

UM CASO DE SOLUÇÃO INTEGRADA DE CONTENÇÃO, TAMPÃO DE FUNDO E FUNDAÇÕES EM JET GROUTING

A CASE OF AN INTEGRATED SOLUTION FOR A RETAINING WALL, HORIZONTAL SEALING SLAB AND FOUNDATIONS WITH JET GROUTING

Costa, André, *Tecnasol-FGE, Lisboa, Portugal, acosta@Tecnasol-FGE.pt*
Durão, João, *Tecnasol-FGE, Lisboa, Portugal, tecnasolFGE@esoterica.pt*

RESUMO

O presente texto resume os principais critérios de concepção e dimensionamento considerados no Projecto de uma obra que teve lugar na Av. Lourenço Peixinho, em Aveiro, a qual consistiu na demolição de um edifício com um piso térreo e 3 pisos elevados, conservando-se a fachada principal, seguida da construção de um novo edifício com uma cave, um piso térreo e 4 pisos elevados. O cenário hidro-geológico do local, caracterizado pela existência de aterros, aluviões, argilas e margas e ainda por um nível freático situado acima da cota da cave, aliado à existência de edifícios contíguos ao limite da obra, constituíram factores decisivos que conduziram à adopção de uma solução integrada de contenção, tampão de fundo e fundações, em Jet Grouting.

ABSTRACT

This paper summarizes the main design criteria adopted in the study of a building construction, located at Av. Lourenço Peixinho, Aveiro, which consisted in the demolition of an existing 4 stories building, preserving its street-front façade, followed by the construction of a new one, with a basement, a ground floor and 4 stories. The local hydro-geological scenario, characterized by the existence of backfill, flood plain deposit clays and marl and with the phreatic level, located above the basement level, combined with the existence of old buildings adjacent to the excavation border, became main factors that implicated the use of an integrated solution of a retaining wall, horizontal sealing slab and foundations with Jet Grouting

1. INTRODUÇÃO

A Obra em estudo consiste na construção de um edifício de comércio, situado na Av. Lourenço Peixinho em Aveiro, com a preservação da fachada principal, em alvenaria de pedra, confrontante com aquela avenida. A Obra teve início em Outubro de 2004 e encontra-se, à data da redacção desta comunicação, em fase de acabamentos.

O edifício a construir está implantado numa área aproximadamente rectangular, de 11.0×33.0 m², e terá uma cave, R/C e 4 pisos elevados. Encontra-se confinado lateralmente por dois edifícios; o edifício situado à direita, relativamente à Av. Dr. Lourenço Peixinho, não tem caves e é fundado indirectamente por meio de estacas; o edifício da esquerda tem 3 pisos e tem uma cave de área recuada, em relação aos pisos superiores (ver Figura 1). No tardoz existe um edifício de parqueamento automóvel.

A solução proposta para esta obra foi condicionada, essencialmente, pelas características hidrogeológicas existentes no local, identificadas e analisadas pela campanha de prospecção levada a cabo e ainda pela necessidade de conservar a fachada principal do edifício.

Descrevem-se de seguida as soluções adoptadas de suporte à escavação e de fundação dos elementos estruturais do novo edifício e da fachada a preservar.



Figura 1 - Planta de dimensionamento da Obra e localização das sondagens

2. CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

O edifício localiza-se na proximidade do canal central da cidade de Aveiro, onde as condições geológicas e geotécnicas são caracterizadas pela ocorrência do nível freático próximo da superfície, instalado em formações lodosas e arenosas, recobrando as Argilas de Aveiro (ver Figura 2).

Para esta Obra foi realizada uma campanha de prospecção geológica-geotécnica, constituída por 3 sondagens (ver Figura 1), acompanhadas pela realização de ensaios de penetração dinâmica SPT (Standard Penetration Test), e onde, em duas delas, se instalaram piezómetros no sentido de confirmar os níveis de água presentes no local.

Na sequência dos resultados obtidos nas sondagens realizadas individualizaram-se as seguintes formações:

Aterros - caracterizados por materiais argilo-arenosos, com $N_{SPT} < 11$, que ocorrem na zona superficial de todas as sondagens apresentando uma espessura variável entre 4.50m e 5.50 m;

Aluviões – caracterizadas por lodos com componente areno-argilosa e fragmentos de conchas atingindo valores máximos de 20 nos ensaios SPT realizados. As aluviões foram detectadas apenas nas sondagens S2 e S3, apresentando espessuras variáveis entre 0 e 11.0m;

Argilas - ocorrem em todas as sondagens subjacentes às aluviões ou aos aterros, até às profundidades máximas prospectadas (S1 e S3) ou até às margas detectadas na sondagem S2, conhecendo aqui uma espessura de 2.0m. Estas argilas são, na generalidade, compactas, registando valores de N_{SPT} superiores a 50 e apresentando percentagens de recuperação variáveis entre 30% e 100%;

Margas – subjacente às argilas, as margas ocorrem apenas na sondagem S2, até à profundidade máxima prospectada. Ostenta percentagens de recuperação da ordem dos 80%.

Quanto ao nível de água, aferido a partir dos piezómetros instalados nas sondagens S1 e S2, concluiu-se que este se estabelece a uma profundidade média de 2.00 m, situando-se, por conseguinte, a uma cota superior à da base da escavação e em terrenos de permeabilidade elevada.

Outro aspecto importante e admitido foi o de que a composição química dos terrenos interessados é compatível com a realização das colunas de Jet Grouting. Esta hipótese é suportada pelos trabalhos, do mesmo tipo, realizados recentemente no edifício da Capitania de Aveiro, localizado a pequena distância do presente edifício [1].

3. CONDIÇÕES DA FACHADA A PRESERVAR E ESTRUTURAS VIZINHAS

A conservação da fachada principal do edifício, que confronta para a Av. Dr. Lourenço Peixinho (ver Figura 3), implicou realização de uma estrutura de contenção de fachada corrente, não inserida neste estudo, e condicionou tanto os equipamentos, no que respeita às suas dimensões, como ao nível das soluções técnicas adoptadas.

CORTE TIPO

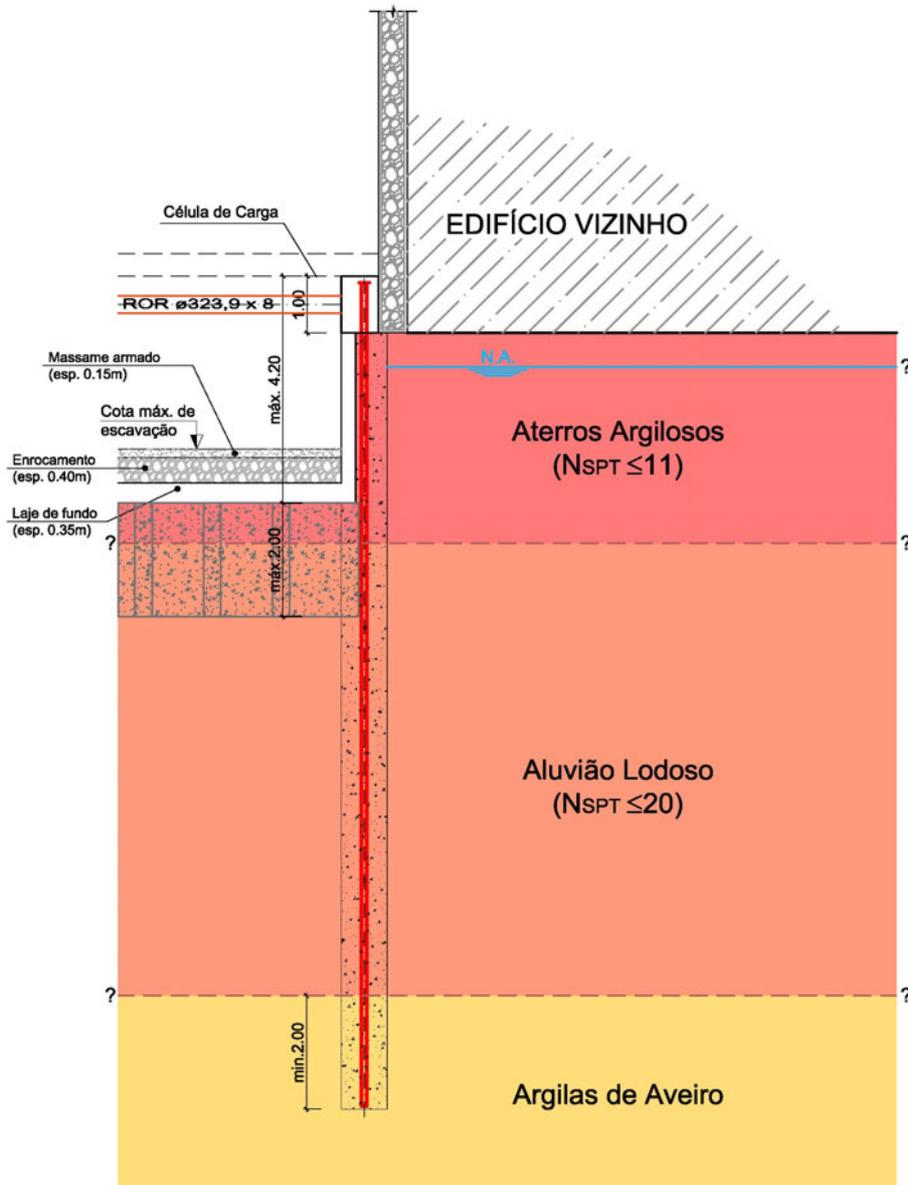
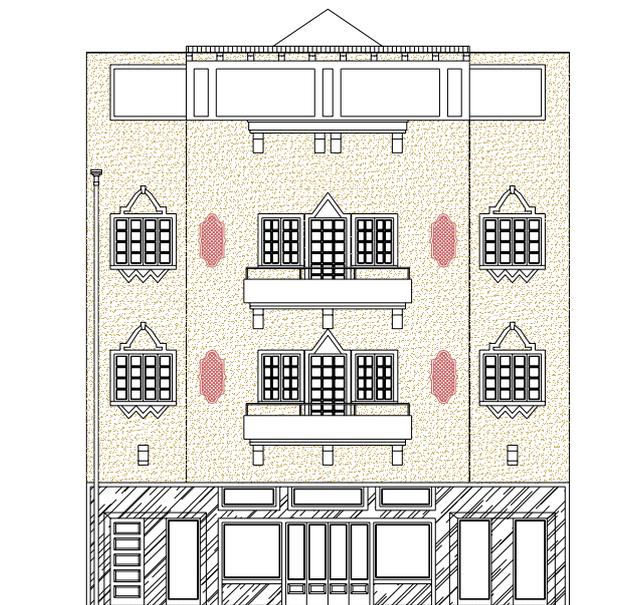


Figura 2 - Corte tipo

Por outro lado, o acesso dos equipamentos necessários para realizarem os trabalhos previstos no interior da obra foi feito pela fachada a conservar, através das aberturas aí existentes no piso térreo. Esta limitação contribuiu para a solução de fundações e de contenção por colunas de Jet Grouting, já que existe no mercado equipamento próprio para a sua execução, devidamente adequado a estes condicionamentos.

Finalmente as estruturas vizinhas e infraestruturas existentes implicaram a adopção de soluções adequadas que minimizassem as perturbações resultantes do trabalho de escavação. Destaca-se neste ponto a existência de um edifício contíguo à Obra fundado indirectamente por meio de estacas.



ALÇADO PRINCIPAL

Figura 3 - Alçado principal do edifício, a conservar.

4. SOLUÇÕES ESTRUTURAIS

4.1 Recalçamento da Fachada

No início dos trabalhos de escavação previstos para o interior do edifício, deverá ser realizado o recalçamento da fachada. Este consiste na transferência das cargas suportadas pela sua fundação (peso próprio e peso das lajes que nela descarregam) para os elementos de fundação indirectos adjacentes, constituídos pela microestacas, no exterior, e pelas colunas de Jet Grouting da cortina de contenção, no interior, por meio da sua cintagem. A cintagem da parede de fachada é realizada na sua base, pelas vigas de fundação, VF, no exterior, e pela viga de coroamento VC, interligadas por varões Gewi, pré-esforçados (ver Figura 4).

4.2 Cortina de Contenção Periférica

Para a contenção periférica, adoptou-se uma cortina de colunas de Jet Grouting, ϕ 800 mm, tipo 1, afastadas entre si numa distância máxima de 0.65 m, escoradas ao nível da viga de coroamento. Deste modo consegue-se não só a contenção das terras mas também da água situada acima da cota de escavação.

CORTE TRANSVERSAL 1-1

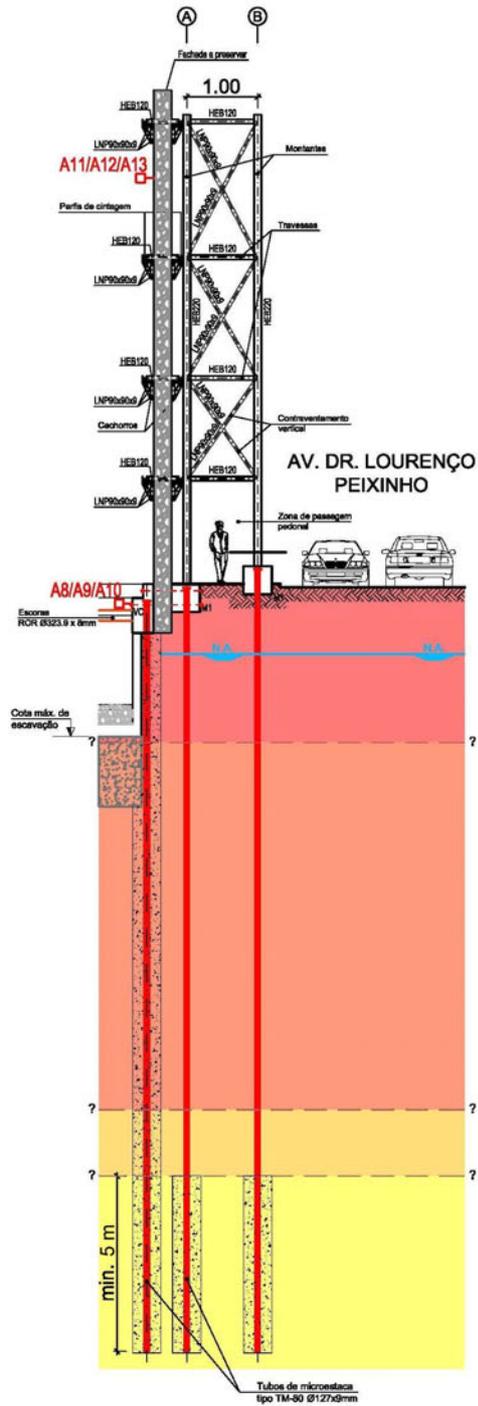


Figura 4 - Corte tansversal da solução de recalço

As colunas de Jet foram realizadas com altura mínima de 5.0 m a partir da superfície e previamente à realização de qualquer trabalho de escavação. As colunas da contenção, a partir das quais arrancam pilares da estrutura do edifício a construir, foram armadas com tubos TM – 80, $\phi 127 \times 9$ mm, em aço de alta resistência, e encastram nas argilas silto-margosas um comprimento mínimo de 2.0 m.

Atendendo aos esforços de flexão estimados para as colunas da cortina de contenção, na fase provisória, colocaram-se tubos metálicos N80 $\phi 177.8 \times 11.5$ mm, no interior das mesmas, que incrementam a resistência das colunas à flexão. A opção por este tipo de perfil permite que a operação para a sua colocação no interior das colunas seja efectuada sem recurso a grua. Estas colunas foram realizadas com uma dosagem de cerca 300 kg/m .

Após a execução das colunas fez-se uma primeira escavação, faseada, que permitiu a execução da viga de coroamento, de betão armado, ao longo de todo o perímetro da contenção.

Em fase de Licenciamento, a Tecnasol-FGE propôs a realização de um travamento da cortina de colunas, ao nível da viga de coroamento, por meio de ancoragens realizadas em terreno melhorado por meio de Jet Grouting. No entanto e uma vez que em fase de Projecto de Execução não foi possível obter os elementos necessários para a localização exacta das estacas de fundação do edifício vizinho, foi proposto ao Dono de Obra a alteração das ancoragens por escoras metálicas, de secção tubular ROR 323.9 x 8 mm de espessura. Na verdade, a geometria rectangular do edifício, prestava-se bem a este tipo de solução e a mesma só não foi adoptada à partida, pelas dimensões reduzidas da Obra.

Assim, e de modo a evitar qualquer acidente, como a intersecção de uma estaca de fundação por uma ancoragem, preconizou-se a realização de escoras em tubos metálicos, entre os alçados BC e DA, com comprimentos máximos na ordem dos 11.0 m. A colocação destes elementos foi realizada de forma faseada (ver Fotografia 1), acompanhando os trabalhos de escavação que avançaram desde o alçado AB até ao alçado CD, situado junto à Av. Lourenço Peixinho (ver Figura 1). A ligação das escoras à viga de coroamento foi realizada por meio de buchas químicas.

À frente da cortina de contenção periférica foi realizada uma parede de betão armado, a construir de baixo para cima após a execução da laje de fundo. Para tal foi necessário demolir, numa espessura máxima de 0.25m, a parte interior das colunas. A parede foi, então, betonada contra a cortina (ver Fotografia 2). Esta parede é dimensionada para suportar, em fase definitiva, os impulsos do terreno, da água e das sobrecargas no tardoz da mesma.

4.3 Fundações e Tampão de Fundo

As fundações dos pilares e paredes do interior do edifício são indirectas, realizadas por meio de colunas de Jet Grouting, tipo 1, a partir da superfície (cota do piso 0). As colunas têm um diâmetro mínimo $\phi 800$ mm, são armadas com tubos TM – 80, $\phi 127 \times 9$ mm, em aço de alta resistência, e encastram, na base, um mínimo de 2.0 m nas argilas silto-margosas. O topo das colunas de fundações localizadas no interior da Obra, não inseridas na cortina de contenção, situam-se imediatamente abaixo do tampão de fundo (sensivelmente 6.0 m abaixo da superfície – plataforma de trabalho). Estas colunas foram realizadas com uma dosagem de 300 kg /m de coluna.



Fotografia 1 - Escavação na fase final.

No cálculo das colunas, dimensionadas apenas para as cargas verticais, adoptou-se uma tensão característica de resistência à compressão de 4 MPa (2MPa, em serviço), atendendo ao tipo de solo e à razão C/V (peso de cimento por volume nominal do corpo consolidado) [2] e ainda com base em ensaios realizados em Obras semelhantes [1]. As acções horizontais são absorvidas pela reacção do terreno contra a cortina de contenção.

O tampão de fundo proposto para a base da escavação, tem o objectivo de limitar a afluência da água, durante a fase construtiva, motivada por um nível freático localizado acima da cota da base de escavação, em terrenos de elevada permeabilidade. É constituído por colunas de Jet Grouting, tipo 2, com um diâmetro mínimo ϕ de 1500 mm, espaçadas a eixo, entre si, de 1.20m, com uma altura mínima de 2.00 m e com uma dosagem de cerca de 700 kg/m.

A geometria das colunas de Jet Grouting foi comprovada por meio de colunas de ensaio.

Após a escavação generalizada da área prevista, delimitada pela cortina de contenção periférica e pelo tampão de fundo, procedeu-se ao corte dos troços superiores dos tubos TM, localizados no interior do recinto de escavação, e que se situam acima dos comprimentos necessários para a sua amarração aos respectivos maciços de encabeçamento.



Fotografia 2 - Escavação e preparação para a execução da parede de revestimento.

Sobre o tampão de fundo, e após o saneamento da face superior do mesmo, executou-se uma laje, de betão armado. Esta laje foi dimensionada para absorver as subpressões provocadas pela posição do N.F. acima da cota de escavação, assim como os momentos flectores na base dos vários pilares e paredes. Sobre a laje foi colocada um enrocamento de drenagem e finalmente um massame armado.

4.4 Instrumentação

Os trabalhos de escavação foram acompanhados e controlados com o apoio de um adequado plano de instrumentação, constituído por 2 calhas inclinométricas, inseridas no interior de tubos metálicos das colunas da contenção e por alvos topográficos colocados ao longo da viga de coroamento e das empenas dos edificios confinantes. Foram realizadas leituras semanais e em situações de dúvida aumentou-se a frequência de leitura.

Com base nos alvos colocados ao longo da viga de coroamento determinaram-se deslocamentos máximos na ordem dos 2.0mm, ($\approx H / 2000 \ll H/500$ de acordo com o EC7). A partir dos alvos colocados nas empenas, a cerca de 6.0 m acima da cota da rua, obtiveram-se deslocamentos, para o interior da escavação, de cerca de 2.0 mm, no edificio fundado em estacas, que confronta o alçado BC, e deslocamentos máximos na ordem dos 7.0 mm, no edificio que confronta o alçado DA, com fundação directa.

As leituras realizadas aos inclinómetros confirmaram o bom comportamento da contenção, tendo-se verificado deslocamentos acumulados, praticamente nulos no inclinómetro 1, no lado BC da contenção, adjacente ao edifício fundado por estacas, e máximos de 5.0 mm ($\approx H/840 < H/500$ de acordo com o EC7) no alçado oposto, DA, junto ao edifício com fundação directa.

O resultado das leituras só veio confirmar o bom comportamento da solução adoptada para a escavação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de Jet Grouting e a sua versatilidade ficou bem patente nesta Obra. De facto numa área apertada e de acessos condicionados, a solução de Jet Grouting permitiu dar resposta a 3 problemas distintos: fundações indirectas; cortina de contenção e tampão de fundo.

A utilização de Jet Grouting no melhoramento dos solos, nomeadamente em tampões de fundo, ou até mesmo como elementos de fundação indirecta, tem sido frequente. Em estruturas de contenção a utilização de Jet tem sido comum por exemplo em cortinas de estacas de betão armado intercaladas com colunas deste material.

Na presente Obra a utilização das colunas de Jet na cortina de contenção como elemento estrutural foi possível graças à introdução de um tubo metálico no comprimento de coluna solicitado. Sem estes tubos, assumindo um comportamento elástico para as colunas de Jet Grouting e atendendo ao equilíbrio estático das secções em análise, não seria possível verificar a segurança à flexão.

Por outro lado a alteração da solução de travamento da contenção, de ancoragens para escoramentos acabou por se impor, infelizmente, por falta de informação relativamente ao Projecto das Fundações do edifício vizinho. Reconhece-se que nestas condições teria sido arriscado a execução de ancoragens em terrenos melhorados localmente por meio de colunas de Jet, uma vez que existem estacas de fundação cuja localização se desconhecia.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao dono da Obra citada a permissão para a divulgação da presente comunicação.

É importante destacar que os trabalhos foram realizados por equipas multidisciplinares, que para além da componente de concepção e produção, incluiu ainda, entre outras, as tarefas de orçamentação, geologia – geotecnia, instrumentação, qualidade e segurança.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Pinto, Alexandre; Falcão, João; Durão, João; Barata, Carlos; Amaral, Ana Raquel, Costa, André, Pacheco, Joana, 9º CNG;
- [2] Altan, Victoria, A Construção – Construção São Paulo n.º 2013, Setembro de 1985;