

António José de Santa-Rita / Professor Associado do Mestrado Integrado em Arquitectura da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Acabamentos em consolas post-tensionadas: a influência de estruturas de betão armado e lajes fungiformes maciças ou aligeiradas post-tensionadas em acabamentos e revestimentos - o caso do edifício na Rua do Lis, em Leiria.

Resumo:

A utilização de estruturas de betão armado pos-tensionado e lajes fungiformes maciças, implica um estudo criterioso, técnico e económico, sobre a sua colocação em obra e a instalação das infra-estruturas técnicas (águas, esgotos e AVAC, principalmente), estudo mais rigoroso quando se aplicam consolas com grandes balanços devido a eventuais consequências do seu funcionamento normal. Numa estrutura pos-tensionada é possível haver um espaçamento maior entre pilares, pois permitem-se vãos de dimensões mais generosas e a colocação de paredes desaprumadas nos vários pisos sobrepostos. No caso presente, a inclusão de consolas com 5,00 m de balanço em 3 pisos sobrepostos, num edifício com 5 pisos, obrigou a alguma ponderação na aplicação de alguns acabamentos na zona de apoio e nas próprias consolas, devido ao comportamento estrutural. Nestas zonas, foi necessário prever uma forma de fixação e estabilização dos revestimentos em paredes e tectos, do assentamento dos rodapés, e dos remates dos tectos com as paredes, apenas após a conclusão de todos os revestimentos exteriores das fachadas (fachadas ventiladas revestidas a lioz) e os limpos dos pavimentos. Há algumas regras a considerar em estruturas deste género e que convém esclarecer e prever na fase de projecto.

palavras-chave: pos-tensionamento; consolas; arquitectura; revestimentos.

Abstract:

In architectural projects, concrete post tensioned structures needs a technical, economical and criterious study of the works specially concerning water and sewage systems, electrical supply systems, HVAC and, above all, when extra length cantilevers are used. With this type of structures it is possible to achieve a greater spacing between columns and the use of cantilevers, as in this case with 5,00 m length, in a 5 stories building in Leiria. Post tensioning is a method of producing prestressed concrete, masonry and other structural elements. The term prestressing is used to describe the process of introducing internal forces (or stress) into a concrete masonry element during the construction process in order to counteract the external loads that will be applied when the structure is put into use (known as service loads). These internal forces are applied by tensioning high strength steel wires which can be done either before or after the concrete is placed. When the steel is tensioned after concrete placement, the process is called post tensioning. When the steel is tensioned before concrete placement the process is called pre tensioning. Due to structural behavior and its consequences, some attention has been paid over 3 upper floors, concerning wall cladding, floor and ceiling finishing. Some decisions have been taken concerning indoors and outdoors walls, ceilings, and plaster coatings, chiefly in the columns closed zones. There are some rules to be considered in post tensioned structures that must be studied since the beginning of the project phase and analyzed for all the project team. The use of post tensioning method enables a builder to get all the advantages of prestressed concrete while still enables him the freedom to construct the member (slab, wall, column, etc.) on the job site in almost any shape or configuration imaginable.

keywords: post-tensioning; cantilevers; architecture; finishing.

1. Introdução

A solução estrutural para qualquer edifício é calculada de acordo com os esforços a que os diferentes elementos estruturais irão estar sujeitos e conciliadas com a solução arquitectónica, que, por sua vez, se conciliará com a solução estrutural.

Na elaboração de projectos, o acordo e o entendimento entre o Arquitecto e o Engenheiro Civil, desde o primeiro esboço, são, cada vez mais relevantes e recomendáveis para não falarmos na interdisciplinaridade, também, entre os diferentes ramos da engenharia e os restantes intervenientes. A colocação em obra e a concretização ou não dos acabamentos previstos, consoante a eventual deformação dos elementos de betão armado, quando for o caso, e quando sujeitos aos esforços e sobrecargas previstos no seu dimensionamento, pressupõe o entendimento entre o Arquitecto, a equipa projectista, o empreiteiro, os sub-empreiteiros, os fabricantes e os fornecedores.

O presente caso refere uma obra recente e cuidadosamente acompanhada, que mereceu ponderação desde a fase de concepção, devido à sua localização na malha histórica da cidade de Leiria e aos constrangimentos urbanísticos do local. Foca as consequências nos acabamentos e nos revestimentos do comportamento de lajes fungiformes pos-tensionadas em consolas com 5 metros de balanço, lançadas sobre um arruamento, num edifício de 5 pisos. Uma estrutura com recurso a lajes fungiformes, maciças ou aligeiradas post-tensionadas, requer ponderação e atenção durante a sua execução e uma implantação relativamente rigorosa na localização das infra-estruturas de águas, esgotos, AVAC e outras, para que os negativos destinados aos atravessamentos das lajes sejam colocados nos locais certos, tendo em vista a colocação do diverso equipamento e também dos acabamentos, revestimentos e as eventuais e desaconselhadas furações e roços futuros.

O post-tensionamento é um método destinado a conseguir um melhor aproveitamento

da capacidade resistente do betão armado, recorrendo-se a um processo de introdução de tensões internas de compressão durante a sua construção, para contrariar o peso próprio, as cargas permanentes e uma pequena parte das sobrecargas de utilização que serão aplicadas à estrutura quando em funcionamento normal.

Essas tensões internas são aplicadas através de cabos de aço de alta resistência, não aderentes, enfiados em bainhas de polietileno protegidas contra a corrosão com um produto lubrificante adequado, embebidos com uma forma parabólica nas lajes e amarrados na estrutura através de ancoragens passivas e activas (onde é aplicada a tensão).

Este método distingue-se do processo pré esforçado porque os cabos de aço sendo embainhados, não são aderentes ao betão e a aplicação da tensão é realizada através de pequenos macacos hidráulicos, decorridos no mínimo 5 dias sobre a data da betonagem, devendo, nesse momento, o betão já ter uma tensão de rotura à compressão não inferior a 70% da tensão característica da rotura à compressão da classe do betão utilizado.

2. Breve descrição da solução estrutural

O edifício foi projectado para uma residencial geriátrica em Leiria, junto do Rio Lis e do Parque da Cidade. Tem R/C mais 4 andares, uma frente junto ao solo com 21,80 m e uma profundidade de empena de 14,30 m. Os 3 andares superiores têm um comprimento de 26,60 m dos quais 5,00 m em consola sobre a Rua Trindade Coelho e a fachada principal está balanceada 1,50 m sobre o outro arruamento, a Rua do Lis.

No plano marginal, os pilares, com a dimensão de 1,00 x 0,60 m foram colocados nos extremos do R/C no sentido do comprimento, um em cada cunhal e outro a meio,

ficando os afastamentos entre os eixos dos pilares, nas duas direcções ortogonais principais com 10,40 x 11,60 m. As empenas não têm pilares intermédios. As lajes fungiformes maciças post-tensionadas têm uma espessura em tosco de 0,35 m.

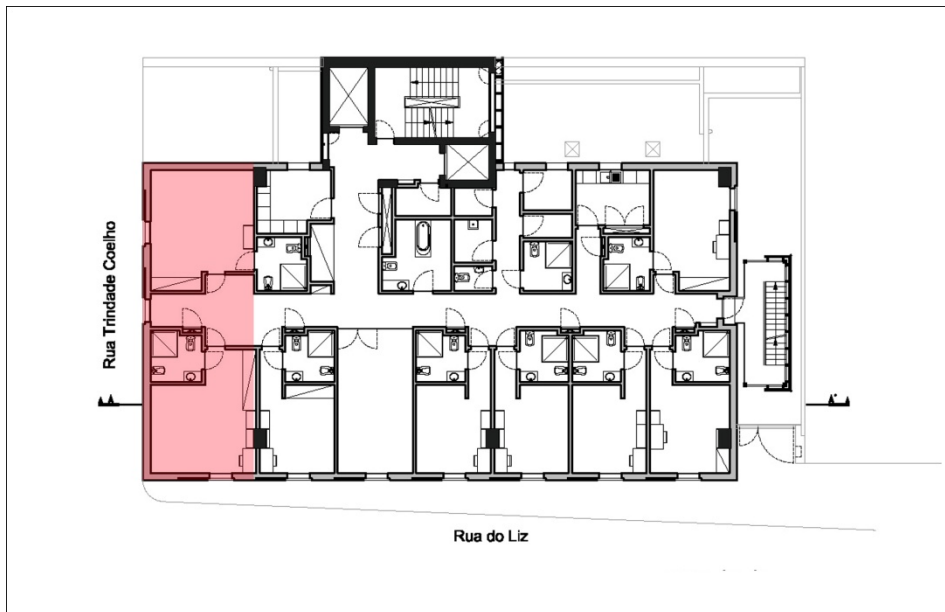


Figura 1 - Planta do andar tipo

A estrutura foi projectada pelo Eng.º Civil José Manuel Lory, o especialista em estruturas que, em 1986 introduziu em Portugal a tecnologia das lajes fungiformes maciças ou aligeiradas, post-tensionadas.

O método utilizado para o cálculo, foi o das cargas balanceadas (Load Balancing Method, do Prof. T Lynn), com utilização do processo patentado Freyssinet, que

consiste em introduzir um esforço axial numa ou nas duas direcções ortogonais principais, conforme a relação de vãos, criando um momento-flector contrário ao momento-flector do funcionamento normal da estrutura. Reduz, portanto, a deformação, o que permite a sua utilização em vãos substancialmente grandes, da ordem de 25/30/35 metros, situando-se os vãos mais económicos entre 12 e 18 metros.

Devido à sua acção, é também contrariado o esforço de punçoamento nos pilares de apoio, aumentando, portanto, a capacidade resistente às acções a que as lajes poderão ser submetidas.

A opção por uma estrutura deste tipo deveu-se a vários factores, entre eles:

- Redução substancial do número de pilares e, conseqüentemente, mais facilidade e considerável redução de trabalhos na abertura e execução de fundações, mais economia para a obra e melhor conciliação com a arquitectura;
- Inexistência de vigas facilitando o traçado e a montagem de instalações técnicas especiais;
- Liberdade de colocação de paredes desaprumadas;
- Ausência de pilares nos extremos noroeste e nordeste, por questões de estética e de melhor visibilidade no encontro das 2 ruas com as quais o edifício confina, a Rua do Lis e a Rua Trindade Coelho;



Figura 2 - Corte AA'

Na elaboração do projecto foram calculadas as flechas de abaixamento no extremo da consola devido às variações térmicas sazonais e as deformações em toda a zona balançada, eventualmente expressas através de ligeiras fissurações horizontais nas zonas de remate superior e inferior dos pisos e ainda os esforços resultantes dessas deformações sobre o comportamento dos pilares de suporte, deformações que ficariam escondidas sob os rodapés e roda tectos ou tectos falsos.



Figura 3 - Alçado sobre a Rua do Lis

O cálculo do comportamento estrutural aconselhou então que se tomassem algumas medidas na colocação das caixilharias exteriores de alumínio anodizado nas paredes das consolas, aconselhando folgas com cerca de 8 mm nas vergas, entre os aros e as padieiras, colmatando-as com mastiques elastómeros específicos, para absorver, sem fissuração, os movimentos e as deformações resultantes das dilatações e das retracções térmicas.

3. Opções de projecto reconsideradas em obra

Os revestimentos exteriores considerados ainda na fase de projecto, estavam previstos serem rebocos, parcialmente revestidos por forras de pedra lioz, sobre parede dupla de alvenaria de tijolo, tendo sido alterados antes do lançamento do concurso para a construção, para fachadas totalmente ventiladas de lioz flamejado com 0,03 m de espessura, assentes com grampos de aço inox. As paredes exteriores reduziram-se então a um pano de alvenaria de tijolo com 0,20 m de espessura, com isolamento de poliestireno extrudido com 0,04 m fixado mecanicamente e assente sobre reboco impermeabilizado contra a humidade. Os panos de alvenaria de tijolo para onde correm as portadas exteriores de alumínio são reentrantes e ficaram apenas com 0,15 m de espessura, pelo que os grampos de aço inox para fixação das forras de revestimento, foram fixados a perfis verticais adequados, também de aço inox, em U, chumbados aos topos das lajes a toda a altura da fachada.

Esta alteração, analisados os consequentes aumentos de sobrecargas resultantes, só foi possível devido ao sistema estrutural adoptado de lajes fungiformes post-tensionadas.

Após o assentamento dos revestimentos das alvenarias interiores (com rebocos e estuques) e ainda sem a colocação dos revestimentos exteriores de pedra, verificaram-se as deformações previstas na zona da consola mas também algumas fissurações nos paramentos das paredes de alvenaria de tijolo assentes sobre a zona de apoio das consolas.

Encararam-se então as seguintes soluções que nos pareceram as mais acertadas e que deram muito bons resultados:

- Assentarem-se primeiro todos os revestimentos exteriores de pedra nas fachadas e no pavimento da cobertura obtendo-se assim, na totalidade, as

cargas fixas previstas nas zonas em consola, para poderem vir a contrariar os movimentos causados pela variação térmica sazonal. O valor destas sobrecargas representa cerca de 40 t.

- Assentarem-se a seguir todos os massames e limpos dos pavimentos (solho de madeira de carvalho à inglesa, enchimentos e nivelamentos diversos com argamassas e betão de argila expandida) representando uma sobrecarga total nos 3 pisos em consola de cerca de 35 t.
- Assentarem-se finalmente as caixilharias exteriores de alumínio anodizado, com uma folga nas vergas entre estas e os aros de cerca de 8 mm, selada com mastiques elastómeros adequados.



Figura 4 - Alçado sobre a Rua Trindade Coelho

Após a conclusão destes trabalhos, as fissurações continuaram a estar activas, porém com uma espessura muito reduzida, pelo que, a seguir, se optou por:

- Revestir as paredes interiores de alvenaria de tijolo nas zonas de apoio e na zona da consola e já estucadas, com painéis de gesso cartonado;
- Deixar o novo revestimento de gesso cartonado desligado dos tectos (constituído por estuque projectado na laje) e do tosco dos pavimentos;
- Fixarem-se os rodapés de madeira às paredes de gesso cartonado com alguma folga em relação aos pavimentos;
- Deixar uma sanca refundida em alheta com cerca de 2 cm acima dos revestimentos das paredes, para, no caso de fissuração activa, não se verem as fissuras;
- Deixar uma folga com cerca de 8 a 10 mm entre as paredes e o solho dos pavimentos em todo o perímetro do compartimento;
- Revestir os pilares do R/C, interiores aos envidraçados, com painéis de MDF folheado, deixando os machos das ensambladuras entre painéis, tanto no sentido horizontal como no vertical, com bastante folga dentro das fêmeas, ficando a respectiva estrutura de suporte de madeira de pinho, descontínua de painel para painel.

Como referência ainda a outros problemas correntes na construção civil e que requerem ponderação neste tipo de estrutura, indica-se que durante os trabalhos, foi necessário em algumas instalações sanitárias fazer-se a mudança de localização das loiças sanitárias devido, principalmente, a acertos de cotas o que obrigou, em alguns casos, a abrir novos furos nas lajes para passagem das ligações das bacias de retrete às prumadas. Para algumas foi utilizada a ligação para as prumadas contíguas de esgotos

verticais, através de sifões de descargas à parede; para outras, foi necessário proceder-se a sondagens nos pavimentos, para a detecção dos cabos tensionados, evitando-se o seu corte e o conseqüente enfraquecimento estrutural determinando-se a posição mais adequada. Só depois se localizaram e assentaram correctamente as loiças sanitárias e as suas ligações.

4. Observações a considerar neste tipo de estruturas

De acordo com experiências anteriores em obras com estruturas semelhantes há que se prever e considerar, na fase de construção, além de outras coisas, o seguinte:

- A betonagem das lajes implica a colocação de negativos nas cofragens com mais ou menos rigor para as passagens de todas as infra-estruturas verticais de águas, prumadas de esgoto, descargas horizontais das loiças sanitárias, traçados de electricidade, telefones, transmissão de dados, ar condicionado e ventilação, exigindo-se ainda em projecto, a previsão tão exacta quanto possível das localizações dos cabos para pos-tensionamento.
- Previsão das espessuras dos limpos sobre as lajes para a instalação dos esgotos sanitários dos lavatórios, bidés, duches e banheiras e as respectivas caixas de junção, para que não sejam necessários quaisquer roços nos toscos. Deve-se prever, no mínimo, uma altura de 0,14-0,15 m sobre o tosco, que será também suficiente para o assentamento das infra-estruturas eléctricas, telefónicas, transmissão de dados, isolamentos acústicos e térmicos e régua de assentamento de madeiras de solho.
- Devido à espessura em limpo das lajes dos pavimentos e coberturas que têm influência no somatório das cotas piso a piso, é necessário comparar-se o

valor final da cêrcea conseguida com o valor da cêrcea aprovada para o local. No caso presente, a cêrcea do Projecto excedia o valor da cêrcea aprovada para a zona, devido à espessura das lajes, cada uma com cerca de 0,15 m a mais do que a espessura de uma laje convencional numa estrutura de pilares e vigas, o que se reflectiu no valor final da cêrcea, para mais, em cerca de 0,60 m. A observação a este respeito levantada pelos serviços camarários aquando da aprovação do projecto, teve de ser devidamente esclarecida e autorizada.

Ficha técnica do Edifício Lis em Leiria

Projecto de Arquitectura:

Contacto Atlântico, Arquitectura Lda.

Prof. Doutor Arq. André Caiado

Prof. Doutor Arq. António Santa-Rita

Projecto de Estabilidade:

Structo – Consultores Técnicos de Engenharia Lda.

José Manuel Lory, Engenheiro Civil (IST) Especialista em Estruturas (OE), Membro Conselheiro da Ordem dos Engenheiros

Elsa Afonso Nogueira, Engenheira Civil (FCTUC), Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros.