

LAJES EM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO: PRÉ-DIMENSIONAMENTO



Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo

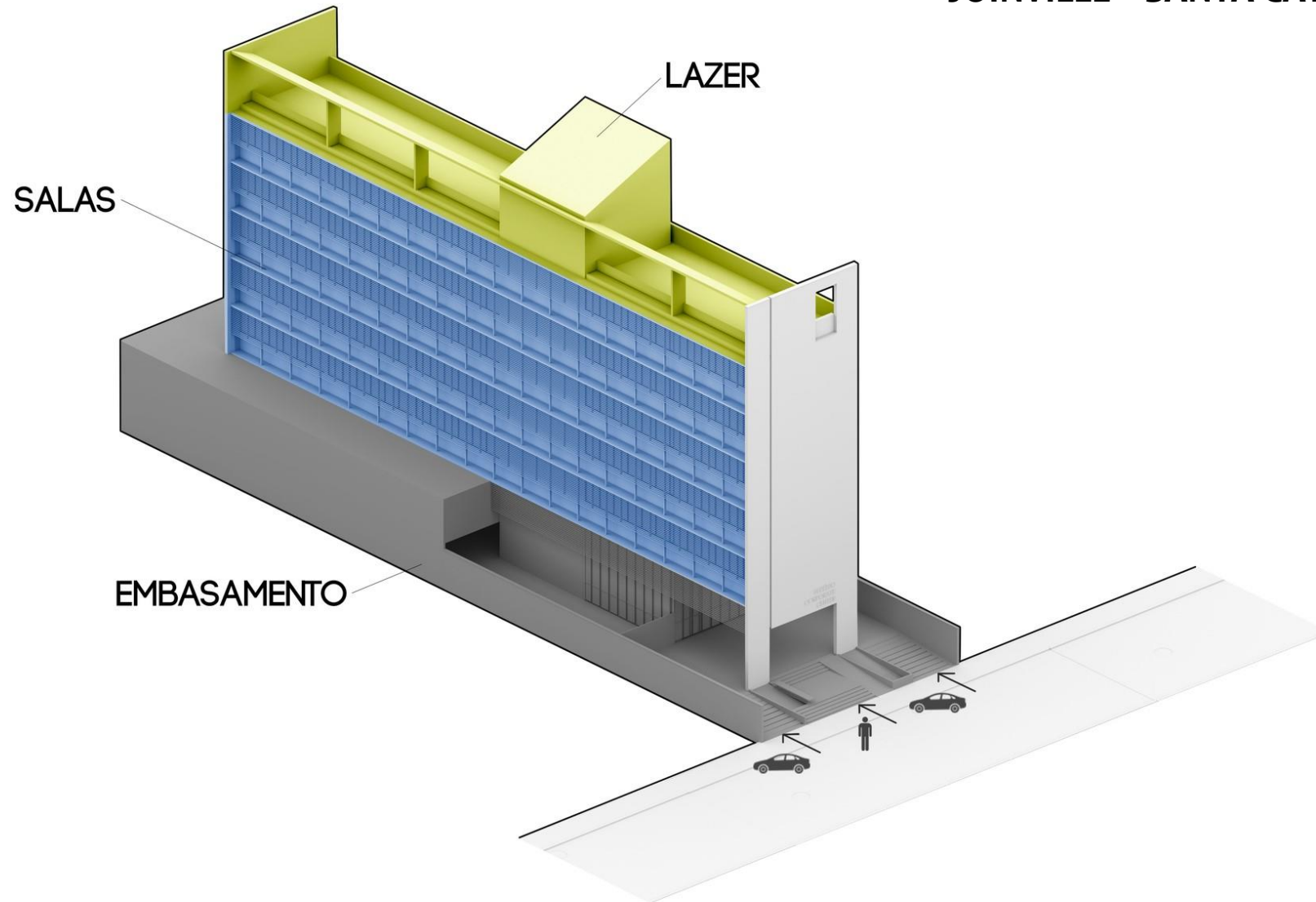
ESTABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES III – RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS E PROPRIEDADES

ALBERTO ALONSO LÁZARO
ALEXANDRE AUGUSTO MARTINS
KAREN NICOLLI RAMIREZ
RENATO RODRIGUES
SASQUIA HIZURU OBATA

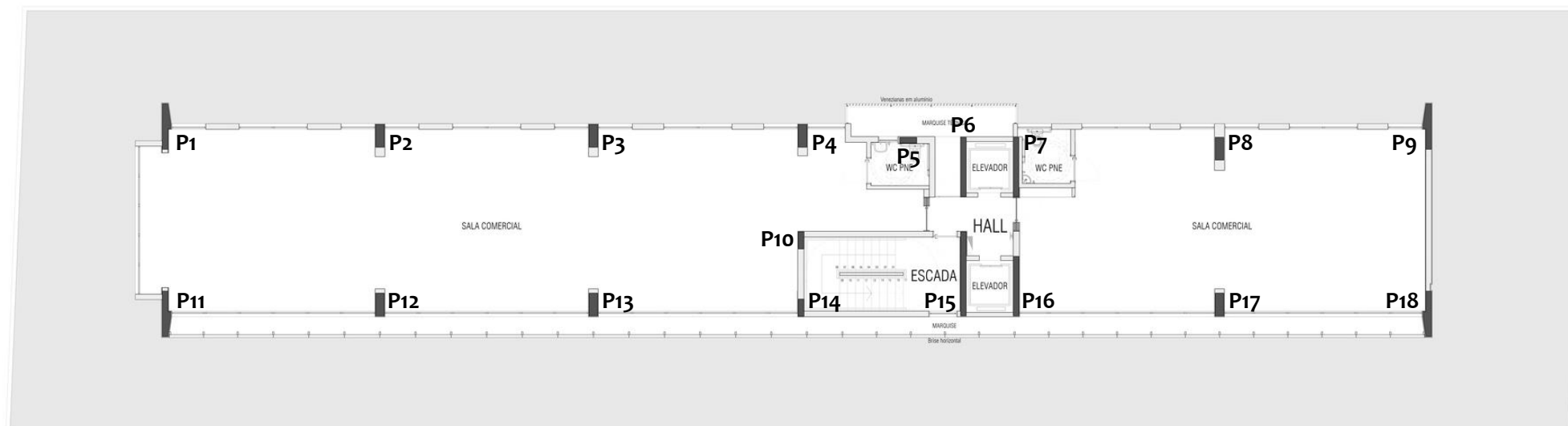
[abril.2024]

ÁREA DE INFLUÊNCIA X DELIMITAÇÃO DE LAJES

EDIFÍCIO EUSÉBIO CORPORATE CENTER
ESTÚDIO VERTICAL ARQUITETURA
JOINVILLE – SANTA CATARINA – BRASIL (2020)



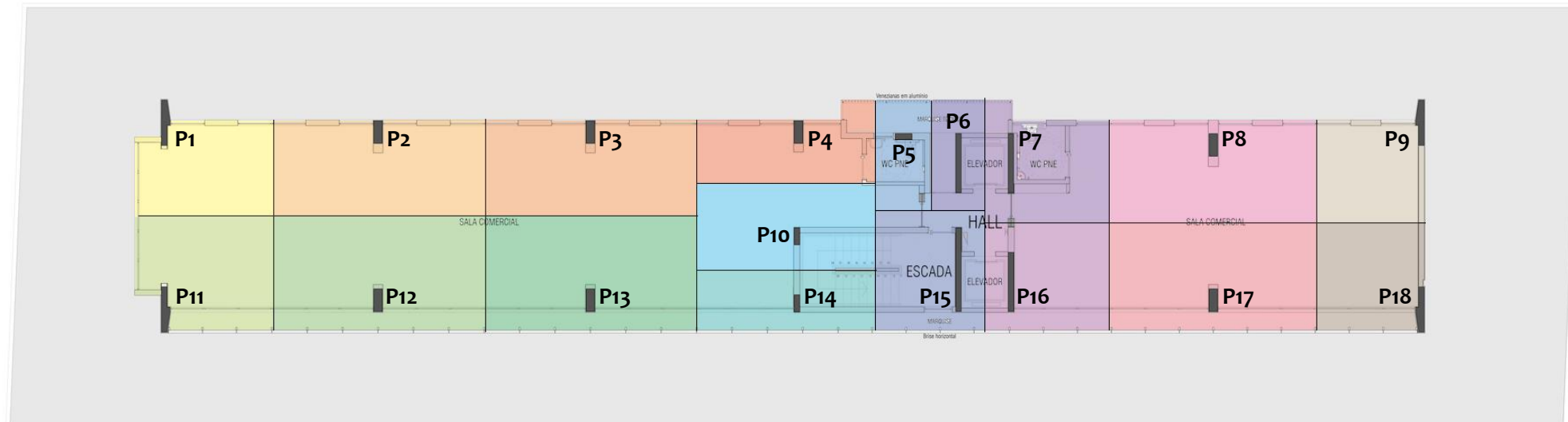
CUIDADO:
ÁREAS DE INFLUÊNCIA PARA PILARES $\neq$ DELIMITAÇÃO DE LAJES



Planta do pavimento tipo



CUIDADO:
ÁREAS DE INFLUÊNCIA PARA PILARES $\neq$ DELIMITAÇÃO DE LAJES



Planta do pavimento tipo



CUIDADO:
ÁREAS DE INFLUÊNCIA PARA PILARES $\neq$ DELIMITAÇÃO DE LAJES



Planta do pavimento tipo



CLASSIFICAÇÃO QUANTO À DIREÇÃO

- LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO

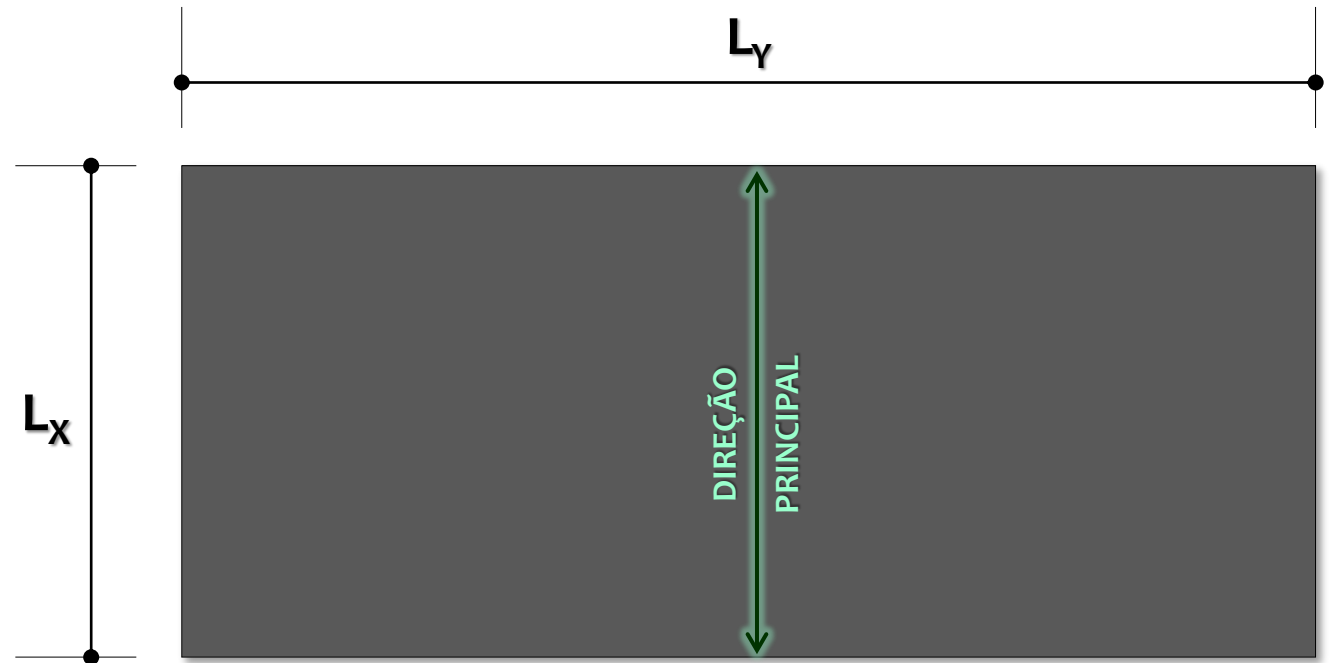
- NAS LAJES ARMADAS EM UMA ÚNICA DIREÇÃO (NAS QUAIS A RELAÇÃO ENTRE OS LADOS É MAIOR QUE DOIS), OS ESFORÇOS SOLICITANTES SÃO CONSIDERADOS SEGUNDO A DIREÇÃO PRINCIPAL DA ESTRUTURA, TAL QUE:

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} > 2,0$$

ONDE:

L_y = MAIOR VÃO

L_x = MENOR VÃO





[HABITISSIMO, 2021]



[CELENTANO, 2021]

- LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES (OU EM CRUZ)

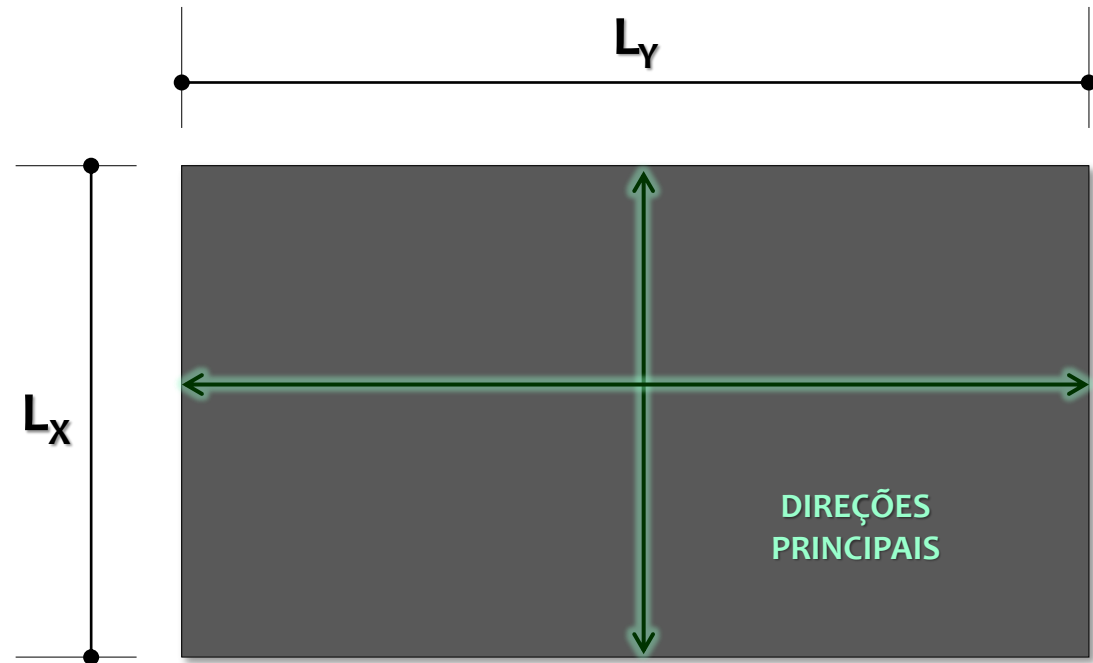
- NAS LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES (NAS QUAIS A RELAÇÃO ENTRE OS LADOS É MENOR OU IGUAL A DOIS), OS ESFORÇOS SOLICITANTES SÃO CONSIDERADOS SEGUNDO AS DUAS DIREÇÕES PRINCIPAIS DA LAJE, DE MODO QUE:

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} \leq 2,0$$

ONDE:

L_y = MAIOR VÃO

L_x = MENOR VÃO

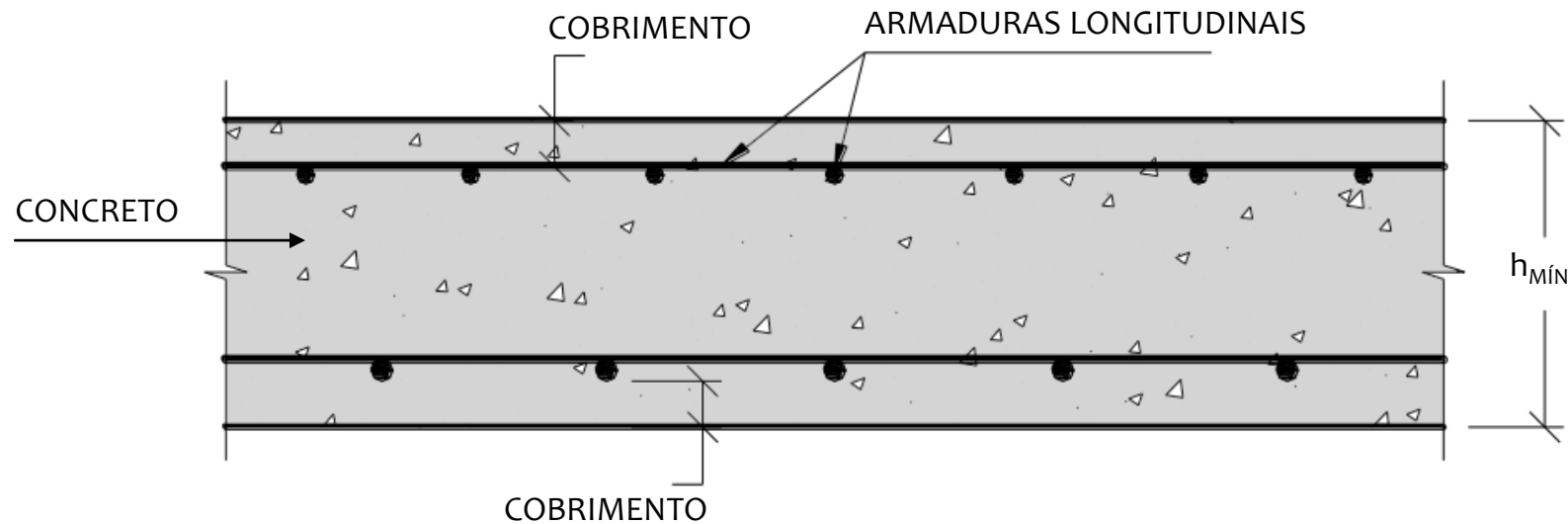




ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$)

- ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) ESTRUTURAL

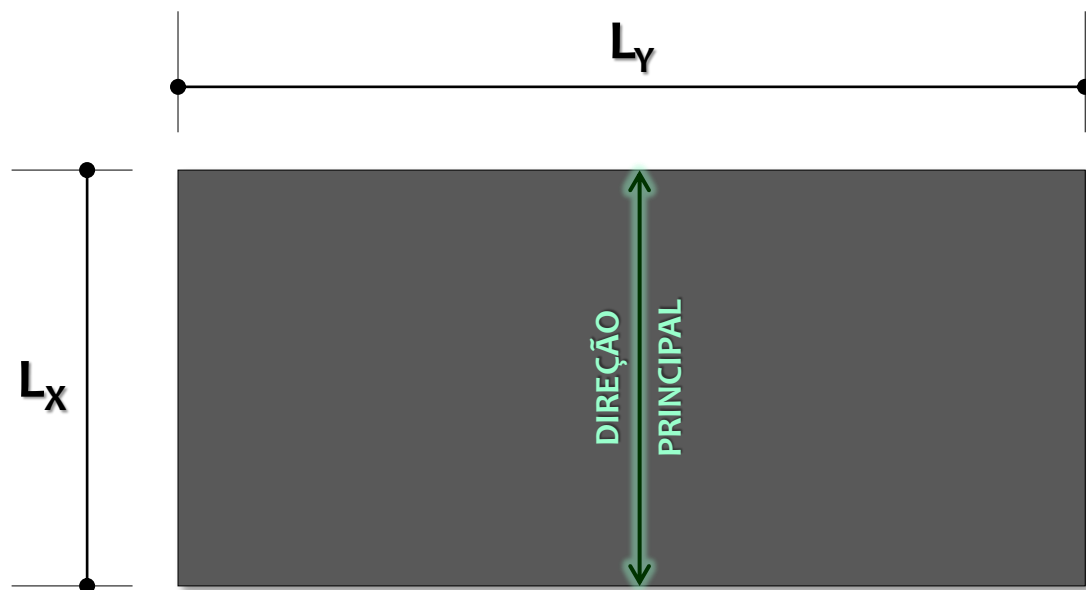
- LAJES MACIÇAS SÃO AQUELAS NAS QUAIS PRATICAMENTE TODA A ESPESSURA É COMPOSTA POR CONCRETO, CONTENDO, ALÉM DELE, ARMADURAS ESPECÍFICAS QUE AJUDAM A SUPORTAR OS ESFORÇOS DE SERVIÇO SEM QUE A RESISTÊNCIA FINAL SEJA COMPROMETIDA





[FREEPICK, 2023]

- ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) PARA LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO



$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} > 2,0$$

ONDE:

L_y = MAIOR VÃO
 L_x = MENOR VÃO

$$\frac{L_x}{45} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{L_x}{25}$$

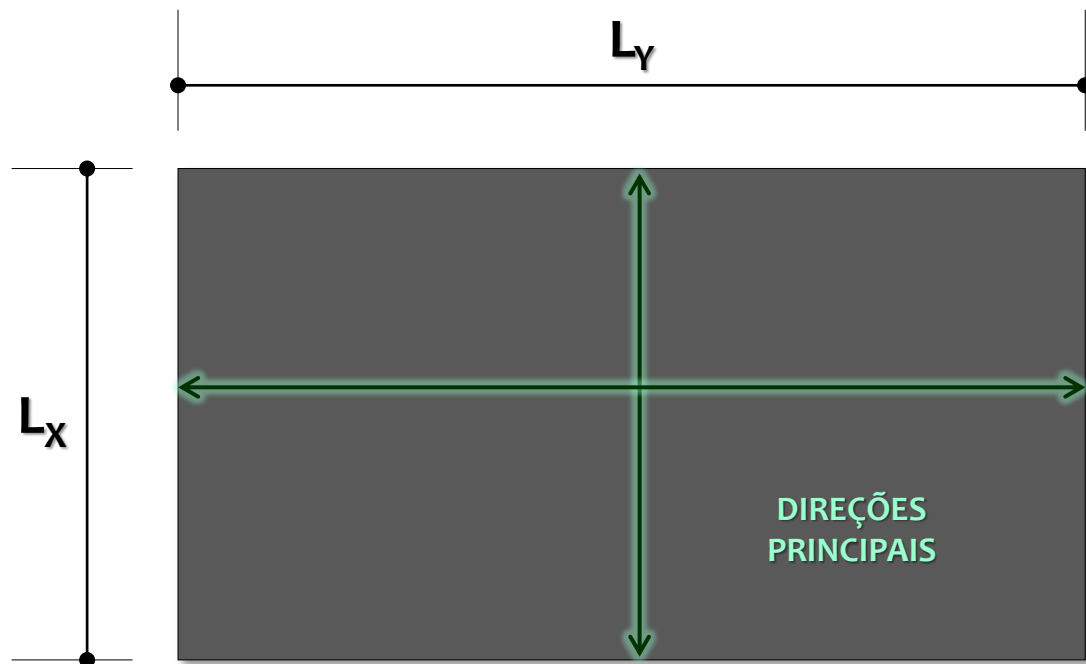
OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

NBR 6118:2014 – TABELA 13.2.4.1: ESPESSURAS MÍNIMAS DE LAJES MACIÇAS PARA CONCRETO ARMADO

TIPO DE LAJE		ESPESSURA MÍNIMA (cm)
DE COBERTURA (NÃO EM BALANÇO)		7,0
DE PISO (NÃO EM BALANÇO)		8,0
EM BALANÇO		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ABAIXO DE 30,0 kN		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ACIMA DE 30,0 kN		12,0
COM PROTENSÃO APOIADA EM VIGAS, COM O MÍNIMO DE $L/42$ PARA LAJES DE PISO BIAPOIADAS E $L/50$ PARA LAJES DE PISO CONTÍNUAS		15,0
LISAS	COM COGUMELO EMBUTIDO	16,0
	COM COGUMELO APARENTE	14,0

- ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) PARA LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES



$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} \leq 2,0$$

ONDE:

L_y = MAIOR VÃO
 L_x = MENOR VÃO

$$\frac{L_x}{50} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{L_x}{40}$$

OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

NBR 6118:2014 – TABELA 13.2.4.1: ESPESSURAS MÍNIMAS DE LAJES MACIÇAS PARA CONCRETO ARMADO

TIPO DE LAJE		ESPESSURA MÍNIMA (cm)
DE COBERTURA (NÃO EM BALANÇO)		7,0
DE PISO (NÃO EM BALANÇO)		8,0
EM BALANÇO		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ABAIXO DE 30,0 kN		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ACIMA DE 30,0 kN		12,0
COM PROTENSÃO APOIADA EM VIGAS, COM O MÍNIMO DE $L/42$ PARA LAJES DE PISO BIAPOIADAS E $L/50$ PARA LAJES DE PISO CONTÍNUAS		15,0
LISAS	COM COGUMELO EMBUTIDO	16,0
	COM COGUMELO APARENTE	14,0

EXEMPLO DE CÁLCULO 1

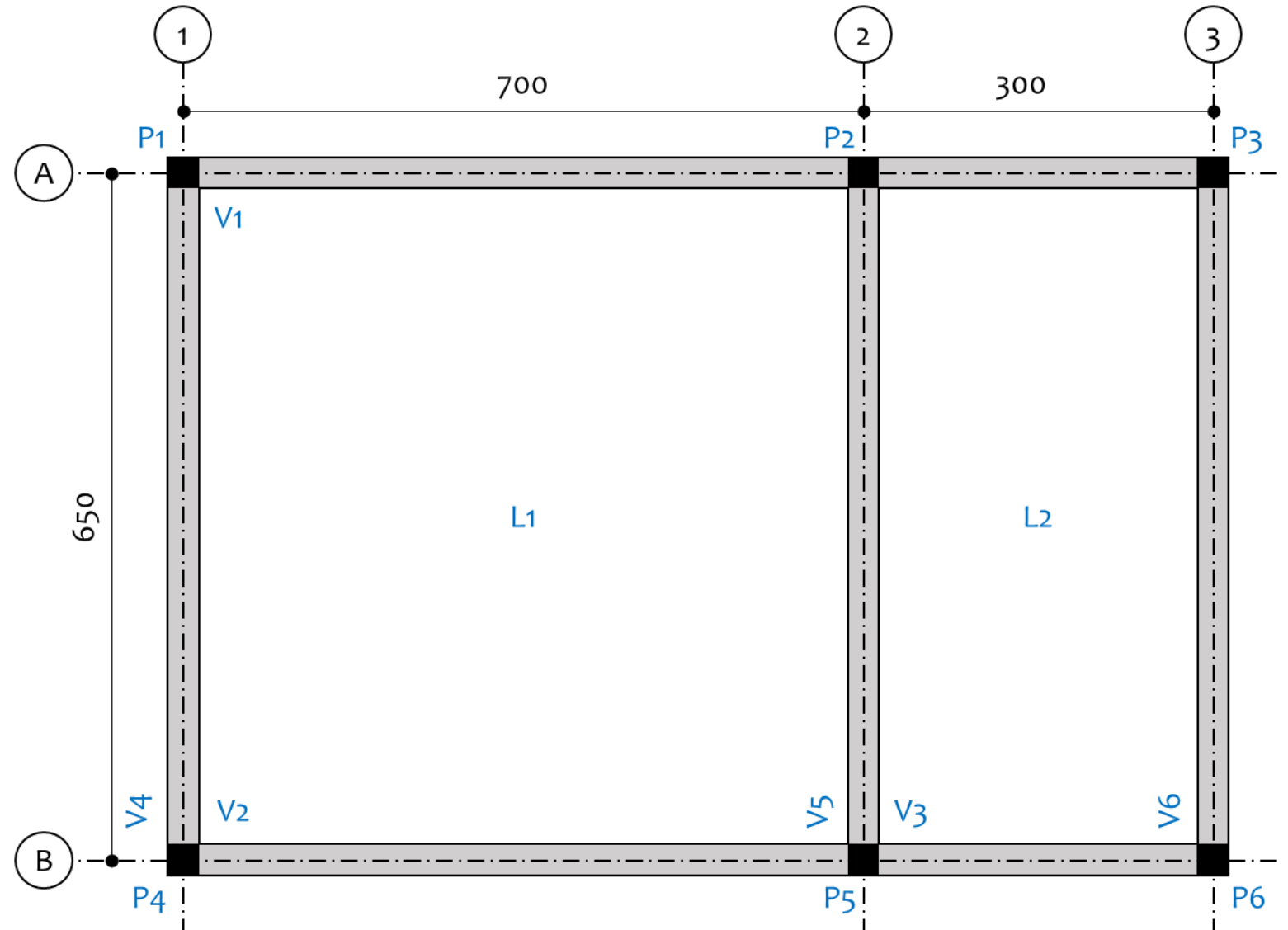
PARA A SITUAÇÃO ESQUEMÁTICA A SEGUIR, NA QUAL AS LAJES L1 E L2 FORAM FEITAS EM CONCRETO ARMADO MOLADO *IN LOCO*, INFORMAR:

- **QUAIS AS DIREÇÕES DAS ARMADURAS PRINCIPAIS; E**
- **QUAIS AS ESPESSURAS MÍNIMAS ($h_{\text{MÍN}}$) ESTRUTURAIS**

PARA A LAJE L1:

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

$$\lambda = \frac{700}{650}$$

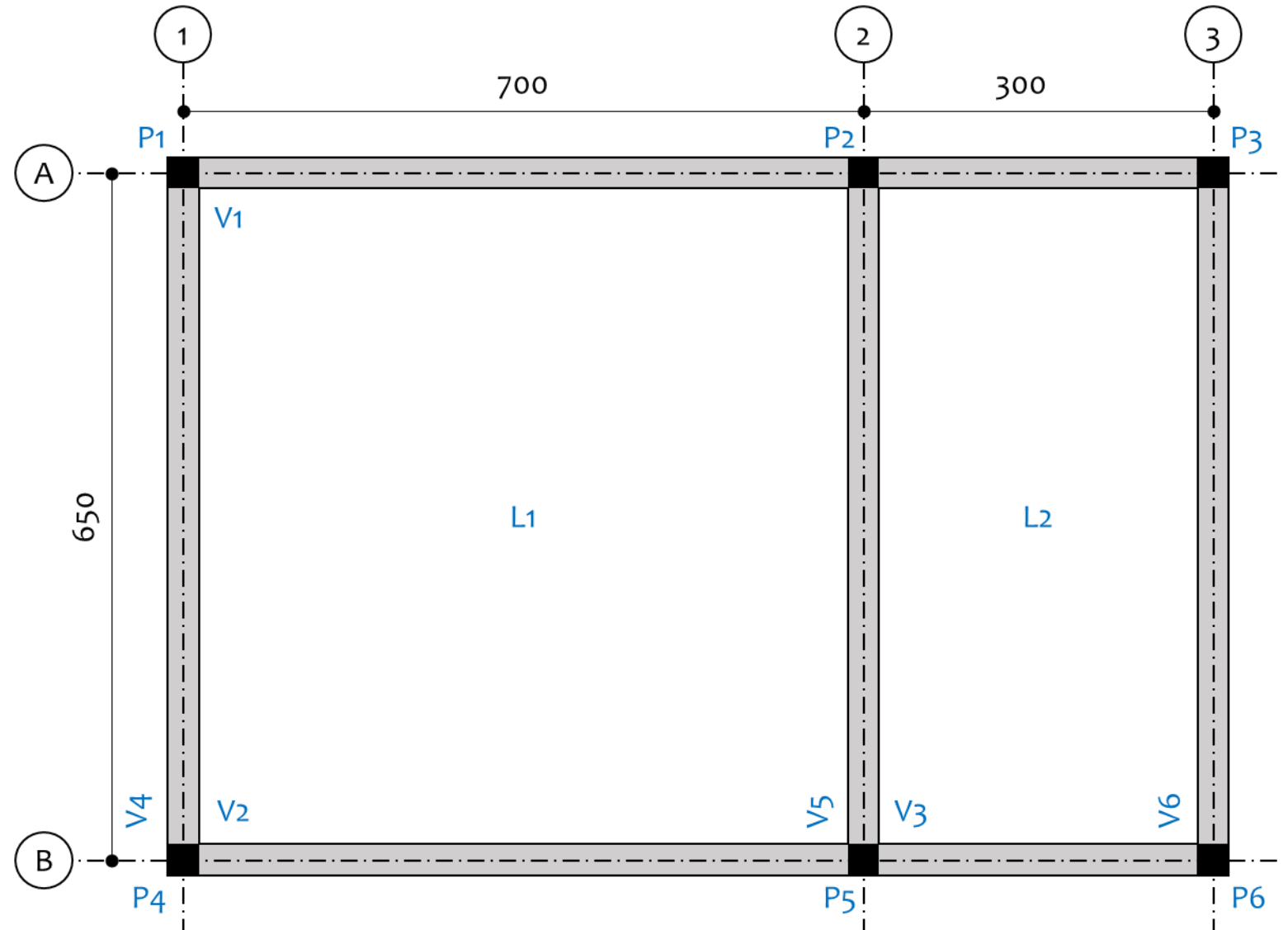


$\lambda = 1,08 \leq 2,0 \implies$ LAJE 1 ARMADA EM DUAS DIREÇÕES

PARA A LAJE L2:

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x}$$

$$\lambda = \frac{650}{300}$$



$\lambda = 2,17 > 2,0 \implies$ LAJE 2 ARMADA EM UMA DIREÇÃO

- ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) DA LAJE L1 (ARMADA EM DUAS DIREÇÕES)

$$\frac{L_x}{50} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{L_x}{40}$$

$$\frac{650}{50} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{650}{40}$$

$$13,0 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 16,25$$

OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

NBR 6118:2014 – TABELA 13.2.4.1: ESPESSURAS MÍNIMAS DE LAJES MACIÇAS PARA CONCRETO ARMADO

TIPO DE LAJE		ESPESSURA MÍNIMA (cm)
DE COBERTURA (NÃO EM BALANÇO)		7,0
DE PISO (NÃO EM BALANÇO)		8,0
EM BALANÇO		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ABAIXO DE 30,0 kN		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ACIMA DE 30,0 kN		12,0
COM PROTENSÃO APOIADA EM VIGAS, COM O MÍNIMO DE $L/42$ PARA LAJES DE PISO BIAPOIADAS E $L/50$ PARA LAJES DE PISO CONTÍNUAS		15,0
LISAS	COM COGUMELO EMBUTIDO	16,0
	COM COGUMELO APARENTE	14,0

ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) PARA L1 (ARMADA EM DUAS DIREÇÕES):

$$13,0 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 16,25$$

A ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) ESTÁ ACIMA DO QUE INDICA A NORMA, LOGO ...

$$h_{\text{MÍN L1}} = 13,0$$

OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

- ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) DA LAJE L2 (ARMADA EM UMA DIREÇÃO)

$$\frac{L_x}{45} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{L_x}{25} \qquad \frac{300}{45} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{300}{25}$$

$$6,67 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 12,0$$

OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

NBR 6118:2014 – TABELA 13.2.4.1: ESPESSURAS MÍNIMAS DE LAJES MACIÇAS PARA CONCRETO ARMADO

TIPO DE LAJE		ESPESSURA MÍNIMA (cm)
DE COBERTURA (NÃO EM BALANÇO)		7,0
DE PISO (NÃO EM BALANÇO)		8,0
EM BALANÇO		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ABAIXO DE 30,0 kN		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ACIMA DE 30,0 kN		12,0
COM PROTENSÃO APOIADA EM VIGAS, COM O MÍNIMO DE $L/42$ PARA LAJES DE PISO BIAPOIADAS E $L/50$ PARA LAJES DE PISO CONTÍNUAS		15,0
LISAS	COM COGUMELO EMBUTIDO	16,0
	COM COGUMELO APARENTE	14,0

ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) PARA L2 (ARMADA EM UMA DIREÇÃO):

$$6,67 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 12,0$$

A ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) ESTÁ ABAIXO DO QUE EXIGE A NORMA , PORTANTO ...

$$h_{\text{MÍN L2}} = 8,0$$

OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

- IMPORTANTE

- A DEPENDER DA NECESSIDADE DO PROJETO ARQUITETÔNICO, DA INDICAÇÃO DO CÁLCULO ESTRUTURAL OU DAS VARIÁVEIS CONSTRUTIVAS, É COMUM (MAS NÃO OBRIGATÓRIO) QUE SE ADOTE A MESMA ESPESSURA MÍNIMA PARA LAJES CONTÍGUAS

- NO CASO DE L1 E L2:

$$h_{\text{MÍN L1}} = h_{\text{MÍN L2}} = 13,0$$

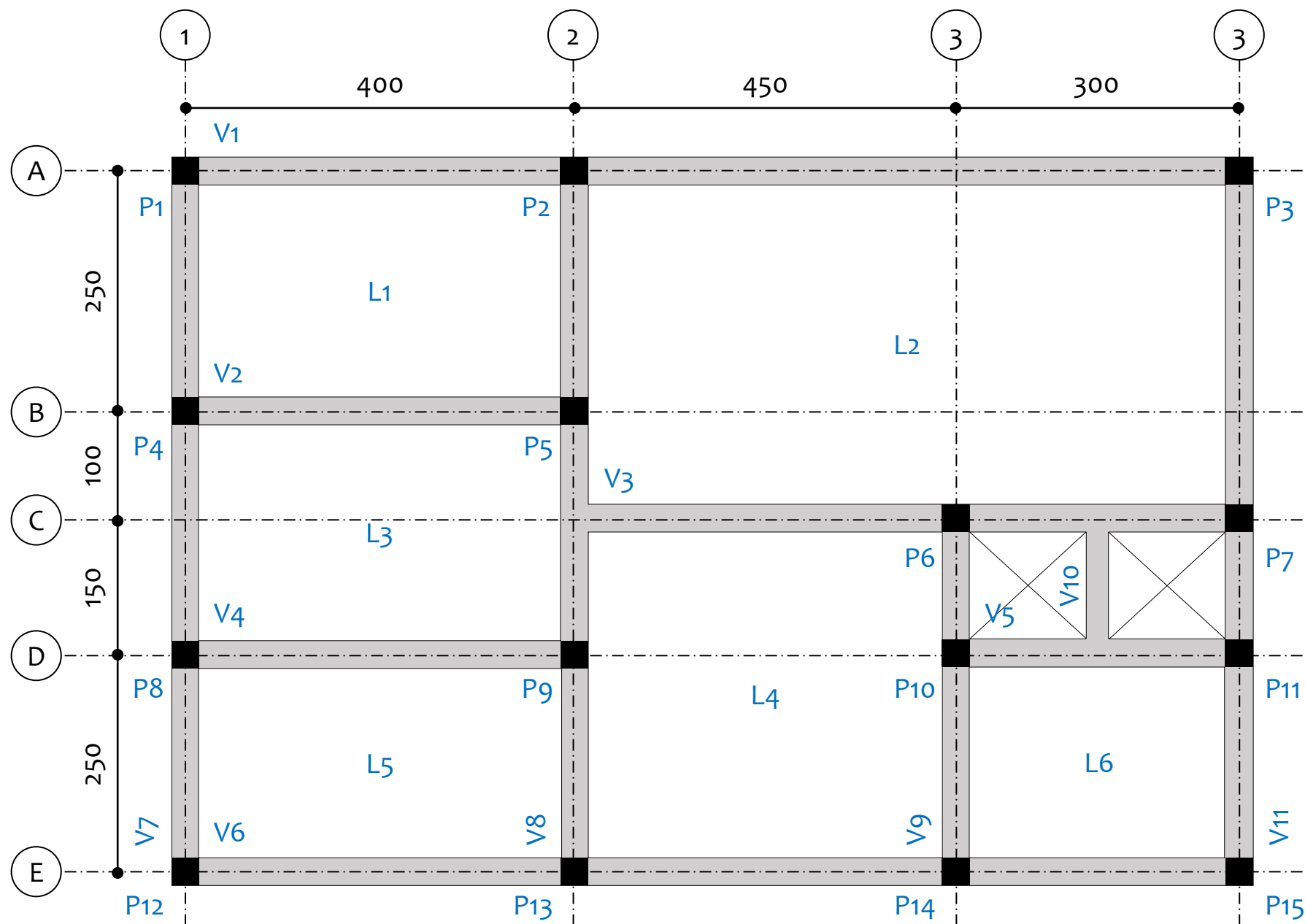
OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

EXEMPLO DE CÁLCULO 2

A PARTIR DA PLANTA DE FÔRMAS ESQUEMÁTICA A SEGUIR, PEDE-SE:

- NUMERAR PILARES, VIGAS E LAJES
- PARA AS LAJES L1 A L6:
 - IDENTIFICAR OS TIPOS (OU AS DIREÇÕES) DAS ARMADURAS PRINCIPAIS; E
 - DETERMINAR AS ESPESSURAS MÍNIMAS ($h_{\text{MÍN}}$) ESTRUTURAIS
- **OBS:**
 - POR RAZÕES DIDÁTICAS, A EXISTÊNCIA DA ESCADA FOI DESCONSIDERADA



[DO AUTOR, 2023]

OBS:
. MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

- TIPOS DE ARMAÇÃO DAS LAJES L1 A L6

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} \leq 2,0$$

LAJE ARMADA EM DUAS DIREÇÕES

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} > 2,0$$

LAJE ARMADA EM UMA DIREÇÃO

QUADRO 1
TIPOS DE ARMAÇÃO DAS LAJES

LAJE	DIMENSÕES		RELAÇÃO L_Y / L_X	TIPO DE ARMAÇÃO
	L_Y (cm)	L_X (cm)		
L1				
L2				
L3				
L4				
L5				
L6				

QUADRO 1
TIPOS DE ARMAÇÃO DAS LAJES

LAJE	DIMENSÕES		RELAÇÃO L_Y / L_X	TIPO DE ARMAÇÃO
	L_Y (cm)	L_X (cm)		
L1	400	250	1,6	DUAS DIREÇÕES
L2	750	350	2,14	UMA DIREÇÃO
L3	400	250	1,6	DUAS DIREÇÕES
L4	450	400	1,13	DUAS DIREÇÕES
L5	400	250	1,6	DUAS DIREÇÕES
L6	300	250	1,2	DUAS DIREÇÕES

- ESPESSURAS MÍNIMAS ($h_{\text{MÍN}}$) DAS LAJES L1 A L6

$$\frac{L_x}{45} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{L_x}{25}$$

LAJE ARMADA EM UMA DIREÇÃO

$$\frac{L_x}{50} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{L_x}{40}$$

LAJE ARMADA EM DUAS DIREÇÕES

QUADRO 2
ESPESSURA MÍNIMA ($h_{MÍN}$) – LAJE ARMADA EM UMA DIREÇÃO

LAJE	PRÉ-DIMENSIONAMENTO			$h_{MÍN}$ (NBR)	$h_{MÍN}$ (ADOTADO)
	L_x (cm)	$L_x / 45$ (cm)	$L_x / 25$ (cm)		
L2					

QUADRO 2
ESPESSURA MÍNIMA ($h_{MÍN}$) – LAJE ARMADA EM UMA DIREÇÃO

LAJE	PRÉ-DIMENSIONAMENTO			$h_{MÍN}$ (NBR)	$h_{MÍN}$ (ADOTADO)
	L_x (cm)	$L_x / 45$ (cm)	$L_x / 25$ (cm)		
L2	350	7,78	14,0	8,0	8,0

NBR 6118:2014 – TABELA 13.2.4.1: ESPESSURAS MÍNIMAS DE LAJES MACIÇAS PARA CONCRETO ARMADO

TIPO DE LAJE		ESPESSURA MÍNIMA (cm)
DE COBERTURA (NÃO EM BALANÇO)		7,0
DE PISO (NÃO EM BALANÇO)		8,0
EM BALANÇO		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ABAIXO DE 30,0 kN		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ACIMA DE 30,0 kN		12,0
COM PROTENSÃO APOIADA EM VIGAS, COM O MÍNIMO DE $L/42$ PARA LAJES DE PISO BIAPOIADAS E $L/50$ PARA LAJES DE PISO CONTÍNUAS		15,0
LISAS	COM COGUMELO EMBUTIDO	16,0
	COM COGUMELO APARENTE	14,0

QUADRO 3
ESPESSURA MÍNIMA ($h_{MÍN}$) – LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES

LAJE	PRÉ-DIMENSIONAMENTO			$h_{MÍN}$ (NBR)	$h_{MÍN}$ (ADOTADO)
	L_x (cm)	$L_x / 50$ (cm)	$L_x / 40$ (cm)		
L1					
L3					
L4					
L5					
L6					

QUADRO 3
ESPESSURA MÍNIMA ($h_{MÍN}$) – LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES

LAJE	PRÉ-DIMENSIONAMENTO			$h_{MÍN}$ (NBR)	$h_{MÍN}$ (ADOTADO)
	L_x (cm)	$L_x / 50$ (cm)	$L_x / 40$ (cm)		
L1	250	5,0	6,25	8,0	8,0
L3	250	5,0	6,25	8,0	8,0
L4	400	8,0	10,0	8,0	8,0
L5	250	5,0	6,25	8,0	8,0
L6	250	5,0	6,25	8,0	8,0

NBR 6118:2014 – TABELA 13.2.4.1: ESPESSURAS MÍNIMAS DE LAJES MACIÇAS PARA CONCRETO ARMADO

TIPO DE LAJE		ESPESSURA MÍNIMA (cm)
DE COBERTURA (NÃO EM BALANÇO)		7,0
DE PISO (NÃO EM BALANÇO)		8,0
EM BALANÇO		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ABAIXO DE 30,0 kN		10,0
QUE SUPORTAM VEÍCULOS DE PESO TOTAL ACIMA DE 30,0 kN		12,0
COM PROTENSÃO APOIADA EM VIGAS, COM O MÍNIMO DE $L/42$ PARA LAJES DE PISO BIAPOIADAS E $L/50$ PARA LAJES DE PISO CONTÍNUAS		15,0
LISAS	COM COGUMELO EMBUTIDO	16,0
	COM COGUMELO APARENTE	14,0

COMO CITAR ESTE MATERIAL

MARTINS, A. A.

LAJES EM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO: PRÉ-DIMENSIONAMENTO

MATERIAL DIDÁTICO. SÃO PAULO: FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE
PRESBITERIANA MACKENZIE, ABRIL DE 2024.

DISPONÍVEL POR MEIO DIGITAL DURANTE A AULA DE ESTABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES III – RESISTÊNCIA DOS
MATERIAIS E PROPRIEDADES, MINISTRADA PELOS PROFESSORES: SASQUIA HIZURU OBATA, KAREN NICOLLI
RAMIREZ, ALBERTO ALONSO LÁZARO, RENATO RODRIGUES E ALEXANDRE AUGUSTO MARTINS, EM ABRIL.2024.

REFERÊNCIAS TEXTUAIS

BASTOS, PAULO SÉRGIO. **LAJES DE CONCRETO ARMADO**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL. BAURU, 2021. DISPONÍVEL EM: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>. ACESSO EM: 17.ago.2023.

BOTELHO, MANOEL H. CAMPOS; MARCHETTI, OSVALDEMAR. **CONCRETO ARMADO EU TE AMO**. SÃO PAULO: EDGARD BLUCHER, 2006.

MEIRELLES, CÉLIA R. M. **SISTEMAS ESTRUTURAIS – PRÉ-DIMENSIONAMENTO (NOTAS DE AULA)**. FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2008.

NBR 6118:2014 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – PROCEDIMENTO. DISPONÍVEL EM: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=317027>. ACESSO EM: 28.mar.2021.

NBR 6120:2019 – AÇÕES PARA O CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES. DISPONÍVEL EM: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=426721>. ACESSO EM: 28.mar.2021.

NBR 8681:2004 – AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS – PROCEDIMENTO. DISPONÍVEL EM: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=991>. ACESSO EM: 28.mar.2021

REBELLO, YOPANAN CONRADO. **A CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E A ARQUITETURA**. SÃO PAULO: EDITORA ZIGURATE, 2011.a.

REBELLO, YOPANAN CONRADO. **BASES PARA PROJETO ESTRUTURAL NA ARQUITETURA**. SÃO PAULO: EDITORA ZIGURATE, 2011.b.

REBELLO, YOPANAN CONRADO. **ESTRUTURAS DE AÇO, CONCRETO E MADEIRA – ATENDIMENTO DA EXPECTATIVA DIMENSIONAL**. SÃO PAULO: EDITORA ZIGURATE, 2011.c.

LAJES EM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO: PRÉ-DIMENSIONAMENTO



Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo

ESTABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES III – RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS E PROPRIEDADES

ALBERTO ALONSO LÁZARO
ALEXANDRE AUGUSTO MARTINS
KAREN NICOLLI RAMIREZ
RENATO RODRIGUES
SASQUIA HIZURU OBATA

[abril.2024]