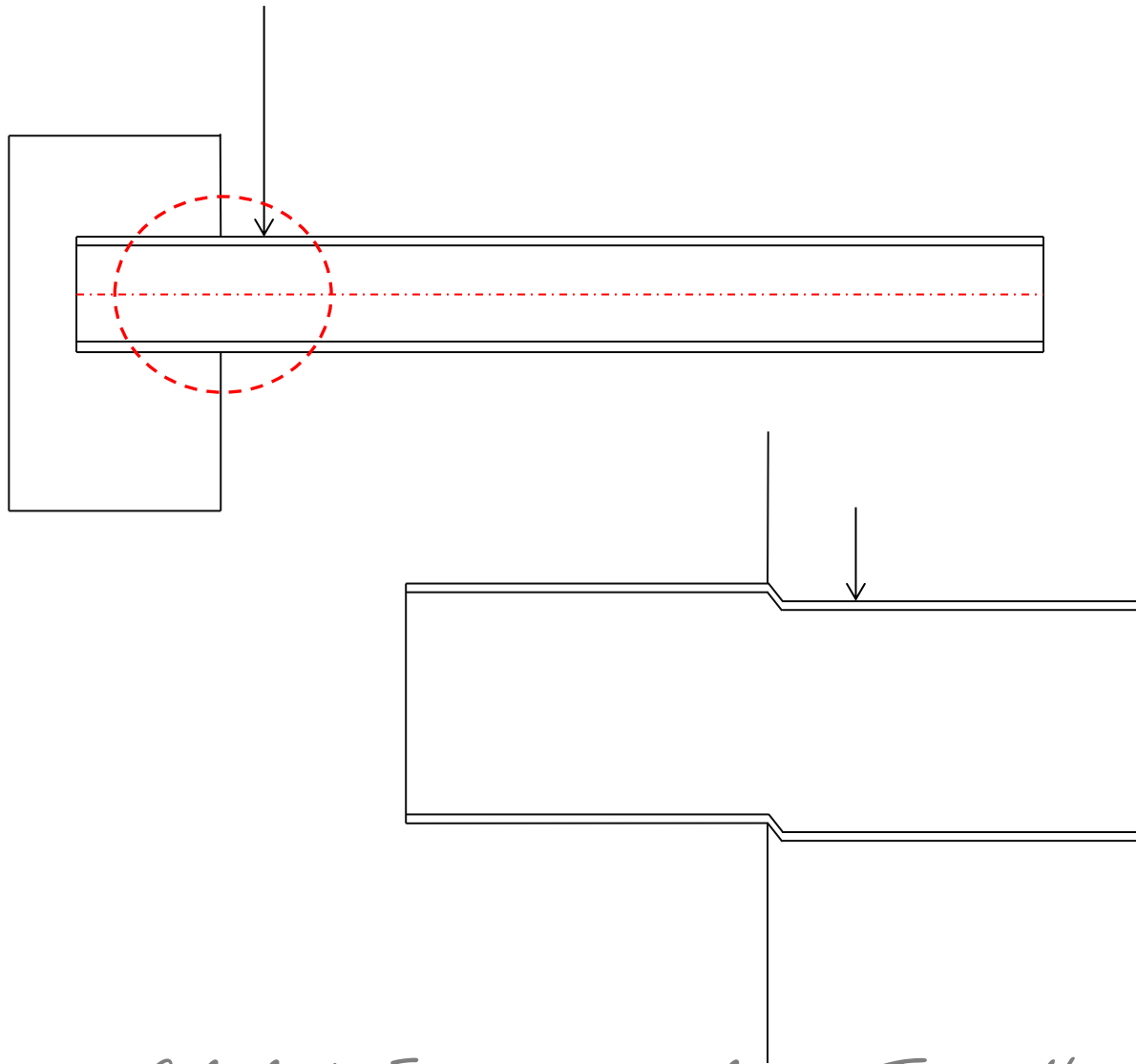


Força Cortante

Flexo Compressão

Flexo Tração

Força Cortante



Força cortante resistente de cálculo:

Para perfis I, H e U fletidos em relação ao eixo de maior inércia

Passo 01: Comparar esbeltez da alma com dois limites (inferior e superior)

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

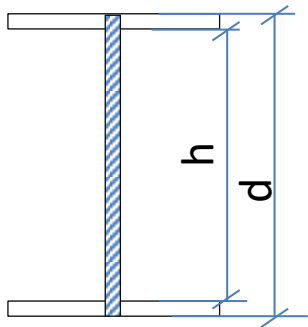
$$V_{Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_y}{1,1}$$

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}}$$

$$V_{Rd} = \frac{\lambda_p}{\lambda_r} \cdot \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_y}{1,1}$$

$$\lambda_r = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}}$$

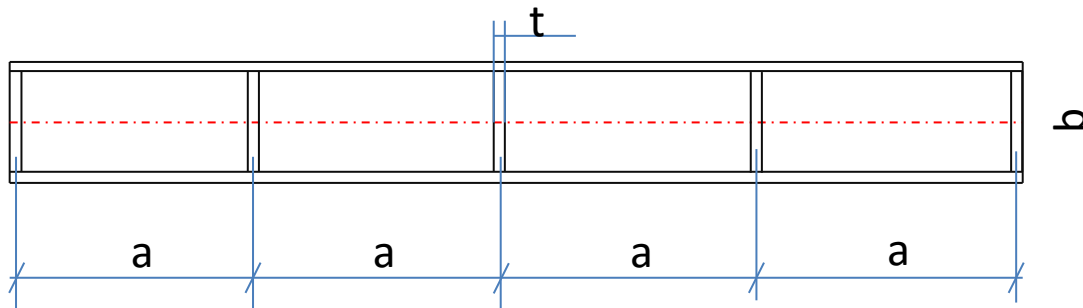
$$V_{Rd} = 1,24 \cdot \left(\frac{\lambda_p}{\lambda_r}\right)^2 \cdot \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_y}{1,1}$$



$$A_w = d \cdot t_w$$

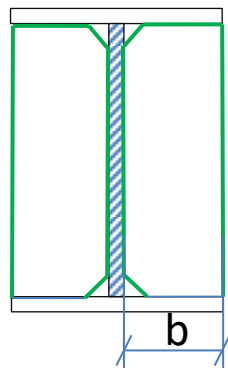
$$k_v = \begin{cases} 5,0 & \text{para almas sem enrijecedores transversais, para } \frac{a}{h} > 3 \text{ ou para } \frac{a}{h} > \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2 \\ 5 + \frac{5}{(a/h)^2} & \text{para todos os outros casos} \end{cases}$$

Força cortante resistente de cálculo:



Cálculo da espessura mínima do enrijecedor

$$\frac{b}{t} < 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$



Para ASTM A36 $\frac{b}{t} < 16$

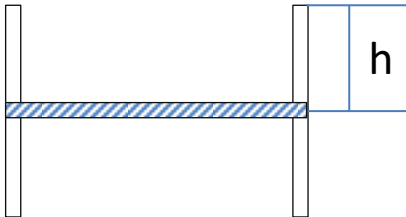
Para ASTM A572 GR50 $\frac{b}{t} < 13,65$

Força cortante resistente de cálculo:

5.4.3.5 Seções I, H e U fletidas em relação ao eixo perpendicular às mesas

Em seções I e H duplamente simétricas e seções U monossimétricas fletidas em relação ao eixo central de inércia perpendicular às mesas (eixo de menor momento de inércia), a força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é dada pelo mesmo procedimento apresentado em 5.4.3.1.1, com k_v igual a 1,2, h igual à metade da largura das mesas nas seções I e H ($b_f/2$) e igual à largura total das mesas nas seções U (b_f) e t_w igual à espessura média das mesas (t_f). A força cortante $V_{p\ell}$ é determinada conforme 5.4.3.1.2, com:

$$A_w = 2 b_f t_f$$



5.4.3.1.2 A força cortante correspondente à plastificação da alma por cisalhamento é dada por:

$$V_{p\ell} = 0,60 A_w f_y$$

Nessa equação, A_w é a área efetiva de cisalhamento, que deve ser tomada igual a:

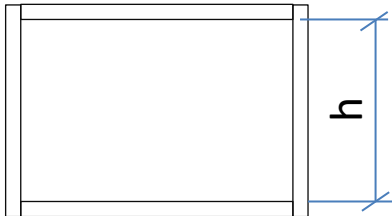
$$A_w = d t_w$$

Força cortante resistente de cálculo:

5.4.3.2 Seções tubulares retangulares e caixão

Em seções tubulares retangulares e caixão fletidas em relação a um eixo central de inércia, a força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é dada pelo mesmo procedimento apresentado em 5.4.3.1.1, com k_v igual a 5,0, h igual à altura da parte plana das almas nas seções tubulares retangulares e igual à distância entre as faces internas das mesas nas seções caixão e t_w igual à espessura de uma das almas (as duas almas devem ter a mesma espessura). A força cortante $V_{p\ell}$ é determinada conforme 5.4.3.1.2, com:

$$A_w = 2ht_w$$



5.4.3.1.2 A força cortante correspondente à plastificação da alma por cisalhamento é dada por:

$$V_{p\ell} = 0,60 A_w f_y$$

Nessa equação, A_w é a área efetiva de cisalhamento, que deve ser tomada igual a:

$$A_w = dt_w$$

Esforços Combinados

A norma exige que após a verificação dos esforços isolados, façamos a verificação dos perfis sujeitos a esforços combinados

5.5.1 Barras submetidas a momentos fletores, força axial e forças cortantes

5.5.1.1 Em 5.5.1.2 é apresentada a condição a ser atendida pelas barras submetidas aos efeitos combinados de força axial e momento fletor, carregadas de forma que não ocorra torção. Em 5.5.1.3 é apresentada a condição a ser atendida por essas barras para o efeito das forças cortantes.

a) para $\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2$

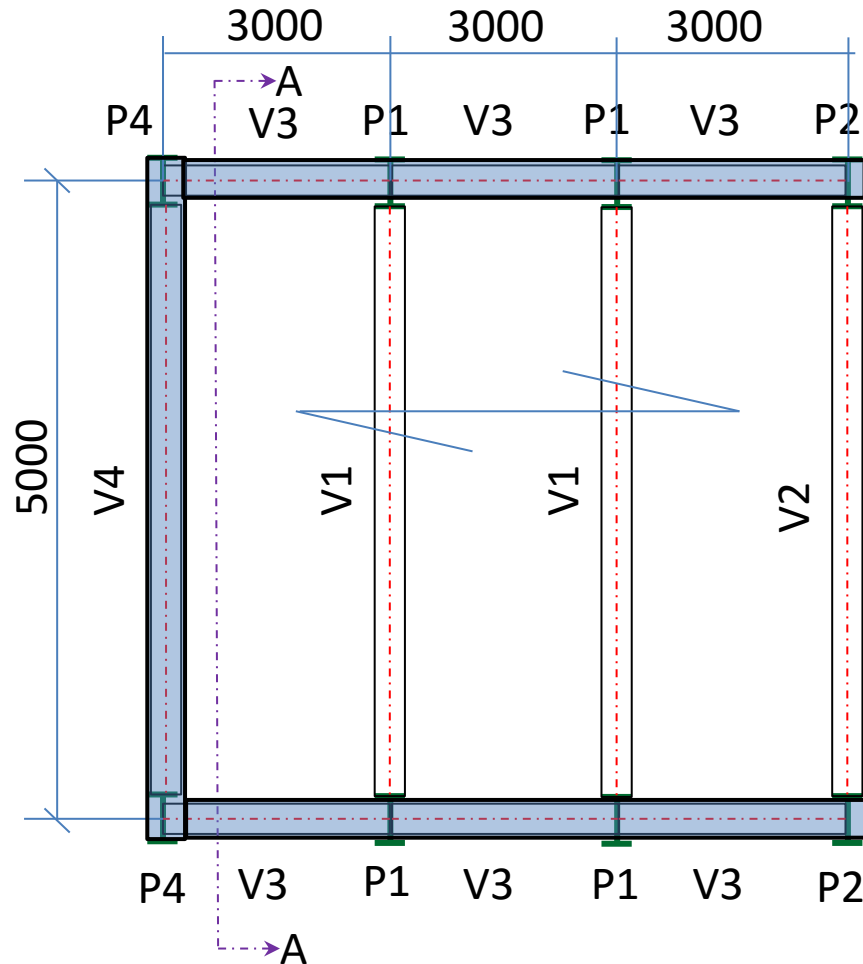
$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

b) para $\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0,2$

$$\frac{N_{Sd}}{2 N_{Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

Exercício Proposto 1

Dimensionar as vigas do mezanino em estrutura de aço abaixo – Uso: Escritórios

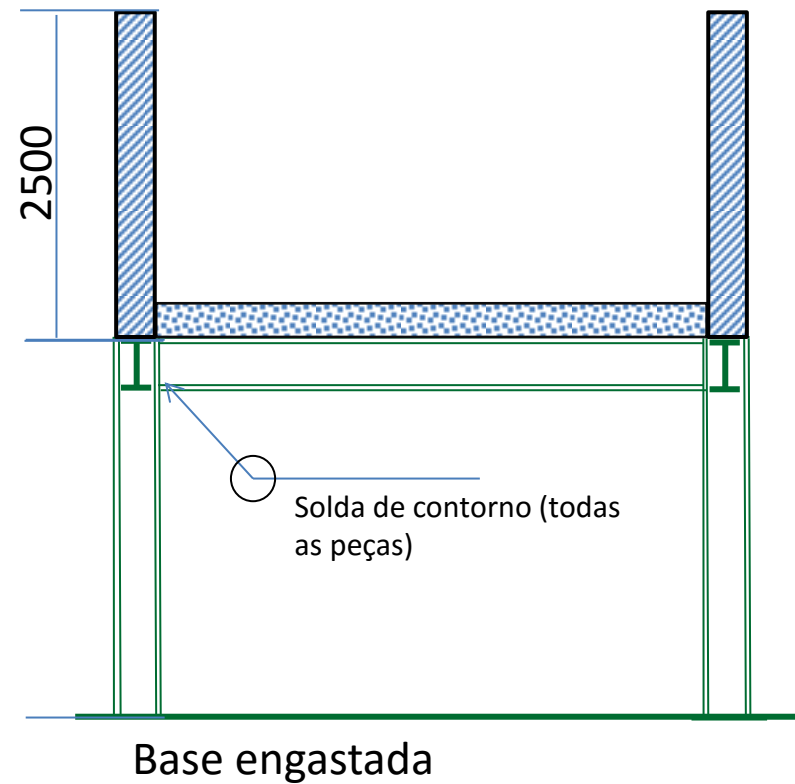


Dados:

Laje Nervurada H12: 237kg/m

Contrapiso: 2cm

Parede: Blocos furados 14cm + reboco 1cm em cada face



Exercício Proposto 1

Faremos o dimensionamento de cima para baixo, iniciando pelas vigas V1, V2 e V3

Cálculo da Viga V1:

Cargas atuantes:

Permanentes:

$$Plaje = 237\text{kg/m}^2 \times 3\text{m} = 711\text{kg/m} = 7,11 \text{ kN/m}$$

$$P_{\text{contrapiso}} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,02\text{m} = 0,42 \text{ kN/m}^2 \times 3\text{m} = 1,26 \text{ kN/m}$$

$$\text{Peso próprio da viga: Estimativa de } 32\text{kg/m} = 0,32\text{kN/m}$$

Variáveis:

$$\text{Sobrecarga de Projeto: } 2\text{kN/m}^2 \times 3\text{m} = 6\text{kN/m}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V1:

Combinações:

ELS:

$$PP + SC = 7,11 + 1,26 + 0,32 + 6,0 = 14,69 \text{ kN/m}$$

E.L.U:

$$1,4PP + 1,5 = 1,4 \times (7,11 + 1,26 + 0,32) + 1,5 \times (6,0) = 21,16 \text{ kN/m}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V1:

Pré dimensionamento:

ELS: flecha máxima admissível = L/350

$F_{max} = 5000/350 = 14,28\text{mm}$ ou $1,43\text{ cm}$

$$F_{max} = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad I_x = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot F_{max}} \quad I_x = \frac{0,1469 \cdot 500^4}{384 \cdot 20500 \cdot 1,43} \quad I_x = \frac{0,1469 \cdot 500^4}{384 \cdot 20500 \cdot 1,43} = 815,6\text{cm}^4$$

ELU: Vamos selecionar obrigatoriamente seção compacta (Não calcularemos FLT devido à contenção da mesa no concreto)

$$M_{sd} = \frac{q \cdot L^2}{12} = \frac{0,2116 \cdot 500^2}{12} = 4408,33 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad 4408,33 = \frac{Z_x \cdot 34,5}{1,1} \quad Z_x = 140,55\text{cm}^3$$

Exercício Proposto 1

TABELA DE BITOLAS

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b ₁ mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _x cm	I _x cm⁴	ESBELTEZ		C _w cm⁴	u m/m	BITOLA in x lb/ft
				t _m mm	t _r mm				I _x cm⁴	W _x cm³	r _x cm	Z _x cm³	I _y cm⁴	W _y cm³	r _y cm	Z _y cm³			MESA - λ _x b ₁ /2t _m	ALMA - λ _y d'/t _m			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20,417	0,88	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30,277	0,90	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39,930	0,91	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,82	39,44	8,222	0,77	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69,502	1,03	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83,948	1,04	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141,342	1,19	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5298	514,4	8,90	572,5	1784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166,710	1,19	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4977	488,0	8,55	551,3	1673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155,075	1,20	HP 8 x 36
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6140	584,8	8,99	655,9	2041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195,418	1,20	W 8 x 40
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249,976	1,22	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317,844	1,23	W 8 x 58
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11355	991,7	9,45	1152,2	3664	349,0	5,37	533,4	5,80	212,61	4,43	10,87	385,454	1,25	W 8 x 67
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13,735	0,88	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,629	0,89	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22,955	0,89	W 10 x 17
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 10 x 22
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 10 x 26
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 10 x 30
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8728	709,6	10,47	790,5	2995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	414,130	1,47	HP 10 x 42
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11257	889,9	11,02	983,3	3880	305,5	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552,900	1,48	W 10 x 49
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12550	980,5	11,10	1088,7	4313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622,878	1,49	W 10 x 54
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12280	966,9	10,64	1093,2	4225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605,403	1,50	HP 10 x 57
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14237	1095,1	11,18	1224,4	4841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712,351	1,50	W 10 x 60
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16352	1238,8	11,27	1395,0	5549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828,031	1,51	W 10 x 68
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18920	1406,7	11,38	1597,4	6405	494,6	6,62	752,7	7,16	212,00	5,86	14,87	975,265	1,53	W 10 x 77
W 250 x 131,0 (H)*	131,0	275	261	15,4	25,1	225	193	167,8	22243	1617,7	11,51	1855,6	7448	570,7	6,66	870,7	7,21	321,06	5,20	12,52	1.161.225	1,54	W 10 x 88
W 250 x 149,0 (H)*	149,0	282	263	17,3	28,4	225	193	190,5	26027	1845,9	11,69	2137,5	8624	655,8	6,73	1001,7	7,27	462,06	4,63	11,17	1.384.436	1,55	W 10 x 100
W 250 x 167,0 (H)*	167,0	289	265	19,2	31,8	225	193	214,0	30110	2083,7	11,86	2435,3	9880	745,7	6,79	1140,2	7,33	644,95	4,17	10,07	1.631.156	1,57	W 10 x 112
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21,628	0,98	W 12 x 14
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65	7,54	48,50	25,594	0,99	W 12 x 16
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14	5,73	45,20	35,441	1,00	W 12 x 19
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43,612	1,00	W 12 x 22
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163,728	1,25	W 12 x 26
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194,433	1,26	W 12 x 30
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11909	751,4	13,33	842,5	1026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236,422	1,27	W 12 x 35
HP 310 x 79,0 (H)	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	16316	1091,3	12,77	1210,1	5258	343,7	7,25								

Exercício Proposto 1

O perfil W200X15,00 seria excelente, porém não atende ao requisito de seção plástica

$$\frac{b}{2tf} = 9,62 \text{ (tabela)}$$

$$\lambda p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{20500}{34,5}} = 9,26$$

Podemos fazer uma verificação para ver se passa, considerando mesa semi-compacta

$$\lambda r = 0,83 \sqrt{\frac{E}{(F_y - \sigma_r)}}$$

$$\lambda r = 0,83 \sqrt{\frac{20500}{(34,5 - 0,3 \cdot 34,5)}} = 24,18$$

$$M_r = (F_y - \sigma_r) \cdot W_x$$

$$M_r = (34,5 - 0,3 \cdot 34,5) \cdot 130,5$$

$$M_r = 3151,57 \text{ kN.cm}$$

$$M_{pl} = Z_x \cdot F_y = 34,5 \cdot 147,9 = 5102,55 \text{ kN.cm}$$

$$M_{rd} = \frac{M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)}{1,1}$$

$$M_{rd} = \frac{5102,55 - (5102,55 - 3151,57) \cdot \left(\frac{9,62 - 9,26}{24,18 - 9,26} \right)}{1,1} = 4596,01 \text{ kN.cm}$$

é maior que 4408,33 kN.cm, portanto perfil passa

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V1:

Flecha atuante

$$F_{max} = \frac{0,1469.500^4}{384.20500.1305} = 0,89\text{cm (8,9mm)} \quad \text{Não será necessário contraflecha}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V2:

Cargas atuantes:

Permanentes:

Plaje = $237\text{kg/m}^2 \times 1,5\text{m} = 355,5\text{kg/m} = 3,55\text{ kN/m}$

Pcontrapiso = $21\text{ kN/m}^3 \times 0,02\text{m} = 0,42\text{ kN/m}^2 \times 1,5\text{m} = 0,63\text{ kN/m}$

Peso próprio da viga: Estimativa de $15\text{kg/m} = 0,15\text{kN/m}$

Variáveis:

Sobrecarga de Projeto: $2\text{kN/m}^2 \times 1,5\text{m} = 3\text{kN/m}$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V2:

Combinações:

ELS:

$$PP + SC = 3,55 + 0,63 + 0,15 + 3,0 = 7,33 \text{ kN/m}$$

E.L.U:

$$1,4PP + 1,5 = 1,4 \times (3,55 + 0,63 + 0,15) + 1,5 \times (3,0) = 10,56 \text{ kN/m}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V2:

Pré dimensionamento:

ELS: flecha máxima admissível = $L/350$

$F_{max} = 5000/350 = 14,28\text{mm}$ ou $1,43\text{ cm}$

$$F_{max} = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad I_x = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot F_{max}} \quad I_x = \frac{0,0733 \cdot 500^4}{384 \cdot 20500 \cdot 1,43} \quad I_x = 406,97\text{cm}^4$$

ELU: Vamos selecionar obrigatoriamente seção compacta (Não calcularemos FLT devido à contenção da mesa no concreto)

$$M_{sd} = \frac{q \cdot L^2}{12} = \frac{0,1056 \cdot 500^2}{12} = 2200 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad 2200 = \frac{Z_x \cdot 34,5}{1,1} \quad Z_x = 70,14\text{cm}^3$$

Exercício Proposto 1

TABELA DE BITOLAS

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b ₁ mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _x cm	I _x cm ⁴	ESBELTEZ		C _m cm ³	u m/m	BITOLA in x lb/ft
				t _m mm	t _l 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			MESA - λ _x b ₁ /2t _m	ALMA - λ _y d'/t _m			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20,417	0,88	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30,277	0,90	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39,930	0,91	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8,222	0,77	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69,502	1,03	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83,948	1,04	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141,342	1,19	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5298	514,4	8,90	572,5	1784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166,710	1,19	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4977	488,0	8,55	551,3	1673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155,075	1,20	HP 8 x 36
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6140	584,8	8,99	655,9	2041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195,418	1,20	W 8 x 40
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249,976	1,22	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317,844	1,23	W 8 x 58
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11355	991,7	9,45	1152,2	3664	349,0	5,37	533,4	5,80	212,61	4,43	10,87	385,454	1,25	W 8 x 67
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13,735	0,88	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,629	0,89	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22,955	0,89	W 10 x 17
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 10 x 22
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 10 x 26
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 10 x 30
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8728	709,6	10,47	790,5	2995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	414,130	1,47	HP 10 x 42
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11257	889,9	11,02	983,3	3880	305,5	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552,900	1,48	W 10 x 49
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12550	980,5	11,10	1088,7	4313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622,878	1,49	W 10 x 54
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12280	966,9	10,64	1093,2	4225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605,403	1,50	HP 10 x 57
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14237	1095,1	11,18	1224,4	4841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712,351	1,50	W 10 x 60
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16352	1238,8	11,27	1395,0	5549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828,031	1,51	W 10 x 68
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18920	1406,7	11,38	1597,4	6405	494,6	6,62	752,7	7,16	212,00	5,86	14,87	975,265	1,53	W 10 x 77
W 250 x 131,0 (H)*	131,0	275	261	15,4	25,1	225	193	167,8	22243	1617,7	11,51	1855,6	7448	570,7	6,66	870,7	7,21	321,06	5,20	12,52	1.161.225	1,54	W 10 x 88
W 250 x 149,0 (H)*	149,0	282	263	17,3	28,4	225	193	190,5	26027	1845,9	11,69	2137,5	8624	655,8	6,73	1001,7	7,27	462,06	4,63	11,17	1.384.436	1,55	W 10 x 100
W 250 x 167,0 (H)*	167,0	289	265	19,2	31,8	225	193	214,0	30110	2083,7	11,86	2435,3	9880	745,7	6,79	1140,2	7,33	644,95	4,17	10,07	1.631.156	1,57	W 10 x 112
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21,628	0,98	W 12 x 14
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65	7,54	48,50	25,594	0,99	W 12 x 16
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14	5,73	45,20	35,441	1,00	W 12 x 19
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43,612	1,00	W 12 x 22
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163,728	1,25	W 12 x 26
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194,433	1,26	W 12 x 30
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11909	751,4	13,33	842,5	1026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236,422	1,27	W 12 x 35
HP 310 x 79,0 (H)	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	16316	1091,3	12,77												

Exercício Proposto 1

O perfil W150X13 seria excelente, porém não atende ao requisito de seção plástica

$$\frac{b}{2tf} = 10,20 \text{ (tabela)}$$

$$\lambda p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{20500}{34,5}} = 9,26$$

Podemos fazer uma verificação para ver se passa, considerando mesa semi-compacta

$$\lambda r = 0,83 \sqrt{\frac{E}{(F_y - \sigma_r)}}$$

$$\lambda r = 0,83 \sqrt{\frac{20500}{(34,5 - 0,3 \cdot 34,5)}} = 24,18$$

$$M_r = (F_y - \sigma_r) \cdot W_x$$

$$M_r = (34,5 - 0,3 \cdot 34,5) \cdot 85,8$$

$$M_r = 2072,07 \text{ kN.cm}$$

$$M_{pl} = Z_x \cdot F_y = 34,5 \cdot 96,4 = 3325,8 \text{ kN.cm}$$

$$M_{rd} = \frac{M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)}{1,1}$$

$$M_{rd} = \frac{3325,8 - (3325,8 - 2072,07) \cdot \left(\frac{10,20 - 9,26}{24,18 - 9,26} \right)}{1,1} = 2951,64 \text{ kN.cm}$$

é maior que 2200 kN.cm, portanto perfil passa

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V4:

Flecha atuante

$$F_{max} = \frac{0,0733.500^4}{384.20500.635} = 0,91\text{cm (9,1mm)} \quad \text{Não será necessário contraflecha}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V4:

Cargas atuantes:

Permanentes:

$$Plaje = 237\text{kg/m}^2 \times 1,5\text{m} = 355,5\text{kg/m} = 3,55 \text{ kN/m}$$

$$Pparede = 13\text{kN/m}^3 \times 0,14\text{m} \times 2,5\text{m} = 4,55 \text{ kN/m}$$

$$Preboco = 21\text{kN/m}^3 \times 0,01\text{m} \times 2 \times 2,5\text{m} = 1,05 \text{ kN/m}$$

$$Pcontrapiso = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,02\text{m} = 0,42 \text{ kN/m}^2 \times 1,5\text{m} = 0,63 \text{ kN/m}$$

$$\text{Peso próprio da viga: Estimativa de } 15\text{kg/m} = 0,15\text{kN/m}$$

Variáveis:

$$\text{Sobrecarga de Projeto: } 2\text{kN/m}^2 \times 1,5\text{m} = 3\text{kN/m}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V4:

Combinações:

ELS:

$$PP + SC = 3,55 + 4,55 + 1,05 + 0,63 + 0,15 + 3,0 = 12,93 \text{ kN/m}$$

E.L.U:

$$1,4PP + 1,5 = 1,4 \times (3,55 + 4,55 + 1,05 + 4,55 + 0,63 + 0,15) + 1,5 \times (3,0) = 18,40 \text{ kN/m}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V4:

Pré dimensionamento:

ELS: flecha máxima admissível = $L/350$

$F_{max} = 5000/350 = 14,28\text{mm}$ ou $1,43\text{ cm}$ (Menor que 15mm)

$$F_{max} = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad I_x = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot F_{max}} \quad I_x = \frac{0,1293 \cdot 500^4}{384 \cdot 20500 \cdot 1,43} \quad I_x = 717,88 \text{ cm}^4$$

ELU: Vamos selecionar obrigatoriamente seção compacta (Não calcularemos FLT devido à contenção da mesa no concreto)

$$M_{sd} = \frac{q \cdot L^2}{12} = \frac{0,1840 \cdot 500^2}{12} = 3833,33 \text{ kN.cm}$$

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad 3833,33 = \frac{Z_x \cdot 34,5}{1,1} \quad Z_x = 122,22$$

Exercício Proposto 1

TABELA DE BITOLAS

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _x cm	I _x cm⁴	ESBELTEZ		C _w cm⁴	u m/m	BITOLA in x lb/ft
				t _m mm	t _h mm				I _x cm⁴	W _x cm³	r _x cm	Z _x cm³	I _y cm⁴	W _y cm³	r _y cm	Z _y cm³			MESA - λ _x b _s /2t _m	ALMA - λ _y d'/t _m			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20,417	0,88	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30,277	0,90	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39,930	0,91	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8,222	0,77	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69,502	1,03	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83,948	1,04	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141,342	1,19	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5298	514,4	8,90	572,5	1784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166,710	1,19	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4977	488,0	8,55	551,3	1673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155,075	1,20	HP 8 x 36
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6140	584,8	8,99	655,9	2041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195,418	1,20	W 8 x 40
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249,976	1,22	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317,844	1,23	W 8 x 58
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11355	991,7	9,45	1152,2	3664	349,0	5,37	533,4	5,80	212,61	4,43	10,87	385,454	1,25	W 8 x 67
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13,735	0,88	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,629	0,89	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22,955	0,89	W 10 x 17
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 10 x 22
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 10 x 26
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 10 x 30
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8728	709,6	10,47	790,5	2995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	414,130	1,47	HP 10 x 42
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11257	889,9	11,02	983,3	3880	305,5	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552,900	1,48	W 10 x 49
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12550	980,5	11,10	1088,7	4313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622,878	1,49	W 10 x 54
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12280	966,9	10,64	1093,2	4225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605,403	1,50	HP 10 x 57
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14237	1095,1	11,18	1224,4	4841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712,351	1,50	W 10 x 60
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16352	1238,8	11,27	1395,0	5549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828,031	1,51	W 10 x 68
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18920	1406,7	11,38	1597,4	6405	494,6	6,62	752,7	7,16	212,00	5,86	14,87	975,265	1,53	W 10 x 77
W 250 x 131,0 (H)*	131,0	275	261	15,4	25,1	225	193	167,8	22243	1617,7	11,51	1855,6	7448	570,7	6,66	870,7	7,21	321,06	5,20	12,52	1.161.225	1,54	W 10 x 88
W 250 x 149,0 (H)*	149,0	282	263	17,3	28,4	225	193	190,5	26027	1845,9	11,69	2137,5	8624	655,8	6,73	1001,7	7,27	462,06	4,63	11,17	1.384.436	1,55	W 10 x 100
W 250 x 167,0 (H)*	167,0	289	265	19,2	31,8	225	193	214,0	30110	2083,7	11,86	2435,3	9880	745,7	6,79	1140,2	7,33	644,95	4,17	10,07	1.631.156	1,57	W 10 x 112
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21,628	0,98	W 12 x 14
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65	7,54	48,50	25,594	0,99	W 12 x 16
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14	5,73	45,20	35,441	1,00	W 12 x 19
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43,612	1,00	W 12 x 22
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163,728	1,25	W 12 x 26
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194,433	1,26	W 12 x 30
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11909	751,4	13,33	842,5	1026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236,422	1,27	W 12 x 35
HP 310 x 79,0 (H)	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	16316	1091,3	12,77	1210,1	5258	343,7	7,25	525,4</							

Exercício Proposto 1

Já conhecemos a resistência do Perfil W200X15 nas condições de vão e engastamento, não será necessário recalcular

$$M_{rd} = 4596 > 3833,33$$

Flecha atuante

$$F_{max} = \frac{0,1293.500^4}{384.20500.1305} = 0,78\text{cm (7,8mm)}$$

Não será necessário contraflecha
Atende ao requisito da norma
de flecha máxima de 15mm

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V3:

Cargas atuantes:

Permanentes:

Plaje = Totalmente suportada pelas vigas V1, V2 e V4

Pparede = $13\text{kN/m}^3 \times 0,14\text{m} \times 2,5\text{m} = 4,55 \text{ kN/m}$

Preboco = $21\text{kN/m}^3 \times 0,01\text{m} \times 2 \times 2,5\text{m} = 1,05 \text{ kN/m}$

Pcontrapiso = Totalmente suportada pelas vigas V1, V2 e V4

Peso próprio da viga: Estimativa de $15\text{kg/m} = 0,15\text{kN/m}$

Variáveis:

Sobrecarga de Projeto: Totalmente suportada pelas vigas V1, V2 e V4

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V3:

Combinações:

ELS:

$$PP + SC = 4,55 + 1,05 + 0,15 = 5,75 \text{ kN/m}$$

E.L.U:

$$1,4PP + 1,5 = 1,4 \times (5,75) + 1,5 \times (0) = 8,05 \text{ kN/m}$$

Exercício Proposto 1

Cálculo da Viga V3:

Pré dimensionamento:

ELS: flecha máxima admissível = $L/350$

$F_{max} = 3000/350 = 8,57\text{mm}$ ou $0,857\text{ cm}$ (Menor que 15mm)

$$F_{max} = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad I_x = \frac{q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot F_{max}} \quad I_x = \frac{0,0575 \cdot 300^4}{384 \cdot 20500 \cdot 0,857} \quad I_x = 69,03\text{cm}^4$$

ELU: Vamos selecionar obrigatoriamente seção compacta (Não calcularemos FLT devido à contenção da mesa no concreto)

$$M_{sd} = \frac{q \cdot L^2}{12} = \frac{0,0805 \cdot 300^2}{12} = 603,75\text{ kN.cm}$$

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad 603,75 = \frac{Z_x \cdot 34,5}{1,1} \quad Z_x = 19,25 \text{ (A572Gr50)} \quad 603,75 = \frac{Z_x \cdot 25}{1,1} \quad Z_x = 26,56 \text{ (A36)}$$

Exercício Proposto 1

TABELA DE BITOLAS

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b ₁ mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X - X				EIXO Y - Y				r _x cm	I _x cm ⁴	ESBELTEZ		C _w cm ⁴	u m/m	BITOLA in x lb/ft
				t _m mm	t _l mm				I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³			MESA - λ _x b ₁ /2t _m	ALMA - λ _y d'/t _m			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 6 x 8,5
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 6 x 12
W 150 x 22,5 (H)	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,65	77,9	4,10	4,75	11,52	20,48	20,417	0,88	W 6 x 15
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 6 x 16
W 150 x 29,8 (H)	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,80	110,8	4,18	10,95	8,23	17,94	30,277	0,90	W 6 x 20
W 150 x 37,1 (H)	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8	2244	277,0	6,85	313,5	707	91,8	3,84	140,4	4,22	20,58	6,64	14,67	39,930	0,91	W 6 x 25
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8,222	0,77	W 8 x 10
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 8 x 13
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 8 x 15
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 8 x 18
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 8 x 21
W 200 x 35,9 (H)	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7	3437	342,0	8,67	379,2	764	92,6	4,09	141,0	4,50	14,51	8,09	25,90	69,502	1,03	W 8 x 24
W 200 x 41,7 (H)	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5	4114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,10	165,7	4,53	23,19	7,03	21,86	83,948	1,04	W 8 x 28
W 200 x 46,1 (H)	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,12	229,5	5,58	22,01	9,23	22,36	141,342	1,19	W 8 x 31
W 200 x 52,0 (H)	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9	5298	514,4	8,90	572,5	1784	174,9	5,16	265,8	5,61	33,34	8,10	19,85	166,710	1,19	W 8 x 35
HP 200 x 53,0 (H)	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1	4977	488,0	8,55	551,3	1673	161,7	4,96	248,6	5,57	31,93	9,16	14,28	155,075	1,20	HP 8 x 36
W 200 x 59,0 (H)	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0	6140	584,8	8,99	655,9	2041	199,1	5,18	303,0	5,64	47,69	7,22	17,32	195,418	1,20	W 8 x 40
W 200 x 71,0 (H)	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,28	374,5	5,70	81,66	5,92	15,80	249,976	1,22	W 8 x 48
W 200 x 86,0 (H)	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,32	458,7	5,77	142,19	5,07	12,06	317,844	1,23	W 8 x 58
W 200 x 100,0 (H)*	100,0	229	210	14,5	23,7	182	158	127,1	11355	991,7	9,45	1152,2	3664	349,0	5,37	533,4	5,80	212,61	4,43	10,87	385,454	1,25	W 8 x 67
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13,735	0,88	W 10 x 12
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,629	0,89	W 10 x 15
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22,955	0,89	W 10 x 17
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 10 x 19
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 10 x 22
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 10 x 26
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 10 x 30
HP 250 x 62,0 (H)	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6	8728	709,6	10,47	790,5	2995	234,0	6,13	357,8	6,89	33,46	11,96	19,10	414,130	1,47	HP 10 x 42
W 250 x 73,0 (H)	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7	11257	889,9	11,02	983,3	3880	305,5	6,47	463,1	7,01	56,94	8,94	23,33	552,900	1,48	W 10 x 49
W 250 x 80,0 (H)	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9	12550	980,5	11,10	1088,7	4313	338,3	6,51	513,1	7,04	75,02	8,17	21,36	622,878	1,49	W 10 x 54
HP 250 x 85,0 (H)	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5	12280	966,9	10,64	1093,2	4225	325,0	6,24	499,6	7,00	82,07	9,03	13,97	605,403	1,50	HP 10 x 57
W 250 x 89,0 (H)	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9	14237	1095,1	11,18	1224,4	4841	378,2	6,52	574,3	7,06	102,81	7,40	18,82	712,351	1,50	W 10 x 60
W 250 x 101,0 (H)	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7	16352	1238,8	11,27	1395,0	5549	431,8	6,57	656,3	7,10	147,70	6,56	16,87	828,031	1,51	W 10 x 68
W 250 x 115,0 (H)	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1	18920	1406,7	11,38	1597,4	6405	494,6	6,62	752,7	7,16	212,00	5,86	14,87	975,265	1,53	W 10 x 77
W 250 x 131,0 (H)*	131,0	275	261	15,4	25,1	225	193	167,8	22243	1617,7	11,51	1855,6	7448	570,7	6,66	870,7	7,21	321,06	5,20	12,52	1.161.225	1,54	W 10 x 88
W 250 x 149,0 (H)*	149,0	282	263	17,3	28,4	225	193	190,5	26027	1845,9	11,69	2137,5	8624	655,8	6,73	1001,7	7,27	462,06	4,63	11,17	1.384.436	1,55	W 10 x 100
W 250 x 167,0 (H)*	167,0	289	265	19,2	31,8	225	193	214,0	30110	2083,7	11,86	2435,3	9880	745,7	6,79	1140,2	7,33	644,95	4,17	10,07	1.631.156	1,57	W 10 x 112
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21,628	0,98	W 12 x 14
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65	7,54	48,50	25,594	0,99	W 12 x 16
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14	5,73	45,20	35,441	1,00	W 12 x 19
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43,612	1,00	W 12 x 22
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163,728	1,25	W 12 x 26
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194,433	1,26	W 12 x 30
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11909	751,4	13,33	842,5	1026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236,422	1,27	W 12 x 35
HP 310 x 79,0 (H)	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0	16316	1091,3	12,77												

Exercício Proposto 1

Sabemos que o Perfil W150X13,0 passa com folga nas verificações

$$Mrd = 2951,64 > 603,75$$

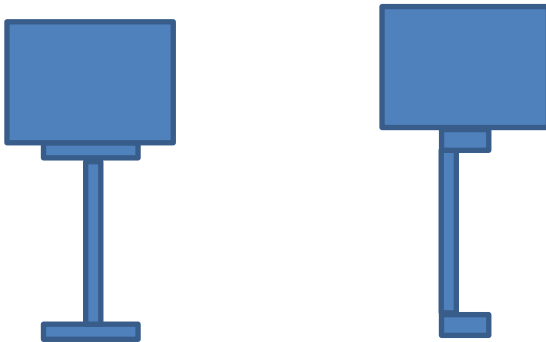
Flecha atuante

$$F_{max} = \frac{0,0575 \cdot 300^4}{384 \cdot 20500 \cdot 635} = 0,093 \text{ (0,93mm)}$$

Não será necessário contraflecha
Atende ao requisito da norma
de flecha máxima de 15mm

Poderíamos tentar um perfil U laminado mais leve

Porém existe uma disposição construtiva incompatível:



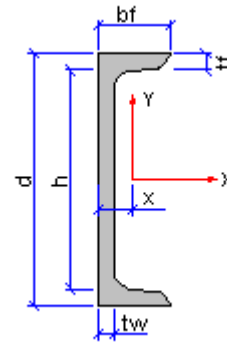
Portanto selecionaremos o Perfil W150X13

Exercício Proposto 1

Mas, para saber qual perfil U laminado seria adequado, do ponto de vista da resistência apenas:

Como nas tabelas geralmente não se encontra o Z_x para U laminado segue a fórmula:

$$Z_x = (b_f \cdot t_f \cdot (d - t_f)) + \left(\frac{t_w}{4}\right) \cdot (d - 2t_f)^2$$



Vamos tentar o perfil U laminado 3'' na primeira alma

$$Z_x = (3,58 \cdot 0,69(7,62 - 0,69)) + \left(\frac{0,432}{4}\right) \cdot (3,58 - 2 \cdot 0,69)^2 = 17,64 \text{ cm}^3 < 26,56$$

Não atende... Para valer a pena precisa ter peso menor que 13 kg/m

Exercício Proposto 1

Vamos tentar o U 4'' X 7,95kg/m (primeira alma)

$$Z_x = (bf \cdot tf \cdot (d - tf)) + \left(\frac{tw}{4}\right) \cdot (d - 2tf)^2$$

$$Z_x = (4,01 \cdot 0,75(10,16 - 0,75)) + \left(\frac{0,457}{4}\right) \cdot (4,01 - 2 \cdot 0,75)^2 = 29,02 \text{ cm}^3 > 26,56$$

$$I_x = 159,5 > 69,03 \text{ OK ATENDE À INÉRCIA}$$

Verificação da seção:

$$\text{FLM: } \lambda = \frac{bf}{tf} = \frac{4,01}{0,75} = 5,34 \text{ OK!}$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{20500}{25}} = 10,88$$

$$\text{FLA: } \lambda = \frac{d - 2 \cdot tf}{tw} = \frac{10,16 - 2 \cdot 0,75}{0,457} = 18,94 \text{ OK!}$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{20500}{25}} = 107,67$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas - Turma Noite 1º Sem 2017

Exercício Proposto 1

Flecha atuante:

$$F_{max} = \frac{0,0575 \cdot 300^4}{384 \cdot 20500 \cdot 159,5} = 0,37 \text{ cm} = 3,7 \text{ mm} \quad \text{OK Não será necessário contraflecha}$$

$$M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \quad M_{rd} = \frac{29,02 \cdot 25}{1,1} = 659,54 \text{ kN.cm} > 603,75 \text{ OK PERFIL APROVADO}$$

Peso da parte superior do mezanino:

Hipótese 1

$$W200X15 = 3 \times 5 \text{ m} = 15 \text{ m} \times 15 \text{ kg/m} = 225 \text{ kg}$$

$$W150X13 = (1 \times 5 \text{ m}) + 6 \times 3 \text{ m} = 23 \text{ m} \times 13 \text{ kg/m} = 299 \text{ kg}$$

$$\text{-----} 524 \text{ kg} / 45 \text{ m}^2 = 11,64 \text{ kg/m}^2$$

Hipótese 2

$$W200X15 = 3 \times 5 \text{ m} = 15 \text{ m} \times 15 \text{ kg/m} = 225 \text{ kg}$$

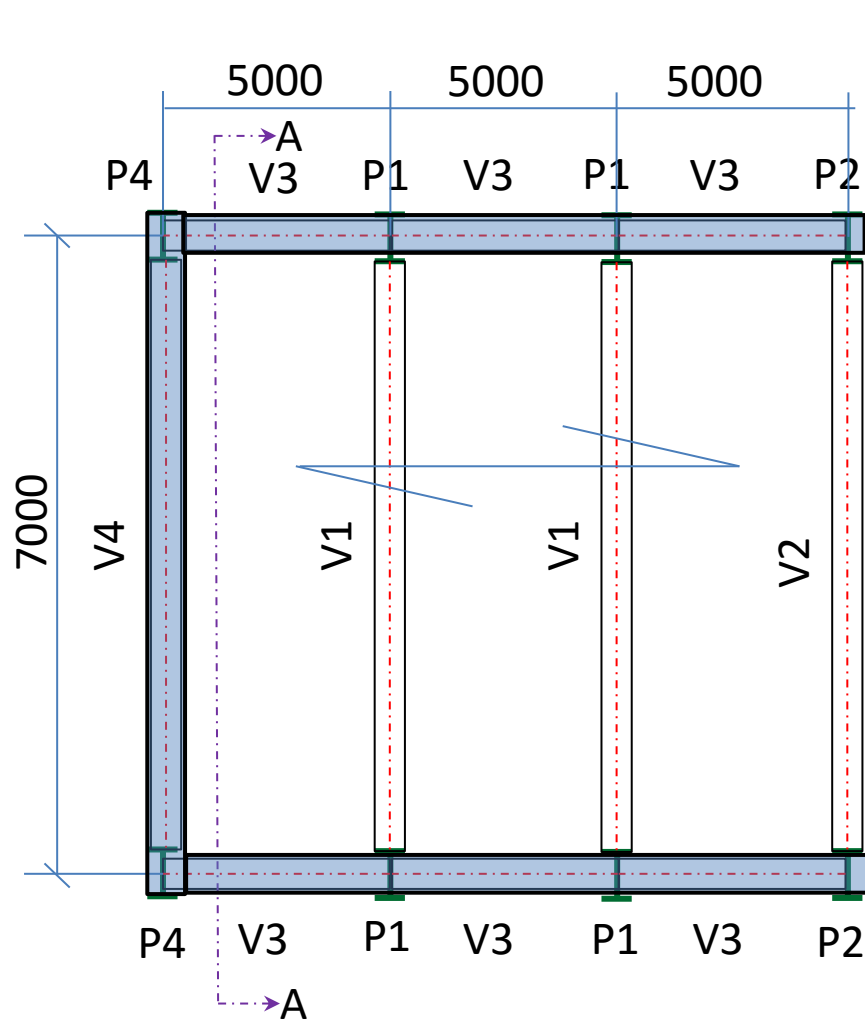
$$W150X13 = (1 \times 5 \text{ m} = 5 \text{ m}) \times 13 \text{ kg/m} = 65 \text{ kg}$$

$$U4''X7,95 = (6 \times 3 \text{ m}) = 18 \text{ m} \times 7,95 \text{ kg/m} = 143,1$$

$$\text{-----} 433,10 \text{ kg} / 45 \text{ m}^2 = 9,62 \text{ kg/m}^2 \text{ (-18\%)}$$

Exercício Proposto 2

Dimensionar as vigas do mezanino em estrutura de aço abaixo – Uso: Escritórios



Dados:

Laje Nervurada H16: 350kg/m

Contrapiso: 2cm

Parede: Blocos furados 14cm + reboco 1cm em cada face

