

Aula 1 – Introdução e Tipologia de Pilares

Objetivos da aula

- Compreender o papel dos pilares no caminho de cargas e no desempenho global das estruturas.
- Reconhecer tipologias de pilares (posição, seção, esbeltez) e implicações de projeto.
- Introduzir conceitos de flexo-compressão, excentricidade mínima e efeitos de segunda ordem.

Conteúdo da aula (texto base) 1) Papel do pilar e caminho de cargas

- O pilar é o elemento vertical que transmite as ações das lajes/vigas à fundação e ao solo.
- Fluxo típico de cargas:
 - Lajes → Vigas → Pilares → Fundação → Solo
- A integridade de cada elo condiciona o desempenho global (rigidez, estabilidade e segurança).
- Em pilares de concreto armado (CA):
 - O concreto resiste, majoritariamente, à compressão
 - A armadura longitudinal e os estribos controlam tração e confinamento

2) Tipologias de pilares

- Por posição na planta:
 - Internos: rodeados por vigas/lajes em todas as direções
 - De borda: uma borda livre
 - De canto: duas bordas livres
 - A posição afeta solicitações, detalhamento de nós e o risco de excentricidades acidentais maiores
- Por seção transversal:
 - Retangulares/quadrados: corrente em CA moldado in loco
 - Circulares: vantajosas em flambagem e em ambientes com rotações de direção
 - Seções em L/T: edifícios com paredes estruturais e núcleos
 - A escolha dialoga com arquitetura, cargas e formas
- Por esbeltez:
 - Curtos: efeitos de 2ª ordem desprezíveis
 - Intermediários: $P - \Delta$ moderado
 - Esbeltos: exigem amplificação de esforços
 - A classificação depende do índice de esbeltez (ver item 4)

3) Ações, combinações e flexo-compressão

- Pilares raramente trabalham sob compressão centrada:
 - Excentricidades geométricas e de carregamento introduzem momentos fletores

- Estado típico: flexo-compressão normal (um plano) ou oblíqua (dois planos)
- Exige verificação de resistência e estabilidade
- Além das combinações usuais (peso próprio, sobrecargas, vento etc.):
 - É boa prática considerar excentricidades mínimas de projeto (normativas) para cobrir imperfeições

4) Esbeltez, comprimento de flambagem e excentricidade mínima

- Índice de esbeltez:

$$\lambda = \frac{l_e}{i}, \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

- Onde:
 - * l_e : comprimento de flambagem (equivalente)
 - * i : raio de giração
 - * I : momento de inércia
 - * A : área da seção
- Valores pequenos de λ : pilares “curtos” (2ª ordem desprezível)
- Valores altos de λ : necessidade de amplificação ($P - \Delta$) ou verificação de instabilidade
- Comprimento equivalente l_e :
 - Depende das condições de engaste/apoio nas extremidades (nós rígidos, semirrígidos, livres)
 - Em pórticos, o nó pilar-viga costuma reduzir l_e em relação ao comprimento físico
- Excentricidade mínima:
 - Adota-se uma e_{\min} normativa para contemplar imperfeições/acidentes, mesmo quando as análises indicam compressão “centrada”
 - Consultar critérios da norma aplicável

5) Modos de ruptura e boas práticas de detalhamento

- Modos de ruptura comuns:
 - Esmagamento do concreto
 - Flambagem global
 - Instabilidade local da armadura longitudinal (quando mal confinada)
 - Ruptura por flexo-compressão em seções pouco armadas
- Boas práticas:
 - Cobrimento adequado
 - Estribos/amarração com espaçamentos compatíveis para confinamento e ancoragem
 - Detalhamento do nó pilar-viga (transferência de esforços)
 - Atenção a ligações com fundações e a efeitos de retração/fluência

6) Exemplo numérico – classificação de esbeltez (simplificado)

- Seção retangular 25×40 cm:

- $A = 0,25 \times 0,40 = 0,10 \text{ m}^2$
- Momento de inércia em torno do eixo forte:
 - * $I \approx \frac{bh^3}{12} = \frac{0,25 \times 0,40^3}{12} \approx 1,33 \times 10^{-3} \text{ m}^4$
- Raio de giração:
 - * $i = \sqrt{I/A} \approx \sqrt{1,33 \times 10^{-3}/0,10} \approx 0,115 \text{ m}$
- Suponha $l_e = 3,2 \text{ m}$
- Então:
 - $\lambda = l_e/i \approx 3,2/0,115 \approx 27,8$
- Interpretação de λ :
 - Pilar “curto” a “intermediário” (dependendo da norma e direção)
 - Efeitos de 2ª ordem moderados
 - Prever e_{\min} e verificar flexo-compressão com amplificação normativa quando aplicável

Pilares em uma estrutura

- Os pilares são elementos estruturais de suma importância em uma edificação.
- Responsáveis por receber as cargas dos pavimentos superiores e transferi-las para as fundações.
- A imagem a seguir ilustra a disposição dos pilares em uma estrutura de concreto armado.

Atividade prática

- Dado um pilar $30 \times 50 \text{ cm}$ com $l_e = 4,0 \text{ m}$:
 1. Calcule i e λ nas duas direções principais e classifique a esbeltez.
 2. Proponha um esquema de plano de vigas e apoios que reduza l_e .
 3. Sugira um valor de e_{\min} (conforme norma) e discuta o impacto sobre o dimensionamento.

Links suplementares da Aula 1

- Column (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/Column>
- Reinforced concrete (Wikipedia): https://en.wikipedia.org/wiki/Reinforced_concrete
- Concrete (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/Concrete>
- Euler buckling (general): <https://en.wikipedia.org/wiki/Buckling>