

ANÁLISE DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO DE UM PAVIMENTO SUBMETIDA À AÇÃO DE SISMO

Autores: Joaquim E Mota e Magnólia M Câmpelo Mota
Universidade Federal do Ceará



SISMOS NÃO MATAM PESSOAS, MAS AS ESTRUTURAS SIM !

SISMICIDADE NO BRASIL



ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

MAR/2006

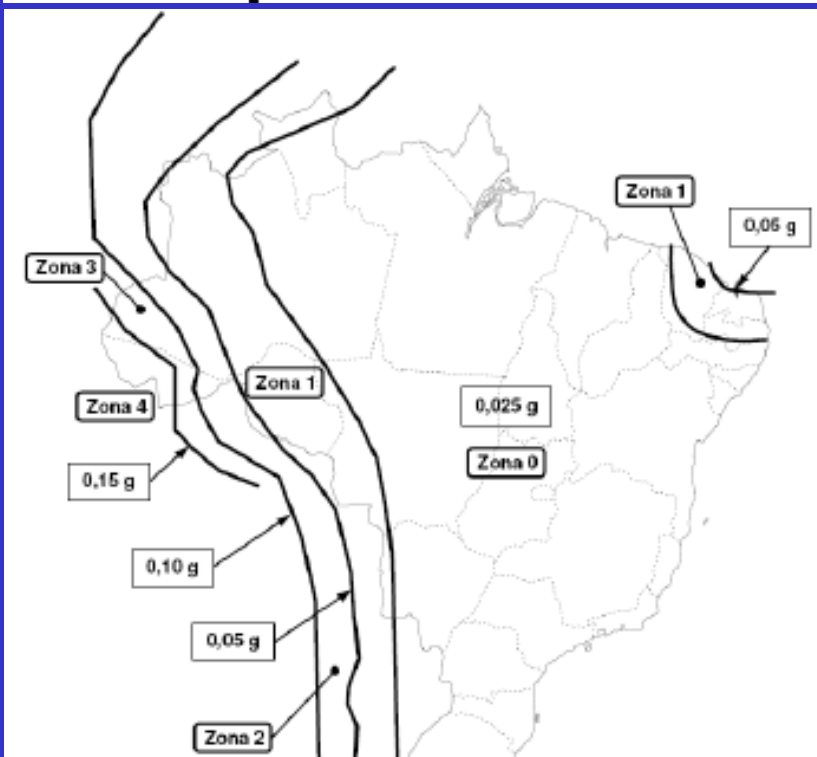
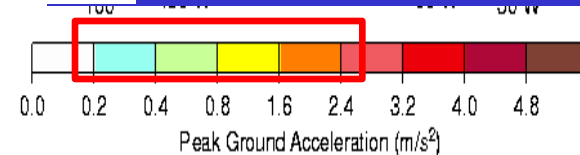
Projeto 02:122.15-001

Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento

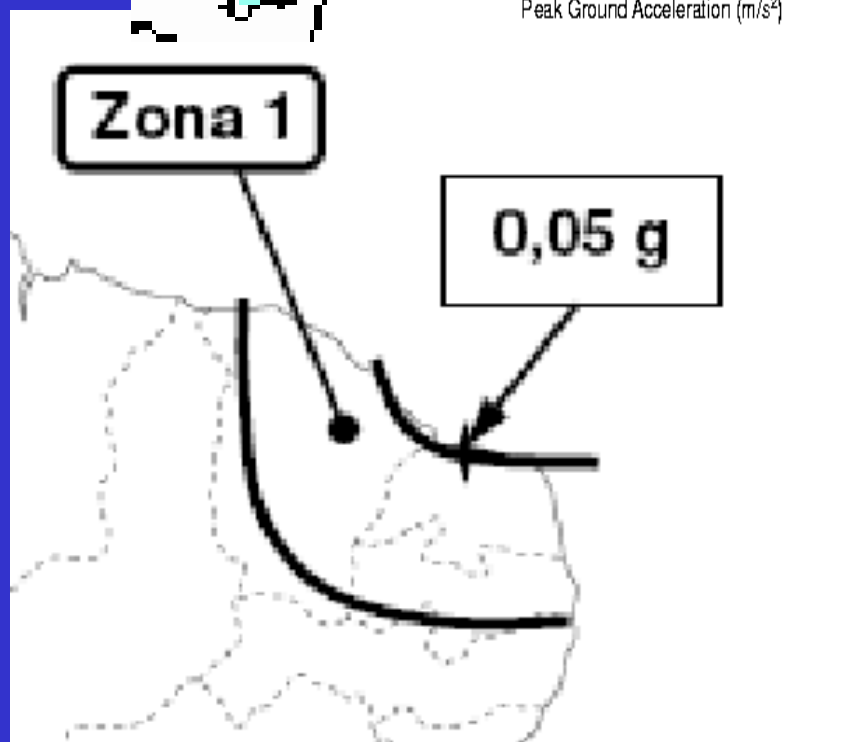
NBR 15421



0,15g ?

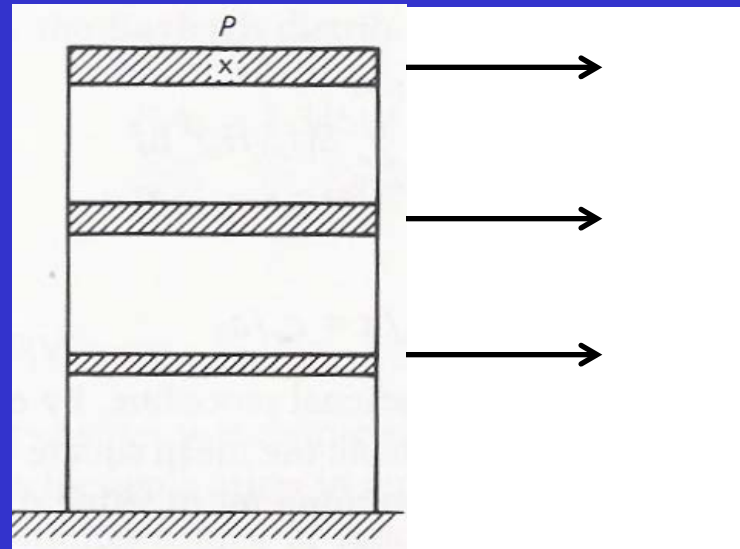
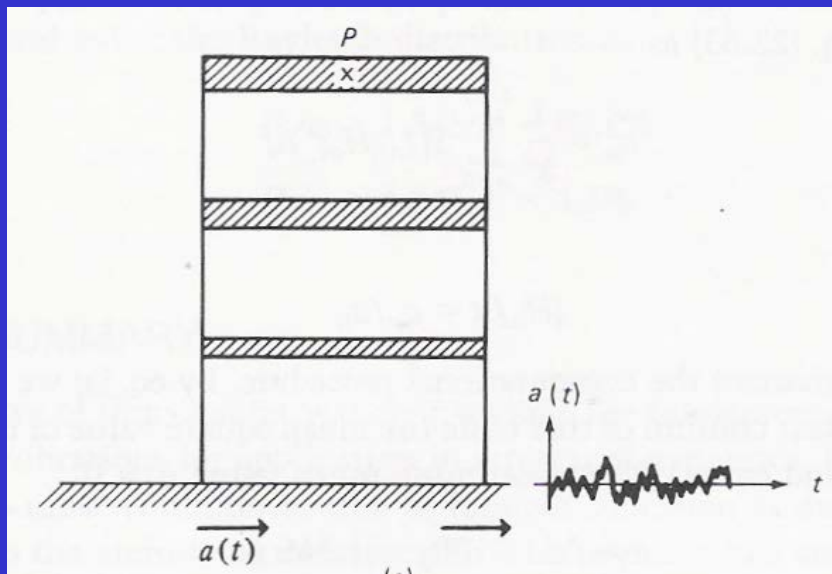


Sismicidade no Brasil



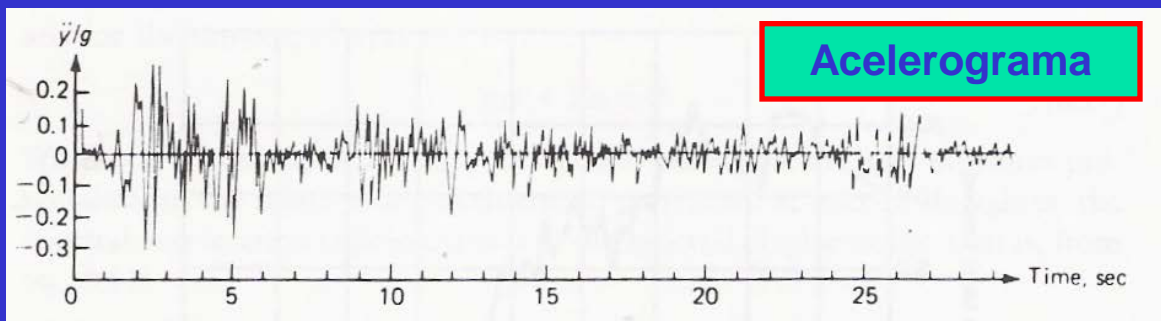
Sismicidade no Nordeste

REPRESENTAÇÃO DA AÇÃO SÍSMICA NA ESTRUTURA



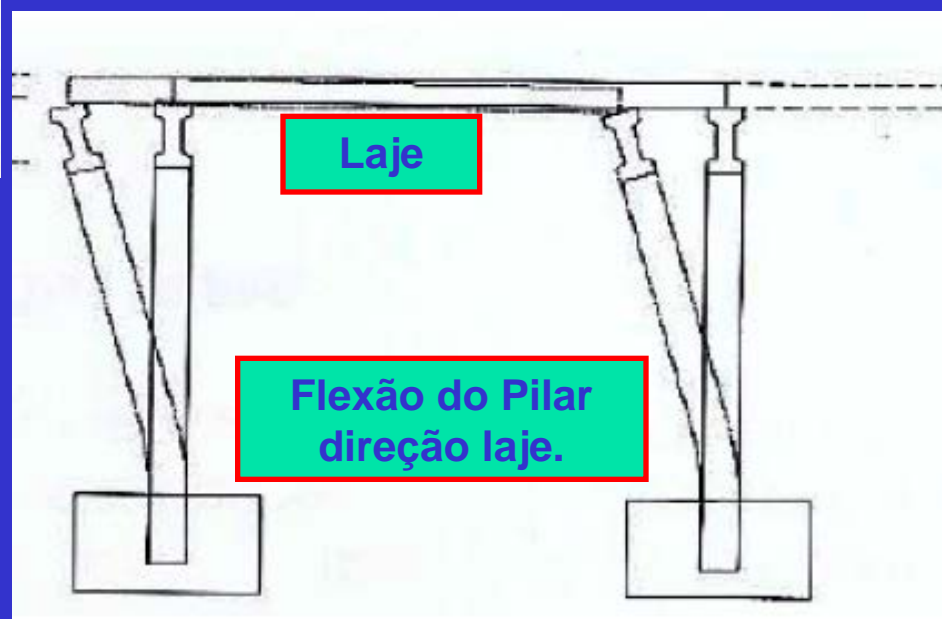
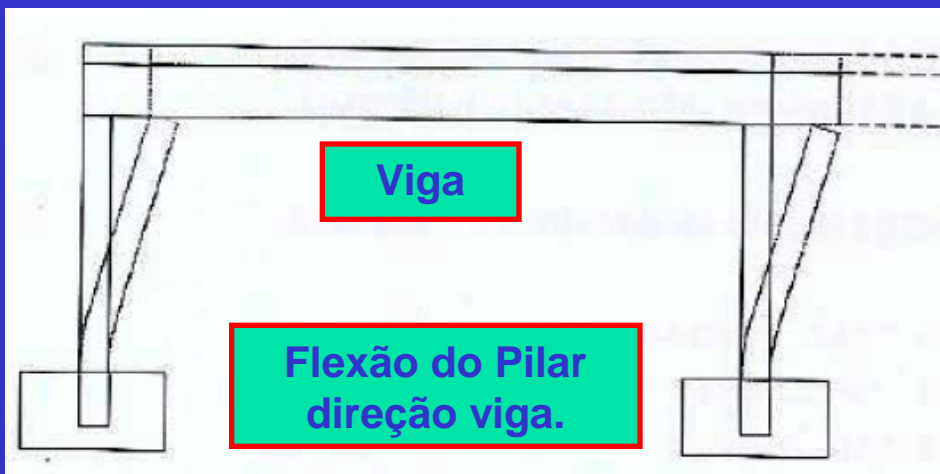
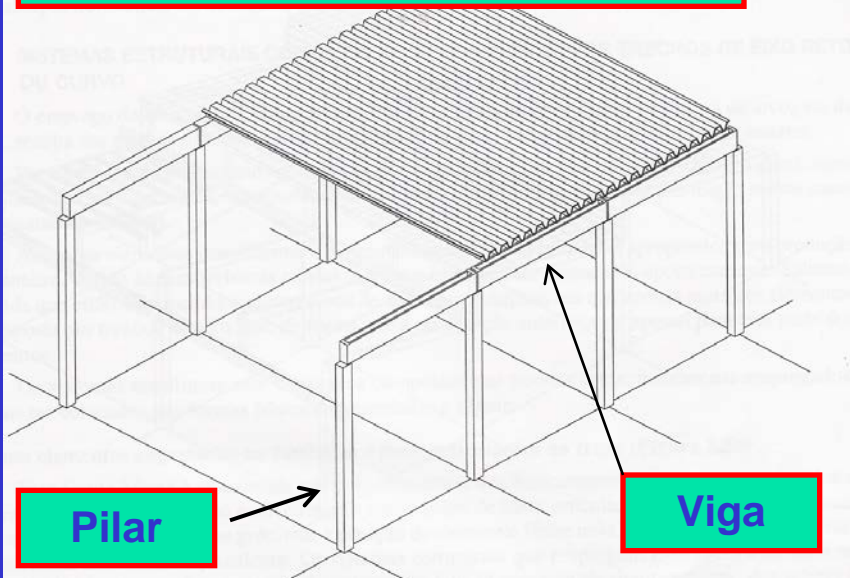
ANÁLISE DINÂMICA NÃO LINEAR

ANÁLISE ESTÁTICA EQUIVALENTE



ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-MOLDADA DE 1 PAVIMENTO

Laje ou diafragma de cobertura



**MODELO
ESTRUTURAL**

PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRAÇÃO

Massa

$$m_{tot} = \frac{1}{g} (\sum G_{k,j} + \sum \psi_{E,i} Q_{k,i})$$

Rigidez à Flexão

$$R_{ca} = \frac{E_{cm} I}{2} \text{ para os pilares em concreto armado}$$

$$R_{cp} = \frac{3E_{cm} I}{4} \text{ para os pilares em concreto protendido}$$

Rigidez dos Pilares

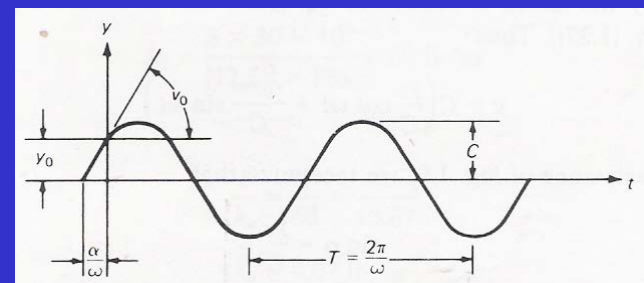
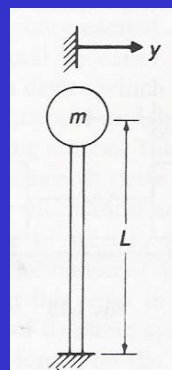
$$K_{p,ca} = \frac{3E_{cm} I}{2L^3}$$

$$K_{p,cp} = \frac{9E_{cm} I}{4L^3}$$

$$k_{tot} = \sum k_i$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{tot}}{k_{tot}}}$$

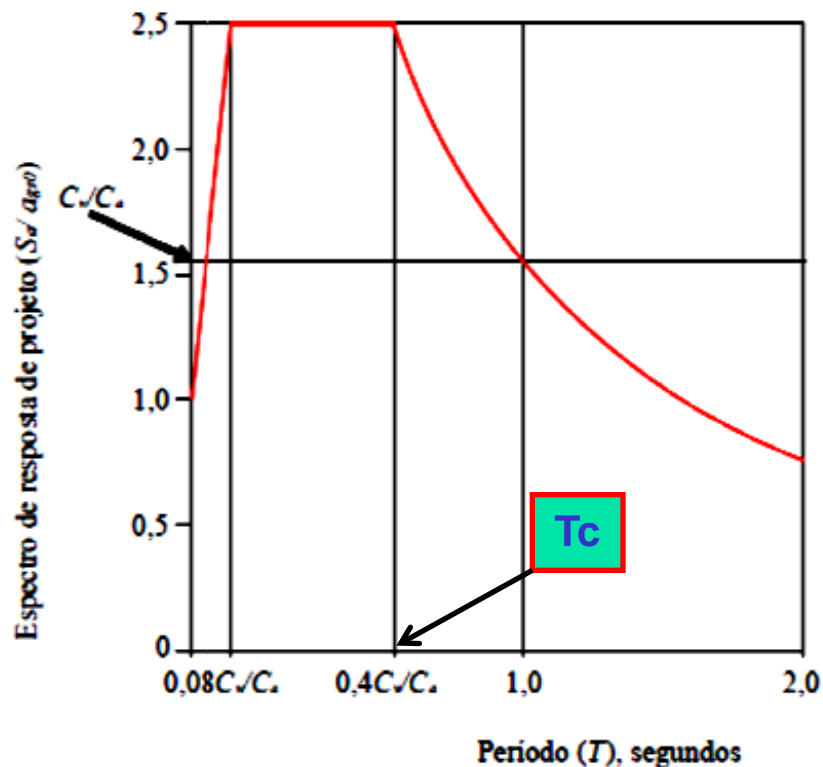
Período Fundamental T1 (s)



APLICABILIDADE DO MÉTODO

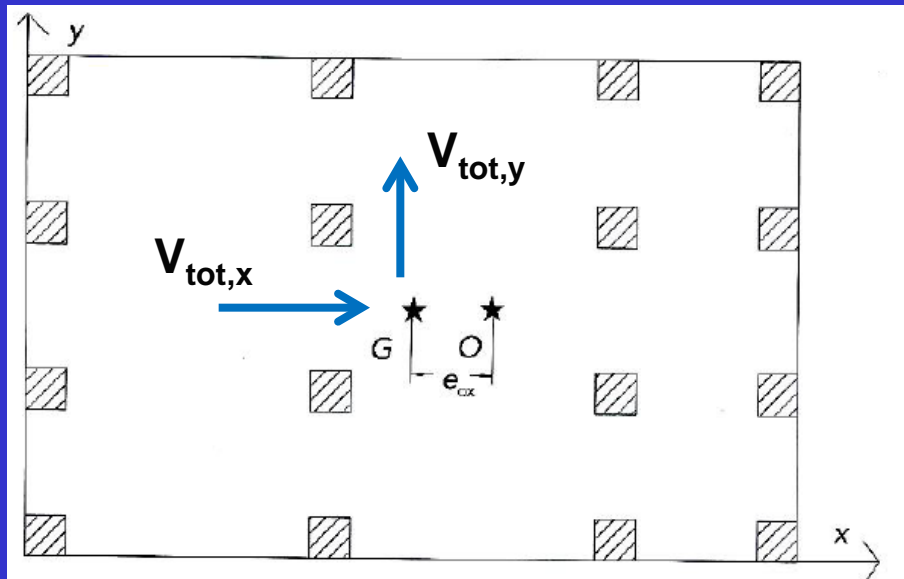
$$T_1 \leq \begin{cases} 4T_c \\ 2,0s \end{cases}$$

Limitação do Período Fundamental



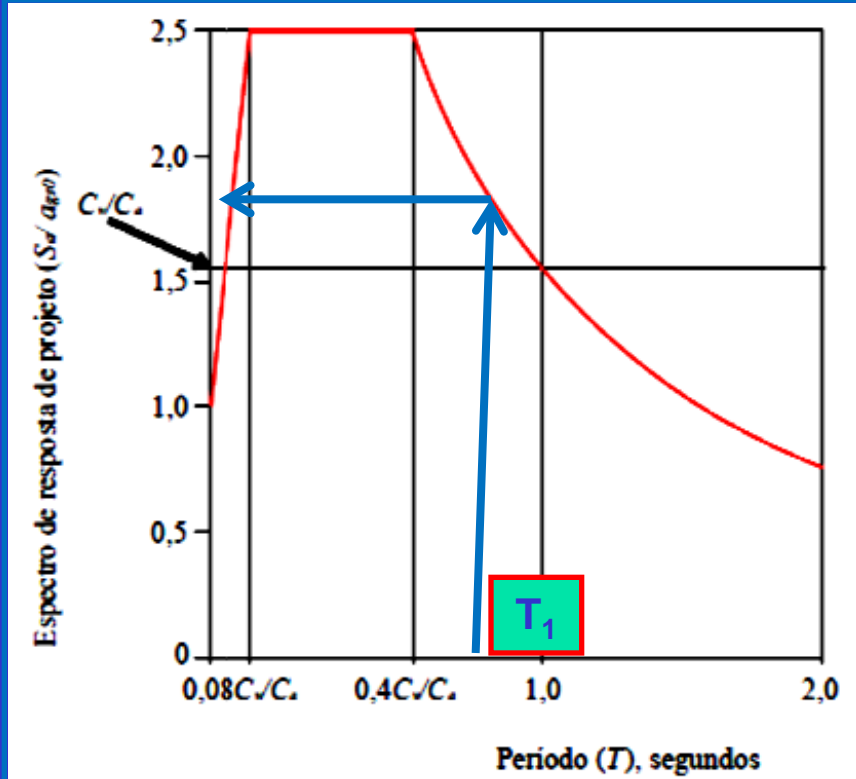
Regularidade em Planta:

- Superfície de reentrâncias inferior a 5%
- Retangularidade $L_{max}/L_{min} < 4$.
- Excentricidade Estrutural:
 $e_o < 0,3r$ $r > l_s$



r = raio de giração da rigidez.
 l_s = raio de giração da massa.

DETERMINAÇÃO DA AÇÃO ESTÁTICA EQUIVALENTE



Aceleração Espectral de Projeto

$$S_d(T) = \frac{S_a(T)}{q} = \frac{S_a(T)}{3}$$

COEFICIENTE DE MODIFICAÇÃO DE RESPOSTA
 → q = 3,0 (EUROCODE 8)
 → R = 2,5 (NBR 15421)

$$V_{tot} = m_{tot} S_d(T)$$

Força Equivalente Horizontal Total

$$V_i = \frac{k_i}{k_{tot}} V_{tot}$$

Força Equivalente em cada Pilar

COMBINAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO - ELU

$$N_{Ed} = G + \psi_2 Q:$$

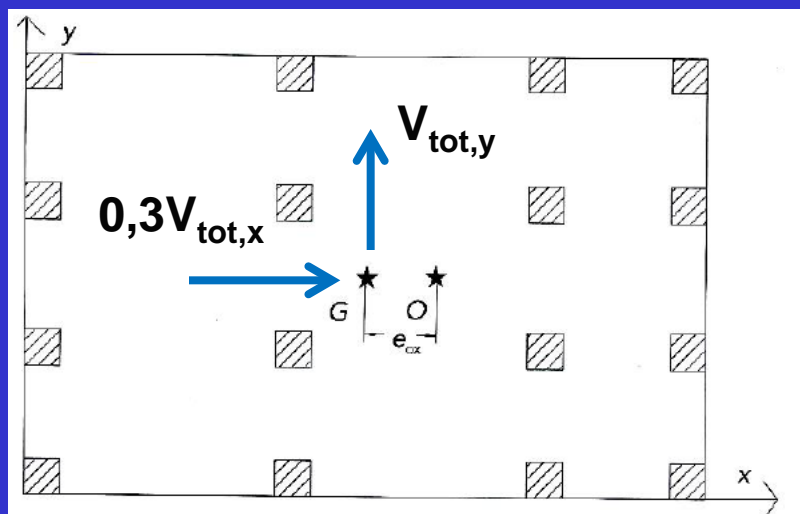
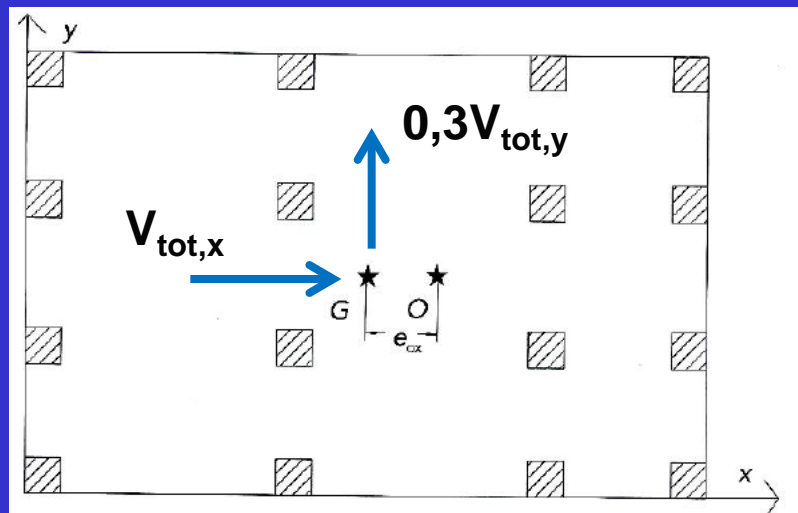
$$V_{Ed,ix} = V_{ix} + T_{ix} + 0,3 t_{ix}$$

$$V_{Ed,y} = 0,3 V_{iy} + 0,3 T_{iy} + t_{iy}$$

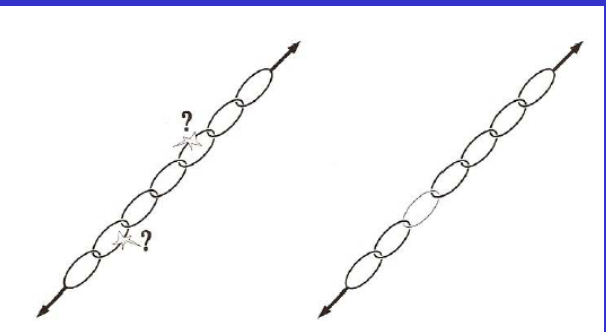
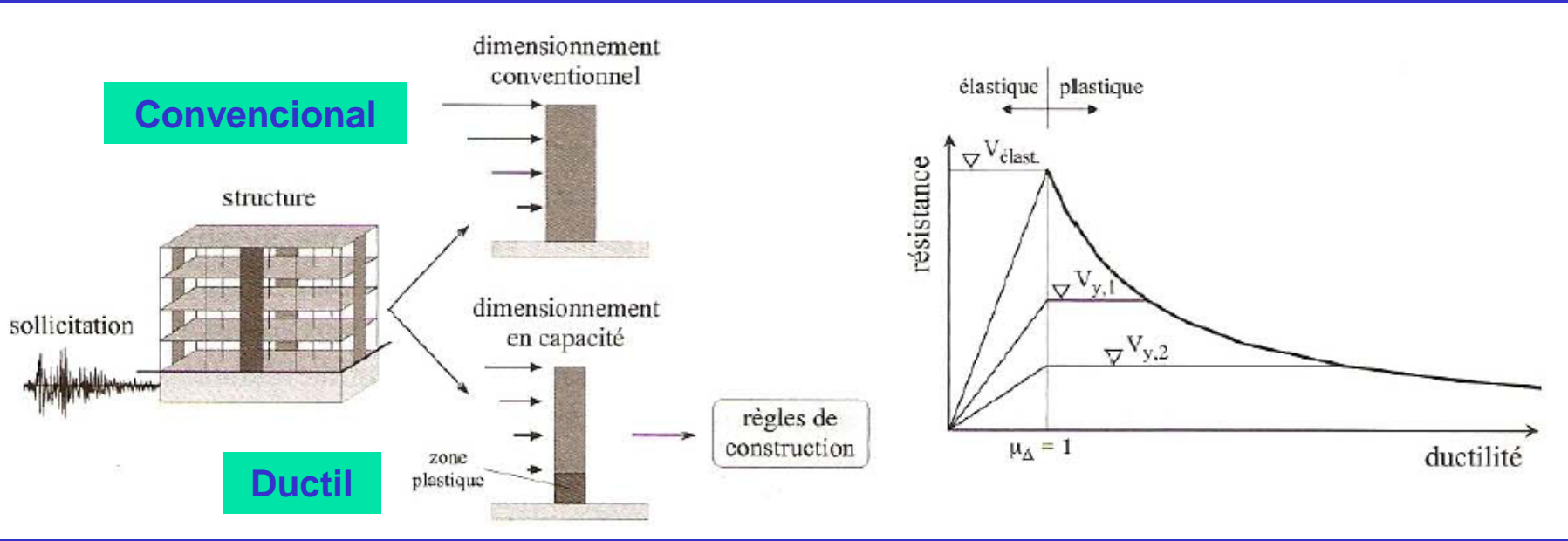
$$V_{Ed,ix} = 0,3 V_{ix} + 0,3 T_{ix} + t_{ix}$$

$$V_{Ed,y} = V_{iy} + T_{iy} + 0,3 t_{iy}$$

Combinação Excepcional

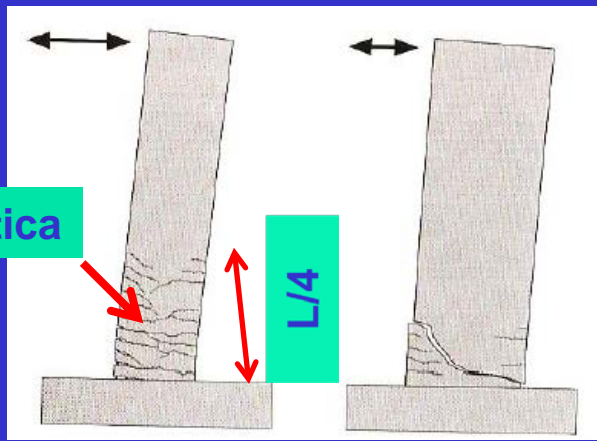


DIMENSIONAMENTO CONVENCIONAL X DUCTIL

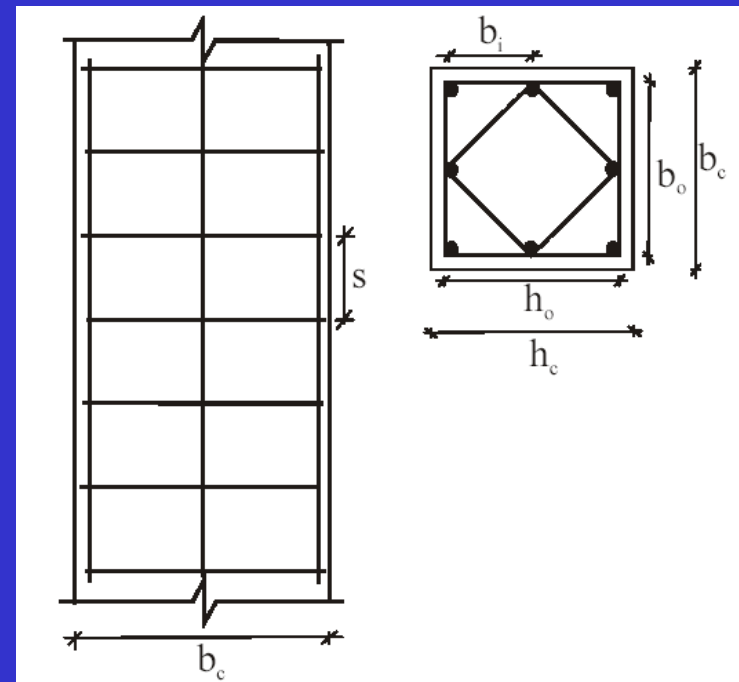
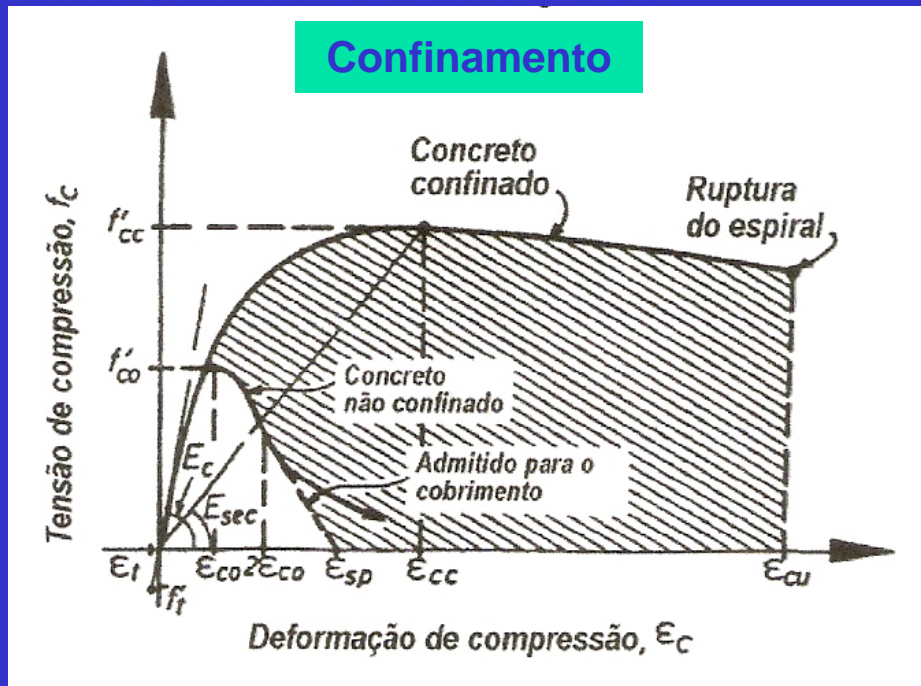


Analogia da Corrente

Rótula Plástica



DETALHAMENTO PARA DUCTILIDADE



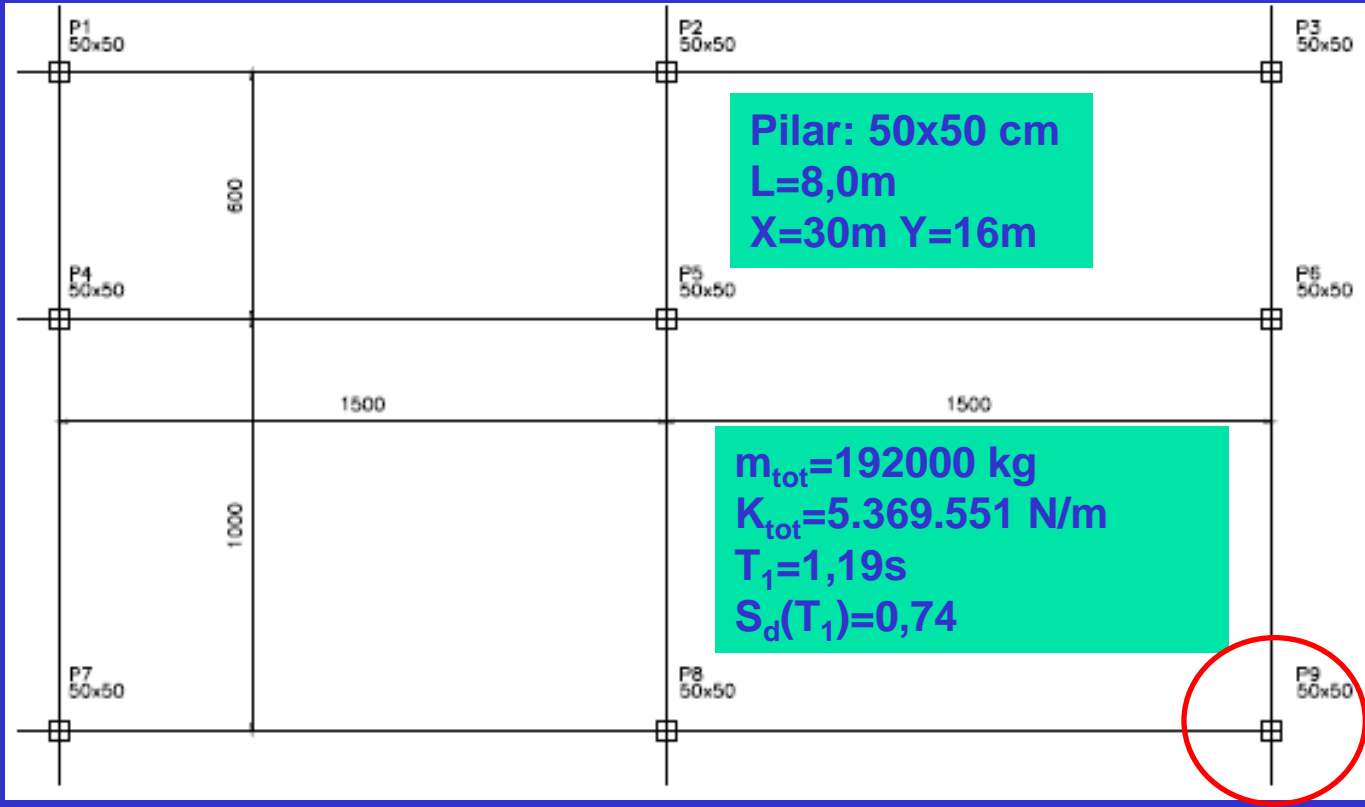
$$\omega_{wd} > 0,08 \text{ e } s_{\min} \leq (b_o / 2 ; 175\text{mm} ; 8d_{bl})$$

ω_{wd} : taxa mecânica de armadura de confinamento

$$\omega_{wd} : \frac{\text{volume de armaduras de confinamento}}{\text{volume de concreto}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

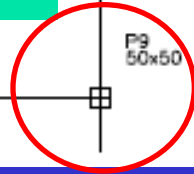
d_{bl} : diâmetro das barras longitudinais

EXEMPLO NUMÉRICO



SISMO
 $V_{d,total,y} = 142.207 \text{ N}$
P9: $V_{dy} = 39.238 \text{ N}$

VENTO
 $q_v = 0,50 \text{ kN/m}^2$
P9: $V_{dy} = 18.667 \text{ N}$



CONCLUSÕES

1. Parte significativa do Nordeste Brasileiro apresenta risco sísmico não desprezível que precisa ser levado em conta no projeto de estruturas nesta região.
2. Estruturas pré-moldadas de 1 pavimento podem ter a análise sísmica simplificada pelo método da carga estática equivalente.
3. Detalhamentos especiais visando o aumento da ductilidade das estruturas de concreto constituem a chave para o projeto de estruturas sismo-resistentes.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO