

CONSOLIDAÇÃO DE UM TRECHO DA ARRIBA DA PRAIA DO CANAVIAL

STABILISATION WORKS IN PART OF THE CLIFF OF CANAVIAL BEACH

Santos, J. L. Tocha, *Hidroprojecto, Lisboa, tsantos@hidroprojecto.pt*

RESUMO

Em Junho de 1997 abateu um trecho da arriba da Praia do Canavial (Lagos), com cerca de 45 m de altura, destruindo um apoio de praia e colocando em sério risco uma vivenda e piscina situadas no topo. O volume de terras deslocado foi superior a 30.000 m³. Historicamente, tinham já ocorrido deslizamentos de trechos da arriba na vizinhança, embora sem consequências tão gravosas. A concepção e a execução dos trabalhos de consolidação, terminados em Março de 2000, visaram a reposição das condições de segurança de pessoas e bens e integração paisagística adequada. Descrevem-se as condicionantes e a metodologia do projecto e as técnicas construtivas utilizadas. Estas envolveram modelação do terreno, impermeabilização, drenagem, aplicação de inclusões verticais e oblíquas associadas a revestimento estrutural das superfícies dos taludes artificialmente naturalizado.

ABSTRACT

In July 1997, a stretch of a 45 m height cliff in Canavial Beach (Lagos, Algarve) slipped destroying a beach facility down slope and creating a serious danger of collapse of a villa and swimming pool situated on the top of the cliff. The volume of the displaced soil mass was more than 30.000 m³. Historically, some cliff failures had already occurred in the vicinity, although without so nasty consequences. The conception and execution of the corrective and stabilising works, which ended in March 2000, aimed the reposition and improvement of the safety conditions for the inhabitants and property existing on the top of the affected cliff as well as landscaping to restore the initial natural aspect. In this paper conditioning factors, design approach and methodology and construction techniques are described. These involved terrain modelling, impermeabilization, drainage, reinforcement with vertical and oblique inclusions associated with structural revetment of the slope surfaces, artificially “naturalised”.

1. INTRODUÇÃO

Em Junho de 1997 ocorreu um deslizamento de terras num troço da arriba adjacente à praia do Canavial, nas proximidades de Lagos. Em consequência desse movimento de terras, ficaram em situação de risco, uma vivenda e respectiva piscina, construídas no topo da arriba (Figura 1).



Figura 1 – Fotografia aérea de 1998

O movimento verificou-se em Junho de 1997 (época de praia), durante o dia, sem ter produzido ruído significativo junto à crista da escarpa.

O volume de terras deslocado ocasionou a destruição parcial de um apoio de praia, sem causar vítimas entre o numeroso grupo de pessoas ali presente que conseguiu pôr-se a salvo, dada a relativa lentidão do movimento.

Estima-se que tenha sido deslocada uma área horizontal de cerca de 1000 m^2 , provocando um recuo máximo da arriba da ordem de 15 m.

Do movimento resultou um depósito adoçado à arriba, com declive geral de cerca de 40° , encimado por patamar praticamente horizontal situado sensivelmente à cota de 32 m. Acima deste patamar existia a escarpa resultante do movimento (Figura 2). Em planta, esta escarpa tinha um desenvolvimento curvilíneo em concha, provavelmente imposto pela forma do carso que ali existia, que se convencionou dividir em 3 sectores, um talude central, próximo da moradia e piscina, portanto mais problemático, e dois taludes laterais.



Figura 2 - Vista aérea oblíqua do escorregamento

2. ÂMBITO, OBJECTIVOS E CONDICIONANTES DO PROJECTO

Os objectivos iniciais do projecto foram:

1. Eliminar a situação de risco da moradia e piscina, substancialmente agravada em consequência do escorregamento, utilizando, para o efeito, técnicas de regularização dos taludes, drenagem, impermeabilização, reforço e contenção, com uma relação custo/eficácia otimizada e susceptíveis de um bom enquadramento paisagístico;
2. Modelar a massa escorregada, com o objectivo de melhorar, a prazo, as suas condições de estabilidade.

As principais condicionantes que influenciaram a concepção e a execução das obras correctivas foram:

- Altura da arriba, cerca de 45 m;
- Situação de risco da vivenda e piscina;
- Extensão e instabilidade da zona afectada, envolvendo um grande volume de terras deslocado (cerca de 35 000 m³);
- Dificuldade de acesso e reduzido espaço de manobra;
- Segurança de pessoas e equipamentos;
- Integração paisagística;
- Prazo de execução e custo dos trabalhos.

3. METODOLOGIA SEGUIDA

Os trabalhos iniciaram-se com a caracterização da situação de referência, através de um levantamento topográfico à escala 1:500, levantamento geológico e prospecção geotécnica. Paralelamente, pesquisou-se a informação publicada ou inédita, sobre a evolução dinâmica das arribas do Algarve em ambiente geológico semelhante e sobre escorregamentos similares ali ocorridos, da qual se destaca o trabalho desenvolvido por Marques (1997).

A partir desse conhecimento estabeleceu-se o diagnóstico das causas do escorregamento, com base no qual se procedeu à concepção faseada das obras, envolvendo projecto base, para a necessária aprovação pelas entidades competentes, e projecto de execução. Foi ainda prestada a assistência técnica durante a duração da empreitada.

4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

A litostratigrafia do trecho da arriba em questão, revelada pelo levantamento da face exposta, observação da mesma em fotografias antigas e pelos resultados das sondagens realizadas, conforme ilustrado no corte geológico da Figura 3, é a seguinte:

- Recente: Aterros indiferenciados, constituídos por areias silto-argilosas, entulhos, etc.
- Plio-Pleistocénico: Areias silto-argilosas (preenchimento do algar).
- Miocénico: Biocalcarenitos e calcários lumachélicos, de elevada porosidade, muito afectados por carsificação (algares).
- Cretácico inferior: Calcários margosos e margas em bancadas interestratificadas.

A posição do nível freático variou entre as cotas 13,4 e 7,6 m, durante os 13 meses de observação dos piezómetros instalados.

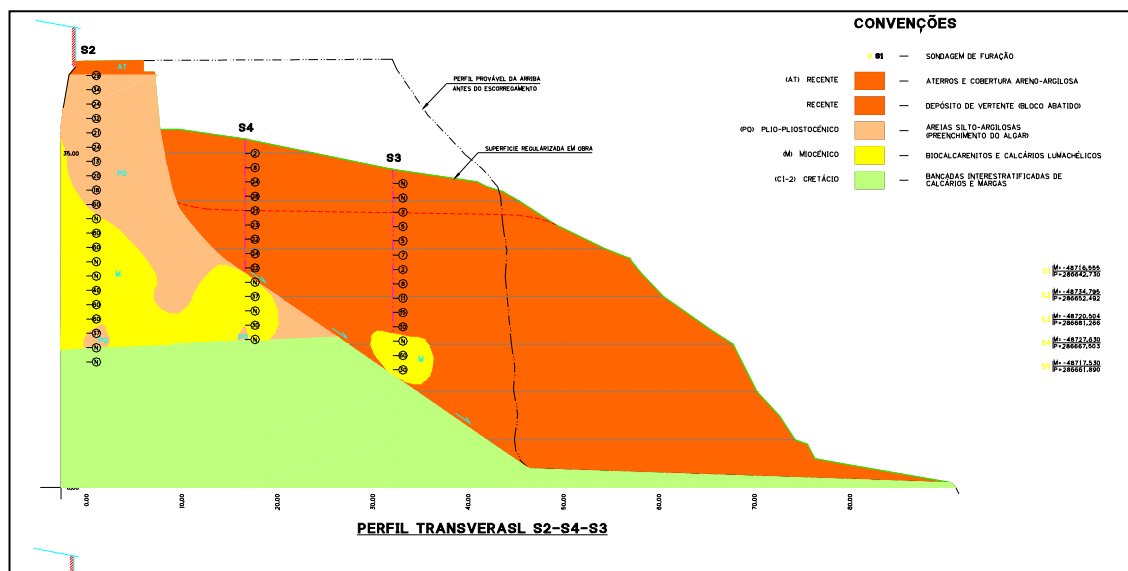


Figura 3 - Corte geológico transversal

5. CARACTERIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DO ESCORREGAMENTO

A análise geomorfológica da arriba antes e depois do escorregamento, associada à informação geológica obtida, fez admitir que se tratou de movimento com uma superfície de escorregamento compósita, com componentes rotacional e planar, com características semelhantes a movimentos ocorridos na área, em terrenos com composição idêntica.

A superfície de escorregamento, com uma inclinação acentuada, da ordem de 50° a 60°, formou-se por cedência progressiva dos níveis margosos e argilosos intercalados entre as camadas calcárias fracturadas da base da arriba (Cretácico) e dos depósitos arenosos de enchimento do Algar e da parte superior, eventualmente através de fenda(s) de tracção pré-existente(s).

Relativamente às causas do movimento, e para além dos processos naturais de erosão marinha de sopé e de degradação progressiva das características de resistência do maciço, é de referir que as regas do relvado e do jardim que constituía o limite sul do terreno, adjacente à arriba, ou a rotura de alguma das canalizações existentes, podem ter constituído factor desencadeador.

6. CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DAS OBRAS CORRECTIVAS

Os parâmetros geotécnicos das formações que ocorrem no local foram atribuídos com base em elementos da bibliografia, cruzados com os resultados dos ensaios SPT e verificados com retroanálise da estabilidade da arriba para um coeficiente de segurança próximo da unidade, reconstituindo a sua original configuração (através de plantas e fotografias antigas) e assumindo uma geometria credível para a superfície de escorregamento.

Os valores considerados plausíveis para os parâmetros, utilizados nos cálculos de estabilidade subsequentes, foram os indicados no Quadro 1.

As análises de estabilidade foram realizadas usando o programa SlopeW, v.4-1998 (GeoSlope, Inc., Canadá), através do método de Bishop simplificado, considerando superfícies de rotura cilíndricas, admitidas como representativas, grosso modo, da rotura verificada.

Quadro 1 - Parâmetros geotécnicos

Formação	massa volúmica (kN/m ³)	coesão (kPa)	ângulo de atrito (°)
Plio-Plistocénico residual e aterros	18	10	34
Plio-Plistocénico <i>in situ</i>	19	18	36
Miocénico	20	30	40
Cretácico residual	19	0	40
Cretácico <i>in situ</i>	20	25	32

Deste modo, foram ensaiadas várias hipóteses de obras correctivas que, depois de uma análise comparativa exaustiva, conduziram à elaboração de um projecto base com 2 tipos de solução:

- Solução A - Intervenção imediata, concentrada na parte superior da arriba, visando restabelecer e melhorar as condições de segurança da moradia
- Solução B - Intervenção integral, abrangendo toda a altura da arriba, complementando as obras no topo com a modelação da massa escorregada e protecção marítima do pé de talude (Figura 4).

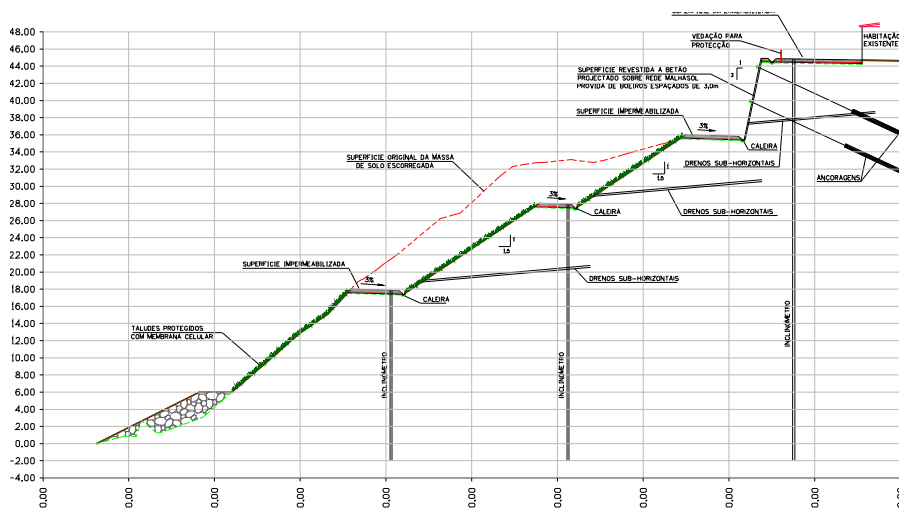


Figura 4 – Perfil esquemático da Solução B – Intervenção integral na arriba

Das soluções apresentadas, foi decidido executar apenas a solução A, decisão justificada quer por restrições orçamentais do Dono de Obra (proprietário da moradia que suportou integralmente os custos), quer pelas reservas manifestadas pela autoridade de tutela no que respeita aos impactes ambientais ao nível da praia. Com essa decisão assumiu-se o risco de virem a registar-se novos movimentos na massa escorregada, reconhecidamente em condições de equilíbrio precárias.

A fim de garantir a eficácia da solução adoptada e as condições de segurança da moradia, esta opção implicou conceber o reforço da parte superior da arriba de modo a permitir posteriormente a continuação do tratamento para cotas inferiores, na eventualidade do bloco abatido, deliberadamente não intervencionado, ser alvo de novos escorregamentos ao longo da superfície de rotura instalada, como efectivamente veio a acontecer. Com base nessas premissas procedeu-se à elaboração do projecto de execução da solução aprovada (veja-se o perfil tipo na Figura 5).

A consolidação da parte superior da arriba envolveu:

- Regularização dos taludes e plataformas;
- Cortina de microestacas na crista do troço central da escarpa encabeçada por um lintel ancorado ao interior do maciço;
- Revestimento estrutural com betão projectado e malhasol dos taludes originados pelo escorregamento, depois de regularizados;
- Ancoragens e pregagens no troço central da escarpa;
- Pregagens nos taludes laterais;
- Impermeabilização das plataformas;

- Órgãos de drenagem, boeiros e furos subhorizontais nas faces dos taludes, caleiras de topo e de pé de talude e tubos de descida de água;
- Integração paisagística;
- Instrumentação e monitorização.

Os trabalhos de integração paisagística mereceram particular destaque pelo que foram projectados de modo a satisfazer a preocupação de não artificializar o aspecto final da escarpa depois de tratada. Assim, a naturalização dos taludes foi conseguida através da aplicação de um revestimento suplementar que reproduziu a cor e textura naturais da arriba.

As cargas de serviço consideradas nas inclusões inclinadas, foram de 600 kN para as ancoragens e de 100 kN para as pregagens.

O cálculo do espaçamento das pregagens e ancoragens foi feito por processo iterativo, através do programa SlopeW, de forma a obter-se, para a parte superior da arriba, os seguintes factores de segurança:

Factor de segurança estático, $FS \geq 1,7$;

Factor de segurança dinâmico, $FS \geq 1,3$ (para $a=0,18 g$).

Para o efeito, considerando que o programa acima referido é bidimensional, estudaram-se vários cenários, dividindo a carga de serviço estipulada para as inclusões, por vários valores de espaçamento, tendo-se chegado aos valores indicados no Quadro 2 a que corresponderam os factores de segurança constantes do Quadro 3.

Quadro 2 – Geometria e espaçamento das inclusões

Inclusões	Inclinação (°)/ Comprimento (m)	Espaçamento Vertical (m)	Espaçamento Horizontal (m)
Microestacas com perfis HEB 120 no topo (talude central)	Vertical / 16 m	-	1,5
1ª fiada de ancoragens no lintel à cota 43,5 m (talude central)	45° / 20 m	-	3,0
2ª fiada de ancoragens no talude central à cota 39,5 m	30° / 16 m	4,0	4,0
Pregagens (talude central)	15° / 8 m	2,0	2,5
Pregagens (taludes laterais)	15° / 6 m	2,0	4,0

* inclinação medida com a horizontal

Quadro 3 - Factores de segurança correspondentes ao reforço segundo o espaçamento indicado

Zona da arriba	Tipo de reforço	Análise	Factor de segurança
Talude central	Microestacas, revestimento estrutural, ancoragens e pregagens	Estática	FS = 1,8
		Dinâmica	FS = 1,4
Taludes laterais	Revestimento estrutural e pregagens	Estática	FS = 1,9
		Dinâmica	FS = 1,5
Massa escorregada	Sem reforço	Estática	FS = 1,2

O efeito da cortina vertical de microestacas foi desprezado nos cálculos de estabilidade cujos resultados ficam assim com segurança acrescida.

A execução dos trabalhos correctivos acima descritos, incluindo impermeabilização, drenagem, arranjo paisagístico e instrumentação, iniciou-se em Agosto de 1998, tendo a globalidade da obra terminado em Fevereiro 1999.

Porém, a partir de Janeiro de 1998, a monitorização do tubo inclinométrico situado na crista da plataforma abatida, não intervencionada e com a base do talude sujeita à acção das vagas, começou a mostrar indícios de rotura a cerca de 17 m de profundidade, contrariamente ao que acontecia no topo da arriba onde as leituras inclinométricas não revelaram qualquer movimento.

Nos finais de Outubro de 1999, cerca de 8 meses após a conclusão dos trabalhos, na sequência de uma forte intempérie registou-se um segundo escorregamento, interessando apenas a massa de terras deslocada pelo primeiro movimento, e provocando um rejeito máximo de cerca de 7 m de altura na base dos taludes do troço superior da arriba. Este, que fora o objecto das obras de consolidação acima mencionadas, manteve-se notavelmente incólume ao acontecimento, mesmo no que se refere ao arranjo estético do revestimento.

Para evitar a degradação das condições de segurança que resultariam do último escorregamento, procedeu-se de imediato ao projecto e execução de uma 2ª fase de trabalhos. No talude central,

procedeu-se à aplicação de um 3º nível de ancoragens à cota 35 m, de uma segunda cortina de microestacas à cota 30 m, com 20 m de comprimento, encabeçada por um lintel, por sua vez ancorado ao interior do maciço (4º nível de ancoragens) e ainda de fiadas intermédias de pregagens. Estas foram também aplicadas nos taludes laterais. Como na fase anterior foi também aplicado um revestimento com betão projectado sobre malhasol e órgãos de drenagem, posteriormente “naturalizado” à imagem do tratamento precedente.

Na Figura 5 apresenta-se um perfil esquemático do talude central com a 2ª fase dos trabalhos e ainda a previsão para uma eventual 3ª fase (nível inferior de ancoragens).

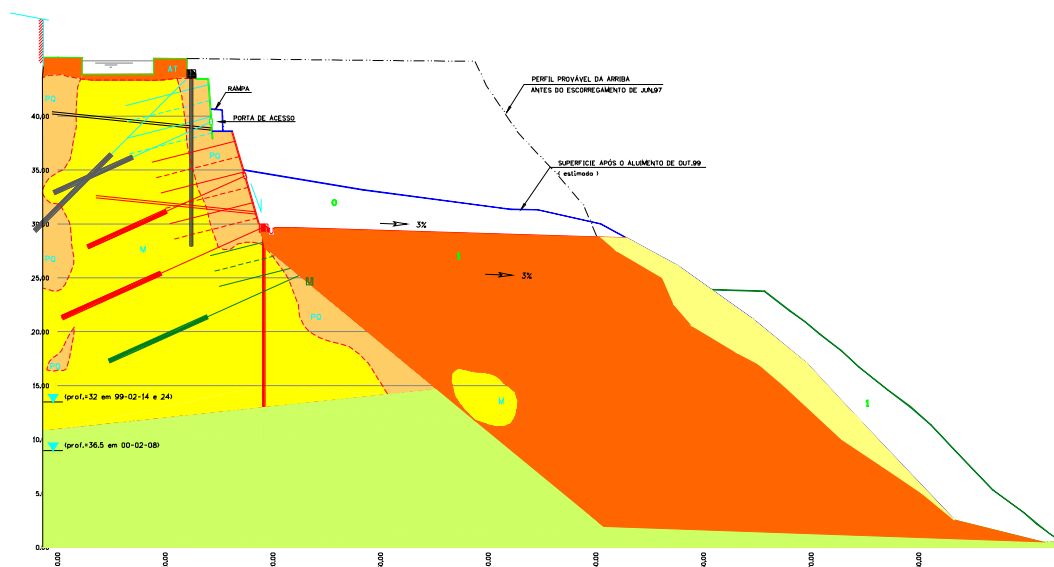


Figura 5 – Perfil esquemático do talude central, com as obras de 1ª e 2ª fases e ainda uma previsão para eventual 3ª fase

O projecto das obras correspondentes à segunda intervenção baseou-se nos resultados de uma nova série de análises de estabilidade, das quais se apresenta na Figura 6 o cálculo correspondente ao tratamento efectuado, interessando apenas o terço superior da arriba. O elevado factor de segurança adoptado justifica-se pela expectativa de poder ocorrer, a qualquer momento, um novo escorregamento na parte inferior da arriba, correspondente ao depósito de terras não tratado. Este continua a apresentar factores de segurança baixos, embora já tenham decorrido quase 4 anos sobre a data da conclusão da última intervenção sem notícia de qualquer evidência de instabilidade.

No Quadro 4 indicam-se as quantidades dos materiais mais significativos utilizados na obra em ambas as intervenções.

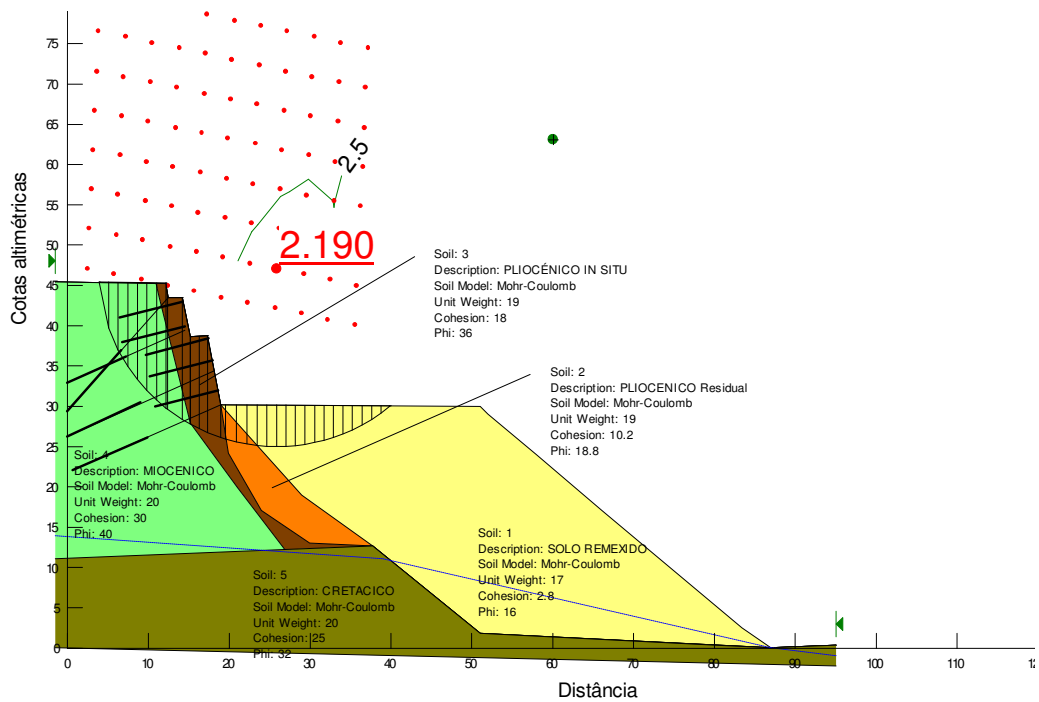


Figura 6 - Cálculo de estabilidade do troço superior da arriba com a 2ª fase de consolidação

Quadro 4 - Quantidades dos materiais mais significativos utilizados na obra

Drenagem e impermeabilização	
Geomembrana	1992 m ²
Geotêxtil	3550 m ²
Tubos drenantes	350 ml
Caixas de visita	5 un
Tubos de drenagem DN300	50 ml
Caleiras em betão, com secção rectangular 0,30 x 0,50 m	250 ml
Furos subhoriz. de drenagem, para instalação de tubos PVC DN100 mm	120 ml
Boeiros	346 un
Obras de contenção/suporte	
Microestacas com perfis HEB 120	747 ml
Pregagens DN 100mm em A400NR, DN25mm, com comp. de 6 e 8 m	2387 ml
Betão projectado	1319 m ²
Rede malhassol AQ 30	2638 m ²
Ancoragens de 600 KN	780 ml

O aspecto da integração paisagística dos trabalhos de consolidação pode ser apreciado nas Figuras 7 e 8.



Figura 7 – Integração paisagística.
Vista do talude central



Figura 8 – Integração paisagística.
Vista do talude lateral ponte



Figura 9 – Cronograma dos principais eventos ocorridos entre o escorregamento inicial e a conclusão dos trabalhos da 2ª intervenção

7. CONCLUSÕES

Mau grado as condicionantes atrás listadas, a que se juntaram posteriormente as restrições orçamentais e os impedimentos de natureza ambiental para actuar na base da arriba, pode concluir-se que foram atingidos os objectivos principais desta intervenção. Pelas razões apontadas, a monitorização da evolução geodinâmica da arriba deve continuar, estando reunidas as condições para intervenções complementares, à medida que se verificarem escorregamentos na zona não intervencionada.

Foi um caso de obra com dificuldades evidentes de execução em que houve uma frutuosa interacção entre o Dono de Obra, Projectista e Empreiteiro que proporcionou a sua realização em tempo útil, sem acidentes e sem desvios orçamentais significativos. De registar o entrosamento harmonioso entre a componente de projecto geotécnico e estrutural e a componente de arquitectura paisagista.

As circunstâncias que envolveram a situação aqui retratada constituem mais um tema de reflexão sobre a problemática dos licenciamentos para construção em áreas próximo de arribas instáveis sem estudos geotécnicos específicos e da imputação de responsabilidades em caso de acidentes.

8. AGRADECIMENTOS

São devidos agradecimentos ao Eng. Silva Ramos, representante do Dono da Obra, pela colaboração prestada durante o desenvolvimento do projecto e da obra e por autorizar a sua divulgação e também ao Prof. Doutor Fernando Marques, designadamente pelas úteis informações fornecidas durante a fase de caracterização e diagnóstico das causas do escorregamento.

9. REFERÊNCIAS

[1] Marques, F.M.S.F., As arribas do litoral do Algarve. Dinâmica, processos e mecanismos, Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa (1997) 560 pp. (não publicado).