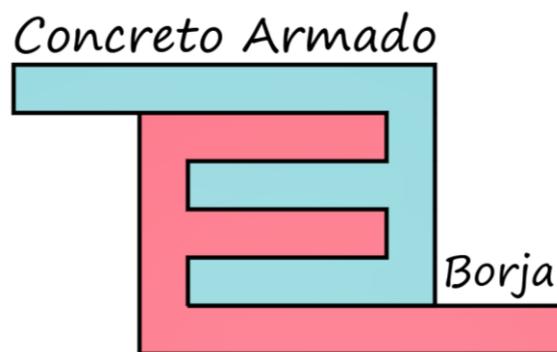


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RN
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
IFRN – CNAT – DIACON - ENGENHARIA CIVIL



CONCRETO ARMADO
EXERCÍCIO: LAJES MACIÇAS

EDILBERTO VITORINO DE BORJA

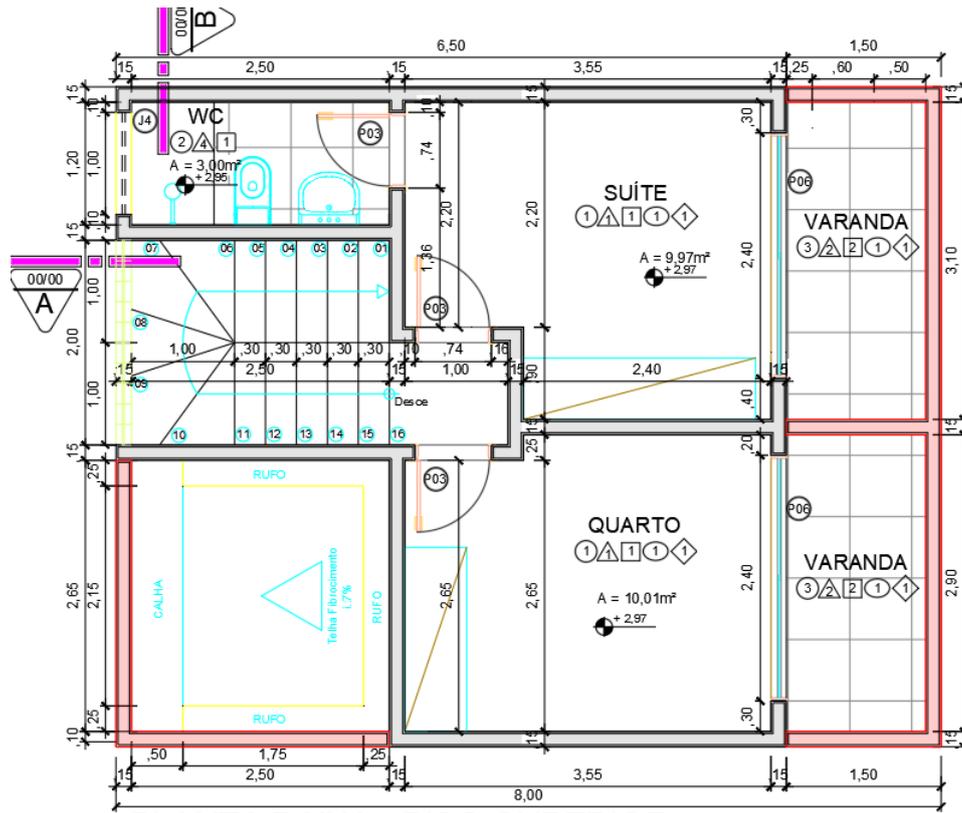
1. LAJES MACIÇAS

Para o prédio didático utilizado no cálculo das lajes maciças, conforme planta baixa do pavimento térreo (Figura 1), pavimento superior (Figura 2), cobertura (Figura 3) e cortes (Figura 4), tem-se as seguintes informações necessárias para o dimensionamento:

- $f_{ck} = 25$ MPa, para todos os elementos estruturais;
- espessura das lajes de piso igual a 12 cm e laje de cobertura igual a 10 cm;
- peso específico do concreto armado igual a 25 kN/m³;
- peso específico alvenaria, inclusive rebocada em ambas as faces, igual a 13 kN/m³;
- Pavimentação (piso) em porcelanato com peso específico igual a 24,50 kN/m³ e espessura de 1 cm;
- Estuque (reboco inferior da laje) em argamassa mista de cimento+cal+areia com peso específico igual a 19 kN/m³ e espessura de 1,5 cm;
- Esquadrias em Madeira Jatobá com peso específico de 11,0 kN/m³ (considerar espessura de 15 cm);
- Cobertura em Telha Calhetão sobre madeiramento;
- Carga Acidental do BWC, salas, cozinhas, quartos e varandas igual a 1,50 kN/m²;
- Cobrimentos dos elementos estruturais: - Para lajes usar 2,5 cm; - Para vigas, pilares e fundações usar 3,0 cm.

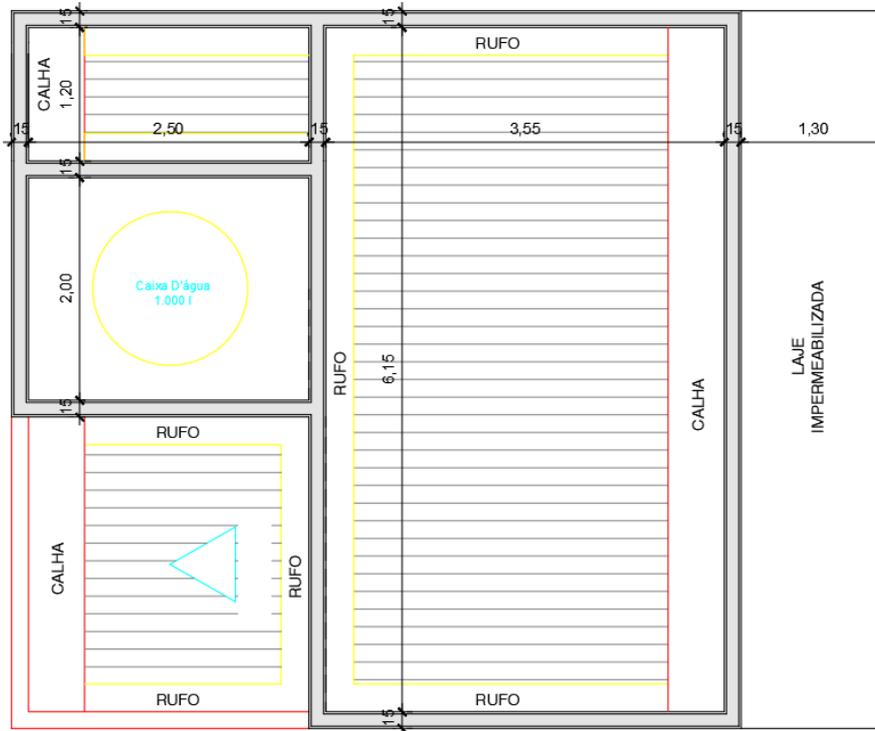


Figura 1. Planta Baixa do Pavimento Térreo.



PLANTA BAIXA - PISO SUPERIOR

Figura 2. Planta Baixa do Superior.



PLANTA BAIXA - COBERTURA

Figura 3. Planta Baixa da Cobertura.

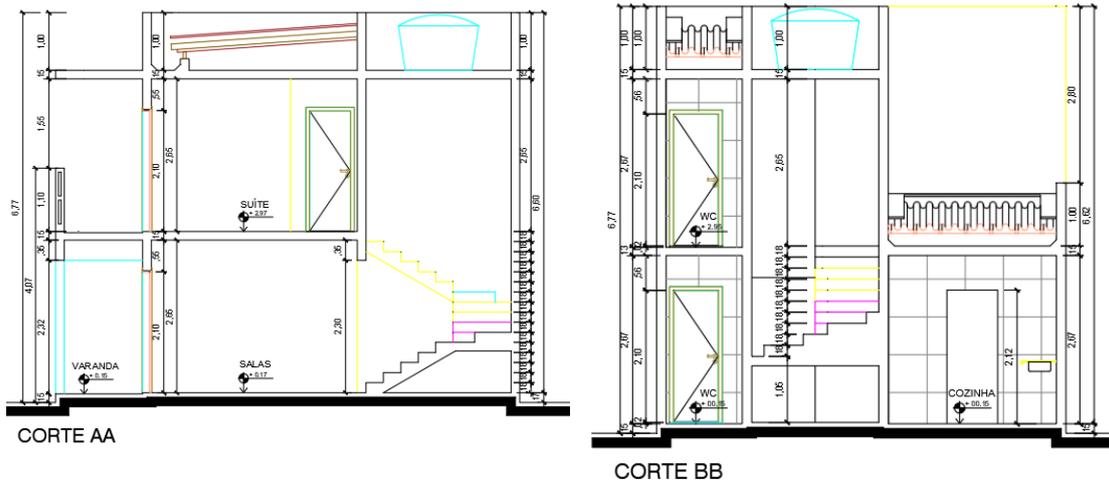
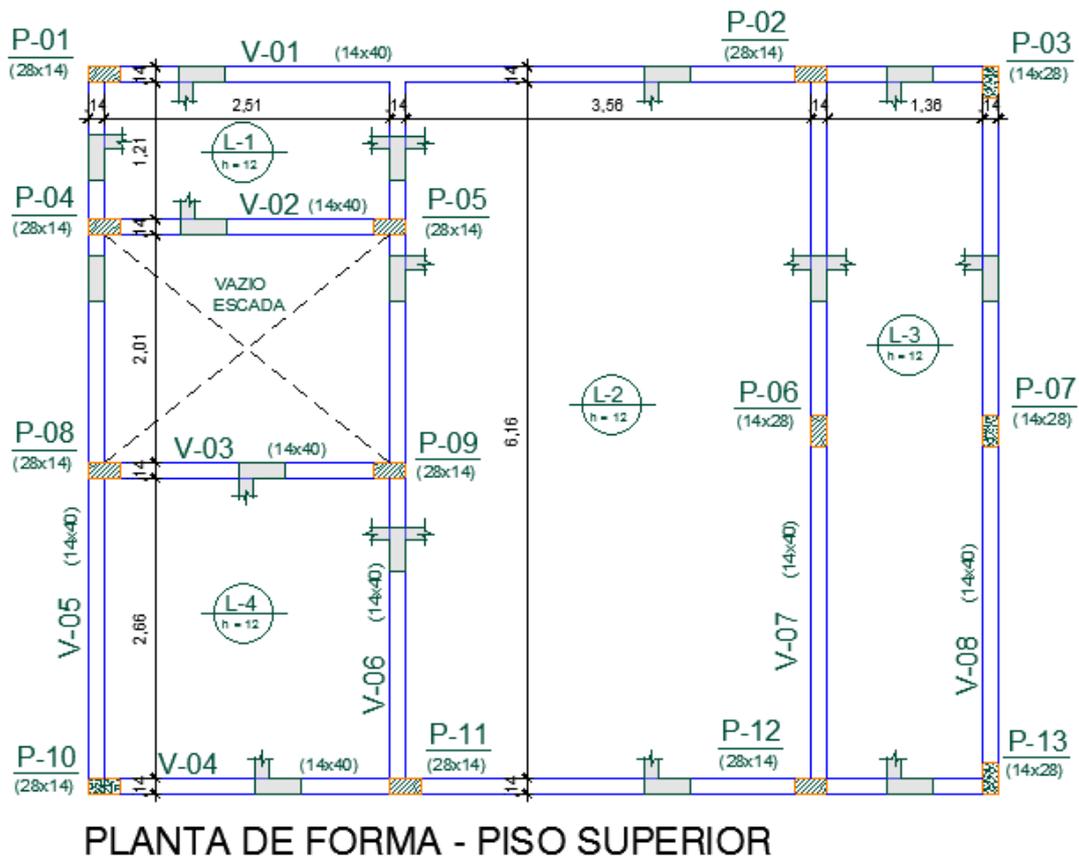


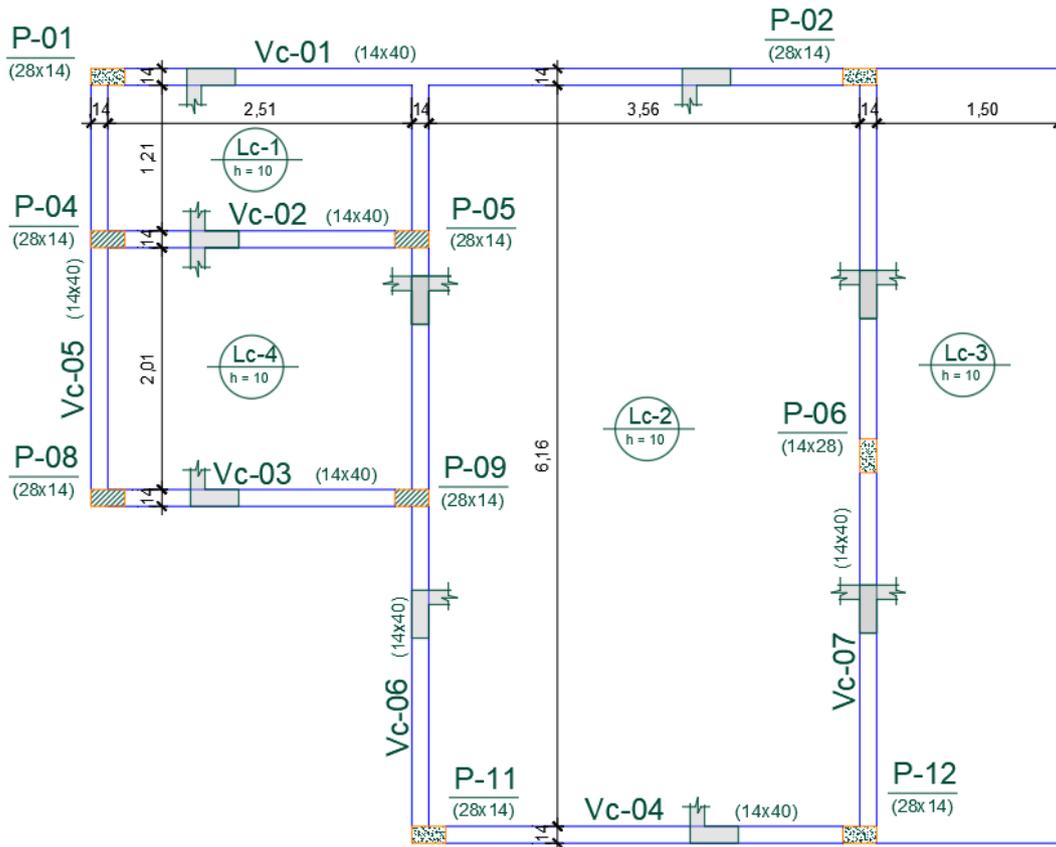
Figura 4. Cortes AA e BB.

Na Figura 5 e Figura 6 ilustra-se a Planta de Forma do Pavimento Superior e da Cobertura, respectivamente. Na Figura 7 e Figura 8 apresenta-se o Esquema Estrutural das Lajes de Piso e de Cobertura, respectivamente.



PLANTA DE FORMA - PISO SUPERIOR

Figura 5. Planta de Forma do Piso Superior.



PLANTA DE FORMA - COBERTURA

Figura 6. Planta de Forma da Cobertura.

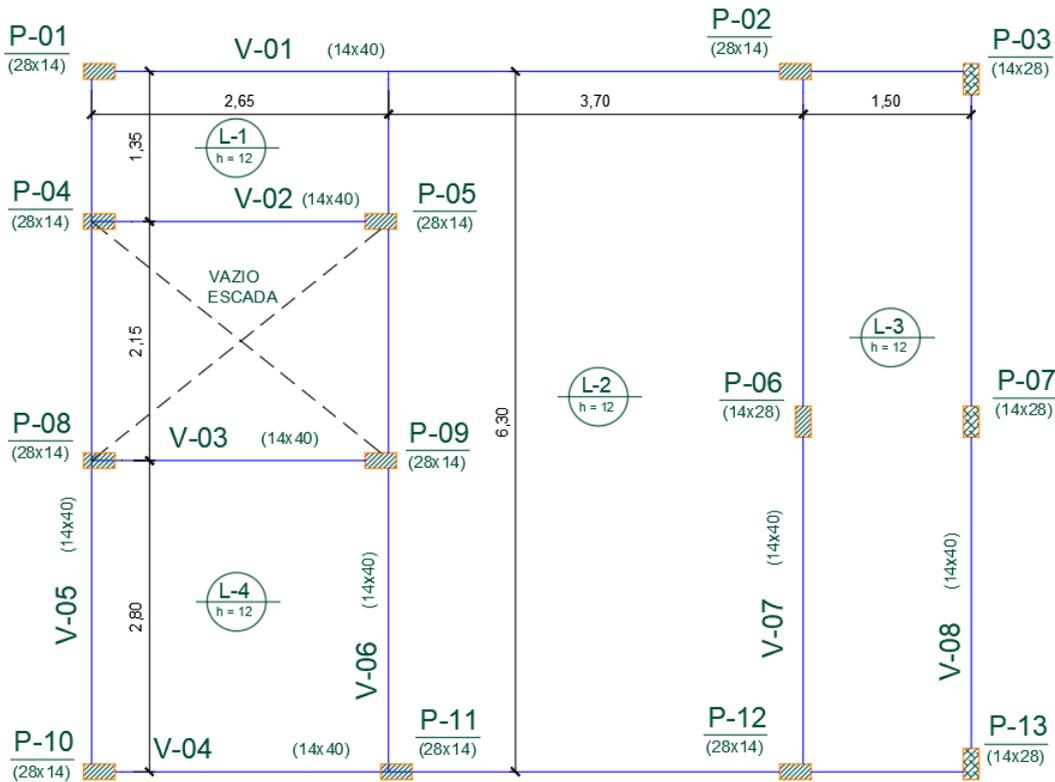


Figura 7. Esquema Estrutural das Lajes Maciças do Pavimento Piso Superior.

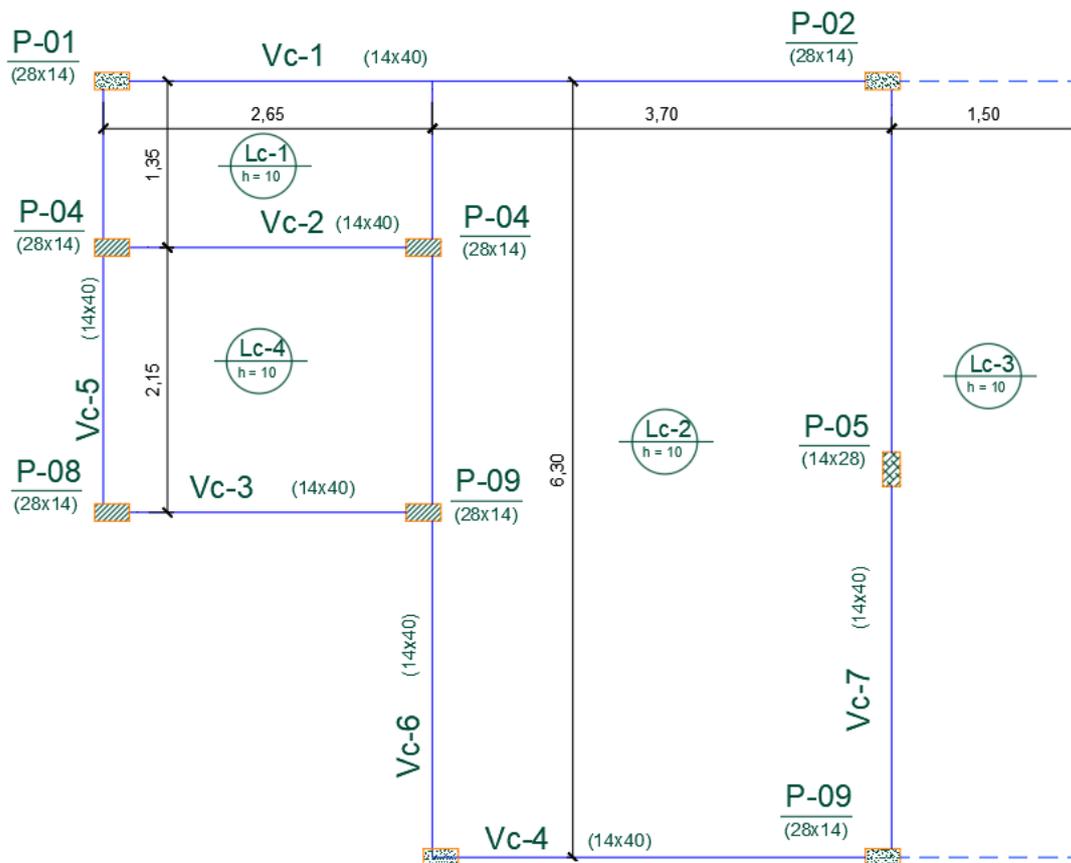


Figura 8. Esquema Estrutural das Lajes Maciças do Pavimento Cobertura.

2. De posse das informações dadas, determinar os Esforços e Reações Lajes de Piso Superior e da Cobertura.

2.1. LAJES DO PISO SUPERIOR

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉCNICAS DOS MATERIAIS E DA EDIFICAÇÃO

| Elemento | Tipo | Espessura (m) | Massa específica (kN/m ³) |
|------------------|--|---------------|---------------------------------------|
| Laje | Maciça em concreto armado | 0,12 | 25,00 |
| Alvenaria | Cerâmica | 0,15 | 13,00 |
| Pavimentação | Porcelanato | 0,010 | 24,50 |
| Revest. Inferior | Estuque: Arg. de cimento cal e areia | 0,015 | 19,00 |
| Esquadrias | Madeira Jatobá | 0,10 ou 0,15 | 11,00 |
| Pé direito | Altura de piso-teto (fundo laje) : 2,65m | | - |

a) DETERMINAÇÃO CARGAS PERMANENTES E ACIDENTAIS ($q = p + g$) – [kN/m²]

LAJE: **L - 01**
A = 2,65 x 1,35 = 3,58 m².

| | |
|--------------------------|--|
| ❖ Peso Próprio: | $p_{\text{proprio}} = \gamma \times e = 25 \times 0,12 = 3,00 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso pavimentação: | $p_{\text{pav}} = \gamma_{\text{pav}} \times e_{\text{pav}} = 24,5 \times 0,01 = 0,25 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso revest. inferior: | $p_{\text{rev inf}} = \gamma_{\text{rev.inf}} \times e_{\text{rev.inf}} = 19,0 \times 0,015 = 0,29 \text{ kN/m}^2$ |

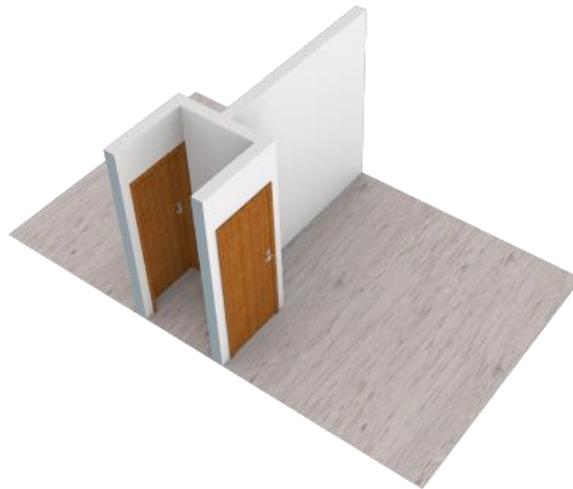
Carga Permanente: $p_{\text{permanente}} = 3,00 + 0,25 + 0,29 = 3,54 \text{ kN/m}^2$

Carga Acidental: $p_{\text{acidental}} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ (NBR 6120)

CARGA TOTAL (q) $q = 3,54 + 1,50 = 5,04 \text{ kN/m}^2$

LAJE: **L - 02**
A = 3,70 x 6,30 = 23,31 m².

| | |
|--------------------------|--|
| ❖ Peso Próprio: | $p_{\text{proprio}} = \gamma \times e = 25 \times 0,12 = 3,00 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso pavimentação: | $p_{\text{pav}} = \gamma_{\text{pav}} \times e_{\text{pav}} = 24,5 \times 0,01 = 0,25 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso revest. inferior: | $p_{\text{rev inf}} = \gamma_{\text{rev.inf}} \times e_{\text{rev.inf}} = 19,0 \times 0,015 = 0,29 \text{ kN/m}^2$ |



Volume total (alv+esq) $v_{\text{total}} = (1,00 + 1,00 + 1,30 + 2,40) \times 0,15 \times 2,65 = 2,27 \text{ m}^3$

VOLUME ESQUADRIA: $v_{\text{esq}} = 2 \times (0,70 \times 2,10) \times 0,15 = 0,44 \text{ m}^3$

VOLUME ALVENARIA: $v_{\text{alv}} = 2,27 - 0,44 = 1,83 \text{ m}^3$

| | |
|-------------------|---|
| ❖ Peso alvenaria: | $p_{alv} = \frac{V_{alv} \cdot \gamma_{alv}}{a_{laje}} = \frac{1,83 \cdot 13}{23,31} = 1,02 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso esquadria: | $p_{esq} = \frac{V_{esq} \cdot \gamma_{esq}}{a_{laje}} = \frac{0,44 \cdot 11}{23,31} = 0,21 \text{ kN/m}^2$ |

Carga Permanente:
$$p_{permanente} = 3,00 + 0,25 + 0,29 + 1,02 + 0,21 = 4,77 \text{ kN/m}^2$$

Carga Acidental:
$$p_{acidental} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (NBR 6120)}$$

CARGA TOTAL (q) $q = 4,77 + 1,50 = 6,27 \text{ kN/m}^2$

LAJE: L - 03
A = 1,50 x 6,30 = 9,45 m².

| | |
|--------------------------|--|
| ❖ Peso Próprio: | $p_{proprio} = \gamma \times e = 25 \times 0,12 = 3,00 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso pavimentação: | $p_{pav} = \gamma_{pav} \times e_{pav} = 24,5 \times 0,01 = 0,25 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso revest. inferior: | $p_{rev\ inf} = \gamma_{rev.\ inf} \times e_{rev.\ inf} = 19,0 \times 0,015 = 0,29 \text{ kN/m}^2$ |

Carga Permanente:
$$p_{permanente} = 3,00 + 0,25 + 0,29 = 3,54 \text{ kN/m}^2$$

Carga Acidental:
$$p_{acidental} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (NBR 6120)}$$

CARGA TOTAL (q) $q = 3,54 + 1,50 = 5,04 \text{ kN/m}^2$

LAJE: L - 04
A = 2,65 x 2,80 = 7,42 m².

| | |
|--|--|
| ❖ Peso Próprio: | $p_{proprio} = \gamma \times e = 25 \times 0,12 = 3,00 \text{ kN/m}^2$ |
| ❖ Peso pavimentação: Nesta laje tem-se apenas o contrapiso executado, uma vez que se tem apenas a cobertura (telha brasilite) | $p_{pav} = \gamma_{pav} \times e_{pav} = 21 \times 0,025 = 0,53 \text{ kN/m}^2$ A argamassa de contrapiso é de cimento e areia (21 kN/m ³ - NBR 6120) e a espessura considerada foi de 2,5 cm (para nivelamento da laje) |
| ❖ Peso revest. inferior: | $p_{rev\ inf} = \gamma_{rev.\ inf} \times e_{rev.\ inf} = 19,0 \times 0,015 = 0,29 \text{ kN/m}^2$ |

Carga Permanente:
$$p_{permanente} = 3,00 + 0,53 + 0,29 = 3,82 \text{ kN/m}^2$$

Carga Acidental:

$$p_{\text{acidental}} = 0,40 \text{ kN/m}^2 \text{ (NBR 6120)}$$

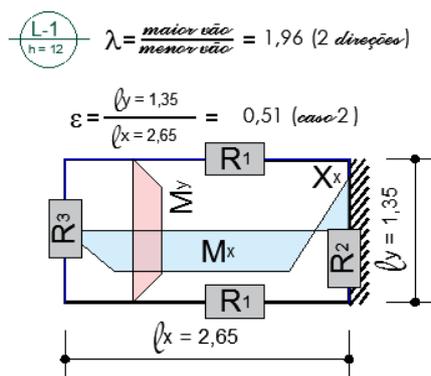
Segundo NBR 6120:2019, Tabela 6 – Cobertura com telha fibrocimento ondulada (esp.: 5mm) e estrutura em madeira.

CARGA TOTAL (q)

$$q = 3,82 + 0,40 = 4,22 \text{ kN/m}^2$$

b) DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS (MOMENTOS E REAÇÕES)

LAJE: L-01 - 2º CASO

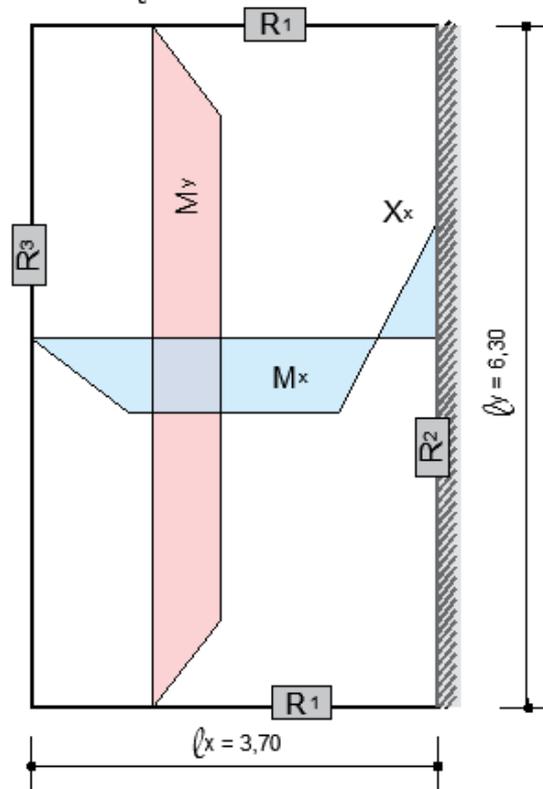


| | m_x | m_y | n_x | v_1 | v_2 | v_3 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\varepsilon=0,55$ | 126,6 | 41,8 | 27,6 | 0,172 | 0,238 | 0,138 |

| | | |
|-------------------------|-------------------------|---|
| Momento positivo | M_x | $M_x = \frac{q * l_x^2}{m_x} = \frac{5,04 * 2,65^2}{126,6} = 0,28 \text{ [kN.m]/m}$ |
| | M_y | $M_y = \frac{q * l_x^2}{m_y} = \frac{5,04 * 2,65^2}{41,8} = 0,85 \text{ [kN.m]/m}$ |
| Momento negativo | X_x | $X_x = \frac{q * l_x^2}{n_x} = \frac{5,04 * 2,65^2}{27,6} = 1,28 \text{ [kN.m]/m}$ |
| Reações | R_1 | $R_1 = q * l_x * v_1 = 5,04 * 2,65 * 0,172 = 2,30 \text{ [kN/m]/m}$ |
| | R_2 | $R_2 = q * l_x * v_2 = 5,04 * 2,65 * 0,238 = 3,18 \text{ [kN/m]/m}$ |
| | R_3 | $R_3 = q * l_x * v_3 = 5,04 * 2,65 * 0,138 = 1,84 \text{ [kN/m]/m}$ |

$$\lambda = \frac{\text{maior vão}}{\text{menor vão}} = 1,70 \text{ (2 vãos)} \quad \text{L-2}$$

$$\varepsilon = \frac{l_y = 6,30}{l_x = 3,70} = 1,70 \text{ (caso-2)}$$

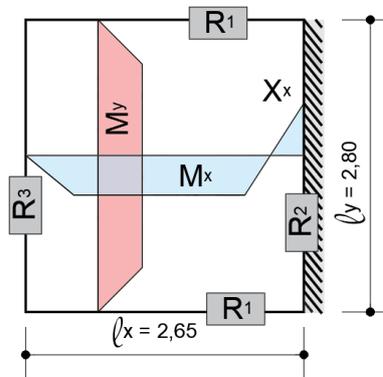


| | m_x | m_y | n_x | v_1 | v_2 | v_3 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\varepsilon=1,70$ | 18,3 | 57,7 | 8,6 | 0,183 | 0,498 | 0,287 |

| | | |
|-------------------------|-------------------------|--|
| Momento positivo | M_x | $M_x = \frac{q \cdot l_x^2}{m_x} = \frac{6,27 \cdot 3,70^2}{18,3} = 4,69 \text{ [kN.m]/m}$ |
| | M_y | $M_y = \frac{q \cdot l_x^2}{m_y} = \frac{6,27 \cdot 3,70^2}{57,7} = 1,49 \text{ [kN.m]/m}$ |
| Momento negativo | X_x | $X_x = \frac{q \cdot l_x^2}{n_x} = \frac{6,27 \cdot 3,70^2}{8,6} = 9,98 \text{ [kN.m]/m}$ |
| Reações | R_1 | $R_1 = q \cdot l_x \cdot v_1 = 6,27 \cdot 3,70 \cdot 0,183 = 4,24 \text{ [kN/m]/m}$ |
| | R_2 | $R_2 = q \cdot l_x \cdot v_2 = 6,27 \cdot 3,70 \cdot 0,498 = 11,55 \text{ [kN/m]/m}$ |
| | R_3 | $R_3 = q \cdot l_x \cdot v_3 = 6,27 \cdot 3,70 \cdot 0,287 = 6,66 \text{ [kN/m]/m}$ |

$$\lambda = \frac{\text{maior vão}}{\text{menor vão}} = 1,06 \text{ (2 direções)}$$

$$\varepsilon = \frac{l_y = 2,80}{l_x = 2,65} = 1,06 \text{ (case 2)}$$

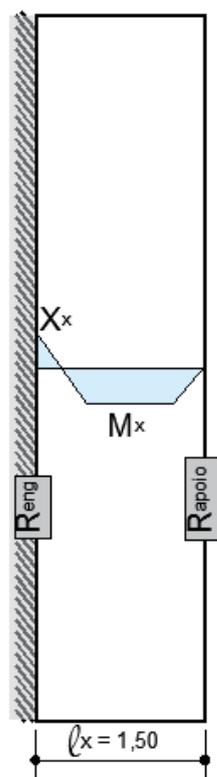


| | m_x | m_y | n_x | v_1 | v_2 | v_3 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\varepsilon=1,10$ | 27,3 | 45,2 | 10,9 | 0,183 | 0,423 | 0,244 |

| | | |
|-------------------------|-------------------------|--|
| Momento positivo | M_x | $M_x = \frac{q * l_x^2}{m_x} = \frac{4,22 * 2,65^2}{27,3} = 1,09 \text{ [kN.m]/m}$ |
| | M_y | $M_y = \frac{q * l_x^2}{m_y} = \frac{4,22 * 2,65^2}{45,2} = 0,66 \text{ [kN.m]/m}$ |
| Momento negativo | X_x | $X_x = \frac{q * l_x^2}{n_x} = \frac{4,22 * 2,65^2}{10,9} = 2,72 \text{ [kN.m]/m}$ |
| Reações | R_1 | $R_1 = q * l_x * v_1 = 4,22 * 2,65 * 0,183 = 2,05 \text{ [kN/m]/m}$ |
| | R_2 | $R_2 = q * l_x * v_2 = 4,22 * 2,65 * 0,423 = 4,73 \text{ [kN/m]/m}$ |
| | R_3 | $R_3 = q * l_x * v_3 = 4,22 * 2,65 * 0,244 = 2,73 \text{ [kN/m]/m}$ |

LAJE: L-03 - ARMADA EM 1 DIREÇÃO

$\lambda = \frac{L-3}{n-12} = \frac{\text{maior vão}}{\text{menor vão}} = 4,20 \text{ (1 direção)}$



| | | |
|-------------------------|-------------------------------|---|
| Momento positivo | M_x | $M_x = \frac{q \cdot l_x^2}{14,22} = \frac{5,04 \cdot 1,50^2}{14,22} = 0,80 \text{ [kN.m]/m}$ |
| | | |
| Momento negativo | X_x | $X_x = \frac{q \cdot l_x^2}{8} = \frac{5,04 \cdot 1,50^2}{8} = 1,42 \text{ [kN.m]/m}$ |
| Reações | R_{ENG} | $R_{ENG} = \frac{5}{8} q \cdot l_x = \frac{5}{8} \cdot 5,04 \cdot 1,50 = 4,73 \text{ [kN/m]/m}$ |
| | R_{APOIO} | $R_{APOIO} = \frac{3}{8} q \cdot l_x = \frac{3}{8} \cdot 5,04 \cdot 1,50 = 2,84 \text{ [kN/m]/m}$ |

2.1. LAJES DA COBERTURA (FAZER – ENTREGA DIA 27/04/2020)