

# ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO, SUA MONITORIZAÇÃO, INSPEÇÃO E INTERVENÇÃO NA REDE DA BRISA

Isabel Gonzalez<sup>1</sup>, Joana Martins<sup>2</sup>, Miguel Quintela Cruz<sup>3</sup>

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

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

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

---

## Sumário

*No âmbito da monitorização e inspeção visual que tem vindo a ser realizada pela Brisa Gestão de Infraestruturas (BGI) para os ativos geotécnicos, está a ser implementado um Sistema de Gestão de Ativos (SGA) da rede concessionada. Os ativos geotécnicos englobados neste sistema são tanto os taludes de aterro como de escavação que podem estar ou não revestidos ou contidos por estruturas de contenção. Na sequência desta monitorização, concluiu-se que dois taludes de aterro necessitavam de intervenção, sendo estes localizados na A1 (km 128+650 N/S) e na A2 (km 218+700 S/N), os quais serão apresentados como exemplo de aplicação do SGA.*

---

**Palavras-chave:** Ativos geotécnicos; Talude; Monitorização; Inspeção; Instrumentação

## 1 INTRODUÇÃO

A rede de autoestradas de que a *Brisa Concessão Rodoviária* (BCR) é concessionária tem cerca de 1.100 km de extensão e é constituída por diversos ativos geotécnicos taludes de aterro e de escavação que se encontram, quando necessário, contidos por diferentes tipos de estruturas, entre estas, as estruturas ancoradas. Os taludes são ativos complexos incluídos na classe da geotecnia, compostos por vários elementos, tais como os panos, banquetas, drenagem superficial e interna, estruturas de contenção e seus componentes, entre outros.

Estes ativos geotécnicos são acompanhados e geridos pela BGI no âmbito da monitorização e inspeção visual que atualmente está a ser enquadrada num Sistema de Gestão de Ativos (SGA) da rede concessionada.

Na sequência desta monitorização e inspeção visual, foram selecionados dois casos de estudo, taludes de aterro, que instabilizaram, necessitando de intervenções: um localizado na A1 (km 128+650 N/S) e outro na A2 (km 218+700 S/N). Estes serão apresentados para descrever o processo utilizado na gestão de ativos geotécnicos da rede Brisa.

## **2 GESTÃO DE ATIVOS GEOTÉCNICOS**

No âmbito da implementação do SGA da BCR, está a ser elaborado um inventário de todos os taludes das autoestradas que consiste no registo de uma forma sistemática e organizada das características destes, com o objetivo de servir de base à gestão do seu ciclo de vida.

A realização deste inventário permitirá a criação de uma base de dados onde figure de forma inequívoca, e individual para cada ativo, a localização, identificação, descrição dimensional e funcional, enquadramento da zona em termos geológico, geotécnico, sísmico e hidrológico. Essa base de dados permitirá o acesso expedito à informação nela constante e à condução de procedimentos de gestão de manutenção e conservação.

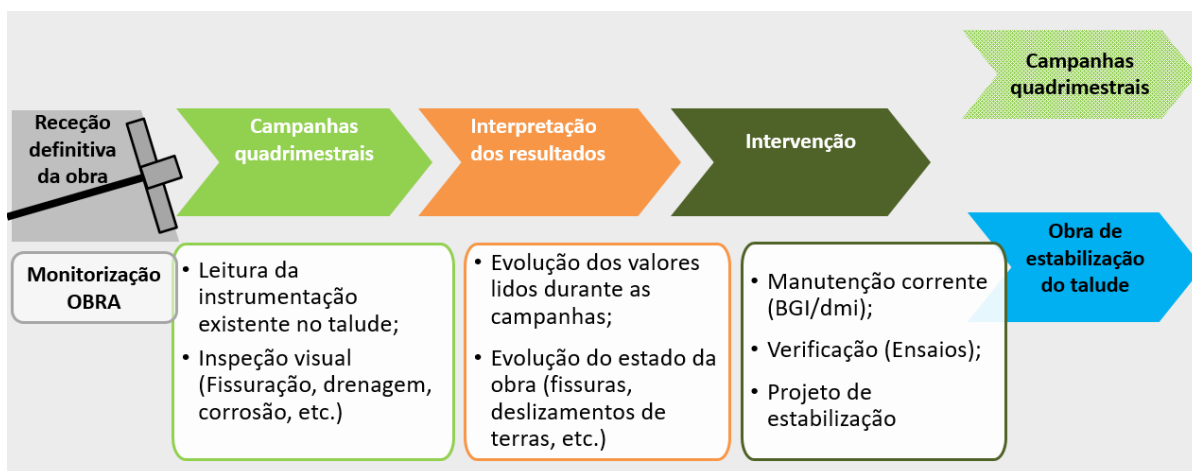
Uma vez que a base de dados será o suporte a todas as atividades de gestão e de conservação do ativo essa deverá ser atualizada de forma contínua mediante trabalhos de monitorização/inspeção ou, sendo o caso, de manutenção e de reparação.

Quando um talude se enquadra num contexto geológico complexo, contém uma geometria agressiva ou quando está sujeito a ações que provocam a sua instabilização, este pode apresentar ao longo da sua vida útil, movimentos superiores aos expectáveis. Desta forma, e com o objetivo de monitorizar esses movimentos, instalam-se vários tipos de instrumentação, entre eles células de carga de ancoragem (caso se trate de uma estrutura de contenção ancorada), inclinómetros, piezómetros, alvos e marcas topográficas, etc.

O ciclo de gestão de ativos geotécnicos (taludes com ou sem estrutura de contenção), tem início com a inspeção visual (fissuras, drenagem, corrosão, etc.) e instrumentação destes ativos. Após a instalação da instrumentação, procede-se à monitorização do talude ou estrutura de contenção, através da realização de campanhas de leitura dos referidos equipamentos, na periodicidade definida. Na fase seguinte, é realizada a análise e interpretação dos resultados obtidos e a sua evolução ao longo do tempo. Em função da taxa dos movimentos medidos nos inclinómetros e da variação do pré-esforço nas ancoragens e com base em critérios de alerta e alarme, geralmente estipulados na fase de projeto, e em função da evolução do estado da obra obtida através da inspeção visual, determina-se a criticidade dos ativos.

Na metodologia a seguir, tendo em conta a gravidade das anomalias, hierarquizam-se os ativos por prioridade de intervenção quer por elemento (por exemplo, as ancoragens, reforço da drenagem interna, etc.), quer por estabilidade global (reforço do talude ou da estrutura de contenção). No primeiro caso, procede-se à execução de manutenção corrente do ativo, podendo englobar a realização de ensaios de verificação de tração de ancoragens instrumentadas, no caso de se tratarem de estruturas de contenção ancoradas. No caso de se tratar de uma instabilidade global do talude, será necessário proceder a uma intervenção, que terá por base a elaboração de um projeto de estabilização. No final das intervenções de estabilização, volta a iniciar-se um novo ciclo de gestão do ativo.

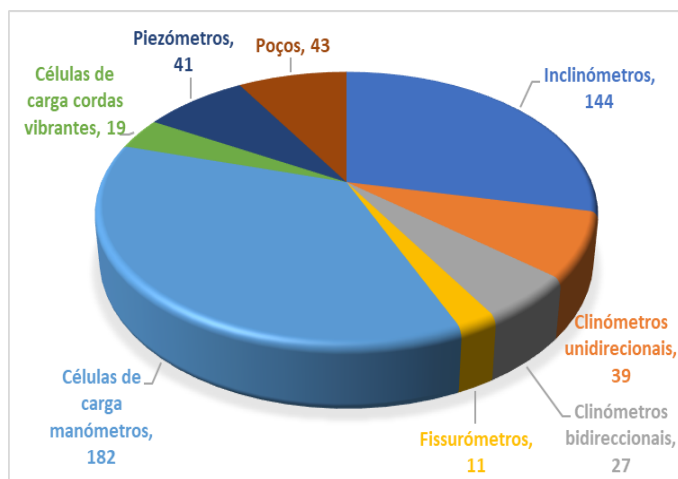
Na Figura 1, apresenta-se um esquema que sintetiza as três etapas principais envolvidas no processo da gestão do ativo geotécnico.



**Figura 1 - Esquema das várias etapas da gestão do ativo geotécnico**

Na rede BCR existem, atualmente 45 ativos geotécnicos instrumentados, englobando 22 taludes de aterro, dos quais 17 encontram-se reforçados com estruturas de contenção e 23 taludes de escavação, em que 18 estão contidos com obras de contenção. A programação de observação de cada ativo é determinada anualmente, sendo na maior parte dos casos, quadrimestral, traduzindo-se em 135 campanhas anuais.

A quantidade total dos diferentes tipos de equipamentos de instrumentação instalados nos ativos da rede BCR, apresenta-se na Figura 2.



**Figura 2 - Quantidades dos diferentes tipos de equipamentos de instrumentação existentes na rede BCR**

### 3 EXEMPLOS DE GESTÃO DE ATIVOS GEOTÉCNICOS

Os taludes localizados na A1 ao km 128+650 (N/S) e na A2 ao km 218+700 (S/N), selecionados como exemplo da gestão realizada pela Brisa, são taludes de aterro que foram intervencionados recorrendo a estruturas de contenção ancoradas.

#### 3.1 Talude de aterro na A1 ao km 128+650 N/S

Este talude localiza-se próximo da aldeia de Opeia, entre o km 128+450 e o km 128+700, no sublanço Fátima/Leiria da A1, num aterro que se desenvolve a meia encosta sendo que no lado de jusante, no sentido N/S, atinge mais de 20 m de altura, onde desde a fase da construção do sublanço (1991), detetaram-se sinais de instabilidade.

Na sequência do aparecimento de fissuras longitudinais no pavimento e da observação de assentamentos acumulados significativos na plataforma, em 2007, instalaram-se 4 inclinómetros e 2 piezómetros para acompanhamento da evolução do comportamento do talude de aterro.

Durante um período de observação de cerca de 9 anos, realizaram-se campanhas quadrimestrais que demonstraram uma taxa de deslocamentos subhorizontais perpendiculares (nos inclinómetros) significativa.

Face ao comportamento deste ativo, procedeu-se ao desenvolvimento de um Projeto de Execução, para estabilização do talude que se apresenta na Figura 3, tendo-se iniciado a obra em outubro de 2016 e concluído em abril de 2017. Durante a empreitada, mantiveram-se as campanhas de monitorização tendo-se verificado o abrandamento dos deslocamentos até à data (2017).

A intervenção constou da execução de uma cortina de estacas ancorada, na parte superior do talude e na construção de um aterro de encosto, endentado ao existente, em materiais granulares britados que serviu de plataforma de trabalho (Figura 3). Esta cortina é composta por 28 ancoragens, 4 das quais instrumentadas. A solução preconizada permitiu, durante a construção, manter a disponibilidade das duas vias de circulação da autoestrada, existentes neste trecho.

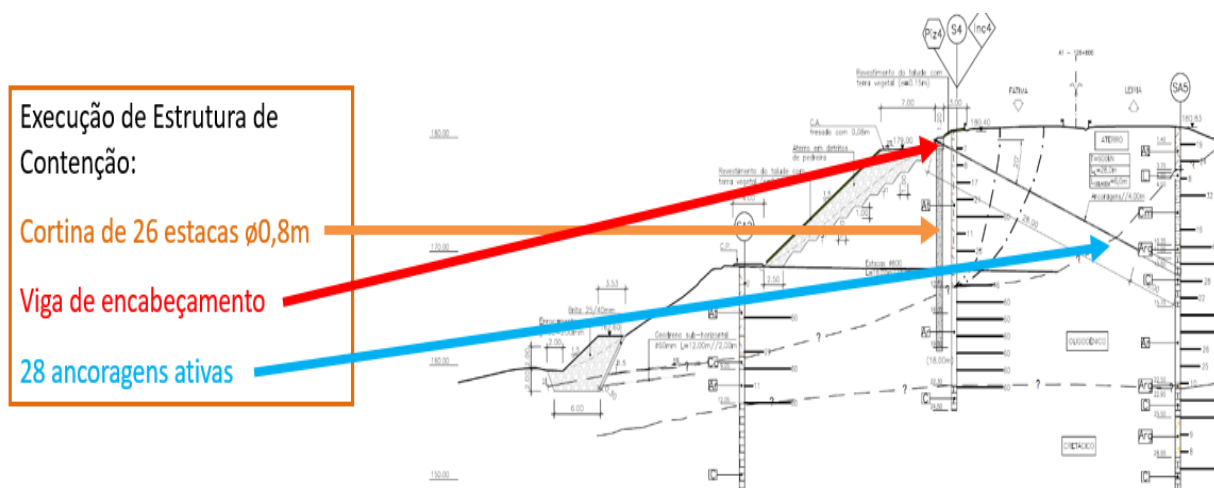


Figura 3 - Esquema representativo da solução preconizada



**Figura 4 - Talude de aterro na A1 ao km 128+650 N/S**

Após a intervenção, a instrumentação de monitorização do talude foi reforçada com a instalação de 4 células de ancoragem, 5 inclinómetros, 2 piezómetros e 25 marcas topográficas.

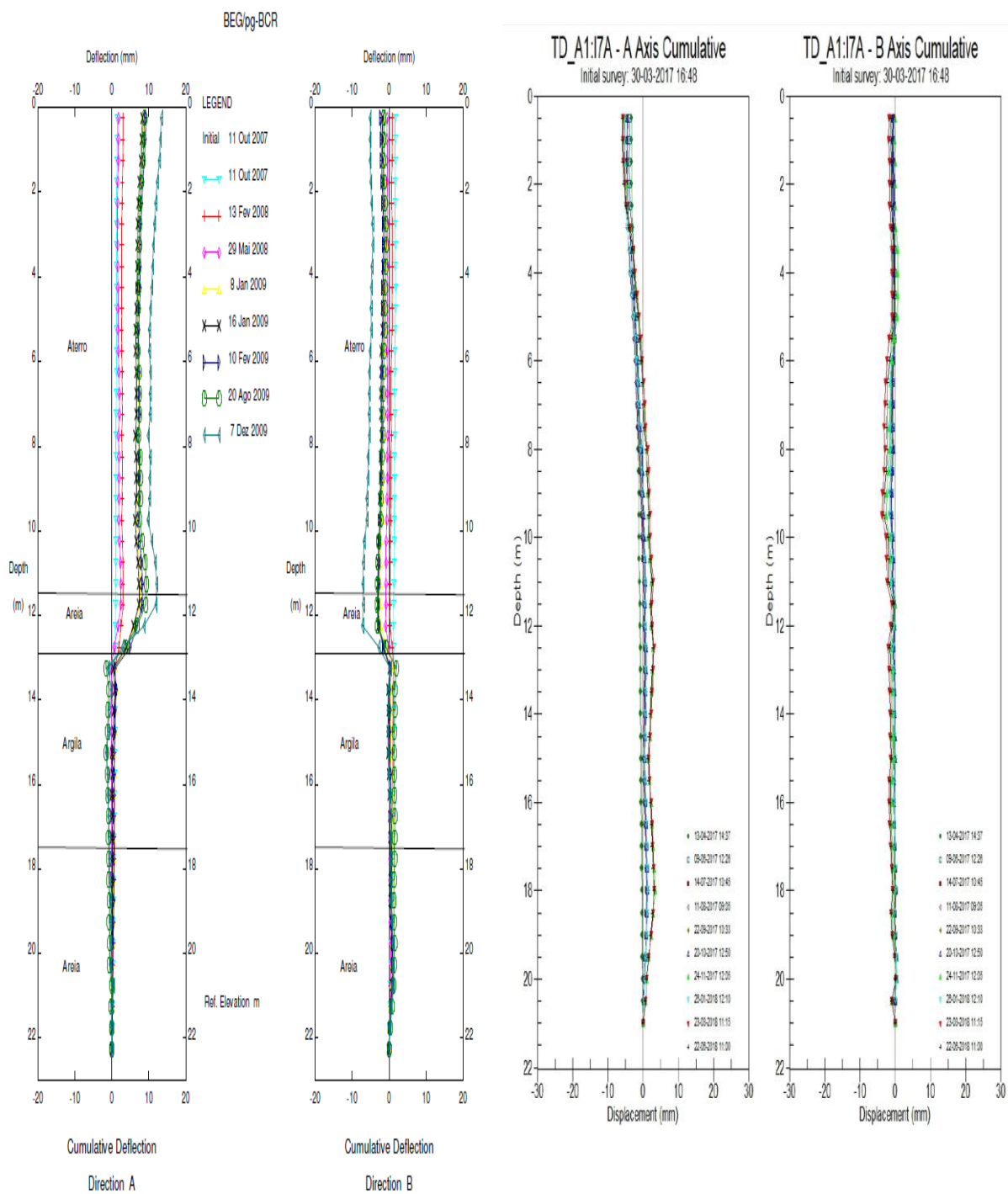
A monitorização teve continuidade durante as fases de execução da obra de estabilização do aterro.

Após a conclusão da empreitada de estabilização do talude, retomou-se a primeira etapa do processo do ciclo de gestão de ativos. Os resultados das campanhas efetuadas até à data, não têm demonstrado deslocamentos subhorizontais relevantes nos inclinómetros, nem perdas de carga nas ancoragens instrumentadas, concluindo-se que o talude está estável.

Como exemplo da evolução do comportamento da estabilidade do aterro, mostram-se na Figura 5, os resultados gráficos das leituras do inclinómetro 3 (imagem da esquerda), instalado antes da intervenção (antigo) que foi substituído pelo 7A (imagem da direita).

Como se pode ver no gráfico, os deslocamentos subhorizontais observados, antes da intervenção, atingiram valores máximos na ordem dos 15 mm, à profundidade da fundação do aterro, no sentido da maior inclinação do talude.

No gráfico do inclinómetro 7A, é possível confirmar a estabilidade do aterro após a intervenção de estabilização efetuada, dada a inexistência de movimentos.



**Figura 5 - Deslocamentos acumulados nas direções A e B, nos Inclínômetros 3 e 7A antes e depois da intervenção, respetivamente**

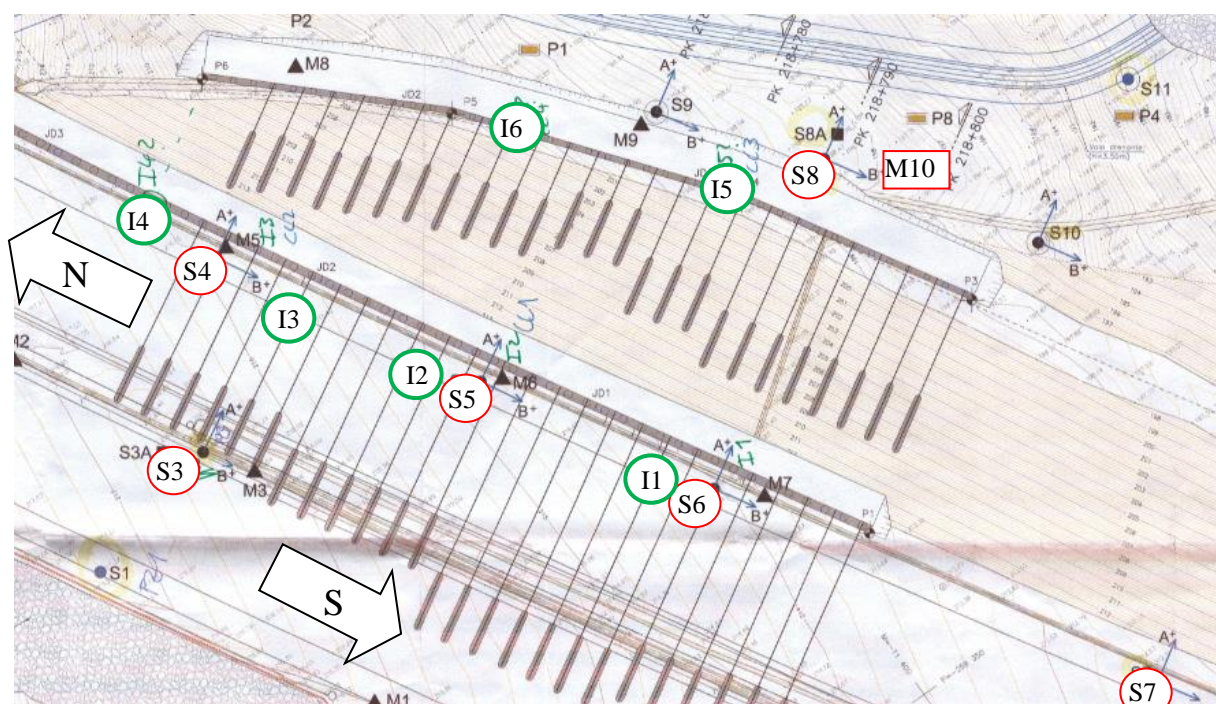


### 3.2 Talude de aterro na A2 ao km 218+700 S/N

Este talude localiza-se na A2, no sublanço Almodôvar/São Bartolomeu de Messines, entre os km's 218+700 e 218+800 e desenvolve-se numa zona de transição de escavação (40m de altura) para aterro (27 m de altura).

Embora não se tenham detetados problemas de estabilidade na altura da construção deste sublanço da A2, em 2002, passados 5 anos, em 2007, verificaram-se fenómenos de instabilidade, tais como o abatimento do pavimento; abertura de fendas longitudinais e transversais, escorregamentos localizados e desalinhamento das guardas de segurança.

Na sequência desta observação, no final de 2010, após a adjudicação dos estudos, foram instalados 8 (S1 a S8) inclinómetros, 3 piezómetros e várias marcas topográficas para permitir identificar a superfície de deslizamento do talude de aterro, localizados na crista e na base do talude, de acordo com a Figura 6.



**Figura 6 - Localização dos inclinómetros instalados antes da obra (a vermelho), depois da obra (a verde) e da marca M10 no talude de aterro da A2, ao km 218+750, sentido S/N**

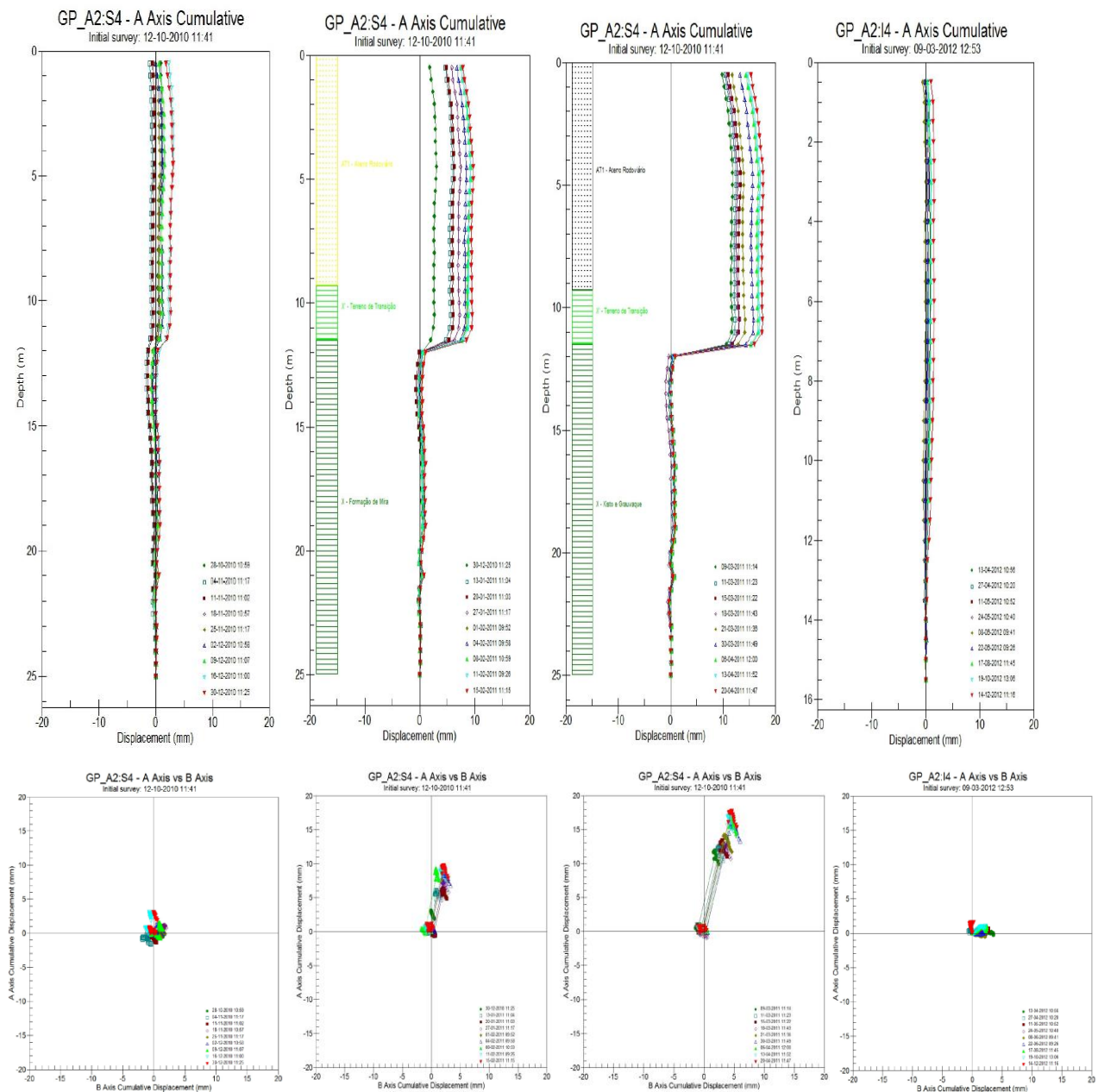
Durante a fase de diagnóstico da situação, no âmbito dos estudos que estavam a ser desenvolvidos pela COBA, o projetista preconizou uma frequência de leituras dos inclinómetros apertada, cerca de duas vezes por semana, o que permitiu quantificar a taxa dos deslocamentos subhorizontais, bem como a sua profundidade.

Para mostrar a evolução dos movimentos medidos nos inclinómetros, escolheu-se o inclinómetro S4, como exemplo, representado nos gráficos da Figura 7, na qual é possível observar a superfície de rotura à profundidade de cerca de 12 m, nos três primeiros gráficos da figura. O primeiro gráfico da Figura 7, representa deslocamentos acumulados na direção A, desde 28 de outubro de 2010 a 30 de dezembro de 2010, o segundo gráfico representa o período de leituras entre 30 de dezembro de 2010 e 15 de fevereiro de 2011 e o terceiro gráfico, entre 9 de março e 20 de abril de 2011.

Estes gráficos mostram a evolução dos movimentos a uma taxa cerca de 3mm/mês desde 12 de outubro de 2010 (zeragem) a 20 de abril de 2011. Neste período, o deslocamento máximo acumulado observado foi de cerca de 15 mm.

A zona de distorção observada nas leituras inclinométricas, correspondem a uma zona de transição da base do aterro para o maciço de natureza xisto-grauvática da Formação de Mira.

Esta camada de transição, onde o aterro está assente, poderá evidenciar a existência ou de uma falha tectónica, uma vez que se tratava de material esmagado e com resistências baixas identificado nas sondagens realizadas, ou do eventual deficiente saneamento de materiais de origem de depósitos de vertente na altura da construção.



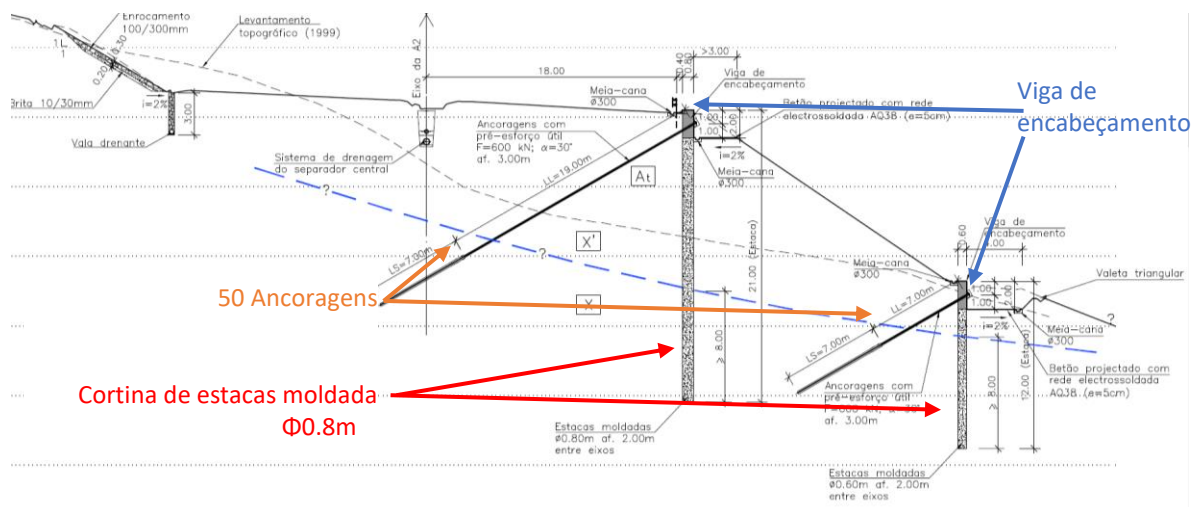
**Figura 7 - Deslocamentos nos inclinómetros S4 (antes da intervenção) e I4 (após intervenção)**



Após este período de observação, cerca de 6 meses, concluiu-se o projeto de estabilização do talude e a empreitada teve início, em julho de 2011.

Depois de se ter concluído que a superfície de ruptura se situava abaixo do aterro e tendo em conta os condicionalismos de manter as três vias da autoestrada em funcionamento, projetou-se uma solução que permitiu não ocupar a plataforma rodoviária, cortando apenas a berma direita.

A solução de estabilização deste talude, apresentada na Figura 8, consistiu na execução de duas cortinas de estacas localizadas no topo e na base do aterro, cada uma delas encimada por uma viga de encabeçamento monoancorada, com um total de 50 ancoragens, das quais 4 foram instrumentadas.



**Figura 8 - Corte transversal da solução de estabilização adotada no talude da A2**

As campanhas de monitorização do talude tiveram continuidade mesmo após a construção das estruturas de contenção, tendo-se observado no inclinómetro I4 (4ª imagem da figura 7 que mostra leituras desde 13 de abril de 2012 até 14 de dezembro de 2012), instalado na fase de obra, próximo do S4, o abrandamento da taxa de evolução dos deslocamentos subhorizontais.

Durante a empreitada reforçou-se a monitorização do talude com inclinómetros, piezómetros e alvos topográficos, uma vez que a maioria dos previamente instalados foram desativados.

Na figura 9, mostra-se uma fotografia do aspeto final da obra de estabilização do aterro que permitiu reduzir os deslocamentos gradualmente durante a fase de construção das estruturas contenção do talude, conforme é possível observar tanto nos inclinómetros, como nos alvos topográficos instalados durante a fase de obra.



**Figura 9 - Vista geral da obra de estabilização executada (11/07/2012)**

Após a conclusão da empreitada de estabilização do talude, retomou-se a primeira etapa do processo do ciclo de gestão de ativos. Os resultados das campanhas efetuadas até à data, não têm demonstrado deslocamentos subhorizontais relevantes nos inclinómetros, nem perdas de carga nas ancoragens instrumentadas, concluindo-se que o talude está estável.

## 4 CONCLUSÕES

A gestão de ativos geotécnicos permite acompanhar o desempenho dos taludes de escavação ou de aterro, contidos ou não por obras de contenção, durante a sua vida útil, através da monitorização e inspeções periódicas.

O ciclo da gestão de ativos pode abranger as fases de projeto, de construção e de exploração. Este ciclo pode acabar, ou não, com intervenções de conservação ou manutenção do ativo e recomeçar após a implementação da solução de estabilização.

É essencial que a gestão de ativos geotécnicos inclua um plano bem definido de monitorização e inspeção periódica para prever eventuais danos irreversíveis e para se agir de forma antecipada e preventiva.

No que respeita aos taludes é com base na aplicação deste plano estratégico de gestão de ativos que a Brisa garante a disponibilidade e segurança da infraestrutura de transportes.

## 5 REFERÊNCIAS

1. Elsamex Portugal-Engenharia e Sistemas de Gestão S.A., (Maio 2016) – *ESTABILIZAÇÃO DO TALUDE DE ATERRO, AO KM 128+650 (SENTIDO N/S), NO SUBLANÇO FÁTIMA/LEIRIA, DA A1-AUTO-ESTRADA DO NORTE*, Lisboa 2016;
2. COBA - Consultores de Engenharia e Ambiente, SA., (Fevereiro 2011) – *A2 – AUTO-ESTRADA DO SUL, SUBLANÇO ALMODÔVAR / SÃO BARTOLOMEU DE MESSINES, ESTABILIZAÇÃO DOS TALUDES DE ATERRO SITUADOS ENTRE OS KM'S 218+700 E 218+800, (SENTIDOS S/N E N/S)*, Lisboa 2011;