



ESTADOS LIMITES

TÓPICO 07

PROFESSORA: SARA BRANDÃO
UNIVERSIDADE PAULISTA
CURSO GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



ESTADO LIMITE ÚLTIMO



ESTADO LIMITE ÚLTIMO

- PERDA DE EQUILÍBRIO DA ESTRUTURA;
- ESGOTAMENTO DA CAPACIDADE RESISTENTE;
- COLAPSO PROGRESSIVO;
- ESGOTAMENTO DEVIDO AO FOGO;
- ESGOTAMENTO DEVIDO A ATIVIDADES SÍSMICAS;
- ESGOTAMENTO DEVIDO A CARGAS DINÂMICAS

ESTADO LIMITE SERVIÇO



ESTADO LIMITE SERVIÇO

- DURABILIDADE DA ESTRUTURA;
- APARÊNCIA DA ESTRUTURA;
- CONFORTO DO USUÁRIO;
- BOA UTILIZAÇÃO FUNCIONAL;



ESTADO LIMITE SERVIÇO

- FORMAÇÃO DE FISSURAS (ELS-F);
- ABERTURA DE FISSURAS (ELS-W);
- DEFORMAÇÃO EXCESSIVA (ELS-DEF);
- VIBRAÇÕES EXCESSIVAS (ELS-VE)

COMBINAÇÕES DE AÇÕES



COMBINAÇÕES QUASE PERMANENTES

- Os estados limites de utilização decorrem de ações cujas combinações podem ter diferentes ordens de grandeza de permanência na estrutura.
- Combinações Quase Permanente;
- Combinações Frequentes;
- Combinações Raras;



COMBINAÇÕES QUASE PERMANENTES

- Ações podem atuar na estrutura durante mais da metade do seu período de vida;
- $F_{d,ser} = \sum F_{gi,k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{qj,k}$
- $F_{d,ser}$ - Valor de cálculo das ações para combinações de serviço;
- ψ_2 - *Fator redução de combinação quase permanente para o ELS*

COMBINAÇÕES FREQUENTES DE SERVIÇO

- Ações que se repetem, durante o período de vida da estrutura, em torno de 10^5 vezes em 50 anos ou que tenham duração total igual a uma parte não desprezível desse período da ordem de 5%
- $F_{d,ser} = \sum F_{gi,k} + \psi_1 \cdot F_{q1,k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{qj,k}$
- $F_{d,ser}$ - Valor de cálculo das ações para combinações de serviço;
- ψ_1 - *Fator redução de combinação frequente para o ELS*



COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES – ELU E ELS



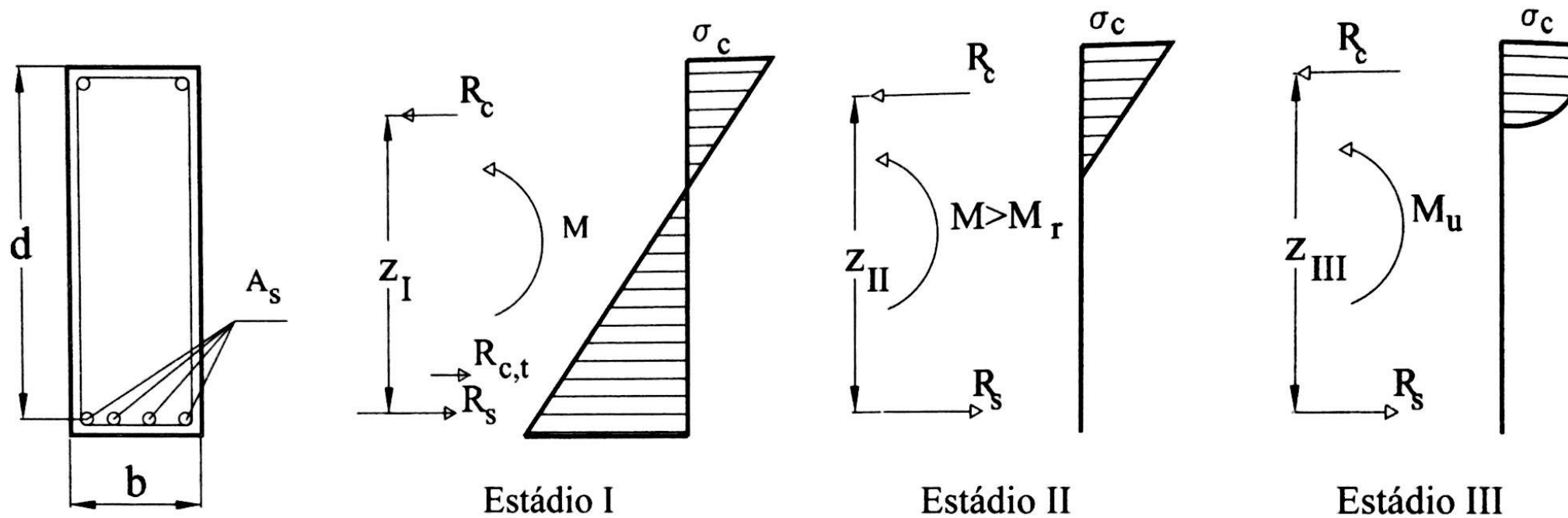
Tabela 11.2 – Valores do coeficiente γ_f

Ações		γ_f		
		ψ_0	ψ_1^a	ψ_2
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^b	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas ^c	0,7	0,6	0,4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3

^a Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente para os problemas de fadiga, ver Seção 23.
^b Edifícios residenciais.
^c Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos.

CÁLCULO FLECHA EM VIGAS

ESTÁDIOS DE DEFORMAÇÃO



INÉRCIA EQUIVALENTE – SEGUNDO NBR 6118



$$I_{eq} = \left(\frac{M_r}{M} \right)^3 I_c + \left[1 - \left(\frac{M_r}{M} \right)^3 \right] I_2 \leq I_c$$

onde

I_c = momento de inércia da seção de concreto simples;

I_2 = momento de inércia da seção de concreto armado no estágio II puro;

M = momento fletor solicitante na seção crítica;

M_r = momento de fissuração.

UNIP

UNIVERSIDADE PAULISTA

INÉRCIA EQUIVALENTE – SEGUNDO NBR 6118

De acordo com a NBR-6118, o momento de fissuração é dado por

$$M_r = \frac{\alpha I_c f_{ct}}{y_t}$$

$$f_{ct} = 1,40 \left(\frac{f_{ck}}{10} \right)^{2/3}, \text{ MPa}$$

onde y_t é a distância do centroide da seção à fibra mais tracionada.

O coeficiente α tem os seguintes valores:

$\alpha = 1,2$ para seções T ou duplo T;

$\alpha = 1,5$ para seções retangulares.





CÁLCULO DA RIGIDEZ NO ESTÁDIO II

Tabela 6.5.3 - Coeficiente k_2 para o cálculo da rigidez no estágio II puro

Valores de k_2 para $\delta = 0,10$ $\lambda = \rho'/\rho$					
$n\rho$	$\lambda = 0$	$\lambda = 0,1$	$\lambda = 0,2$	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,4$
0,01	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
0,02	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
0,03	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
0,04	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
0,05	0,033	0,033	0,033	0,034	0,034
0,06	0,038	0,039	0,039	0,039	0,039
0,07	0,043	0,044	0,044	0,044	0,044
0,08	0,048	0,048	0,049	0,049	0,049
0,09	0,052	0,053	0,053	0,054	0,054
0,10	0,057	0,057	0,058	0,058	0,059
0,11	0,061	0,061	0,062	0,063	0,064
0,12	0,064	0,065	0,066	0,067	0,068
0,13	0,068	0,069	0,070	0,071	0,072
0,14	0,072	0,073	0,074	0,075	0,076
0,15	0,075	0,077	0,078	0,079	0,081
0,16	0,078	0,080	0,082	0,083	0,085
0,17	0,082	0,084	0,085	0,087	0,089
0,18	0,085	0,087	0,089	0,091	0,093
0,19	0,088	0,090	0,092	0,094	0,096
0,20	0,091	0,093	0,096	0,098	0,100

Taxa de Armadura:

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{bd}$$

Inércia:

$$I_c = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_2 = K_2 bd^3$$

Parâmetro n:

$$n = \frac{E_s}{E_{cs}}$$

Módulo Deformação Secante:

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci}$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \cdot \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$



FLECHA INICIAL

$$W(t_o) = \frac{5}{384} \frac{p_k l^4}{E_{cs} I_{eq}}$$

$$W = W(t_o) + \Delta W :$$



EFEITO FLUÊNCIA DO CONCRETO

$$\Delta W = \left[\frac{f(t) - f(t_o)}{1 + 50\rho'} \right] W(t_o)$$

A função $f(t)$ é dada por

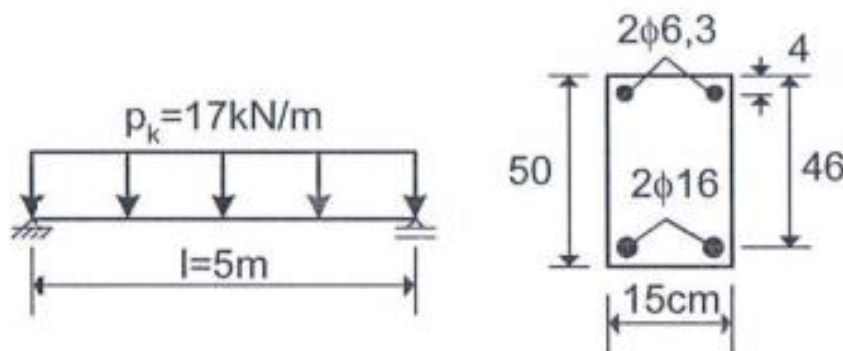
$$f(t) = 0,68 \times 0,996^t t^{0,32} \leq 2$$

com a idade t em meses.



EXEMPLO:

- Viga biapoiada submetida a uma carga de serviço p_k , uniformemente distribuída, aplicada em $t_0 = 28$ dias. $f_{ck} 20 \text{ MPa}$, aço CA – 50
coeficiente de fluência $\varphi = 2,5$; coeficiente de envelhecimento $\zeta = 0,8$; deformação específica de retração $\varepsilon_{cs} = 50 \times 10^{-5}$*





DESLOCAMENTOS LIMITES

Tabela 13.3 – Limites para deslocamentos

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$\ell/250$
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$\ell/350$
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	$\ell/250^a$
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	$\ell/350 + \text{contraflecha}^b$
			Ocorrido após a construção do piso	$\ell/600$
	Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento
		Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$\ell/500^c$ e 10 mm e $\theta = 0,0017 \text{ rad}^d$

UNIP

UNIVERSIDADE PAULISTA

FINALIZAÇÃO



PRÓXIMA AULA
