

## **ESTRUTURAS DE CONCRETO – CAPÍTULO 4**

Libânio M. Pinheiro, Cassiane D. Muzardo, Sandro P. Santos

2 de abril, 2003.

### **CONCEPÇÃO ESTRUTURAL**

---

A concepção estrutural, ou simplesmente estruturação, também chamada de lançamento da estrutura, consiste em escolher um sistema estrutural que constitua a parte resistente do edifício.

Essa etapa, uma das mais importantes no projeto estrutural, implica em escolher os elementos a serem utilizados e definir suas posições, de modo a formar um sistema estrutural eficiente, capaz de absorver os esforços oriundos das ações atuantes e transmiti-los ao solo de fundação.

A solução estrutural adotada no projeto deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura.

#### **4.1 DADOS INICIAIS**

A concepção estrutural deve levar em conta a finalidade da edificação e atender, tanto quanto possível, às condições impostas pela arquitetura.

O projeto arquitetônico representa, de fato, a base para a elaboração do projeto estrutural. Este deve prever o posicionamento dos elementos de forma a respeitar a distribuição dos diferentes ambientes nos diversos pavimentos. Mas não se deve esquecer de que a estrutura deve também ser coerente com as características do solo no qual ela se apóia.

O projeto estrutural deve ainda estar em harmonia com os demais projetos, tais como: de instalações elétricas, hidráulicas, telefonia, segurança, som, televisão, ar condicionado, computador e outros, de modo a permitir a coexistência, com qualidade, de todos os sistemas.

Os edifícios podem ser constituídos, por exemplo, pelos seguintes pavimentos: subsolo, térreo, tipo, cobertura e casa de máquinas, além dos reservatórios inferiores e superiores.

Existindo pavimento-tipo, o que em geral ocorre em edifícios de vários andares, inicia-se pela estruturação desse pavimento. Caso não haja pavimentos repetidos, parte-se da estruturação dos andares superiores, seguindo na direção dos inferiores.

A definição da forma estrutural parte da localização dos pilares e segue com o posicionamento das vigas e das lajes, nessa ordem, sempre levando em conta a compatibilização com o projeto arquitetônico.

## **4.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS**

Inúmeros são os tipos de sistemas estruturais que podem ser utilizados. Nos edifícios usuais empregam-se lajes maciças ou nervuradas, moldadas no local, pré-fabricadas ou ainda parcialmente pré-fabricadas.

Em casos específicos de grandes vãos, por exemplo, pode ser aplicada protensão para melhorar o desempenho da estrutura, seja em termos de resistência, seja para controle de deformações ou de fissuração.

Alternativamente, podem ser utilizadas lajes sem vigas, apoiadas diretamente sobre os pilares, com ou sem capitéis, casos em que são denominadas lajes-cogumelo, e lajes planas ou lisas, respectivamente. No alinhamento dos pilares, podem ser consideradas vigas embutidas, com altura considerada igual à espessura das lajes, sendo também denominadas vigas-faixa.

A escolha do sistema estrutural depende de fatores técnicos e econômicos, dentre eles: capacidade do meio técnico para desenvolver o projeto e para executar a obra, e disponibilidade de materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários para a execução.

Nos casos de edifícios residenciais e comerciais, a escolha do tipo de estrutura é condicionada, essencialmente, por fatores econômicos, pois as condições técnicas para projeto e construção são de conhecimento da Engenharia de Estruturas e de Construção.

Este trabalho tratará dos sistemas estruturais constituídos por lajes maciças de concreto armado, moldadas no local e apoiadas sobre vigas. Posteriormente, serão consideradas também as lajes nervuradas e as demais ora mencionadas.

### **4.3 CAMINHO DAS AÇÕES**

O sistema estrutural de um edifício deve ser projetado de modo que seja capaz de resistir não só às ações verticais, mas também às ações horizontais que possam provocar efeitos significativos ao longo da vida útil da construção.

As ações verticais são constituídas por: peso próprio dos elementos estruturais; pesos de revestimentos e de paredes divisórias, além de outras ações permanentes; ações variáveis decorrentes da utilização, cujos valores vão depender da finalidade do edifício, e outras ações específicas, como por exemplo, o peso de equipamentos.

As ações horizontais, onde não há ocorrência de abalos sísmicos, constituem-se, basicamente, da ação do vento e do empuxo em subsolos.

O percurso das ações verticais tem início nas lajes, que suportam, além de seus pesos próprios, outras ações permanentes e as ações variáveis de uso, incluindo, eventualmente, peso de paredes que se apoiem diretamente sobre elas. As lajes transmitem essas ações para as vigas, através das reações de apoio.

As vigas suportam seus pesos próprios, as reações provenientes das lajes, peso de paredes e, ainda, ações de outros elementos que nelas se apoiem, como, por exemplo, as reações de apoio de outras vigas. Em geral as vigas trabalham à flexão e ao cisalhamento e transmitem as ações para os elementos verticais – pilares e paredes estruturais – através das respectivas reações.

Os pilares e as paredes estruturais recebem as reações das vigas que neles se apóiam, as quais, juntamente com o peso próprio desses elementos verticais, são transferidas para os andares inferiores e, finalmente, para o solo, através dos respectivos elementos de fundação.

As ações horizontais devem igualmente ser absorvidas pela estrutura e transmitidas para o solo de fundação. No caso do vento, o caminho dessas ações tem início nas paredes externas do edifício, onde atua o vento. Esta ação é resistida por elementos verticais de grande rigidez, tais como pórticos, paredes estruturais e núcleos, que formam a estrutura de contraventamento. Os pilares de menor rigidez pouco contribuem na resistência às ações laterais e, portanto, costumam ser ignorados na análise da estabilidade global da estrutura.

As lajes exercem importante papel na distribuição dos esforços decorrentes do vento entre os elementos de contraventamento, pois possuem rigidez praticamente infinita no seu plano, promovendo, assim, o travamento do conjunto.

Neste trabalho, não serão abordadas as ações horizontais, visto que trata apenas de edifícios de pequeno porte, em que os efeitos de tais ações são pouco significativos.

#### **4.4 POSIÇÃO DOS PILARES**

Recomenda-se iniciar a localização dos pilares pelos cantos e, a partir daí, pelas áreas que geralmente são comuns a todos os pavimentos (área de elevadores e de escadas) e onde se localizam, na cobertura, a casa de máquinas e o reservatório superior. Em seguida, posicionam-se os pilares de extremidade e os internos, buscando embuti-los nas paredes ou procurando respeitar as imposições do projeto de arquitetura.

Deve-se, sempre que possível, dispor os pilares alinhados, a fim de formar pórticos com as vigas que os unem. Os pórticos, assim formados, contribuem significativamente na estabilidade global do edifício.

Usualmente os pilares são dispostos de forma que resultem distâncias entre seus eixos da ordem de 4 m a 6 m. Distâncias muito grandes entre pilares produzem vigas com dimensões incompatíveis e acarretam maiores custos à construção (maiores seções transversais dos pilares, maiores taxas de armadura, dificuldades nas montagens da armação e das formas etc.). Por outro lado, pilares muito próximos acarretam interferência nos elementos de fundação e aumento do consumo de materiais e de mão-de-obra, afetando desfavoravelmente os custos.

Deve-se adotar 19cm, pelo menos, para a menor dimensão do pilar e escolher a direção da maior dimensão de maneira a garantir adequada rigidez à estrutura, nas duas direções.

Posicionados os pilares no pavimento-tipo, deve-se verificar suas interferências nos demais pavimentos que compõem a edificação.

Assim, por exemplo, deve-se verificar se o arranjo dos pilares permite a realização de manobras dos carros nos andares de garagem ou se não afetam as áreas sociais, tais como recepção, sala de estar, salão de jogos e de festas etc.

Na impossibilidade de compatibilizar a distribuição dos pilares entre os diversos pavimentos, pode haver a necessidade de um pavimento de transição. Nesta situação, a prumada do pilar é alterada, empregando-se uma viga de transição, que recebe a carga do pilar superior e a transfere para o pilar inferior, na sua nova posição. Nos edifícios de muitos andares, devem ser evitadas grandes transições, pois os esforços na viga podem resultar exagerados, provocando aumento significativo de custos.

#### **4.5 POSIÇÕES DE VIGAS E LAJES**

A estruturação segue com o posicionamento das vigas nos diversos pavimentos. Além daquelas que ligam os pilares, formando pórticos, outras vigas podem ser necessárias, seja para dividir um painel de laje com grandes dimensões, seja para suportar uma parede divisória e evitar que ela se apoie diretamente sobre a laje.

É comum, por questões estéticas e com vistas às facilidades no acabamento e ao melhor aproveitamento dos espaços, adotar larguras de vigas em função da largura das alvenarias. As alturas das vigas ficam limitadas pela necessidade de prever espaços livres para aberturas de portas e de janelas.

Como as vigas delimitam os painéis de laje, suas disposições devem levar em consideração o valor econômico do menor vão das lajes, que, para lajes maciças, é da ordem de 3,5 m a 5,0 m. O posicionamento das lajes fica, então, praticamente definido pelo arranjo das vigas.

#### **4.6 DESENHOS PRELIMINARES DE FORMAS**

De posse do arranjo dos elementos estruturais, podem ser feitos os desenhos preliminares de formas de todos os pavimentos, inclusive cobertura e caixa d'água, com as dimensões baseadas no projeto arquitetônico.

As larguras das vigas são adotadas para atender condições de arquitetura ou construtivas. Sempre que possível, devem estar embutidas na alvenaria e permitir a passagem de tubulações. O cobrimento mínimo das faces das vigas em relação às das paredes acabadas variam de 1,5cm a 2,5cm, em geral. Costuma-se adotar para as vigas no máximo três pares de dimensões diferentes para as seções transversais. O ideal é que todas elas tenham a mesma altura, para simplificar o cimbramento.

Em edifícios residenciais, é conveniente que as alturas das vigas não ultrapassem 60cm, para não interferir nos vãos de portas e de janelas.

A numeração dos elementos (lajes, vigas e pilares) deve ser feita da esquerda para a direita e de cima para baixo.

Inicia-se com a numeração das lajes – L1, L2, L3 etc. –, sendo que seus números devem ser colocados próximos do centro delas. Em seguida são numeradas as vigas – V1, V2, V3 etc. Seus números devem ser colocados no meio

do primeiro tramo. Finalmente, são colocados os números dos pilares – P1, P2, P3 etc. –, posicionados embaixo deles, na forma estrutural.

Devem ser colocadas as cotas parciais e totais em cada direção, posicionadas fora do contorno do desenho, para facilitar a visualização.

Ao final obtém-se o anteprojeto de todos os pavimentos, inclusive cobertura e caixa d'água, e pode-se prosseguir com o pré-dimensionamento de lajes, vigas e pilares.