

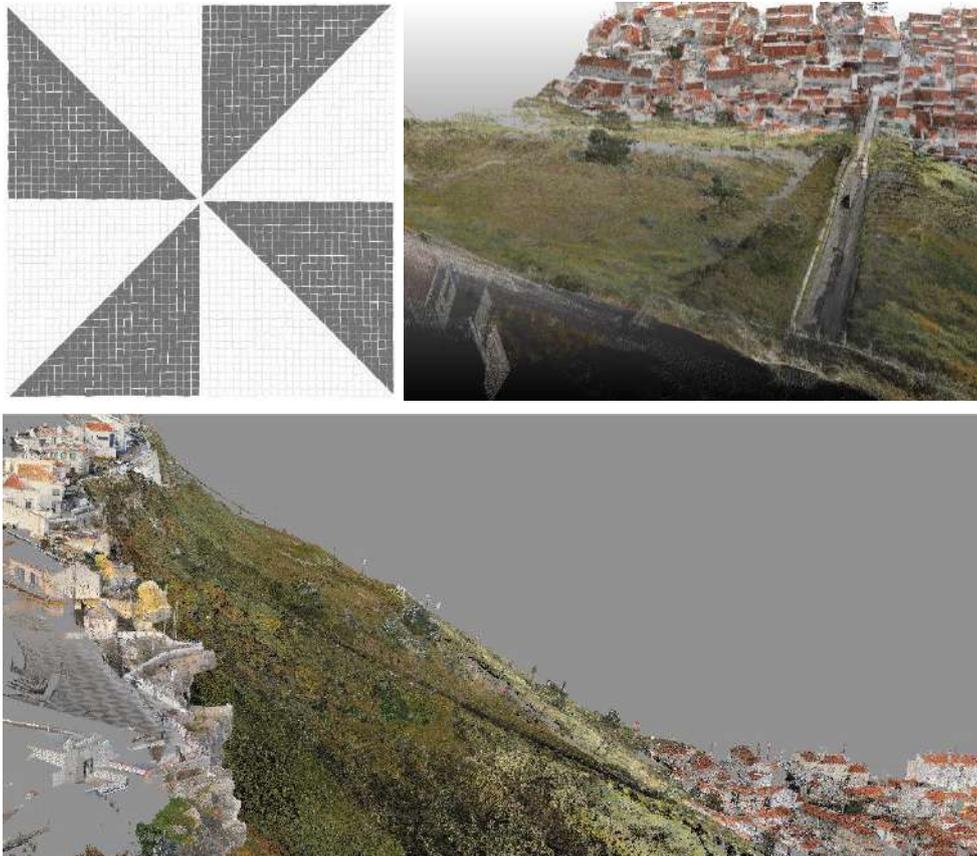


AGÊNCIA
PORTUGUESA
DO AMBIENTE



PROJECTO DE EXECUÇÃO PARA A ESTABILIZAÇÃO DAS ARRIBAS DA NAZARÉ NA ZONA DO DENOMINADO “SÍTIO” E DA ENVOLVENTE DA PLATAFORMA SUPERIOR DO ASCENSOR

PROJECTO DE EXECUÇÃO



VOLUME I – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Junho, 2020



ÍNDICE DE VOLUMES

VOLUME I – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

VOLUME II – PEÇAS DESENHADAS

VOLUME III – CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

VOLUME IV – MAPA DE QUANTIDADES E MEDIÇÕES DETALHADAS

VOLUME V – CADERNO DE ENCARGOS

VOLUME VI – PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

VOLUME VII – PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE E COMPILAÇÃO TÉCNICA

VOLUME VIII – PLANO DE QUALIDADE E AMBIENTE

VOLUME IX – ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

PROJECTO DE EXECUÇÃO PARA A ESTABILIZAÇÃO
DAS ARRIBAS DA NAZARÉ

NA ZONA DO DENOMINADO “SÍTIO”

PROJECTO DE EXECUÇÃO PARA A
ESTABILIZAÇÃO DAS ARRIBAS DA NAZARÉ
NA ZONA DO DENOMINADO “SÍTIO” E DA ENVOLVENTE DA PLATAFORMA
SUPERIOR DO ASCENSOR

VOL I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
“Sítio da Nazaré”

ÍNDICE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
2. ELEMENTOS DE BASE	2
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO.....	2
3.1 - Localização	2
3.2 - Climatologia.....	3
3.3 - Geologia e Geomorfologia	4
3.4 - Tectónica e Sismicidade	6
3.5 - Características hidrogeológicas	9
3.6 - Características Geotécnicas.....	10
3.7 - Processos Erosivos e Factores de Instabilização.....	11
3.7.1 - Tipos de instabilidade e mecanismos.....	11
3.7.2 - Factores de instabilização.....	13
3.8 - Zonamento de risco	13
4. ENQUADRAMENTO DOS ESTUDOS	16
4.1 - Considerações prévias.....	16
4.2 - Soluções de Enquadramento	17
5. SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO	19

5.1 - Considerações Iniciais	19
5.2 - Condicionantes	20
5.3 - Descrição dos Trabalhos	20
5.3.1 - Sinalização de perigo e Interdição à circulação	20
5.3.2 - Remoção de muros existentes, saneamento e limpeza	21
5.3.3 - Plataforma suspensa	22
5.3.4 - Drenagens.....	25
5.3.5 - Sistema de monitorização.....	26
6. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	27
6.1 - Estruturas de betão armado	27
6.2 - Microestacas	27
6.3 - Estrutura Metálica	27
6.4 - Elementos de arquitectura	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Temperatura e precipitação médias anuais.....	3
Figura 3.2 – Enquadramento Geológico da área de intervenção(Excerto da Carta Geológica de Alcobaca, folha 26-B, à escala 1/.50000, SGP, 1963).....	4
Figura 3.3 – Aspecto de bancadas em consola no “Sítio da Nazaré”	5
Figura 3.4 – Aspecto do antigo escorregamento sobranceiro ao areal da praia da Nazaré e do ravinamento na vertente do ascensor	6
Figura 3.5 – Batimetria do canhão da Nazaré e localização da Falha da Nazaré, estrutura tardi-varisca possivelmente associada à origem do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Cabral, 1993).....	7
Figura 3.6 – Zonas sísmicas de Portugal Continental e respectivos coeficientes de sismicidade8	
Figura 3.7 – Vista geral da arriba na zona a intervencionar. A vermelho assinalam-se os blocos de grandes dimensões que caíram das cotas superiores	14
Figura 3.8 – Vista geral e de pormenor das bancadas em consola na zona da arriba a intervencionar. Notar assinalado a vermelho a cunha de rocha em estabilidade precária e as zonas descarga das drenagens pluviais/domésticas.....	15
Figura 3.9 – Vista geral dos ravinamentos ocorrentes na zona a intervencionar junto ao caminho de acesso ao areal da praia da Nazaré	15
Figura 3.10 – Blocos caídos na base da arriba a poente da capela de N ^a Senhora da Nazaré 16	
Figura 3.11 – Vista geral da arriba	16
Figura 4.1 – Bico da Memória – Existente e Proposto.....	18
Figura 4.2 – Desenvolvimento da praça	19
Figura 5.1 – Sinalizações de perigo e de interdição à circulação.....	21
Figura 5.2 – Guarda-corpos existente.....	22
Figura 5.3 – Plataforma suspensa – Bico da Memória	22
Figura 5.4 – Planta da solução para o miradouro do Sítio da Nazaré (sem escala definida)	25
Figura 5.5 – Corte tipo da solução para o miradouro do Sítio da Nazaré (sem escala definida)25	
Figura 5.6 – Sistema de drenagem em caleira oculta.....	26

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Tipologia de terrenos a considerar no estabelecimento do coeficiente sísmico	8
Quadro 3.2 – Correção dos valores de acelerações, velocidades e deslocamentos para diferentes T, com base em T=1.000 anos (Sousa, Oliveira, 1977)	9
Quadro 3.3 – Espectro da resistência à compressão uniaxial (RCU) das bancadas	11
Quadro 3.4 – Parâmetros Geotécnicos.....	11

DESENHOS

O índice de desenhos está conforme a lista de peças desenhadas anexada no Volume II -Peças Desenhadas.

**PROJECTO DE EXECUÇÃO PARA A ESTABILIZAÇÃO
DAS ARRIBAS DA NAZARÉ
NA ZONA DO DENOMINADO “SÍTIO” E DA ENVOLVENTE DA PLATAFORMA
SUPERIOR DO ASCENSOR**

**VOL I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
“Sítio da Nazaré”**

1. INTRODUÇÃO

No âmbito dos estudos do Projecto de Execução para a Estabilização das Arribas da Nazaré na zona do denominado “Sítio” e da envolvente da plataforma superior do ascensor, no concelho com o mesmo nome e no distrito de Leiria, adjudicado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) à LCW – Consultadoria de Projectos de Engenharia, S.A., apresenta-se neste documento a Memória Descritiva e Justificativa da solução concebida para o trecho da arriba, no “Sítio da Nazaré”.

Os estudos desenvolvidos neste âmbito visam maximizar as condições de segurança dos utilizadores da praia e dos miradouros do Sítio, adjacentes à arriba e foram elaborados a partir do reconhecimento de superfície do local, do diagnóstico, da verificação e da análise de risco das actuais condições de estabilidade.

O projecto aqui apresentado incide fundamentalmente sobre as intervenções a realizar no miradouro do “Sítio da Nazaré”, localizado no topo da arriba que limita a Norte a Praia da Nazaré, ao longo da zona orientada grosseiramente E-W.

Esta memória encontra-se estruturada em seis capítulos, incluindo este.

No segundo capítulo descrevem-se os elementos cartográficos e escritos utilizados para o desenvolvimento dos estudos.

A caracterização geral da área em estudo é efectuada no capítulo 3, abordando-se as questões da geologia e geomorfologia, tectónica e sismicidade, hidrogeologia, geotecnia, e ainda os processos erosivos actantes e os tipos/mecanismos de instabilidade observados durante as

visitas de reconhecimento efectuados e que permitiram o estabelecimento de um zonamento de risco.

No capítulo 4 apresentam-se as questões relacionadas com o enquadramento dos estudos, abordando-se no capítulo 5 os tipos de intervenções preconizadas para cada uma das zonas consideradas.

A memória conclui-se no capítulo 6, onde apresentados os principais materiais de construção a utilizar no projecto em questão.

2. ELEMENTOS DE BASE

Os elementos de base utilizados para a execução desta fase do projecto foram os seguintes:

- Carta Geológica de Portugal, 1/50.000, folha 26-B Alcobaça;
- Carta Militar de Portugal na escala 1/25.000, folhas 306B e 307;
- Relatório elaborado pelo LNEC sobre a estabilidade das Arribas da Praia da Nazaré;
- Topografia fornecida em papel pelo INAG, na escala 1/1000, proveniente do estudo realizado para a mesma entidade pelo LNEC em 2001, redesenhada para um modelo vectorial (ACAD).
- Topografia obtida por Varrimento Laser Scanning 3D de Alta Definição.

A consulta da bibliografia disponível foi complementada com a realização de visitas de inspecção e reconhecimento ao local. Nestas visitas identificaram-se as condições geológicas de superfície e de estabilidade da arriba, os locais de prováveis ocorrências de fenómenos de instabilização da arriba e eventuais percursos de queda. Aferiu-se ainda o grau de danos previsível para as estruturas e infra-estruturas existentes, com vista a definir o tipo de soluções a realizar.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 - Localização

O local objecto do projecto corresponde à zona de cota superior da arriba da praia da Nazaré, denominado por “Sítio da Nazaré”, confinado de nascente para poente com o ascensor que faz a ligação entre o “Sítio” e a zona da praia, a capela de N^a Senhora da Nazaré e o Miradouro do Suberco, a 110 metros de altitude, que tem no seu extremo o Forte de S. Miguel Arcanjo.

De toda a extensão correspondente aos percursos pedonais existentes, a intervenção aqui apresentada centra-se principalmente na zona em que está inserido o miradouro.

Apresenta-se nas peças desenhadas (Desenho ARQ10.01) a localização e delimitação da zona a intervir.

3.2 - Climatologia

A Vila da Nazaré está localizada numa zona de clima temperado, com temperaturas médias diárias do ar entre 12,5 e 15° e com precipitações médias anuais da ordem de 700-800 mm.

Esta zona do país e particularmente a sua orla costeira marítima expõe-se aos agentes climáticos sub-aéreos de forma aberta, a partir da frente atlântica com que se confronta.

Estes agentes constituem-se como dos factores mais relevantes no processo erosivo e de meteorização a que a arriba está sujeita e que se manifestam, sobretudo, em quedas de blocos e desmoronamento/derrocada de massas desagregadas de rocha, tanto em resultado da fracturação, da descompressão e alteração do maciço, como da geração de consolas por erosão das camadas mais brandas.

Apresenta-se na Figura 3.1 o enquadramento dos dados climáticos da região, relativamente a temperaturas e precipitações, no panorama nacional.

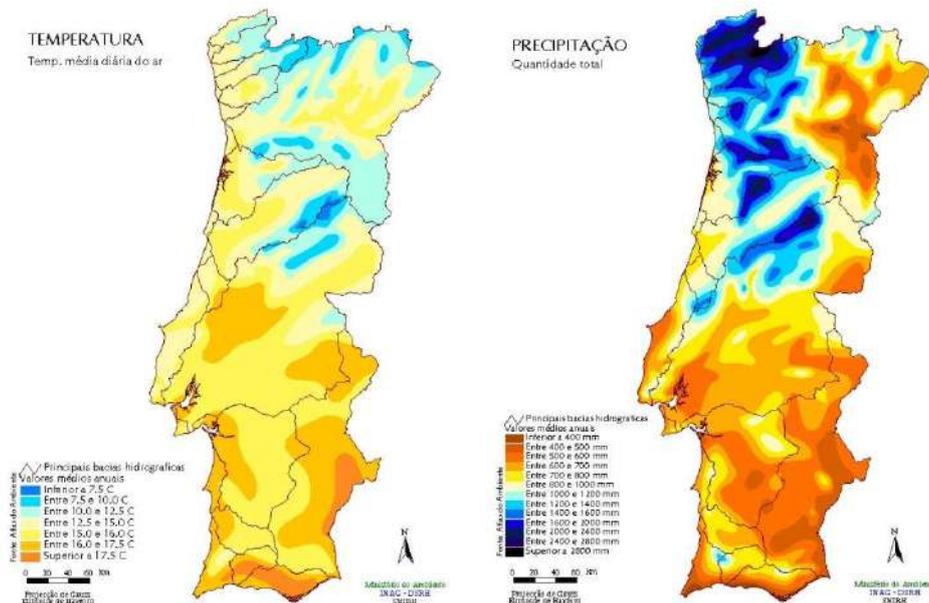


Figura 3.1 – Temperatura e precipitação médias anuais

3.3 - Geologia e Geomorfologia

A geologia da área de intervenção é constituída, de acordo com a Carta Geológica de Portugal, 1/50.000, folha 26-B Alcobaça, por formações Modernas e do Cretácico (Turoniano, Cenomaniano e Albiano-Aptiano) - Figura 3.2.

Na base da arriba ocorrem os depósitos modernos de Areias de Praia (A) e Dunas (d), os quais recobrem as formações arenosas com intercalações de argilas atribuídas ao Complexo Gresoso da Nazaré, do Albiano-Aptiano (C¹⁻²). A meia vertente, afloram as formações do Cenomaniano (C^{2cde}), constituídas por alternâncias de margas, calcários margosos de cor cinzenta e grés margosos cinzento-amarelados. No topo da arriba estão presentes os níveis de calcários compactos, calcários apinhoados, calcários margosos acinzentados e grés amarelados do Turoniano (C³), que se reconhecem ao longo de toda a extensão da mesma, até ao promontório. Identifica-se ainda aflorante, um complexo filoniano de basaltos olivínicos, correlacionado com o Complexo Basáltico de Lisboa, que corta pontualmente as formações cretácicas junto do Forte de S. Miguel.

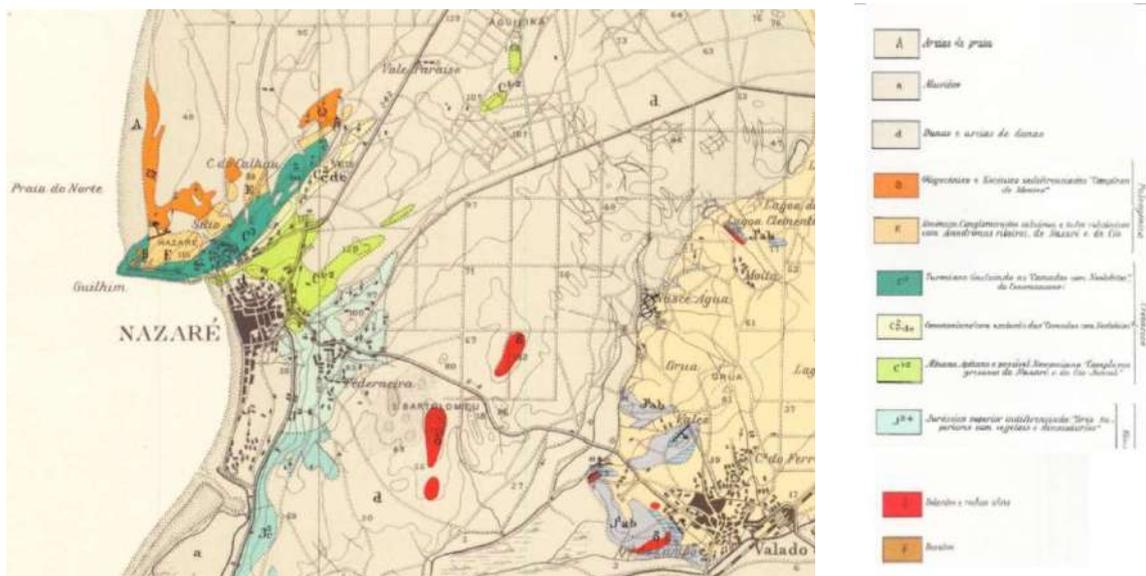


Figura 3.2 – Enquadramento Geológico da área de intervenção (Excerto da Carta Geológica de Alcobaça, folha 26-B, à escala 1/50000, SGP, 1963)

Os reconhecimentos efectuados na área do “Sítio” deram conta, no topo da arriba, da presença das bancadas do Turoniano com uma espessura máxima estimada de 10 metros na zona ocidental, diminuindo esta espessura progressivamente para o quadrante Este. Estas bancadas são constituídas por alternâncias de calcários compactos cristalinos a semi-cristalinos brancos, calcários compactos apinhoados brancos e calcários margosos a gresosos amarelados, estes últimos ocorrendo sobranceiros à zona do emboquilhamento do túnel do ascensor.

Nas cotas inferiores da mesma vertente, afloram rochas mais brandas, que compreendem uma alternância rítmica de argilas calcárias, margas e calcários margosos de cor cinzenta e ainda grés margosos cinzento-amarelados do Cenomaniano.

A atitude geral destas bancadas sedimentares é de NE-SW, com uma inclinação suave para o interior da arriba (cerca de 15° a 20°, chegando aos 30° localmente, para NW).

No que respeita à fracturação do maciço, as observações efectuadas nas bancadas a cotas superiores, mostraram que este exhibe uma família predominantemente vertical a sub-vertical, com direcção normal à arriba.

Simultaneamente, ocorre também uma fissuração e fracturação com orientação paralela à face da arriba, resultado da conjugação dos fenómenos de descompressão superficial das bancadas de calcário e do aumento das cargas exercidas pelas consolas suspensas. É ainda visível, com menor frequência, uma família de fracturas sub-horizontais, concordantes com a estratificação e perpendiculares ao desenvolvimento da arriba.

O troço de arriba em análise está sujeito a diferentes processos erosivos, de intensidade elevada. Estes processos resultam, por um lado, dos efeitos abrasivos do mar, que actuam de modo dinâmico sobre a linha de costa e são responsáveis pela erosão do sopé da arriba e pela consequente queda de blocos e de massas rochosas, cujas acumulações podem ser identificadas ao longo da base daquela. Por outro lado, acresce ainda o efeito de desgaste dos níveis mais brandos que, nestas formações geológicas, surgem em alternância com bancadas mais resistentes, e que conduzem à formação de consolas, principalmente ao longo da crista da arriba (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Aspecto de bancadas em consola no “Sítio da Nazaré”

Simultaneamente, a intensa erosão por escorrência superficial a que os níveis gresosos de base estão sujeitos potencia os fenómenos de escorregamentos e ravinamentos (Figura 3.4) como aqueles bem visíveis na extremidade W da arriba.



Figura 3.4 – Aspecto do antigo escorregamento sobranceiro ao areal da praia da Nazaré e do ravinamento na vertente do ascensor

3.4 - Tectónica e Sismicidade

A região em que se insere o troço de arriba caracteriza-se, do ponto de vista da neotectónica regional, pela existência frequente de estruturas diapíricas, normalmente controladas por alinhamentos de origem tectónica, de entre os quais se salienta a falha activa de Nazaré-Pombal, com uma direcção aproximadamente NE-SW. Este alinhamento está bem descrito na bibliografia da especialidade, embora seja alvo de interpretações distintas no que respeita ao controle tectónico e estrutural da arriba da praia da Nazaré. No entanto, é de conhecimento generalizado que este alinhamento se prolonga para além da margem continental, tendo dado origem ao canhão submarino da Nazaré, condicionante das obras marítimas que se têm desenvolvido naquela zona – Figura 3.5.

A falha de Nazaré-Pombal tem apresentado actividade especialmente na parte submersa. Foi nesta falha que se gerou o sismo de 26 de Dezembro de 1962, com magnitude 5,7, crendo-se também que foi nesta falha que se geraram os sismos históricos de 1528 e de 21 de Fevereiro de 1890. Os vestígios desta actividade sísmica estão bem patentes nas formações gresosas grosseiras, onde localmente são observáveis estruturas de colapso.

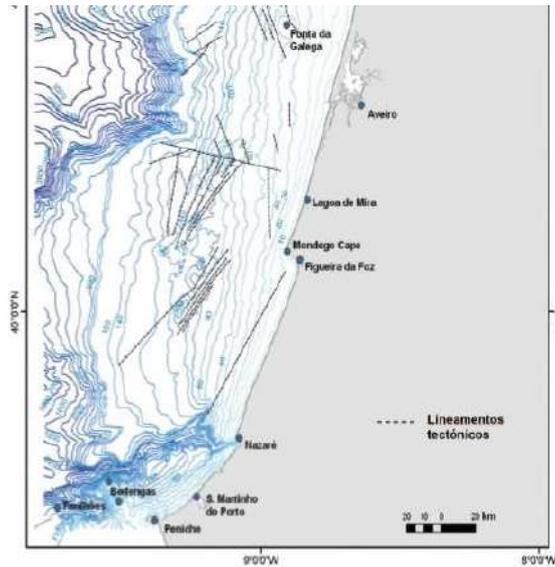


Figura 3.5 – Batimetria do canhão da Nazaré e localização da Falha da Nazaré, estrutura tardi-varisca possivelmente associada à origem do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Cabral, 1993)

Do ponto de vista da sismicidade, a região é afectada sobretudo pela actividade sísmica de duas zonas sismotectónicas principais, a saber:

- Zona 1: Bacia do Tejo;
- Zona 2: Atlântico.

A Zona 1 (interplacas) inclui a região do vale do Tejo e Sado onde se incluem as falhas do Vale Inferior do Tejo e a falha de Nazaré-Pombal, onde se registaram sismos de magnitude superior a 5.

A zona 2 (intraplacas), ao longo da fronteira Açores-Gibraltar, responsável pela actividade sísmica no mar, nomeadamente na zona do Banco de Gorringe que deu origem aos maiores sismos históricos que atingiram o continente (1356, 1531, 1755, 1969).

Em termos regulamentares, e, segundo o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP, 1986), a zona em estudo situa-se na zona sísmica B (Figura 3.6) identificada com um risco sísmico elevado, a que corresponde um coeficiente de sismicidade igual a 0,7.



Zona sísmica	α
A	1,0
B	0,7
C	0,5
D	0,3

Figura 3.6 – Zonas sísmicas de Portugal Continental e respectivos coeficientes de sismicidade

Para efeito da definição do coeficiente sísmico de referência, β_0 , definido no RSA, apresenta-se no Quadro 3.1 o enquadramento da natureza dos terrenos de fundação das obras a projectar, na tipologia estabelecida por aqueles documentos regulamentares.

Quadro 3.1 – Tipologia de terrenos a considerar no estabelecimento do coeficiente sísmico

	I	II	III
Tipo de terreno	Rochas e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; solos incoerentes soltos
Maciço calcário-gresoso Cretácico	**	*	

Segundo Oliveira, C. S. (1977), as acelerações máximas para um período de retorno de 1.000 anos na zona em estudo são da ordem de 125 cm/s^2 . Ainda segundo o mesmo autor, as velocidades e os deslocamentos esperados no terreno são respectivamente 15 cm/s e 6 cm .

Para outros períodos de retorno que intervenham no dimensionamento de projecto, vários são os métodos que permitem calcular os mesmos valores. De uma forma expedita e segundo Sousa Oliveira (1977) define-se no Quadro 3.2 e com base num período de 1.000 anos, os factores

médios de correcção para os valores da aceleração, velocidade e deslocamentos correspondentes a diferentes períodos de retorno.

Quadro 3.2 – Correcção dos valores de acelerações, velocidades e deslocamentos para diferentes T, com base em T=1.000 anos (Sousa, Oliveira, 1977)

T (anos)	1 000	500	200	100	50	20	10
Factor de correcção	1,00	0,75 ±(5%)	0,54 ±(8%)	0,40 ±(12%)	0,27 ±(16%)	0,15 ±(20%)	0,10 ±(25%)

3.5 - Características hidrogeológicas

A alternância litológica que caracteriza a arriba em estudo, característica de ambientes hidrodinâmicos de deposição variados, associada a uma fracturação decorrente da descompressão do maciço por vezes intensa e ainda da tectónica, concorre para estabelecer, do ponto de vista hidrogeológico, situações de alguma diversidade, segundo o tipo de permeabilidade dominante. Assim, podem ser considerados:

- meios porosos, caracterizados por “permeabilidade em pequeno”, correspondentes às formações gresosas alteradas, aos depósitos de vertente e às areias de duna e de praia;
- meios fissurados, de “permeabilidade em grande”, constituídos pelos estratos calcários e margosos.

Os meios porosos exibem por vezes porosidade elevada, o que permite uma infiltração apreciável e conseqüente elevada velocidade de circulação das águas, contribuindo para a instabilização da arriba, principalmente no seu sector Este, junto ao emboquilhamento do túnel do Ascensor e um pouco por toda a vertente onde este se constituiu.

Os meios fissurados têm grande representatividade no conjunto da escarpa. De um modo geral, as rochas de permeabilidade fissural originam, do ponto de vista hidrogeológico, redes de percolação de carácter descontínuo, de fraca produtividade. Em zonas densamente fracturadas e falhadas, podem, no entanto, constituir pequenos aquíferos suspensos e confinados no seio dos calcários e margas impermeáveis. Em consequência da baixa permeabilidade destas últimas, do pendor sub-vertical de grande parte dos trechos da arriba, dos fortes declives, da escassez de solos e de coberto vegetal e ainda da impermeabilização do solo na zona urbana do “Sítio da Nazaré”, o essencial da escorrência superficial aflui ao longo da frente da arriba ou perde-se para o mar.

Os meios fissurados podem ainda coexistir localmente com aquíferos porosos subjacentes, como são no local, os solos resultantes da alteração “in situ” misturados com materiais de aterro. Nestas circunstâncias podem, em determinadas épocas do ano, ser armazenados volumes

significativos de água subterrânea, confinados inferiormente pelo maciço greso-calcário menos alterado e fracturado, em conjunto com estratos de carácter margoso em predominância, constituindo um complexo hidrogeológico que, em termos práticos, se pode considerar como relativamente impermeável, devido à sua baixa condutividade hidráulica global.

Este conjunto de condições constitui uma parte importante responsável pela degradação da resistência mecânica da rocha e consequentemente pela instabilidade que lhe está associada.

3.6 - Características Geotécnicas

As condições geotécnicas do maciço relacionam-se com a evolução geológica local e regional, com a natureza litológica do material-rocha, com a estrutura e o sistema de compartimentação do maciço e ainda, com as facilidades de alteração oferecidas pelo modo de exposição aos factores ambientais predisponentes.

O maciço da arriba em estudo, de constituição predominantemente margosa, com alternâncias de bancadas calcárias, calcário-margosas e gresosas, expõe-se de forma aberta e com maior ritmicidade àqueles agentes de alteração dominantes. Por outro lado, a existência de várias famílias de descontinuidades condiciona fortemente o comportamento mecânico dos maciços rochosos.

Em termos globais, e no que respeita à fracturação, o maciço rochoso da arriba em estudo caracteriza-se por possuir essencialmente fracturas resultantes da descompressão caracterizadas pelos seguintes parâmetros (ISRM, 1981):

- Espaçamento: muito espaçadas a medianamente espaçadas (F1 a F3) no topo da arriba e próximas a medianamente afastadas (F4 a F5) nas cotas inferiores e intermédias e junto ao emboquilhamento do túnel do ascensor;
- Alteração: não alteradas a ligeiramente alteradas;
- Continuidade: contínuas (10-20 m) a pouco contínuas (1-3 m);
- Abertura: largas (10-100 mm) a abertas (0,5-2,5 mm);
- Enchimento: ausente;
- Rugosidade: onduladas rugosas (tipo IV), onduladas lisas (tipo V) e planas rugosas (tipo IX);
- Características hidrogeológicas: secas ou húmidas, pontualmente detectaram-se algumas exurgências em pontos localizados.

As características resistentes dos maciços aflorantes (RCU), avaliadas “in-situ” por métodos expeditos recomendados pela Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (ISRM, 1981) distribuem-se da seguinte forma, consoante o grau de alteração – Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Espectro da resistência à compressão uniaxial (RCU) das bancadas rochosas aflorantes na arriba da praia da Nazaré

Nível litológico / Grau de alteração (ISRM, 1981)	W4	W3	W2
Calcários compactos cristalinos e apinhoados			50-100 MPa
Calcários margosos	1-5 MPa	5-25 MPa	
Calcários gresosos e grés margosos		5-25 MPa	
Argilas calcárias e margas	0,25-1 MPa	1-50 (10) MPa	

Não existindo resultados de ensaios de caracterização geomecânica dos principais maciços interessados pelas intervenções a efectuar, procedeu-se, para efeitos da parametrização geotécnica, à utilização dos critérios de Hoek-Brown e apresentam-se no Quadro 3.4 os parâmetros geotécnicos considerados.

Quadro 3.4 – Parâmetros Geotécnicos

Tipo litológico	γ [kN/m ³]	c/c' [kPa]	ϕ / ϕ' [°]	E [GPa]	ν [-]
Calcários compactos cristalinos e apinhoados (W2)	26	300-400	40-45	4,0	0,20
Calcários margosos (W3)	24	200-300	35	1,5-2,0	0,26

3.7 - Processos Erosivos e Factores de Instabilização

3.7.1 - Tipos de instabilidade e mecanismos

A queda de blocos suspensos constitui o principal fenómeno de instabilidade de vertentes observados na arriba da praia da Nazaré. Adicionalmente, verificam-se ainda, fenómenos localizados de desmoronamento/derrocada de massas desagregadas de rocha e escorregamento do tipo circular ou rotacional nas litologias mais brandas e ravinamento nos depósitos gresosos não consolidados e de vertente.

A queda de blocos tem a sua principal origem nas cotas superiores da arriba, nas bancadas calcárias em consola sobre as quais se constitui a malha urbana do “Sítio da Nazaré”, a cerca de 100 m de altura do areal da praia da Nazaré. Esta situação confere aos blocos potencialmente instáveis uma energia potencial muito elevada.

Nas condições topográficas dominantes a queda de blocos faz-se em queda livre sobre o areal ou com uma movimentação inicial predominante em queda livre, com ou sem contacto temporário com o talude, seguida de ressalto, rolamento ou deslizamento, com consequente dissipação da energia cinética, até à imobilização na base do talude ou numa superfície de menor inclinação.

O desprendimento dos blocos em consola pode ser devido a vários mecanismos, destacando-se:

- a rotura por tracção de fracturas verticais;
- os deslizamentos planares ao longo das juntas de estratificação com atrito reduzido ou nas fracturas sub-horizontais com grande abertura;
- o basculamento ou *topling* em painéis de rocha paralelos à face livre da escarpa, individualizados por fracturas verticais;
- os desmoronamentos por flambagem ou encurvadura em painéis ou colunas de rocha muito esbeltos paralelos à face livre da escarpa.

Os desmoronamentos/derrocadas de massas desagregadas de rocha e os fenómenos de escorregamento parecem ocorrer conjugados, tendo dado origem ao escorregamento sobranceiro ao areal da praia da Nazaré na extremidade W da arriba. Neste local, apesar da atitude das camadas ser favorável à estabilização da arriba, a presença de uma fracturação intensa nos níveis margosos e gresosos mais superficiais, à qual se aliou a acção dinâmica das ondas do mar na base da arriba, deu origem a uma rotura circular com deslizamento seguido de desmoronamento de um volume apreciável de rocha desagregada e de depósitos de vertente.

Os fenómenos de ravinamento encontram-se fundamentalmente na vertente onde se instalou o ascensor e no caminho pedonal de acesso deste ao areal da praia.

Estes mecanismos de instabilidade são potenciados pela existência de caminhos pedonais com ausência de cobertura vegetal, ficando os níveis de gresosos não consolidadas em que foram escavados sujeitos a uma intensa erosão por escorrência superficial. A erosão dos depósitos de vertente pode igualmente provocar o desconfinamento das bancadas rochosas subjacentes e agravar as suas condições de estabilidade.

3.7.2 - Factores de instabilização

Consideram-se como factores de instabilização principais a longo prazo:

- a acção da chuva;
- a acção do escoamento superficial;
- as sobrecargas com impermeabilização, das quais resultam a descarga de águas de drenagem pluvial na face livre da arriba;
- as sobrecargas no talude resultantes da construção de edificado;
- o escoamento interno nos maciços, responsável pela alteração meteórica, ao longo das descontinuidades;
- as fortes amplitudes térmicas entre os meses de Inverno e Verão;
- a acção das ondas na base da arriba;
- a acção dos ventos fortes.

Outros factores a ter em conta, que directamente ou indirectamente são condicionantes da estabilidade da arriba, relacionam-se com:

- modificações da topografia como sejam as escavações no talude para a instalação do ascensor, a construção de muros e as escavações no pé de talude para a construção de habitações e outros edificados;
- a presença de vegetação nas fracturas do topo da arriba, cujas raízes provocam abertura das mesmas;
- vibrações provocadas por sismos, pela presença de máquinas pesadas no topo da arriba e com o rolamento contínuo do ascensor.

3.8 - Zonamento de risco

A zona do miradouro a intervencionar, localizada na envolvente da capela de N^a Senhora da Nazaré, situa-se numa arriba com características geométricas, morfológicas, físicas e de ocupação variáveis ao longo dos seus cerca de 340 m de extensão, que determinam a presença de diferentes mecanismos de instabilidade, e consequentemente diferentes graus de risco.

A nascente da capela de N^a Senhora da Nazaré e ao longo de uma extensão de cerca de 150 m, a zona superior da arriba, onde se observam as bancadas possantes de calcários cristalinos e apinhoados, encontra-se desprovida de vegetação (excepto aquela que se fixou ao longo das fracturas) e com inclinação sub-vertical passando a cerca de 55°.

Os trechos intermédio e inferior constituem um talude com uma pendente da ordem dos 35°, coberto com vegetação rasteira de pequeno e médio porte. A altura da arriba nesta zona varia entre os 98 e os 114 m a nascente e a poente, respectivamente.

O topo da arriba encontra-se ocupado por edificação e por zonas de acesso público (miradouro) limitadas por um muro guarda-corpos em alvenaria. No lado nascente da base da arriba desenvolve-se a cidade da Nazaré; no lado poente o areal da praia.

As situações de risco observadas neste trecho da arriba relacionam-se com:

- quedas de pedras e de blocos, por vezes de grande dimensão, com possibilidade de atingir o areal da praia da Nazaré (Figura 3.7);
- a presença de três (3) consolas calcárias com grande balanço no topo da arriba, cuja estabilidade é difícil de quantificar; uma destas consolas apresenta uma espessura reduzida, tendo-se identificado na mesma uma cunha de rocha já em situação de estabilidade muito precária (Figura 3.8);
- a presença de edificado junto à extremidade da arriba, assente sobre consolas de fraca espessura (Figura 3.8);
- as drenagens pluviais e/ou domésticas que são encaminhadas directamente para a face livre da arriba, em particular na zona da consola de espessura reduzida atrás referida, e que são potenciadoras dos fenómenos de instabilidade;
- fenómenos de erosão por escoamento superficial, sob a forma de ravinamentos ao longo dos trechos intermédio e inferior da vertente de constituição gresosa, potenciada pela existência de caminhos pedonais com ausência de cobertura vegetal (Figura 3.9).



Figura 3.7 – Vista geral da arriba na zona a intervir. A vermelho assinalam-se os blocos de grandes dimensões que caíram das cotas superiores



Figura 3.8 – Vista geral e de pormenor das bancadas em consola na zona da arriba a intervir. Notar assinalado a vermelho a cunha de rocha em estabilidade precária e as zonas de descarga das drenagens pluviais/domésticas



Figura 3.9 – Vista geral dos ravinamentos ocorrentes na zona a intervir junto ao caminho de acesso ao areal da praia da Nazaré

A poente da capela de N^a Senhora da Nazaré e numa extensão de cerca de 110 m, coincidente com o fim do edificado existente no topo da arriba, a zona superior da arriba, onde se observam as bancadas possantes de calcários cristalinos e apinhoados, encontra-se desprovida de vegetação (excepto aquela que se fixou ao longo das fracturas) e com inclinação sub-vertical. Inferiormente, a arriba encontra-se afectada de uma cicatriz de escorregamento/desmoronamento circular, ao longo de toda a extensão referida. A inclinação da superfície de escorregamento é nas cotas superiores de cerca de 70°, passando junto ao areal, a uma inclinação de cerca de 35°. A altura deste trecho varia entre os 107 e os 104 m a nascente e a poente, respectivamente.

O topo da arriba encontra-se ocupado por zonas de acesso público (miradouro) limitadas por um muro guarda-corpos em alvenaria. No lado nascente da base da arriba desenvolve-se o areal da praia; o mar ocorre na extremidade poente.

As situações de risco observadas neste trecho da arriba relacionam-se sobretudo:

- com a quedas de pedras e de blocos, por vezes de grande dimensão, com possibilidade de atingir o areal da praia da Nazaré (Figura 3.10);
- com a presença de quatro (4) consolas calcárias com grande balanço no topo da arriba (Figura 3.11), cujas condições de estabilidade e de eventual carsificação no seu interior, não são possíveis de quantificar;
- com as drenagens pluviais e/ou domésticas encaminhadas directamente para a face livre da arriba, acelerando o processo de meteorização das bancadas e reduzindo as características resistentes das descontinuidades que neste trecho se apresentam com grandes aberturas.



Figura 3.10 – Blocos caídos na base da arriba a poente da capela de Nª Senhora da Nazaré



Figura 3.11 – Vista geral da arriba

O escorregamento observado nas cotas intermédias e inferiores da arriba, não deverá constituir uma situação de perigo eminente, dado que o mesmo já atingiu o seu perfil de equilíbrio.

4. ENQUADRAMENTO DOS ESTUDOS

4.1 - Considerações prévias

O desenvolvimento do estudo foi realizado na procura de uma solução técnica compatível com a realidade tão específica do Sítio da Nazaré.

A criação da guarda periférica e de uma estrutura suspensa no denominado “Bico da Memória”, confere movimentações significativas no solo existente, ora superficialmente, pela repavimentação e modulação das cotas da praça, ora com profundidade mais acentuada no caso do maciço de betão que suportará a estrutura suspensa (junto à Capela da Memória), devendo a solução proposta ter a versatilidade de se poder vir a adaptar às alterações que venham a surgir durante a sua execução.

A definição de uma malha através do desenho da calçada de pavimento, cuja métrica estrutura toda a intervenção, permitirá esse eventual ajuste no alinhamento e posicionamento dos vários elementos do projecto.

As infra-estruturas previstas (maciços e lintéis de betão, caleiras ocultas, etc), bem como as guardas, são organizados segundo uma lógica própria, tendo como princípio básico a segurança para os utilizadores da zona periférica da arriba fóssil.

A proposta obedece assim a critérios de ordem funcional, estética e de ordem económica, tendo como base os seguintes princípios:

- o respeito pelo conceito do espaço paisagístico e patrimonial existente, procedendo a adaptações relativamente à realidade actual, em termos de segurança, das actuais necessidades técnicas e de manutenção, etc.;
- ser executada em harmonia com a natureza, para dessa forma promover a qualidade visual da arriba e envolvente, a sua integração na paisagem valorizando a obra como um todo;
- conduzir à redução dos custos de construção e de manutenção das medidas a adoptar, de uma forma compatível com os objectivos a que se propõe.

4.2 - Soluções de Enquadramento

O impacto visual e paisagístico resultante das soluções de intervenção preconizadas relacionam-se sobretudo com a alteração do muro guarda-corpos, em alvenaria, que apesar da sua esbelteza e peculiar encosto no solo, não deixa de ser uma barreira visual ao longo de toda a falésia.

Recuando o limite ao qual as pessoas poderão aceder, procura-se assim evitar o acesso a zonas de perigo iminente, uniformizando a altura desta nova delimitação protectora.

Este limite, constituído por uma guarda de prumos metálicos verticais de cor branco, aliado à remoção do muro caiado, garante transparência e plenitude de vistas do horizonte.

A implantação desta nova guarda como elemento delimitador de percursos e zona de contemplação, conforme já referido, surgirá naturalmente segundo o novo traçado gerador de estereotomia de pavimentos, ficando assim justificada e interpretável a área da praça.

A drenagem de água pluviais será também orientada segundo estes novos alinhamentos do pavimento, com impacto visual diminuto, uma vez que será feita através de caleiras que se encontram ocultas e praticamente imperceptíveis, culminando a sua recolha em colector público,

a montante (estrada), procurando afastar as águas da falésia, factor que contribuirá significativamente para reduzir os níveis de erosão que se verificam actualmente.

Na zona onde se deu o “Milagre da Nazaré”, o “Bico da Memória”, a plataforma suspensa que permitirá o acesso àquele emblemático local, apresenta uma guarda opaca, quer por motivo de conforto, quer de segurança.

Esta plataforma terá a mesma configuração que a arriba actualmente apresenta, como se de uma projecção desta se tratasse. No seu ponto mais elevado um subtil corte na frente de guarda que denuncia e facilita a visualização do local exacto onde se encontra cravada na rocha, a famosa “Pata do Cavalo”, sugerida na lenda da Nazaré – Figura 4.1.

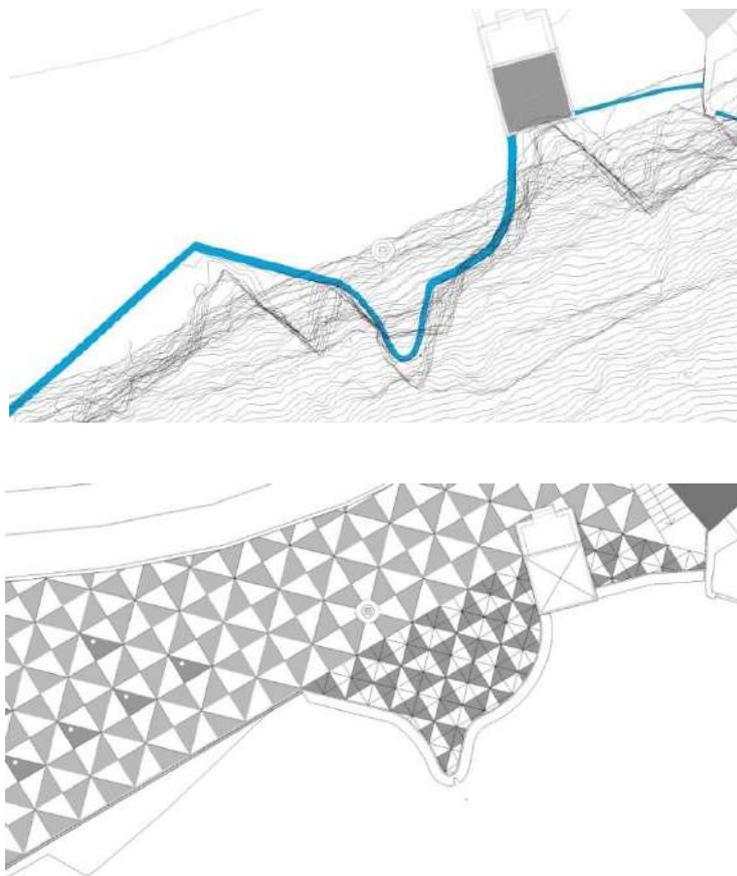


Figura 4.1 – Bico da Memória – Existente e Proposto

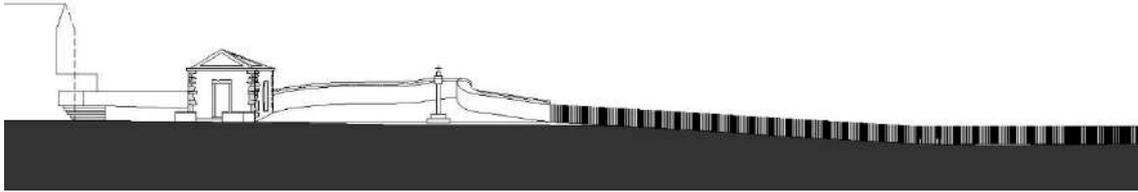


Figura 4.2 – Desenvolvimento da praça

5. SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO

5.1 - Considerações Iniciais

Face às patologias e às condições de estabilidade reconhecidas na zona da arriba em estudo, concluiu-se que o recuo e a instabilização desta têm sido determinados, particularmente, por quedas de blocos e por erosão na base da arriba devida à agitação marítima. Na origem destes fenómenos estão sobretudo a erosão das camadas menos resistentes devido à acção dos agentes climáticos e as drenagens incontroladas no seio do maciço.

O risco na zona intervencionar foi considerado moderado a elevado e relaciona-se sobretudo com a presença das consolas de grande balanço, cuja estabilidade é desconhecida e com a frequente queda de blocos no areal da praia, sendo necessário prever medidas de mitigação para todas estas ocorrências.

As acções a desencadear para a estabilização da arriba são do tipo preventivo. Neste contexto considera-se que as acções a levar a cabo se podem classificar como imediatas ou a curto prazo.

Procura-se actuar directamente sobre as zonas onde os diversos tipos de instabilizações são mais evidentes. Contudo, em alguns dos casos, por tal não ser exequível e igualmente por motivos paisagísticos e ambientais, as soluções de prevenção adoptadas visam controlar os efeitos dessas instabilidades, de modo a garantir a segurança de pessoas e bens.

Em seguida enuncia-se o conjunto de acções programadas, tendo em vista a protecção de todos os utilizadores da arriba na zona do miradouro do “Sítio”:

- colocação de sinalização de aviso e interdição parcial ou total das zonas de intervenção;
- remoção dos actuais muros guarda-corpos em alvenaria e colocação de novas “barreiras arquitectónicas” de protecção, recuadas face a estes;
- melhoria da drenagem superficial com encaminhamento para colector público.

5.2 - Condicionantes

Os condicionamentos mais relevantes para as acções a levar a cabo na zona do miradouro, relacionam-se com:

- a inserção da arriba, miradouro e capela no património geonatural e cultural da região, sendo estes alvo de uma intensa actividade turística que importa preservar mesmo durante a realização das obras;
- a grande altura da arriba e as consolas existentes na cota superior da mesma, que dificultam a instalação e a montagem de equipamentos na face livre para a realização de obras;
- a presença de edificado muito próximo da crista da arriba;

5.3 - Descrição dos Trabalhos

5.3.1 - Sinalização de perigo e Interdição à circulação

Em complemento da sinalização já existente ao longo da extensão da arriba, far-se-á, numa fase preparatória aos trabalhos, o reforço da sinalização de perigo em todos os trechos de arriba onde se constituiu o miradouro e onde o edificado se encontra mais próximo da crista da arriba. Também se deverão colocar alguns sinais de perigo na base da zona arriba a interencionar, onde se assiste actualmente à queda de blocos e onde já foi criada uma barreira de defesa contra a queda de blocos através da construção de uma duna com a areia da própria praia.

Antes do início das obras proceder-se-á à instalação de sinalização de interdição à circulação nos locais que forem alvo de intervenção. A interdição manter-se-á até à conclusão das obras.

O tipo de sinalização será de cariz semelhante à já utilizada pelo APA no mesmo tipo de obras costeiras, como dá conta a Figura 5.1, redesenhando-a e uniformizando os suportes das mesmas ao longo do perímetro da intervenção.

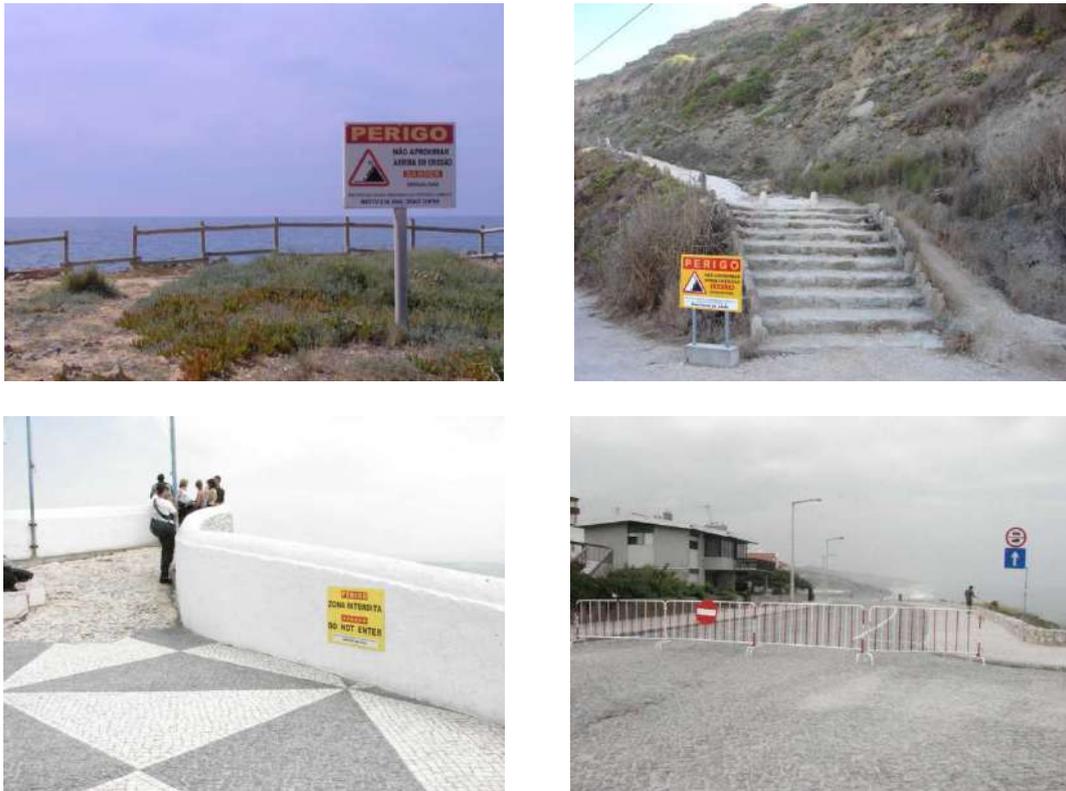


Figura 5.1 – Sinalizações de perigo e de interdição à circulação

5.3.2 - Remoção de muros existentes, saneamento e limpeza

De forma a recuar a zona de permanência de pessoas para terreno seguro, mais afastadas da falésia, mas mantendo a maior abrangência de vista possível, preconiza-se a remoção dos muros guarda-corpos existentes criando uma nova barreira, de perfis metálicos, fixos a um lintel de fundação – Figura 5.2.

Para tal prevê-se a utilização de martelo pneumático saneador e proceder-se-á igualmente à remoção da calçada para lá da nova guarda, tornando o solo permeável.

Todo o material que não apresenta garantias ou que tenha movimento aparente deverá ser retirado. Como princípio, a superfície de saneamento corresponderá à remoção dos horizontes do maciço muito alterado a decomposto (W4-5), com fracturação próxima a muito próxima (F4-5).



Figura 5.2 – Guarda-corpos existente

Paralelamente serão removidos os depósitos de vertente existentes no pé da arriba e limpas as superfícies das fracturas das bancadas calcárias que constituem o topo da arriba da vegetação espontânea, com arranque de raízes.

A realização deste trabalho deverá ser efectuada em perfeitas condições de segurança quer para os trabalhadores envolvidos quer para os transeuntes.

Relativamente aos transeuntes, deverá ser criada uma faixa de protecção à queda de material, delimitada por elementos sinalizadores.

Quanto aos trabalhadores envolvidos, é prevista para a realização destes trabalhos a suspensão do trabalhador a partir de *linha de vida* criada para o efeito na crista recuada do talude.

5.3.3 - *Plataforma suspensa*

A consola do Bico da Memória, pela carga histórica inerente, é uma situação específica cujo imaginário urge preservar: será assim alvo de trabalhos que consistem na criação de uma plataforma suspensa, assente em vigas metálicas que por sua vez serão chumbadas a um maciço de betão, betonado “in situ” e que por sua vez está ligado a uma malha de microestacas.



Figura 5.3 – Plataforma suspensa – Bico da Memória

A plataforma suspensa apresenta as seguintes características:

- Consola com um contorno curvilíneo, com uma extensão de 20,0 m e um vão variável de dimensão máxima igual a 11,80 m (relativamente à face interior da guarda);
- De uma forma genérica, a super-estrutura é constituída uma sequência de perfis IPE, dispostos paralelamente (à excepção do perfil IPE que contorna a fachada da capelinha) entre si e ligados superiormente a uma chapa metálica com uma espessura de 8 mm;
- De forma a otimizar a solução tanto estruturalmente como construtivamente, a variação da secção dos perfis ao longo do vão da consola é realizada através de troços de com secção standard, tendo-se considerado perfis IPE 750x145, IPE 500 e IPE 240;
- O afastamento entre os alinhamentos corresponde a 1,0 m e 1,50 m, consoante o vão da consola;
- Transversalmente a estrutura está contraventada tanto devido à chapa de aço como através de perfis IPE 160 dispostos perpendicularmente àqueles referidos anteriormente e com afastamentos entre eles de 1,0 m; para além da função de contraventamento estes perfis permitem ainda controlar a deformação da chapa metálica;
- Todas as ligações metálicas feitas em obra são aparafusadas, o que facilita a execução da estrutura;
- A chapa de topo de topo é aparafusada à super-estrutura, estando a cabeça dos parafusos previamente soldada (pingos de solda) à parte inferior do banzo superior dos perfis. O aperto é efectuado à posteriori por cima da estrutura.
- A estabilidade da consola em estrutura metálica é garantida através da ligação da mesma a um maciço em betão armado com 0,8 m de espessura e 6,5 m de largura; este é constituído na sua extremidade por uma consola curta em betão armado, com uma altura de 0,75 m de altura e espessura variável entre 0,8 m e 1,3 m, que permite uma correcta ligação do maciço à estrutura metálica;
- A ligação da consola ao maciço está prevista com chumbadouros (varões roscados), embutidos no mesmo. Está também prevista a utilização de cérceas de posicionamento para que os chumbadouros não se desviem aquando da betonagem.
- O maciço apresenta uma extensão máxima de 20 m, contudo, esta reduz-se para 15 m após os primeiros 2,5 m e para 10 m após os 2,5 m seguintes;

-
- De forma a melhorar o seu comportamento, prevêem-se ainda 32 microestacas distribuídas dispostas em quincôncio, com uma malha de 1,25 m x 2,5 m; as microestacas, com um comprimento de selagem de 10,5 m em rocha, são constituídas por um varão de $\phi 32$ em aço A500NR, selado com calda de cimento num furo com diâmetro de furação de $\phi 140$ mm e recorrendo à técnica de IGU (injecção global unitária);
 - O pavimento desta estrutura metálica é constituído, tal como definido na arquitectura, por caixas pré-fabricadas com calçada “à portuguesa” e que são pousadas sobre a chapa de aço estrutural; na extremidade da consola a guarda metálica é constituída por uma “costela” em perfis SHS 40x40 e revestida por chapas metálicas com 4 mm e 10 mm de espessura respectivamente nas chapas laterais e na chapa de topo;
 - Outros elementos como os da drenagem estão igualmente integrados na estrutura metálica tal como definido nas peças desenhadas de arquitectura.

Construtivamente, prevê-se que as microestacas sejam executadas a partir da cota do terreno natural e depois seja realizado o desmonte da rocha de uma forma cuidada e de forma a minimizar a perturbação do maciço rochoso.

A escavação em rocha recorrendo a explosivos está excluída, uma vez que esta poderá comprometer a estabilidade da consola no miradouro do “Sítio da Nazaré”.

Prevê-se portanto a realização de furos secantes ao longo do contorno do maciço em betão a construir e seguidamente, de um desmonte do maciço rochoso no interior do contorno recorrendo a meios mecânicos ligeiros.

Na Figura 5.4 e Figura 5.5 apresenta-se a solução construtiva adoptada.

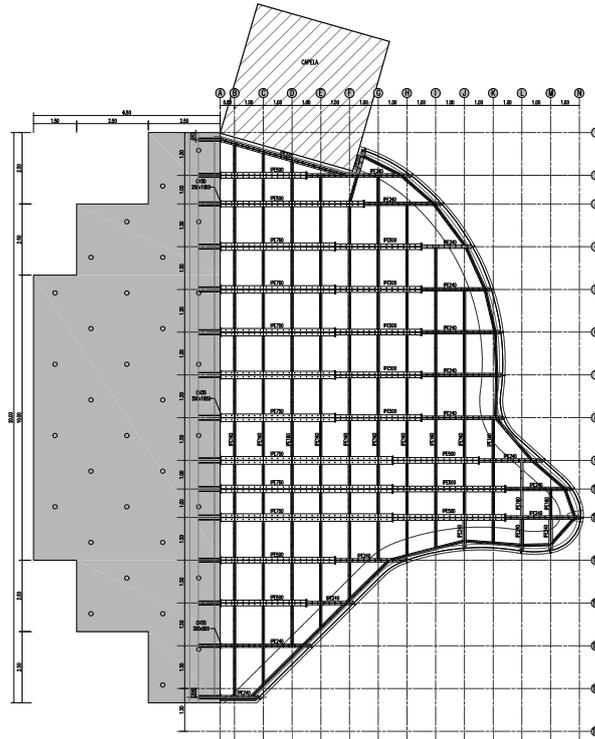


Figura 5.4 – Planta da solução para o miradouro do Sítio da Nazaré (sem escala definida)

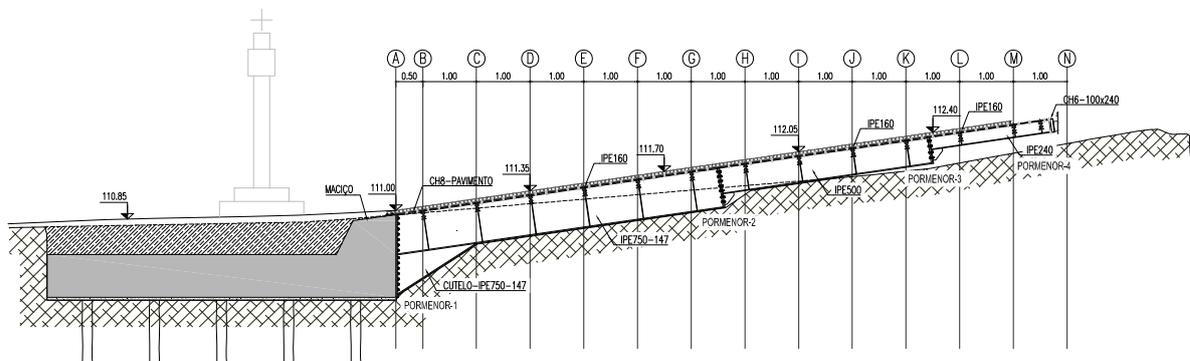


Figura 5.5 – Corte tipo da solução para o miradouro do Sítio da Nazaré (sem escala definida)

5.3.4 - Drenagens

Todas as ações a desencadear são tendentes a minorar os efeitos dos agentes erosivos sobre as arribas. Reconhecidamente, a água pluvial é um desses agentes, pelo que, importa promover a sua recolha e condução de forma controlada.

Está previsto neste projecto o referido sistema de caleiras de pavimento para recolha e colecta das águas pluviais ao nível da crista e da plataforma de todos os trechos da praça, que passarão a ser encaminhadas para montante, até serem ligadas a colector público de recolha de águas residuais, aliviando deste modo as descargas na falésia – Figura 5.6.

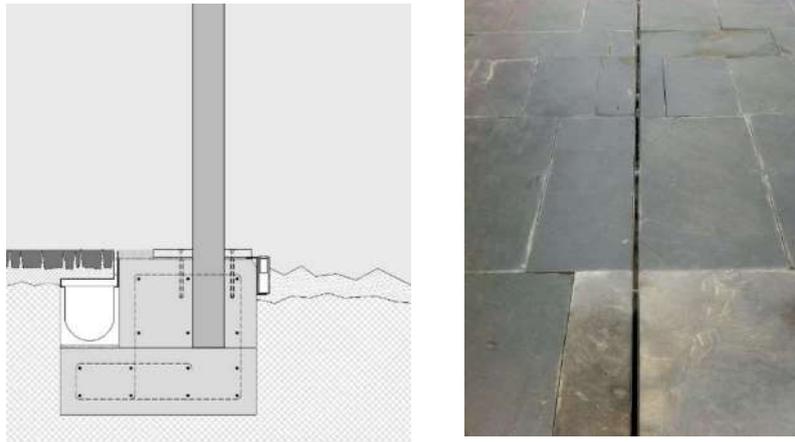


Figura 5.6 – Sistema de drenagem em caleira oculta

As suas características são constantes do mapa de medições, e no capítulo referente aos cálculos justificativos, no Anexo II.

5.3.5 - Sistema de monitorização

A monitorização visa minimizar e evitar potenciais situações de risco que, eventualmente, possam ocorrer, durante e após a construção.

A monitorização a implementar na zona do miradouro a interencionar incidirá principalmente sobre onde os problemas de instabilidade e de risco que se revelam com maior acuidade, ligados por um lado à presença de queda eminente de blocos e por outro à presença de edificação junto à crista da arriba.

Neste sentido, preconiza-se:

- a instalação de marcas topográficas ao longo do topo superior da zona da arriba a interencionar, com afastamentos de princípio, de 25 m;
- a instalação de um inclinómetro fora do limite das guardas metálicas e a meia distância da zona a interencionar

A periodicidade das leituras deverá ser adaptada às diferentes fases de vida da obra. Assim, durante a fase de construção, a periodicidade de leituras será mais elevada, determinada pela

evolução dos trabalhos, nunca superior a uma semana. Após a construção, a leitura poderá ser trimestral nos primeiros dois anos, passando a semestral nos anos subsequentes.

As frequências indicadas aplicam-se em condições normais. A ocorrência de situações anómalas deverá conduzir, desde que justificada, a alterações aos ritmos das leituras.

6. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Os principais materiais de construção considerados para utilização na construção da consola em estrutura metálica são:

6.1 - Estruturas de betão armado

- Betão da classe C40/50; XS1; CI0,2; $D_{\text{máx}}=25\text{mm}$; $\geq S3$ em elementos estruturais (NP206-1);
- Betão de limpeza C12/15 com 5cm de espessura sob todos os elementos de fundação (NP206-1);
- Armadura ordinária (EN 10080);
- Recobrimento de 5 cm em todos os elementos estruturais.

6.2 - Microestacas

- Calda de cimento (NP206-1): A/C = 0.5; $f_{\text{ck},28} \geq 25 \text{ MPa}$;
- Armadura ordinária A500 NR (EN 10080).

6.3 - Estrutura Metálica

- Perfis em geral e Chapas S275 JR (EN 10025-2)
- Proteção anticorrosiva
 - Decapagem Sa 2 ½
 - 1 demão de primário 50µm;
 - 2 demão de intermédio 110µm (total da camada = $2 \times 110 = 220 \text{ µm}$);
 - 1 demão de acabamento 50µm.



-
- Chumbadouros Aço S275 JR (EN 10025-2)
 - Elementos de ligação
 - Parafusos sext. cl. 8.8
 - Porcas sext. cl. 8.8
 - Anilhas cl. C45
 - Metal de adição em soldadura (EURONORM 25-72) Fe 430

6.4 - Elementos de arquitectura

- Pavimento
 - Calcada “à portuguesa” como indicado nas peças desenhadas;
- Guardas metálicas
 - Aço S235 JR (EN 10025-2);
- Caleiras ocultas de drenagem
 - caleira linear assimétrica de escoamento de águas pluviais do tipo "Brickslot da ACO DRAIN".

EQUIPA TÉCNICA

A equipa técnica é constituída por:

Coordenação:	Engº Carlos Vieira
Geologia e Geotecnia:	Engª Sónia Figueiredo Geólogo Rui Costa
Arquitectura	Arqº Rodrigo Nero Arqº Nuno Cabral Pinto
Análise Estrutural:	Engº Lúcio Gabadinho Engº Marco Neves
PSS:	José Passos Pereira
Desenho:	António Pimenta
Secretariado:	Paula Pires

Lisboa, Janeiro de 2020

PROJECTO DE EXECUÇÃO PARA A ESTABILIZAÇÃO
DAS ARRIBAS DA NAZARÉ

NA ZONA DA ENVOLVENTE DA PLATAFORMA SUPERIOR DO ASCENSOR

PROJECTO DE EXECUÇÃO PARA A ESTABILIZAÇÃO
DAS ARRIBAS DA NAZARÉ
NA ZONA DO DENOMINADO “SÍTIO” E DA ENVOLVENTE DA PLATAFORMA
SUPERIOR DO ASCENSOR

VOL I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
Envolvente da plataforma superior do Ascensor

ÍNDICE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
2. ELEMENTOS DE BASE	2
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO.....	3
3.1 - Localização	3
3.2 - Climatologia.....	3
3.3 - Geologia e Geomorfologia	4
3.4 - Tectónica e Sismicidade	7
3.5 - Características hidrogeológicas	9
3.6 - Características Geotécnicas.....	10
3.7 - Processos Erosivos e Factores de Instabilização.....	12
3.7.1 - Tipos de instabilidade e mecanismos globais na Arriba da Nazaré	12
3.7.2 - Factores de instabilização.....	13
3.8 - Trecho sobranceiro ao ascensor da Nazaré	14
4. ENQUADRAMENTO DOS ESTUDOS	15
5. SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO	16
5.1 - Considerações Iniciais	16
5.2 - Condicionantes	17

5.3 - Descrição dos Trabalhos	18
5.3.1 - Saneamento, limpeza e remoção de blocos.....	18
5.3.2 - Obras de protecção da arriba contra erosão	19
5.3.3 - Obras de estabilização da arriba	21
5.3.4 - Obras de protecção contra a queda de blocos.....	22
5.3.5 - Drenagens.....	24
5.3.6 - Sistema de monitorização.....	24
6. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	25
6.1 - Estruturas de betão armado	25
6.2 - Ancoragens	25
6.3 - Redes metálicas	26
6.4 - Barreira dinâmica.....	26
BIBLIOGRAFIA	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Temperatura e precipitação médias anuais.....	4
Figura 2 – Enquadramento Geológico da área de intervenção (Excerto da Carta Geológica de Alcobaça, folha 26-B, à escala 1/50000, SGP, 1963).....	4
Figura 3 – Aspecto de bancadas em consola na zona de intervenção e a Oeste desta zona.....	6
Figura 4 – Aspecto do antigo escorregamento sobranceiro ao areal da praia da Nazaré (a) e do ravinamento na vertente do ascensor (b)	6
Figura 5 – Batimetria do canhão da Nazaré e localização da Falha da Nazaré, estrutura tardi-varisca possivelmente associada à origem do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Cabral, 1993).....	7
Figura 6 – Zonas sísmicas de Portugal Continental e respectivos coeficientes de sismicidade ..	8
Figura 7 – Vista geral do trecho sobranceiro ao emboquilhamento do túnel do ascensor.....	14
Figura 8 – Vista geral e de pormenor das bancadas em consola subjacentes ao muro do miradouro do ascensor. Pormenor das fracturas e respectivas aberturas existentes nas lajes de calcário	15
Figura 9 – Saneamento, limpeza e remoção de blocos.....	19
Figura 10 – Argamassagem de estratos brandos	19
Figura 11 – Preenchimento de cavidades.....	20
Figura 12 – Estrutura ancorada.....	22
Figura 13 – Rede metálica de protecção	23
Figura 14 – Rede dinâmica flexível.....	23
Figura 15 – Drenos existentes no muro do miradouro.....	24

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Tipologia de terrenos a considerar no estabelecimento do coeficiente sísmico	8
Quadro 3.2 – Correção dos valores de acelerações, velocidades e deslocamentos para diferentes T, com base em T=1.000 anos (Sousa, Oliveira, 1977)	9
Quadro 3.3 – Espectro da resistência à compressão uniaxial (RCU) das bancadas	11
Quadro 3.4 – Parâmetros Geotécnicos.....	11

DESENHOS

O índice de desenhos está conforme a lista de peças desenhadas anexada no Volume II - Peças Desenhadas.

**PROJECTO DE EXECUÇÃO PARA A ESTABILIZAÇÃO
DAS ARRIBAS DA NAZARÉ
NA ZONA DO DENOMINADO “SÍTIO” E DA ENVOLVENTE DA PLATAFORMA
SUPERIOR DO ASCENSOR**

VOL I - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
Envolvente da plataforma superior do Ascensor

1. INTRODUÇÃO

No âmbito dos estudos do Projecto de Execução para a Estabilização das Arribas da Nazaré na zona do denominado “Sítio” e da envolvente da plataforma superior do ascensor, no concelho com o mesmo nome e no distrito de Leiria, adjudicado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) à LCW – Consultadoria de Projectos de Engenharia, S.A., apresenta-se neste documento a Memória Descritiva e Justificativa da solução concebida para o trecho da arriba, na envolvente da plataforma superior do Ascensor da Nazaré.

Os estudos desenvolvidos neste âmbito tiveram por base o reconhecimento de superfície do local, o diagnóstico, a verificação e a análise de risco das actuais condições de estabilidade.

O objectivo da intervenção visa a definição de um conjunto de medidas de estabilização da arriba no trecho sobrejacente ao Túnel do Ascensor da Nazaré e subjacente ao miradouro de forma a incrementar as condições de segurança dos utilizadores destas infraestruturas.

O projecto aqui apresentado localiza-se no concelho da Nazaré, Distrito de Leiria, no topo da arriba que limita a Norte a Praia da Nazaré, ao longo da zona orientada grosseiramente E-W.

Esta memória encontra-se estruturada em seis capítulos, incluindo este.

No segundo capítulo descrevem-se os elementos utilizados para o desenvolvimento desta fase do projecto.

A caracterização geral da área em estudo é efectuada no capítulo 3, abordando-se as questões da geologia e geomorfologia, tectónica e sismicidade, hidrogeologia, geotecnia, e ainda os

processos erosivos actuantes e os tipos/mecanismos de instabilidade observados durante as visitas de reconhecimento efectuados e que permitiram o estabelecimento de um zonamento de risco.

No capítulo 4 apresentam-se as questões relacionadas com o enquadramento dos estudos, abordando-se no capítulo 5 os tipos de intervenções preconizadas para a zona de estudo.

2. ELEMENTOS DE BASE

Os elementos de base utilizados para a execução desta fase do projecto foram os seguintes:

- Carta Geológica de Portugal, 1/50.000, folha 26-B Alcobaça;
- Carta Militar de Portugal na escala 1/25.000, folhas 306B e 307;
- Relatório do LNEC de Julho 2016, denominado “Estudo da Estabilidade do Talude Sobranceiro ao Ascensor da Nazaré” (Relatório 000/2016-DG/NGEA, Proc. 0504/121/20359) [2];
- Relatório Preliminar sobre a estabilidade das Arribas da Praia da Nazaré, elaborado pela Lisconcebe, S.A. em Junho 2010 [3];
- Relatório elaborado pelo LNEC em Dezembro 2001, sobre a estabilidade das Arribas da Praia da Nazaré (Relatório 358/01) [1];
- Topografia fornecida em papel pelo INAG, na escala 1/1000, proveniente do estudo realizado para a mesma entidade pelo LNEC em 2001, redesenhada para um modelo vectorial (ACAD);
- Topografia obtida por Varrimento Laser Scanning 3D de Alta Definição.

Destes elementos de base, destacam-se os diversos estudos realizados pelo LNEC quer específicos e solicitados pelos Serviços Municipalizados da Nazaré (LNEC, 2016) quer integrados na escarpa da Nazaré e promovidos pelo Instituto da Água (LNEC, 2001), actualmente APA, I.P.. O último destes - Estudo da Estabilidade do Talude Sobranceiro ao Ascensor da Nazaré (LNEC, 2016) - desenvolvido para o trecho da intervenção, constitui o documento de referência para o desenvolvimento das soluções a implementar no projecto.

A consulta da bibliografia disponível foi complementada com a realização de visitas de inspecção e reconhecimento ao local. Nestas visitas identificaram-se as condições geológicas de superfície e de estabilidade da arriba, os locais de prováveis ocorrências de fenómenos de instabilização da arriba e eventuais percursos de queda. Aferiu-se ainda o grau de danos previsível para as estruturas e infra-estruturas existentes.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 - Localização

O projecto interessa a zona de cota superior da arriba da praia da Nazaré, no trecho confinado com o ascensor que faz a ligação entre o “Sítio” e a zona da praia.

Em termos altimétricos o estudo desenvolve-se sensivelmente entre as cotas 100 e 120, definidas pelo trecho sobrejacente ao emboquilhamento do Túnel do Ascensor da Nazaré e subjacente ao miradouro de topo da arriba.

Nas peças desenhadas (Desenhos D01, D03 e D04) apresenta-se a localização e delimitação da zona a intervir.

3.2 - Climatologia

A Vila da Nazaré está localizada numa zona de clima temperado, com temperaturas médias diárias do ar entre 12,5 e 15º e com precipitações médias anuais da ordem de 700-800 mm.

Esta zona do país e particularmente a sua orla costeira marítima expõe-se aos agentes climáticos sub-aéreos de forma aberta, a partir da frente atlântica com que se confronta.

Estes agentes constituem-se como dos factores mais relevantes no processo erosivo e de meteorização a que a arriba está sujeita e que se manifestam, sobretudo, em quedas de blocos e desmoronamento/derrocada de massas desagregadas de rocha, tanto em resultado da fracturação, da descompressão e alteração do maciço, como da geração de consolas por erosão das camadas mais brandas.

Apresenta-se na Figura 1 o enquadramento dos dados climáticos da região, relativamente a temperaturas e precipitações, no panorama nacional.

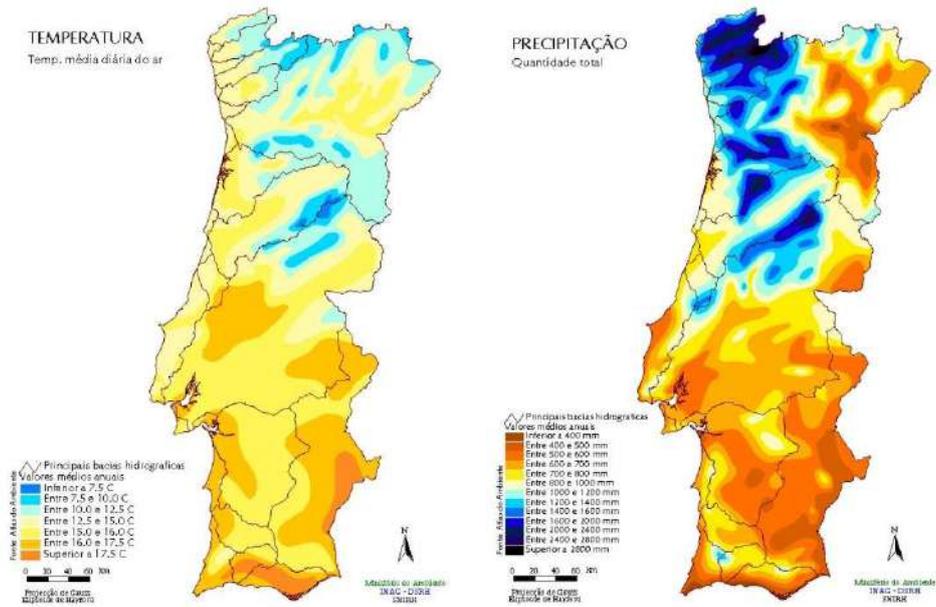


Figura 1 – Temperatura e precipitação médias anuais

3.3 - Geologia e Geomorfologia

A geologia da área de intervenção é constituída, de acordo com a Carta Geológica de Portugal, 1/50.000, folha 26-B Alcobaça, por formações Modernas e do Cretácico (Turoniano, Cenomaniano e Albiano-Aptiano) - Figura 2.

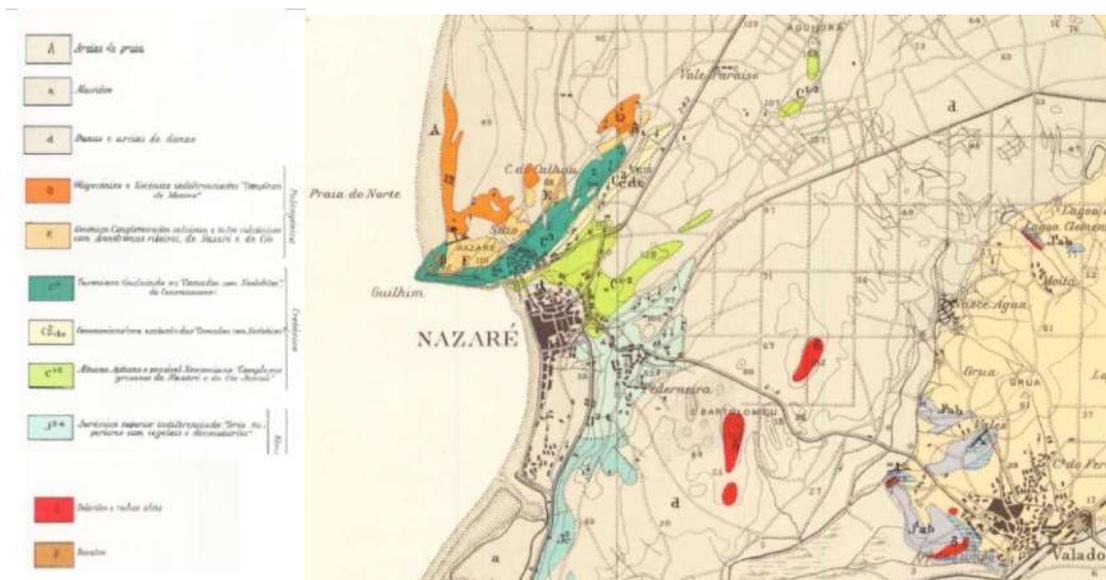


Figura 2 – Enquadramento Geológico da área de intervenção (Excerto da Carta Geológica de Alcobaça, folha 26-B, à escala 1/50.000, SGP, 1963)

Na base da arriba ocorrem os depósitos modernos de Areias de Praia (A) e Dunas (d), os quais recobrem as formações arenosas com intercalações de argilas atribuídas ao Complexo Gresoso da Nazaré, do Albiano-Aptiano (C¹⁻²). A meia vertente, afloram as formações do Cenomaniano (C^{2_cde}), constituídas por alternâncias de margas, calcários margosos de cor cinzenta e grés margosos cinzento-amarelados. No topo da arriba estão presentes os níveis de calcários compactos, calcários apinhoados, calcários margosos acinzentados e grés amarelados do Turoniano (C³), que se reconhecem ao longo de toda a extensão da mesma, até ao promontório. Identifica-se ainda aflorante, um complexo filoniano de basaltos olivínicos, correlacionado com o Complexo Basáltico de Lisboa, que corta pontualmente as formações cretácicas junto do Forte de S. Miguel.

Os reconhecimentos efectuados no topo da Arriba da Nazaré deram conta da presença das bancadas do Turoniano com uma espessura máxima estimada de 10 metros na zona ocidental, diminuindo esta espessura progressivamente para o quadrante Este. Estas bancadas são constituídas por alternâncias de calcários compactos cristalinos a semi-cristalinos brancos e calcários compactos apinhoados brancos.

Subjacente a estes, afloram calcários margosos a gresosos amarelados, do Cenomaniano, os quais estão presentes no topo da arriba, na zona do miradouro sobrejacente ao emboquilhamento do túnel do ascensor.

Nas cotas inferiores da mesma vertente, afloram rochas mais brandas, que compreendem uma alternância rítmica de argilas calcárias, margas e calcários margosos de cor cinzenta e ainda grés margosos cinzento-amarelados do Cenomaniano.

No sector do Ascensor na base da arriba ocorrem ainda formações arenosas friáveis, com algumas intercalações do Albiano-Aptiano.

A atitude geral destas bancadas sedimentares é de NE-SW, com uma inclinação suave para o interior da arriba (cerca de 15° a 20°, chegando aos 30° localmente, para NW).

No que respeita à fracturação do maciço, as observações efectuadas nas bancadas a cotas superiores, mostraram que este exhibe uma família predominantemente vertical a sub-vertical, com direcção normal à arriba.

Simultaneamente, ocorre também uma fissuração e fracturação com orientação paralela à face da arriba, resultado da conjugação dos fenómenos de descompressão superficial das bancadas de calcário e do aumento das cargas exercidas pelas consolas suspensas. É ainda visível, com menor frequência, uma família de fracturas sub-horizontais, concordantes com a estratificação e perpendiculares ao desenvolvimento da arriba.

A arriba em análise está sujeito a diferentes processos erosivos, de intensidade elevada. Estes processos resultam do efeito de desgaste dos níveis mais brandos que, nestas formações geológicas, surgem em alternância com bancadas mais resistentes, e que conduzem à formação de consolas, principalmente ao longo da crista da arriba (Figura 3). As consolas mais proeminentes ocorrem fora da zona de intervenção - a Oeste desta zona - sobretudo onde estão presentes as camadas de calcário compacto cristalino a apinhado do Turoniano. No trecho do estudo, onde estão presentes as unidades do Cenomaniano, o fenómeno de erosão é do mesmo tipo e motivado pelo desgaste dos níveis mais brandos de natureza margosa intercalado com as finas bancadas calcárias. Contudo, as consolas são pouco espessas e com vão livre máximo da ordem dos 2m.



Figura 3 – Aspecto de bancadas em consola na zona de intervenção e a Oeste desta zona

Simultaneamente, a intensa erosão por escorrência superficial a que os níveis gresosos de base estão sujeitos potencia os fenómenos de escorregamentos e ravinamentos (Figura 4) como aqueles bem visíveis na extremidade W da arriba.



(a)



(b)

Figura 4 – Aspecto do antigo escorregamento sobranceiro ao areal da praia da Nazaré (a) e do ravinamento na vertente do ascensor (b)

3.4 - Tectónica e Sismicidade

A região em que se insere o troço de arriba caracteriza-se, do ponto de vista da neotectónica regional, pela existência frequente de estruturas diapíricas, normalmente controladas por alinhamentos de origem tectónica, de entre os quais se salienta a falha activa de Nazaré-Pombal, com uma direcção aproximadamente NE-SW. Este alinhamento está bem descrito na bibliografia da especialidade, embora seja alvo de interpretações distintas no que respeita ao controle tectónico e estrutural da arriba da praia da Nazaré. No entanto, é de conhecimento generalizado que este alinhamento se prolonga para além da margem continental, tendo dado origem ao canhão submarino da Nazaré, condicionante das obras marítimas que se têm desenvolvido naquela zona – Figura 5.

A falha de Nazaré-Pombal tem apresentado actividade especialmente na parte submersa. Foi nesta falha que se gerou o sismo de 26 de Dezembro de 1962, com magnitude 5,7, crendo-se também que foi nesta falha que se geraram os sismos históricos de 1528 e de 21 de Fevereiro de 1890. Os vestígios desta actividade sísmica estão bem patentes nas formações gresosas grosseiras, onde localmente são observáveis estruturas de colapso.

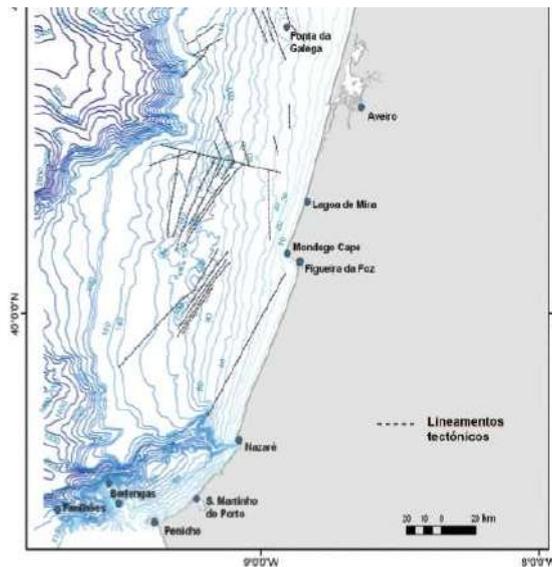


Figura 5 – Batimetria do canhão da Nazaré e localização da Falha da Nazaré, estrutura tardi-varisca possivelmente associada à origem do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Cabral, 1993)

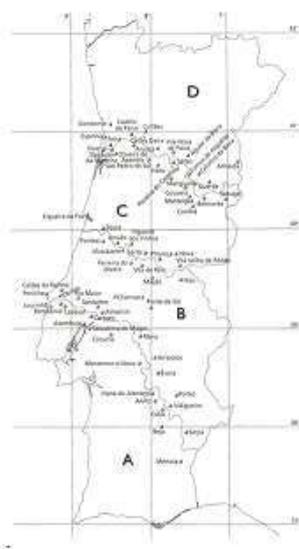
Do ponto de vista da sismicidade, a região é afectada sobretudo pela actividade sísmica de duas zonas sismotectónicas principais, a saber:

- Zona 1: Bacia do Tejo;
- Zona 2: Atlântico.

A Zona 1 (interplacas) inclui a região do vale do Tejo e Sado onde se incluem as falhas do Vale Inferior do Tejo e a falha de Nazaré-Pombal, onde se registaram sismos de magnitude superior a 5.

A zona 2 (intraplacas), ao longo da fronteira Açores-Gibraltar, responsável pela actividade sísmica no mar, nomeadamente na zona do Banco de Gorringe que deu origem aos maiores sismos históricos que atingiram o continente (1356, 1531, 1755, 1969).

Em termos regulamentares, e, segundo o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP, 1986), a zona em estudo situa-se na zona sísmica B (Figura 6) identificada com um risco sísmico elevado, a que corresponde um coeficiente de sismicidade igual a 0,7.



Zona sísmica	α
A	1,0
B	0,7
C	0,5
D	0,3

Figura 6 – Zonas sísmicas de Portugal Continental e respectivos coeficientes de sismicidade

Para efeito da definição do coeficiente sísmico de referência, β_0 , definido no RSA, apresenta-se no Quadro 3.1 o enquadramento da natureza dos terrenos de fundação das obras a projectar, na tipologia estabelecida por aqueles documentos regulamentares.

Quadro 3.1 – Tipologia de terrenos a considerar no estabelecimento do coeficiente sísmico

	I	II	III
Tipo de terreno	Rochas e solos coerentes rijos	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; solos incoerentes compactos	Solos coerentes moles e muito moles; solos incoerentes soltos
Maciço calcário-gresoso Cretácico	**	*	

Segundo Oliveira, C. S. (1977), as acelerações máximas para um período de retorno de 1.000 anos na zona em estudo são da ordem de 125 cm/s². Ainda segundo o mesmo autor, as velocidades e os deslocamentos esperados no terreno são respectivamente 15 cm/s e 6 cm.

Para outros períodos de retorno que intervenham no dimensionamento de projecto, vários são os métodos que permitem calcular os mesmos valores. De uma forma expedita e segundo Sousa Oliveira (1977) define-se no Quadro 3.2 e com base num período de 1.000 anos, os factores médios de correcção para os valores da aceleração, velocidade e deslocamentos correspondentes a diferentes períodos de retorno.

Quadro 3.2 – Correcção dos valores de acelerações, velocidades e deslocamentos para diferentes T, com base em T=1.000 anos (Sousa, Oliveira, 1977)

T (anos)	1 000	500	200	100	50	20	10
Factor de correcção	1,00	0,75 ±(5%)	0,54 ±(8%)	0,40 ±(12%)	0,27 ±(16%)	0,15 ±(20%)	0,10 ±(25%)

3.5 - Características hidrogeológicas

A alternância litológica que caracteriza a arriba em estudo, característica de ambientes hidrodinâmicos de deposição variados, associada a uma fracturação decorrente da descompressão do maciço por vezes intensa e ainda da tectónica, concorre para estabelecer, do ponto de vista hidrogeológico, situações de alguma diversidade, segundo o tipo de permeabilidade dominante. Assim, podem ser considerados:

- meios porosos, caracterizados por “permeabilidade em pequeno”, correspondentes às formações gresosas alteradas, aos depósitos de vertente e às areias de duna e de praia;
- meios fissurados, de “permeabilidade em grande”, constituídos pelos estratos calcários e margosos.

Os meios porosos exibem por vezes porosidade elevada, o que permite uma infiltração apreciável e consequente elevada velocidade de circulação das águas, contribuindo para a instabilização da arriba, principalmente no seu sector Este, junto ao emboquilhamento do túnel do Ascensor e um pouco por toda a vertente onde este se constituiu.

Os meios fissurados têm grande representatividade no conjunto da escarpa. De um modo geral, as rochas de permeabilidade fissural originam, do ponto de vista hidrogeológico, redes de percolação de carácter descontínuo, de fraca produtividade. Em zonas densamente fracturadas e falhadas, podem, no entanto, constituir pequenos aquíferos suspensos e confinados no seio dos calcários e margas impermeáveis. Em consequência da baixa

permeabilidade destas últimas, do pendor sub-vertical de grande parte dos trechos da arriba, dos fortes declives, da escassez de solos e de coberto vegetal e ainda da impermeabilização do solo na zona urbana, o essencial da escorrência superficial aflui ao longo da frente da arriba ou perde-se para o mar.

Os meios fissurados podem ainda coexistir localmente com aquíferos porosos sobrejacentes, como são no local, os solos resultantes da alteração "*in situ*" misturados com materiais de aterro. Nestas circunstâncias podem, em determinadas épocas do ano, ser armazenados volumes significativos de água subterrânea, confinados inferiormente pelo maciço gresocalcário menos alterado e fracturado, em conjunto com estratos de carácter margoso em predominância, constituindo um complexo hidrogeológico que, em termos práticos, se pode considerar como relativamente impermeável, devido à sua baixa condutividade hidráulica global.

Este conjunto de condições constitui uma parte importante responsável pela degradação da resistência mecânica da rocha e conseqüentemente pela instabilidade que lhe está associada.

3.6 - Características Geotécnicas

As condições geotécnicas do maciço relacionam-se com a evolução geológica local e regional, com a natureza litológica do material-rocha, com a estrutura e o sistema de compartimentação do maciço e ainda, com as facilidades de alteração oferecidas pelo modo de exposição aos factores ambientais predisponentes.

O maciço da arriba em estudo, de constituição predominantemente margosa, com alternâncias de bancadas calcárias, calcário-margosas e gresosas, expõe-se de forma aberta e com maior ritmicidade àqueles agentes de alteração dominantes. Por outro lado, a existência de várias famílias de descontinuidades condiciona fortemente o comportamento mecânico dos maciços rochosos.

Em termos globais, e no que respeita à fracturação, o maciço rochoso da arriba em estudo caracteriza-se por possuir essencialmente fracturas resultantes da descompressão caracterizadas pelos seguintes parâmetros (ISRM, 1981):

- Espaçamento: muito espaçadas a medianamente espaçadas (F1 a F3) no topo da arriba e próximas a medianamente afastadas (F4 a F3) nas cotas inferiores e intermédias e junto ao emboquilhamento do túnel do ascensor;
- Alteração: não alteradas a ligeiramente alteradas;
- Continuidade: contínuas (10-20 m) a pouco contínuas (1-3 m);
- Abertura: largas (10-100 mm) a abertas (0,5-2,5 mm);

- Enchimento: ausente;
- Rugosidade: onduladas rugosas (tipo IV), onduladas lisas (tipo V) e planas rugosas (tipo IX);
- Características hidrogeológicas: secas ou húmidas, pontualmente detectaram-se algumas exsurgências em pontos localizados.

As características resistentes dos maciços aflorantes (RCU), avaliadas “in-situ” por métodos expeditos recomendados pela Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (ISRM, 1981) distribuem-se da seguinte forma, consoante o grau de alteração – Quadro 3.3:

Quadro 3.3 – Espectro da resistência à compressão uniaxial (RCU) das bancadas rochosas aflorantes na arriba da praia da Nazaré

Nível litológico / Grau de alteração (ISRM, 1981)	W4	W3	W2
Calcários compactos cristalinos e apinhoados			50-100 MPa
Calcários margosos	1-5 MPa	5-25 MPa	
Calcários gresosos e grés margosos		5-25 MPa	
Argilas calcárias e margas	0.25-1 MPa	1-50 (10) MPa	

Não existindo resultados de ensaios de caracterização geomecânica dos principais maciços interessados pelas intervenções a efectuar, procedeu-se, para efeitos da parametrização geotécnica, à utilização dos critérios de Hoek-Brown e apresentam-se no Quadro 3.4 os parâmetros geotécnicos considerados.

Quadro 3.4 – Parâmetros Geotécnicos

Tipo litológico	γ [kN/m ³]	c/c' [kPa]	ϕ / ϕ' [°]	E [GPa]	ν [-]
Calcários compactos cristalinos e apinhoados (W2)	26	300-400	40-45	4.0	0.20
Calcários margosos (W3)	24	200-300	35	1.5-2.0	0.26
Calcários gresosos e grés margosos	22	100-200	30-35	0.20-0.30	0.28
Argilas margosas/marga	20	20-40	25-28	30-40	0.30

3.7 - Processos Erosivos e Factores de Instabilização

3.7.1 - Tipos de instabilidade e mecanismos globais na Arriba da Nazaré

A arriba da Nazaré apresenta características geométricas, morfológicas, físicas e de ocupação variáveis ao longo dos seus cerca de 340 m de extensão, que determinam a presença de diferentes mecanismos de instabilidade, e conseqüentemente diferentes graus de risco.

A queda de blocos suspensos constitui o principal fenómeno de instabilidade de vertentes observados na arriba da Nazaré. Adicionalmente, verificam-se ainda, fenómenos localizados de desmoronamento/derrocada de massas desagregadas de rocha e escorregamento do tipo circular ou rotacional nas litologias mais brandas e ravinamento nos depósitos gresosos não consolidados e de vertente.

A queda de blocos tem a sua principal origem nas cotas superiores da arriba, nas bancadas calcárias em consola sobre as quais se constitui a malha urbana, a cerca de 100 m de altura do areal da praia da Nazaré. Esta situação confere aos blocos potencialmente instáveis uma energia potencial muito elevada.

Nas condições topográficas dominantes a queda de blocos faz-se em queda livre, com ou sem contacto temporário com o talude, seguida de ressalto, rolamento ou deslizamento, com conseqüente dissipação da energia cinética, até à imobilização na base do talude ou numa superfície de menor inclinação.

O desprendimento dos blocos em consola pode ser devido a vários mecanismos, destacando-se:

- a rotura por tracção de fracturas verticais;
- os deslizamentos planares ao longo das juntas de estratificação com atrito reduzido ou nas fracturas sub-horizontais com grande abertura;
- o basculamento ou *topling* em painéis de rocha paralelos à face livre da escarpa, individualizados por fracturas verticais;
- os desmoronamentos por flambagem ou encurvadura em painéis ou colunas de rocha muito esbeltos paralelos à face livre da escarpa.

Os desmoronamentos/derrocadas de massas desagregadas de rocha e os fenómenos de escorregamento parecem ocorrer conjugados, tendo dado origem ao escorregamento sobranceiro ao areal da praia da Nazaré na extremidade W da arriba. Neste local, apesar da atitude das camadas ser favorável à estabilização da arriba, a presença de uma fracturação intensa nos níveis margosos e gresosos mais superficiais, à qual se aliou a acção dinâmica das ondas do mar na base da arriba, deu origem a uma rotura circular com deslizamento seguido

de desmoronamento de um volume apreciável de rocha desagregada e de depósitos de vertente.

Os fenómenos de ravinamento encontram-se fundamentalmente na vertente onde se instalou o ascensor e no caminho pedonal de acesso deste ao areal da praia.

Estes mecanismos de instabilidade são potenciados pela existência de caminhos pedonais com ausência de cobertura vegetal, ficando os níveis de gresosos não consolidadas em que foram escavados sujeitos a uma intensa erosão por escorrência superficial. A erosão dos depósitos de vertente pode igualmente provocar o desconfinamento das bancadas rochosas subjacentes e agravar as suas condições de estabilidade.

3.7.2 - Factores de instabilização

Consideram-se como factores de instabilização principais a longo prazo:

- a acção da chuva;
- a acção do escoamento superficial;
- as sobrecargas com impermeabilização, das quais resultam a descarga de águas de drenagem pluvial na face livre da arriba;
- as sobrecargas no talude resultantes da construção de edificado;
- o escoamento interno nos maciços, responsável pela alteração meteórica, ao longo das discontinuidades;
- as fortes amplitudes térmicas entre os meses de Inverno e Verão;
- a acção das ondas na base da arriba;
- a acção dos ventos fortes.

Outros factores a ter em conta, que directamente ou indirectamente são condicionantes da estabilidade da arriba, relacionam-se com:

- modificações da topografia como sejam as escavações no talude para a instalação do ascensor, a construção de muros e as escavações no pé de talude para a construção de habitações e outros edificados;
- a presença de vegetação nas fracturas do topo da arriba, cujas raízes provocam abertura das mesmas;
- vibrações provocadas por sismos, pela presença de máquinas pesadas no topo da arriba e com o rolamento contínuo do ascensor.

3.8 - Trecho sobranceiro ao ascensor da Nazaré

O trecho em estudo corresponde à zona nascente da arriba, com uma extensão de cerca de 45m, na envolvente da plataforma superior do Ascensor da Nazaré. Neste trecho o sector superior da arriba é sub-vertical passando a cerca de 45° na plataforma superior do Ascensor e apresentando-se no sector intermédio e inferior com uma inclinação de cerca de 25° e coberto com vegetação rasteira de pequeno e médio porte e de algumas árvores que ladeiam o percurso do ascensor. A altura da arriba, no alinhamento do ascensor, é de cerca de 90 m.

O topo da arriba encontra-se ocupado por edificação e por um muro de alvenaria do miradouro na junção da Rua do Horizonte com a Rua Azevedo e Sousa. A base da arriba encontra-se igualmente urbanizada.

No que respeita às situações de risco, observa-se:

- a queda de pedras e de blocos no talude sobranceiro ao emboquilhamento do túnel do ascensor, que ocorre principalmente nas zonas onde a erosão diferencial dos níveis mais brandos se processa com maior intensidade (Figura 7 e Figura 8) e onde o espaçamento da fracturação é próximo;
- a presença de bancadas em consola, subjacentes a uma zona de miradouro limitado por um muro, que alguns dos casos tem a sua fundação já praticamente desapojada e que terá sido recentemente submetida a um enchimento e revestimento com pedra (Figura 7);
- a ausência de um sistema de drenagem conveniente; actualmente a drenagem existente corresponde a uns furos na base do muro guarda-corpos que encaminham as águas pluviais directamente para a face livre da arriba, potenciando o processo de erosão já acelerado das bancas gresosas (Figura 7).



Figura 7 – Vista geral do trecho sobranceiro ao emboquilhamento do túnel do ascensor



Figura 8 – Vista geral e de pormenor das bancadas em consola subjacentes ao muro do miradouro do ascensor. Pormenor das fracturas e respectivas aberturas existentes nas lajes de calcário

O escorregamento observado nas cotas intermédias e inferiores da arriba, não deverá constituir uma situação de perigo eminente, dado que o mesmo já atingiu o seu perfil de equilíbrio (Figura 4 b).

4. ENQUADRAMENTO DOS ESTUDOS

O desenvolvimento do estudo foi realizado na procura de uma solução técnica compatível com a realidade identificada no local e com as directrizes apontadas no relatório do LNEC (2016) ^[2].

Os estudos sobre a estabilidade do local têm vindo a ser desenvolvidos desde 1993, altura em que o LNEC realizou o primeiro relatório sobre a Estabilidade do talude sobre o túnel do Ascensor da Nazaré. Posteriormente, esse diagnóstico foi complementado com os relatórios emitidos em 2001 e 2010 no âmbito dos estudos para a Estabilização das arribas na praia da Nazaré (LNEC, 2001 ^[1]; Lisconcebe, 2010 ^[3]) e actualizado em 2016, pelo referido relatório específico sobre a estabilidade do talude sobranceiro ao Ascensor da Nazaré (LNEC, 2016 ^[2]).

Neste estudo, o LNEC por solicitação dos Serviços Municipalizados da Nazaré, realiza o levantamento da situação das condições de estabilidade do talude sobranceiro ao túnel do Ascensor da Nazaré, bem como, define as medidas tipo de remediação entendidas como a desenvolver e a pormenorizar em projecto específico por empresa da especialidade.

As medidas aí propostas dizem respeito aos seguintes trabalhos:

- i. Limpeza da superfície do talude e remoção dos blocos soltos no trecho delimitado pelos alinhamentos transversais materializados pelo hasteal nascente do túnel do Ascensor da Nazaré (TAN) e a extremidade do miradouro;
- ii. Desmonte do muro de alvenaria existente na zona nascente do talude sobranceiro ao TAN;

- iii. Execução de revestimento em betão projectado, pregado e drenado, na zona do talude directamente sobrejacente ao TAN;
- iv. Implementação de sistema de drenagem superficial na base do muro;
- v. Execução de estrutura ancorada para suporte de uma laje em betão, visando a sustentação das consolas formadas pelas camadas de calcário compacto na zona do talude subjacente ao miradouro;
- vi. Integração paisagística das estruturas em betão atrás descritas, designadamente, entre outras medidas, mediante o seu revestimento com blocos de pedra obtidos a partir de blocos depositados na superfície ou na base da arriba da Nazaré.

Posteriormente à emissão deste relatório, no talude foi colocada uma rede metálica na faixa sobrejacente ao emboquilhamento do túnel.

5. SOLUÇÕES DE INTERVENÇÃO

5.1 - Considerações Iniciais

Face às patologias e às condições de estabilidade reconhecidas na zona da arriba em estudo, concluiu-se que o recuo e a instabilização desta têm sido determinados, particularmente, por quedas de blocos e por erosão dos estratos brandos menos resistentes quando sujeitos à acção dos agentes climáticos e às drenagens incontroladas no seio do maciço e provenientes do topo da arriba.

O risco na zona a intervir foi considerado moderado a elevado, e relaciona-se sobretudo com a presença das consolas e com a potencial queda de blocos que é necessário prevenir sobretudo devido à proximidade do Ascensor da Nazaré. De igual forma, as medidas encontradas tendem a minimizar o recuo da Arriba neste sector e conferir maior segurança às pessoas que usufruem do Miradouro existente no topo. Neste contexto considera-se que as acções a levar a cabo se podem classificar como de médio prazo e do tipo preventivo.

Procura-se actuar directamente sobre as zonas onde os diversos tipos de instabilizações são mais evidentes. As soluções de prevenção adoptadas visam controlar os efeitos dessas instabilidades, de modo a garantir a segurança de pessoas e bens.

Em seguida enuncia-se o conjunto de acções programadas:

- colocação de barreiras de protecção;
- remoção do coberto vegetal e de raízes que possam potenciar a instabilização dos blocos;
- preenchimento das fracturas com argamassa ou calda de cimento e preenchimento de cavidades;

- saneamento de massas desagregadas e dos blocos mais instáveis e em posição eminente de queda;
- realização de obras de estabilização/suporte de blocos nos locais onde o seu saneamento não se revela viável;
- obras de controlo da erosão;
- melhoria da drenagem superficial e criação de drenagem interna;
- colocação de dispositivos de monitorização.

5.2 - Condicionantes

Os condicionamentos mais relevantes para as acções a levar a cabo na zona de intervenção, relacionam-se com:

- a inserção na arriba do Ascensor da Nazaré, alvo de uma intensa actividade turística que importa preservar mesmo durante a realização das obras;
- a grande altura da arriba e as consolas existentes na cota superior da mesma, que dificultam a instalação e a montagem de equipamentos na face livre para a realização de obras;
- a presença de edificado muito próximo da crista da arriba;
- o período de interrupção do normal funcionamento do Ascensor não poderá exceder os 3 meses e deverá concentra-se apenas no período de 2 Janeiro a 31 Março;
- a execução da obra, fora do período de 2 Janeiro a 31 Março, implica que o Ascensor estará a funcionar normalmente e nesse sentido deverão ser impostas medidas de segurança muito rigorosas durante a execução dos trabalhos e obriga a um planeamento e gestão dos trabalhos da obra compactível com este condicionamento;
- a necessidade de garantir que são tomadas todas as medidas necessárias que impeçam a queda de inertes ou outros elementos e objectos para a zona da plataforma de betão onde estão fixados os carris do funicular e os veículos durante o decurso da obra;
- a necessidade de implementar medidas preventivas, de forma a que não se acelere a degradação do túnel do Ascensor durante a obra.

A totalidade das obras de estabilização programadas executar nesta zona da arriba carecem, à partida, dos seguintes meios para a sua realização:

- criação de uma plataforma de trabalho suspensa a partir do topo da arriba ou solidarizada ao maciço;

Figura 9 – Saneamento, limpeza e remoção de blocos

Paralelamente serão removidos os depósitos de vertente e limpas as superfícies das fracturas das bancadas calcárias, removida a vegetação espontânea, com arranque de raízes.

A realização deste trabalho deverá ser efectuada em perfeitas condições de segurança quer para os trabalhadores envolvidos quer para os transeuntes e infraestruturas subjacentes prevendo-se medidas idênticas às preconizadas nos trabalhos do “Sítio da Nazaré” no que respeita à suspensão dos trabalhadores em plataforma fixa no topo da arriba. Relativamente aos transeuntes e toda a infraestrutura do Ascensor, deverá ser criada uma faixa de protecção e medidas específica de protecção à queda de material.

5.3.2 - Obras de protecção da arriba contra erosão

Como medidas de retardamento da evolução natural por erosão da arriba preconiza-se o seguinte conjunto de acções, pormenorizados no Desenho D17:

- argamassagem de alguns dos estratos margosos e gresosos mais susceptíveis de erosão e de maior acessibilidade, de forma a retardar o seu recuo relativamente às camadas calcárias em consola sobrejacentes – Figura 10.

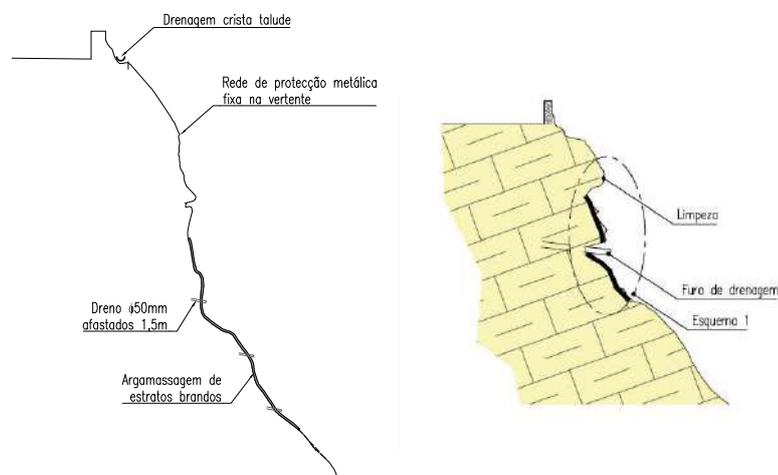


Figura 10 – Argamassagem de estratos brandos

- Execução de muros de revestimento em alvenaria de pedra para preenchimento de cavidades - Figura 11.

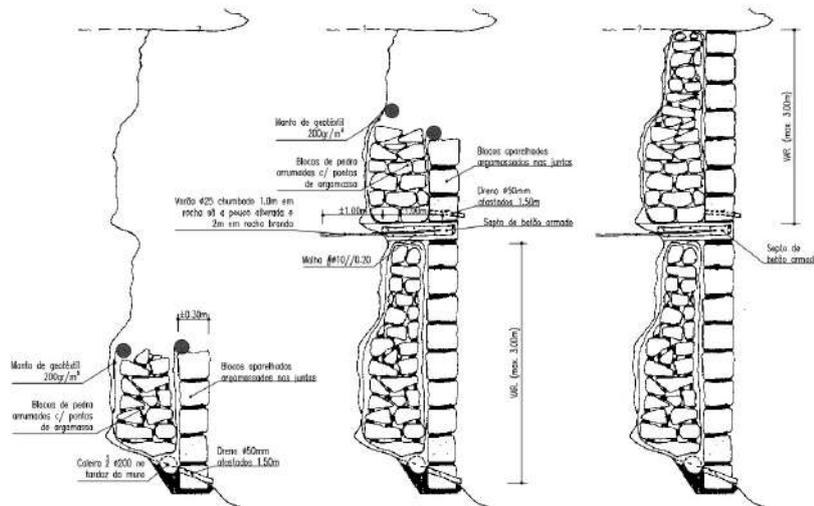


Figura 11 – Preenchimento de cavidades

Esta operação é composta pelas seguintes fases:

- i. escarificação do estrato até apresentar um paramento mais ou menos desempenado e não pulverulento;
- ii. preenchimento de fracturas das consolas superiores com argamassa ou calda de cimento;
- iii. preenchimento das cavidades de carsificação e de erosão de pé das consolas com material granular e blocos com pontos argamassados (máscara de revestimento);
- iv. colocação de manta de geotêxtil para evitar a colmatção por finos dos blocos colocados no interior da cavidade;
- v. colocação de uma caleira interior para recolha e a colecta das águas ocorrentes. As águas aí recolhidas serão conduzidas para o exterior do maciço através de drenos em tubo PVC;
- vi. aplicação de pregagens (varão $\phi 25$ chumbado 1,0m na rocha sã a pouco alterada ou 2m em rocha branda) para fixação do paramento com espessura $\pm 0,30$ m em pedra argamassada, em rocha de tipologia idêntica à do local mas de resistência adequada à execução de paramento resistente.

No revestimento dos estratos brandos com argamassa e preenchimento de cavidades com máscaras de alvenaria de pedra argamassada serão colocados pequenos tubos de PVC cravados na rocha com funções drenantes. Na zona envolvente destes drenos em PVC

deverão ser colocadas pequenas bolsas em geotêxtil para efectuar ponto de chamada às águas ocorrentes evitando as nocivas subpressões sobre o tardo do revestimento e/ou do muro/máscara de alvenaria.

5.3.3 - Obras de estabilização da arriba

Como obras de estabilização da arriba preconiza-se a construção de uma estrutura ancorada constituída por (Figura 12):

- duas vigas longitudinais de betão armado, com 0,80m de altura e 1,0m de largura, distantes entre si 4,0 a 5,5m em altura e ancoradas ao maciço “in situ” por meio de ancoragens espaçadas de 3,0m e 3,6m (com excepção da área central coincidente com o emboquilhamento do túnel, em que o espaçamento é de 6,0m);
- a viga superior terá cerca de 27m de comprimento e será construída na base das consolas formadas pelas camadas de calcário enquanto a viga inferior terá um comprimento de cerca de 20m e será instalada no topo do muro do emboquilhamento do túnel do Ascensor;
- as duas vigas estarão ligadas entre si por meio de montantes em betão armado com 0,60m de largura, dispostos a cada 3,0m ao longo da viga inferior, que irão transferir os esforços da viga superior para a inferior;
- as ancoragens a executar serão do tipo definitivas de 6 cordões de 0,6” ($A_s=1,4\text{cm}^2$), com carga de rotura não inferior a 600kN; estas terão inclinação de 15° em profundidade (com a horizontal) e inclinação relativamente ao alinhamento em planta de 15° e 25° para o exterior da área de implantação do túnel do Ascensor.

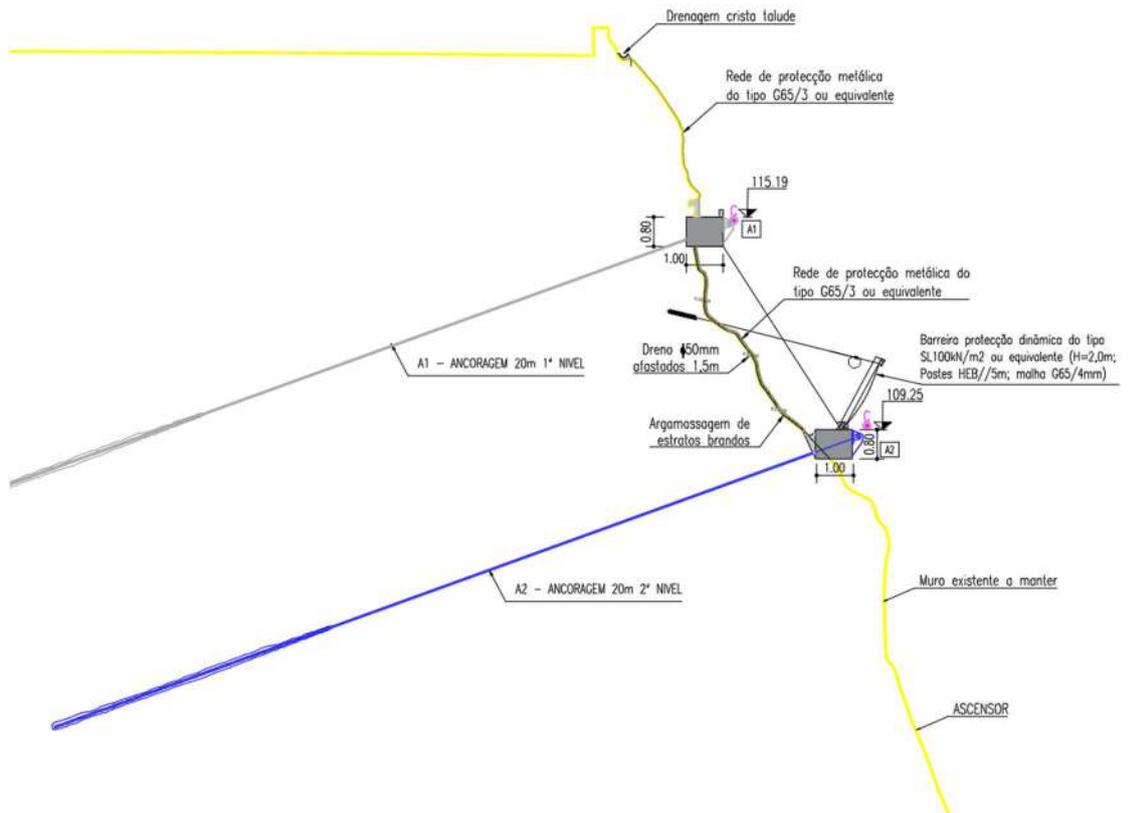


Figura 12 – Estrutura ancorada

Esta estrutura permitirá aumentar o confinamento do maciço e diminuir a descompressão e meteorização deste a longo prazo.

5.3.4 - Obras de protecção contra a queda de blocos

Como obras de protecção contra queda de blocos preconizam-se o seguinte conjunto de acções (Figura 12):

- colocação de rede metálica de protecção reforçada com cabos em aço e pregada ao talude (rede de contenção pregada) do tipo tratamento cortical - Figura 13;
- colocação de barreira dinâmica flexível para protecção do canal do Ascensor da Nazaré;
- aplicação de argamassa nos estratos mais brandos e que evidenciem recuos significativos por erosão, conforme identificado em 5.3.2 - .

A rede metálica de protecção reforçada com cabos em aço cruzados em diagonal, será pregada ao talude (rede de contenção pregada) – tratamento cortical – ou pregada aos montantes no caso das zonas entre vigas.

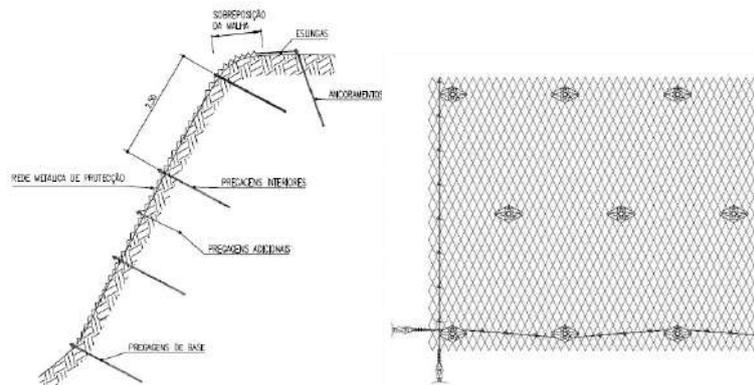


Figura 13 – Rede metálica de protecção

A realização das pregagens de fixação ao talude pressupõe as seguintes tarefas:

- furação de rocha;
- introdução do varão de aço com elementos centralizadores para garantir a equidistância às paredes da furação;
- selagem do varão com calda de cimento;
- aperto do varão contra a placa de apoio;
- restante selagem do furo.

A rede dinâmica será instalada sobrejacente ao emboquilhamento do túnel do Ascensor da Nazaré onde se pretende obter um acréscimo de segurança adicional, para além das medidas já previstas. Esta estrutura flexível será constituída por redes reforçadas de aço de elevada resistência, com mínimo de 2m de altura, suportadas por postes metálicos, fixados transversalmente à encosta através de cabos pregados, articulados na base e fundados na viga inferior de betão ancorada com recurso a chumbadores – Figura 14.

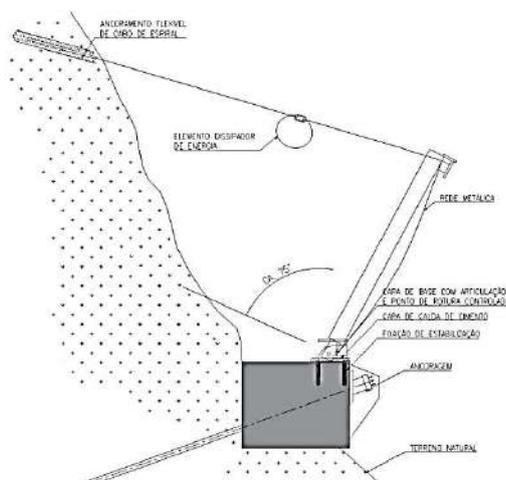


Figura 14 – Rede dinâmica flexível

Pretende-se assim, com a conjugação destes trabalhos, fixar na rede metálica pregada, os blocos que se venham a desprender fixando-os e mantendo-os incrustados no talude e na rede dinâmica acomodar blocos, massa de solo ou outros objectos evitando que atinjam o canal do Ascensor.

5.3.5 - Drenagens

Todas as acções a desencadear são tendentes a minorar os efeitos dos agentes erosivos sobre as arribas. Reconhecidamente, a água pluvial é um desses agentes, pelo que, importa promover a sua recolha e condução de forma controlada.

De acordo com os reconhecimentos efectuados no local, os caudais de escorrência superficial recolhidos pelos sistemas de drenagem instalados no topo da arriba são, neste momento, descarregados por meio de drenos directamente para a arriba (Figura 15). Nestes alinhamentos a erosão mostra-se mais evidente.



Figura 15 – Drenos existentes no muro do miradouro

Para controlar o efeito da erosão provocada pela acção da água, prevê-se a construção de uma vala interceptora do percurso de escorrência das águas pluviais ao nível da crista da arriba e a sua restituição de forma controlada para o sistema natural.

5.3.6 - Sistema de monitorização

A monitorização visa minimizar e evitar potenciais situações de risco que, eventualmente, possam ocorrer, durante e após a construção.

Neste sentido, preconiza-se:

- a instalação de marcas topográficas ao longo do topo das vigas ancoradas, para medição de movimentos verticais e/ou horizontais;

- a instalação de células de carga em ancoragens para controlo da força instalada nos tirantes;
- a instalação de fissuómetros nos edifícios próximos da arriba no trecho de intervenção (a colocar antes do início dos trabalhos na arriba);

A periodicidade das leituras deverá ser adaptada às diferentes fases de vida da obra. Assim, durante a fase de construção, a periodicidade de leituras será mais elevada, determinada pela evolução dos trabalhos, nunca superior a uma semana. Após a construção, a leitura poderá ser trimestral nos primeiros dois anos, passando a semestral nos anos subsequentes.

As frequências indicadas aplicam-se em condições normais. A ocorrência de situações anómalas deverá conduzir, desde que justificada, a alterações aos ritmos das leituras.

6. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Os principais materiais de construção considerados para utilização na construção da obra são:

6.1 - Estruturas de betão armado

- Betão da classe C40/50; XS1; Cl0,2; $D_{\text{máx}}=25\text{mm}$; $\geq S3$ em elementos estruturais (NP206-1);
- Betão de limpeza C12/15 com 5cm de espessura sob todos os elementos de fundação (NP206-1);
- Armadura ordinária aço A500NR (EN 10080);
- Recobrimento de 5 cm em todos os elementos estruturais;

6.2 - Ancoragens

- Aço de pré-esforço A1670/1860;
- Cabeça de ancoragem para 6 cabos de 0.6”;
- Proteção anticorrosiva para ancoragens definitivas;

6.3 - Redes metálicas

- Redes metálica de fio de arame de aço inox AISI 316/ 318 (categoria C5 da norma EN 12944-2) ou em aço galvanizado revestido a PVC por termossoldadura capaz de atender à corrosividade atmosférica em ambiente costeiro de moderada salinidade;
- Resistência à tracção mínima do arame $f_t \geq 1'650 \text{ N/mm}^2$; resistência à tracção mínima da malha 140 kN/m e alongamento longitudinal máximo para tensão de 140kN/m de 6.5%;
- Malha romboidal 83 x 143 mm ou hexagonal de tripla torção de largura aproximada da malha 80mm; diâmetro do arame de 3mm (+ diâmetro de revestimento de PVC caso seja em aço galvanizado revestido);
- Grampos anti-deslizamento em aço inoxidável de diâmetro entre 12mm e 25mm cortados de forma a permitirem a ancoragem do cabo ou varão de aço ao terreno;
- Pregagens, incluindo acessórios de fixação (placa P33/40N, anilhas e porcas em aço inoxidável AISI 316).

6.4 - Barreira dinâmica

- Barreira dinâmica de protecção ao emboquilhamento do túnel do tipo SL 100 (resistência à pressão dinâmica de impacto de 100 kN/m²) ou equivalente;
- Postes do tipo HBE 120 espaçados de 5m;
- Rede de diâmetro 4mm do tipo G65/4 ou equivalente se disponível no fabricante em aço inox AISI 316/ 318 (categoria C5 da norma EN 12944-2) ou em aço galvanizado revestido a PVC por termossoldadura;
- As partes expostas em aço do tipo placas, anilhas e porcas deverão ser protegidas contra a corrosão por uma pintura especial adequada e os cabos de ancoragem protegidos por um tubo de aço galvanizado a quente;
- Os cabos de aço destinam-se ao suporte horizontal superior e inferior da rede pela estrutura dos postes, bem como à união dos postes às ancoragens; estes deverão seguir as recomendações construtivas do fabricante;

BIBLIOGRAFIA

- [1] LNEC, 2001 – Estabilização das arribas da praia da Nazaré. Proposta de intervenção. LNEC – Proc. 054/01/14312. Relatório 358/2001 – NP;
- [2] LNEC, 2016 – Estudo da estabilidade do talude sobranceiro ao Ascensor da Nazaré. LNEC – Proc. 0504/121/20359. Relatório 000/2016 – DG/NGEA;
- [3] Lisconcebe, 2010 – Estabilização das arribas na praia da Nazaré. Relatório preliminar;

EQUIPA TÉCNICA

A equipa técnica é constituída por:

Coordenação:	Carlos Vieira
Geologia e Geotecnia:	Sónia Figueiredo
	Rui Costa
Análise Estrutural:	Carlos Vieira
Hidráulica:	Tiago Carvalho
PSS e CT:	Pedro Pão Alvo
PPGRCD:	Sónia Figueiredo
PQA:	Sónia Figueiredo
Desenho:	Sara Martins
Secretariado:	Paula Pires/ Magda Silva

Lisboa, Junho de 2020