



PEF2602
Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



PÓRTICOS

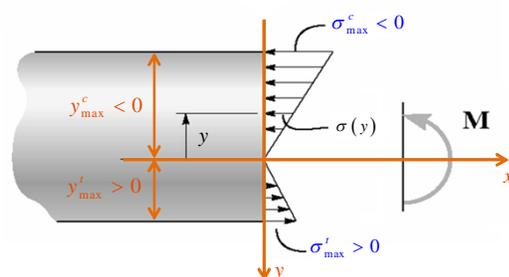
Aplicação em problemas de flexão composta

(Aula 10– 07/11/2016)

Professores

Ruy Marcelo O. Pauletti & Leila Meneghetti Valverdes
2º Semestre 2016

Módulos de Resistência à Flexão: W_c , W_t



$$\sigma = \frac{M}{I_{z0}} y$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{\min} = \sigma_{\max}^c = \frac{M}{I_{z0}} y_{\max}^c < 0 \Rightarrow W_c = \left| \frac{I_{z0}}{y_{\max}^c} \right| \Rightarrow \sigma_{\max}^c = -\frac{M}{W_c} \\ \sigma_{\max} = \sigma_{\max}^t = \frac{M}{I_{z0}} y_{\max}^t > 0 \Rightarrow W_t = \left| \frac{I_{z0}}{y_{\max}^t} \right| \Rightarrow \sigma_{\max}^t = \frac{M}{W_t} \end{array} \right.$$



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Módulos de Resistência à Flexão para seções simétricas em relação ao eixo x:

$$y_{\max}^c = -y_{\max}^t \quad \Rightarrow \quad W_c = W_t = W$$

$$\sigma_{\max}^{t,c} = \pm \frac{M}{W}$$

Na flexão composta:

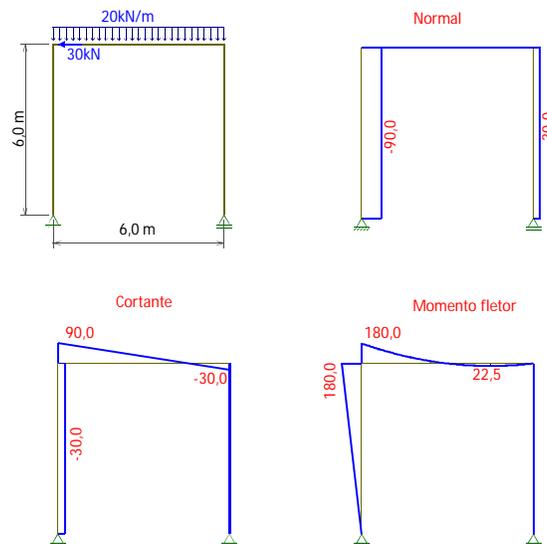
$$\sigma_{\max,\min} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Exemplo 1: escolha de bitola comercial em problema de flexão composta



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Flexão Composta

$$N_{\max} = -90kN; \quad M_{\max} = 180kNm \quad \text{Esforços máximos para a coluna da esquerda}$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \leq \bar{\sigma}$$

Arbitrando: $\bar{\sigma} = 200MPa$

Determinação dos parâmetros para escolha da bitola comercial

Chutes iniciais para σ_N e σ_M (bastante arbitrários!)

$$\sigma_N = \frac{N}{A} \approx \frac{\bar{\sigma}}{10} \Rightarrow A \approx \frac{10N}{\bar{\sigma}}$$

$$\therefore A = \frac{10 \times 90 \times 10^3}{200 \times 10^6} = 0.0045m^2 = 45cm^2$$

$$\sigma_M = \frac{M}{W} = 0.9\bar{\sigma} \Rightarrow W \approx \frac{M}{0.9\bar{\sigma}}$$

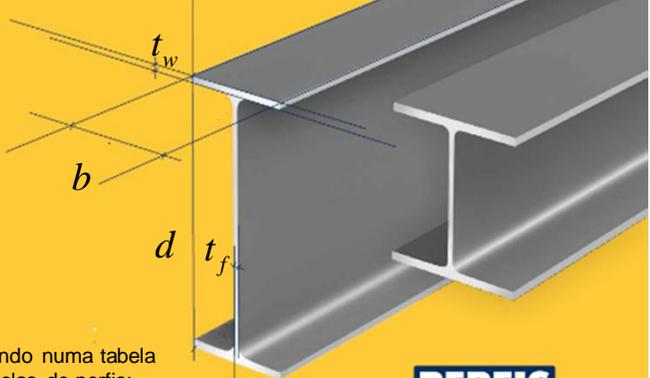
$$\therefore W = \frac{180 \times 10^3}{0.9 \times 200 \times 10^6} = 0.001m^3 = 1000cm^3$$



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



TABELA DE BITOLAS



Procurando numa tabela de bitolas de perfis:

PROPRIEDADES MECÂNICAS		
	ASTM A 572 Grau 50	AÇO COR 500
Limite de Escoamento (MPa)	345 min.	370 min.
Limite de Resistência (MPa)	450 min.	500 min.
Alongamento após ruptura, % (L = 200 mm)	18 min.	18 min.

Especificações de aço de acordo com a Norma NBR 7007:2002 são A1 350 e A1 350 COR, respectivamente.

PERFIS
GERDAU AÇOMINAS

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Procurando numa tabela de bitolas de perfis:



W360x64:
A=81.7cm² ; W=1031cm³

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	ESPESSURA				h mm	d'	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y			
			b ₁ mm	t ₁ mm	t ₂ mm	t ₃ mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³
W 250 x 17.9	251	101	4.8	5.3	240	220		2.291	9.96	211.0	91	18.1	1.99	28.8			
W 250 x 22.3	254	102	5.8	6.9	240	220		2.939	10.09	267.7	123	24.1	2.06	38.4			
W 250 x 25.3	257	102	6.1	8.4	240	220		3.473	10.31	311.1	148	29.3	2.14	46.4			
W 250 x 28.4	260	102	6.4	10.0	240	220		4.046	10.51	357.3	178	34.8	2.20	54.9			
W 250 x 32.7	258	146	6.1	9.1	240	220		4.637	10.83	428.5	473	64.8	3.35	95.7			
W 250 x 38.5	262	147	6.6	11.2	240	220		6.057	11.05	517.8	594	80.8	3.46	124.1			
W 250 x 44.8	268	148	7.6	13.0	240	220		7.158	11.15	606.3	704	95.1	3.50	146.4			
HP 250 x 62.0 (H)	246	256	10.5	10.7	225	201		8.728	10.47	790.5	2.995	234.0	6.13	357.8			
W 250 x 73.0 (H)	253	254	8.6	14.2	225	201		11.257	11.02	983.3	3.880	305.5	6.47	483.1			
W 250 x 80.0 (H)	256	255	9.4	15.6	225	201		12.550	11.10	1.088.7	4.313	338.3	6.51	513.1			
HP 250 x 85.0 (H)	254	260	14.4	14.4	225	201		12.280	10.64	1.093.2	4.225	325.0	6.24	499.6			
W 250 x 89.0 (H)	260	256	10.7	17.3	225	201		14.237	11.18	1.224.4	4.841	378.2	6.52	574.3			
W 250 x 101.0 (H)	264	257	11.9	19.6	225	201		16.352	11.27	1.395.0	5.549	431.8	6.57	658.3			
W 250 x 115.0 (H)	269	259	13.5	22.1	225	201		18.920	11.38	1.597.4	6.405	494.6	6.62	752.7			
W 310 x 21.0	303	101	5.1	5.7	292	272		3.776	11.77	291.9	98	19.5	1.90	31.4			
W 310 x 23.8	305	101	5.6	6.7	292	272		4.346	11.89	333.2	116	22.9	1.94	36.9			
W 310 x 28.3	309	102	6.0	8.9	291	271		5.500	12.28	412.0	158	31.0	2.08	49.4			
W 310 x 32.7	313	102	6.6	10.8	291	271		6.570	12.49	485.3	192	37.6	2.13	59.8			
W 310 x 38.7	310	165	5.8	9.7	291	271		8.581	13.14	615.4	247	48.1	3.82	134.9			
W 310 x 44.5	313	166	6.6	11.2	291	271		9.997	13.22	712.8	285	103.0	3.87	159.0			
W 310 x 62.0	317	167	7.8	13.2	291	271		11.909	13.33	842.5	1.026	122.9	3.91	188.8			
HP 310 x 79.0 (H)	299	306	11.0	11.0	277	245		16.316	12.77	1.210.1	5.258	343.7	7.25	525.4			
HP 310 x 93.0 (H)	303	308	13.1	13.1	277	245		19.682	12.85	1.450.3	6.387	414.7	7.32	635.5			
W 310 x 97.0 (H)	308	305	9.9	15.4	277	245		22.284	13.43	1.594.2	7.286	477.8	7.68	725.0			
W 310 x 107.0 (H)	311	306	10.9	17.0	277	245		24.839	13.49	1.768.2	8.123	530.9	7.72	806.1			
HP 310 x 110.0 (H)	308	310	15.4	15.5	277	245		23.703	12.97	1.730.6	7.707	497.3	7.39	763.7			
W 310 x 117.0 (H)	314	307	11.9	18.7	277	245		27.563	13.56	1.952.6	9.024	587.9	7.76	893.1			
HP 310 x 125.0 (H)	312	312	17.4	17.4	277	245		27.076	13.05	1.963.3	8.823	565.6	7.45	870.6			
W 360 x 32.8	349	127	5.8	8.5	332	308		8.559	14.09	547.8	291	45.9	2.63	72.0			
W 360 x 39.0	353	128	6.5	10.7	332	308		10.331	14.35	667.7	375	58.6	2.73	91.9			
W 360 x 44.0	352	171	6.9	9.8	332	308		12.258	14.58	784.3	818	95.7	3.77	148.0			
W 360 x 51.0	355	171	7.2	11.6	332	308		14.222	14.81	899.5	968	113.3	3.87	174.7			
W 360 x 57.8	358	172	7.9	13.1	332	308		16.143	14.92	1.014.8	1.113	129.4	3.92	199.8			
W 360 x 72.0	350	204	8.6	15.1	320	288		20.169	14.86	1.285.9	2.140	209.8	4.84	321.8			
W 360 x 79.0	354	205	9.4	16.8	320	288		22.713	14.98	1.437.0	2.416	235.7	4.89	361.9			
W 360 x 91.0 (H)	363	254	9.5	16.4	320	288		26.785	15.19	1.680.1	4.483	353.0	6.22	535.1			
W 360 x 101.0 (H)	357	255	10.5	18.3	320	288		30.279	15.29	1.888.9	5.063	397.1	6.25	606.1			
W 360 x 110.0 (H)	360	256	11.4	19.9	320	288		33.155	15.36	2.059.3	5.570	435.2	6.29	664.5			
W 360 x 122.0 (H)	363	257	13.0	21.7	320	288		36.599	15.35	2.269.8	6.147	478.4	6.29	732.4			

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Tabela Gerdau: W360x64: A=81.7cm² e W=1031cm³

$$N_{max} = -90kN; \quad M_{max} = 180kNm$$

$$\frac{90 \times 10^3}{81.7 \times 10^{-4}} \pm \frac{180 \times 10^3}{1031 \times 10^{-6}} = 11 \times 10^6 \pm 175 \times 10^6$$

Inspecionando ulteriormente a tabela Gerdau, encontra-se ainda W410x60: A=76.2cm² e W=1067cm³:

$$\frac{90 \times 10^3}{76.2 \times 10^{-4}} \pm \frac{180 \times 10^3}{1067 \times 10^{-6}} = 181 \times 10^6 < \bar{\sigma}$$

Escolhe-se a segunda alternativa, de menor consumo! (60kg/m)

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



P2-Q2-2012 (5,0): A Figura mostra os carregamentos em um pórtico plano e os correspondentes esforços solicitantes. Em função destes esforços, identifique o membro mais solicitado e escolha uma bitola comercial para seu dimensionamento, em função das tensões normais a que o mesmo fica sujeito.

Desconsidere problemas de estabilidade e admita uma tensão admissível $\bar{\sigma}$ definida a partir do penúltimo algarismo de seu número USP, conforme a expressão:

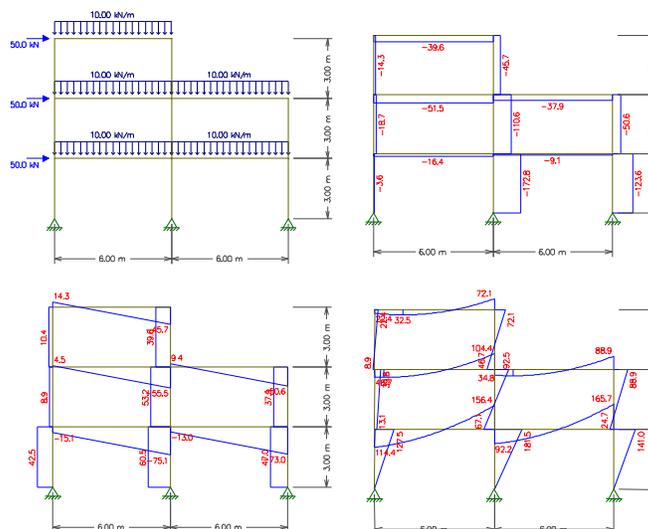
$$\bar{\sigma} = \begin{cases} 200MPa, & \text{se } m \text{ for par} \\ 240MPa, & \text{se } m \text{ for ímpar} \end{cases}$$

A escolha do perfil deve garantir a segurança e minimizar o consumo de material. Determine as tensões normais máximas atuando no membro mais solicitado, bem como o seu peso total.

Sugestão: admita $\bar{\sigma}_N = \frac{\bar{\sigma}}{10}$ e $\bar{\sigma}_M = \frac{9\bar{\sigma}}{10}$



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Resolução:
$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \leq \bar{\sigma} = 200MPa$$

A peça mais solicitada é o pilar intermediário do piso térreo, para o qual $N = -172,8kN$

$$M = 181,5kNm$$

$$A \geq \frac{10N}{\bar{\sigma}} = \frac{10 \times 172,8 \times 10^3}{200 \times 10^6} = 0,0086m^2 = 86,4cm^2$$

$$W \geq \frac{10M}{9\bar{\sigma}} = \frac{10 \times 181,5 \times 10^3}{9 \times 200 \times 10^6} = 0,001008m^3 = 1008cm^3$$

Partindo destes valores, escolhe-se W360x72, para o qual se obtém,

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	ESPESSURA						Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y			
		d	b ₁	t _w	t _f	h	d'		I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y
W 360 x 32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	9.358	14,09	547,6	291	45,9	2,83	72,0			
W 360 x 39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	10.331	14,35	657,7	375	58,6	2,73	91,9			
W 360 x 44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	12.258	14,58	784,3	818	95,7	3,77	148,0			
W 360 x 51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	14.222	14,81	899,5	968	113,3	3,87	174,7			
W 360 x 57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	16.143	14,92	1.014,8	1.113	129,4	3,92	199,8			
W 360 x 64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	17.890	14,80	1.145,5	1.885	185,7	4,80	284,5			
W 360 x 72,0	354	205	9,4	16,8	320	288	22.713	14,86	1.285,9	2.140	209,8	4,84	321,8			
W 360 x 91,0 (H)	353	254	9,5	16,4	320	288	26.795	14,98	1.437,0	2.416	235,7	4,89	361,9			
W 360 x 101,0 (H)	357	255	10,5	18,3	320	288	30.279	15,19	1.680,1	4.483	353,0	6,22	536,1			
W 360 x 110,0 (H)	360	256	11,4	19,9	320	288	33.155	15,29	1.888,9	5.063	397,1	6,25	606,1			
W 360 x 122,0 (H)	363	257	13,0	21,7	320	288	36.599	15,36	2.059,3	5.570	435,2	6,29	664,5			

$$\left. \begin{array}{l} A = 91,3cm^2 \\ W = 1152,5cm^3 \\ \mu = 72kg / m \end{array} \right\} \sigma_c^{\max} = -\frac{172,8 \times 10^3}{91,3 \times 10^{-4}} - \frac{181,5 \times 10^3}{1152,5 \times 10^{-6}} = 176,41 \times 10^6 \frac{N}{m^2} = 176,4MPa$$

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Porém com o perfil imediatamente anterior, W360x64 , obtém-se

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	ESPESSURA						Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y			
		d	b ₁	t _w	t _f	h	d'		I _x	W _x	r _x	Z _x	I _y	W _y	r _y	Z _y
W 360 x 32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	9.358	14,09	547,6	291	45,9	2,83	72,0			
W 360 x 39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	10.331	14,35	657,7	375	58,6	2,73	91,9			
W 360 x 44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	12.258	14,58	784,3	818	95,7	3,77	148,0			
W 360 x 51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	14.222	14,81	899,5	968	113,3	3,87	174,7			
W 360 x 57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	16.143	14,92	1.014,8	1.113	129,4	3,92	199,8			
W 360 x 64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	17.890	14,80	1.145,5	1.885	185,7	4,80	284,5			
W 360 x 72,0	350	204	8,6	15,1	320	288	20.169	14,86	1.285,9	2.140	209,8	4,84	321,8			
W 360 x 79,0	354	205	9,4	16,8	320	288	22.713	14,98	1.437,0	2.416	235,7	4,89	361,9			
W 360 x 91,0 (H)	353	254	9,5	16,4	320	288	26.795	15,19	1.680,1	4.483	353,0	6,22	536,1			
W 360 x 101,0 (H)	357	255	10,5	18,3	320	288	30.279	15,29	1.888,9	5.063	397,1	6,25	606,1			
W 360 x 110,0 (H)	360	256	11,4	19,9	320	288	33.155	15,36	2.059,3	5.570	435,2	6,29	664,5			
W 360 x 122,0 (H)	363	257	13,0	21,7	320	288	36.599	15,35	2.269,8	6.147	478,4	6,29	732,4			

$$\left. \begin{array}{l} A = 81,7cm^2 \\ W = 1031,1cm^3 \\ \mu = 64kg / m \end{array} \right\} \sigma_c^{\max} = -\frac{172,8 \times 10^3}{81,7 \times 10^{-4}} - \frac{181,5 \times 10^3}{1031,1 \times 10^{-6}} = 197,2 \times 10^6 \frac{N}{m^2} = 197,2MPa < \bar{\sigma}$$

Logo a escolha mais econômica recai sobre o perfil W360x64, resultando uma massa total

$$m = 64 \times 3 = 192kg$$



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

