

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



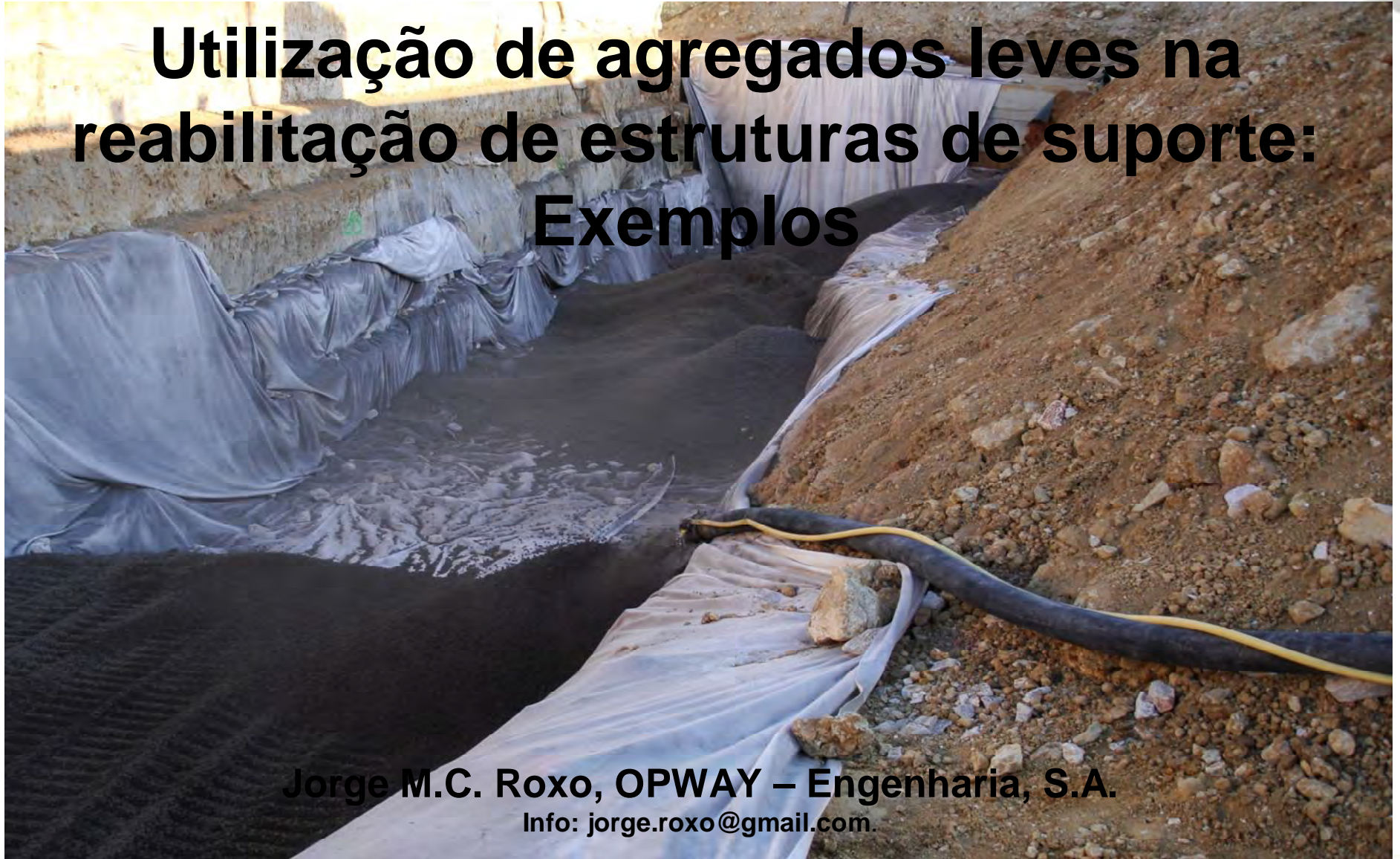
Patrocínio:



Apoios:



## Utilização de agregados leves na reabilitação de estruturas de suporte: Exemplos



Jorge M.C. Roxo, OPWAY – Engenharia, S.A.  
Info: [jorge.roxo@gmail.com](mailto:jorge.roxo@gmail.com)

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



## Exemplo 1 – Caso de obra

Patrocínio:



→ Idealizou a concepção

→ Executou a obra

Apoios:



→ Desenvolveu o Projecto



→ Assessoria Técnica

→ Forneceu a Leca

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



## Exemplo 2 – Projecto

Patrocínio:



→ Idealizou a concepção

→ Desenvolveu o Projecto de Execução

Apoios:



Organização:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



## Exemplo1:Muro M1, IC9 Nó de Carregueiros / Tomar

Patrocínio:



### Introdução

Apoios:



- O muro M1, sito no IC9 no sublanço Nó de Carregueiros / Tomar, entre o km 0+588 e 0+654, desenvolve-se num trecho em aterro ao longo de um vale e exibiu um comportamento deficiente;
- O muro em análise foi construído em gabiões e tem uma altura variável de 4,00 a 10,00m. O paramento exterior foi construído com inclinação de 6° com a vertical. No tardo do muro foi colocado uma manta de geotêxtil;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



Organização:



Patrocínio:



- O muro evidenciou durante o mês de Fevereiro de 2009 deformações acentuadas, tendo-se registado deslocamentos diários de aproximadamente 10mm;

Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Condições Geológicas e Geotécnicas

- Terrenos datados do Jurássico (J1), aqui representados por um complexo de argilas, margas e calcários;
- Estas formações encontram-se capeadas parcialmente e localmente por depósitos argilosos e siltosos de natureza coluvionar, que chegam a atingir espessuras da ordem dos 2,00m;
- Existência no local de uma linha de água;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Principais Patologias / Indícios de Instabilização

- Existência de várias fendas de tracção, quer no aterro, quer no pavimento betuminoso;
- Dois dos postes de iluminação estavam inclinados no sentido do paramento exterior do muro;
- A viga em betão armado, de encosto aos New Jerseys, partida;
- O muro que deveria estar inclinado de  $6^\circ$  com a vertical, já só inclinava  $4^\circ$ ;
- Existiam deformações visíveis nas gaiolas do muro, sensivelmente a um terço da altura deste;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Trabalhos de Prospecção Geotécnica e Ensaios

- 4 poços de prospecção mecânica;
- 2 sondagens mecânicas;
- 2 ensaios de carga em placa, à cota da fundação do muro;
- 4 ensaios laboratoriais de identificação;
- 4 ensaios de consolidação;
- 2 ensaios de corte triaxial.



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Solução de Reabilitação

- Foram equacionadas diversas soluções de estabilização / reabilitação, tendo-se ponderado factores como o **custo** da intervenção, o **prazo de execução**, o **impacto social** e a urgência existente para a **abertura ao trânsito** da plataforma rodoviária, uma vez que todo o sublanço já se encontrava construído;
- Para cada uma das soluções potenciais foi elaborada uma análise qualitativa de risco;
- Definiram-se e priorizaram-se os principais riscos, de onde se destacam a **perda de imagem** e de **reputação**, a **eficácia** da solução, o **prazo de execução**, etc...

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Solução de Reabilitação

- Do estudo realizado resultaram as decisões de **não demolição** do muro M1 e a adopção da solução mais rápida de executar;
- Como se manteve o muro o gabiões construído, houve necessidade de garantir a **redução do impulso de terras** actuates no tardo do mesmo e **diminuir a tensão** actuante ao nível da fundação, de modo a minimizar os assentamentos diferidos no tempo devido à consolidação dos depósitos aluvio-coluvionares;
- Desta forma, foi preconizada a substituição do aterro por Geo Leca®;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



- A Geo Leca® é um agregado com dimensões aproximadamente entre 10 e 20 mm;
- No estado solto e com o teor de humidade de fábrica, pesa menos de 3kN/m<sup>3</sup> (Em geral, este material possui um peso volúmico entre os 3,20 kN/m<sup>3</sup> e os 4,30 kN/m<sup>3</sup>, dependendo do teor em água dos grânulos de argila);
- Com um peso volúmico de cerca de 25% do correspondente a um solo, um ângulo de atrito elevado e não havendo possibilidade de se instalarem pressões hidrostáticas (por se tratar de um material drenante), é fácil concluir que o impulso será muito menor do que aquele que seria provocado por solos ou inertes correntes;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

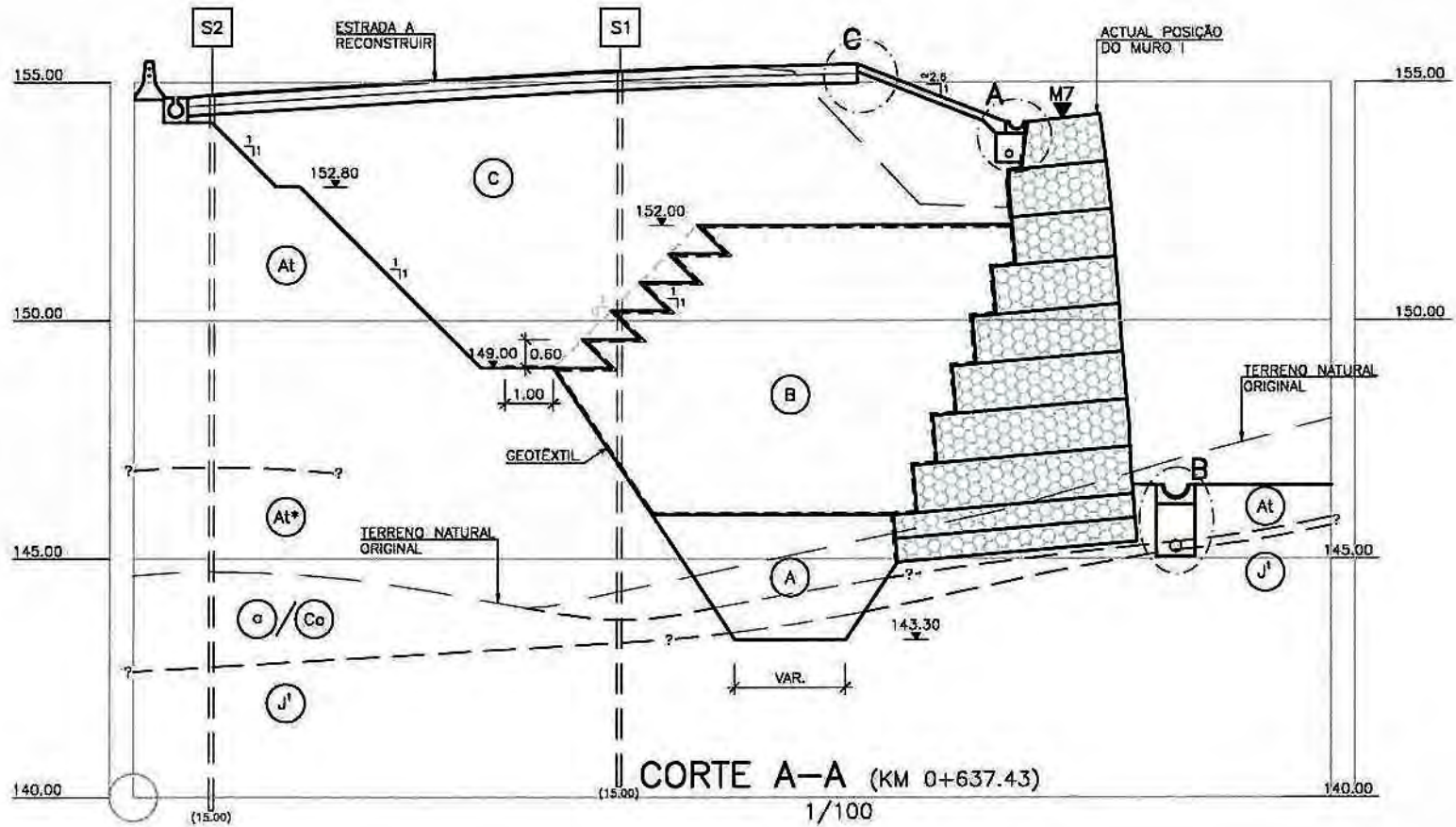
Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Material A

- **Aterro com detritos de pedra** de maior dimensão, a realizar até ao topo do primeiro gabião, com  $2\text{mm} < D_{10} < 4\text{mm}$ ,  $14\text{mm} < D_{50} < 25\text{mm}$  e  $50\text{mm} < D_{90} < 90\text{mm}$ ;

## Material B

- **Aterro com agregado leve** de argila expandida (tipo Geo Leca®) a executar com camadas de espessura máxima de 0.60m e compactada com equipamento de lagartas utilizado no seu espalhamento;

## Material C

- **Solos granulares grosseiros** ou detritos de pedra com  $0.6\text{mm} < D_{10} < 2\text{mm}$ ,  $7\text{mm} < D_{50} < 14\text{mm}$  e  $30\text{mm} < D_{90} < 60\text{mm}$ , colocados em camadas de espessura máxima de 0.30m com grau de compactação de 96% e um teor em água entre WO<sub>PT</sub> e WO<sub>PT</sub>-2 por forma a garantir um ângulo de atrito mínimo de 35°.

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Solução de Reabilitação

- No topo do muro foi prevista a colocação de uma **geomembrana** para garantir a intersecção de toda a água existente e canalizá-la através de um sistema de drenagem e assim garantir que não se possa infiltrar na zona do alinhamento do muro;
- Na zona superior do muro, e para captação das águas de escorrência superficiais, foi ainda definida uma **valeta** em meias manilhas de betão  $\varnothing 300$ ;
- Na zona inferior do muro, e dada a presença de uma linha de água que confronta com o alinhamento do muro, definiu-se um **sistema de drenagem** que permita a captação destas águas, retirando-as, assim, da zona da fundação do muro.

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



Organização:



## Monitorização

Patrocínio:



Apoios:

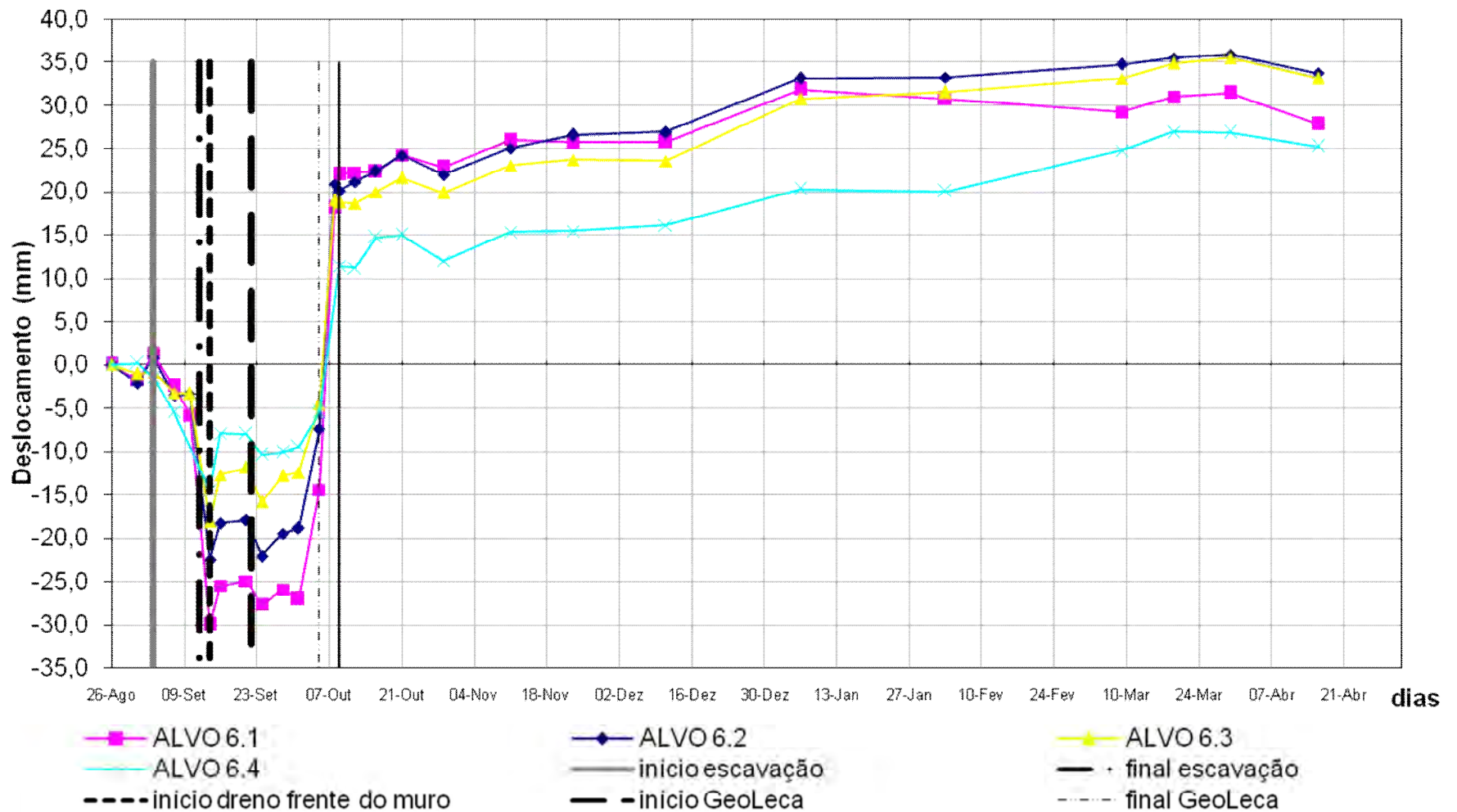


- Tendo em vista a observação e o controlo do comportamento da estrutura de suporte, instalaram-se as **marcas topográficas** de superfície / alvos ópticos, para observação dos deslocamentos horizontais e verticais da estrutura e do terreno suportado;
- Todas as marcas foram lidas durante a construção do aterro entre Setembro e Outubro, tendo-se mantido a observação após a conclusão do mesmo e durante um ano, com uma frequência média de **leitura mensal**;
- Actualmente as leituras já são **semestrais**.

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

## Deslocamento Perpendicular ao Muro - ALVO 6



Organização:



Patrocínio:



Apoios:



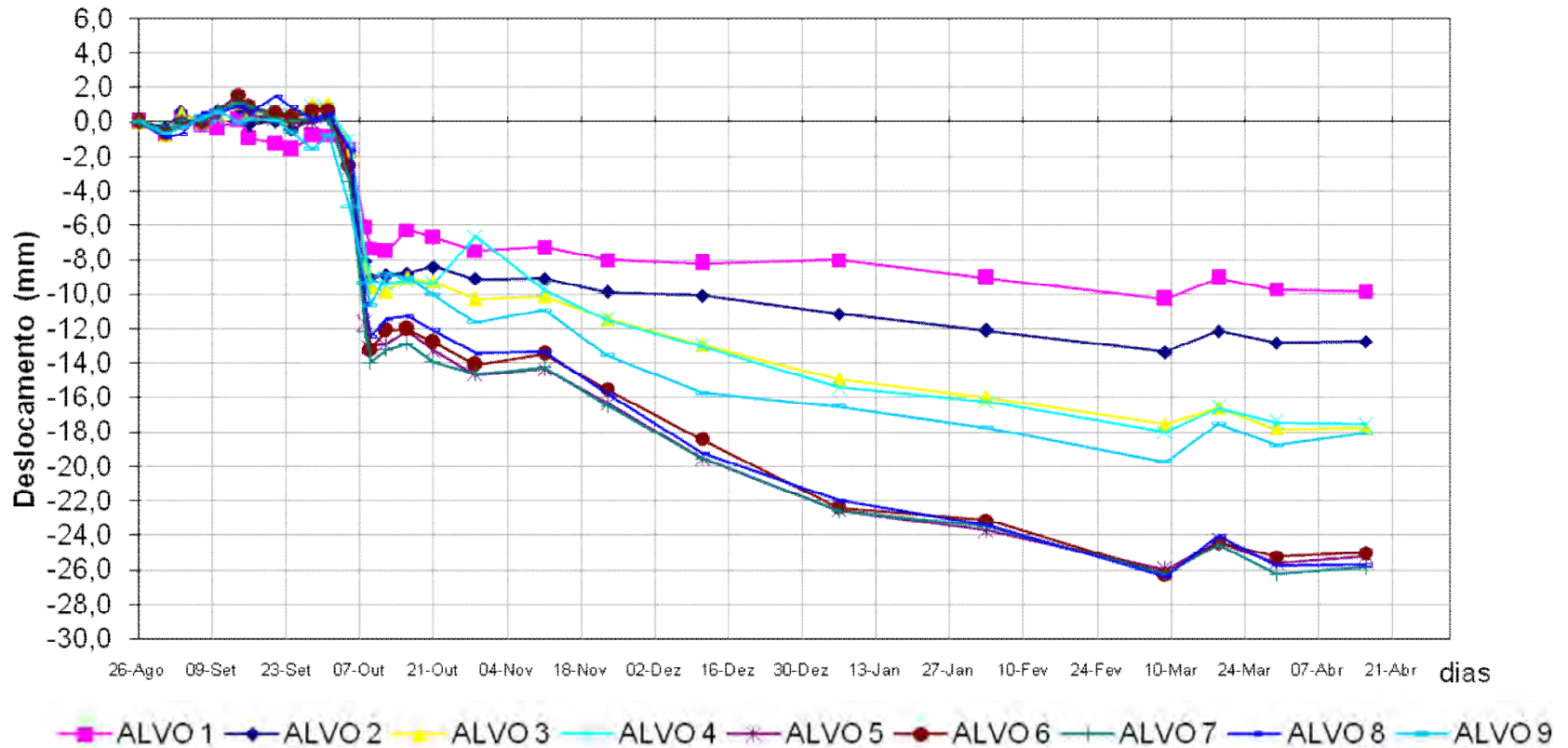
# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



## Deslocamentos em Z's



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Exemplo2: Muro de suporte de aterro

### Introdução

- Muro em betão armado com paramento visível com cerca de 8,00m e altura (arredores de Lisboa);
- O muro suporta uma plataforma de aterro onde estão instalados diversos armazéns;
- Ocorreram deslocamentos súbitos que conduziram à remoção urgente de terras no tardo e instalação de alvos topográficos;
- Existem instalações fabris a jusante do muro;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



Organização:



Patrocínio:



- Plataforma de aterro areno-argiloso com cerca de 9,00m de espessura;

- Aluviões argilo-siltosas;

Apoios:



- Substrato margoso datado do Miocénico;



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Principais Patologias / Indícios de Instabilização

- Deformação acentuada do paramento do muro;
- Deslocamento horizontal no topo chegou a 80 cm;
- Fissuras diversas no pavimento betuminoso;
- Rotura dos homens-morto;
- Muro de remate em gabiões com fiadas instabilizadas;
- Colapso do murete de vedação existente a jusante;
- Situação de colapso eminente;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

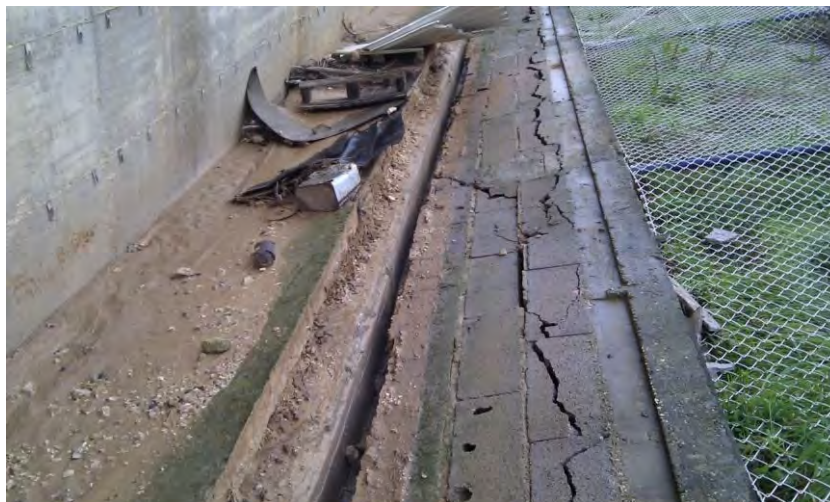
Organização:



Patrocínio:



Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Trabalhos de Prospeção Geotécnica e Ensaios

- Sondagens mecânicas;
- Ensaios SPT;
- Ensaios laboratoriais de identificação;
- Instalação de piezómetros;



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Solução de Reabilitação

- Inicialmente o Dono de Obra não pretendia demolir o muro e solicitou o desenvolvimento de uma solução de reabilitação que fosse fácil e rápida de executar;
- Foram equacionadas algumas soluções, de onde resultaram duas opções finais mais indicadas;
- Seleccionou-se a opção de maior facilidade de execução e de menor risco, que compreendeu o desaterro parcial da plataforma, a construção de contrafortes ancorados e o aterro com geoleca;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

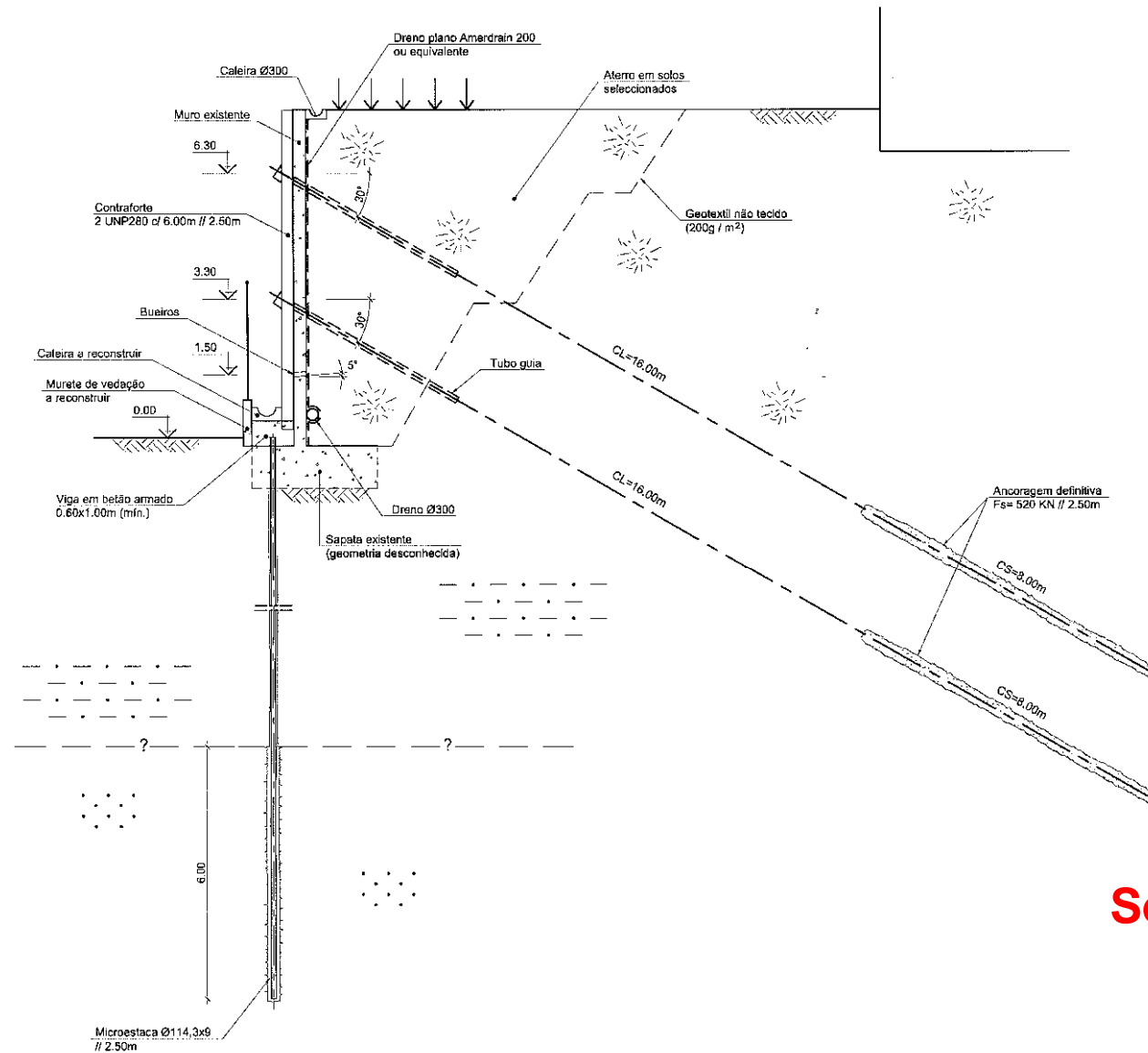
Organização:



Patrocínio:



Apoios:



CORTE TIPO  
ESC. 1:100

**Solução A**

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

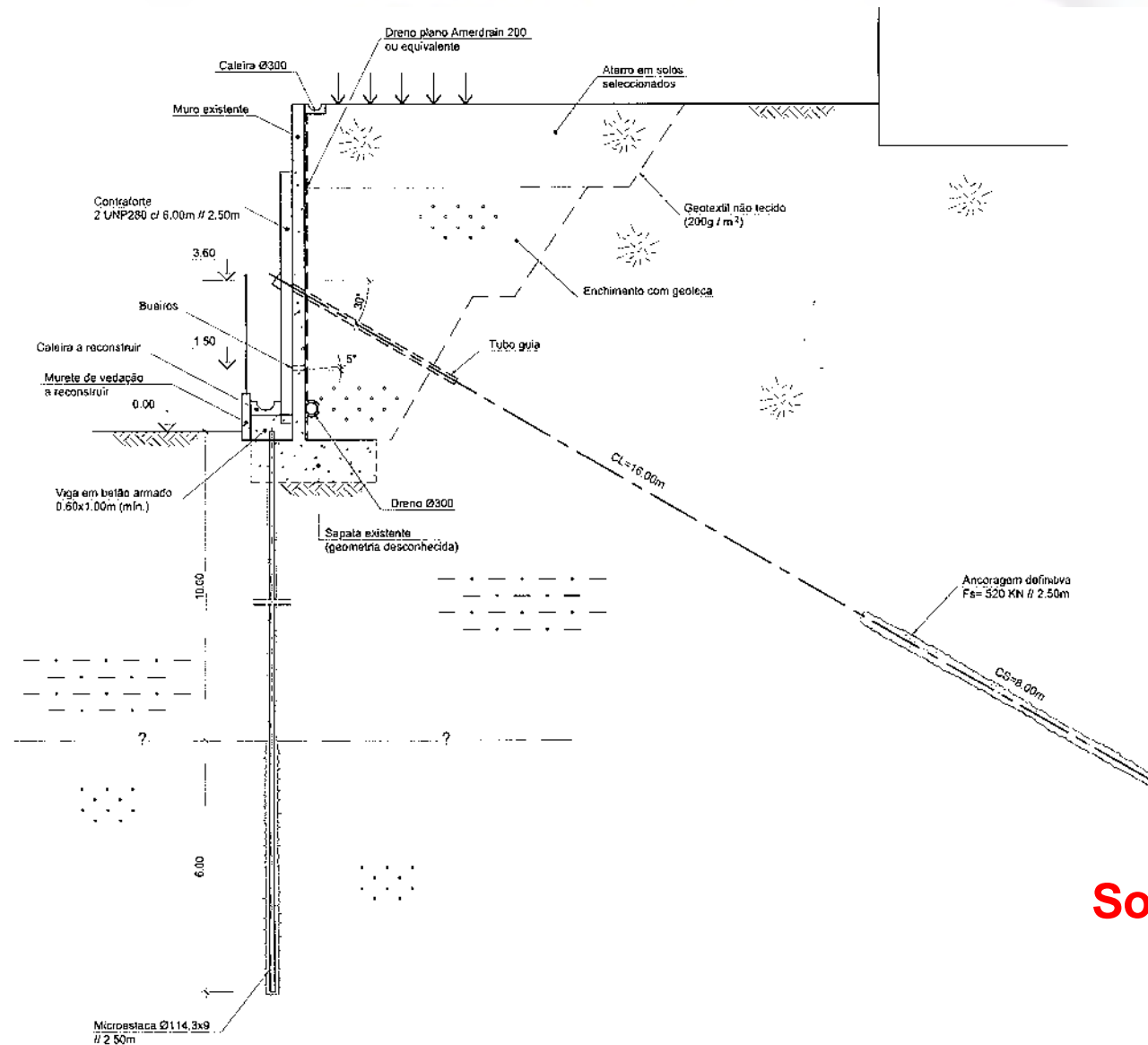
Organização:



Patrocínio:



Apoios:



CORTE TIPO  
ESC. 1:100

**Solução B**

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011

Organização:



## Conclusões

Patrocínio:



Apoios:



- Apresentaram-se dois casos práticos de utilização de agregados leves na reabilitação de estruturas de suporte;
- Numa situação, o recurso à geoleca evitou a demolição do muro acabado de construir e a sua entrada em serviço em pouco mais de 2 semanas;
- No segundo caso, a utilização de aterros com estes agregados permitiu economizar os custos associados à execução de um nível de ancoragens e reduzir o prazo de execução da obra;

# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



Organização:



## Conclusões

Patrocínio:



- Em ambos os exemplos, os factores principais de sucesso da aplicação foram:
  - Redução do impulso de terras;
  - Redução das tensões na fundação;
  - Elevada capacidade drenante;
  - Rapidez e facilidade de execução;
- Estamos a desenvolver actualmente um outro projecto de estabilização de taludes com recurso a este tipo de agregado.

Apoios:



# 2º Seminário Geo Leca®

LNEC, 26 de Maio de 2011



Organização:



Patrocínio:



Apoios:



## Obrigado pela Atenção!

**Jorge M.C. Roxo, OPWAY – Engenharia, S.A.**

Info: [jorge.roxo@gmail.com](mailto:jorge.roxo@gmail.com).