

# Ligações Soldadas

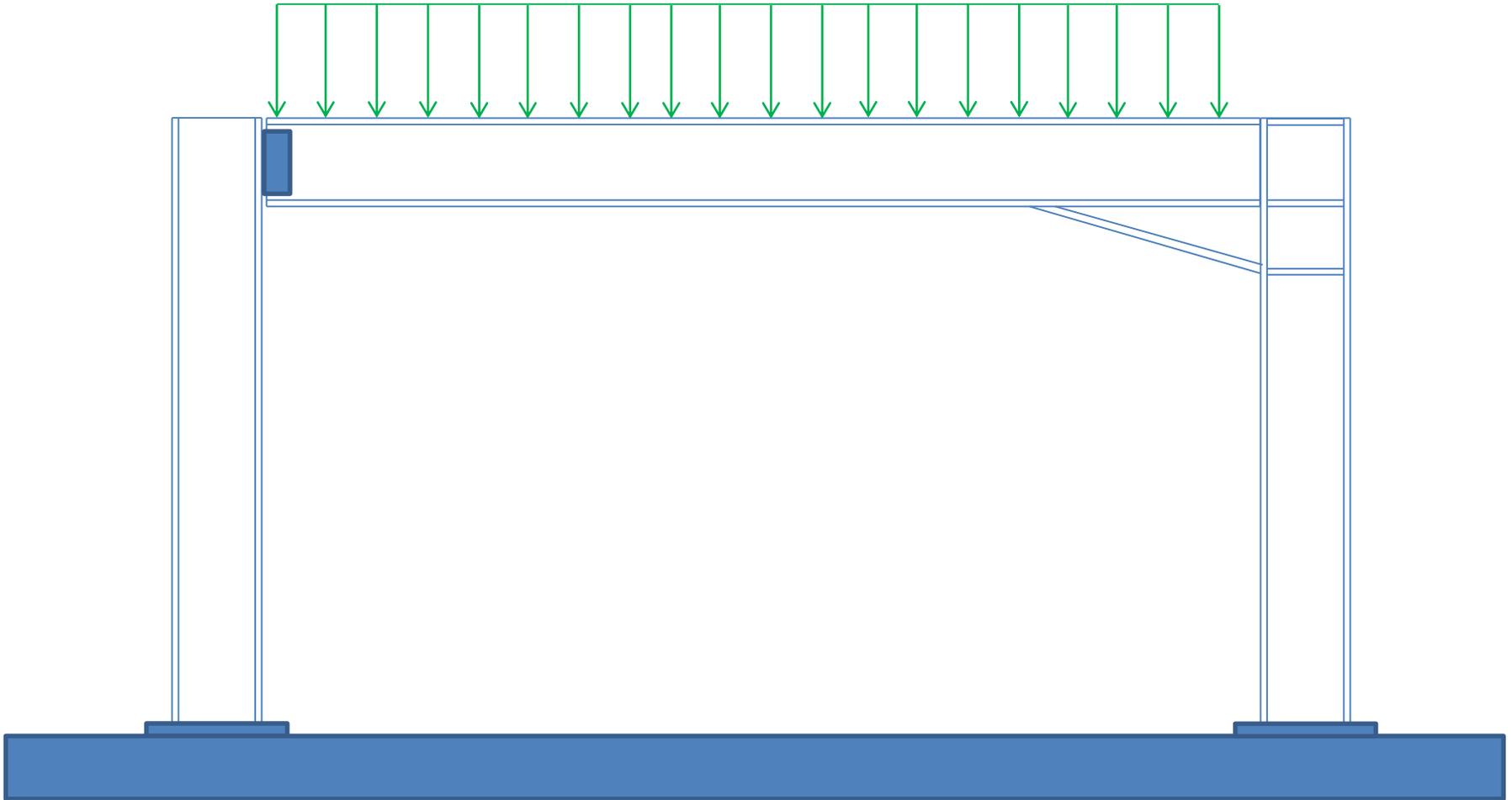
*Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas*

# Ligações Metálicas

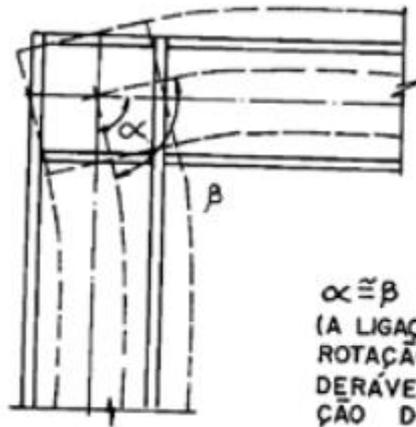


*Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas*

# Rigidez das ligações

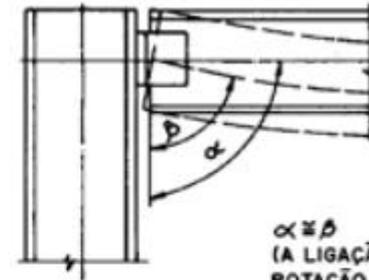


# Rigidez das ligações



$\alpha \cong \beta$   
(A LIGAÇÃO NÃO APRESENTA  
ROTAÇÃO RELATIVA CONSI-  
DERÁVEL APÓS A APLICA-  
ÇÃO DO CARREGAMENTO  
NA ESTRUTURA).

(a) LIGAÇÃO RÍGIDA



$\alpha \not\cong \beta$   
(A LIGAÇÃO APRESENTA  
ROTAÇÃO RELATIVA A-  
PRECIÁVEL APÓS APLICA-  
ÇÃO DO CARREGAMENTO  
NA ESTRUTURA).

(b) LIGAÇÃO FLEXÍVEL

Fig. 13- Ligações Rígida e Flexível

# Rigidez das ligações

**Condições para considerar uma ligação como rígida:**

## **Ligação Viga-Pilar**

$$\frac{2}{3} M_{Rd} \geq \frac{25 \cdot E \cdot I_v}{L_v}$$

Onde:

$I_v$  = Momento de Inércia da Viga conectada

$L_v$  = Comprimento da viga conectada

$$\frac{k_v}{k_p} \geq 0,1$$

Onde:

$k_v = I_v/L_v$  (média do andar)

$k_p = I_p/L_p$  (Relativos ao pilar)

**Ligações rígidas transmitem momento fletor máximo para as peças ligadas**

# Rigidez das ligações

**Condições para considerar uma ligação como flexível:**

**Vigas sujeitas à flexão simples**

$$\frac{2}{3} M_{Rd} \geq \frac{0,5 \cdot E \cdot I_v}{L_v}$$

Onde:

$I_v$  = Momento de Inércia da Viga conectada

$L_v$  = Comprimento da viga conectada

**Ligações flexíveis transmitem apenas cargas verticais e horizontais para as peças conectadas**

**Ligações semi-rígidas são raramente utilizadas, e de difícil determinação.**

**Buscaremos sempre ligações rígidas ou flexíveis.**

# Ligações Soldadas

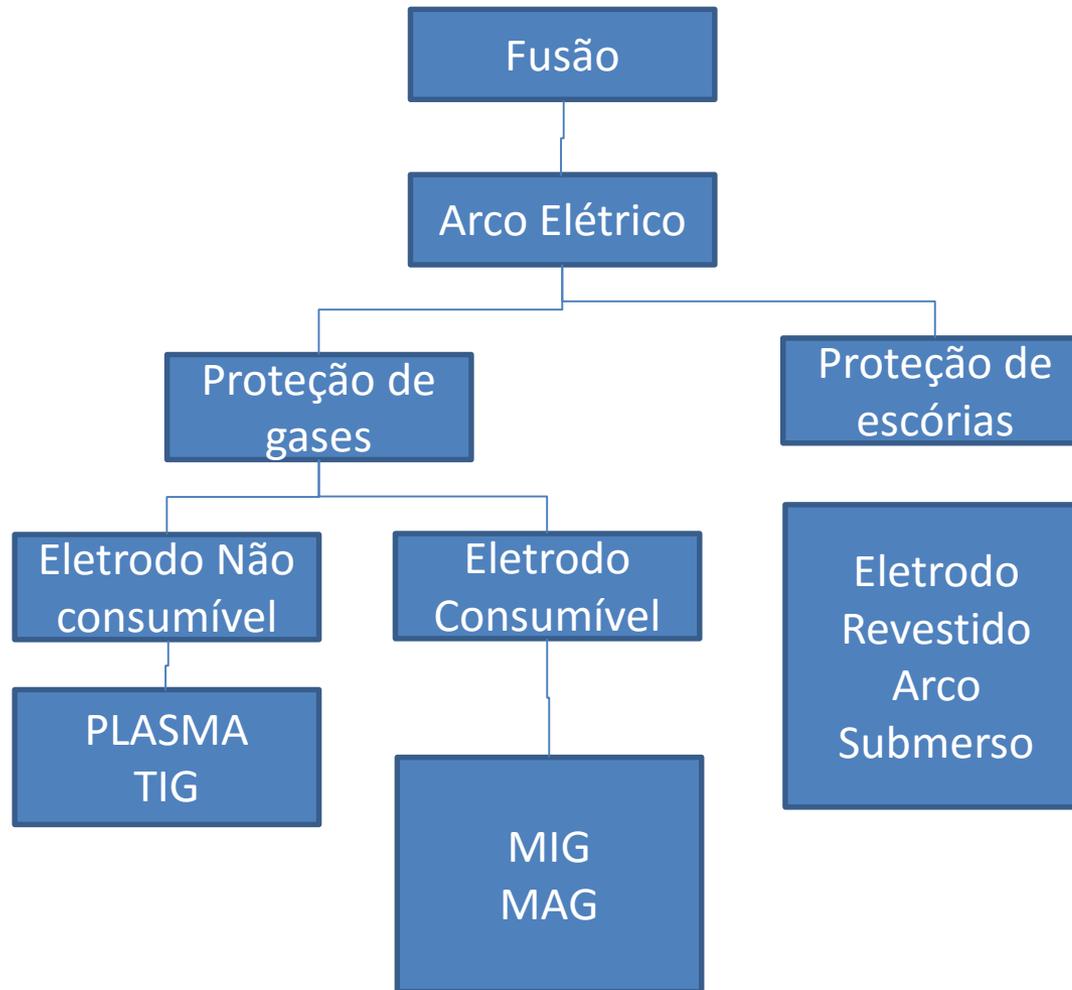


*Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas*

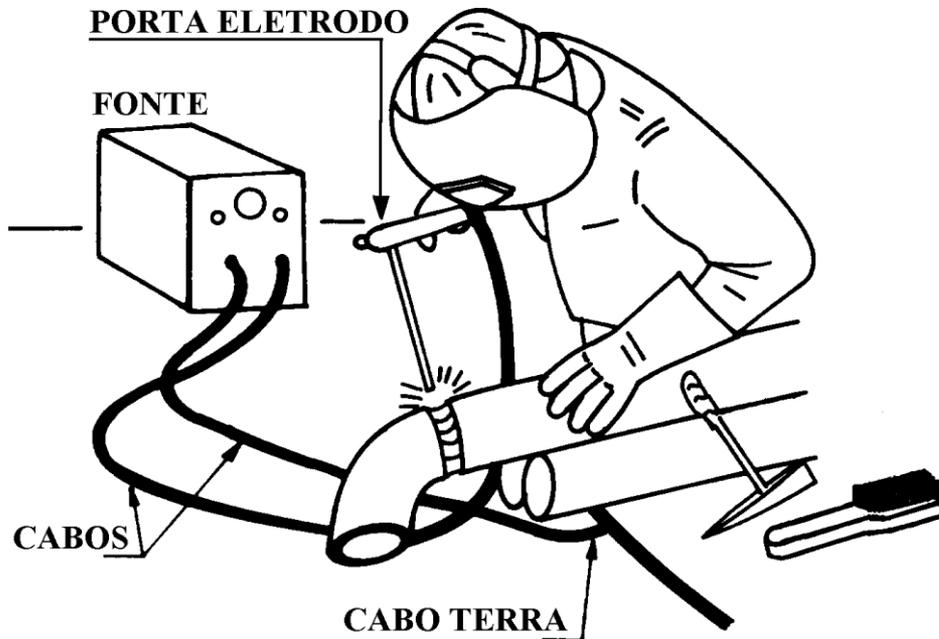
# Ligações Soldadas

Soldagem é a união entre duas partes metálicas usando uma **fonte de calor**, com ou sem aplicação de pressão.

# Ligações Soldadas



# Soldagem por Eletrodo Revestido



**SMAW:** Shielded Metal Arc Welding



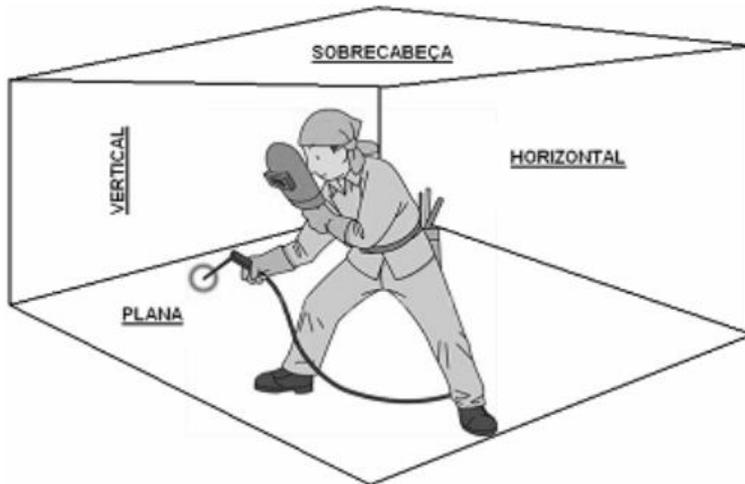


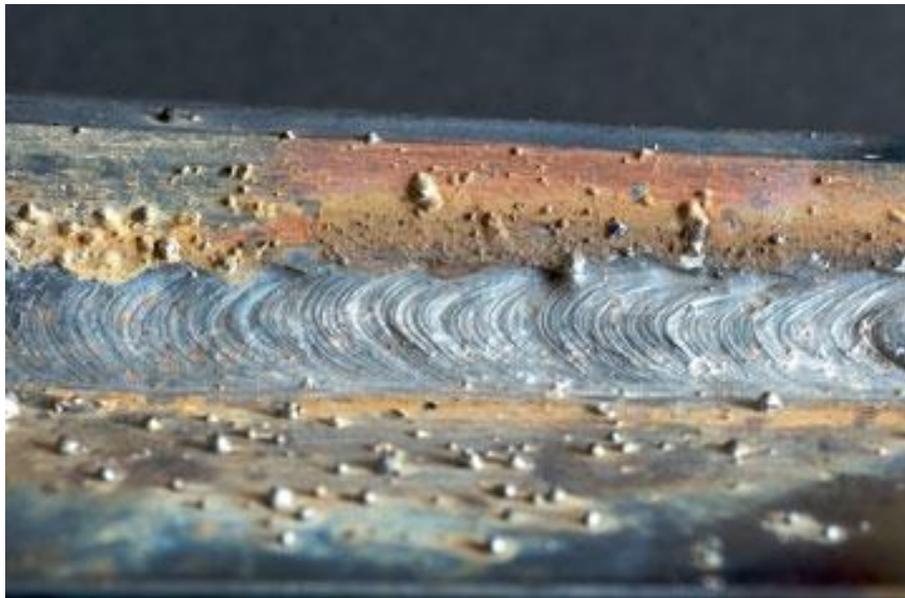
Figura 7 – Posições de soldagem e designação de eletrodos.

## E 60 13

- Eletrodo Revestido
- Resistência À ruptura por tração de 60ksi (41,5 kN/cm<sup>2</sup>)
- Permite soldagem em todas as posições
- Revestimento rutílico com silicato de potássio. Recomendado para chapas finas

## E 70 18

- Eletrodo Revestido
- Resistência À ruptura por tração de 70ksi (48,5 kN/cm<sup>2</sup>)
- Permite soldagem em todas as posições
- Requer maior habilidade, uso onde propriedades mecânicas e qualidade da soldagem sejam essenciais, alta penetração de pó de ferro. Recomendado em estruturas metálicas em geral



*Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas*

# Soldagem por eletrodo protegido por gases

**GMAW:** GAS Metal Arc Welding



*Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas*

# Soldagem por eletrodo protegido por gases

## **MIG: METAL INERT GAS**

Utiliza-se gases inertes para proteção da soldagem

## **MAG: METAL ACTIVE GAS**

Utiliza-se gases ativos para proteção da soldagem

## **TIG: Tungsten Inert Gas**

Utiliza-se um eletrodo de Tungstênio (não consumível) e um gás inerte na proteção da soldagem, além de um metal de adição

# VANTAGENS DO GMAW

**Não há formação de escórias**

**Penetração mais uniforme**

**Menor distorção e tensões residuais**

**Mais fácil (treinamento rápido)**

**Maior Produtividade**

*Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas*

# DESVANTAGENS DO GMAW

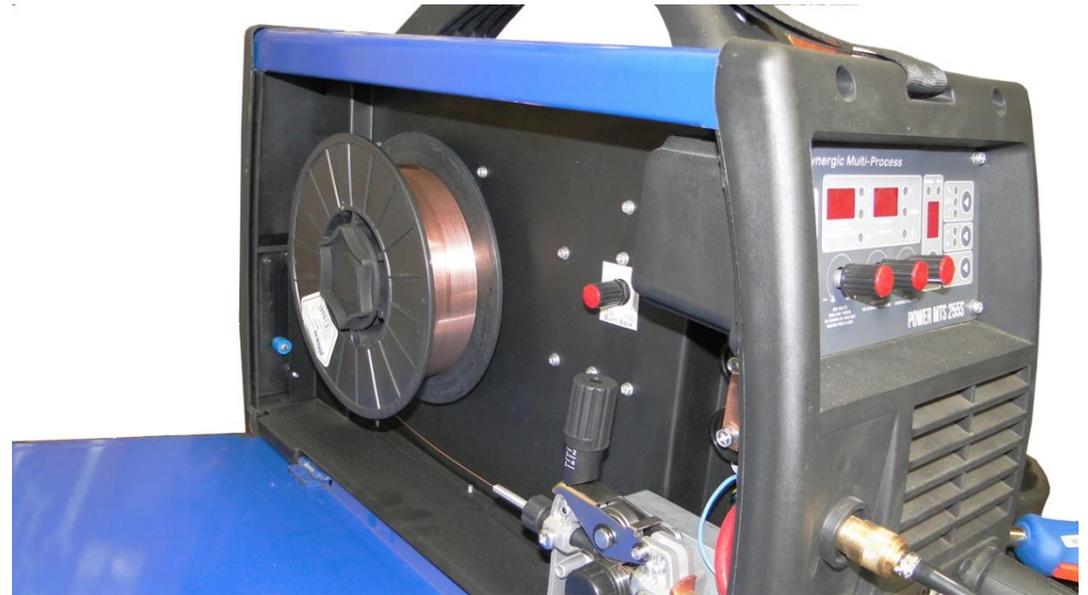
**Necessita proteção contra o vento**

**Não acessa lugares mais estreitos (devido ao bocal do gás)**

**Equipamento grande**

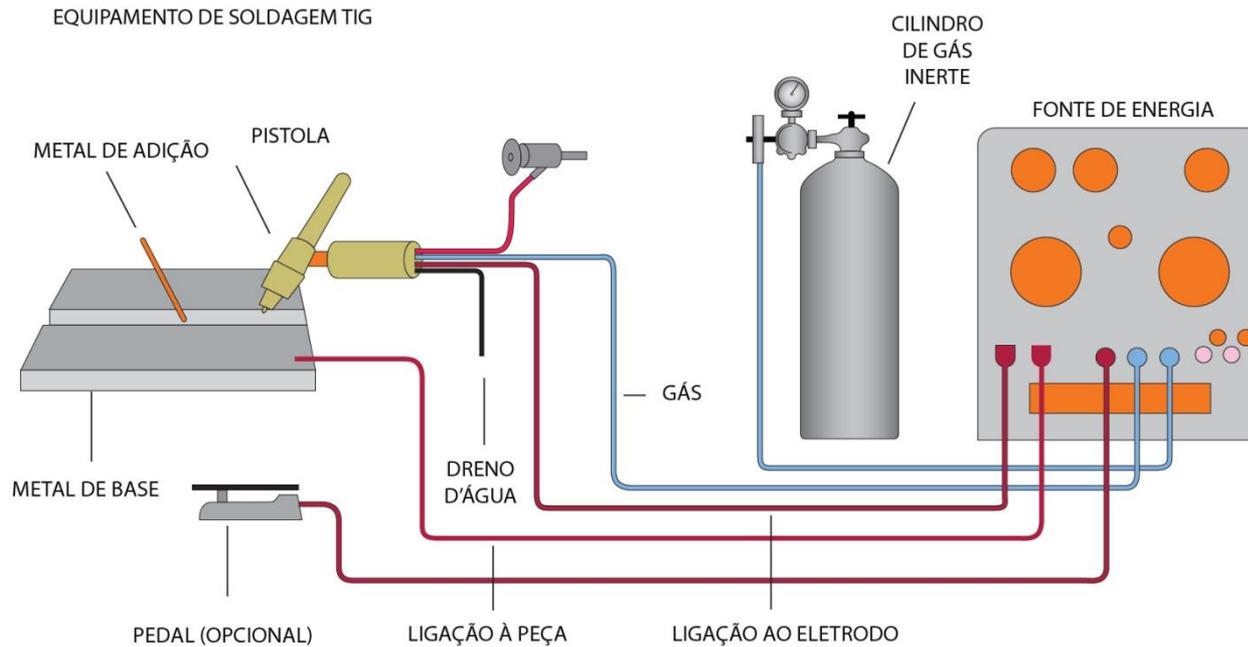
**Custo do gás**

# Equipamento MIG/MAG

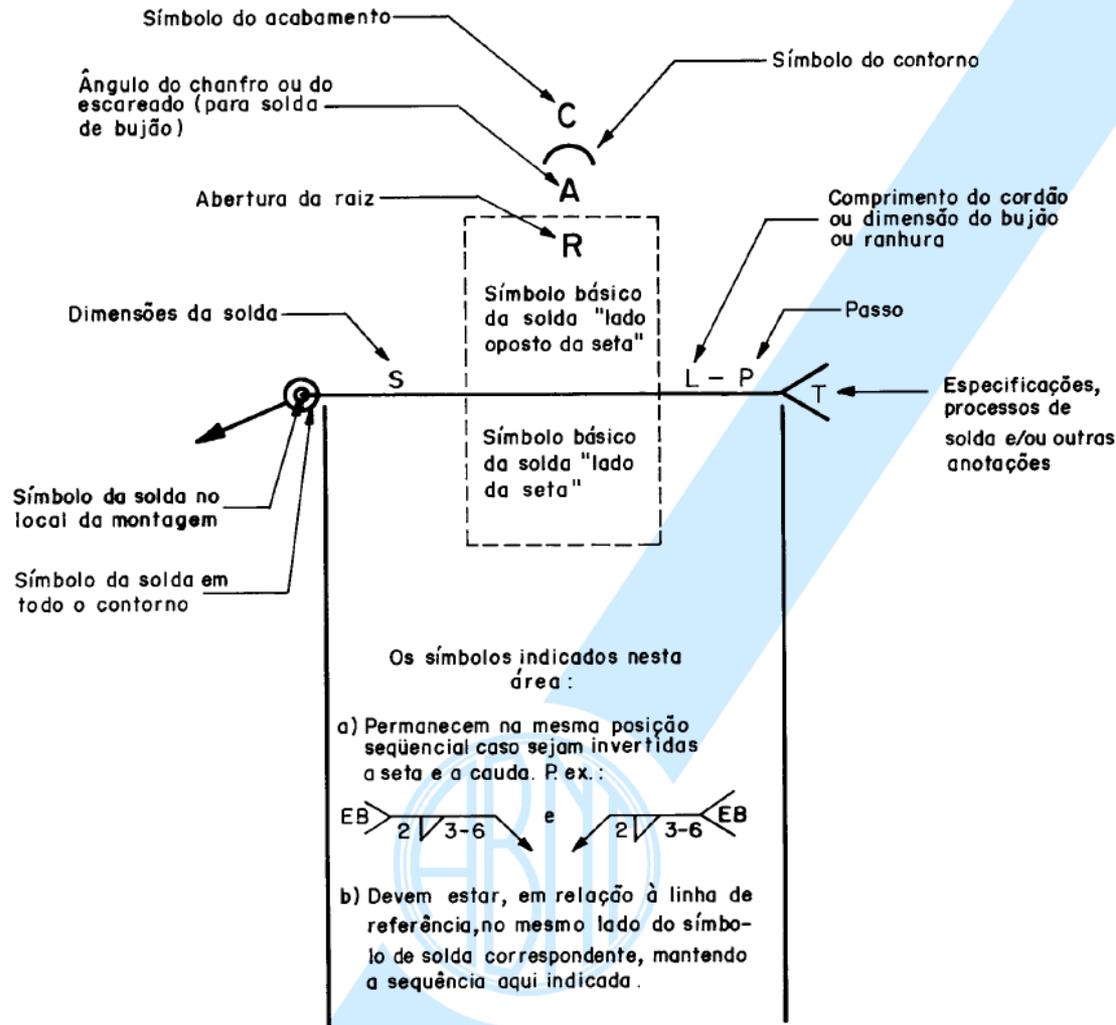


*Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas*

# Equipamento TIG

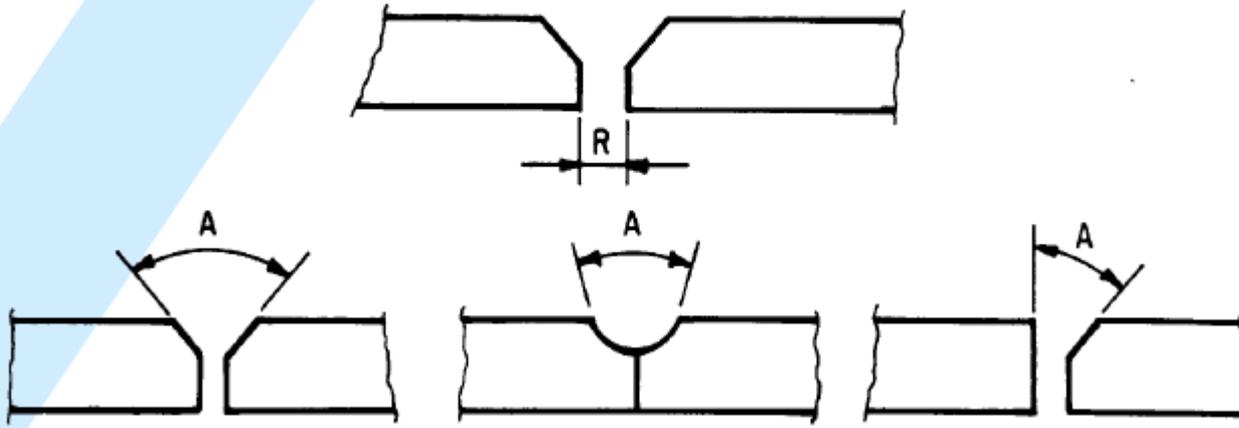


# Símbolos de Soldagem



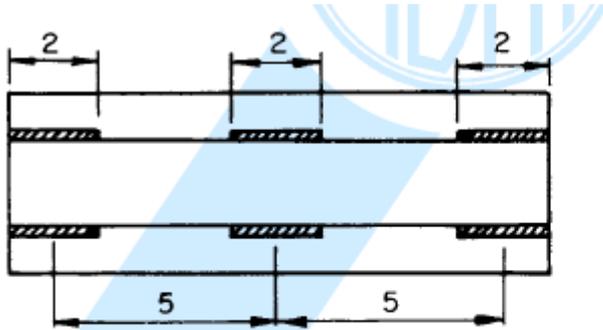
# Símbolos de Soldagem

- a) passo - espaçamento centro a centro das soldas, quando descontinuas;
- b) abertura da raiz (R) - distância entre as peças a unir na raiz da junta;
- c) ângulo de chanfro - ângulo formado entre os dois planos das extremidades das peças que formam o sulco para solda.

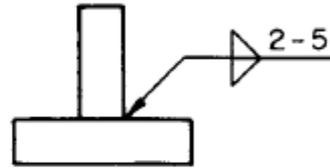


## NBR 7165

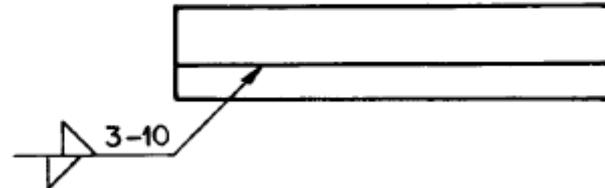
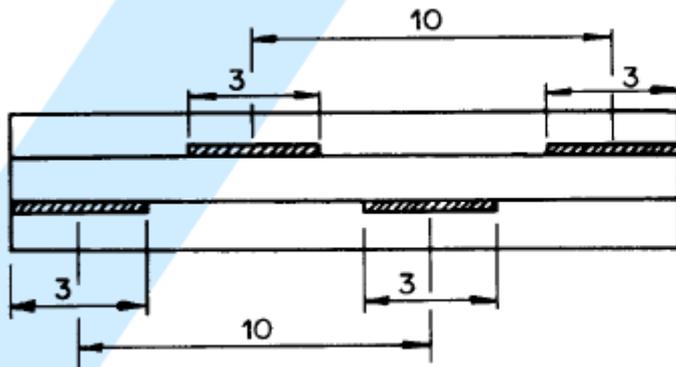
# Símbolos de Soldagem



Significado



Representação



# Símbolos de Soldagem

Símbolos Básicos de Solda									
Rebordo	Filete	Tampão	Ranhura ou Chanfro					Filetes convexos	
			Reto	V	Meio V	U	J	Duplo	Simplex
Símbolos Suplementares									
Solda com chapa de base	Afastamento	Toda volta	Solda de campo	Contorno					
				Esmerilhar	Convexa				

# Símbolos de Soldagem

Significado	Representação 1	Representação 2


		-
		-
		-

# Símbolos de Soldagem

		-
		-
		-

		-
		-
		-

# ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Método de inspeção	Características	Limitações
Visual	O mais comum e mais económico. Particularmente bom para soldas com um único passe.	Detecta somente trincas superficiais grosseiras, excessos e falta de solda e imperfeições.
Líquido penetrante	Utilizado quando a geometria da peça é complexa, dificultando a operação do equipamento de partículas magnéticas. Uso instantâneo em qualquer lugar. Detecta defeitos superficiais como trincas (microtrincas da ordem de 0,001 mm de largura), fissuras, porosidade, mordeduras.	Detecta somente descontinuidades superficiais. Ondulações de soldas reentrantes e ranhuras podem dar falsas indicações. Exame de custo mais elevado do que o de partículas magnéticas.
Partícula magnética	Detecta defeitos na superfície e sub-superfície como trincas, fissuras, porosidade, mordeduras e sobreposição, descontinuidades lineares da ordem de 0,5mm, além de descontinuidades mascaradas por esmerilhamento, óxidos etc., e as escondidas sob pinturas. É um exame mais rápido e económico do que o anterior. Indicações podem ser coletadas e preservadas em fitas plásticas.	Requer relativa lisura da superfície. Falta de cuidado no uso de pontas magnetizadas podem desprezar defeitos de golpeamento de arco. Necessita que o campo magnético seja gerado perpendicularmente à descontinuidade. Necessita em certos casos de desmagnetização da peça. Limpeza posterior. Depende da força do campo magnético.
Radiográfico	Detecta defeitos internos como porosidade, escória, vazios, fissuras, irregularidades, falta de fusão. Indicado para espessuras entre 4 mm e 70 mm. Um filme negativo é registro permanente. Distinção mais fácil do tipo de descontinuidade detectada. Executado em qualquer tipo de superfície.	Defeitos devem ocupar mais que aproximadamente 1,5% da espessura para ser registrado. Somente fissuras paralelas ao colidimento são registradas. Necessidade de acesso pelos dois lados da superfície inspecionada. Radiação perigosa, havendo a necessidade de evacuação de todo pessoal próximo à área em que está sendo realizada a radiografia. Tempo de exposição aumenta com a espessura. Custo mais elevado do que o ultra-sónico. Resultado duvidoso para soldas de filete.
Ultra-sónico	Detecta fissuras em qualquer orientação, escória, falta de fusão, inclusões, rupturas lamelares, vazios. Pode examinar minuciosamente quase qualquer espessura comercial. Alta sensibilidade na detecção de pequenos defeitos. Precisão na localização da descontinuidade e estimativa do tamanho. Inspeção rápida. Necessidade de acesso por somente uma superfície do elemento ensaiado.	Superfícies devem ser lisas. Equipamento deve ser frequentemente calibrado. Operador deve ser qualificado. Grânulos excessivamente grosseiros fornecem falsas indicações. Defeitos classificados por tamanho podem não ser muito exatos. O sistema pode ser sensível a pequenos defeitos que não são nocivos à estrutura. Falta de registro permanente. Difícil aplicação em peças de geometria complexa.

# ONDE USAR CADA SOLDA

	Metal-base		Metal da solda compatível			
	ABNT	ASTM	Arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW)	Arco submerso (SAW)	Arco elétrico com proteção gasosa (GMAW)	Arco elétrico com fluxo no núcleo (FCAW)
<b>Grupo I</b>	NBR 6648 (CG-26 - $t \leq 20$ mm) NBR 6649 (CF-26) NBR 6650 (CF-26) NBR 7007 (MR 250 - $t \leq 19$ mm)	A36 ( $t \leq 19$ mm) A500 Grau A A500 Grau B	AWS A5.1 - E60XX, E70XX  AWS A5.5 <sup>e</sup> - E70XX-X	AWS A5.17 - F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX, F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX  AWS A5.23 <sup>e</sup> - F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX	AWS A5.18 - ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM (exceto -GS)  AWS A5.28 <sup>e</sup> - ER70S-XXX, E70C-XXX	AWS A5.20 - E6XT-X, E6XT-XM, E7XT-X, E7XT-XM (exceto -2, -2M, -3, -10, -13, -14 e -GS e exceto -11 com espessura superior a 12 mm)  AWS A5.29 <sup>e</sup> - E6XTX-X, E6XT-XM, E7XTX-X, E7XTX-XM
<b>Grupo II</b>	NBR 5000 (G-30) NBR 5000 (G-35) NBR 5004 (F-32/Q-32) NBR 5004 (F-35/Q-35) NBR 5004 (Q-40) NBR 5008 (CGR 400) <sup>d</sup> NBR 5008 (CGR 500) <sup>d</sup> NBR 5008 (CGR 500A) <sup>d</sup> NBR 5920 (CFR 500) <sup>d</sup> NBR 5921 (CFR 400) <sup>d</sup> NBR 5921 (CFR 500) <sup>d</sup> NBR 6648 (CG-26 - $t > 19$ mm) NBR 6648 (CG-28) NBR 6649 (CF-28) NBR 6650 (CF-28) NBR 6650 (CF-30) NBR 7007 (MR 250 - $t > 19$ mm) NBR 7007 (AR-350) NBR 7007 (AR-350 COR) NBR 8261 (Graus B e C)	A36 ( $t > 19$ mm) A242 <sup>d</sup> A572 Grau 42 A572 Grau 50 A572 Grau 55 A992 A588 <sup>d</sup>	AWS A5.1 - E7015, E7016, E7018, E7028  AWS A5.5 <sup>e</sup> - E7015-X, E7016-X, E7018-X	AWS A5.17 - F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX  AWS A5.23 <sup>e</sup> - F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX	AWS A5.18 - ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM (exceto -GS)  AWS A5.28 <sup>e</sup> - ER70S-XXX, E70C-XXX	AWS A5.20 - E7XT-X, E7XT-XM (exceto -2, -2M, -3, -10, -13, -14 e -GS e exceto -11 com espessura superior a 12 mm)  AWS A5.29 <sup>e</sup> ) - E7XTX-X, E7XTX-XM
<b>Grupo III</b>	NBR 5000 (G-42) NBR 5000 (G-45) NBR 5004 (Q-42) NBR 5004 (Q-45) NBR 7007 (AR-415)	A572 Grau 60 A572 Grau 65 A913 <sup>e</sup>	AWS A5.5 <sup>e</sup> - E8015-X, E8016-X, E8018-X	AWS A5.23 <sup>e</sup> - F8XX-EXXX-XX, F8XX-ECXXX-XX	AWS A5.28 <sup>e</sup> - ER80S-XXX, E80C-XXX	AWS A5.29 <sup>e</sup> - E8XTX-X, E8XTX-XM

# CÁLCULO DE SOLDAS

Tabela 8 — Força resistente de cálculo de soldas

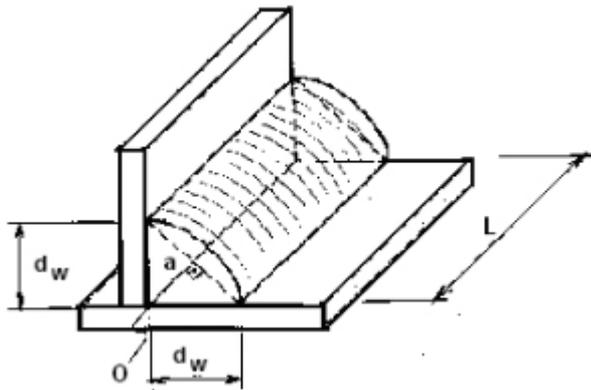
Tipo de solda	Tipo de solicitação e orientação	Força resistente de cálculo $F_{w,Rd}^{a b d}$
Penetração total <sup>9)</sup>	Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda	Não precisa ser considerado
	Tração ou compressão normal à seção efetiva da solda	Metal-base: $A_{MB}f_y/\gamma_{a1}^{e fi}$
	Cisalhamento (soma vetorial) na seção efetiva	Metal-base: $0,60 A_{MB}f_y/\gamma_{a1}^i$
Penetração parcial <sup>9)</sup>	Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda <sup>c</sup>	Não precisa ser considerado
	Tração ou compressão normal à seção efetiva da solda	O menor dos dois valores: a) Metal-base: $A_{MB}f_y/\gamma_{a1}^i$ b) Metal da solda: $0,60 A_w f_w/\gamma_{w1}^j$
	Cisalhamento paralelo ao eixo da solda, na seção efetiva	Metal-base deve atender a 6.5 Metal da solda: $0,60 A_w f_w/\gamma_{w2}^k$
Filete	Tração ou compressão paralelas ao eixo da solda <sup>c</sup>	Não precisa ser considerado
	Cisalhamento na seção efetiva (a solicitação de cálculo é igual à resultante vetorial de todas as forças de cálculo na junta que produzam tensões normais ou de cisalhamento na superfície de contato das partes ligadas)	Metal-base deve atender a 6.5 Metal da solda: $0,60 A_w f_w/\gamma_{w2}^{h k}$
Tampão em furos ou rasgos	Cisalhamento paralelo às superfícies em contato, na seção efetiva	Metal-base deve atender a 6.5 Metal da solda: $0,60 A_w f_w/\gamma_{w2}^k$

# Dimensões mínimas

Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, $d_w$ <sup>a</sup> mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8

<sup>a</sup> Executadas somente com um passe.



**6.2.6.2.2** O tamanho máximo da perna de uma solda de filete que pode ser usado ao longo de bordas de partes soldadas é o seguinte:

- ao longo de bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material;
- ao longo de bordas de material com espessura igual ou superior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material subtraída de 1,5 mm, a não ser que nos desenhos essa solda seja indicada como reforçada durante a execução, de modo a obter a espessura total desejada da garganta.

**6.2.6.2.4** Podem ser usadas soldas intermitentes de filete, dimensionadas para transmitir solicitações de cálculo, quando a resistência de cálculo exigida for inferior à de uma solda contínua do menor tamanho de perna permitido, e também para ligar elementos de barras compostas. O comprimento efetivo de qualquer segmento de solda intermitente de filete não pode ser menor que 4 vezes o tamanho da perna, nem menor que 40 mm. O uso de soldas intermitentes requer cuidados especiais com flambagens locais e com corrosão.

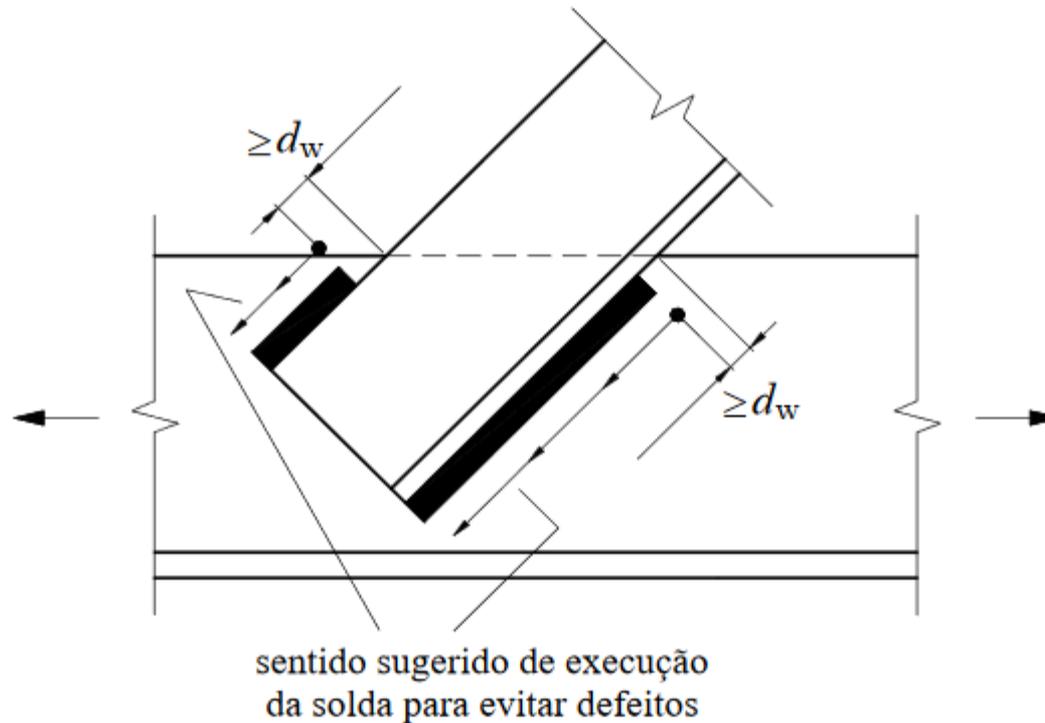
Tabela 9 — Espessura mínima da garganta efetiva de uma solda de penetração parcial

Menor espessura do metal-base na junta mm	Espessura mínima da garganta efetiva <sup>a</sup> mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19 até 37,5	8
Acima de 37,5 até 57	10
Acima de 57 até 152	13
Acima de 152	16

<sup>a</sup> Ver 6.2.2 para definição de garganta efetiva.

# Dimensões mínimas

- d) soldas de filete em lados opostos de um plano comum devem ser interrompidas no canto comum a ambas as soldas.



**Figura 14 — Filetes de solda próximos de bordas tracionadas**

# Resistência da Solda

## SOLDA DE FILETE

Ruptura da solda na seção efetiva

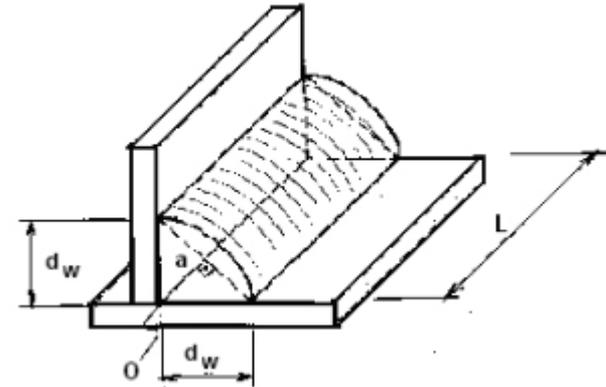
$$F_{w,Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35}$$

Escoamento do metal base na face de fusão

$$F_{Rd} = \frac{0,60 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$

**Verificação somente ao cisalhamento**

**Para tração ou compressão paralelas ao eixo da solda, a resistência de cálculo da solda é a mesma do metal base**



$$A_w = L \cdot a$$

$$A_{MB} = L \cdot d_w$$

# Resistência da Solda

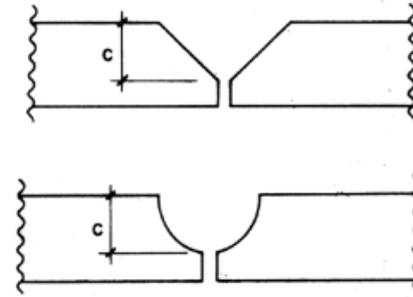
## SOLDA DE PENETRAÇÃO PARCIAL

Ruptura da solda na seção efetiva

$$F_{w,Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35}$$

Escoamento do metal base na face de fusão

$$F_{Rd} = \frac{0,60 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$



$c$  = profundidade de preparação do chanfro  
Figura 23 - Soldas de entalhe de penetração parcial.

$$A_w = L_w \cdot a$$

$$A_{MB} = L_w \cdot d_w$$

com  $a = c$  para entalhes J ou U

com  $a = c - 3\text{mm}$  para chanfro em Bisel ou chanfro em V ( $45^\circ$  a  $60^\circ$ )

# Resistência da Solda

## SOLDA DE PENETRAÇÃO TOTAL

Escoamento do metal base na face de fusão

$$F_{Rd} = \frac{A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$

$$A_w = L_w \cdot a$$

$$A_{MB} = L_w \cdot d_w$$

com  $a = c$  para entalhes J ou U

com  $a = c - 3\text{mm}$  para chanfro em Bisel ou chanfro em V ( $45^\circ$  a  $60^\circ$ )

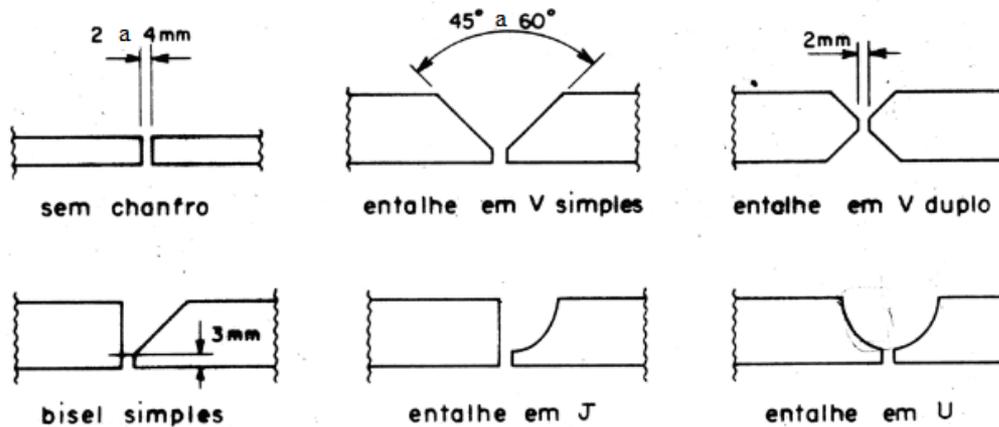
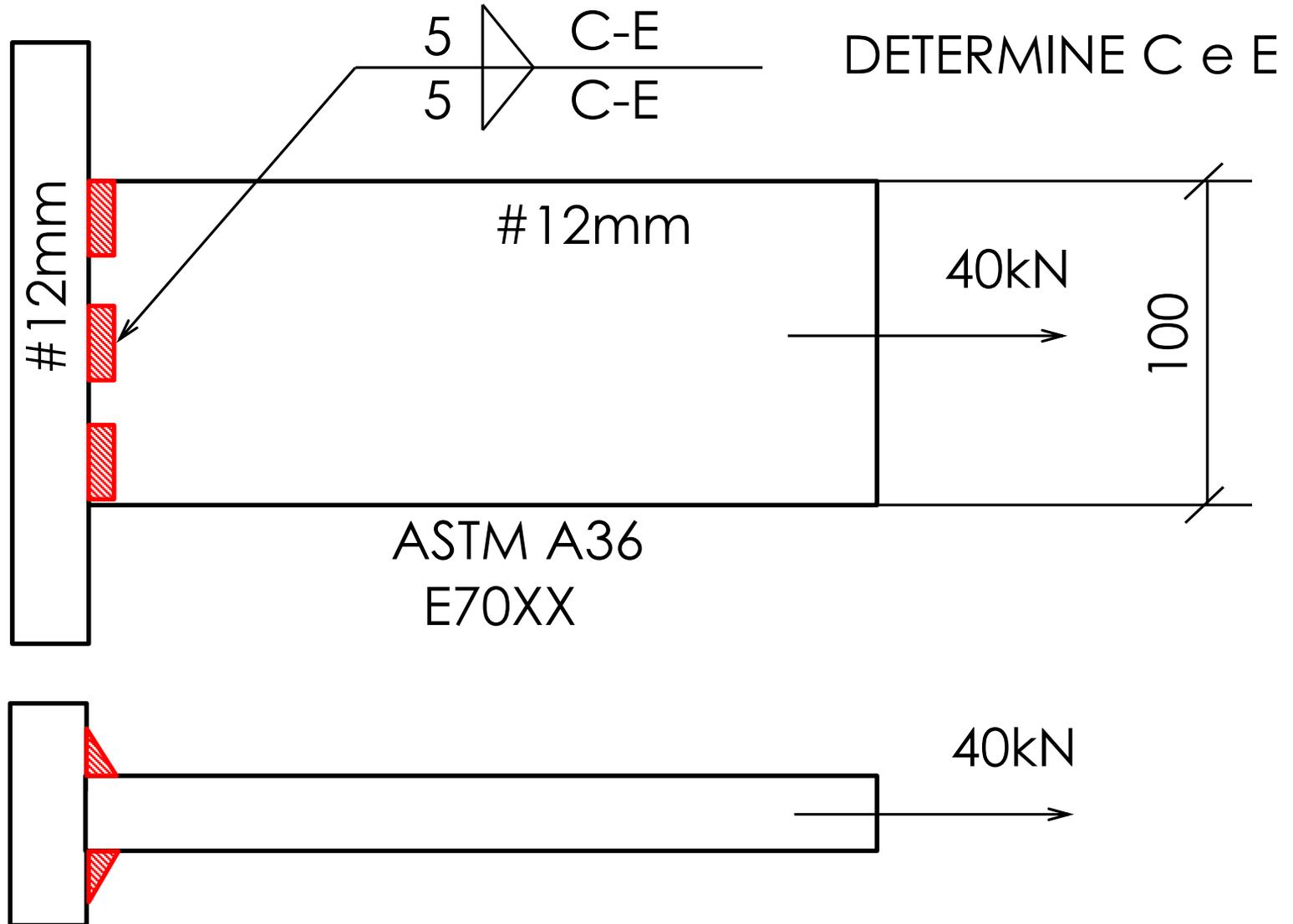


Figura 24 - Soldas de entalhe de penetração total.

# Exercício 01



# Exercício 01

## SOLDA DE FILETE

Ruptura da solda na seção efetiva

$$F_{w,Rd} = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35}$$

$$A_w = t \cdot C$$

$$A_w = 0,5 \cdot \sin 45^\circ \cdot C$$

$$A_w = 0,5 \cdot 0,707 \cdot C$$

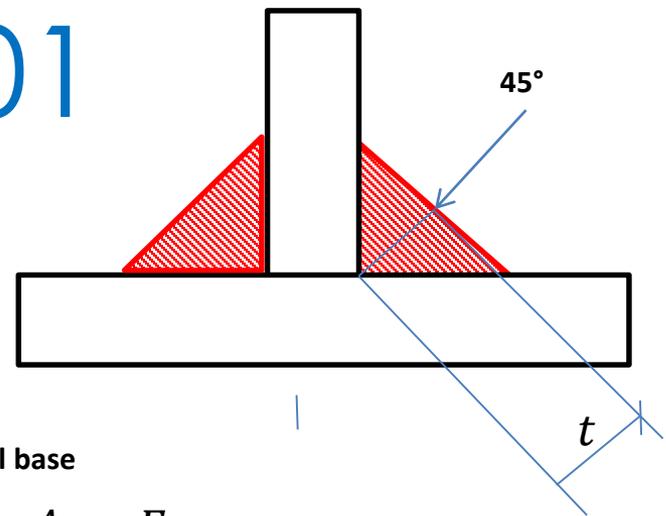
$$A_w = 0,3535 \cdot C$$

$$F_{w,Rd} = \frac{2 \cdot 0,60 \cdot 0,3535 \cdot C \cdot 48,5}{1,35}$$

$$F_{w,Rd} = 15,22 \cdot C$$

$$40 = 15,22 \cdot C$$

$$C = 2,62 \text{ cm ou } 26 \text{ mm}$$



Escoamento do metal base

$$F_{Rd} = \frac{2 \cdot 0,60 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$

$$F_{Rd} = \frac{2 \cdot 0,60 \cdot 0,5 \cdot C \cdot 25}{1,10}$$

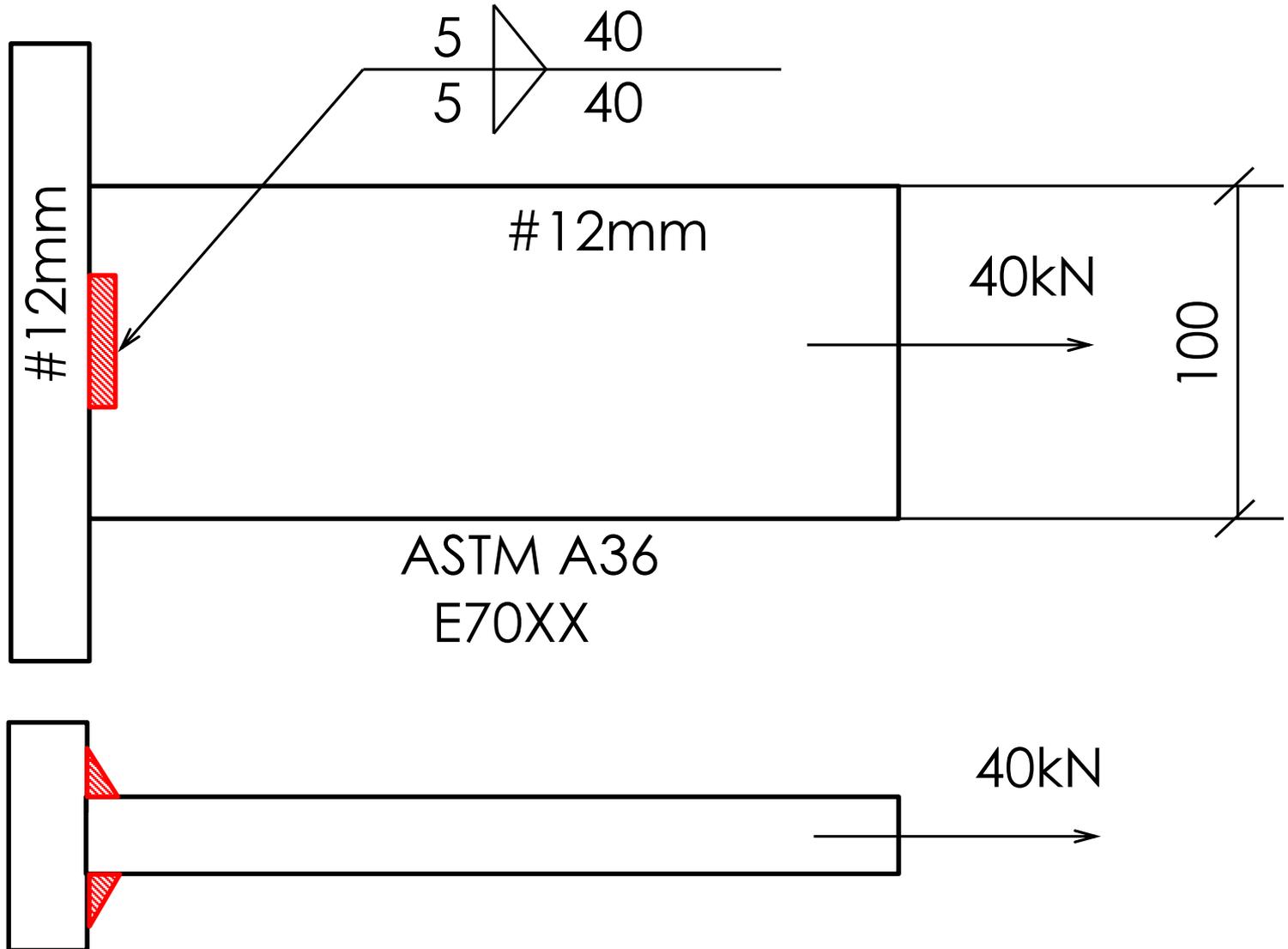
$$F_{Rd} = \frac{2 \cdot 0,60 \cdot 0,5 \cdot C \cdot 25}{1,10}$$

$$F_{Rd} = 13,6 \cdot C$$

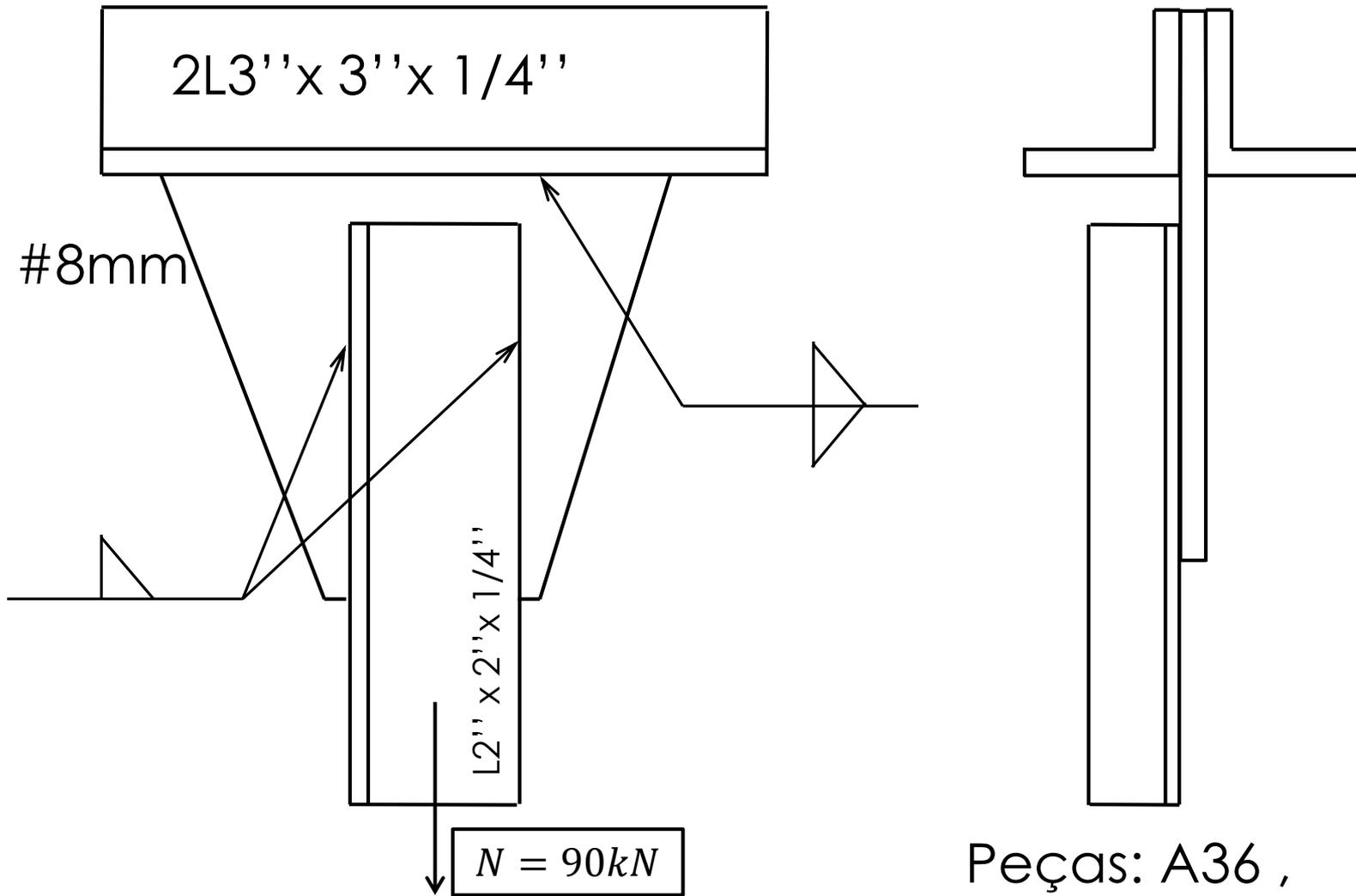
$$40 = 13,6 \cdot C$$

$$C = 2,94 \text{ cm ou } 29 \text{ mm} \quad \text{Mínimo} = 40 \text{ mm}$$

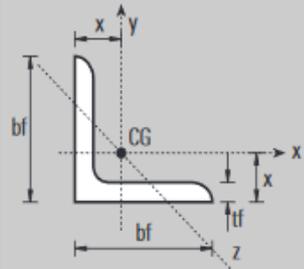
# Exercício 01



# Exercício 02 – Dimensione a solda



# Exercício 02 – Dimensione a solda



**Tabela E.1 — Cantoneiras de abas iguais**  
Propriedades para dimensionamento

$b_f$		$P$	$A$	$t_f$		$I_x = I_y$	$W_x = W_y$	$r_x = r_y$	$r_{z \min}$	$x$
pol	cm	kg/m	cm <sup>2</sup>	pol	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm
1/2"	1,270	0,55	0,70	1/8"	0,317	0,10	0,11	0,37	0,25	0,43
5/8"	1,588	0,71	0,90	1/8"	0,317	0,20	0,19	0,47	0,32	0,51
3/4"	1,905	0,87	1,11	1/8"	0,317	0,36	0,27	0,57	0,38	0,59
7/8"	2,220	1,04	1,32	1/8"	0,317	0,58	0,38	0,66	0,46	0,66
		1,49	1,90	3/16"	0,476	0,79	0,54	0,66	0,48	0,74
1"	2,540	1,19	1,48	1/8"	0,317	0,83	0,49	0,79	0,48	0,76
		1,73	2,19	3/16"	0,476	1,25	0,66	0,76	0,48	0,81
		2,22	2,84	1/4"	0,635	1,66	0,98	0,76	0,48	0,86
1 1/4"	3,175	1,50	1,93	1/8"	0,317	1,67	0,82	0,97	0,64	0,89
		2,20	2,77	3/16"	0,476	2,50	1,15	0,97	0,61	0,97
		2,86	3,62	1/4"	0,635	3,33	1,47	0,94	0,61	1,02
1 1/2"	3,810	1,83	2,32	1/8"	0,317	3,33	1,15	1,17	0,76	1,07
		2,68	3,42	3/16"	0,476	4,58	1,64	1,17	0,74	1,12
		3,48	4,45	1/4"	0,635	5,83	2,13	1,15	0,74	1,19
1 3/4"	4,445	2,14	2,71	1/8"	0,317	5,41	1,64	1,40	0,89	1,22
		3,15	4,00	3/16"	0,476	7,50	2,30	1,37	0,89	1,30
		4,12	5,22	1/4"	0,635	9,57	3,13	1,35	0,86	1,35
		5,04	6,45	5/16"	0,794	11,20	3,77	1,32	0,86	1,41
2"	5,080	2,46	3,10	1/8"	0,317	7,91	2,13	1,60	1,02	1,40
		3,63	4,58	3/16"	0,476	11,70	3,13	1,58	1,02	1,45
		4,74	6,06	1/4"	0,635	14,60	4,10	1,55	0,99	1,50
		5,83	7,42	5/16"	0,794	17,50	4,91	1,53	0,99	1,55
		6,99	8,76	3/8"	0,952	20,00	5,73	1,50	0,99	1,63

# Exercício 02 – Dimensione a solda

Passo 1- Determinar a resistência do metal de solda na cantoneira tracionada

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_w \cdot F_y}{1,35}$$

Perna mínima: 3mm

Perna máxima: 4,85mm

Adotado: 4mm

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot 0,707 \cdot 0,4 \cdot C \cdot 48,5}{1,35}$$

$$N_{t,Rd} = 6,09 \cdot C$$

$$C = \frac{90}{6,09} = 14,77 \text{ cm}$$

Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, $d_w^a$ mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8

<sup>a</sup> Executadas somente com um passe.

**6.2.6.2.2** O tamanho máximo da perna de uma solda de filete que pode ser usado ao longo de bordas de partes soldadas é o seguinte:

- ao longo de bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material;
- ao longo de bordas de material com espessura igual ou superior a 6,35 mm, não mais do que a espessura do material subtraída de 1,5 mm, a não ser que nos desenhos essa solda seja indicada como reforçada durante a execução, de modo a obter a espessura total desejada da garganta.

# Exercício 02 – Dimensione a solda

Passo 2- Determinar a resistência do metal base

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$

Adota-se o maior dos Valores

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot 0,4 \cdot C \cdot 25}{1,10}$$

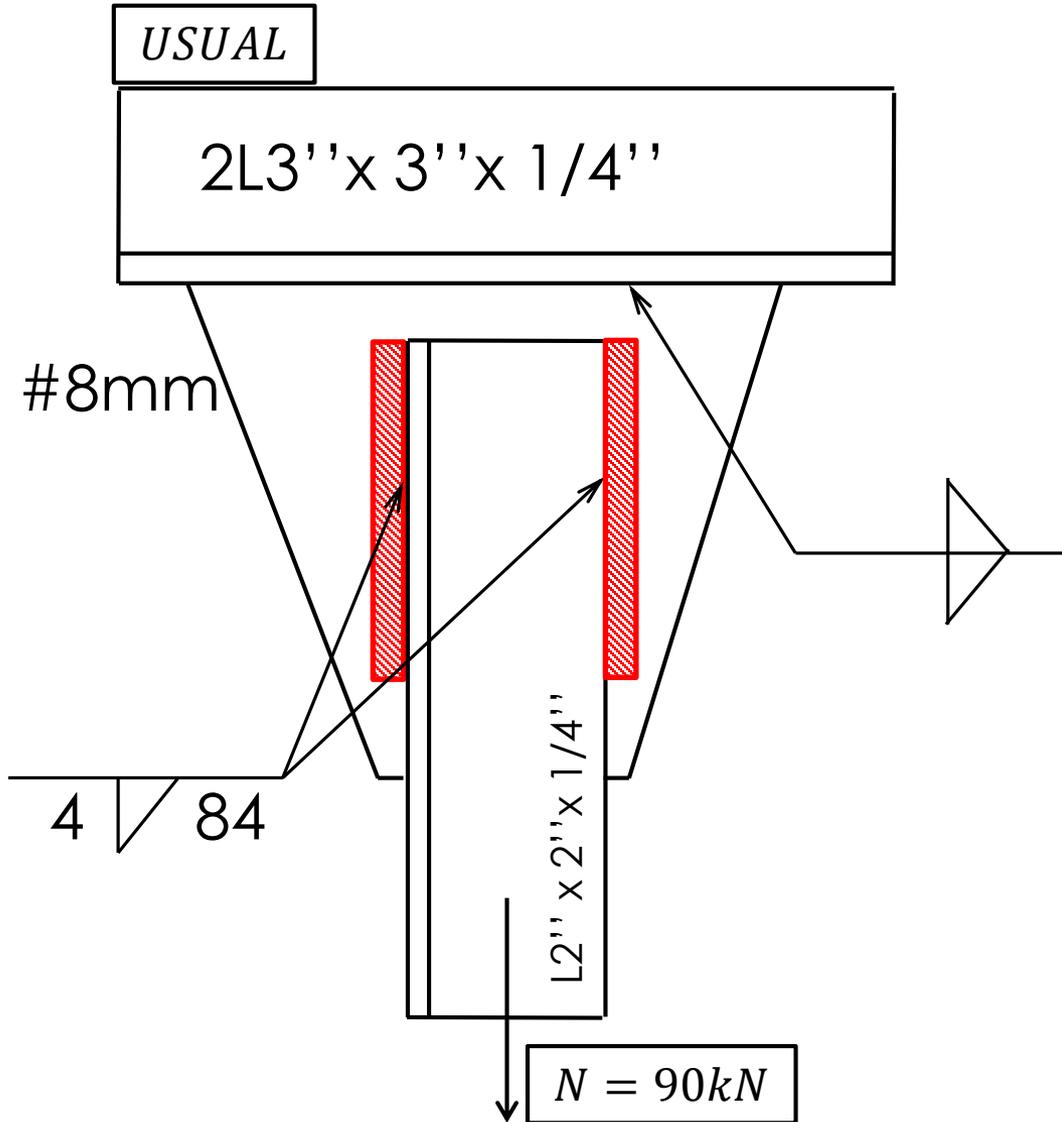
$$C = 16,51\text{cm} / 2 = 8,25\text{cm} \sim 84\text{mm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot 0,4 \cdot C \cdot 25}{1,10}$$

$$N_{t,Rd} = 5,45 \cdot C$$

$$C = \frac{90}{5,45} = 16,51\text{cm}$$

# Exercício 02 – Dimensione a solda



# Exercício 02 – Dimensione a solda

Passo 3- Determinar a resistência à tração da cantoneira vertical

Escoamento da seção bruta

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot F_y}{1,1} \quad N_{t,Rd} = \frac{6,06 \cdot 25}{1,1} \quad N_{t,Rd} = 137,72 \text{ kN}$$

Ruptura da seção líquida

$$C_t = 1 - \frac{ec}{lc} \quad C_t = 1 - \frac{1,5}{8,4} = 0,8214$$

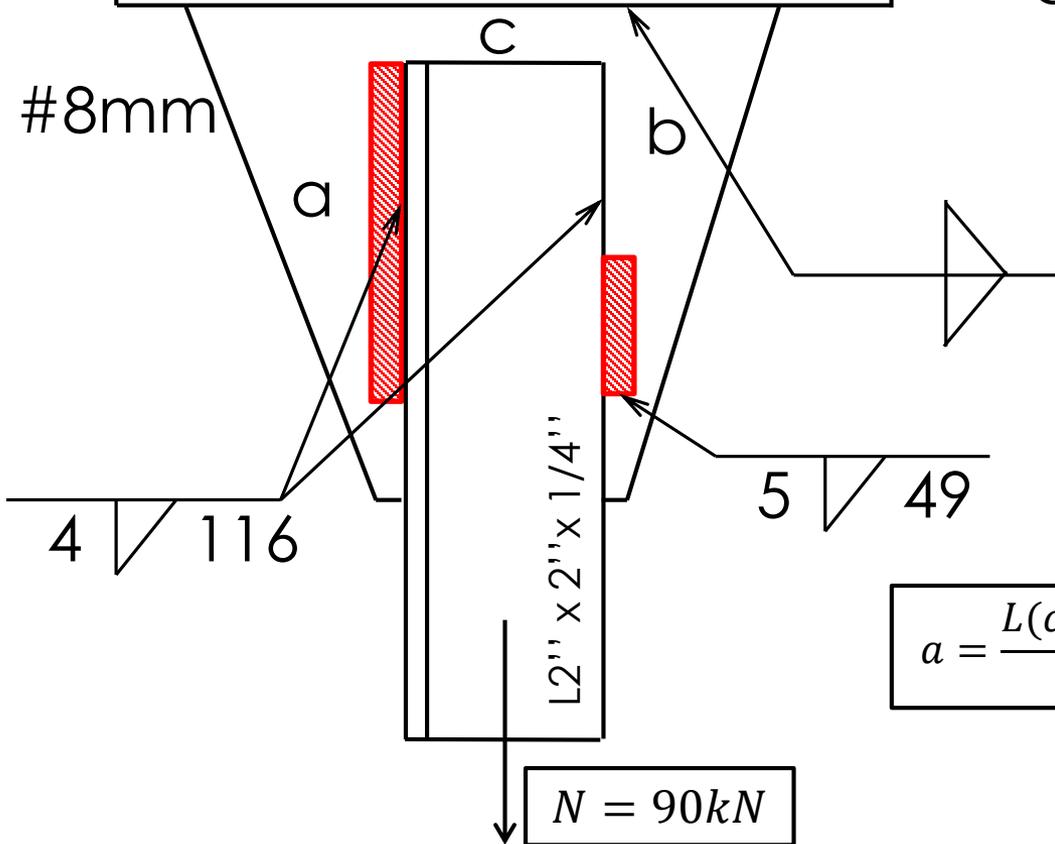
$$N_{t,Rd} = \frac{C_t A_n \cdot F_u}{1,35} \quad N_{t,Rd} = \frac{0,8214 \cdot 6,06 \cdot 40}{1,35} = 147,48 \text{ kN OK!}$$

# Exercício 02 – Dimensione a solda

MAIS SOFISTICADO

2L3''x 3''x 1/4''

Sendo  $x$  = distância da aba ao CG da cantoneira



$$a = \frac{L(c - x)}{c} = \frac{16,51(5,08 - 1,5)}{5,08} = 11,63cm$$

$$b = \frac{L \cdot x}{c} = 4,87cm$$

# Exercício 02 – Dimensione a solda

Passo 3- Determinar a largura da chapa de ligação

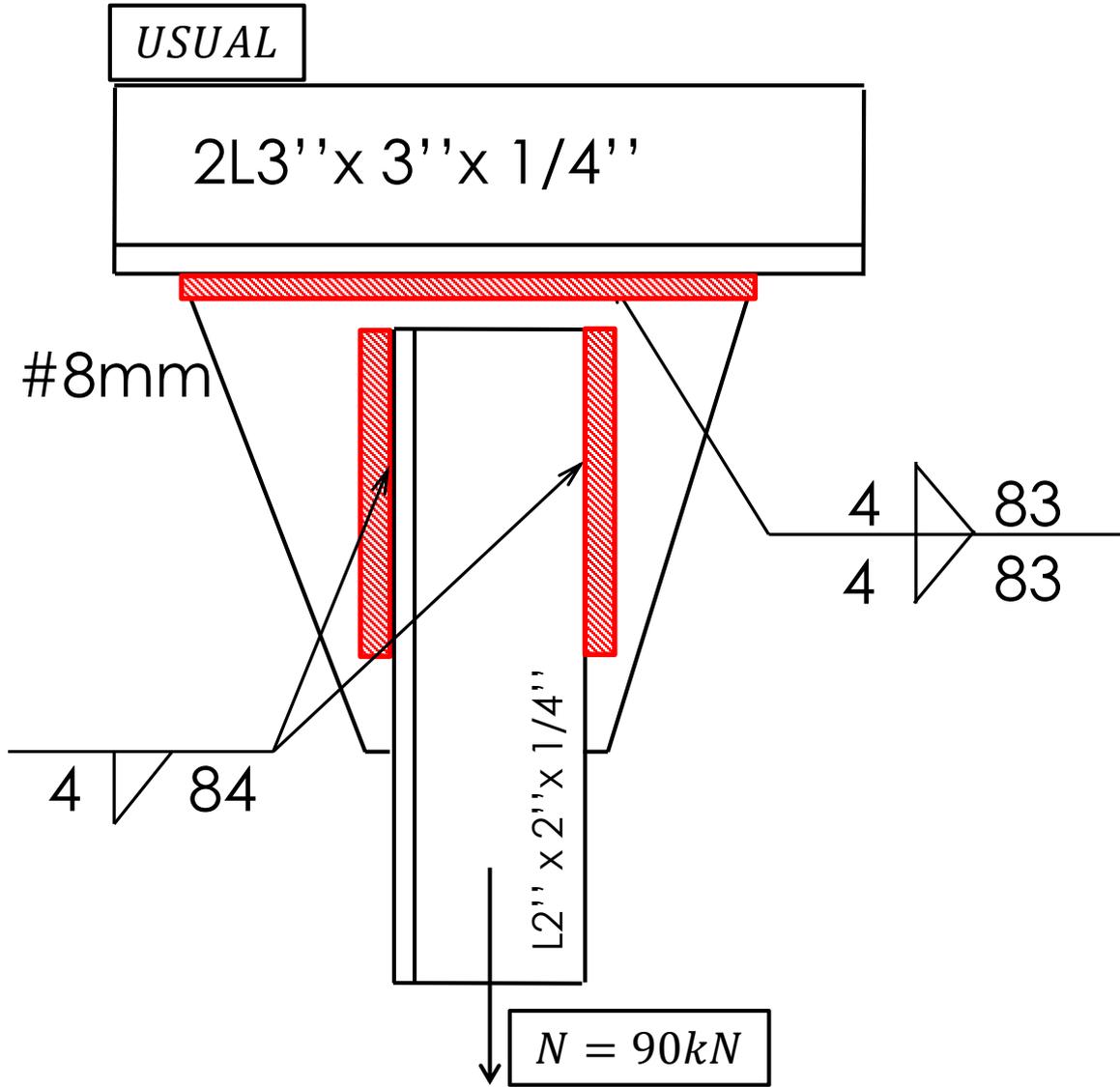
*Resistência do Metal de Solda*

$$\frac{N_{t,Rd}}{2} = \frac{0,6 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35} \quad 45 = \frac{0,6 \cdot 0,707 \cdot C \cdot 0,4 \cdot 48,5}{1,35} \quad C = 7,38\text{cm (de cada lado)}$$

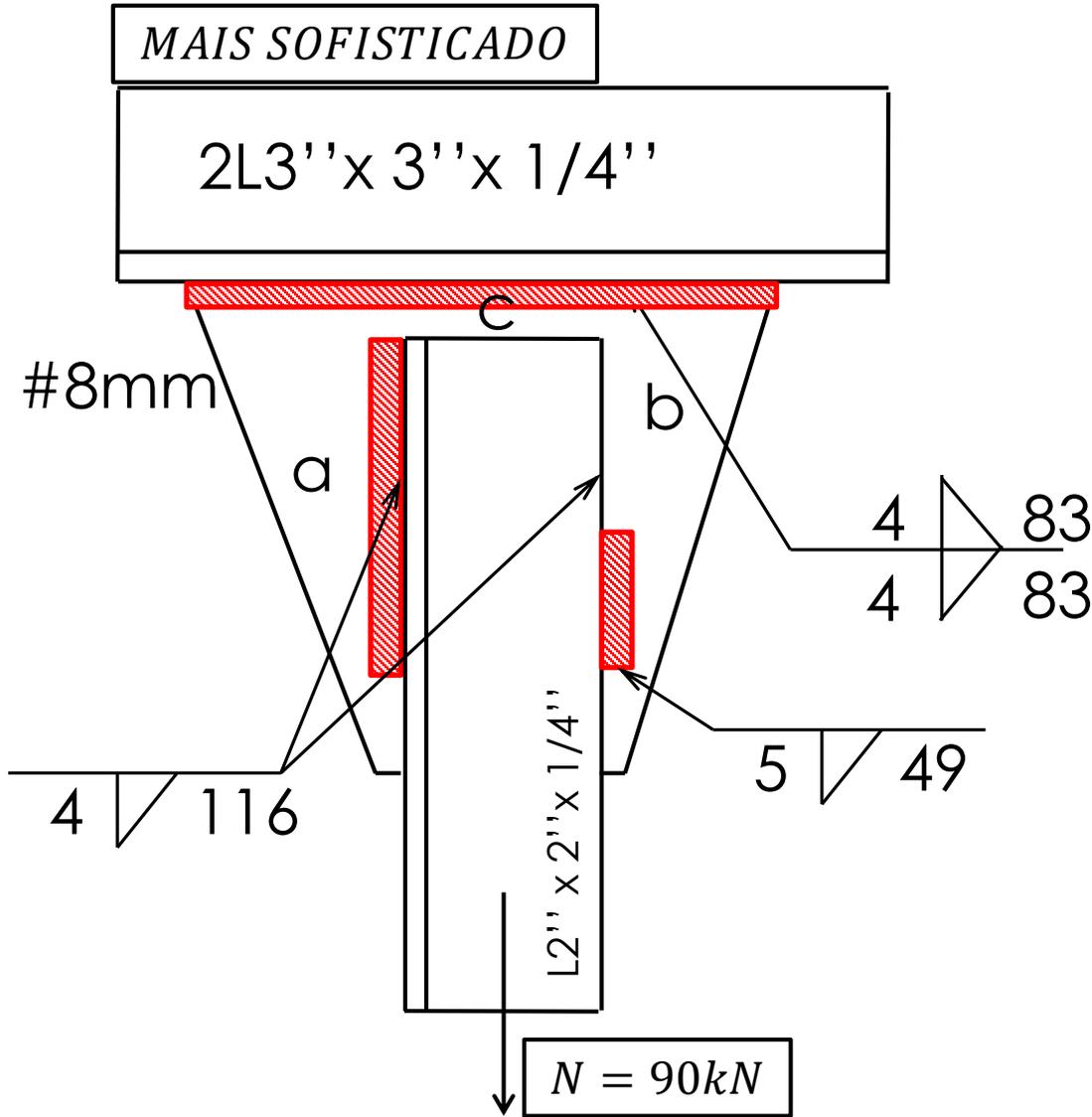
*Resistência do Metal Base*

$$\frac{N_{t,Rd}}{2} = \frac{0,6 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10} \quad 45 = \frac{0,6 \cdot 0,4 \cdot C \cdot 25}{1,10} \quad C = 8,25\text{cm (de cada lado)}$$

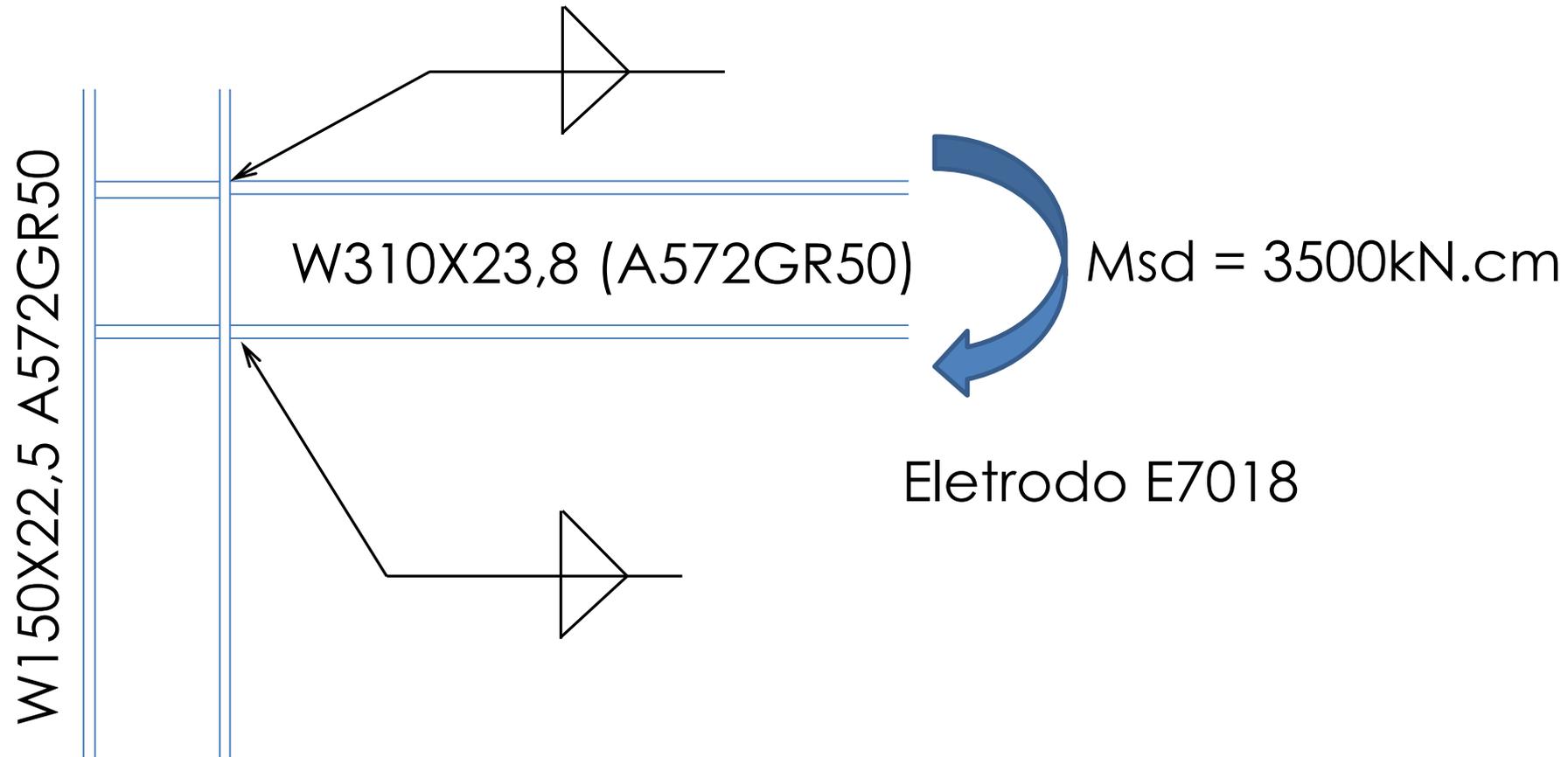
# Exercício 02 – Dimensione a solda



# Exercício 02 – Dimensione a solda



# Exercício 03 – Dimensione a solda



# Exercício 03 – Dimensione a solda

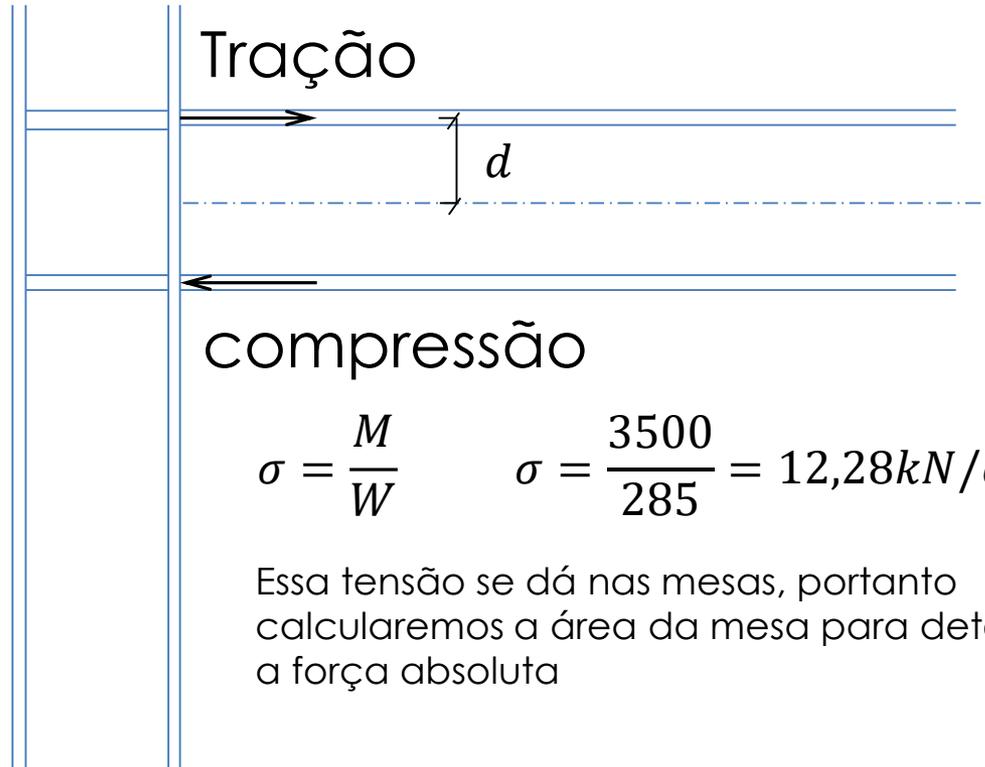
Tabela 10 — Tamanho mínimo da perna de uma solda de filete

Menor espessura do metal-base na junta mm	Tamanho mínimo da perna da solda de filete, $d_w^a$ mm
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5
Acima de 12,5 até 19	6
Acima de 19	8

<sup>a</sup> Executadas somente com um passe.

Perna Mínima: 5mm  
Perna Máxima: 5mm

W150X22,5 A572GR50



$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \sigma = \frac{3500}{285} = 12,28 \text{ kN/cm}^2$$

Essa tensão se dá nas mesas, portanto calcularemos a área da mesa para determinar a força absoluta

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad 12,28 = \frac{F}{b_f \cdot t_f} \quad 12,28 = \frac{F}{10,1 * 0,67} \quad F = 83,09 \text{ kN}$$

# Exercício 03 – Dimensione a solda

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_w \cdot F_w}{1,35}$$

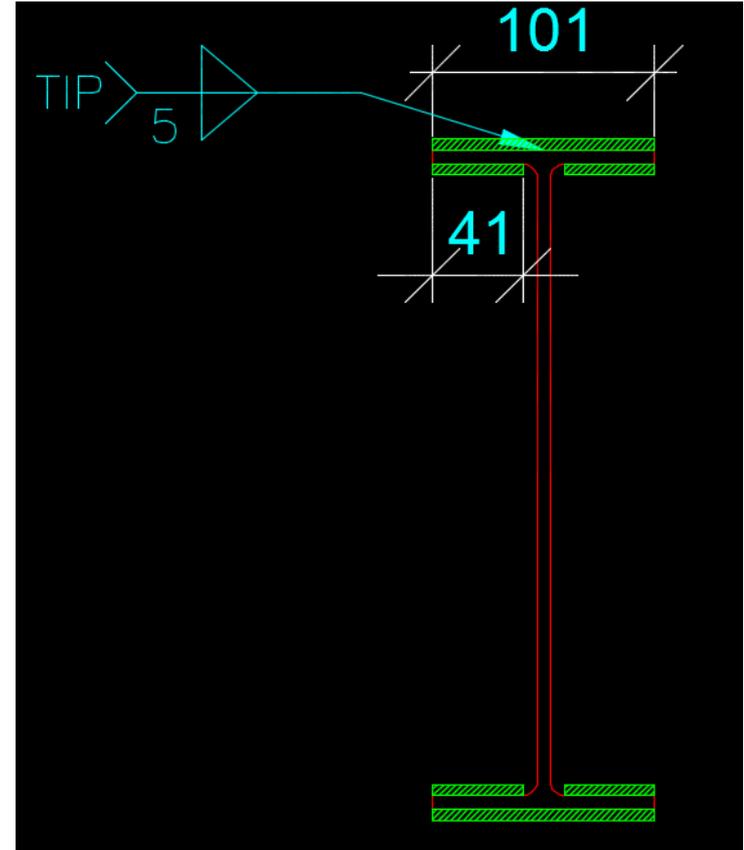
$$83,09 = \frac{0,6 \cdot 0,707 \cdot 0,5 \cdot C \cdot 48,5}{1,35}$$

$$C = 10,9\text{cm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_{MB} \cdot F_y}{1,10}$$

$$83,09 = \frac{0,6 \cdot 0,5 \cdot C \cdot 34,5}{1,10}$$

$$C = 8,83\text{cm}$$



A mesa superior possui  $101+41+41 = 183\text{mm} > 109\text{mm}$ , portanto, verificação OK