

# TERMINAL DE CRUZEIROS DE LEIXÕES

## 1 - Características gerais da obra

Ano: 2012

Localização: Matosinhos

Tipo: Contenção CSM, desde autoportante a pregado, escorado e método "homem morto"

Altura máxima: 5 m – Perímetro: 305 m

Terreno: Areias, siltes lodosos e xistos metamórficos

Dono de Obra: APDL, S.A. ; Projetista: JetSJ, Lda. ; executante: Geo-Rumo, S.A.

## 2 - Principais objetivos

Execução de uma contenção provisória para a construção do Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões num ambiente geológico difícil de siltes lodosos sobre maciço xistento muito alterado a medianamente alterado (W4-W3), tendo também a função de ensecadeira.



Figura 1 – Vista geral da localização da obra

## 3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

No que se refere ao cenário geológico e geotécnico do local, o mesmo é constituído por terrenos atribuídos ao Complexo Xisto-Grauváquico, recobertos por depósitos aluvionares, que posteriormente foram dragados. Estes depósitos eram constituídos por siltes lodosos muito moles de cor escura a negra, com estreitos níveis arenosos intercalados.

À data do início dos trabalhos a zona da intervenção havia sido dragada para remoção dos materiais aluvionares e encontrava-se aterrada até cerca da cota +5.00 com materiais de aterro de natureza arenosa, constituídos por solos residuais de granito selecionados, colocado diretamente sobre o maciço rochoso. O maciço xistento é constituído por xistos metamórficos micáceos mediana (W3) a muito alterados (W4), com fraturas próximas a muito próximas (F4-5) que em profundidade evoluem quase sempre para medianamente afastadas (F3).

Para além das duas unidades litoestratigráficas acima descritas surgiam ainda os materiais de enrocamento, cujas pedras naturais se dividiam em 3 categorias: as de 1.<sup>a</sup> categoria com um peso máximo de 2 toneladas e um peso médio de 800 quilogramas; as de 2.<sup>a</sup> categoria com um peso compreendido de 2 a 8 toneladas, e um peso médio de 3 toneladas; e as de 3.<sup>a</sup> categoria com um peso superior a 8 toneladas e, em média, um mínimo de 13 toneladas.

Realça-se que, uma vez que a cortina periférica intersectava, numa extensão de cerca de 100 m, a zona de enrocamento, a solução de contenção teve de ser adaptada a essa realidade.

## 4 - Condicionamentos de vizinhança

A área abrangida pela contenção periférica possuía, à partida, dois importantes condicionamentos de vizinhança: a laje do cais acostável, fundada em estacas, localizada a Nascente da zona da intervenção e o passadiço e o molhe, localizados a Sul do recinto da intervenção.

A exiguidade de espaço para implantação da obra, impôs igualmente um rigoroso controlo geométrico para a disposição dos diferentes elementos.



Figura 2 – Fotografia do local da obra

## 5 - Descrição das soluções adotadas

A solução de contenção periférica englobou três soluções distintas.



Figura 3 – Fotografia do local da obra

A solução 1 consistiu, no essencial, na execução de uma parede de contenção constituída por painéis de solo-cimento, realizados a partir da superfície, antes de qualquer trabalho de escavação, com recurso à tecnologia de Cutter Soil Mixing (CSM). Na execução da parede em painéis de solo-cimento foram adotados painéis com secção em planta de  $2,40 \times 0,55 \text{ m}^2$ , com uma sobreposição mínima em planta de 0,20 m e uma ficha mínima de 1,00 m no maciço existente, de forma a garantir o efeito de ensecadeira do recinto de escavação. Os painéis CSM foram armados verticalmente com perfis IPE330 que distavam de cerca de 0,55 m entre si e apresentavam alternadamente um comprimento compatível com o encastramento mínimo de 1,00 m no "Bed-Rock" e um comprimento compatível com uma ficha de 2,0 m abaixo da cota final de escavação (-0,35 m), de aproximadamente 6,0 m.

Chama-se ainda a atenção para o facto de grande parte desta zona da cortina ter de ser demolida posteriormente à execução do edifício, porque a parede de CSM não seria incluída na estrutura final. Como tal, a demolição dos painéis e o corte dos perfis metálicos de reforço teve de ser efetuada durante os períodos de baixa-mar e após a execução da estrutura do edifício acima da laje do piso 0. Esta zona da cortina foi concebida para ser autoportante face às ações horizontais atuantes dispensando o recurso a escoramentos provisórios. Consequentemente, preconizou-se que esta estrutura fosse executada com um afastamento mínimo de cerca de 1,0 m relativamente à futura parede definitiva do edifício.

A solução tipo 2 foi aplicada no alçado Sul, onde a contenção intersectava o molhe existente. Neste caso, previu-se uma alteração no faseamento construtivo e na profundidade da contenção periférica em CSM, que se desenvolveu apenas nos primeiros 6,50 m, correspondente à profundidade da pré-escavação para substituição do enrocamento por aterro arenoso. Nesta situação, os perfis metálicos colocados no interior dos painéis de CSM foram microestacas de coroa circular espaçadas de 1,10 m, em aço de alta resistência, com perfis N80-Ø114,3x9,0mm, com furação 150mm, por forma a permitir a materialização de uma cortina de injeções de calda de cimento através da tecnologia IRS.

Estes perfis metálicos encontravam-se intercalados com tubos metálicos TM, que não apresentam função estrutural e que serviram somente para assegurar a continuidade da cortina de injeção de calda de cimento abaixo do final da cortina de CSM, no enrocamento mais miúdo, de forma a garantir o efeito de cortina e de ensecadeira da solução. Esta solução foi desenvolvida com base na premissa que os materiais de enrocamento abaixo a cortina de CSM possuem uma matriz que possibilita a retenção da calda de cimento e consequente materialização do efeito de ensecadeira ao longo desta zona, uma vez que a estas profundidades a influência das marés no arrastamento de finos é reduzida.

O travamento horizontal da cortina nesta zona foi materializado de três formas distintas. Com recurso a perfis metálicos do tipo HEB e por intermédio de pregagens a executar na estrutura do molhe a conservar ou recorrendo a uma solução mais tradicional do tipo "homem morto". Esta multiplicidade de soluções resulta das limitações geométricas existentes no recinto de obra, que impõe que a contenção provisória se localize, num determinado desenvolvimento, paralela ao molhe e, numa outra zona, bastante afastada deste.

Na zona Nascente, onde o recinto de escavação era limitado pela cortina de estacas-prancha existente no limite da laje do cais acostável, foi estudada uma terceira solução. Nesta zona, tirou-se partido da solução de estacas prancha já executada, ficando a cortina travada no seu topo através de tirantes de aço que solidarizaram, provisoriamente, as estacas de fundação do cais acostável ao topo das estacas prancha até à execução da estrutura do edifício.

Refere-se que as soluções propostas foram definidas de modo a permitir a execução da parede de contenção definitiva, em betão armado, de forma compatibilizada com a respetiva impermeabilização, realizada de forma contínua pelo extradorso. De realçar igualmente o facto de se ter preconizado uma pré-escavação no tardo da contenção, antes de se iniciarem os trabalhos de escavação no interior do recinto de obra. Esta medida teve o objetivo de diminuir os impulsos atuantes na cortina provisória, que, nessa profundidade, passou a ter de suportar somente os impulsos da água.

## 6 - Principais aspetos do projeto

O comportamento das estruturas de contenção propostas, em termos de esforços e de deformações, foi analisado, para todas as fases construtivas, através do programa de elementos finitos. Para tal, recorreu-se à modelação da geometria prevista para as diferentes secções de cálculo, incorporando os diversos passos que constituem o faseamento construtivo deste tipo de estrutura de contenção.

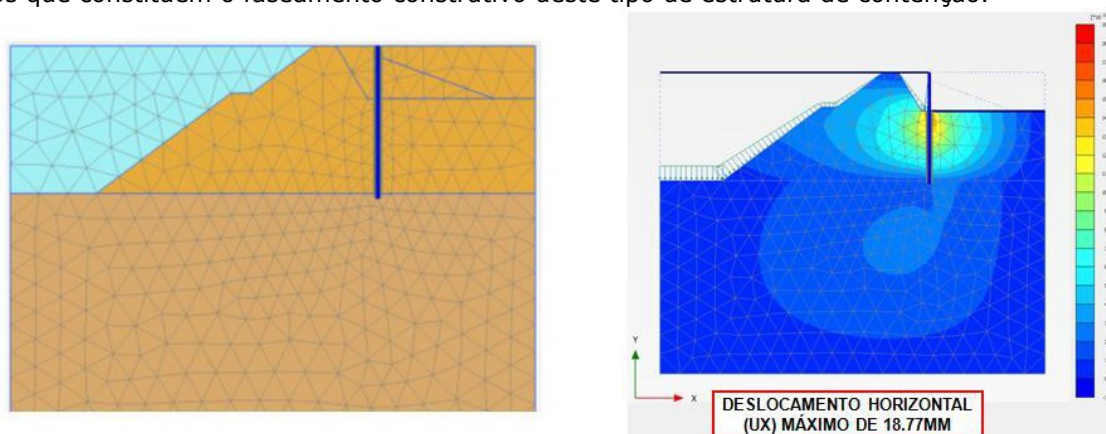


Figura 4 – Malha da secção tipo 1 e campo de deformações horizontais

Na verificação da segurança dos elementos da contenção periférica/ensecadeira e das próprias fundações, foi adotada a regulamentação nacional e internacional em vigor ou, em situações não previstas regulamentarmente, metodologias de cálculo reconhecidamente comprovadas.



## 7 - Principais aspetos da obra

A obra iniciou-se com a execução da plataforma de trabalho para circulação dos equipamentos a partir do nivelamento do aterro pré-existente. Foram executados os painéis CSM após saneamento dos enrocamentos e da substituição por materiais arenosos.

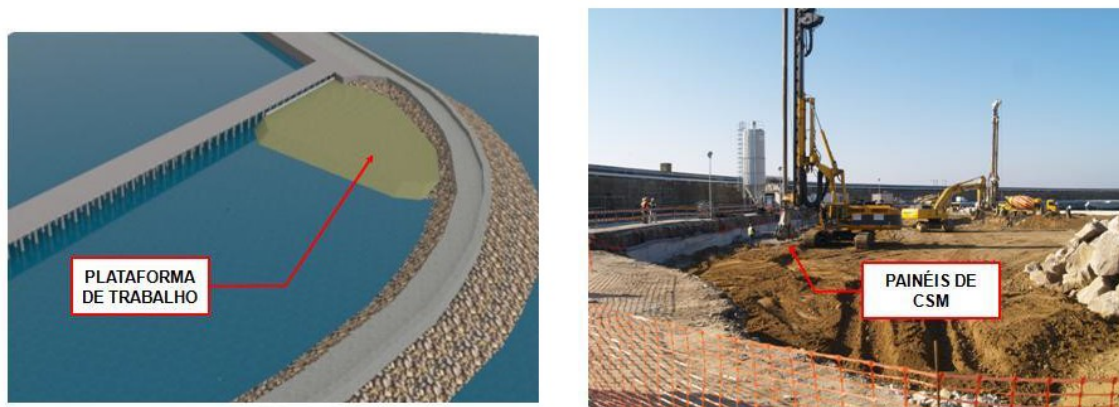


Figura 5 – Execução da plataforma de trabalho e execução dos painéis de CSM

Seguiu-se a execução das microestacas e dos tubos TM da cortina periférica, seguida das injeções de selagem ao longo de toda a cortina e execução das fundações indiretas do edifício (estacas e microestacas de fundação). Seguiu-se a escavação em talude com inclinação 1,0 (H) : 1,0 (V) até ser atingida a cota final de escavação, devidamente compatibilizada com a execução dos maciços das estacas e microestacas de fundação interiores e com a materialização dos sistemas de travamento e execução dos restantes maciços de encabeçamento das fundações e da restante estrutura dos pisos -1 e 0, incluindo sistemas de impermeabilização, na continuidade dos adotados na laje de fundo, após a qual são removidas as escoras e tirantes provisórios.

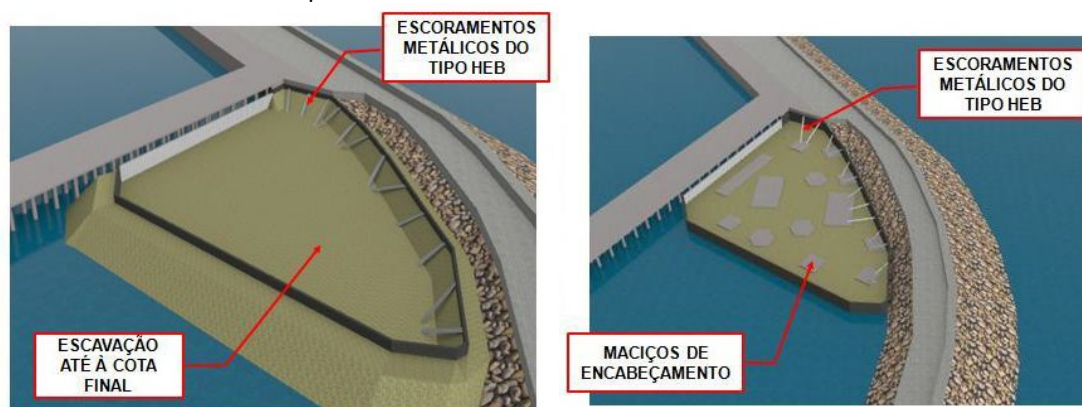


Figura 6 – Escavação até à cota final e execução dos maciços de encabeçamento.

No que toca aos painéis de CSM, o seu controlo de qualidade foi assegurado através duma monitorização cuidada dos parâmetros de execução dos painéis, em particular da dosagem de cimento, e através de ensaios de compressão uniaxial a fim de determinar a resistência à compressão dos mesmos e a sua evolução com a idade do provete.

## REFERÊNCIAS

- Pinto, A., Tomásio, R., Peixoto, A. e Pereira, D. (2010) Soluções de Contenção de Poços Através da Tecnologia de Deep Soil Mixing – CSM, 12 Congresso Nacional de Geotecnia (CNG), Minho.
- Pinto, A., Tomásio, R., Pita, X., Godinho, P. e Peixoto, A. (2011) Ground Improvement Solutions using Cutter Soil Mixing Technology, International Conference on Advances in Geotechnical Engineering (ICAGE), Perth, Australia.
- Wheller, P. (2009) Soil-Mix Piles, Mix Factor, European Foundations, Autumn 2009, pp. 10-11.
- Simon, B. (2009) Project national de recherche et developpment. Amelioration des sols par inclusions verticales rigides, Travaux, nº862, pp. 65-72.