

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO**  
**PROJETO DE CONTENÇÃO DA LINHA COSTEIRA**

Contrato DJ 023-2021

PROJETO DE CONTENÇÃO DE LINHA COSTEIRA DE PIÚMA-ES

Volume 1

Elaboração:

Presidente Kennedy-ES

Dezembro/2021

## Sumário

1.	APRESENTAÇÃO .....	3
2.	LOCALIZAÇÃO.....	3
3.	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO.....	4
3.1	SITUAÇÃO E CLIMA.....	4
3.2	EROSÃO COSTEIRA .....	5
3.3	PANORAMA DA EROSÃO EM PIÚMA.....	6
3.4	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO DE INTERVENÇÃO .....	13
4.	PROPOSTA DE SOLUÇÃO .....	24
4.1	Materiais empregados .....	28
4.2	Técnica de construção .....	28
4.3	Interferências arquitetônica .....	29
4.4	BIBLIOGRAFIA .....	31

## 1. APRESENTAÇÃO

A América Latina Engenharia Eireli empresa responsável pela prestação de serviços especializados de elaboração de projetos executivos de sistemas viários e obras de arte especiais nos municípios, no estado do Espírito Santo, apresenta o estudo preliminar de projeto de estabilização da linha da costa na praia Central de Piúma.

O projeto consta de quatro volumes, sendo estes:

- VOLUME 1 – ESTUDOS PRELIMINARES
- VOLUME 2 – RELATÓRIO TÉCNICO DE PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÃO
- VOLUME 3 – PROJETO EXECUTIVO
- VOLUME 4 – RELATÓRIO DE CONTROLE AMBIENTAL

## 2. LOCALIZAÇÃO

Figura 1 - Trecho para estabilização da linha costeira

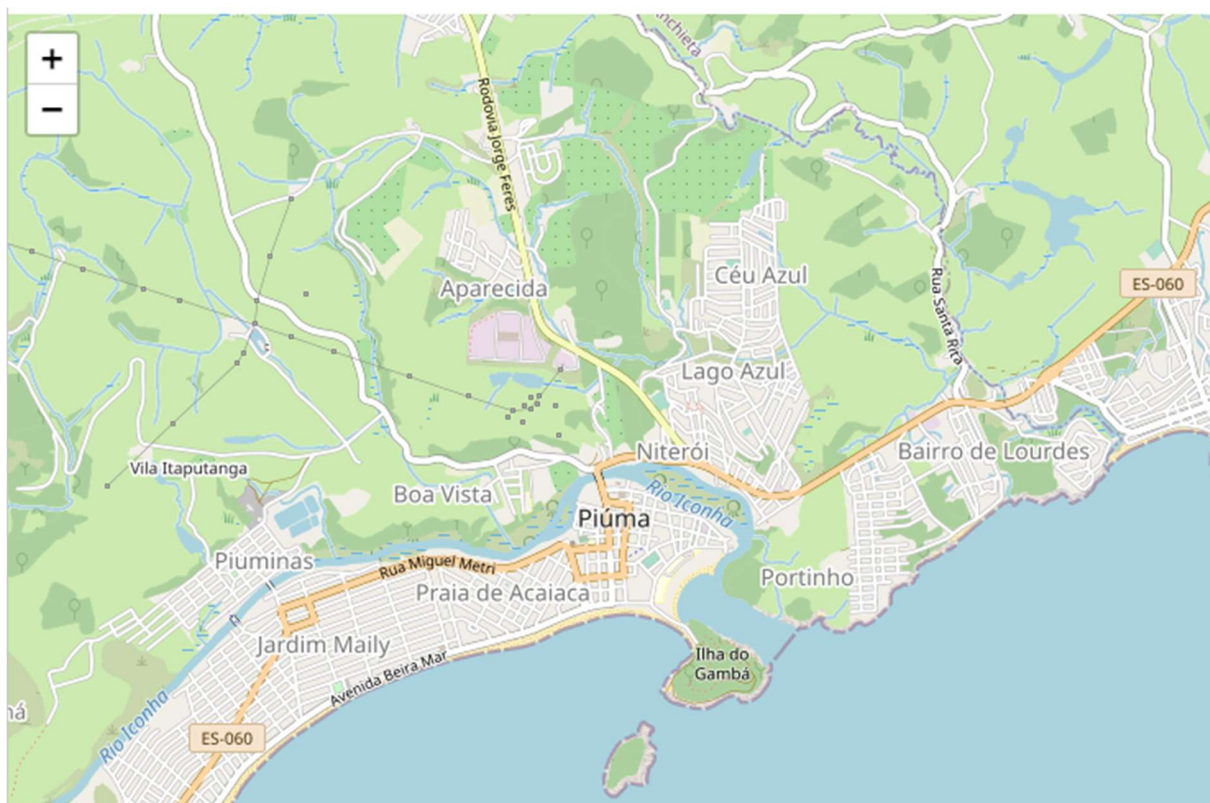


### 3. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

#### 3.1 SITUAÇÃO E CLIMA

O município de Piúma está localizado no litoral centro-sul do estado do Espírito Santo ( $40^{\circ}43'24''W$ ;  $20^{\circ}50'26''S$ ) e ocupa uma área de 73 km<sup>2</sup> com uma faixa litorânea de 8,7 km. Limita-se ao norte com o município de Anchieta, a Leste com o oceano Atlântico e a oeste com os municípios de Iconha e Rio Novo do Sul (ROCHA, 2003).

Figura 2 Mapa geográfico Piúma-ES



Fonte: Cidade Brasil, acesso em 08/12/2021

Piúma possui clima quente, amenizado pelos fortes ventos marítimos, sendo que no verão o clima é semiúmido. A temperatura média anual é de 22,6 °C e a precipitação é de 957 mm. A umidade do ar apresenta uma média anual de 80% e cresce, ligeiramente, do litoral para o interior. A direção predominante dos ventos na região é a de nordeste, seguido pelos ventos de norte. Na região costeira a temperatura média da água varia entre 23,5 °C na superfície e 23 °C no fundo. A maré é semidiurna e sua amplitude máxima é de 1,5 m referente ao Porto de Ubú (40°32,2"W; 20°44,7'S). A corrente oceânica de superfície apresenta valores médios de velocidade de 0,25 e 0,35 m/s, no inverno e no verão respectivamente, sendo a direção predominante a de SSW (CEPEMAR, 1999 apud ROCHA, 2003).

### 3.2 EROSÃO COSTEIRA

A erosão da linha costeira pode ser devida a causas naturais e antrópicas. As causas naturais estão atreladas a variações do nível do mar, instabilidade tectônica, subsidência e soerguimento isostático, mudanças climáticas, mudanças de posição do geoide e agentes meteorológicos e oceanográficos. Estes fatores ocupam papel secundário para curta duração.

As causas antrópicas estão atreladas a impermeabilização de dunas, implantação de obras de engenharia costeira, implantação de barragens, retirada de areia da praia, impermeabilização do substrato geológico e ação humana irregular que avança em relação à linha da praia.

Albino et al. (2001) sustenta que os condicionantes para a erosão costeira no litoral do ES estão mais associados à ocupação das faixas de praia e aos usos e intervenções na linha de costa do que propriamente aos forçantes naturais.



### 3.3 PANORAMA DA EROSÃO EM PIÚMA

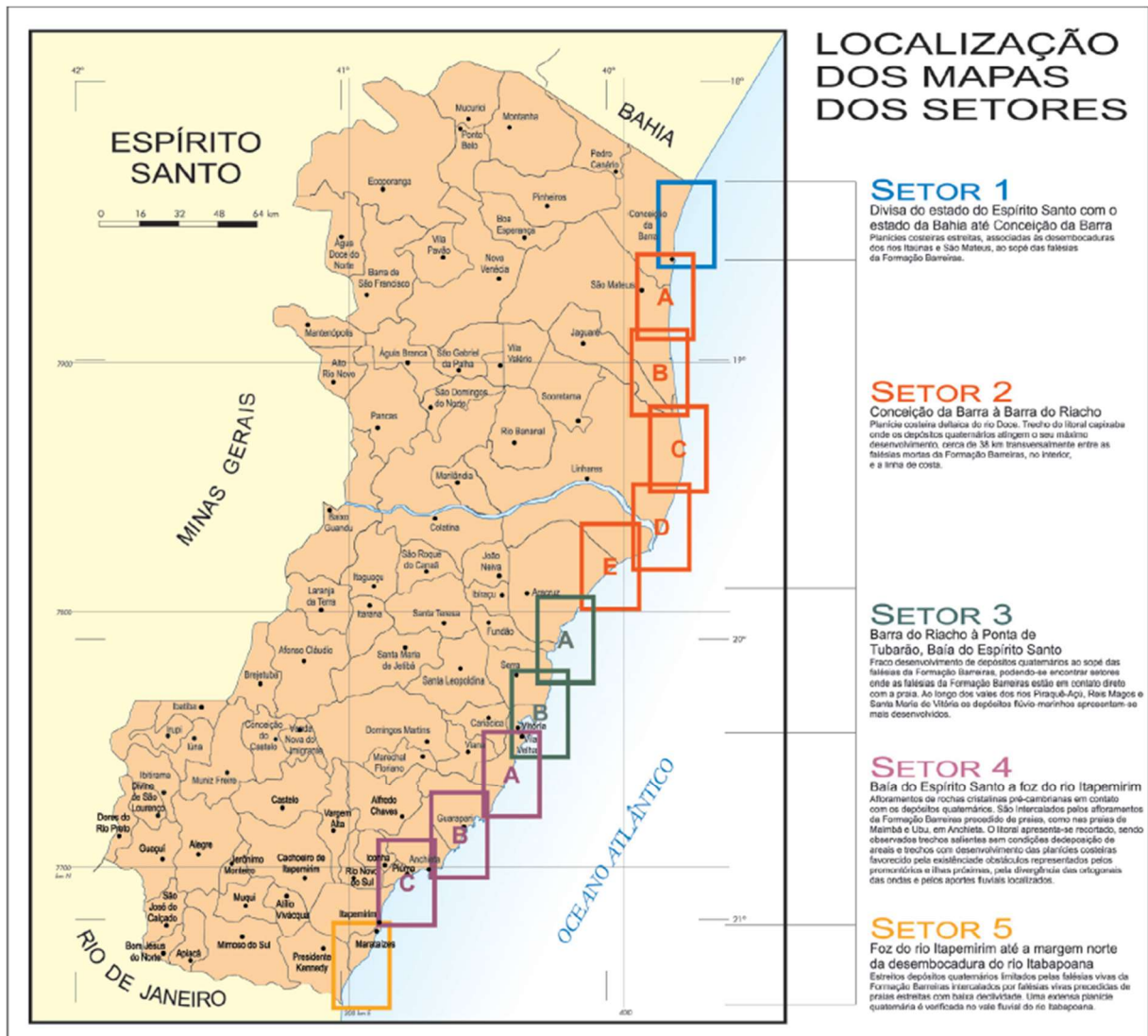
São escassos os dados acerca do litoral espírito-santense e consequentemente de Piúma. Contudo, foi possível levantar materiais nos quais é possível extrair informações que ilustram a situação do litoral de Piúma.

Constituindo o litoral do Estado são reconhecidas três unidades geomorfológicas distintas: os tabuleiros terciários da Formação Barreiras, os afloramentos e promontórios cristalinos pré-cambrianos e as planícies flúvio-marinhas quaternárias.

A Formação Barreiras estende-se ao longo de todo litoral podendo estar hoje na paisagem na forma de falésias vivas, falésias mortas e terraços de abrasão marinha. Estes últimos encontram-se distribuídos caoticamente na praia, onde são expostos durante a maré baixa, e na plataforma continental interna nos trechos onde, conforme sugerido por King (1956), uma estrutura monoclinal íngreme ocasionou o soerguimento da superfície terciária, em relação ao nível do mar, durante o Terciário médio.

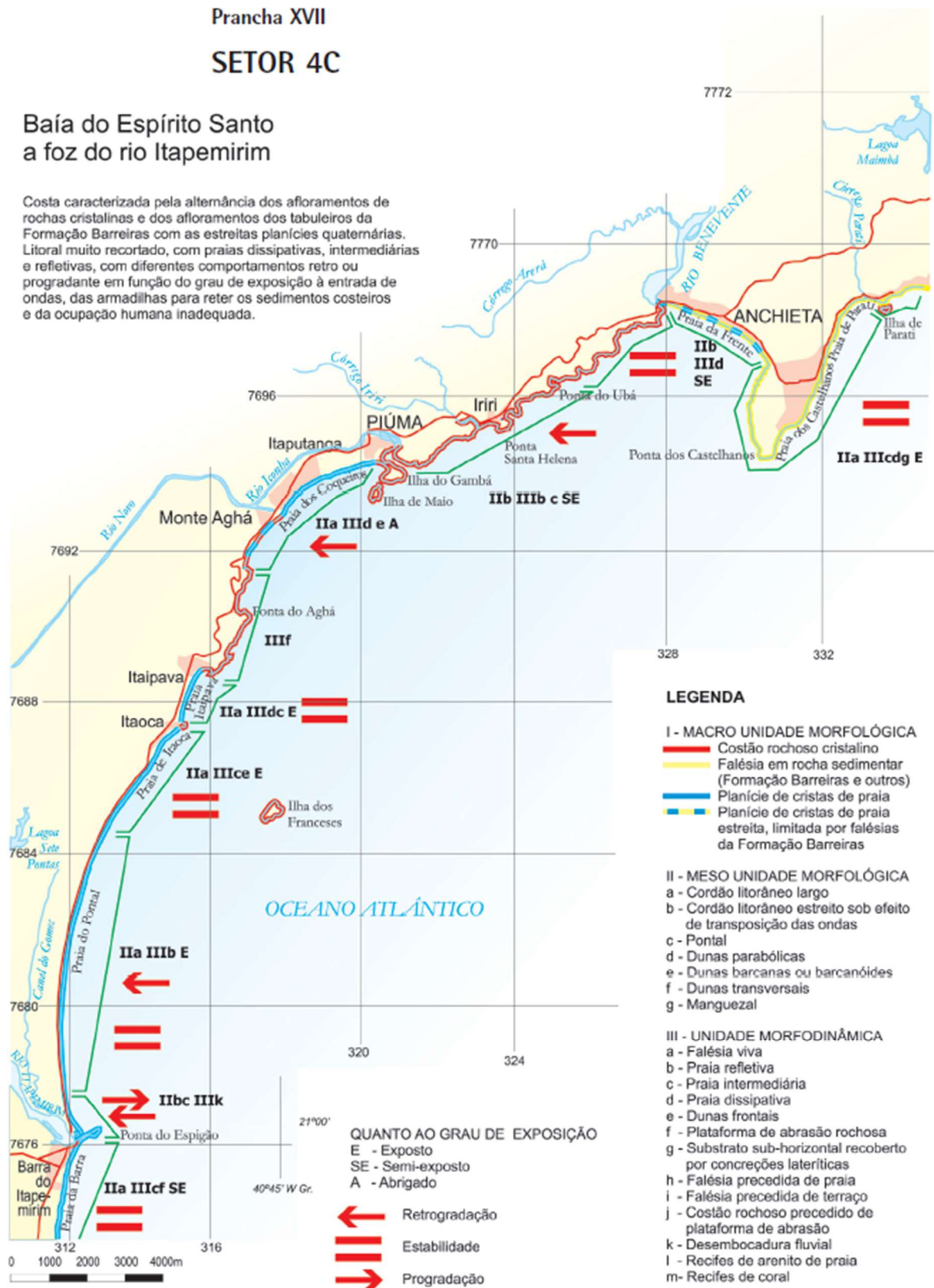
Martin et al (1996), classificou as unidades costeiras e à tendência erosiva, progradacional ou estável da costa são apresentados subdivididos nos setores morfológicos, conforme apresentado abaixo.

FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DOS SETORES



Piúma está situada no setor 4 C, cuja as características são apontadas na Figura 4.

Figura 4 Especificações Setor 4C





No setor 4C a costa é caracterizada pela alternância dos afloramentos de rochas cristalinas e dos afloramentos dos tabuleiros de formação barreiras com as estreitas planícies quaternárias. Litoral muito recortados com praias dissipativas, intermediárias e reflexivas, com diferentes comportamentos retro ou progradante em função do grau de exposição à entrada de ondas, das armadilhas para reter os sedimentos costeiros e da ocupação humana inadequada.

A costa de Piúma é caracterizada por cordões litorâneos largos e praia refletiva e está sujeita a retrogradação. Intensificada durante a passagem de frentes frias.

As praias refletivas têm como principal característica são caracterizadas por se estabelecerem em regiões protegidas, com grande declividade, tamanho dos grãos maior, incidência de ondas sobre a face da praia, menor diversidade, são praias mais sensíveis à poluição pela baixa capacidade de dispersão de contaminantes e são ambientes que dependem do aporte de nutrientes externos para a sua manutenção. (Zona costeira, acesso em 08/12/2021)

Figura 5 Exemplo de Cordão Litorâneo



Fonte: Zona costeira, acesso em 08/12/2021

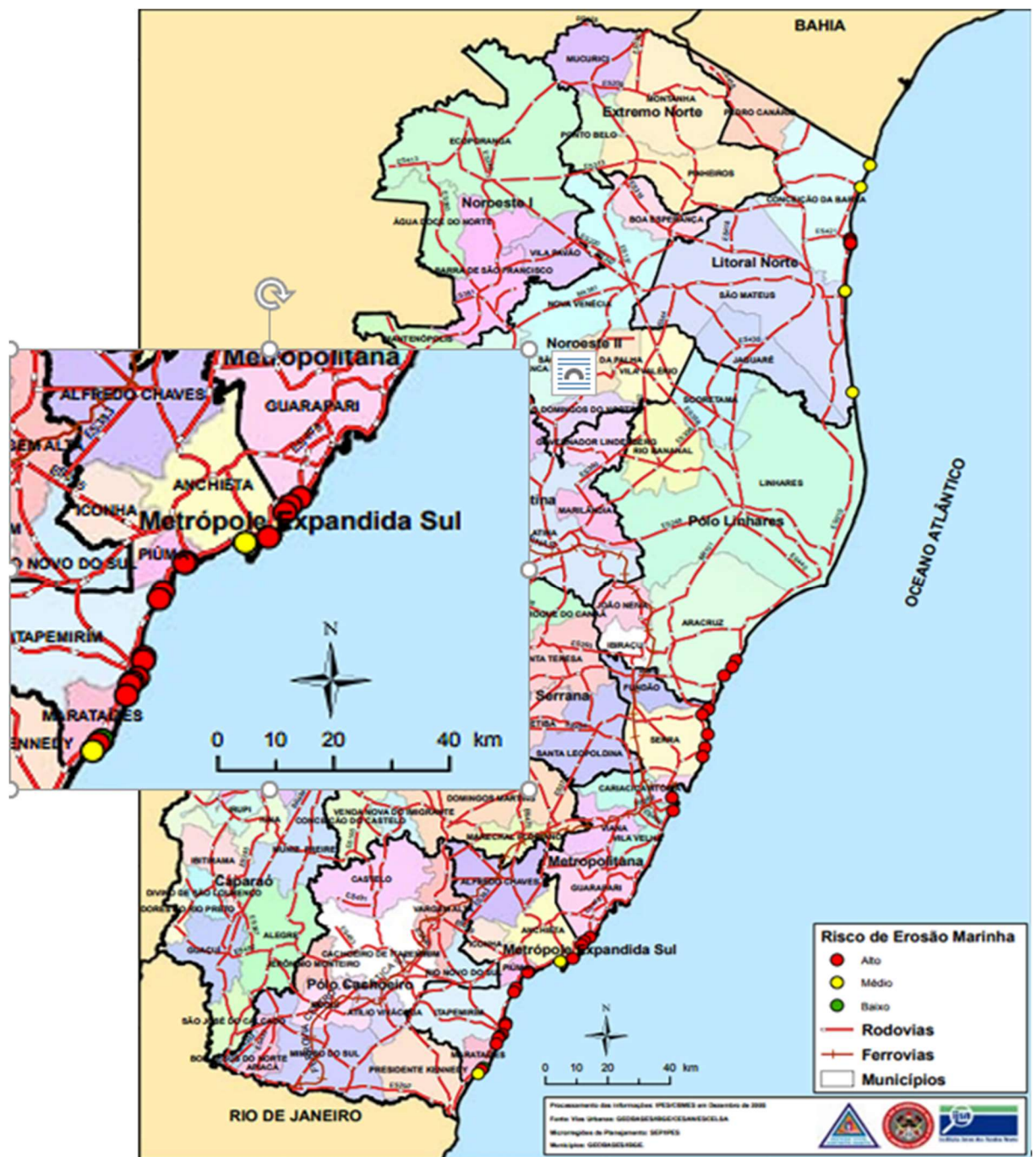
Figura 6 Exemplo de Praia Refletiva



Zona costeira, acesso em 08/12/2021

De acordo com o ATLAS das áreas com potencial de riscos da defesa civil do estado do Espírito Santo, publicado em 2006. Piúma está em área de alto risco de erosão marinha. O ATLAS apresenta as coordenadas UTM de cada região e a classificação de probabilidade de ocorrência de erosão marinha.

Figura 7 Atlas de risco de erosão marinha

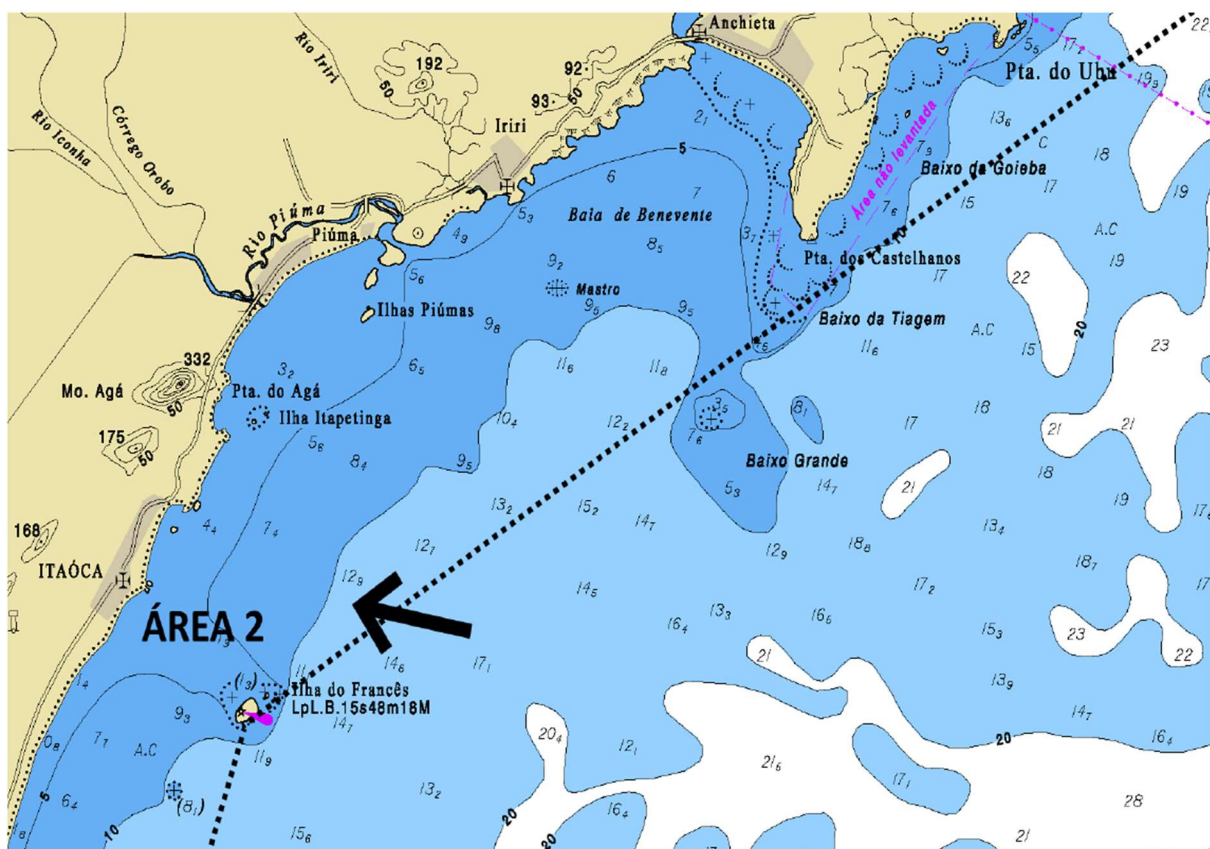


Ainda no ATLAS, a defesa civil recomenda que sejam planejadas medidas preventivas e mitigadoras, como intervenções de engenharia, para as áreas de maiores riscos de erosão.

A figura 5 apresenta a carta náutica do litoral de Piúma.



Figura 8 Batimetria do litoral de Piúma



Fonte: NPCP-ES, 2020

Segundo (Albino, 1999) A altura das ondas significativas atinge 1,5 m, com períodos que não ultrapassam 9,5 s. As ondas de maior frequência apresentam altura variando de 0,6 a 0,9 m, com períodos de 5 a 6,5 s. Esta região apresenta regime de micro marés, com amplitudes variando 1,4 a 1,5 m, atingindo 1,7 m de altura em períodos de maré sizígia, que são as marés que ocorrem durante a lua nova ou lua cheia e têm como principais características preamares de grande altura e baixa-mares muito baixas.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO DE INTERVENÇÃO

O trecho no qual será executada a obra de contenção possui forma arqueada com 751,00m de extensão e está situado entre as coordenadas 318939.00m E / 7693944.00 S e 319646.00m E / 7694191.00m S. A cota média da via acima da praia é de 3,00m de altitude e a caracterização do solo constituinte é apresentada nos relatórios de sondagem.

A partir dos dados levantados anteriormente, vê-se que há um avanço natural do mar em relação a costa de Piúma que é intensificado pela ação das frentes frias, superando as alturas médias indicadas por Albino (1999), acarretando na ascensão do mar para as vias urbanas.

Figura 9 - Avanço do mar na orla de Piúma



Fonte: A gazeta (<https://www.agazeta.com.br/es/sul/mare-destroi-calcada-e-chega-a-avenida-em-piuma-0418>)



Figura 10 - Avanço do mar na orla de Piúma



Fonte: A gazeta (<https://www.agazeta.com.br/es/sul/mare-destroi-calcada-e-chega-a-avenida-em-piuma-0418>)

O litoral de Piúma, em sua maior parte é desprovido de falésias e, portanto, não possui contenção natural ao avanço do mar, o mesmo ocorre no trecho em questão. A ação hídrica no trecho em questão funciona como grandes martelos hidráulicos sobre o relevo litorâneo, provocando a desagregação da costa.

Figura 11 Ilustração da ação das águas na costa

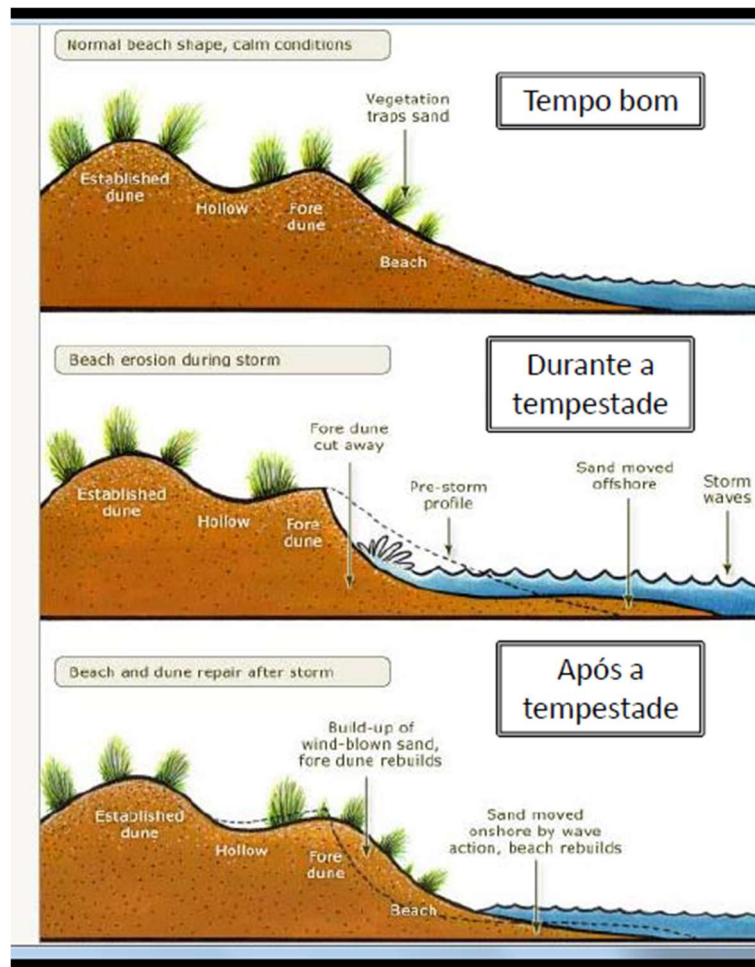
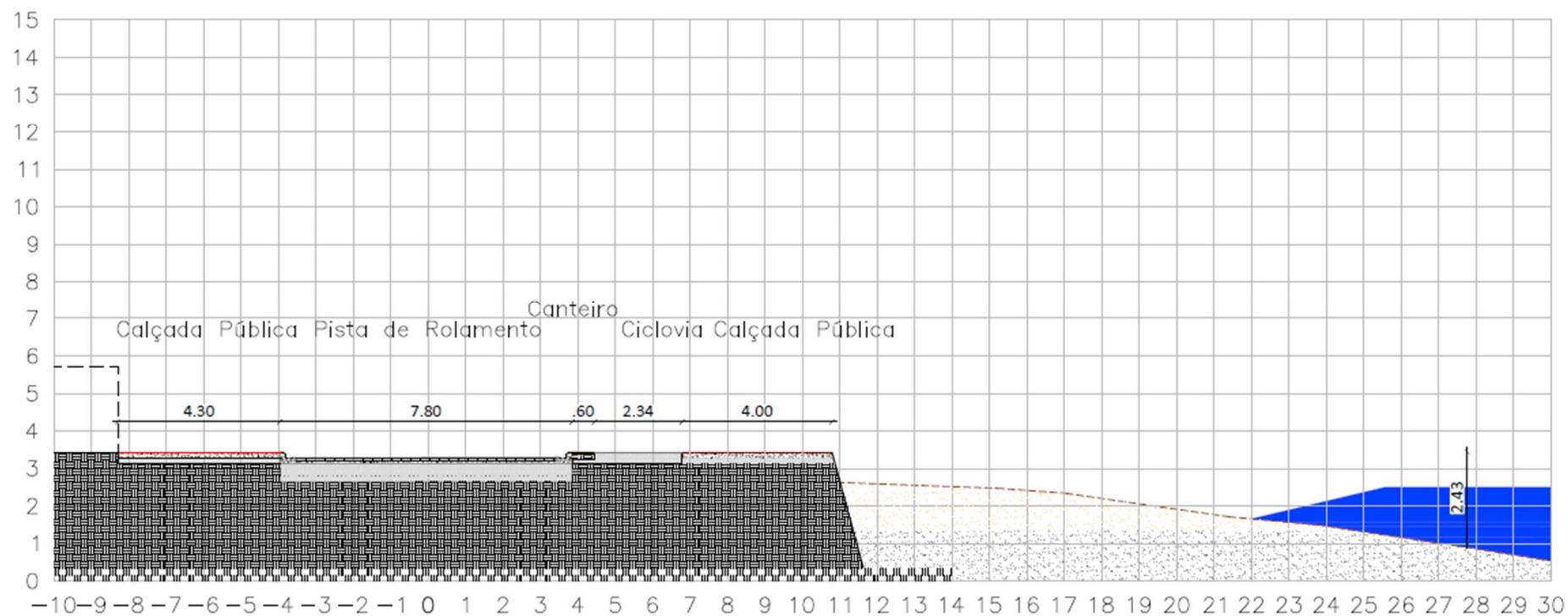


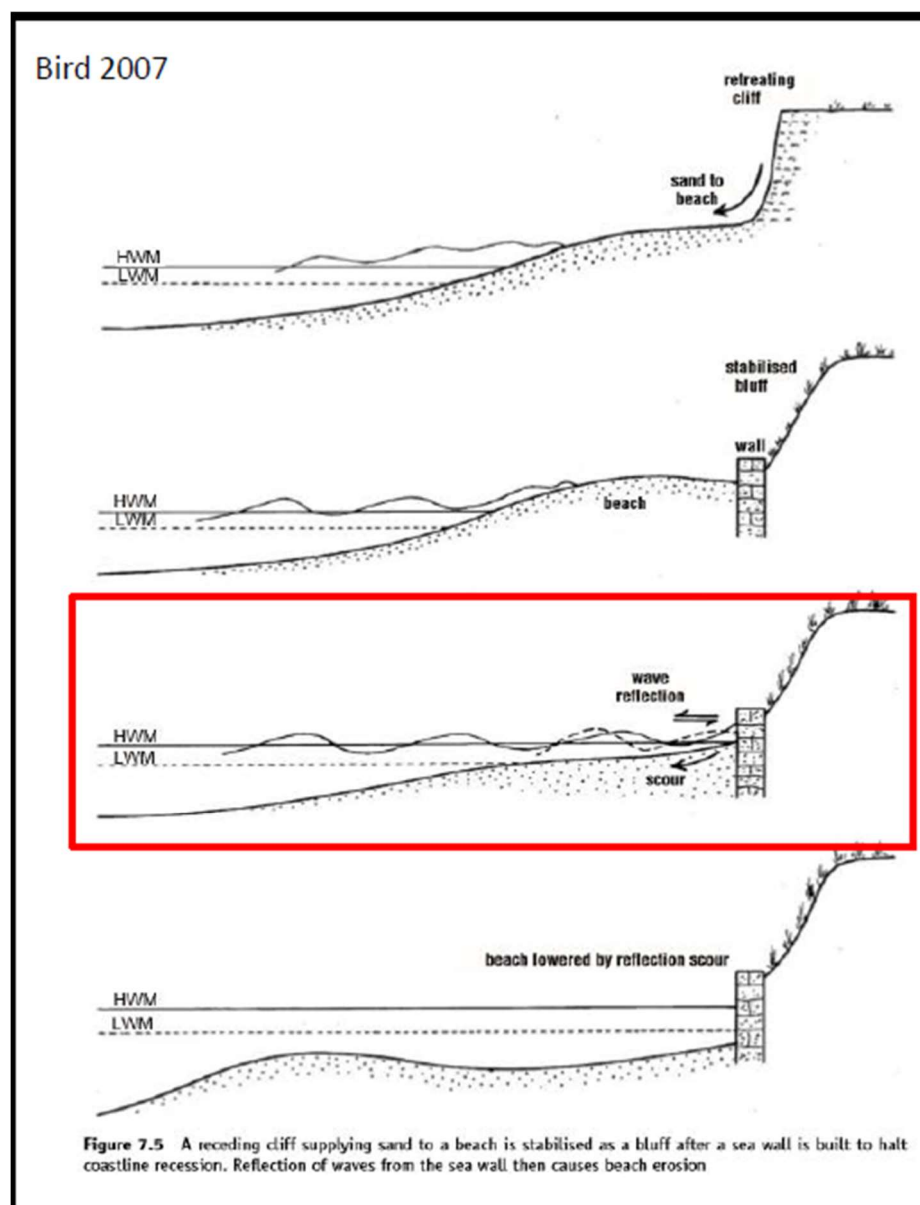
Figura 12 Perfil Topográfico



Este fato evidencia a necessidade de uma blindagem da costa de forma a conter e refletir o avanço das ondas do mar. Uma solução é o uso de estruturas de contenção duras, de forma a suportar a energia das ondas e conter o avanço do mar no continente.

Contudo soluções de Estruturas duras limitam aporte e balaço de sedimentos e aceleram a destruição da praia, comprometendo a função de recreação. (Dra. Giseli Machado, 2018)

Figura 13 - Atuação de estrutura de contenção dura



(Bird 2007)

### 3.5 ONDA DE PROJETO

Para o projeto desses tipos de estruturas, a altura efetiva de onda ( $H_s$ ) pode ser calculada por análise estatística dos dados medidos por ondografias colocadas em um local pré-determinado (de preferência o mais próximo possível do local de trabalho), ou por um atlas de ondas, ou ainda por um modelo matemático baseado em dados meteorológicos.

No estudo em questão a altura de onda foi calculada em função da profundidade, pois em regiões rasas, a profundidade é um limitante da altura das ondas.

Conforme estudos realizados junto ao engenheiro Pablo Merlo Prata, neste cenário, o nível d'água representa um papel importante no ataque das ondas, com consequente acúmulo de água junto à costa, o que permite que ondas atinjam a praia com maior energia, devido um aumento momentâneo da altura da coluna d'água, promovido pela ação combinada das marés, ondas e ventos (maré meteorológica).

A influência da maré astronômica por sua vez, é conhecida a partir das constantes harmônicas, as quais são obtidas das medições de níveis d'água. Para a praia em apreço, o nível máximo de sizígia é 1,70 m conforme medições realizadas por INPH (2009).

A essa altura de coluna d'água acrescenta-se 0,40 m decorrente do efeito do empilhamento de água devido à ação do vento, resultando num nível d'água de 2,10 m.

A onda ao se aproximar da profundidade de quebra ( $\gamma_{m\acute{a}x}$ ) aumenta sua esbeltez e consequente arrebenta, respeitando a razão:

$$\gamma_{m\acute{a}x} = \frac{H}{h} = 0,78 \quad (4)$$

Onde:

$H$  = altura da onda;

$h$  = profundidade.

Considerando a relação acima, temos para uma profundidade de 2,10 m uma altura de onda de 1,638 m ~ 1,70 m, sendo portando a  $H_s$  de projeto.



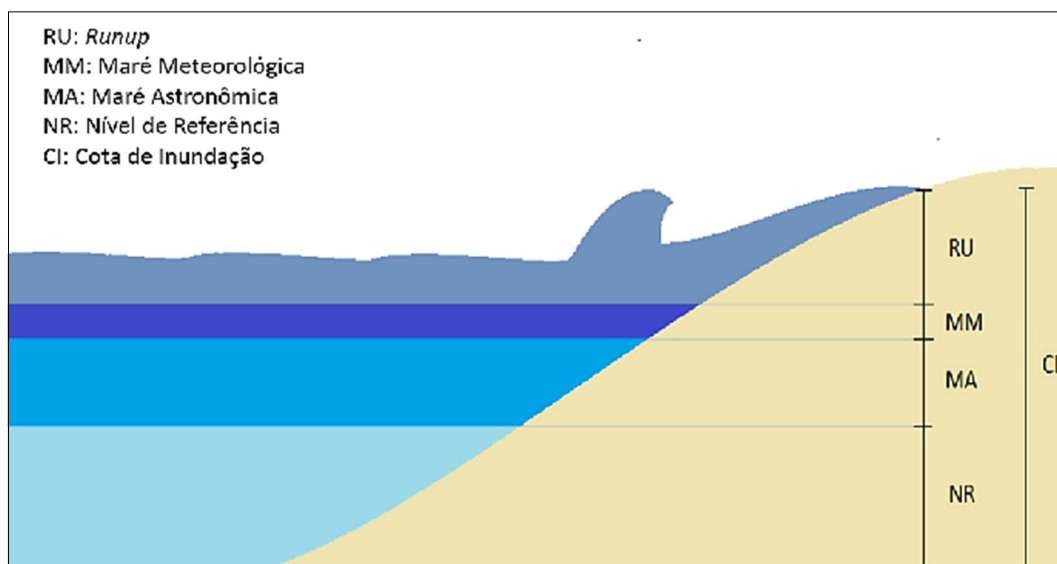
### 3.6 DETERMINAÇÃO DA COTA DE INUNDAÇÃO

Ainda em conjunto com o engenheiro Pablo Merlo Prata, foi definida a cota de inundação do projeto.

A cota de inundação (CI) ou preia-mar é um parâmetro importante a ser determinado, pois é a cota máxima atingida pelo efeito combinado das marés astronômicas, das marés meteorológicas e da elevação do nível das águas causada pela interrupção das marés nas praias. Nesse sentido, a CI representará a parcela dos aterros hidráulicos.

A Figura 14 demonstra um esquema dos elementos que produzem a cota de inundação.

Figura 14 Esquema representando a determinação da cota de inundação (CI).



Fonte: Projeto SMC- Brasil (2018).

A cota de inundação num instante  $t$  é definida como:

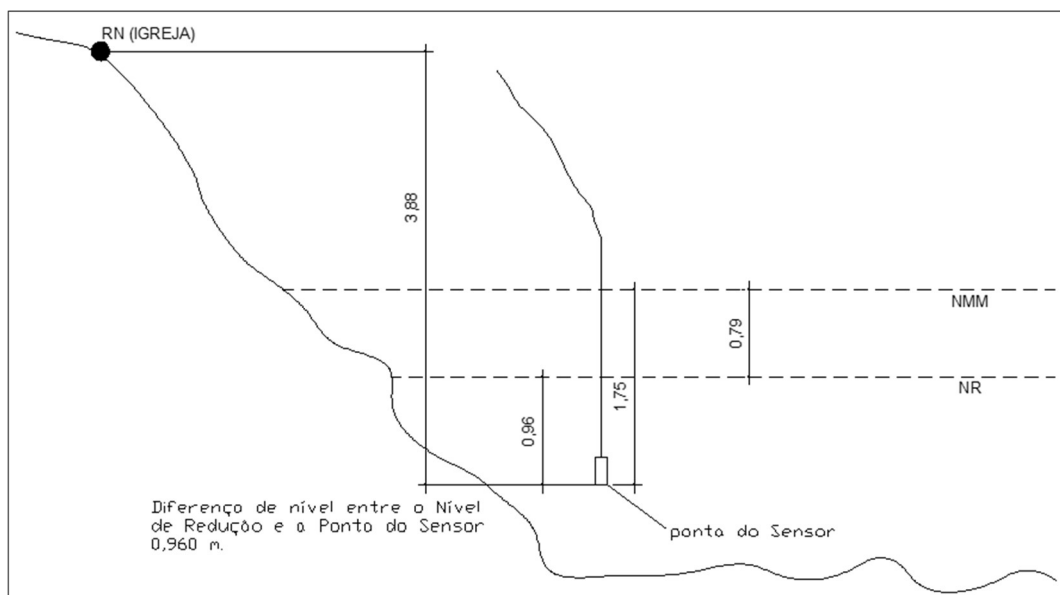
$$CI(t) = MA(t) + MM(t) + Ru(t) + NR \quad (5)$$

Onde MA é a série de maré astronômica e NR é o nível de referência (cota zero). A maré astronômica foi medida por INPH (2009) na foz do rio Iconha através de um marégrafo instalado próximo à raiz do guia-corrente existente, nas coordenadas UTM 24 K 320.886 e 7.694.616 (Datum WGS-84). As medições ocorreram no período de 19/12/04 a 04/02/2005.

Os resultados dessas medições permitiram obter a oscilação da maré no período e o nível de referência.

O MA faz referência a amplitude máxima de maré, que no caso em análise é de 1,70 m, já o NR calculado está situado a 79 cm abaixo do nível médio do mar (Figura 26) e corresponde à média das menores baixa-mares de sizígia.

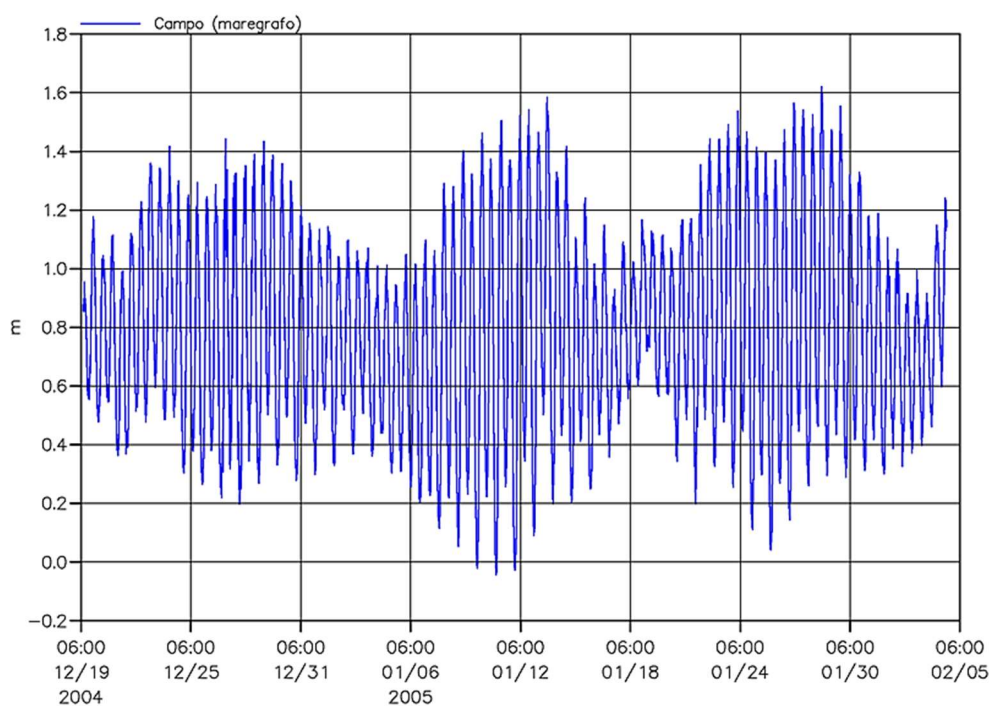
Figura 15 - Croqui do nivelamento do marégrafo de Piúma.



Fonte: INPH (2009).

As marés medidas em Piúma estão apresentadas na Figura 16, referenciadas ao nível de referência (NR) da batimetria (cota Zero).

Figura 16 - Marés medidas no período de 19/12/04 a 04/02/05, referenciadas ao NR.



Fonte: INPH (2009).

A parcela MM é a série de maré meteorológica sendo adotado 0,35 m conforme item “4.1. Onda de Projeto”, e por fim,  $R_u$  é o *runup* produzido pela onda ao quebrar na praia a ser calculado.

A proposta de Nielsen e Hanslow (1991) distingue as praias entre refletivas e dissipativas. Os autores assumem uma distribuição de Rayleigh de tal forma que é possível obter diferentes *runups* representativos, como o *runup* significativo ( $R_s$ ), o *runup* superado em 2% dos casos ( $R_{2\%}$ ) e o *runup* médio ( $R_m$ ) segundo as formulações seguintes:

$$R_s = z \quad (6)$$

$$R_{2\%} = 1,98z \quad (7)$$

$$R_m = 0,98z \quad (8)$$

Onde:

$$z = \begin{cases} 0,47 (H_b L_0)^{0,5} \tan \beta & \text{se } \tan \beta > 0,1 \\ 0,04 (H_b L_0)^{0,5} & \text{se } \tan \beta < 0,1 \end{cases}$$

$H_b$  = altura significativa de onda na quebra (m);

$L_0$  = comprimento de onda em profundidades indefinidas (m);

$\tan \beta$  = declividade da praia.

O valor de  $L_0$  é obtido a partir da razão:

$$\frac{h}{L_0} = \frac{1}{4} \quad (9)$$

Onde:

$h = h_b = 2,10$  m (profundidade de quebra da onda de projeto).

A praia Central com dito anteriormente, possui perfil dissipativo ( $\tan \beta < 0,1$ ), o que nos leva a utilizar  $z = 0,04 (H_b L_0)^{0,5}$ . No caso em questão adotaremos o *runup* significativo, assim teremos:

$$R_s = 0,04 (H_b L_0)^{0,5} \quad (10)$$

Efetuando os cálculos temos  $R_s$  igual a 0,151 m ~ 0,15 m, portanto, a cota de inundação será:  $CI = 1,70 + 0,35 + 0,15 + 0,79 = 2,99 \text{ m} \sim 3,00 \text{ m}$ , ou seja, cota semelhante a apresentada pela urbanização da praia Central.



#### 4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Analizadas as condições geomorfológicas e oceanográficas da região e em consoante a topografia e sondagem do trecho no qual a contenção é requerida, observou-se a que há a infiltração da água no mar no trecho da costa formando lençóis abaixo da via, devido ao avanço do mar na costa. Isto tem afetado na topografia do trecho e ilustra bem o avanço do mar em relação a costa.

Nossa proposta consiste em uma estrutura autoportante e auto drenável. De forma que atue como blindagem da costa e favoreça do fluxo da maré. A estrutura em degraus agrega na dissipação da energia do impacto das ondas com a estrutura, conferindo-lhe durabilidade e consistência.

A contenção atuará como um muro de gravidade cuja base estará confinada pelo solo da praia. A dissipação da energia das ondas devido aos degraus e pela ação drenante da estrutura, fará com que a erosão do solo da base seja menor, garantindo maior estabilidade à fundação.

A solução adotada foi baseada para atendimento dos seguintes critérios:

- Disponibilidade de material:

Pedras de mão e pedras graduadas têm grande comercialização na região.

- Resistência ao intemperismo:

As pedras apresentação boa resistência ao intemperismo causado pelo mar.

Estrutura de manutenção de baixo custo:

Processo similar ao dos muros de gabião, apresenta baixo custo de manutenção.

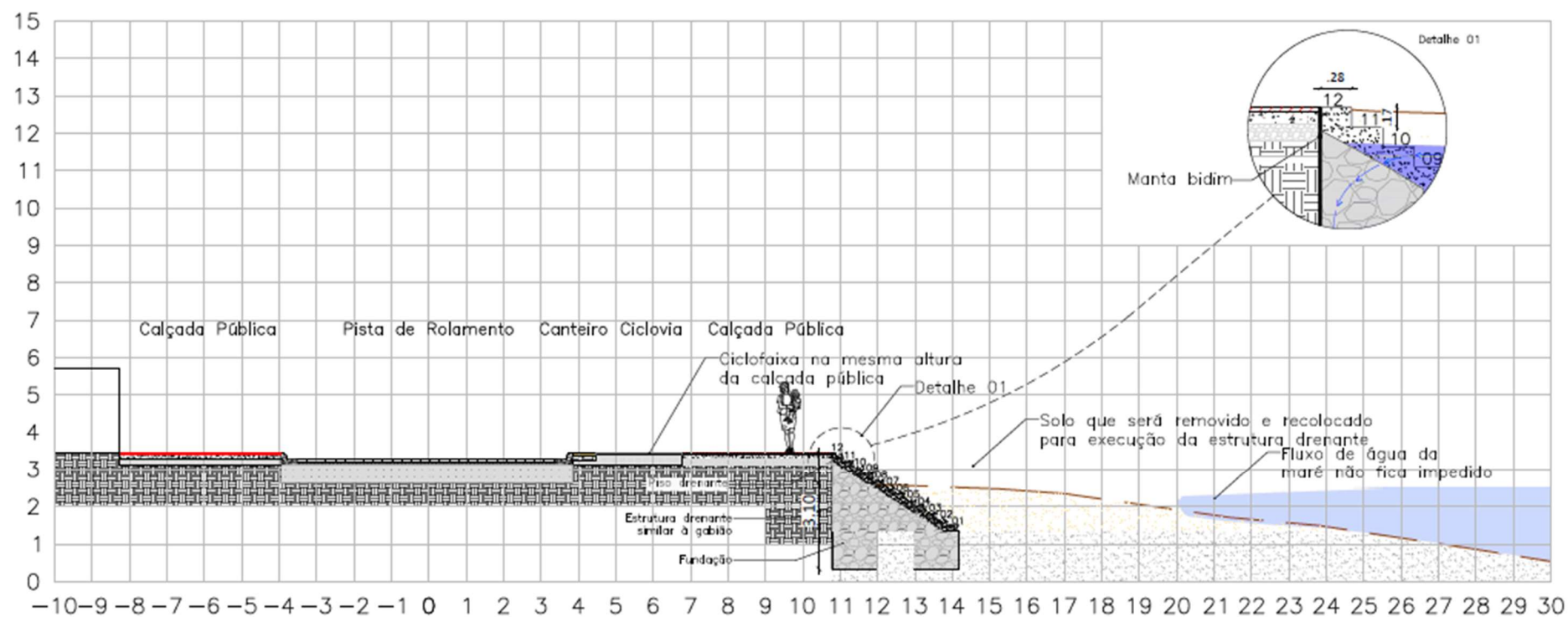
- Técnica de execução:

Execução similar ao muro de gabião, muito utilizado na região.

- Baixa necessidade de mão-de-obra especializada

- Controle técnico abrangido em norma.

Figura 17 Estrutura de contenção proposta



A estrutura irá agir como uma blindagem impedindo a erosão da costa devido a ação do mar. Ela possui seção de  $5,12\text{m}^2$  e terá um volume estimado de  $3840,00\text{ m}^3$  de rocha. O entalhe na fundação representa uma economia de 33% no volume de material para fundação e não interfere na estabilidade do muro.

Serão empregados aproximadamente  $3600,00\text{m}^2$  que será executado em degraus com espessura de  $20,00\text{cm}$ .

A execução será feita de forma que a estrutura tenha  $3,00\text{m}$  de altura da base até o nível da calçada de modo que a erosão da praia devido ao balanço do mar não afete a estabilidade da fundação.

Figura 18 Vista em planta muro de contenção

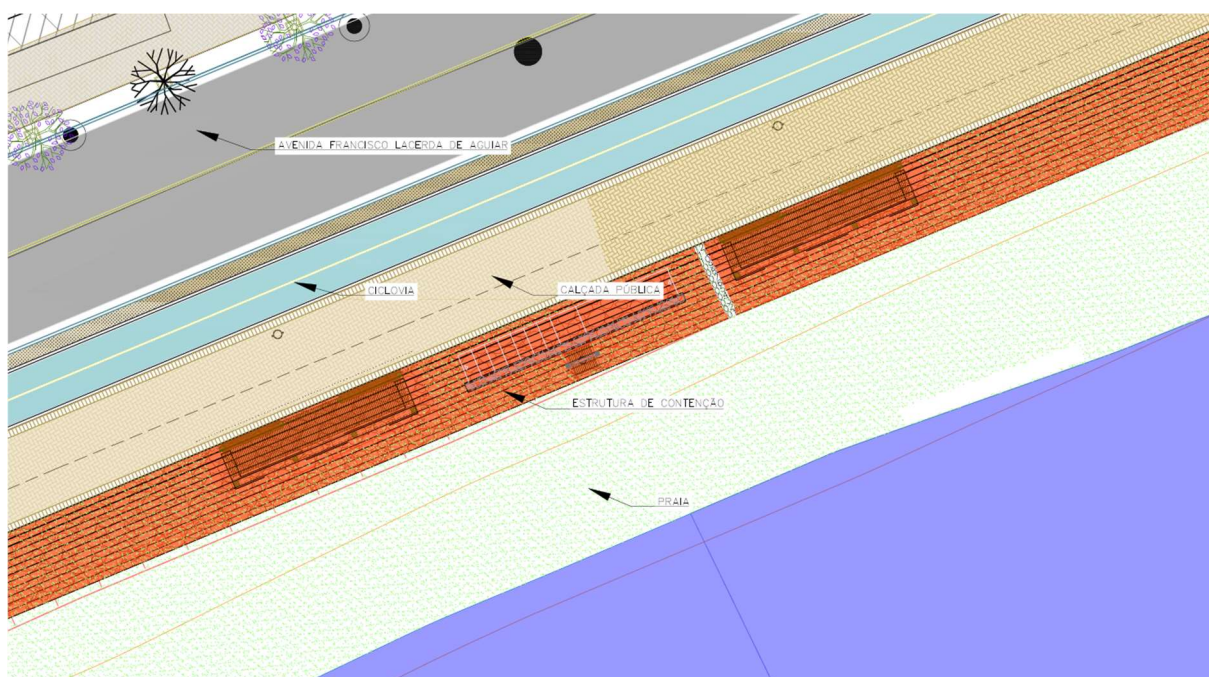


Figura 19 Ação do mar sem contenção

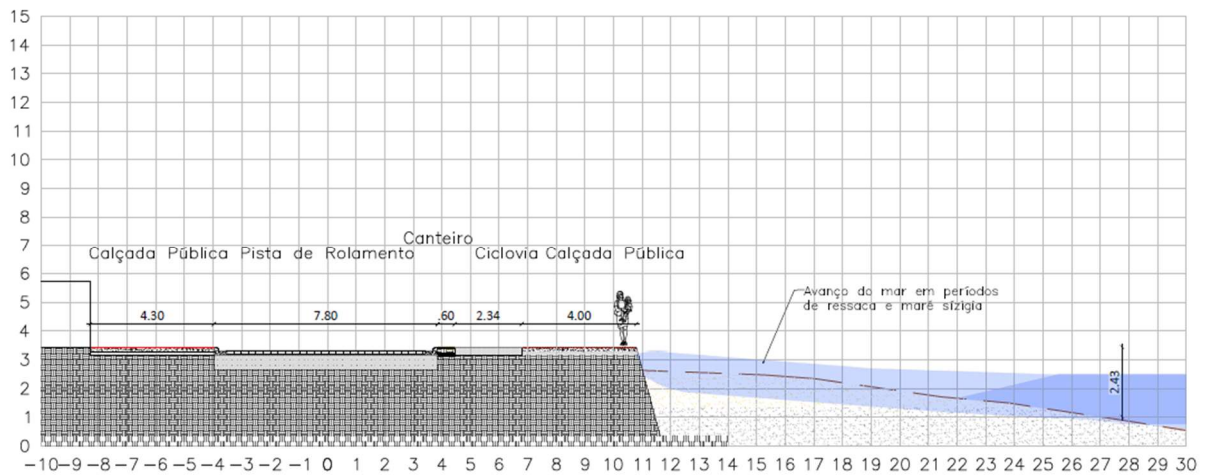


Figura 20 Ação do mar sem contenção

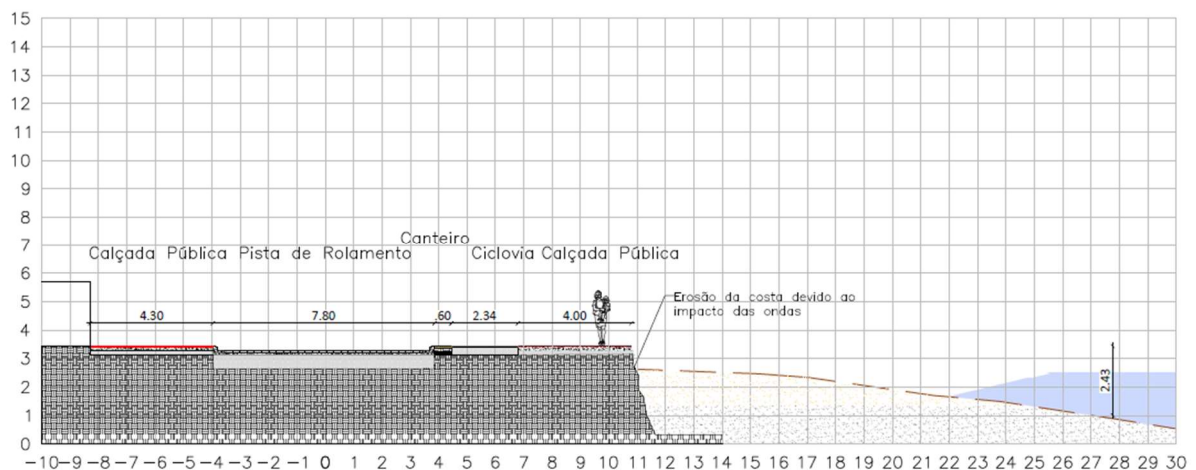
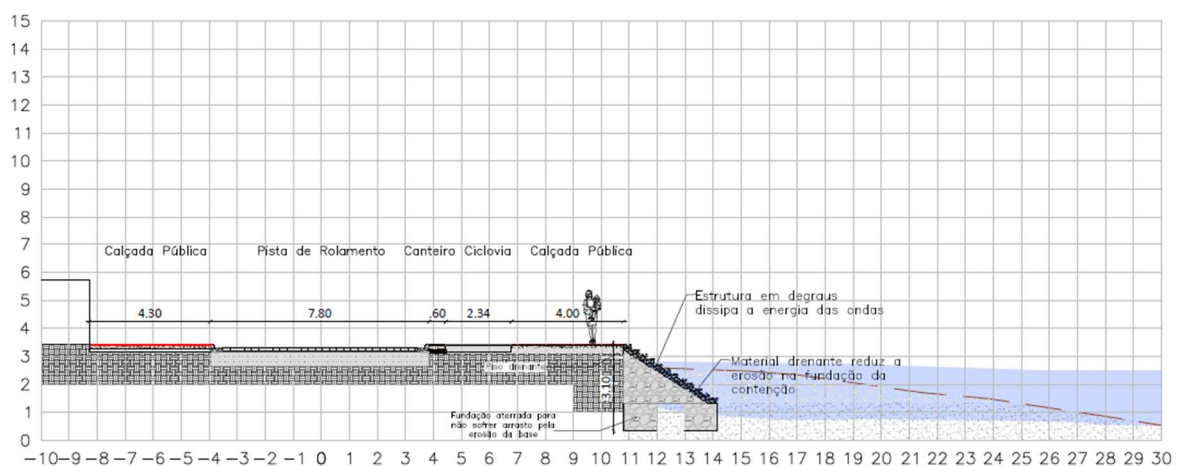


Figura 21 Ação do mar pós contenção



## 4.1 Materiais empregados

A estrutura de contenção será feita similar a de um muro de gabião, construído com pedras de mão e pedras graduadas e revestido de piso fulget drenante que agregará em aspectos estéticos e favorece a drenagem e circulação da água na contenção. Além disso, este piso possibilita a passagem de pedestres sob a estrutura, agregando a ela critérios urbanísticos.

Estes materiais apresentam boa resistência ao intemperismo marinho e a baixo custo em relação a outros métodos de contenção.

Figura 22 Piso fulget drenante



## 4.2 Técnica de construção

A técnica executiva é a mesma de um muro de gabião que é altamente difundida no estado e possui controle tecnológico previsto em norma. A estrutura não requer mão de obra especializada, além do baixo custo requerido para execução do serviço em comparação a outras estruturas de contenção.



### 4.3 Interferências arquitetônica

A estrutura de contenção será executada no entorno da orla, de forma a evitar grande ocupação da área recreativa da praia. Os degraus serão moldados de forma a ficarem assentados pela areia da praia.

A aplicação do piso fulget permitirá o tráfego de pessoas sob a estrutura além de contribuir esteticamente com o urbanismo da orla.

Figura 23 Planta Chave Proposta de Intervenção



## 5. BIBLIOGRAFIA

Albino, J., Paiva, D. S., & Machado, G. M. V. (2001). Geomorfologia, Tipologia, Vulnerabilidade Erosiva e Ocupação Urbana das Praias do Litoral do Espírito Santo, Brasil [Geomorphology, typology, erosive vulnerability and urban occupation on beaches of Espírito Santo's coast, Brazil]. *Revista Geografares*, V(2), 63-69. Doi: <https://doi.org/10.7147/GEO2.1141>

ALBINO, J. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das Praias de Bicanga a Povoação, ES. 1999. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ALBINO, J.; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. In: *Geografares*, Vitória, n. 2, jun. 2001.

Classificação de praias, Zona Costeira, acesso em 08 de dezembro de 2021. Disponível em <<http://www.zonacosteira.bio.ufba.br/praias.html>>

ESPÍRITO SANTO (Estado). Defesa civil. **ATLAS DAS ÁREAS COM POTENCIAL DE RISCOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. Vitória, 2006, 130p.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Capitania dos Portos. **NORMAS E PROCEDIMENTOS**. Vitória, 2020, 56p.

Mapa de Piúma, Cidade-Brasil, acesso em 08 de dezembro de 2021. Disponível em <<https://www.cidade-brasil.com.br/mapa-piuma.html>>

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCHANJO, J. D., Coastal quarternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 68, 389-404 p. 1996.

Muehe, D. (2011). Erosão costeira: Tendência ou eventos extremos? O litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil [Coastal erosion: Trend or extreme events? The coastline between Rio de Janeiro and Cabo Frio, Brazil]. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, V(11), 315-325. Doi: <https://doi.org/10.5894/rgci282>

ROCHA, G. B. Cultivo Experimental da Ostra *Crassostrea gigas* em Piúma, ES. Dissertação de Mestrado em Biologia Animal – Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

Marcos Felipe Pinto de Souza

CREAES-0050929/D

América Latina Engenharia