

Reabilitação de um complexo habitacional na Avenida da Liberdade, em Lisboa

Rehabilitation of a set of housing buildings in a heritage protection zone in Lisbon

João Almeida
David Gama
Miguel Lourenço

Resumo

Nesta comunicação apresentam-se os aspetos principais da conceção e execução das estruturas do complexo habitacional Liberdade 203, recentemente concluído, localizado na Av. da Liberdade e Rua Rosa Araújo, em Lisboa. Os cinco edifícios anteriormente existentes no local, zona com importantes exigências de proteção do património construído, foram edificados no final do século XIX. As exigências das entidades licenciadoras no que se refere à preservação do património, a conceção arquitetónica prevista e as atuais exigências de conceção sísmica conduziram a intervenções de consolidação e reforço estrutural dos edifícios com uma variedade significativa de soluções estruturais, necessárias para compatibilizar todos os aspetos referidos.

Abstract

In this paper the essential aspects of the rehabilitation of a set of housing buildings, constructed at the end of the 19th century in the Liberdade Avenue, in Lisbon, are presented. These buildings are located in a special protection zone, intended to protect the built heritage. Therefore, it was necessary to take into account not only the demands related with structural safety, economy and execution time, but also the ones that result from the heritage protection. These aspects led to the use of a great diversity of structural solutions and materials for the reinforcement of the buildings structure and its different elements: foundations, resistant walls in masonry and wood pavements.

Palavras-chave: Sistemas estruturais / Betão estrutural / Pré-esforço / Estruturas de transição

Keywords: Rehabilitation / Heritage / Seismic design / Traditional materials

João Almeida

JSJ, Consultoria e Projectos de Engenharia, Lda.
Lisboa, Portugal
jalmeida@jsj.pt

David Gama

JSJ, Consultoria e Projectos de Engenharia, Lda.
Lisboa, Portugal
dgama@jsj.pt

Miguel Lourenço

JSJ, Consultoria e Projectos de Engenharia, Lda.
Lisboa, Portugal
mlourenco@jsj.pt

Aviso legal

As opiniões manifestadas na Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Legal notice

The views expressed in the Portuguese Journal of Structural Engineering are the sole responsibility of the authors.

ALMEIDA, J. [et al.] – Reabilitação de um complexo habitacional na Avenida da Liberdade, em Lisboa. **Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas**. Ed. LNEC. Série III. n.º 8. ISSN 2183-8488. (novembro 2018) 113-124.

1 Introdução

O artigo descreve as diversas soluções estruturais adotadas no projeto do edifício *Liberdade 203*, localizado na Avenida da Liberdade / Rua Rosa Araújo, em Lisboa (Figura 1).

Os cinco edifícios anteriormente existentes no local, zona com importantes exigências de proteção do património construído, foram edificados no final do século XIX, na generalidade constituídos por um piso enterrado e cinco a seis pisos elevados. Neste contexto, em termos gerais, a intervenção estrutural a realizar deve tentar conjugar a necessidade de preservar a identidade do edifício (incluindo a sua conceção estrutural e materiais), com a nova conceção arquitetónica/funcional proposta, bem como com as exigências de conforto e segurança de um edifício moderno, com altas exigências de qualidade.



Figura 1 Localização dos edifícios

2 Caracterização estrutural do edifício existente

O projeto original dos edifícios existentes não estava disponível, pelo que a informação sobre as construções foi obtida de levantamentos geométricos/topográficos e do conhecimento existente sobre a época construtiva na zona de Lisboa onde se inserem. Os edifícios originalmente eram constituídos por uma cave, piso térreo e cinco a seis pisos elevados, com exceção do *Edifício 2* com apenas dois pisos elevados (Figura 2).



Figura 2 Alçado (Rua Rosa Araújo) e corte transversal dos edifícios existentes (1 a 5)

O sistema estrutural dos edifícios é típico do início do séc. XX, sendo constituído por:

- **Pisos** – Soalho sobre vigamentos de madeira, com tarugos a travar o piso. Os barrotes de madeira estão apoiados nas paredes exteriores e interiores, sendo geralmente perpendiculares às fachadas;
- **Parede Exteriores e Fundações** – As paredes exteriores são em alvenaria de pedra ordinária calcária; a sua espessura varia em altura (0,65 m a 1,15 m), sendo substancialmente mais larga nas fundações. Em alguns casos as paredes são suportadas por arcos de fundação, estando o estrato resistente a mais de 12 m de profundidade;
- **Paredes Interiores e Fundações** – As paredes interiores são ou: (i) estruturais (paredes de frontal) ou não estruturais (de tabique). A maioria das paredes interiores não apresentava continuidade para o piso térreo (piso originalmente dedicado a comércio), sendo suportadas por vigas de ferro fundido suportadas em pilares do mesmo material no piso térreo, que depois eram suportados por pilares de pedra ao nível da cave;

- **Telhado** – Constituído por telhas suportadas por uma estrutura de madeira.

O estado de conservação dos edifícios era muito diferente entre si. O *Edifício 1* apresentava-se muito bom estado de conservação. De facto, apesar de ter sido construído numa época associada a más práticas construtivas (os edifícios *Gaioleiros* têm conotação geralmente negativa), este edifício apresentava uma conceção estrutural e qualidade de execução muito elevada, para o que é habitual verificar-se da época. As paredes exteriores apresentam um muito bom estado de conservação, tal como a estrutura tridimensional em madeira (Figura 3 a): tanto ao nível dos materiais como dos detalhes de ligação. As exceções eram as zonas húmidas, nomeadamente em torno do saguão, onde a degradação da madeira causada por água era evidente. Já os *Edifícios 2 a 5* estavam com um nível de degradação muito elevado, apresentando diversas anomalias nos elementos estruturais (infiltrações, proliferação de fungos, ataque de térmitas, deformações excessivas...), tendo mesmo ocorrido o colapso de uma das paredes de empena (Figura 3 b)).



Figura 3 a) Edifício 1: Paredes interiores (após demolição de enchimento); b) Edifício 2 – Colapso

3 Intervenção

3.1 Aspetos gerais

O conjunto de edifícios foi dividido em três blocos estruturais distintos, cujas soluções estruturais se representam nas Figuras 4 e 5:

- *Bloco A* – dado o bom estado de conservação do edifício original, a intervenção consistiu na reabilitação e reforço da estrutura existente; o edifício foi ainda ampliado em dois pisos;
- *Bloco B e C* – dado o estado de degradação avançado dos edifícios que constituem estes blocos, foi realizada uma demolição integral do interior, preservando-se as fachadas principal e de tardoz. Os edifícios foram ampliados e foi adotada uma estrutura de betão armado e pré-esforçado.

Na área correspondente aos Blocos B e C, a arquitetura previa três pisos enterrados para estacionamento, correspondendo a uma escavação de 14 m. Foi ainda executado um túnel para ligar o estacionamento aos acessos verticais do edifício do Bloco A.

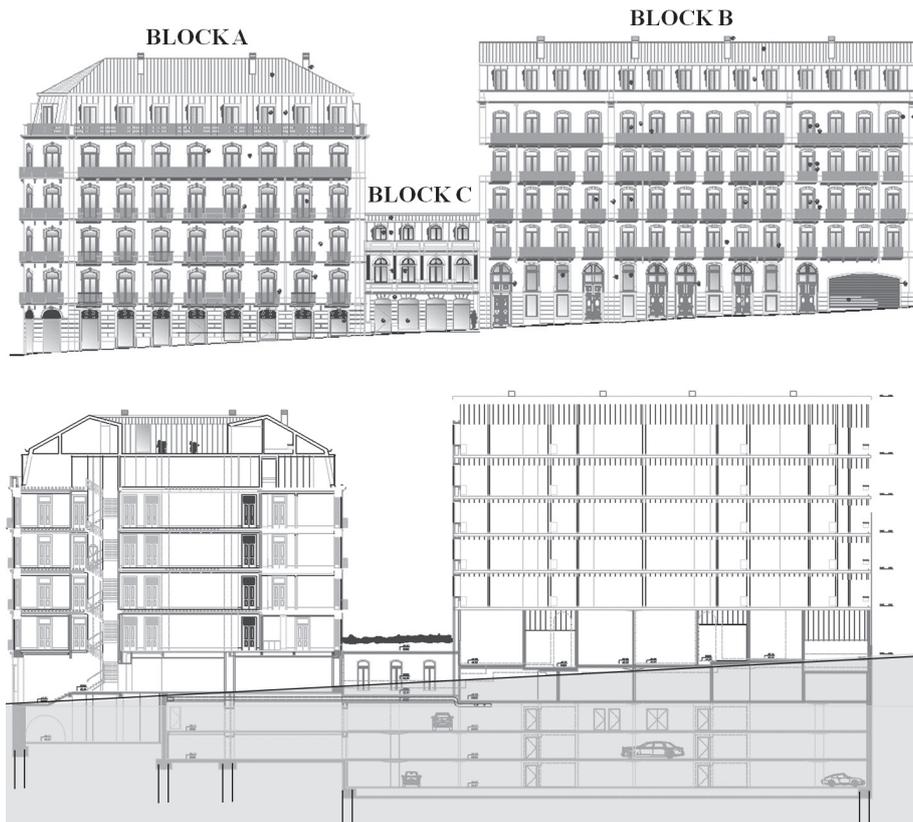


Figura 4 Estrutura acabada: Alçado principal (em cima) e corte (em baixo)

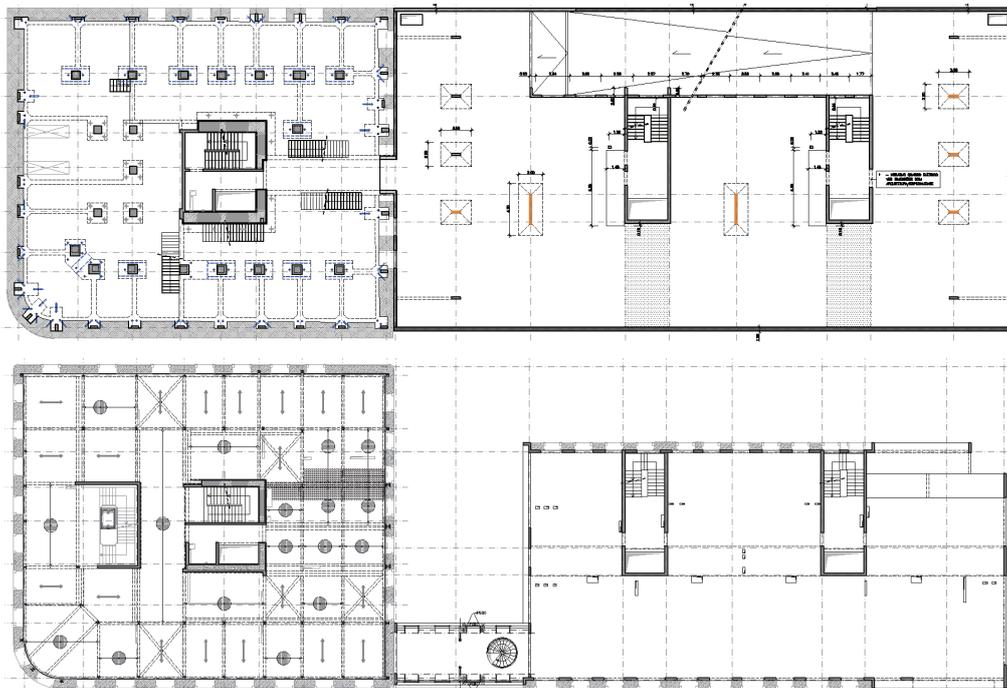


Figura 5 Plantas – tipo da solução estrutural adotada (piso enterrado, em cima, e piso elevado, em baixo)

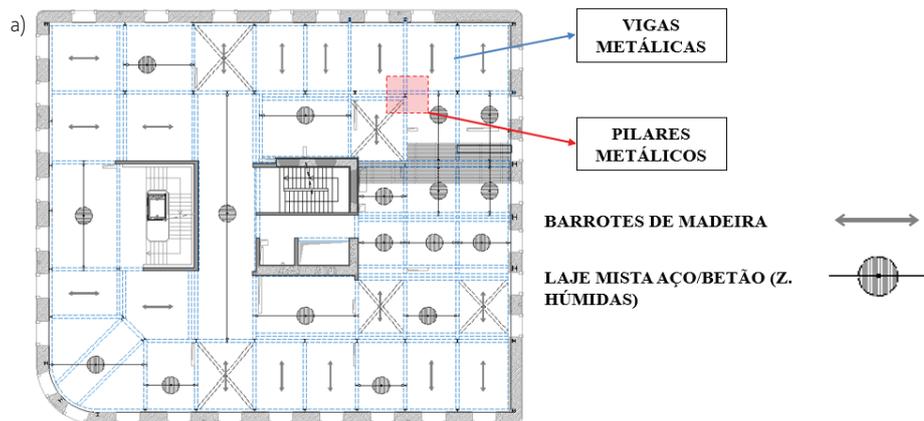


Figura 6 a) Solução estrutural de reforço no Bloco A para cargas verticais nos pisos elevados; b) Pórticos metálicos e laje mista aço-betão, visíveis durante a fase de construção

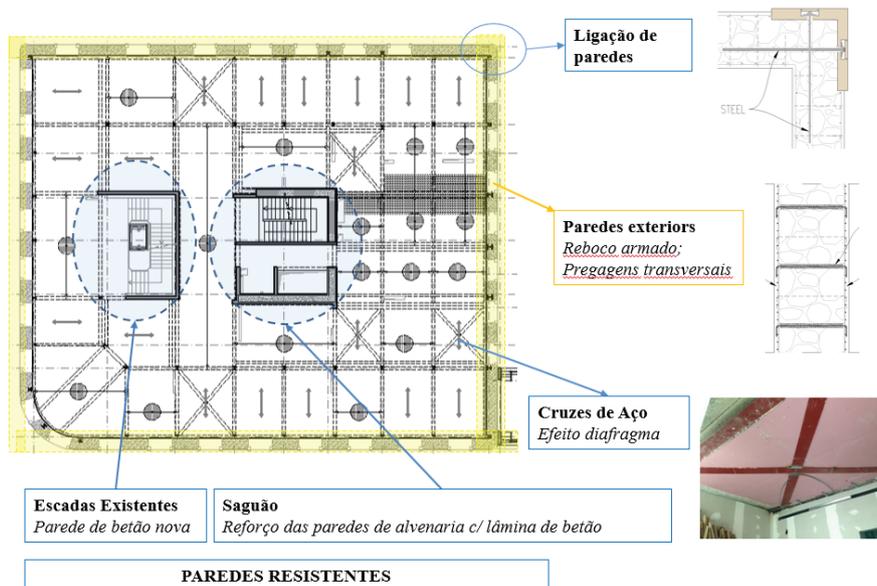


Figura 7 Solução estrutural de reforço no Bloco A (Reforço Sísmico)

3.2 Bloco A

3.2.1 Reforço para cargas verticais

O programa arquitetónico previa a demolição de algumas paredes de alvenaria que tinham funções de suporte do pavimento. Assim, foi necessário criar um sistema de pórticos metálicos de modo a suportar os pavimentos existentes. Adicionalmente, nas "zonas húmidas", onde o pavimento já se encontrava, na generalidade, degradado, foi exigida uma solução em betão de modo. Esta solução teve também a função de garantir elevados níveis de redução acústica entre frações, aspeto que era determinante num empreendimento para segmento alto. No piso térreo, devido ao acréscimo de cargas no pavimento (4 kN/m^2), os pavimentos existentes foram completamente substituídos por uma solução mista aço-betão. Na Figura 6 esquematizam-se e ilustram-se as principais soluções de reforço adotadas no edifício para as cargas verticais.

3.2.2 Reforço sísmico

A estrutura existente foi reforçada para a ação sísmica de acordo com o esquema ilustrado na Figura 7. Garantiu-se que o pavimento funciona como diafragma através de cruzetas de aço nos pavimentos de madeira (existem também as zonas maciças de betão), sendo as forças de massa resistidas através dos núcleos (paredes existentes no centro do edifício reforçadas com lâmina de betão armado) e, ainda, pela parede de alvenaria exterior na qual: (i) se garante um comportamento no plano através de reforço da mesma para fora do plano e com prevenção de mecanismos de rotura locais (reboco armado, pregagens, ligação aos pavimentos) e (ii) se amplia a sua capacidade de dissipação de energia no plano, através dos reforços da parede com recurso a reboco armado e pregagens transversais.

3.2.3 Reforço de fundações

Neste edifício as paredes de alvenaria e os novos pórticos metálicos são suportados por um sistema existente de pilares de pedra na cave que foram reforçados através de encamisamento. Estes pilares tinham fundação direta, tendo sido estas fundações reforçadas com recurso a microestacas. Na Figura 8 ilustra-se e esquematiza-se a solução utilizada.

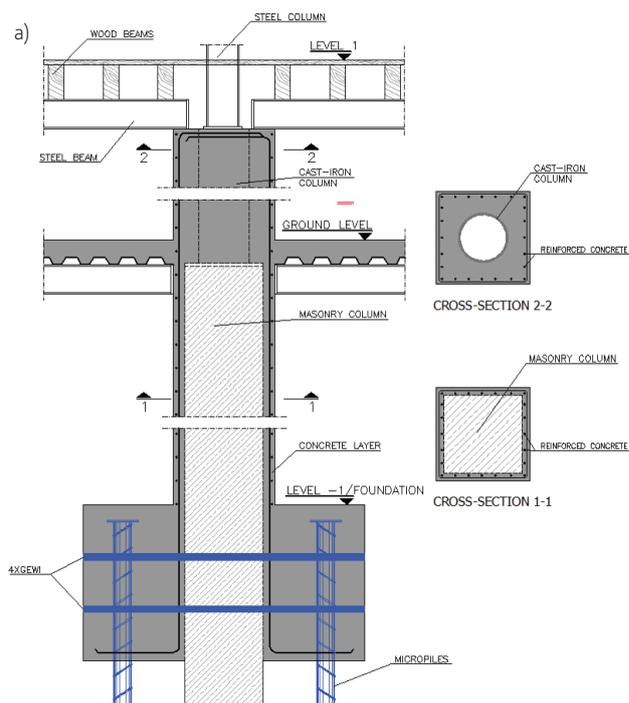


Figura 8 Reforço de fundações. (a) Esquema do reforço dos pilares de pedra por encamisamento e da fundação; (b) Fotografia durante a fase construtiva de reforço da fundação

3.3 Blocos B e C

3.3.1 Contenção periférica e contenção/recalçamento das paredes de fachada

Nos Blocos B e C a estrutura de betão foi executada após a demolição do interior dos edifícios existentes e a fase de escavação estar completa. O projeto desta fase é da autoria da JetSj, sendo que uma descrição mais detalhada deste projeto pode ser encontrada em [2]. A Figura 9 ilustra a planta da área de escavação, a qual foi realizada com muro do tipo Berlim definitivo, associada a um tratamento prévio dos terrenos com uma solução de colunas de solo cimento.

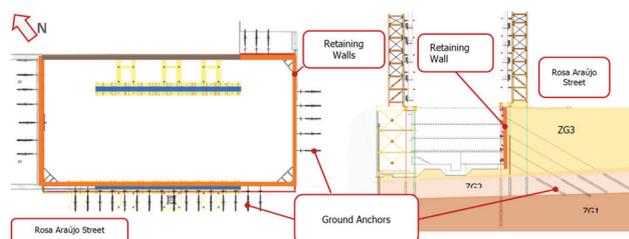


Figura 9 Solução de escavação (retirado de [2])

Para suportar o peso das fachadas durante a escavação e trabalhos de construção, foi utilizado o sistema representado na Figura 10. Neste sistema, o peso da parede é transferido para microestacas através de vigas de recalçamento pré-esforçadas com barras de alta resistência do GEWI.

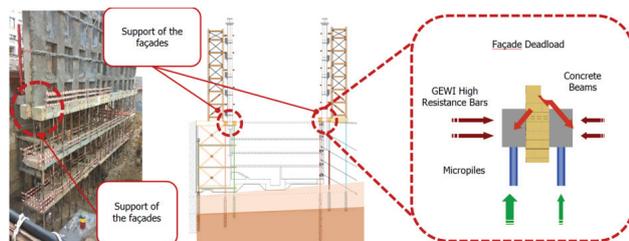


Figura 10 Recalçamento das fachadas (retirado de [2])

A estabilidade das fachadas face às ações horizontais durante os trabalhos de construção foi assegurada por estruturas metálicas de suporte lateral, como ilustra a Figura 11. Os movimentos das paredes foram monitorizados durante todos os trabalhos de construção.

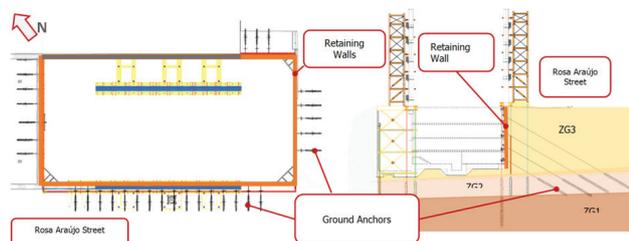


Figura 11 Suporte lateral das fachadas (retirado de [2])

3.3.2 Solução estrutural

Como anteriormente referido, a proposta arquitetónica para os Blocos B e C consiste na demolição do interior do edifício, apenas com a manutenção das paredes de alvenaria das fachadas, pelo que se propõe, na generalidade, uma solução estrutural constituída por pilares, núcleos, vigas e lajes de betão armado e pré-esforçado. Os pisos apoiam, em geral, monoliticamente em pilares de betão armado, com secção retangular e dimensões adaptadas ao nível de esforços a que estão submetidos. As lajes estão também ligadas aos núcleos de acesso dos edifícios, que se prolongam até à fundação, apoiando-se, nas zonas das caves, diretamente nas paredes de contenção que delimitam o contorno dos edifícios. A solução estrutural adotada para os pavimentos é, na generalidade, realizada com lajes fungiformes maciças de betão armado, com capitéis, espessamentos ou bandas maciças, quando necessário. As lajes dos pisos enterrados, vencendo vãos correntes entre cerca de 7,0 m e 8,5 m, têm em geral 0,25 m de espessura, com capitéis, de altura variável, nas regiões de apoio nos pilares.

A diversidade funcional dos vários pisos, com exigências de vãos e localização de elementos verticais distintas, bem como as restrições existentes à espessura máxima dos elementos estruturais dos pisos conduziram à utilização de diversas soluções pré-esforçadas, das quais se referem seguidamente algumas situações. Como se ilustra na Figura 12, na zona entre os núcleos verticais e a parede de contenção Norte dos pisos enterrados, com aproximadamente 9,0 m de vão, mantém-se a espessura da laje com recurso a bandas pós-tensionadas com monocordões não aderentes.

A partir do piso 0, na transição para os pisos elevados, as condicionantes arquitetónicas e funcionais na zona central do edifício conduzem à interrupção de todos os pilares interiores, situação que é solucionada com a adoção de uma banda maciça, com 0,50 m de espessura, disposta na direção longitudinal, vencendo, sem apoios intermédios, os vãos entre os núcleos e até às empenas laterais do edifício. A referida banda maciça vence um vão máximo de cerca de 12,9 m, pelo que se adotou igualmente uma solução pós-tensionada, neste caso com cabos aderentes de nove cordões, assegurando-se desta forma um adequado comportamento em serviço, nomeadamente no que diz respeito ao controlo das deformações. As lajes, com vãos de 8,5 m e 0,25 m de espessura, são também pós-tensionadas na direção transversal com grupos de monocordões não aderentes. De referir a dificuldade em compatibilizar ao longo do projeto o traçado dos cabos com todas as aberturas técnicas.

Ilustra-se igualmente a situação do pórtico de tardoz do edifício, cuja parede de fachada existente foi necessário manter, com recalçamento, no interior do recinto de escavação. Como se ilustra na Figura 15, a viga de recalçamento, que durante o processo construtivo se encontrava apoiada em microestacas (Figura 10), é também pós-tensionada para a fase definitiva.

A secção transversal dos pilares de betão armado, localizados junto às paredes da fachada, de 0,20 m x 1,00 m, foi selecionada de forma a minimizar a redução de área útil no interior do edifício. A estabilidade global das paredes existentes, durante a demolição e execução da nova estrutura, foi assegurada através de um sistema de contenção de fachadas. Por sua vez as ações horizontais,

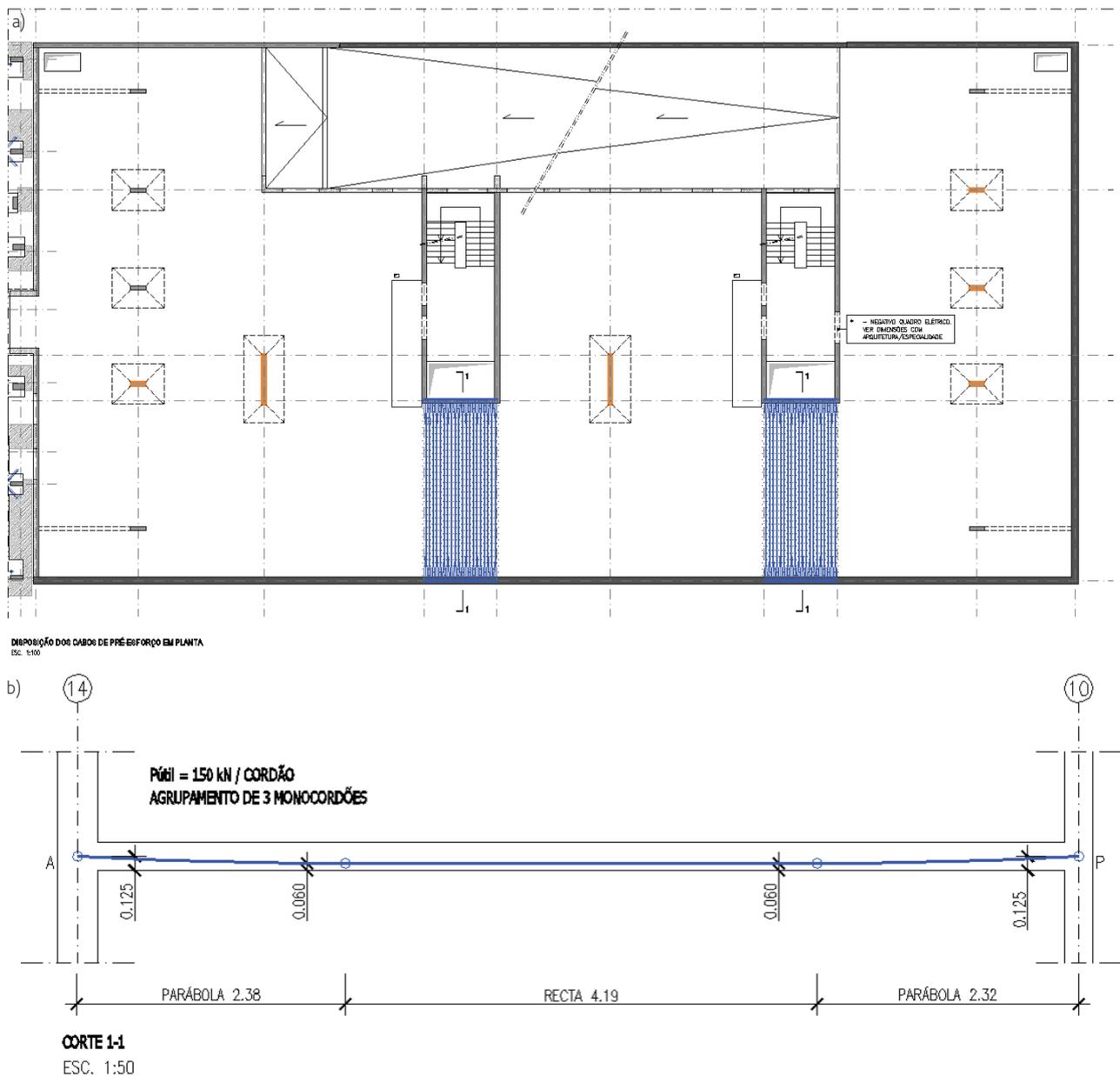


Figura 12 Pré-esforço nas lajes dos pisos enterrados. a) Distribuição em planta; b) Alçado.

nomeadamente as ações sísmicas, são equilibradas pelos elementos verticais de betão armado que transmitem os esforços às fundações. Estes elementos são essencialmente as paredes dos núcleos de acesso, bem como os pórticos das fachadas dispostos na direção longitudinal. A solução estrutural *primária* mantém-se com regularidade, ao longo da altura do edifício, praticamente sem variações de rigidez em planta e alçado. Foi devidamente analisado o acréscimo de esforços provenientes das paredes de alvenaria existentes, que são devidamente ligadas à nova estrutura, através de um sistema de ferrolhos. Os pisos 6 e a cobertura são constituídos por uma solução de pórticos metálicos que apoiam nos elementos

verticais adjacentes às fachadas ou numa viga de betão armado e pré-esforçado. Esta viga tem uma zona em consola com 8,0 m que é também pré-esforçada, como se ilustra na Figura 15.

4 Conclusões

Em termos gerais, uma intervenção estrutural a realizar com manutenção de estruturas/elementos estruturais de construções existentes deve tentar conjugar a necessidade de preservar a identidade do edifício, incluindo a sua concepção estrutural e materiais utilizados, com as novas condicionantes arquitetónicas/



Figura 13 a) Laje maciça com capitéis nos pisos enterrados; b) Laje maciça pós-tensionada, nos pisos enterrados

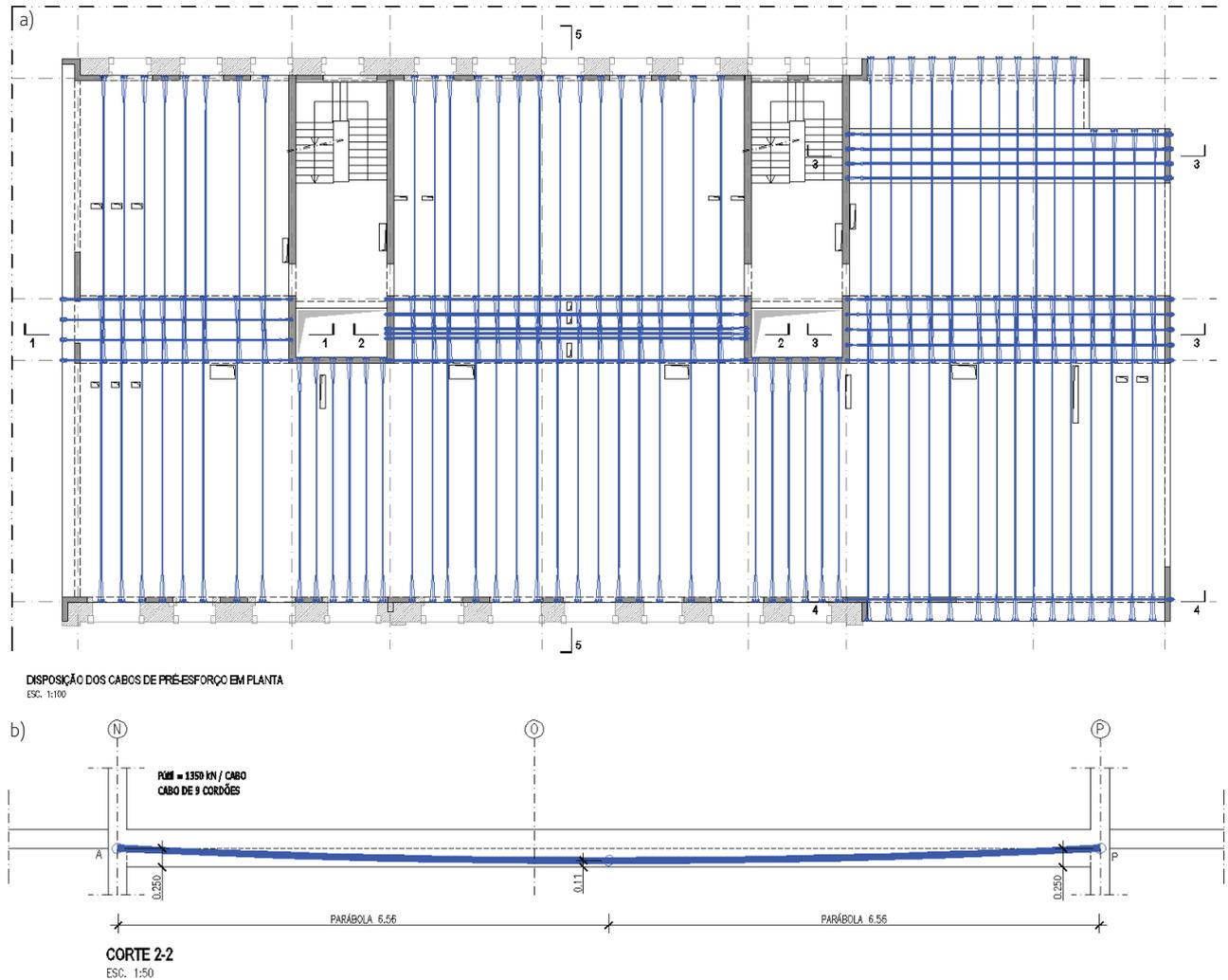


Figura 14 Pré-esforço nas lajes dos pisos elevados. a) Distribuição em planta; b) Corte longitudinal (zona entre núcleos)

funcionais propostas, bem como com as exigências de conforto e segurança de um edifício moderno. No caso apresentado, a intervenção realizada no conjunto de edifícios existentes conduziu a situações muito distintas, de que resultou uma utilização muito diversificada de materiais estruturais, tanto em novos elementos/zonas estruturais como para o reforço de elementos da construção existente. Em particular no caso do edifício designado por Bloco B, o projeto explora algumas das interessantes potencialidades do *betão estrutural* na área das estruturas de edifícios, nomeadamente:

- A capacidade de realização da geometria e formas pretendidas, desempenhando o material funções estruturais e arquitetónicas, e a utilização de vãos amplos, adaptando-se bem às condicionantes arquitetónicas e funcionais do edifício, promovendo-se assim a sustentabilidade estrutural da obra face ao seu acrescido grau de adaptabilidade futuro;
- A utilização criteriosa da continuidade atualmente estabelecida entre conceitos e modelos de projeto para *betão armado* e para *betão armado pré-esforçado* facilita não só a adequação/adaptação a variações das estruturas dos pavimentos, como a possibilidade de realização de transições estruturais verticais.

Agradecimentos

Os autores manifestam o seu agradecimento ao dono da obra, *Liberdade 203*, pela disponibilidade para a divulgação deste projeto e a todos os intervenientes na obra que colaboraram com a JSJ.

Arquitetura: FVA Architectos

Escavação e contenção periférica: JETSj Geotecnia

Estrutura: JSJ Estruturas

Fiscalização: Engexpor

Empreiteiro geral: HCI

Aplicação e projeto de pré-esforço: Mota-Engil

Referências

- [1] Gama, D.; Almeida, J.; Lourenco, M. (2017) – "Rehabilitation of a Set of Housing Buildings in a Heritage Protection Zone in Lisbon". *3rd International Conference on Protection of Historical Constructions*, Lisboa.
- [2] Pinto, A.; Pereira, A.; Rendo, M.; Valadas, J.; Portela, R. (2017) – *Soluções de Contenção Periférica e de Recalçamento de Fachadas do Edifício Liberdade 203, Na Rua Rosa Araújo, Lisboa*.