

COLÉGIO PEDRO ARRUPE – PARQUE DAS NAÇÕES - LISBOA

1 - Características gerais da obra

Ano: 2009

Localização: Parque das Nações, Lisboa

Tipo: Fundações indiretas com barretas CSM

Área: 72.000 m² – Profundidade máxima: 28 m

Terreno: Aterro recente, lodos e calcários

Dono de Obra: Alves Ribeiro S.A. ; Projetista: JetSJ, Lda. ; Executante: Geo-Rumo, S.A.

2 - Principais objetivos

Fundações indiretas no âmbito da construção dos dez blocos constituintes do Colégio Pedro Arrupe, em Lisboa, no extremo Norte do Parque das Nações, junto à margem Sul do Rio Trancão e adjacente ao Aterro Sanitário de Beirolas, ocupando uma área de cerca de 72.000m². Parte do recinto localiza-se no espaço onde existiu uma Central de Compostagem, demolida previamente à Expo98, em 1996.



Figura 1 – Vistas aéreas do local da obra, antes do início das obras (2009) e antes da Expo98 (1996)

As soluções definidas no Projeto de Arranjos Exteriores determinaram igualmente a remoção parcial de um aterro, o qual dispunha da função de contraforte estabilizador do Aterro Sanitário de Beirolas, pelo que foi concebida uma solução de estabilização que compensasse a escavação parcial do referido contraforte.

3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

Os principais condicionalismos de natureza geológica e geotécnica caracterizam-se pela presença de uma camada de aterro recente, com uma espessura média de cerca de 5 m, a qual apresenta elementos resultantes da demolição de estruturas em betão armado, anteriormente existentes no local, sobreposta a uma camada de lodos com valor médio de N_{SPT} de 1 pancada, com cerca de 5 m a 25 m de espessura, recobrindo, por sua vez, o substrato Miocénico competente, constituído, predominantemente, por materiais de natureza calcária.

4 - Outros condicionamentos

O colégio Pedro Arrupe é constituído por 10 blocos independentes, com geometria e volumetria variáveis. Os blocos de maior volumetria, são constituídos por 3 pisos elevados e apresentam os planos de cargas mais condicionantes em termos de acomodação de ações horizontais de natureza sísmica, em particular no caso dos núcleos de elevador. Devido à sua maior rigidez, estes elementos determinaram uma solução de fundações particularmente mais exigente, com a capacidade de resistir a momentos fletores que originam reações de tração na base dos núcleos, particularmente em caso de ocorrência de sismo.

O recinto do Colégio é confrontado por arruamentos a Norte e a Poente, e pelo aterro sanitário de Beirolas a Sul e a Nascente. No canto Sudeste do recinto, existe um contraforte constituído por um aterro com espessura adicional de cerca de 7 m, o qual foi executado de modo a confinar e estabilizar o Aterro Sanitário de Beirolas. Os blocos B3 e B4 encontram-se parcialmente localizados sobre a implantação

deste contraforte, pelo que foi necessário verificar as consequências da remoção parcial do aterro que materializa o mesmo contraforte.

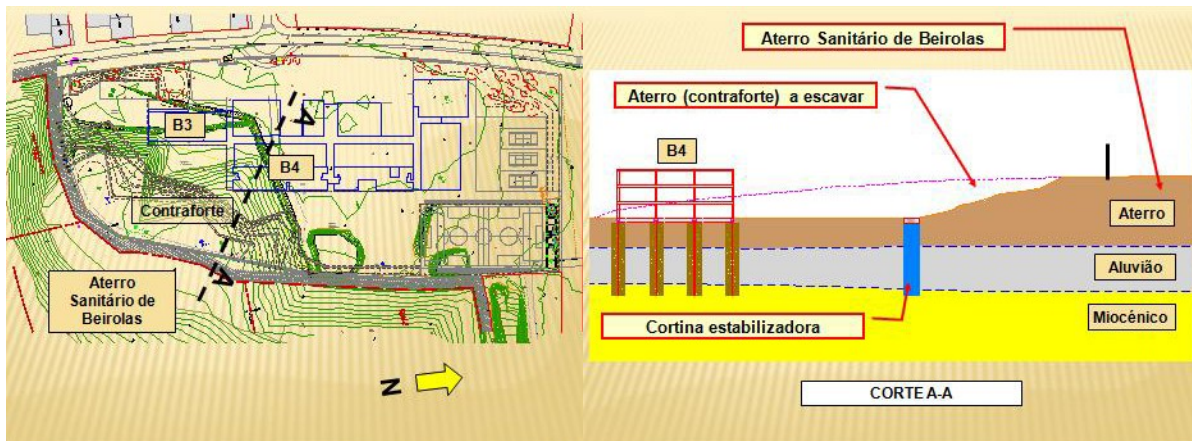


Figura 2 – Localização dos Blocos B3 e B4 face ao contraforte, e corte esquemático A-A

5 - Descrição da solução adotada

Tendo por base o cenário geológico do local da obra, assim como a amplitude e o tipo de cargas a transmitir às fundações, foi proposta e implementada a realização de uma solução de fundações indiretas por painéis de solo-cimento, executados através da tecnologia Cutter Soil Mixing (CSM), armados com perfis metálicos HEB. Estes elementos acomodam a totalidade das cargas axiais a transmitir às fundações e são encabeçados por maciços em betão armado que, por sua vez, são contraventados por vigas de fundação igualmente em betão armado. A solução de fundações incorpora igualmente as vigas de fundação sobre as quais crescem os pilares da estrutura. As referidas vigas funcionam ainda como apoio às lajes de piso térreo dos Blocos. A opção por uma laje estrutural no piso térreo, constituída por vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas, foi determinada pelas muito fracas características geomecânicas dos aterros e, sobretudo, dos materiais aluvionares subjacentes.

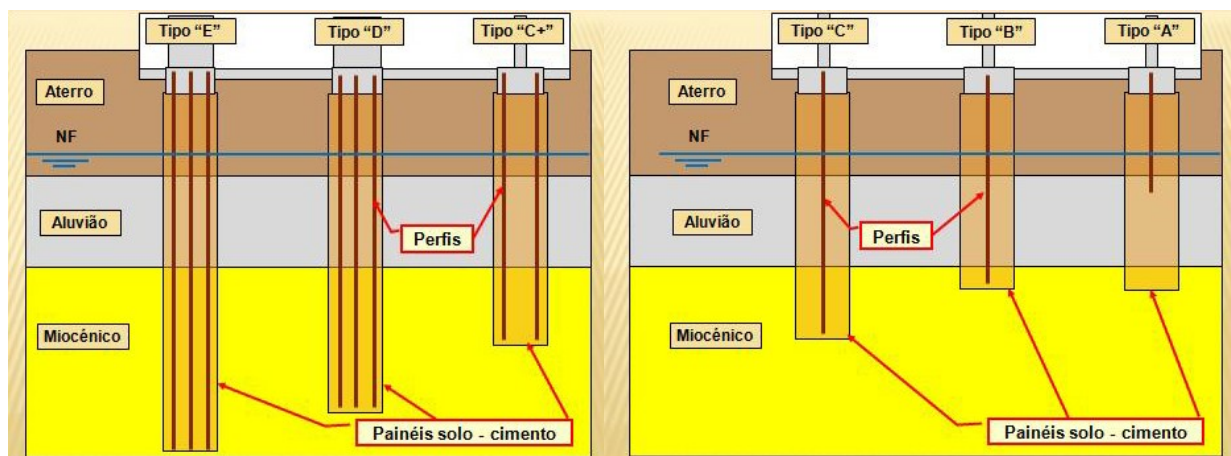


Figura 3 – Cortes tipo das soluções de fundações propostas

Atendendo à agressividade do terreno envolvente foi adotado em todos os elementos de solo-cimento, cimento pozolânico. Como referido, os painéis foram armados com perfis metálicos, os quais foram, por sua vez, dimensionados para acomodar as cargas axiais de compressão e, sobretudo, as de tração, estas últimas devidas, em particular, à ação sísmica. O facto dos perfis se localizarem no interior dos painéis, permitiu incrementar o respetivo confinamento ao nível dos materiais aluvionares, assim como a sua proteção contra eventuais fenómenos de encurvadura e de corrosão, estes últimos determinados pela agressividade do terreno envolvente.

6 - Principais aspetos do projeto

De forma a avaliar os efeitos da escavação parcial do contraforte anexo ao Aterro Sanitário de Beirolas, foram efetuadas análises da estabilidade global de perfis transversais recorrendo-se aos programas de cálculo automático SLIDE® e PLAXIS®. O primeiro permite determinar, em termos de equilíbrio limite, para um conjunto de superfícies de deslizamento pré-definidas, o valor do coeficiente de segurança

associado à potencial superfície de deslizamento crítica. As análises foram realizadas pelo método de Bishop Simplificado, tendo por base as informações disponíveis relativas aos condicionamentos geológico-geotécnicos e aos parâmetros de resistência dos painéis de solo-cimento. Complementarmente, foram realizadas análises em termos de tensões-deformações, recorrendo ao programa PLAXIS®, para aferição das deformações mobilizadas, em particular a quando da atuação da ação sísmica. A ação sísmica foi quantificada de acordo com a regulamentação em vigor, em função do zonamento sísmico.

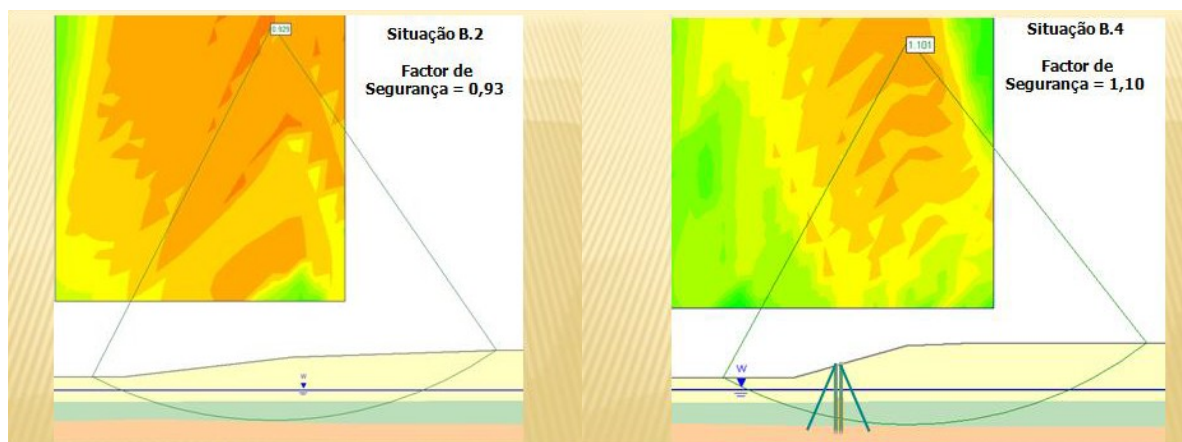


Figura 4 – Verificação da segurança do contraforte em termos de equilíbrio limite

Da análise foi possível concluir que para a geometria final do contraforte não são respeitadas as condições de segurança regulamentares à ação sísmica. Neste enquadramento, foi proposta a construção de estruturas de estabilização que compensassem a escavação parcial do mesmo contraforte. Tendo por base o cenário geológico do local, a topografia do terreno, assim como a necessidade de recorrer a tecnologias construtivas compatíveis com a heterogeneidade dos aterros, bem como ainda a proximidade do Aterro Sanitário de Beírolas, propôs-se a realização de uma solução de estabilização por colunas de jet-grouting. De forma a melhor controlar as deformações, as colunas são executadas verticais e sub verticais, armadas com perfis metálicos, do tipo HEB (verticais) e de secção tubular (sub verticais), com entrega ao nível do substrato miocénico. Estes elementos são encabeçados por uma viga de coroamento em betão armado que garantirá o funcionamento solidário dos referidos corpos de solo-cimento. O facto dos elementos metálicos se localizarem no interior destes corpos, permite incrementar o respetivo confinamento ao nível dos materiais aluvionares, assim como a sua proteção à agressividade do terreno.

7 - Principais aspetos da obra

O avanço dos trabalhos de furação foi limitado pela presença dos escombros diversos resultantes da demolição das estruturas da antiga Central de Compostagem, existente no local previamente à realização da Expo98. Destas, restaram intactas no local, estruturas enterradas constituídas por lajes de ensoleiramento e muros em betão armado. A dificuldade, por parte do equipamento de execução dos painéis em atravessar estes elementos, caracterizados por dimensões e por taxas de armadura consideráveis, levou à necessidade de um saneamento intensivo da camada de aterros, através de uma escavação geral na zona de implantação dos Blocos B2 e B3. Esta escavação, com altura de cerca de 3.0m, revelou a presença dos produtos resultantes da demolição dos edifícios existentes até 1996, tendo, inclusive, sido removidos elementos como pneus e uma grua metálica.



Figura 5 – Evidências de entulho diversificado no interior das Estruturas Enterradas.

No Bloco B6, correspondente ao pavilhão desportivo, a profundidade à qual foi detetado o substrato Miocénico chegou a atingir os 28 m. Esta profundidade não era compatível com o encastramento necessário dos painéis de solo-cimento no substrato Miocénico, uma vez que o equipamento disponível em obra não permitia a realização de painéis com comprimentos superiores a 25 m. Por este motivo, foi concebida uma solução de recalçamento dos painéis, que permitisse uma fundação com segurança ao nível do substrato Miocénico.



Figura 6 – Execução das microestacas cravadas e das colunas de jet-grouting

A solução de recalçamento concebida consistiu na cravação de microestacas do tipo TRM Ø170x9mm, em ferro fundido dúctil, no interior dos painéis de solo-cimento logo após a conclusão dos mesmos e antes do início do processo de presa do cimento. Os painéis funcionam, neste caso, como elemento de confinamento e proteção das microestacas em termos de fenómenos de corrosão e de encurvadura. Os troços de microestaca em contacto direto com o terreno foram armados com varões de 25mm, os quais permitem a compensação da eventual perda de secção face a fenómenos de corrosão, assim como verificação da respetiva verticalidade e reforço das zonas de junta entre os vários troços dos tubos que materializam as microestacas.

Outra situação, onde as dimensões e o peso do equipamento se revelaram como aspetos condicionantes, ocorreu nas fundações do bloco B2, onde o Dono de Obra resolveu aproveitar a pré-escavação geral para a construção de um piso enterrado. A proximidade da cota do fundo da escavação ao horizonte dos materiais aluvionares, assim como as condições atmosféricas desfavoráveis, e ainda o facto de os edifícios adjacentes já se encontrarem em execução (condicionando a realização dos acessos ao fundo da escavação) determinaram a necessidade de substituir a solução de painéis de solo-cimento armados, por colunas de jet-grouting, igualmente armadas, executadas através de um equipamento mais versátil, pelas suas menores dimensões e, sobretudo, menor peso.

REFERÊNCIAS

- Ameratunga J.; Brown D.; Ramachadran R.; Denny R. (2009) Ground improvement for a large above ground storage tank using cutter soil mixing columns. Proceedings of the 17th ICSMGE, pp. 2280-2283.
- Simon, B. (2009) Projet national de recherche et développement. Amélioration des sols par inclusions verticales rigides. Travaux n°862, pp. 65-72.
- Wheeler, P. (2009) Soil-Mix Piles. Mix Factor. European Foundations. Autumn 2009, pp. 10-11.