

LAJES EM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO: ESFORÇOS



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



ESFORÇOS (AÇÕES OU CARREGAMENTOS)



DUPLEX MORENO
IMPULSAR ARQUITECTURA
GRANADERO BAIGORRIA – ARGENTINA (2022)
[ARCHIDAILY, 2023]



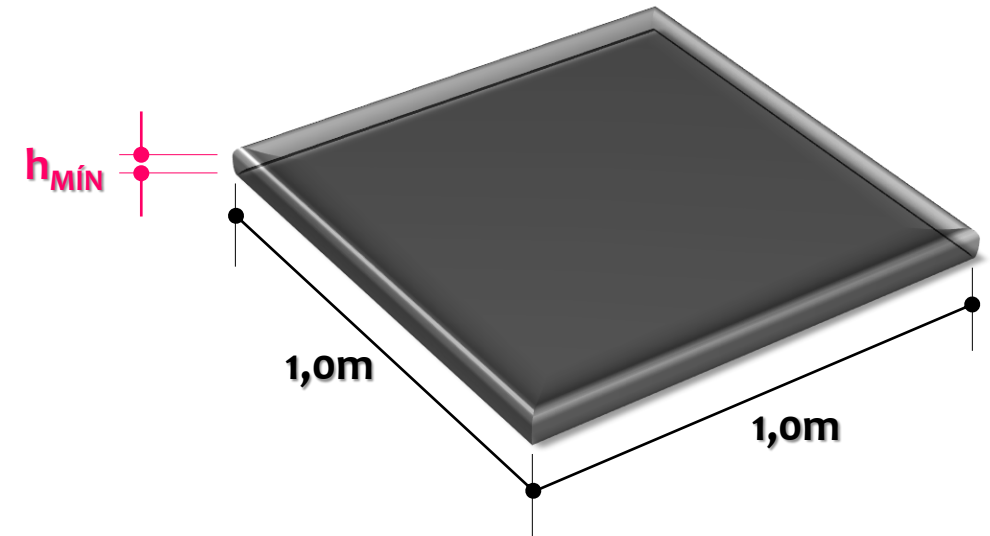
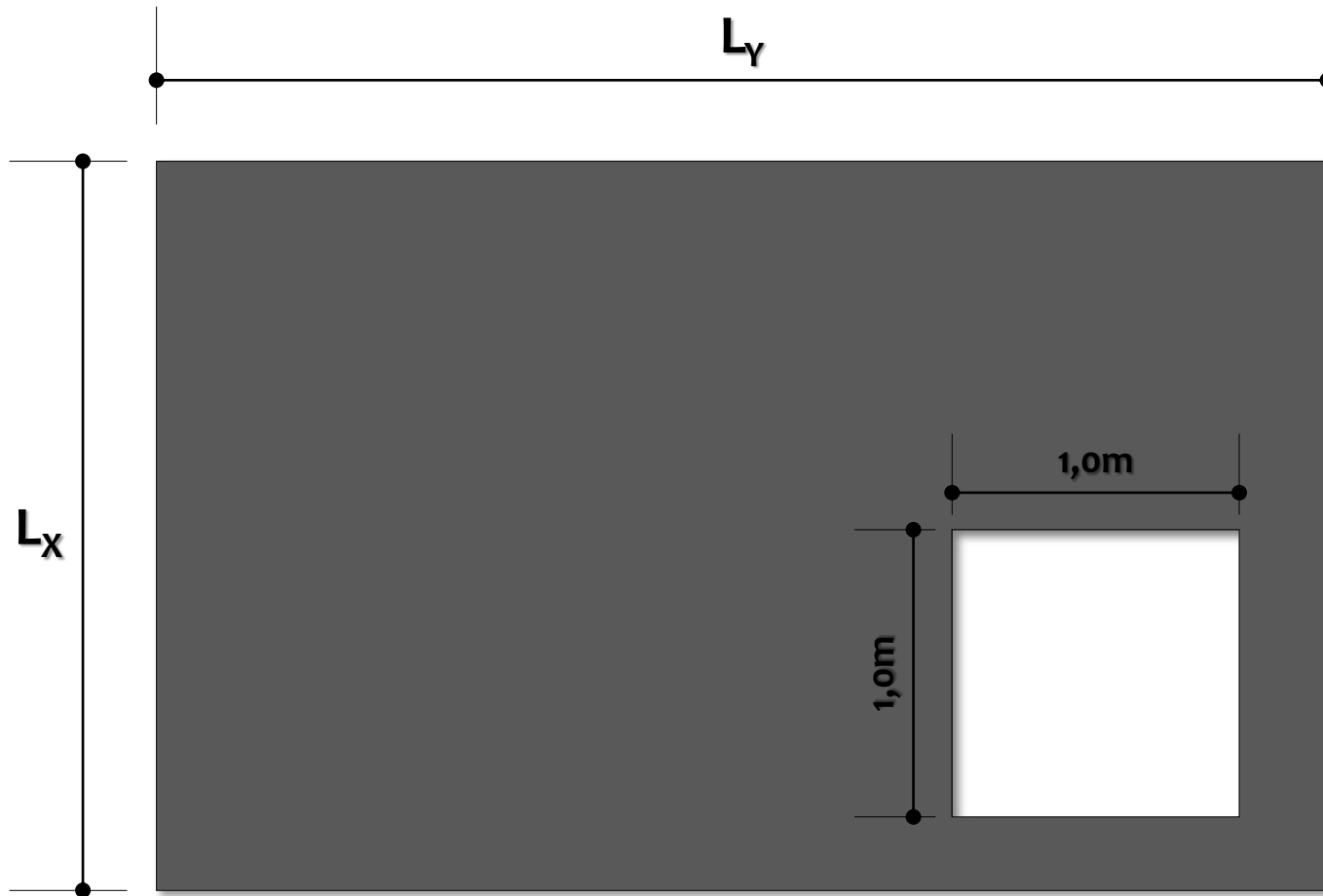
CORTE PERSPECTIVADO
SECTION PERSPECTIVE

[ARCHDAILY, 2023]

CARGAS FINAIS SOBRE A LAJE (QUADRO-RESUMO)	
ORIGEM DO CARREGAMENTO	VALOR (kN / m²)
PESO PRÓPRIO DA LAJE	
CONTRAPISO	
REVESTIMENTO DE TETO	
REVESTIMENTO DE PISO	
PAREDES (QUANDO EXISTENTES)	
CARGAS VARIÁVEIS	
CARREGAMENTO TOTAL ($q_{\text{TOTAL LAJE}}$)	

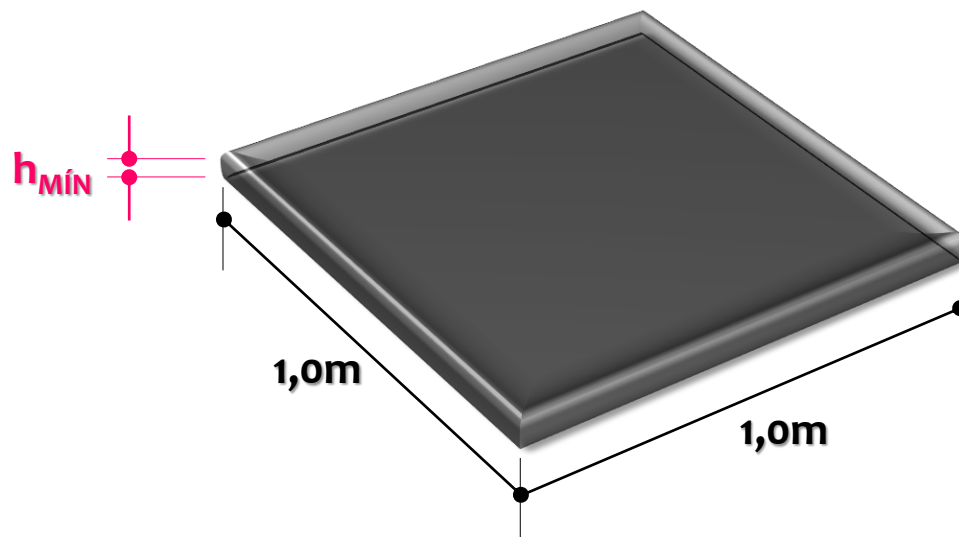
- AÇÕES (OU CARREGAMENTOS)

- NO MAIS DAS VEZES SÃO DEFINIDAS POR UNIDADE DE ÁREA DE LAJE, VARIANDO SOMENTE A ESPESSURA, CONFORME O CASO





PESO PRÓPRIO



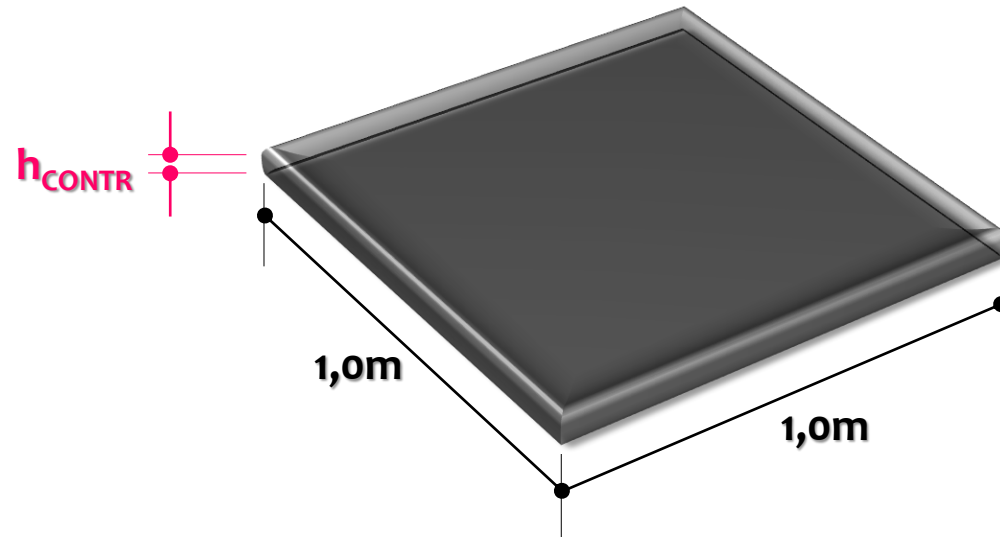
$$g_{PP\,LJ} = \gamma_{CONCRETO} \cdot h_{MÍN} = 25,0 \cdot h_{MÍN} \quad [kN/m^2]$$

ONDE:

- $g_{PP\,LJ}$ = PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA DA LAJE
- $\gamma_{CONCRETO}$ = PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO = 25,0 kN/m³
- $h_{MÍN}$ = ESPESSURA MÍNIMA DA LAJE [m]



CONTRAPISO



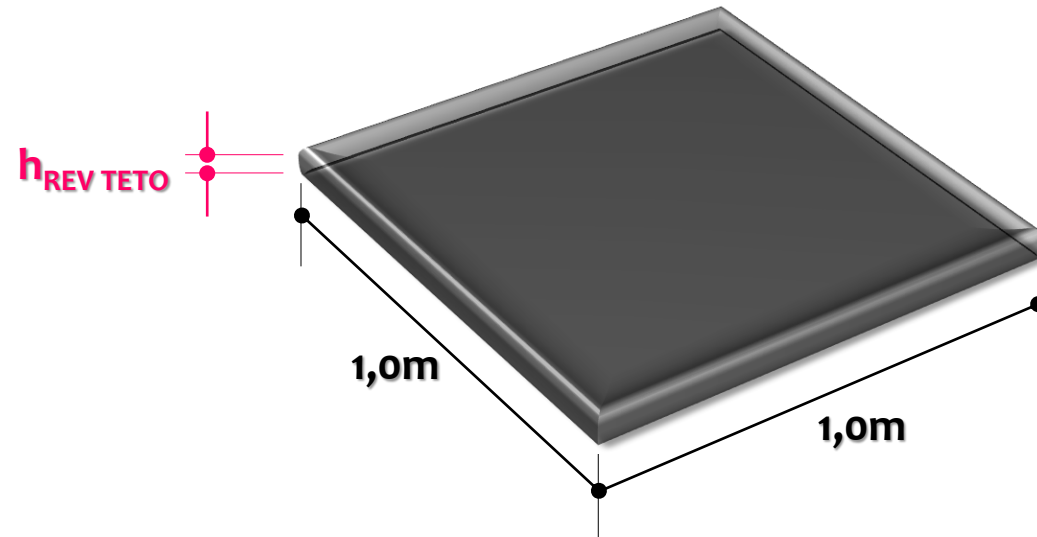
$$g_{PP\ CONTR} = \gamma_{CONTRAPISO} \cdot h = 21,0 \cdot h \quad [kN/m^2]$$

ONDE:

- $g_{PP\ CONTR}$ = PESO PRÓPRIO DO CONTRAPISO
- $\gamma_{CONTRAPISO}$ = PESO ESPECÍFICO DO CONTRAPISO = 21,0 kN/m³
- h_{CONTR} = ESPESSURA DO CONTRAPISO [$\geq 0,03m$]



REVESTIMENTO DE TETO



$$g_{PP\ TETO} = \gamma_{REVESTIMENTO\ TETO} \cdot h = 19,0 \cdot h \quad [kN/m^2]$$

ONDE:

- $g_{PP\ TETO}$ = PESO PRÓPRIO DO REVESTIMENTO DE TETO
- $\gamma_{REVESTIMENTO\ TETO}$ = PESO ESPECÍFICO DO REVESTIMENTO DE TETO = 19,0 kN/m³
- $h_{REV\ TETO}$ = ESPESSURA DO REVESTIMENTO DO TETO [0,015m $\geq$ x $\leq$ 0,02m]



REVESTIMIENTO DE PISO

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PESO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO APARENTE DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)*
ROCHAS	ARENITO	26,0
	BASALTO	30,0
	GNEISS	30,0
	GRANITO	28,0
	MÁRMORE E CALCÁREO	28,0
BLOCOS ARTIFICIAIS	BLOCOS DE ARGAMASSA	22,0
	CIMENTO DE AMIANTO	20,0
	LAJOTAS CERÂMICAS	18,0
	TIJOLOS FURADOS	13,0
	TIJOLOS MACIÇOS	18,0
	TIJOLOS SÍLICO-CALCAREOS	20,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PESO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO APARENTE DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)*
REVESTIMENTOS E CONCRETOS	ARGAMASSA DE CAL, CIMENTO E AREIA	19,0
	ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA	21,0
	ARGAMASSA DE GESSO	12,5
	CONCRETO SIMPLES	24,0
	CONCRETO ARMADO	25,0
MADEIRAS	PINHO; CEDRO	5,0
	LOURO; IMBUIA; PAU-ÓLEO	6,5
	GUAJUVIRÁ; GUATAMBU; GRÁPIA	8,0
	ANGICO; CABREÚVA; IPÊ RÓSEO	10,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PESO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO APARENTE DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)*
METAIS	AÇO	78,5
	ALUMÍNIO E LIGAS	28,0
	BRONZE	85,0
	CHUMBO	114,0
	COBRE	89,0
	FERRO FUNDIDO	72,5
	ESTANHO	74,0
	LATÃO	85,0
	ZINCO	72,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PESO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO APARENTE DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m ³)*
MATERIAIS DIVERSOS	ALCATRÃO	12,0
	ASFALTO	13,0
	BORRACHA	17,0
	PAPEL	15,0
	PLÁSTICO EM FOLHAS	21,0
	VIDRO PLANO	26,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]



ALVENARIAS

- CARGAS DAS ALVENARIAS SOBRE LAJES DEVEM SER CONSIDERADAS EM SEPARADO:

1. PARA LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO
2. PARA LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES

- IMPORTANTE:

- PAREDES ERGUIDAS DIRETAMENTE SOBRE VIGAS NÃO INTERFEREM NOS CARREGAMENTOS DAS LAJES. POR ISSO, O SEU PESO PRÓPRIO (POR METRO LINEAR) É SOMADO DIRETAMENTE ÀS DEMAIS CARGAS QUE CHEGAM ÀS VIGAS

- LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO

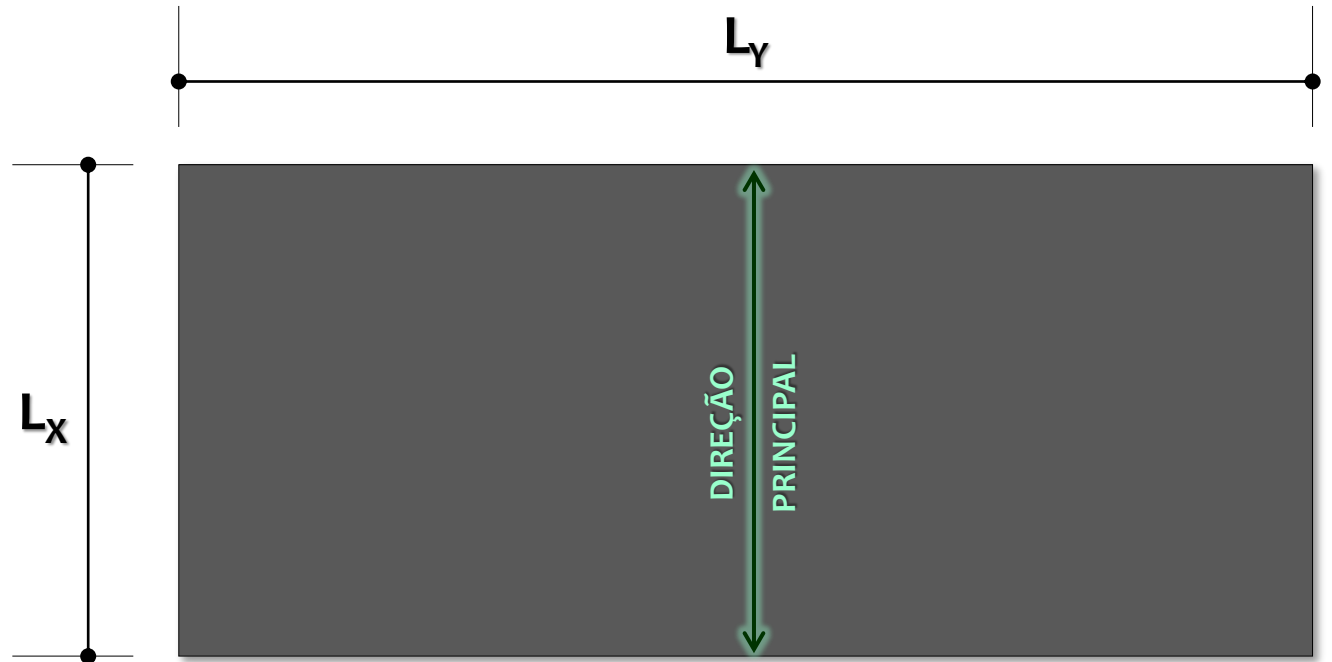
- NAS LAJES ARMADAS EM UMA ÚNICA DIREÇÃO (NAS QUAIS A RELAÇÃO ENTRE OS LADOS É MAIOR QUE DOIS), OS ESFORÇOS SOLICITANTES SÃO CONSIDERADOS SEGUNDO A DIREÇÃO PRINCIPAL DA ESTRUTURA, TAL QUE:

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

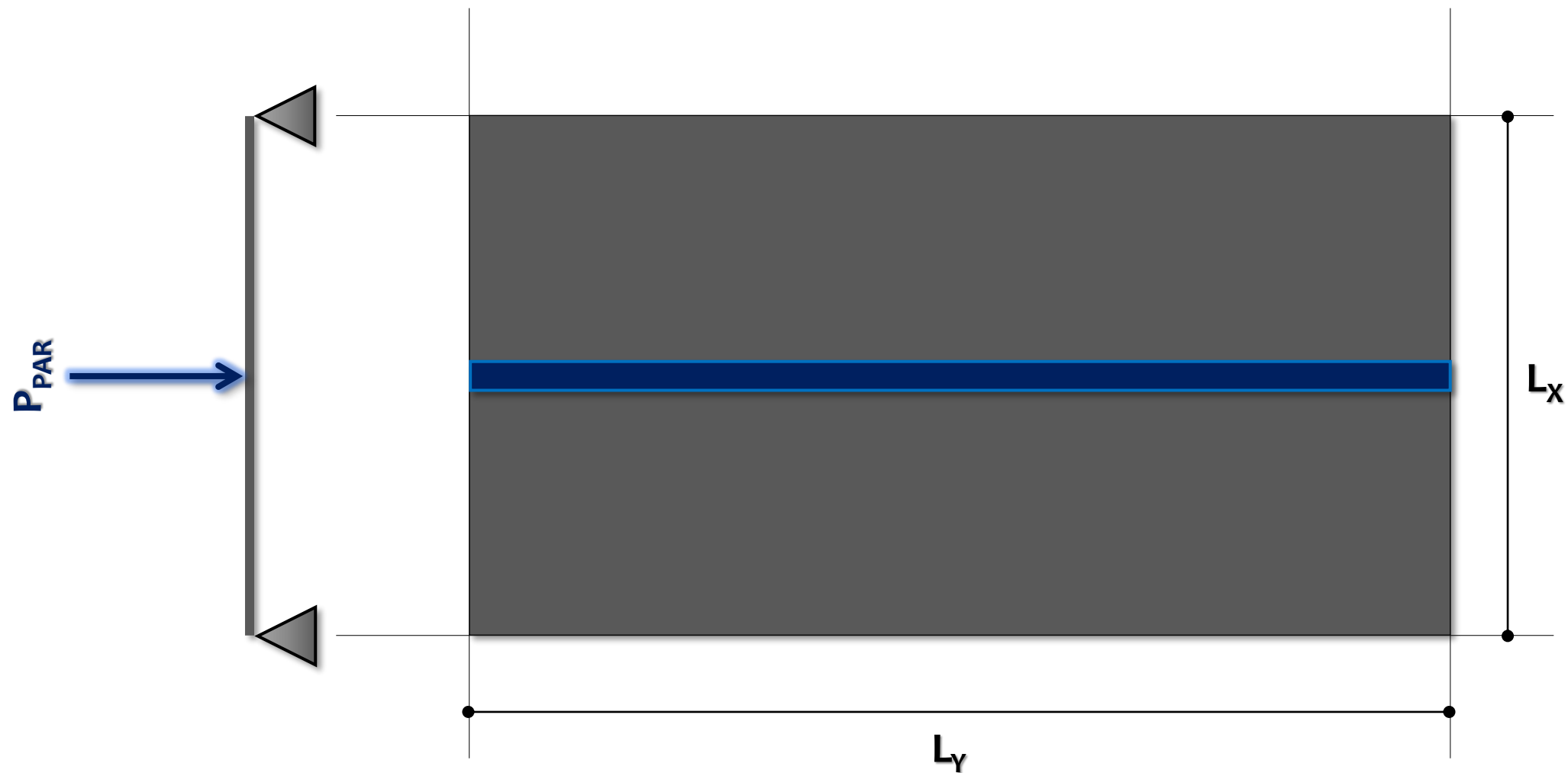
ONDE:

L_y = MAIOR VÃO

L_x = MENOR VÃO



1.1. PAREDES LONGITUDINAIS SOBRE LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO



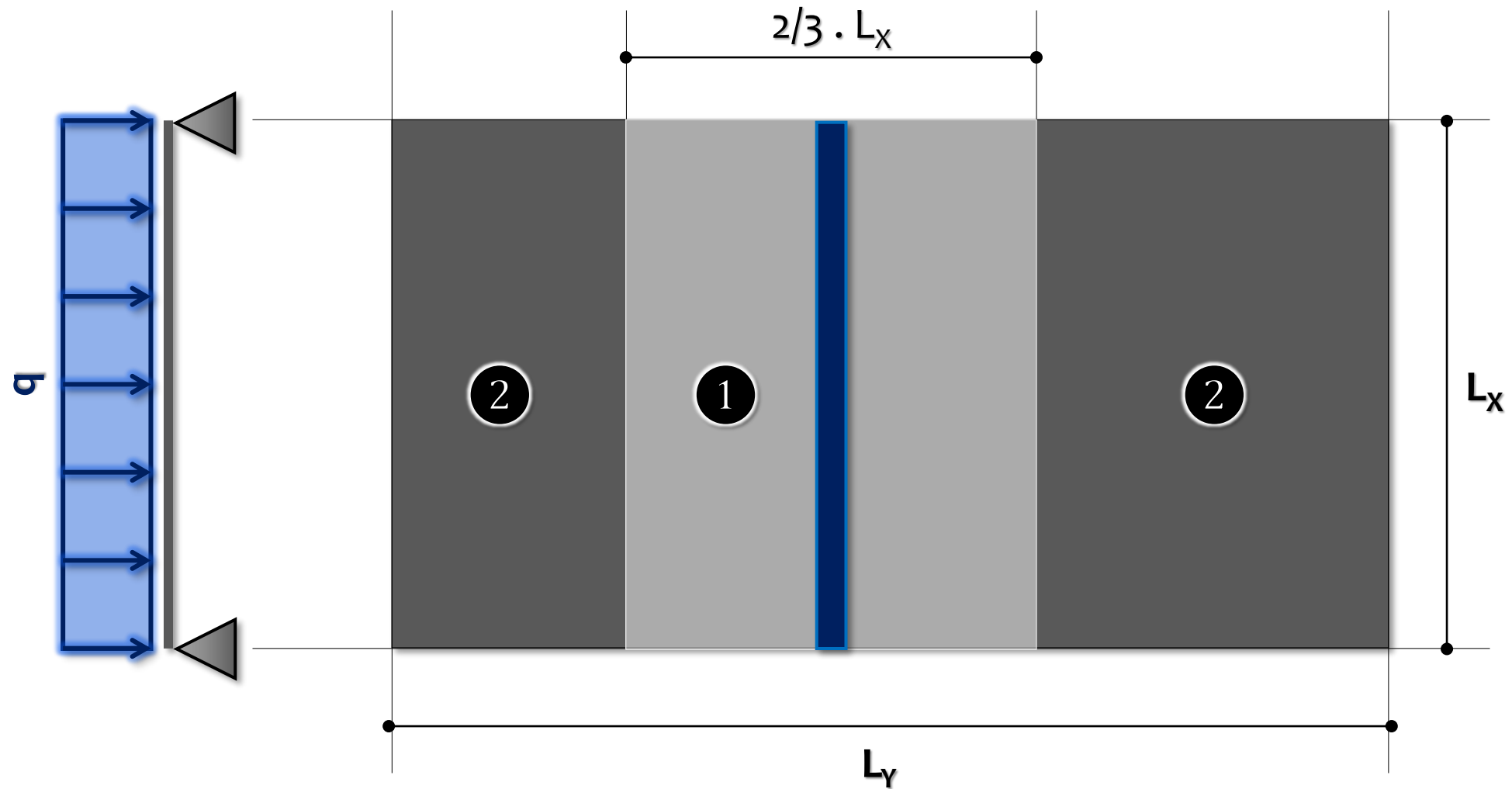
1.1. PAREDES LONGITUDINAIS SOBRE LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO

$$P_{PAR} = \gamma_{ALV} \cdot E \cdot H \cdot L \quad [kN]$$

ONDE:

- P_{PAR} = FORÇA CONCENTRADA QUE REPRESENTA O PESO TOTAL DA PAREDE
- γ_{ALV} = PESO ESPECÍFICO APARENTE DO COMPONENTE DA PAREDE $[kN/m^3]$
- E = ESPESSURA DA PAREDE $[m]$
- H = ALTURA DA PAREDE $[m]$
- L = COMPRIMENTO LINEAR DA PAREDE $[m]$

1.2. PAREDES TRANSVERSAIS SOBRE LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO



1.2. PAREDES TRANSVERSAIS SOBRE LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO

$$g_{PAR} = \frac{P_{PAR}}{(2/3 \cdot L_x) \cdot L_x} = \frac{3 \cdot P_{PAR}}{2 \cdot (L_x^2)} \quad [kN/m^2]$$

ONDE:

- g_{PAR} = CARGA UNIFORME DA PAREDE SOBRE A LAJE
- P_{PAR} = PESO TOTAL DA PAREDE = $\gamma_{ALV} \cdot E \cdot H \cdot L$ [kN]
- L_x = MENOR VÃO DA LAJE [m]

- LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES (OU EM CRUZ)

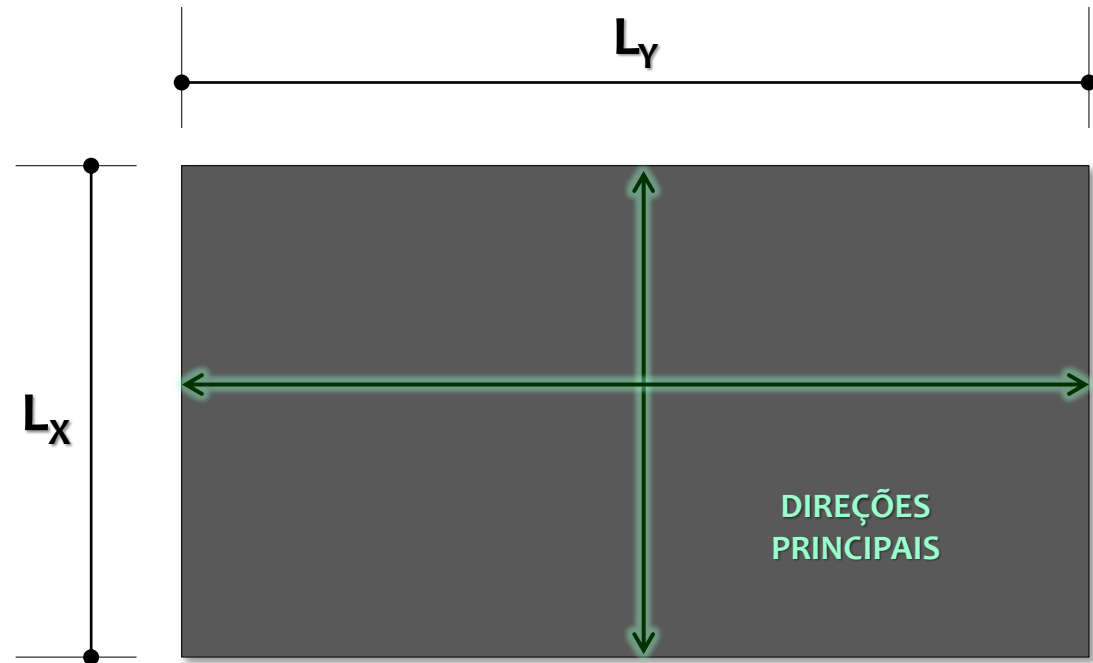
- NAS LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES (NAS QUAIS A RELAÇÃO ENTRE OS LADOS É MENOR OU IGUAL A DOIS), OS ESFORÇOS SOLICITANTES SÃO CONSIDERADOS SEGUNDO AS DUAS DIREÇÕES PRINCIPAIS DA LAJE, DE MODO QUE:

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

ONDE:

L_y = MAIOR VÃO

L_x = MENOR VÃO

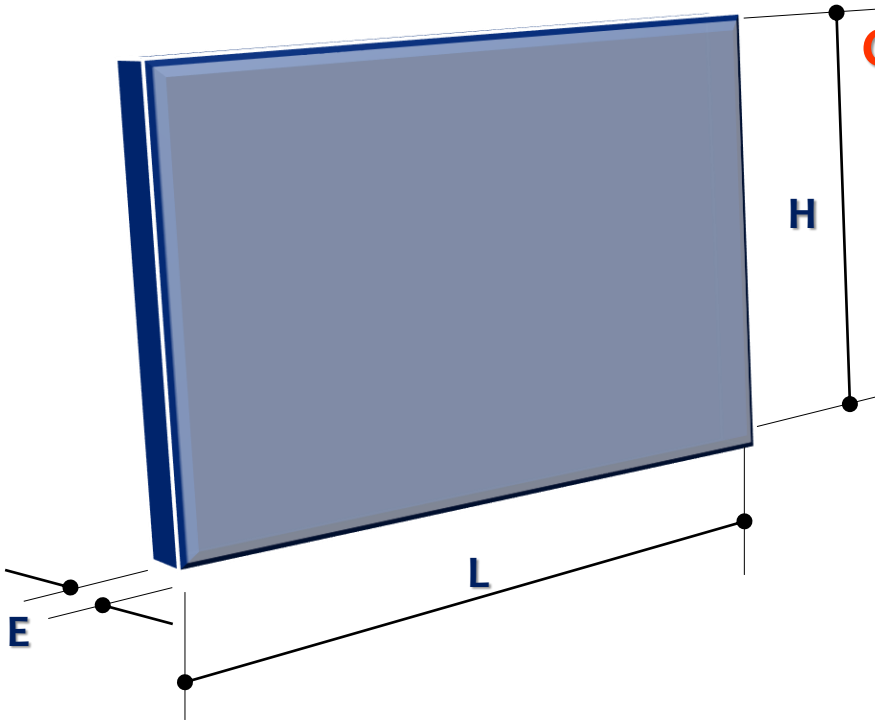


2. PAREDES SOBRE LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES

$$g_{PP.ALV} = \frac{\gamma_{ALV} \cdot E \cdot H \cdot L}{A_{LAJE}} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

ONDE:

- $g_{PP.ALV}$ = CARGA PERMANENTE DA ALVENARIA SOBRE A LAJE [kN/m²]
- γ_{ALV} = PESO ESPECÍFICO APARENTE DO COMPONENTE DA PAREDE [kN/m³]
- E = ESPESSURA DA PAREDE [m]
- H = ALTURA DA PAREDE [m]
- L = COMPRIMENTO DA PAREDE [m]
- A_{LAJE} = ÁREA TOTAL DA LAJE CONSIDERADA [m²]





CARGAS VARIÁVEIS

- AS AÇÕES VARIÁVEIS NAS LAJES SÃO TRATADAS PELA [NBR 6120:2019](#) (AÇÕES PARA O CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES) COMO [CARGAS ACIDENTAIS](#), SENDO ALI DEFINIDAS COMO:

[...] TODA AQUELA QUE PODE ATUAR SOBRE A ESTRUTURA DE EDIFICAÇÕES EM FUNÇÃO DO SEU USO (PESSOAS, MÓVEIS, MATERIAIS DIVERSOS, VEÍCULOS, ETC.). AS CARGAS VERTICAIS QUE SE CONSIDERAM ATUANDO NOS PISOS DE EDIFICAÇÕES, ALÉM DAS QUE SE APLICAM EM CARÁTER ESPECIAL, REFEREM-SE A CARREGAMENTOS DEVIDOS A PESSOAS, MÓVEIS, UTENSÍLIOS MATERIAIS DIVERSOS E VEÍCULOS, E SÃO SUPOSTAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS, COM OS VALORES MÍNIMOS INDICADOS NA TABELA 2

NBR 6120:2019 – TABELA 2: VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS

LOCAL		CARGA (kN / m ²)
ARQUIBANCADAS		4,0
BALCÕES	MESMA CARGA DA PEÇA COM A QUAL SE COMUNICAM E AS PREVISAS EM 2.2.1.5	-- 0 --
BANCOS	ESCRITÓRIOS E BANHEIROS	2,0
	SALAS DE DIRETORIA E DE GERÊNCIA	1,5
BIBLIOTECAS	SALA DE LEITURA	2,5
	SALA PARA DEPÓSITO DE LIVROS	4,0
	SALA COM ESTANTE DE LIVROS A SER DETERMINADA EM CADA CASO OU 2,5 kN/m ² POR METRO DE ALTURA OBSERVADO, PORÉM, O VALOR MÍNIMO DE	6,0

NBR 6120:2019 – TABELA 2: VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS

	LOCAL	CARGA (kN / m²)
CASAS DE MÁQUINAS	(INCLUINDO O PESO DAS MÁQUINAS) A SER DETERMINADA EM CADA CASO, PORÉM, COM O VALOR MÍNIMO DE	7,5
CINEMAS	PLATÉIA COM ASSENTOS FIXOS	3,0
	ESTÚDIO E PLATÉIA COM ASSENTOS MÓVEIS	4,0
	BANHEIRO	2,0
CLUBES	SALA DE REFEIÇÕES E DE ASSEMBLÉIA COM ASSENTOS FIXOS	3,0
	SALA DE ASSEMBLÉIA COM ASSENTOS MÓVEIS	4,0
	SALÃO DE DANÇAS E SALÃO DE ESPORTES	5,0
	SALA DE BILHAR E DE BANHEIRO	2,0

NBR 6120:2019 – TABELA 2: VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS

LOCAL			CARGA (kN / m²)
CORREDORES	COM ACESSO AO PÚBLICO		3,0
	SEM ACESSO AO PÚBLICO		2,0
COZINHAS NÃO RESIDENCIAIS	A SER DETERMINADA EM CADA CASO, PORÉM, COM O MÍNIMO DE		3,0
DEPÓSITOS	A SER DETERMINADA EM CADA CASO E, NA FALTA DE VALORES EXPERIMENTAIS CONFORME O INDICADO EM 2.2.1.3		-- 0 --
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	DORMITÓRIOS, SALA, COPA, COZINHA E WC		1,5
	DESPENSA, ÁREA DE SERVIÇO E LAVANDERIA		2,0
ESCADAS	COM ACESSO AO PÚBLICO	(VER 2.2.1.7)	3,0
	SEM ACESSO AO PÚBLICO		2,5

NBR 6120:2019 – TABELA 2: VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS

LOCAL		CARGA (kN / m ²)
ESCOLAS	ANFITEATRO COM ASSENTOS FIXOS	5,0
	CORREDOR E SALA DE AULA	3,0
	OUTRAS SALAS	2,0
ESCRITÓRIOS	SALAS DE USO GERAL E BANHEIRO	2,0
FORROS	SEM ACESSO A PESSOAS	0,5
GALERIA DE ARTE	A SER DETERMINADA EM CADA CASO, PORÉM, COM O MÍNIMO	3,0
GARAGENS E ESTACIONAMENTOS	PARA VEÍCULOS DE PASSAGEIROS OU SEMELHANTES, COM CARGA MÁXIMA DE 25 kN POR VEÍCULO. VALORES DE Φ INDICADOS EM 2.2.1.6	3,0

NBR 6120:2019 – TABELA 2: VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS

LOCAL		CARGA (kN / m²)
GINÁSIOS DE ESPORTES		5,0
HOSPITAIS	DORMITÓRIOS, ENFERMARIAS, SALAS DE RECUPERAÇÃO, SALAS DE CIRURGIA, SALAS DE RAO X E BANHEIRO	2,0
	CORREDOR	3,0
LABORATÓRIOS	INCLUINDO EQUIPAMENTOS, A SER DETERMINADO EM CADA CASO, PORÉM, COM O MÍNIMO	3,0
LAVANDERIAS	INCLUINDO EQUIPAMENTOS	3,0
LOJAS		4,0
RESTAURANTES		3,0

NBR 6120:2019 – TABELA 2: VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS

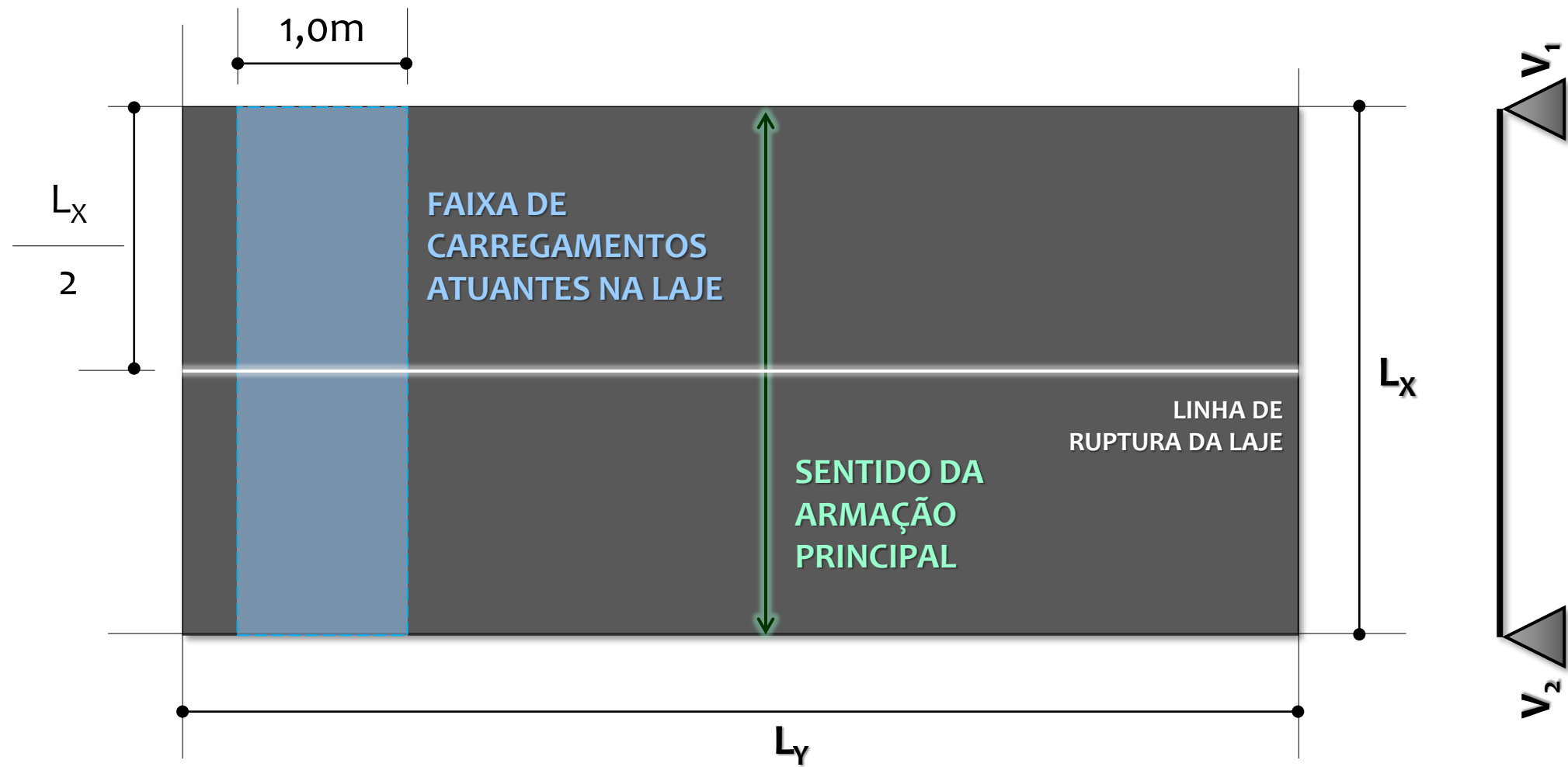
LOCAL		CARGA (kN / m²)
TEATROS	PALCO	5,0
	DEMAIS DEPENDÊNCIAS: CARGAS IGUAIS ÀS ESPECÍFICAS PARA CINEMAS	-- 0 --
TERRAÇOS	SEM ACESSO AO PÚBLICO	2,0
	COM ACESSO AO PÚBLICO	3,0
	INACESSÍVEL A PESSOAS	0,5
	DESTINADOS A HELIPORTOS ELEVADOS: AS CARGAS DEVERÃO SER FORNECIDAS PELO ÓRGÃO COMPETENTE DO MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA	-- 0 --
VESTÍBULOS	SEM ACESSO AO PÚBLICO	1,5
	COM ACESSO AO PÚBLICO	3,0

AÇÕES E CARREGAMENTOS TOTAIS

CARGAS FINAIS SOBRE A LAJE (QUADRO-RESUMO)	
ORIGEM DO CARREGAMENTO	VALOR (kN / m²)
PESO PRÓPRIO DA LAJE	
CONTRAPISO	
REVESTIMENTO DE TETO	
REVESTIMENTO DE PISO	
PAREDES (QUANDO EXISTENTES)	
CARGAS VARIÁVEIS	
CARREGAMENTO TOTAL ($q_{\text{TOTAL LAJE}}$)	

CARGAS DAS LAJES QUE AGEM SOBRE AS VIGAS

PARA LAJES ARMADAS EM UMA DIREÇÃO



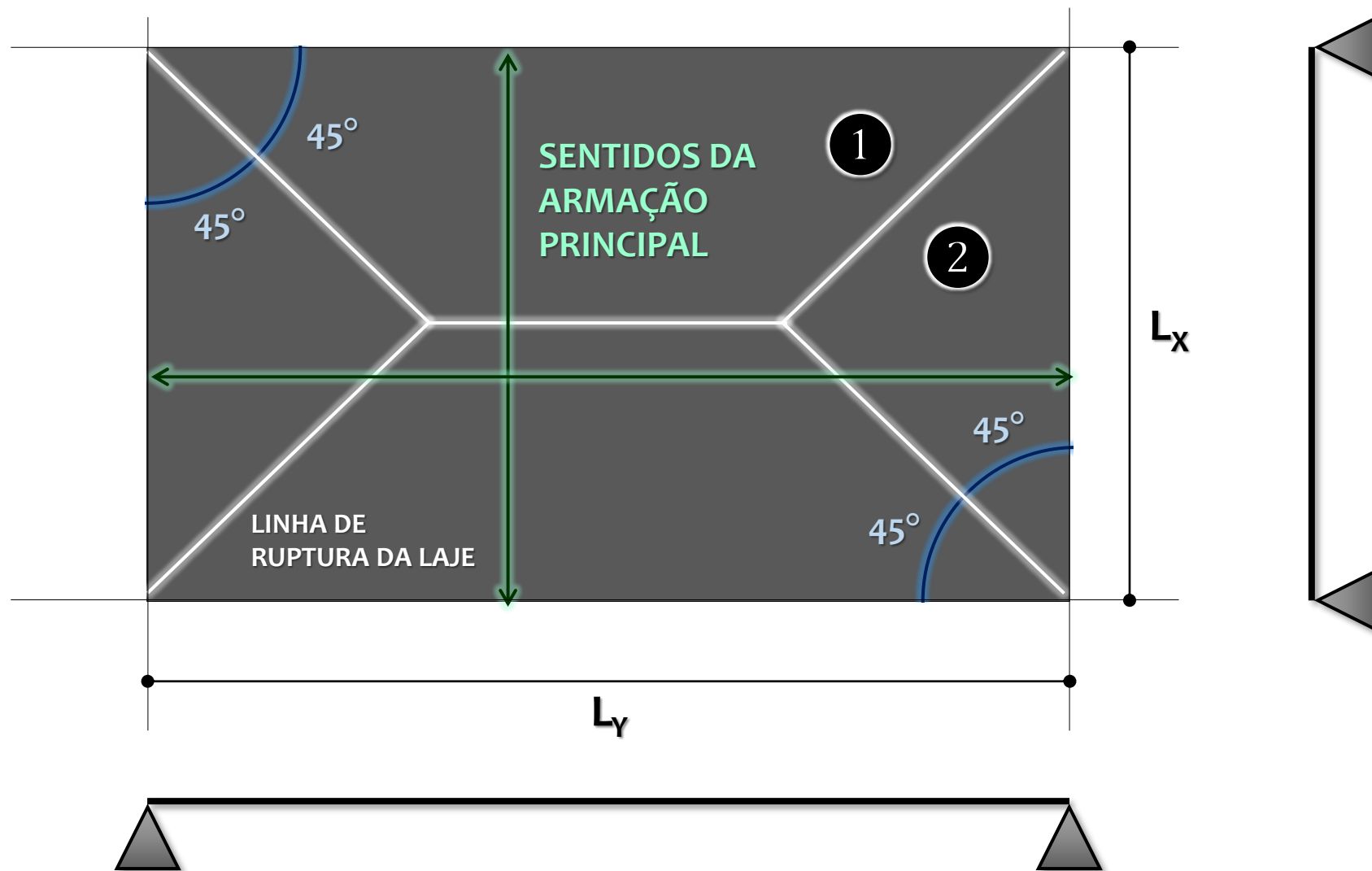
COMO METADE DA CARGA É DISTRIBUÍDA IGUALMENTE ENTRE CADA UMA DAS VIGAS LONGITUDINAIS V1 E V2, TEM-SE:

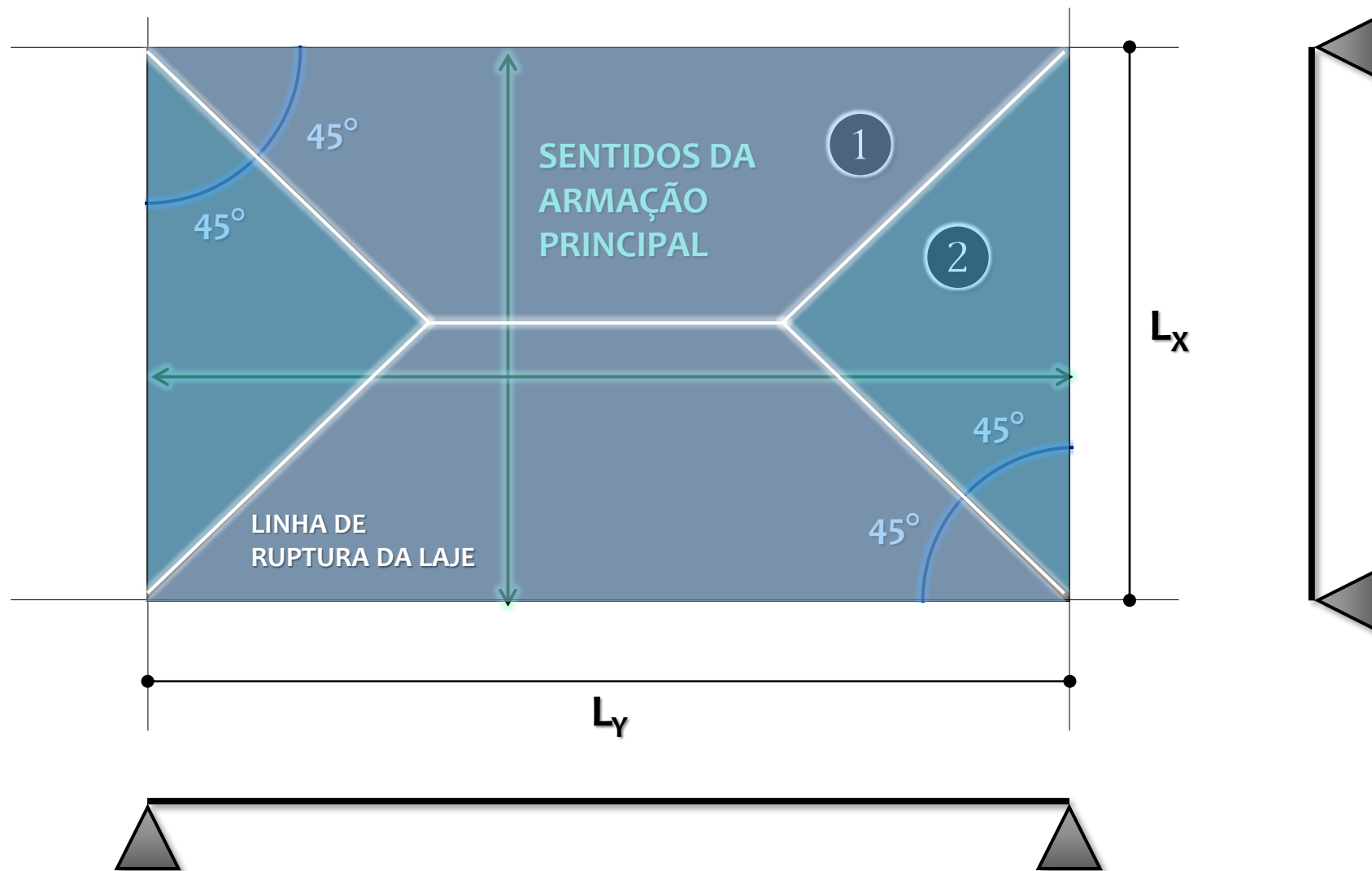
$$q_{v_1} = q_{v_2} = \frac{(q_{\text{TOTAL LAJE}} \cdot 1,0 \cdot L_x)}{2} \quad [\text{kN/m}]$$

LOGO...

$$q_{v_1} = q_{v_2} = \frac{(q_{\text{TOTAL LAJE}} \cdot L_x)}{2} \quad [\text{kN/m}]$$

PARA LAJES ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES





CHEGA-SE ENTÃO A:

CARGA NA VIGA DE MENOR VÃO:

$$q_{\text{VIGA.MENOR}} = q_{\text{TOTAL LAJE}} \cdot (L_x / 4) \quad [\text{kN/m}]$$

CARGA NA VIGA DE MAIOR VÃO:

$$q_{\text{VIGA.MAIOR}} = q_{\text{TOTAL LAJE}} \cdot (L_x / 4) \cdot [2 - (L_x / L_y)] \quad [\text{kN/m}]$$

EXEMPLO DE CÁLCULO

DETERMINAR O CARREGAMENTO QUE CHEGA AO TRECHO INDICADO DA VIGA V₁₀ A SEGUIR, PERTENCENTE AO PAVIMENTO-TIPO DE UM EDIFÍCIO INSTITUCIONAL EM SÃO PAULO PROJETADO EM 2017 PELO ESCRITÓRIO DAL PIAN ARQUITETOS ASSOCIADOS

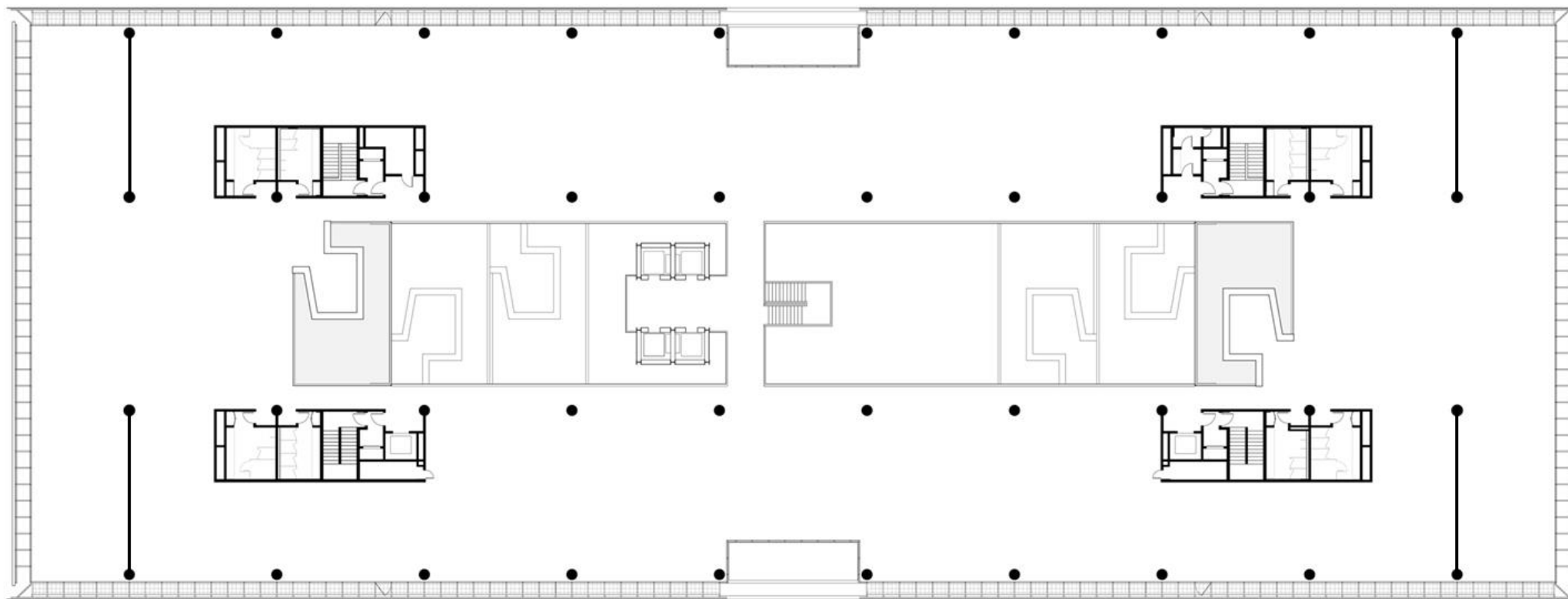
CONSIDERAR:

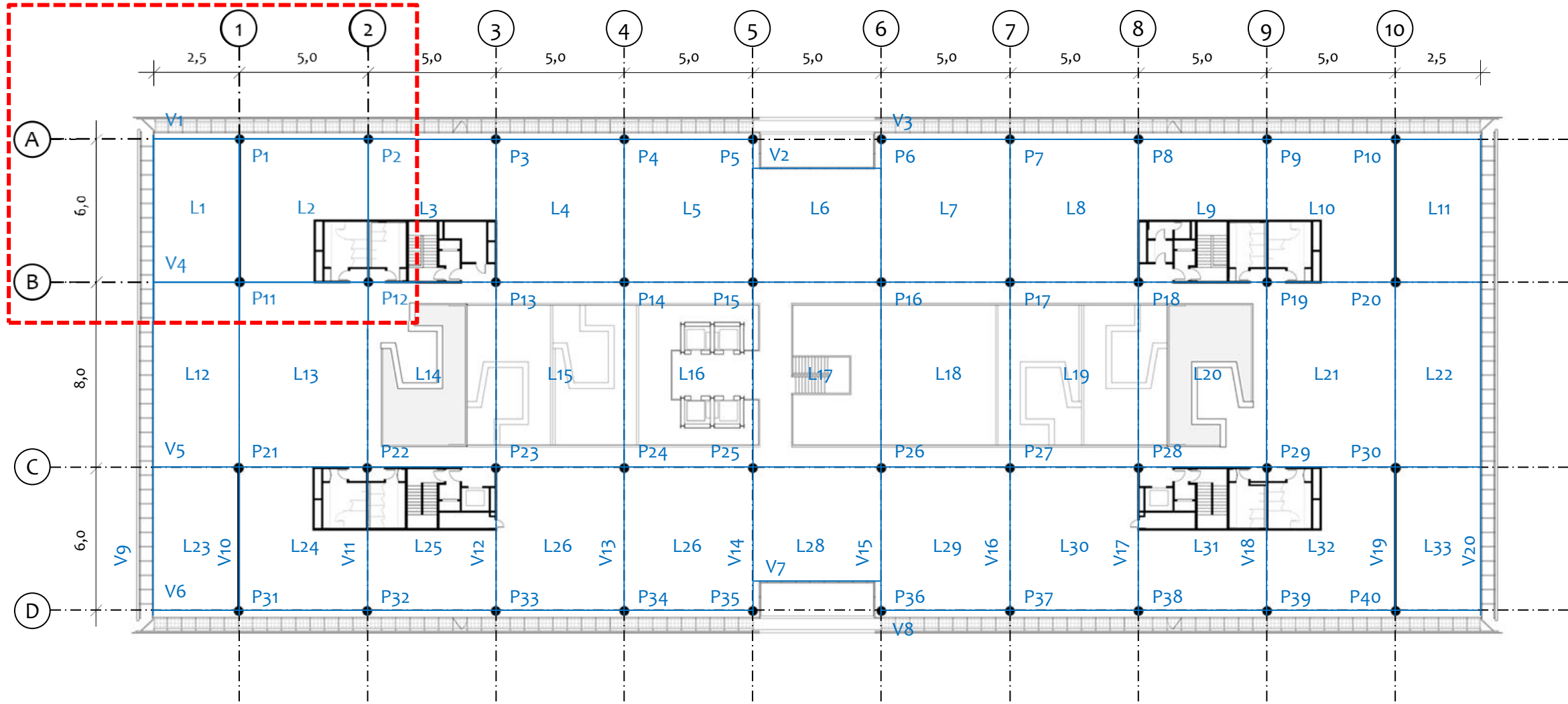
- A INFLUÊNCIA NA VIGA V₁₀ TRAZIDA PELAS LAJES VIZINHAS L₁ E L₂;
- QUE DIRETAMENTE SOBRE ESSA MESMA VIGA ESTÁ CONSTRUÍDA UMA DIVISÓRIA DE MADEIRA (PINHO); E
- QUE, PARA FINS DIDÁTICOS, O PESO PRÓPRIO DA VIGA V₁₀ PODE SER DESPREZADO

NASP – SEDE NATURA SÃO PAULO
DAL PIAN ARCHITETOS ASSOCIADOS
SÃO PAULO – BRASIL (2017)

[ARCHIDAILY, 2023]

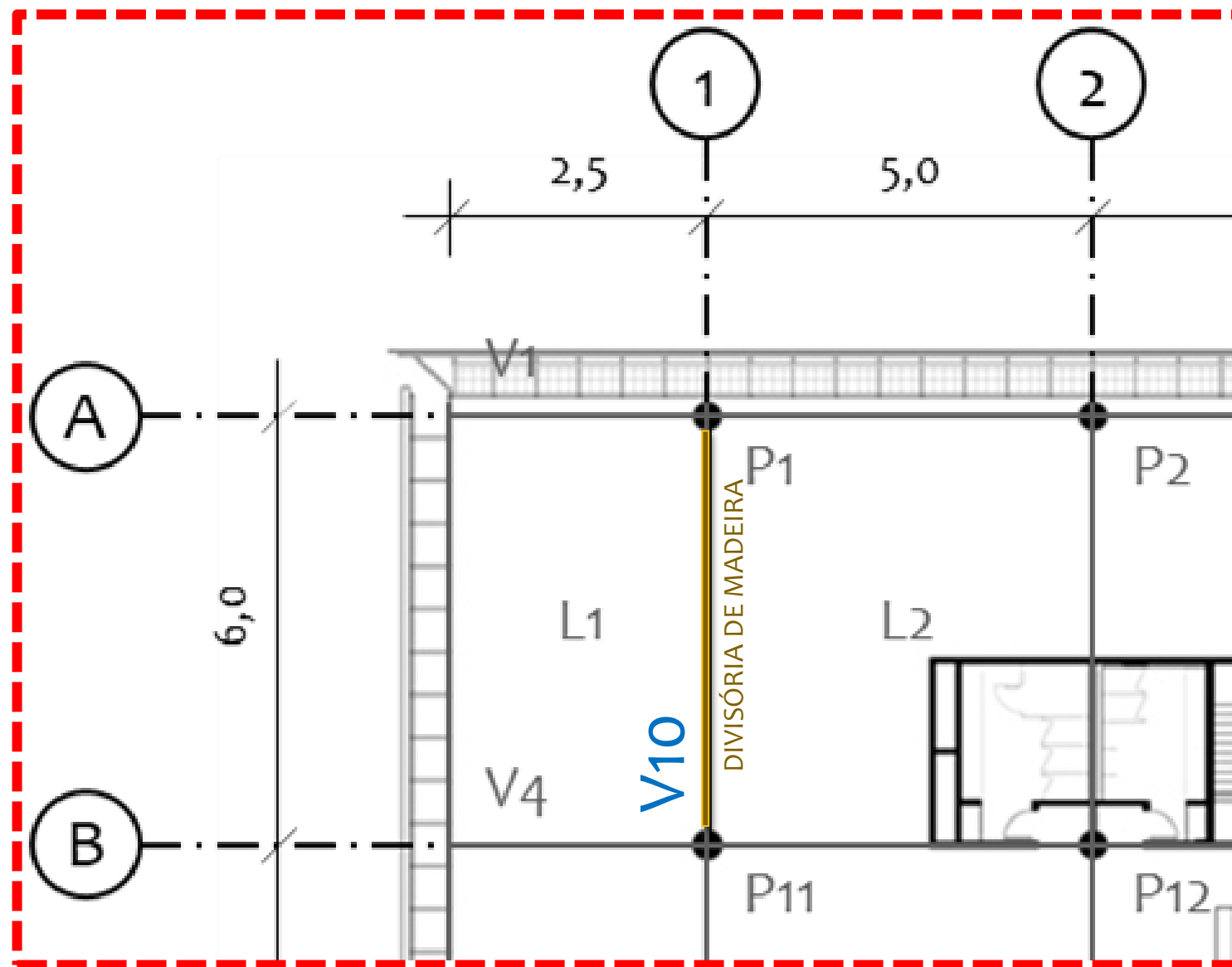






[DAL PIAN, 2023 – COM ADAPTAÇÕES]

OBS:
 . LANÇAMENTO ESTRUTURAL PARCIAL
 . MEDIDAS EM METROS (m)



- **DADOS:**

- PAVIMENTO-TIPO DE USO CORPORATIVO (ESCRITÓRIOS)
- PARA AS LAJES DE PISO L1 E L2:
 - CONTRAPISO: $h_{\text{CONTR}} = 0,03\text{m}$
 - REVESTIMENTO DE TETO: $h_{\text{REV TETO}} = 0,01\text{m}$
 - REVESTIMENTO DE PISO: PLACAS DE MÁRMORE: $h_{\text{REV PISO}} = 0,015\text{m}$

- PARA A DIVISÓRIA SOBRE A VIGA V10:
 - PÉ-DIREITO INTERNO: 4,2m
 - COMPOSIÇÃO: ESTRUTURA + PAINÉIS DE MADEIRA (PINHO)
 - ESPESSURA FINAL, ACABADA: $E = 0,05\text{m}$

- PARA AS ALVENARIAS DE VEDAÇÃO SOBRE A LAJE L2 (SANITÁRIOS):
 - COMPOSIÇÃO: TIJOLOS FURADOS
 - ALTURA: $H = 4,2\text{m}$
 - ESPESSURA FINAL, ACABADA: $E = 0,11\text{m}$
 - COMPRIMENTO LINEAR TOTAL: $C = 15,7\text{m}$

CARGAS FINAIS SOBRE AS LAJES L1 E L2
(QUADRO-RESUMO)

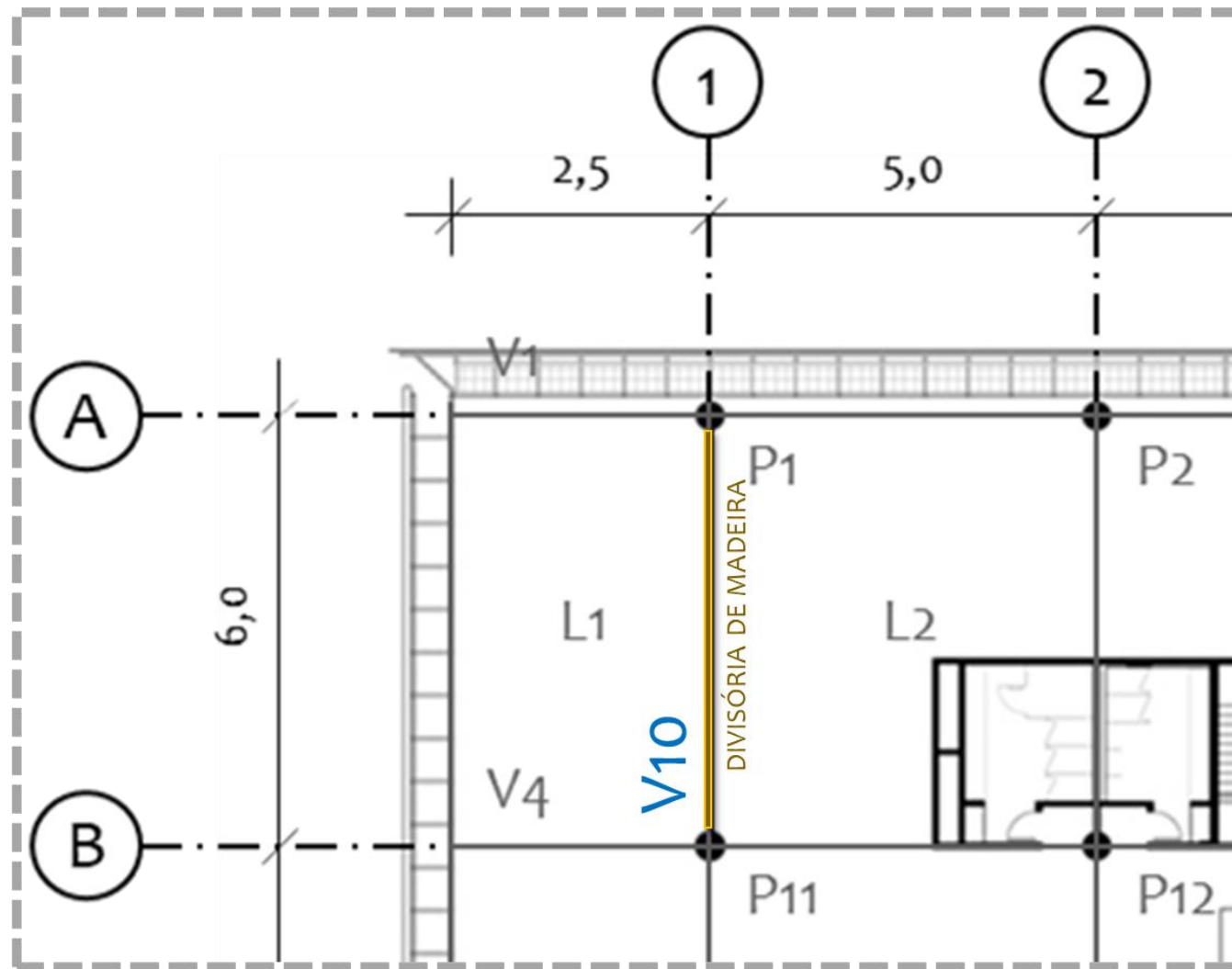
ORIGEM DO CARREGAMENTO	VALOR (kN / m²)
PESO PRÓPRIO DA LAJE	
CONTRAPISO	
REVESTIMENTO DE TETO	
REVESTIMENTO DE PISO	
ALVENARIAS SOBRE A LAJE L2	
CARGAS VARIÁVEIS	
CARREGAMENTO TOTAL ($q_{\text{TOTAL LAJE}}$)	

DIREÇÃO DA ARMADURA – LAJE L1:

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

$$\lambda = \frac{600,0}{250,0}$$

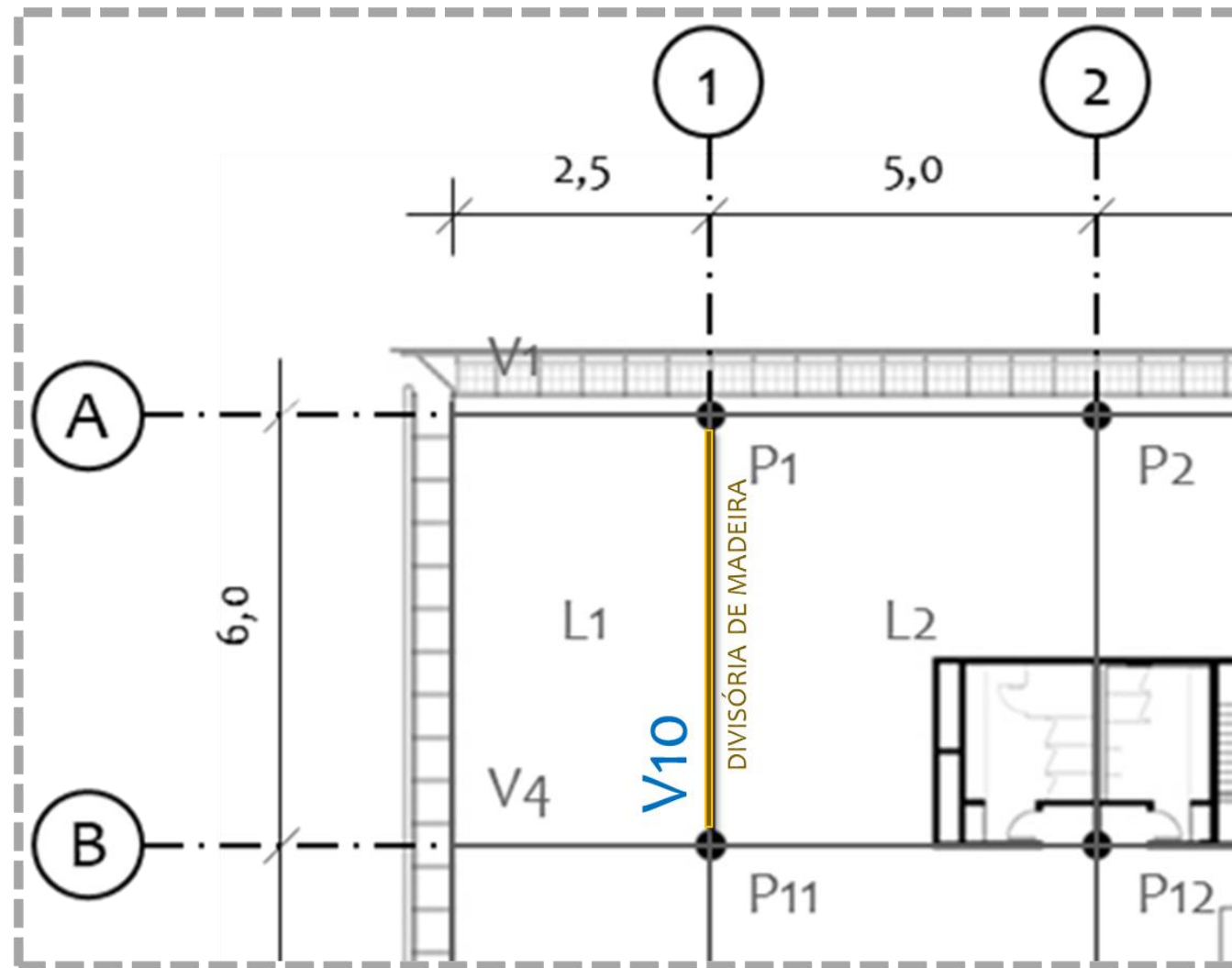
$\lambda = 2,4 > 2,0 \implies$ L1 ARMADA EM UMA DIREÇÃO



DIREÇÃO DA ARMADURA – LAJE L2:

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

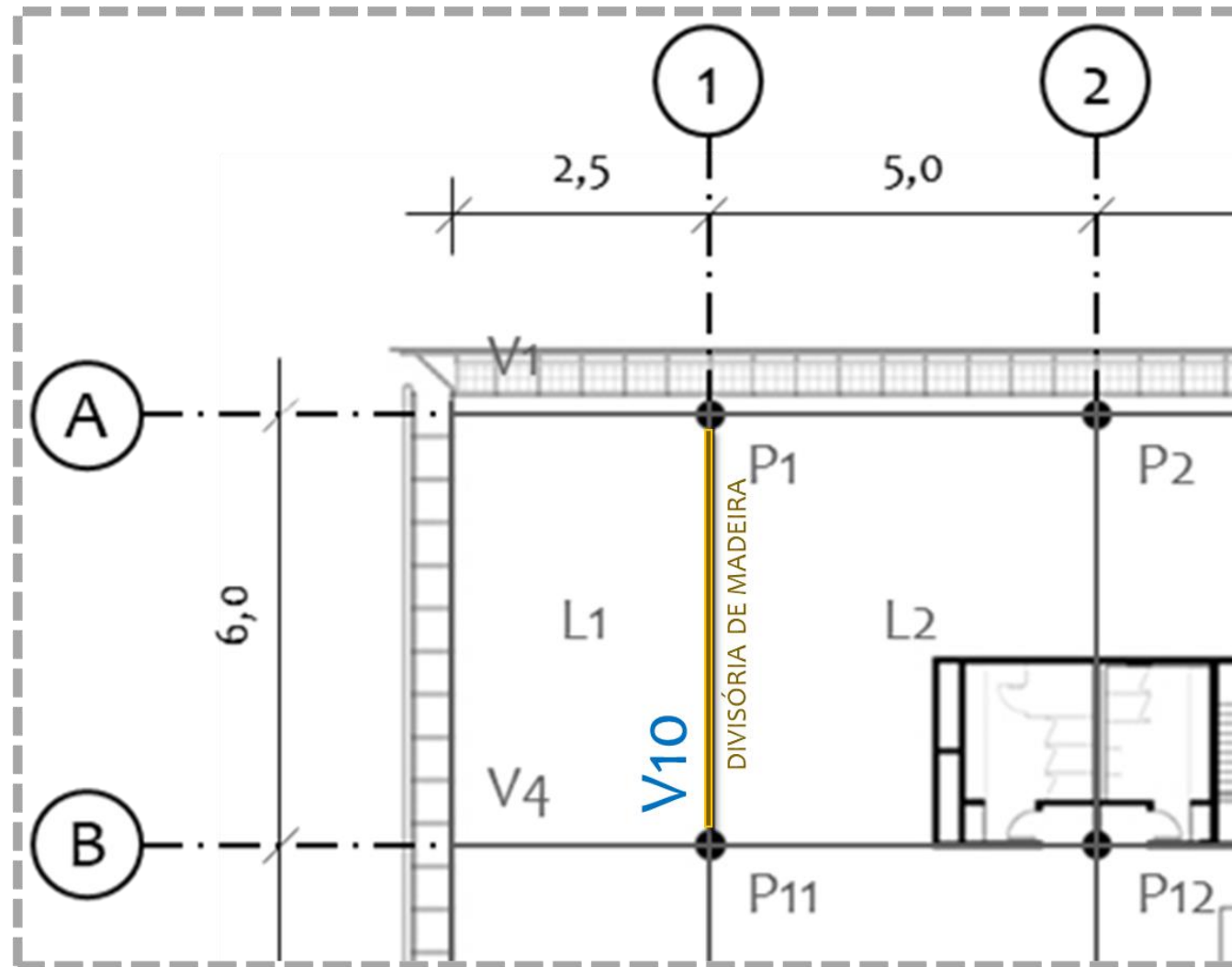
$$\lambda = \frac{600,0}{500,0}$$



$\lambda = 1,2 \leq 2,0 \implies$ L2 ARMADA EM DUAS DIREÇÕES

ESPESSURAS MÍNIMAS ($h_{MÍN}$) DAS LAJES L1 E L2

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



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

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

$$\frac{250}{45} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{250}{25}$$

$$5,56 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 10,0$$

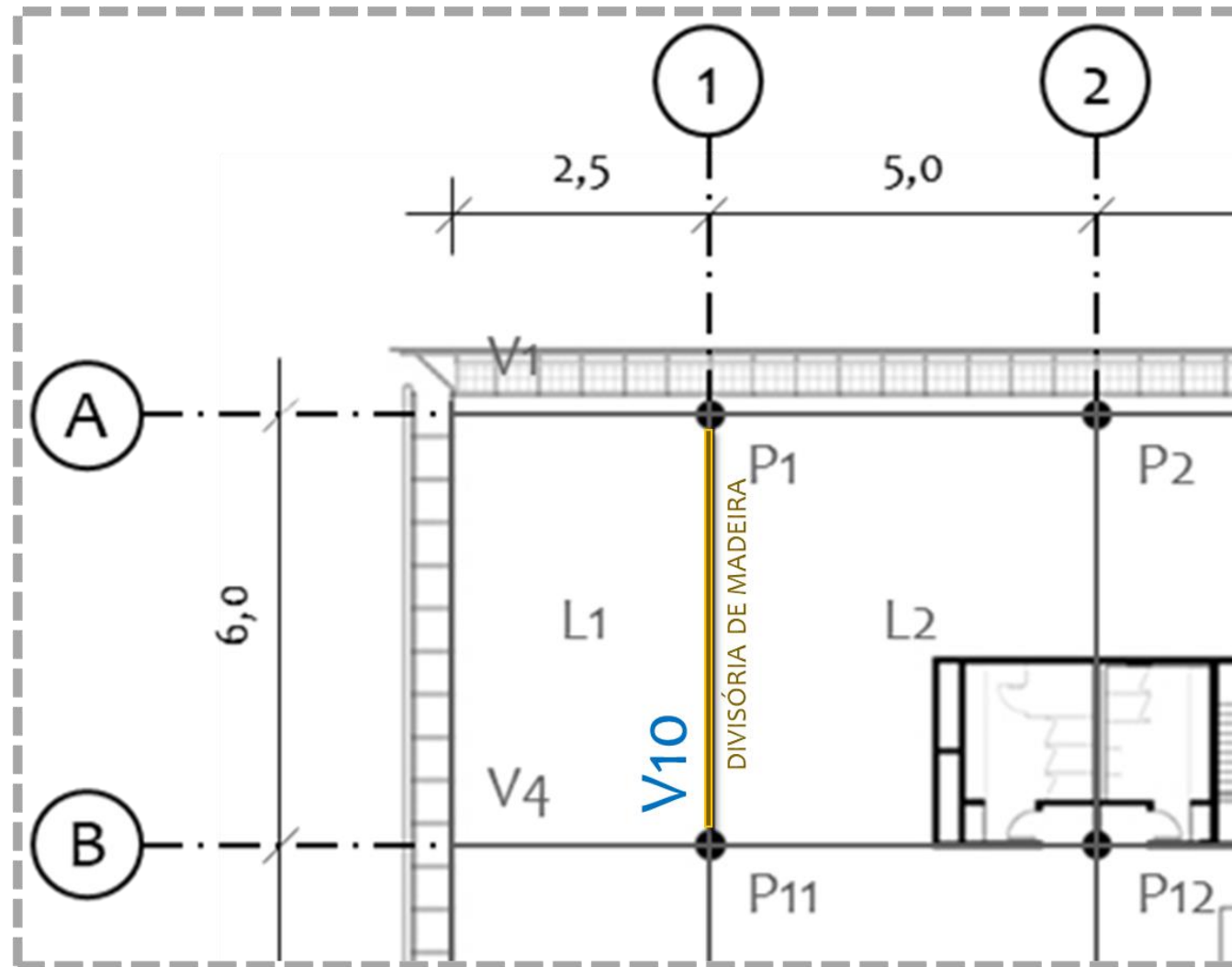
OBS:

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 ($h_{\text{MÍN}}$) DA LAJE L2 (ARMADA EM DUAS DIREÇÕES)



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

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

$$\frac{500}{50} \leq h_{\text{MÍN}} \leq \frac{500}{40}$$

$$10,0 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 12,5$$

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 UMA DIREÇÃO):

$$5,56 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 10,0$$

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

$$10,0 \leq h_{\text{MÍN}} \leq 12,5$$

PORTANTO, A ESPESSURA MÍNIMA ($h_{\text{MÍN}}$) QUE ATENDE SIMULTANEAMENTE L1 E L2, É:

$$h_{\text{MÍN}} = 10,0$$

OBS:

MEDIDAS EM CENTÍMETROS (cm)

ESFORÇOS (AÇÕES OU CARREGAMENTOS)

a. PESO PRÓPRIO LAJES (L1 E L2)

$$g_{PP\text{ LJ}} = \gamma_{\text{CONCRETO}} \cdot h_{\text{MÍN}}$$

$$g_{PP\text{ LJ}} = 25,0 \cdot 0,10$$

$$g_{PP\text{ LJ}} = 2,5 \text{ kN} / \text{m}^2$$

b. PESO PRÓPRIO CONTRAPISO (L1 E L2)

$$g_{PP\ CONTR} = \gamma_{CONTRAPISO} \cdot h_{CONTR}$$

$$g_{PP\ CONTR} = 21,0 \cdot 0,03$$

$$g_{PP\ CONTR} = 0,63 \text{ kN} / \text{m}^2$$

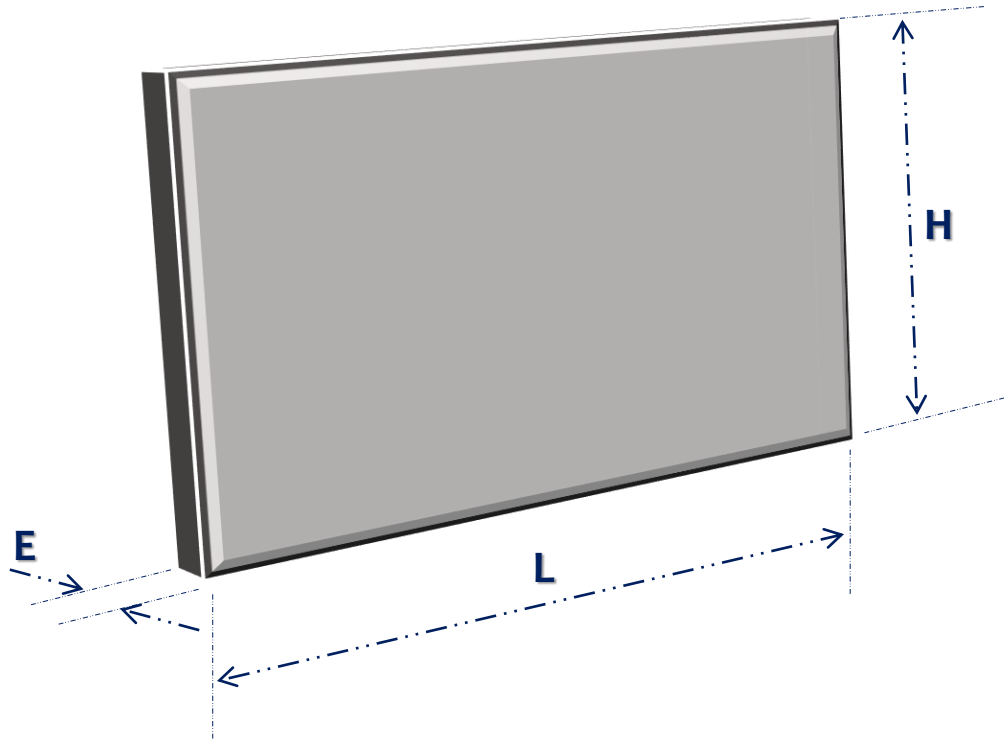
c. PESO PRÓPRIO REVESTIMENTO DE TETO (L1 E L2)

$$g_{PP\ TETO} = \gamma_{REVESTIMENTO\ TETO} \cdot h_{REV\ TETO}$$

$$g_{PP\ TETO} = 19,0 \cdot 0,01$$

$$g_{PP\ TETO} = 0,19\ \text{kN} / \text{m}^2$$

d. ALVENARIAS DE VEDAÇÃO DOS SANITÁRIOS APENAS SOBRE A LAJE L2



$$g_{\text{PP.ALV}} = \frac{\gamma_{\text{ALV}} \cdot E \cdot H \cdot L}{A_{\text{LAJE}}}$$

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PESO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO APARENTE DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)
ROCHAS	ARENITO	26,0
	BASALTO	30,0
	GNEISS	30,0
	GRANITO	28,0
	MÁRMORE E CALCÁREO	28,0
BLOCOS ARTIFICIAIS	BLOCOS DE ARGAMASSA	22,0
	CIMENTO DE AMIANTO	20,0
	LAJOTAS CERÂMICAS	18,0
	TIJOLOS FURADOS	13,0
	TIJOLOS MACIÇOS	18,0
	TIJOLOS SÍLICO-CALCAREOS	20,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PESO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO APARENTE DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)
ROCHAS	ARENITO	26,0
	BASALTO	30,0
	GNEISS	30,0
	GRANITO	28,0
	MÁRMORE E CALCÁREO	28,0
BLOCOS ARTIFICIAIS	BLOCOS DE ARGAMASSA	22,0
	CIMENTO DE AMIANTO	20,0
	LAJOTAS CERÂMICAS	18,0
	TIJOLOS FURADOS	13,0
	TIJOLOS MACIÇOS	18,0
	TIJOLOS SÍLICO-CALCAREOS	20,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

ENTÃO ...

$$g_{PP\ ALV} = \frac{\gamma_{ALV} \cdot E \cdot H \cdot L}{A_{LAJE}}$$

$$g_{PP\ ALV} = \frac{13,0 \cdot 0,11 \cdot 4,20 \cdot 15,7}{(5,0 \cdot 6,0)}$$

$$g_{PP\ ALV} = 3,14 \text{ kN} / \text{m}^2$$

e. REVESTIMENTO DE PISO (L1 E L2)

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PISO FINAL SOBRE A LAJE [PESO ESPECÍFICO DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]		
MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)
ROCHAS	ARENITO	26,0
	BASALTO	30,0
	GNEISS	30,0
	GRANITO	28,0
	MÁRMORE E CALCÁREO	28,0
BLOCOS ARTIFICIAIS	BLOCOS DE ARGAMASSA	22,0
	CIMENTO DE AMIANTO	20,0
	LAJOTAS CERÂMICAS	18,0
	TIJOLOS FURADOS	13,0
	TIJOLOS MACIÇOS	18,0
	TIJOLOS SÍLICO-CALCAREOS	20,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

e. REVESTIMENTO DE PISO (L1 E L2)

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PISO FINAL SOBRE A LAJE [PESO ESPECÍFICO DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO]		
MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)
ROCHAS	ARENITO	26,0
	BASALTO	30,0
	GNEISS	30,0
	GRANITO	28,0
	MÁRMORE E CALCÁREO	28,0
BLOCOS ARTIFICIAIS	BLOCOS DE ARGAMASSA	22,0
	CIMENTO DE AMIANTO	20,0
	LAJOTAS CERÂMICAS	18,0
	TIJOLOS FURADOS	13,0
	TIJOLOS MACIÇOS	18,0
	TIJOLOS SÍLICO-CALCAREOS	20,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

e. REVESTIMENTO DE PISO (L1 E L2)

$$\gamma_{ALV} = \text{PESO ESPECÍFICO APARENTE} \cdot h_{\text{MATERIAL}}$$

$$\gamma_{ALV} = 28,0 \cdot 0,015$$

$$\gamma_{ALV} = 0,42 \text{ kN} / \text{m}^2$$

f. AÇÕES VARIÁVEIS (L1 E L2)

NBR 6120 / 1980, TABELA 2: USO DO AMBIENTE
[VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS VARIÁVEIS]

LOCAL		CARGA (kN / m²)
ESCOLAS	ANFITEATRO COM ASSENTOS FIXOS	5,0
	CORREDOR E SALA DE AULA	3,0
	OUTRAS SALAS	2,0
ESCRITÓRIOS	SALAS DE USO GERAL E BANHEIROS	2,0
FORROS	SEM ACESSO A PESSOAS	0,5
GALERIA DE ARTE	A SER DETERMINADA EM CADA CASO, PORÉM, COM O MÍNIMO	3,0
GARAGENS E ESTACIONAMENTOS	PARA VEÍCULOS DE PASSAGEIROS OU SEMELHANTES, COM CARGA MÁXIMA DE 25 kN POR VEÍCULO. VALORES DE Φ INDICADOS EM 2.2.1.6	3,0

f. AÇÕES VARIÁVEIS (L1 E L2)

NBR 6120 / 1980, TABELA 2: USO DO AMBIENTE
[VALORES MÍNIMOS DAS CARGAS VERTICAIS VARIÁVEIS]

LOCAL		CARGA (kN / m²)
ESCOLAS	ANFITEATRO COM ASSENTOS FIXOS	5,0
	CORREDOR E SALA DE AULA	3,0
	OUTRAS SALAS	2,0
ESCRITÓRIOS	SALAS DE USO GERAL E BANHEIROS	2,0
FORROS	SEM ACESSO A PESSOAS	0,5
GALERIA DE ARTE	A SER DETERMINADA EM CADA CASO, PORÉM, COM O MÍNIMO	3,0
GARAGENS E ESTACIONAMENTOS	PARA VEÍCULOS DE PASSAGEIROS OU SEMELHANTES, COM CARGA MÁXIMA DE 25 kN POR VEÍCULO. VALORES DE Φ INDICADOS EM 2.2.1.6	3,0

AÇÕES E CARREGAMENTOS TOTAIS

**CARGAS FINAIS SOBRE A LAJE L1
(QUADRO-RESUMO)**

ORIGEM DO CARREGAMENTO

**VALOR
(kN / m²)**

PESO PRÓPRIO

2,50

CONTRAPISO

0,63

REVESTIMENTO DE TETO

0,19

REVESTIMENTO DE PISO

0,42

ALVENARIAS

- - -

CARGAS VARIÁVEIS

2,0

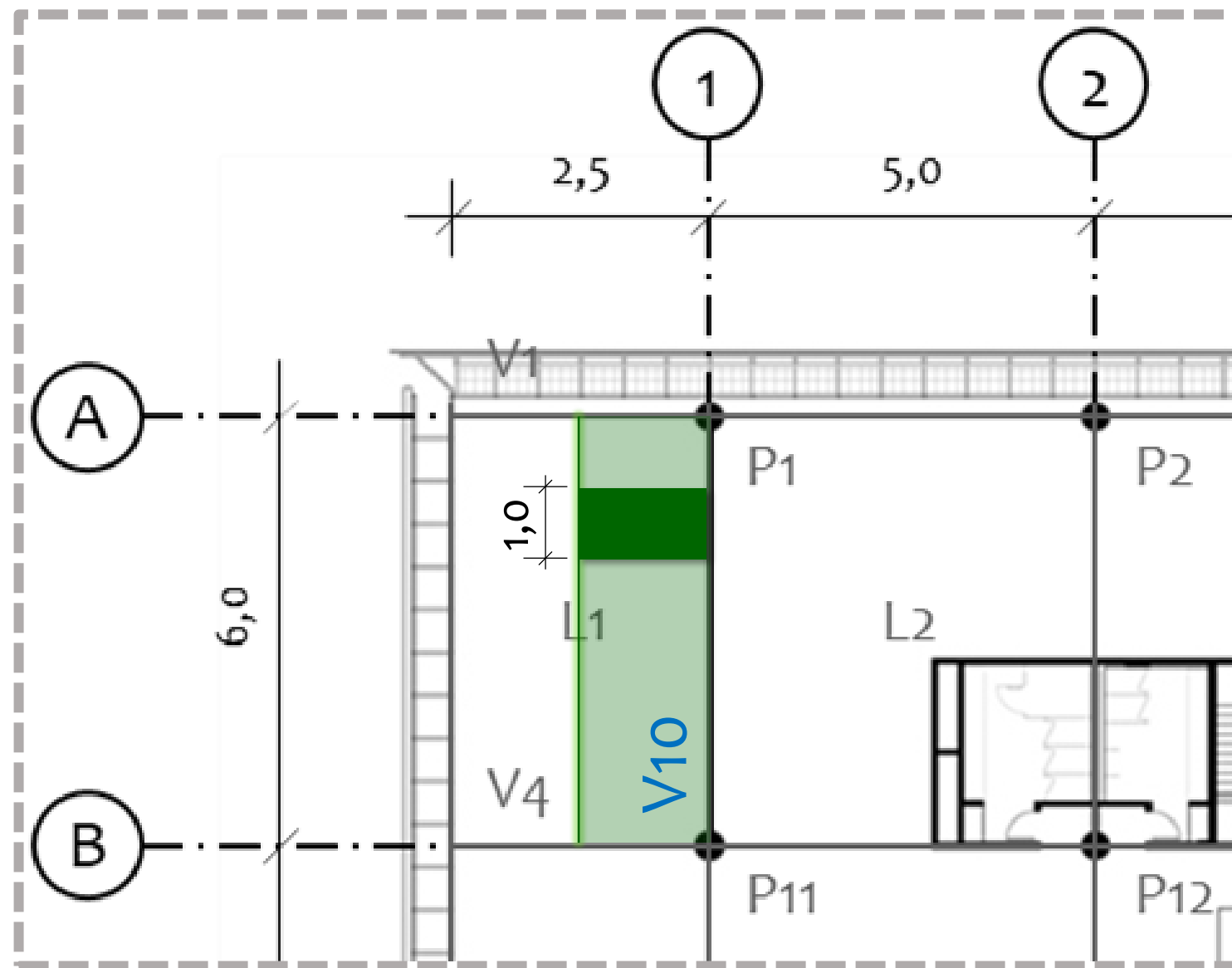
CARREGAMENTO TOTAL (q_{TOTAL LAJE})

5,74

CARGAS FINAIS SOBRE A LAJE L2 (QUADRO-RESUMO)	
ORIGEM DO CARREGAMENTO	VALOR (kN / m²)
PESO PRÓPRIO	2,50
CONTRAPISO	0,63
REVESTIMENTO DE TETO	0,19
REVESTIMENTO DE PISO	0,42
ALVENARIAS	3,14
CARGAS VARIÁVEIS	2,0
CARREGAMENTO TOTAL (q _{TOTAL LAJE})	8,88

AÇÕES E CARREGAMENTOS SOBRE A VIGA V10

1. A PARTIR DA LAJE L1



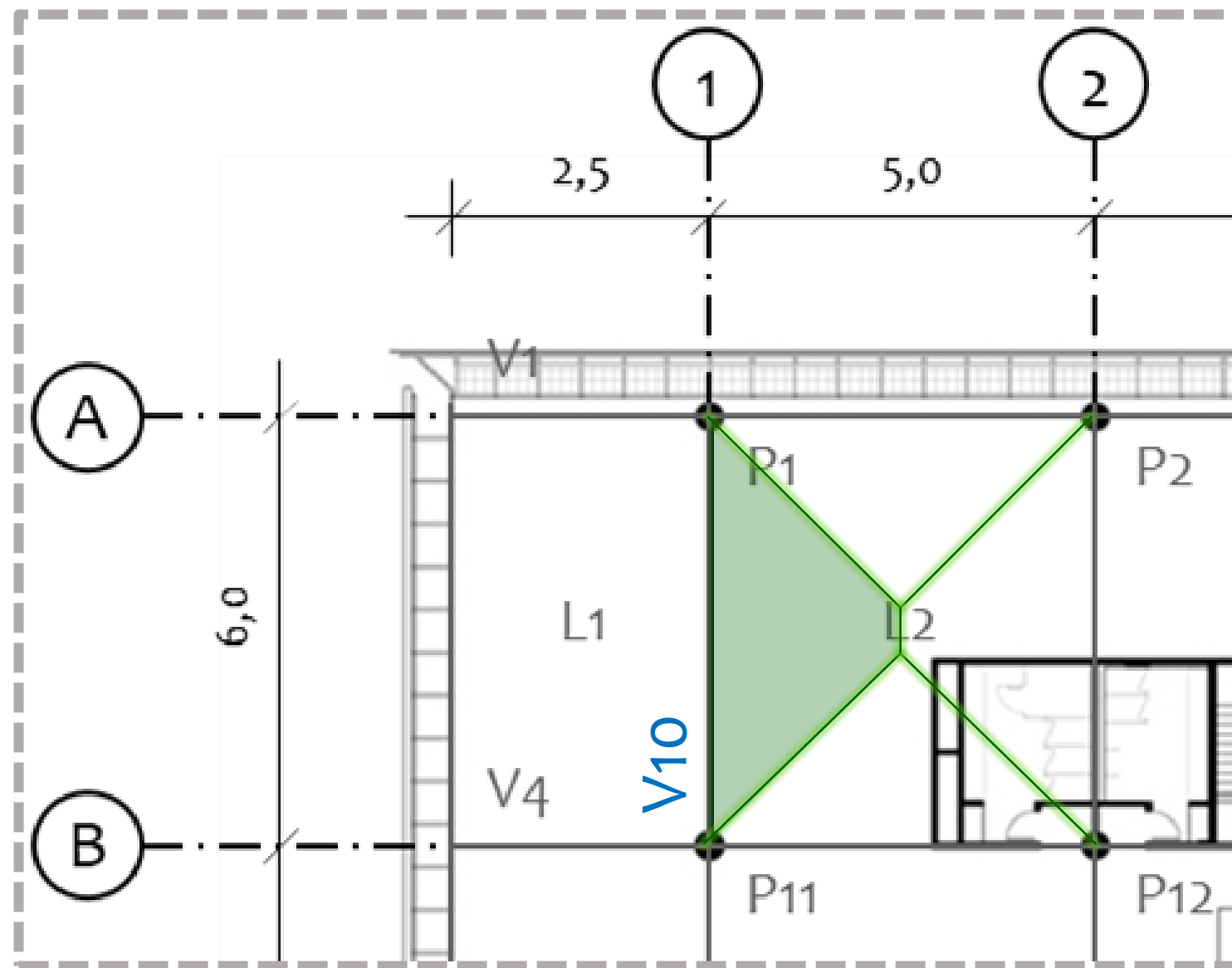
CARGA TOTAL NA VIGA V₁₀ GERADA PELA LAJE L₁ (ARMADA EM UMA DIREÇÃO)

$$q_{TOT V_{10} L_1} = \frac{(q_{TOT LAJE L_1} \cdot L_x)}{2}$$

$$q_{TOT V_{10} L_1} = \frac{(5,74 \cdot 2,5)}{2}$$

$$q_{TOT V_{10} L_1} = 7,18 \text{ kN/m}$$

2 . A P A R T I R D A L A J E L 2



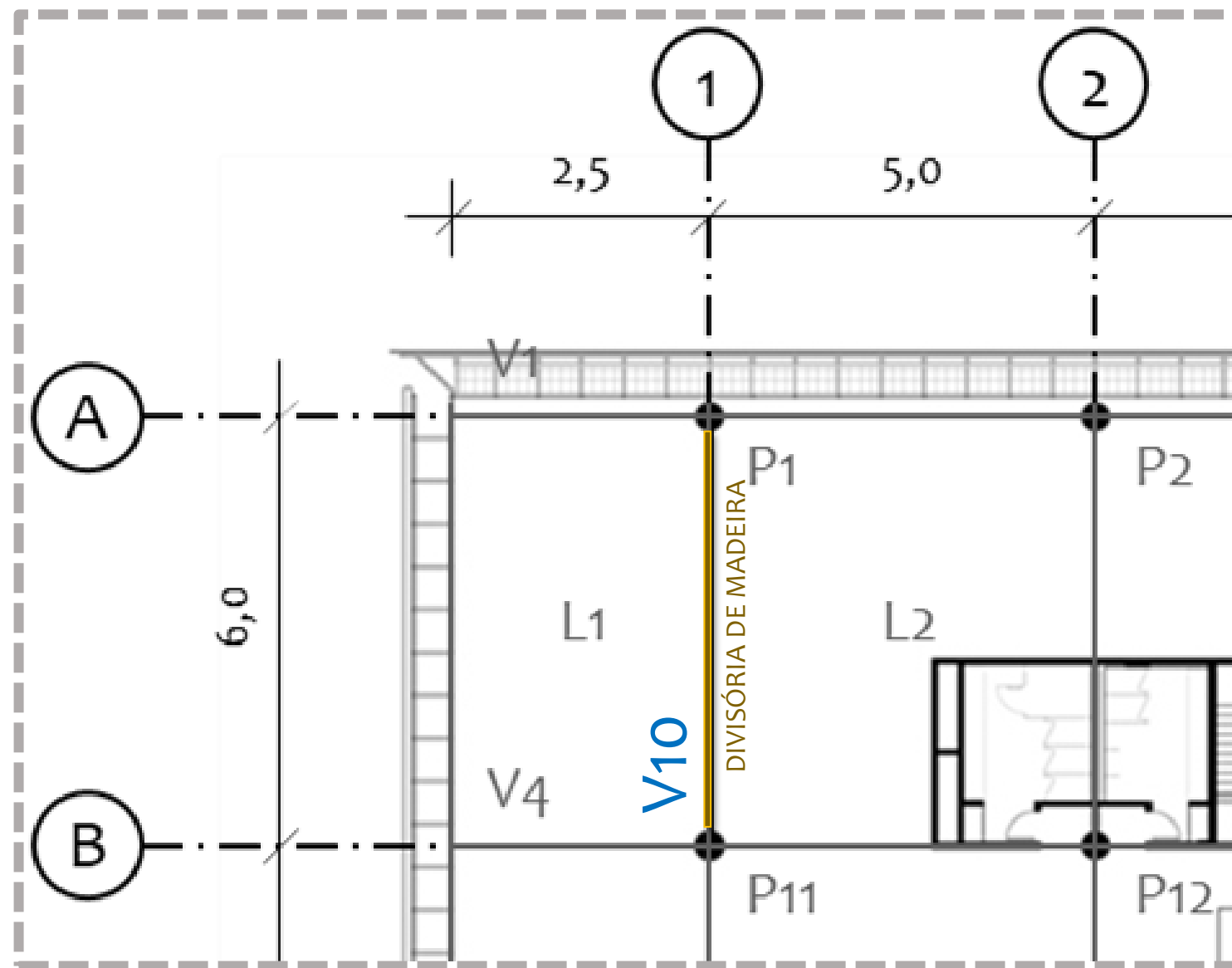
CARGA TOTAL NA VIGA V₁₀ GERADA PELA LAJE L₂ (ARMADA EM DUAS DIREÇÕES)

$$q_{TOT V_{10} L_2} = q_{TOT LAJE L_2} \cdot (L_x / 4) \cdot [2 - (L_x / L_y)]$$

$$q_{TOT V_{10} L_2} = 8,88 \cdot (5,0 / 4) \cdot [2 - (5,0 / 6,0)]$$

$$q_{TOT V_{10} L_2} = 12,95 \text{ kN/m}$$

3. A PARTIR DA DIVISÓRIA DE MADEIRA SOBRE A V10



CARGA, POR METRO, VINDA DA DIVISÓRIA DE MADEIRA APOIADA DIRETAMENTE SOBRE A VIGA V10

$$q_{DIV} = \gamma_{DIV} \cdot E \cdot H \cdot L \quad [kN/m]$$

ONDE:

- γ_{DIV} = PESO ESPECÍFICO DO MATERIAL QUE CONSTITUI A DIVISÓRIA (PINHO) = 5,0 kN/m³
- E = ESPESSURA FINAL DA DIVISÓRIA ACABADA = 0,05m
- H = ALTURA DA DIVISÓRIA DE MADEIRA = 4,2m
- L = COMPRIMENTO DA DIVISÓRIA [m] = 1,0m (SEMPRE, SE DIRETAMENTE SOBRE A VIGA !)

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PISO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO / m² DE LAJE]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)
REVESTIMENTOS E CONCRETOS	ARGAMASSA DE CAL, CIMENTO E AREIA	19,0
	ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA	21,0
	ARGAMASSA DE GESSO	12,5
	CONCRETO SIMPLES	24,0
	CONCRETO ARMADO	25,0
MADEIRAS	PINHO; CEDRO	5,0
	LOURO; IMBUIA; PAU-ÓLEO	6,5
	GUAJUVIRÁ; GUATAMBU; GRÁPIA	8,0
	ANGICO; CABREÚVA; IPÊ RÓSEO	10,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

NBR 6120 / 1980, TABELA 1: PISO FINAL SOBRE A LAJE
[PESO ESPECÍFICO DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO / m² DE LAJE]

MATERIAIS		PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN / m³)
REVESTIMENTOS E CONCRETOS	ARGAMASSA DE CAL, CIMENTO E AREIA	19,0
	ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA	21,0
	ARGAMASSA DE GESSO	12,5
	CONCRETO SIMPLES	24,0
	CONCRETO ARMADO	25,0
MADEIRAS	PINHO; CEDRO	5,0
	LOURO; IMBUIA; PAU-ÓLEO	6,5
	GUAJUVIRÁ; GUATAMBU; GRÁPIA	8,0
	ANGICO; CABREÚVA; IPÊ RÓSEO	10,0

* OS VALORES DEVEM CONSIDERAR AS RESPECTIVAS ESPESSURAS DOS MATERIAIS (OU DAS PEÇAS), SEGUNDO A ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO [EM METROS]

LOGO ...

$$q_{DIV} = \gamma_{DIV} \cdot E \cdot H$$

$$q_{DIV} = 5,0 \cdot 0,05 \cdot 4,2$$

$$q_{DIV} = 1,05 \text{ kN/m}$$

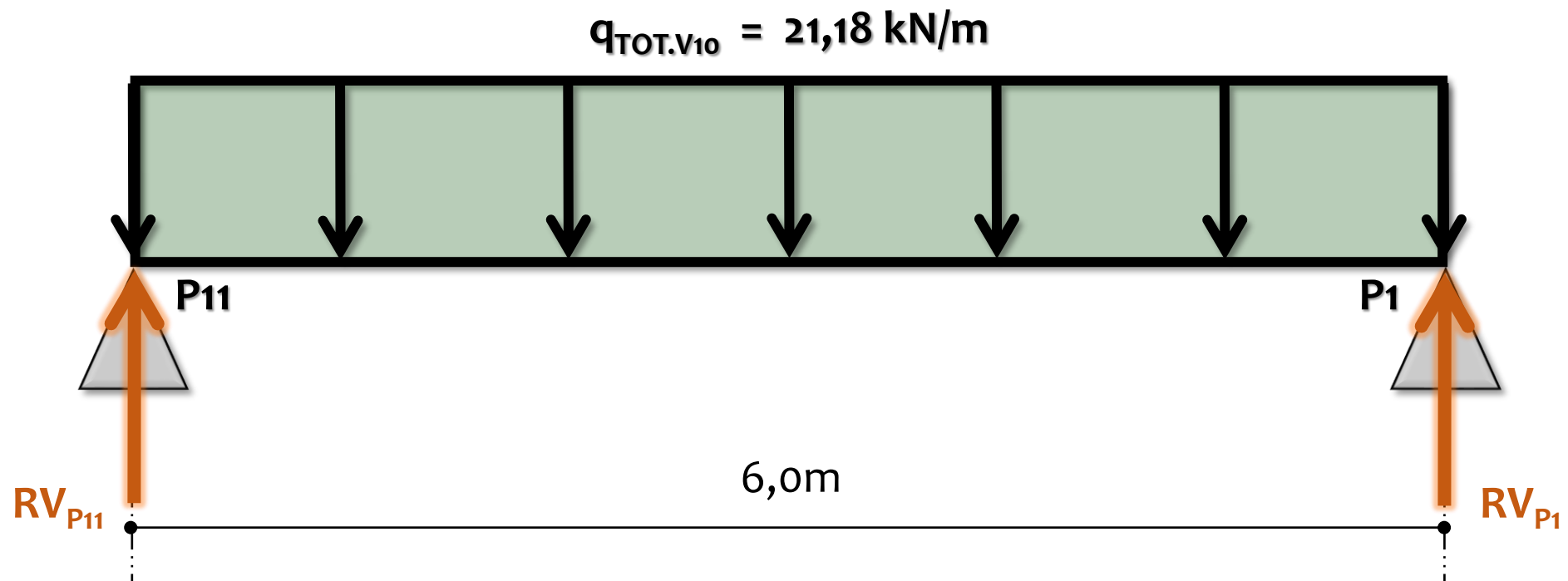
AÇÕES E CARREGAMENTOS TOTAIS SOBRE A VIGA V10

$$q_{TOT V10} = q_{TOT V10 L1} + q_{TOT V10 L2} + q_{DIV}$$

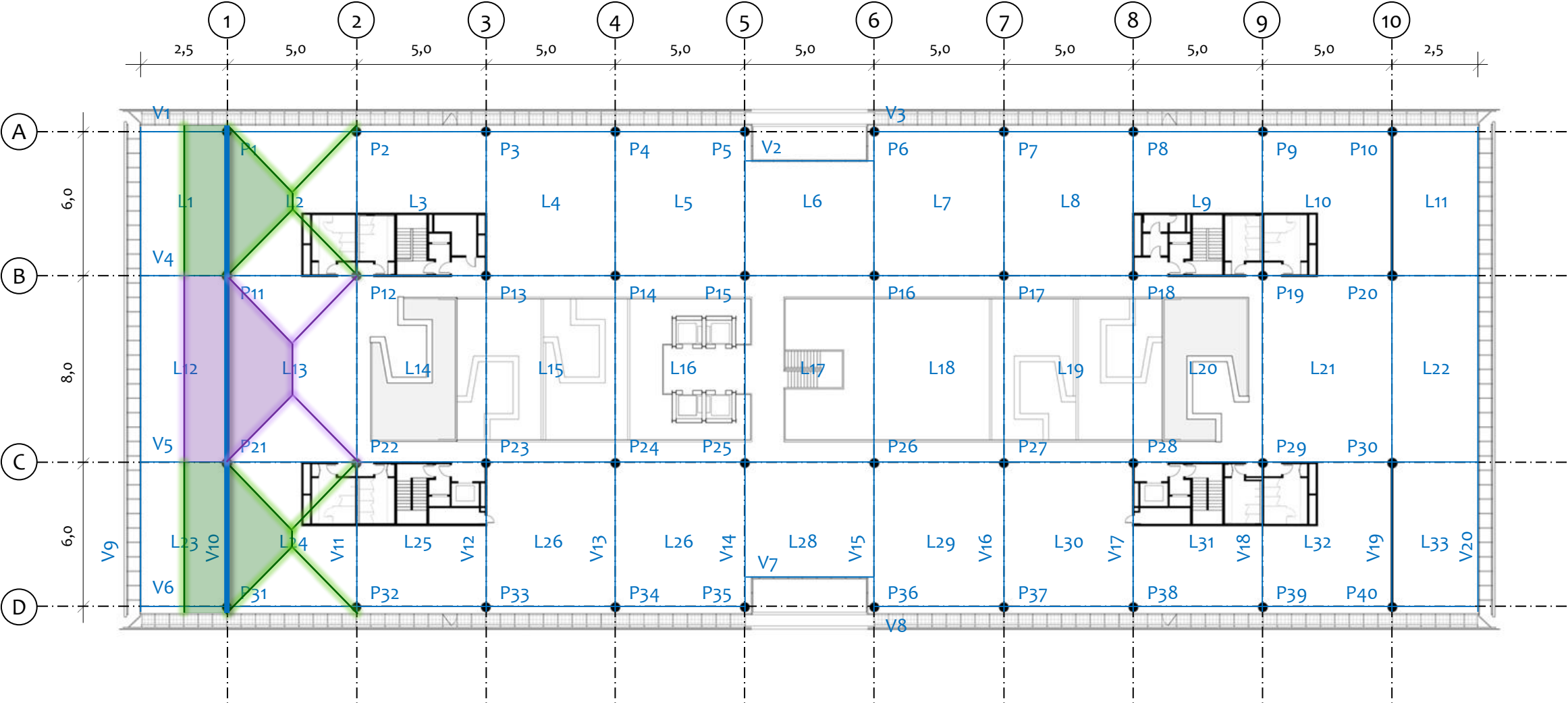
$$q_{TOT V10} = 7,18 + 12,95 + 1,05$$

$$q_{TOT V10} = 21,18 \text{ kN/m}$$

ENTÃO ...



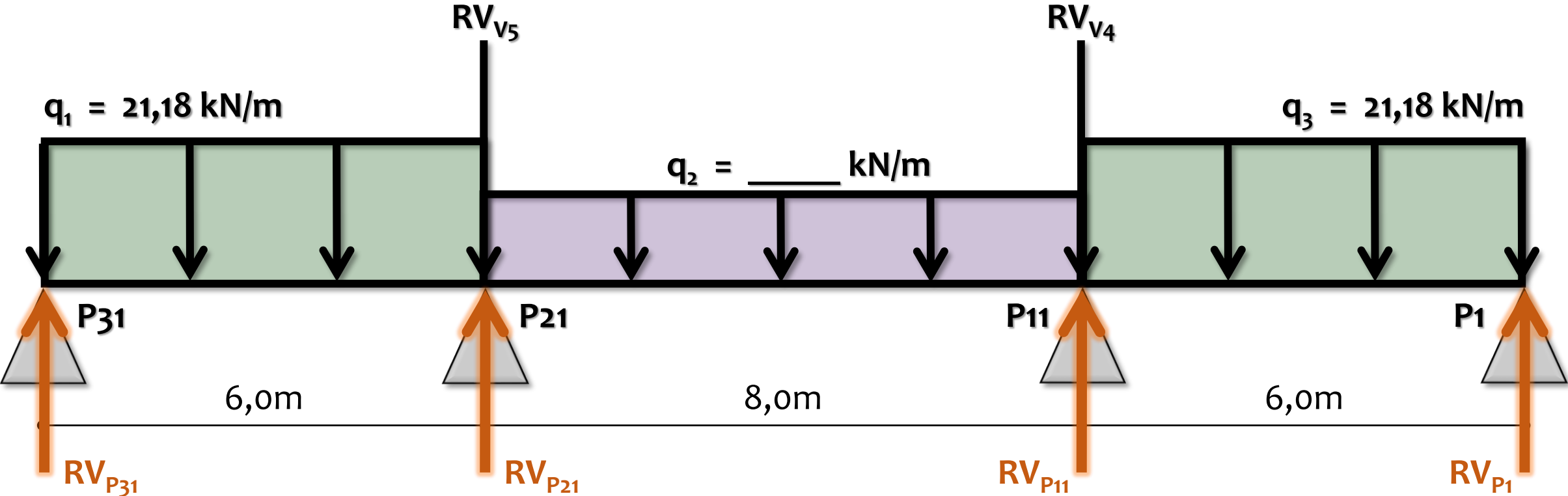
CONSIDERANDO TODOS OS CARREGAMENTOS QUE CHEGAM À VIGA V10 DO COMEÇO AO FIM



OBS:

. LANÇAMENTO ESTRUTURAL PARCIAL
. MEDIDAS EM METROS (m)

PORTANTO ...



COMO CITAR ESTE MATERIAL

MARTINS, A. A.

LAJES EM CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO: ESFORÇOS

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: ESFORÇOS



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

