

EDIFÍCIO CENTENÁRIO EM LISBOA – ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

CENTENARY BUILDING IN LISBON – EXCAVATION, PERIPHERAL RETAINING WALLS AND UNDERPINNING

Pinto, Alexandre, *JetSJ – Geotecnia, Lda., Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.pt*
Tomásio, Rui, *JetSJ – Geotecnia, Lda., Lisboa, Portugal, rtomasio@jetsj.pt*
Marques da Costa, Ricardo, *Reyal Urbis, Lisboa, Portugal*
Cabaço, Jorge, *Keller Grundbau GmbH, Portugal (*)*

RESUMO

O edifício centenário situado na esquina da Rua Martens Ferrão com a Rua do Viriato, em Lisboa, cujo interior foi demolido e as fachadas preservadas, foi alvo de uma intervenção que determinou a construção de uma nova estrutura interior em betão armado, incluindo a execução de 4 pisos enterrados, com as paredes periféricas localizadas sob as fachadas a preservar. Face aos condicionamentos existentes, em particular as condições geológicas e a impossibilidade de realização de ancoragens para travamento das paredes de contenção periférica, mostrou-se necessário o recurso a uma técnica de contenção que permitisse, para além da utilização na fase construtiva do maior número possível de elementos da futura estrutura definitiva, proceder, simultaneamente, ao recalçamento das fachadas a preservar e à contenção e tratamento dos terrenos.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the case of a centenary building, located at the corner of Martens Ferrão Street and Viriato Street, in Lisbon, where the original internal masonry structure was demolished and rebuilt with a reinforced concrete one, keeping the main façades. According to the new project an excavation bellow the existent centenary façades was needed in order to allow the construction of 4 underground floors, for car parking. Due to the existent constraints, such as the geological conditions, as well as the prohibition for the using of ground anchors, special and integrated peripheral retaining walls, underpinning and soil improvement solutions were adopted, where several elements of the final solutions, such as parts of the underground slabs, were used during the construction phase.

1. DESCRIÇÃO DA ENVOLVENTE E DA INTERVENÇÃO

O recinto onde foi realizada a escavação dispõe de uma área com geometria, em planta, aproximadamente rectangular com de cerca de 18,5x17,0 m², apresentando as seguintes principais confrontações (Figura 1):

- Alçado Norte: edifício centenário com 5 pisos elevados e uma semi-cave.
- Alçado Nascente: edifício centenário com 5 pisos elevados sem caves.
- Alçado Sul: Rua Martens Ferrão (fachada centenária a preservar – 20 metros de altura).
- Alçado Poente: Rua do Viriato (fachada centenária a preservar – 20 metros de altura).

(*) – quadro da empresa Keller Grundbau GmbH à data da realização da obra

A solução proposta consistiu, nos alçados Norte e Nascente, numa solução de contenção do tipo “Berlim Definitivo”, travada por vigas metálicas treliçadas, ao nível dos pisos, complementada com o tratamento do terreno a tardo, através da execução de colunas de jet grouting não armadas (Figura 1). A opção por vigas treliçadas nestes alçados foi motivada por razões de natureza arquitectónica, em particular pelo facto da parede periférica, na fase definitiva, ser travada pelas rampas de acesso aos pisos enterrados, inviabilizando a execução de um quadro fechado horizontal, com lajes em betão armado nos quatro alçados (figuras 1 e 2).

Nos alçados Sul e Poente, onde, de acordo com o previsto no Projecto de Arquitectura, a parede de contenção se deveria localizar sob as fachadas existentes e a preservar, foi proposta uma solução de contenção constituída por uma cortina de tratamento do terreno através de colunas de jet grouting, armadas com tubos metálicos, complementada por painéis de betão armado, travados pelos troços das futuras lajes definitivas, construídos antecipadamente para o efeito, durante a escavação. Esta solução foi devidamente integrada na solução de recalçamento das fachadas, a qual contemplava ainda a realização de uma fiada de microestacas no interior do recinto da escavação, onde apoiavam os troços das lajes de travamento (figuras 1 e 2).

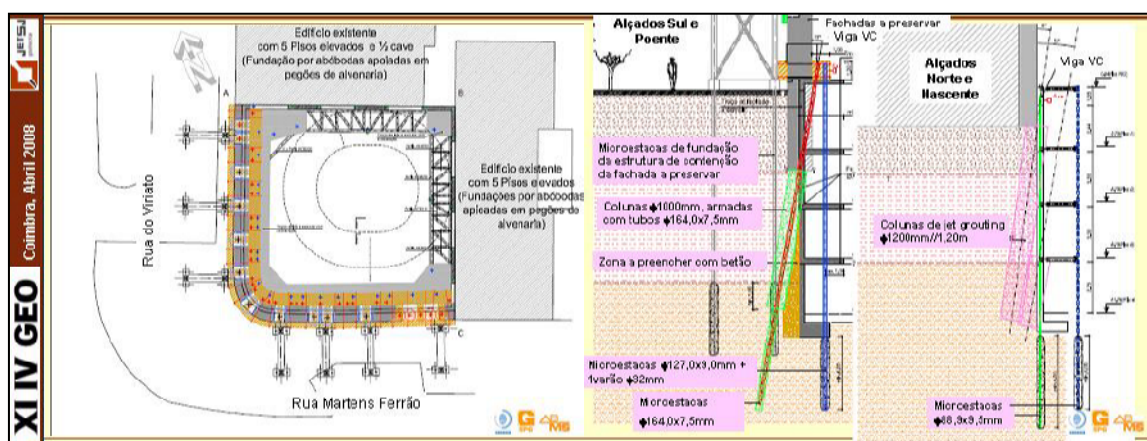


Figura 1 - Planta e secções transversais das soluções adoptadas

Atendendo à natureza dos terrenos interessados, foi proposto, em todos os alçados, um tratamento prévio dos materiais de aterro e aluvionares a conter. Nos alçados Sul e Poente este tratamento passou pela execução de uma cortina de colunas de jet grouting, armadas com tubos metálicos, com a dupla função de tratamento e de recalçamento das fachadas. Nos alçados Norte e Nascente foi efectuado o tratamento prévio dos mesmos materiais, também através de colunas de jet grouting, mas neste caso, não armadas, pois procedeu-se posteriormente à execução de uma contenção do tipo “Berlim Definitivo”, travada por vigas treliça provisórias, localizadas ao nível dos pisos (figuras 1, 2 e 4).

As vigas treliça, em conjunto com os troços de laje, construídos durante a fase de escavação, constituíram quadros fechados de travamento rígido e simultâneo dos quatro alçados, ao nível das lajes dos pisos 0, -1, -2 e -3. A localização do primeiro travamento acima da cota das fundações dos edificios vizinhos, associada à rigidez e auto - equilíbrio do mesmo, revelou-se fundamental na garantia do bom comportamento, traduzido na limitação das deformações, das estruturas e das infraestruturas vizinhas (figuras 1, 2 e 4).



Figura 2 - Efeito de quadro fechado conferido pelos troços de laje e pelas treliças metálicas

2. PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

No que se refere aos principais condicionamentos existentes, importa salientar dois grandes grupos: os condicionamentos devidos à geologia e à geotecnia dos terrenos interessados e os condicionamentos relativos às fachadas a preservar, condicionando o tipo de equipamentos e as tecnologias a utilizar, e à existência de estruturas e infraestruturas, muito sensíveis, na vizinhança da obra, associadas ainda à impossibilidade de realização de ancoragens para travamento da parede de contenção periférica.

A campanha de prospecção geológica e geotécnica realizada conduziu à identificação, em profundidade, dos seguintes materiais (Figura 3):

- Depósitos de aterro e depósitos de cobertura, constituídos por solos argilo – siltosos, que incluem abundantes fragmentos líticos, em geral de natureza calcária, e restos de cerâmica dispersos.
- Materiais aluvionares, que se encontram relacionados com uma linha de água subsidiária das linhas de escorrência existentes sensivelmente entre o local da obra e o Terreiro de Paço: antigas ribeiras de S. Sebastião da Pedreira e de Vale de Pereiro. São essencialmente constituídos por argilas siltosas, com seixo fino disperso, associando consistência muito mole a dura.
- Substrato Miocénico, constituído por areias argilosas, de granulometria variável, embora de tendência média a grosseira, incorporando importante fracção grosseira, seixo e calhau, de natureza quartzosa/siliciosa. Os níveis miocénicos mais superficiais apresentam-se descomprimidos, correspondentes a solos granulares medianamente compactos. A partir dos 9 a 10m de profundidade ocorrem materiais miocénicos muito compactos, denominados de “Argilas e Calcários dos Prazeres”.

A existência de serviços enterrados com grande dificuldade de desvio do traçado, nomeadamente uma conduta de gás e linhas eléctricas de alta tensão, determinou que todos os elementos de suporte vertical necessários, e exigindo o recurso a trabalhos de furacão, fossem realizados no interior do recinto da escavação.

A delimitação do recinto da escavação pelas fachadas a preservar e por dois edifícios centenários de médio porte, com soluções de fundação típicas de muitos edifícios de Lisboa construídos no início do século XX, constituídas por abóbadas em alvenaria de tijolo, as quais descarregam sobre elementos tipo pegão, em alvenaria de pedra calcária fracamente argamassada, mostrou-se um importante condicionamento, devido à susceptibilidade destes edifícios a assentamentos diferenciais (figuras 3, 5 e 6).



Figura 3 - Perfil geológico – geotécnico e trabalhos de tratamento de terrenos

3. SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA E DE RECALÇAMENTO

Com base nos condicionamentos existentes, e referidos anteriormente, foram executadas soluções para a estrutura de contenção periférica e para o recalçamento das fachadas a preservar devidamente integradas entre si e com o tratamento prévio dos depósitos de aterro e dos materiais aluvionares.

3.1. Alçados Norte e Nascente (confrontam para os edifícios vizinhos)

Contenção periférica, constituída por painéis em betão armado, apoiados provisoriamente em microestacas verticais. Os painéis foram, na sua generalidade, travados por elementos de laje, localizados nos cantos, realizados antecipadamente para o efeito durante os trabalhos de escavação, e por vigas treliça provisórias na sua restante extensão (figuras 1, 2, 4 e 5). Este sistema de travamento apresenta vantagens, essencialmente pela não transmissão de cargas verticais à parede da contenção, mas, em contrapartida, determina o desmantelamento das vigas treliça após a construção da estrutura final dos pisos enterrados, o que só poderia ser contornado com uma eventual melhor compatibilização com o projecto de arquitectura dos pisos enterrados.

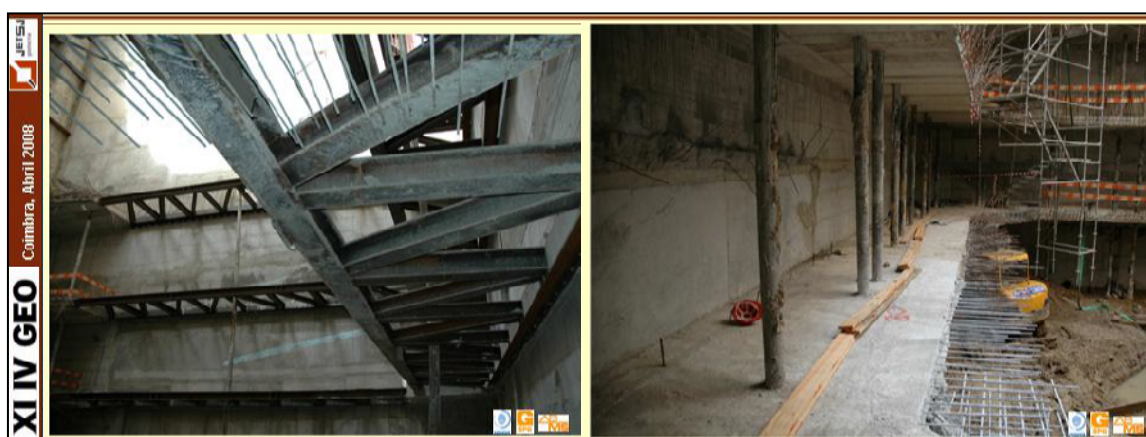


Figura 4 – Vista dos travamentos conferidos pelas treliças metálicas e pelos troços de laje

A contenção periférica foi executada de acordo com a tecnologia denominada de “Berlim Definitivo”, devidamente adaptada, recomendada para este tipo de intervenções, no cenário geológico e geotécnico verificado. Complementarmente, propôs-se que, de forma a limitar a descompressão dos terrenos escavados e atendendo às características dos edifícios adjacentes, fosse realizado um tratamento prévio dos materiais de aterro e aluvionares, através de colunas de jet grouting sub-verticais com diâmetro e afastamento de 1,2m (figuras 1 e 5). Este tratamento, cuja geometria foi confirmada, no decorrer dos trabalhos, em função das cotas de fundação dos edifícios vizinhos, permitiu ainda diminuir a permeabilidade dos terrenos a escavar, limitando a afluência do caudal de água ao interior da escavação.

Como já referido, a construção da parede de contenção consistiu basicamente na execução faseada, de cima para baixo, de painéis de betão armado que apoiavam provisoriamente em microestacas verticais com secção tubular, N80 Ø88,9x9,5mm (API 5A). Estes elementos foram colocados no interior de furos de $\varnothing_{\min}=6"$ (15cm) e foram selados e injectados através de sistema apropriado no comprimento correspondente ao bolbo de selagem, localizado abaixo da cota de fundação prevista para as sapatas. Os painéis foram betonados contra o paramento vertical aberto no terreno previamente tratado, garantindo-se a estabilidade da parede, face aos impulsos provocados pelo terreno e pelas edificações vizinhas, durante as operações de escavação, pela colocação das treliças de travamento provisórias (Figura 5). O tratamento prévio do terreno permitiu ainda a realização da escavação de uma forma bastante menos faseada.



Figura 5 – Vistas da execução da escavação dos terrenos previamente tratados nos alçados Norte e Nascente

3.2. Alçados Sul e Poente (confrontam para os arruamentos e fachadas a preservar)

Nas zonas dos vãos das fachadas a preservar foi adoptada uma cortina de tratamento em colunas de jet grouting verticais, Ø1500mm, executadas a partir dos referidos vãos e armadas com tubos metálicos N80 Ø164x7,5mm (API 5A), com comprimento total que permitisse uma entrega mínima de 5,0m nos terrenos miocénicos competentes. Nas restantes zonas das mesmas fachadas foram realizadas colunas de jet grouting sub-verticais, Ø1000mm, também armadas com tubos metálicos Ø164x7,5mm, no mesmo tipo de aço, com comprimento total que permitisse uma entrega mínima de 5,0m nos terrenos miocénicos competentes (figuras 1 e 6). Esta cortina foi solidarizada a painéis de betão armado, que materializam a parede definitiva, sendo o conjunto travado através de elementos de laje, executados previamente para o efeito e que integrariam posteriormente as lajes dos pisos enterrados (Figura 4).

O recalçamento foi materializado pela realização de uma segunda fiada interior de microestacas, troços de tubos metálicos unidos obrigatoriamente com uniões exteriores, solidarizadas à cortina exterior e às fachadas a preservar através de vigas de recalçamento, executadas de cada um dos lados da parede das fachadas, ligadas entre si através de mecanismos de costura constituídos por barras pré-esforçadas do tipo “Gewi”. Estas microestacas permitiram ainda o apoio interior dos troços de laje e dos painéis de betão armado (figuras 1, 4 e 6).



Figura 6 - Vistas de execução da escavação nos alçados Sul e Poente ao nível das fundações originais

A solução proposta permitiu que as cargas verticais transmitidas pelas fachadas a preservar ao terreno deixassem de solicitar, através das fundações originais em arcos de alvenaria, as formações superficiais, em geral mais descomprimidas e mais afectadas pelos trabalhos de escavação, e, simultaneamente, rigidificar e uniformizar as condições de fundação. Neste enquadramento, considerou-se que a estrutura metálica de contenção das fachadas a preservar, já existente aquando do início dos trabalhos de escavação, incluindo as respectivas fundações, dispunham de capacidade para acomodar as forças horizontais que viessem a actuar sobre as referidas fachadas, em particular as devidas à acção do vento (Figura 7). A existência das fachadas a preservar e da estrutura metálica de contenção das mesmas, consistiu igualmente, no decorrer dos trabalhos, um condicionamento importante às soluções e às tecnologias adoptadas.



Figura 7 – Vista exterior e interior da estrutura metálica de contenção das fachadas nos alçados Sul e Poente

Como em todas as intervenções deste tipo, que envolvem a execução de corpos de jet grouting, a verificação dos diâmetros e das propriedades propostos para as colunas tiveram de ser validados através da execução prévia de colunas de teste e de ensaios laboratoriais. No presente caso, em que as fachadas a preservar e os edifícios adjacentes ao recinto de escavação apresentavam, em geral, níveis de integridade bastante precários, foi também necessário adaptar a tecnologia de execução do jet grouting de modo a, por um lado, conseguir os diâmetros preconizados em projecto, mas, por outro lado, limitar as pressões de injeção e controlar a saída permanente do refluxo, minimizando eventuais fenómenos de empolamento do terreno.

4. PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

Considerando as condições de precariedade das fachadas a preservar e da generalidade dos edifícios vizinhos, o Plano de Instrumentação e Observação mostrou-se fundamental como ferramenta que permitiu a prevenção e a gestão de riscos durante a fase de obra. No presente caso as grandezas consideradas mais importantes para a análise da evolução do comportamento das estruturas referidas foram: deslocamentos horizontais e verticais, absolutos e relativos, da estrutura de contenção, das fachadas a preservar e das empenas dos edifícios vizinhos, assim como ainda os deslocamentos horizontais no interior do maciço a conter.

Para medir as grandezas anteriormente referidas instalaram-se diversos dispositivos, nomeadamente: alvos topográficos, réguas topográficas e inclinómetros.

A localização dos dispositivos de medição foi definida durante a fase de projecto e ajustada em fase de obra, em função dos condicionamentos aferidos no local, de modo a permitir a definição de perfis transversais principais de observação nas fachadas a preservar e nas empenas dos edifícios vizinhos. Em fase de obra, optou-se ainda pela colocação de alguns fissurómetros sobre fissuras já existentes nas fachadas a preservar, de forma a permitir o acompanhamento da sua eventual evolução.

Atendendo às características de precariedade anteriormente mencionadas e à natureza da intervenção a realizar, preconizou-se que o conjunto de dispositivos instalados fossem lidos, durante a execução dos trabalhos de escavação e de construção dos pisos enterrados, com uma frequência não inferior a uma vez por semana. Estas mesmas características, também implicaram a definição de critérios de alerta e de alarme bastante rígidos (Figura 8).

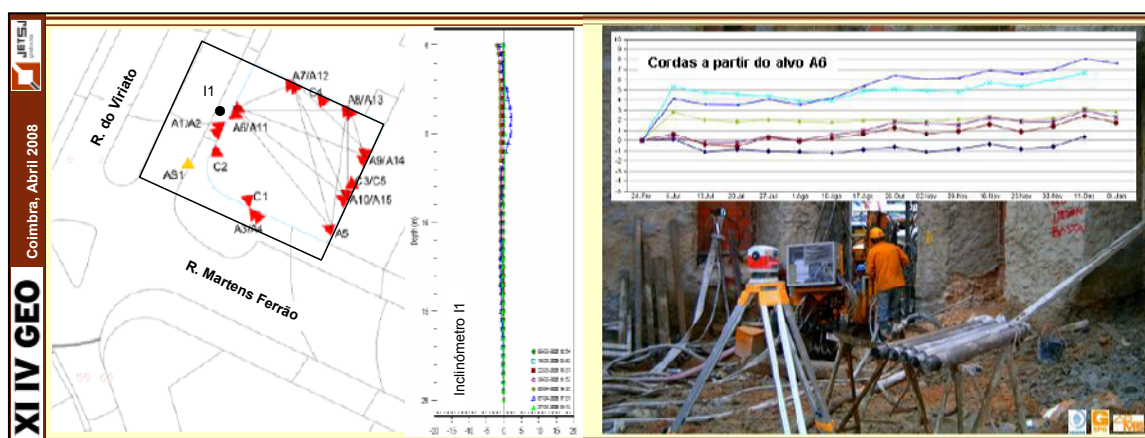


Figura 8 – Instrumentação e observação: planta de localização de aparelhos e alguns resultados

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções de contenção periférica e de recalçamento descritas, implementadas de forma devidamente interligada, associadas ao tratamento prévio dos depósitos de aterro e dos materiais aluvionares, revelaram-se particularmente adequadas aos condicionamentos geológicos e de condições de vizinhança existentes, com destaque para a impossibilidade de realização de ancoragens. A comprovação foi o desenrolar de todos os trabalhos de escavação sem registo de movimentos que determinassem a verificação de critérios de alerta e de alarme nos diversos aparelhos de monitorização instalados na obra e, sobretudo, sem danos nos edifícios e nas infraestruturas adjacentes que condicionassem a respectiva funcionalidade (figuras 8 e 9).

No enquadramento actual em que se assiste à tendência para dificultar a permissão do recurso a soluções ancoradas em zonas urbanas, a utilização de colunas de jet grouting para melhoramento das propriedades dos materiais superficiais mais descomprimidos, associada à execução de uma parede de contenção do tipo “Berlim Definitivo”, travada por troços das futuras lajes definitivas dos pisos enterrados, confirmou-se com uma solução bastante interessante. A possibilidade da generalidade dos elementos executados na fase provisória poderem ser incorporados na fase definitiva, associada à viabilidade de realizar a escavação de uma forma menos faseada e não condicionada pela existência de escoramentos no interior do recinto de escavação, constituem igualmente vantagens da solução. Esta poderá ainda ser optimizada se puder existir uma maior articulação com o projecto de arquitectura, que permita que as lajes dos pisos enterrados, localizadas junto às paredes da contenção periférica, se apresentem niveladas à mesma cota, dispensando o recurso ao travamento por treliças metálicas, ou por elementos a desactivar / demolir em segunda fase (Marques da Costa et al. 2007).



Figura 9 – Vistas da obra na fase final dos trabalhos de escavação e contenção periférica

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dono de Obra – Euro Imobiliária, S.A., actual Reyall Urbis, a permissão para a redacção do presente texto.

REFERÊNCIAS

Marques da Costa, R.; Pinto, A.; Tomásio, R. e Cabaço, J. (2007) - "Edifício de Habitação: Escavação, Contenção Periférica e Recalçamento de Fachadas", *Engenharia e Vida*, nº33, Março 2007, 28-35.