



5 VERIFICAÇÃO DE FLECHAS EM VIGAS CONCRETO ARMADO

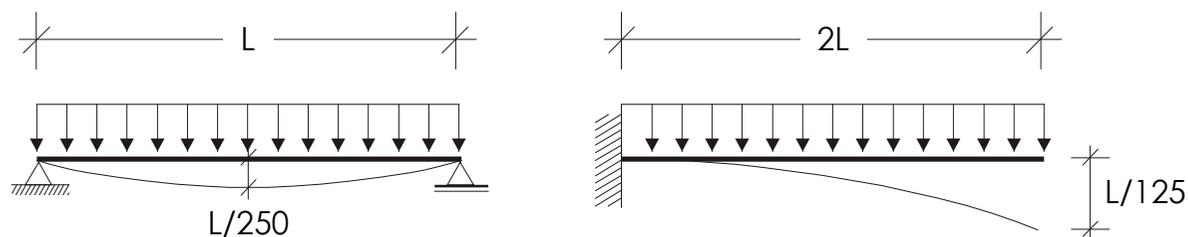
5.1 DESLOCAMENTOS LIMITES



5.1.1 ACEITABILIDADE SENSORIAL

RAZÕES DA LIMITAÇÃO	EXEMPLOS	DESLOCAM. LIMITE	DESLOCAMENTO A CONSIDERAR
Visual	Deslocamentos em elementos estruturais visíveis	$L/250$	Deslocamento total
Outras	Vibrações que podem ser sentidas no piso	$L/350$	Deslocamentos devidos à carga acidental

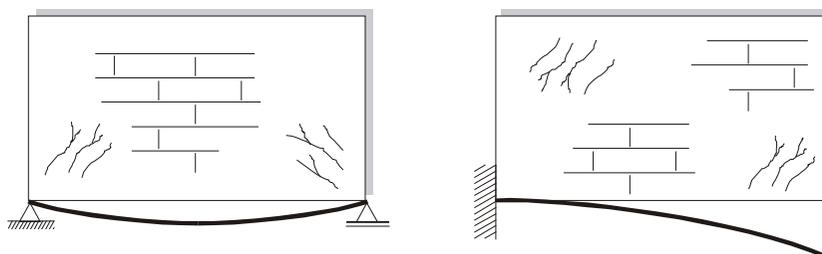
NOTA: Para verificações de **vigas em balanço** considerar L igual ao dobro do vão.



5.1.2 EFEITOS EM ELEMENTOS NÃO ESTRUTURAIS

RAZÕES DA LIMITAÇÃO	EXEMPLOS	DESLOCAM. LIMITE	DESLOCAMENTO A CONSIDERAR
Paredes	Alvenaria, caixilhos, e revestimentos	$L/500$	Deslocamento ocorrido após construção da parede
	Divisórias leves e caixilhos telescópicos	$L/250$	Deslocamento ocorrido após instalação da divisória
Fôrros	Revestimentos colados	$L/350$	Deslocamento ocorrido após construção do fôrro
	Revestimentos pendurados ou com juntas	$L/175$	Deslocamento ocorrido após construção do fôrro

NOTA: Para verificações de **vigas em balanço** considerar L igual ao dobro do vão.



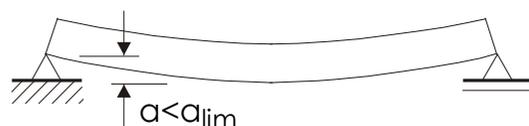
5.2 COMBINAÇÃO DAS AÇÕES NO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO (ELS)



NBR 6118:2003/11.8.3

Ações		ψ_1	ψ_2
Cargas acidentais de edifícios	Residenciais	0,4	0,3
	Comerciais e públicos	0,6	0,4
	Bibliotecas, oficinas, garagens	0,7	0,6

Verificações para o estado limite de deformações excessivas ELS-DEF



COMBINAÇÕES QUASE PERMANENTES DE SERVIÇO

$$F_{d,ser} = \sum F_{g,k} + \psi_2 \cdot F_{q,k}$$

5.2 COMBINAÇÃO DAS AÇÕES (cont...)



NBR 6118:2003/11.7.2

valor de cálculo das
ações para combi-
nações de serviço

valor característico
das ações perma-
nentes diretas

valor característico
das ações variáveis
principais diretas

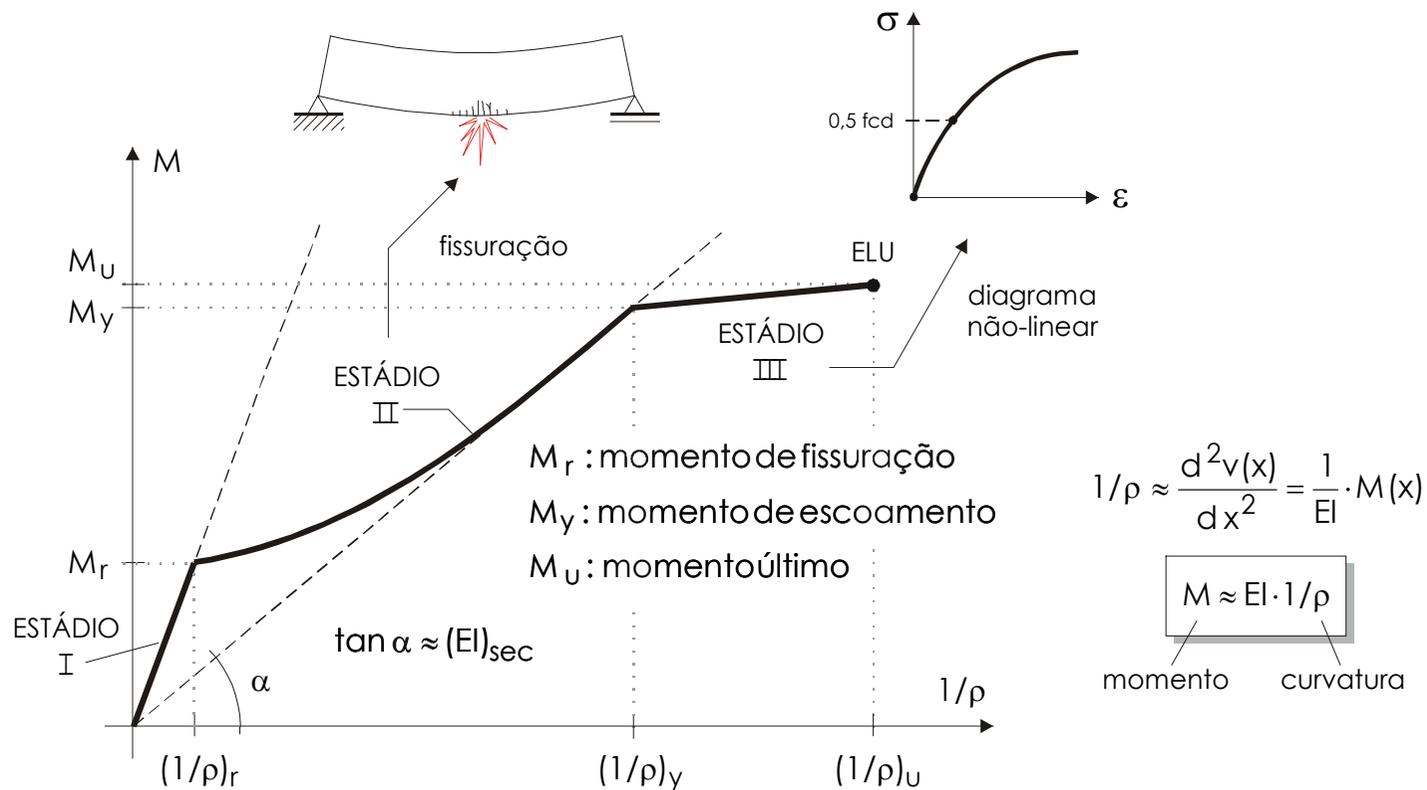
$$F_{d,serv} = F_{gk} + \psi_2 \cdot F_{qk}$$

fator de combinação
quase permanente
de serviço

5.3 RELAÇÃO MOMENTO-CURVATURA



NBR 6118:2003/15.3.1



5.4 INÉRCIA EQUIVALENTE



NBR 6118:2003/17.3.2.1.1

Fórmula de BRANSON

somente para:

$$M_d > M_r$$

momento máximo no vão onde ocorre a flecha para a combinação considerada no ELS

momento de fissuração

$$I_{eq} = \left(\frac{M_r}{M_d} \right)^3 \cdot I_0 + \left[1 - \left(\frac{M_r}{M_d} \right)^3 \right] \cdot I_{II}$$

momento de inércia da seção fissurada no ESTÁDIO II

momento de inércia da seção bruta

5.4.1 MOMENTO DE FISSURAÇÃO



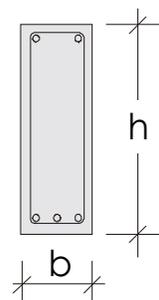
NBR 6118:2003/8.2.5;17.3.1

Inicializa o processo de fissuração da viga (limite ESTÁDIO I)

$$M_r = \frac{1,5 \cdot f_{ctm} \cdot I_0}{h/2} = \frac{3 \cdot f_{ck}^{2/3} \cdot b \cdot h^2}{40}$$

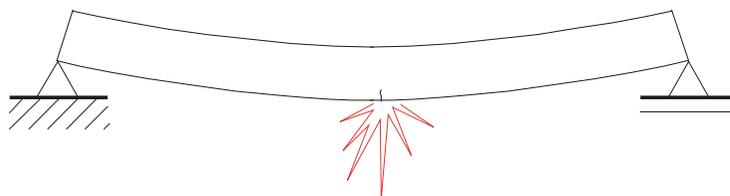
Unidades obrigatórias

f_{ck} [MPa]
 b, h [mm]
 M_r [N·mm]

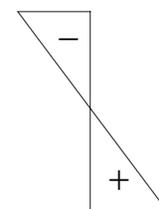


$$I_0 = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Momento de inércia da seção bruta (íntegra)



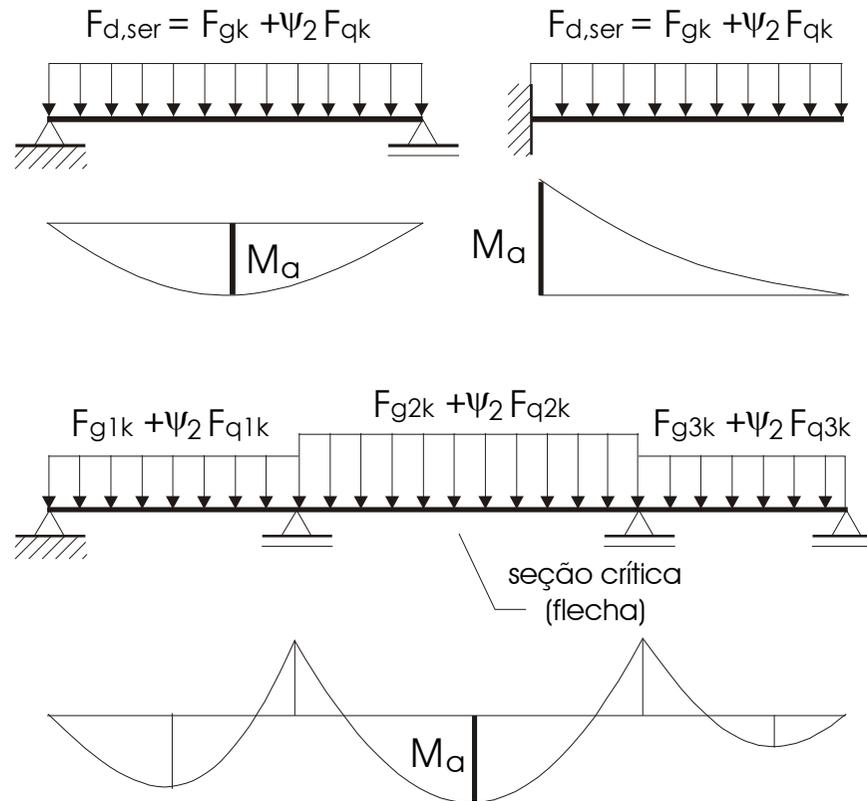
Desperta a primeira fissura na viga



Resistência média à tração é atingida

$$\sigma_c = f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

5.4.2 MOMENTO ATUANTE PARA A COMBINAÇÃO QUASE-PERMANENTE



5.4.3 MOMENTO DE INÉRCIA NO ESTÁDIO II



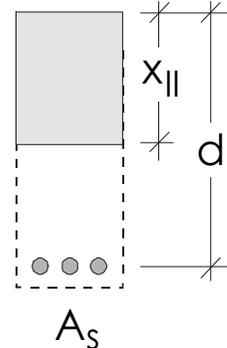
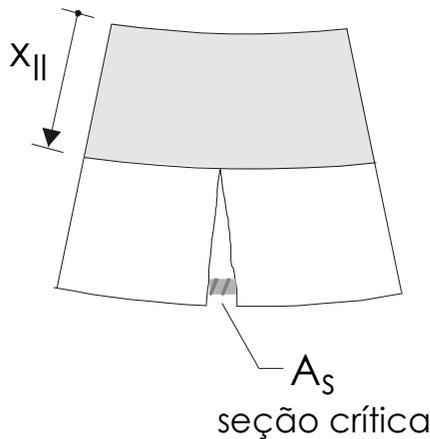
NBR 6118:2003/17.3.2.1.1

$$x_{II} = \frac{15 \cdot A_s}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{15 \cdot A_s}} \right)$$

Profundidade LN (ESTÁDIO II)

$$\frac{E_s}{E_c} = 15$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x_{II}^3}{3} + 15 \cdot A_s \cdot (d - x_{II})^2$$



$$|\sigma_c| = \frac{M_d}{I_{II}} \cdot x_{II} \leq 0,5 \cdot f_{cd}$$

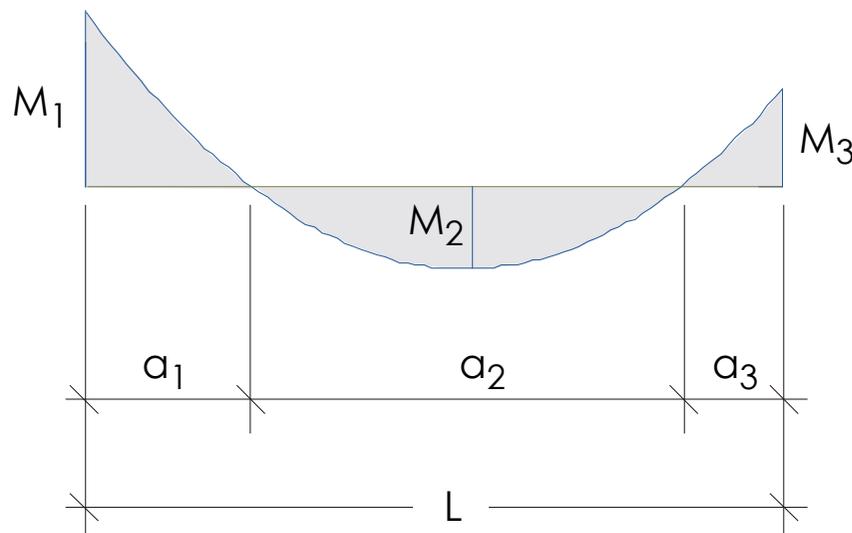
comportamento
elástico-linear

$$\sigma_s = 15 \cdot \frac{M_d}{I_{II}} \cdot (d - x_{II})$$

TENSÕES NO ESTÁDIO II

5.4.4 INÉRCIA EQUIVALENTE PARA VÃOS DE VIGAS CONTÍNUAS

$$I_{eq} = \frac{1}{L} \cdot (I_{eq,1} \cdot a_1 + I_{eq,2} \cdot a_2 + I_{eq,3} \cdot a_3)$$



onde:

$I_{eq,i}$: inércia equivalente do trecho i , com M_a igual a M_i e armadura existente;

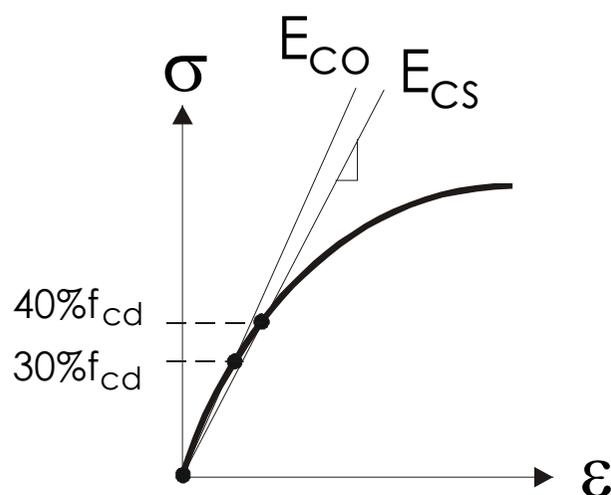
obs:

Pode-se adotar $a_1/L = a_2/L = 0,15$.

5.5 MÓDULO SECANTE DO CONCRETO



NBR 6118:2003/8.2.8



$$E_{CO} = 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} \text{ [MPa]}$$

avaliação do comportamento global e perdas de protensão

$$E_{CS} = 4760 \cdot \sqrt{f_{ck}} \text{ [MPa]}$$

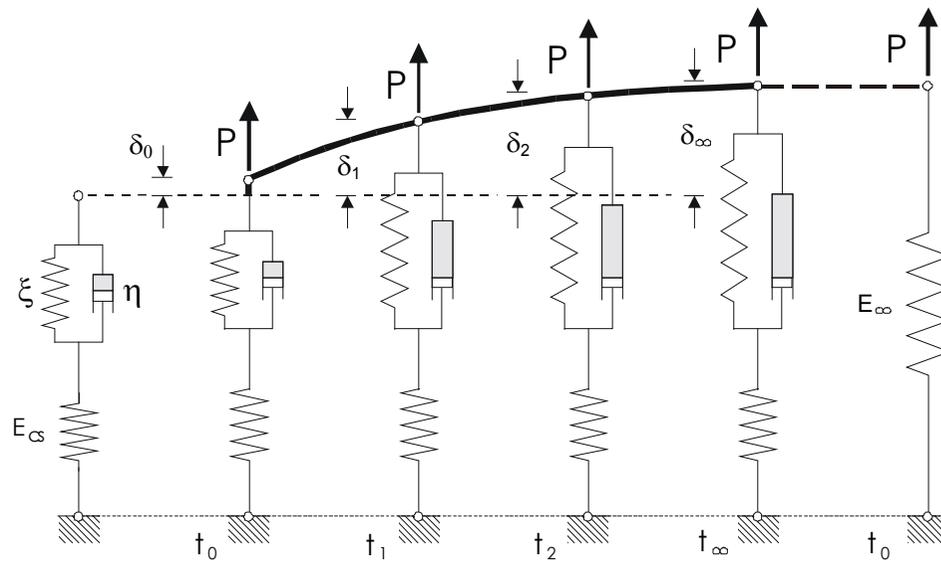
verificações no ELS

NOTA: 1 MPa = 1000 kN/m²

5.6 FLUÊNCIA DO CONCRETO



NBR 6118:2003/17.3.2.1.2



$$E_{\infty} = \frac{E_{cs}}{(1 + \alpha_f)}$$

avaliação da flecha diferida no tempo em vigas de C.A.

Modelo reológico de Boltzmann para simulação do comportamento viscoelástico do concreto

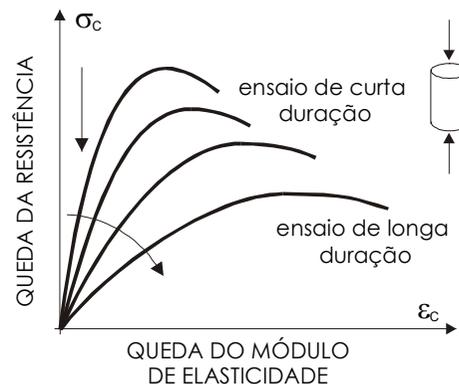
5.6 FLUÊNCIA DO CONCRETO (cont...)

$$E_{\infty} = \frac{E_{CS}}{(1 + \alpha_f)}$$

$$\alpha_f = \frac{\Delta \xi}{1 + 50\rho'} = \frac{\xi(t) - \xi(t_0)}{1 + 50\rho'}$$

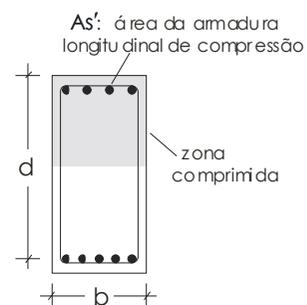
$$\rho' = \frac{A_s'}{b \cdot d}$$

taxa de armadura de compressão



$$\xi(t) = 0,68 \cdot (0,996^t) \cdot t^{0,32} \quad \text{para } t \leq 70 \text{ meses}$$

$$\xi(t) = 2 \quad \text{para } t > 70 \text{ meses}$$



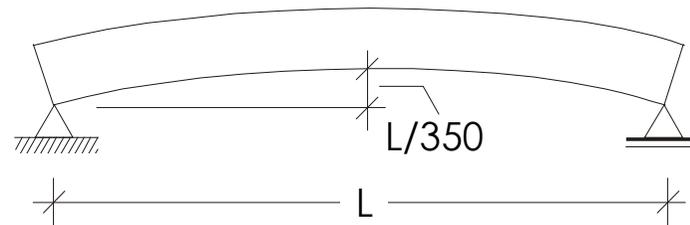


5.7 CONTRAFLECHA MÁXIMA



NBR 6118:2003/13.3

compensação parcial
de deslocamentos excessivos



Notas

Dar contraflecha de 1,0 cm no centro da viga V35

Planta de fôrmas

