

# Lajes de Edifícios de Concreto Armado

## 1 - Introdução

As lajes são elementos planos horizontais que suportam as cargas verticais atuantes no pavimento. Elas podem ser maciças, nervuradas, mistas ou pré-moldadas. Quanto ao tipo de apoio, elas podem estar apoiadas em vigas ou diretamente nos pilares, no caso de lajes lisas. No presente trabalho, serão estudadas apenas as lajes diretamente apoiadas em vigas.

O pavimento pode ser modelado de diversas maneiras, tais como:

- modelo de elementos finitos de placa representando as lajes e elementos lineares as vigas
- modelo simplificado de lajes isoladas

Na prática, pode-se também adotar modelos combinados, ou seja, um modelo de elementos finitos em determinadas regiões do piso mais críticas e um modelo simplificado de lajes isoladas em outros trechos.

## 2 - Classificação das lajes isoladas

Se o modelo simplificado for adotado no projeto, as lajes isoladas apoiadas em vigas podem ser classificadas de acordo com a relação entre vãos (fig.1):

- lajes armadas em uma direção - quando  $l_1 / l_2 > 2$
- lajes armadas em duas direções - quando  $0,5 \leq l_1 / l_2 \leq 2$

Na prática, os vãos teóricos das lajes podem ser considerados como a distância entre os eixos das vigas dos bordos.

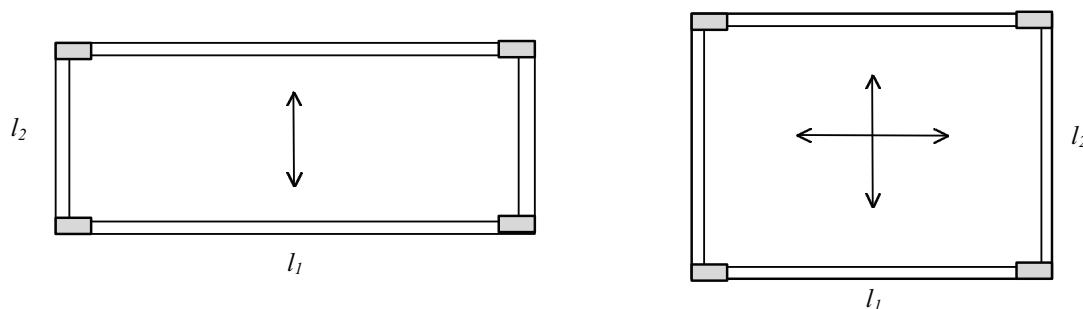


fig.1 - Lajes armadas em uma e duas direções

Nas lajes armadas em uma direção, a flexão é predominante em um plano paralelo ao menor lado. Neste caso a armadura principal da laje é colocada nesta direção. Já nas armadas em duas direções, a laje se deforma sem que haja uma direção predominante e as armaduras são colocadas nas duas direções.

Quando houver um bordo livre, é possível calcular a laje armada em duas direções pelas tabelas de Czerny quando  $0,25 \leq l_1 / l_2 \leq 1,5$  sendo  $l_1$  o vão paralelo ao bordo livre.

*Como devem ser armadas as lajes das varandas dos edifícios?*

### 3 - Tipos de apoios das lajes isoladas

As lajes isoladas podem ter os bordos apoiados, engastados ou livres. A laje será considerada apoiada quando ela estiver apoiada em uma viga e não existir continuidade com a laje vizinha. O bordo é considerado livre quando não houver viga de apoio neste lado. O engastamento se caracteriza pela continuidade com a laje vizinha. A figura 2 está mostrando uma laje engastada no lado A, apoiada nos lados B e C e com um bordo livre no bordo D.

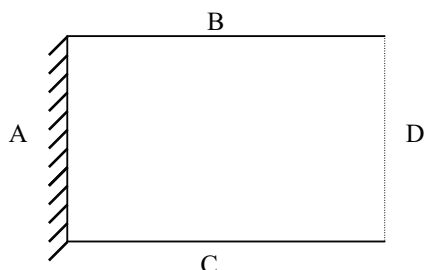


fig.2 - Laje com bordo livre com 2 apoios e 1 engaste

Para saber se a laje está ou não engastada com a sua vizinha, pode-se utilizar o critério de ROCHA. Se houver continuidade de mais de  $2/3$  do bordo, a laje é considerada engastada na vizinha. Se não, a laje é considerada apoiada. Este critério também poderia ser utilizado se, em vez de uma abertura, houvesse uma laje vizinha rebaixada.

A fig.3 está mostrando um painel com duas lajes vizinhas e uma abertura. Entre as lajes L1 e L2 (fig.3a) haverá um engaste no bordo comum pois a abertura é relativamente pequena. Na fig.3b, apenas a laje L4 está engastada na L3, mas a L3 será considerada apoiada em todo o bordo, já que a abertura é grande.

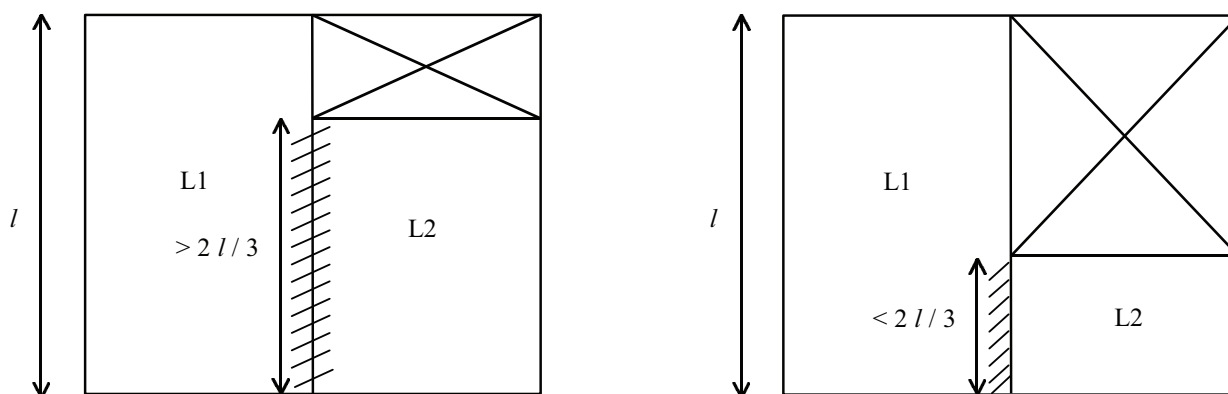


fig.3 - Critério de continuidade entre lajes vizinhas

É importante observar que se na fig.3 não houvesse a abertura, todas as lajes estariam engastadas nos bordos comuns.

*Qual a simplificação que está sendo feita quando se considera o engaste em uma laje isolada?*

#### 4 - Estimativa da espessura das lajes

A altura útil das lajes pode ser inicialmente estimada pelo critério da NBR-6118:

$$d \geq \frac{l}{\psi_2 \psi_3}$$

sendo  $l$  - menor vão da laje

$d$  - altura útil da laje ( $h = d + d'$ )

$d'$  - distância entre o centro de gravidade da armadura e a face da laje

$\psi_2$  - coeficiente que depende dos apoios e da relação entre os vãos da laje

$\psi_3$  - coeficientes que depende da tensão no aço

De acordo com a NBR-6118, " para as lajes com mais de 4m de vão teórico, que suportarem paredes na direção do vão suscetíveis de fissuração, as alturas úteis mínimas calculadas por este item deverão ser multiplicada por  $l/4$  ( $l$  em metros)".

Para as lajes maciças armadas em duas direções e sem bordos livre, o coeficiente  $\psi_2$  varia de 1,1 a 2,2 e se o aço for CA-50, o coeficiente  $\psi_3$  é igual a 25.

Para lajes armadas em uma direção, o coeficiente  $\psi_2$  vale:

	$\psi_2$
simplesmente apoiada	1,0
contínuas	1,2
duplamente engastadas	1,7
em balanço	0,5

É importante salientar que as espessuras das lajes, obtidas por este critério da NBR-6118, são geralmente maiores do que a necessária e servem apenas como uma estimativa inicial e dispensam o cálculo das flechas. Além disso, estes valores não dependem do carregamento atuante na laje e, se a sobrecarga for muito elevada, é necessário verificar a flecha admissível para cargas de longa duração. De qualquer maneira, não se deve adotar lajes muito esbeltas para evitar problemas com os moradores do apartamento inferior.

As espessuras das lajes devem também obedecer aos valores mínimos da NBR-6118:

- 5cm - lajes de cobertura não em balanço
- 7cm - lajes de piso e lajes em balanço
- 12cm - lajes destinadas a passagens de veículos

De acordo com a norma, em lajes cogumelos, esses limites devem ser elevados, respectivamente, para 12cm, 15cm e 15cm. Para as lajes nervuradas, devem ser observadas as indicações do item 6.1.1.3 da norma.

*É possível adotar uma espessura menor do que a recomendada pela fórmula da norma NBR-6118? Como calcular as flechas nas lajes?*

## 5 - Cargas nas lajes

As cargas atuantes nas lajes podem ser as seguintes: peso próprio da laje, sobrecarga, revestimento, paredes sobre a laje, peso de equipamentos apoiados diretamente nas lajes e outras cargas específicas (veículos, sobrecargas adicionais etc.)

- **peso próprio**

O peso próprio da laje maciça é considerado uniformemente distribuído e é calculado por:

$$g = h \cdot \gamma_{CA}$$

sendo  $\gamma_{CA} = 25 \text{ kN/m}^3$  peso específico do concreto armado e  $h$  - espessura da laje

- **revestimento**

Esta carga vai depender do tipo de revestimento que vai ser usado no piso (taco, mármore etc.). Nos pisos usuais, pode-se considerar esta carga como sendo igual a  $0,5 \text{ kN/m}^2$ .

- **sobrecargas**

De acordo com a NBR-6120, a sobrecarga em edifícios residenciais é também considerada uniformemente distribuída:

$1,5 \text{ kN/m}^2$  - dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro

$2,0 \text{ kN/m}^2$  - dispensa, área de serviço e lavanderia

Em pavimentos de garagens e estacionamentos para veículos de passageiros (com carga máxima de  $25 \text{ kN}$  por veículo), a sobrecarga deve ser de  $3 \text{ kN/m}^2$ . Neste caso, o coeficiente  $\phi$  de majoração das cargas acidentais deve ser igual a:

$$\phi = 1,0 \quad \text{quando } l \geq l_0$$

$$\phi = l_0 / l \leq 1,43 \quad \text{quando } l \leq l_0$$

sendo  $l$  vão menor da laje ou o vão de uma viga

$l_0 = 3 \text{ m}$  para lajes e  $l_0 = 5 \text{ m}$  para vigas

Em caso de sobrecargas elevadas, é necessário uma análise das suas posições mais desfavoráveis para o cálculo dos elementos estruturais.

Em terraços, a sobrecarga deve ser de  $2$  a  $3 \text{ kN/m}^2$ , dependendo se o piso for sem ou com acesso ao público. Nos pavimentos de lojas, a sobrecarga deve ser de  $4 \text{ kN/m}^2$ . A NBR-6120 fornece também os valores das cargas acidentais para outros tipos de edificações (hospitais, escolas, teatros etc.).

- **cargas de paredes**

Se as lajes forem analisadas isoladamente, as cargas das paredes sobre a laje podem ser calculadas dividindo-se o peso total das paredes  $P_{PAR}$  pela área da laje (fig.4):

$$p = P_{PAR} / \text{área da laje}$$

sendo  $P_{PAR} = V_{PAR} \cdot \gamma_M$

$V_{PAR}$  - volume de todas as paredes sobre a laje

$\gamma_M$  peso específico do material das paredes.

$\gamma_M = 13 \text{ kN/m}^3$  para tijolo furado

$\gamma_M = 18 \text{ kN/m}^3$  para tijolo maciço

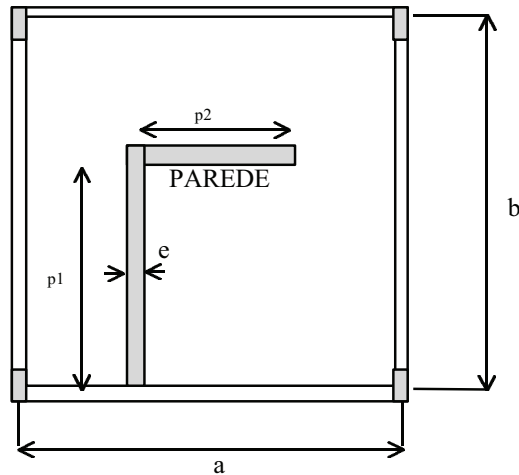


fig. 4 - Parede sobre uma laje armada em duas direções

A carga da parede distribuída na laje da figura 4, por exemplo, será:

$$p = \frac{(p1 + p2) \cdot e \cdot H \cdot \gamma_M}{a \cdot b} \quad \text{sendo } H \text{ a altura da parede}$$

Se houver aberturas nas paredes (portas, janelas etc.) pode-se descontar o peso destas aberturas, desde que se tenha absoluta certeza de que tais aberturas irão permanecer durante toda a vida útil da edificação. Na prática de projeto de edificações residenciais, não é necessário descontar as aberturas de portas ou outras pequenas aberturas.

Quando o pavimento for analisado com elementos finitos, as cargas das paredes podem ser consideradas atuando em sua posição verdadeira e as demais cargas como uniformemente distribuídas. Neste caso, é conveniente ajustar a malha de elementos finitos de modo que a parede atue sobre determinados elementos finitos.

Na determinação das cargas das paredes, é importante não esquecer que as plantas de arquitetura correspondem ao piso de um determinado pavimento, enquanto que as plantas de fôrmas se referem ao teto. Desta maneira, as paredes de um certo piso estão carregando o teto do pavimento inferior.

Quando forem previstas paredes divisórias, cuja posição não esteja definida no projeto, a norma NBR-6120 permite que se tome uma carga de parede igual a uma carga uniformemente distribuída por metro quadrado não menor do que um terço do peso por metro linear de parede pronta, observando o valor mínimo de 1 kN/m<sup>2</sup>.

*Como considerar no projeto as cargas das paredes sobre as vigas?*

Nas lajes armadas em apenas uma direção, a parede é considerada distribuída em uma faixa limitada, caso a parede esteja na direção do menor vão (fig. 5a). Se a parede estiver na direção do lado maior da laje, a carga da parede é considerada linear, conforme a figura 5b.

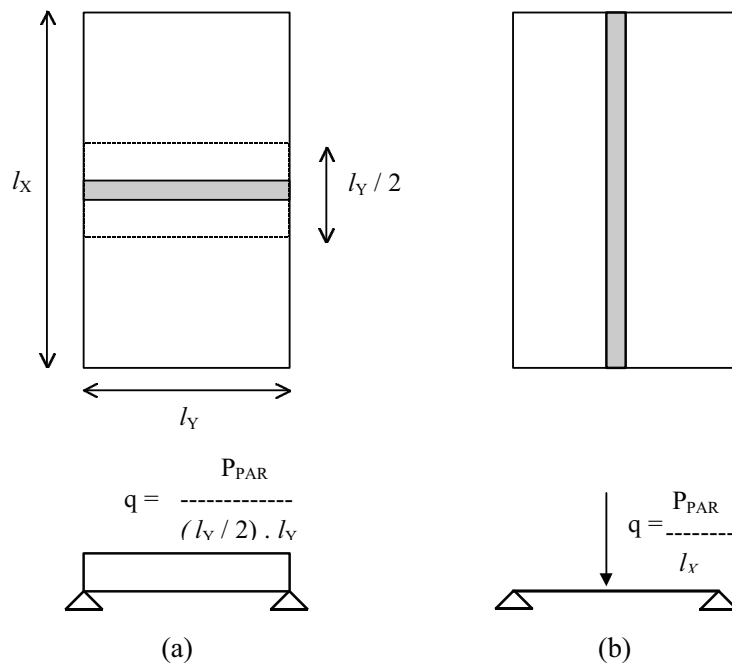


fig.5 - Carga de parede em lajes armadas em uma direção

Nas lajes das varandas e das marquises devem ser colocadas, além das cargas usuais, uma sobrecarga adicional na extremidade da laje. De acordo com a NBR-6120, ao longo dos parapeitos e balcões devem ser consideradas aplicadas uma carga horizontal de 0,8 kN/m na altura do corrimão e uma carga vertical mínima de 2kN/m (fig.6).

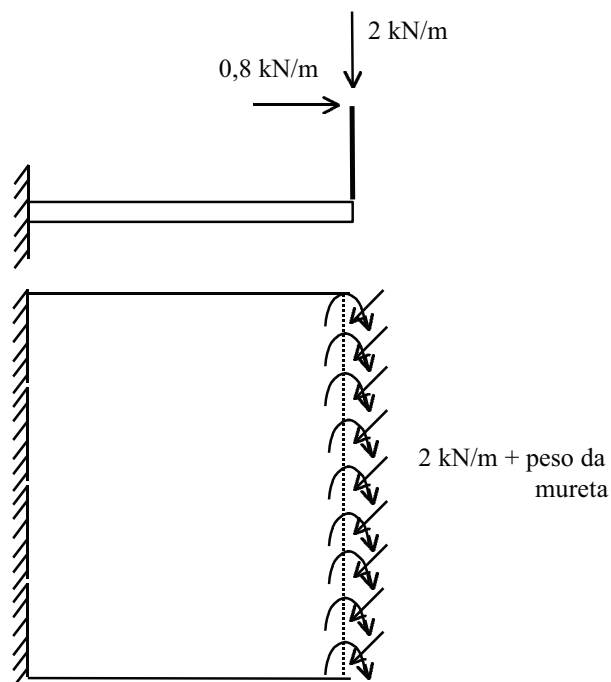


fig. 6 - Cargas os bordos de uma laje de varanda ou de uma marquise

*Por que aparece um momento distribuído no bordo livre da laje da fig. 6?*

## 6 - Verificação das flechas

As espessuras das lajes podem ser inicialmente definidas pelo critério da NBR-6118, embora este critério forneça espessuras geralmente maiores do que as necessárias. Estes valores podem ser modificados posteriormente, após a verificação das flechas admissíveis.

Se as lajes forem calculadas isoladamente, pode-se calcular a flecha imediata  $f_0$  nas lajes retangulares maciças pela expressão:

$$f_0 = \frac{q \cdot l_x^4}{E_C \cdot h^3} \cdot k$$

sendo  $k$  um coeficiente dado nas Tabelas de Czerny que depende da relação entre os vãos da laje e as suas condições de bordo.

Se a laje for armada em uma só direção, a flecha na laje é calculada como se fosse uma viga de largura unitária.

O módulo de deformação longitudinal (em MPa) do concreto para as ações de curta duração (deformação lenta nula ou desprezível) é o módulo secante, considerado igual a 0,9 do módulo tangente na origem, e dado pela NBR-6118 por:

$$E_C = 0,9 \cdot 6.600 \sqrt{f_{ck} + 3,5} \quad (\text{MPa})$$

Para ações de longa duração em que se deve considerar a deformação lenta (fluência do concreto), a flecha final  $f_\infty$  que pode ser estimada pela seguinte expressão da NBR-6118:

$$f_\infty = f_0 \frac{(1/r)_\infty}{(1/r)_0}$$

sendo  $(1/r)_0$  e  $(1/r)_\infty$  as curvaturas inicial e final que podem ser calculadas em função das deformações específicas no concreto e no aço:

$$(1/r)_0 = \frac{|\varepsilon_C| + \varepsilon_S}{d}$$
$$(1/r)_\infty = \frac{(1+\varphi) |\varepsilon_C| + \varepsilon_S}{d}$$

$\varphi$  é o coeficiente de fluência sendo que, de acordo com a NBR-6118, pode-se adotar:

$(1+\varphi) = 3$  quando as ações são aplicadas logo após o término da construção

$(1+\varphi) = 2$  quando as ações são aplicadas pelo menos 6 meses após a concretagem

*Por que a flecha na laje aumenta ao longo do tempo?*

$\epsilon_c$  e  $\epsilon_s$  são as deformações específicas no concreto e no aço que podem ser relacionadas pela seguinte expressão:

$$\epsilon_s = \frac{(d - x)}{x} |\epsilon_c|$$

Considerando todos estes valores, obtemos:

$$f_x = f_0 \frac{(2x + x) + d}{d}$$

Considerando o valor da posição da linha neutra  $x \approx 0,4 d$  para o caso de flexão simples, a flecha final pode ser estimada em  $f_x = 1,8$  a  $1,4 f_0$ . Assim, podemos adotar na prática o valor máximo da flecha:

$$f_x \cong 2 f_0$$

Para a verificação das flechas das lajes, a NBR-6118 recomenda os seguintes valores admissíveis:

todas as ações atuando	$l / 300$ (lajes não em balanço)	$l / 150$ (lajes em balanço)
cargas acidentais atuando	$l / 500$ (lajes não em balanço)	$l / 250$ (lajes em balanço)

sendo  $l$  o vão teórico da laje

O engenheiro deve tentar utilizar uma espessura única em todo o pavimento para facilitar a execução ou então adotar uma espessura diferente em determinados trechos do painel.

### 7 - Momentos fletores nas lajes isoladas armadas em uma direção

Os momentos nas lajes armadas em uma direção são calculadas em uma faixa de 1 metro de largura, como uma viga. Na figura 7, por exemplo, está mostrada uma laje com apenas um engaste.

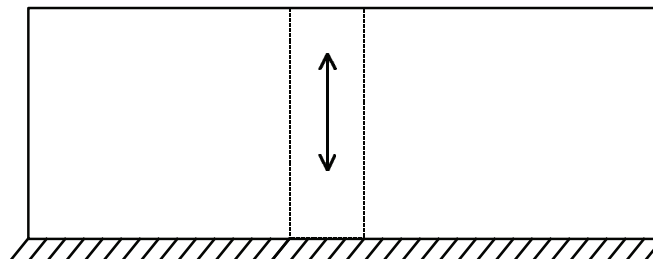


fig.7 - Faixa para o cálculo de momentos fletores na laje armada em uma direção



Os momentos fletores máximos nas lajes armadas em uma só direção estão mostrados na fig.8 para os diversos tipos de apoios.

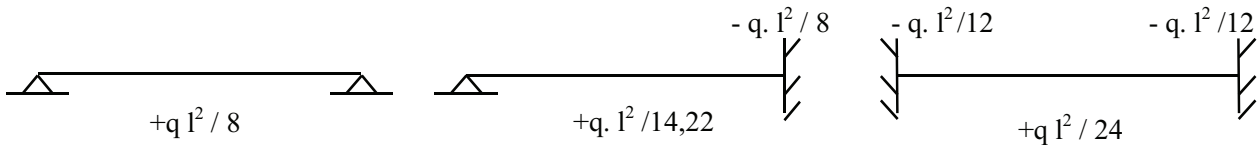


fig.8 - Momentos fletores máximos nas lajes armadas em uma só direção

*Qual o valor do momento máximo em uma laje em balanço com uma carga distribuída e uma carga linear na extremidade?*

### 8 - Momentos fletores nas lajes contínuas armadas em uma direção

Nas lajes contínuas armadas em uma direção, os momentos são calculados em uma faixa contínua de 1 metro (fig.9 ), como se fosse uma viga contínua.

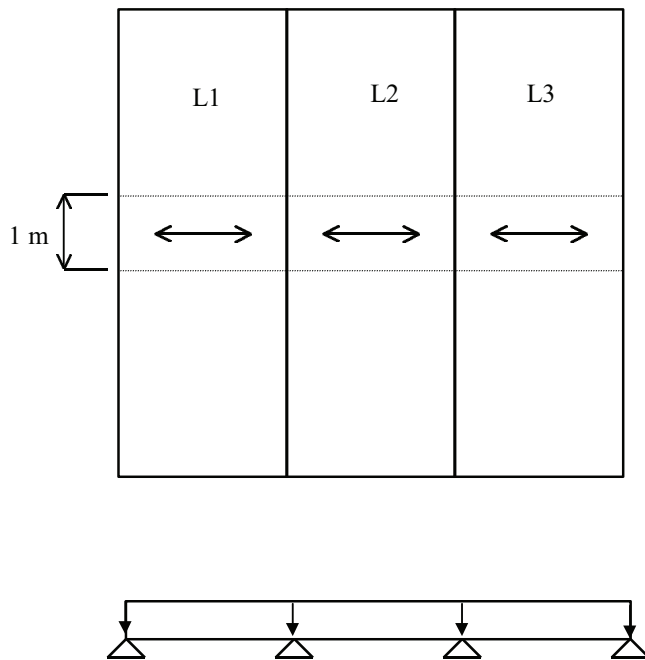


fig.9 - Lajes contínuas armadas em uma direção

*Como seria feito o cálculo destas lajes da fig.9 se a laje L3 fosse armada em duas direções?*

## 9 - Momentos fletores nas lajes isoladas armadas em duas direções

As lajes armadas em duas direções, consideradas como isoladas, foram calculadas durante muito tempo por tabelas baseadas no Processo de Marcus. Atualmente são utilizados programas de computador que calculam os momentos fletores pelo Método dos Elementos Finitos, pela Teoria das Linhas de Ruptura ou pela Teoria da Elasticidade.

De acordo com as tabelas de Czerny, baseadas na Teoria da Elasticidade, os momentos fletores são dados pela seguinte equação:

$$M = \frac{q \cdot l_x^2}{m}$$

sendo  $m$  um coeficiente da tabela em função da relação entre os vãos e do tipo de apoio da laje.

Os momentos fletores positivos e negativos em todas as lajes são assinalados no Esquema de Momentos do pavimento (fig.10).

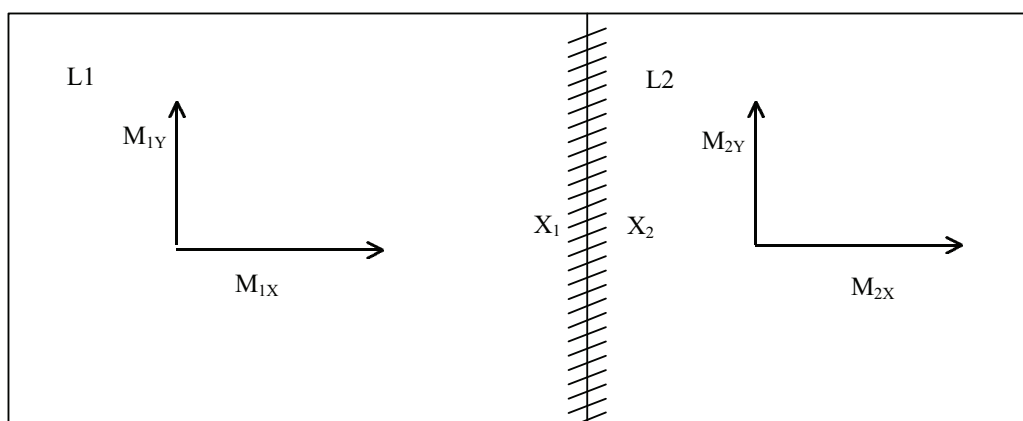


fig.10 - Esquema de momentos do pavimento

No bordo comum de duas lajes vizinhas contínuas, aparecem dois momentos negativos tendo em vista que as lajes foram calculadas isoladamente. Neste caso, o momento no engaste pode ser considerado igual a:

$$X_{ENG} \geq 0,8 \frac{X_{MAX}}{X_{MED}}$$

sendo  $X_{MED} = \frac{X_1 + X_2}{2}$  o valor médio e  $X_{MAX}$  o maior valor entre os momentos  $X_1$  e  $X_2$

Nos casos em que os momentos negativos nas lajes vizinhas forem grandes e muito diferentes entre si, os momentos positivos devem ser corrigidos.

*Como é feita a correção dos momentos das lajes? Este procedimento pode ser considerado satisfatório no projeto?*

## 10- Reações de apoio das lajes

As reações de apoios das lajes geralmente são considerada uniformemente distribuídas e podem ser calculadas pelo método dos quinhões de cargas da NBR-6118. Segundo este método, para cada apoio da laje vai um quinhão de carga correspondente a uma área de triângulos ou trapézios (fig.11) obtida traçando-se linhas a partir do vértice da laje, formando um ângulo de acordo com as condições dos bordos adjacentes:

bordos adjacentes:	ângulo:
apoio - apoio	45°
engaste-engaste	45°
engaste-apoio	60° a partir do engaste

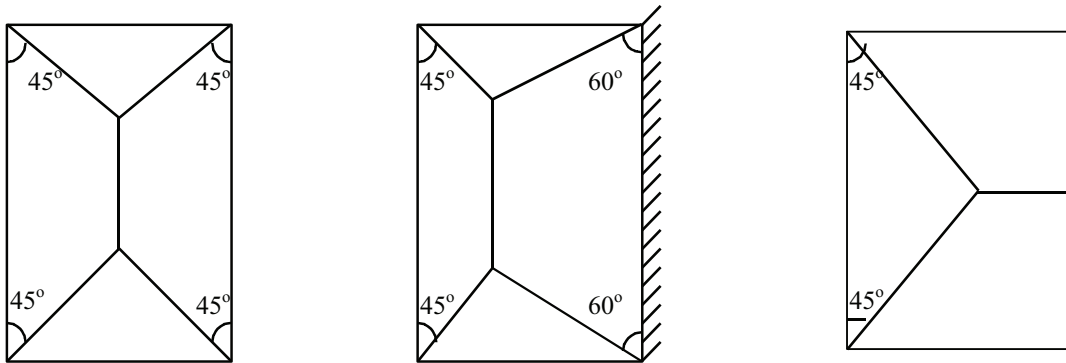


fig.11 - Quinhões de carga para o cálculo das reações das lajes

A reação da laje na viga  $q_v$  pode ser considerada uniformemente distribuída:

$$q_v = \frac{q \cdot A}{l_v}$$

sendo  $q$  - carga distribuída na laje  
 $A$  - área do trapézio ou do triângulo da área do quinhão de carga  
 $l_v$  - vão da viga no trecho considerado

Este método é bem simples e pode ser usado até graficamente. Até mesmo quando a laje for em L, este critério pode ser empregado (fig.12).

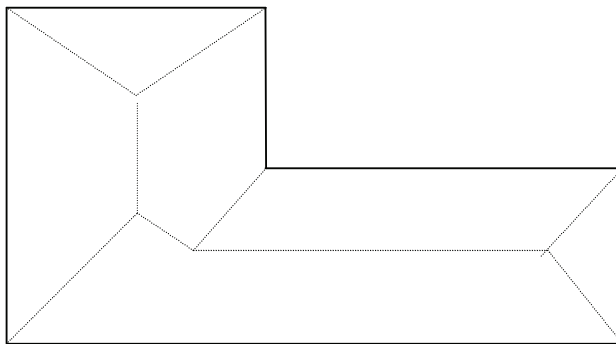


fig.12- Áreas para o cálculo das reações de apoio em lajes em forma de L

**11 - Verificação das tensões de cisalhamento nas lajes**

Nas lajes com cargas muito elevadas, é preciso verificar as tensões de cisalhamento máximas e a necessidade do uso de armadura transversal. A tensão convencional de cisalhamento  $\tau_{wd}$  é dada por:

$$\tau_{wd} = \frac{V_d}{b_w d}$$

sendo  $V_d$  cortante de cálculo (reação de apoio da laje)  
 $b_w$  largura (1m para o caso de lajes)  
 $d$  altura útil da laje

Para que não seja necessário a colocação de armadura transversal nas lajes, esta tensão é limitada pelo valor da tensão última  $\tau_{wul}$ :

$$\tau_{wul} = \psi_4 \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{MPa})$$

sendo  $\psi_4 = 0,60 \sqrt[4]{\rho_1}$  para  $h \leq 15\text{cm}$

$\psi_4 = 0,45 \sqrt[4]{\rho_1}$  para  $h \geq 60\text{cm}$

$\rho_1$  - menor taxa de armadura longitudinal de tração no trecho de comprimento  $2h$  a partir da face do apoio, sendo que  $\rho_1$  deve ficar entre:  $0,001 \leq \rho_1 \leq 0,015$

## 12- Armaduras das lajes

Antes do cálculo das seções de ferro, deve-se verificar se o momento máximo do pavimento irá necessitar de armadura dupla, o que seria inconveniente para o caso de lajes.

$$k_{md} = \frac{1,4 \cdot M_{MAX}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \leq k_{mdMAX} \quad \text{sendo } k_{mdmax} = 0,256 \text{ para o aço CA-50B}$$

sendo  $M_{MAX}$  o maior momento do pavimento  
 $b = 1\text{m}$  (largura)  $d = h - h'$  sendo  $h' = 1$  a  $2\text{ cm}$

Nesta etapa do projeto, pode-se também fazer uma estimativa do momento correspondente à armadura mínima:

$$M_{MIN} = A_{sMIN} \cdot k_z \cdot d \cdot f_{yd} / 1,4$$

sendo  $M_{MIN}$  o momento correspondente a armadura mínima e  $k_z$  um valor estimado da tabela

Todos os momentos do pavimento menores do que o valor  $M_{MIN}$  devem ser armados para a armadura mínima da NBR-6118.

$A_{sMIN} = 0,15\% bh$  (aços CA-40,50 e 60)

$A_{sMIN} = 0,25\% bh$  (aços CA-25 e 32)

Nas lajes armadas em uma só direção, a armadura mínima de distribuição deve ser igual a:

$$A_{SMIN} \text{ de distribuição} = A_s/5 \text{ ou } 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

sendo  $A_s$  a armadura principal da laje

As seções de ferro das armaduras são calculadas pela tabela de dimensionamento. Com o valor de  $k_{md}$ , obtém-se  $k_z$  da tabela para o cálculo de  $A_s$  :

$$A_s = \frac{M_d}{k_z d f_{yd}} \quad (\text{cm}^2 / \text{m})$$

*Com é feita a escolha das barras das armaduras longitudinais?*

### Escolha das barras

A escolha das barras é feita considerando-se os espaçamentos entre elas e as condições para se evitar as fissuras nocivas. A NBR-6118 recomenda que o diâmetro  $\varnothing$  da barra escolhido deve atender a:

$$\varnothing \leq h / 10 \quad \text{sendo } h \text{ a espessura da laje}$$

A tabela 1 mostra os diâmetros  $\phi$  das bitolas padronizadas em milímetros e em polegadas, bem como os valores nominais para cálculo das seções de ferro  $A_s$  ( $\text{cm}^2$ ) da norma EB-3/1980:

$\phi$ (mm)	$\phi$ (pol)	$A_s(\text{cm}^2)$
5	3/16	0,200
6,3	1/4	0,315
8	5/16	0,5
10	3/8	0,8
12,5	1/2	1,25
16	5/8	2,0
20	3/4	3,15

Tabela 1 - Seções de ferro (valores nominais) para as bitolas padronizadas

### Espaçamentos

O espaçamento por metro das barras pode ser obtido por  $e = 100\text{cm} / n$ , sendo  $n$  o número de barras em cada metro. A NBR-6118 recomenda que os espaçamentos entre as barras deve ser:

- lajes armadas em duas direções  $e \leq 20 \text{ cm}$  ou  $2h$
- lajes armadas em uma direção
 

armadura principal	$e \leq 20 \text{ cm}$ ou $2h$
armadura de distribuição	$e \leq 33 \text{ cm}$

Para facilitar a colocação das barras, deve-se empregar na prática espaçamentos das barras múltiplos de 2,5 para as lajes: 7,5cm - 10cm - 12,5cm - 15cm - 17,5cm - 20cm

As barras são especificadas na planta de armadura pelo seu número, quantidade, bitola, espaçamento e comprimento. Na fig.13 estão mostradas as barras inferiores de um pequeno painel

com apenas duas lajes. Neste caso, as barras foram colocadas sem qualquer redução em seu tamanho.

Se tivermos, por exemplo, as seguintes seções de ferro para as armaduras inferiores (direção X) das lajes L1 e L2 da fig.13, teremos:

Laje L1  $A_s = 6 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow 8 \phi 10 / \text{m} \rightarrow \phi = 10 \text{ mm}$  cada 12,5cm  $\rightarrow \phi 10 \text{ c } 12,5$

Laje L2  $A_s = 4,5 \text{ cm}^2 / \text{m} \rightarrow 6 \phi 10 / \text{m} \rightarrow \phi = 10 \text{ mm}$  cada 15cm  $\rightarrow \phi 10 \text{ c } 15$

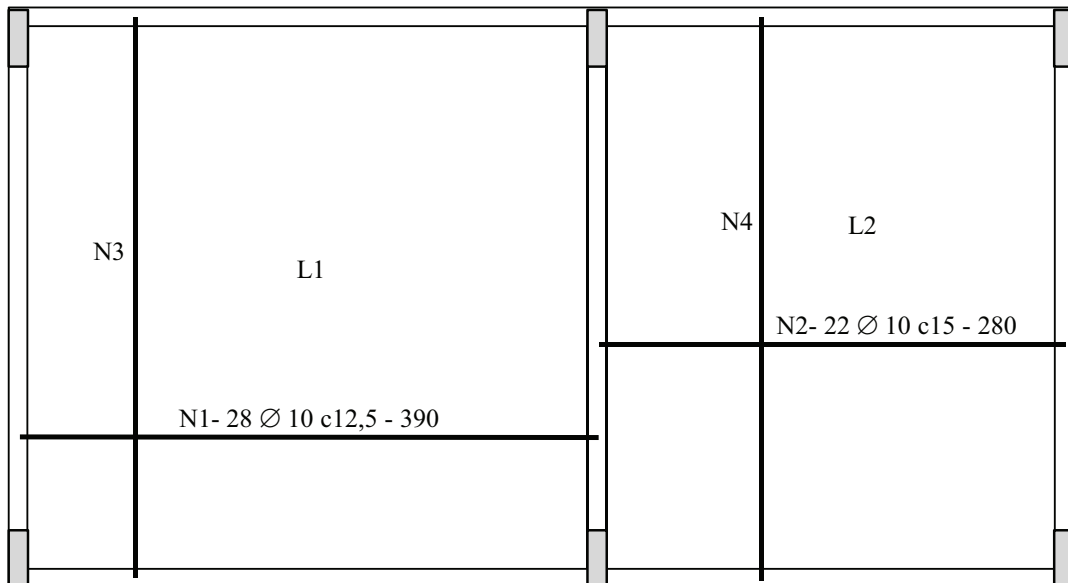


fig.13 - Armadura inferior de um pavimento

As barras superiores são representadas por um traço pontilhado, conforme mostrado na fig.14, sendo que o comprimento de cada barra superior é dada em função dos vãos das lajes vizinhas:

$$l_m = 1 / 4 \text{ do maior dos menores vãos das lajes vizinhas}$$

sendo  $l_m$  metade do comprimento da barra superior

Na figura 14, por exemplo, os menores vãos das lajes vizinhas são  $a$  e  $c$ , sendo que  $a$  é o maior e desta maneira, o comprimento  $l_m$  será igual ao seguinte valor:

$$l_m = a / 4$$

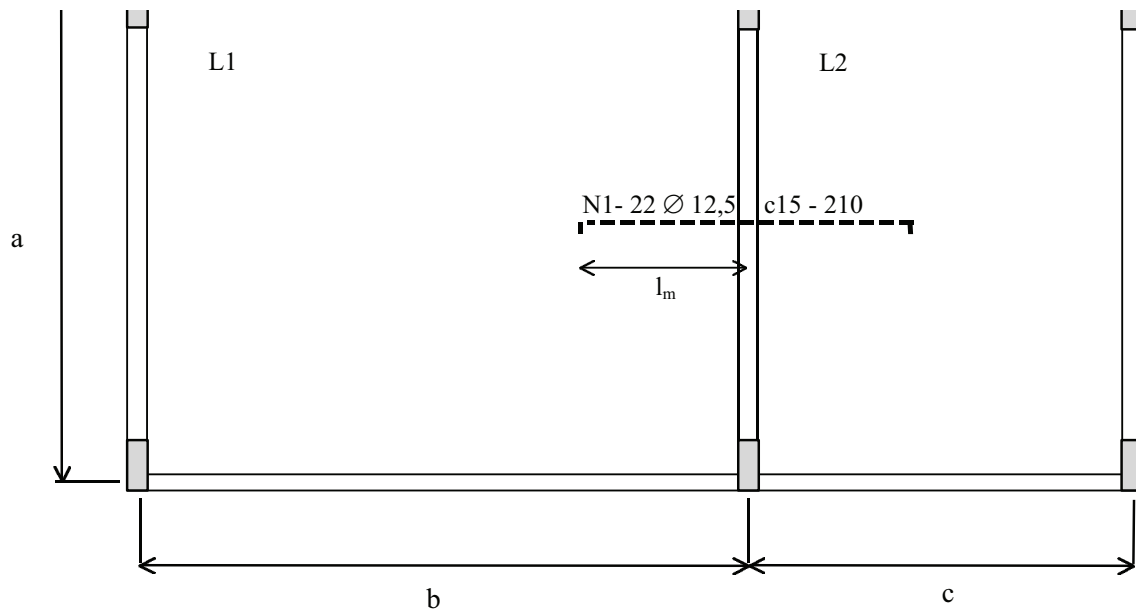


fig.14 - Armadura superior de um pavimento

Quando houver cruzamento de barras superiores em bordos perpendiculares de lajes vizinhas, pode-se colocar a armadura mais forte sobre a armadura mais fraca para evitar interferência das barras.

Na figura 15 está indicada esquematicamente a planta de armadura inferior e na fig.16 a armadura superior do pavimento tipo do Projeto Piloto.

*Por que as barras inferiores são representadas por uma linha com traço cheio e as barras superiores com traço pontilhado?*

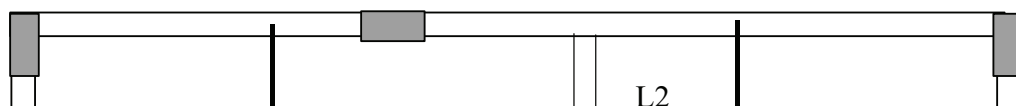


fig. 15 - Armadura inferior do pavimento tipo do Projeto Piloto



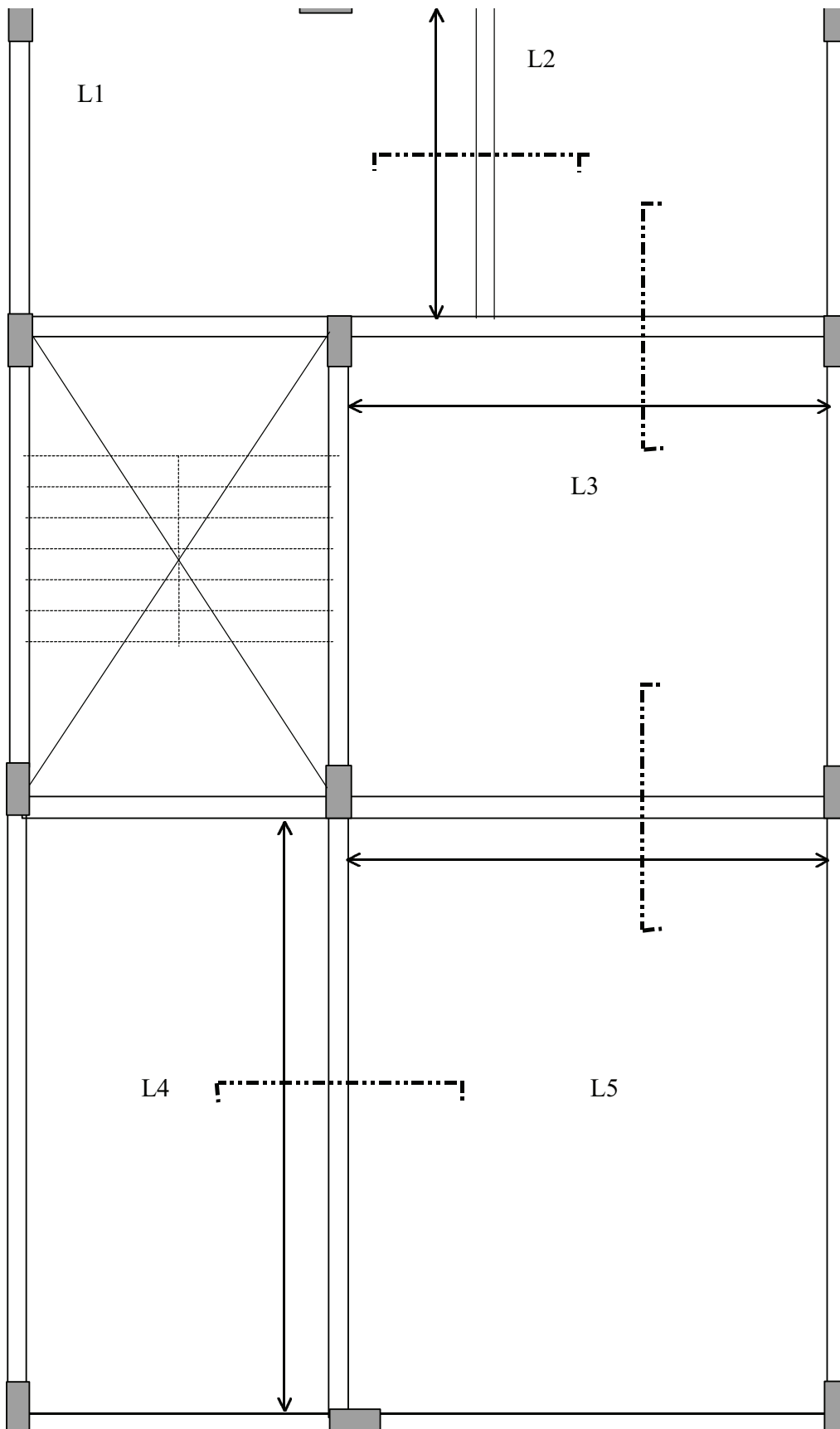


fig. 16 - Armadura superior do pavimento tipo do Projeto Piloto

**Bibliografia**

- [1] CUNHA, A.J.P., Souza, V.C., "Lajes de Concreto Armado e Concreto Protendido", Ed. UFF.
- [2] FUSCO Péricles B., Martins A .R., Ishitani H., "Construções de Concreto", 1990, apostila USP.
- [3] FUSCO Péricles B., "Técnicas de Armar as Estruturas de Concreto", 1994, Ed. Pini.
- [4] ROCHA, Aderson Moreira da - "Concreto Armado" vol.1, ed. Nobel, 20<sup>a</sup> edição, 1984.
- [5] LONGO, H.I., "Projeto Estrutural de uma Edificação de Concreto Armado", apostila, UFRJ, 3<sup>a</sup> ed., 1999.
- [6] Tabelas para Lajes Retangulares, F. Czerny, Beton Kalender, 1974, Verlag Von Wilhelm Ernst e Sohn
- [7] Tabelas de Dimensionamento de Seção Retangular, B. Ernani Diaz
- [8] Norma NBR-6118/78 - "Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado", ABNT, 1978.
- [9] Norma NBR-6120/80 - "Cargas para o Cálculo de Edificações", ABNT, nov.1980.
- [10] Projeto de Revisão da NBR-6118, " Projeto de Estruturas de Concreto", jan. 2000.