

PEF2602
Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

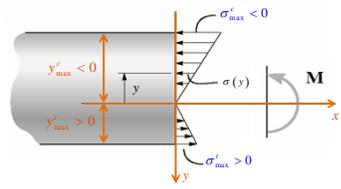
PÓRTICOS

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:

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

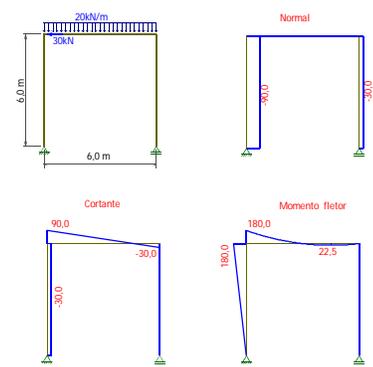
$$\sigma_{\max}^{t,c} = \pm \frac{M}{W}$$

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

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

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

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

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

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

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 mín.	370 mín.
Limite de Resistência (MPa)	450 mín.	500 mín.
Alongamento após ruptura, N.L.T. > 200 mm	18 mín.	18 mín.

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

Procurando numa tabela de bitolas de perfis:

W360x64:
A=81.7cm²; W=1031cm³

BITOLA	Massa kg/m	ESPESURA				A _{req} cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y			
		d	t _w	t _f	h		I _x cm ⁴	W _x cm ³	Z _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	Z _y cm		
W200x22.3	254	102	5.8	8.9	240	2020	9.36	210	95	11	1.95	29.8		
W200x28.4	261	102	6.4	10.0	240	2440	10.51	227.3	178	34.3	2.29	54.9		
W200x35.5	282	147	6.5	11.2	240	3057	11.05	217.8	594	60.8	3.48	124.1		
W200x44.8	298	146	7.8	13.0	240	3758	12.04	266.8	704	95	3.30	144.4		
W200x52.0 (H)	325	155	9.5	15.7	225	4728	14.47	295.5	2069	242.0	4.13	207.8		
W200x53.0 (H)	293	245	6.6	14.2	225	3129	11.02	193.3	3480	356.5	6.47	443.1		
W200x60.0 (H)	250	225	9.4	15.5	225	4150	11.50	198.7	4313	335.3	5.51	513.1		
W200x69.0 (H)	264	240	14.4	14.4	225	3128	10.94	199.9	4220	326.3	6.24	498.8		
W200x80.0 (H)	285	290	10.7	17.3	225	4423	11.18	224.4	4461	316.2	6.52	514.9		
W200x95.0 (H)	264	265	11.8	19.8	240	3128	11.27	138.6	5549	433.8	6.97	646.3		
W200x115.0 (H)	290	290	13.5	22.1	225	4192	11.38	197.4	6425	494.6	6.62	732.7		
W200x130	305	191	8.1	19.7	240	3778	11.71	201.8	69	19.8	1.96	214.4		
W200x138	305	191	5.8	8.7	292	4340	11.89	333.2	116	22.9	1.94	26.9		
W200x140	305	191	6.0	8.8	291	4340	12.00	403.0	190	32.9	2.96	444.8		
W200x142	313	102	6.8	10.8	291	4171	12.49	485.3	192	37.8	2.13	59.8		
W200x145	313	102	6.8	10.8	291	4171	13.04	616.8	227	68.1	3.92	144.9		
W200x146	313	161	6.6	11.2	291	4197	13.22	712.8	65	103.0	3.87	165.0		
W200x149	317	167	7.6	11.2	291	4199	13.92	862.6	1408	322.9	3.91	198.8		
W200x150 (H)	295	305	11.0	11.0	277	4631	12.71	1216.1	5208	343.7	7.29	624.4		
W200x160 (H)	300	308	13.1	13.1	277	3482	13.82	1426.3	6347	414.7	7.32	635.5		
W200x162 (H)	300	305	9.9	14.4	277	4453	13.85	1584.2	7209	477.3	7.68	725.0		
W200x169 (H)	311	308	10.9	17.0	277	3483	13.48	1386.2	6120	530.9	7.72	641.1		
W200x170 (H)	300	310	15.4	15.5	277	2570	12.97	1230.6	7707	497.3	7.39	763.7		
W200x175 (H)	314	307	10.9	16.7	245	2786	13.95	1662.6	9104	597.9	7.96	803.1		
W200x175 (H)	312	312	17.4	17.4	277	2707	13.05	1963.3	8823	566.6	7.45	870.9		
W200x180	346	147	9.8	14.8	308	4396	14.69	1607.8	261	45.8	2.93	336.0		
W200x180	353	128	6.5	10.7	302	3638	14.35	697.7	375	58.8	2.73	91.9		
W200x180	360	245	11.4	16.8	302	4128	14.26	794.3	161	96.3	3.77	146.8		
W200x180	355	171	7.2	11.6	302	3638	14.22	690.5	666	113.3	3.87	114.7		
W200x180	375	171	11.3	11.6	302	4154	14.22	671.6	111	125.1	3.92	115.1		
W200x190	354	205	8.8	15.1	300	4619	14.96	1203.9	2332	209.6	4.24	343.8		
W200x190	350	205	6.4	16.8	300	4228	14.46	1417.0	2418	225.7	4.89	291.9		
W200x190	353	294	8.5	16.4	300	3679	15.76	1486.1	4443	353.0	6.92	584.1		
W200x190	337	295	10.5	16.3	300	3627	15.29	1688.9	5063	391.1	6.26	666.1		
W200x190	360	245	11.4	16.8	300	4156	15.26	2099.6	5370	426.2	6.26	666.5		
W200x190	363	297	13.0	21.7	300	3659	15.35	2269.8	6147	478.4	6.29	732.4		

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

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

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

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

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

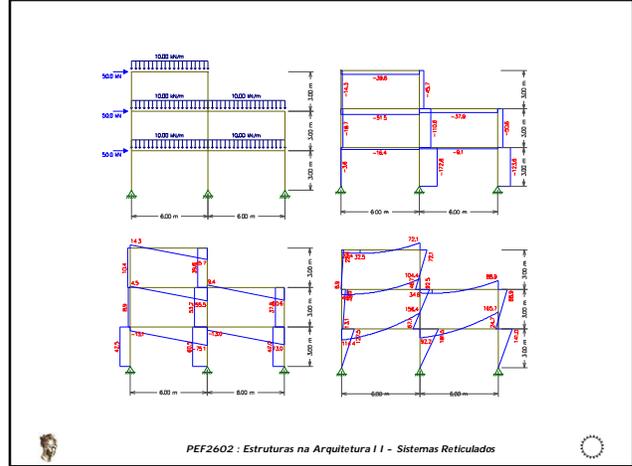
P2-Q2-2012 (5,0): A Figura mostra os carregamentos em um pórtico plano e os correspondentes esforços solicitantes. Em função destes esforços, identifique o membro mais solicitado e escolha uma bitola comercial para seu dimensionamento, em função das tensões normais a que o mesmo fica sujeito.

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 $\bar{\sigma}_M = \frac{9\bar{\sigma}}{10}$



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	ESPESURA						EIXO X - X				EIXO Y - Y								
	t	t _l	t _w	t _f	t _{fl}	t _{ft}	A _{area} cm ²	I _x cm ⁴	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	Z _y cm ³	I _{xy} cm ⁴	I _{xy} cm ⁴	Z _{xy} cm ³					
W 360 x 30,0	5,0	12,0	6,5	10,7	332	308	10,331	89,90	397,3	41,6	2,43	2,24	14,90	247,9	291	45,8	2,83	72,8	
W 360 x 36,0	5,5	12,5	6,8	11,1	332	308	10,331	113,5	467,7	375	58,6	2,73	91,8	14,50	467,7	375	58,6	2,73	91,8
W 360 x 44,0	6,0	13,0	7,2	11,6	332	308	14,272	143,8	784,3	816	96,7	3,77	148,0	14,80	784,3	816	96,7	3,77	148,0
W 360 x 51,0	6,5	13,5	7,7	12,1	332	308	16,722	181,1	999,3	966	113,3	3,87	174,7	14,80	999,3	966	113,3	3,87	174,7
W 360 x 57,0	7,0	14,0	8,2	12,6	332	308	19,172	220,4	1294,8	1119	129,4	3,92	199,9	14,80	1294,8	1119	129,4	3,92	199,9
W 360 x 64,0	7,5	14,5	8,7	13,1	332	308	21,622	261,7	1645,3	1248	150,7	4,00	224,5	14,80	1645,3	1248	150,7	4,00	224,5
W 360 x 72,0	8,0	15,0	9,2	13,6	332	308	24,072	304,0	2145,8	1302	172,0	4,08	259,8	14,80	2145,8	1302	172,0	4,08	259,8
W 360 x 81,0	8,5	15,5	9,7	14,1	332	308	26,522	348,3	2746,3	1356	191,3	4,16	294,8	14,80	2746,3	1356	191,3	4,16	294,8
W 360 x 90,0	9,0	16,0	10,2	14,6	332	308	28,972	393,6	3446,8	1410	212,6	4,24	340,0	14,80	3446,8	1410	212,6	4,24	340,0
W 360 x 101,0	9,5	16,5	10,7	15,1	332	308	31,422	439,9	4247,3	1464	233,9	4,32	385,3	14,80	4247,3	1464	233,9	4,32	385,3
W 360 x 113,0	10,0	17,0	11,2	15,6	332	308	33,872	486,2	5147,8	1518	255,2	4,40	430,6	14,80	5147,8	1518	255,2	4,40	430,6
W 360 x 126,0	10,5	17,5	11,7	16,1	332	308	36,322	532,5	6048,3	1572	276,5	4,48	475,9	14,80	6048,3	1572	276,5	4,48	475,9
W 360 x 141,0	11,0	18,0	12,2	16,6	332	308	38,772	578,8	7048,8	1626	297,8	4,56	521,2	14,80	7048,8	1626	297,8	4,56	521,2
W 360 x 157,0	11,5	18,5	12,7	17,1	332	308	41,222	625,1	8049,3	1680	319,1	4,64	566,5	14,80	8049,3	1680	319,1	4,64	566,5
W 360 x 174,0	12,0	19,0	13,2	17,6	332	308	43,672	671,4	9049,8	1734	340,4	4,72	611,8	14,80	9049,8	1734	340,4	4,72	611,8
W 360 x 192,0	12,5	19,5	13,7	18,1	332	308	46,122	717,7	10050,3	1788	361,7	4,80	657,1	14,80	10050,3	1788	361,7	4,80	657,1
W 360 x 210,0	13,0	20,0	14,2	18,6	332	308	48,572	764,0	11050,8	1842	383,0	4,88	702,4	14,80	11050,8	1842	383,0	4,88	702,4

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

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

BITOLA mm x kg/m	ESPESURA						EIXO X - X				EIXO Y - Y								
	t	t _l	t _w	t _f	t _{fl}	t _{ft}	A _{area} cm ²	I _x cm ⁴	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	Z _y cm ³	I _{xy} cm ⁴	I _{xy} cm ⁴	Z _{xy} cm ³					
W 360 x 30,0	5,0	12,0	6,5	10,7	332	308	10,331	89,90	397,3	41,6	2,43	2,24	14,90	247,9	291	45,8	2,83	72,8	
W 360 x 36,0	5,5	12,5	6,8	11,1	332	308	10,331	113,5	467,7	375	58,6	2,73	91,8	14,50	467,7	375	58,6	2,73	91,8
W 360 x 44,0	6,0	13,0	7,2	11,6	332	308	14,272	143,8	784,3	816	96,7	3,77	148,0	14,80	784,3	816	96,7	3,77	148,0
W 360 x 51,0	6,5	13,5	7,7	12,1	332	308	16,722	181,1	999,3	966	113,3	3,87	174,7	14,80	999,3	966	113,3	3,87	174,7
W 360 x 57,0	7,0	14,0	8,2	12,6	332	308	19,172	220,4	1294,8	1119	129,4	3,92	199,9	14,80	1294,8	1119	129,4	3,92	199,9
W 360 x 64,0	7,5	14,5	8,7	13,1	332	308	21,622	261,7	1645,3	1248	150,7	4,00	224,5	14,80	1645,3	1248	150,7	4,00	224,5
W 360 x 72,0	8,0	15,0	9,2	13,6	332	308	24,072	304,0	2145,8	1302	172,0	4,08	259,8	14,80	2145,8	1302	172,0	4,08	259,8
W 360 x 81,0	8,5	15,5	9,7	14,1	332	308	26,522	348,3	2746,3	1356	191,3	4,16	294,8	14,80	2746,3	1356	191,3	4,16	294,8
W 360 x 90,0	9,0	16,0	10,2	14,6	332	308	28,972	393,6	3446,8	1410	212,6	4,24	340,0	14,80	3446,8	1410	212,6	4,24	340,0
W 360 x 101,0	9,5	16,5	10,7	15,1	332	308	31,422	439,9	4247,3	1464	233,9	4,32	385,3	14,80	4247,3	1464	233,9	4,32	385,3
W 360 x 113,0	10,0	17,0	11,2	15,6	332	308	33,872	486,2	5147,8	1518	255,2	4,40	430,6	14,80	5147,8	1518	255,2	4,40	430,6
W 360 x 126,0	10,5	17,5	11,7	16,1	332	308	36,322	532,5	6048,3	1572	276,5	4,48	475,9	14,80	6048,3	1572	276,5	4,48	475,9
W 360 x 141,0	11,0	18,0	12,2	16,6	332	308	38,772	578,8	7048,8	1626	297,8	4,56	521,2	14,80	7048,8	1626	297,8	4,56	521,2
W 360 x 157,0	11,5	18,5	12,7	17,1	332	308	41,222	625,1	8049,3	1680	319,1	4,64	566,5	14,80	8049,3	1680	319,1	4,64	566,5
W 360 x 174,0	12,0	19,0	13,2	17,6	332	308	43,672	671,4	9049,8	1734	340,4	4,72	611,8	14,80	9049,8	1734	340,4	4,72	611,8
W 360 x 192,0	12,5	19,5	13,7	18,1	332	308	46,122	717,7	10050,3	1788	361,7	4,80	657,1	14,80	10050,3	1788	361,7	4,80	657,1
W 360 x 210,0	13,0	20,0	14,2	18,6	332	308	48,572	764,0	11050,8	1842	383,0	4,88	702,4	14,80	11050,8	1842	383,0	4,88	702,4

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

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

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