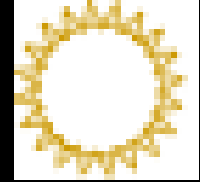




EP-USP

PEF2602
Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados
2º Semestre 2014



FAU-USP

PÓRTICOS - 2

Ruy Marcelo de Oliveira Pauletti
10/11/2014

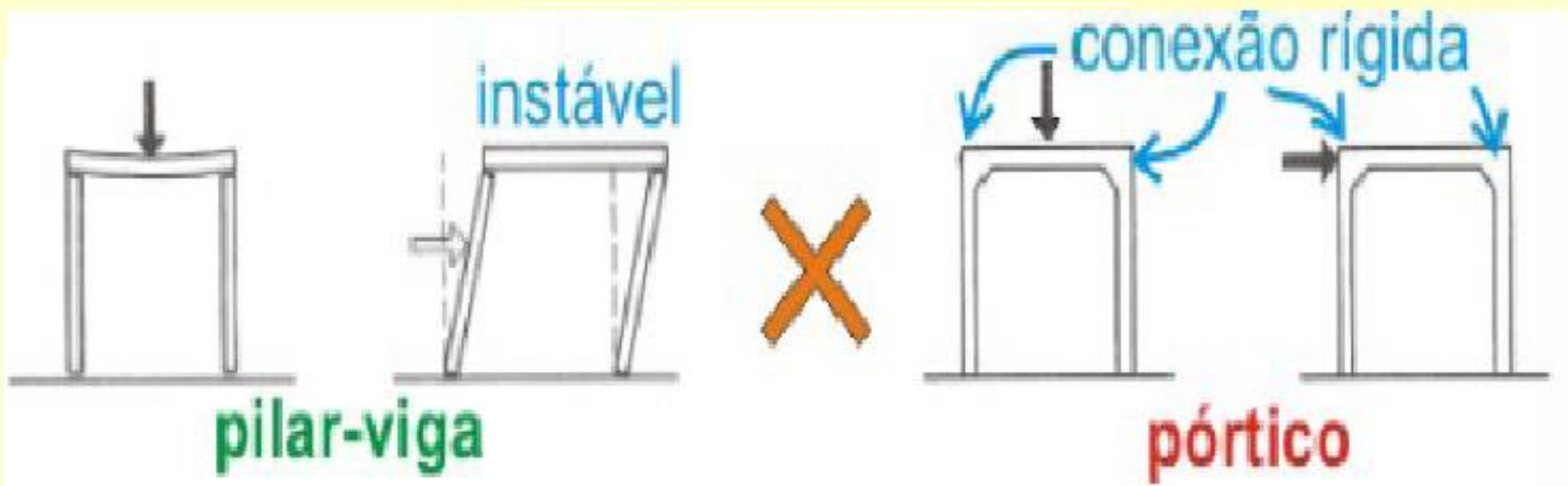


Hong Kong, China: Metro/Urban Population: 6.9 million

Pórticos

Sistemas reticulados compostos por elementos lineares resistentes à flexão composta, e conectados por suas extremidades de forma a não permitir rotações relativas ('conexões rígidas').

Os membros de um pórtico são em geral capazes de resistir a esforços normais, cortante e de flexão, e são comumente usados em padrões repetitivos, resultando em estruturas hiperestáticas.



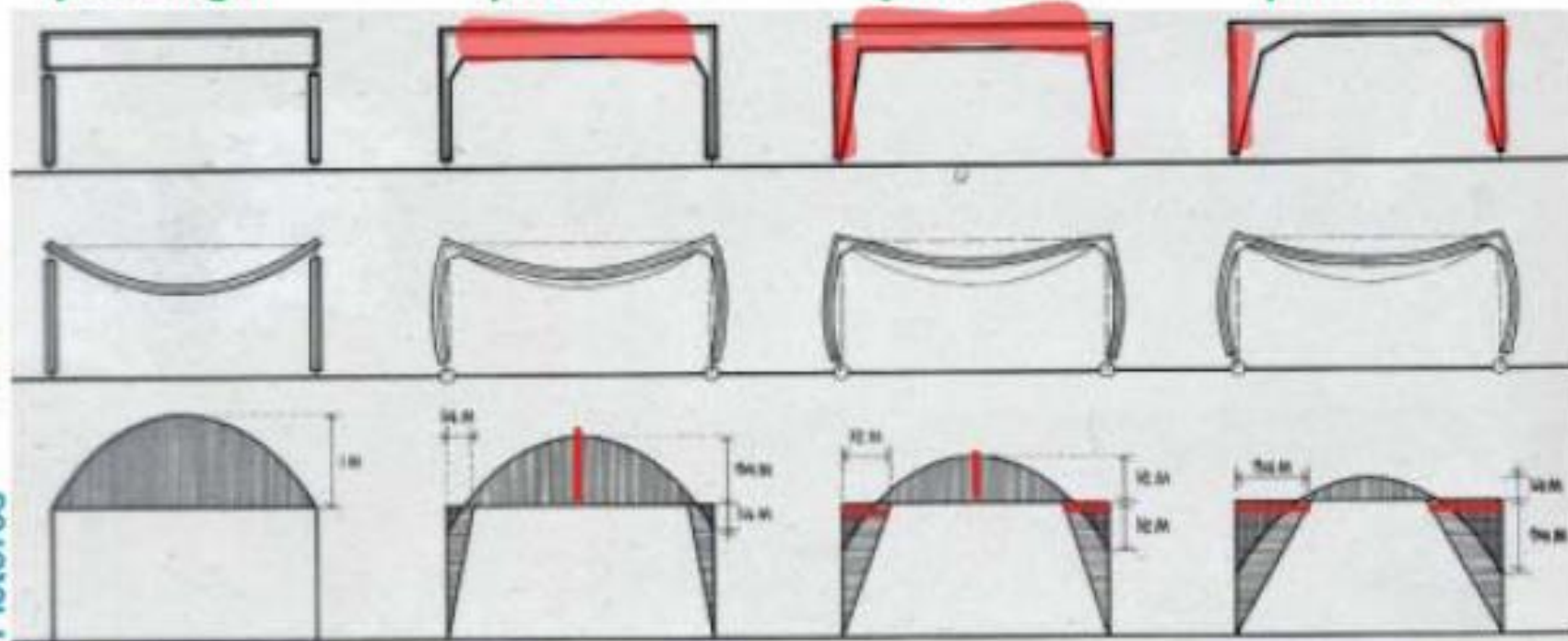
Momentos
deflexão
Fletores

pilar-viga

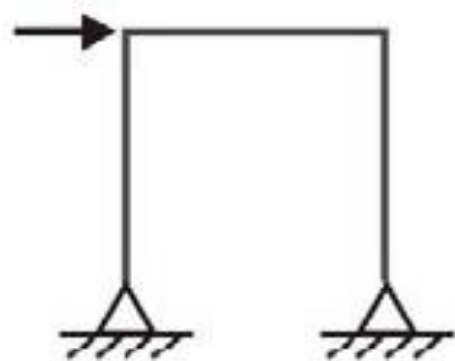
pórtico 1

pórtico 2

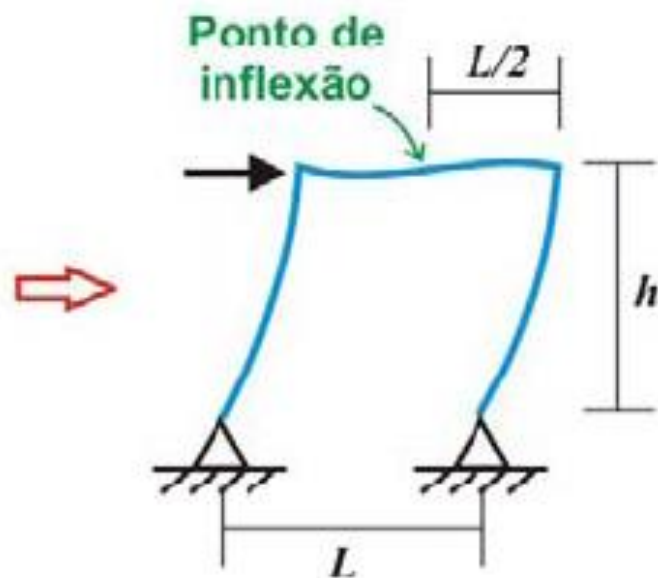
pórtico 3



elementos mais rígidos
atraem mais esforços



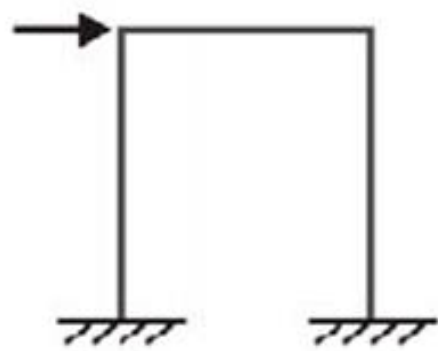
Pórtico
bi-apoiado



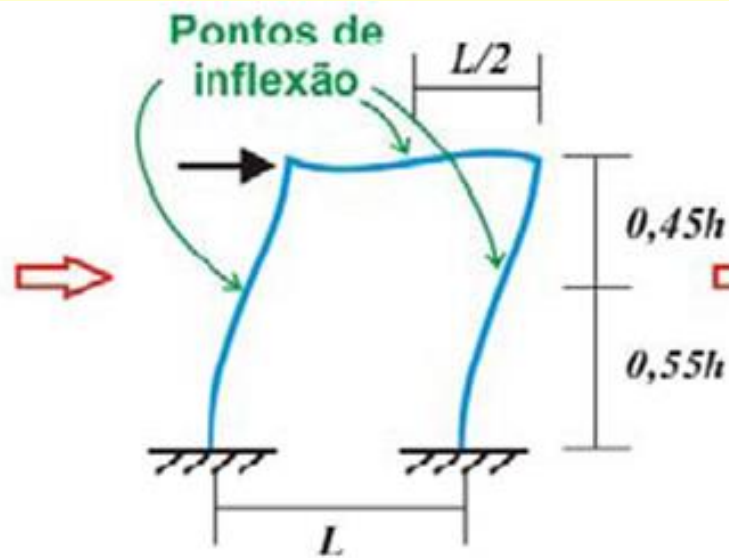
Deflexão



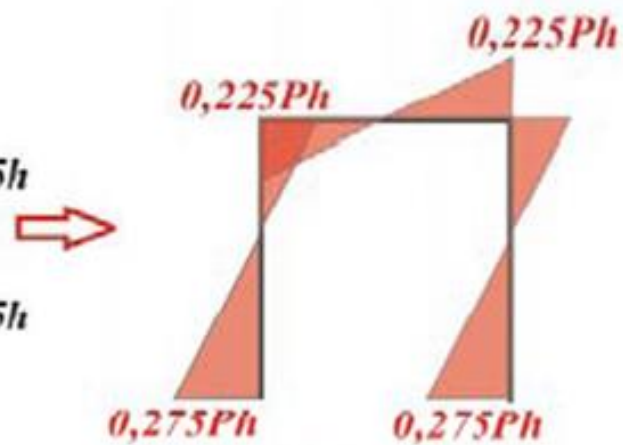
Mom. Flet.



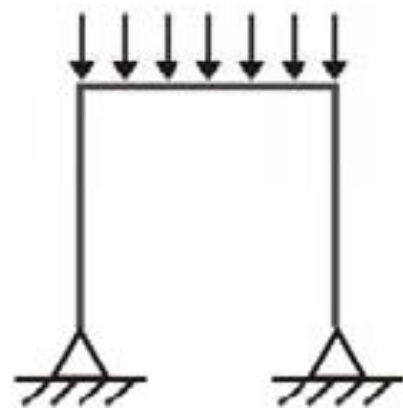
Pórtico
bi-engastado



Deflexão



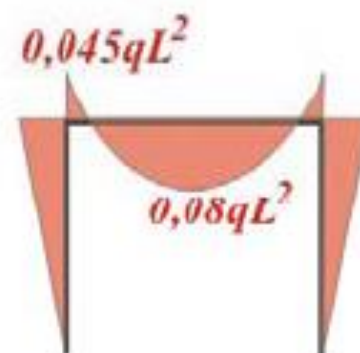
Mom. Flet.



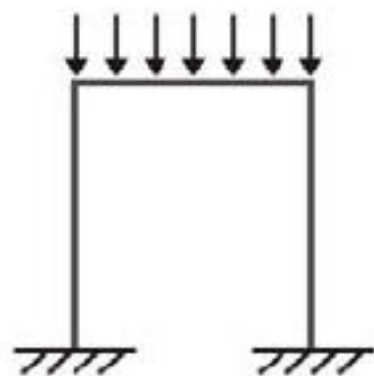
Pórtico
bi-apoiado



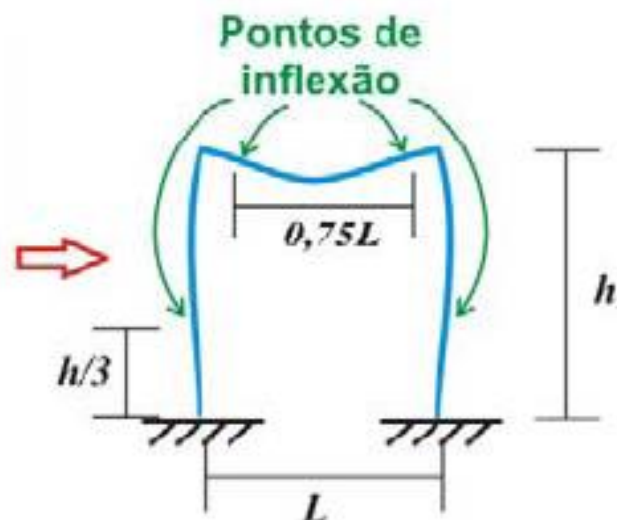
Deflexão



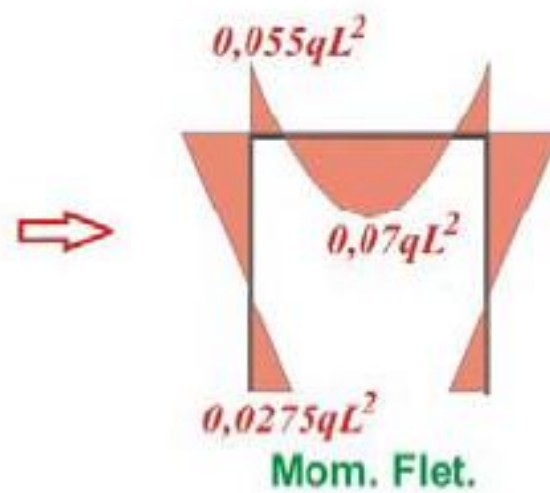
Mom. Flet.



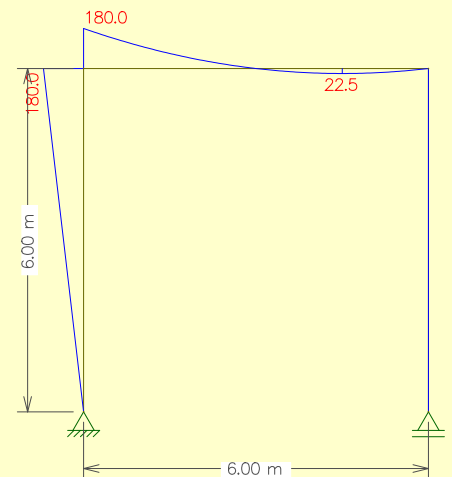
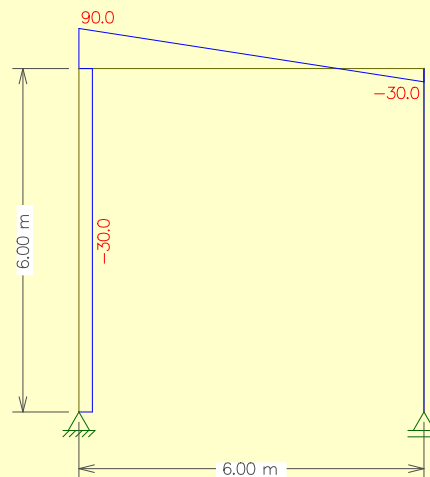
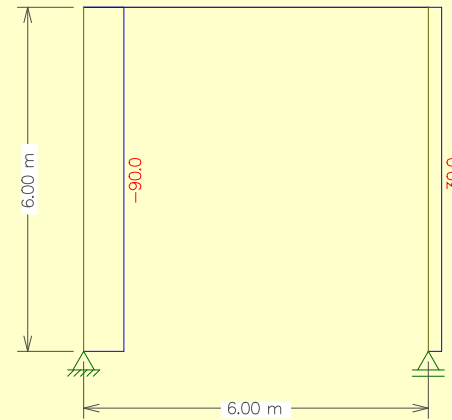
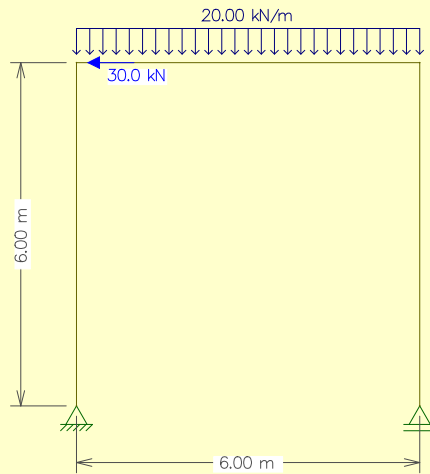
Pórtico
bi-engastado



Deflexão



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



Flexão Composta

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

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

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

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

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

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

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

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _i mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y			
				t _w mm	t _i 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	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2.291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2.939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3.473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4.046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4.937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6.057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7.158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8.728	709,6	10,47	790,5	2.995	234,0	6,13	357,8
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11.257	889,9	11,02	983,3	3.880	305,5	6,47	463,1
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12.550	980,5	11,10	1.088,7	4.313	338,3	6,51	513,1
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12.280	966,9	10,64	1.093,2	4.225	325,0	6,24	499,6
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14.237	1.095,1	11,18	1.224,4	4.841	378,2	6,52	574,3
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16.352	1.238,8	11,27	1.395,0	5.549	431,8	6,57	656,3
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18.920	1.406,7	11,38	1.597,4	6.405	494,6	6,62	752,7
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3.776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4.346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5.500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6.570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8.581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9.997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11.909	751,4	13,33	842,5	1.026	122,9	3,91	188,8
HP 310 x 79,0 (H)	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	16.316	1.091,3	12,77	1.210,1	5.258	343,7	7,25	525,4
HP 310 x 93,0 (H)	93,0	303	308	13,1	13,1	277	245	119,2	19.682	1.299,1	12,85	1.450,3	6.387	414,7	7,32	635,5
W 310 x 97,0 (H)	97,0	308	305	9,9	15,4	277	245	123,6	22.284	1.447,0	13,43	1.594,2	7.286	477,8	7,68	725,0
W 310 x 107,0 (H)	107,0	311	306	10,9	17,0	277	245	136,4	24.839	1.597,3	13,49	1.768,2	8.123	530,9	7,72	806,1
HP 310 x 110,0 (H)	110,0	308	310	15,4	15,5	277	245	141,0	23.703	1.539,1	12,97	1.730,6	7.707	497,3	7,39	763,7
W 310 x 117,0 (H)	117,0	314	307	11,9	18,7	277	245	149,9	27.563	1.755,6	13,56	1.952,6	9.024	587,9	7,76	893,1
HP 310 x 125,0 (H)	125,0	312	312	17,4	17,4	277	245	159,0	27.076	1.735,6	13,05	1.963,3	8.823	565,6	7,45	870,6
W 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1	8.358	479,0	14,09	547,6	291	45,9	2,63	72,0
W 360 x 39,0	39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	50,2	10.331	585,3	14,35	667,7	375	58,6	2,73	91,9
W 360 x 44,0	44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	57,7	12.258	696,5	14,58	784,3	818	95,7	3,77	148,0
W 360 x 51,0	51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	64,8	14.222	801,2	14,81	899,5	968	113,3	3,87	174,7
W 360 x 57,8	57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	72,5	16.143	901,8	14,92	1.014,8	1.113	129,4	3,92	199,8
W 360 x 64,0	64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	81,7	17.890	1.031,1	14,80	1.145,5	1.885	185,7	4,80	284,5
W 360 x 72,0	72,0	350	204	8,6	15,1	320	288	91,3	20.169	1.152,5	14,86	1.285,9	2.140	209,8	4,84	321,8
W 360 x 79,0	79,0	354	205	9,4	16,8	320	288	101,2	22.713	1.283,2	14,98	1.437,0	2.416	235,7	4,89	361,9
W 360 x 91,0 (H)	91,0	353	254	9,5	16,4	320	288	115,9	26.755	1.515,9	15,19	1.680,1	4.483	353,0	6,22	538,1
W 360 x 101,0 (H)	101,0	357	255	10,5	18,3	320	286	129,5	30.279	1.696,3	15,29	1.888,9	5.063	397,1	6,25	606,1
W 360 x 110,0 (H)	110,0	360	256	11,4	19,9	320	288	140,6	33.155	1.841,9	15,36	2.059,3	5.570	435,2	6,29	664,5
W 360 x 122,0 (H)	122,0	363	257	13,0	21,7	320	288	155,3	36.599	2.016,5	15,35	2.269,8	6.147	478,4	6,29	732,4

Procurando numa
tabela de Perfis:

W360x64:
A=81.7cm² ; W=1031cm³

Tabela Gerdau: W360x64: $A=81.7\text{cm}^2$ e $W=1031\text{cm}^3$

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

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

Inspecionando ulteriormente a tabela Gerdau, encontra-se ainda W410x60: $A=76.2\text{cm}^2$ e $W=1067\text{cm}^3$:

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

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

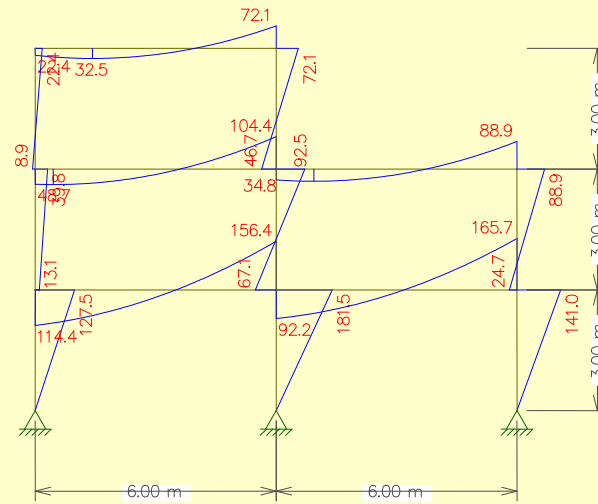
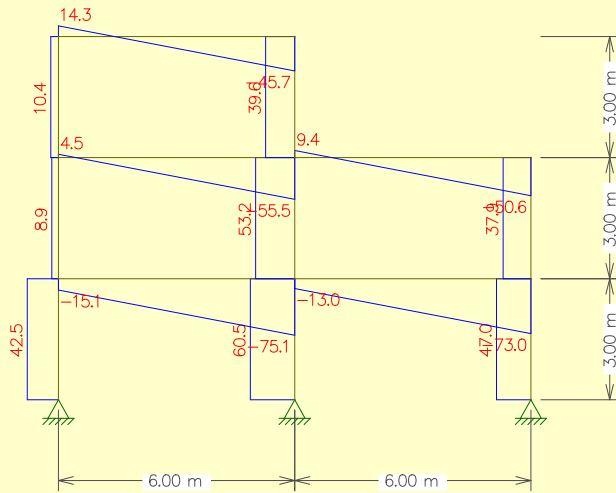
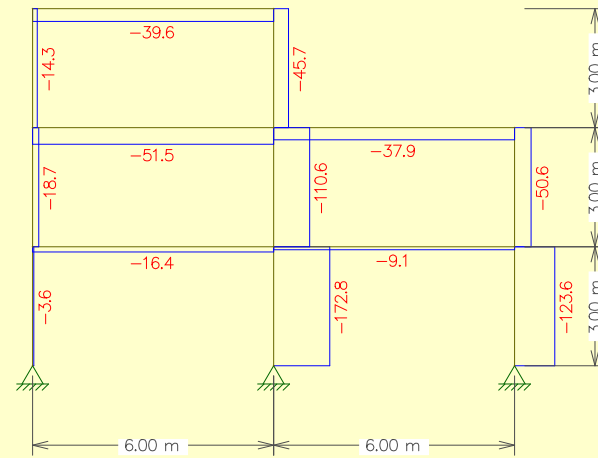
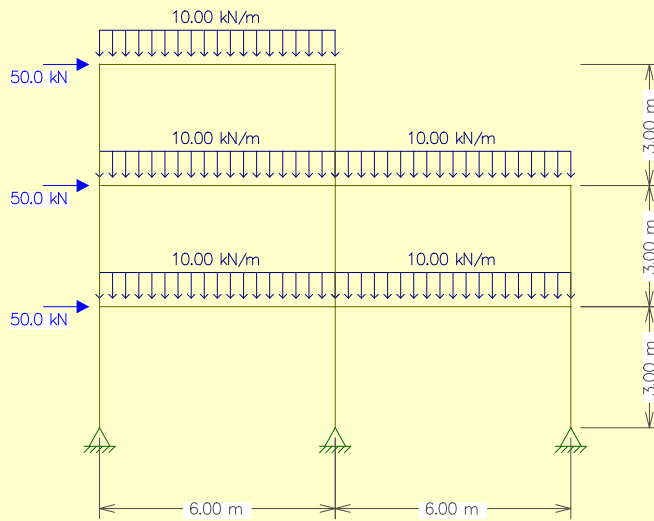
P2-Q2-2012 (5,0): A Figura mostra os carregamentos em um pórtico plano e os correspondentes esforços solicitantes. Em função destes esforços, identifique o membro mais solicitado e escolha uma bitola comercial para seu dimensionamento, em função das tensões normais a que o mesmo fica sujeito.

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

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

$$M = 181,5 kNm$$

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

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

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

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _f mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y			
				t _w mm	t _f 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 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1	8.358	479,0	14,09	547,6	291	45,9	2,63	72,0
W 360 x 39,0	39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	50,2	10.331	585,3	14,35	667,7	375	58,6	2,73	91,9
W 360 x 44,0	44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	57,7	12.258	696,5	14,58	784,3	818	95,7	3,77	148,0
W 360 x 51,0	51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	64,8	14.222	801,2	14,81	899,5	968	113,3	3,87	174,7
W 360 x 57,8	57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	72,5	16.143	901,8	14,92	1.014,8	1.113	129,4	3,92	199,8
W 360 x 64,0	64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	81,7	17.890	1.031,1	14,80	1.145,5	1.885	185,7	4,80	284,5
W 360 x 72,0	72,0	350	204	8,6	15,1	320	288	91,3	20.169	1.152,5	14,86	1.285,9	2.140	209,8	4,84	321,8
W 360 x 79,0	79,0	354	205	9,4	16,8	320	288	101,2	22.713	1.283,2	14,98	1.437,0	2.416	235,7	4,89	361,9
W 360 x 91,0 (H)	91,0	353	254	9,5	16,4	320	288	115,9	26.755	1.515,9	15,19	1.680,1	4.483	353,0	6,22	538,1
W 360 x 101,0 (H)	101,0	357	255	10,5	18,3	320	286	129,5	30.279	1.696,3	15,29	1.888,9	5.063	397,1	6,25	606,1
W 360 x 110,0 (H)	110,0	360	256	11,4	19,9	320	288	140,6	33.155	1.841,9	15,36	2.059,3	5.570	435,2	6,29	664,5
W 360 x 122,0 (H)	122,0	363	257	13,0	21,7	320	288	155,3	36.599	2.016,5	15,35	2.269,8	6.147	478,4	6,29	732,4

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

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

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _f mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y			
				t _w mm	t _f 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 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1	8.358	479,0	14,09	547,6	291	45,9	2,63	72,0
W 360 x 39,0	39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	50,2	10.331	585,3	14,35	667,7	375	58,6	2,73	91,9
W 360 x 44,0	44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	57,7	12.258	696,5	14,58	784,3	818	95,7	3,77	148,0
W 360 x 51,0	51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	64,8	14.222	801,2	14,81	899,5	968	113,3	3,87	174,7
W 360 x 57,8	57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	72,5	16.143	901,8	14,92	1.014,8	1.113	129,4	3,92	199,8
W 360 x 64,0	64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	81,7	17.890	1.031,1	14,80	1.145,5	1.885	185,7	4,80	284,5
W 360 x 72,0	72,0	350	204	8,6	15,1	320	288	91,3	20.169	1.152,5	14,86	1.285,9	2.140	209,8	4,84	321,8
W 360 x 79,0	79,0	354	205	9,4	16,8	320	288	101,2	22.713	1.283,2	14,98	1.437,0	2.416	235,7	4,89	361,9
W 360 x 91,0 (H)	91,0	353	254	9,5	16,4	320	288	115,9	26.755	1.515,9	15,19	1.680,1	4.483	353,0	6,22	538,1
W 360 x 101,0 (H)	101,0	357	255	10,5	18,3	320	288	129,5	30.279	1.696,3	15,29	1.888,9	5.063	397,1	6,25	606,1
W 360 x 110,0 (H)	110,0	360	256	11,4	19,9	320	288	140,6	33.155	1.841,9	15,36	2.059,3	5.570	435,2	6,29	664,5
W 360 x 122,0 (H)	122,0	363	257	13,0	21,7	320	288	155,3	36.599	2.016,5	15,35	2.269,8	6.147	478,4	6,29	732,4

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

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

$$m = 64 \times 3 = 192 \text{ kg}$$