

PATOLOGIAS EM OBRAS DE SUPORTE NA REDE BRISA

Isabel Gonzalez¹, Joana Martins², Miguel Quintela Cruz³

¹BGI – Brisa Gestão de Infraestruturas, S.A., Responsável do Departamento de Pavimentos e Geotecnia, 210058211, email: isabel.gonzalez@brisa.pt, Quinta da Torre da Aguilha – Edifício Brisa, 2785-599 São Domingos de Rana, Portugal

² BGI – Brisa Gestão de Infraestruturas, S.A., Técnica do Departamento de Pavimentos e Geotecnia, 210058253, email: joana.martins@brisa.pt, Quinta da Torre da Aguilha – Edifício Brisa, 2785-599 São Domingos de Rana, Portugal

³ BGI – Brisa Gestão de Infraestruturas, S.A., Técnico do Departamento de Pavimentos e Geotecnia, 210058277, email: miguel.cruz@brisa.pt, Quinta da Torre da Aguilha – Edifício Brisa, 2785-599 São Domingos de Rana, Portugal

Sumário

As obras de suporte referem-se às estruturas de contenção existentes na rede da Brisa Concessão Rodoviária (BCR), cuja função é estabilizar os taludes de solos ou rocha, em aterro ou escavação e podem ser de vários tipos, desde muros de betão armado ou projetado, ancorados ou pregados, muros de gabiões, até muros de arrimo, entre outros. Consoante o tipo de estrutura e durante o seu período de desempenho poderão ocorrer degradações ou patologias, características da mesma. A fissuração em estruturas de betão, a deformação dos gabiões, a corrosão dos elementos estabilizadores metálicos e roturas no sistema de drenagem, são alguns exemplos dessas patologias.

Palavras-chave: Patologia; Obra de Suporte; Estrutura de Contenção; Talude; Reabilitação e Reforço

1 INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo apresentar sucintamente os diferentes tipos de patologias que ocorrem nas estruturas de contenção implementadas na estabilização de taludes de escavação da rede da BCR, quer previstas na fase do projeto original, quer executadas na fase de exploração.

O tema terá um enfoque principal na descrição das patologias versus soluções adotadas, através da apresentação de alguns exemplos de casos de estudo. Será feito um breve enquadramento geológico-geotécnico dos taludes que foram estabilizados com estruturas de contenção, bem como a explicação dos mecanismos que terão levado à sua degradação. O estudo da origem e das possíveis causas, serão abordados de forma sumária.

Em função do tipo de estrutura de contenção e das manifestações patológicas observadas, foram adotadas diferentes soluções de reabilitação e reforço que serão explanadas no artigo.

Serão descritos quatro casos de estudo de estruturas de contenção implementadas em taludes de escavação, muro de betão projetado armado e pregado, muro de gabiões e grelha ortogonal de vigotas de betão armado com pregagens nos vértices e que ao longo da sua vida útil apresentaram patologias significativas, tendo levado à necessidade da sua intervenção, três localizam-se na autoestrada do Norte, A1 e uma na A9- CREL:

- A1 – S. João da Talha/Sta Iria Azóia. Talude de Escavação ao km 7+200 N/S;
- A1 – Sta Iria da Azóia/Alverca. Talude de Escavação ao km 12+250 S/N;
- A1 – Coimbra Sul/Coimbra Norte. Talude de Escavação ao km 196+400 S/N;
- A9 – Sublanço Bucelas (Zambujal)/A9-A10. Taludes de Escavação entre os kms 25+900 e 26+575 N/S.

2 OBRAS DE SUPORTE EM TALUDES DE ESCAVAÇÃO

2.1. A1 – Sublanço S. João da Talha/Sta Iria Azóia. Talude de escavação ao km 7+200 N/S

Nos anos 90 do século passado, o sublanço onde se insere este talude foi objeto de um alargamento da plataforma para 2x3 vias, o qual obrigou, devido ao constrangimento de espaço (existência de barreiras acústicas na crista do talude), à realização de um corte subvertical do pé do talude existente, de cerca de 3,5 m para o lado exterior da faixa de rodagem e ao agravamento da inclinação do 1.º pano, como se observa na 1.ª foto da Figura 1.

Deste modo, o talude passou a ter duas inclinações diferenciadas, a parte inferior do talude, até cerca de 3 m de altura média, apresenta uma inclinação aproximada de V/H=5/1, enquanto que o pano superior manteve uma inclinação mais suave. O talude apresenta uma altura total variável entre 5 a 7 m e desenvolve-se entre os km's 7+100 e 7+360, numa extensão de cerca de 260 m, no sentido Porto/Lisboa.

De forma a assegurar as necessárias condições de estabilidade, foi executado o reforço do talude, durante as obras do alargamento da autoestrada, com uma capa de betão projetado armado com malhasol e pregado. No pano inferior do talude foram, ainda, executados três níveis de “janelas” de forma retangular com a função de floreiras.



Figura 1 - Talude de escavação ao km 7+200 N/S com a capa de betão projetado com “janelas”

Este revestimento começou a evidenciar algumas patologias e disfunções, ao fim de 25 anos (em 2015), que se podem observar nas imagens das figuras 1 e 2, as quais justificaram a intervenção de reabilitação e reforço para estabilização do talude, como mostram as fotos da Figura 2:

- Degradação da capa de revestimento em betão projetado e aparecimento de fendas;
- Bueiros danificados ou esmagados (4ª imagem da Figura 2);
- Arrastamento de finos (erosão interna) através das “janelas ou floreiras”, originando vazios ou ocos no tardo do muro;
- Acumulação de detritos e de blocos de rocha sobre as valetas triangulares;
- Deslocamento da capa de revestimento no sentido horizontal, sobrepondo-se à valeta triangular (3ª imagem da Figura 2).



Figura 2 – Patologias na capa de betão projetado com “janelas”

Atendendo às patologias observadas, e aos condicionamentos geológicos e geotécnicos locais, conclui-se que o corte subvertical efetuado, aquando do alargamento da plena via, induziu um carregamento localizado sobre o talude, contribuindo assim, para a sua degradação. No entanto, grande parte das patologias parecem ter origem nas janelas retangulares existentes no betão projetado, as quais introduzem descontinuidades no plano e propiciam a chamada das águas que percolam no interior do maciço. Esta situação potencia a ocorrência de fenómenos de erosão interna, bem como deformações com amolecimento e redução progressiva das características de resistência dos solos margosos e argilosos.

Em termos de geologia, o talude é composto por “Calcários da Quinta das Conchas” (Miocénico - M3VC) alternando com estratos margosos, com inclinação para SW, de acordo com o corte transversal da Figura 3.

De forma a obviar ao processo de instabilização acima descrito, o projeto de execução preconizou a demolição da capa do revestimento em betão existente, incluindo o corte das pregagens existentes e a realização de um reperfilamento geral do talude com uma inclinação média de 50° (como se pode ver na 1ª imagem da Figura 4). Esta geometria, compatível com os limites de ocupação, propicia condições de estabilidade global bem mais favoráveis do que as existentes, de acordo com a 2ª imagem da Figura 3.

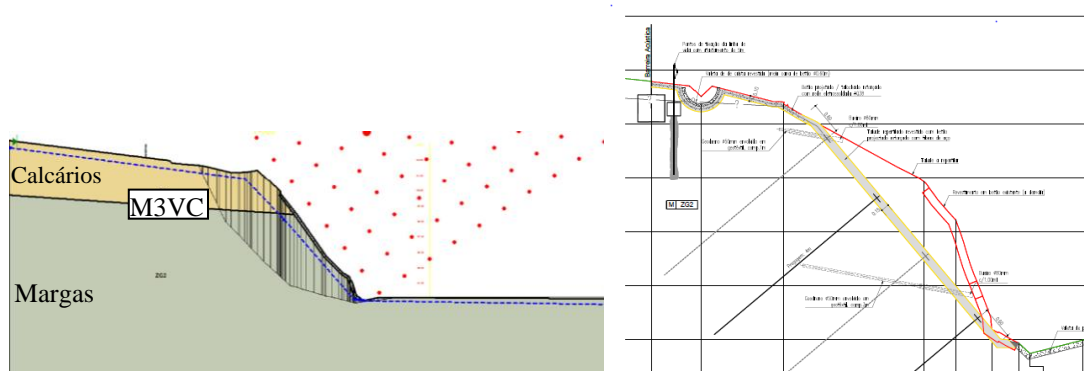


Figura 3 – Cenário geológico e perfil transversal da solução do projeto

O reperfilamento do talude permitiu também remover a massa instabilizada, nomeadamente, os blocos soltos de calcário, os solos de natureza argilo-margosa menos resistentes e reduzir a inclinação do talude, melhorando assim a sua estabilidade.

O talude reperfilado foi integralmente revestido com um paramento de betão projetado com fibras metálicas (ver 2ª imagem da Figura 4 que evidencia a aplicação do betão projetado com pigmento avermelhado), com uma espessura média de 15 cm. Toda esta nova capa estrutural foi monolitizada com o maciço através da instalação de uma malha de pregagens autoperfurantes, com 4 m de comprimento e bit de furação perdido adequado à natureza dos materiais, garantindo-se a sua selagem imediata pelo seu interior. Estas pregagens serão armadas na zona das cabeças, de forma a assegurar uma boa integração no revestimento de betão projetado. Complementarmente foram executadas beneficiações ao sistema de drenagem superficial e interna do talude. A conclusão desta empreitada ocorreu em outubro de 2017.



Figura 4 – Demolição da capa de betão existente e aspeto final do novo betão projetado com fibras

2.2 A1 – Sta Iria da Azóia/Alverca. Talude de Escavação ao km 12+250 S/N;

Este caso de estudo é contemporâneo e semelhante ao caso anterior, pois o talude também foi intervencionado na altura das obras do alargamento da auto estrada para as 3.^{as} vias, tendo sido sujeito a um corte subvertical a partir da base, devido ao constrangimento de espaço, tendo sido revestido com uma capa de betão projetado, armado com malhasol e com pregagens, onde foram abertos três níveis de “janelas”.

A principal diferença entre este caso e o anterior reside no cenário geológico e na altura máxima do talude que nesta situação é mais baixa, atingindo cerca de 4 m. Estes dois fatores também levaram à escolha de uma solução de reabilitação e reforço diferente da solução implementada no caso anterior e mais económica. A solução consistiu, na execução de um muro de arrimo de betão ciclópico, após a demolição da capa de betão projetado existente.

Em relação à geologia do local, este talude localizado, entre os km's 12+217 e 12+360, no sentido Lisboa/Porto desenvolve-se na Formação de Benfica (ϕ) e é composto essencialmente por argilas e margas avermelhadas a rosadas de plasticidade elevada, coberta por depósitos de vertente nalgumas zonas ou por calcários do miocénico (M2), como se pode ver na Figura 5.

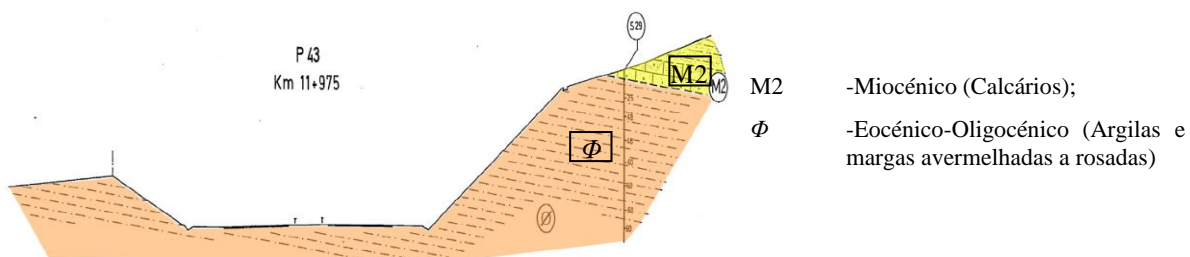


Figura 5 – Cenário geológico

Face a este cenário e embora a origem das patologias seja semelhante, às descritas para o caso de estudo anterior, as degradações do revestimento de betão projetado armado e pregado, evoluíram e agravaram-se mais rapidamente, devido à natureza litológica dos materiais, uma vez que se tratava de um talude argiloso, mais suscetível à erosão.

A patologia derivada da erosão interna do talude, no tardo do da capa de betão projetado, era visível através dos cones de argila acumulados na parte da frente do revestimento, como se vê na 3ª imagem da Figura 6. À medida que a acumulação de material aumentava na parte da frente do muro, verificava-se a ocorrência de vazios no tardo do muro, originando a instabilidade do talude.



Figura 6 – Aspectos das patologias do revestimento em betão com “janelas”

Atendendo às patologias observadas na Figura 6 e aos condicionamentos geológicos e geotécnicos locais, o projeto preconizou o saneamento e reperfilamento do talude, implicando a remoção da capa do revestimento em betão pobre, de malhas metálicas, bem como das cabeças das pregagens soltas que compunham o revestimento do talude existente (como se vê na 1ª imagem da Figura 7).

Em fase seguinte dos trabalhos os materiais degradados foram removidos até se atingir a geometria do talude pretendida. Posteriormente, executou-se o muro de arrimo, em betão ciclópico (ver aspeto final do muro na 2ª imagem da Figura 8).

Complementarmente, também foi dimensionado o sistema de drenagem superficial e interna do talude, acrescentando-se uma caleira de crista de diâmetro 300 mm e geodrenos subhorizontais, anteriormente inexistentes.

As obras de reabilitação deste talude ficaram concluídas em outubro de 2017, tendo sido englobadas na mesma empreitada do talude referido no ponto anterior, dada a proximidade dos locais.



Figura 7 – Talude após a demolição da capa de betão projetado, caleira de crista e geodrenos

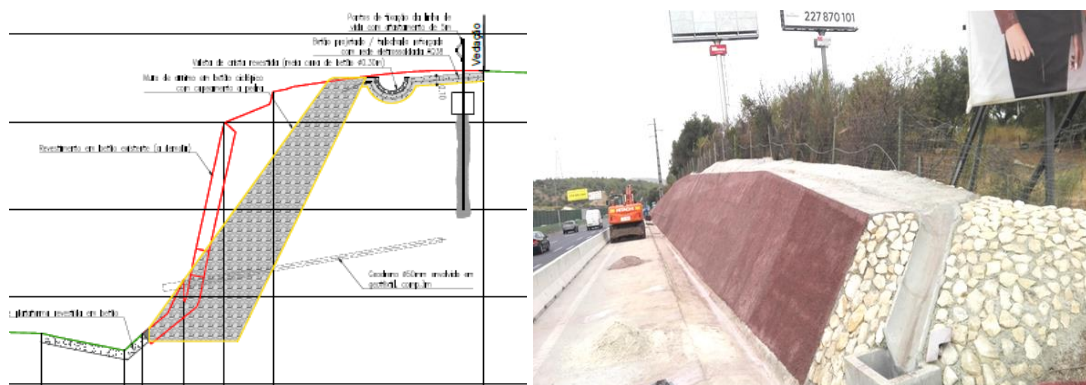


Figura 8 – Perfil transversal tipo da solução de projeto e aspeto final da solução do muro de arrimo

2.3 A1 – Coimbra Sul/Coimbra Norte. Talude de Escavação ao km 196+400 S/N;

O talude em questão, construído em 1982, com a inauguração do sublanço Condeixa/Mealhada, apresentou, ao longo do seu período de serviço, um vasto historial de instabilizações, coincidentes com períodos de pluviosidade intensa, tendo sido ciclicamente alvo de obras de suporte e reabilitação da drenagem que englobaram, a execução de estruturas de contenção com muros de gabiões e reperfilamentos do talude com inclinação progressivamente mais reduzida e colocação de drenagem superficial.



Figura 9 – Instabilidades dos muros de gabiões, anteriores a 2002

Trata-se de um talude de escavação que se desenvolve ao longo de uma extensa escavação com cerca de 140 m no sentido transversal, a partir da berma direita da autoestrada e com um desnível de cotas de cerca de 44 m. Em relação à geologia do local, a escavação insere-se na formação de idade Cretácica (C), designada por “Areias e Argilas de Taveiro” e é constituída essencialmente por argilas avermelhadas, sobre-consolidadas que revelam um padrão fissuração superficial por efeito da descompressão, potenciando uma alteração mais acelerada junto à superfície e provocando a degradação das características geotécnicas, em profundidade.

Na parte superior do talude de escavação afloram materiais granulares, com permeabilidade muito mais elevada, constituídos essencialmente por areias médias a grossas, argilosas amareladas com níveis de seixo rolado, pertencentes à formação do Quaternário (Q) que assenta sobre as argilas do Cretácico (imagens da Figura 10).

A origem dos diversos escorregamentos ocorridos ao longo do tempo, deveram-se fundamentalmente à progressiva alteração e redução das características resistentes dos materiais argilosos, pertencentes à formação de “Taveiro”, associada a problemas de drenagem das águas que percolavam no maciço, provenientes da formação sobrejacente, mais permeável.

A ultima instabilidade, ocorreu em outubro de 2009, associada à precipitação extremamente elevada que ocorreu no inverno de 2009/2010, tendo afetado o muro de gabiões superior Norte, através de um deslizamento horizontal pela fundação e consequente destruição dos órgãos de drenagem existentes no seu pé, tendo ainda ocorrido um deslizamento no talude de escavação superior contido pelo muro e que englobou parte do caminho rural, numa extensão de cerca de 50 m de comprimento, como se pode ver nas imagens da Figura 10.



Figura 10 – Instabilidade do muro de gabiões superior Norte, em 2009

A solução de reforço compreendeu a demolição total do muro de gabiões superior Norte e a sua substituição por um maciço de enrocamento, assente sobre uma laje em betão armado com uma fundação profunda, constituída por um conjunto de microestacas. Executaram-se, também trabalhos de beneficiação e de reforço da rede de drenagem superficial e profunda e ainda o revestimento vegetal do talude, de acordo com as Figuras 11 e 12.

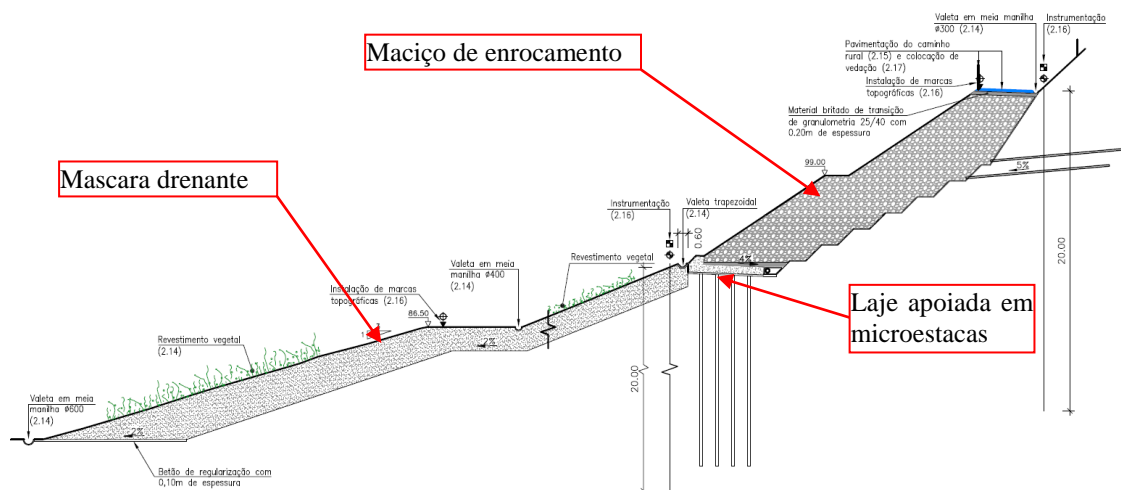


Figura 11 – Maciço de enrocamento assente sobre laje, em betão armado fundada em microestacas.

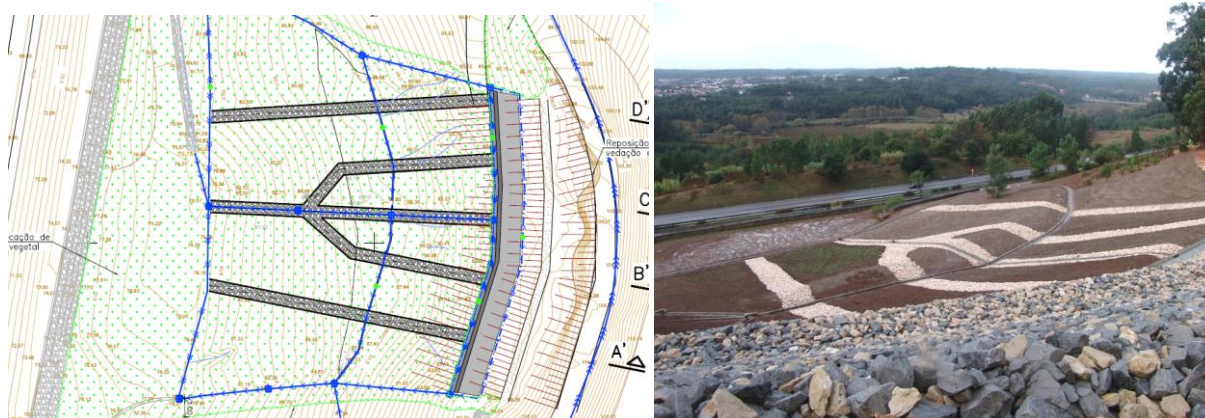


Figura 12 – Planta de reabilitação do sistema de drenagem superficial e interna do talude e foto após conclusão da empreitada, em janeiro de 2016.

2.4 A9 - CREL. Sublanço Bucelas/A9-A10. Taludes de Escavação. kms 25+900 e 26+575 N/S

Este caso de estudo localiza-se entre os km's 26+575 e 25+900 e apresenta um desenvolvimento total de cerca de 675 m. Os taludes de escavação apresentam alturas máximas de cerca de 30 m, no talude Norte e mínimas de 8 m no talude de transição Norte/Sul. Globalmente são constituídos por troços de inclinação acentuada (1:3-h:v) com desenvolvimento em altura de cerca de 9 m, existindo entre os mesmos banquetas de transição com 2 m a 3m de largura.

Na fase de construção da autoestrada, em 1994, aquando da execução das terraplenagens através das quais se procedeu à escavação da encosta, foi construída uma estrutura de contenção do talude que teve por base um projeto variante.

Tratava-se de uma estrutura constituída por uma grelha ortogonal de vigotas de betão armado pré-fabricadas (em betão B45, armadas com 5 varões de 5 mm de diâmetro), associada a uma malha de pregagens localizadas nos nós das vigotas, constituídas por varão de diâmetro 25 mm, com 6 m de comprimento.

Para proteção da cabeça das pregagens foram executados uns maciços com geometria paralelepipedica em betão simples. Nos espaços entre vigotas, designados por painéis, com $3 \times 2 \text{ m}^2$ de área, foi colocada uma rede galvanizada de dupla torção de 2,7mm diâmetro e um geotêxtil em polipropileno de coloração verde, subjacentemente à rede, o qual foi responsável pelo nome atribuído ao talude “janelas verdes”, como se pode observar na Figura 13.



Figura 13 – Vista geral da estrutura de contenção, em 1994 - grelha ortogonal de vigotas de betão armado

A degradação da estrutura de suporte foi-se agravando ao longo de cerca 10 a 12 anos, tendo-se observado a ocorrência de várias anomalias que potenciaram fenómenos de instabilidade do talude.

Foi nesta altura (2005/2006, Figura 14) que se desenvolveu o projeto de estabilização, tendo-se constatado que a solução adotada não funcionou em pleno.



Figura 14 – Aspeto da estrutura de contenção degradada, em 2006.

Os mecanismos de instabilidade observados, estiveram por um lado associados à geologia do local. A escavação insere-se em formações sedimentares cretácicas, constituídas pela alternância de camadas de natureza calcária e margosa, com espessuras variadas.

A ocorrência de camadas mais brandas (de natureza margosa) subjacentes a camadas mais resistentes (de natureza calcária), originou, por erosão superficial, a subescavação das camadas brandas, colocando em consola as camadas mais resistentes. A falta de suporte conjugada com a fracturação do maciço, conduziram à queda

e/ou desmoronamentos de blocos calcários, provocando a instabilização de níveis sobrejacentes, por falta de apoio.

Por outro lado, o geotêxtil de proteção utilizado nos painéis não se revelou eficaz, permitindo a atuação dos agentes de meteorização e as instabilizações observadas nas formações ocorrentes.

Este fenómeno de alteração do maciço, intensificou a degradação da estrutura reticulada formada pelas vigotas, tendo-se observado vários tipos de patologias que se mostram nas Figuras 14, 15, 16 e 17:

- Acumulação de material na rede de proteção que induziu um excesso de peso a suportar por este elemento (2ª imagem da Figura 15);
- Carga adicional nas vigotas provocando roturas na grelha e nos respetivos nós (1ª imagem da Figura 15);
- A grelha pré-fabricada não se encontra solidarizada ao talude, ao longo de diversos trechos (Figura 16);
- Ocorrência de enchimentos de alvenaria de tijolo executados em fase de construção para promover a ligação da estrutura reticulada à face dos taludes escavados (3ª imagem da Figura 15 e 2ª da Figura 17);
- Crescimento de vegetação no tardo dos painéis danificando o geotêxtil e a rede de proteção (3ª imagem da Figura 15);
- As vigas pré-esforçadas apresentam fissuras acentuadas e muitas delas encontram-se em estado de rotura (Figura 16);
- Falta de ortogonalidade entre os elementos das vigotas (imagens da Figura 16);
- Rotura de alguns nós (Figura 16);
- Banquetas com diminuição da largura devido à subescavação por queda de materiais (1ª imagem da Figura 16).

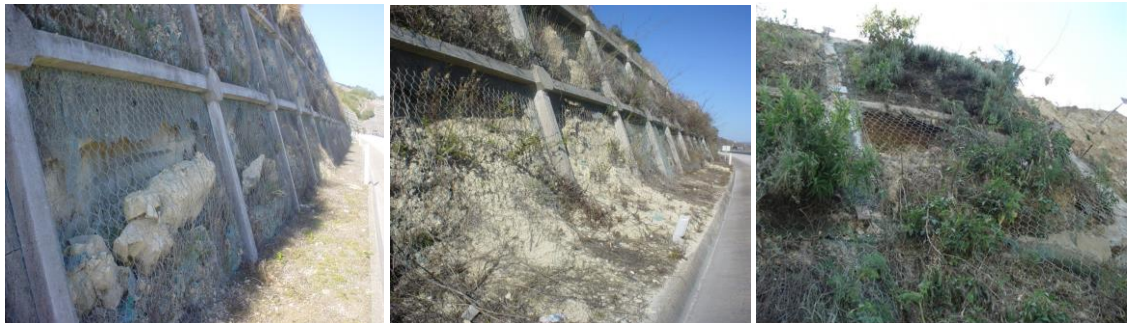


Figura 15 –Acumulação de material na rede de proteção e vegetação no tardo dos painéis (2007)



Figura 16 – Patologias da grelha ortogonal de vigotas e da banqueta danificada, em 2007/2008



Figura 17 – Patologias dos nós, afetando as cabeças das pregagens, e degradação do geotêxtil, 2007/2008

Neste caso e atendendo ao estado precário do sistema de grelha de vigotas, a solução de reabilitação e reforço para estes taludes previu a remoção das mesmas, antes da execução dos trabalhos.

A solução implementada em 2008, constou da aplicação de betão projetado, executado em três camadas de 3cm de espessura mínima e armado com 2 camadas de malhassol CQ38. O recurso à malhassol, com espaçamento de varões de 150mmx150mm, permitiu a solidarização das várias pregagens existentes.

O novo revestimento do talude tem garantido uma boa proteção das camadas alternadas de calcários e margas, minimizando os fenómenos de alteração, contra a erosão superficial.

Complementarmente foi executada a drenagem interna do maciço com geodrenos sub-horizontais de $\phi 80\text{mm}$, constituídos por tubos de PVC rígido canelado e crepinado, com comprimento de 8,0m, prevenindo a eventual geração de impulsos hidrostáticos.

Por fim realizaram-se também pregagens adicionais, com varões D32mm, L=6 a 12m e A500NR, bem como dos respetivos ensaios de receção.



Figura 18 – Aspeto das camadas de calcário e margas e da nova estrutura de contenção (2008).

3- CONCLUSÕES

Constatou-se que há grande variedade na tipologia de patologias, podendo surgir em diversas etapas da vida útil da obra de suporte e serem causadas por uma série de fatores. Cada caso deve ser avaliado de maneira criteriosa com o intuito de definir a melhor abordagem possível para solução do problema.

Os exemplos apresentados, através dos casos de estudo anteriores, revelam a grande importância do tema, mostrando que a manutenção inadequada ou a falta da mesma, bem como o período de vida útil da obra de

suporte, levam ao aparecimento de manifestações de patologias, causando um desempenho inadequado que compromete a durabilidade das estruturas e altos custos de reabilitação ou reforço e, em casos mais graves, risco de segurança da infraestrutura.

Também se concluiu que o acompanhamento das patologias em todas as fases da vida útil da obra de suporte é fundamental de modo a minimizar a sua evolução.

Considera-se que as ações preventivas nas estruturas de contenção permitem antever e evitar patologias porque quanto mais cedo forem detetadas, menores serão os custos da sua reparação, sendo que, a monitorização destas obras, é fundamental para o efeito.

4- REFERÊNCIAS

1. LCW Consult, S.A., (Junho 2016) – *A1 – AUTO-ESTRADA DO NORTE, SUBLANÇO SÃO JOÃO DA TALHA / STA IRIA DA AZÓIA, ESTABILIZAÇÃO DO TALUDE DE ESCAVAÇÃO, AO KM 7+200 (SENTIDO N-S)*, Lisboa 2016;
2. LCW Consult, S.A., (Junho 2016) – *A1 – AUTO-ESTRADA DO NORTE, SUBLANÇO SÃO JOÃO DA TALHA / STA IRIA DA AZÓIA, ESTABILIZAÇÃO DO TALUDE DE ESCAVAÇÃO, AO KM 12+250 (SENTIDO S-N)*, Lisboa 2016;
3. Elsamex Portugal-Engenharia e Sistemas de Gestão S.A., (Dezembro 2010) – *A1 - AUTO-ESTRADA DO NORTE, SUBLANÇO COIMBRA (SUL)/ COIMBRA (NORTE), ESTABILIZAÇÃO DO TALUDE DE ESCAVAÇÃO SITUADO ENTRE O KM 196+450 E O KM 196+650*, Lisboa 2010;
4. COBA - Consultores de Engenharia e Ambiente, SA., (Fevereiro 2007) – *A9-CREL. CIRCULAR REGIONAL EXTERIOR DE LISBOA. SUBLANÇO BUCELAS (ZAMBUJAL)/A9-A10, ESTABILIZAÇÃO DOS TALUDES DE ESCAVAÇÃO, ENTRE OS KM'S 25+750 E 26+500 (N/S)*, Lisboa 2007;