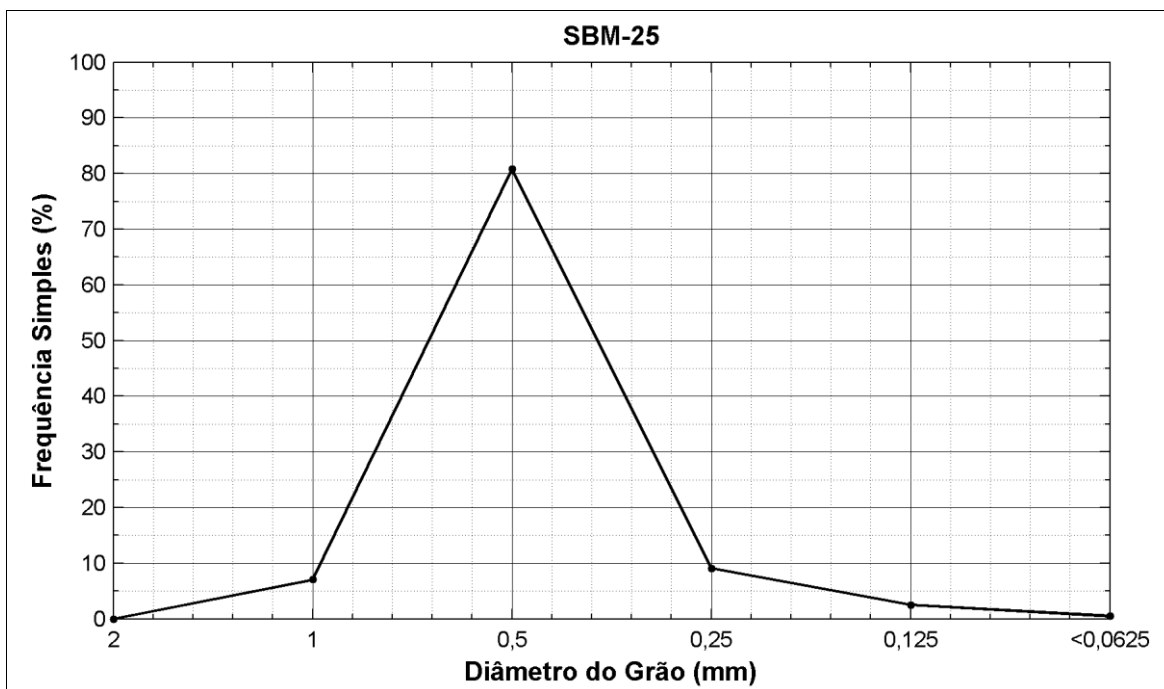


Figura 125: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-25.

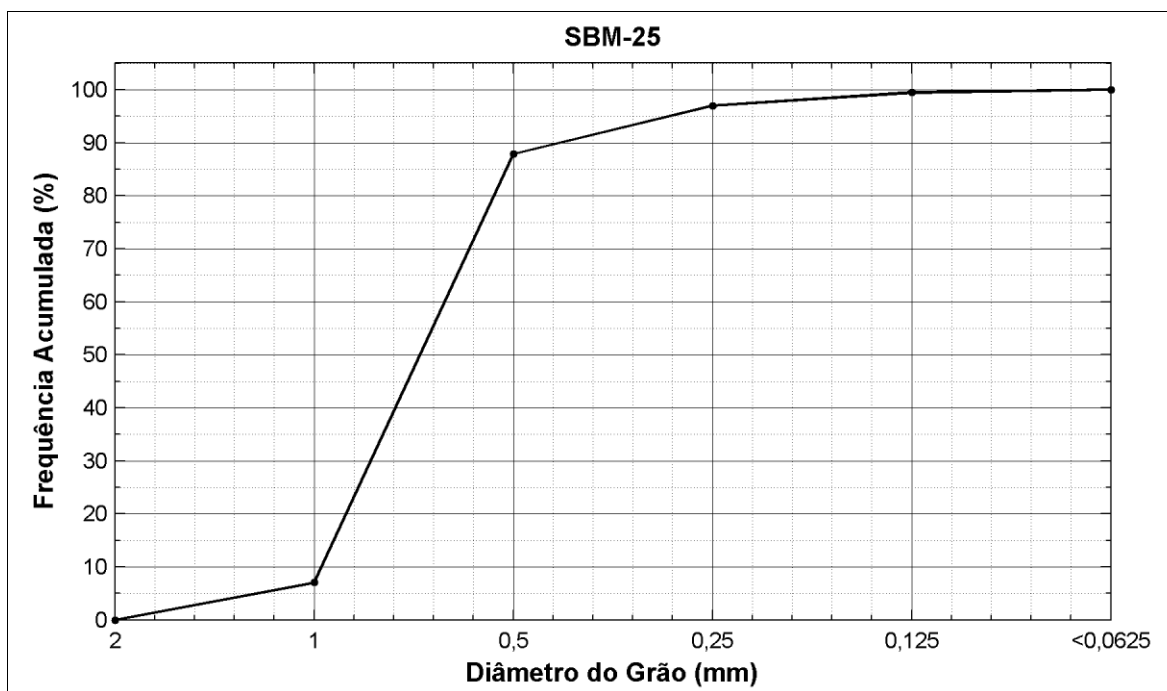


Figura 126: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-25.

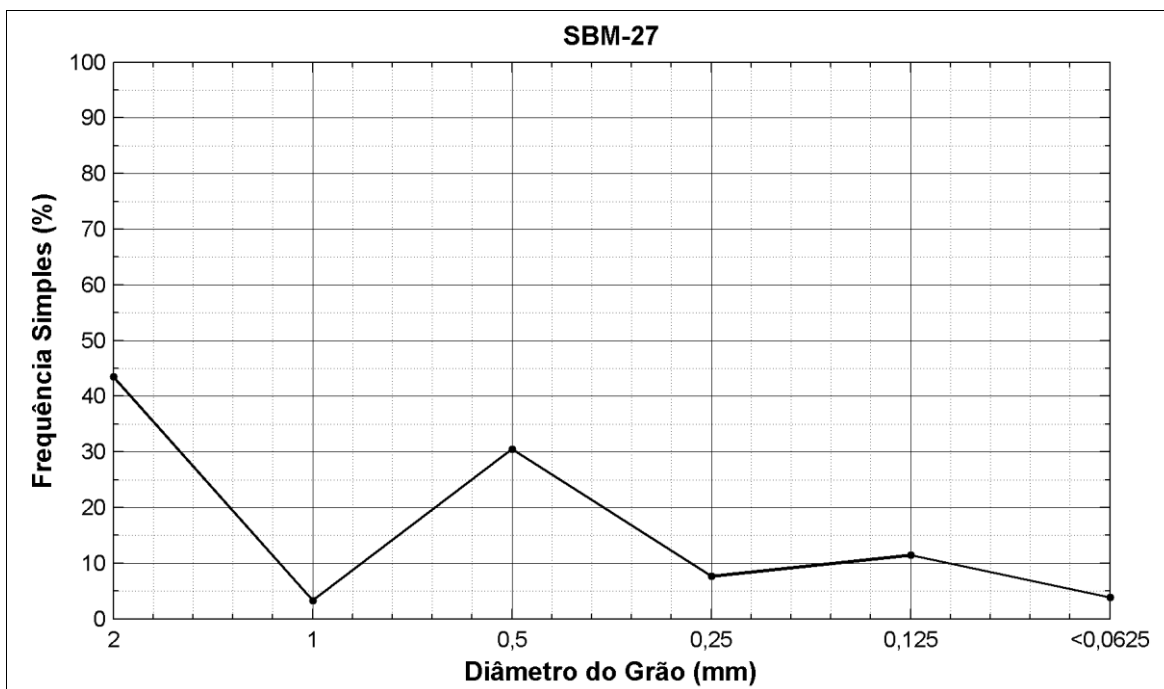


Figura 127: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-27

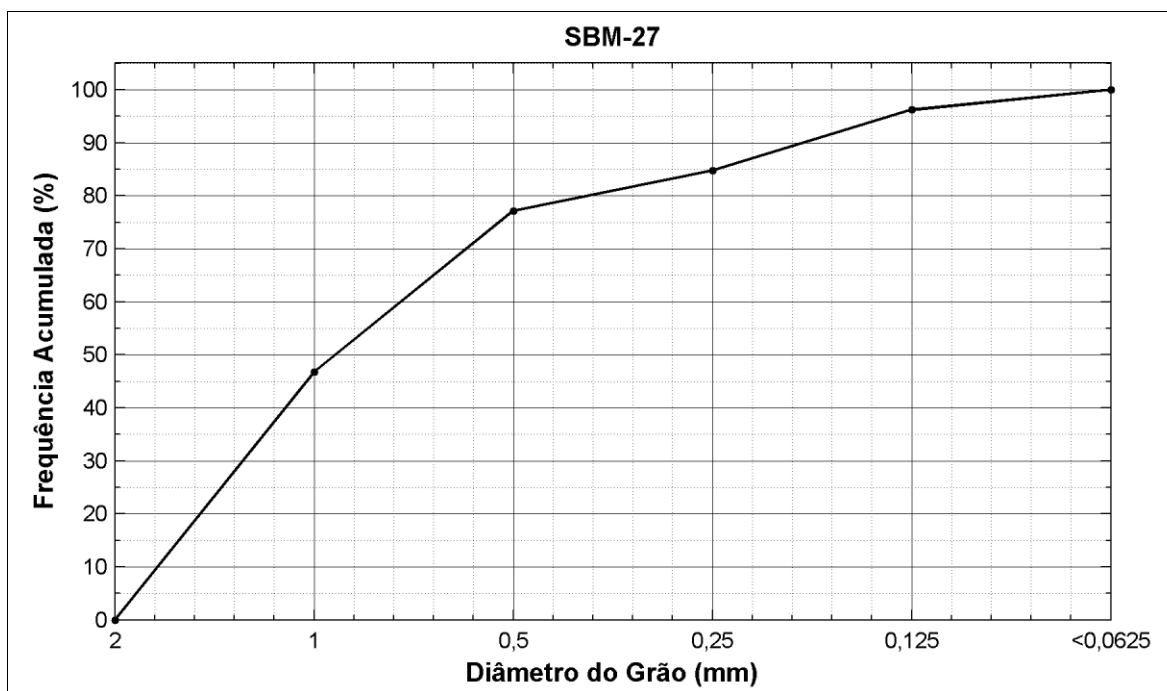


Figura 128: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-27.

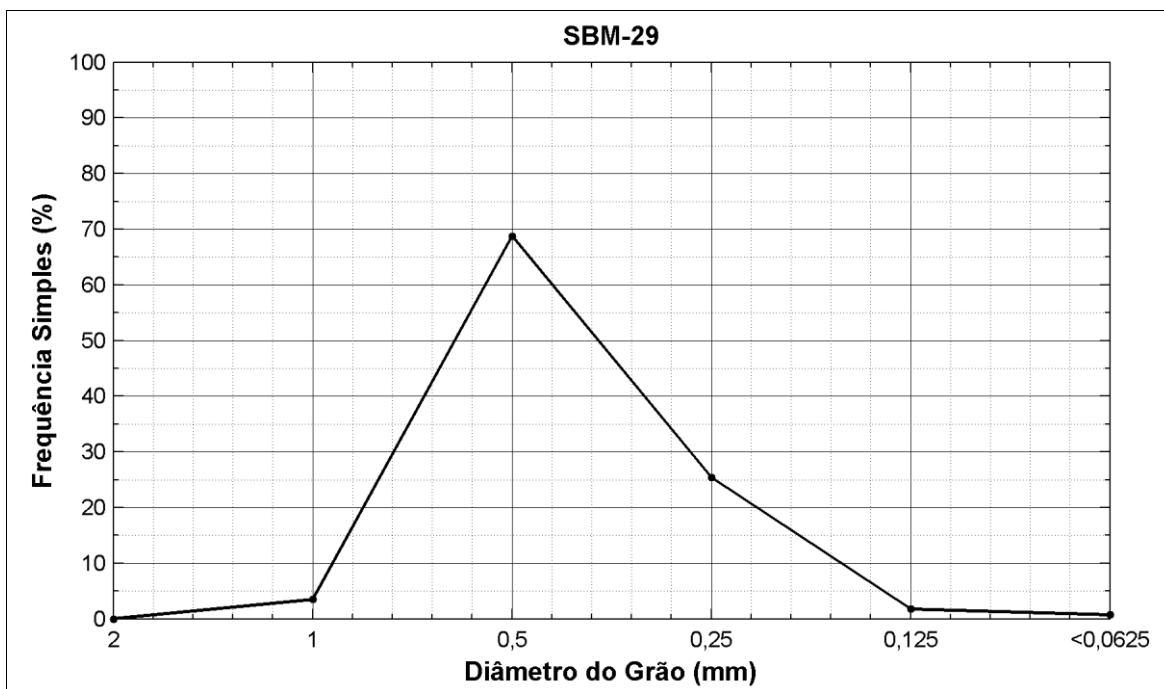


Figura 129: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-29

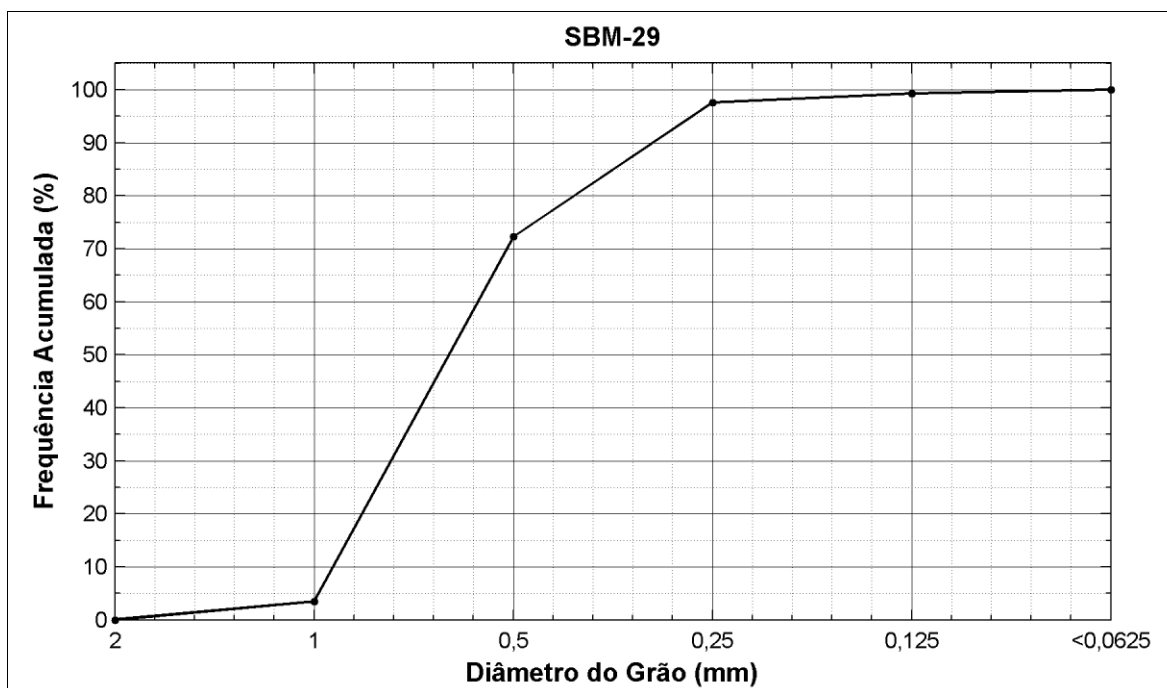


Figura 130: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-29.

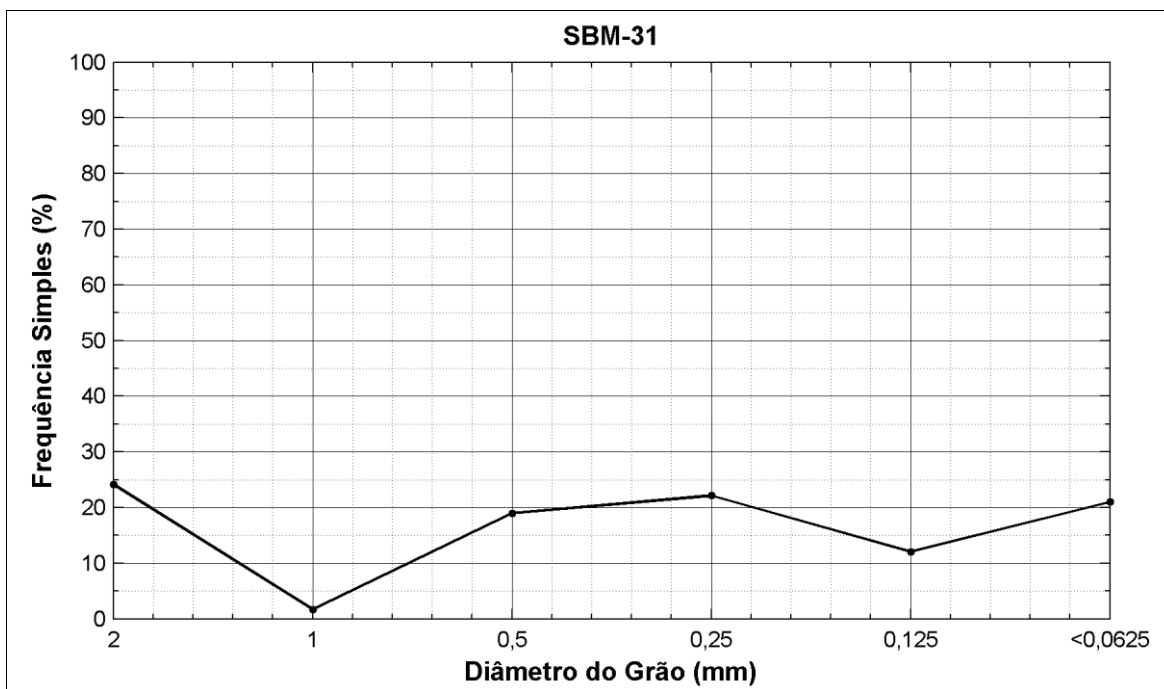


Figura 131: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-31

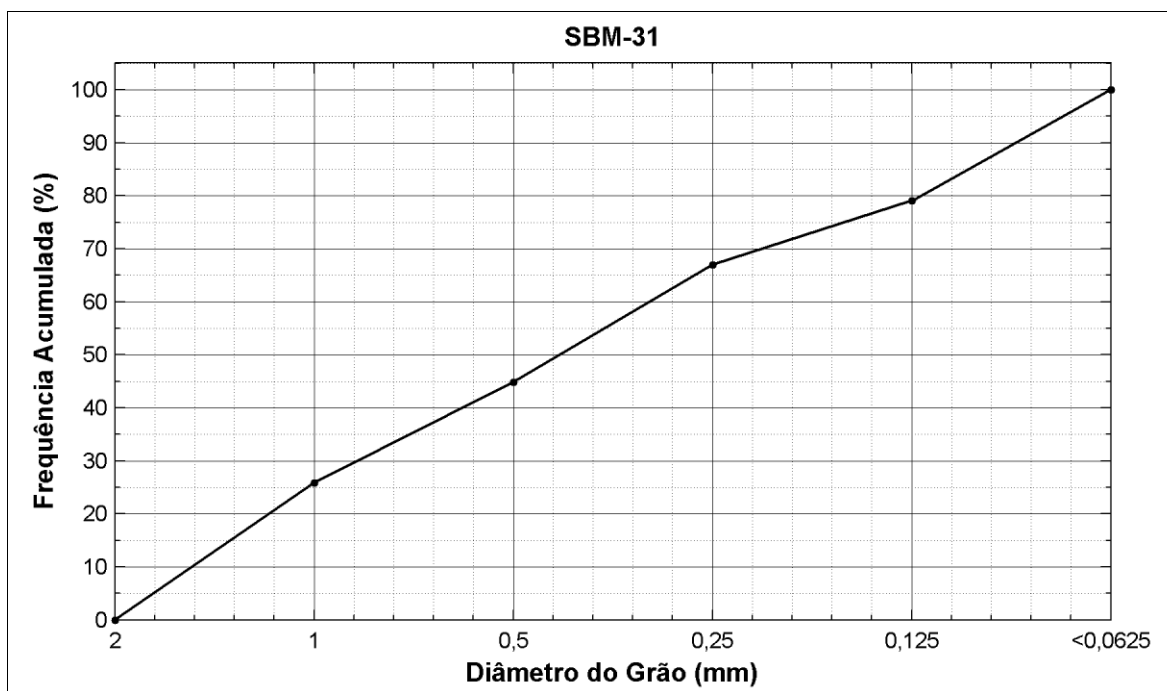


Figura 132: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-31.

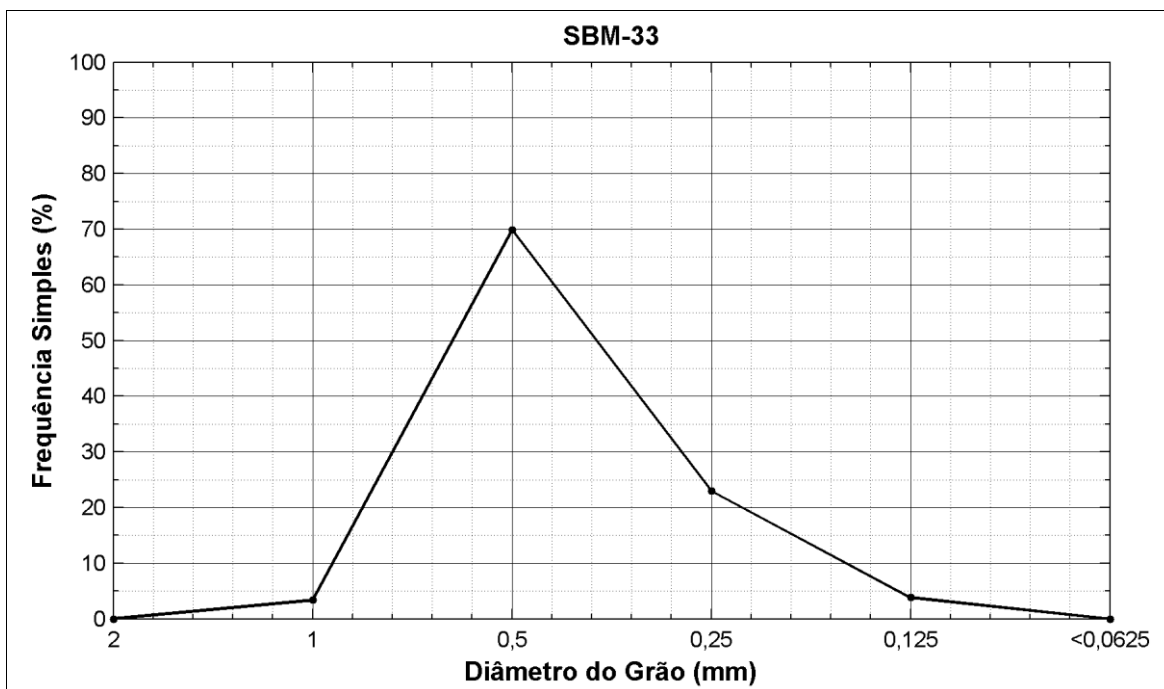


Figura 133: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-33

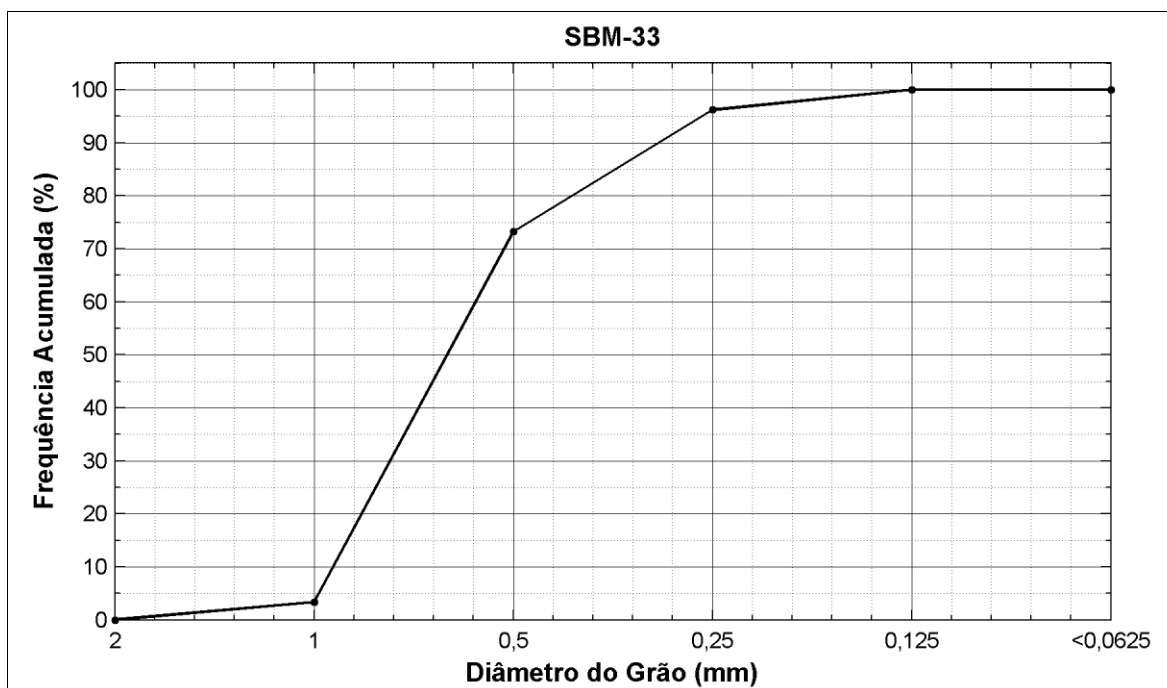


Figura 134: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-33.

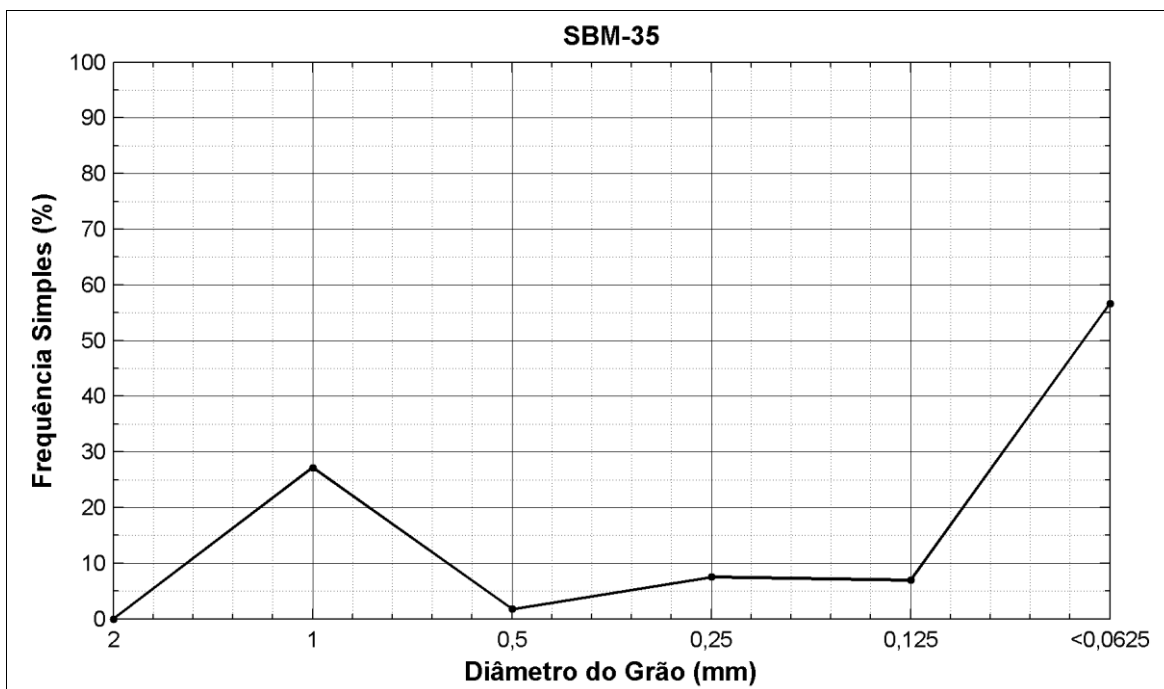


Figura 135: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-35

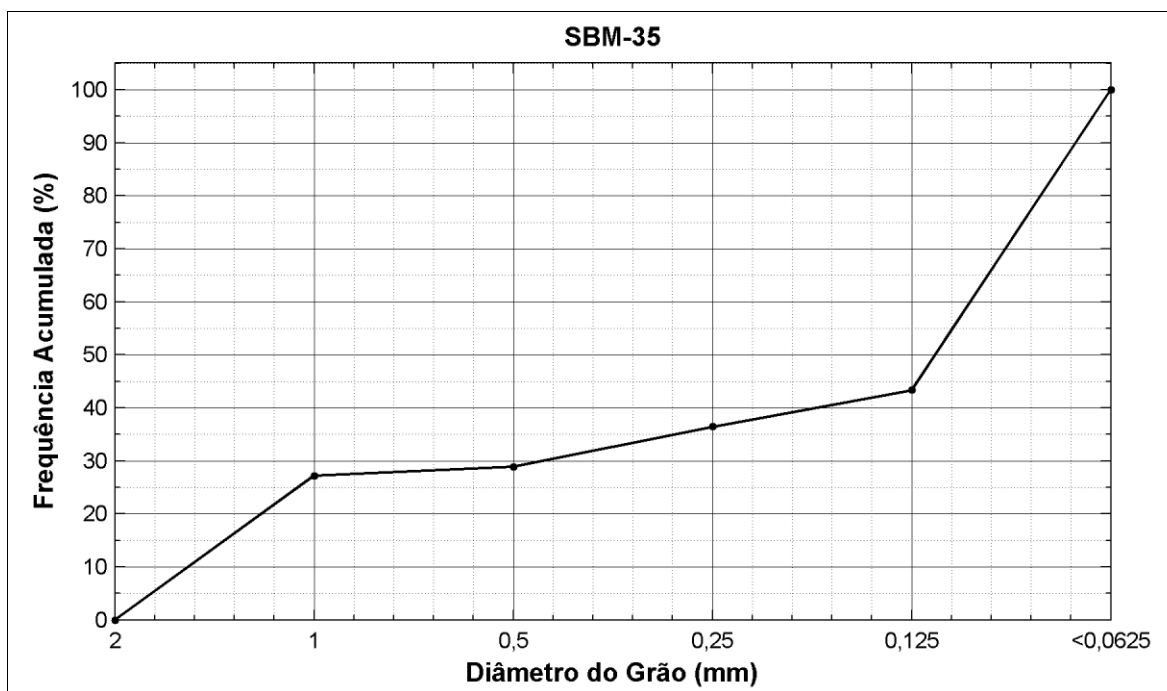


Figura 136: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-35.

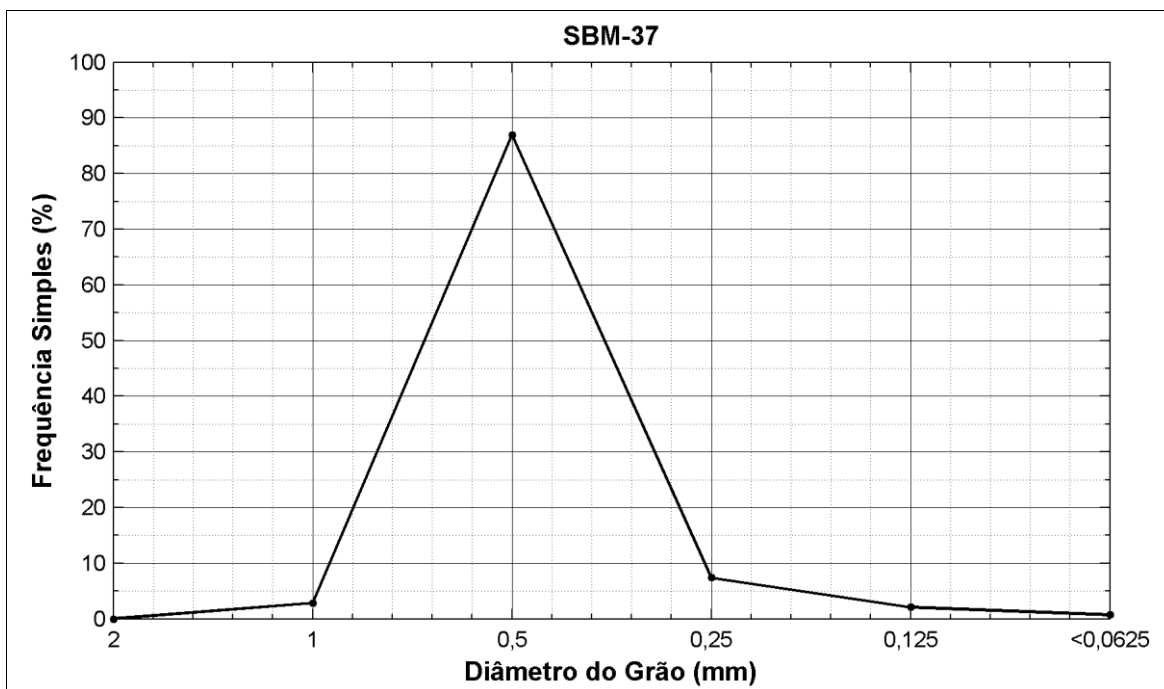


Figura 137: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-37

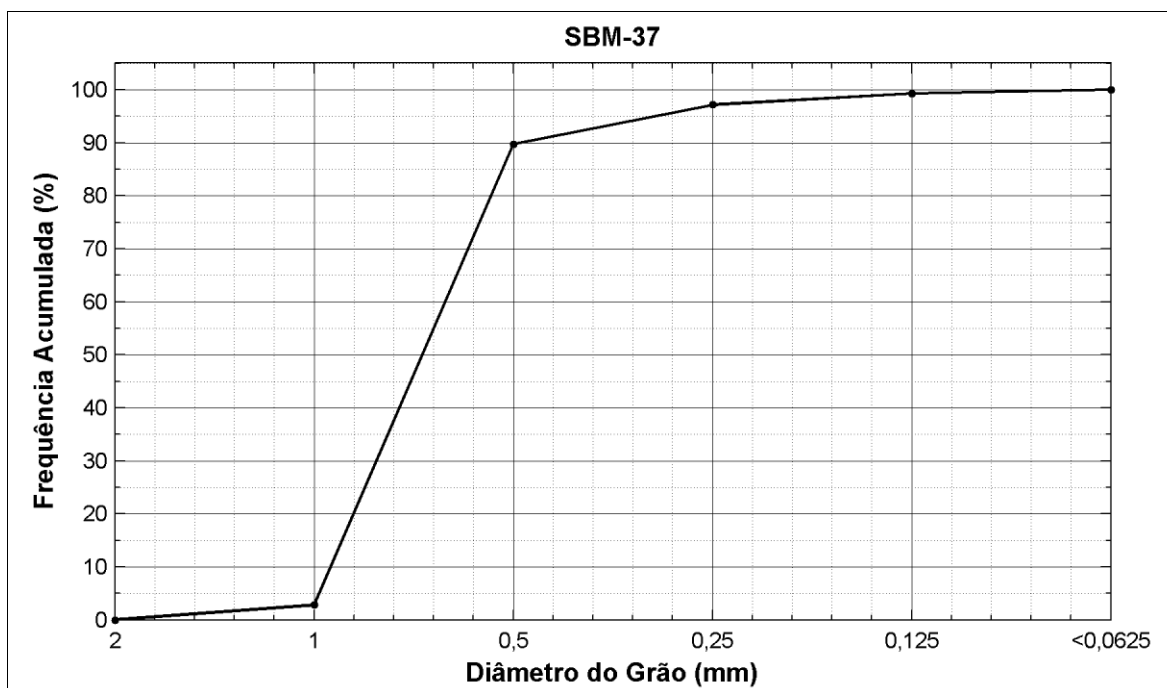


Figura 138: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-37.

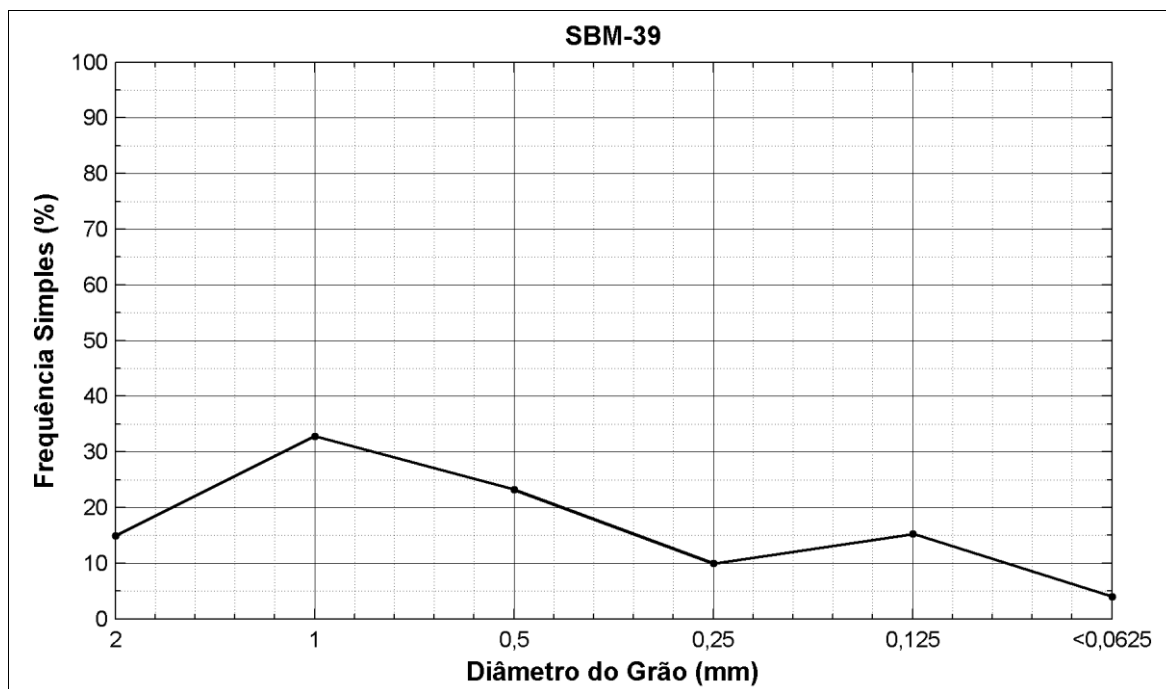


Figura 139: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-39

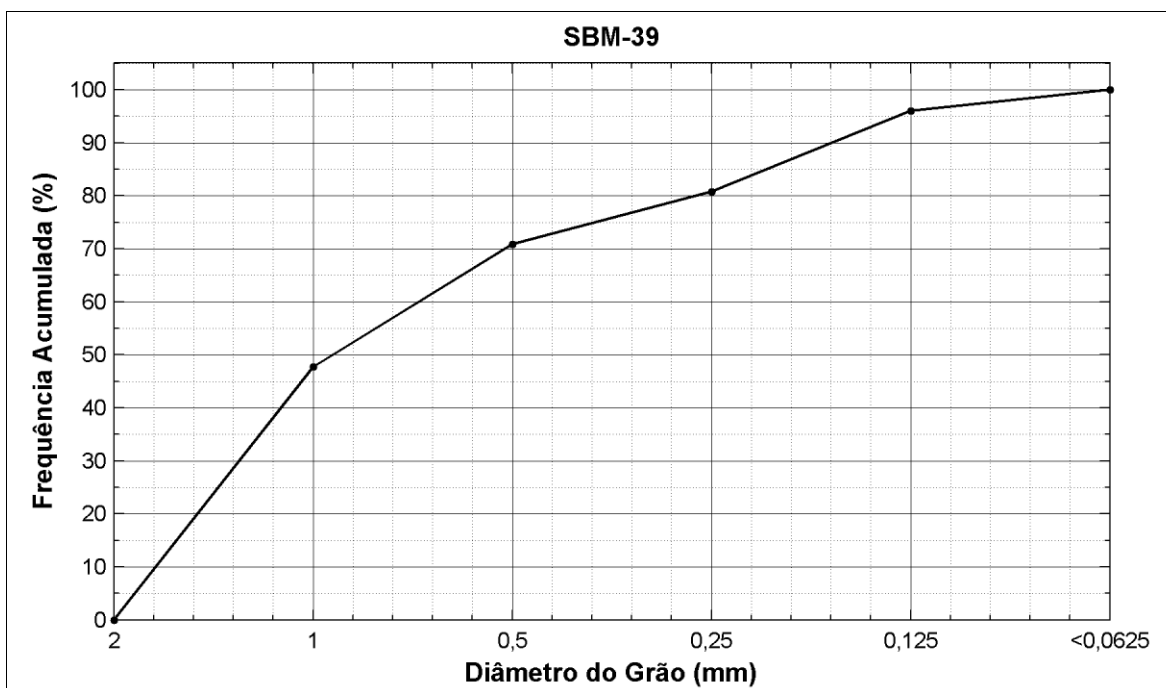


Figura 140: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-39.

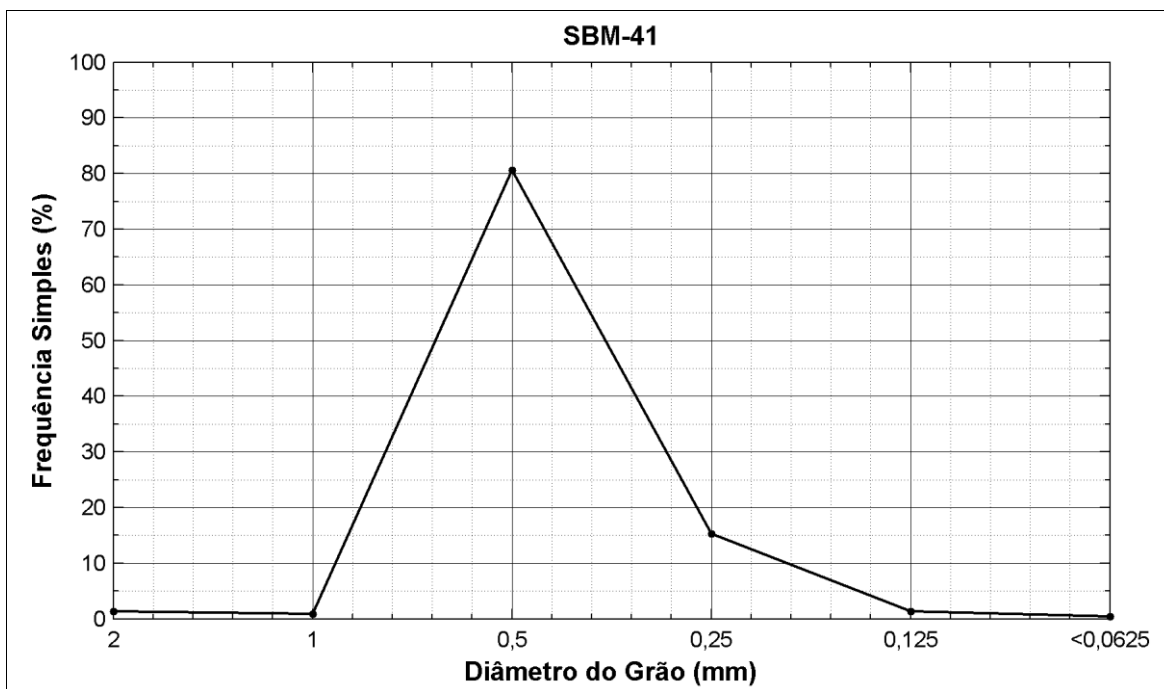


Figura 141: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-41

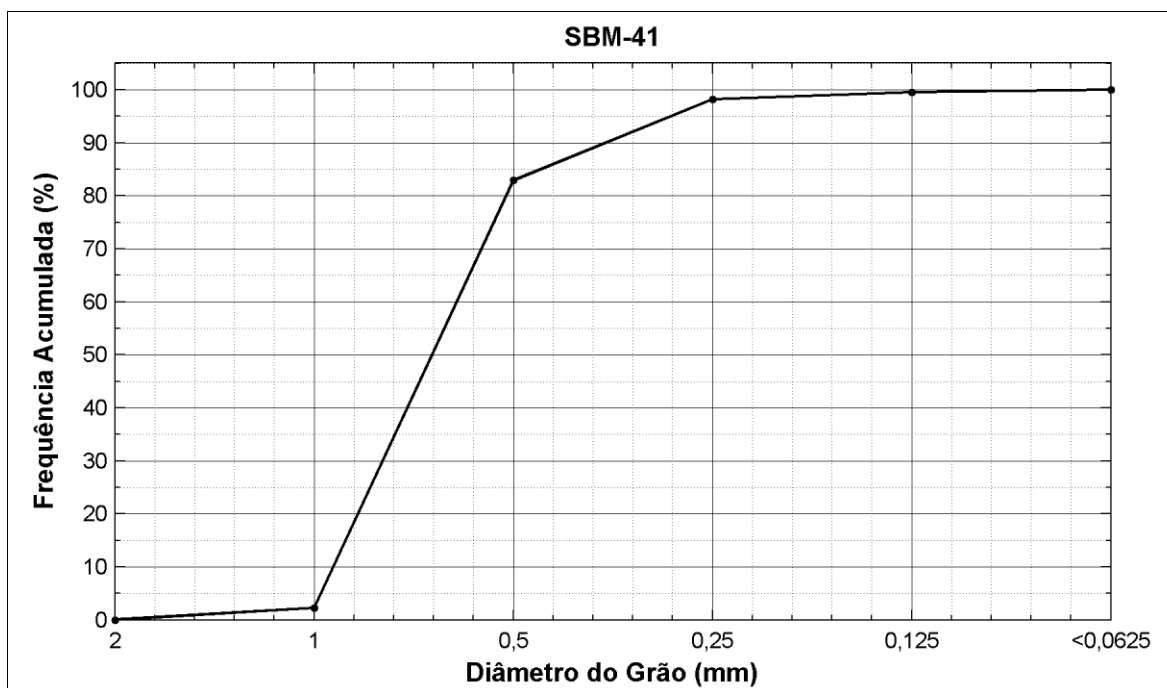


Figura 142: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-41.

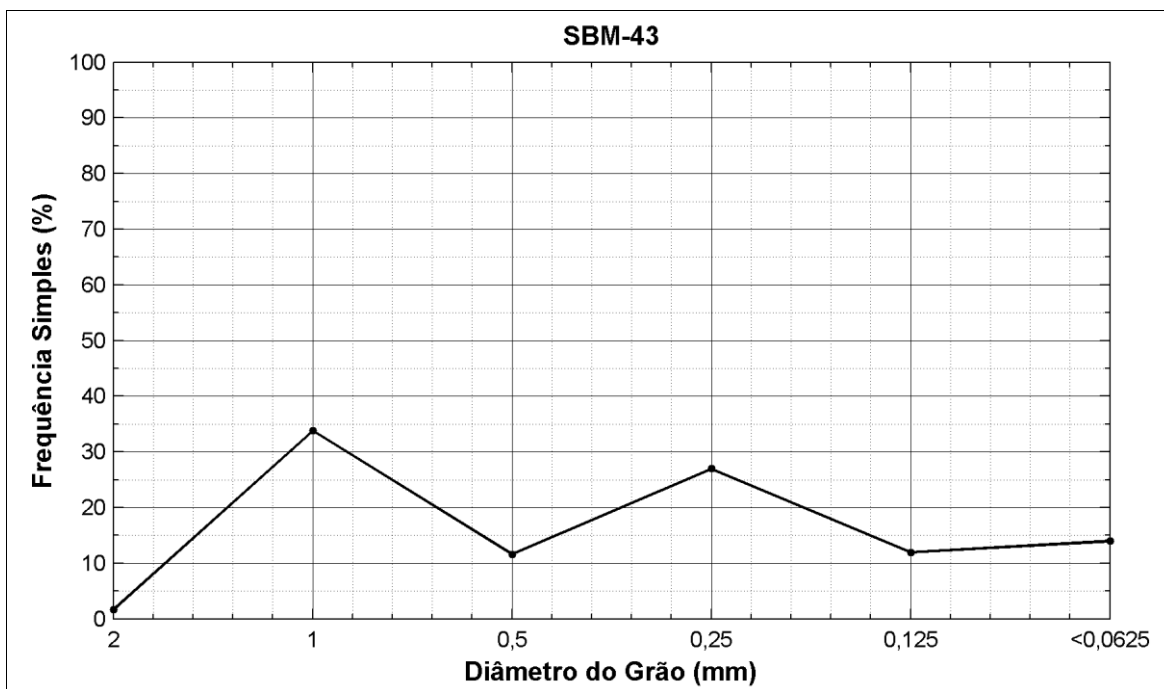


Figura 143: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-43



Figura 144: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-43.

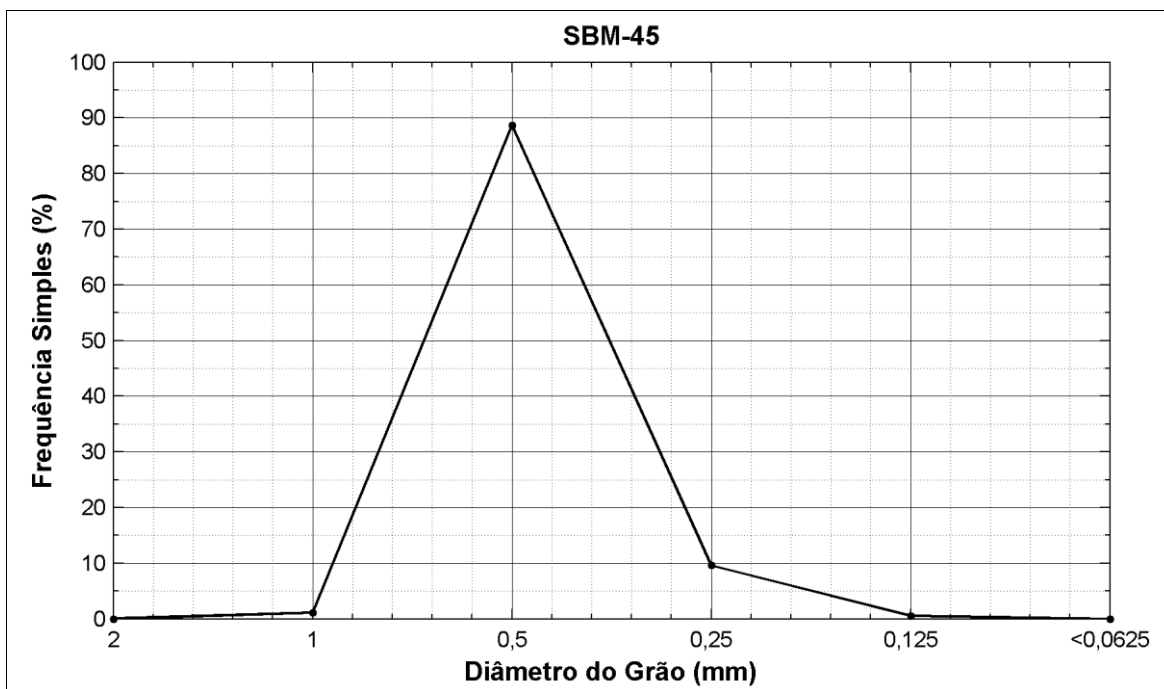


Figura 145: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-45

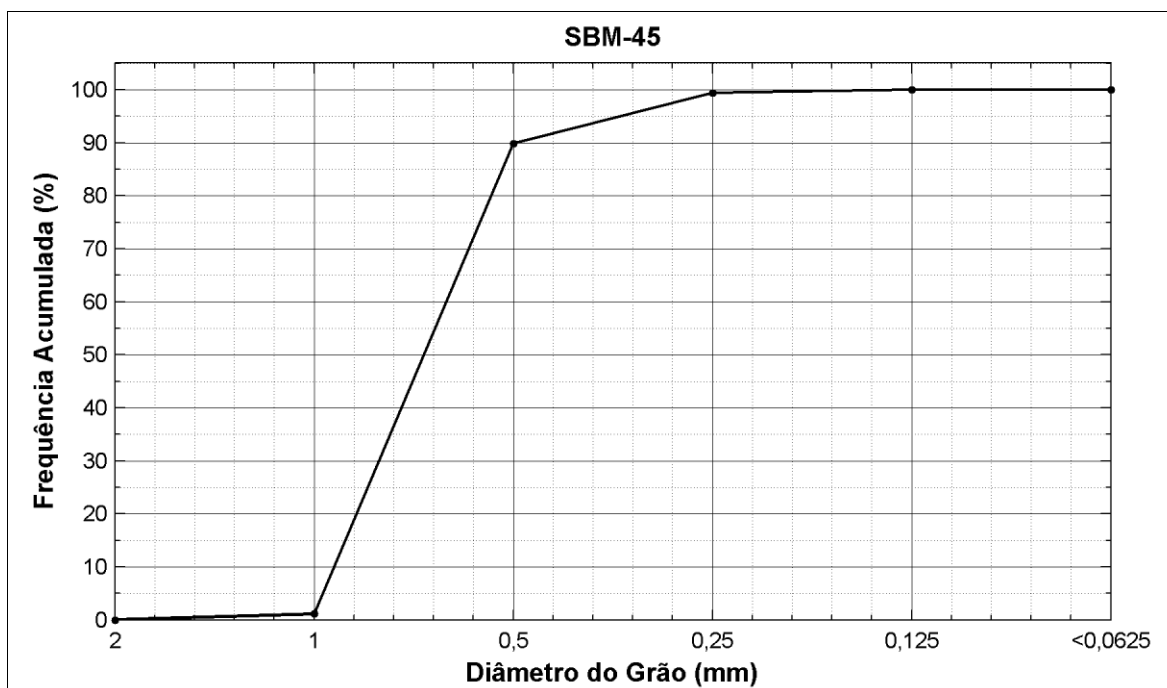


Figura 146: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-45.

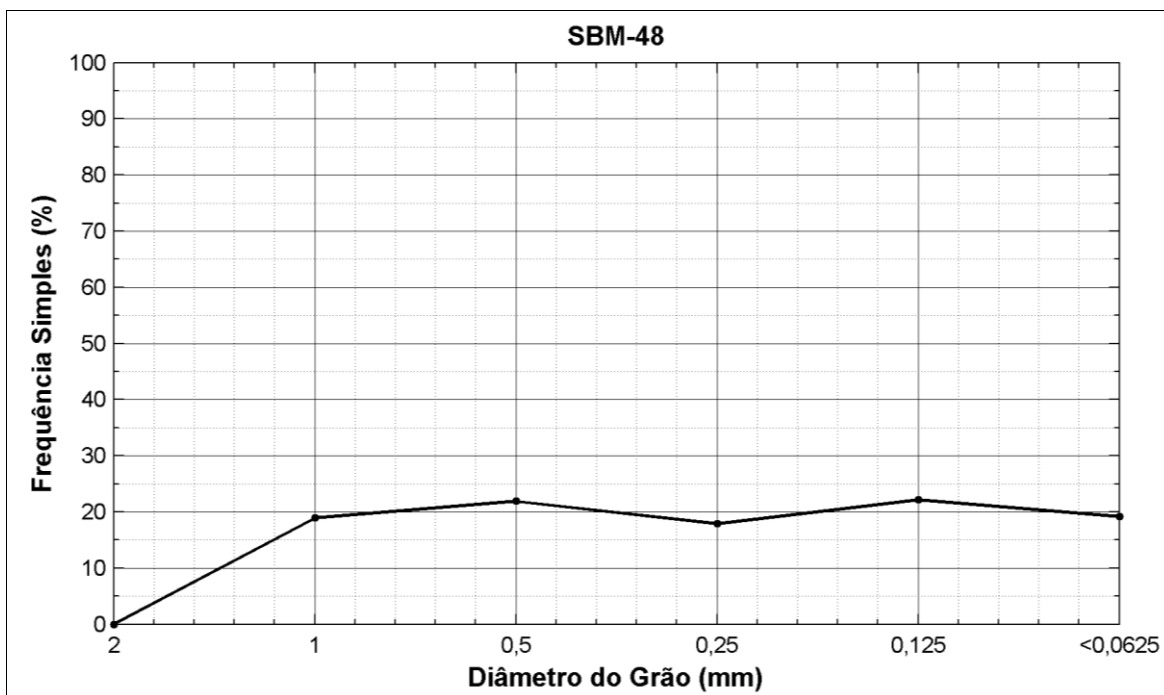


Figura 147: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-47

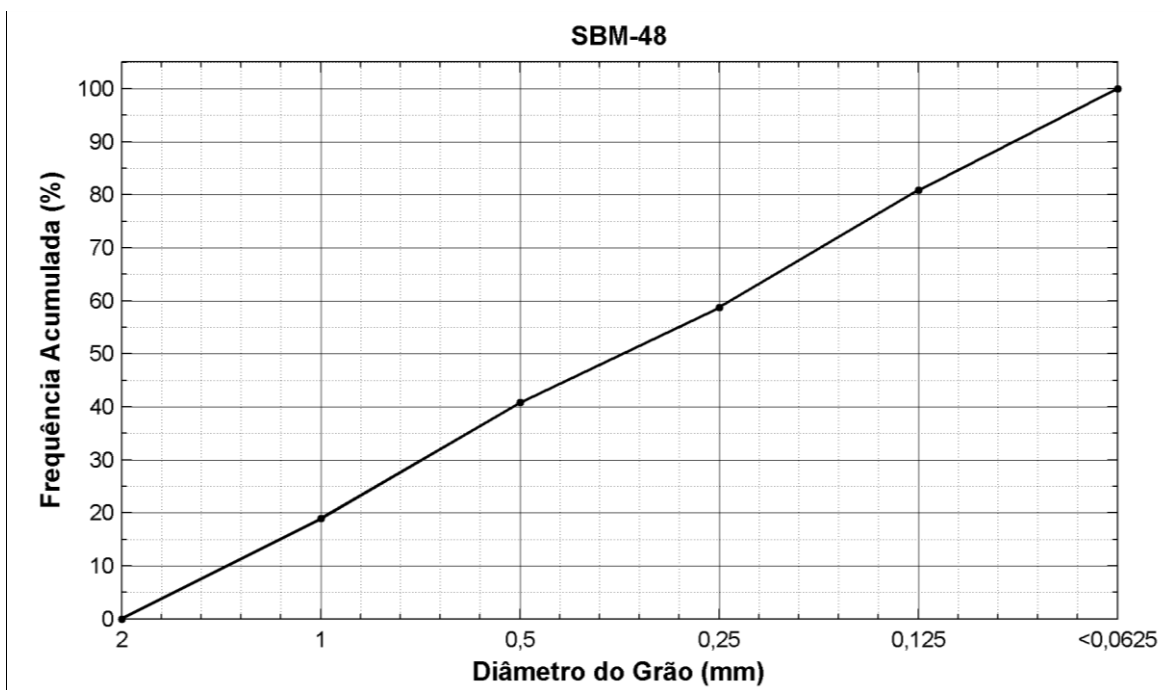


Figura 148: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-47.

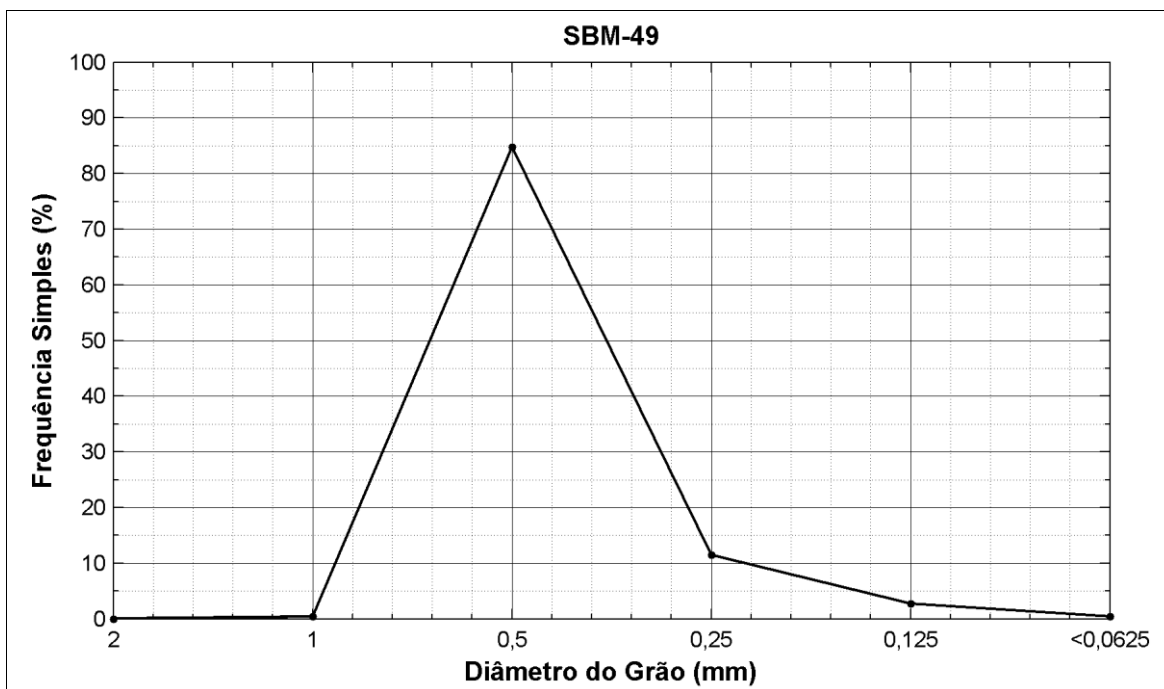


Figura 149: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-49.

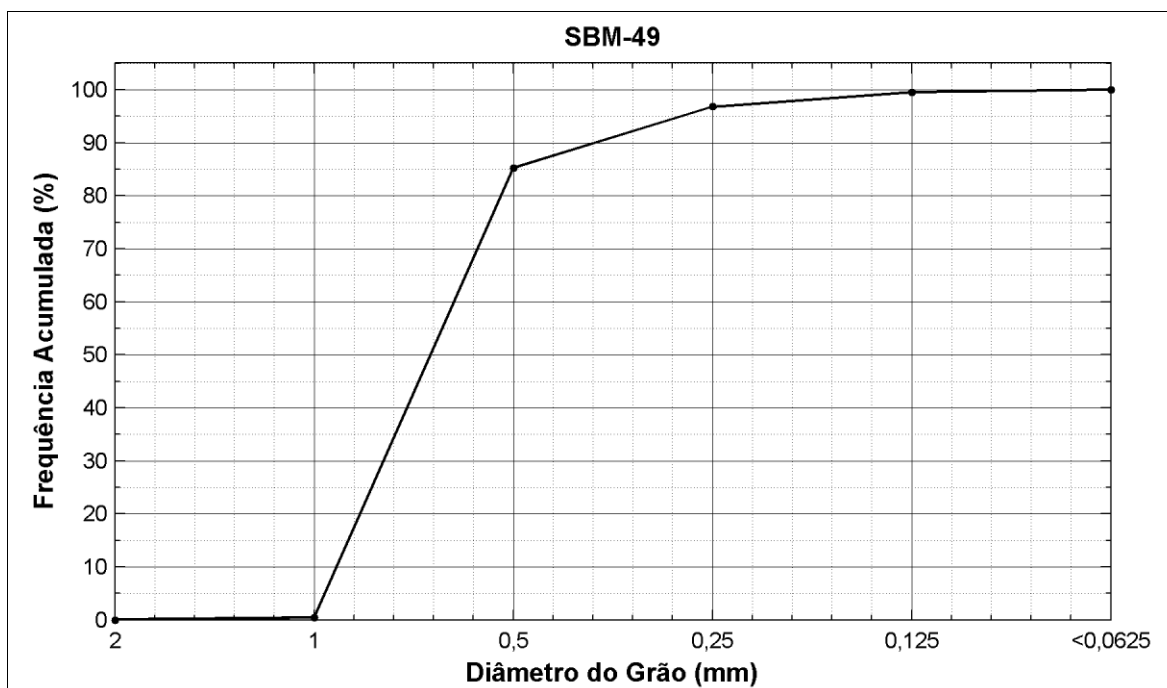


Figura 150: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-49.

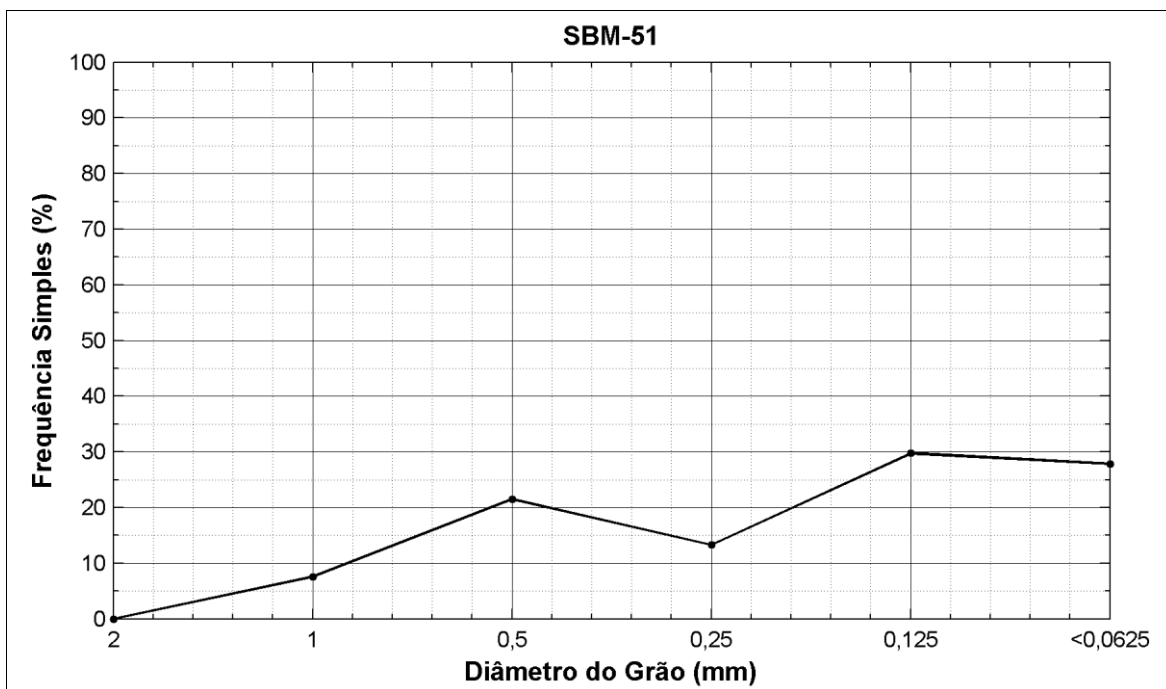


Figura 151: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-51



Figura 152: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-51.

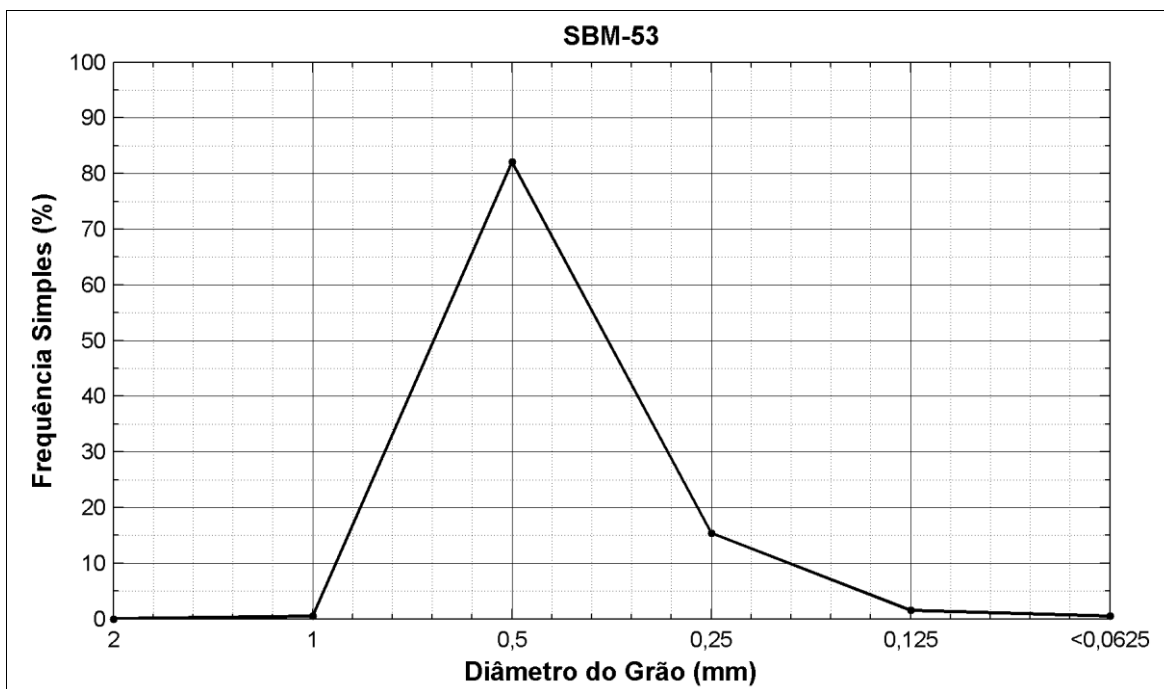


Figura 153: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-53

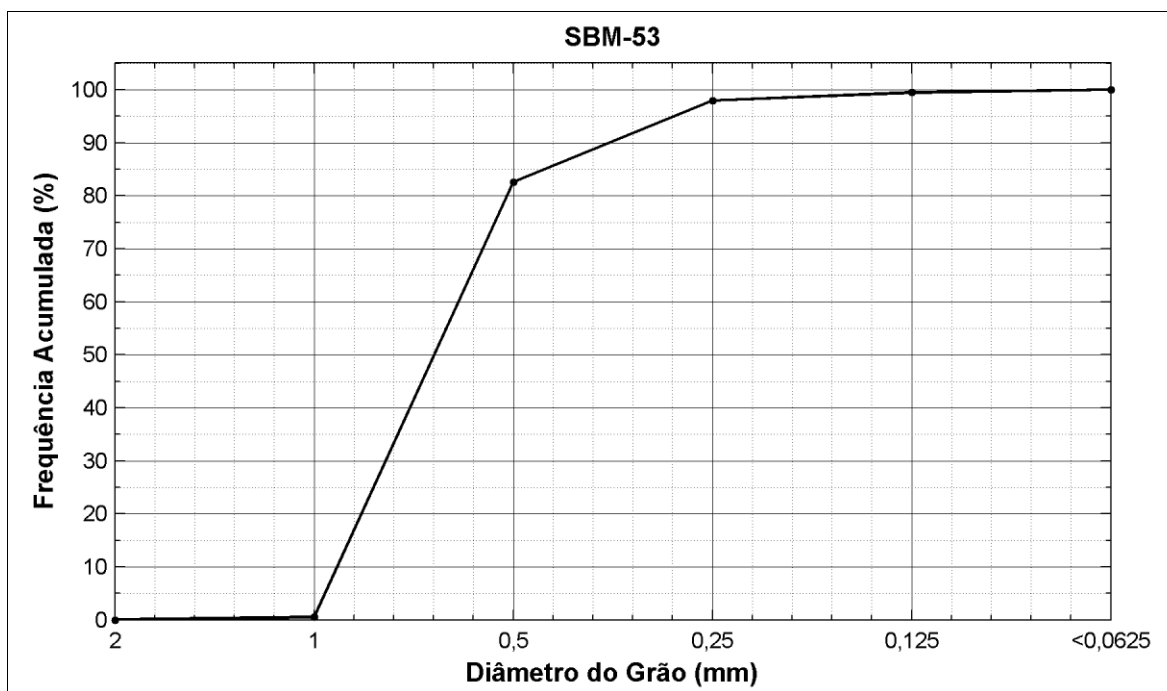


Figura 154: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-53.

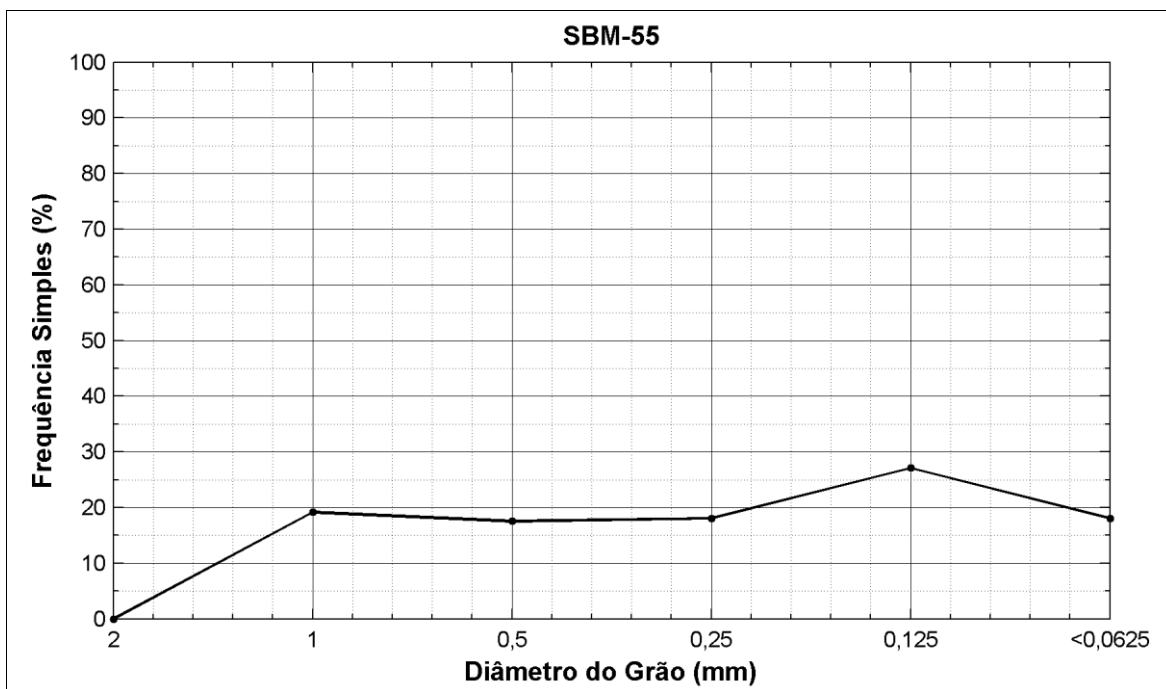


Figura 155: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-55

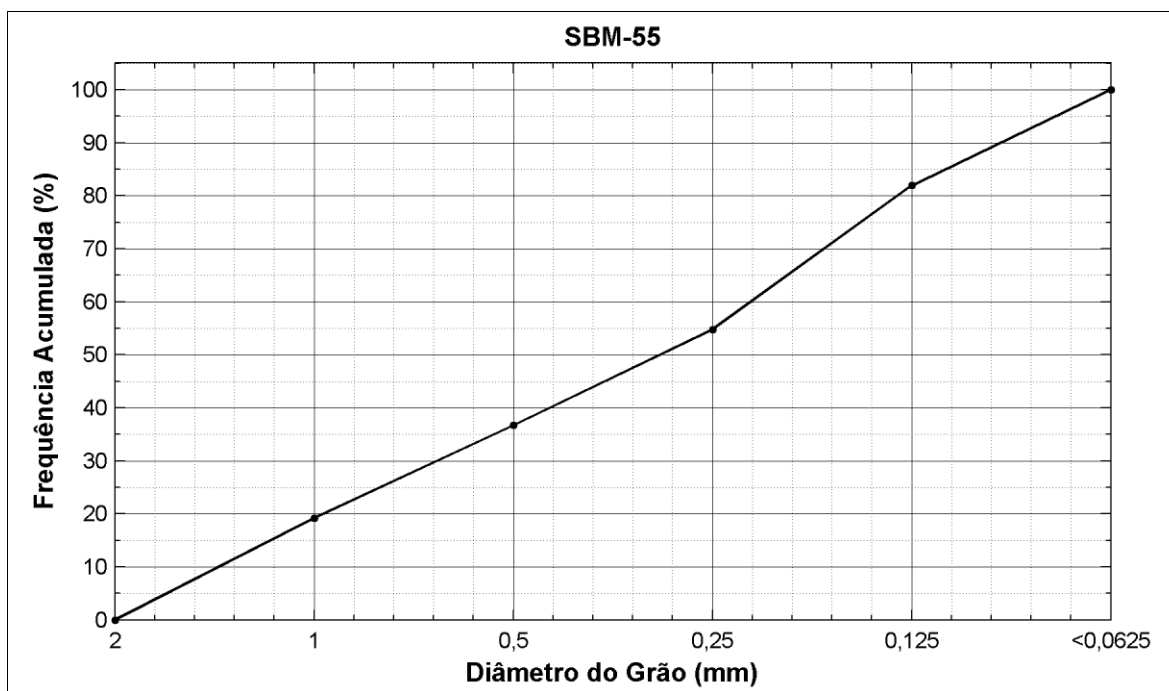


Figura 156: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-55.

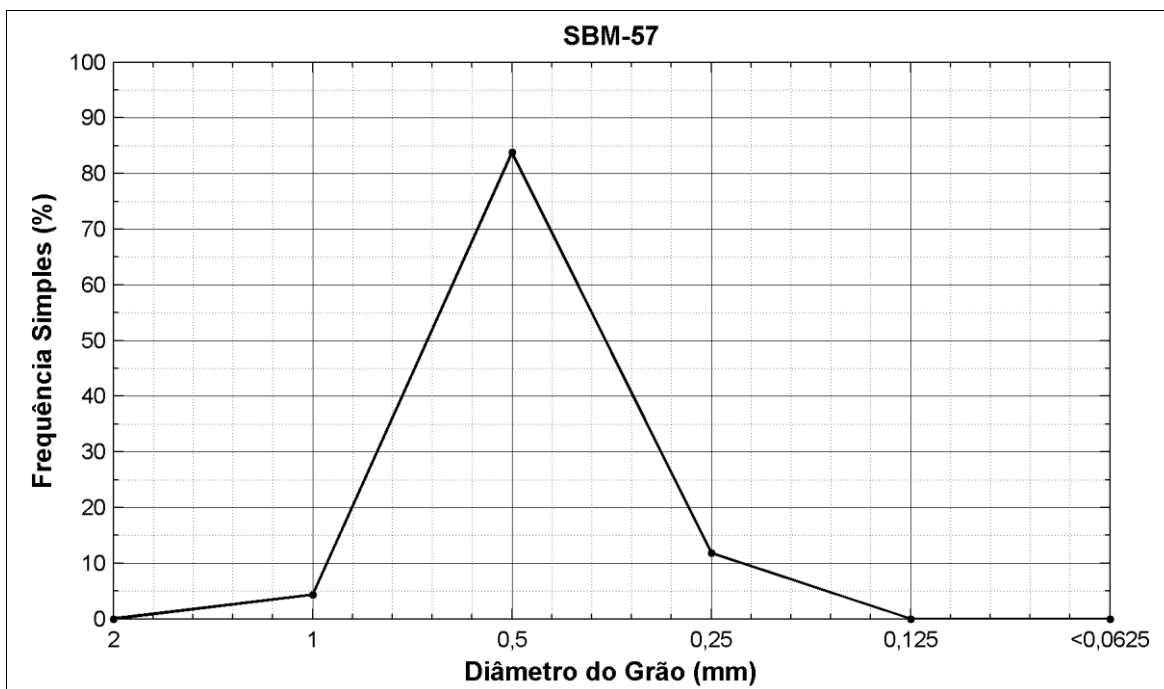


Figura 157: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-57

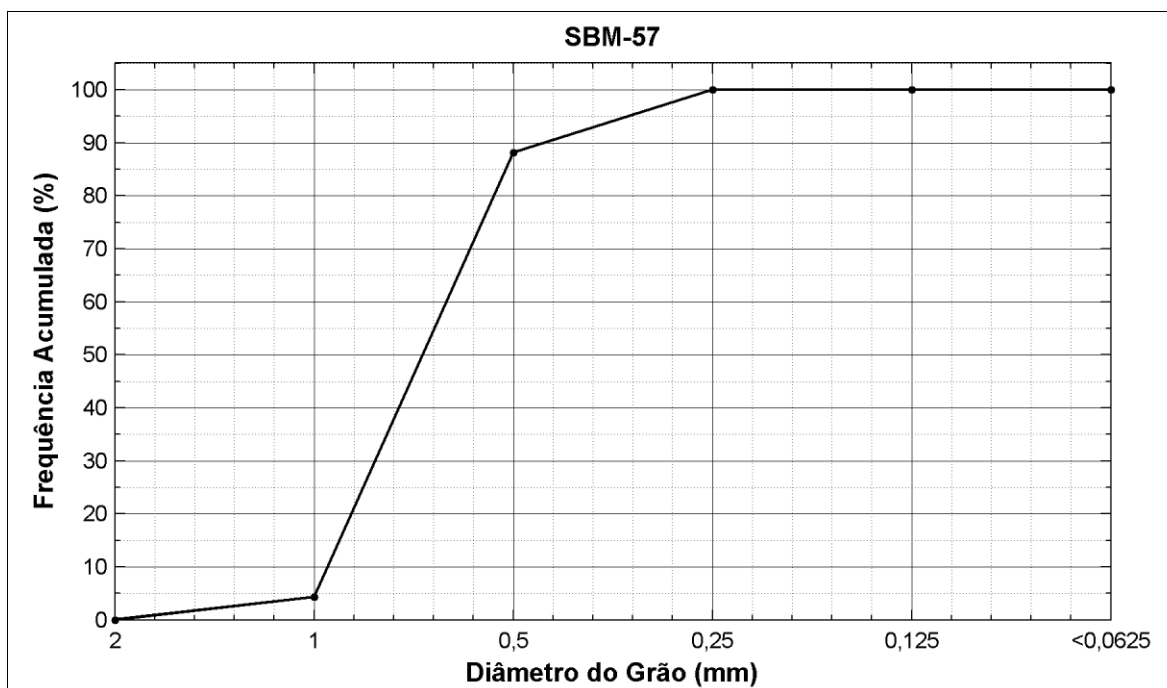


Figura 158: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-57.

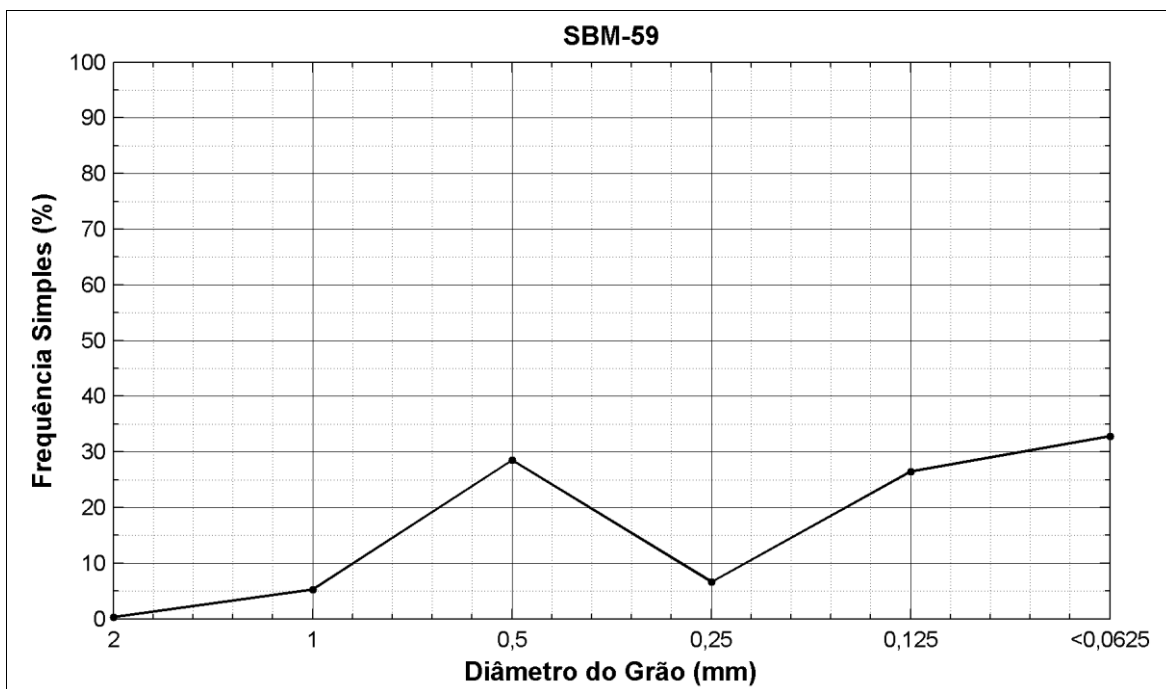


Figura 159: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-59



Figura 160: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-59.

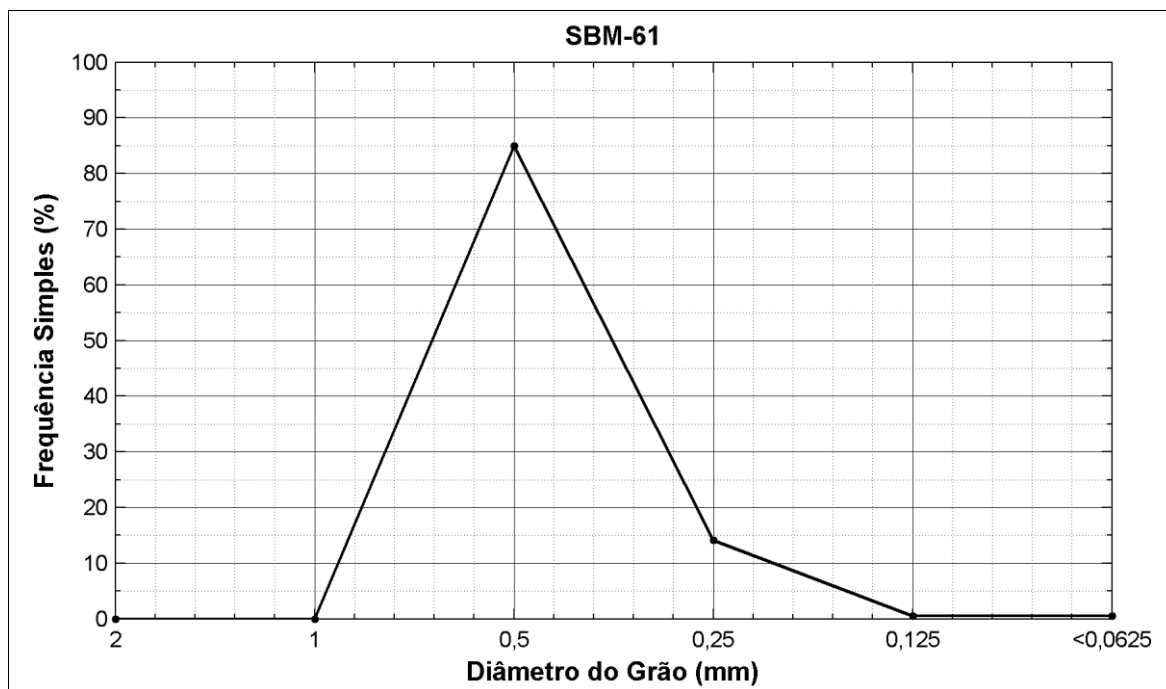


Figura 161: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-61

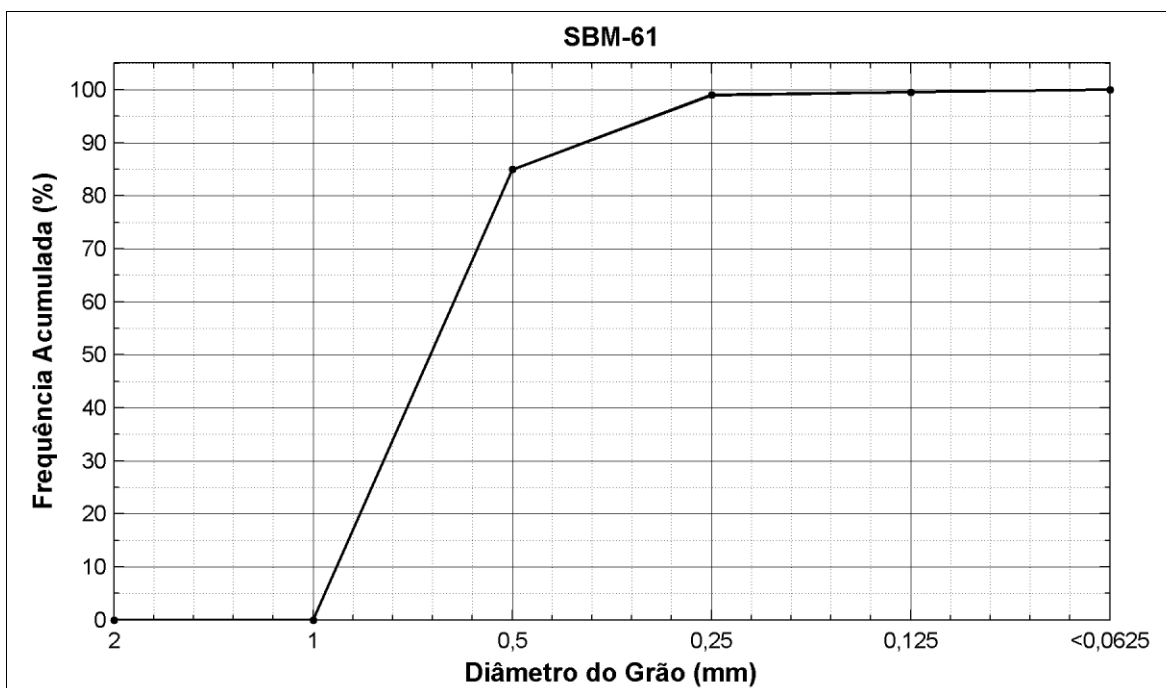


Figura 162: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-61.

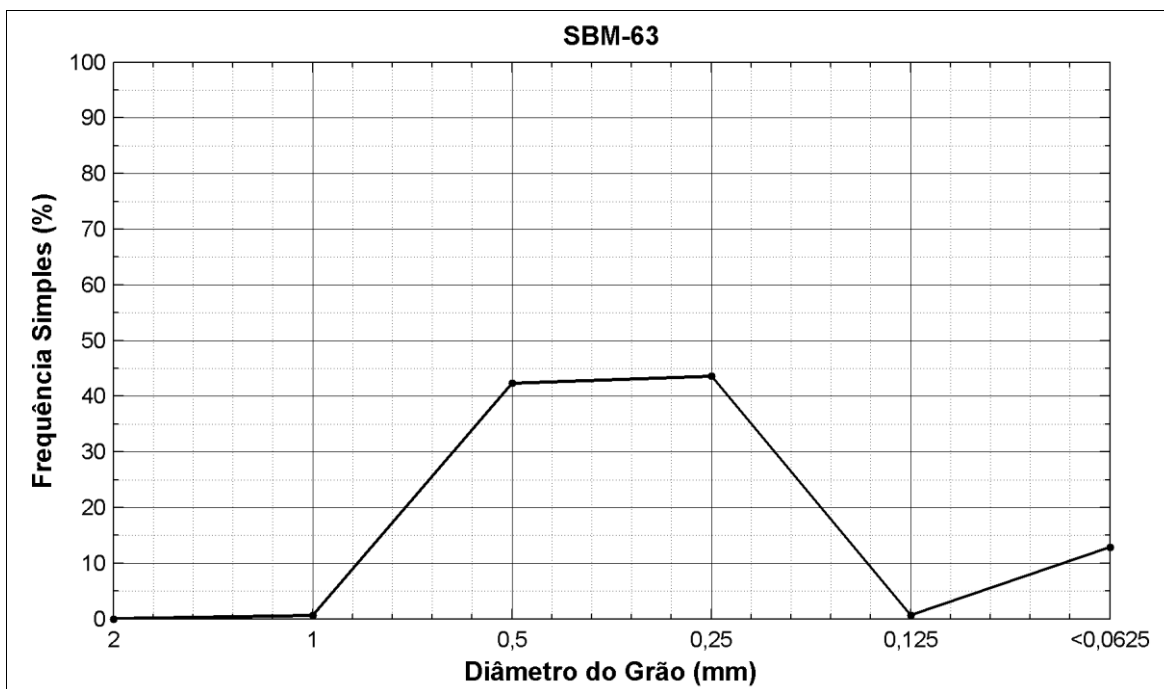


Figura 163: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-63

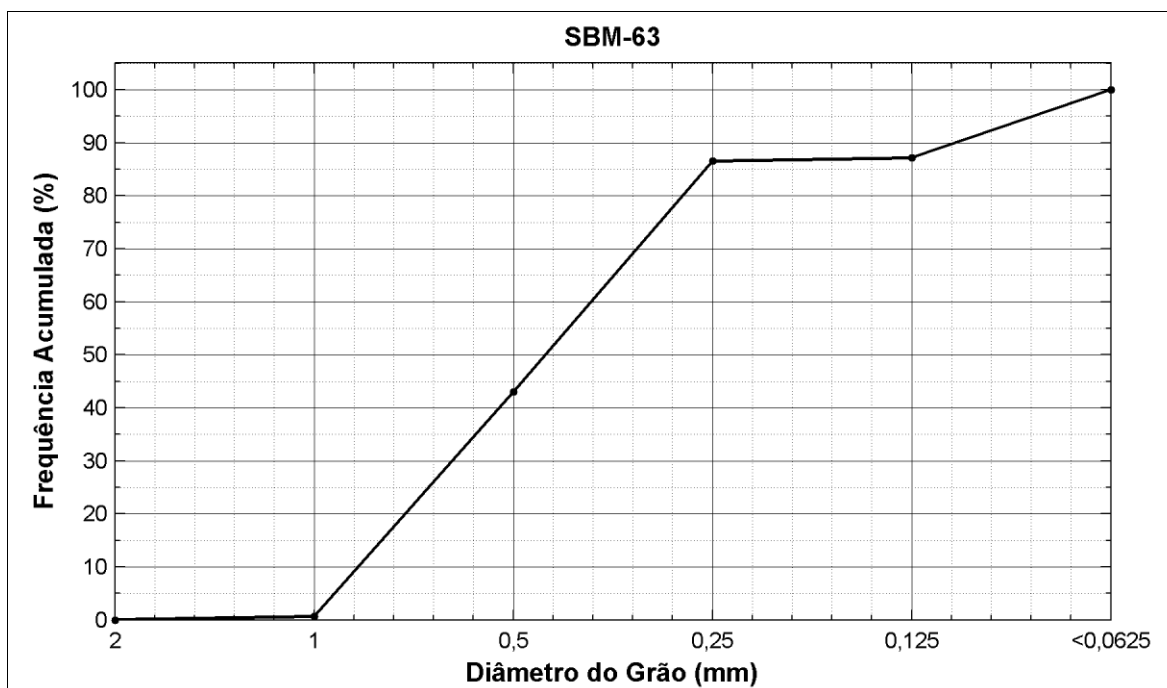


Figura 164: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-63.

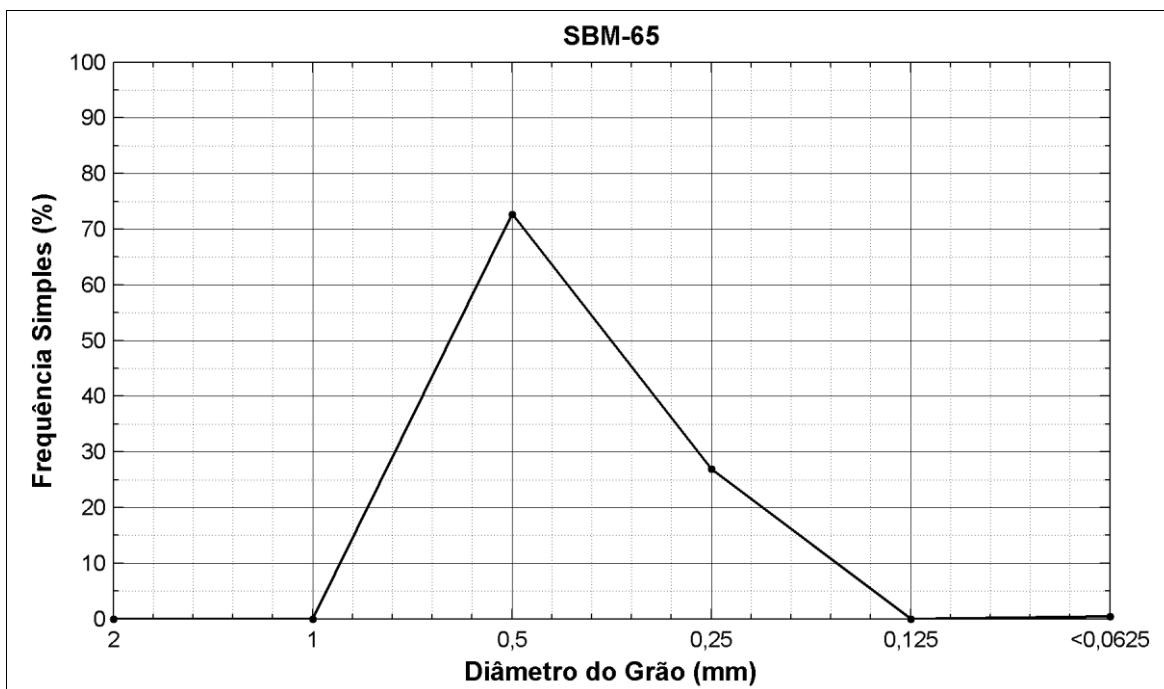


Figura 165: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-65.

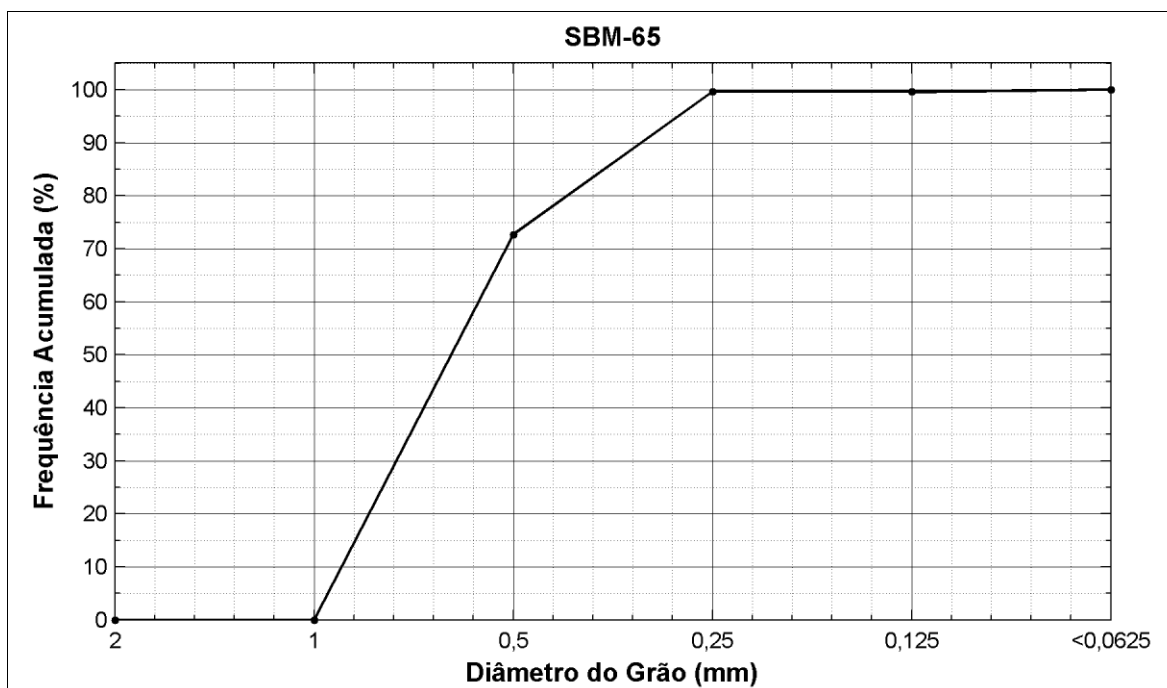


Figura 166: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-65.

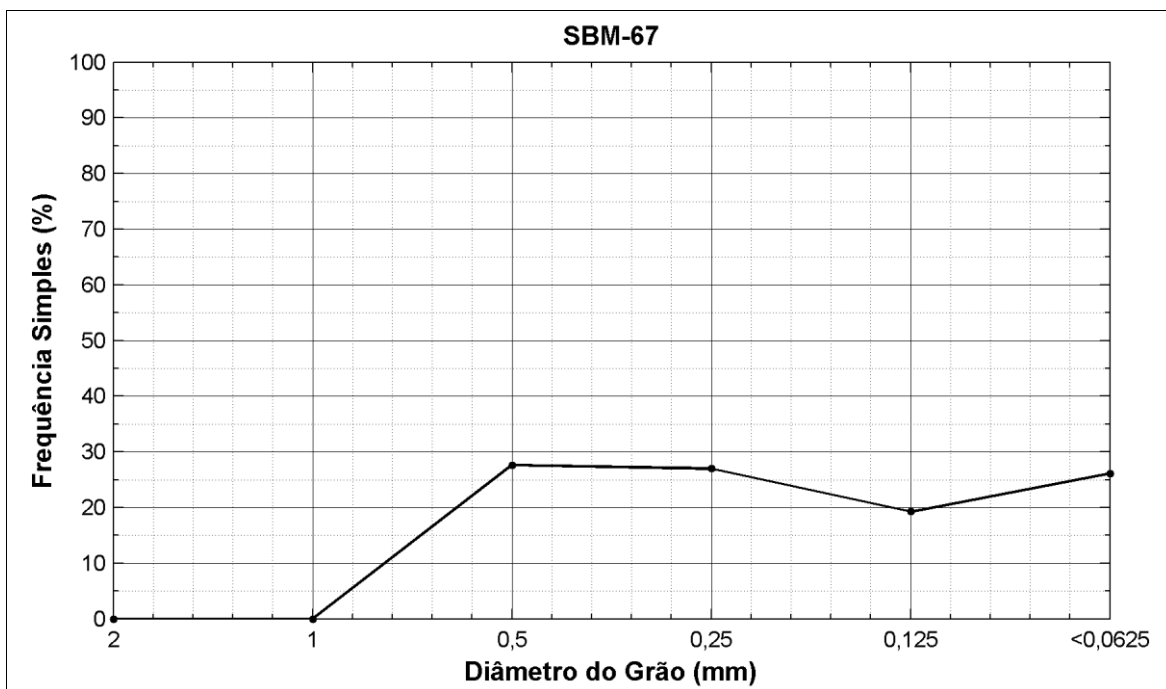


Figura 167: Distribuição de frequência simples da amostra SBM-67

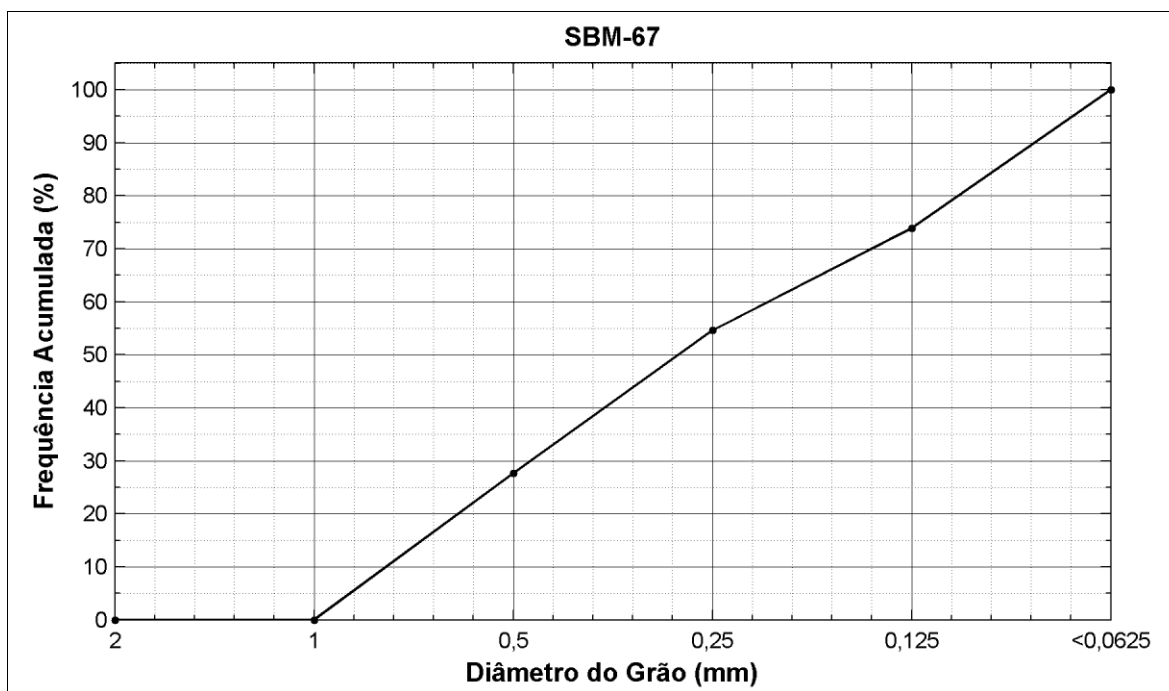


Figura 168: Distribuição de frequência acumulada da amostra SBM-67



APÊNDICE C – DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DOS Ω CALCULADOS PARA OS PERFIS COM AMOSTRAS DE SEDIMENTO

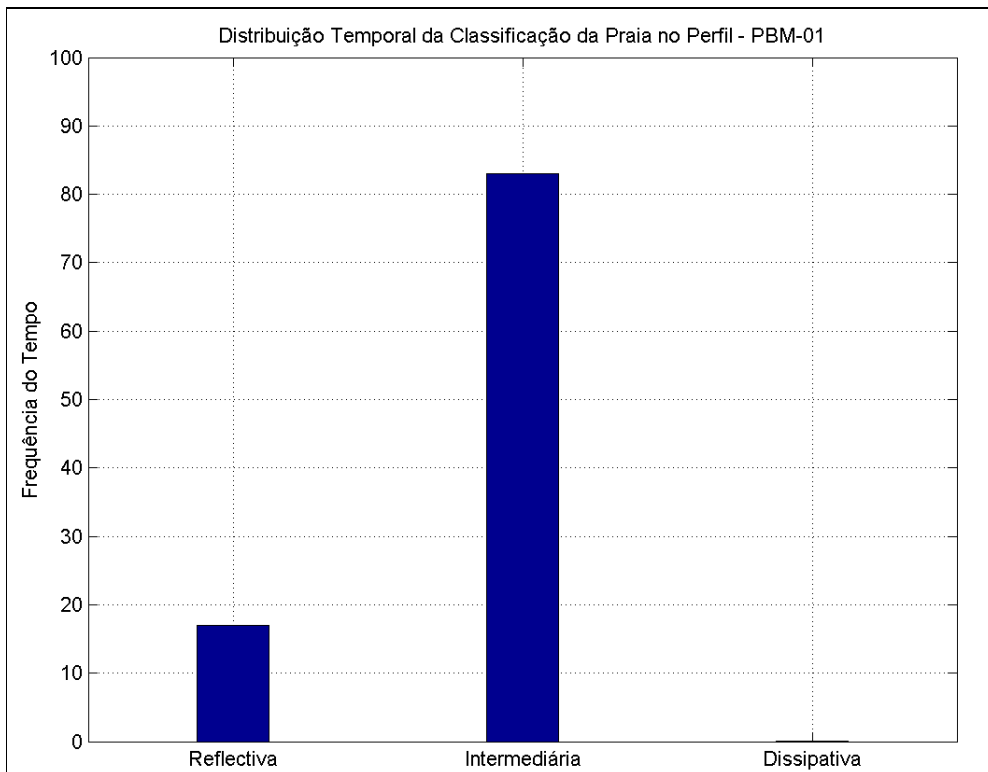


Figura 169: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-01.

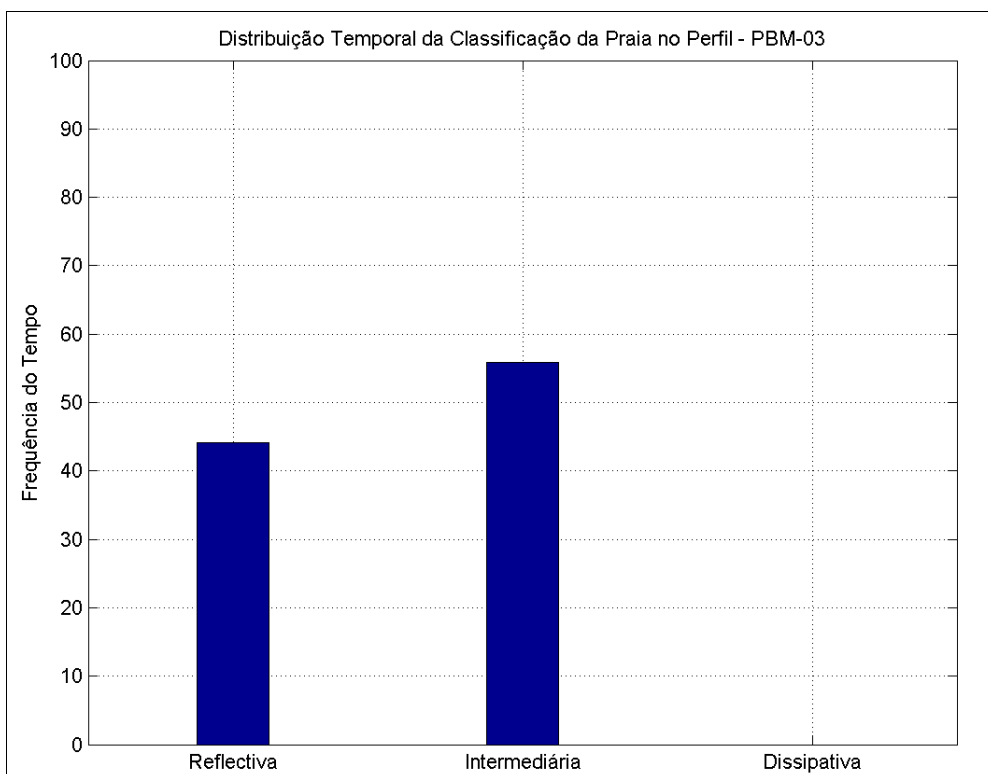
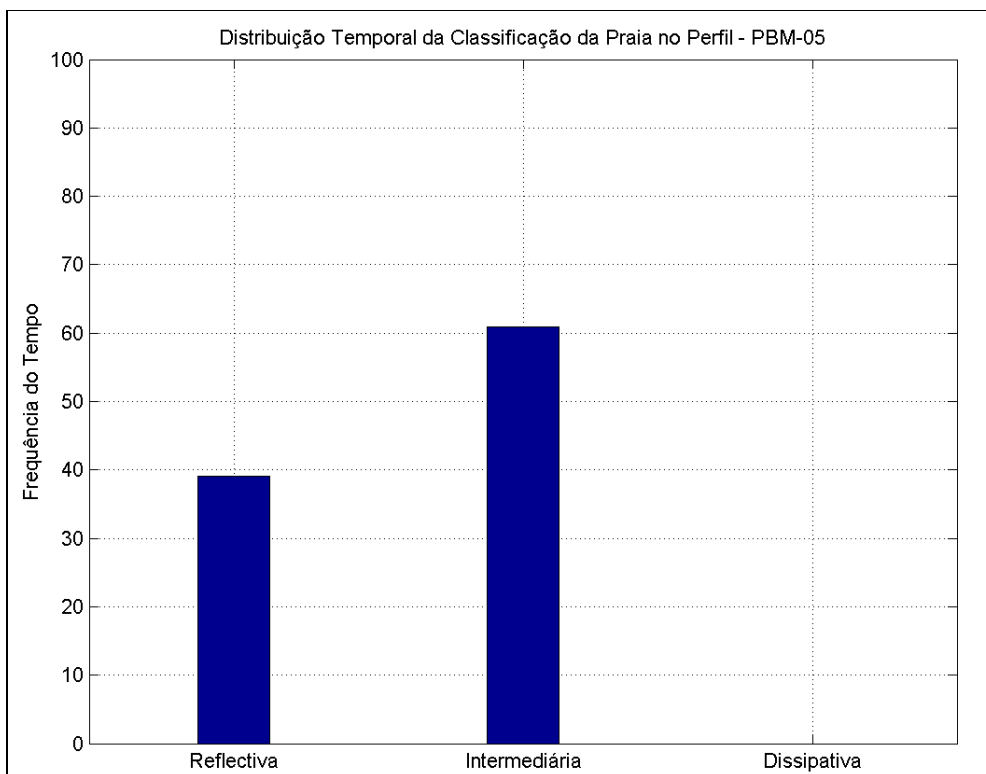
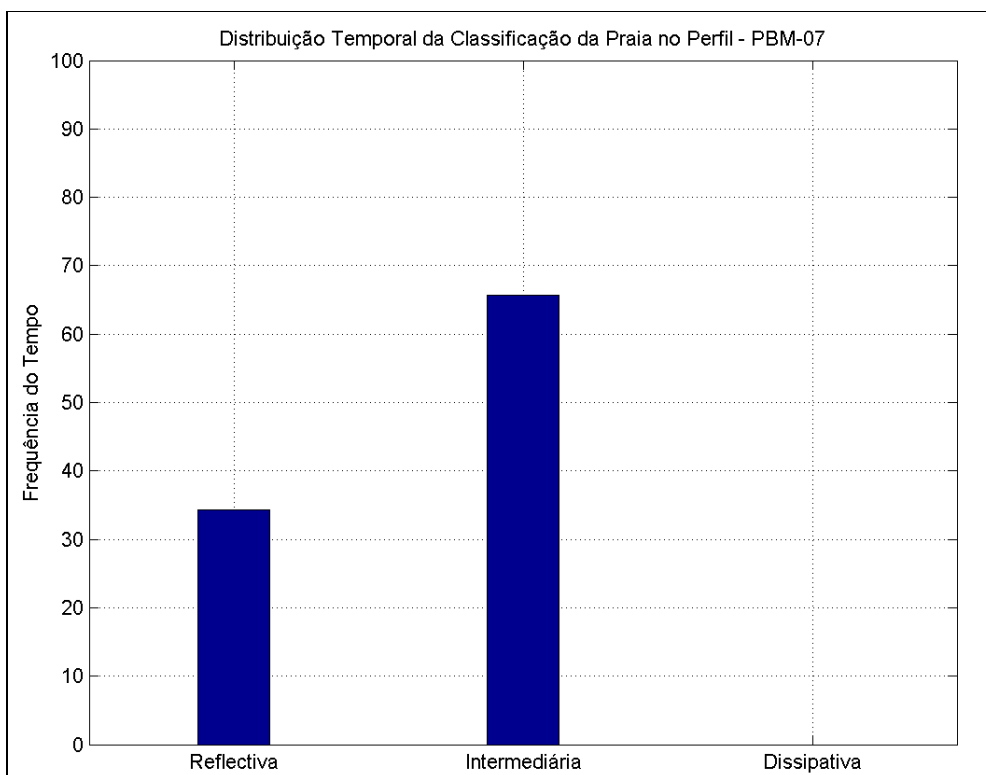
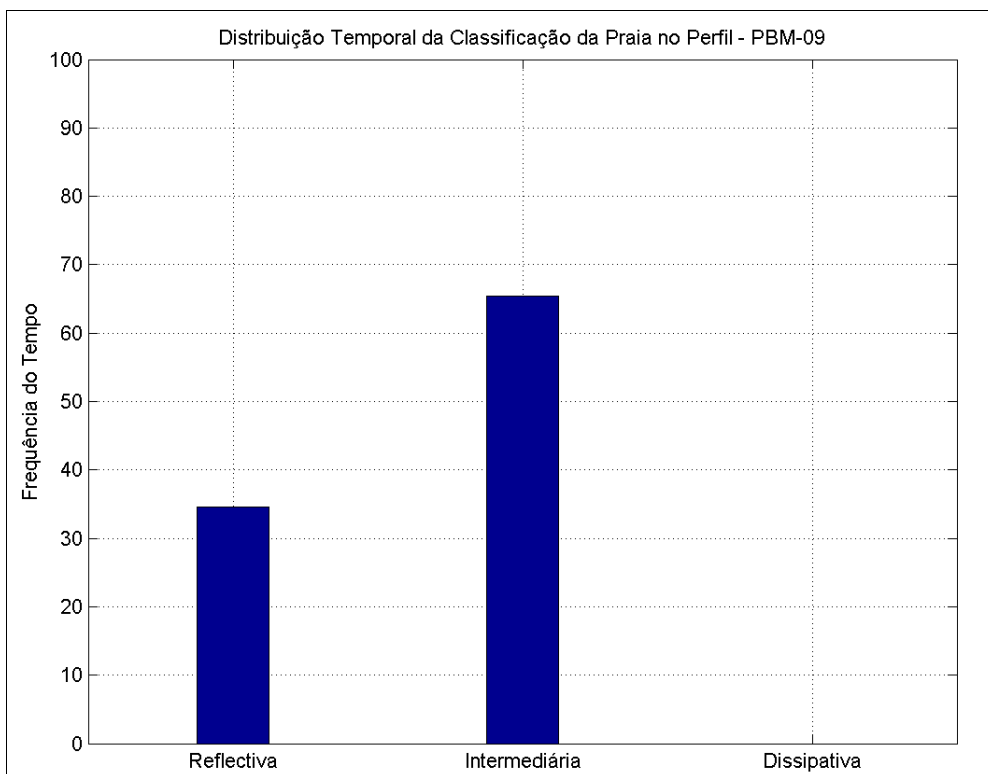
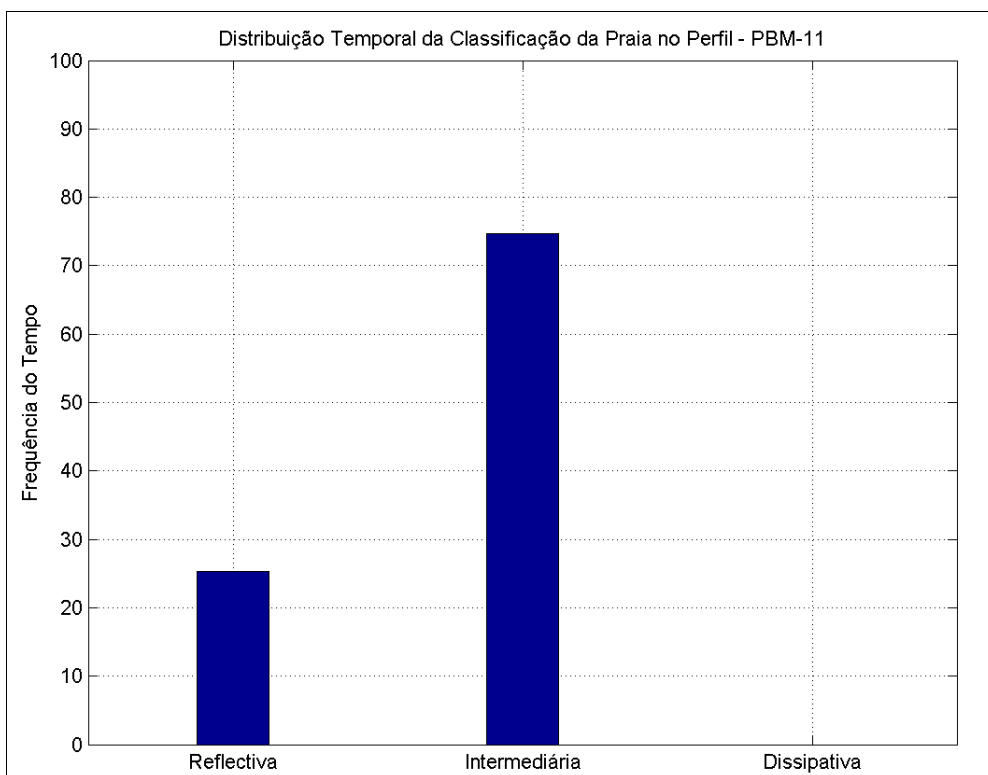
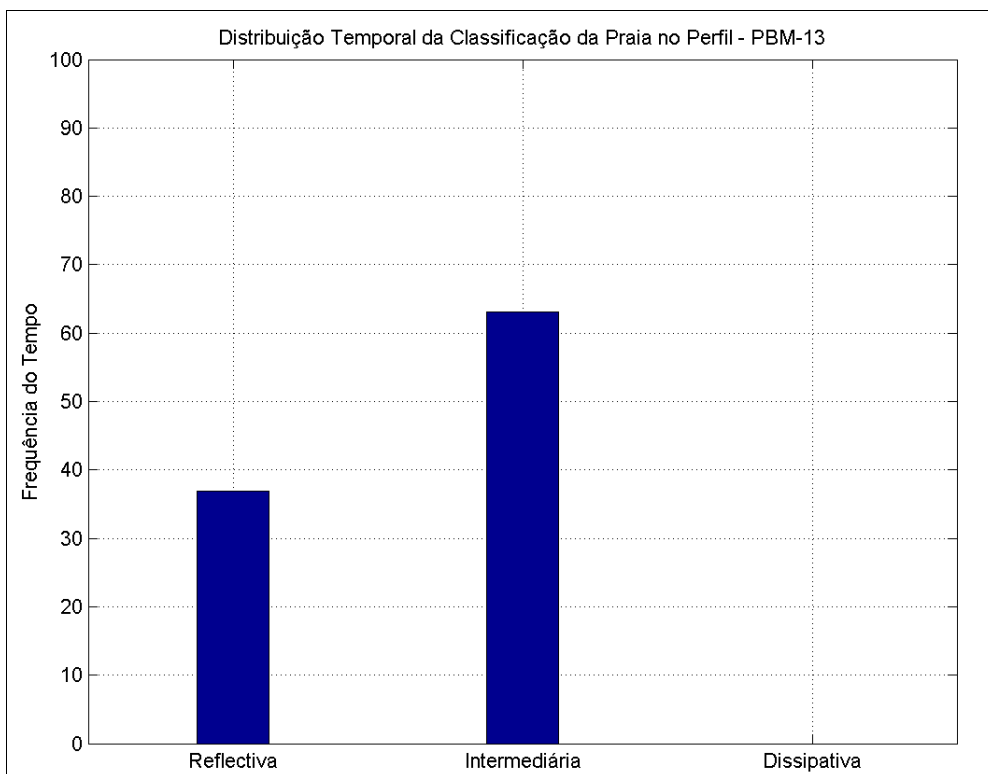
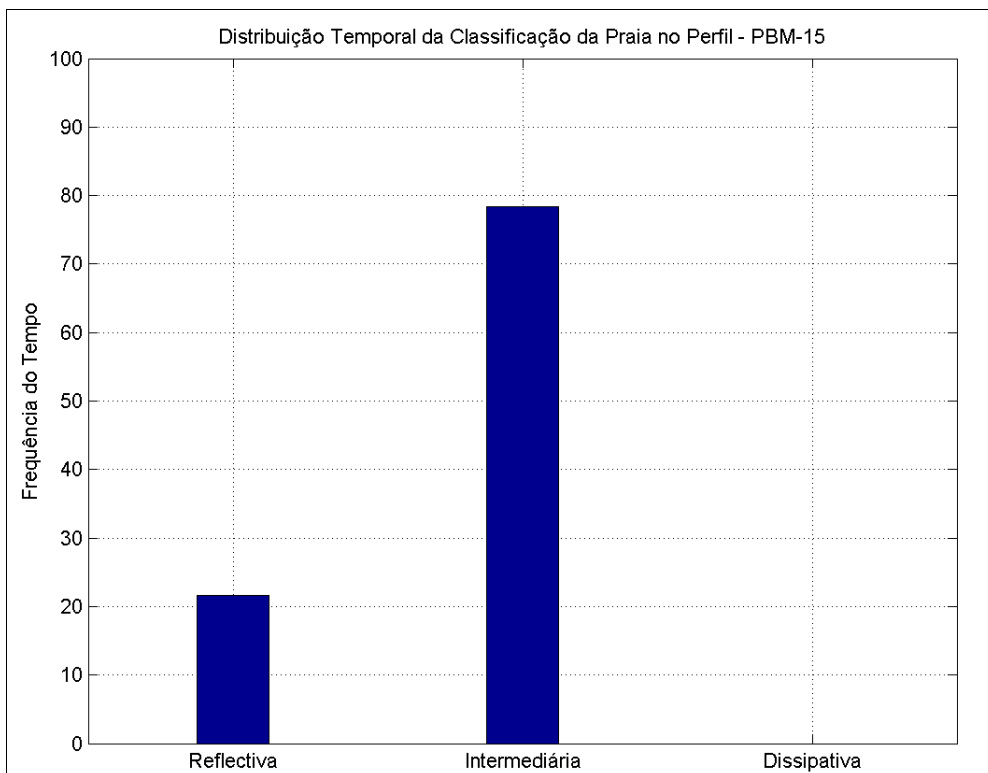
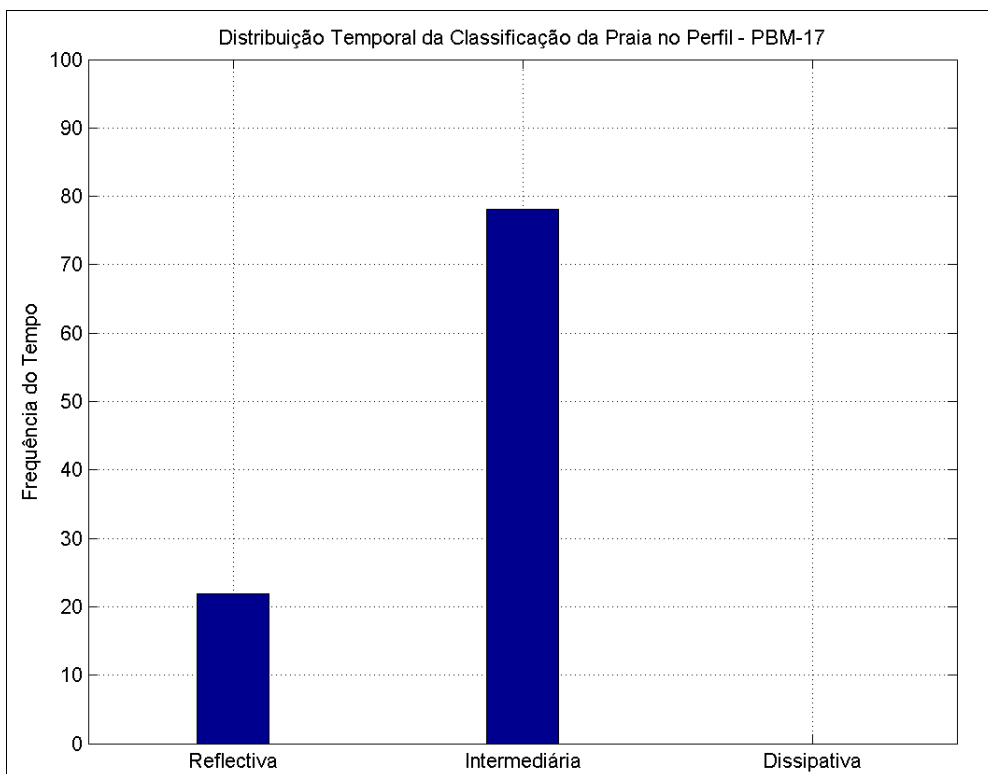
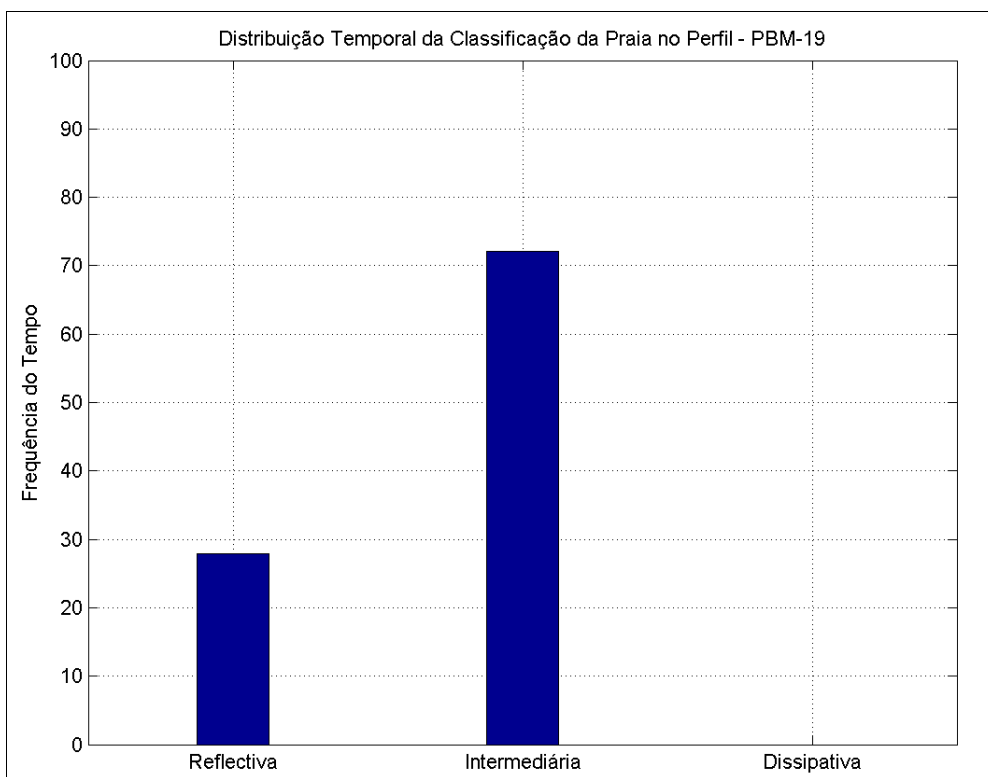


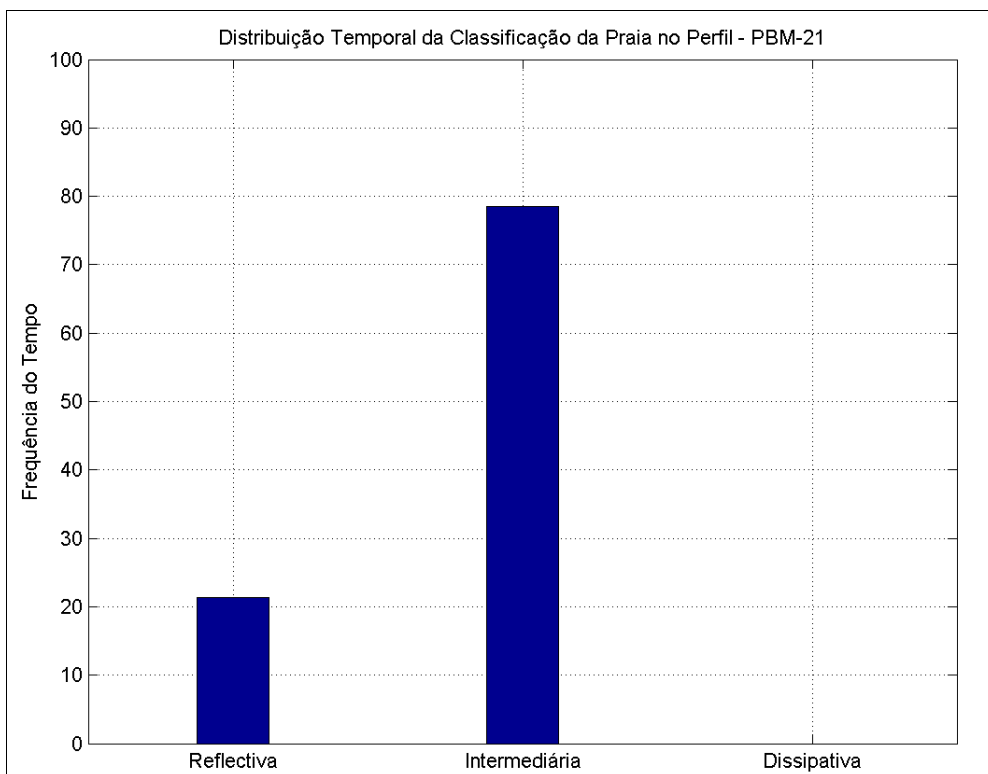
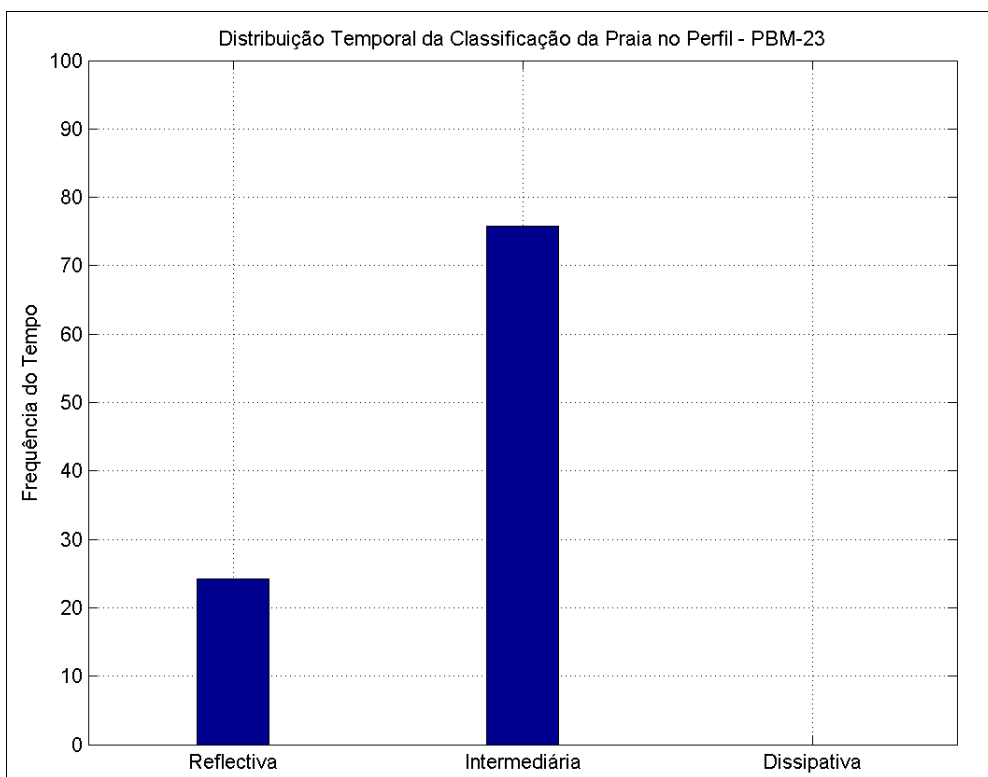
Figura 170: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-03.

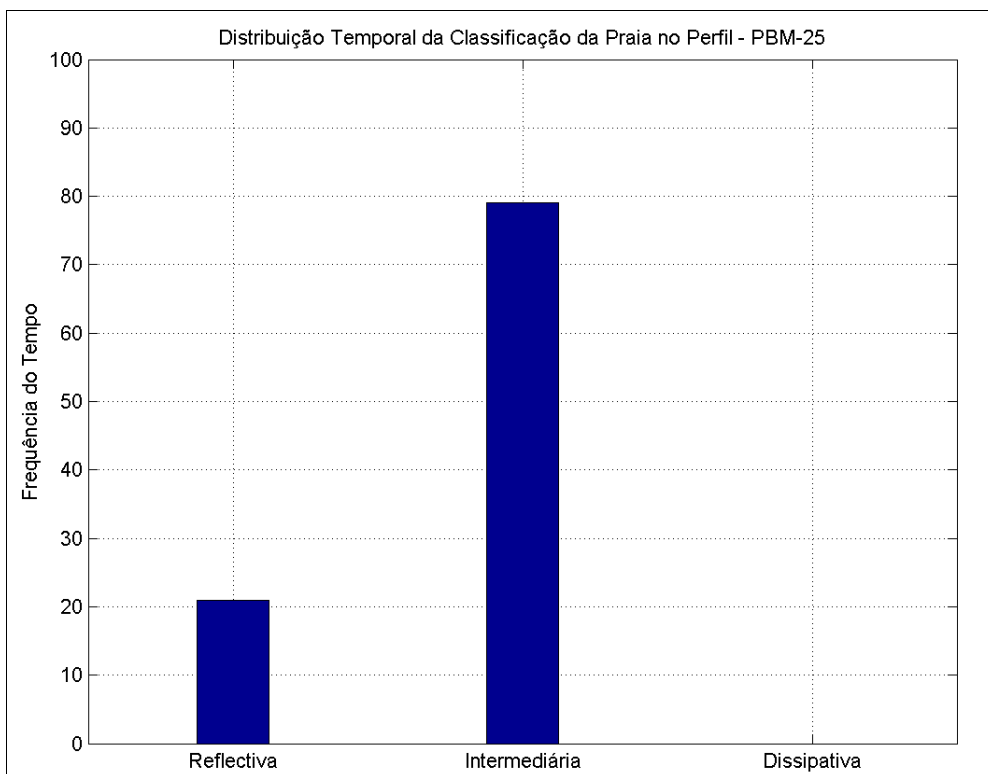
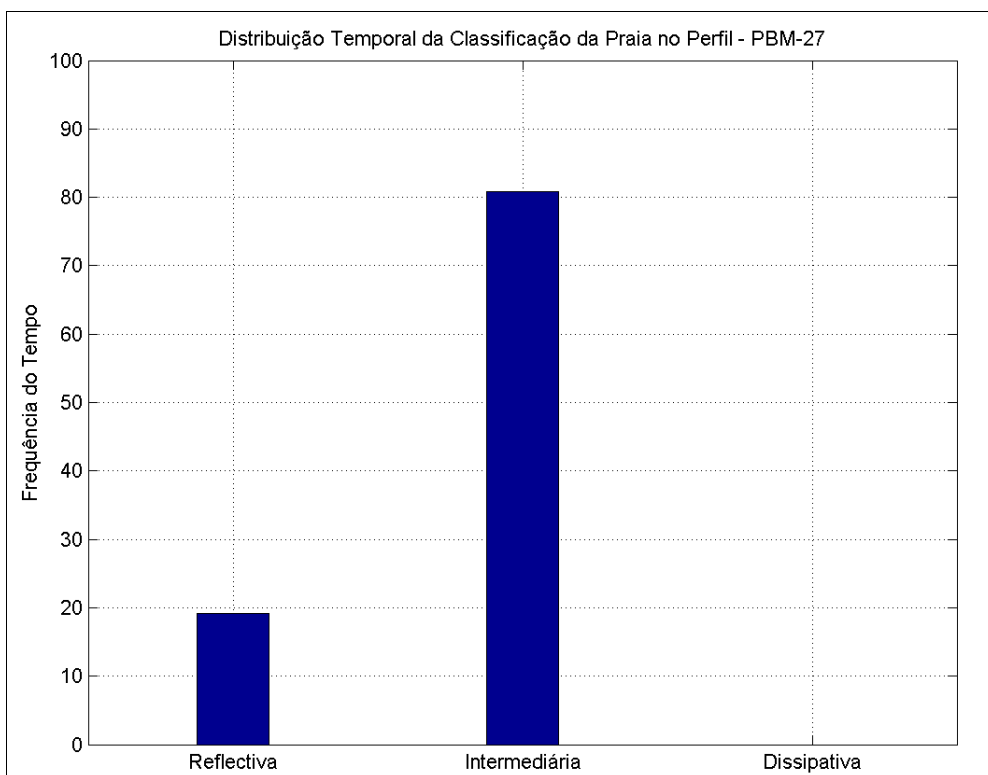
Figura 171: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-05.Figura 172: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-07.


 Figura 173: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-09.

 Figura 174: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-11.

Figura 175: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-13.Figura 176: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-15.


 Figura 177: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-17.

 Figura 178: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-19.

Figura 179: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-21.Figura 180: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-23.


 Figura 181: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-25.

 Figura 182: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-27.

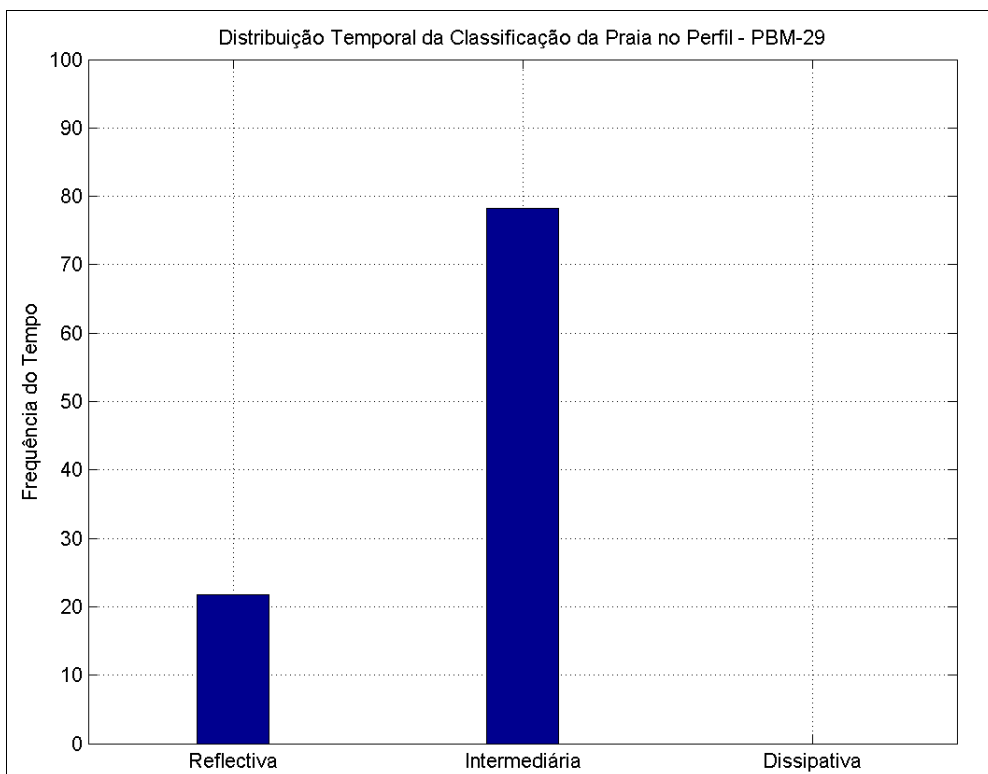


Figura 183: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-29.

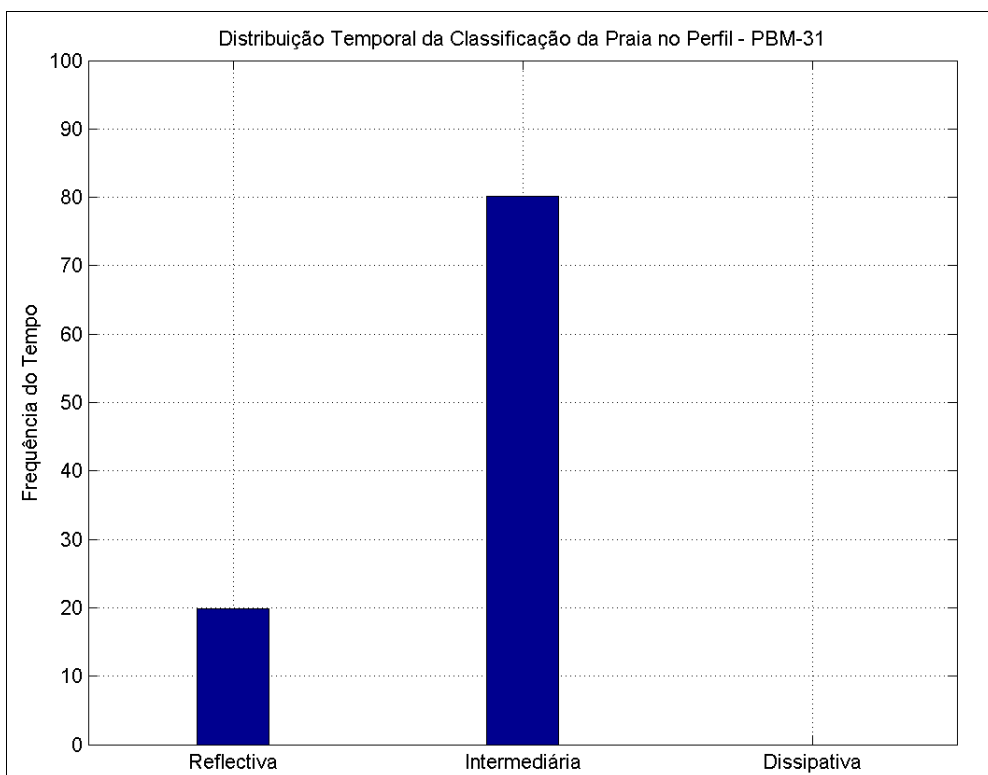
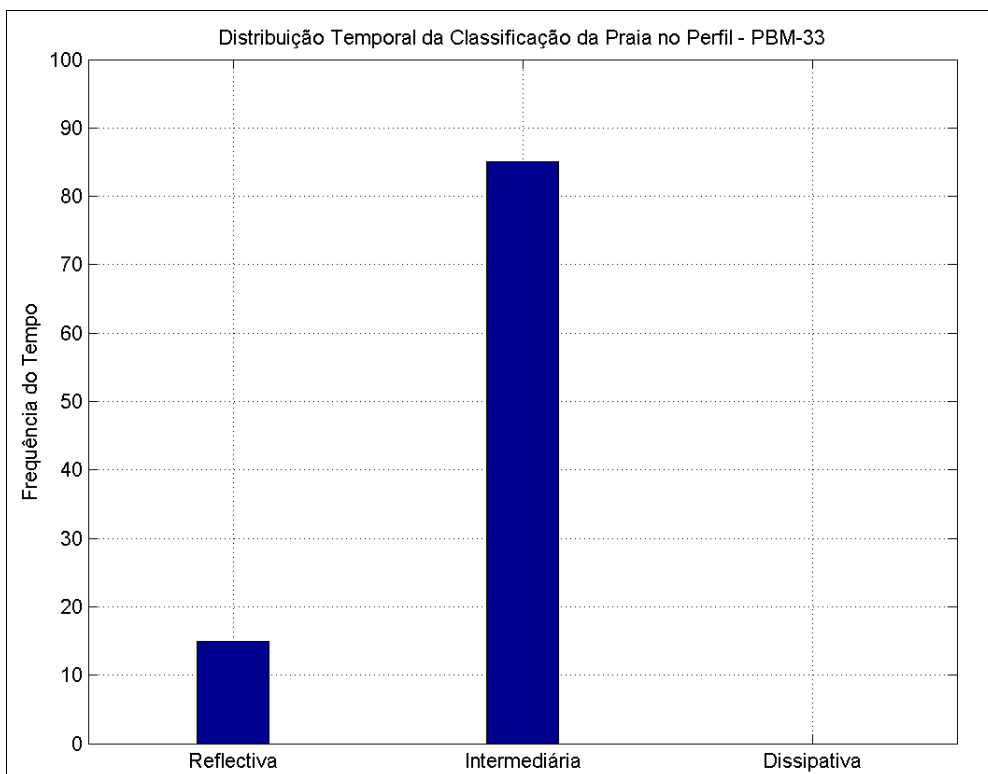
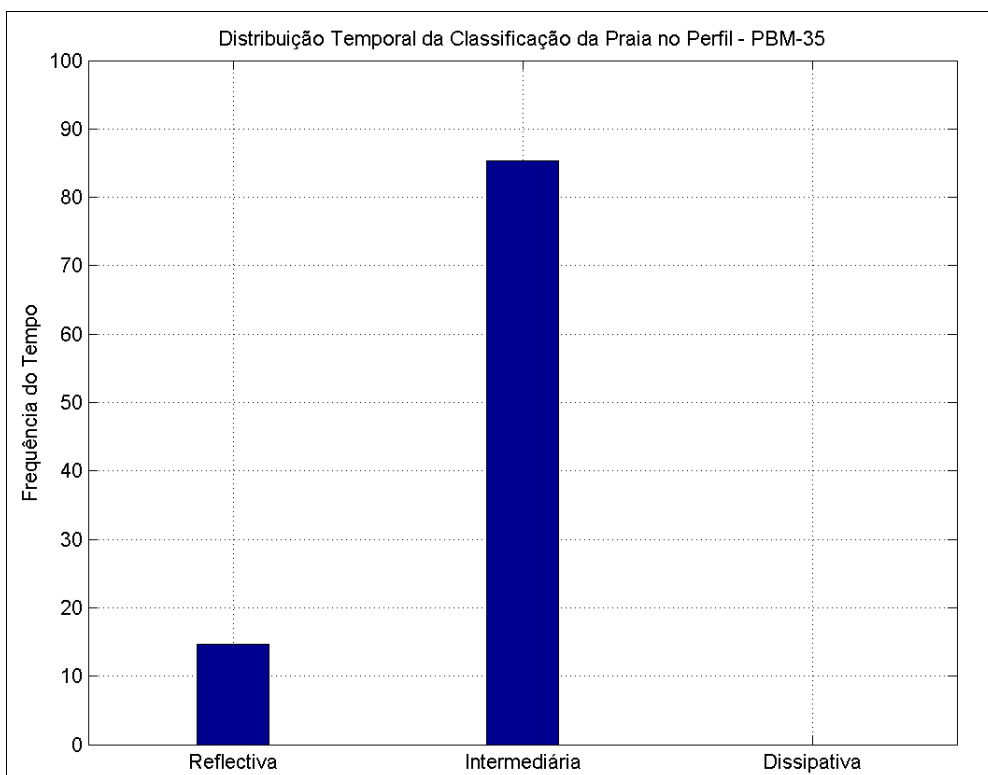


Figura 184: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-31.

Figura 185: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-33.Figura 186: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-35.

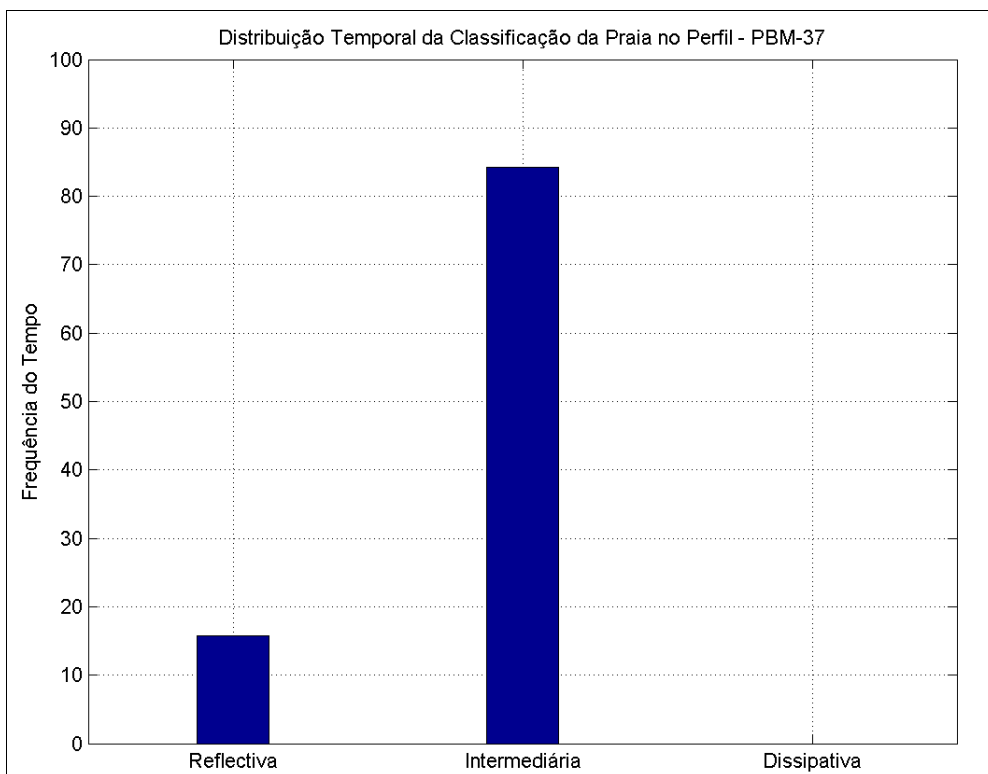


Figura 187: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-37.

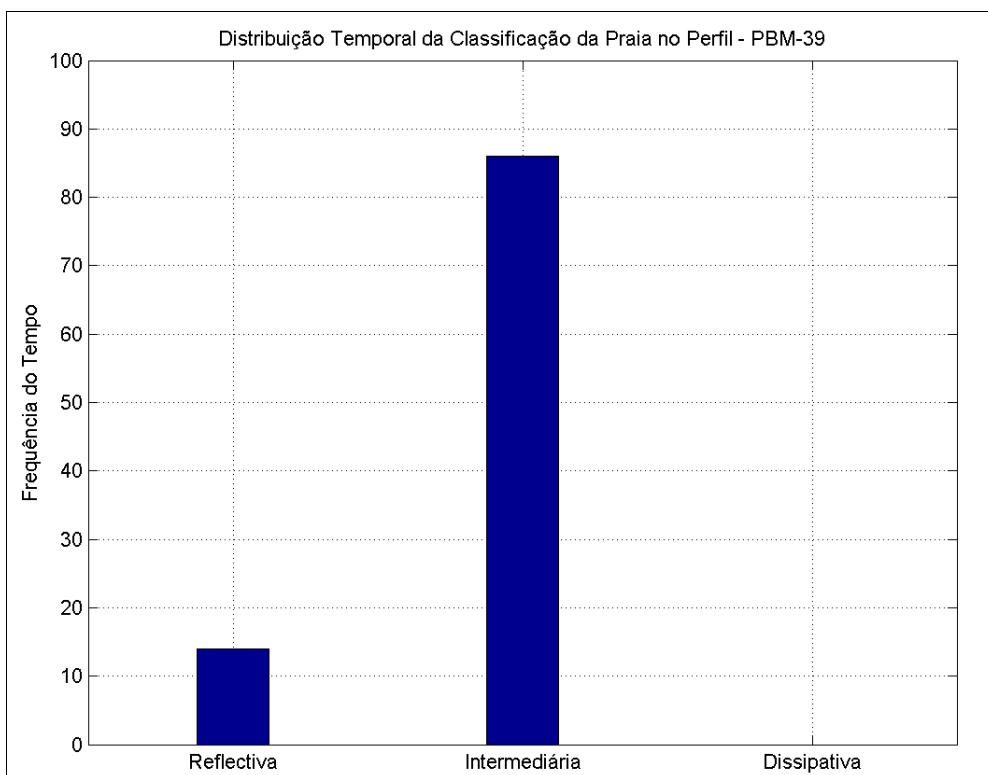
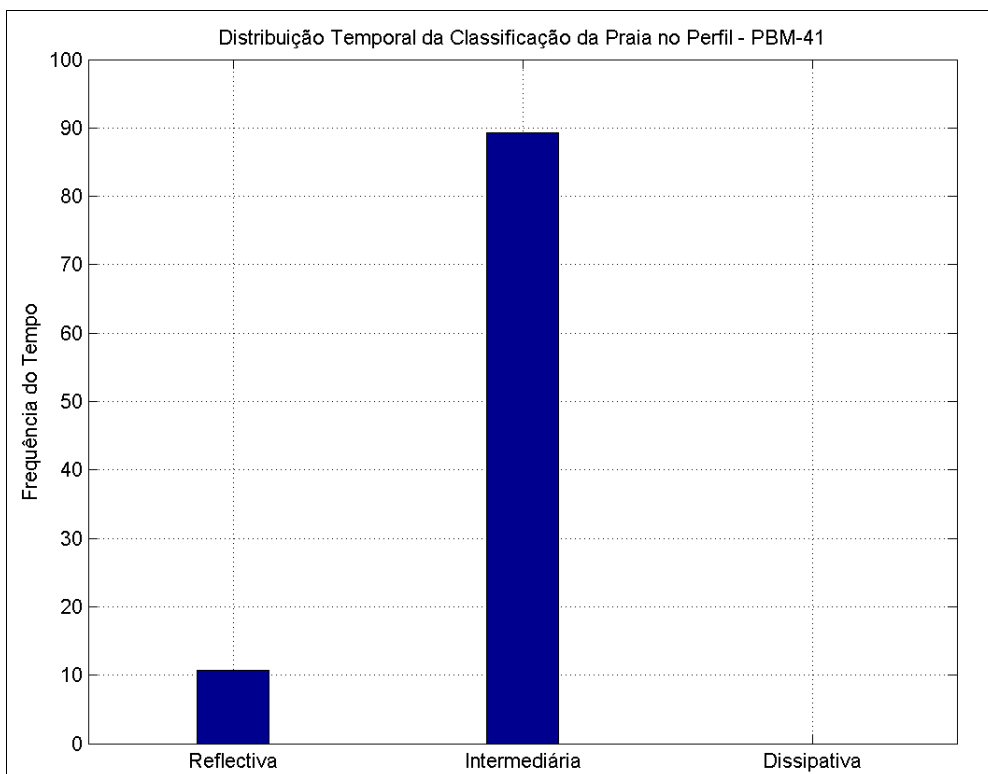
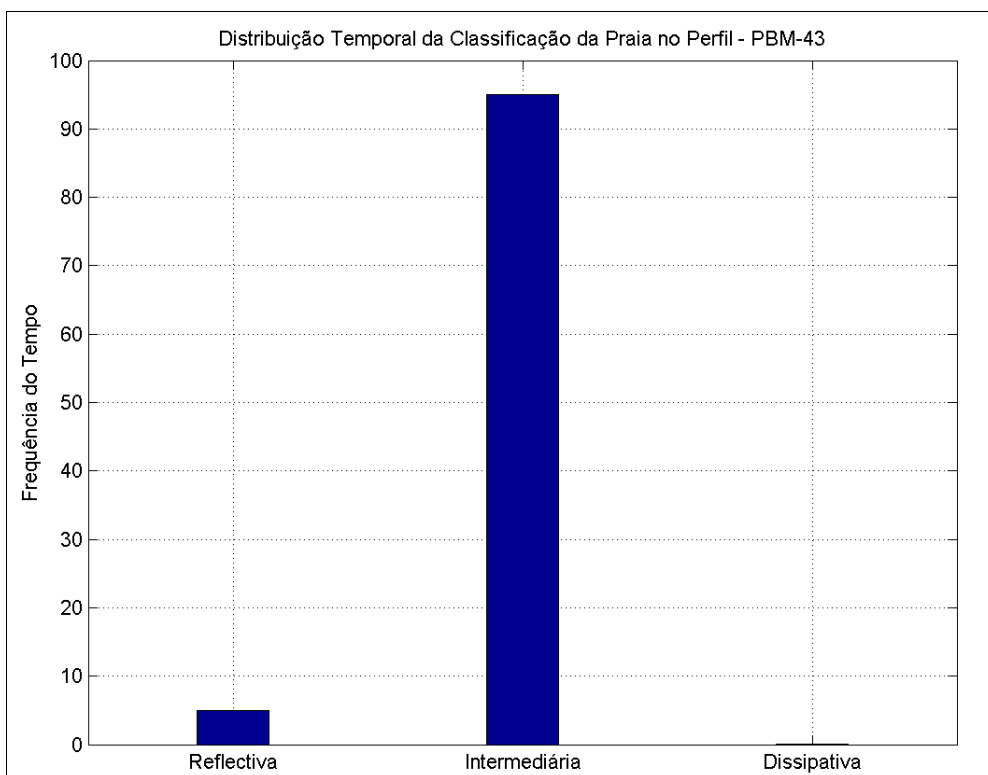
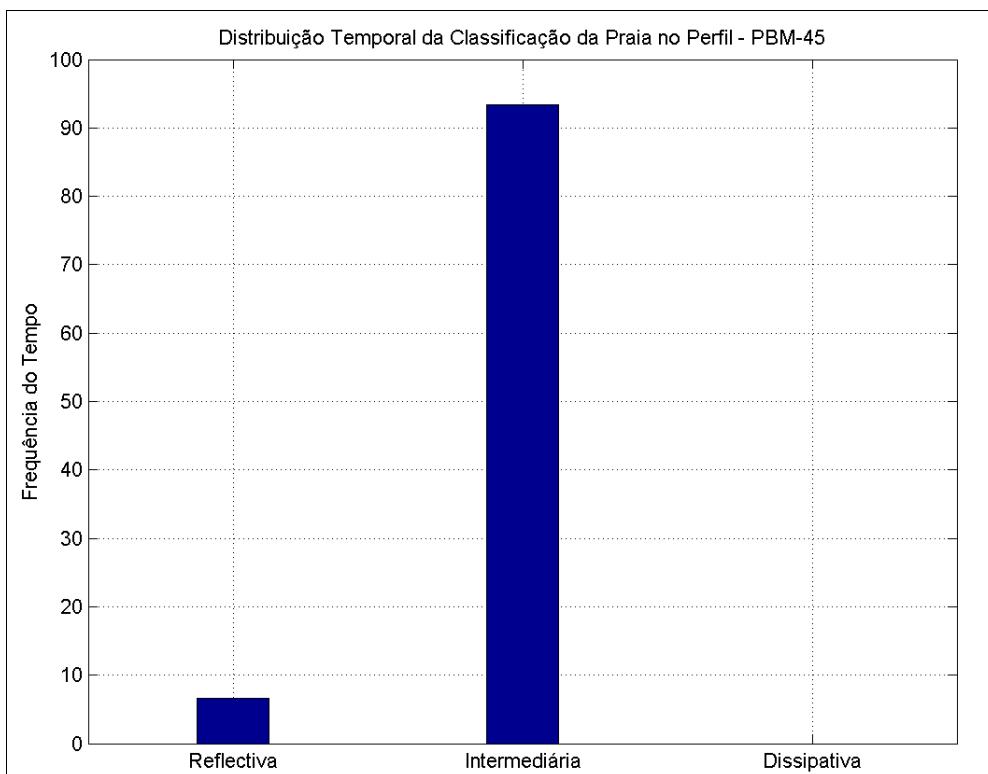
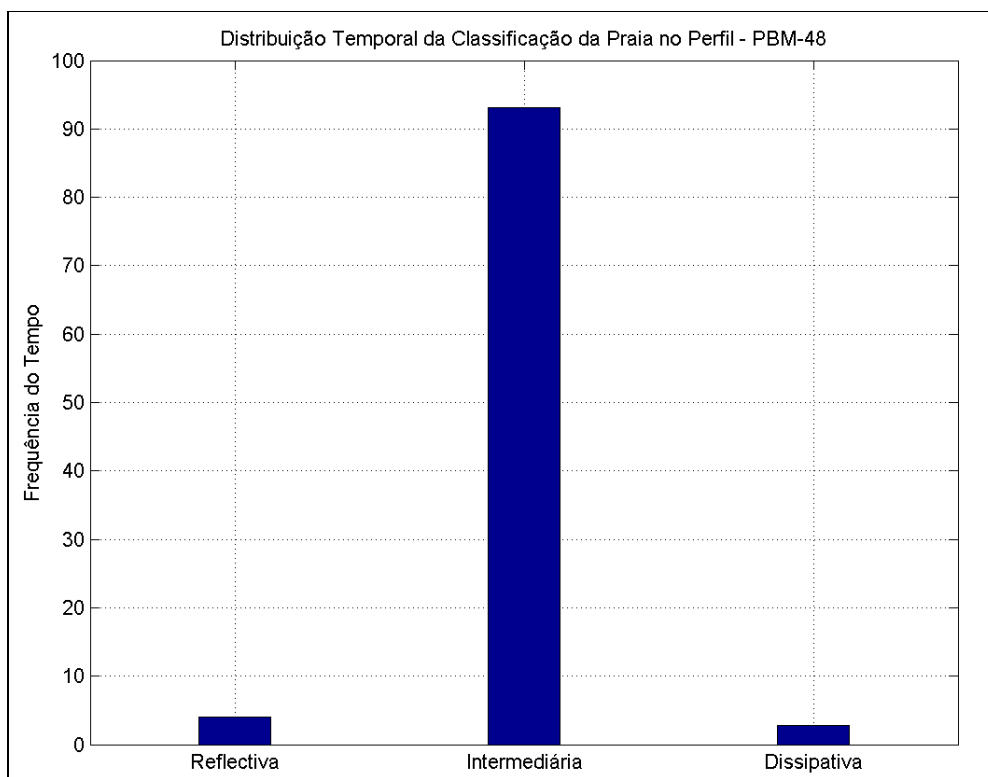
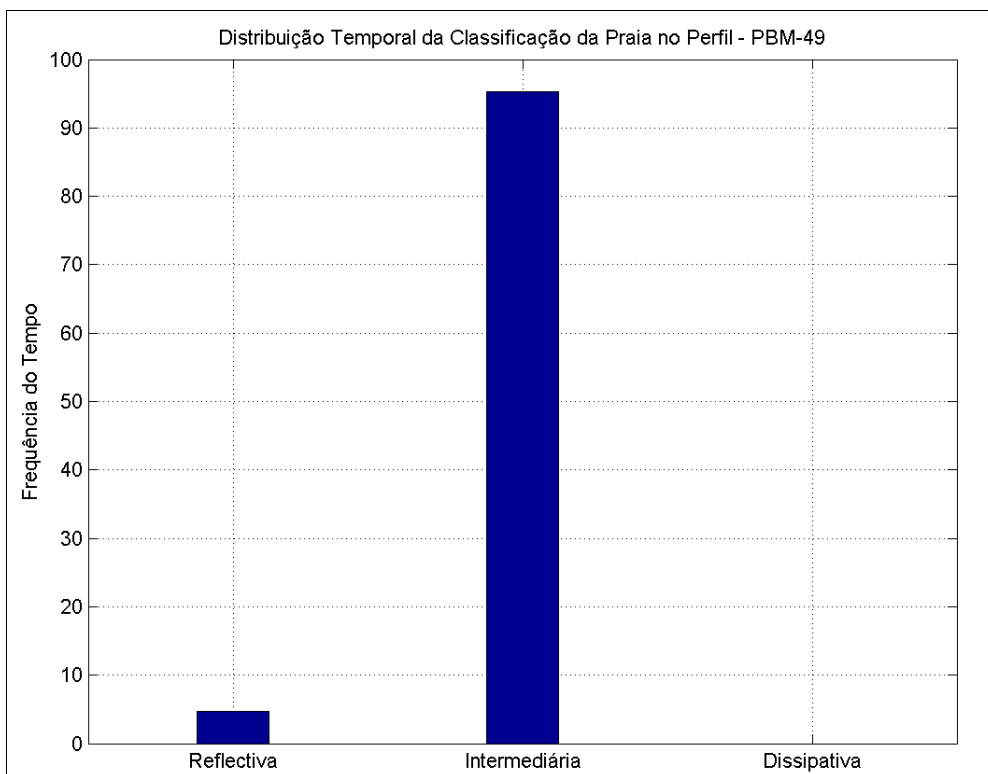
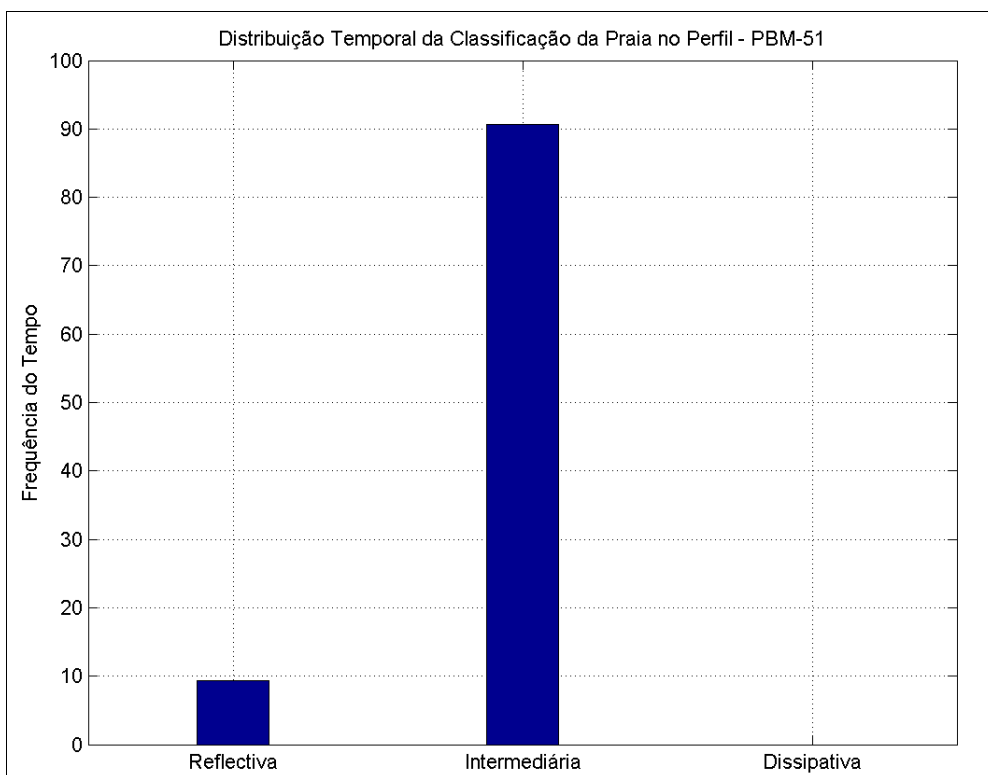
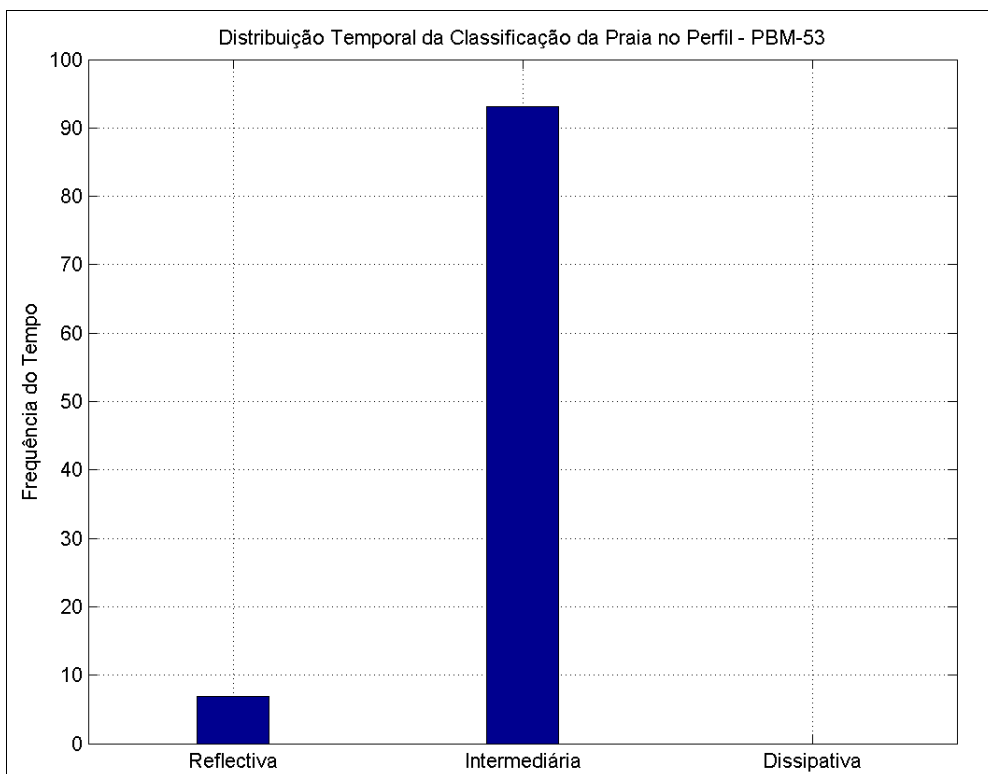
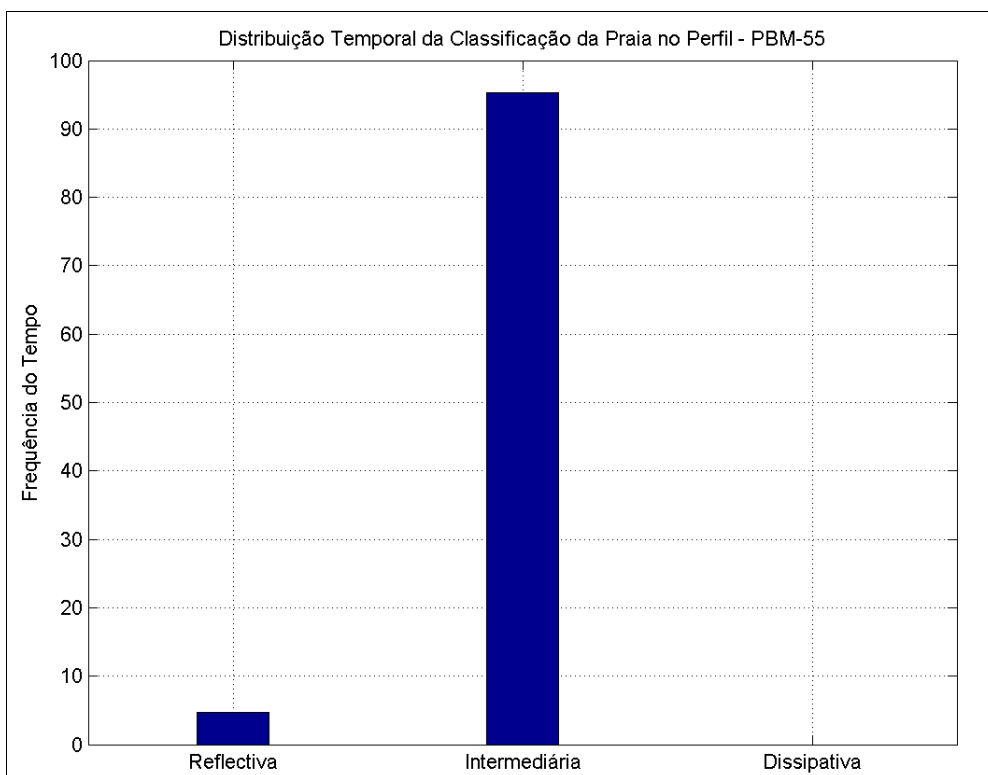


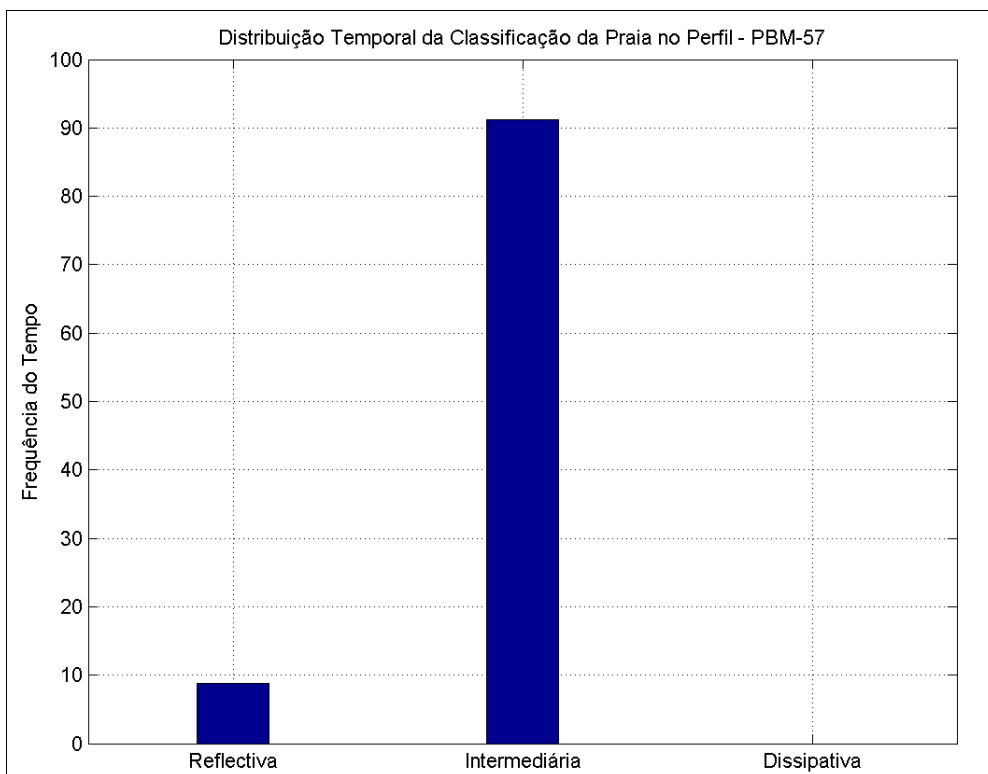
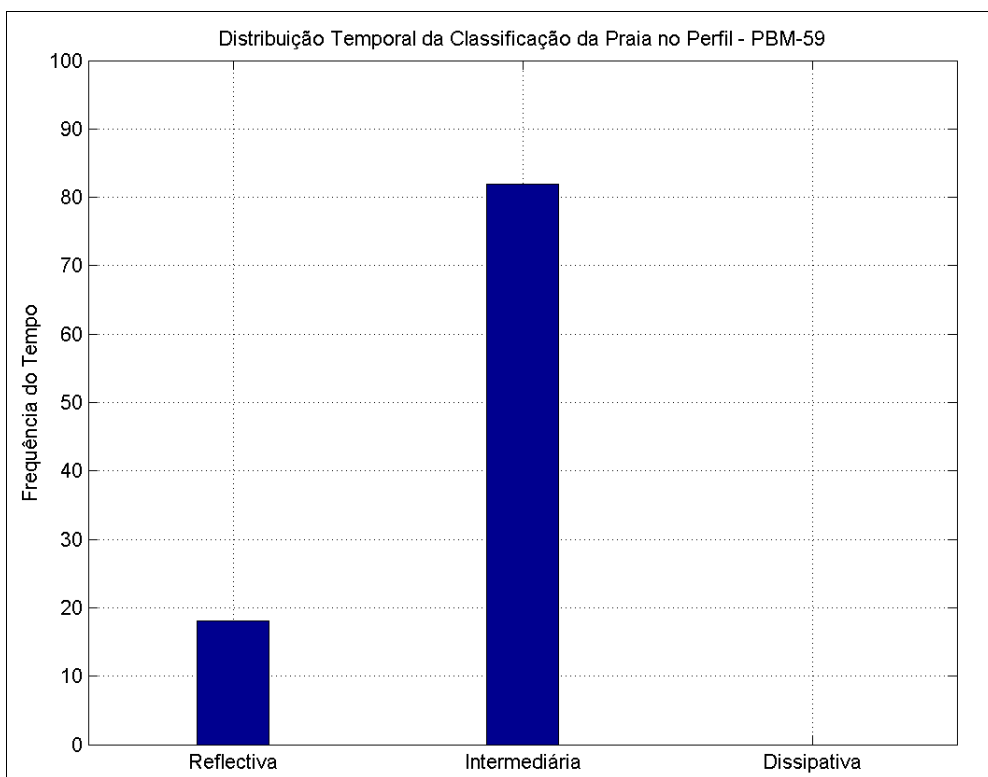
Figura 188: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-39.

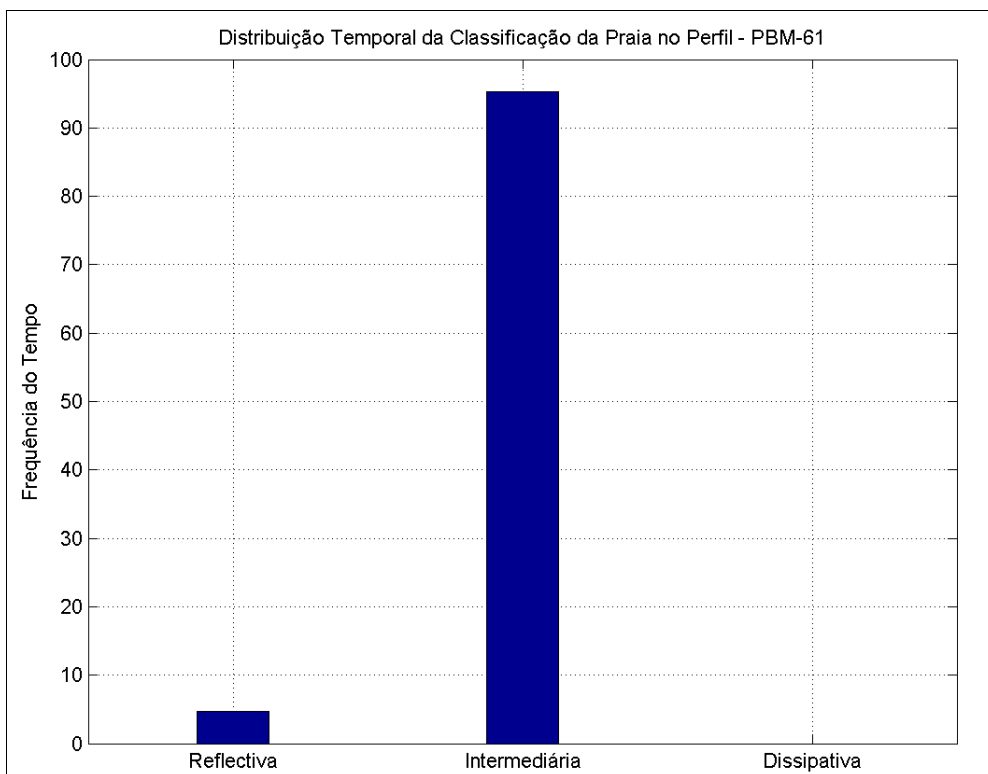
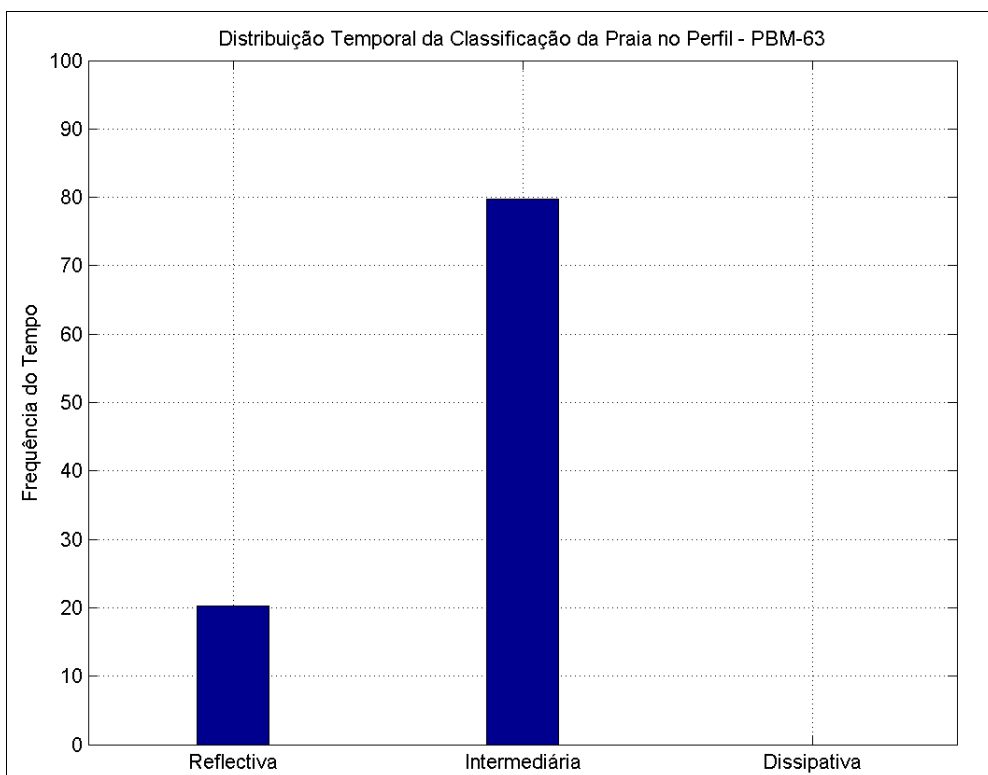
Figura 189:Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-41.Figura 190:Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-43.


 Figura 191: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-45.

 Figura 192: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-47.

Figura 193: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-49.Figura 194: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-51.

Figura 195: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-53.Figura 196: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-55.

Figura 197: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-57.Figura 198: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-59.


 Figura 199: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-61.

 Figura 200: Distribuição temporal do parâmetro Ω para o Perfil PBM-63.

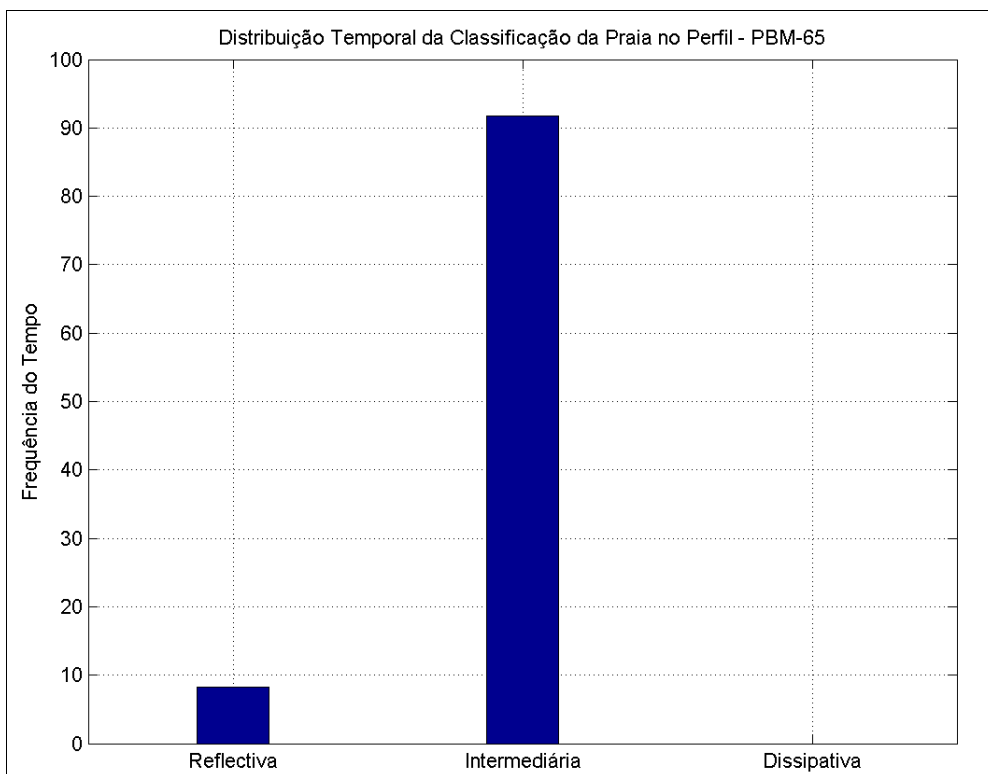


Figura 201: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-65.

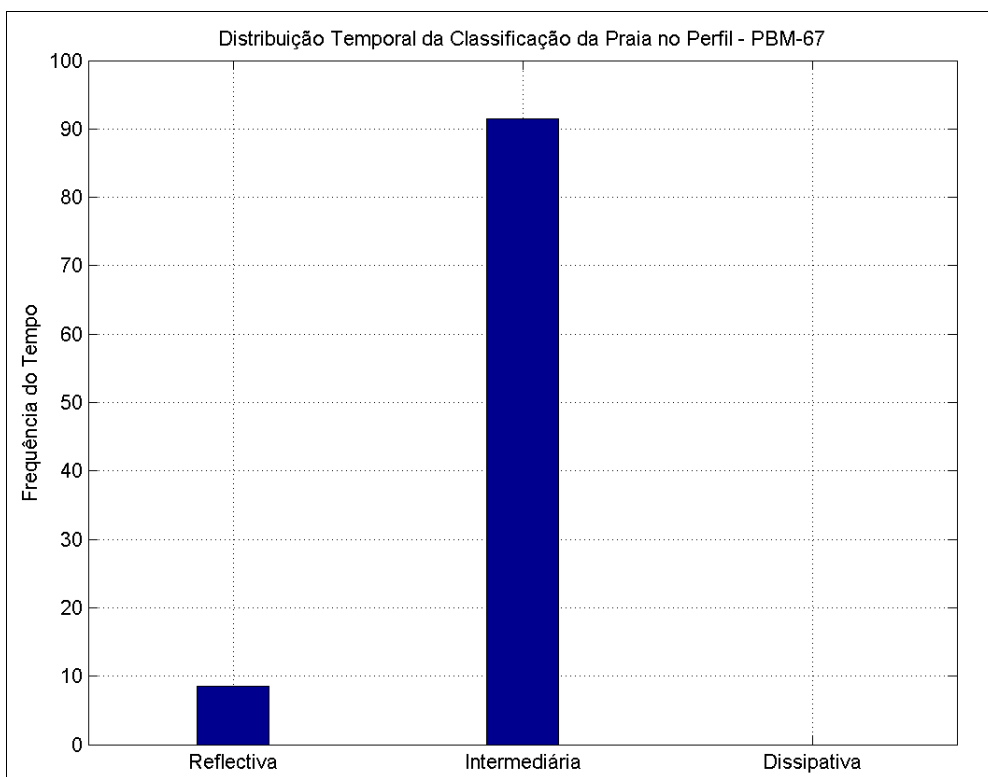


Figura 202: Distribuição temporal do parâmetro ômega (Ω) para o Perfil PBM-67.

MÉTODOS E CALCULOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

| MÉTODO 01 | | | | | | |
|-----------|-------------|--------|------------|------------|--------------|------------|
| Marco | Nivelamento | Contra | erro acum. | erro dist. | Contra-Corr. | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 | 3,251 | 0,013 | 0,013 | 3,238 | 3,238 |
| 18 | 3,512 | 3,529 | 0,017 | 0,013 | 3,516 | 3,514 |
| 18A | 3,452 | 3,469 | 0,017 | 0,013 | 3,456 | 3,454 |
| 17 | 3,748 | 3,766 | 0,018 | 0,013 | 3,753 | 3,751 |
| 17A | 3,353 | 3,37 | 0,017 | 0,013 | 3,357 | 3,355 |
| 16 | 3,18 | 3,192 | 0,017 | 0,013 | 3,179 | 3,177 |
| 16A | 3,54 | 3,552 | 0,016 | 0,013 | 3,539 | 3,538 |
| 15 | 3,529 | 3,542 | 0,013 | 0,013 | 3,529 | 3,529 |
| 15A | 3,511 | 3,523 | 0,012 | 0,013 | 3,510 | 3,511 |
| 14 | 3,244 | 3,26 | 0,016 | 0,013 | 3,247 | 3,246 |
| 14A | 3,538 | 3,554 | 0,016 | 0,013 | 3,541 | 3,540 |
| 13 | 3,196 | 3,212 | 0,016 | 0,013 | 3,199 | 3,198 |
| 13A | 3,125 | 3,141 | 0,016 | 0,013 | 3,128 | 3,127 |
| 12 | 3,375 | 3,388 | 0,013 | 0,013 | 3,375 | 3,375 |
| 11 | 3,102 | 3,113 | 0,011 | 0,013 | 3,100 | 3,101 |
| 11A | 3,621 | 3,631 | 0,010 | 0,013 | 3,618 | 3,620 |
| 10 | 3,195 | 3,209 | 0,014 | 0,013 | 3,196 | 3,196 |
| 10A | 3,065 | 3,08 | 0,015 | 0,013 | 3,067 | 3,066 |
| 9 | 3,533 | 3,546 | 0,013 | 0,013 | 3,533 | 3,533 |
| 9A | 3,467 | 3,48 | 0,013 | 0,013 | 3,467 | 3,467 |
| 8A | 3,153 | 3,168 | 0,015 | 0,013 | 3,155 | 3,154 |
| 8 | 3,044 | 3,06 | 0,016 | 0,013 | 3,047 | 3,046 |
| 7A | 3,132 | 3,144 | 0,012 | 0,013 | 3,131 | 3,132 |
| 7 | 3,196 | 3,209 | 0,013 | 0,013 | 3,196 | 3,196 |
| 6 | 3,756 | 3,769 | 0,013 | 0,013 | 3,756 | 3,756 |
| 6A | 3,633 | 3,642 | 0,009 | 0,013 | 3,629 | 3,631 |
| 5 | 3,326 | 3,336 | 0,010 | 0,013 | 3,323 | 3,325 |
| 5A | 3,354 | 3,363 | 0,009 | 0,013 | 3,350 | 3,352 |
| 4 | 2,642 | 2,648 | 0,006 | 0,013 | 2,635 | 2,639 |
| 4A | 3,109 | 3,115 | 0,006 | 0,013 | 3,102 | 3,106 |
| 3 | 3,076 | 3,079 | 0,003 | 0,013 | 3,066 | 3,071 |
| 3A | 2,784 | 2,787 | 0,003 | 0,013 | 2,774 | 2,779 |
| 2 | 2,933 | 2,932 | -0,001 | 0,013 | 2,919 | 2,926 |
| 2A | 2,995 | 2,996 | 0,001 | 0,013 | 2,983 | 2,989 |
| 1 | 2,614 | 2,614 | 0,000 | 0,013 | 2,601 | 2,608 |
| 1A | 2,344 | 2,345 | 0,001 | 0,013 | 2,332 | 2,338 |

| MÉTODO 02 | |
|-----------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 |
| 18 | 3,514 |
| 18A | 3,454 |
| 17 | 3,751 |
| 17A | 3,355 |
| 16 | 3,177 |
| 16A | 3,538 |
| 15 | 3,529 |
| 15A | 3,514 |
| 14 | 3,246 |
| 14A | 3,540 |
| 13 | 3,198 |
| 13A | 3,127 |
| 12 | 3,375 |
| 11 | 3,101 |
| 11A | 3,620 |
| 10 | 3,196 |
| 10A | 3,067 |
| 9 | 3,533 |
| 9A | 3,467 |
| 8A | 3,154 |
| 8 | 3,045 |
| 7A | 3,132 |
| 7 | 3,196 |
| 6 | 3,756 |
| 6A | 3,631 |
| 5 | 3,325 |
| 5A | 3,352 |
| 4 | 2,639 |
| 4A | 3,106 |
| 3 | 3,071 |
| 3A | 2,779 |
| 2 | 2,926 |
| 2A | 2,989 |
| 1 | 2,608 |
| 1A | 2,338 |

| MÉTODO 03 | | | |
|-----------|------------|----------|------------|
| Nivelamen | erro dist. | correção | Niv. Corr. |
| 3,238 | 0,0003611 | 0,000 | 3,238 |
| 3,512 | 0,0003611 | 0,000 | 3,512 |
| 3,452 | 0,0003611 | 0,000 | 3,452 |
| 3,748 | 0,0003611 | 0,001 | 3,747 |
| 3,353 | 0,0003611 | 0,001 | 3,352 |
| 3,175 | 0,0003611 | 0,001 | 3,174 |
| 3,536 | 0,0003611 | 0,001 | 3,535 |
| 3,529 | 0,0003611 | 0,001 | 3,528 |
| 3,511 | 0,0003611 | 0,001 | 3,510 |
| 3,244 | 0,0003611 | 0,002 | 3,242 |
| 3,538 | 0,0003611 | 0,002 | 3,536 |
| 3,196 | 0,0003611 | 0,002 | 3,194 |
| 3,125 | 0,0003611 | 0,002 | 3,123 |
| 3,375 | 0,0003611 | 0,003 | 3,372 |
| 3,102 | 0,0003611 | 0,003 | 3,099 |
| 3,621 | 0,0003611 | 0,003 | 3,618 |
| 3,195 | 0,0003611 | 0,003 | 3,192 |
| 3,065 | 0,0003611 | 0,003 | 3,062 |
| 3,533 | 0,0003611 | 0,004 | 3,529 |
| 3,467 | 0,0003611 | 0,004 | 3,463 |
| 3,153 | 0,0003611 | 0,004 | 3,149 |
| 3,044 | 0,0003611 | 0,004 | 3,040 |
| 3,132 | 0,0003611 | 0,004 | 3,128 |
| 3,196 | 0,0003611 | 0,004 | 3,192 |
| 3,756 | 0,0003611 | 0,005 | 3,751 |
| 3,633 | 0,0003611 | 0,005 | 3,628 |
| 3,326 | 0,0003611 | 0,005 | 3,321 |
| 3,354 | 0,0003611 | 0,005 | 3,349 |
| 2,642 | 0,0003611 | 0,005 | 2,637 |
| 3,109 | 0,0003611 | 0,005 | 3,104 |
| 3,076 | 0,0003611 | 0,006 | 3,070 |
| 2,784 | 0,0003611 | 0,006 | 2,778 |
| 2,933 | 0,0003611 | 0,006 | 2,927 |
| 2,995 | 0,0003611 | 0,006 | 2,989 |
| 2,614 | 0,0003611 | 0,006 | 2,608 |
| 2,344 | 0,0003611 | 0,006 | 2,338 |

| ALT. CORRIG. MED-1-2 | |
|----------------------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 |
| 18 | 3,514 |
| 18A | 3,454 |
| 17 | 3,751 |
| 17A | 3,355 |
| 16 | 3,177 |
| 16A | 3,538 |
| 15 | 3,529 |
| 15A | 3,512 |
| 14 | 3,246 |
| 14A | 3,540 |
| 13 | 3,198 |
| 13A | 3,127 |
| 12 | 3,375 |
| 11 | 3,101 |
| 11A | 3,620 |
| 10 | 3,196 |
| 10A | 3,066 |
| 9 | 3,533 |
| 9A | 3,467 |
| 8A | 3,154 |
| 8 | 3,045 |
| 7A | 3,132 |
| 7 | 3,196 |
| 6 | 3,756 |
| 6A | 3,631 |
| 5 | 3,325 |
| 5A | 3,352 |
| 4 | 2,639 |
| 4A | 3,106 |
| 3 | 3,071 |
| 3A | 2,779 |
| 2 | 2,926 |
| 2A | 2,989 |
| 1 | 2,608 |
| 1A | 2,338 |

| ALT. CORRIG. MED-1-2-3 | |
|------------------------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 |
| 18 | 3,513 |
| 18A | 3,453 |
| 17 | 3,749 |
| 17A | 3,354 |
| 16 | 3,176 |
| 16A | 3,537 |
| 15 | 3,529 |
| 15A | 3,511 |
| 14 | 3,244 |
| 14A | 3,538 |
| 13 | 3,196 |
| 13A | 3,125 |
| 12 | 3,374 |
| 11 | 3,100 |
| 11A | 3,619 |
| 10 | 3,194 |
| 10A | 3,065 |
| 9 | 3,532 |
| 9A | 3,466 |
| 8A | 3,152 |
| 8 | 3,044 |
| 7A | 3,130 |
| 7 | 3,195 |
| 6 | 3,754 |
| 6A | 3,630 |
| 5 | 3,323 |
| 5A | 3,351 |
| 4 | 2,638 |
| 4A | 3,105 |
| 3 | 3,071 |
| 3A | 2,779 |
| 2 | 2,926 |
| 2A | 2,989 |
| 1 | 2,608 |
| 1A | 2,338 |



MÉTODOS E CALCULOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

| MÉTOD0 01 | | | | | | |
|-----------|-------------|--------|------------|------------|-------------|------------|
| Marco | Nivelamento | Contra | erro acum. | erro dist. | Contra-Corr | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 | 3,271 | 0,033 | 0,033 | 3,238 | 3,238 |
| 19A | 3,099 | 3,131 | 0,032 | 0,033 | 3,098 | 3,099 |
| 20A | 3,259 | 3,294 | 0,035 | 0,033 | 3,261 | 3,260 |
| 20 | 3,254 | 3,289 | 0,035 | 0,033 | 3,256 | 3,255 |
| 21 | 3,171 | 3,209 | 0,038 | 0,033 | 3,176 | 3,174 |
| 21A | 3,532 | 3,570 | 0,038 | 0,033 | 3,537 | 3,535 |
| 22A | 3,032 | 3,072 | 0,040 | 0,033 | 3,039 | 3,036 |
| 22 | 3,478 | 3,517 | 0,039 | 0,033 | 3,484 | 3,481 |
| 23A | 3,483 | 3,522 | 0,039 | 0,033 | 3,489 | 3,486 |
| 23 | 3,586 | 3,623 | 0,037 | 0,033 | 3,590 | 3,588 |
| 24A | 3,488 | 3,525 | 0,037 | 0,033 | 3,492 | 3,490 |
| 24 | 3,961 | 3,998 | 0,037 | 0,033 | 3,965 | 3,963 |
| 25A | 4,128 | 4,175 | 0,047 | 0,033 | 4,142 | 4,135 |
| 25 | 3,734 | 3,776 | 0,042 | 0,033 | 3,743 | 3,739 |
| 26A | 3,432 | 3,481 | 0,049 | 0,033 | 3,448 | 3,440 |
| 26 | 3,480 | 3,527 | 0,047 | 0,033 | 3,494 | 3,487 |
| 27A | 4,118 | 4,164 | 0,046 | 0,033 | 4,131 | 4,125 |
| 27 | 3,665 | 3,711 | 0,046 | 0,033 | 3,678 | 3,672 |
| 28A | 3,026 | 3,072 | 0,046 | 0,033 | 3,039 | 3,033 |
| 28 | 3,767 | 3,814 | 0,047 | 0,033 | 3,781 | 3,774 |
| 29A | 3,733 | 3,780 | 0,047 | 0,033 | 3,747 | 3,740 |
| 29 | 3,573 | 3,621 | 0,048 | 0,033 | 3,588 | 3,581 |
| 30 | 3,988 | 4,032 | 0,044 | 0,033 | 3,999 | 3,994 |
| 30A | 4,325 | 4,366 | 0,041 | 0,033 | 4,333 | 4,329 |
| 31 | 2,772 | 2,812 | 0,040 | 0,033 | 2,779 | 2,776 |
| 31A | 4,086 | 4,125 | 0,039 | 0,033 | 4,092 | 4,089 |
| 32A | 4,660 | 4,698 | 0,038 | 0,033 | 4,665 | 4,663 |
| 32 | 4,653 | 4,692 | 0,039 | 0,033 | 4,659 | 4,656 |
| 33A | 4,038 | 4,071 | 0,033 | 0,033 | 4,038 | 4,038 |
| 33 | 4,033 | 4,068 | 0,035 | 0,033 | 4,035 | 4,034 |
| 34 | 4,211 | 4,247 | 0,036 | 0,033 | 4,214 | 4,213 |
| 34A | 4,203 | 4,240 | 0,037 | 0,033 | 4,207 | 4,205 |
| 35A | 4,463 | 4,494 | 0,031 | 0,033 | 4,461 | 4,462 |
| 35 | 4,886 | 4,917 | 0,031 | 0,033 | 4,884 | 4,885 |
| 36 | 3,736 | 3,767 | 0,031 | 0,033 | 3,734 | 3,735 |
| 36A | 3,938 | 3,970 | 0,032 | 0,033 | 3,937 | 3,938 |
| 37 | 3,262 | 3,292 | 0,030 | 0,033 | 3,259 | 3,261 |
| 37A | 3,495 | 3,525 | 0,030 | 0,033 | 3,492 | 3,494 |
| 38 | 2,883 | 2,909 | 0,026 | 0,033 | 2,876 | 2,880 |
| 38A | 3,163 | 3,190 | 0,027 | 0,033 | 3,157 | 3,160 |
| 39 | 3,090 | 3,120 | 0,030 | 0,033 | 3,087 | 3,089 |
| 39A | 3,055 | 3,085 | 0,030 | 0,033 | 3,052 | 3,054 |
| 40 | 2,858 | 2,889 | 0,031 | 0,033 | 2,856 | 2,857 |
| 40A | 2,734 | 2,768 | 0,034 | 0,033 | 2,735 | 2,735 |
| 41 | 2,719 | 2,748 | 0,029 | 0,033 | 2,715 | 2,717 |
| 41A | 2,883 | 2,913 | 0,030 | 0,033 | 2,880 | 2,882 |
| 42A | 2,972 | 2,999 | 0,027 | 0,033 | 2,966 | 2,969 |
| 42 | 3,095 | 3,114 | 0,019 | 0,033 | 3,081 | 3,088 |
| 43 | 1,646 | 1,670 | 0,024 | 0,033 | 1,637 | 1,642 |
| 43A | 1,775 | 1,799 | 0,024 | 0,033 | 1,766 | 1,771 |
| 44A | 2,700 | 2,720 | 0,020 | 0,033 | 2,687 | 2,694 |
| 44 | 2,793 | 2,813 | 0,020 | 0,033 | 2,780 | 2,787 |

| MÉTOD0 02 | |
|-----------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 |
| 19A | 3,099 |
| 20a | 3,261 |
| 20 | 3,254 |
| 21 | 3,174 |
| 21A | 3,535 |
| 22A | 3,036 |
| 22 | 3,482 |
| 23A | 3,487 |
| 23 | 3,590 |
| 24A | 3,490 |
| 24 | 3,962 |
| 25A | 4,133 |
| 25 | 3,739 |
| 26A | 3,438 |
| 26 | 3,483 |
| 27A | 4,122 |
| 27 | 3,669 |
| 28A | 3,030 |
| 28 | 3,772 |
| 29A | 3,738 |
| 29 | 3,578 |
| 30 | 3,991 |
| 30A | 4,327 |
| 31 | 2,773 |
| 31A | 4,087 |
| 32A | 4,660 |
| 32 | 4,654 |
| 33A | 4,039 |
| 33 | 4,030 |
| 34 | 4,213 |
| 34A | 4,206 |
| 35A | 4,463 |
| 35 | 4,886 |
| 36 | 3,736 |
| 36A | 3,938 |
| 37,000 | 3,261 |
| 37A | 3,494 |
| 38,000 | 2,880 |
| 38A | 3,161 |
| 39,000 | 3,089 |
| 39A | 3,054 |
| 40,000 | 2,858 |
| 40A | 2,735 |
| 41 | 2,718 |
| 41A | 2,882 |
| 42A | 2,970 |
| 42 | 3,089 |
| 43 | 1,642 |
| 43A | 1,771 |
| 44A | 2,694 |
| 44 | 2,787 |

| MÉTOD0 03 | | | |
|-----------|------------|----------|------------|
| Nivelamen | erro dist. | correção | Niv. Corr. |
| 3,238 | 0,0003438 | 0,000 | 3,238 |
| 3,099 | 0,0003438 | 0,000 | 3,099 |
| 3,259 | 0,0003438 | 0,000 | 3,259 |
| 3,254 | 0,0003438 | 0,000 | 3,254 |
| 3,171 | 0,0003438 | 0,001 | 3,170 |
| 3,532 | 0,0003438 | 0,001 | 3,531 |
| 3,032 | 0,0003438 | 0,001 | 3,031 |
| 3,478 | 0,0003438 | 0,001 | 3,477 |
| 3,483 | 0,0003438 | 0,001 | 3,482 |
| 3,586 | 0,0003438 | 0,001 | 3,585 |
| 3,488 | 0,0003438 | 0,002 | 3,486 |
| 3,961 | 0,0003438 | 0,002 | 3,959 |
| 4,128 | 0,0003438 | 0,002 | 4,126 |
| 3,734 | 0,0003438 | 0,002 | 3,732 |
| 3,432 | 0,0003438 | 0,002 | 3,430 |
| 3,480 | 0,0003438 | 0,002 | 3,478 |
| 4,118 | 0,0003438 | 0,003 | 4,115 |
| 3,665 | 0,0003438 | 0,003 | 3,662 |
| 3,026 | 0,0003438 | 0,003 | 3,023 |
| 3,767 | 0,0003438 | 0,003 | 3,764 |
| 3,733 | 0,0003438 | 0,003 | 3,730 |
| 3,573 | 0,0003438 | 0,003 | 3,570 |
| 3,988 | 0,0003438 | 0,004 | 3,984 |
| 4,325 | 0,0003438 | 0,004 | 4,321 |
| 2,772 | 0,0003438 | 0,004 | 2,768 |
| 4,086 | 0,0003438 | 0,004 | 4,082 |
| 4,660 | 0,0003438 | 0,004 | 4,656 |
| 4,653 | 0,0003438 | 0,004 | 4,649 |
| 4,038 | 0,0003438 | 0,005 | 4,033 |
| 4,033 | 0,0003438 | 0,005 | 4,028 |
| 4,211 | 0,0003438 | 0,005 | 4,206 |
| 4,203 | 0,0003438 | 0,005 | 4,198 |
| 4,463 | 0,0003438 | 0,006 | 4,458 |
| 4,886 | 0,0003438 | 0,006 | 4,881 |
| 3,736 | 0,0003438 | 0,006 | 3,730 |
| 3,938 | 0,0003438 | 0,006 | 3,932 |
| 3,262 | 0,0003438 | 0,006 | 3,256 |
| 3,495 | 0,0003438 | 0,006 | 3,489 |
| 2,883 | 0,0003438 | 0,007 | 2,876 |
| 3,163 | 0,0003438 | 0,007 | 3,156 |
| 3,090 | 0,0003438 | 0,007 | 3,083 |
| 3,055 | 0,0003438 | 0,007 | 3,048 |
| 2,858 | 0,0003438 | 0,007 | 2,851 |
| 2,734 | 0,0003438 | 0,007 | 2,727 |
| 2,719 | 0,0003438 | 0,008 | 2,711 |
| 2,883 | 0,0003438 | 0,008 | 2,875 |
| 2,972 | 0,0003438 | 0,008 | 2,964 |
| 3,095 | 0,0003438 | 0,008 | 3,087 |
| 1,646 | 0,0003438 | 0,008 | 1,638 |
| 1,775 | 0,0003438 | 0,008 | 1,767 |
| 2,700 | 0,0003438 | 0,009 | 2,691 |
| 2,793 | 0,0003438 | 0,009 | 2,784 |

| ALT. CORRIG. MED-1-2 | |
|----------------------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 |
| 19A | 3,099 |
| 20a | 3,260 |
| 20 | 3,254 |
| 21 | 3,174 |
| 21A | 3,535 |
| 22A | 3,036 |
| 22 | 3,481 |
| 23A | 3,486 |
| 23 | 3,589 |
| 24A | 3,490 |
| 24 | 3,962 |
| 25A | 4,134 |
| 25 | 3,739 |
| 26A | 3,439 |
| 26 | 3,485 |
| 27A | 4,123 |
| 27 | 3,670 |
| 28A | 3,031 |
| 28 | 3,773 |
| 29A | 3,739 |
| 29 | 3,579 |
| 30 | 3,992 |
| 30A | 4,328 |
| 31 | 2,774 |
| 31A | 4,088 |
| 32A | 4,661 |
| 32 | 4,655 |
| 33A | 4,038 |
| 33 | 4,032 |
| 34 | 4,213 |
| 34A | 4,205 |
| 35A | 4,462 |
| 35 | 4,885 |
| 36 | 3,735 |
| 36A | 3,938 |
| 37,000 | 3,261 |
| 37A | 3,494 |
| 38,000 | 2,880 |
| 38A | 3,160 |
| 39,000 | 3,089 |
| 39A | 3,054 |
| 40,000 | 2,857 |
| 40A | 2,735 |
| 41 | 2,717 |
| 41A | 2,882 |
| 42A | 2,969 |
| 42 | 3,088 |
| 43 | 1,642 |
| 43A | 1,771 |
| 44A | 2,694 |
| 44 | 2,787 |

| ALT. CORRIG. MED-1-2-3 | |
|------------------------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 19 | 3,238 |
| 19A | 3,099 |
| 20a | 3,260 |
| 20 | 3,254 |
| 21 | 3,173 |
| 21A | 3,534 |
| 22A | 3,034 |
| 22 | 3,480 |
| 23A | 3,485 |
| 23 | 3,588 |
| 24A | 3,489 |
| 24 | 3,961 |
| 25A | 4,131 |
| 25 | 3,736 |
| 26A | 3,436 |
| 26 | 3,483 |
| 27A | 4,121 |
| 27 | 3,668 |
| 28A | 3,029 |
| 28 | 3,770 |
| 29A | 3,736 |
| 29 | 3,576 |
| 30 | 3,990 |
| 30A | 4,326 |
| 31 | 2,772 |
| 31A | 4,086 |
| 32A | 4,659 |
| 32 | 4,653 |
| 33A | 4,037 |
| 33 | 4,031 |
| 34 | 4,211 |
| 34A | 4,203 |
| 35A | 4,461 |
| 35 | 4,884 |
| 36 | 3,734 |
| 36A | 3,936 |
| 37,000 | 3,259 |
| 37A | 3,492 |
| 38,000 | 2,879 |
| 38A | 3,159 |
| 39,000 | 3,087 |
| 39A | 3,052 |
| 40,000 | 2,855 |
| 40A | 2,732 |
| 41 | 2,715 |
| 41A | 2,880 |
| 42A | 2,968 |
| 42 | 3,088 |
| 43 | 1,641 |
| 43A | 1,769 |
| 44A | 2,693 |
| 44 | 2,786 |



MÉTODOS E CALCULOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

| MÉTODO 01 | | | | | | |
|-----------|-------------|--------|------------|------------|--------------|------------|
| Marco | Nivelamento | Contra | erro acum. | erro dist. | Contra-Corr. | Niv. Corr. |
| 45 | 2,457 | 2,479 | 0,022 | 0,033 | 2,446 | 2,452 |
| 45A | 2,575 | 2,598 | 0,023 | 0,033 | 2,565 | 2,570 |
| 46 | 2,703 | 2,723 | 0,020 | 0,033 | 2,690 | 2,697 |
| 47 | 3,467 | 3,486 | 0,019 | 0,033 | 3,453 | 3,460 |
| 47A | 3,163 | 3,182 | 0,019 | 0,033 | 3,149 | 3,156 |
| 48 | 3,541 | 3,558 | 0,017 | 0,033 | 3,525 | 3,533 |
| 48A | 4,278 | 4,295 | 0,017 | 0,033 | 4,262 | 4,270 |
| 49 | 2,646 | 2,666 | 0,020 | 0,033 | 2,633 | 2,640 |
| 49A | 2,688 | 2,708 | 0,020 | 0,033 | 2,675 | 2,682 |
| 50 | 3,073 | 3,089 | 0,016 | 0,033 | 3,056 | 3,065 |
| 50A | 3,017 | 3,034 | 0,017 | 0,033 | 3,001 | 3,009 |
| 51 | 2,585 | 2,600 | 0,015 | 0,033 | 2,567 | 2,576 |
| 51A | 2,979 | 2,994 | 0,015 | 0,033 | 2,961 | 2,970 |
| 52A | 3,027 | 3,045 | 0,018 | 0,033 | 3,012 | 3,020 |
| 52 | 2,413 | 2,431 | 0,018 | 0,033 | 2,398 | 2,406 |
| 53A | 3,223 | 3,240 | 0,017 | 0,033 | 3,207 | 3,215 |
| 53 | 3,447 | 3,462 | 0,015 | 0,033 | 3,429 | 3,438 |
| 54 | 3,322 | 3,339 | 0,017 | 0,033 | 3,306 | 3,314 |
| 54A | 2,970 | 2,988 | 0,018 | 0,033 | 2,955 | 2,963 |
| 55 | 3,202 | 3,216 | 0,014 | 0,033 | 3,183 | 3,193 |
| 55A | 3,334 | 3,350 | 0,016 | 0,033 | 3,317 | 3,326 |
| 56 | 2,686 | 2,698 | 0,012 | 0,033 | 2,665 | 2,676 |
| 56A | 2,365 | 2,377 | 0,012 | 0,033 | 2,344 | 2,355 |
| 57 | 2,951 | 2,965 | 0,014 | 0,033 | 2,932 | 2,942 |
| 57A | 3,127 | 3,138 | 0,011 | 0,033 | 3,105 | 3,116 |
| 58A | 3,216 | 3,229 | 0,013 | 0,033 | 3,196 | 3,206 |
| 58 | 3,068 | 3,081 | 0,013 | 0,033 | 3,048 | 3,058 |
| 59 | 3,332 | 3,348 | 0,016 | 0,033 | 3,315 | 3,324 |
| 59A | 2,965 | 2,981 | 0,016 | 0,033 | 2,948 | 2,957 |
| 60 | 3,831 | 3,845 | 0,014 | 0,033 | 3,812 | 3,822 |
| 60A | 3,671 | 3,685 | 0,014 | 0,033 | 3,652 | 3,662 |
| 61 | 3,157 | 3,167 | 0,010 | 0,033 | 3,134 | 3,146 |
| 61A | 3,141 | 3,152 | 0,011 | 0,033 | 3,119 | 3,130 |
| 62A | 3,121 | 3,128 | 0,007 | 0,033 | 3,095 | 3,108 |
| 62 | 3,009 | 3,018 | 0,009 | 0,033 | 2,985 | 2,997 |
| 63 | 3,320 | 3,326 | 0,006 | 0,033 | 3,293 | 3,307 |
| 63A | 3,274 | 3,280 | 0,006 | 0,033 | 3,247 | 3,261 |
| 64 | 3,468 | 3,471 | 0,003 | 0,033 | 3,438 | 3,453 |
| 64A | 2,390 | 2,394 | 0,004 | 0,033 | 2,361 | 2,376 |
| 65 | 4,033 | 4,036 | 0,003 | 0,033 | 4,003 | 4,018 |
| 65A | 3,738 | 3,741 | 0,003 | 0,033 | 3,708 | 3,723 |
| 66A | 3,724 | 3,727 | 0,003 | 0,033 | 3,694 | 3,709 |
| 66 | 3,417 | 3,421 | 0,004 | 0,033 | 3,388 | 3,403 |
| 67 | 3,072 | 3,072 | 0,000 | 0,033 | 3,039 | 3,056 |
| 67A | 2,931 | 2,931 | 0,000 | 0,033 | 2,898 | 2,915 |

| MÉTODO 02 | |
|-----------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 45 | 2,452 |
| 45A | 2,571 |
| 46 | 2,697 |
| 47 | 3,461 |
| 47A | 3,157 |
| 48 | 3,534 |
| 48A | 4,271 |
| 49 | 2,640 |
| 49A | 2,682 |
| 50 | 3,065 |
| 50A | 3,010 |
| 51 | 2,577 |
| 51A | 2,972 |
| 52A | 3,020 |
| 52 | 2,406 |
| 53A | 3,216 |
| 53 | 3,439 |
| 54 | 3,315 |
| 54A | 2,963 |
| 55 | 3,193 |
| 55A | 3,325 |
| 56 | 2,676 |
| 56A | 2,354 |
| 57 | 2,942 |
| 57A | 3,117 |
| 58A | 3,207 |
| 58 | 3,059 |
| 59 | 3,324 |
| 59A | 2,958 |
| 60 | 3,822 |
| 60A | 3,662 |
| 61 | 3,147 |
| 61A | 3,131 |
| 62A | 3,109 |
| 62 | 2,998 |
| 63 | 3,308 |
| 63A | 3,262 |
| 64 | 3,454 |
| 64A | 2,377 |
| 65 | 4,019 |
| 65A | 3,724 |
| 66A | 3,710 |
| 66 | 3,404 |
| 67 | 3,057 |
| 67A | 2,916 |

| MÉTODO 03 | | | |
|-----------|------------|----------|------------|
| Nivelamen | erro dist. | correção | Niv. Corr. |
| 2,457 | 0,0003438 | 0,009 | 2,448 |
| 2,575 | 0,0003438 | 0,009 | 2,566 |
| 2,703 | 0,0003438 | 0,009 | 2,694 |
| 3,467 | 0,0003438 | 0,010 | 3,457 |
| 3,163 | 0,0003438 | 0,010 | 3,153 |
| 3,541 | 0,0003438 | 0,010 | 3,531 |
| 4,278 | 0,0003438 | 0,010 | 4,268 |
| 2,646 | 0,0003438 | 0,010 | 2,636 |
| 2,688 | 0,0003438 | 0,010 | 2,678 |
| 3,073 | 0,0003438 | 0,011 | 3,062 |
| 3,017 | 0,0003438 | 0,011 | 3,006 |
| 2,585 | 0,0003438 | 0,011 | 2,574 |
| 2,979 | 0,0003438 | 0,011 | 2,968 |
| 3,027 | 0,0003438 | 0,011 | 3,016 |
| 2,413 | 0,0003438 | 0,011 | 2,402 |
| 3,223 | 0,0003438 | 0,012 | 3,211 |
| 3,447 | 0,0003438 | 0,012 | 3,435 |
| 3,322 | 0,0003438 | 0,012 | 3,310 |
| 2,970 | 0,0003438 | 0,012 | 2,958 |
| 3,202 | 0,0003438 | 0,012 | 3,190 |
| 3,334 | 0,0003438 | 0,012 | 3,322 |
| 2,686 | 0,0003438 | 0,013 | 2,673 |
| 2,365 | 0,0003438 | 0,013 | 2,352 |
| 2,951 | 0,0003438 | 0,013 | 2,938 |
| 3,127 | 0,0003438 | 0,013 | 3,114 |
| 3,216 | 0,0003438 | 0,013 | 3,203 |
| 3,068 | 0,0003438 | 0,013 | 3,055 |
| 3,332 | 0,0003438 | 0,014 | 3,318 |
| 2,965 | 0,0003438 | 0,014 | 2,951 |
| 3,831 | 0,0003438 | 0,014 | 3,817 |
| 3,671 | 0,0003438 | 0,014 | 3,657 |
| 3,157 | 0,0003438 | 0,014 | 3,143 |
| 3,141 | 0,0003438 | 0,014 | 3,127 |
| 3,121 | 0,0003438 | 0,015 | 3,106 |
| 3,009 | 0,0003438 | 0,015 | 2,994 |
| 3,320 | 0,0003438 | 0,015 | 3,305 |
| 3,274 | 0,0003438 | 0,015 | 3,259 |
| 3,468 | 0,0003438 | 0,015 | 3,453 |
| 2,390 | 0,0003438 | 0,015 | 2,375 |
| 4,033 | 0,0003438 | 0,016 | 4,017 |
| 3,738 | 0,0003438 | 0,016 | 3,722 |
| 3,724 | 0,0003438 | 0,016 | 3,708 |
| 3,417 | 0,0003438 | 0,016 | 3,401 |
| 3,072 | 0,0003438 | 0,017 | 3,056 |
| 2,931 | 0,0003438 | 0,017 | 2,915 |

| ALT. CORRIG. MED-1-2 | |
|----------------------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 45 | 2,452 |
| 45A | 2,570 |
| 46 | 2,697 |
| 47 | 3,460 |
| 47A | 3,156 |
| 48 | 3,533 |
| 48A | 4,270 |
| 49 | 2,640 |
| 49A | 2,682 |
| 50 | 3,065 |
| 50A | 3,009 |
| 51 | 2,577 |
| 51A | 2,971 |
| 52A | 3,020 |
| 52 | 2,406 |
| 53A | 3,215 |
| 53 | 3,438 |
| 54 | 3,314 |
| 54A | 2,963 |
| 55 | 3,193 |
| 55A | 3,325 |
| 56 | 2,676 |
| 56A | 2,354 |
| 57 | 2,942 |
| 57A | 3,116 |
| 58A | 3,206 |
| 58 | 3,058 |
| 59 | 3,324 |
| 59A | 2,957 |
| 60 | 3,822 |
| 60A | 3,662 |
| 61 | 3,146 |
| 61A | 3,131 |
| 62A | 3,109 |
| 62 | 2,998 |
| 63 | 3,307 |
| 63A | 3,261 |
| 64 | 3,454 |
| 64A | 2,376 |
| 65 | 4,019 |
| 65A | 3,724 |
| 66A | 3,710 |
| 66 | 3,403 |
| 67 | 3,056 |
| 67A | 2,915 |

| ALT. CORRIG. MED-1-2-3 | |
|------------------------|------------|
| Marco | Niv. Corr. |
| 45 | 2,451 |
| 45A | 2,569 |
| 46 | 2,696 |
| 47 | 3,459 |
| 47A | 3,155 |
| 48 | 3,533 |
| 48A | 4,270 |
| 49 | 2,638 |
| 49A | 2,680 |
| 50 | 3,064 |
| 50A | 3,008 |
| 51 | 2,576 |
| 51A | 2,970 |
| 52A | 3,018 |
| 52 | 2,404 |
| 53A | 3,214 |
| 53 | 3,437 |
| 54 | 3,313 |
| 54A | 2,961 |
| 55 | 3,192 |
| 55A | 3,324 |
| 56 | 2,675 |
| 56A | 2,354 |
| 57 | 2,941 |
| 57A | 3,116 |
| 58A | 3,205 |
| 58 | 3,057 |
| 59 | 3,322 |
| 59A | 2,955 |
| 60 | 3,820 |
| 60A | 3,660 |
| 61 | 3,145 |
| 61A | 3,129 |
| 62A | 3,108 |
| 62 | 2,996 |
| 63 | 3,306 |
| 63A | 3,260 |
| 64 | 3,453 |
| 64A | 2,376 |
| 65 | 4,018 |
| 65A | 3,723 |
| 66A | 3,709 |
| 66 | 3,402 |
| 67 | 3,056 |
| 67A | 2,915 |

Anexo 3 – Cadastro Técnico Federal – CTF IBAMA



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

| | | | |
|--------------|-------------------|----------------|----------------|
| Registro n.º | Data da Consulta: | CR emitido em: | CR válido até: |
| 288245 | 27/11/2014 | 27/11/2014 | 27/02/2015 |

Dados Básicos:

CPF: 121.275.585-53
Nome: José Maria Landim Dominguez

Endereço:

Logradouro: Av. Princesa Leopoldina 17 - apt 1401 - Edf Vila Velha
N.º: Complemento:
Bairro: Graça Município: SALVADOR
CEP: 40150-080 UF: BA

Atividades de Defesa Ambiental:

Categoria:

| Código | Descrição |
|--------|---|
| 1 | 5001 - Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 |

Atividade:

| Código | Descrição |
|--------|--|
| 1 | 7 - Controle da Poluição |
| 2 | 5 - Educação Ambiental |
| 3 | 11 - Gestão Ambiental |
| 4 | 1 - Qualidade do Ar |
| 5 | 3 - Qualidade do Solo |
| 6 | 6 - Recursos Hídricos |
| 7 | 10 - Auditoria Ambiental |
| 8 | 12 - Ecossistemas Terrestres e Aquáticos |
| 9 | 2 - Qualidade da Água |
| 10 | 8 - Recuperação de Áreas |
| 11 | 4 - Uso do Solo |

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvará e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades.

O Certificado de Regularidade não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.

O Certificado de Regularidade tem validade de três meses, a contar da data de sua emissão.

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Chave de autenticação | <i>lrrk.4tue.nb92.driw</i> |
|-----------------------|----------------------------|