

Estruturas de Concreto I - Resumo

@ivansnpmaster

August 3, 2018

1 Pré-dimensionamento de lajes maciças

Para o pré-dimensionamento da espessura das lajes maciças, deve-se utilizar a seguinte equação:

$$h = \frac{lx}{40}$$

Onde h é a altura da laje em *cm* e lx é menor medida em *cm* de um dos lados da laje.

As dimensões mínimas especificadas na **NBR 6118/14** são, em *cm*:

- $h \geq 7$ para lajes de cobertura (não em balanço);
- $h \geq 8$ para lajes de piso (não em balanço);
- $h \geq 10$ para lajes em balanço;
- $h \geq 10$ para estacionamento para veículos até 30 *kN*;
- $h \geq 12$ para estacionamento para veículos com mais de 30 *kN*.

Tentar sempre arredondar para o inteiro superior mais próximo, a fim de facilitar a confecção da forma da laje, sempre se atentando ao mínimo exigido na norma.

Em lajes em balanço, deve-se utilizar um coeficiente de majoração adicional (γ_n) na definição do momento fletor de projeto (M_d), esse coeficiente depende

da altura da laje em balanço, sendo utilizado para lajes com espessura inferior a 19 *cm*, de acordo com a seguinte tabela:

| $h(cm)$ | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| γ_n | 1,00 | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,40 | 1,45 |

Tabela 1: Coeficiente de majoração adicional (γ_n) para majoração do momento fletor de projeto.

2 Pré-dimensionamento de pilares maciços

Os pilares são pré-dimensionados para atuarem com uma **tensão de serviço** (σ) de 1,0 a 1,5 kN/cm^2 submetidos a uma ação de 10 a 12 kN/m^2 por pavimento (carga por pavimento).

Deve-se considerar os seguintes itens para a obtenção das medidas de seção dos pilares:

- Espessura dos blocos das paredes adjacentes (19 *cm* para pilares externos e 14 *cm* para internos);
- Tensão de serviço;
- Carga por pavimento;
- Número de pavimentos.

A carga na base do pilar é o produto:

$$F_{bi} = A_{inf i} \cdot F_{pav} \cdot N_{pav}$$

Onde F_{bi} é a força na base do pilar i em kN , $A_{inf i}$ é a área de influência das lajes adjacentes ao pilar i em m^2 , F_{pav} é a carga por pavimento em kN/m^2 e N_{pav} é o número de pavimentos.

As dimensões da área de influência das lajes em um determinado pilar são montadas a partir da metade da distância até os pilares adjacentes, como na seguinte imagem:

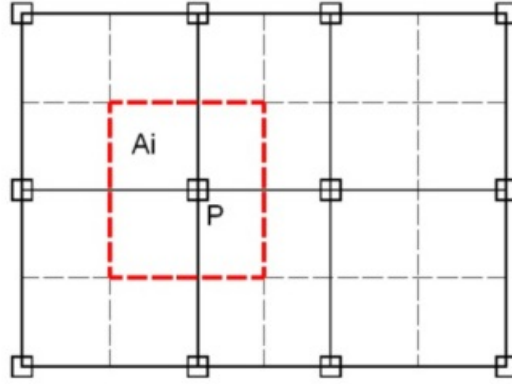


Figura 1: Área de influência i das lajes adjacentes em um pilar P .

Obtida a carga na base do pilar, pode-se obter a área da seção pelo quociente, lembrando-se que $\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$, portanto:

$$A_i = \frac{F_b i}{\sigma}$$

Onde A_i é a área da seção transversal do pilar i em cm^2 , $F_b i$ é a força na base do pilar i em kN e σ é a tensão de serviço em kN/cm^2 .

A **área mínima** de seção transversal para pilares é de 360 cm^2 e deve ser adotada caso a equação acima dê um valor inferior.

Obtida a área da seção, pode-se finalmente obter a estimativa das dimensões do pilar. Tem-se previamente uma das dimensões (19 cm para pilares externos e 14 cm para internos) e pode-se encontrar a restante a partir da equação da área do retângulo ($base \cdot altura$) para pilares retangulares.

A nomenclatura das dimensões dos pilares em projetos de estruturas (plantas) é **Pi (largura x altura)**, por exemplo, **P5 (19 x 35)**.

3 Cargas nas lajes

Há basicamente dois tipos de cargas verticais em lajes maciças, **cargas permanentes** e **cargas acidentais**. A primeira sempre existirá na vida útil do edifício, a segunda é decorrente da utilização do ambiente. As cargas acidentais são tabeladas e definidas pela **NBR 6120**.

As cargas permanentes podem ser subdivididas em quatro, sendo:

- **Peso próprio da laje (g1):**

$$g1 = \gamma_c \cdot h$$

Onde γ_c é o peso específico da laje em kN/m^3 e h é a altura da laje em m . Portanto, a unidade de $g1$ é kN/m^2 , ficando em função da área da laje.

- **Revestimento (g2):** Considera-se geralmente de 1,0 a 1,5 kN/m^2 .
- **Enchimento (g3):** Encontra-se geralmente no teto de banheiros, onde há passagem da tubulação.

$$g3 = \gamma_e \cdot h_e$$

Onde γ_e é o peso específico do enchimento em kN/m^3 e h_e é a altura do enchimento em m . Portanto, a unidade de $g3$ é kN/m^2 , ficando em função da área da laje.

- **Alvenaria direta sobre a laje (g4):** Consiste na consideração da influência das paredes sobre a laje.

$$g4 = \frac{\gamma_a \cdot V_a}{lx \cdot ly}$$

Onde γ_a é o peso específico da alvenaria em kN/m^3 , V_a é o volume da alvenaria em m^3 , lx e ly são o menor e maior vão da laje, respectivamente, em m . Portanto, a unidade de $g4$ é kN/m^2 , ficando em função da área da laje.

Alguns exemplos de cargas acidentais em edifícios (NBR 6120):

- Dormitório, sala, cozinha e banheiro ($1,5 \text{ kN/m}^2$);
- Despensa, área de serviço ($2,0 \text{ kN/m}^2$);
- Varanda ($3,0 \text{ kN/m}^2$).

Conhecendo-se as cargas permanentes e acidentais, considera-se a carga final na laje (P) como:

$$P = P_{pe} + P_{ac} = (g1 + g2 + g3 + g4) + P_{ac}$$

Onde P_{pe} é a carga permanente total e P_{ac} é a carga acidental do ambiente. A carga final é utilizada para definir o carregamento nas vigas adjacentes às lajes.

4 Pré-dimensionamento de vigas maciças

Para o pré-dimensionamento da altura de vigas, deve-se observar o número de apoios na qual ela está sujeita. Para obtenção dessa altura, deve-se utilizar as seguintes equações:

- Para **vigas contínuas** com mais de dois apoios, subdivide-se a viga em vigas menores, portanto:

$$h = c \cdot \frac{L}{10}$$

Onde h é a altura da viga, L é o comprimento do trecho e c é 0,75 para vigas nas extremidades e 0,7 para as demais. Adota-se a maior altura encontrada para toda a seção transversal.

- Para **vigas em balanço**, temos:

$$h = \frac{L}{5}$$

Onde h é a altura da viga e L seu comprimento.

- Para **vigas biapoiadas**, temos:

$$h = \frac{L}{10}$$

Onde h é a altura da viga e L seu comprimento.

Recomenda-se **não pré-dimensionar** vigas com menos de 25 *cm* de altura.

Deve-se atentar, entretanto, que para lajes onde há a necessidade da passagem de tubulações, é necessário ajustar a altura da viga. Por exemplo, o teto de banheiros precisa de tubulações, deve-se considerar a espessura da laje do banheiro e a espessura do local onde ficará a tubulação. Para que as vigas não fiquem aparentes, além do usual método de adotar **alturas de 5 em 5 *cm*** para facilitar a montagem da forma, deve-se **cobrir toda essa espessura onde há a tubulação + laje**. Isso é muito importante.

Adota-se $bw \geq 14 \text{ cm}$, podendo ser $\geq 12 \text{ cm}$ em casos especiais.

5 Cargas nas vigas

As cargas verticais nas vigas são:

- **Peso próprio da viga:**

$$g_{viga} = \gamma_c \cdot bw \cdot h$$

Onde g_{viga} é o peso próprio da viga em kN/m^3 , γ_c é o peso específico do concreto armado, bw é a largura da seção transversal da viga em m e h é a altura da seção transversal da viga em m .

- **Alvenaria sobre a viga:**

$$g_{alv} = \gamma_{alv} \cdot h \cdot e$$

Onde g_{alv} é o peso da alvenaria sobre a viga em kN/m , γ_{alv} é o peso específico da alvenaria que está sobre a viga em kN/m^3 , h é a altura da parede em m e e é a espessura da parede em m .

- **Carga das lajes sobre as vigas:**

Sendo P a carga nas lajes, devemos distribuir geometricamente P para as vigas. Isso é feito analisando os apoios da laje, pois apoios engastados geralmente recebem mais carga. O primeiro passo é encontrar a área de influência das lajes para as vigas em função dos seus apoios, como na seguinte figura:

A carga px e py , obviamente, serão menores que a carga P , entretanto, suas unidades são diferentes. P está em função da área da laje, já px e py estão em função do comprimento da viga.

6 Linha neutra

Em lajes de concreto armado armadas em uma direção, a profundidade da linha neutra é encontrada do mesmo jeito da profundidade da linha neutra em vigas de concreto armado, sendo dada pela seguinte equação:

$$x = 1,25 \cdot d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 \cdot bw \cdot f_{cd} \cdot d^2}} \right)$$

Onde x é a profundidade da linha neutra, d é a altura útil, M_d é o momento fletor de projeto do vão principal, bw é a largura de 1 metro, f_{cd} é a resistência do concreto à compressão de projeto. Aqui é importante tomar cuidado com as unidades.

A NBR 6118/2014 limita a profundidade da linha neutra em $0,45 \cdot d$ para concretos com $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$ e em $0,35 \cdot d$ para concretos com $50 > f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$. Essa limitação serve para não deixar que as deformações da laje alcancem o domínio 4 de deformação.