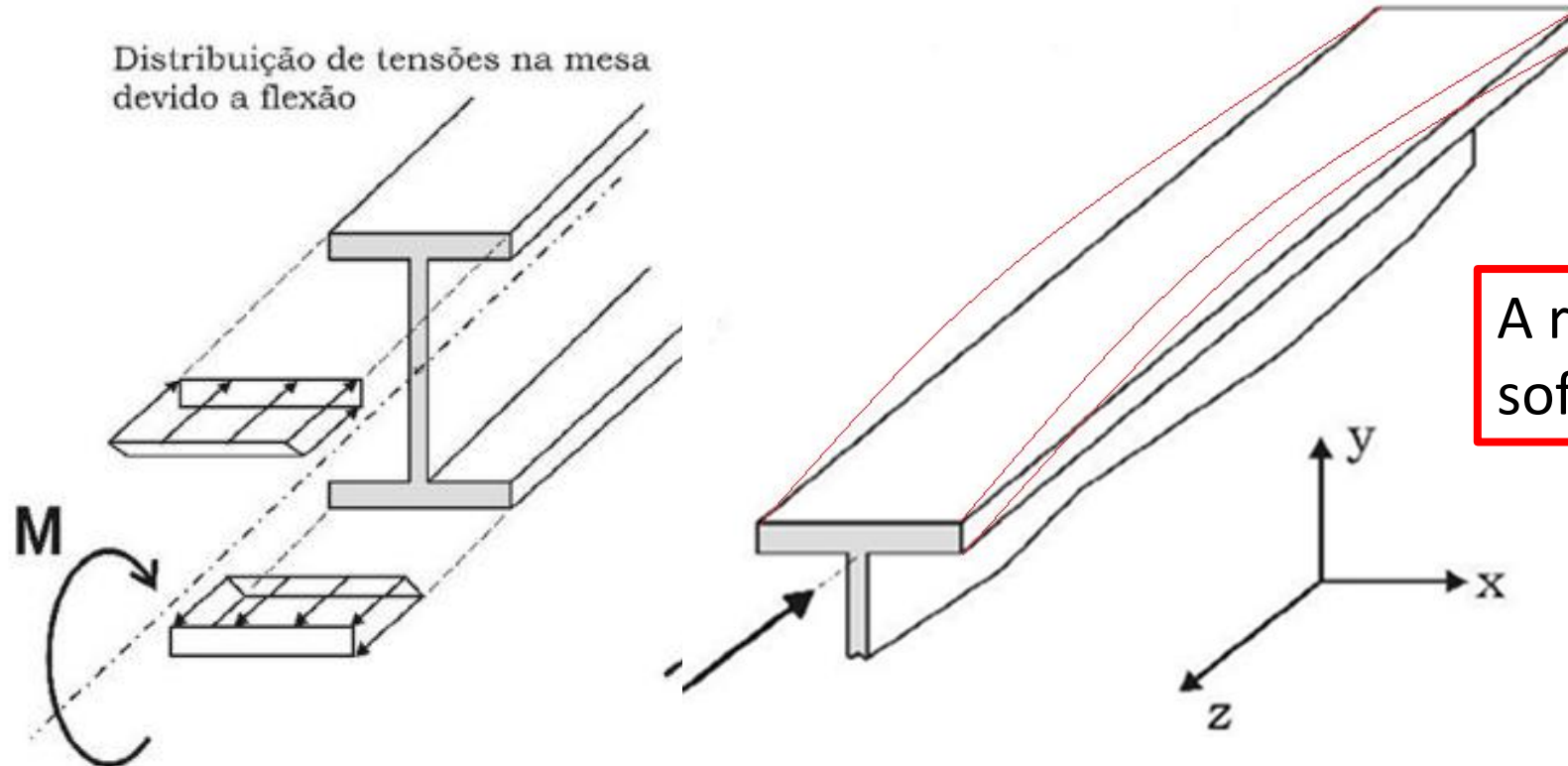


Dimensionamento de vigas sob flexão simples – Flambagem lateral com torção (FLT)

PROF^ª. MSC. PATRÍCIA ANDRADE

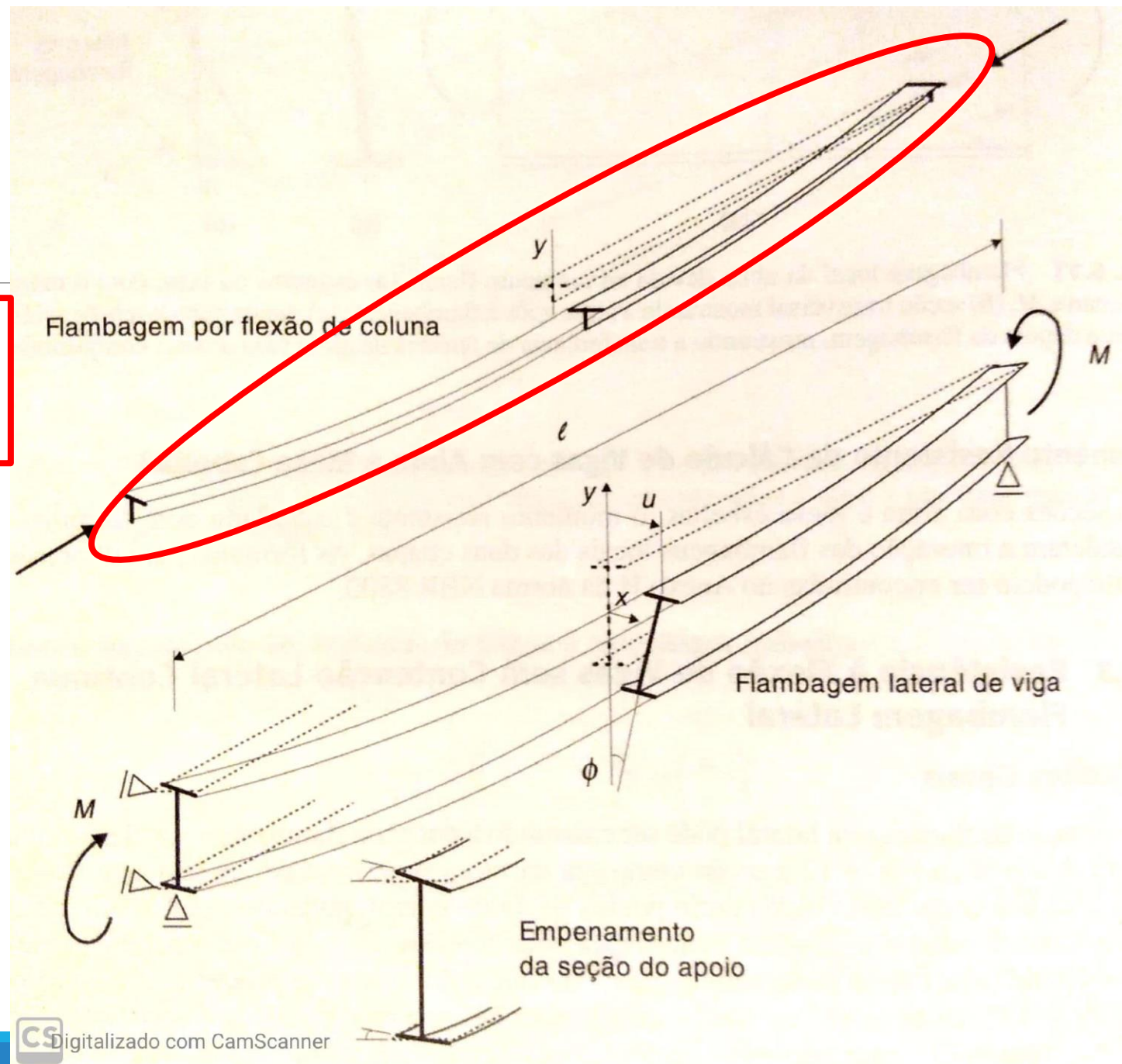
(da aula anterior...) Flexão simples

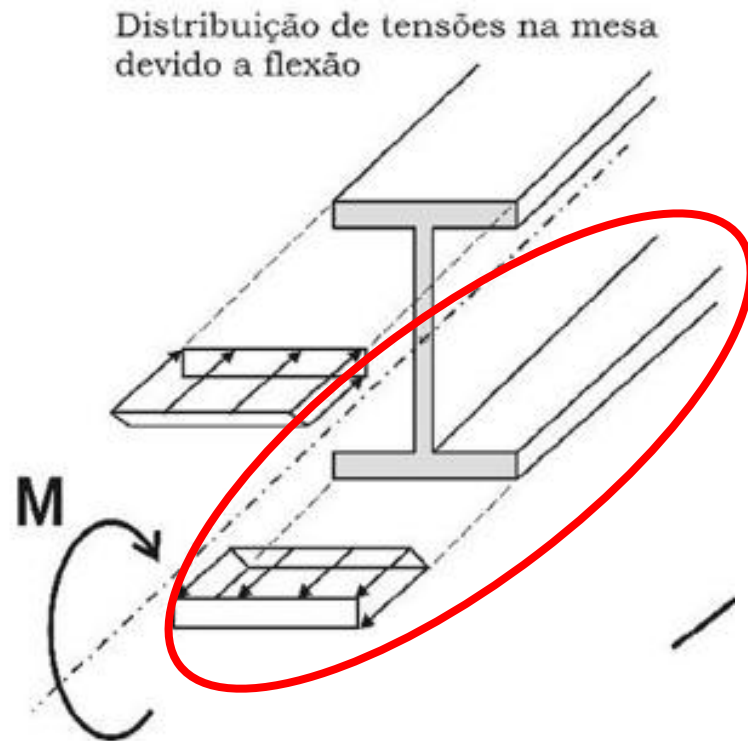
Pode ser entendido a partir da flambagem por flexão de uma coluna



Flambagem lateral com torção em vigas Pode ser entendido a partir da flambagem por flexão de uma coluna

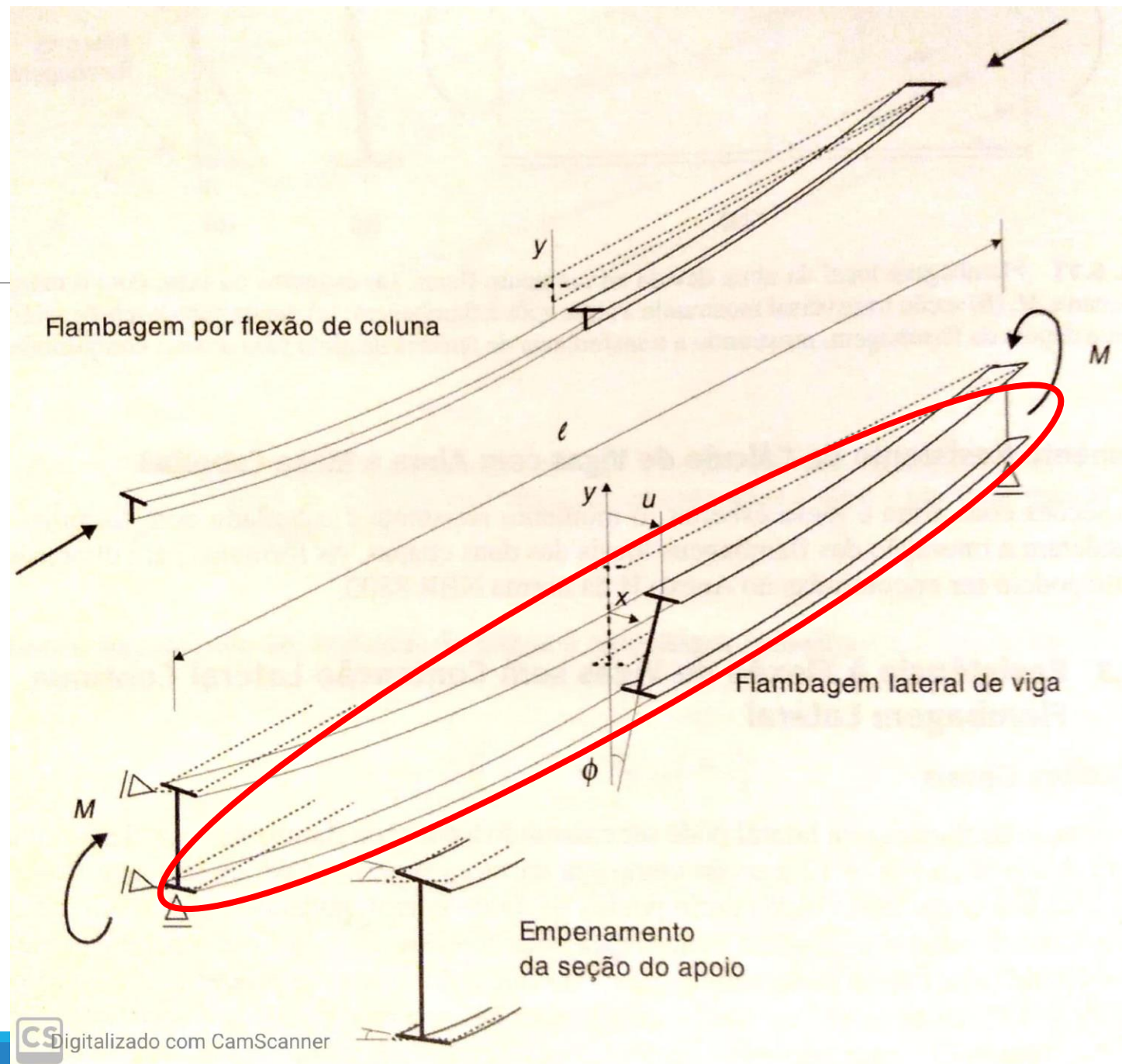
A seção composta da mesa superior e de um pequeno trecho da alma funciona como uma coluna entre pontos de apoio lateral, podendo flambar em torno do eixo y

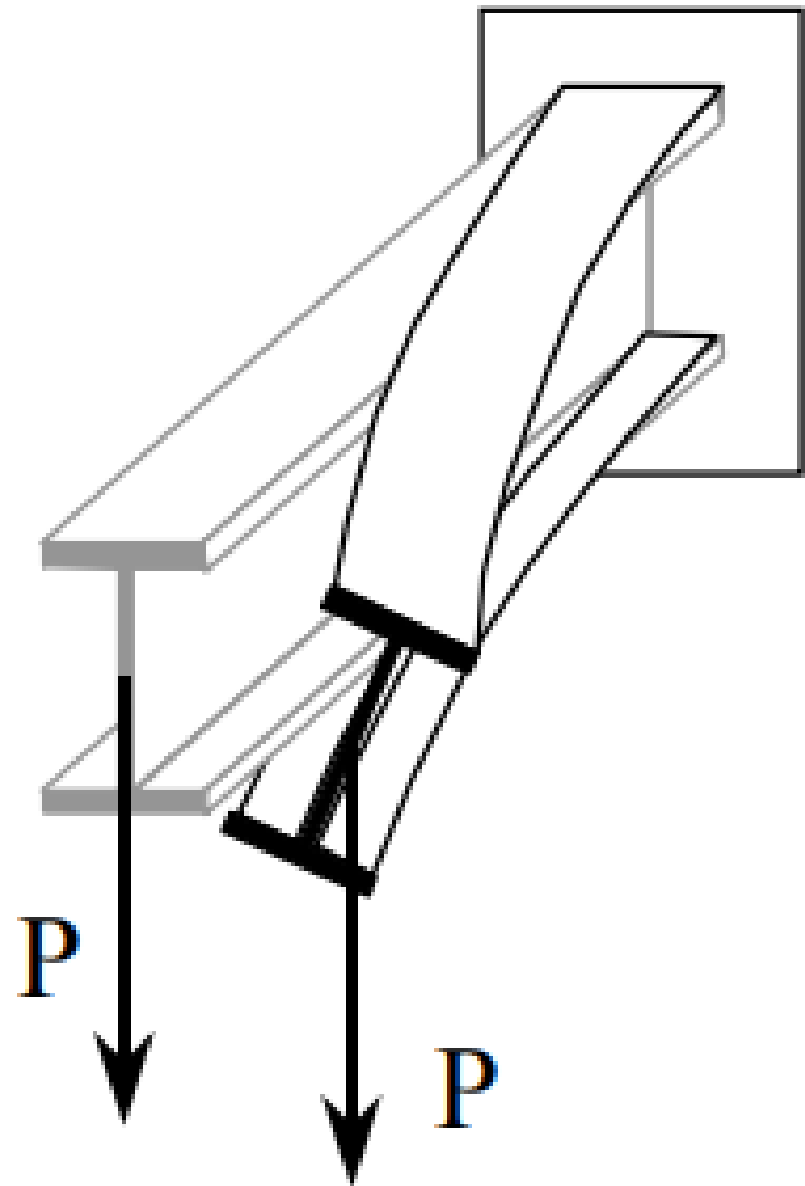


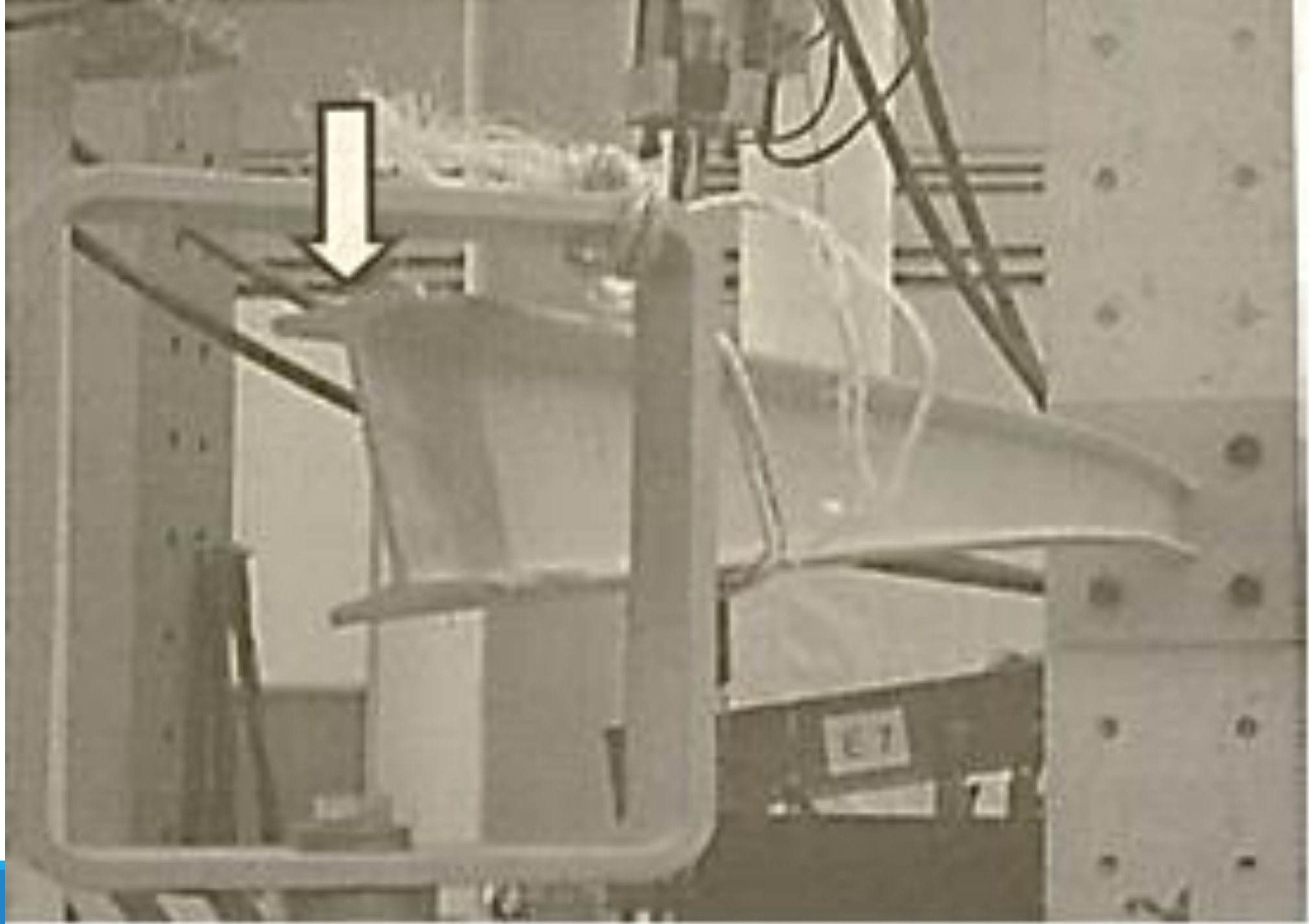


A mesa tracionada é estabilizada pelas tensões de tração, ela dificulta o deslocamento lateral da mesa comprimida, de modo que o fenômeno se processa com a torção

A seção sofre empenamento: a seção originalmente plana se deforma deixando de ser plana



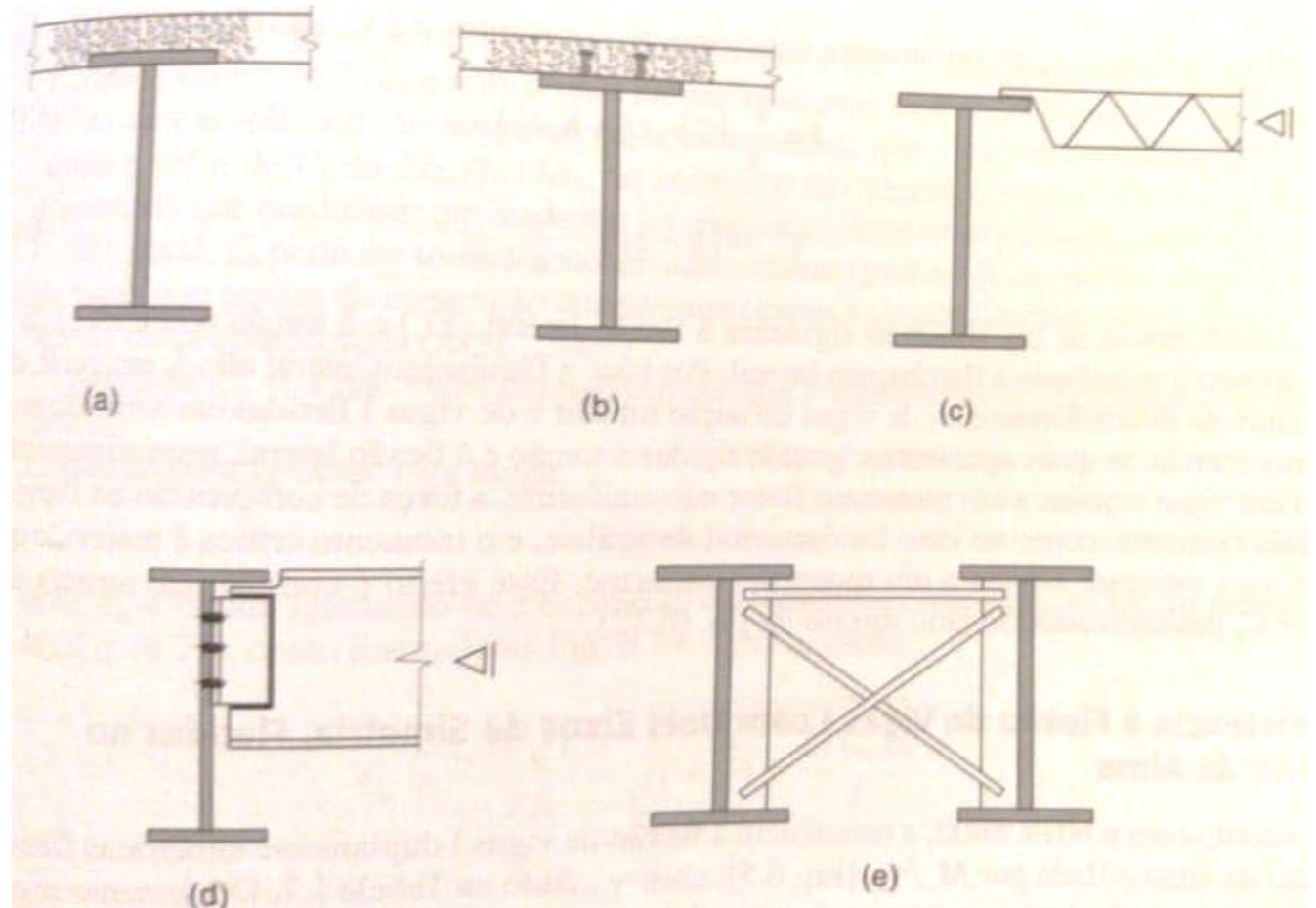


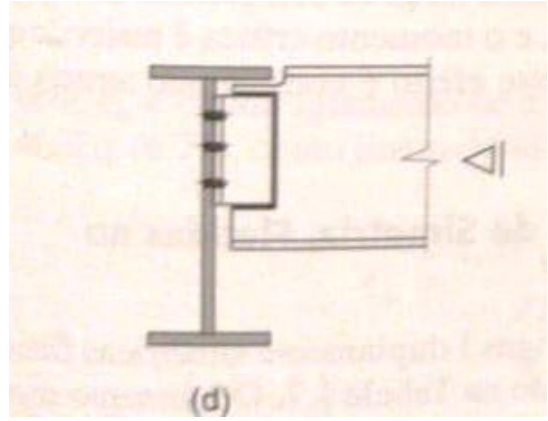


O que pode ser considerado como uma
contenção lateral????

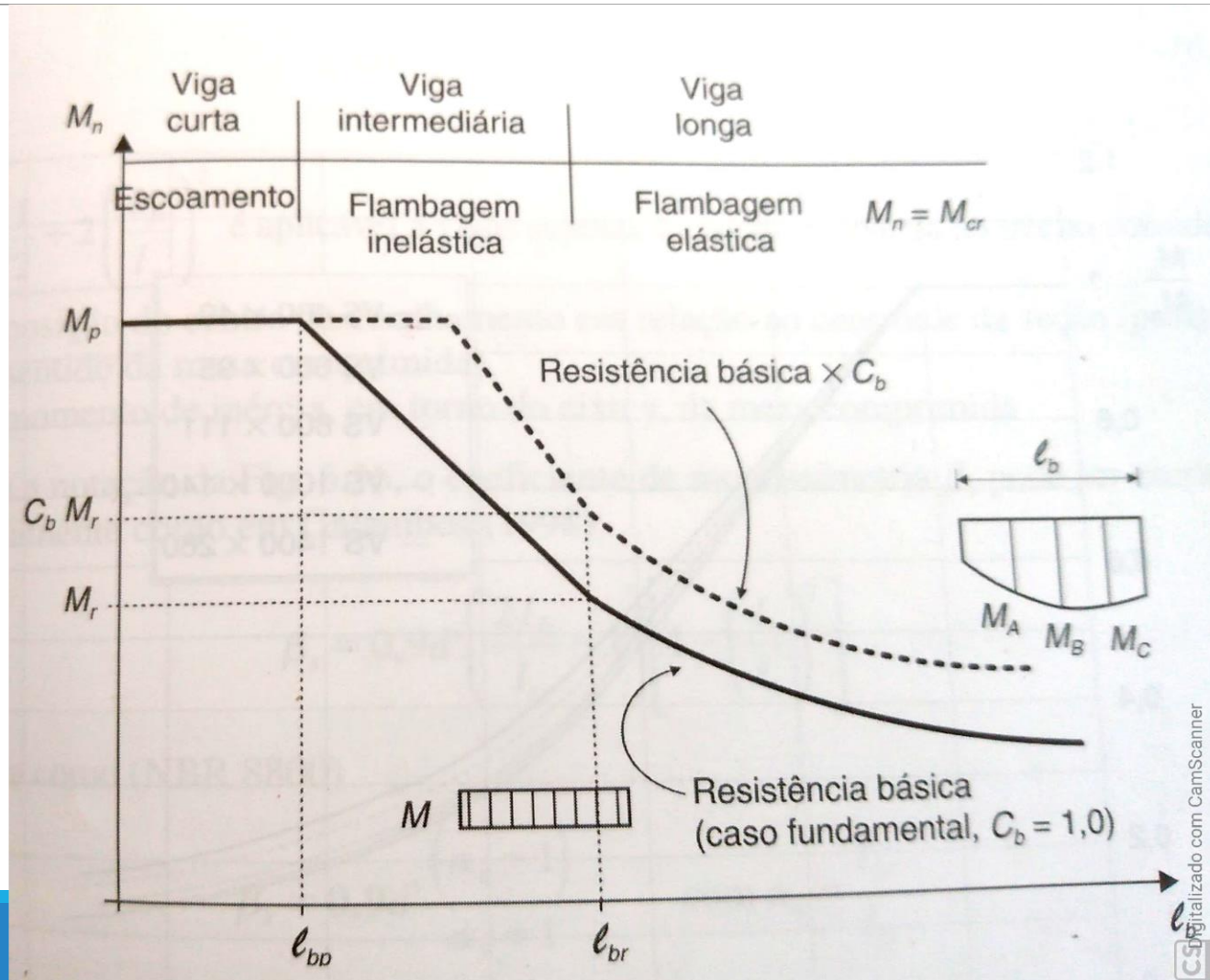
Esquemas de contenção lateral de vigas

Além de serem contencões laterais contínuas, nos apoios verticais das vigas admite-se sempre a existência de contenção lateral que impede a rotação de torção do perfil. c, d e e são apoios laterais discretos, a contenção lateral nesses casos atua nos pontos de contato da mesa comprimida com elementos do contraventamento





Resistência à flexão de vigas I com dois eixos de simetria, fletidas no plano da alma



Resistência à flexão de vigas I com dois eixos de simetria , fletidas no plano da alma

Para vigas curtas:

$$se\ l_b \leq l_{bp},\ sendo\ l_{bp} = 1,76 * i_y * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

l_b comprimento destravado é a distância entre dois apoios consecutivos ou duas contenções laterais consecutivas ou uma contenção lateral e um apoio

l_{bp} comprimento destravado de plastificação

Sendo i_y = raio de giração em torno do menor momento de inércia

f_y tensão de escoamento do aço

E módulo de elasticidade do aço

$$M_{Rd} = \frac{M_p}{\gamma_{a1}} = \frac{Z * f_y}{\gamma_{a1}}$$

Z é o módulo plástico da seção transversal com relação ao eixo de flexão

Resistência à flexão de vigas I com dois eixos de simetria , fletidas no plano da alma

Para vigas longas:

$$se\ l_b > l_{br} = \frac{1,38 * \sqrt{I_y * J}}{J * \beta_1} * \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 * C_w * \beta_1^2}{I_y}}}$$

$$M_{Rd} = \frac{M_n}{\gamma_{a1}} = C_b * \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_b^2 * \gamma_{a1}} * \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \left(1 + 0,039 * \frac{J * l_b^2}{C_w} \right) ,}$$

l_b é o comprimento entre duas contenções laterais

Resistência à flexão de vigas I com dois eixos de simetria , fletidas no plano da alma

J momento polar de inércia obtido pela tabela ou pela fórmula

$$J = \frac{1}{3} * (2 * b_f * t_f^3 + h_0 * t_0^3)$$

$$C_w = \text{constante de empenamento} = (h - t_f)^2 * \frac{I_y}{4}$$

$$\beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r) * W_x}{E * J}$$

Resistência à flexão de vigas I com dois eixos de simetria, fletidas no plano da alma

$$C_b = \frac{12,5 * M_{m\acute{a}x}}{2,5 * M_{m\acute{a}x} + 3 * M_A + 4 * M_B + 3 * M_C} \leq 3,0$$

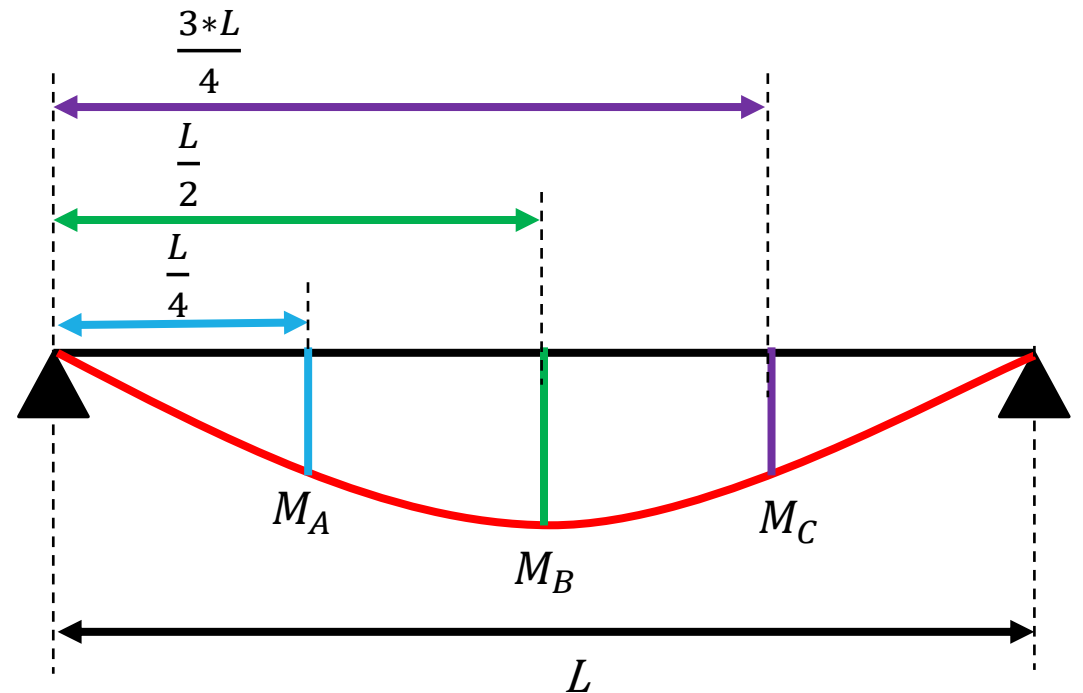
C_b coeficiente que leva em conta o efeito favorável de o momento não ser uniforme no segmento

M_A é o momento a $\frac{L}{4}$ do primeiro apoio da viga

M_B é o momento a $\frac{L}{2}$ do primeiro apoio da viga

M_C é o momento a $\frac{3 * L}{4}$ do primeiro apoio da viga

$M_{m\acute{a}x}$ é o momento máximo atuante na viga



Resistência à flexão de vigas I com dois eixos de simetria , fletidas no plano da alma

Vigas intermediárias

$$l_{bp} < l_b \leq l_{br}$$

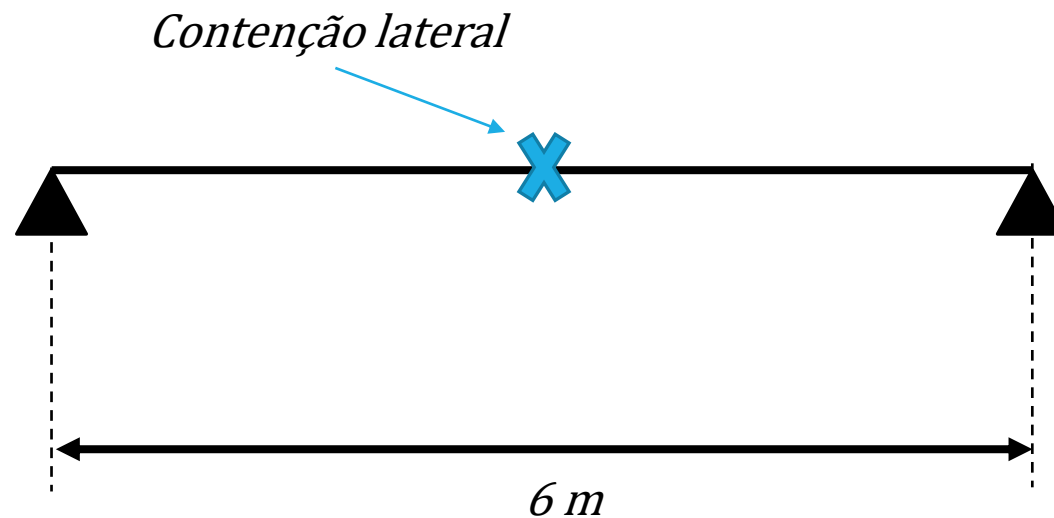
$$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} * \left[M_p - (M_p - M_r) * \frac{l_b - l_{bp}}{l_{br} - l_{bp}} \right] \leq \frac{M_p}{\gamma_{a1}}$$

Sendo $M_r = W_x * (f_y - \sigma_r)$

$$M_p = Z_x * f_y$$

EXEMPLO

Uma viga de piso biapoiada de perfil laminado I: W 410 x 38,8 kg/m foi submetida a um carregamento linear de $q=36$ kN/m (já majorado com coeficiente de segurança) com contenção lateral no vão central (vão $L=6$ m). Verificar se o perfil atende aos esforços de flexão (verificar em aula somente FLT, em casa verifiquem o FLA e FLM). Adote Aço AR345 ($f_y=345$ MPa). Módulo de elasticidade E 20000 kN/cm²



Resolução

1- calcular o momento solicitante

$$M_{sd} = \frac{F_d * l^2}{8}$$

$$M_{sd} = \frac{36 * 3^2}{8}$$

$$M_{sd} = 40,5 \text{ kN.m ou } 4050 \text{ kN.cm}$$

Resolução

2- determinar a situação da viga

$$l_{bp} = 1,76 * i_y * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$l_{bp} = 1,76 * 2,83 * \sqrt{\frac{20000}{34,5}}$$

$$l_{bp} = 119,93 \text{ cm}$$

$$l_{bp} = 119,93 \text{ cm} < l_b = 300 \text{ cm}$$

→ a viga não é curta!!!!

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo Y-Y				J	$b_f/2t_f$	h_w/t_w
				t_w	h_w	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	Z_y			
W 410 × 38,8	38,8	399	50,3	6,4	381	8,8	140	12777	640,5	15,94	736,8	404	57,7	2,83	90,9	11,7	8,0	55,8

Resolução

2- determinar a situação da viga

$$l_{br} = \frac{1,38 * \sqrt{I_y * J}}{J * \beta_1} * \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 * C_w * \beta_1^2}{I_y}}}$$

$$I_y = 404 \text{ cm}^4$$

$$J = 11,7 \text{ cm}^4$$

Resolução

2- determinar a situação da viga (dados em cm)

$$C_w = (h - t_f)^2 * \frac{I_y}{4}$$

$$C_w = (39,9 - 0,88)^2 * \frac{404}{4}$$

$$C_w = 153\,778,6 \text{ cm}^6$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo Y-Y				J	$b_f/2t_f$	h_w/t_w
				t_w	h_w	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	Z_y			
W 410 × 38,8	38,8	399	50,3	6,4	381	8,8	140	12777	640,5	15,94	736,8	404	57,7	2,83	90,9	11,7	8,0	55,8

Resolução

2- determinar a situação da viga

$$\beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r) * W_x}{E * J}$$

$$\beta_1 = \frac{(34,5 - 0,3 * 34,5) * 640,5}{20\ 000 * 11,7}$$

$$\beta_1 = 0,066 / cm$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo Y-Y				J	$b_f/2t_f$	h_w/t_w
				t_w	h_w	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	Z_y			
W 410 × 38,8	38,8	399	50,3	6,4	381	8,8	140	12777	640,5	15,94	736,8	404	57,7	2,83	90,9	11,7	8,0	55,8

Resolução

2- determinar a situação da viga

$$l_{br} = \frac{1,38 * \sqrt{I_y * J}}{J * \beta_1} * \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 * C_w * \beta_1^2}{I_y}}}$$

$$l_{br} = \frac{1,38 * \sqrt{404 * 11,7}}{11,7 * 0,066} * \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 * 153\,778,6 * 0,066^2}{404}}}$$

$$l_{br} = 342,38 \text{ cm} > l_b = 300 \text{ cm}$$

→ a viga é intermediária!!!!

Resolução

3- determinar o momento resistente de projeto

$$C_b = \frac{12,5 * M_{m\acute{a}x}}{2,5 * M_{m\acute{a}x} + 3 * M_A + 4 * M_B + 3 * M_C} \leq 3,0$$

$$\text{para } \frac{L}{4} = \frac{3}{4} \rightarrow \frac{L}{4} = 0,75 \text{ m}$$

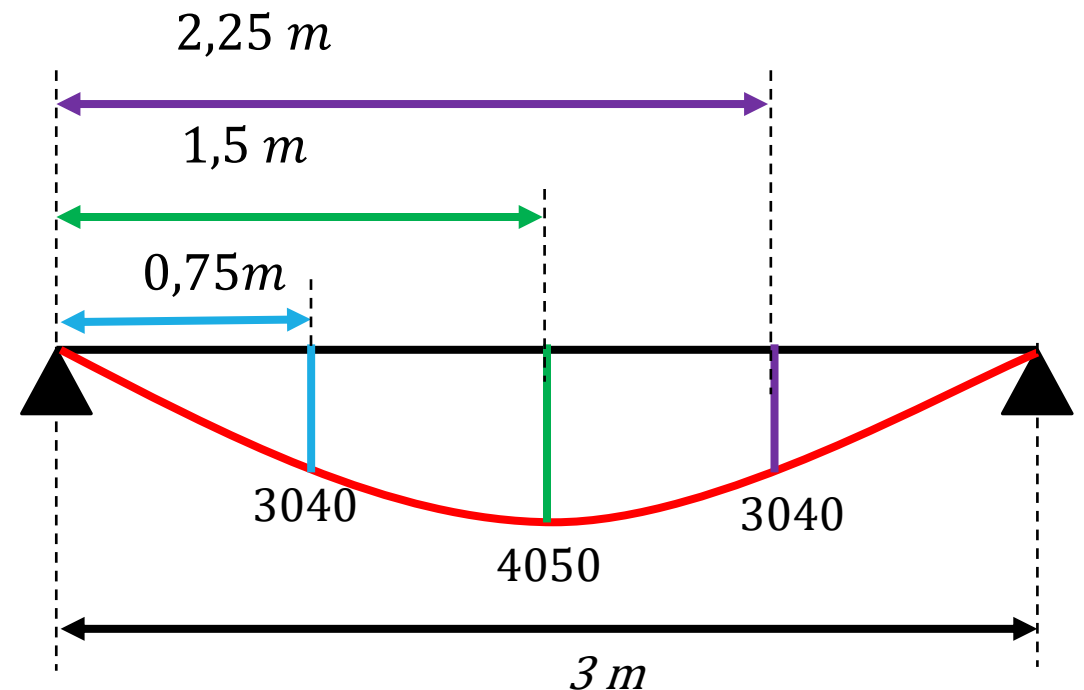
$$\rightarrow M_A = 3040 \text{ kN.cm}$$

$$\text{para } \frac{L}{2} = \frac{3}{2} \rightarrow \frac{L}{2} = 1,5 \text{ m}$$

$$\rightarrow M_B = 4050 \text{ kN.cm}$$

$$\text{para } \frac{3 * L}{4} = \frac{3 * 3}{4} \rightarrow \frac{3 * L}{4} = 2,25 \text{ m}$$

$$\rightarrow M_C = 3040 \text{ kN.cm}$$



Resolução

3- determinar o momento resistente de projeto

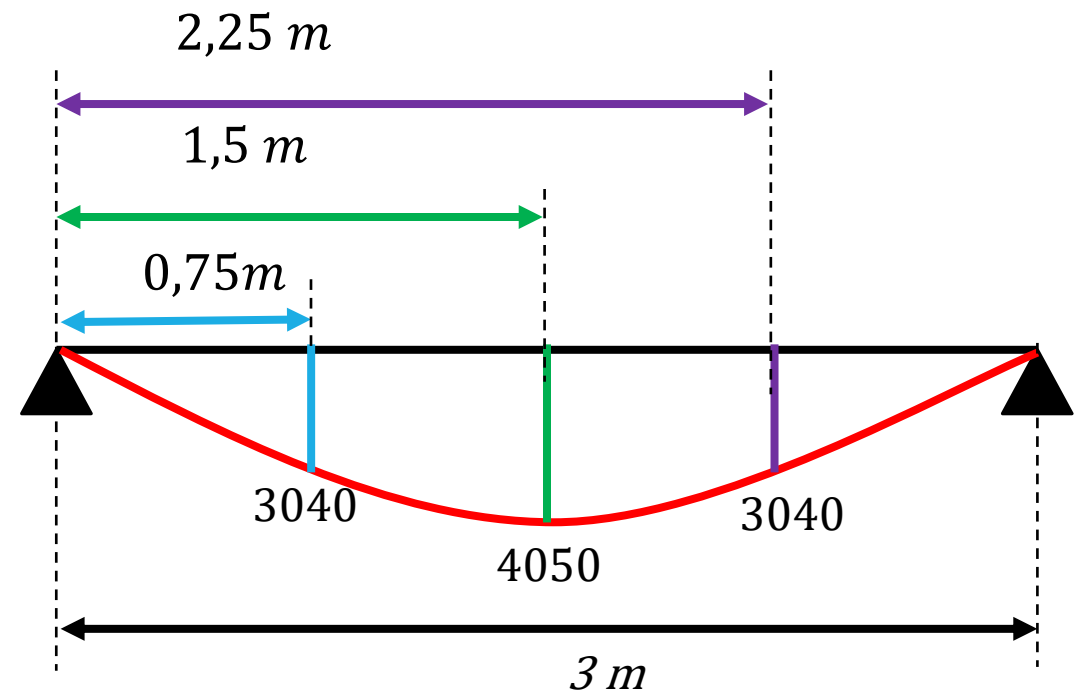
$$C_b = \frac{12,5 \cdot 4050}{(2,5 \cdot 4050) + (3 \cdot 3040) + (4 \cdot 4050) + (3 \cdot 3040)}$$

$$C_b = \frac{50\,625}{10\,125 + 9\,120 + 16\,200 + 9\,120}$$

$$C_b = 1,13$$

$$C_b = 1,13 \leq 3,0$$

$$\rightarrow C_b = 1,13$$



Resolução

$$M_p = Z_x * f_y$$

$$M_p = 736,8 * 34,5$$

$$M_p = 25\,419,6 \text{ kN.cm}$$

$$M_r = W_x * (f_y - \sigma_r)$$

$$M_r = 640,5 * (34,5 - 0,3 * 34,5)$$

$$M_r = 15\,468,07 \text{ kN.cm}$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo Y-Y				J	$b_f/2t_f$	h_w/t_w
				t_w	h_w	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	Z_y			
W 410 × 38,8	38,8	399	50,3	6,4	381	8,8	140	12777	640,5	15,94	736,8	404	57,7	2,83	90,9	11,7	8,0	55,8

Resolução

$$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} * \left[M_p - (M_p - M_r) * \frac{l_b - l_{bp}}{l_{br} - l_{bp}} \right] \leq \frac{M_p}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} = \frac{1,13}{1,1} * \left[25\,419,6 - (25\,419,6 - 15\,468,07) * \frac{300 - 119,92}{342,38 - 119,92} \right]$$

$$M_{Rd} = 17\,837,46 \text{ kN.cm}$$

$$\frac{M_p}{\gamma_{a1}} = \frac{25419,6}{1,1}$$

$$\frac{M_p}{\gamma_{a1}} = 23108,73 \text{ kN.cm}$$

Usar $M_{Rd} = 17\,837,46 \text{ kN.cm}$, porque $M_{Rd} = 17\,837,46 \text{ kN.cm} < \frac{M_p}{\gamma_{a1}} = 23108,73 \text{ kN.cm}$

$$M_{Rd} = 17\,837,46 \text{ kN.cm} > M_{sd} = 4050 \text{ kN.cm}$$

Exercício completo

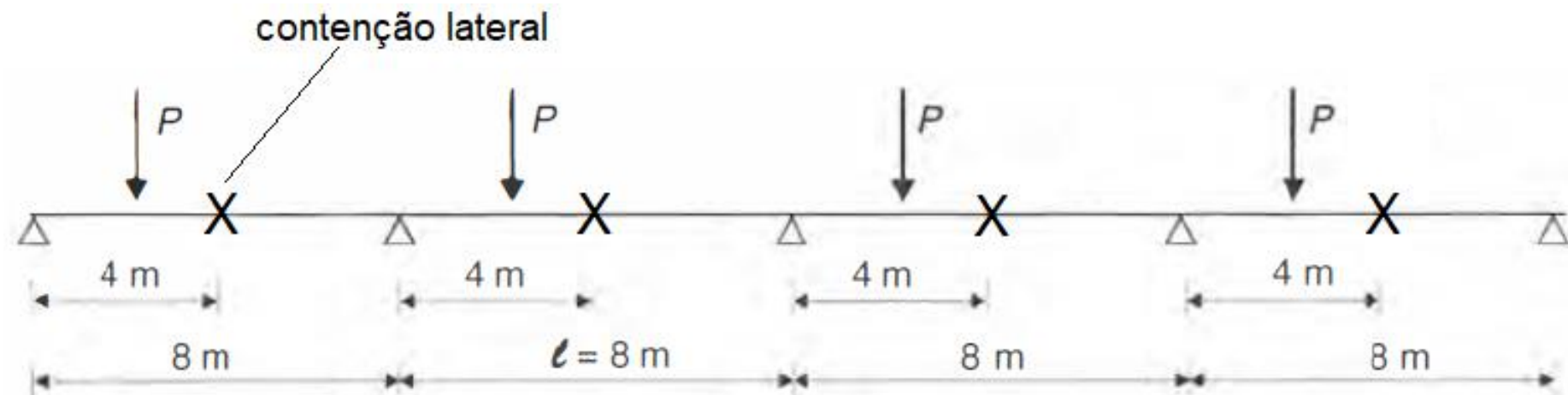
Um perfil VS400X49 (soldado) foi selecionado para uma viga contínua de quatro vãos, de 8m, conforme ilustrado na figura. A viga é de aço MR-250. calcular o momento fletor resistente na região do momento máximo solicitante. Admite-se a existência de contraventamento no plano das vigas de modo a fornecer contenção lateral. Momentos:

$$M_A = 0,17 * P * L/4$$

$$M_B = 0,17 * P * \frac{L}{2}$$

$$M_C = 0,17 * P * 3 * \frac{L}{4}$$

$$M_{Máx} = 0,17 * P * L$$



Resolução

1 – determinar a situação da viga

FLM

$$\lambda = \frac{bf}{2*tf}$$

$$\lambda = \frac{200}{2*9,5}$$

$$\lambda = 10,52$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_x	J	$b_f/2t_f$	h_0/t_0
				t_0	h_0	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	mm		cm	cm ⁴		
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

FLM

1 – determinar a situação da viga

$$\lambda_p = 0,38 * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p = 0,38 * \sqrt{\frac{20000}{25}}$$

$$\lambda_p = 10,74$$

$$\lambda_p = 10,74 > \lambda = 10,52$$

A mesa da viga é compacta!!!

Resolução

FLM

2- determinar o momento resistente de projeto

$$M_{rd} = Z_x * \frac{f_y}{1,1}$$

$$M_{rd} = 971 * \frac{25}{1,1}$$

$$M_{rd} = 22\,068,2 \text{ kN.cm}$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_x	J	$h_y/2t_f$	h_y/t_w
				t_w	h_w	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	t_w	h_w	t_f	b_f	cm^4	cm^3	cm	cm^3	cm^4	cm^3	cm	mm	cm	cm^4			
	kg/m	mm	cm^2	mm	mm	mm	mm													
400 x 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

FLA

1 – determinar a situação da viga

$$\lambda = \frac{h_0}{t_0}$$

$$\lambda = \frac{381}{6,3}$$

$$\lambda = 60,47$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_r	J		
				t_0	h_0	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	t_0	h_0	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	b		cm	cm ⁴		
	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	mm					
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

FLA

1 – determinar a situação da viga

$$\lambda_p = 3,76 * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p = 3,76 * \sqrt{\frac{20000}{25}}$$

$$\lambda_p = 106,35$$

$$\lambda_p = 106,35 > \lambda = 60,47$$

A alma da viga é compacta!!!

Resolução

FLA

2- determinar o momento resistente de projeto

$$M_{rd} = Z_x * \frac{f_y}{1,1}$$

$$M_{rd} = 971 * \frac{25}{1,1}$$

$$M_{rd} = 22\,068,2 \text{ kN.cm}$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_x	J	$h_y/2t_f$	h_y/t_w
				t_w	h_w	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	t_w	h_w	t_f	b_f	cm^4	cm^3	cm	cm^3	cm^4	cm^3	cm	mm	cm	cm^4			
	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm													
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

1- determinar a situação da viga FLT

$$l_{bp} = 1,76 * i_y * \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$l_{bp} = 1,76 * 4,52 * \sqrt{\frac{20\ 000}{25}}$$

$$l_{bp} = 225\text{ cm}$$

$$l_{bp} = 225\text{ cm} < l_b = 400\text{ cm}$$

→ a viga não é curta!!!!

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_x	J	$b_f/2t_f$	h_o/t_o
				t_o	h_o	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	t_o	h_o	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	b		cm	cm ⁴		
	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	mm					
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

2- determinar a situação da viga

$$l_{br} = \frac{1,38 \cdot \sqrt{I_y \cdot J}}{J \cdot \beta_1} * \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot C_w \cdot \beta_1^2}{I_y}}}$$

$$I_y = 1267 \text{ cm}^4$$

$$J = 15 \text{ cm}^4$$

Perfil	Massa <i>m</i>	Alt. <i>h</i>	Área <i>A</i>	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda <i>b</i>	<i>i</i> / <i>i_y</i>	<i>i_r</i>	<i>J</i>	<i>h_y</i> / <i>2t_f</i>	<i>h₀</i> / <i>t₀</i>
				<i>t₀</i>	<i>h₀</i>	<i>t_f</i>	<i>b_f</i>	<i>I_x</i>	<i>W_x</i>	<i>i_x</i>	<i>Z_x</i>	<i>I_y</i>	<i>W_y</i>	<i>i_y</i>						
	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	mm		cm	cm ⁴		
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

2- determinar a situação da viga

$$C_w = (h - t_f)^2 * \frac{I_y}{4}$$

$$C_w = (40 - 0,95)^2 * \frac{1\ 267}{4}$$

$$C_w = 483\ 012,9\ cm^6$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_x	I	$b_f/2t_f$	h_0/t_0
				t_0	h_0	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	t_0	h_0	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	b		cm	cm ⁴		
	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	mm					
400 x 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

2- determinar a situação da viga

$$\beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r) * W_x}{E * J}$$

$$\beta_1 = \frac{(25 - 0,3 * 25) * 870}{20\ 000 * 15}$$

$$\beta_1 = 0,0507/cm$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_x	J	$b_y/2t_f$	h_0/t_0
				t_0	h_0	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	t_0	h_0	t_f	b_f	cm^4	cm^3	cm	cm^3	cm^4	cm^3	cm	mm	cm	cm^4			
	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm													
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

FLT

2- determinar a situação da viga

$$l_{br} = \frac{1,38 \cdot \sqrt{I_y \cdot J}}{J \cdot \beta_1} * \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot C_w \cdot \beta_1^2}{I_y}}}$$

$$l_{br} = \frac{1,38 \cdot \sqrt{1\,267 \cdot 15}}{15 \cdot 0,0507} * \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot 483\,012,9 \cdot 0,0507^2}{1\,267}}}$$

$$l_{br} = 624,89 \text{ cm}$$

$$l_{br} = 624,89 \text{ cm} > l_b = 400 \text{ cm}$$

→ a viga é intermediária!!!!

Resolução

FLT

3-determinar o momento resistente de projeto

$$M_A = 0,17 * P * L/4$$

$$M_A = 0,0425 * P * L$$

$$M_B = 0,17 * P * \frac{L}{2}$$

$$M_B = 0,085 * P * L$$

$$M_C = 0,17 * P * 3 * L/4$$

$$M_C = 0,1275 * P * L$$

$$M_{Máx} = 0,17 * P * L$$

Resolução

FLT

3-determinar o momento resistente de projeto

$$C_b = \frac{12,5 * M_{m\acute{a}x}}{2,5 * M_{m\acute{a}x} + 3 * M_A + 4 * M_B + 3 * M_C} \leq 3,0$$

$$C_b = \frac{12,5 * 0,17 * P * L}{(2,5 * 0,17 * P * L) + (3 * 0,0425 * P * L) + (4 * 0,085 * P * L) + (3 * 0,1275 * P * L)}$$

$$C_b = 1,667$$

$$C_b = 1,667 < 3,0$$

$$Usar C_b = 1,667$$

Resolução

FLT

3-determinar o momento resistente de projeto

$$M_p = Z_x * f_y$$

$$M_p = 971 * 25$$

$$M_p = 24\,275 \text{ kN.cm}$$

Perfil	Massa <i>m</i>	Alt. <i>h</i>	Área <i>A</i>	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda <i>b</i>	<i>i_y/i_x</i>	<i>i_r</i>	<i>J</i>	<i>h_f/2t_f</i>	<i>h₀/l₀</i>
				<i>t₀</i>	<i>h₀</i>	<i>t_f</i>	<i>b_f</i>	<i>I_x</i>	<i>W_x</i>	<i>i_x</i>	<i>Z_x</i>	<i>I_y</i>	<i>W_y</i>	<i>i_y</i>						
VS	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	mm		cm	cm ⁴		
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

FLT

3-determinar o momento resistente de projeto

$$M_r = W_x * (f_y - \sigma_r)$$

$$M_r = 870 * 0,7 * 25$$

$$M_r = 15\,225 \text{ kN.cm}$$

Perfil	Massa	Alt.	Área	Alma		Mesa		Eixo X-X				Eixo X-Y			Solda	i_x/i_y	i_r	J	$b_f/2t_f$	h_o/t_o
				t_o	h_o	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y						
VS	m	h	A	t_o	h_o	t_f	b_f	I_x	W_x	i_x	Z_x	I_y	W_y	i_y	b		cm	cm ⁴		
	kg/m	mm	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	mm					
400 × 49	48,7	400	62,0	6,3	381	9,5	200	17 393	870	16,75	971	1 267	127	4,52	5	3,7	5,25	15	10,5	60,5

Resolução

FLT

3-determinar o momento resistente de projeto

$$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} * \left[M_p - (M_p - M_r) * \frac{l_b - l_{bp}}{l_{br} - l_{bp}} \right] \leq \frac{M_p}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{rd} = \frac{1,667}{1,1} * \left[24\ 275 - (24\ 275 - 15\ 225) * \frac{400 - 225}{624,89 - 225} \right]$$

$$M_{rd} = 30\ 785,75 \text{ kN.cm}$$

Resolução

FLT

3-determinar o momento resistente de projeto

$$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} * \left[M_p - (M_p - M_r) * \frac{l_b - l_{bp}}{l_{br} - l_{bp}} \right] \leq \frac{M_p}{\gamma_{a1}}$$

$$\frac{M_p}{\gamma_{a1}} = \frac{24\,275}{1,1}$$

$$\frac{M_p}{\gamma_{a1}} = 22\,068,2 \text{ kN.cm}$$

$$M_{rd} = 30\,785,75 \text{ kN.cm} > \frac{M_p}{\gamma_{a1}} = 22\,068,2 \text{ kN.cm}$$

$$\rightarrow M_{rd} = 22\,068,2 \text{ kN.cm}$$