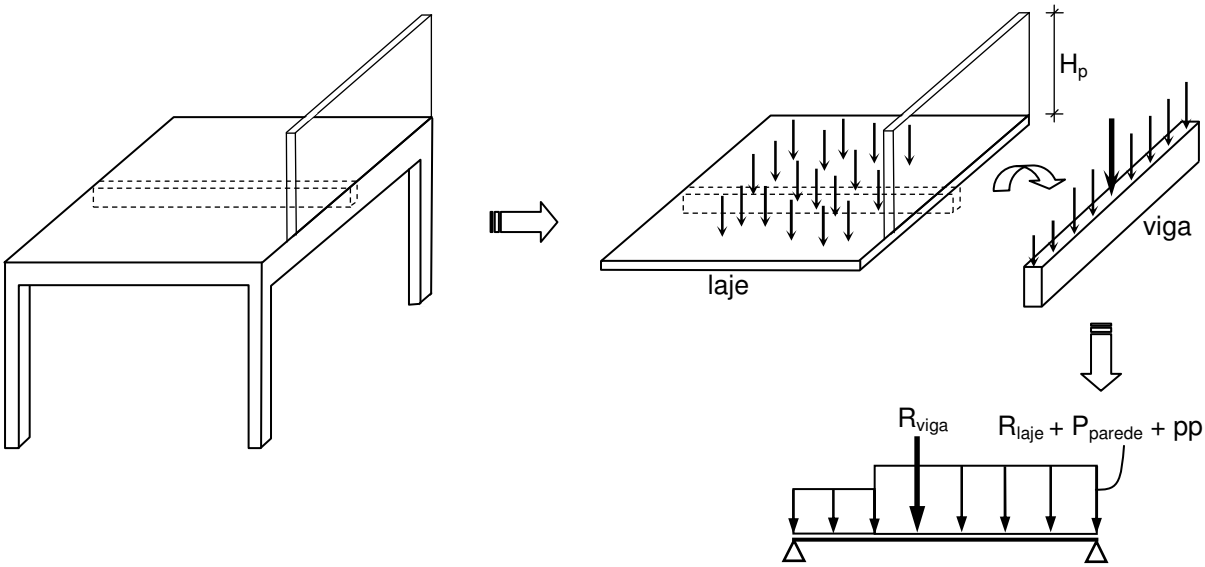
8 Vigas de edifícios

Em estruturas de edifícios as vigas têm a finalidade de servir de apoio para as lajes, suportar as paredes ou ações de outras vigas, absorvendo estas cargas e distribuindo-as aos pilares. Além disso, as vigas podem formar pórticos rígidos juntamente com os pilares, garantindo a segurança pela ação do vento, assegurando a estabilidade global.

As vigas em concreto armado podem ter várias formas: seção cheia (I,T), seção caixão, seção com aberturas, seção variável etc. Nos edifícios comuns, a seção retangular é praticamente a única utilizada.

8.1 Carregamento de uma viga

Na composição do carregamento das vigas, devem ser consideradas, além do peso próprio, as cargas devido às reações de apoio das lajes, as ações permanentes de alvenarias que nelas se apóiam e em alguns casos, quando ocorrer viga apoiada em viga, uma ação concentrada.



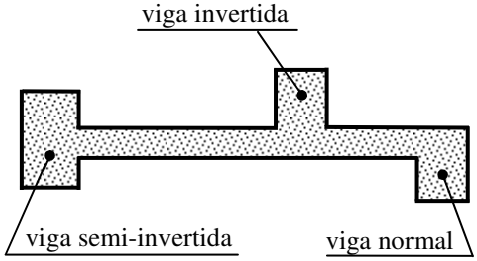
Carregamento das vigas = peso próprio (pp) **+** reações de apoio das lajes (R_{lajes}) **+** peso de alvenarias ($P_{paredes}$) **+** ação concentrada de viga apoiada em viga (R_{vigas})

$P_{parede} = \gamma_a \times H_p$

$pp = \gamma_{CA} \times b_w \times h$

8.2 Geometria da viga

Conforme mostra a figura, uma viga pode ter diferentes níveis em relação à laje à qual serve de apoio. Em qualquer caso, o comportamento do ponto de vista estrutural é similar. Apenas as armaduras deverão ser dispostas de maneira adequada.

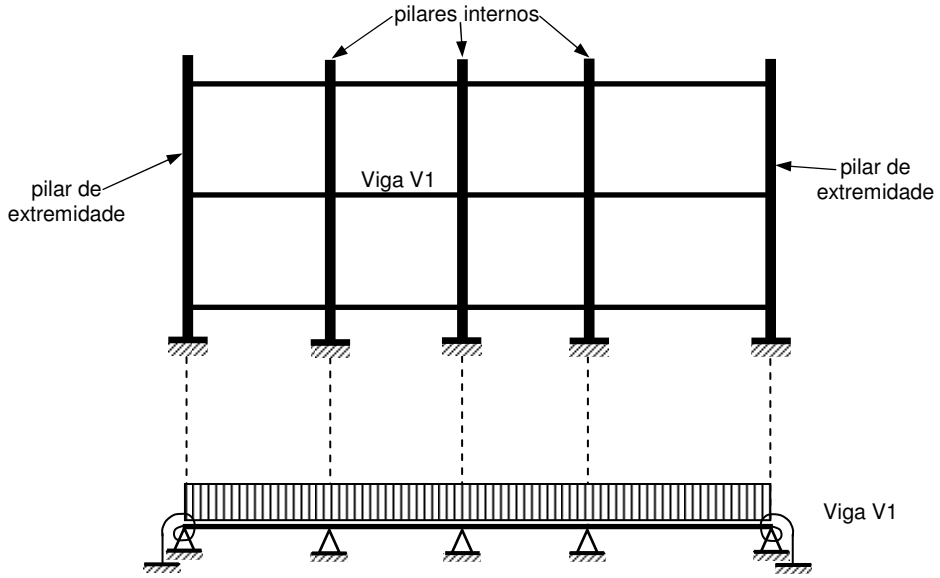


Como valor aproximado, pode-se tomar o vão da viga como sendo a distância entre os centros dos apoios.

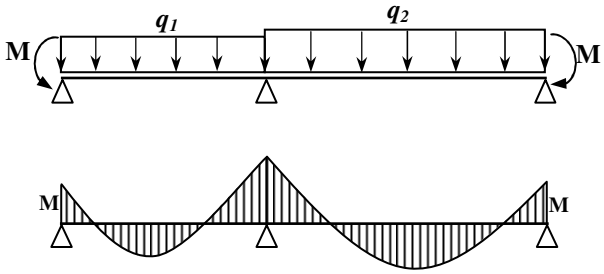
8.3 Esforços solicitantes

Os esforços atuantes nas vigas são o momento fletor, a força cortante, e em alguns casos, o momento torçor. As vigas são concretadas monoliticamente com os pilares, constituindo um quadro hiperestático. Assim, o cálculo dos esforços nas vigas deve considerar um modelo de pórtico formado pelas vigas e pilares. No entanto, a NBR 6118:2003 permite utilizar um modelo simplificado, onde se considera as vigas como contínuas, simplesmente apoiadas nos pilares internos e engastadas elasticamente apenas nos pilares de extremidade, conforme mostra a figura a seguir.

Os esforços nas vigas podem ser determinados por vários métodos, dentre os quais destacam-se o Processo de Cross e o Método dos Deslocamentos.



Assim, pode-se ter por exemplo, um diagrama de momento fletor conforme mostrado na figura a seguir.



• Armadura longitudinal

Nos casos em que a altura da viga é limitada (por razões estéticas por exemplo), pode-se adotar armaduras duplas, conforme explicado na Seção 5.3.

A área de armadura longitudinal não deve ser inferior à mínima, que vale $A_{s\ mín} = 0{,}0015.b_w.h$ (para f_{ck} = 20 MPa e 25 MPa). A área de armadura máxima é $A_{s\ máx} = 0{,}04.b_w.h$.

• Armadura transversal

Considerando que o cisalhamento é resistido apenas por estribos verticais, constantes ao longo do vão, o cálculo da armadura transversal é feito conforme indicado na Seção 6.3.

• Ancoragem

- barras retas tracionadas: o comprimento de ancoragem depende da resistência do concreto e das características do aço, conforme descrito na Seção 4.9;

- ancoragem no apoio de barras tracionadas: conforme figura.

8.4 Detalhamento das armaduras longitudinais

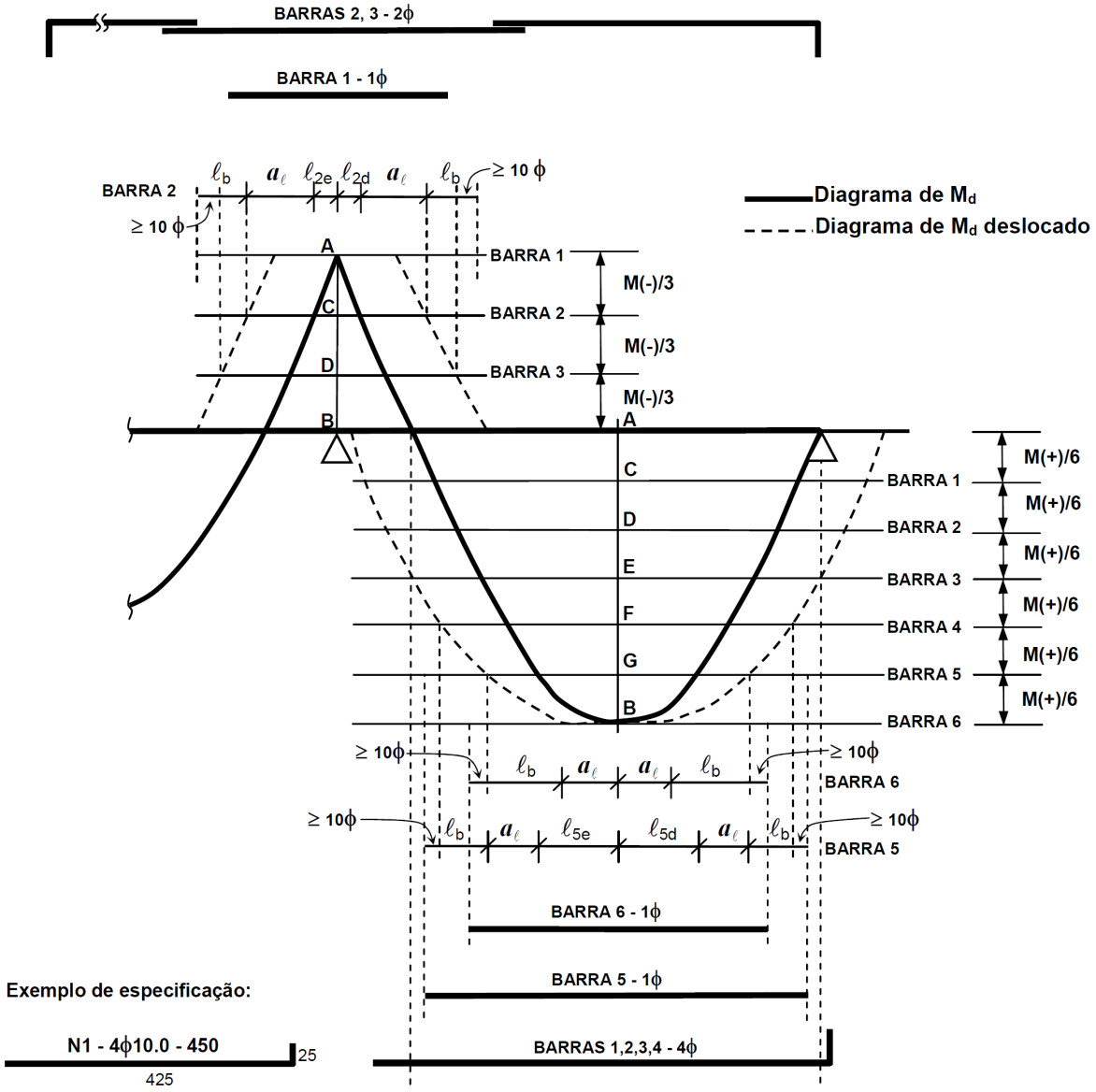
O detalhamento das armaduras consiste no seguinte conjunto de procedimentos:

(1) determinação da posição das barras da armadura;
(2) determinação do comprimento das barras;
(3) determinação do espaçamento entre as barras.

Nem todas as barras que compõem a armadura longitudinal das vigas têm necessidade de serem prolongadas de um apoio até o outro. Elas podem ser interrompidas antes dos apoios, de acordo com o diagrama de momento fletor deslocado. Isto resulta em economia de material.

Para determinar o comprimento das barras longitudinais tracionadas nas vigas, deve-se traçar o diagrama de momento fletor e em seguida deslocá-lo do valor a_λ. O diagrama é então dividido em tantos segmentos quantas forem as barras necessárias para absorver o momento fletor. A partir daí somam-se os comprimentos de ancoragem ℓ_b.

Veja exemplo a seguir.



- Exemplo de escalonamento e distribuição de barras longitudinais em vigas -

- **Observações:**

- pelo menos duas barras das armaduras resistentes longitudinais devem ser levadas até os apoios;

- diâmetro mínimo recomendável para as armaduras longitudinais: 10 mm;

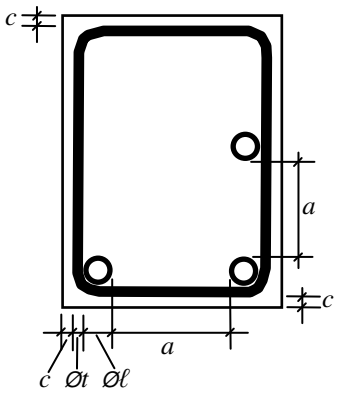
- por questões de economia, deve-se evitar em vigas de edifícios a utilização de mais de uma camada para as armaduras longitudinais;

- quando existirem poucas barras longitudinais o escalonamento não deve ser feito, pelo fato de não trazer benefícios econômicos;

- só é possível um bom escalonamento da armadura longitudinal quando os diâmetros adotados para as barras não forem muito grandes, pois a interrupção de barras longitudinais de grandes diâmetros pode provocar o surgimento de fissuras próximas à região da barra interrompida.

- **Espaçamento mínimo para a armadura longitudinal na seção**

$a \geq$
- 2 cm
- 1,2 ∅máx agregado (horizontal)
- 0,5 ∅máx agregado (vertical)
- ∅barra



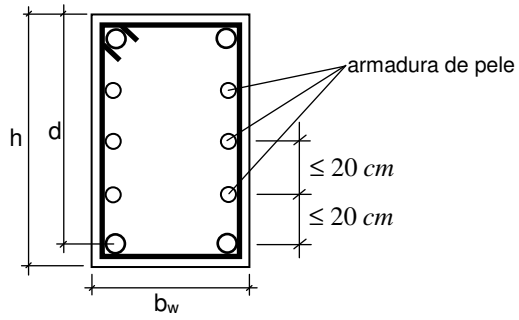
∅máx agregado:
- Brita 0: 9,5 mm
- Brita 1: 19 mm
- Brita 2: 25 mm
- Brita 3: 38 mm

Concreto usual:
brita 1 + brita 2

- **Cobrimento**: ver Seção 4.8.

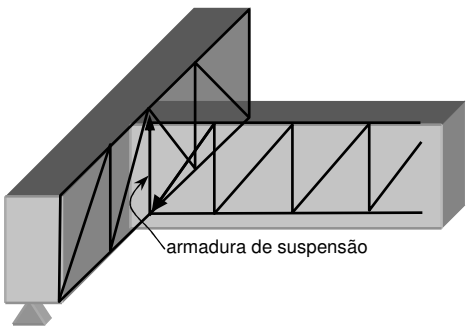
• Armadura longitudinal de pele

Quando a altura útil da viga ultrapassar 60 cm, deve-se dispor longitudinalmente e próximo à cada face lateral da viga, na zona tracionada, uma armadura de pele para controlar a fissuração e evitar que haja desprendimento do cobrimento de concreto. Essa armadura deve ter em cada face, área igual a $\mathbf{0{,}10\% b_w h}$.



• Armadura de suspensão

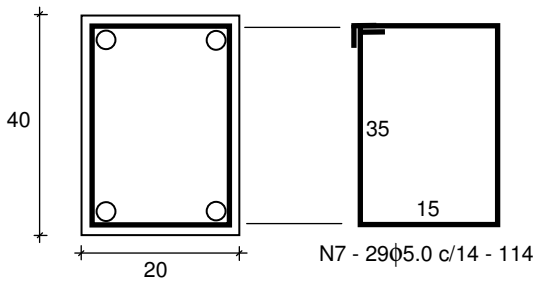
Nas proximidades de cargas concentradas transmitidas à viga por outras vigas ou elementos discretos que nela se apóiem ao longo ou em parte de sua altura, ou fiquem nela penduradas, deve ser colocada armadura de suspensão.

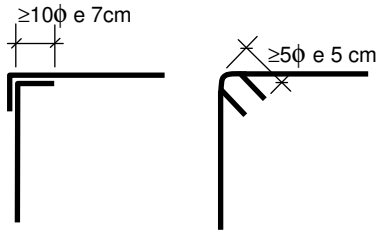


A armadura de suspensão deve ser preferencialmente constituída de estribos. Ela tem a função de transferir a carga aplicada pela viga que se apóia no banzo inferior da viga suporte até o banzo superior desta.

8.5 Detalhamento das armaduras transversais
(cisalhamento)

O detalhamento das armaduras transversais é feito conforme exemplo a seguir.

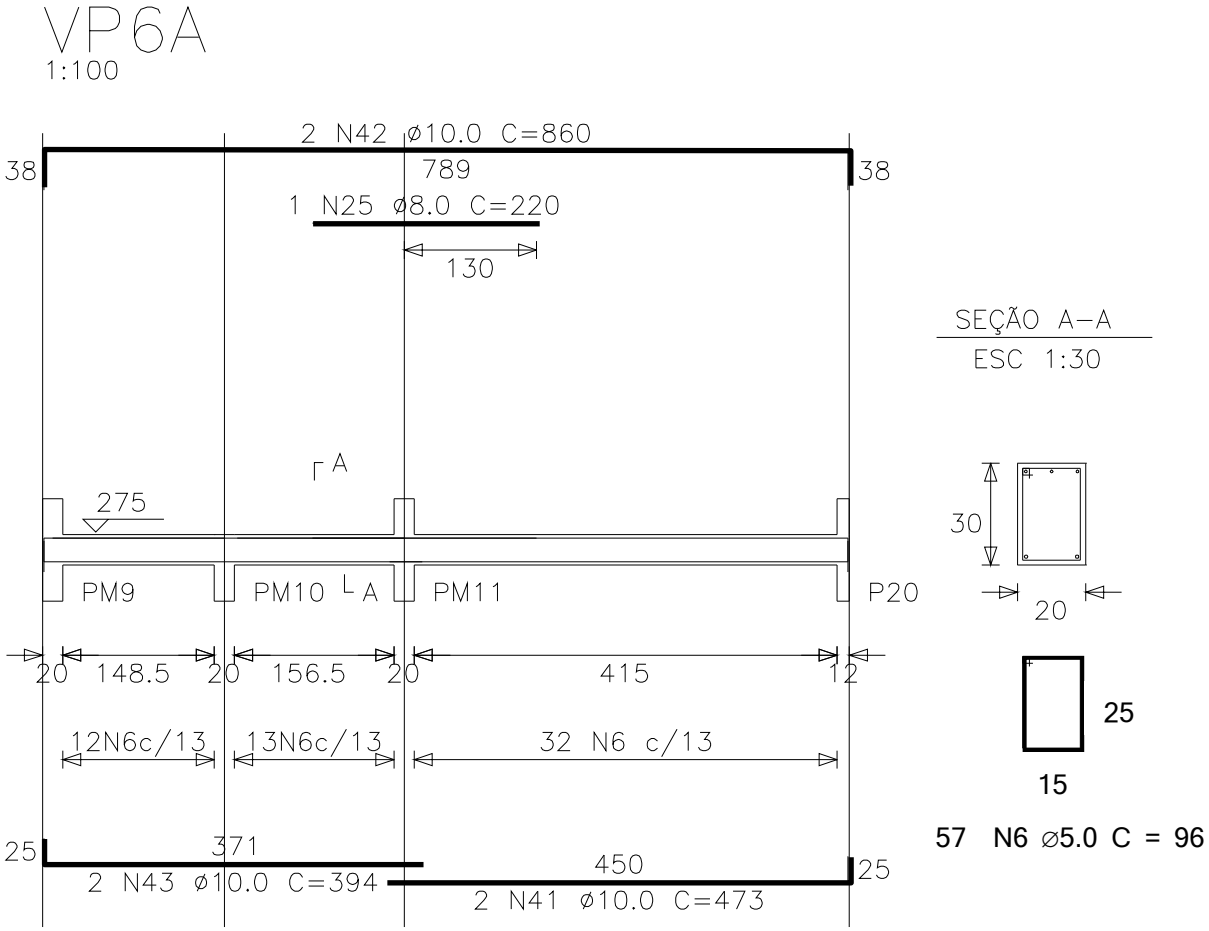




Detalhe dos ganchos

8.6 Exemplo de detalhamento das armaduras

A figura a seguir mostra um exemplo do detalhamento de vigas, com o arranjo típico das armaduras.



8.7 Pré-dimensionamento

A seção transversal das vigas não deve apresentar largura menor que 12 cm e das vigas-parede, menor que 15 cm. Estes limites podem ser reduzidos, respeitando-se um mínimo absoluto de 10 cm em casos excepcionais.

Como referência, pode-se adotar os seguintes valores para a largura de vigas:

- b_w = 12 cm (vão $\leq$ 4 m);
- b_w = 20 cm (4 m < vão $\leq$ 8 m);
- b_w = 25 a 30 cm (vão > 8 m).

Para muitos casos, no entanto, a largura de uma viga deve ser escolhida de maneira que ela fique embutida na alvenaria. As alturas das vigas devem, se possível, ser padronizadas em dimensões múltiplas de 5 cm. Vigas contínuas devem manter, se possível, a mesma seção transversal nos vários tramos.

a) Método do vão

Uma maneira simples de pré-dimensionar a altura de uma viga de concreto armado é através de seu vão:

h = L / 10 (h = 10% L), onde h é a altura da viga e L é o vão.

Para vigas em balanço, a relação a ser adotada é h = L / 6. Em alguns casos podem ocorrer restrições arquitetônicas para a altura das vigas uma restrição comum para grandes vãos é sua interferência em portas e janelas, as quais tem medidas padronizadas e se não for observado o pé direito do pavimento, a viga pode interferir.

Uma solução para situações em que a altura da viga deve ser reduzida é o uso de **armaduras duplas**. Sugere-se para este caso h = L / 12 [29].

Para vigas de vários tramos (vãos), calcular L pelo seguinte procedimento:

I) Se $L_{maior} - L_{adjacente\ maior} \leq 3$ m, então: $L = (L_{maior} + L_{adjacente\ maior}) / 2$

II) Se $L_{maior} - L_{adjacente\ maior} > 3$ m, então:

- Para vão maior na extremidade da viga: $L = (L_{maior} + L_{adjacente\ maior}) / 2$
- Para vão maior na região central da viga: $L = (L_{maior} + L_{adjacente\ maior}) \times 1{,}25 / 2$

Neste processo, há a transformação de uma viga hiperestática de vários tramos em uma viga fictícia equivalente isostática de apenas um tramo.

b) Método do vão ponderado

Considerando situações diferentes de arranjo das vigas na estrutura, o pré-dimensionamento pode ser feito através da tabela a seguir.

Caso	Posição da viga	Dá apoio a outra(s) viga(s) ?	Fórmula
1	Central	Sim	h = 13,5% L
2	Central	Não	h = 11,5% L
3	Periférica	Sim	h = 11,5% L
4	Periférica	Não	h = 10,5% L

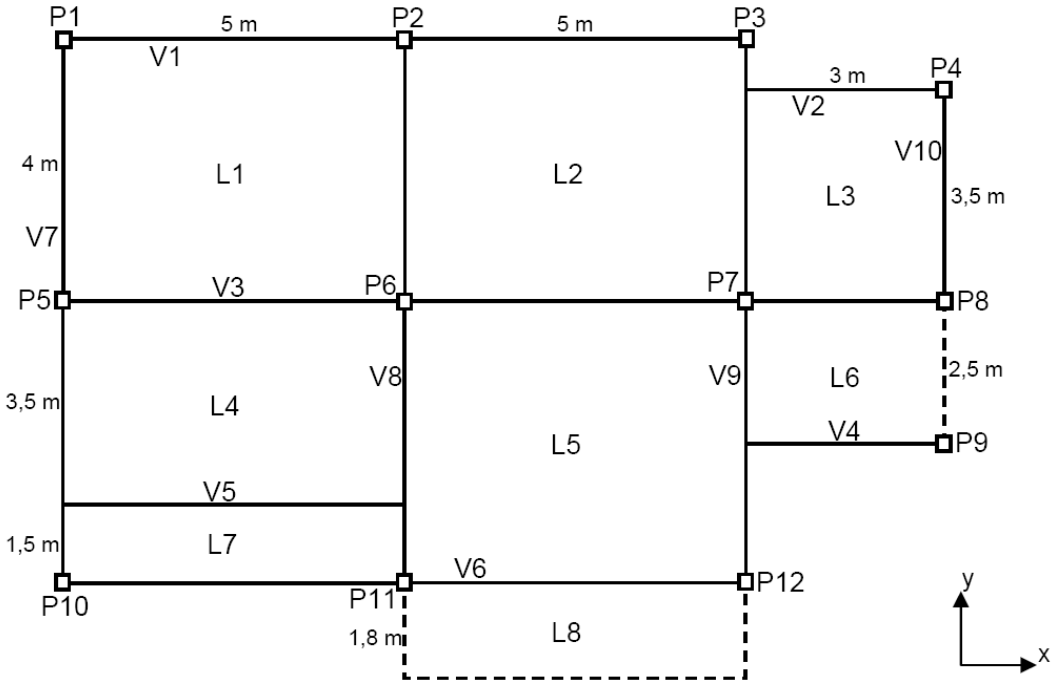
✓ Exercício 4: cálculo de vigas

Considerando o arranjo estrutural da figura, faça:

a) Isole e monte o esquema de carregamento das vigas V3, V5 e V8. Indique a forma dos diagramas de momento fletor e de cortante;

b) Pré-dimensione a seção transversal das vigas V1, V3 e V5;

c) Calcule o carregamento da viga V1. Considerar que a carga das lajes é de 500 kgf/m^2;

d) Dadas as áreas das armaduras longitudinais e transversais, faça o detalhamento da viga V1 considerando apenas um corte da seção.

$A_s\ (M^+) = 3\ cm^2$ $A_s\ (M^-) = 4\ cm^2$ $A_{SW}/S = 2{,}6\ cm^2/m$