

# MONITORIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DUM MURO DE GABIÕES COM 13M DE ALTURA

## BEHAVIOUR MONITORIZATION OF A 13M HIGH GABIONS WALL

Matos e Silva, José, *GAPRES, S.A., Prof. do ISEL, Lisboa, Portugal, msilva@gapres.pt*  
Portugal, João, *LNEC, Prof. do ISEL, Lisboa, Portugal, portugal@lnec.pt*  
Graça, Henrique, *DATAGEO, Lda., Lisboa, Portugal, datageo.geral@clix.pt*

### RESUMO

A comunicação refere o caso dum muro de suporte de gabiões, localizado em Belas, no perímetro da Central de Valorização Orgânica da Valorsul, a Norte desta e sobranceiro à Estrada Nacional. Após a execução do muro ocorreram patologias e detectou-se que o material pétreo era parcialmente constituído por elementos de calcário margoso que, sob a acção da água da chuva, perdiam a sua resistência mecânica. O muro foi demolido e reconstruído com material pétreo adequado. Durante a execução do aterro de tardo, o muro foi instrumentado com marcas topográficas de superfície, tendo sido regularmente monitorizado através de levantamentos topográficos de precisão. Apresentam-se os resultados obtidos e as correspondentes conclusões.

### ABSTRACT

The paper refers a gabions retaining wall, located at Belas, in the North perimeter of the Valorsul Central of Organic Valorisation. After the wall completion some pathologies occurred and it was detected that it had been partially executed with marl limestone blocks, that loose mechanical resistance under rainy water. The wall was then demolished and rebuilt with adequate material. During the earthfill execution the wall was monitorized with a superficial topographical survey. The results obtained and the respective conclusions are referred.

### 1. INTRODUÇÃO

A Central de Valorização Orgânica (C.V.O.) da Valorsul, localiza-se em Belas, num terreno bastante acidentado.

Para permitir a sua implantação foi necessário executar alguns muros de suporte, particularmente no perímetro do recinto.

De entre os vários tipos de muros que seria possível adoptar, o projectista, Gapres, S.A., escolheu uma solução com muros de gabiões, a qual apresenta as seguintes vantagens:

- é amiga do ambiente, por ser formada com material pétreo natural;
- tem elevada capacidade drenante dado os inúmeros vazios que existem entre os elementos pétreos;
- permite uma grande facilidade de execução.

Na zona localizada a Norte do perímetro do empreendimento estava previsto um desnível de 12m pelo que seria necessário conceber um muro de 13m para que houvesse uma guarda de protecção acima do coroamento do talude de tardo do muro, talude com uma inclinação de H=3; V=2.

Após a execução do muro, no início de 2003, e depois da ocorrência de pluviosidade significativa, verificaram-se algumas situações anómalas como sejam o esmagamento de parte do seu material pétreo e a ocorrência de deformações excessivas.

Face a estas patologias o muro foi inspeccionado e detectou-se que o material pétreo era parcialmente constituído por elementos de calcário margoso que, sob a acção da água pluvial, perdiam a sua resistência mecânica.

Tal facto estava em contradição com o previsto no caderno de encargos do projecto que preconizava a utilização de material pétreo com peso específico superior a 22,0 kN/m<sup>3</sup> e cuja qualidade deveria ser medida a partir dos ensaios de compressão simples do tipo “point load” e pelo ensaio de erosão do tipo “Los Angeles”, não devendo ser aceites materiais com características abaixo dos seguintes valores de ensaio:

- Point load = 5,0 MPa
- Los Angeles = 35%

Havia duas soluções possíveis para resolver as patologias ocorridas:

- executar uma consolidação do muro através de injeções de calda de cimento;
- demolir o muro e reconstruí-lo com material pétreo adequado.

Foi esta última solução que foi adoptada, por consenso, entre o Dono da Obra, o Empreiteiro e o Projectista.

## 2. INTERVENÇÃO DO LNEC

A Valorsul resolveu solicitar ao LNEC um parecer sobre a situação e o acompanhamento da reconstrução do muro e da execução do terrapleno no seu tardo, através duma campanha de monitorização.

Na sequência duma visita à obra, em 30/06/2003, o LNEC recomendou a aplicação, no terrapleno do tardo do muro, de materiais, que depois de compactados, tivessem um ângulo de atrito interno compatível com o que presidiu ao dimensionamento do muro (> 30°) e que não deveriam ser utilizados materiais que, pelas suas dimensões e/ou meios de manuseamento pudessem pôr em causa a integridade dos cestos dos gabiões ou das mantas de geotêxtil previstas no projecto para serem aplicadas no tardo dos gabiões.

Para além disso, sempre que os espaços a preencher, entre o terreno e o muro, fossem reduzidos, iguais ou inferiores a cerca de 1m e não fosse possível, por este facto, uma compactação eficaz, o material a utilizar deveria ser uma brita 10/20.

Foi ainda solicitado, ao projectista, a verificação do muro para a acção sísmica, de acordo com o preconizado no eurocódigo EC7, [1], segundo o método de Mononobe-Okabe, [2], e adoptando os seguintes parâmetros:

$$\Psi = 70^\circ \quad \beta = 34^\circ \quad \delta_d = 30^\circ \quad \delta_d = \frac{2}{3} \delta_d = 27^\circ$$

$$e \quad \theta = \text{ang tg } \frac{k_h}{1 \mp k_v} \quad (1)$$

Dado que:

$$k_h = a_{gr} \gamma_i \frac{S}{g \cdot r} \quad (2)$$

aplicando o preconizado no eurocódigo EC8, [3], considerou-se:

$$a_{gr} = 2,7 \quad \gamma_i = 1,0 \quad S = 1,0 \quad g = 10,0 \text{m/s}^2$$

pelo que:

$$k_h = 0,135 \quad (3)$$

E, considerando  $k_v = 0$ , obteve-se:

$$\theta = \text{ang tg } 0,135 = 8^\circ \quad (4)$$

O valor do coeficiente de impulso estático + dinâmico obtido foi então:  $K = 1,99$ .

Constatou-se que, mesmo para a acção sísmica, a verificação da segurança aos estados limites últimos de perda de equilíbrio, nomeadamente ao deslizamento e derrubamento, conduzia a valores de factores de segurança superiores à unidade.

Dado o muro estar fundado sobre um maciço rochoso de boa qualidade geotécnica, permitindo mobilizar tensões de contacto admissíveis da ordem de 0,60 MPa (valor superior à tensão máxima instalada pelo muro para todas as combinações de acções), a segurança do terreno de fundação estava, também, satisfeita.

### 3. MONITORIZAÇÃO DO MURO

A partir do dia 17/11/2003 iniciou-se a campanha de observação do muro, por levantamento topográfico de precisão, com leituras efectuadas com uma periodicidade semanal, pela firma Datageo, Lda., acompanhando a evolução do aterro no tardoz do muro.

Em Janeiro de 2004 o LNEC emitiu um primeiro parecer sobre os resultados da campanha de observação constatando que, ao fim do primeiro mês de leitura, se verificou um deslocamento horizontal máximo da ordem de 11cm e que, nos períodos seguintes os movimentos tenderam para a estabilização. Face aos resultados o LNEC referiu não detectar qualquer anomalia na segurança estrutural do muro.

Em Dezembro de 2004, a Datageo fez um balanço de um ano de observação, através duma nota técnica.

Nela se referia que os deslocamentos horizontais máximos acumulados, transversalmente ao plano do muro, haviam ocorrido na parte superior deste, atingindo 46,0cm, diminuindo do topo para a base onde se verificaram valores da ordem de 9,0cm.

No sentido longitudinal do muro, ao longo do seu comprimento em planta, verificaram-se deslocamentos reduzidos com um máximo da ordem de 2,0 cm e um mínimo de 1 mm.

Verificou-se ainda que as maiores deformações estavam associadas às fases mais intensas de execução do aterro adjacente ao muro.

Notaram-se alguns pontos de rotura de alguns arames dos cestos que constituem os gabiões.

Contudo, nunca se verificou galgamento duma fiada de gabiões sobre as fiadas situadas imediatamente abaixo.

Aliás, na fase de reconstrução do muro e no paramento frontal deste, adoptou-se um recuo de 5,0cm de cada fiada em relação à fiada situada imediatamente abaixo, para compensar qualquer possibilidade de galgamento.

Apresentam-se, seguidamente, algumas fotografias ilustrativas da aparência actual do muro. Na foto nº1 apresenta-se uma vista geral incluindo o terraplino. Na foto nº2 apresenta-se uma vista parcial do alçado frontal do muro.



Foto nº 1 – Vista geral incluindo o terraplino



Foto nº 2 – Alçado frontal (vista parcial)

Juntam-se, também, duas figuras. Na Fig.nº 1 mostra-se o corte transversal da secção de maior altura do muro. Na Fig. Nº 2 apresenta-se um gráfico com os deslocamentos horizontais medidos nessa secção de maior altura.

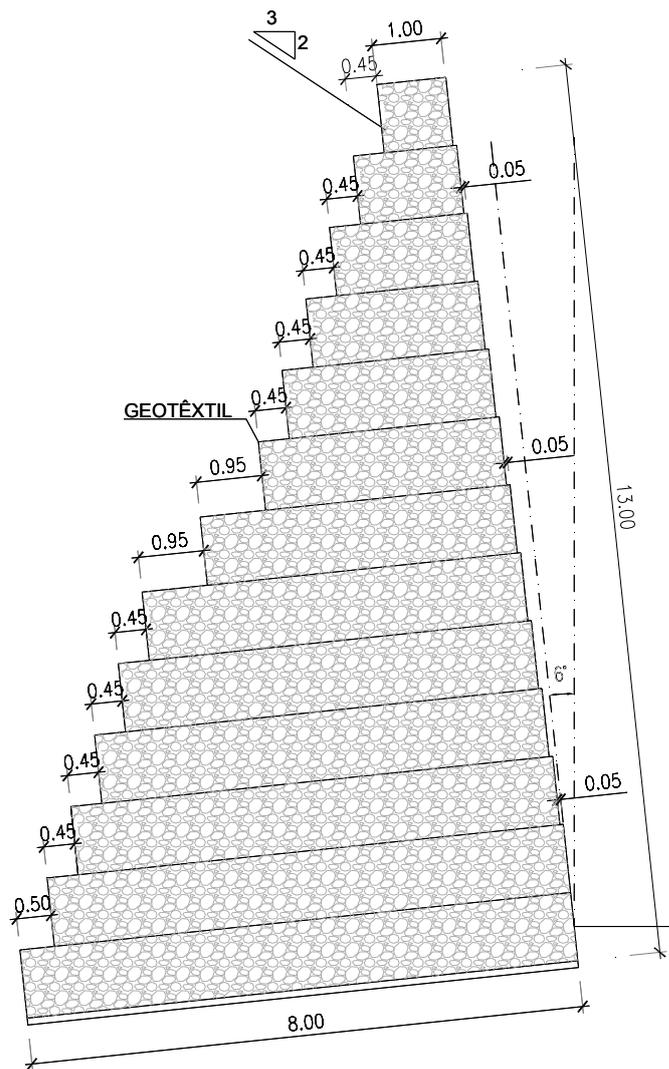


Fig. Nº 1 – Corte transversal da secção de maior altura

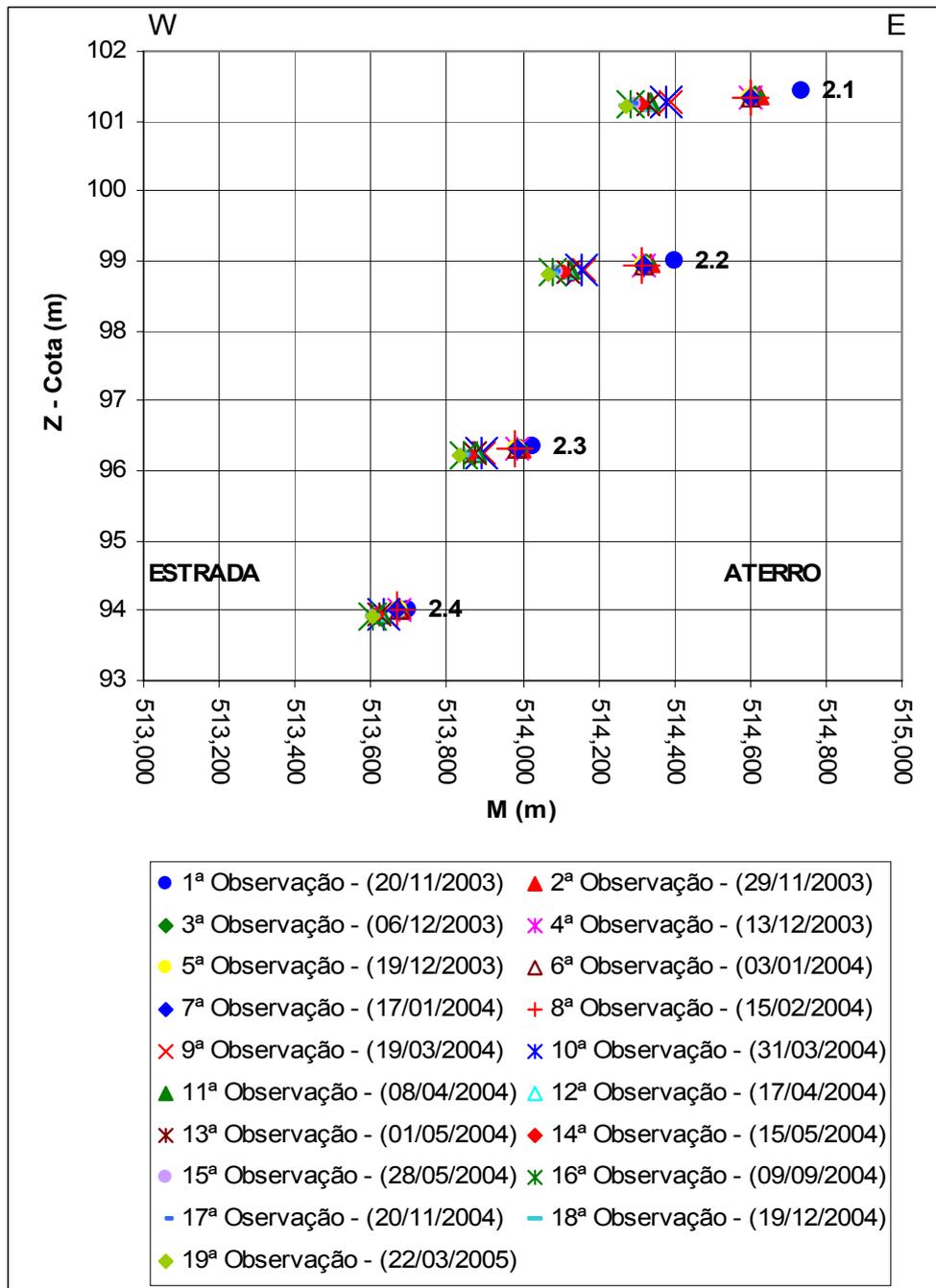


Fig. N°2 – Deslocamentos horizontais da secção de maior altura

#### **4. CONCLUSÕES**

As principais conclusões da monitorização efectuada foram as seguintes:

- os muros de gabiões são estruturas de suporte muito deformáveis dada a existência de grandes volumes de vazios entre o material pétreo. Essa deformabilidade pode ser reduzida se, durante o processo de enchimento dos cestos, o material pétreo for adequadamente condicionado;
- é recomendável que, na execução de aterros no tardo de muros de gabiões, se não utilizem meios de compactação demasiadamente potentes nas zonas imediatamente adjacentes ao tardo dos muros, para evitar que nestes ocorram deformações excessivas.

#### **5. REFERÊNCIAS**

[1]-ENV1997-1:1994

[2]-Ravara,A.-Engenharia Sísmica de Pontes, Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, nº12, Outubro de 1981.

[3]-ENV1998-1-1:2000