



## BAÍA DO FANAL – PROTEÇÃO MARÍTIMA E GEOTÉCNICA DA FALÉSIA, REQUALIFICAÇÃO DOS USOS

Miguel Robert; Miguel Palma; Rui Tomásio  
Consulmar [mrobert@consulmar.pt](mailto:mrobert@consulmar.pt) ; Consulmar Açores [mqp@consulmar-acoress.pt](mailto:mqp@consulmar-acoress.pt) ; Jetsj [rtomasio@jetsj.com](mailto:rtomasio@jetsj.com) .

### Resumo

A comunicação aborda um caso de concepção, projeto e obra que, partindo de um problema geotécnico, integra soluções distintas de engenharia geotécnica e costeira, e as adapta e complementa com soluções de arquitetura urbana, recuperando valências históricas.

### 1. Breve enquadramento histórico e Conceito da intervenção

A baía do Fanal localiza-se em Angra do Heroísmo, a sul da Ilha Terceira, Açores, tendo sido em tempos muito utilizada como zona balnear pela população local (Figura 1). A destruição da rampa de acesso pelo mar, veio ditar o abandono desta “Praia de Banhos”.



Figura 1. Zona balnear do Fanal e rampa de acesso (fotos de 1930, arquivo da C.M.A.H.).

Esta zona encontra-se integrada na malha urbana da cidade de Angra do Heroísmo, sendo contígua a uma das suas principais artérias (Figura 2).



Figura 2. Localização e Envoltente urbana da Baía do Fanal.

Trata-se de uma pequena enseada (140m de abertura, por 100m de recorte) rodeada por arribas que podem ultrapassar as duas dezenas de metros de altura que, devido à ação dos elementos naturais, especialmente da agitação marítima incidente sobre a base, tem sofrido um processo progressivo de erosão das arribas, pondo em causa a segurança das infraestruturas localizadas no topo (Figura 3).



Figura 3. Fotos de Escorregamentos (laranja) e desmoronamentos (vermelho).

Antes da intervenção, a base da arriba era inacessível. A existência de uma estrutura de proteção marítima tornava-se então fundamental, para contrariar o processo de erosão marítima, assegurar a estabilidade das arribas e a segurança das infraestruturas adjacentes.

Aproveitando e potenciando a solução construtiva da proteção, tida com necessária para garantir o cumprimento dessa premissa, este projeto contemplou a valorização do espaço, criando uma zona de estar e lazer para a população, tornando-o um elemento “vivo” dentro da cidade.

Com esse propósito e atendendo à envolvente histórica do local, foi prevista uma zona de banhos, apoiado por um pequeno edifício com instalações sanitárias, bem como uma área de estacionamento na plataforma superior da arriba.

Preconizou-se ainda a construção de um passadiço pedonal, que ligaria a baía do Fanal à escadaria existente junto à Rua Violante do Canto, cuja estrutura passou a garantir a proteção marítima do troço de costa contíguo à sua implantação.

## 2. Principais elementos de Base

O levantamento topo-hidrográfico permitiu demarcar as zonas de afloramentos rochosos, praia (burgau ou areia), pedra e blocos de desmoronamentos, assim como as arribas e todas as infraestruturas existentes.

Foi realizada campanha geológico-geotécnica envolvendo 6 sondagens mecânicas com recuperação de amostragem contínua, ensaios SPT e verificação de nível freático, ensaios laboratoriais de 4 amostras indeformadas, assim como o reconhecimento geológico visual e topográfico da arriba, com identificação dos limites entre as seguintes unidades estratigráficas (Figura 4):

- camada de aterro (AT);
- nível de tufo surtseiano (TS);
- níveis de ignimbrito não soldado (IN);
- camada de clinker (Bk);
- escoada basáltica (B) ou um nível de traquito (T).

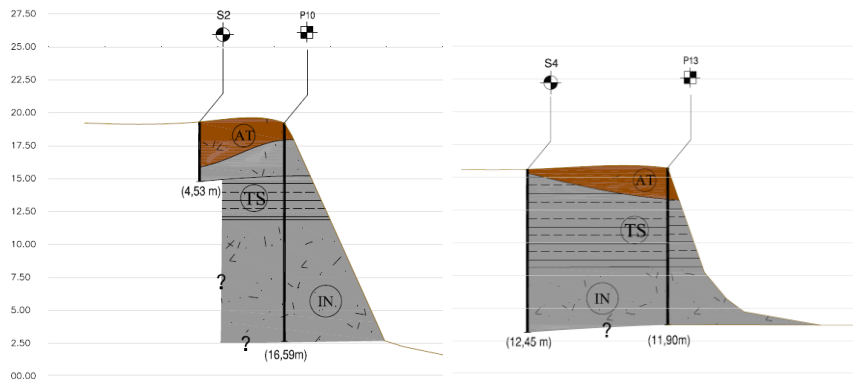


Figura 4. Perfis geológico-geotécnico interpretativos, típicos da vertente Oeste e Este da Baía do Fanal, respetivamente.

A partir do cruzamento da observação local e registo fotográfico, com o levantamento topográfico da arriba, foram identificadas as cotas dos diversos estratos segundo 20 perfis transversais, com os quais foi possível caracterizar as variações ao longo de todo o perímetro da arriba (Figura 5).

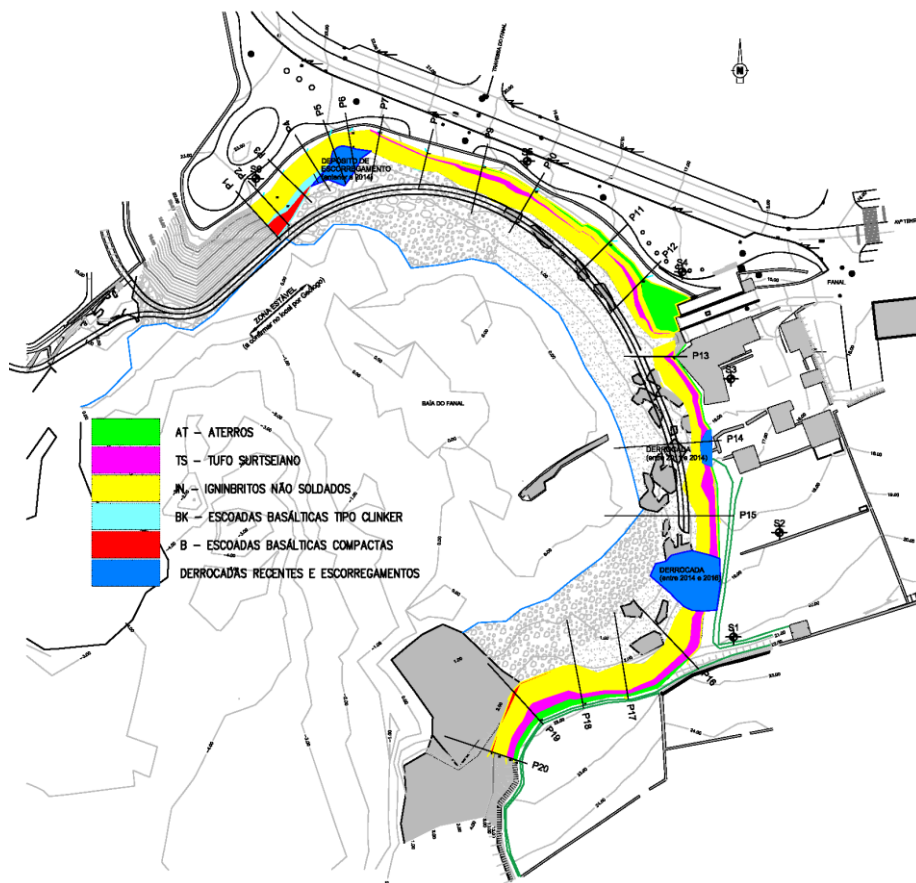


Figura 5. Mapeamento 3D dos estratos das arribas da Baía do Fanal.

O reconhecimento local, assim como a análise de fotos, permitiu também identificar os principais mecanismos de erosão que aqui ocorrem, dominados pela ação das ondas, erodindo taludes e abrindo cavernas nos níveis inferiores de Ignimbritos não soldados (IN), descalçando os estratos

e níveis superiores que, sob a ação do seu peso e do escoamento e percolação de origem pluvial, uns progressivamente (IN), outros subitamente (TS), escorregam ou se fraturam e desmoronam. A ação sísmica é, naturalmente, também determinante para a instabilização dos maciços. Outros agentes concorrerão para o acelerar dos processos erosivos, como por exemplo as variações do nível freático e ciclos higo-térmicos, a ação antrópica, entre outros.



Figura 6. Vertente Oeste da Baía do Fanal, observando-se taludes com inclinação sub-vertical e cavernas de erosão por ondas na base das arribas que induzem a instabilidade.

Foi aplicada uma matriz de vulnerabilidade e risco geotécnico à representação 3D anterior, com foco na altura, erosão na base, taludes subverticais, cicatrizes de ravinamento e desmoronamento, presença de vegetação (indicador de fluxos de água), assim como o tipo de utilização existente ou previsto no coroamento e na base da arriba (Figura 7).



Figura 7. Identificação de zonas de risco.

Para estudo das condições de incidência da agitação marítima sobre o local, recorreu-se aos resultados do modelo de reconstituição de agitação (“hindcast”) do Instituto Meteorológico Britânico (UKMO, Meteorological Office), correspondentes a um ponto ao largo e a Sul do grupo central do Arquipélago dos Açores, para um período de cerca de 25 anos (1978 a 2002). O regime ao largo foi transposto, registo a registo, para um ponto a -20m(ZH), na aproximação à entrada da Baía do Fanal, recorrendo a modelo de refração espectral desenvolvido pela CONSULMAR.

Foi caracterizado o regime médio e os valores extremos no ponto, os quais eram muito

superiores às alturas individuais fisicamente possíveis de ocorrer à entrada da baía, dadas as baixas profundidades aí existentes e a presença de extensos cordões de afloramentos rochosos com picos emersos. As alturas de onda máximas incidentes sobre as obras foram assim determinadas por um critério de limitação dos fundos, utilizando o método de Y. Goda.

### 3. Projeto das obras na Baía

#### 3.1 Arranjo geral

Naturalmente centrada na resolução do problema associado à erosão, a definição dos limites da intervenção na baía (Figura 8), foi determinada pela área de implantação e cotas de segurança da proteção marítima a construir. Essa definição suportou e balizou a componente arquitetónica do projeto, que explorou o espaço disponível, encaixando as suas valências, designadamente a definição das plataformas de circulação e permanência de pessoas, bem como os acessos entre estas e o arruamento sobrejacente à baía e ao mar

A proteção geotécnica, complementou a intervenção global, resolvendo a componente erosiva da vertente da falésia não associada à erosão marítima e garantindo a segurança dos utilizadores do espaço de lazer criado.

Complementarmente e num processo de otimização envolvendo as componentes associadas à arquitetura e à proteção marítima, foi definido o caminho marginal pedestre que ligaria a baía do Fanal à Rua Violante do Canto. Noutra plano, foi também definido o espaço de estacionamento e a implantação do edifício de instalações sanitárias de apoio, em articulação com um antigo forno de cal.

A proteção marítima abrange uma extensão de costa da ordem de 600 m, dividida em dois troços. A Comunicação foca-se na área concêntrica envolvente da Baía do Fanal.

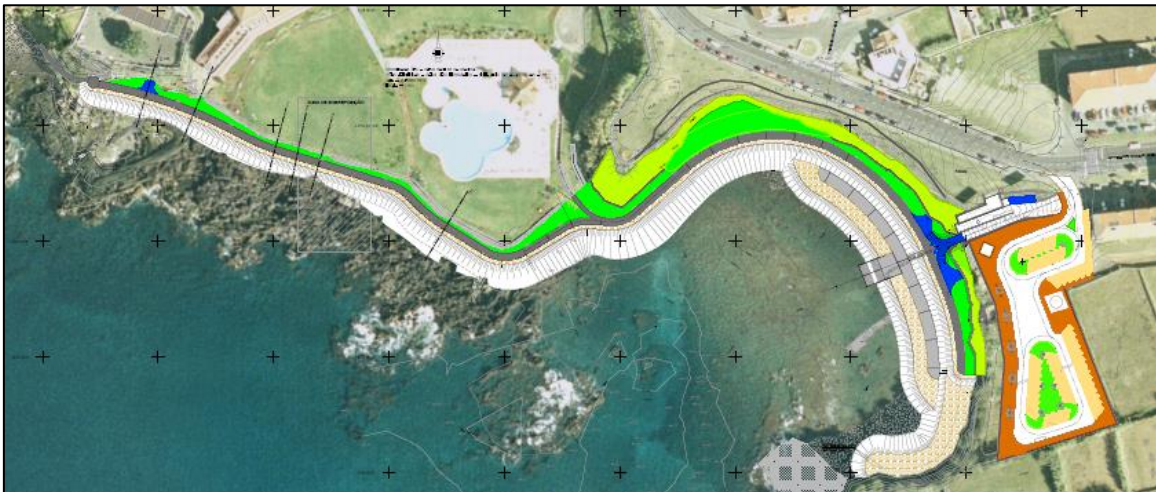


Figura 8. Arranjo geral das obras de Requalificação da Baía do Fanal.

Assim, definiram-se duas plataformas na proteção. Uma plataforma implantada à cota +8,00m(ZH), que foi a referência para a implantação do acesso intermédio efetuado a partir do topo da arriba por uma rampa, bem como do caminho marginal e proteção marítima correspondente. Outra plataforma na zona frontal da baía, à cota +4,0m(ZH), onde foi implantado um solário de apoio e estar à zona de banhos e a partir do qual é realizado o acesso ao mar por uma escadaria. A Figura 9 mostra o eixo de ligação entre a plataforma no topo da baía e o mar.

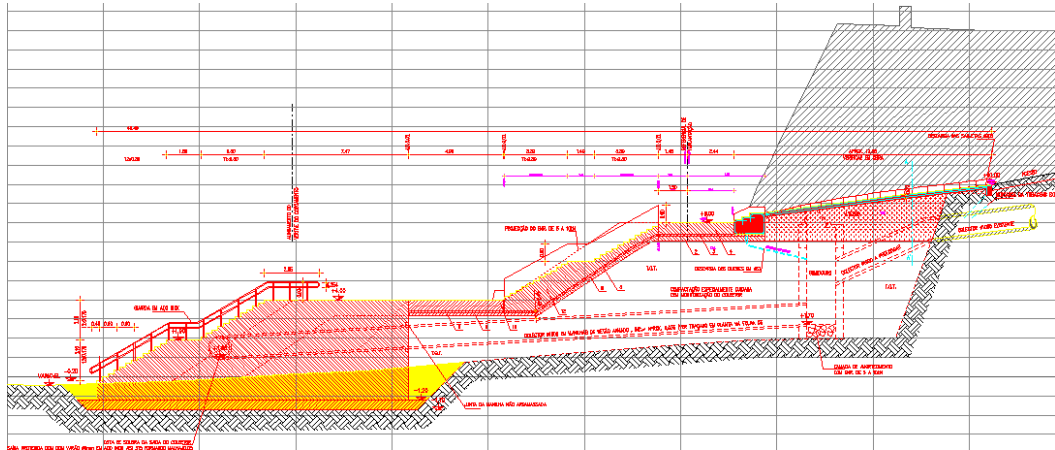


Figura 9. Corte pelo Eixo central do Acesso ao mar.

### 3.2 Projeto da proteção marítima

A obra de proteção marítima funda próximo do ZH, apresentando núcleo em ToT, com manto de proteção exterior em enrocamentos seleccionados e taludes inclinados a 3(H):2(V). O perfil tipo principal (Figura 10) envolve dois prismas de enrocamentos, o mais rebaixado dotado de solário, o outro com passeio pedonal, ambos materializados em espessas lajes de betão (0,6m). A limitação da altura de onda por rebentação nos fundos, permitiu a consideração de gamas de enrocamentos dispensando a utilização de filtro.

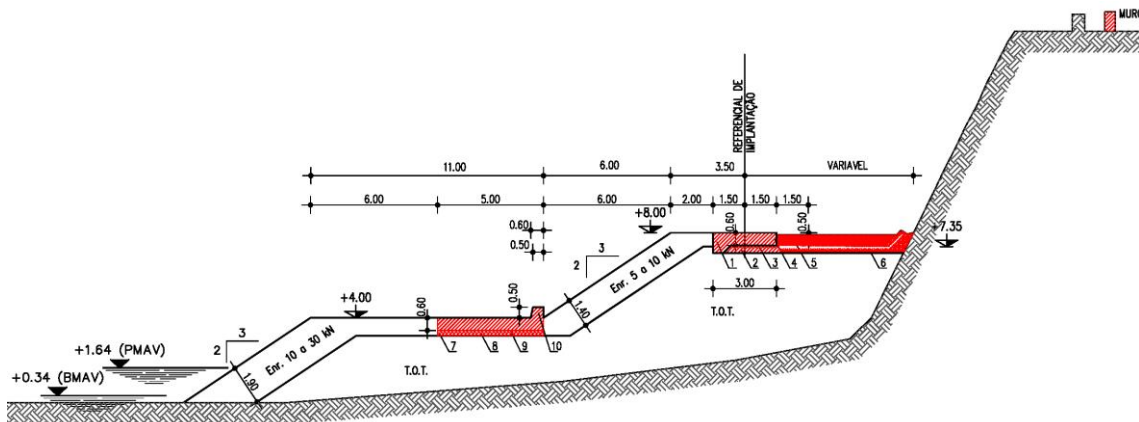


Figura 10. Perfil Tipo da Proteção marítima, solário e passeio pedonal (não se representa a proteção geotécnica).

As cotas do solário e passeio pedonal foram escolhidas tendo em conta o seu galgamento e utilização, assim como a necessária proteção da arriba. A cota do passeio era ainda condicionada pela da rampa de acesso a partir do topo da arriba.

No extremo NW da arriba, onde esta apresenta máxima altura, criou-se um terceiro prisma, originalmente em enrocamentos, para aumento da altura de suporte daquela. Durante a empreitada, aproveitaram-se materiais disponíveis de menor blocometria, contendo-se o pé do prisma com muro.

Aproveitou-se o maciço de betão do acesso marítimo para prolongamento da saída da drenagem existente sob a rampa de acesso (Figura 9). Toda a restante drenagem se processa superficialmente ou por percolação através dos prismas de enrocamentos.

### 3.3 Projeto da proteção geotécnica

Tendo como objetivo suportar a definição das soluções de estabilização das arribas existentes na envolvente da Baía do Fanal, foi realizado um Estudo Geológico-Geotécnico, que permitiu a caracterização geológica e geotécnica, o zonamento geotécnico dos materiais interessados pela intervenção e a respetiva determinação dos parâmetros geotécnicos. De acordo com Madeira (2005), as formações geológicas com influência na área em estudo são o Complexo Vulcânico Fissural e o Complexo Vulcânico de Guilherme Moniz, os quais, neste caso, se traduzem em alternâncias de Ignimbritos e Tufos Surtseianos, recobertos por algum material de aterro e sobrejacentes a escoadas lávicas constituídas essencialmente por Basaltos ou Traquitos.

Face à elevada altura das arribas, a sua inclinação sub-vertical e a sua proximidade ao mar, conjugadas com a elevada friabilidade das unidades geotécnicas presentes (nomeadamente os Ignimbritos), existia uma forte probabilidade da ocorrência de movimentos de vertente de média dimensão, tal como o demonstrava o histórico de desmoronamentos aqui verificados, entendendo-se fundamental a implementação de uma solução de estabilização das arribas. Considerando os condicionamentos geológico-geotécnico descritos acima, as soluções de proteção marítima previstas e o necessário enquadramento paisagístico e natural das arribas, considerou-se que a solução de estabilização mais adequada passaria pelo recurso a redes metálicas pregadas.

O sistema implementado (Figura 11) consistiu na aplicação de uma rede de tripla torsão reforçada com cabos de aço verticais, sobre a qual foram aplicados cabo de aço horizontais. Os cabos horizontais, por sua vez, encontram-se alinhados com os níveis de pregagens de forma a transmitirem ao maciço, em profundidade, as cargas que venham a ser transmitidas por blocos instáveis. As pregagens foram materializadas por varões de rosca contínua  $\phi 40\text{mm}$ , aplicadas em furos com 127mm de diâmetro e comprimentos variáveis em função da altura da arriba e da natureza das formações identificadas em casa zona.

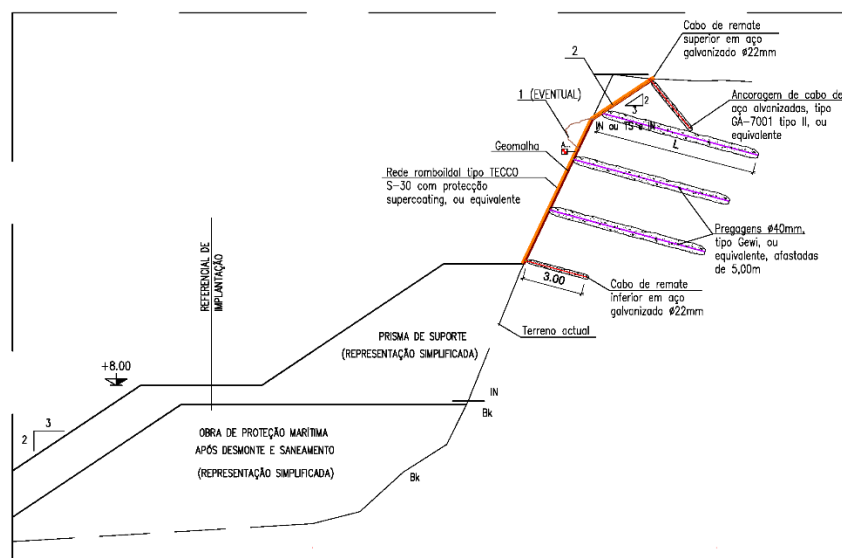


Figura 11. Perfil Tipo da proteção mecânica em zona com prisma de suporte.

Atendendo às características friáveis dos ignimbritos e dos tufos, optou-se por colocar, sob a rede de triplatorção, uma geomanta polimérica com o objetivo de retardar a erosão e promover o crescimento de alguma vegetação (Figura 12). Face à agressividade ambiental do local, a generalidade dos componentes do sistema foi galvanizada a quente com mistura de zinco e alumínio (90%/10%), à exceção das pregagens que foram executadas com uma proteção conferida por uma bainha plástica corrugada.



Figura 12. Fotografia de uma fase final da instalação do sistema de estabilização.

### 3.4 Projeto de requalificação de usos

Para além da vertente associada à proteção da arriba, a intervenção tinha por objetivo “ligar” a zona da baía do Fanal à cidade, tornando-a num espaço de lazer para a população.

Respondendo a esse requisito, o projeto recuperou aquela que era antigamente a principal zona balnear de Angra do Heroísmo, apoiada agora por uma zona de estacionamento no topo da escarpa e por instalações sanitárias.

O passeio marginal, estende a intervenção da baía a Poente, enquadrando-se, conjuntamente com o troço adjacente à zona do novo estacionamento, num percurso pedonal que liga as duas baías da cidade (Figura 13).



Figura 13. Passeio marginal e Percurso pedonal que liga as duas baías de Angra do Heroísmo.

## 4. Construção das Obras na Baía

### 4.1 Proteção marítima da falésia

A construção da proteção marítima, foi totalmente realizada por via terrestre, recorrendo a escavadoras e camiões, e tirando partido do antigo acesso à Baía (Figura 14).



Figura 14. Construção da proteção marítima.

Antes da colocação do enrocamento TOT do núcleo, foi realizado o desmonte dos blocos rochosos de grande dimensão existentes na base da arriba, para que estes não constituíssem vazios que pudessem mais tarde afetar a estabilidade da obra. O material remanescente desta operação, foi reaproveitado e incorporado na obra.

A plataforma de betão foi executada “in situ”, com os negativos necessários para incluir posteriormente as escadas de acesso. O pequeno “cais” na baía do Fanal, perto da zona de implantação da obra, por se tratar de um testemunho histórico (e excelente plataforma de mergulho), foi mantido.

Tratando-se de uma zona aberta, mas consideravelmente abrigada, nomeadamente devido ao efeito sombra do monte Brasil e à pré-rebentação nos afloramentos situados à entrada, a execução da obra não registou grandes paralisações, mesmo no período de Inverno. Em outubro de 2019, ocasião em que o essencial da proteção marítima já se encontrava executada, a zona da obra foi assolada por um forte temporal, não se tendo, todavia, registado qualquer dano.



Figura 15. Tempestade de 2 de outubro de 2019.

#### 4.2 Proteção geotécnica da falésia

A obra de estabilização das arribas, nomeadamente os trabalhos preparatórios de vistoria, limpeza, desmatização e saneamento de blocos instáveis, iniciaram-se após a construção dos aterros previstos pela obra de proteção marítima para a base das arribas. Contudo, durante estes trabalhos de aterro, ocorreu um deslizamento de parte da arriba Norte, o qual determinou a revisão da solução de projeto, de forma a adaptar à nova geometria resultante (Figura 16).



Figura 16. Fotos de duas fases do deslizamento de terras ocorrido no início dos trabalhos.

Após a reconfiguração da geometria da intervenção, determinada pelo deslizamento ocorrido e pelo conseqüente recuo da crista da arriba, iniciaram-se os trabalhos de estabilização através das operações execução das pregagens, as quais incluíram a furação, a colocação do varão, a injeção com calda de cimento e, em alguns casos, a execução de ensaios de receção. Após a execução das pregagens, foi aplicada a geomanta e, sobre a mesma, a rede de tripla torsão reforçada com cabos de aço verticais. Por fim, foram aplicados os cabos horizontais e tensionadas das pregagens, de forma a garantir um adequado ajuste de todo o sistema contra a face da arriba (Figura 17).



Figura 17. Fotografias da instalação das redes e das pregagens.

A execução da obra foi ainda acompanhada da instalação de alvos topográficos na crista da arriba de forma a permitir a monitorização e controlo de eventuais movimentos que viessem a ocorrer.

## 5. Considerações finais

A obra de proteção marítima e geotécnica da baía do Fanal é um excelente exemplo de aproveitamento de uma obra de engenharia necessária para resolver um problema onde, com um acréscimo de custo pouco significativo, foi possível acrescentar uma componente de arquitetura urbana que integrou esse espaço na cidade, abrindo-o à população (Figura 18).

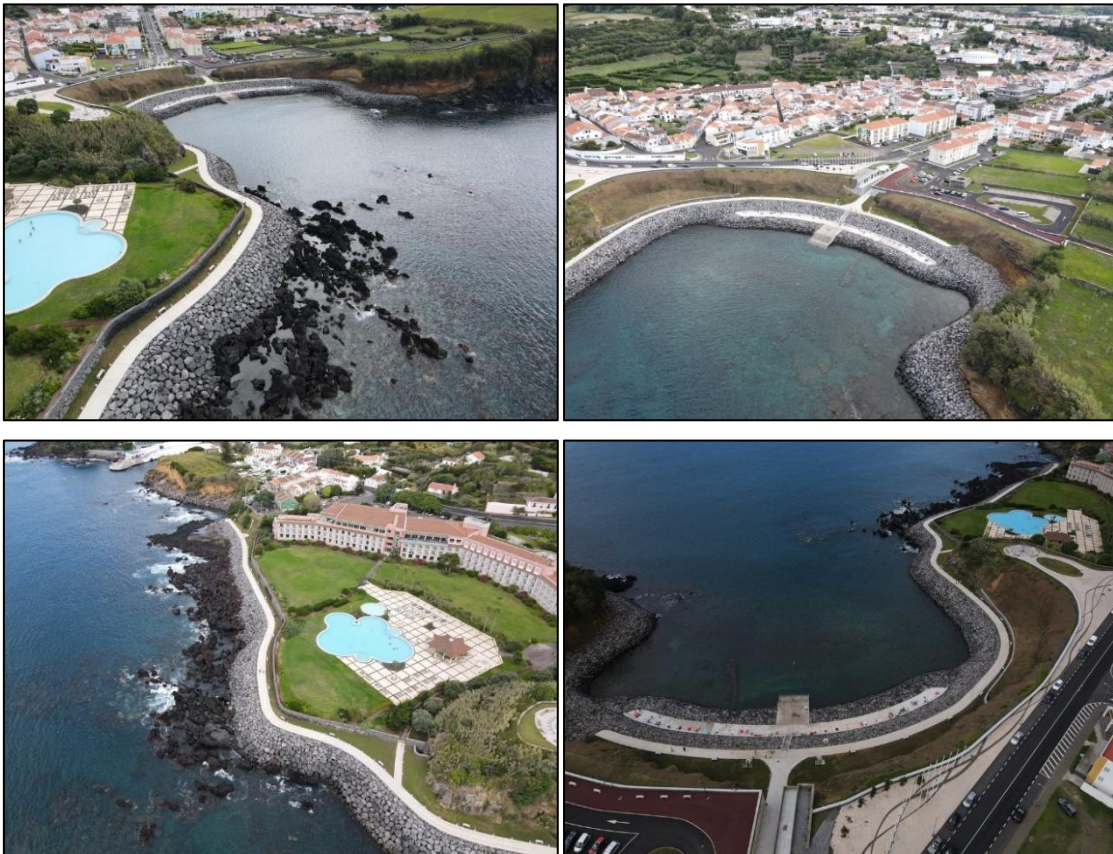


Figura 18. Fotografias da obra concluída.

O vídeo no “link” abaixo, da autoria da Câmara Municipal de Angra do Heroísmo, resume de forma sumária as repercussões positivas que esta intervenção teve na cidade:

[https://www.youtube.com/watch?v=5\\_seq4jYWbo](https://www.youtube.com/watch?v=5_seq4jYWbo)

## Referências Bibliográficas

Madeira, J. (2005) - “The volcanoes of Azores Islands: A world-class heritage. Examples from Terceira, Pico and Faial Islands – Field trip guidebook.” Em: IV Internacional symposium ProGEO on the conservation of geological heritage, Universidade do Minho, Braga, 16 a 21 de setembro de 2005, Edição LATTEX.

AÇORGE (2016) – Estudo Geológico e Geotécnico. Requalificação da Baía do Fanal.

CONSULMAR AÇORES (2016) – Projeto de Execução das obras de “Requalificação da Baía do Fanal, na Ilha Terceira (Açores)”.