

ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES, PROTECÇÃO À QUEDA DE BLOCOS E ACÇÕES PREVENTIVAS À EROSÃO NA PEDREIRA ITALIANA

SLOPE STABILIZATION, ROCKFALL PROTECTION AND EROSION PREVENTIVE ACTIONS, APPLIED IN PEDREIRA ITALIANA

Xavier, Baldomiro, *Teixeira Duarte, Oeiras, Portugal, bx@tduarte.pt*
Pina, João, *Teixeira Duarte, Oeiras, Portugal, jsp@tduarte.pt*

RESUMO

Até meados do século XX foram exploradas nos arredores de Lisboa diversas pedreiras calcárias com extracção de pedra para variadas aplicações. A exploração destas pedreiras desenvolveu-se, em geral, de forma massiva sem a preocupação de garantir a longo prazo a estabilização das frentes de extracção. Com a sua desactivação, o espaço foi sendo progressivamente ocupado pela construção de habitações. O Bairro da Pedreira Italiana reflecte, em parte, este tipo de ocupação, onde o tecido urbano se desenvolveu de forma espontânea. Os efeitos das explosões, necessárias à extracção da pedra calcária, agravados pela contínua erosão superficial, deram origem a situações de quedas de blocos e roturas de taludes que colocaram em risco a segurança da população e do edificado. A presente comunicação vem expor, com base na identificação das situações de risco e da caracterização das formações geológicas, as soluções de estabilização e protecção adoptadas.

ABSTRACT

Up to mid-20th century, several limestone quarries around Lisbon were explored to provide rock for multiple uses. Most quarries did not take into account the need to stabilize the extraction fronts on the long term. Nevertheless, after exploration ceased, housing progressively took up the space formerly used by the quarries. Such was the case of Bairro da Pedreira Italiana, where single-family houses were built on former quarry grounds, in a spontaneous order. Continuous superficial erosion, added to cracking caused by the explosives used during the extraction process, have weakened the rock masses. Rockfall and unstable slopes were endangering people and buildings. This paper presents the protection and stabilization solutions applied to the site.

1. INTRODUÇÃO

A Pedreira Italiana, localizada entre Laveiras e Murganhal, na Freguesia de Caxias, em Oeiras, esteve em exploração até meados do século XX. Após a sua desactivação, toda a área de exploração foi sendo progressivamente ocupada por habitação, tendo dado origem ao actual Bairro da Pedreira dos Italianos ou Bairro da Pedreira Italiana.

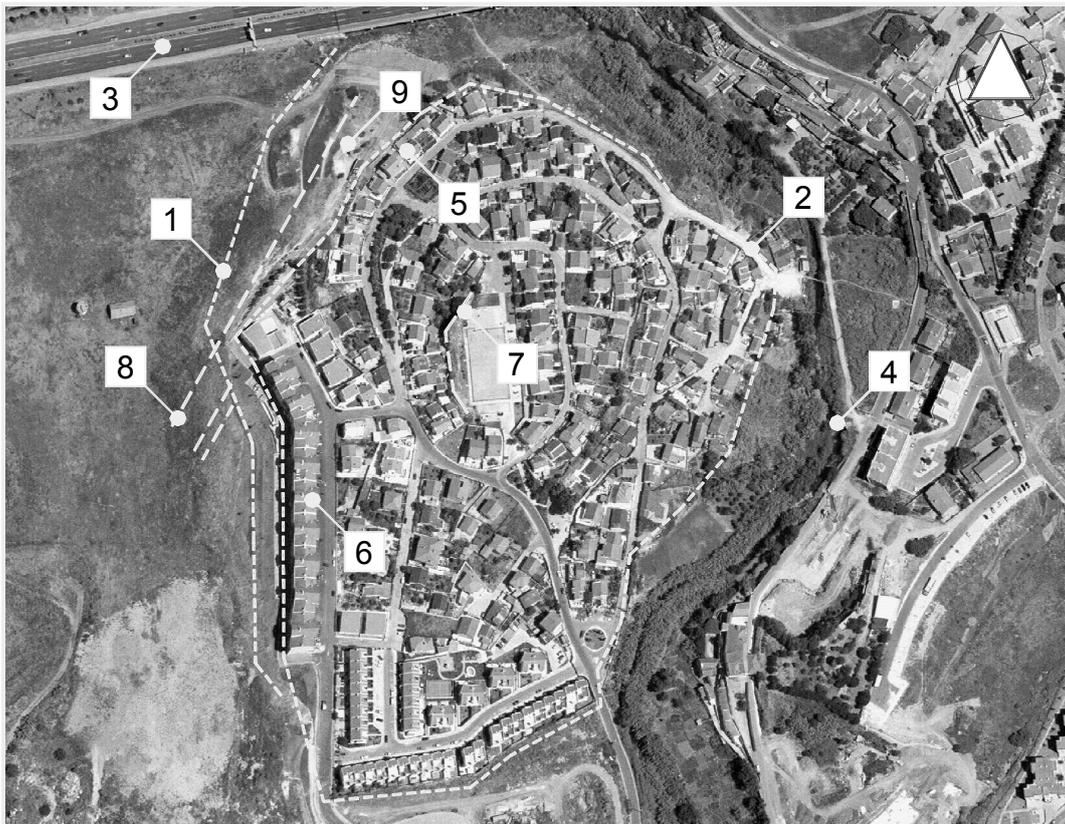


Figura 1 – Fotografia aérea: (1) Zona de intervenção; (2) Bairro da Pedreira dos Italianos; (3) Auto-estrada A5; (4) Ribeira de Barcarena; (5) Moradias unifamiliares; (6) Blocos de Edifícios; (7) (8) (9) Intrusões magmáticas

A expansão da malha urbana até aos limites de exploração da pedreira, nomeadamente a construção de moradias unifamiliares na base de taludes de elevada inclinação (a Noroeste) e edificação de blocos de edifícios de média dimensão na proximidade de escarpas (a Oeste), associado ao efeito nefasto da contínua erosão e das explosões ocorridas durante a exploração da pedreira, fez com que se criassem situações susceptíveis de colocar em risco a integridade do edificado e, principalmente, a segurança da população.



Figura 2 –Fotografia panorâmica da zona de intervenção: à esquerda localizam-se os blocos de edifícios próximos às escarpas, à direita as moradias na base de taludes.

Após a ocorrência de diversos acidentes geotécnicos, nomeadamente queda de blocos e roturas em taludes, houve a necessidade de proceder a uma intervenção de urgência de forma a conferir às escarpas e taludes a segurança necessária.

Com base no levantamento das situações de risco e das condições geológicas e topográficas locais, foi desenvolvido, de forma progressiva e em paralelo com a obra, um projecto de execução.

Foram então concebidas, para uma extensão de cerca de 400m, diversas soluções estruturais, das quais se destacam: a colocação de barreiras dinâmicas de protecção contra a queda de blocos, execução de muros em betão armado para a definição de bacias de retenção de blocos, execução de pregagens e aplicação de betão projectado na estabilização de taludes, demolição e desmonte de maciços, reperfilamento de taludes e aplicação de sistemas de drenagem, entre outros.

2 . CARACTERIZAÇÃO DAS FORMAÇÕES GEOLÓGICAS

A caracterização das formações geológicas foi realizada com base numa campanha de reconhecimento geotécnico efectuada a partir da observação directa, da carta Geológica de Portugal, de 2 sondagens à rotação e roto-percussão com execução de ensaios de penetração dinâmica com sonda normalizada (SPT), de 3 ensaios com penetrómetro dinâmico ligeiro (PDL); e Revistas técnicas editadas durante a exploração da pedraira.

Em termos gerais, toda a área ocupada pela pedraira, que actualmente corresponde ao Bairro da Pedreira dos Italianos, é caracterizada por formações calcárias com variadas intrusões magmáticas, que se exprimem na forma de uma chaminés vulcânica (a principal no centro do bairro, afastada da zona de intervenção) e diversos filões que se instalaram ao longo de fracturas ou falhas.

Ao longo da zona de intervenção são identificadas três falhas paralelas, duas a intersectar a escarpa que se desenvolve a poente e outra, a norte, com especial interesse por justificar em parte o elevado estado de fracturação das superfícies expostas, a acompanhar o limite de exploração da pedraira.

Nas escarpas a Sul, verifica-se a ocorrência de depósitos de cobertura no topo e depósitos de aterro e de vertente na base. A norte, nos taludes que se desenvolvem no tardoz das moradias unifamiliares ocorrem formações calcárias que são atravessadas, ao nível do coroamento do talude, por um filão que se instalou ao longo da fálha aí localizada. Estes calcários encontram-se cobertos por depósitos de aterro e de vertente. Os taludes localizados na extremidade desta falha desenvolvem-se sobre uma intrusão vulcânica cuja origem não foi identificada (poderá ser um alargamento do filão que preencheu a falha ou então uma chaminé vulcânica de reduzida dimensão).

As formações calcárias são essencialmente caracterizadas pela ocorrência de calcários cristalizados com rudistas (termo comercial - calcário de lioz) com espessura de cerca de 20 m, que se apresentam mais fracturados no topo. Subjacente a esta camada, desenvolve-se uma formação de calcário apinhado (calcário muito fracturado) que é intersectado por uma formação de calcário pouco margoso com alveolinídeos (termo comercial - vidraço branco). Estas formações assentam sobre calcários margosos (Figura 3).



Figura 3 - perfil geológico nos calcários

3 . IDENTIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE RISCO

3.1 Superfícies com elevado estado de fracturação

Ao longo de todo o limite de intervenção, com maior incidência na zona das falhas, verificou-se nas escarpas verticais um elevado estado de fracturação onde foram identificadas situações susceptíveis de destacamento do material superficial.



Figura 4 - Superfícies com elevado estado de alteração ao longo da falha localizada a norte da zona de intervenção

3.2 Queda de blocos

As situações de queda de blocos foram identificadas em diversos pontos. No entanto, era a norte que este fenómeno apresentava maior risco, essencialmente pela existência de taludes de elevada inclinação na base dos quais se encontram lotes urbanizados.



Figura 5 - Identificação da zona onde se deu o destacamento de um bloco que, após rolar pelo talude, ficou imobilizado num lote desocupado, entre duas moradias

3.3 Fendas de tracção em maciços

Este fenómeno, que apenas foi identificado após a entrada em obra, verificou-se a norte da zona de intervenção, na crista de um afloramento que se encontrava sobre as moradias unifamiliares.



Figura 6 - Fendas de tracção em maciços. No canto inferior esquerdo é possível identificar, na base do talude, a proximidade das habitações

3.4 Cicatrizes de escorregamento em taludes

As situações de cicatrizes de escorregamento apenas foram identificadas a norte, nas zonas com taludes de elevada inclinação. Nesta imagem identifica-se a cicatriz de um escorregamento, cuja formação aparenta ser recente pela ausência de vegetação na intersecção do talude com a superfície de rotura.

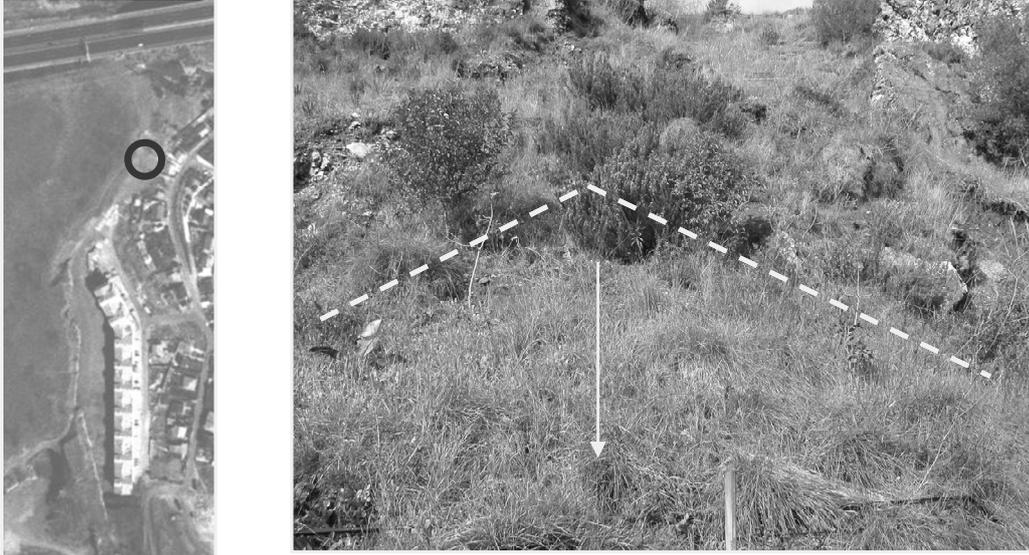


Figura 7 - Cicatrizes de escorregamento nos taludes que se desenvolvem a norte, no tardo das moradias unifamiliares

3.5 Blocos deslocados

Na zona Sul, na proximidade dos blocos de edifícios, verificou-se a existência de um bloco de grandes dimensões que apresentava um visível deslocamento da sua posição inicial. Esta situação resultou da utilização de explosivos para desmonte do material durante a exploração da pedreira.

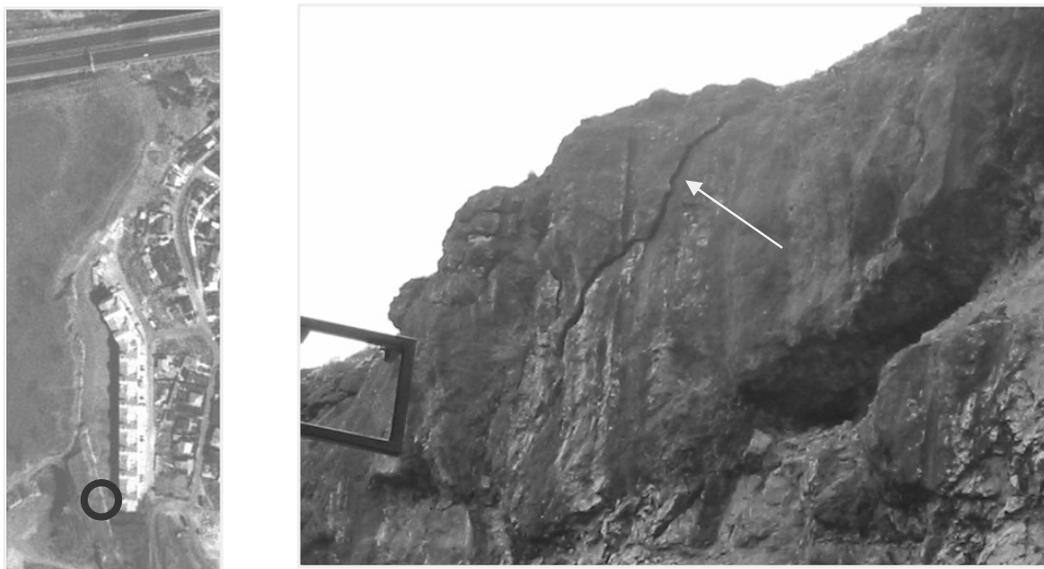


Figura 8 - Bloco deslocado na proximidade dos blocos de edifícios

4 . FASE DE PROJECTO

4.1 Objectivos e Condicionantes

Face ao carácter urgente da intervenção, à variedade das situações de risco constatadas, e às condições topográficas e geológicas locais, a obra foi iniciada em simultâneo com o projecto. Todo o trabalho desenvolvido nesta fase foi progressivo, tendo sido o projecto constantemente adaptado às situações verificadas no local.

Os principais objectivos tidos em consideração na execução do projecto foram: garantir a segurança da população e dos edifícios limítrofes; apresentação de uma solução com reduzido impacto ambiental; rapidez no início dos trabalhos pelo carácter urgente da intervenção.

As principais dificuldades verificadas foram: condições topográficas locais, pela necessidade e dificuldade de execução de plataformas de trabalho; condições geotécnicas locais, pela variação da geologia por intervenção humana;

4.2 Soluções adoptadas face à situação de risco identificada

Pela heterogeneidade do meio e pela extensão da intervenção, foram aplicadas em obra, para cada situação de risco, diversas soluções estruturais, conforme se apresenta no quadro 1.

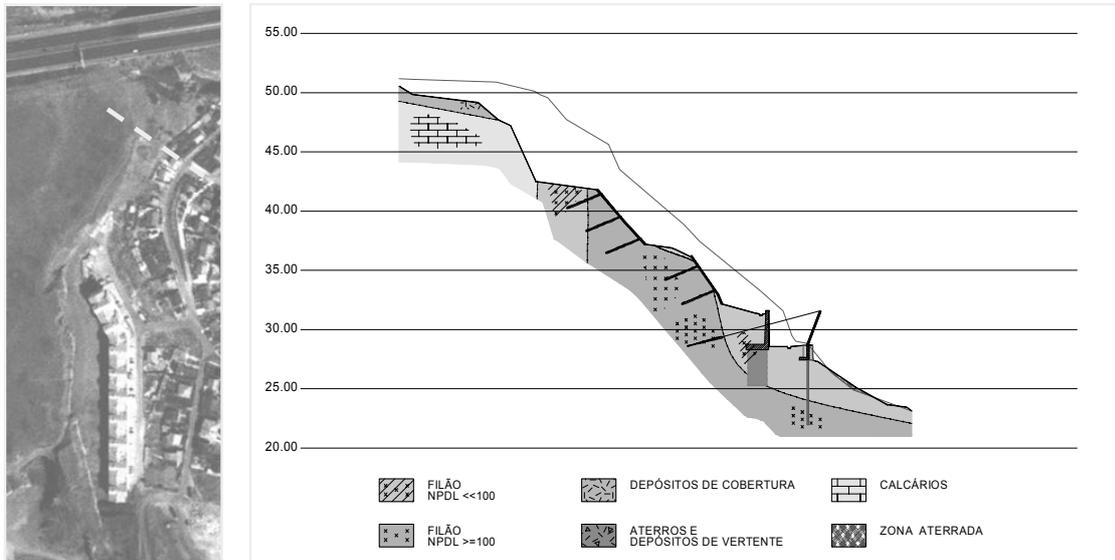
Quadro 1 - Descrição das soluções adoptadas face ao risco identificado

Risco Identificado	Solução Adoptada
Bancadas de calcário com superfícies fracturadas e sujeitas a queda de blocos;	Colocação de Barreiras de Protecção Dinâmica contra queda de blocos; Execução de muros de contenção em “L” na base das escarpas de forma a permitir a definição de valas de retenção de blocos;
Cicatrices de rotura em taludes;	Reperfilamento; Execução de muros de contenção em “L” para a criação de banquetas; Execução de um sistema de drenagem superficial;
Superfícies de rochas alteradas sujeitas à acção da erosão;	Execução de superfícies gunitadas com pregagens;
Maçiços de calcário com fendas de tracção muito pronunciadas;	Demolição e desmonte dos maços

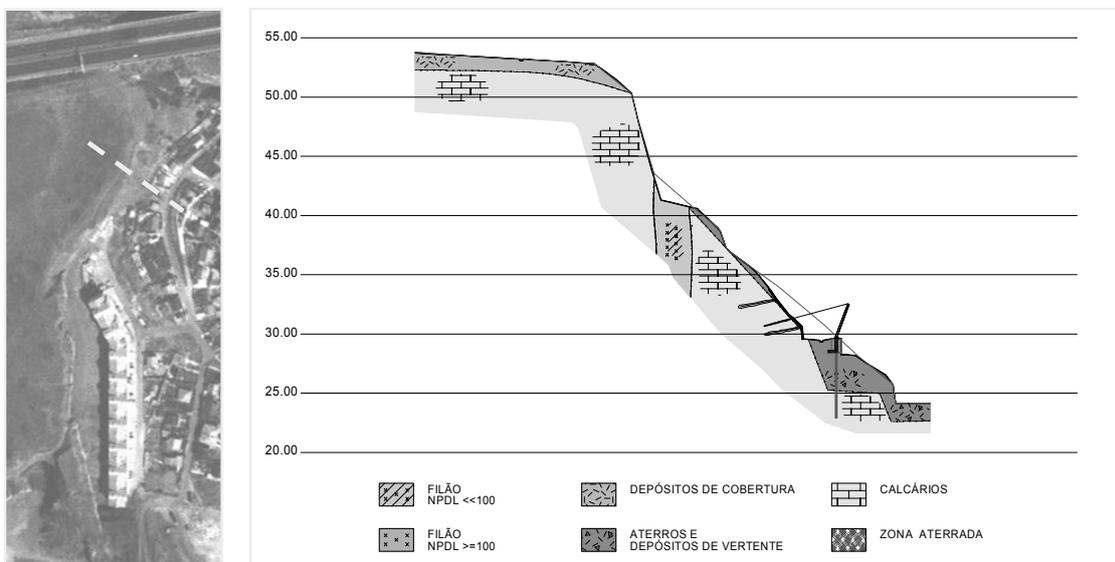
Na zona que se desenvolve no tardo das moradias unifamiliares, junto da intrusão magmática próxima da extremidade da falha localizada a norte, e onde foram identificadas cicatrices de rotura e fendas de tracção em maços rochosos, a solução implementada consistiu no desmonte dos maços calcários que apresentavam fendas de tracção muito pronunciadas, seguido do reperfilamento do talude de forma a remover a camada superficial do filão com reduzidas características mecânicas. Após reperfilamento, os taludes foram reforçados com pregagens e a sua superfície foi protegida contra a acção da erosão através da aplicação de betão projectado.

Na base do reperfilamento, nos depósitos de aterro e de vertente, de forma a reter blocos deslocados, foi executada uma banqueta de retenção de blocos e colocada uma barreira de protecção dinâmica contra a queda de blocos, fundada em miniestacas. Para permitir a definição da banqueta sem aumentar significativamente o reperfilamento, foi executado a montante desta,

um muro em L que, pela falta de condições de fundação ao nível da superfície, foi fundado por intermédio de pegões (Figura9).



Ao longo da falha localizada a norte, mas fora da zona da intrusão magmática, onde foram identificadas situações de queda de blocos, foi executada uma banquetta de retenção de blocos e colocada uma barreira de protecção dinâmica. Para execução da banquetta procedeu-se a um reperfilamento dos materiais superficiais até às formações de calcário. Pelo elevado estado de alteração de algumas das formações expostas, foram executadas pregagens de reforço e foi aplicada uma gunitagem para protecção da superfície contra a erosão (Figura10).



A sul, na zona em que a escarpa se encontra mais próxima dos blocos de edifícios e onde foi identificada a situação do bloco de grandes dimensões deslocado, em detrimento da sua fixação ou do seu desmonte, foi adoptada uma solução que consistiu na execução de uma bacia de

retenção, contida por um muro em L, sobrejacente ao qual foi colocada uma barreira de protecção dinâmica contra a queda de blocos (Figura 11).

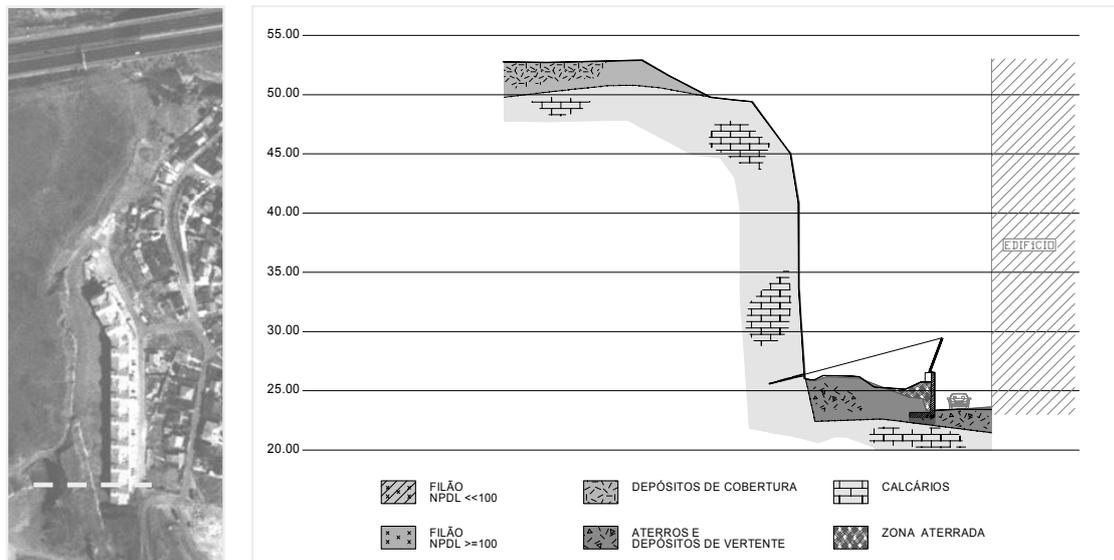


Figura 11 - Solução adoptada a Sul, onde a distância ocorre a menor distância entre a escarpa e o bloco de edifícios

De forma a reduzir o efeito da erosão sobre as superfícies expostas, foi implementado em obra um sistema de drenagem superficial, aplicado na crista das escarpas a montante da zona de intervenção e nas banquetas e bacias de retenção de blocos.

4.3 Critérios de dimensionamento

Para o dimensionamento dos muros estruturais recorreu-se à *Teoria de Rankine*, tendo-se considerado o coeficiente de impulso activo na verificação da estabilidade global e o coeficiente de impulso em repouso na verificação das secções. Na verificação da estabilidade global ao deslizamento e ao derrubamento adoptou-se um factor de segurança igual a 1.5 e 2.0, respectivamente.

A análise de estabilidade de taludes foi realizada com base no *Método de Fellenius*, tendo-se adoptado um factor de segurança limite de 1.3. O dimensionamento da barreira de protecção dinâmica à queda de blocos foi realizado pelo fornecedor. A sua capacidade de absorção de energia é igual a 500 kJ.

5. ENQUADRAMENTO AMBIENTAL

De forma a melhorar o enquadramento ambiental da intervenção, principalmente no que se refere ao impacto dos elementos de betão armado, foi realizado um acabamento paisagístico das superfícies estruturais mais expostas por intermédio da aplicação, por projecção, de pigmentos naturais sobre betão fresco, conferindo deste modo um aspecto idêntico ao das formações locais (Figura 12).

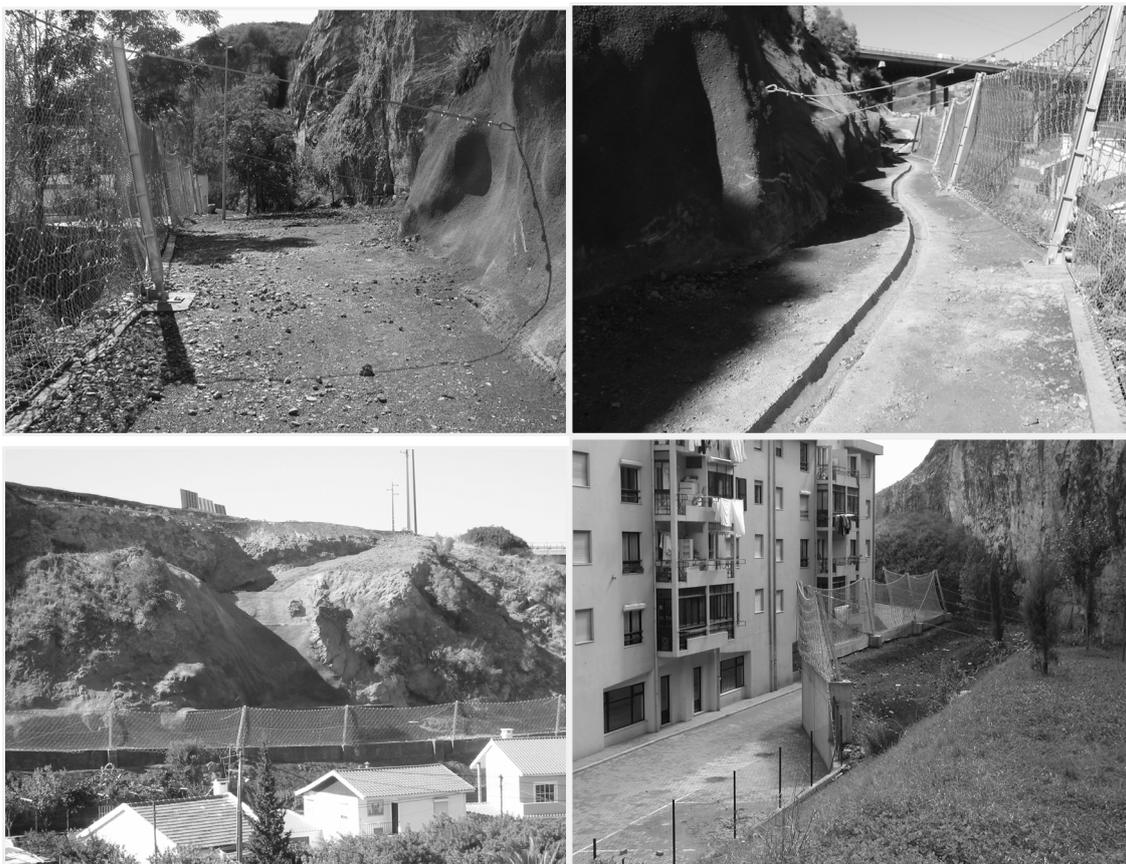


Figura 12 - Aspecto final e enquadramento ambiental da intervenção

6. CONCLUSÃO

Como é frequente neste tipo de soluções de estabilização, marcado pela extensão da zona de intervenção e pela dificuldade de caracterização das formações geológicas, nomeadamente pela interferência do Homem ao longo do período de exploração da pedreira, todo o projecto teve que ser progressivo, com as soluções estruturais definidas em obra, em função das condições locais.

Da análise global da obra conclui-se que as soluções adoptadas responderam de forma adequada aos objectivos definidos para esta intervenção, dos quais se destacam o contributo para o aumento da segurança da população e dos edifícios, o cumprimento do prazo de execução e dos custos estabelecidos e a adopção de soluções de reduzido impacto ambiental.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Carta Geológica de Portugal, Folha nº 34-C – Cascais; Escala 1:50 000; Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos – Serviço Geológicos;
- [2] Prof. Ernest Fleury, Eng.º Castro Cabrita; Técnica – Revista de Cultura Técnica e Economia, Ano I, Série I, nº 1, Dezembro (1925); pág. 18-20;
- [3] Prof. Ernest Fleury, Eng.º Castro Cabrita; Técnica – Revista de Cultura Técnica e Economia, Ano I, Série I, nº 2, Janeiro (1926); pág. 18-21;
- [4] Eng.º Moitinho de Almeida, Perfil Geológico;