

# Aula 3 – Concepção estrutural

---

PROF<sup>a</sup> M. SC. ENG<sup>a</sup> CIVIL PATRÍCIA DOS SANTOS ANDRADE

# O que é concepção estrutural?

---

Conjunto de regras e medidas que permitem dimensionamento da estrutura portante “o esqueleto” de edificações e obras de arte especiais, por meio do posicionamento de pilares, lajes, vigas... Etc.



# Dados iniciais

---

Dimensões dos vãos de ambientes e espaços definidos no projeto arquitetônico

Definir o modelo estrutural que atende a obra

Escolher um modelo estrutural que utiliza materiais disponíveis na região

Escolher um sistema de menor custo ou que melhor se adeque à requisitos de projeto ou do cliente

# Elementos estruturais

---

São peças, geralmente com uma ou duas dimensões preponderantes sobre as demais que compõem a estrutura

Lajes

Vigas

Pilares

Fundações

# Cargas em edificações

---

Determinadas a partir da NBR 6120/2019 e das combinações de ações segundo os Métodos de cálculo no ELU e ELS

# O vento nas estruturas de concreto armado

---

Os ventos são absorvidos pelas paredes externas que levam esforços para estruturas de contraventamento rígido

Pórticos (pilares+vigas)

Paredes estruturais

Núcleos estruturais (poço de elevador, escada)

Pilares de menor rigidez não contribuem para a resistência a esforços laterais

# Sistemas estruturais

---

Podem ser:

Pré-moldados;

Moldados in loco;

Montados;

Ou mistos



# Lajes

---

Elementos planos que possuem uma dimensão (espessura) muito menor que as demais

As lajes podem ser:


Maciças: Armadas em uma direção ou em duas direções

Nervuradas Cogumelo;

Pré-moldadas

protendidas

A escolha do sistema estrutural está ligado à fatores operacionais, econômicos, intempéries ... etc



Lajes, principalmente as maciças e cogumelo, são importantes elementos de contraventamento

# Lajes maciças

---

São lajes com espessura constante, moldada *in loco* a partir do lançamento do concreto fresco sobre um sistema de formas planas.

## Pontos positivos:

Gera uma estrutura de pouca espessura resistente aos esforços impostos;

Facilidade de execução;

Acabamento liso no teto.

## Pontos negativos:

Custo alto com grande consumo de concreto e aço;

Baixo potencial sustentável com alto consumo de madeira;

Pelo maior peso de concreto, a laje exige mais dos elementos de apoio.



# Laje Nervurada

---

As lajes nervuradas também são moldadas **no local** da obra

A estrutura é constituída de nervuras interligadas por uma capa ou mesa de compressão

Essa laje elimina o concreto desnecessário da região de tração

Com altura maior que a laje maciça, o uso de ferragem é minimizado, criando uma estrutura mais leve, que proporciona custos reduzidos na estrutura e fundações, permitindo vencer grandes vãos com menor consumo de materiais

A concretagem é realizada sobre fôrmas que moldam as nervuras

Na parte inferior, pode ter um forro para ter um acabamento liso, ou manter as nervuras aparentes, como tem se tornado tendência na arquitetura e decoração contemporânea.

# Laje Nervurada

---

## **Pontos positivos:**

Grande economia de concreto e aço;

Minimização dos gastos com madeira;

Menor peso da construção;

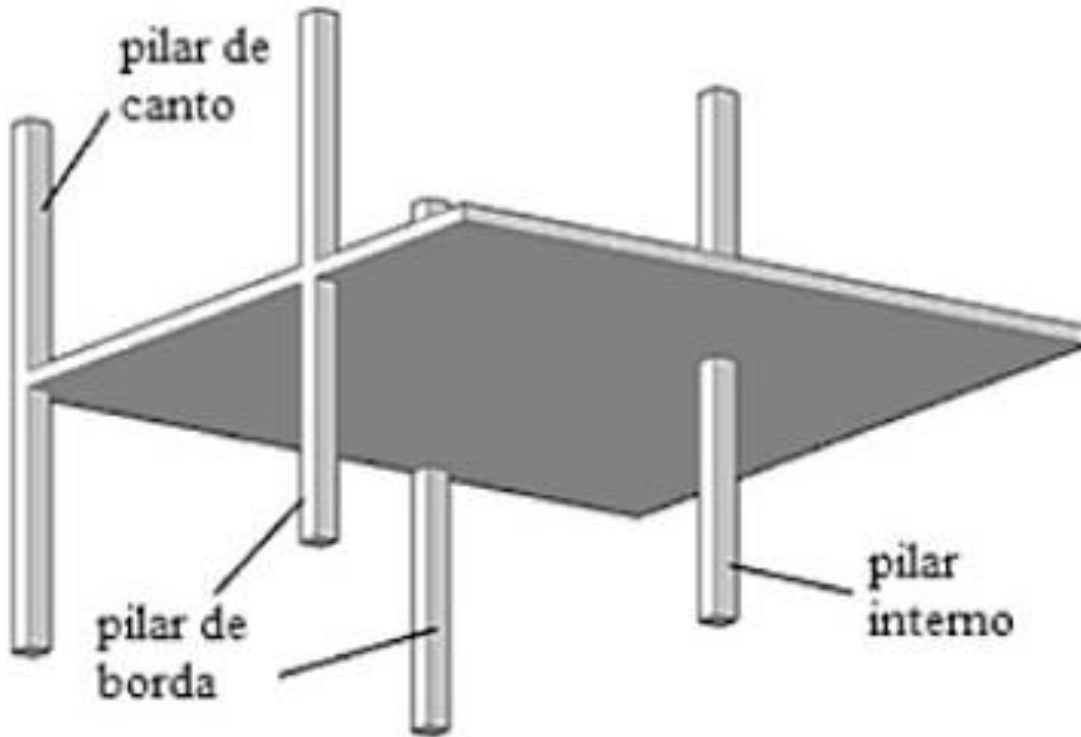
Não precisa de mão-de-obra especializada;

## **Pontos negativos:**

Maior espessura

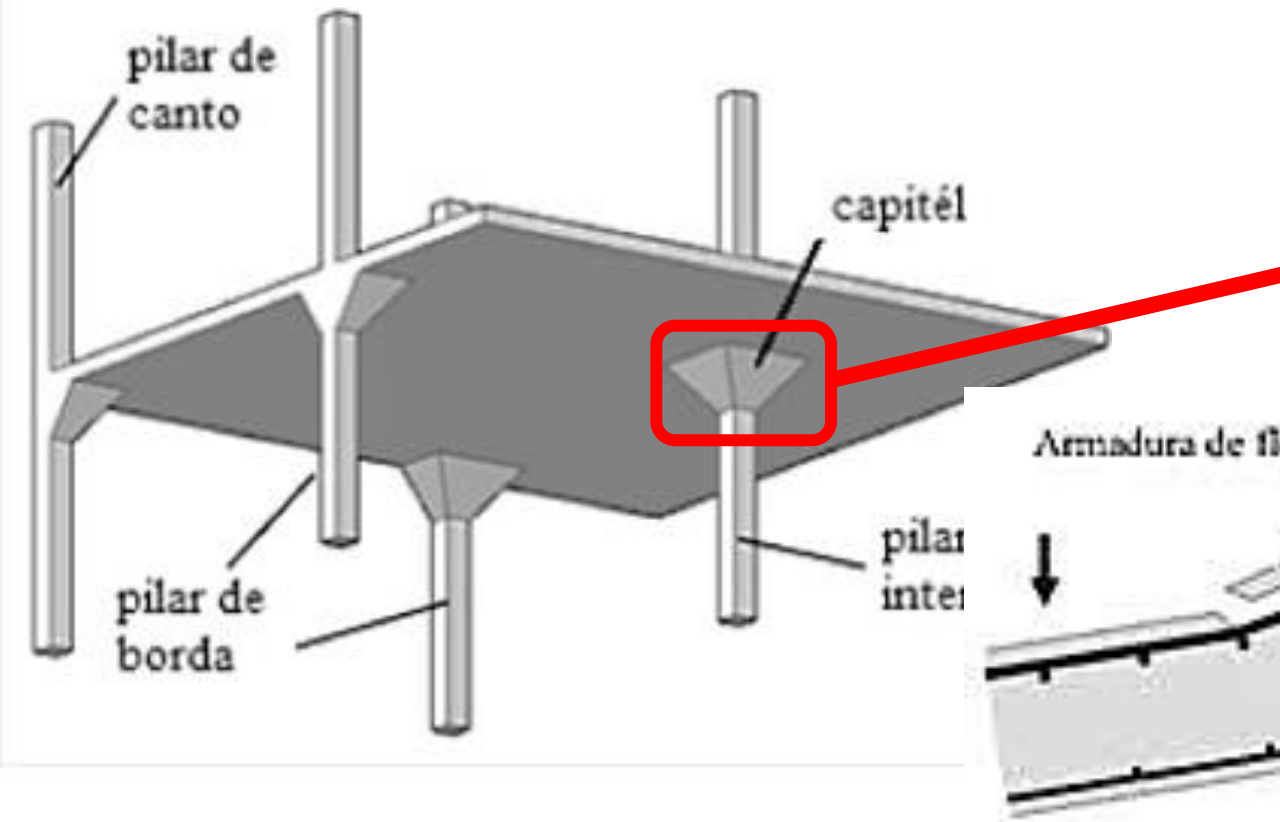
# Sistemas de lajes sem vigas

## LAJES LISAS



# Sistemas de lajes sem vigas

## LAJES COGUMELO COM CAPITEL



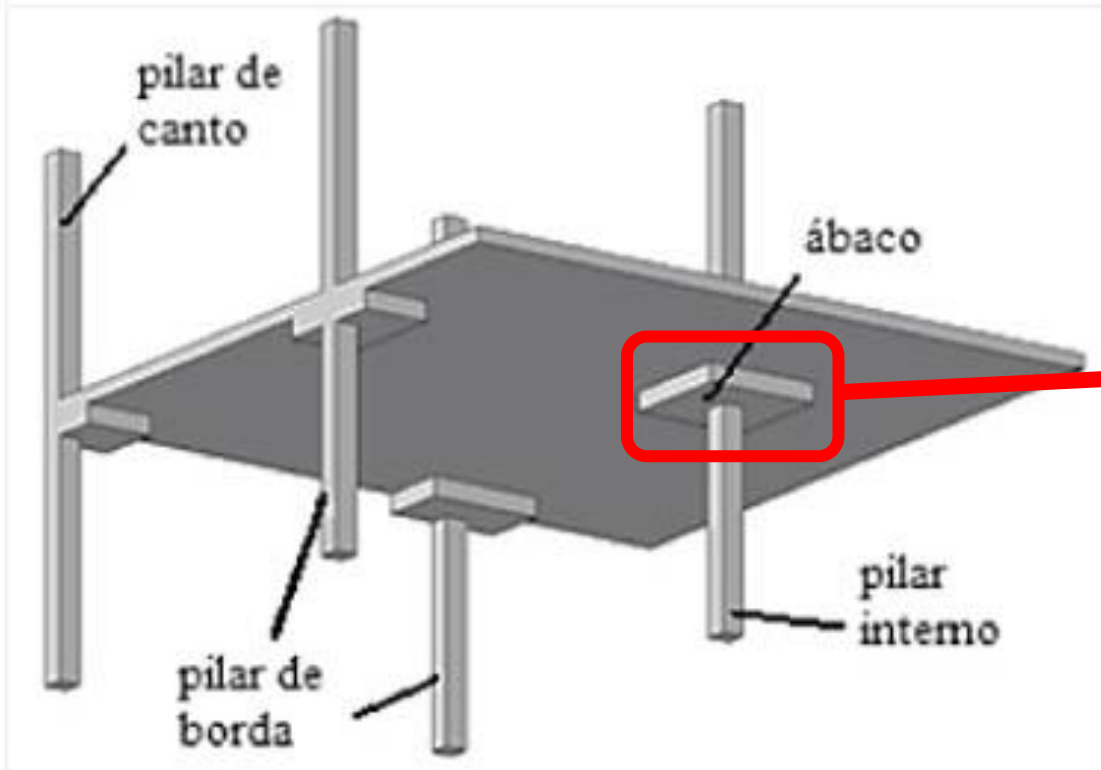
25° a 30°



Superfície de colapso por punção

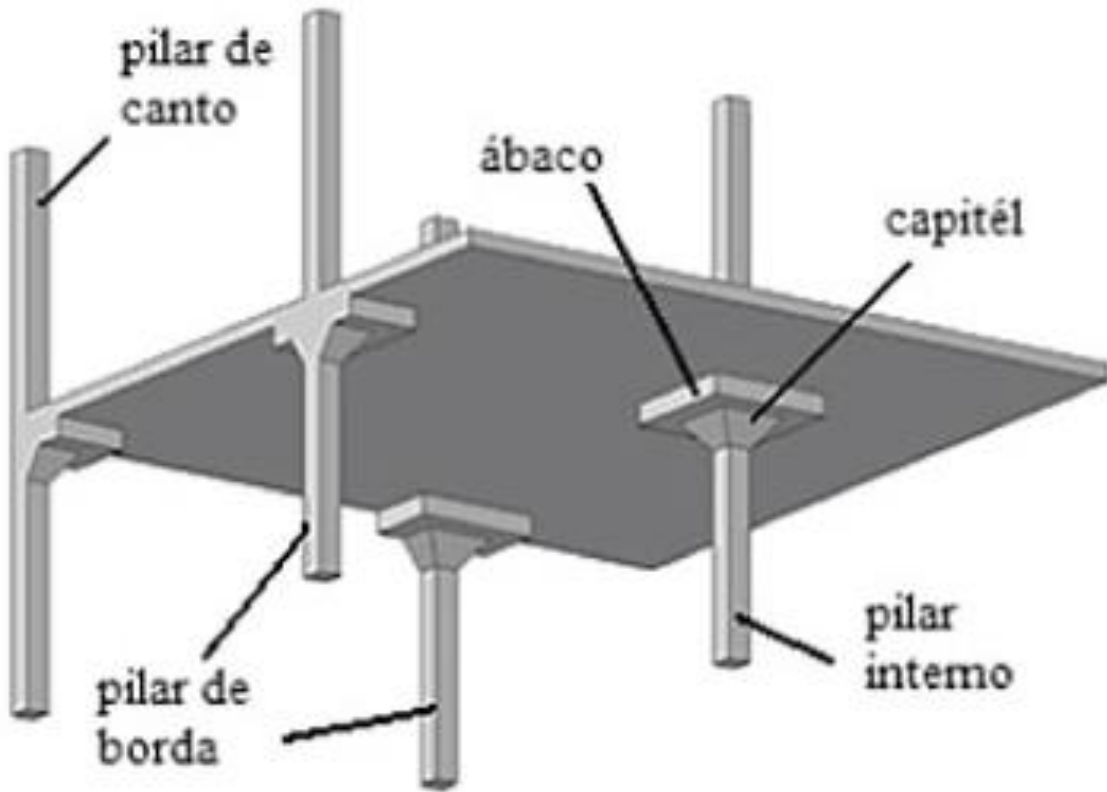
# Sistemas de lajes sem vigas

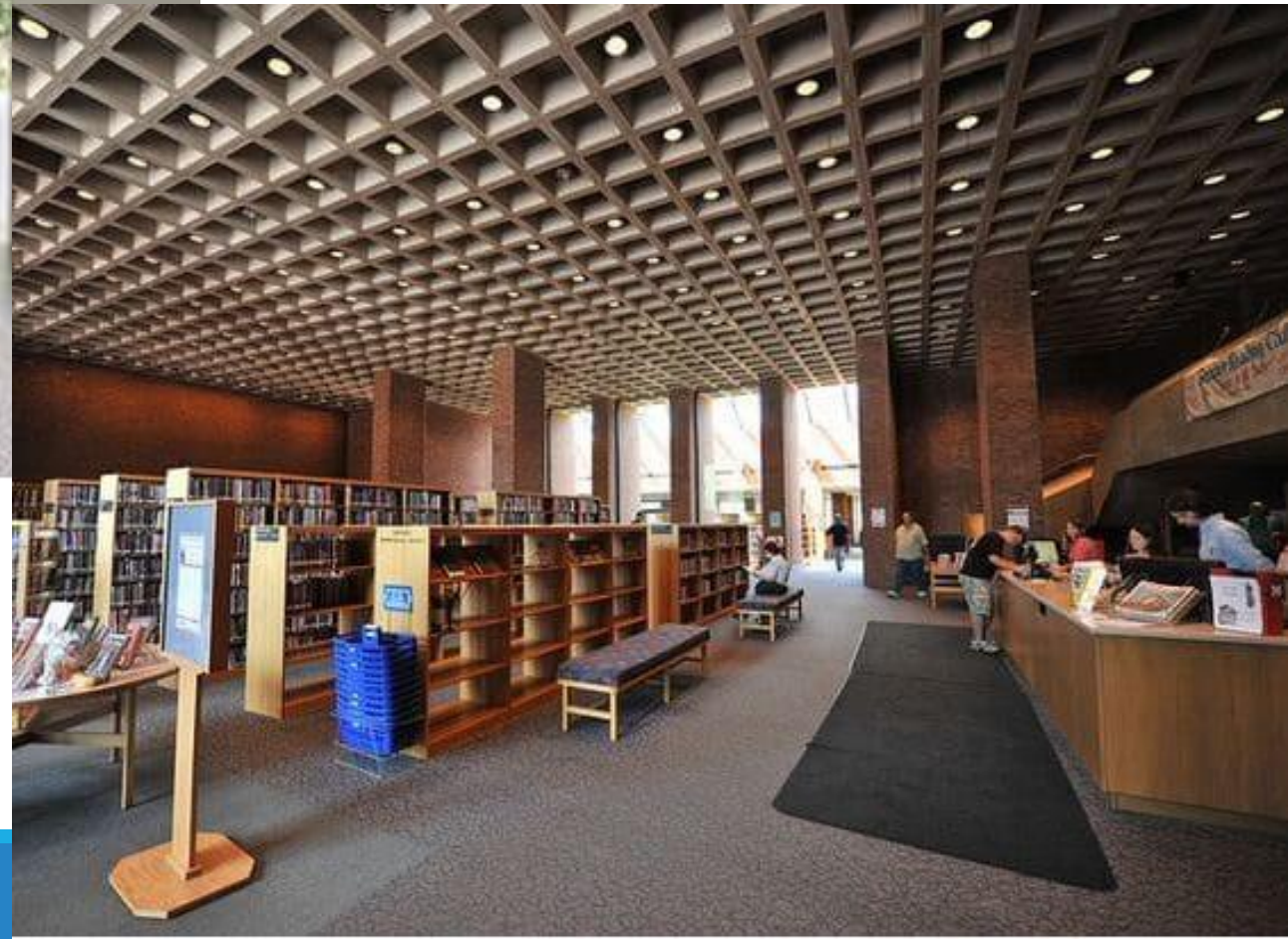
## LAJES COGUMELO COM ÁBACO



# Sistemas de lajes sem vigas

## LAJES LISA OU COGUMELO COM CAPITEL E ÁBACO





FONTE: <https://www.vivadecora.com.br/pro/arquitetura/laje-nervurada/>

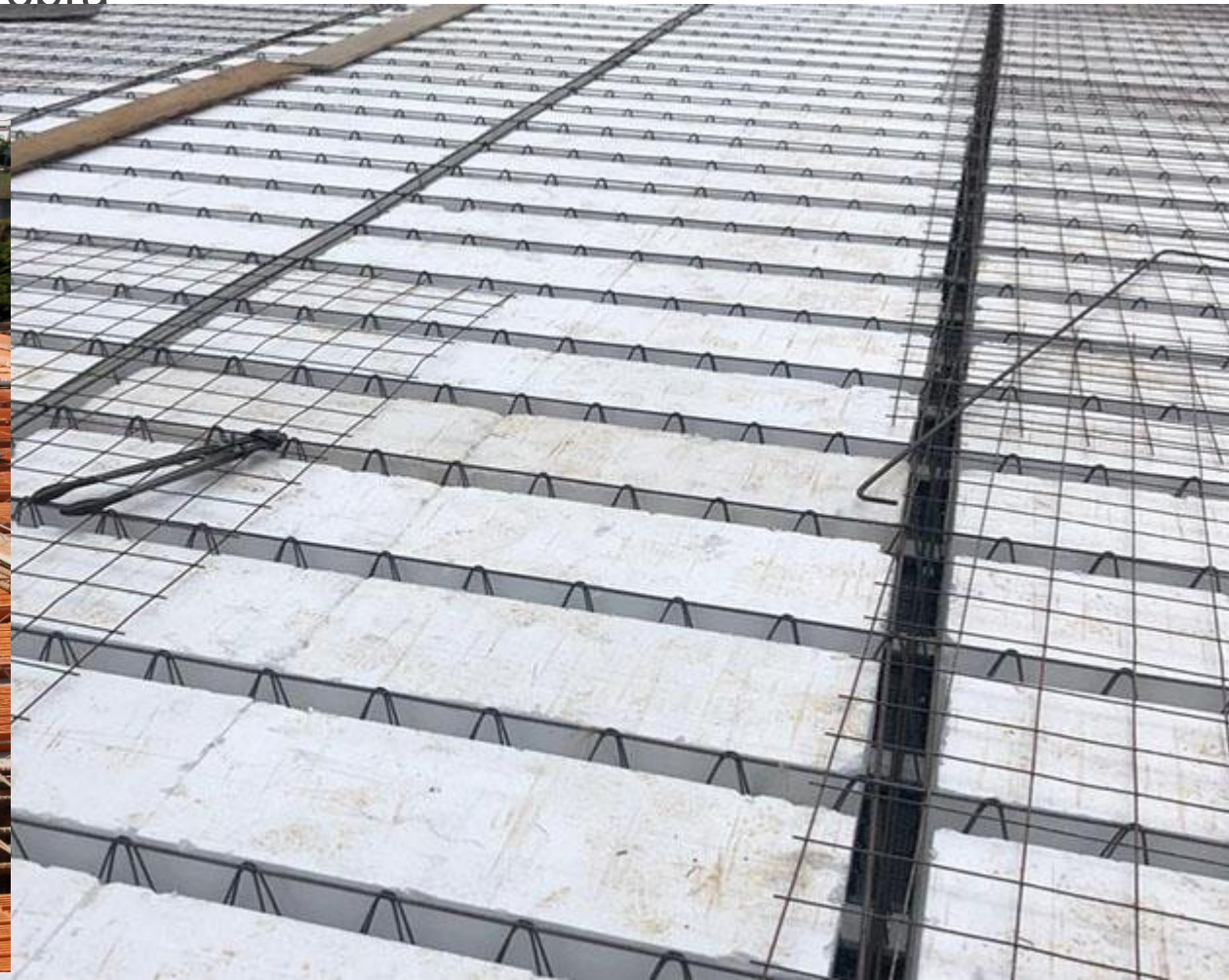


# Lajes pré-moldadas

---

lajes com estruturas prontas na estrutura da obra

Este modelo de produção pode util



# Lajes pré-fabricadas com poliestireno expandido(EPS)

---

## **Pontos positivos:**

Laje leve, de rápida montagem;

O EPS não absorve a água e por ser facilmente recortável, tem instalação de encanamento facilitada;

Bom desempenho térmico e acústico

Maior eficiência estrutural em comparação com as lajes pré-moldadas de cerâmica

## **Pontos negativos:**

Em algumas regiões, tem custo mais elevado;

Exige mais gastos adicionais com material de acabamento;

Exige reforço para instalação de estruturas na parte inferior da laje;

Possui limitações de vãos e cargas.



# Lajes pré-fabricadas de cerâmica

---

## **Pontos positivos:**

Vence vãos menores, apropriado para pequenos ambientes;

Baixo custo.

## **Pontos negativos:**

Material é frágil;

Inadequado para vencer vãos maiores.



# Pré-fabricada de painéis treliçados

---

Os painéis treliçados têm vigotas mais largas que os outros tipos

os painéis de concretos encostam uns nos outros

Na parte superior, a estrutura conta com vigotas treliçadas de metal que garantem maior resistência, e EPS como enchimento

Este conjunto é envolvido pelo concreto que finalizará a laje.

Com maior resistência estrutural, esse tipo de laje permite vencer vãos médios, mas é mais indicado para construções menores

Como a disposição inferior dos painéis é bem aceita por arquitetos, esse tipo de laje dispensa gastos com acabamento



# Pré-fabricada de painéis treliçados

## Pontos positivos:

Resistência superior aos outros modelos pré-fabricados;

Fácil transporte;

Dispensa acabamentos;

Menor uso de madeira no escoramento.

## Pontos negativos:

Mais caro que os outros modelos pré-fabricados;

Maior custo entre as opções pré-fabricadas

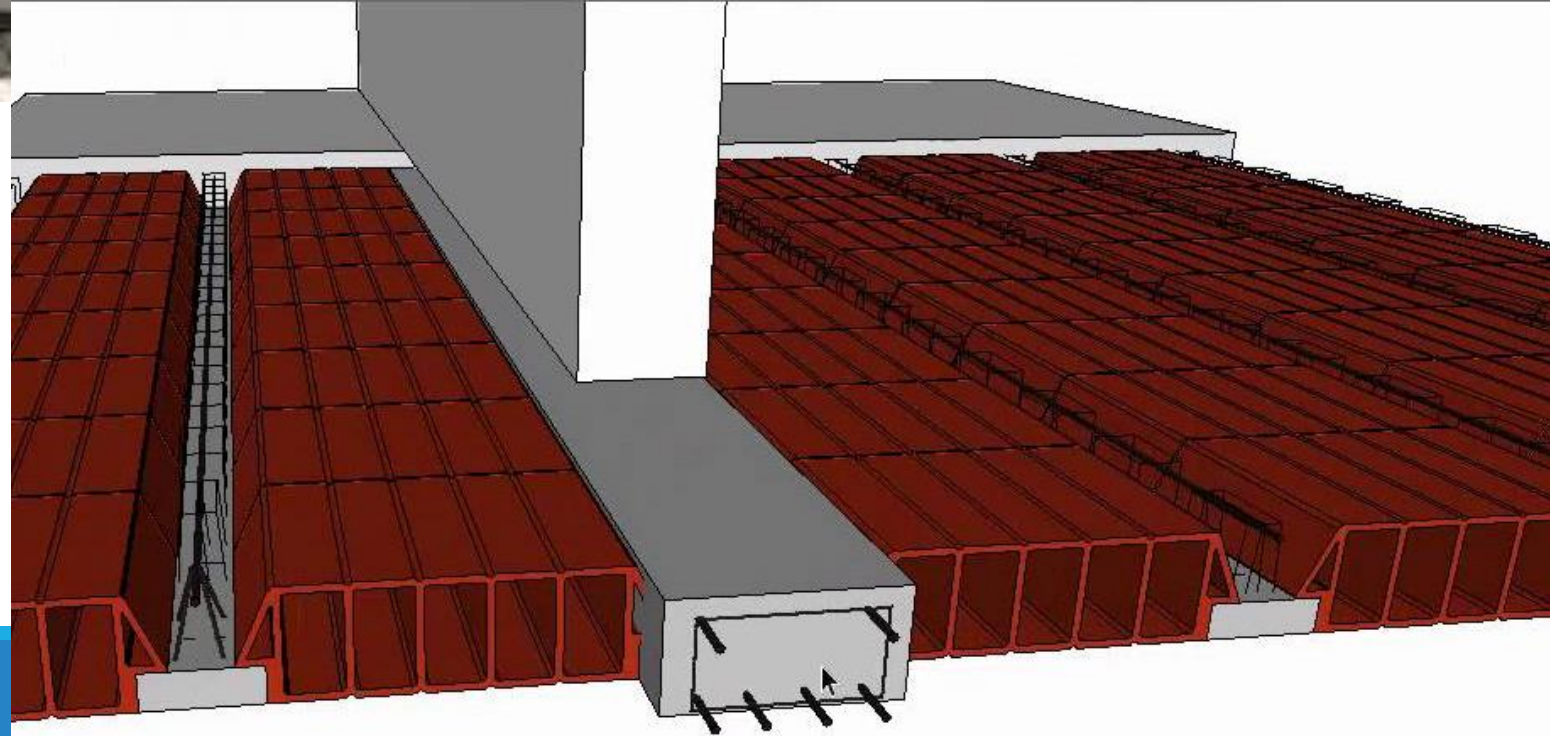


# Sistema de lajes com vigas

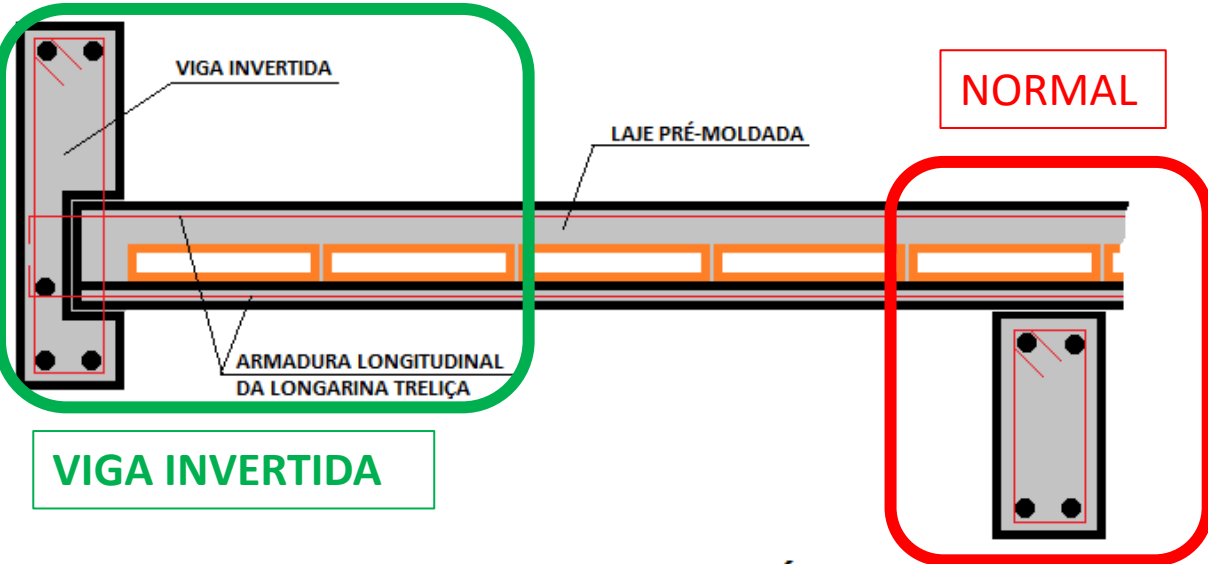
---

Para efeitos estéticos, podem ser usadas vigas invertidas ou vigas embutidas na laje, também chamadas de vigas chatas, cuja espessura é igual a da laje;

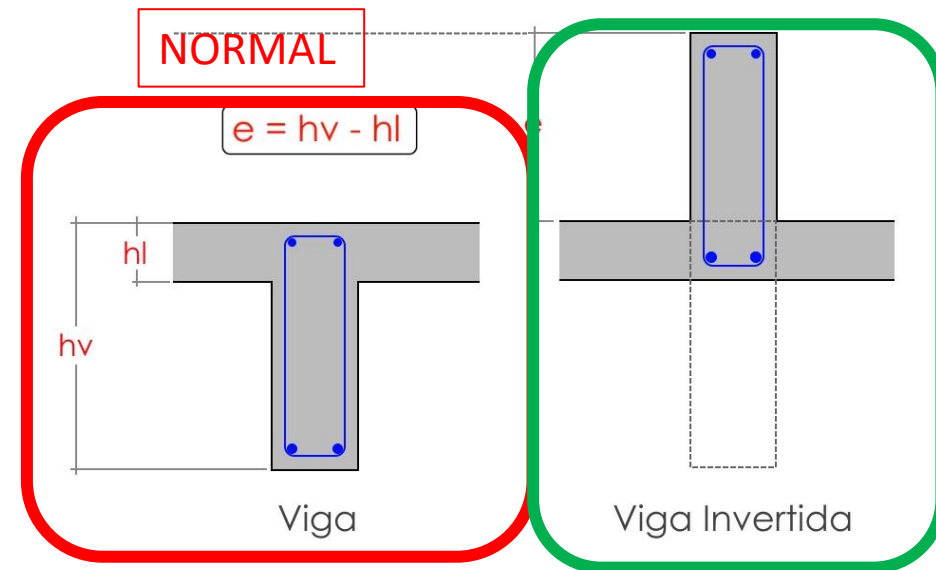
**LAJES COM VIGA CHATA**



# LAJES COM VIGA INVERTIDA



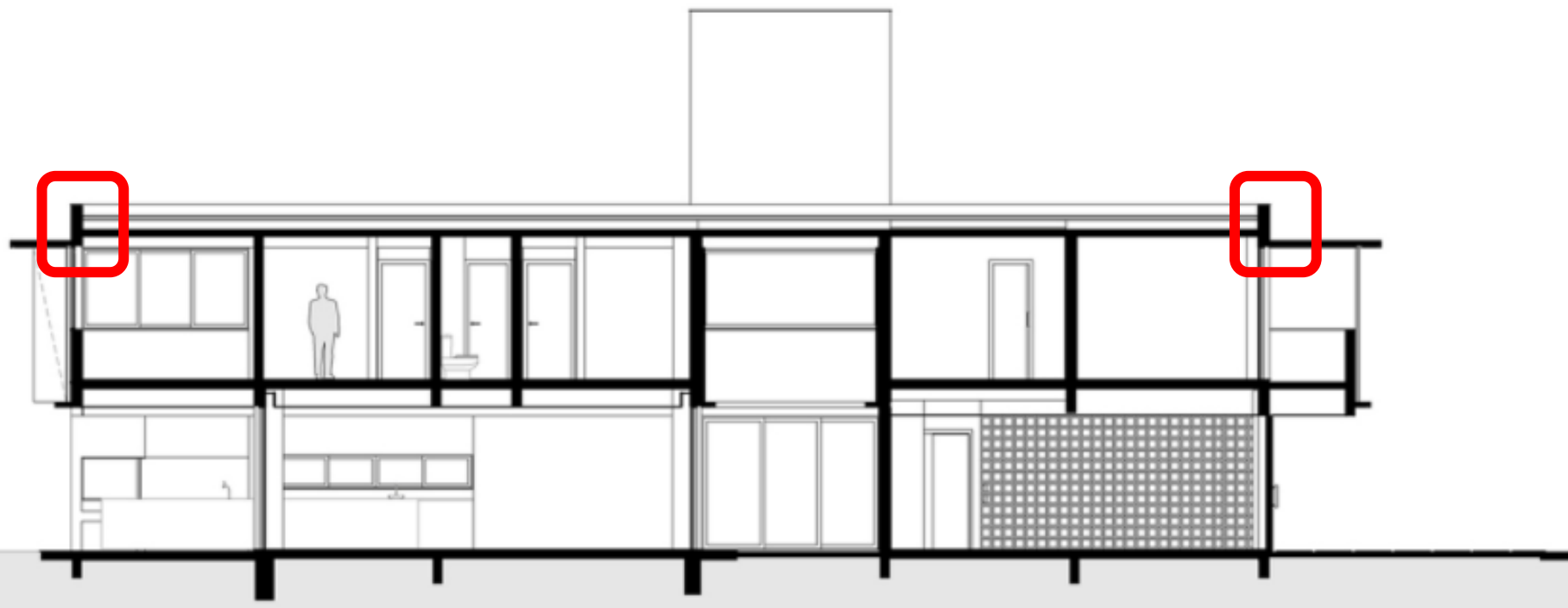
**VIGA INVERTIDA EM LAJE PRÉ-MOLDADA  
CORTE**



**VIGA INVERTIDA EM LAJES MACIÇAS  
CORTE**







# Como lançar/conceber/dimensionar uma estrutura?

---

Primordialmente, deve-se observar a disponibilidade de materiais, transporte e mão-de-obra na região →viés econômico

Lançamento da estrutura: indicação da posição de cada elemento estrutural

Pré-dimensionamento: determinação das dimensões iniciais dos elementos estruturais

Dimensionamento de fato: determinação da área de aço necessária e da armadura. Nessa fase, as vezes é necessário a mudança de dimensões de alguns elementos estruturais para que estes atendam a requisitos da NBR 6118/2014

# Por onde começar o lançamento da estrutura?

---

O lançamento da estrutura é a indicação **da posição de cada elemento estrutural**

Pelos pilares do pavimento-tipo, seguido pelos pavimentos abaixo (térreo, garagens, playground...) e acima (duplex, casa de máquinas, cobertura).

No pavimento tipo, lança-se os pilares de canto, depois os de extremidade e os diversos pilares internos

Em seguida, lança-se as vigas

E por fim, lajes

# Como lançar/conceber/dimensionar uma estrutura?

---

Primordialmente, deve-se observar a disponibilidade de materiais, transporte e mão-de-obra na região →viés econômico

alocação dos elementos estruturais:

Pilares → vigas →lajes

Pré-dimensionamento

Lajes → vigas →pilares

# Lançamento (posição) de pilares

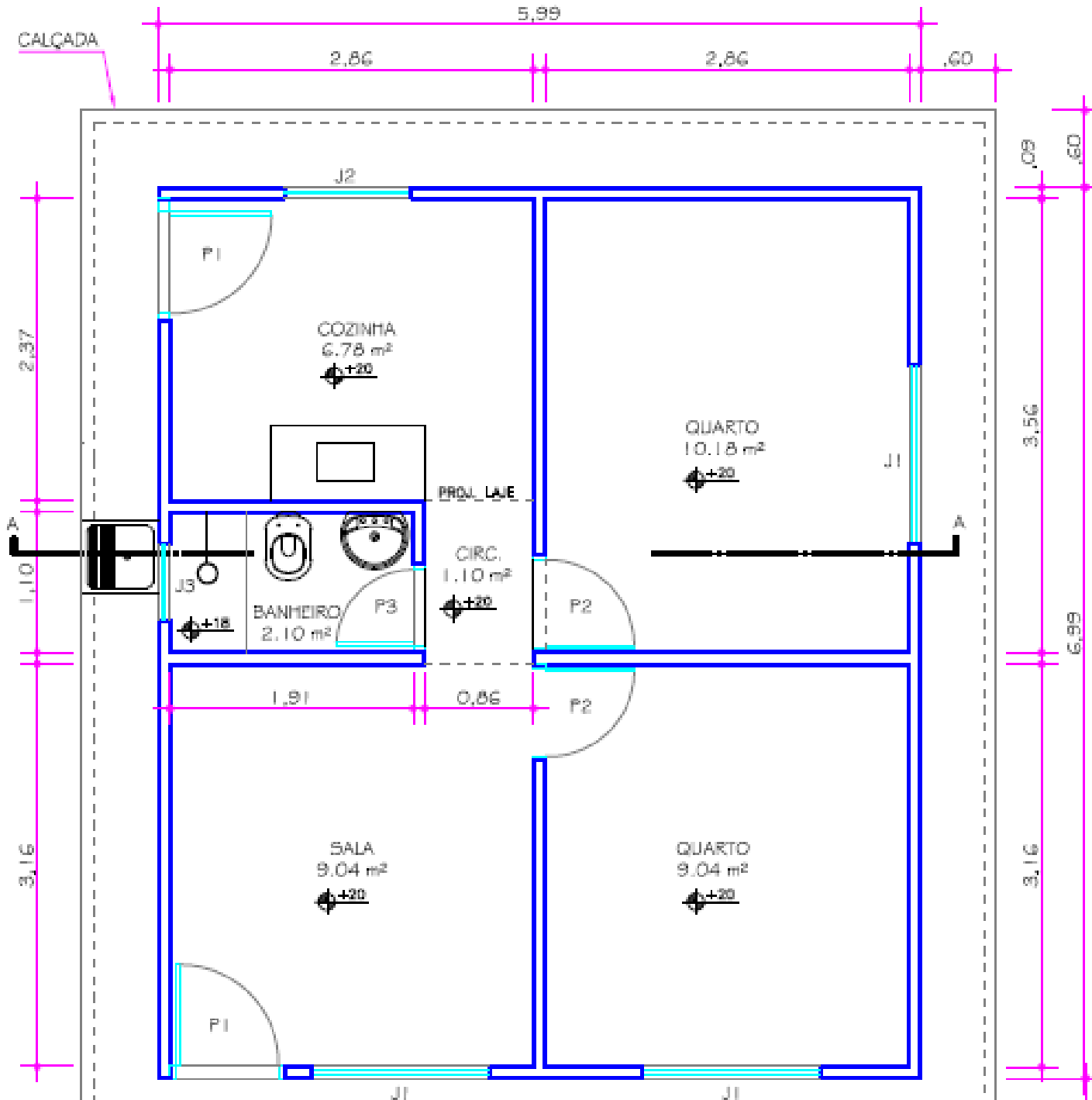
---

**Pilares de canto**

**Pilares internos  
comuns a todos  
os pavimentos  
(escadas e  
elevadores)**

**Os pilares de  
extremidade**

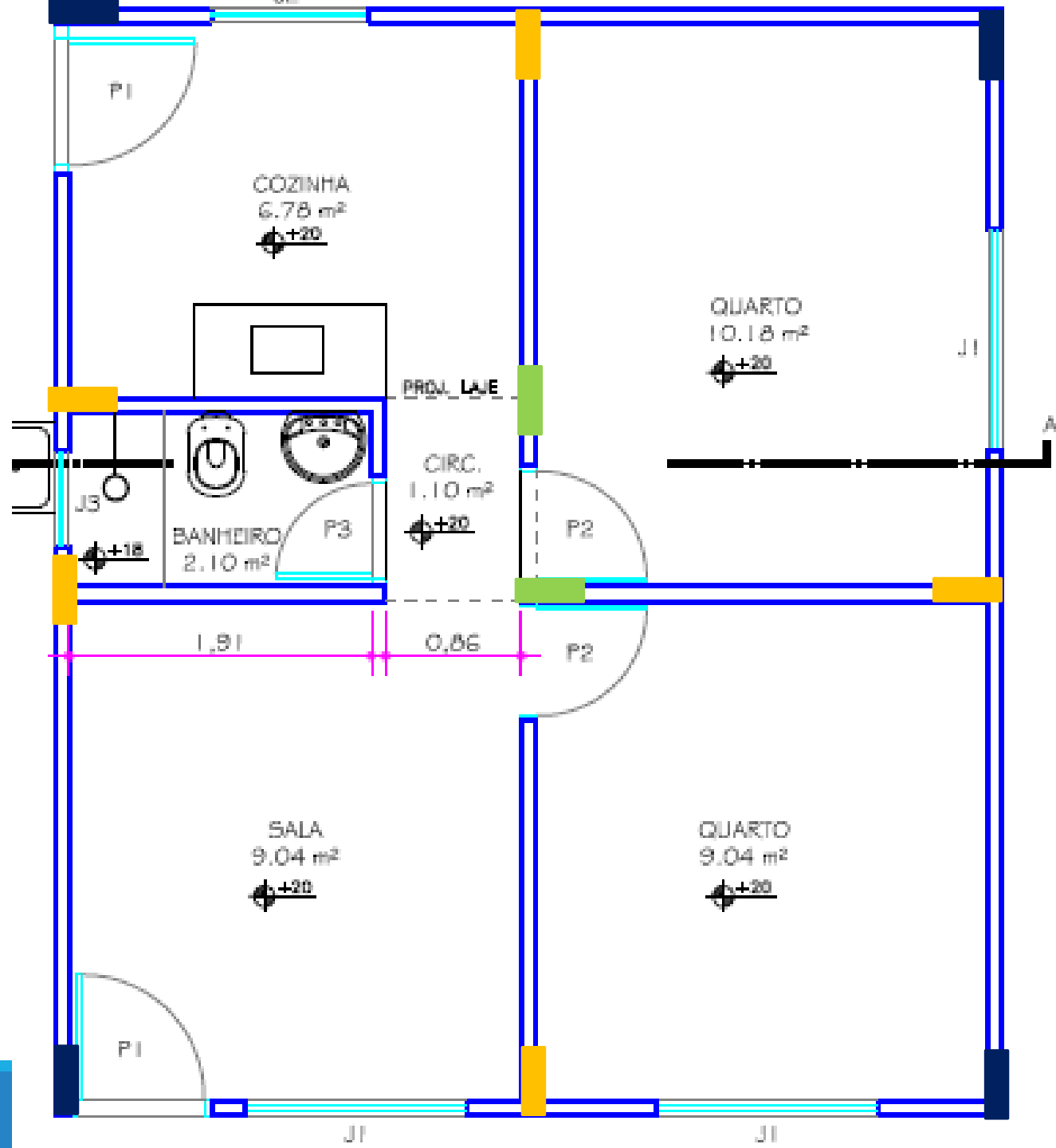
**Os pilares  
internos**



Pilares de canto

Pilares de extremidade

Pilares internos



# Recomendações pilares (posicionamento)

---

Normalmente, as dimensões dos pilares são maiores que a espessura das paredes não sendo possíveis embuti-las nelas

Deve-se evitar a formação de dentes de pilares em áreas sociais e comuns na arquitetura

A distância ideal entre pilares é de 4 a 6 m

**Distâncias maiores implicam em vigas de seções maiores e lajes espessas**

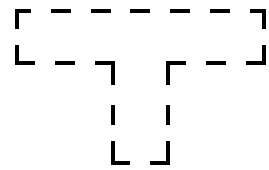
**Distâncias menores pode haver sobreposição de fundações**

**Verificar possíveis interferências com outros pavimentos**

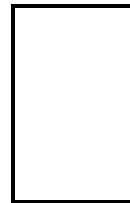
# Pilares: simbologia de projeto

---

Vista em planta baixa



Pilar nascendo



Pilar passando



Pilar morrendo

# Posição de vigas e lajes

---

Além de vigas que unem pilares, são necessários vigas intermediárias para evitar painéis de lajes muito grandes ou para receber a carga de uma parede divisória que se apoiaria na laje

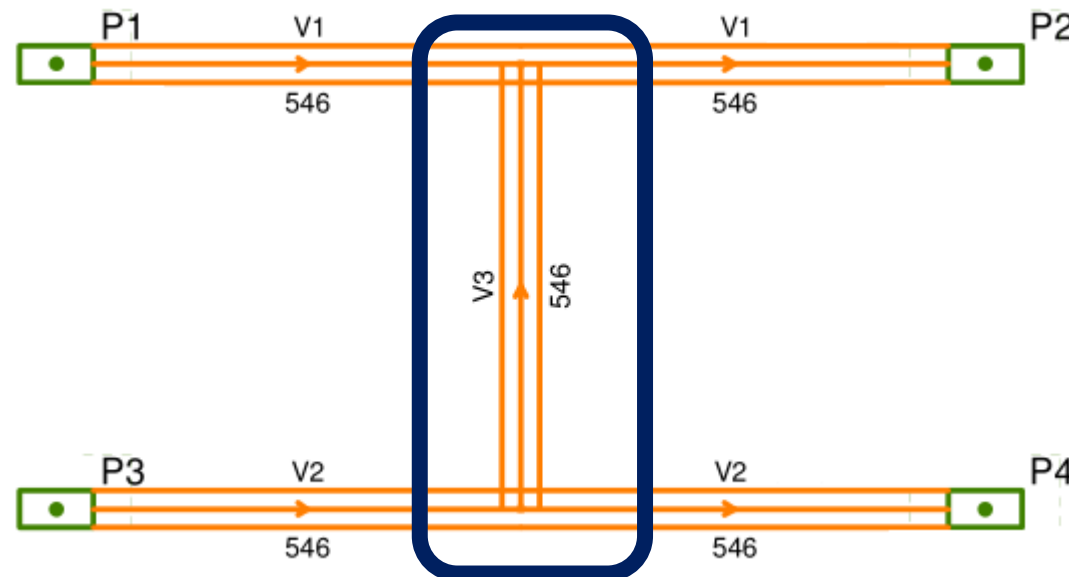
É comum utilizar vigas com largura das paredes e altura máxima condicionada a altura de aberturas (portas, janelas etc)

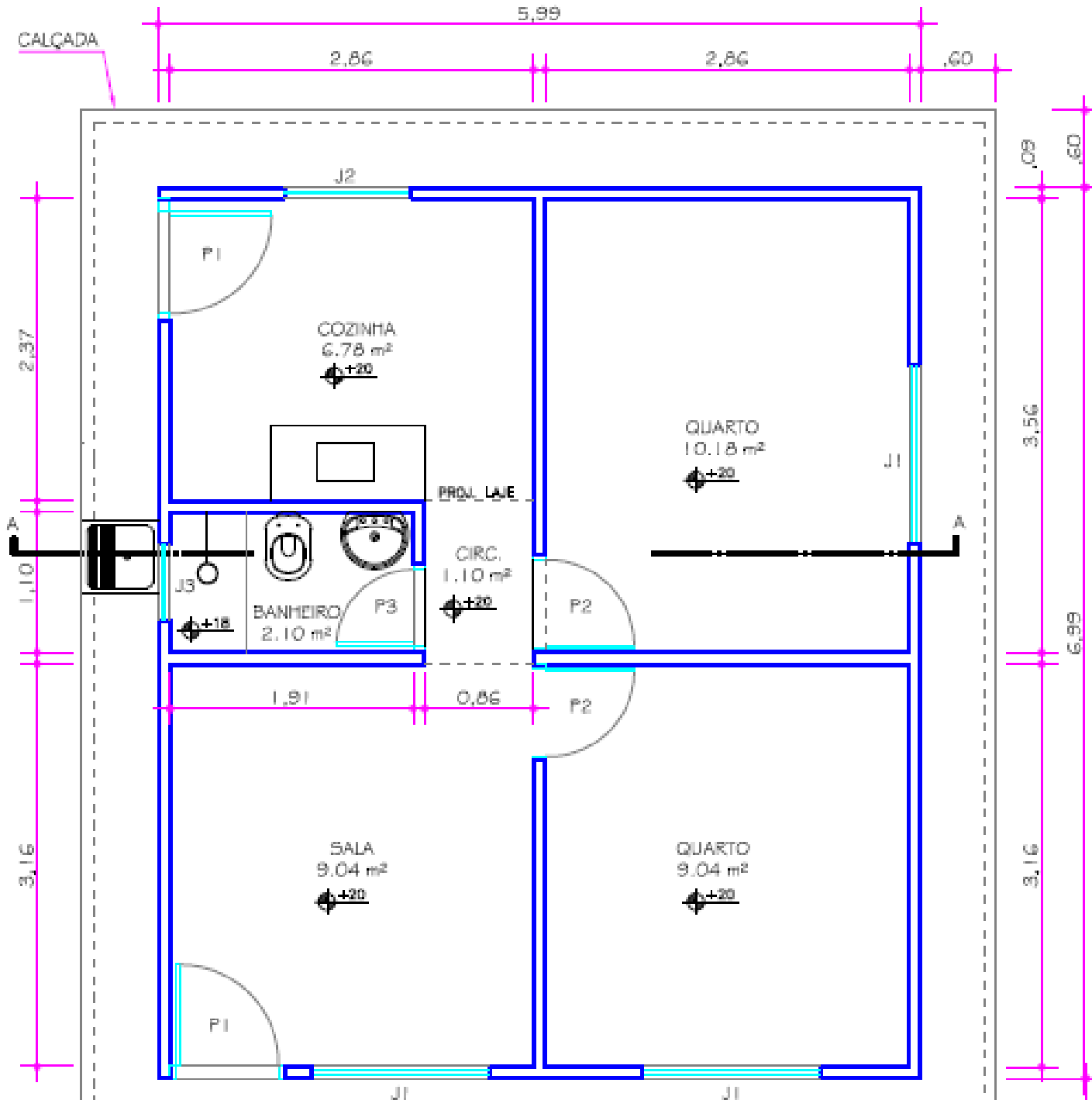
# Posição de vigas e lajes

As vigas devem ser arranjadas de modo que a menor dimensão da laje esteja entre 3 a 5 m

**No modelo estrutural, deve-se rotular as vigas que se apoiam em outra viga, afim de se evitar que a viga de apoio receba esforços de torção**

**Lajes, preferencialmente, deverão ter em planta baixa formas retangulares ou quadráticas**





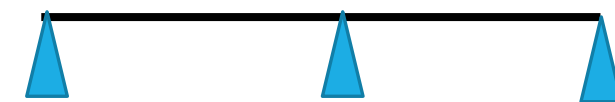
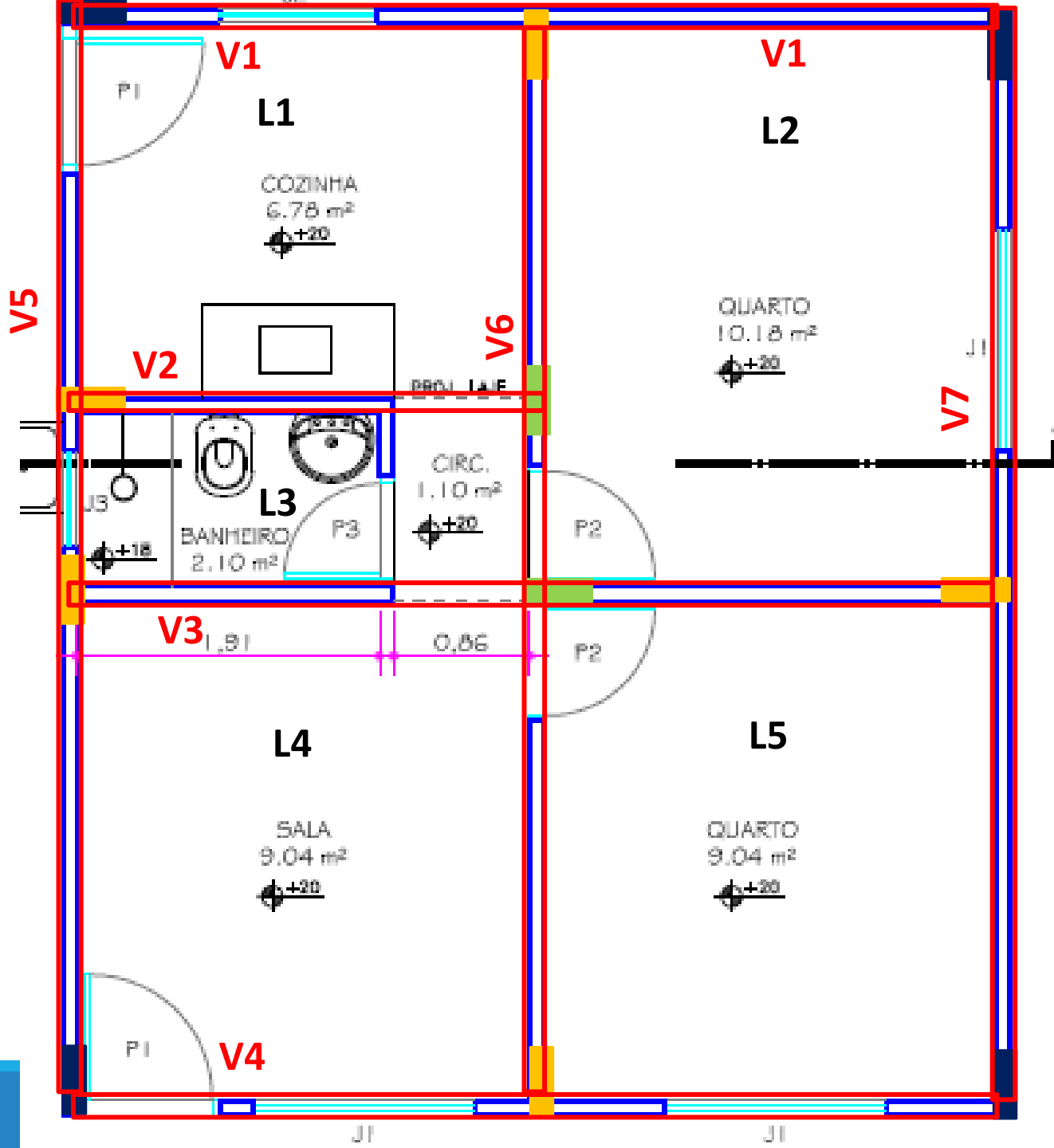
Pilares de canto

Pilares de extremidade

Pilares de extremidade

Vigas

Lajes



# PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

# Transmissão dos Esforços nas estruturas

---

Estrutura com vigas



Obs.: eventualmente, vigas menores descarregam em vigas maiores, nunca o contrário

Estrutura sem vigas



LAJES

# Valores mínimos de espessura de lajes

---

Pela NBR 6118:2014, a espessura mínima de lajes maciças deve ser:

- a) 7 cm para cobertura não em balanço
- b) 8 cm para lajes de piso e não balanço
- C) 10 cm para lajes em balanço
- D) 10 cm para lajes que suportem veículos de peso menor ou total a 30 kN
- E) 12 cm para lajes que suportem veículos de peso maior a 30 kN
- F) 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de  $l/42$  para lajes de piso biapoiadas e  $l/50$  para lajes de piso contínuas
- G) 16 cm para lajes lisas
- H) 14 cm para lajes-cogumelos fora do capitel

# Pré-dimensionamento de lajes

---

EM QUALQUER SITUAÇÃO altura da laje:

$$h_{laje} = d + \frac{\phi_{arm.long.}}{2} + c$$

$d$ : altura útil da laje

$\phi_{arm.long.}$ : diâmetro da armadura longitudinal em cm

$c$ : cobrimento de acordo com a classe de agressividade ambiental



# Pré-dimensionamento de lajes

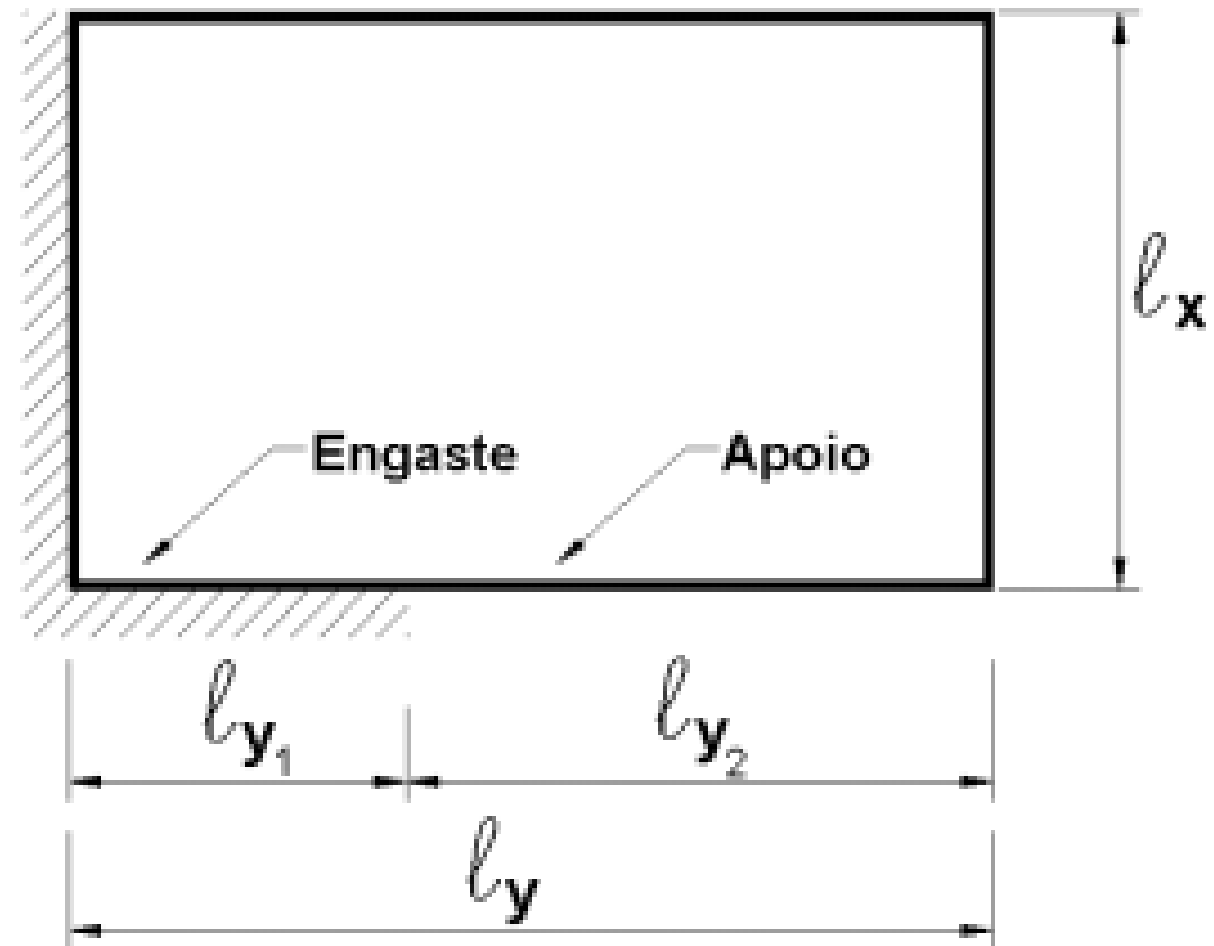
$$d \geq \frac{(2,5 - 0,1 * n) * l}{100}$$

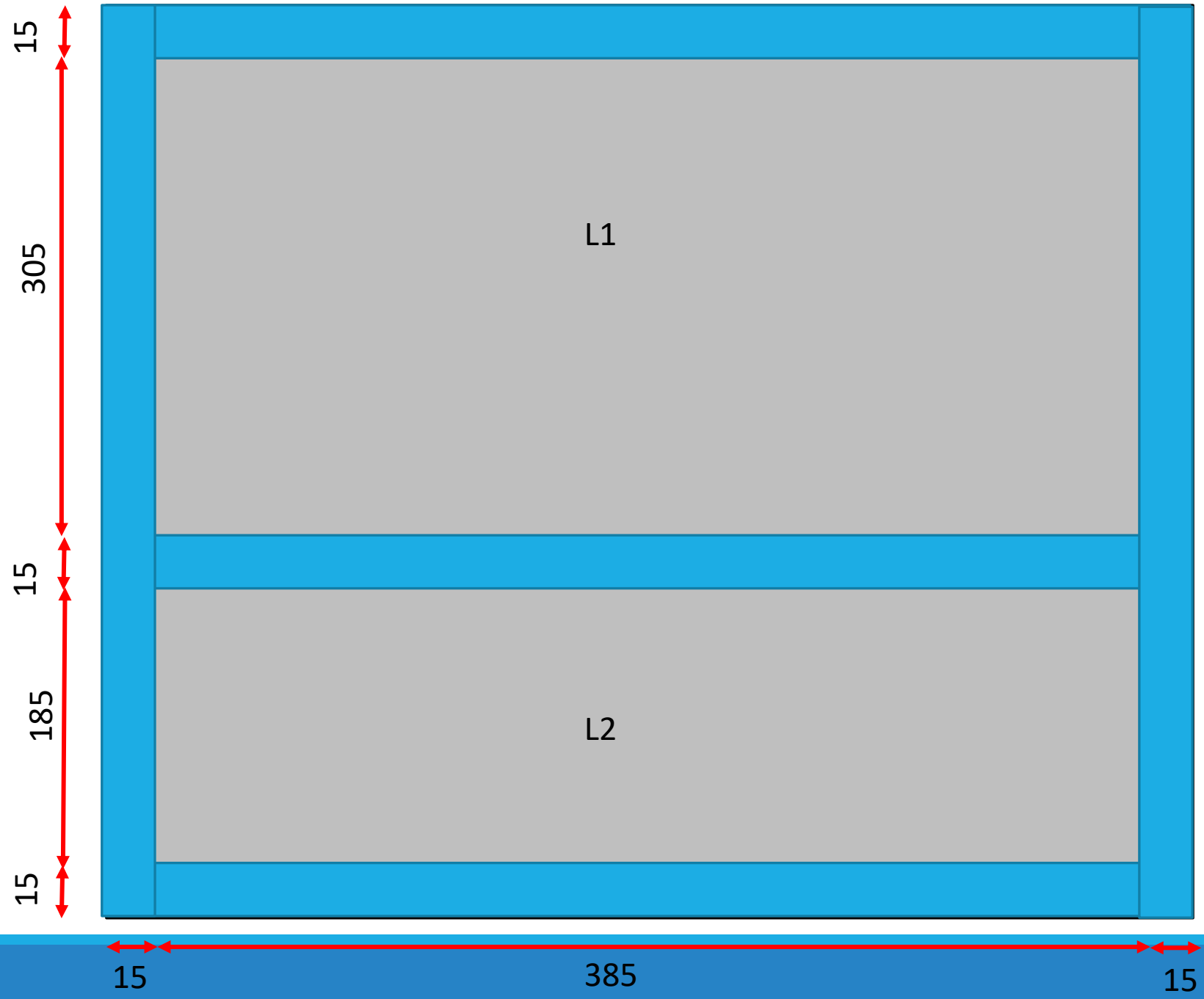
$d$ : altura útil da laje

$n$ : número de engastes

$l$ : menor valor entre:

$$l \begin{cases} l_x \\ 0,7 * l_y \end{cases}$$





# 1. Encontrar as dimensões da laje

---

-determinar a altura das lajes ( $h_{laje}$ )

**Laje 1**

$$l \begin{cases} l_x = 305 \\ 0,7 * l_y = 0,7 * 385 = 269,5 \end{cases}$$

$$d \geq \frac{(2,5 - 0,1 * n) * l}{100}$$

$$d \geq \frac{(2,5 - 0,1 * 1) * 269,5}{100}$$

$$d \geq 6,47 \text{ cm}$$



# 1. Encontrar as dimensões da laje

---

$$h_{laje} = d + \frac{\phi_{arm.long.}}{2} + c$$

$$\text{Adotar } \phi_{arm.long.} = 10 \text{ mm}$$

$$h_{laje} = 6,47 + \frac{1,0}{2} + 3$$

$$h_{laje} = 9,97 \text{ cm} \rightarrow \text{adotar } h_{laje} = 10 \text{ cm}$$

# 1. Encontrar as dimensões da laje

---

-determinar a altura das lajes ( $h_{laje}$ )

Laje 2

$$l \begin{cases} l_x = 185 \text{ cm} \\ 0,7 * l_y = 0,7 * 385 = 269,5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$d \geq \frac{(2,5 - 0,1 * n) * l}{100}$$

$$d \geq \frac{(2,5 - 0,1 * 1) * 185}{100}$$

$$d \geq 4,44 \text{ cm}$$



---

$$h_{lajje} = d + \frac{\phi_{arm.long.}}{2} + c$$

$$\text{Adotar } \phi_{arm.long.} = 10 \text{ mm}$$

$$h_{lajje} = 4,44 + \frac{1,0}{2} + 3$$

$$h_{lajje} = 7,94 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ cm}$$

# Pré-dimensionamento

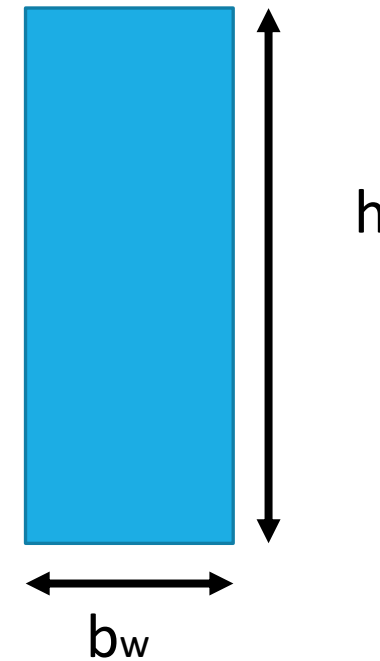
---

## VIGAS

Vigas biapoiadas:  $h = 10\%$  do vão

Vigas em balanço:  $h = 20\%$  do vão

Para qualquer caso,  $b_w \geq (1/4) h$  ou  $b \geq 12\text{cm}$  ou  $b \geq 15\text{cm}$



## EXEMPLO

Pre dimensione a viga V2

## RESOLUÇÃO

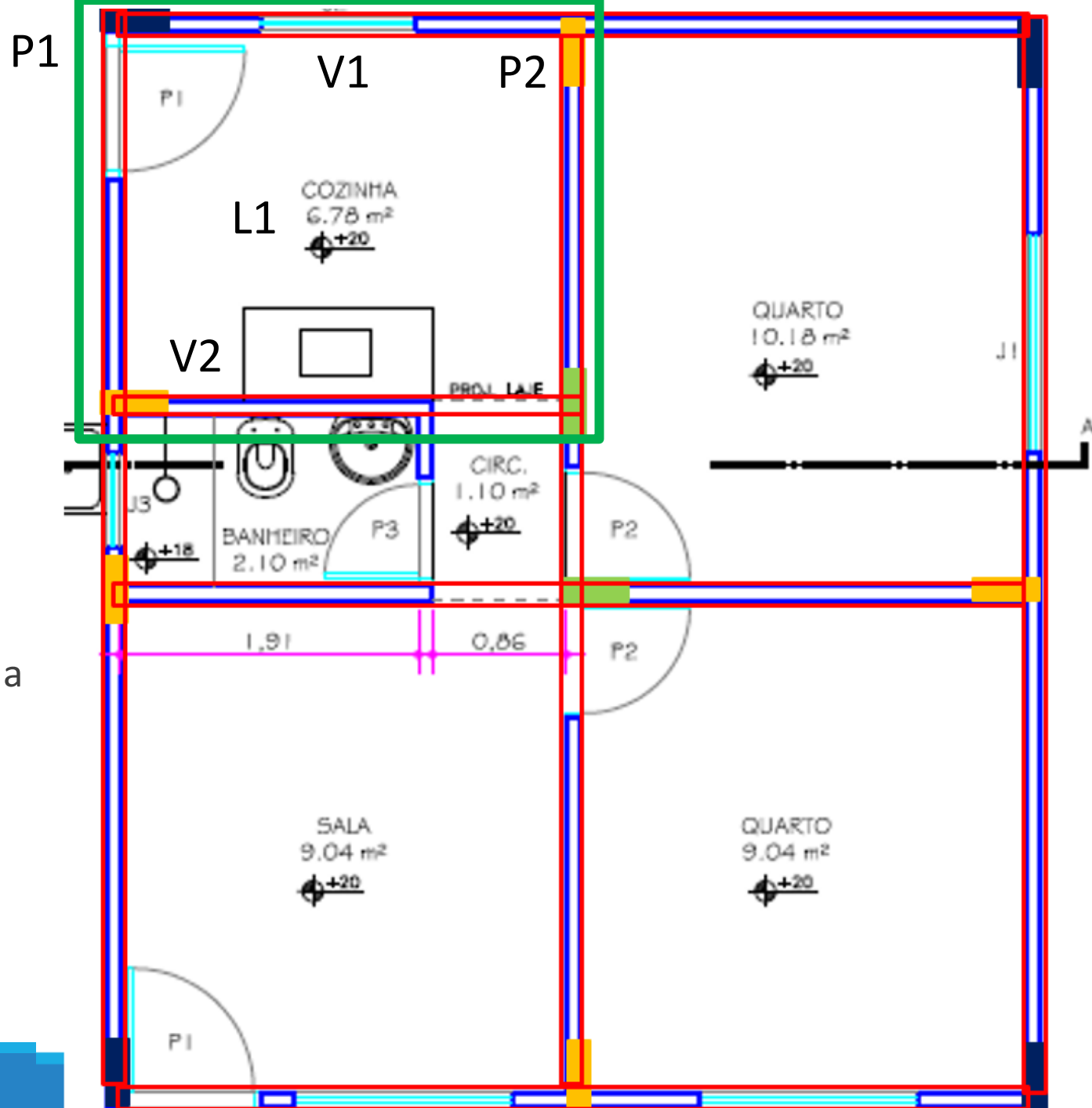
A viga V2 tem vão de 286 cm e está biapoiada

$$\rightarrow h = 0,1 * 286$$

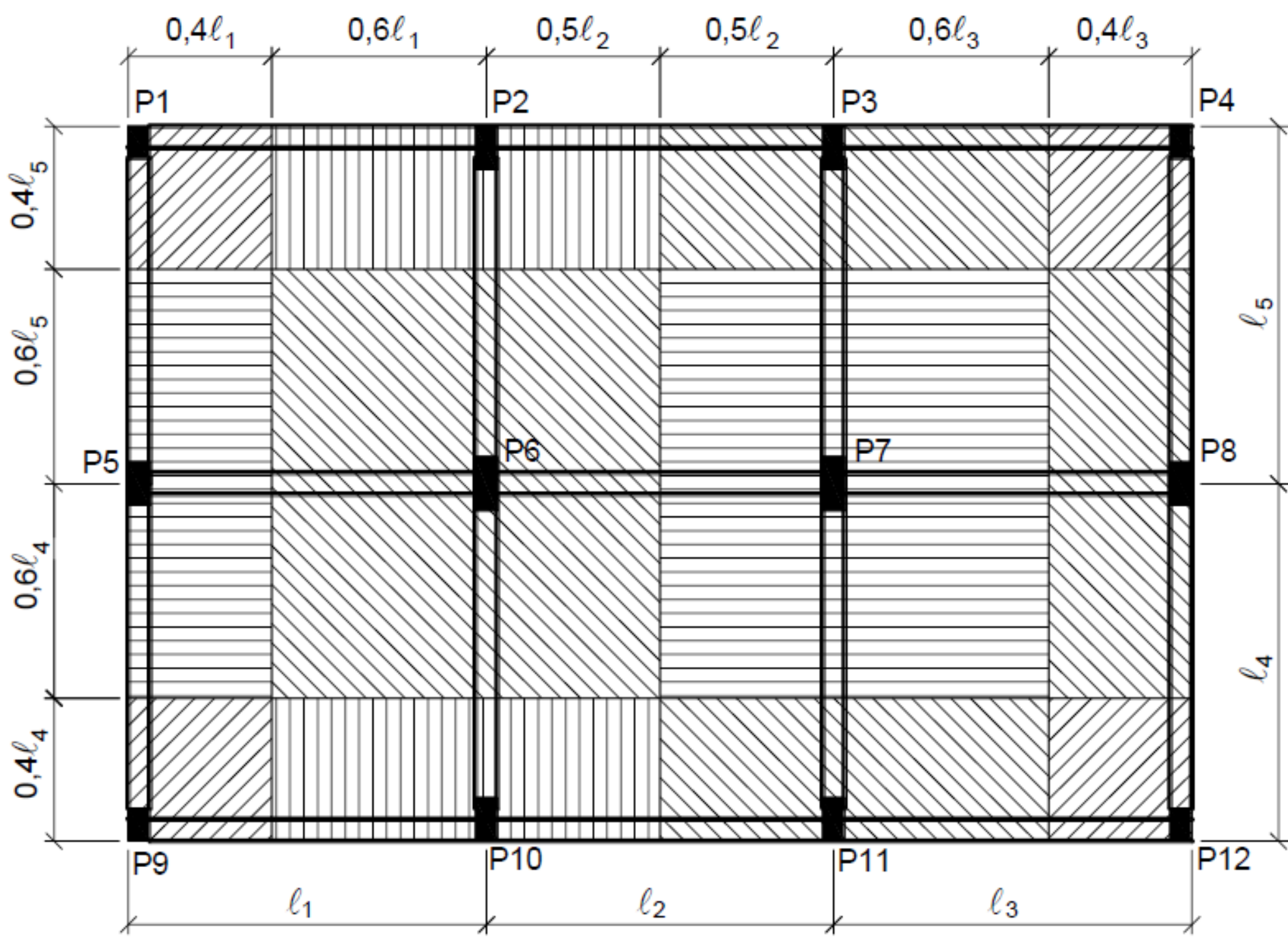
$$h = 28,6 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

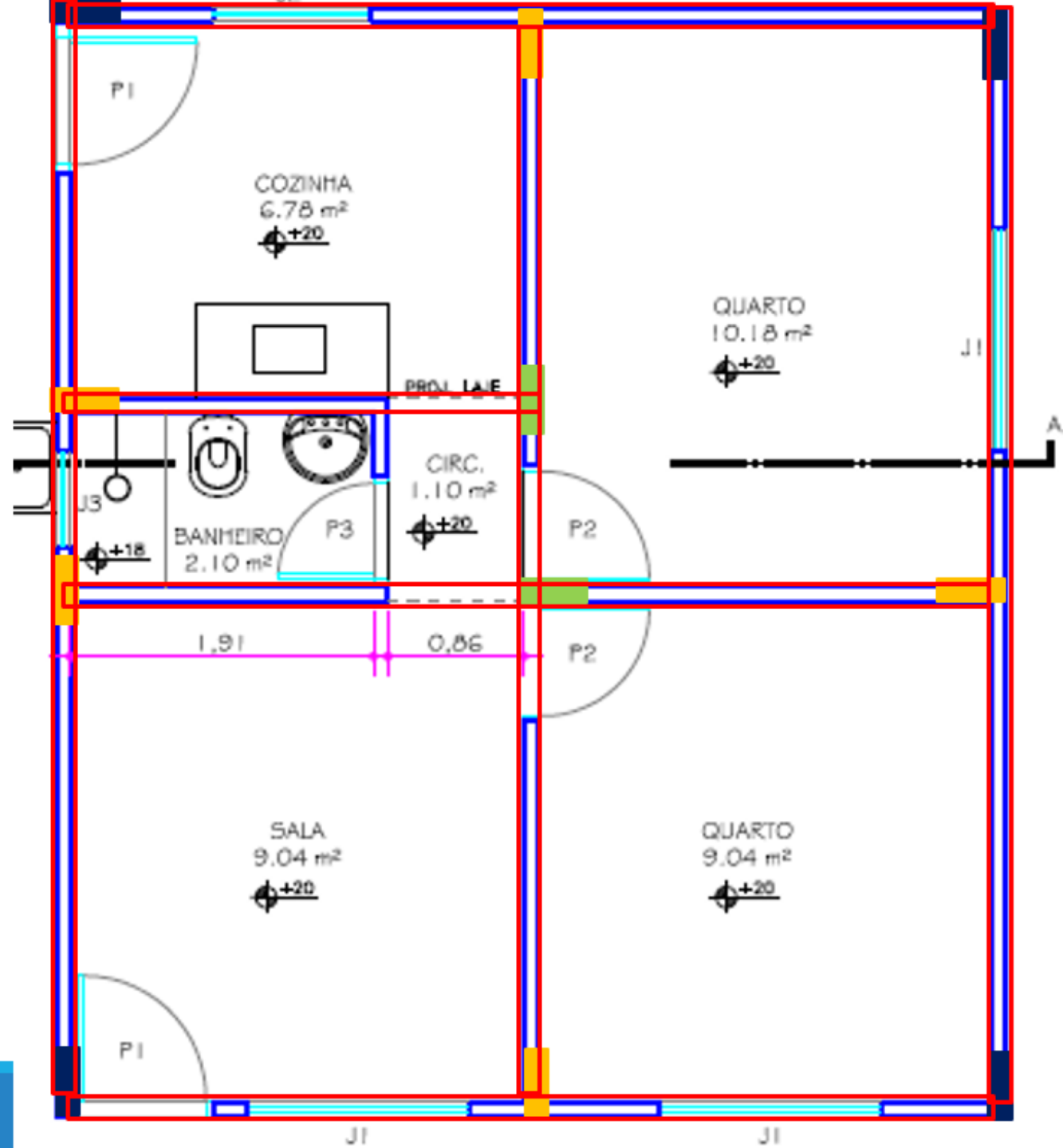
Para bw será adotada a espessura da parede

$$bw = 15 \text{ cm}$$



Estimativa da carga sobre cada pilar





# Pré-dimensionamento de pilares

---

São pré-dimensionados a partir das áreas de contribuição das lajes em torno, aplicando-se fatores de segurança e utilizando o  $f_{ck}$  do concreto

$$\sigma = \frac{F}{A_{pilar}}$$

**Pilares intermediários**

$$A_{pilar} = \frac{N_{sd}}{0,4 + 0,5 * f_{ck}}$$

**Pilares de extremidade e de canto**

$$A_{pilar} = \frac{1,5 * N_{sd}}{0,4 + 0,5 * f_{ck}}$$

# Pré-dimensionamento de pilares

---

$$N_{sd} = \gamma * \gamma_n * N_k$$

**Valores do coeficiente adicional  $\gamma_n$  para pilares e pilares-parede**

<b><math>b</math> cm</b>	$\geq 19$	18	17	16	15	14
$\gamma_n$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

onde

$$\gamma_n = 1,95 - 0,05 b;$$

$b$  é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente  $\gamma_n$  deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.

# Pré-dimensionamento

---

## **PILARES**

Menor dimensão:  $(1/10)h$  do pilar ou 14 cm

Menor área de seção transversal =  $360 \text{ cm}^2$

Diâmetro mínimo para pilares circulares = 25 cm

Pilar cantoneira:  $B \geq 12 \text{ cm}$  e  $L \leq 15 B$  (L é a soma dos comprimentos das duas abas)

Pilar parede:  $B \geq 12 \text{ cm}$  e  $L \leq 60 \text{ cm}$

# EXEMPLO

Pré-dimensione o pilar P2 que está sujeito a uma carga de projeto de 500 kN, considerando CAA II

# RESOLUÇÃO

Classe de **Agressividade Ambiental II**

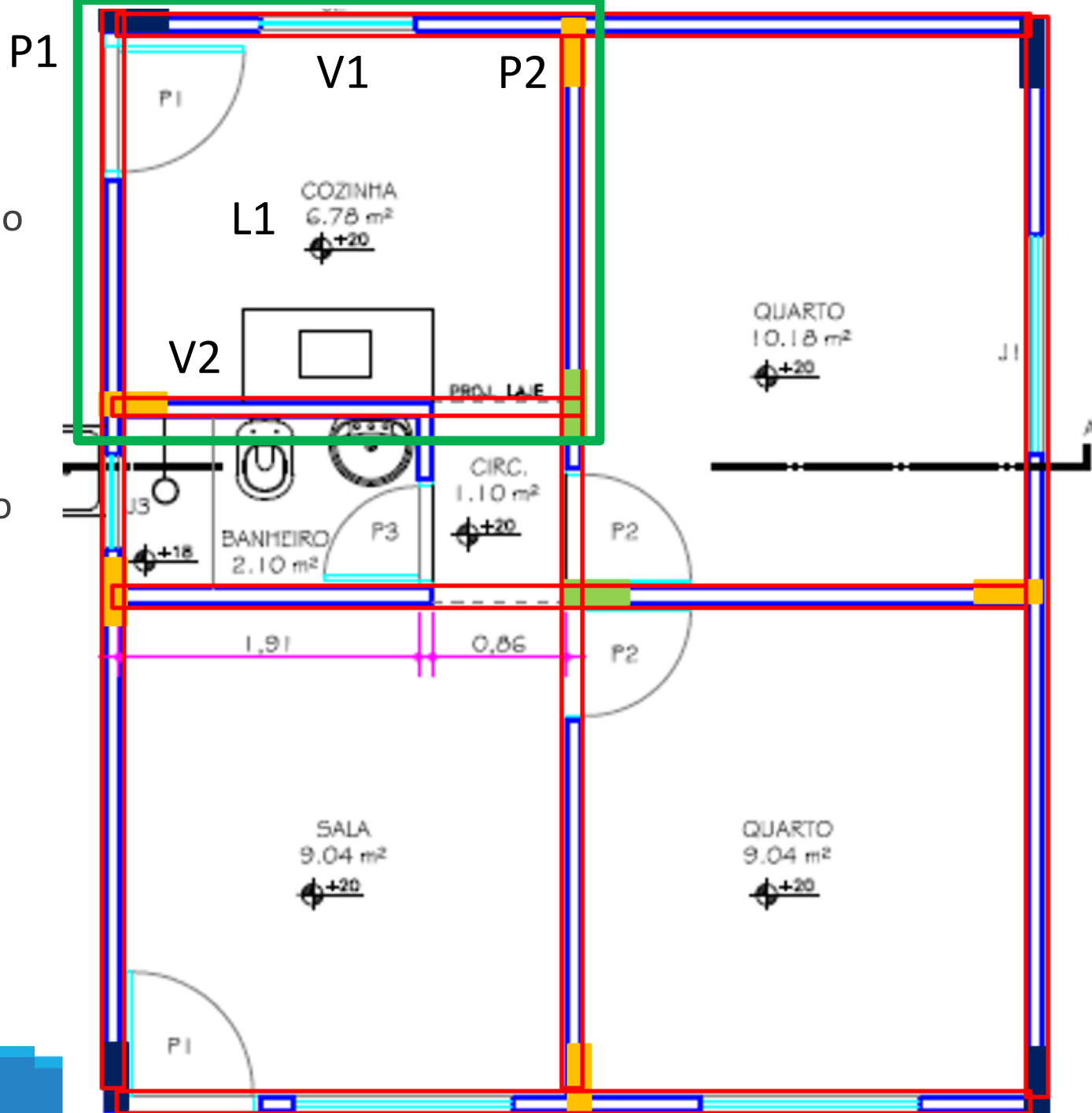
Pela NBR 6118:2014, para CAA II → o concreto deve ter  $f_{ck}$  mínimo de 25 MPa

O pilar P2 é de extremidade

$$A_{pilar} = \frac{1,5 * N_{sd}}{0,4 + 0,5 * f_{ck}}$$

$$A_{pilar} = \frac{1,5 * 500}{0,4 + 0,5 * \left(\frac{25}{10}\right)}$$

$$A_{pilar} = 454,55 \text{ cm}^2$$



# RESOLUÇÃO

$$A_{\text{ pilar }} = 454,55 \text{ cm}^2$$

Adotar menor dimensão do pilar igual a espessura da parede, que é de 15 cm

$$A_{\text{ pilar }} = b * h$$

$$\rightarrow \frac{A_{\text{ pilar }}}{b} = h$$

$$h = \frac{454,55}{15}$$

$$h = 30,31 \text{ cm}$$

Adotar  $h=35 \text{ cm}$

Seção de P2: 15 x 35 cm

