



# **PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO**

## **MEMORIAL DESCRITIVO**

### **CONTENÇÃO ORLA DE PRAIA GRANDE**

#### **CONTENÇÃO**

#### **VOLUME I**

## SUMÁRIO

|         |                                                          |    |
|---------|----------------------------------------------------------|----|
| 1.      | APRESENTAÇÃO.....                                        | 5  |
| 2.      | DADOS DA OBRA.....                                       | 5  |
| 3.      | IMPLANTAÇÃO.....                                         | 5  |
| 4.      | PROJETOS E CRITÉRIOS.....                                | 6  |
| 5.      | INTRODUÇÃO.....                                          | 7  |
| 6.      | ESTUDOS.....                                             | 8  |
| 6.1.    | DINÂMICAS DAS PRAIAS.....                                | 8  |
| 7.      | MARÉS.....                                               | 13 |
| 7.1.    | MARÉ ASTRONÔMICA.....                                    | 13 |
| 7.2.    | MARÉ METEOROLÓGICA.....                                  | 14 |
| 7.3.    | SOBRELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR.....                        | 15 |
| 7.4.    | NÍVEL DE D'ÁGUA EXTREMO.....                             | 16 |
| 7.5.    | ESTIMATIVA DO RECUO DA PRAIA.....                        | 16 |
| 8.      | DADOS UTILIZADOS.....                                    | 23 |
| 8.1.    | TOPOGRAFIA DA PRAIA.....                                 | 23 |
| 9.      | DIMENSIONAMENTO DE PESO DE BLOCOS.....                   | 25 |
| 9.1.    | DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS DA CARAPAÇA.....              | 25 |
| 10.     | ESPECIFICAÇÕES GERAIS DOS ENROCAMENTOS.....              | 26 |
| 10.1.   | DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO.....                          | 26 |
| 11.     | REFERÊNCIAS TOPOGRÁFICAS.....                            | 30 |
| 12.     | ESPECIFICAÇÕES DE CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE EXECUÇÃO..... | 30 |
| 12.1.   | CARACTERÍSTICA DO ENROCAMENTO.....                       | 30 |
| 12.1.1. | CONSIDERAÇÕES GERAIS.....                                | 30 |
| 12.1.2. | ROCHA ALTERADA.....                                      | 30 |
| 12.1.3. | FORMA GEOMÉTRICA DAS PEDRAS.....                         | 30 |
| 13.     | EXECUÇÃO DE CONTENÇÃO.....                               | 31 |
| 14.     | CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                | 35 |
| 15.     | REFERÊNCIAS.....                                         | 35 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 1 - Localização da Orla de Praia Grande.....</i>                                                                                                        | <i>6</i>  |
| <i>Figura 2 - Processo erosivo da Orla Praia Grande.....</i>                                                                                                      | <i>8</i>  |
| <i>Figura 3 - Transporte longitudinal positivo – ondas chega obliquamente levando sedimentos da esquerda para a direita (observador olhando para o mar) .....</i> | <i>10</i> |
| <i>Figura 4 - Transporte longitudinal negativo – ondas chega obliquamente levando sedimentos da direita para a esquerda (observador olhando para o mar).....</i>  | <i>10</i> |
| <i>Figura 5 - Equilíbrio dinâmico de um perfil de praia típico.....</i>                                                                                           | <i>11</i> |
| <i>Figura 6 - Praia dissipativa versus praia refletiva .....</i>                                                                                                  | <i>13</i> |
| <i>Figura 7 - Localização das seções estudadas .....</i>                                                                                                          | <i>18</i> |
| <i>Figura 8 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 01 .....</i>                                                                                           | <i>19</i> |
| <i>Figura 9 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 02 .....</i>                                                                                           | <i>19</i> |
| <i>Figura 10 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 03 .....</i>                                                                                          | <i>20</i> |
| <i>Figura 11 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 04 .....</i>                                                                                          | <i>20</i> |
| <i>Figura 12 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 05 .....</i>                                                                                          | <i>21</i> |
| <i>Figura 13 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 06 .....</i>                                                                                          | <i>21</i> |
| <i>Figura 14 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 07 .....</i>                                                                                          | <i>22</i> |
| <i>Figura 15 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 08 .....</i>                                                                                          | <i>22</i> |
| <i>Figura 16 - Levantamento topográfica da praia .....</i>                                                                                                        | <i>24</i> |
| <i>Figura 17 - Trecho a ser recuperado.....</i>                                                                                                                   | <i>27</i> |
| <i>Figura 18 - Seção tipo 0 do enrocamento.....</i>                                                                                                               | <i>28</i> |
| <i>Figura 19 - Seção tipo 01 do enrocamento.....</i>                                                                                                              | <i>28</i> |
| <i>Figura 20 - Assentamento de pedras.....</i>                                                                                                                    | <i>34</i> |

## **Índice de Tabelas**

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabela 1 – Taxa de Elevação do Nível do Mar .....</i>                            | <i>16</i> |
| <i>Tabela 2 - Variação e taxa anual de longo termo (1984-2016) para seções.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Tabela 3 - Área e volumes do enrocamento .....</i>                               | <i>29</i> |
| <i>Tabela 4 - Volumes por tipo de pedra .....</i>                                   | <i>29</i> |

## **1. APRESENTAÇÃO**

A **VIAVOZ LTDA**, em atendimento ao contrato firmado com a **PREFEITURA MUNICIPAL DE FUNDÃO**, vem por meio deste apresentar o **MEMORIAL DESCRITIVO DA CONTENÇÃO DA ORLA DE PRAIA GRANDE – FUNDÃO /ES**. Este Memorial Descritivo compreende um conjunto de discriminações técnicas, normas, critérios, condições e procedimentos estabelecidos para a construção da Contenção de um trecho da Orla de Praia Grande, próximo à Rodovia do Sol, em Fundão/ES.

## **2. DADOS DA OBRA**

A área a ser construída será de aproximadamente 4.560,00m<sup>2</sup> (quatro mil quinhentos e sessenta metros quadrados).

## **3. IMPLANTAÇÃO**

A Orla de Praia Grande será construída às margens da Avenida Atlântica, distrito de Praia Grande, Cidade de Fundão – Espírito Santo (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Orla de Praia Grande



Fonte: Compilação do autor<sup>1</sup>

## 4. PROJETOS E CRITÉRIOS

Nenhuma alteração nas plantas, nos detalhes ou nas especificações, determinando ou não alteração de custo da obra ou serviço, será executada sem autorização da CONTRATADA e do CONTRATANTE. Em caso de itens presentes neste Memorial Descritivo e não incluídos nos projetos, ou vice-versa, devem ser

levados em conta na execução dos serviços de forma como se figurassem em ambos.

Em caso de divergências entre os desenhos de execução dos projetos e as especificações, a CONTRATADA e o CONTRATANTE deverão ser consultados, a fim de definir qual posicionamento a ser adotado. Em caso de divergência entre desenhos de escalas diferentes, prevalecerão sempre os de escala maior. Na divergência entre cotas dos desenhos e suas dimensões em escala, prevalecerão as primeiras, sempre precedendo consulta à CONTRATADA.

## **5. INTRODUÇÃO**

A Praia Grande no município de Fundão - ES, vem sofrendo um processo erosivo com a diminuição da faixa de areia durante as ressacas. Neste trecho de cerca de 300 m, a praia sofreu um processo de erosão o que está afetando as pistas da- ES-010. As fotos da Figura 2 ilustram o exposto, onde se mostra a retração da faixa de areia devido ao processo erosivo no extremo norte da praia.

O objetivo deste trabalho é fornecer em embasamento teórico para projetar a proteção deste trecho de 300 m de praia. Para tanto, serão estudadas as modificações sofridas no arco praial para entendimento global da morfodinâmica costeira. Com base neste entendimento, será proposta uma solução para mitigação do problema de erosão.

Vale ressaltar que estas proposições representam uma medida emergencial para possibilitar uma proteção temporária. Uma solução mais definitiva passa por um estudo mais abrangente de engenharia costeira que englobe todo o arco praial, desde a foz do rio Fundão.

Figura 2 - Processo erosivo da Orla Praia Grande



Fonte: Autor.

## 6. ESTUDOS

### 6.1. DINÂMICAS DAS PRAIAS

Formadas em águas profundas ou rasas, as ondas se propagam rumo ao continente, passando pelos efeitos de refração, empinamento e difração. As ondas geradas podem ter alturas, direção e períodos variados ao longo do ano e das décadas. Nos períodos de bom tempo, o mar é caracterizado por alturas e períodos de ondas mais baixos, possuem alturas inferiores a 1 m e períodos entre 6s e 7s. Já nas ressacas, observa-se ondas mais altas, superiores a 1 m em sua maior frequência, podendo alcançar alturas de 3 m ou mais.

As praias compõem um cenário ideal para dissipação da energia das ondas, sendo comumente tratadas na engenharia costeira como local onde se observa um “Equilíbrio Dinâmico”. A

construção e erosão da praia é permanente e cíclica, de acordo com a variação do clima de ondas.

Os sedimentos podem ser movimentados no sentido longitudinal à praia ou transversal à praia. No transporte longitudinal, os sedimentos são carregados ao longo da praia. Isto é possível pela chegada de ondas de forma oblíqua à praia. Por exemplo, na praia de Piratininga as ondas que chegam de sudeste carregam areia de leste a oeste, diminuindo a faixa de praia na extremidade leste e aumentando na extremidade oeste. Por outro lado, ondas de sudoeste levam areia da extremidade oeste para leste. As Figura 3 e Figura 4 mostram este fenômeno na praia de Piratininga, Niterói, RJ.

Existem praias que os transportes longitudinais para a direita e esquerda se compensam, e o transporte total é nulo, como é o caso da praia de Piratininga. Contudo, têm praias que tem o transporte para uma das direções mais intenso. Por exemplo, verifica-se na praia de Conceição da Barra que no período de verão o transporte é predominantemente de norte a sul e no período de inverno é majoritariamente de sul para norte. Apesar de ter transporte para ambas as direções, o transporte de sul para norte é maior.

No transporte transversal, os sedimentos contidos na praia se movimentam ora em direção à praia, ora em direção ao mar, dentro de uma região que compreende desde as dunas, posicionadas nas partes mais altas do perfil, até a região mais ao largo da arrebentação, portanto, submersa Figura 5. As ondas de bom tempo têm a característica de construção da praia, arrebentam muito próximo à mesma e vão retirando gradativamente os sedimentos de zonas submersas, depositando-os paulatinamente nas partes emersas do perfil da praia.

As ondas de ressaca, por sua vez, têm caráter erosivo, retirando os sedimentos das partes mais elevadas da praia normalmente as bermas e episodicamente as dunas levando-os para

as partes mais profundas do perfil da praia, formando bancos de areia. A formação desses bancos é de suma importância para a dissipação da energia das ondas durante uma ressaca, pois passam a arrebentar nessa nova posição mais afastada, e não mais nas porções mais próximas à praia, caracterizando um mecanismo natural de proteção da própria praia.

Figura 3 - Transporte longitudinal positivo – ondas chega obliquamente levando sedimentos da esquerda para a direita (observador olhando para o mar)



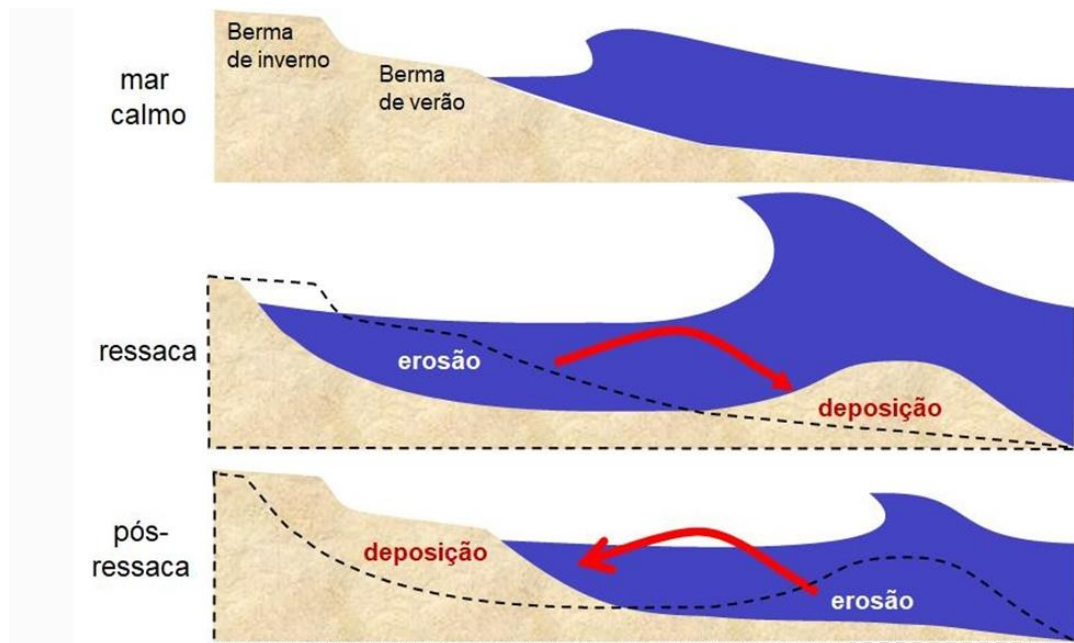
Fonte: Adaptada Google Maps.

Figura 4 - Transporte longitudinal negativo – ondas chega obliquamente levando sedimentos da direita para a esquerda (observador olhando para o mar)



Fonte: Adaptada Google Maps.

Figura 5 - Equilíbrio dinâmico de um perfil de praia típico



Fonte: Autor

Todo esse mecanismo é facilitado pela ação das marés, que quando sobe permite que as ondas atuem na parte normalmente emersa do perfil e quando desce permite as ondas movimentem os sedimentos das partes mais profundas.

As dunas representam um importante depósito de areia para esse sistema. Posicionadas na parte mais altas da praia, são alcançadas muito episodicamente por ação de ondas muito fortes de ressacas, além da possível ocorrência de níveis do mar extraordinariamente altos.

Ainda na porção emersa do perfil encontram-se as bermas, parte mais plana e horizontal da praia, aonde a maioria dos frequentadores se posicionam seja para descanso, ou para as mais diversas atividades de recreação próximas ao mar como de: vôlei, futebol, frescobol, etc.

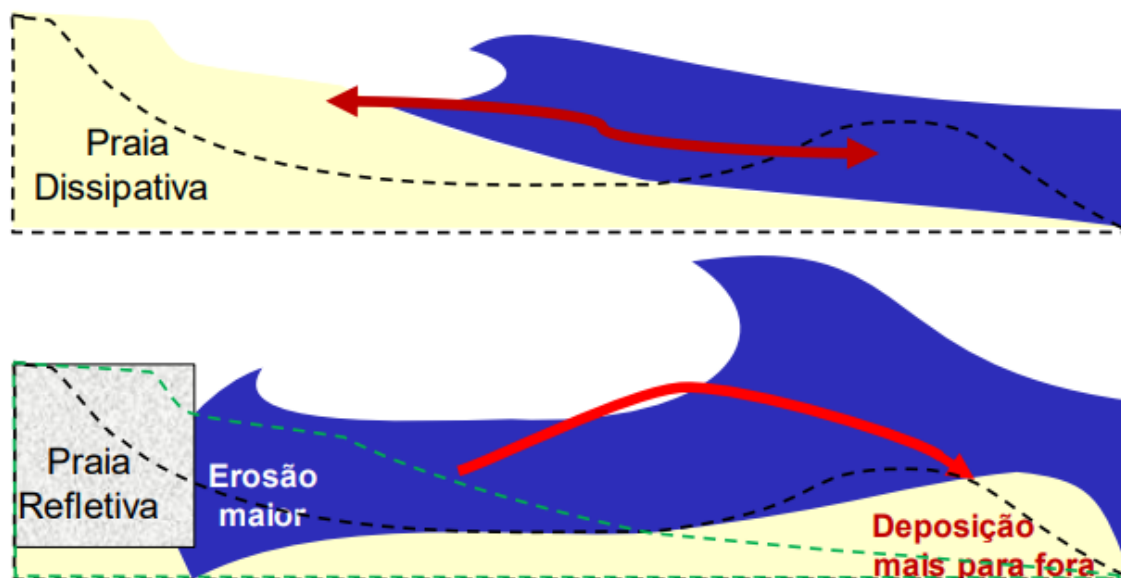
Adentrando o mar encontra-se a zona de espraçamento, também chamada de *swash*, uma região intermitentemente seca e molhada onde as ondas normalmente arrebetadas sobem e descem o perfil.

Já na zona submersa encontram-se os bancos de areia. Formados pelas ressacas, que também constituem importante depósito de fornecimento de areia para a reconstrução da berma, em épocas de mar mais calmo.

Há de se ressaltar o efeito da maré meteorológica, que não é previsível como da maré astronômica, pois depende da ocorrência de tempestades e ventos mais fortes, observados principalmente em épocas de inverno. Essas marés promovem uma sobrelevação temporária do nível médio do mar, permitindo que as ondas de ressaca dotadas de maior poder erosivo alcancem as partes mais elevadas do perfil da praia resultando assim no potencial erosivo e destrutivo. Dessa forma tem-se de um lado a força paulatina e deposicional/construtiva das ondas de bom tempo e de outro, a força erosiva/destrutiva e intensa das ondas de tempestade.

A ocupação litorânea costuma ocorrer a partir das partes mais altas da faixa dinâmica da praia (dunas e berma de inverno), onde se julga – erroneamente- estar salvo da ação do mar. A implantação na orla de muros, calçadas, etc. forma uma barreira, que ao ser atingida pelas ondas de ressaca refletem parte da energia das mesmas em direção ao mar. Desta forma, uma praia que era dissipativa (onde a energia da onda é absorvida) se torna uma praia refletiva (onde parte da energia da onda volta para o mar), como mostrado na Figura 5. Com a volta da onda, os sedimentos do banco de areia acabam sendo depositados mais longe da praia e, podem não conseguir retornar mais para o sistema. Além disto, o estoque de areia que se tinha na duna (e não está mais disponível) acaba sendo retirado do pé da estrutura, descalçando-a.

Figura 6 - Praia dissipativa versus praia refletiva



Fonte:Autor

## 7. MARÉS

As marés exercem papel fundamental na hidrodinâmica das correntes marítimas. Neste estudo considerou-se a atuação da maré astronômica e da maré meteorológica.

### 7.1. MARÉ ASTRONÔMICA

Chama-se de maré astronômica, ou simplesmente “maré”, a variação do nível médio do mar que ocorre em resposta à atração gravitacional exercida pelo Sol e pela Lua, e à força centrífuga originada do movimento do sistema Terra-Lua-Sol.

A oscilação de nível médio do mar ( $\eta(t)$ ) pode ser interpretada num determinado ponto do oceano, como uma superposição de ondas periódicas, com períodos (fixos) determinados a partir de fatores astronômicos, que podem ser obtidos através da expressão:

$$\eta(t) = \sum_{j=1}^N \zeta_j \sin\left(\frac{2\pi}{T_j} t - \Phi_j\right) \quad (1)$$

onde:  $\zeta_j$ ,  $T_j$  e  $\Phi_j$  são respectivamente a amplitude, o período e a fase em graus de cada uma das componentes da série, que são denominadas componentes harmônicas da maré astronômica.

Pelo seu caráter determinístico, a maré astronômica pode ser prevista, basta se ter as amplitudes e fase das componentes harmônicas do local. As componentes da maré se propagam pelos oceanos como ondas longas, passando por modificações de amplitude e fase de um local para outro, em função da latitude, da topografia do fundo, etc.

As marés astronômicas têm duas fases: sizígia e quadratura. A maré de sizígia (ou maré viva) acontece nas luas cheia e nova. Nesta fase, as forças gravitacionais da lua e do sol se somam, causando uma elevação da altura da maré maior, ou seja, uma maior diferença entre preamar e baixa-mar. A maré de quadratura (ou maré morta) ocorre nas luas crescente e minguante, e causa uma menor oscilação do nível do mar.

As Tábuas de Maré publicadas pela Marinha do Brasil consideram apenas o efeito astronômico da maré. Esta publicação apresenta as alturas e instantes das preamares e baixa-mares para quase todos os portos da costa brasileira.

As Tábuas de Maré publicadas pela Marinha do Brasil consideram apenas o efeito astronômico da maré. Esta publicação apresenta as alturas e instantes das preamares e baixa-mares para quase todos os portos da costa brasileira. Para Barra do Riacho, a Tábua de Maré apresenta um nível máximo de sizígia de 1,6 m e o nível médio de 0,78 m (em relação ao NR da DHN).

## **7.2. MARÉ METEOROLÓGICA**

A maré meteorológica pode causar a elevação ou o abaixamento do nível do mar e o atraso ou o adiantamento dos instantes de ocorrência das preamares ou baixa-mares. Nestas condições, as preamares ou baixa-mares podem ser mais altas ou mais baixas do que as alturas previstas nas Tábuas de Maré.

Chama-se de maré meteorológica as variações de nível médio do mar que ocorrem devido a dois principais agentes meteorológicos a incidência do vento sobre a superfície livre, que pode proporcionar o empilhamento de água na costa ou o rebaixamento do nível d'água; e as variações de pressão atmosférica, que podem resultar em aumento ou diminuição do nível médio do mar.

A maré meteorológica pode ser o resultado de um forçante local, ou seja, ela pode estar associada diretamente ao vento local ou às variações locais de pressão atmosférica, mas pode estar também associada a efeitos remotos. Isso se deve ao fato de que a maré meteorológica gerada pode se propagar pela plataforma continental por milhares de quilômetros como forma de onda de longa duração. No hemisfério Sul, essa propagação tem sentido de sul para norte sendo a origem na costa de Santa Catarina ou do Rio Grande do Sul. Por todas essas razões e devido aos processos meteorológicos terem caráter aleatório, a análise das causas da maré meteorológica e a sua previsão são uma tarefa muito difícil e exige a análise de longas séries de dados de vento, nível d'água e pressão atmosférica em diferentes pontos.

Geralmente, as marés astronômica e meteorológica ocorrem simultaneamente, não sendo uma tarefa trivial identificar a contribuição de cada uma delas nas variações do nível d'água. Enquanto os principais períodos de oscilação da maré astronômica são da ordem de 12 e 24 horas, os principais períodos de oscilação da maré meteorológica são usualmente maiores do que 72 horas. Desta forma, uma maneira de se identificar a maré meteorológica em uma medição de nível d'água, seria através de filtragem da série temporal que elimine os períodos menores do que 72 horas.

Neste trabalho, para a região da Baía do Espírito Santos, será considerada uma sobrelevação máxima de nível médio do mar devido aos efeitos meteorológicos de 0,35 m (NUNES, 2007).

### **7.3. SOBRELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR**

Uma estimativa de sobrelevação do Nível Médio do Mar considerando efeitos de longo prazo foi apresentada em IPCC (2007) num estudo sobre as

mudanças climáticas devidas a fatores naturais e humanos. Neste trabalho é realizada uma análise de taxas de elevação do nível do mar e estimadas as contribuições, devido as diferentes fontes, estando o resultado na Tabela 1. O valor observado para a elevação total do nível do mar para o período de 1993 a 2003 foi de  $0,31 \pm 0,07$  m por século, isto é, podendo variar de 0,24 a 0,38m.

IPCC (2018) apresenta projeções baseadas em modelos de aumento global do médio do nível do mar (em relação a 1986-2005). Os resultados sugerem uma faixa indicativa de 0,26 a 0,77 m em 2100 para  $1,5^\circ \text{C}$  de aquecimento global. Contudo, como o próprio relatório ressalta, estes valores podem variar muito conforme o local estudado.

Assim, considerou-se o valor de 0,5m como previsão da elevação do nível do mar nos próximos 100 anos.

Tabela 1 – Taxa de Elevação do Nível do Mar

| Source of sea level rise                                 | Rate of sea level rise<br>(m per century) |                   |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
|                                                          | 1961-2003                                 | 1993-2003         |
| Thermal expansion                                        | $0,042 \pm 0,012$                         | $0,16 \pm 0,05$   |
| Glaciers and ice caps                                    | $0,050 \pm 0,018$                         | $0,077 \pm 0,022$ |
| Greenland ice sheets                                     | $0,05 \pm 0,12$                           | $0,21 \pm 0,07$   |
| Antartic ice sheets                                      | $0,14 \pm 0,41$                           | $0,21 \pm 0,35$   |
| Sum of individual climate contributionsto sea level rise | $0,11 \pm 0,05$                           | $0,28 \pm 0,07$   |
| Observed total sea level rise                            | $0,18 \pm 0,05$                           | $0,31 \pm 0,07$   |

Fonte: Adaptada, IPCC (2007)

#### 7.4. NÍVEL DE D'ÁGUA EXTREMO

Somando os níveis máximos astronômicos (1,60m), meteorológicos (0,35 m) e elevação do nível médio do mar (0,50m) obtêm-se o nível máximo de 2,45m (DHN).

#### 7.5. ESTIMATIVA DO RECUO DA PRAIA

As zonas costeiras constituem uma das zonas terrestres mais densamente povoadas e desenvolvidas do mundo. Apesar dos benefícios econômicos e utilitários que as costas proporcionam, não há uma avaliação

confiável em escala global das tendências históricas de mudança da linha costeira. Em Luijendijk et alli (2018) apresenta uma avaliação em escala global da ocorrência de praias arenosas e das taxas de mudança da linha de costa nelas. Esta avaliação foi feita através do uso de imagens de satélite disponíveis gratuitamente capturadas desde 1984, em conjunto com métodos sofisticados de interpretação e análise de imagens. A aplicação de um método automatizado de detecção da linha costeira às linhas costeiras arenosas assim identificadas resultou em um conjunto de dados global das taxas de mudança da linha costeira para o período de 33 anos 1984-2016. A análise dos dados de linha de costa derivados de satélite indica que 24% das praias arenosas do mundo estão erodindo a taxas superiores a 0,5 m/ano, enquanto 28% estão aumentando e 48% são estáveis. A maioria das costas arenosas em áreas marinhas protegidas está erodindo, causando séria preocupação.

A Figura 7 mostra seções na praia Grande que foram estudadas. Já a sequência da Figura 8 a Figura 15 apresenta os gráficos de mudanças de longo termo (1984-2016) destas seções. As barras representam a erosão/acreção ao longo das costas, a cada 500m, no período 1984-2016. As barras verdes indicam onde ocorreu a acreção da linha de costa (acreção natural, recuperação de terras, alimentos). As barras vermelhas indicam linhas costeiras erosivas, com base em um ajuste linear através das posições da linha costeira.

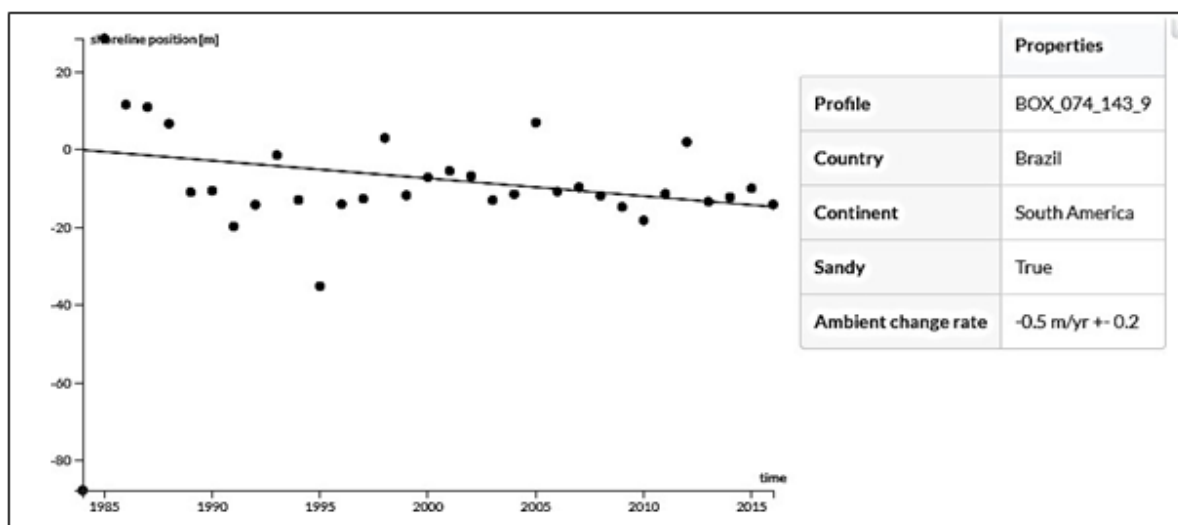
Pela sequência da Figura 8 a Figura 15 observa-se que houve uma tendência geral de assoreamento ao longo do arco praial, com avanços de até cerca de 50 metros, como mostrado na Tabela 2 - Variação e taxa anual de longo termo (1984-2016) para seções. A única exceção é seção 1 no extremo norte da praia, onde houve uma retração de 16 m nesses 32 anos. Assim, esse estudo corrobora a necessidade de proteção costeira neste trecho final da Praia Grande.

Figura 7 - Localização das seções estudadas



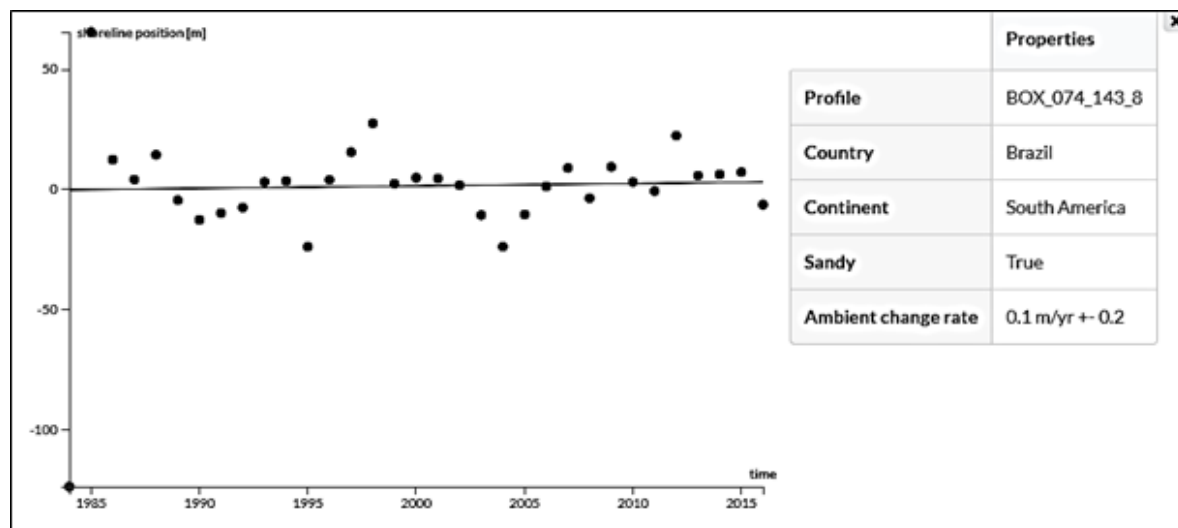
Fonte: Google Maps

Figura 8 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 01



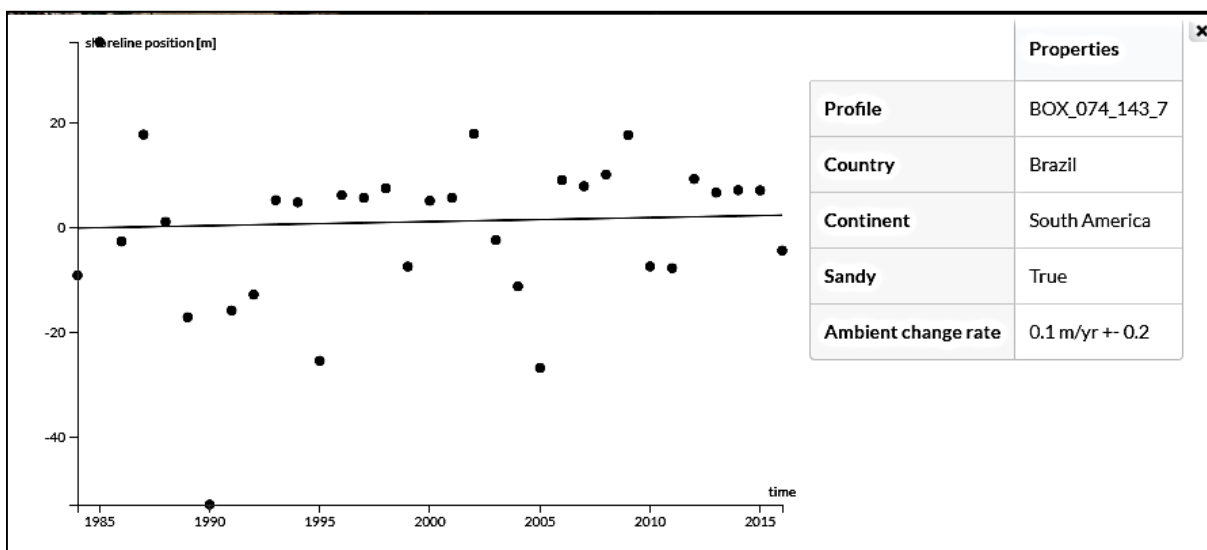
Fonte: Autor

Figura 9 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 02



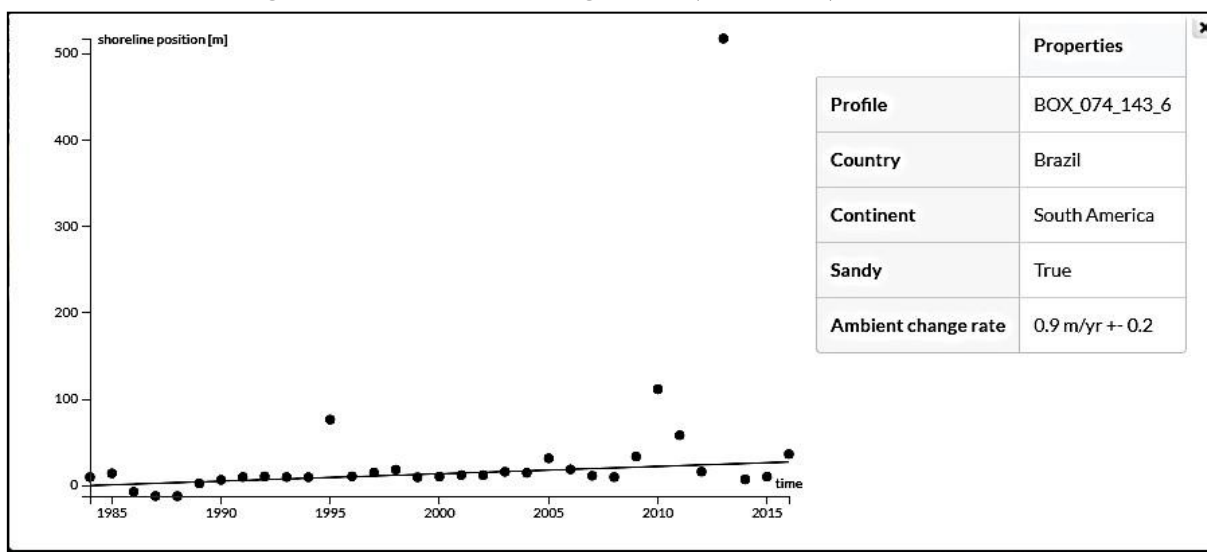
Fonte: Autor

Figura 10 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 03



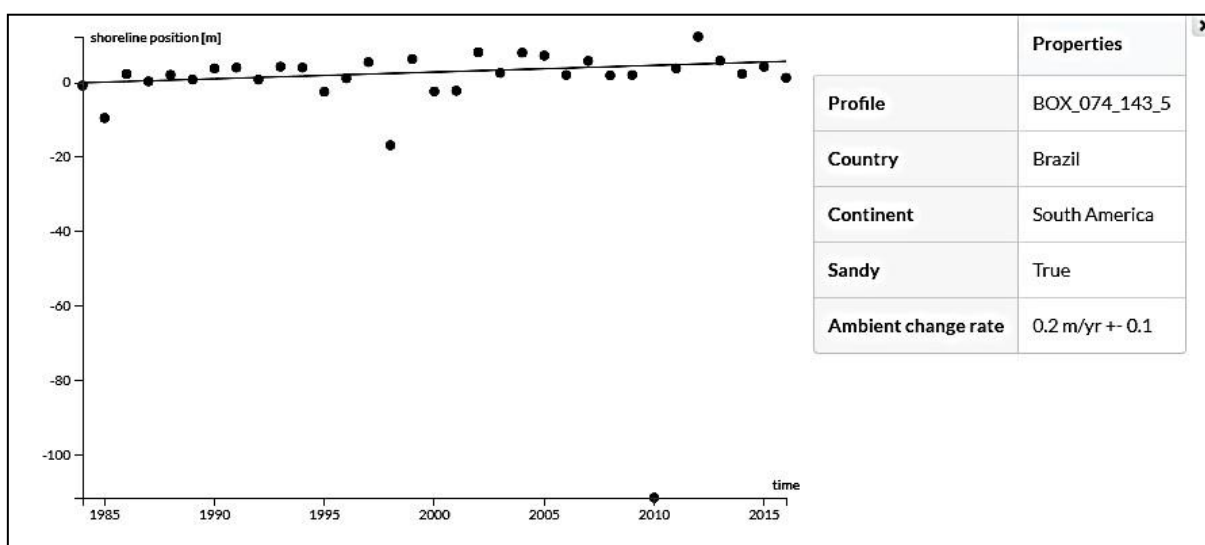
Fonte: Autor

Figura 11 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 04



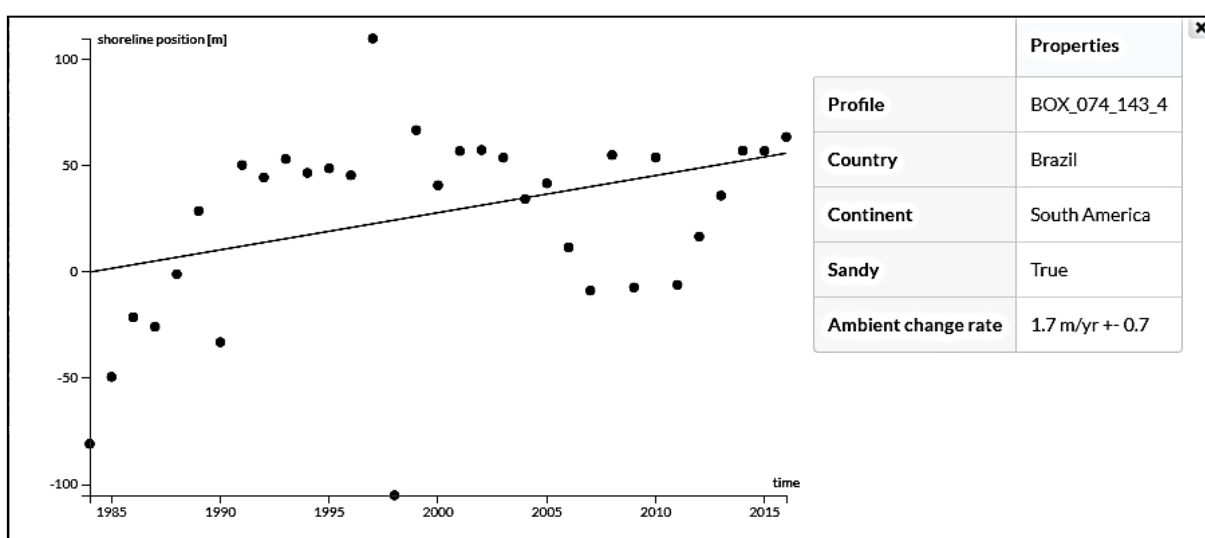
Fonte: Autor

Figura 12 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 05



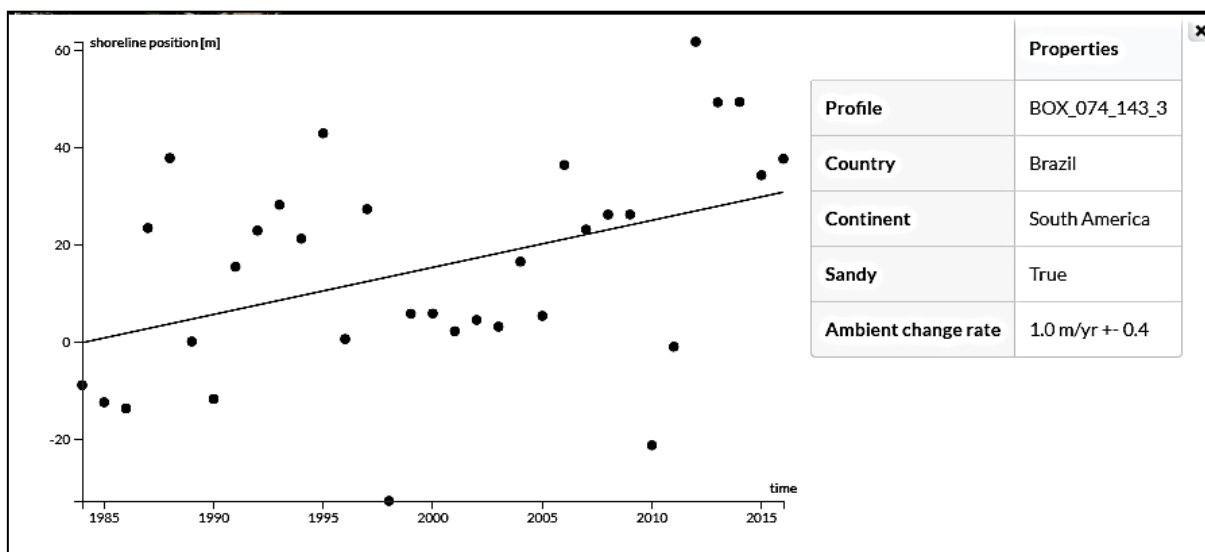
Fonte: Autor

Figura 13 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 06



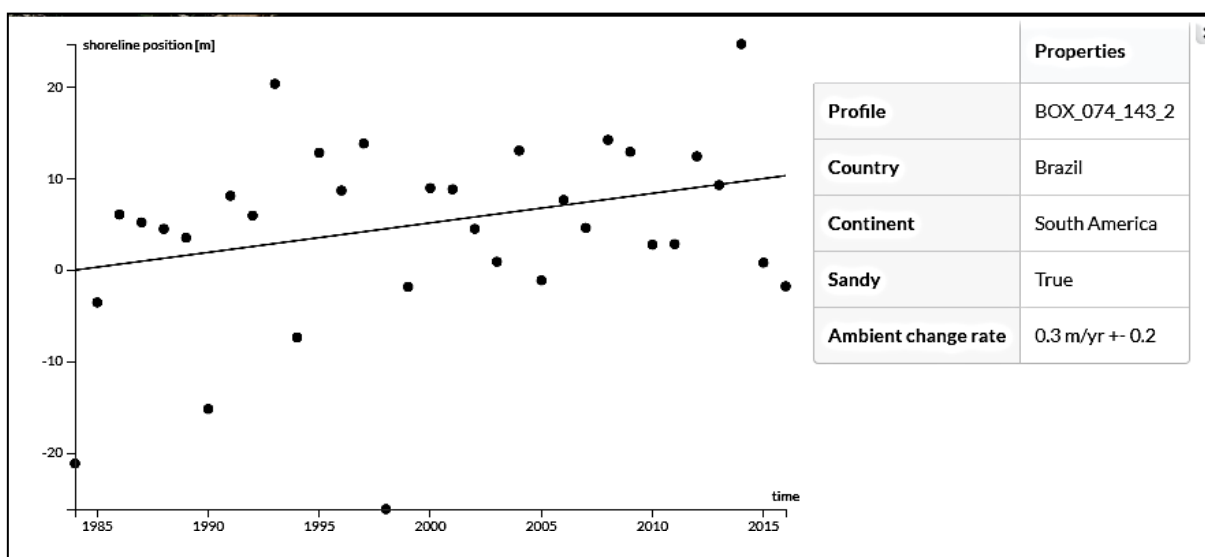
Fonte: Autor

Figura 14 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 07



Fonte: Autor

Figura 15 - Mudanças de longo termo (1984-2016) na seção 08



Fonte: Autor

Tabela 2 - Variação e taxa anual de longo termo (1984-2016) para seções

| Seção | Variação Residual entre 1984-2016 (m) | Taxa média anual (m/ano) | Oscilações da Linha de Praia entre 1984-2016 (m) |
|-------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|
| 1     | -16                                   | -0,5                     | 60                                               |
| 2     | 3,2                                   | 0,1                      | 50                                               |
| 3     | 3,2                                   | 0,1                      | 50                                               |
| 4     | 28,8                                  | 0,9                      | 100                                              |
| 5     | 6,4                                   | 0,2                      | 30                                               |
| 6     | 54,4                                  | 1,7                      | 130                                              |
| 7     | 32                                    | 1,0                      | 80                                               |
| 8     | 9,6                                   | 0,3                      | 45                                               |

Fonte: Autor

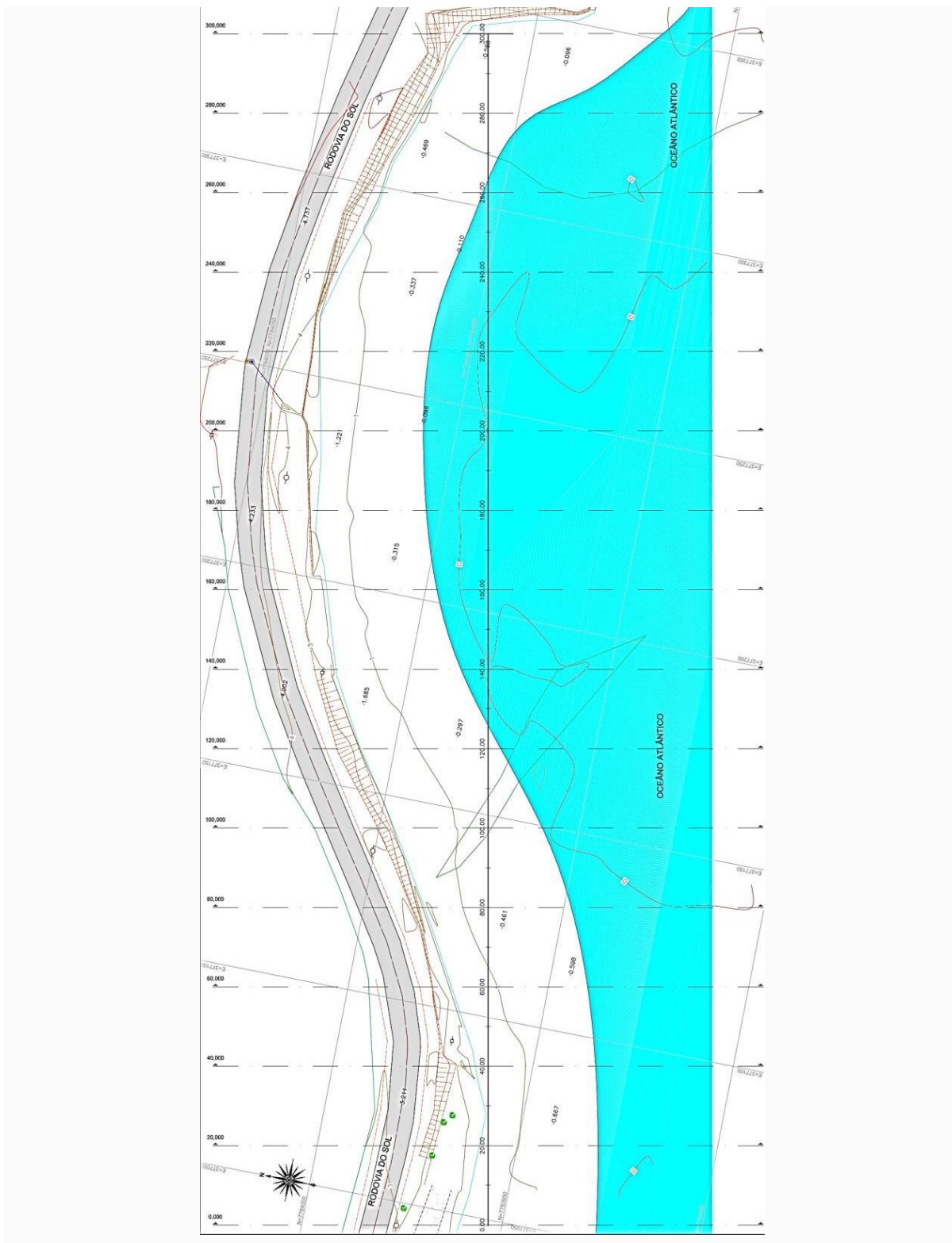
## 8. DADOS UTILIZADOS

Esta seção trata dos levantamentos de campo realizados neste trabalho para embasar o diagnóstico ambiental. Os levantamentos envolveram a realização de topografia da praia, e um diagnóstico hidrossedimentar embasado na análise de fotos aéreas e fotos locais.

### 8.1. TOPOGRAFIA DA PRAIA

Em fevereiro de 2022 foi feita uma campanha de topobatimetria da praia no seu trecho extremo norte. Este levantamento serve de base para a implantação da solução a ser implantada. Além disto, servirá para um futuro acompanhamento do processo erosivo da praia. A Figura 16 mostra o levantamento realizado.

Figura 16 - Levantamento topográfico da praia



Fonte: Autor

## 9. DIMENSIONAMENTO DE PESO DE BLOCOS

Os enrocamentos são estruturas utilizadas para proteger linhas de costa oceânicas, estuarinas ou lacustres do ataque das ondas. Essas estruturas estão submetidas ao ataque de ondas em seu corpo poroso. Dentre vários tipos de materiais, o mais utilizado são blocos de rocha, por ser abundante na natureza, de menor custo e por ter um método construtivo menos complexo. Outros materiais utilizados são blocos artificiais de concreto (cubos, tetrápodes, dolos, etc), gabiões, bolsacreto, geotube, etc. A escolha do material a ser empregado leva em consideração o peso do bloco calculado, a proximidade de pedreiras, a viabilidade de obtenção e transporte de blocos acima de determinado peso, dimensões adequadas da estrutura de abrigo, e metodologia construtiva. O dimensionamento das espessuras das camadas é feito levando-se em consideração a dimensão dos blocos.

### 9.1. DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS DA CARAPAÇA

O cálculo do peso dos blocos de pedra da carapaça é obtido segundo a formulação do Shore Protection Manual - SPM (CERC, 1984), descrita a seguir:

$$W = \frac{\gamma_r H_s^3}{K_D \left( \frac{\rho_r}{\rho_a} - 1 \right)^3 \cotg \alpha}$$

Onde:

$W$  = o peso do bloco na armadura principal ou carapaça (em kgf);

$H_s$ : a altura da onda de projeto (m);

$\gamma_r$  : o peso específico do bloco (2.650 kgf/m<sup>3</sup> para rocha);

$\rho_r$  : a massa específica do bloco (2.650 kg/m<sup>3</sup> para rocha);

$\rho_a$ : a massa específica da água do mar (1.030 kg/m<sup>3</sup> );

KD: o coeficiente de intertravamento (2,0 para onda arrebatando e 4,0 para não arrebatando);

cotg  $\alpha$ : o talude da estrutura (1:1,25 m/m);

Considera-se ainda uma variação do peso dos blocos de:  $W_{\max} = 1,25 W$  e  $W_{\min} = 0,75 W$ ;

O talude escolhido foi de 1(V):1,25(H).

A definição da altura de onda é a máxima possível de atuar no local, o que depende da profundidade da região, que por sua vez é influenciada pelo nível d'água máximo. Considerando que o nível de areia da praia atinja a cota 0,7m, a lâmina d'água ficará em 1,25m. Pelo critério de arrebatamento progressiva, muito utilizado em engenharia costeira, têm-se que a relação entre a altura máxima de arrebatamento ( $H_b$ ) e a lâmina d'água, aqui chamada de profundidade de arrebatamento ( $db$ ), é de  $H_b / db = 0,78$ . Assim, a altura de onda máxima possível no local fica em 0,98 m. Desta forma, esta altura de onda obteve-se pedras da carapaça de peso médio ( $W_{50}$ ) de 0,52 ton. Neste projeto será considerado bloco médio da carapaça com  $W_{50}$  de 0,5 ton com variação do peso dos blocos de 0,37 a 0,63 t.

A camada de pedra inferior deve ter os blocos com peso 10 vezes menores. Assim, os blocos dessa camada devem ter  $W_{50}$  de 0,05 ton com variação do peso dos blocos de 0,04 a 0,06 t.

## **10. ESPECIFICAÇÕES GERAIS DOS ENROCAMENTOS**

### **10.1. DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO**

O trecho a ser recuperado possui cerca de 300m, conforme mostrado Figura 17.

Figura 17 - Trecho a ser recuperado



Fonte: Google Maps

As Figura 18 e Figura 19 mostram a seção tipo projetada. O enrocamento está caracterizado pela locação e seções transversais definidos no Desenho de nas pranchas do arquivo CON-PE-FUN041-COR-072022-R01. A Tabela 3 mostra as áreas e volumes por seção. Já a Tabela 4 mostra os volumes por tipo de pedra e do corte no terreno necessário. Será necessário um volume de 1.242 m<sup>3</sup> de pedras com W50 de 0,05 ton. Já para as pedras com W50 de 0,5 ton. será necessário um volume de 1646 m<sup>3</sup>. A base do enrocamento deve ser escavada para a cota de 1,0 m (IBGE) de forma a aumentar a estabilidade da estrutura em caso de aumentar a erosão costeira. Contudo, essa escavação deve ser feita somente em solo arenoso. Não há necessidade de escavação caso haja rocha na superfície. O volume total estimado de escavação considerando que todo o terreno seja arenoso é de 562 m<sup>3</sup>.

Figura 18 - Seção tipo 0 do enrocamento

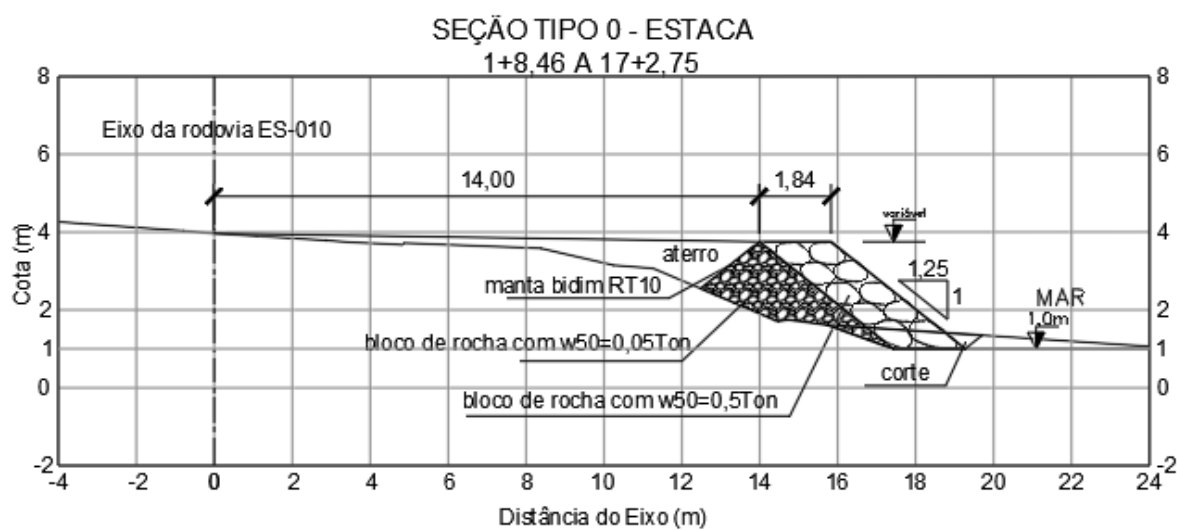


Figura 19 - Seção tipo 01 do enrocamento

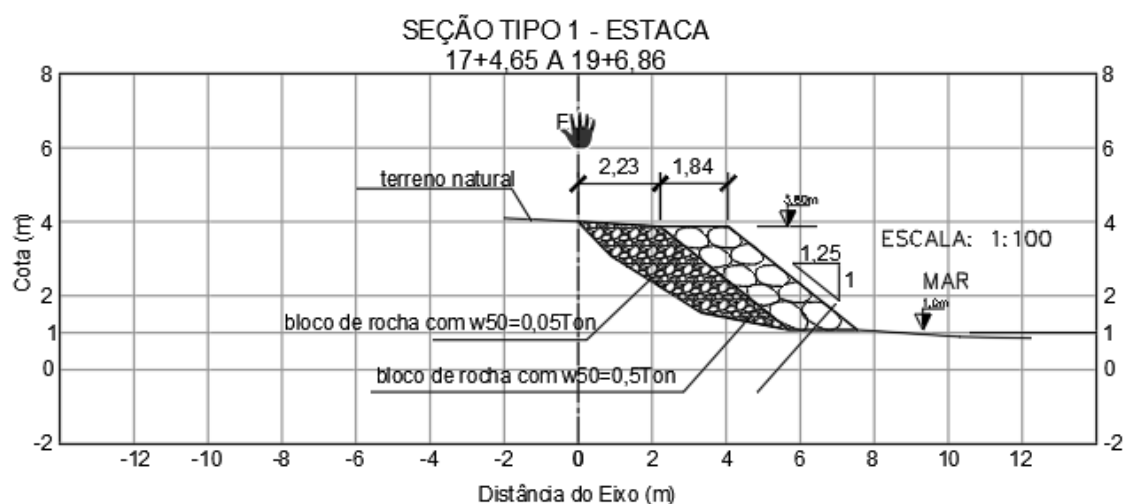


Tabela 3 - Área e volumes do enrocamento

| Estaca  |            | Distância | Área  |                                 |                                 | Volume |                                 |                                 | Volume Acumulado |                                 |                                 |
|---------|------------|-----------|-------|---------------------------------|---------------------------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| inteira | Fracionada |           | corte | Aterro de Pedra 0,04 a 0,06Ton. | Aterro de Pedra 0,37 a 0,63Ton. | corte  | Aterro de Pedra 0,04 a 0,06Ton. | Aterro de Pedra 0,37 a 0,63Ton. | corte            | Aterro de Pedra 0,04 a 0,06Ton. | Aterro de Pedra 0,37 a 0,63Ton. |
| 0       | 0,00       |           |       | 0                               | 0                               |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 0,00      |       |                                 |                                 | 0,00   | 0,00                            | 0,00                            | 0,00             | 0,00                            | 0,00                            |
| 1       | 0,00       |           |       | 0                               | 0                               |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 15,50  | 10,10                           | 38,20                           | 15,50            | 10,10                           | 38,20                           |
| 2       | 0,00       |           | 1,55  | 1,01                            | 3,82                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 86,80  | 51,60                           | 97,30                           | 102,30           | 61,70                           | 135,50                          |
| 3       | 0,00       |           | 7,13  | 4,15                            | 5,91                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 91,80  | 71,10                           | 102,40                          | 194,10           | 132,80                          | 237,90                          |
| 4       | 0,00       |           | 2,05  | 2,96                            | 4,33                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 50,40  | 50,50                           | 89,10                           | 244,50           | 183,30                          | 327,00                          |
| 5       | 0,00       |           | 2,99  | 2,09                            | 4,58                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 57,50  | 53,90                           | 94,30                           | 302,00           | 237,20                          | 421,30                          |
| 6       | 0,00       |           | 2,76  | 3,3                             | 4,85                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 40,70  | 76,40                           | 99,20                           | 342,70           | 313,60                          | 520,50                          |
| 7       | 0,00       |           | 1,31  | 4,34                            | 5,07                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 32,20  | 64,90                           | 103,90                          | 374,90           | 378,50                          | 624,40                          |
| 8       | 0,00       |           | 1,91  | 2,15                            | 5,32                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 37,10  | 41,50                           | 109,30                          | 412,00           | 420,00                          | 733,70                          |
| 9       | 0,00       |           | 1,8   | 2                               | 5,61                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 31,00  | 63,50                           | 114,40                          | 443,00           | 483,50                          | 848,10                          |
| 10      | 0,00       |           | 1,3   | 4,35                            | 5,83                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 33,90  | 102,80                          | 119,20                          | 476,90           | 586,30                          | 967,30                          |
| 11      | 0,00       |           | 2,09  | 5,93                            | 6,09                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 24,40  | 148,10                          | 125,10                          | 501,30           | 734,40                          | 1092,40                         |
| 12      | 0,00       |           | 0,35  | 8,88                            | 6,42                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 3,50   | 184,20                          | 136,50                          | 504,80           | 918,60                          | 1228,90                         |
| 13      | 0,00       |           | 0     | 9,54                            | 7,23                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 0,00   | 131,30                          | 144,10                          | 504,80           | 1049,90                         | 1373,00                         |
| 14      | 0,00       |           | 0     | 3,59                            | 7,18                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 5,90   | 79,30                           | 123,20                          | 510,70           | 1129,20                         | 1496,20                         |
| 15      | 0,00       |           | 0,59  | 4,34                            | 5,14                            |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            |           |       |                                 |                                 |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
| 20      |            |           | 0     | 5,4543                          | 5,1365                          |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 20,00     |       |                                 |                                 | 0,00   | 109,09                          | 102,73                          | 510,70           | 1238,29                         | 1598,93                         |
| 21      |            |           | 0     | 5,4543                          | 5,1365                          |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            | 21,60     |       |                                 |                                 | 0,00   | 117,81                          | 110,95                          | 510,70           | 1356,10                         | 1709,88                         |
| 22      | 1,6        |           | 0     | 5,4543                          | 5,1365                          |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
|         |            |           |       |                                 |                                 |        |                                 |                                 |                  |                                 |                                 |
| Total   |            |           |       |                                 |                                 |        |                                 |                                 | 510,70           | 1356,10                         | 1709,88                         |

Fonte: Autor

Tabela 4 - Volumes por tipo de pedra

|                                               | Volume aparente (m³) | Volume aparente com perdas (10%) (m³) |
|-----------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| <b>Pedra 0,04 a 0,06Ton - W50&gt;0,05Ton.</b> | 1356                 | 1492                                  |
| <b>Pedra 0,37 a 0,63Ton - W50&gt;0,5Ton.</b>  | 1710                 | 1881                                  |
| <b>Cortes</b>                                 | 511                  | 562                                   |

Fonte: Autor

## **11. REFERÊNCIAS TOPOGRÁFICAS**

As plantas que definem a rede Planialtimétrica da região estão referidas ao sistema de coordenadas plano-retangulares UTM, sistema de Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e Datum SIRGAS 2000. Já as altitudes deverão ser amarradas ao Datum vertical do IBGE de Imbituba. Os marcos que servirão de amarração topográfica deverão ser mantidos pela Empreiteira, convenientemente aferidos em relação às coordenadas UTM que serviram de base para os dados de locação das obras.

## **12. ESPECIFICAÇÕES DE CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE EXECUÇÃO**

### **12.1. CARACTERÍSTICA DO ENROCAMENTO**

#### **12.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

As pedras destinadas à construção do enrocamento deverão situar-se dentro das especificações de qualidade e forma geométrica exigidas no projeto. As pedras deverão ser perfeitamente sãs, duras, de superfícies angulosas e sem qualquer vestígio de alteração ou possibilidade de alteração futura pela ação da água do mar ou das intempéries.

#### **12.1.2. ROCHA ALTERADA**

Quando houver ocorrência de veios de rocha com suspeita de alteração, serão feitos testes para determinação da adequabilidade da pedra do enrocamento. A rocha alterada removida para exploração da rocha sã não poderá ser aproveitada no enrocamento.

#### **12.1.3. FORMA GEOMÉTRICA DAS PEDRAS**

As pedras da camada não devem ser chatas nem alongadas, devem possuir forma geométrica o mais próxima possível da cúbica, com faces aproximadamente retangulares, onde a dimensão maior será, no máximo, o triplo da menor.

### **13. EXECUÇÃO DE CONTENÇÃO**

Antes de realizar a limpeza e locação da obra deverá ser realizado uma barreira provisória a margem da praia para que as obras possam ser executadas. A barreira prevista foi do tipo estaca prancha metálica com largura de 400mm.

A estaca deve ser cravada no solo com ficha de um metro de comprimento de forma justaposta

A limpeza do terreno compreende as operações de remoção de material vegetal e outros, tais como: árvores, arbustos, tocos, raízes, entulhos, matacões, além de qualquer outro considerado como elemento de obstrução. Os serviços devem ser executados utilizando-se equipamentos adequados, complementados com o emprego de serviço manual. Para as tarefas de limpeza de terreno é mais indicada a utilização de retroescavadeira. Quando da ocorrência de vegetação de porte reduzido ou médio (até 15 cm de diâmetro, medido a uma altura de 1,00 m do solo) a limpeza, em termos práticos, deve compreender apenas o desmatamento – que pode ser qualificado como leve ou pesado, conforme a altura e/ou a quantidade de árvores. A limpeza deve ser sempre iniciada pelo corte das árvores e arbustos de maior porte, tomando-se os cuidados necessários para evitar danos às árvores a serem preservadas, linhas físicas aéreas ou construções nas vizinhanças. Para a maior garantia/segurança as árvores a serem cortadas devem ser amarradas e, se necessário, o corte deve ser efetuado em pedaços, a partir do topo. Na operação de limpeza, quando o terreno for inclinado, o trator deve trabalhar sempre de cima para baixo.

A locação geral da obra deverá ser feita por profissionais habilitados acompanhada de profissional legalmente habilitado, e será indicada no projeto compreendendo o eixo longitudinal e as referências de nível. Todos os materiais para a locação (marcas, balizas, piquetes) devem satisfazer às especificações aprovadas pela fiscalização. Para a execução deste serviço deverão ser utilizados equipamentos topográficos de precisão, inclusive sistema de nivelamento a laser para controle horizontal, vertical e de

alinhamento, bem como seus acessórios. Todo equipamento e pessoal para sua realização deverá ser fornecido pela contratada, antes do início da execução de cada etapa de obra, bem como estar à disposição quando indicação da fiscalização, devendo estar de acordo com esta especificação, sem o que não será dada a ordem para o início do serviço. Após os serviços preliminares, será procedida a locação da obra seguindo rigorosamente as indicações de projeto ou aquelas apontadas pela fiscalização. Caso seja verificada discrepância, entre as reais condições do terreno e os elementos do projeto, deverá ser comunicado, por escrito, à fiscalização, que providenciará a solução do problema. A Contratada deverá dispor de equipe topográfica, com profissionais experientes e instrumentos adequados para os serviços de locação e acompanhamento da obra.

Os serviços de escavação deverão ser executados de forma manual e mecanicamente através de retroescavadeiras, conforme avança a execução do enrocamento, sendo que o serviço de escavação será executado na presença de água (reduzidor de produtividade). A conformação final da cava deverá seguir o projeto e ser acompanhada pela Fiscalização, respeitando o alinhamento e cotas indicados no projeto. A escavação compreenderá a remoção de qualquer material até as linhas e cotas especificadas no projeto e ainda a descarga do material excedente (não utilizado no reaterro).

A execução do enrocamento consiste no lançamento de pedras de tamanhos variados, tomando cuidado para que as pedras de maiores dimensões que comporão a proteção do núcleo permaneçam na parte externa dos taludes, área mais exposta à ação das ondas e correntes.

Os equipamentos trabalharão sobre a estrutura do existente, à medida que a obra avança. As principais etapas de execução do molhe são:

- Assegurar a correta alocação do enrocamento através do acompanhamento dos trabalhos de lançamento dos blocos de pedras por uma equipe de topografia que executará o balizamento do molhe;
- Implantar marcos de proteção e sinalização, inclusive no mar, que deverá seguir os padrões de Capitania dos Portos;

- Após isso, iniciar o lançamento dos blocos de pedra, que poderá ser através de caminhão basculante;
- A disposição das pedras de menor granulometria deverá ser realizada de forma manual. Para as rochas de maior granulometria, quando necessário, a disposição destas deverá ser realizada com o auxílio de guindastes para içamento. Para ambos os casos, sua disposição deve apresentar um conjunto estável e livre de grandes vazios. Ainda, a disposição das mesmas deve ser executada de modo que as faces visíveis do enrocamento fiquem uniformes, sem depressões ou saliências maiores que a metade da maior dimensão das pedras utilizadas;

As pedras destinadas à construção dos enrocamentos deverão situar-se dentro das especificações de qualidade e forma geométrica exigidas no projeto. Deverão ser perfeitamente sãs, duras, de superfícies angulosas e sem qualquer vestígio de alteração ou possibilidade de alteração futura pela ação da água do mar ou das intempéries. Não poderão fazer parte do material do enrocamento materiais como: vegetais, argilas, terras ou outros materiais estranhos à rocha.

Os blocos de rocha não deverão possuir vazios, fissuras, superfícies de fratura nem outras imperfeições ou defeitos que possam favorecer às fraturas nas operações de transporte e colocação assim como durante sua exposição às intempéries. As pedras das camadas não devem ser chatas nem alongadas, devem possuir forma geométrica o mais próxima possível da cúbica, com faces aproximadamente retangulares, onde a dimensão maior será, no máximo, o triplo da menor.

O controle será visual, de forma a garantir uma boa qualidade dos materiais empregados, não sendo permitida a utilização de rocha alterada ou blocos com dimensões fora dos limites estabelecidos no projeto.

O arranjo das pedras em contato com o solo, deverá ser realizado de modo que suas arestas fiquem voltadas para o chão e penetrem tanto quanto

possível na superfície do terreno inferior, melhorando a resistência do conjunto Figura 20.

Figura 20 - Assentamento de pedras



Fonte: Adaptada (BRANCO, 1981)

Deverá ser feita a verificação da configuração geral dos dispositivos após a execução do enrocamento, no que se refere à sua geometria, declividade e homogeneidade, visualmente ou, a critério da fiscalização, através de edições topográficas e nivelamento geométrico.

A aplicação das mantas geotêxteis devem atender ao especificado em projeto, e as recomendações dos fabricantes quanto aos cuidados necessários na aplicação do material. As mesmas deverão ser dispostas na região do enrocamento que entrará em contato com o aterro. As uniões longitudinais e transversais das mantas de geotêxteis devem ter sobreposição de 30 cm a 45 cm, ou conforme especificações dos fabricantes. Durante o desenvolvimento das obras deve ser evitado o tráfego desnecessário de pessoal ou equipamentos sobre a manta geotêxtil aplicada, evitando sua danificação. Após aplicação da manta geotêxtil deve-se verificar se o recobrimento é adequado e se não existem rupturas, enrugamentos ou ondulações.

Para execução dos aterros, é necessário que o terreno que irá receber o material esteja limpo e livre de material orgânico que prejudique a estabilidade do mesmo. Para garantir a efetiva precisão, é necessário que haja a locação dos eixos e offsets por Topografia. A terraplenagem deve ser executada em camadas sucessivas e compactadas a cada no máximo 30 cm, e as 3 últimas camadas a cada no máximo 20 cm. As camadas do solo devem ser

compactadas em conformidade com o definido no projeto de Terraplenagem. Todo o aterro constante na obra deve ser compactado considerando grau de compactação de 100% do proctor normal.

Para os trechos os quais a condição mínima de compactação não for atingida, deve ser realizada a escarificação, homogeneização, umidade adequada e novamente compactados conforme projeto de Terraplenagem. Devem ser utilizados materiais de Primeira Categoria na confecção dos aterros. Observar e seguir as premissas da ABNT NBR 7182 e NORMA DNIT108/2009.

## **14. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este Memorial Descritivo atende perfeitamente aos objetivos da construção da Contenção do trecho da Orla de Praia Grande – Fundão/ES. A utilização deste material exerce papel fundamental na garantia da funcionalidade e no conforto de usuários e vizinhança.

## **15. REFERÊNCIA**

BRANCO, J. (1981). **Manual do Pedreiro**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

CERC. (1984). **Shore Protection Manual**. Vol.1-2, Department Of The Army Of Engineers. Washington D.C.: U.S.Army Corps.

Instituto Água e Terra do Paraná. (2021). **Projeto Executivo de Proteção da Orla de Matinhos**. Rio de Janeiro: AQUAMODELO.

NUNES, A. (2007). **Determinação das Marés Meteorológicas na Região da Baía do Espírito Santo e sua Influência na Drenagem de Águas Continentais**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

---

Sinval Ladeira