Universidade POSITIVO

Sistemas Estruturais I – Aula 09
Ligações com Conectores

- Conceitos Gerais de Ligações;
- Ligações Parafusadas;
- Dimensionamento de Ligações Parafusadas;
- Determinação de Esforços em Casos Especiais de Ligações Parafusadas
- Verificações pertinentes aos Elementos de Ligação (chapas, placas e enrijecedores)

Prof. Juliano J. Scremin

Universidade POSITIVO

Aula 09 - Seção 1:
Conceitos Gerais de Ligações

Conceituação

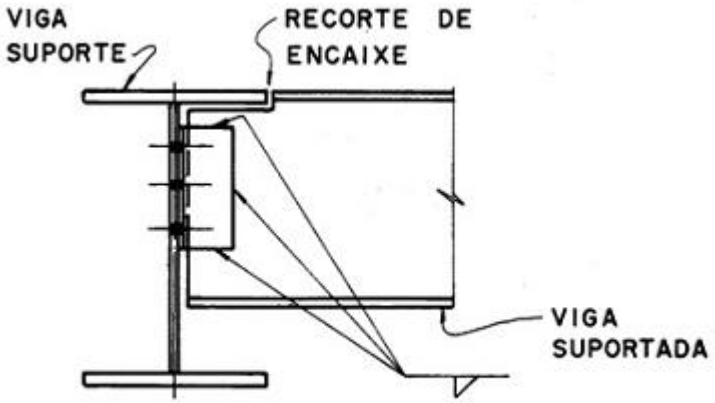
- O termo **LIGAÇÃO** se aplica aos **detalhes construtivos que promovem a união de partes da estruturas**.

- As ligações são compostas dos **elementos de ligação** e dos **meios de ligação**:

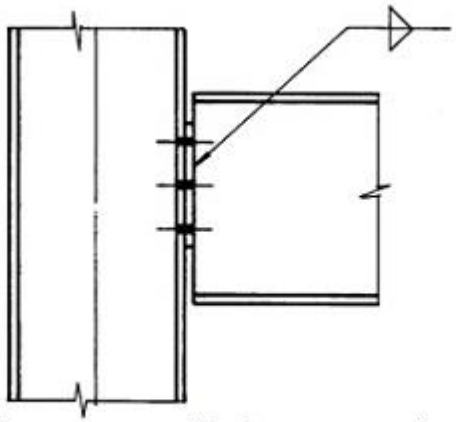
  - **Elementos de Ligação:** componentes incluídos no conjunto para permitir ou facilitar a transmissão de esforços:
    - ***Enrijecedores, chapas de ligação, placas de base, cantoneiras, consolos, talas de emenda e parte das peças ligadas envolvidas localmente na ligação;***

  - **Meios de Ligação:** elementos que promovem a união:
    - ***Soldas, parafusos, pinos, rebites, barras redondas rosqueadas;***

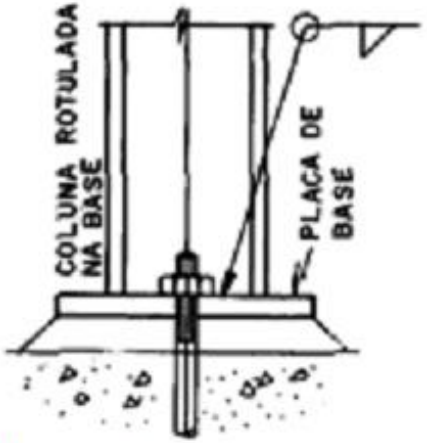
Exemplos de Ligações (1)



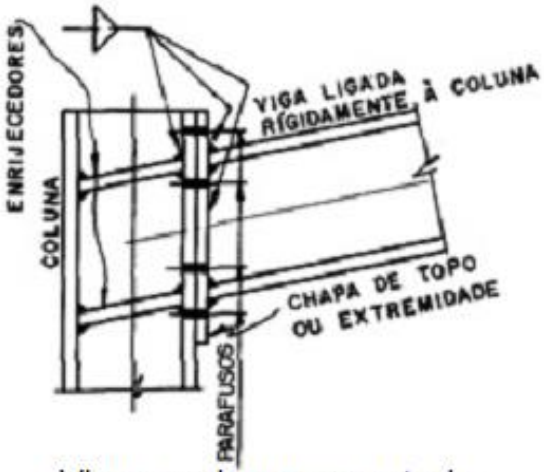
Viga - viga



Viga – coluna transmitindo apenas força cortante

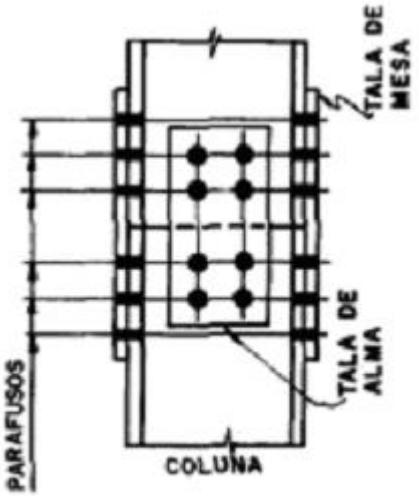


Placa de base para colunas

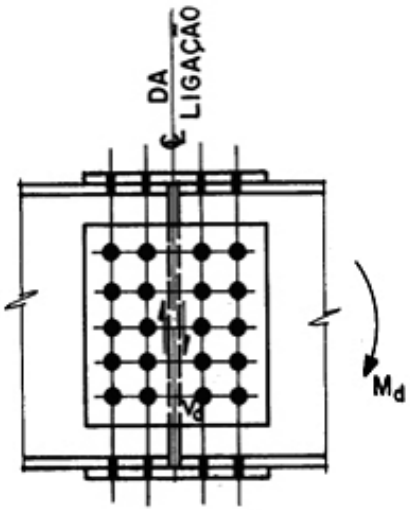


Viga – coluna engastada

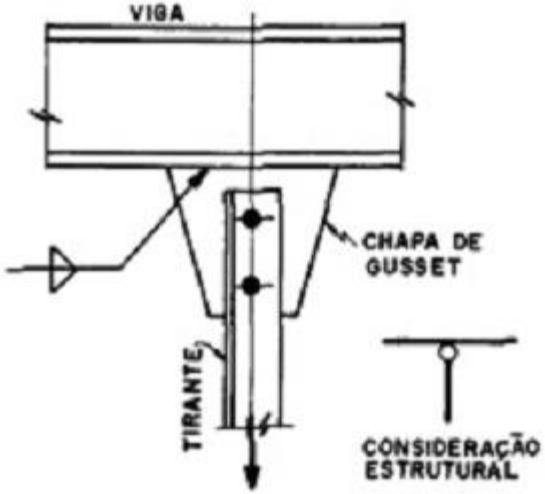
Exemplos de Ligações (2)



Emenda de coluna



Emenda de viga



Ligação em treliças

Escolha de um Sistema de Ligação

- Aspectos importantes para escolha de um sistema de ligação:

1. **Condições de montagem no local da obra;**
   - Tornar a obra mais econômica e a montagem no local mais rápida e funcional
2. **Grau de dificuldade para fabricação da peça;**
   - Concepção de como as ligações devem se comportar em termos de rotações e deslocamentos;
3. **Padronização das ligações;**
   - Apelo estético quando as estruturas são aparentes além da própria facilitação do processo de montagem;

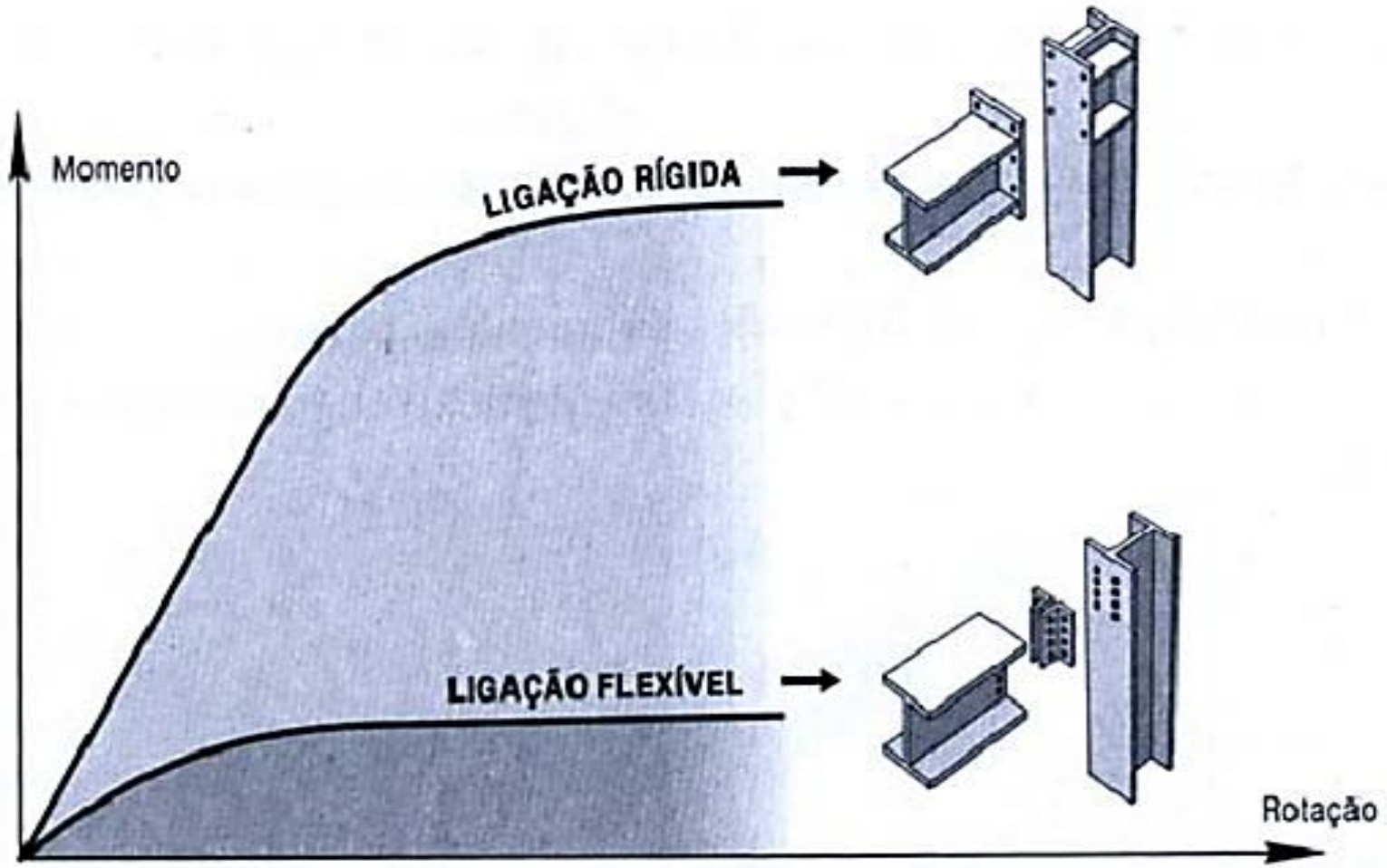
Classificação das ligações quanto à rigidez (1)

- Quanto à rigidez as ligações podem ser classificadas como:

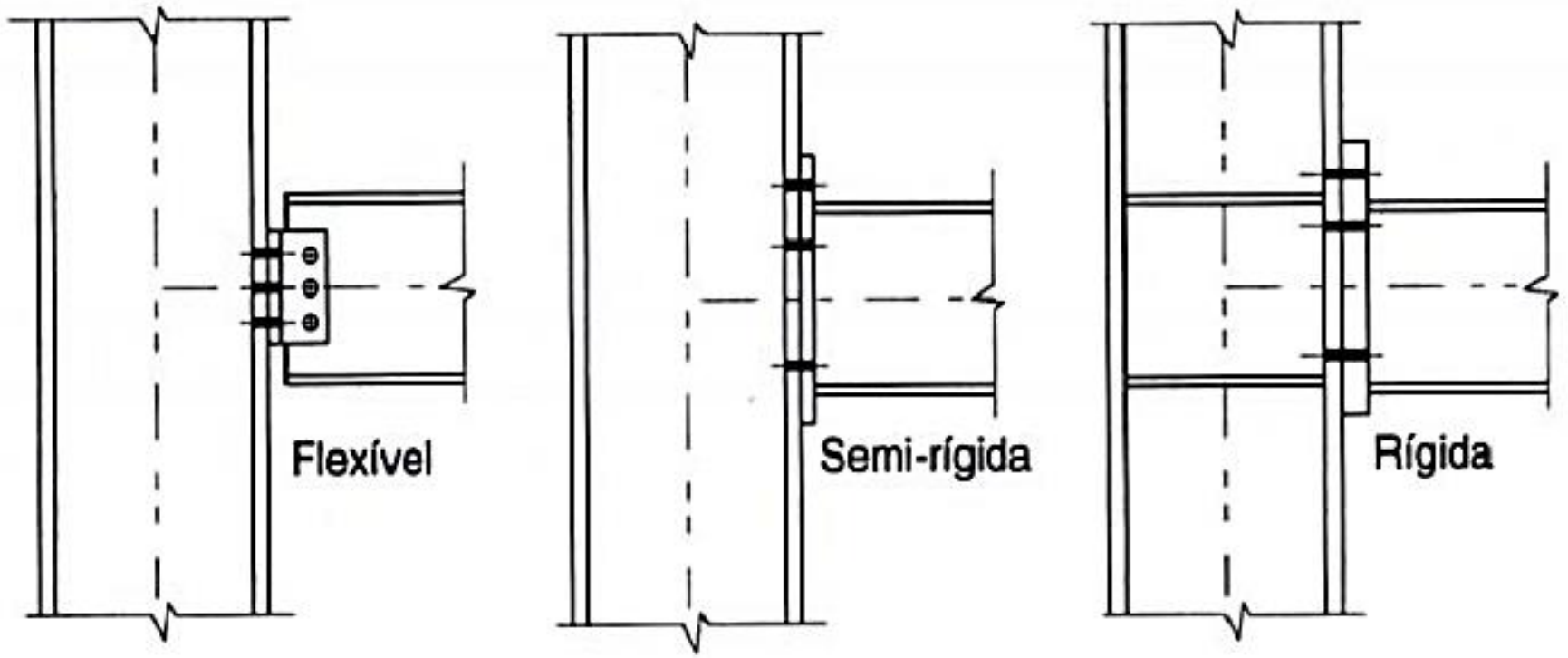
- **LIGAÇÕES RÍGIDAS** → **ENGASTADAS**
- **LIGAÇÕES SEMI-RÍGIDAS**
- **LIGAÇÕES FLEXÍVEIS** → **ROTULADAS**

- Na realidade **não existem ligações perfeitamente rígidas ou perfeitamente flexíveis**;
- Agrupamos as ligações em **RÍGIDAS** ou **FLEXÍVEIS** de acordo com o seu **"GRAU DE RIGIDEZ"** (ou de **ENGASTAMENTO**)

Classificação das ligações quanto à rigidez (2)



Classificação das ligações quanto à rigidez (3)



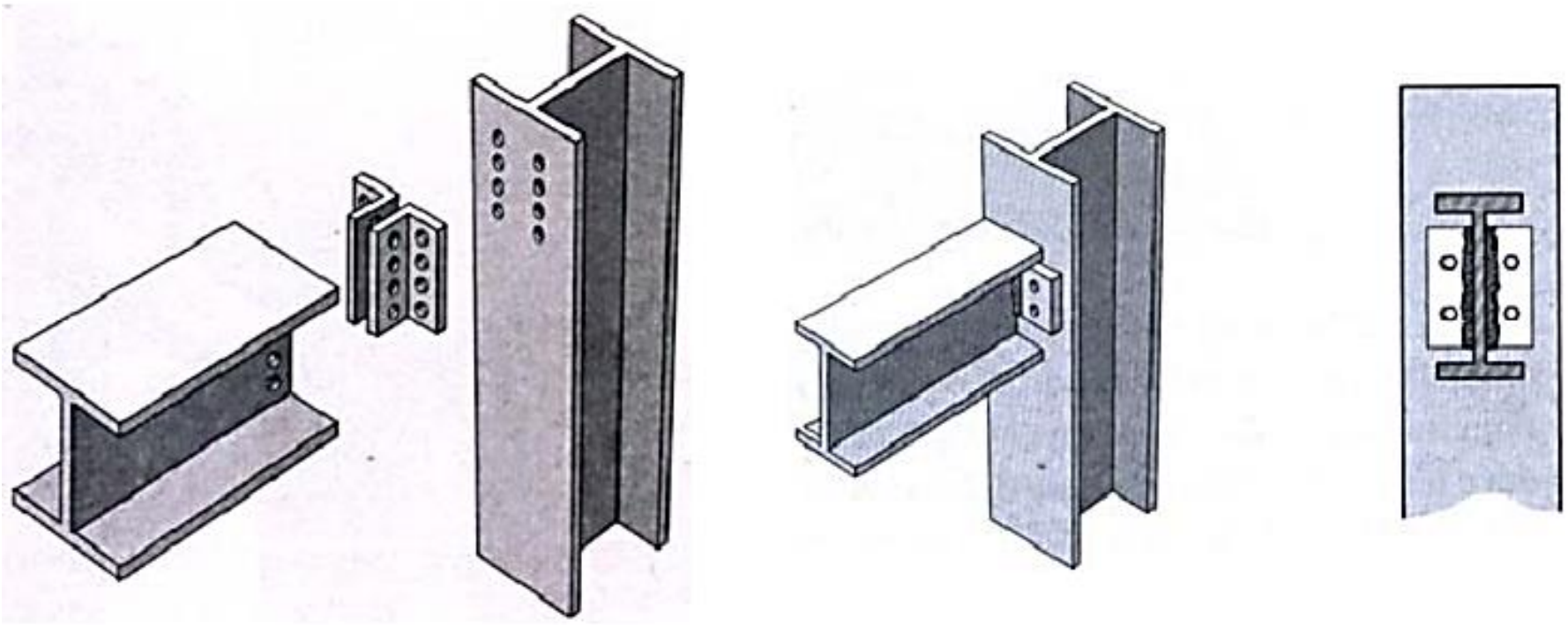
Ligações Flexíveis (1)

- **LIGAÇÕES FLEXÍVEIS** são caracterizadas por **NÃO APRESENTAREM RESTRIÇÃO À ROTAÇÃO**, devendo permitir uma rotação relativa da ordem de 80% ou mais daquela teoricamente esperada se ela fosse girar livremente;

- Este tipo de ligação **TRANSMITE APENAS ESFORÇO CORTANTE**, sendo muito utilizada, entre outros motivos, devido ao seu **MENOR CUSTO**.

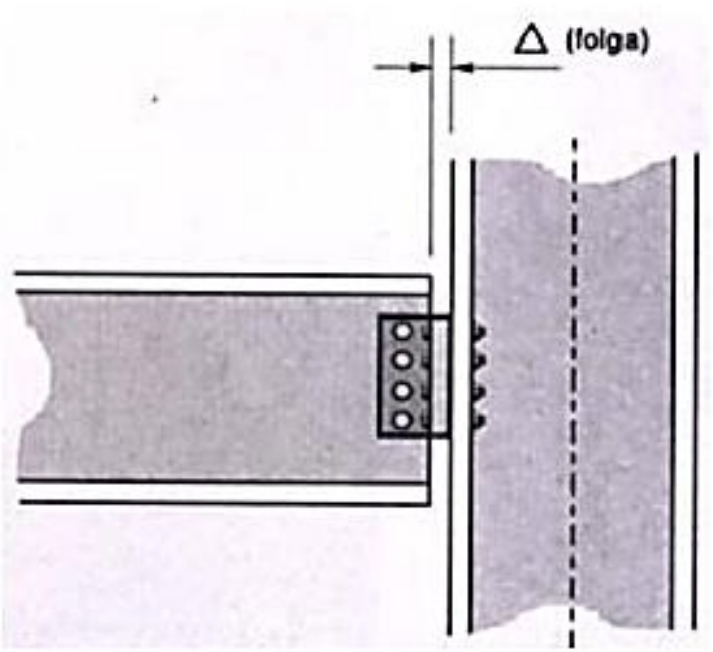
Ligações Flexíveis (2)

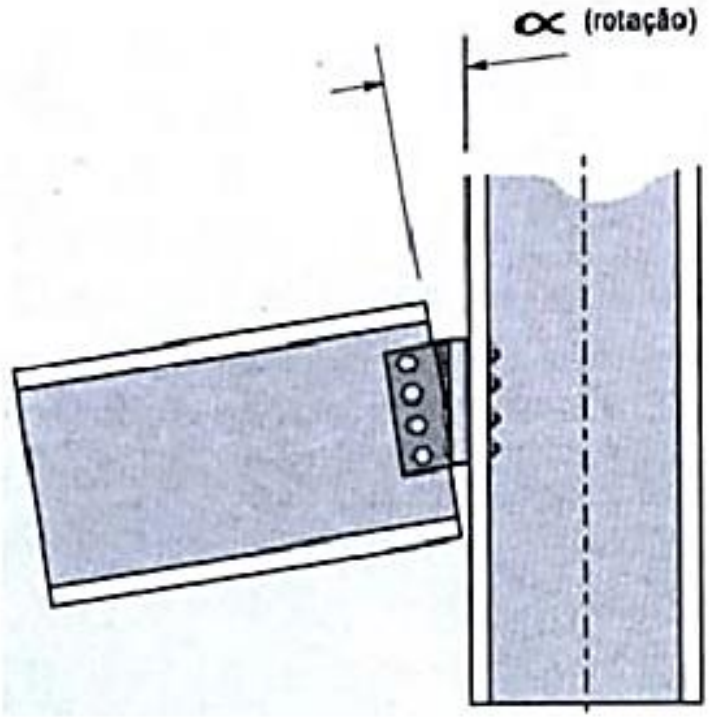
- Exemplo de ligação flexível com cantoneira na alma e placa de extremidade



Ligações Flexíveis (3)

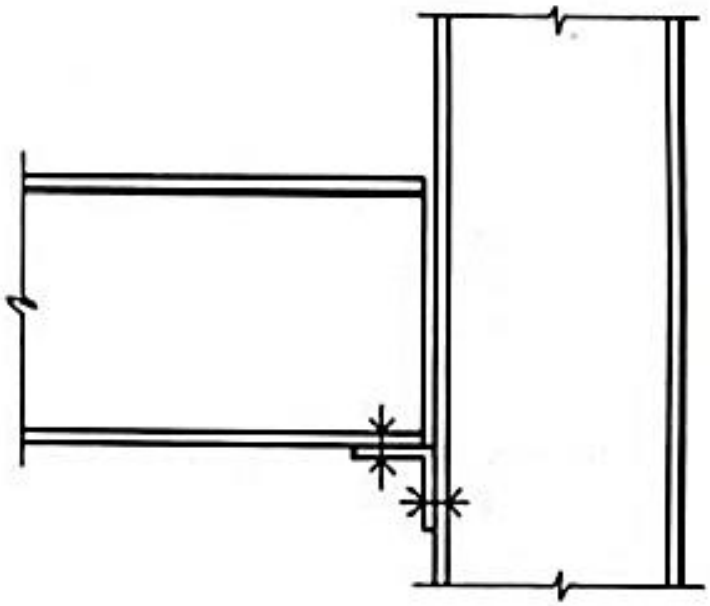
- Exemplo de ligação flexível com cantoneira na alma e placa de extremidade



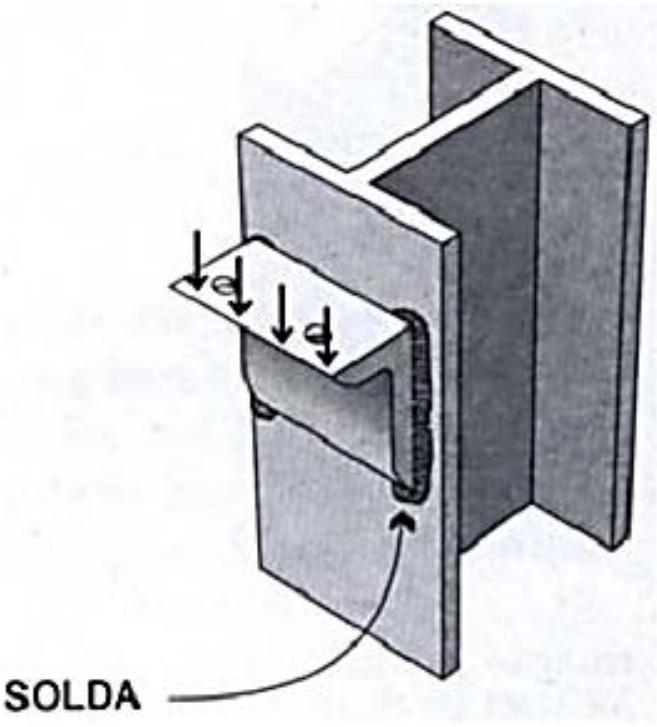


9.1.5 Ligações Flexíveis (4)

- Exemplo de ligação flexível com apoio na mesa (flange)



Pelo flange



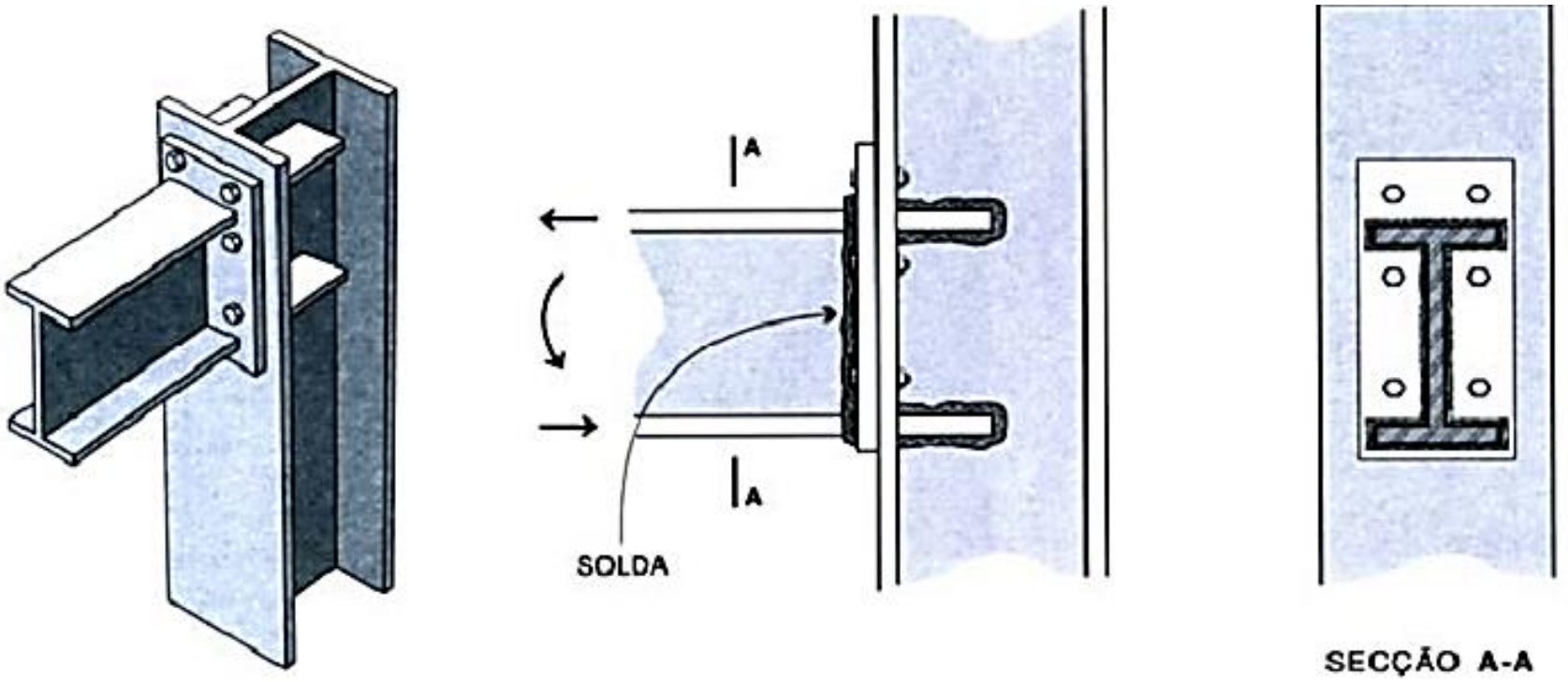
Ligações Rígidas(1)

- **LIGAÇÕES RÍGIDAS** são caracterizadas por **IMPEDIR A ROTAÇÃO RELATIVA ENTRE A VIGA E O PILAR**. Após o carregamento da estrutura, deverá existir na ligação uma restrição igual ou superior a 90 % daquela teoricamente necessária à ocorrência de nenhuma rotação relativa;

- **É MAIS ONEROSA EM COMPARAÇÃO COM AS FLEXÍVEIS**, pois **TRANSMITE, ALÉM DO ESFORÇO CORTANTE, MOMENTO FLETOR**. Entretanto, pode tornar-se interessante do ponto de vista da economia global da estrutura.

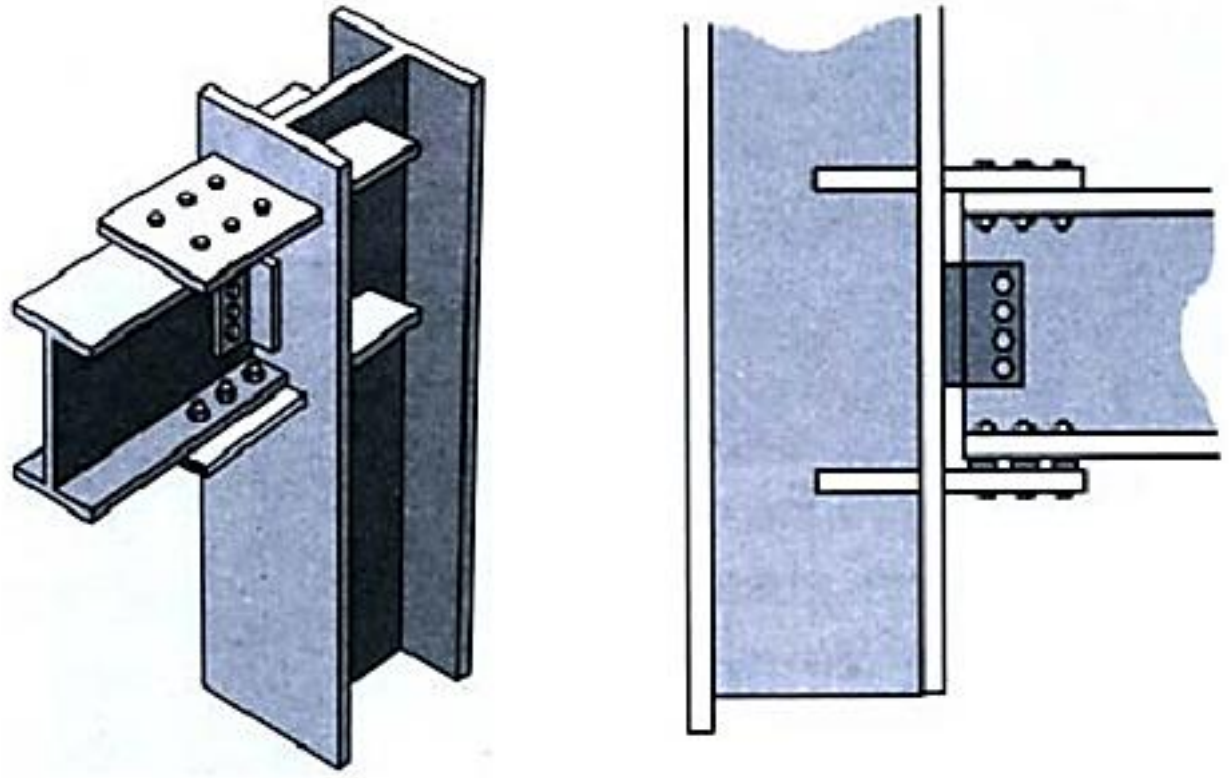
Ligações Rígidas(2)

- Exemplo de ligação rígida com chapa de extremidade soldada na viga e parafusada no pilar:



Ligações Rígidas(3)

- Exemplo de ligação rígida com cantoneiras parafusadas na alma:



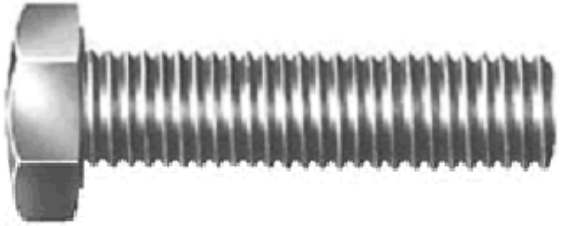
Universidade POSITIVO

Aula 09 - Seção 2:
Ligações Parafusadas

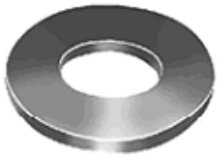
Parafusos – Descrição Geral (1)



Parafuso Sextavado
rosca parcial



Parafuso Sextavado
rosca inteira

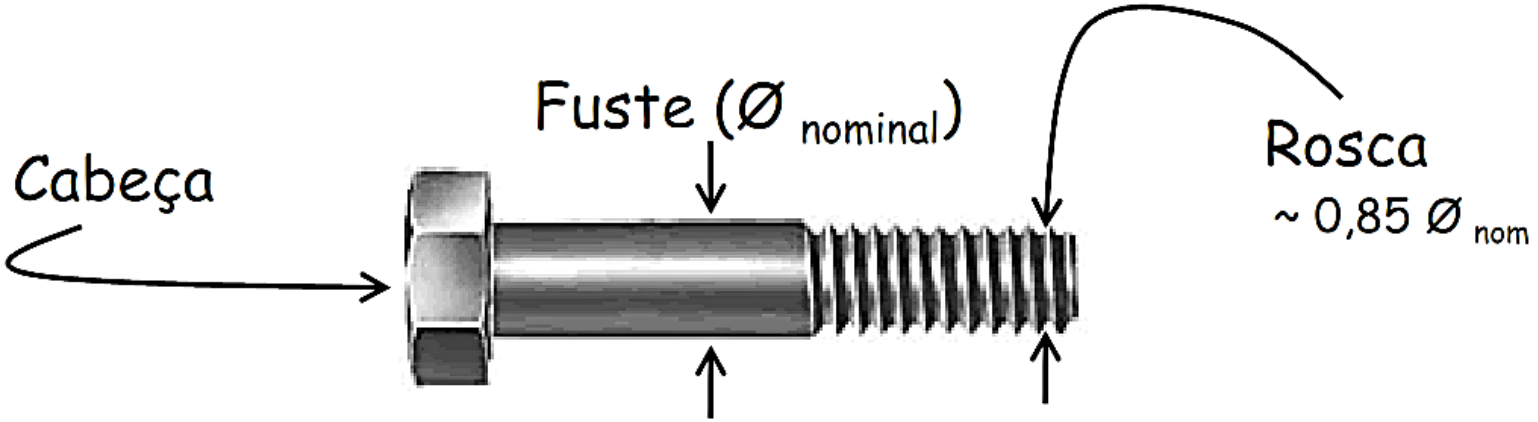


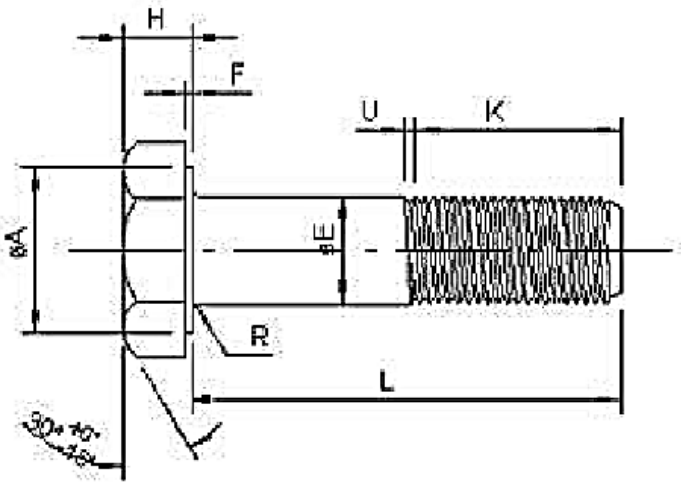
Arruela

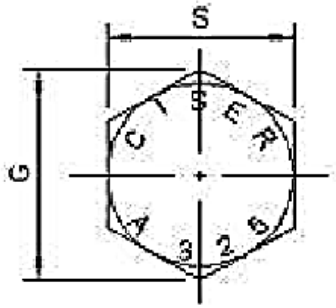


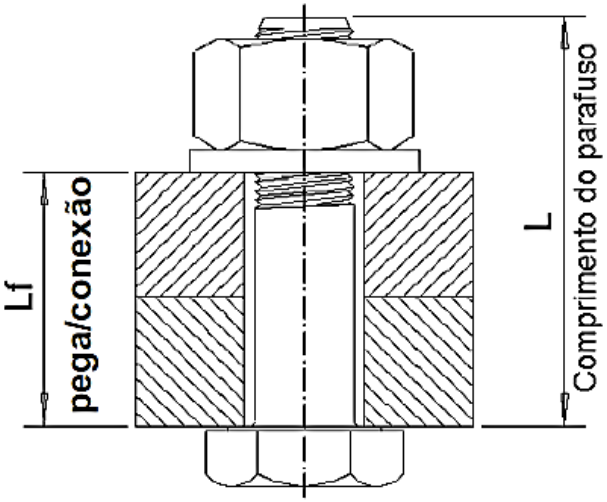
Porca

Parafusos – Descrição Geral (2)









9.2.2 Tipos de Parafusos (1)

- Os parafusos podem ser classificados em dois grupos:

  - **Parafusos Comuns:**
    - *Normalmente forjados com aços de baixo teor de carbono sendo o mais utilizado o **ASTM A307 (f_u=415 Mpa);***
    - *Aplicados em ligações do tipo **CONTATO**;*

  - **Parafusos de Alta Resistência:**
    - *Forjados em aços de alta resistência **ASTM A325 (f_u=825 Mpa) e A490 (f_u=1035 Mpa)**;*
    - *A utilização de aços de alta resistência mecânica na fabricação desses parafusos permite a montagem dos mesmos com protensão evitando o deslizamento estre as partes conectadas.*
    - *São portanto indicados para ligações do tipo **ATRITO**;*

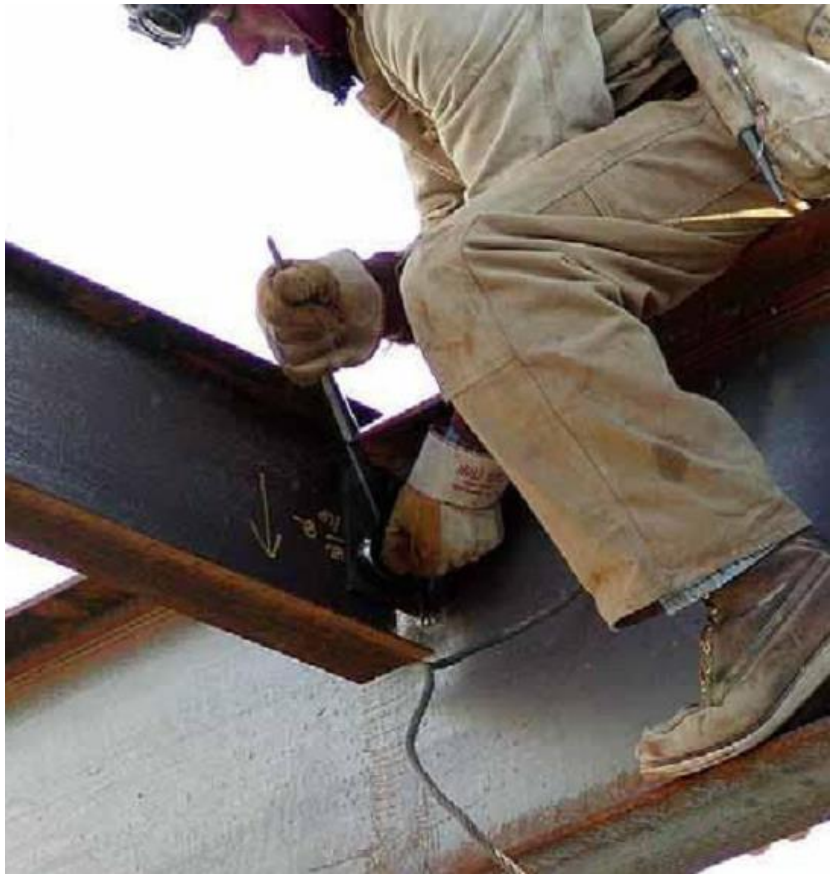
Tipos de Parafusos (2)

- Tabela da norma NBR 8800/2008 :

Especificação	f_{yb} MPa	f_{ub} MPa	Diâmetro d_b	
			mm	pol
ASTM A307	-	415	-	$1/2 \leq d_b \leq 4$
ISO 898-1 Classe 4.6	235	400	$12 \leq d_b \leq 36$	-
ASTM A325 [a]	635 560	825 725	$16 \leq d_b \leq 24$ $24 < d_b \leq 36$	$1/2 \leq d_b \leq 1$ $1 < d_b \leq 1½$
ISO 4016 Classe 8.8	640	800	$12 \leq d_b \leq 36$	-
ASTM A490	895	1035	$16 \leq d_b \leq 36$	$1/2 \leq d_b \leq 1½$
ISO 4016 Classe 10.9	900	1000	$12 \leq d_b \leq 36$	-

[a] Disponíveis também com resistência à corrosão atmosférica comparável à dos aços AR 350 COR ou à dos aços ASTM A588.

Instalação de Parafusos (1)





Instalação de Parafusos (2)

- A instalação de parafusos de alta resistência, seja nas ligações por **CONTATO** ou nas ligações por **ATRITO** (a diferença entre ambas será explicada a seguir), exige uma protensão mínima.

- O controle do aperto dos parafusos pode ser feito pelos seguintes métodos:

  a) **Método da rotação da porca a partir da posição de pré-torque;**
  b) **Aperto com chave calibrada ou chave manual com torquímetro;**
  c) **Indicador direto de tração;**
  d) **Parafuso com controle de tração;**

Instalação de Parafusos (3)

- Para todos os métodos enunciados é necessário garantir que cada parafuso de alta resistência receba como mínimo de força de protensão (F_{Tb}) os valores indicados na tabela ao lado (conforme NBR 8800 / 2008):

Diâmetro d_b		F_{Tb} kN	
pol	mm	ASTM A325	ASTM A490
1/2		53	66
5/8		85	106
	16	91	114
3/4		125	156
	20	142	179
	22	176	221
7/8		173	216
	24	205	257
1		227	283
	27	267	334
1 1/8		250	357
	30	326	408
1 1/4		317	453
	36	475	595
1 1/2		460	659

Método da Rotação da Porca

- Após aplicada a “condição de pré-torque” no parafuso a NBR 8800/2008 define a rotação relativa entre a porca e o parafuso necessária para que a protensão mínima seja atingida.

Comprimento do parafuso (medido da parte inferior da cabeça à extremidade)	Disposição das faces externas das partes parafusadas		
	Ambas as faces normais ao eixo do parafuso	Uma das faces normal ao eixo do parafuso e a outra face inclinada não mais que 1:20 (sem arruela biselada)	Ambas as faces inclinadas em relação ao plano normal ao eixo do parafuso não mais que 1:20 (sem arruelas biseladas)
Inferior ou igual a 4 diâmetros	1/3 de volta	1/2 volta	2/3 de volta
Acima de 4 diâmetros até no máximo 8 diâmetros, inclusive	1/2 volta	2/3 de volta	5/6 de volta
Acima de 8 diâmetros até no máximo 12 diâmetros [b]	2/3 de volta	5/6 de volta	1 volta

- A condição de pré-torque é definida como o aperto obtido pelo esforço máximo aplicado por um operário usando uma chave normal.

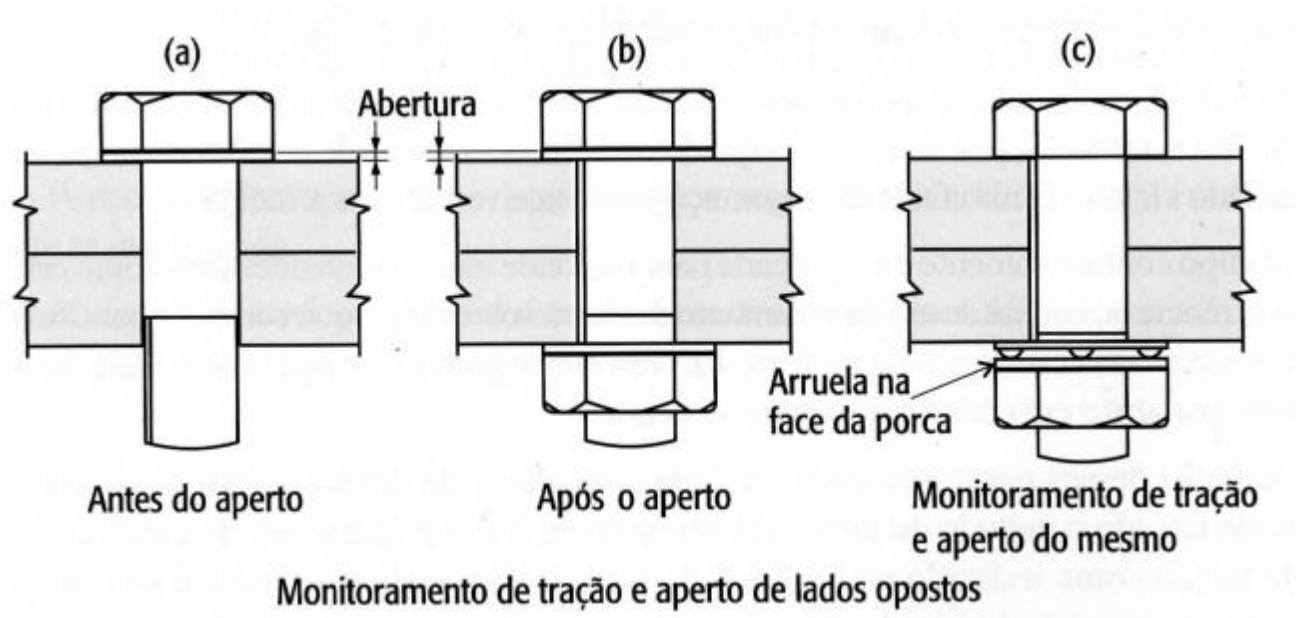
Aperto com Chave de Torque Calibrada

Chave de torque calibradora
(Torquímetro – estalo/sinal/relógio)

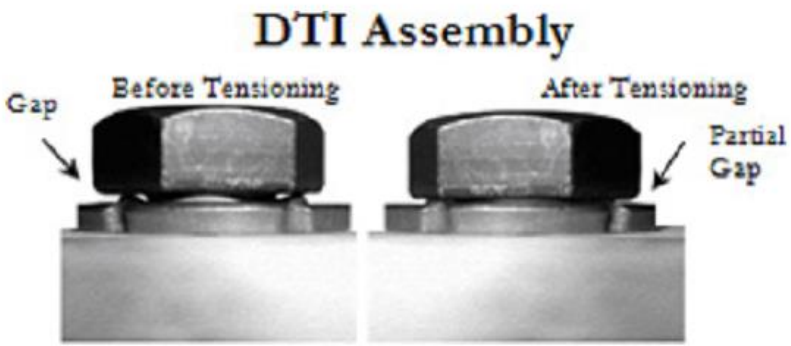


- As chaves devem ser calibradas pelo menos uma vez por dia de trabalho para cada diâmetro de parafuso a instalar;

Indicador Direto de Tração

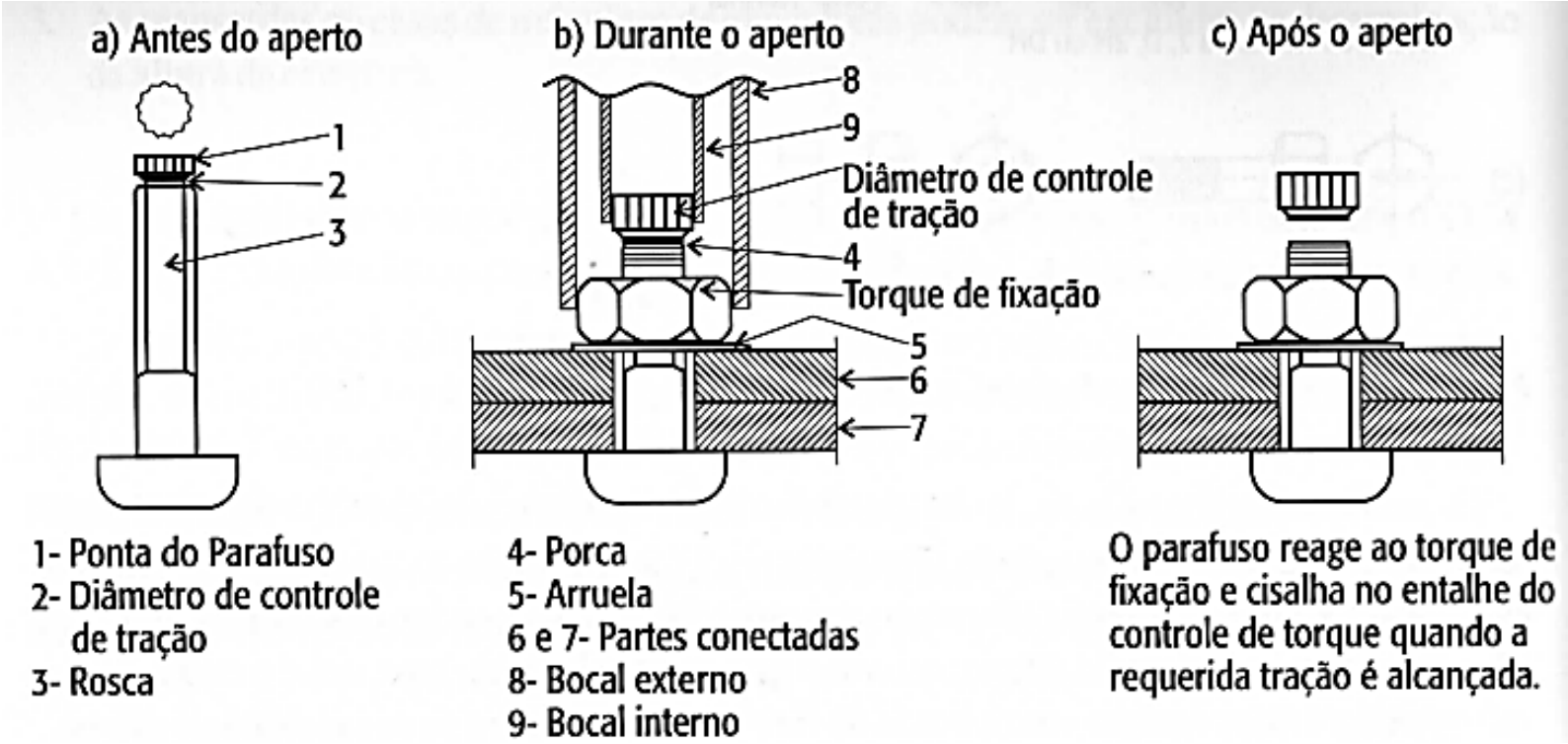


DTI – Direct Tension Indicator





Parafuso com Controle de Tração (1)



1- Ponta do Parafuso
2- Diâmetro de controle de tração
3- Rosca

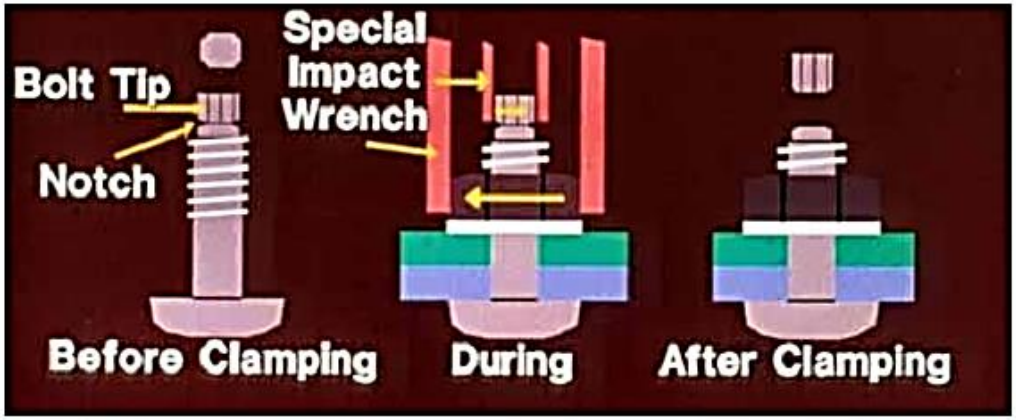
4- Porca
5- Arruela
6 e 7- Partes conectadas
8- Bocal externo
9- Bocal interno

O parafuso reage ao torque de fixação e cisalha no entalhe do controle de torque quando a requerida tração é alcançada.



Conjunto ASTM A 325 TC com Controlador de Tensão

Parafuso com Controle de Tração (2)







9.2.4 Tipos de Ligações Parafusadas

- Como já comentado antes há dois tipos de ligação parafusada em termos do comportamento dos parafusos. São elas:
  - **Ligação Tipo CONTATO (ou Apoio):**
    - *A transmissão de esforços se dá pelo contato das chapas no fuste do parafuso e por esforço de corte na seção transversal do parafuso;*
  - **Ligação Tipo ATRITO:**
    - *O funcionamento de uma ligação do tipo atrito se dá, como o próprio nome já diz, pelo atrito entre as chapas ligadas com o parafuso sujeito apenas à tração de instalação;*

Ligação Tipo CONTATO (Apoio)

Tensão de corte no parafuso: $\tau = \dfrac{F}{\pi d^2/4}$

Tensão de apoio do conector na chapa: $\sigma_a = \dfrac{F}{dt}$

F = esforço transmitido por um conector em um plano de corte
t = espessura da chapa
d = diâmetro nominal do conector

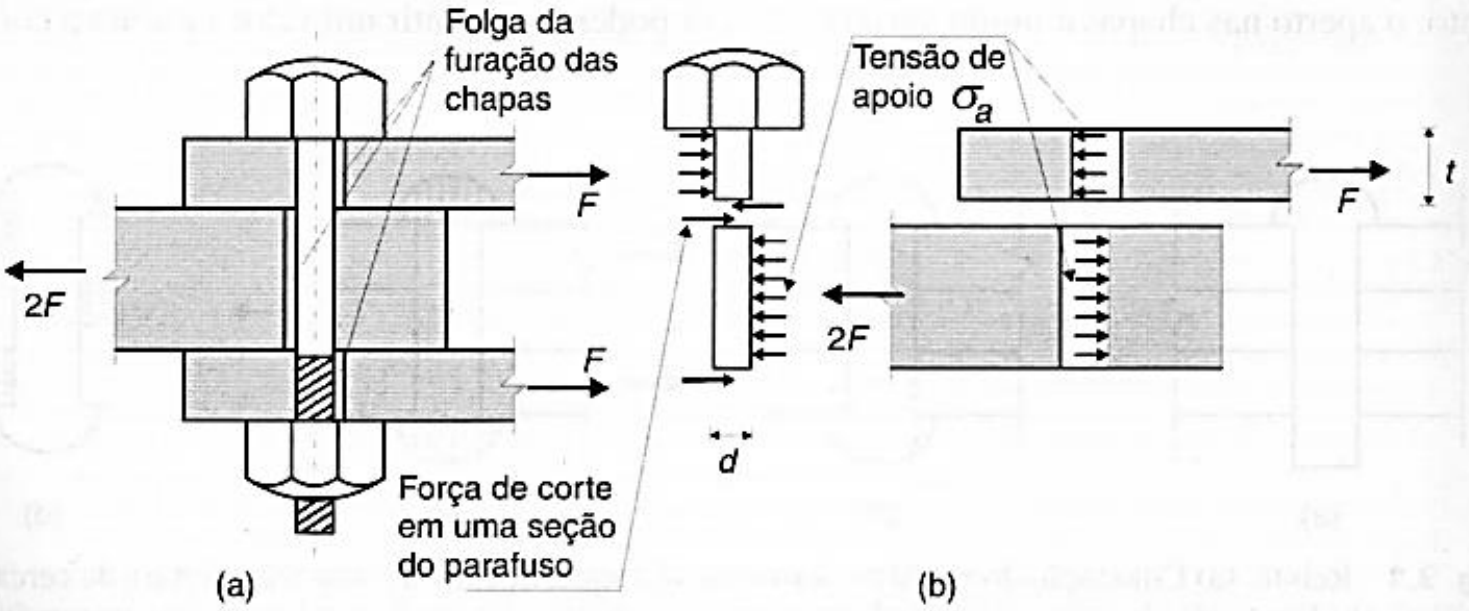


Fig. 3.3 Ligação do tipo apoio: (a) esquema da ligação; (b) diagrama de forças nas chapas e no parafuso.

Ligação Tipo ATRITO

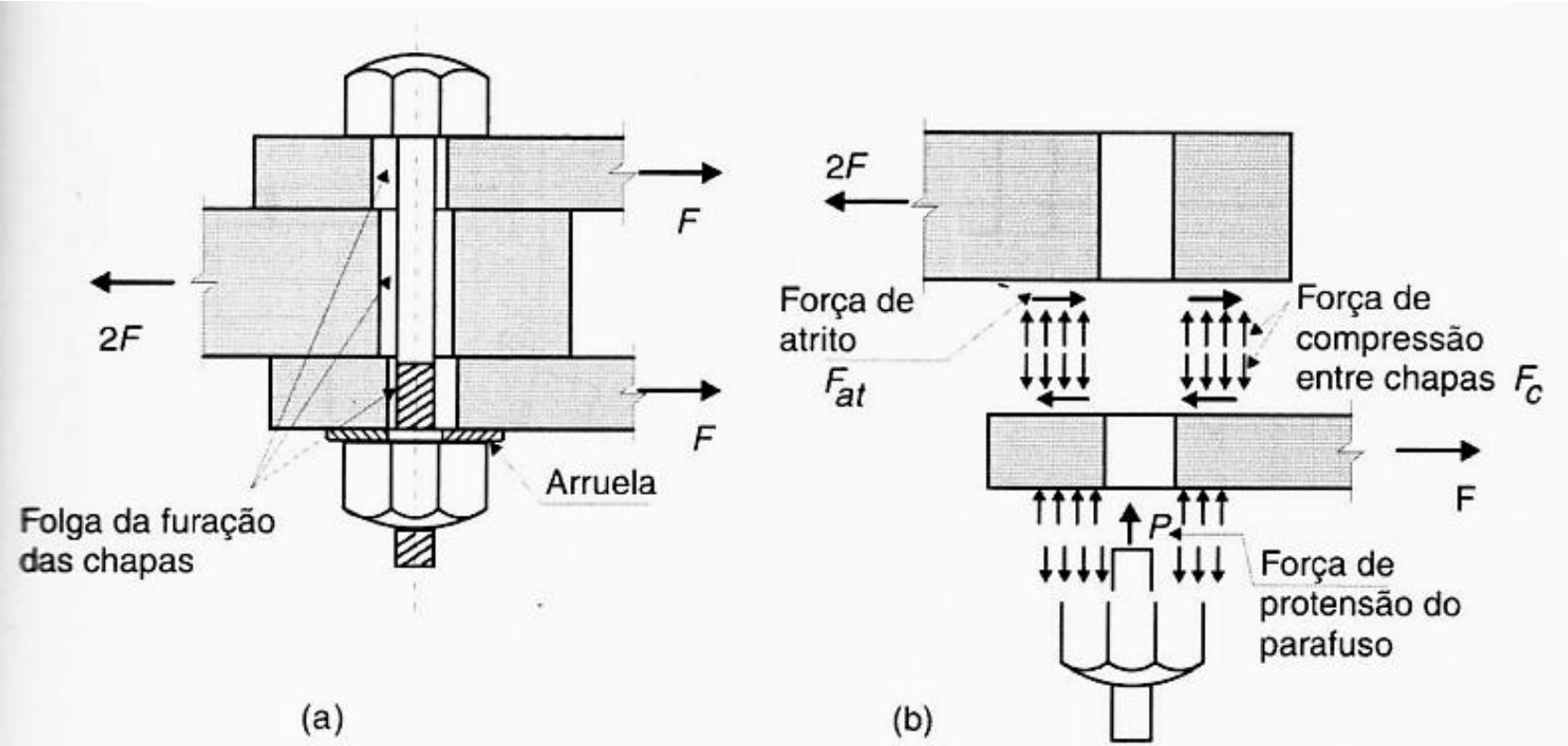
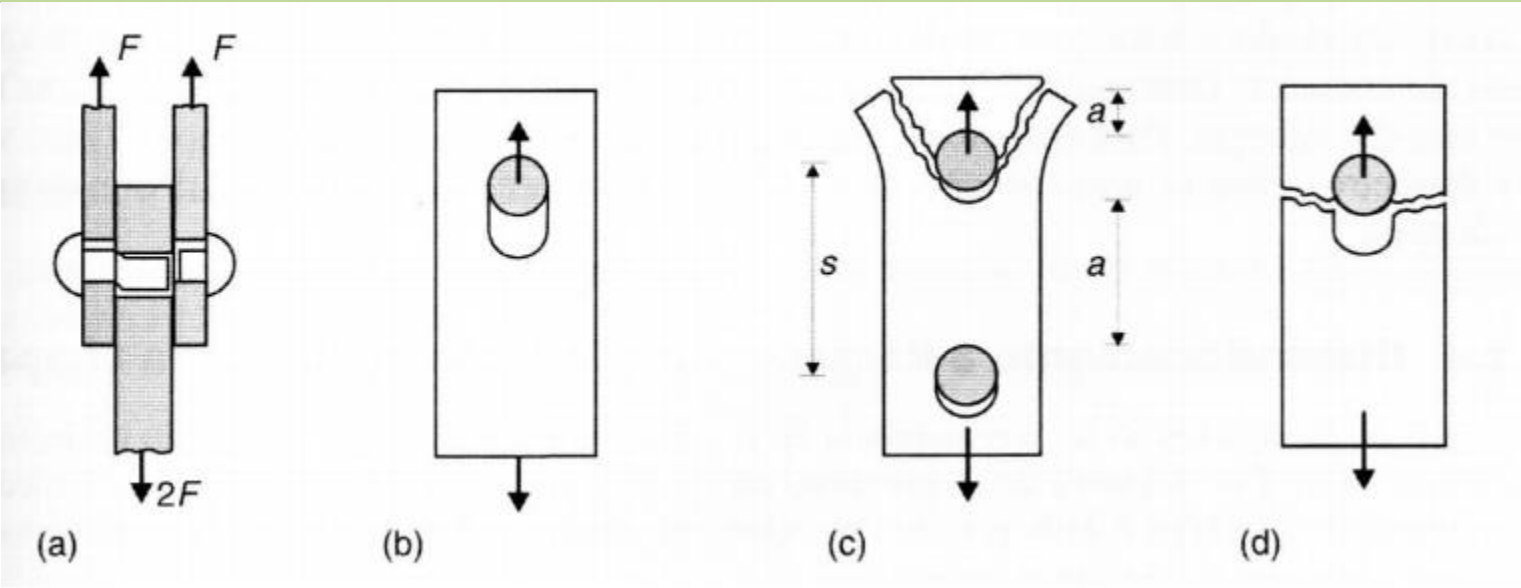


Fig. 3.4 Ligação por atrito: (a) esquema da ligação; (b) diagrama de forças nas peças.

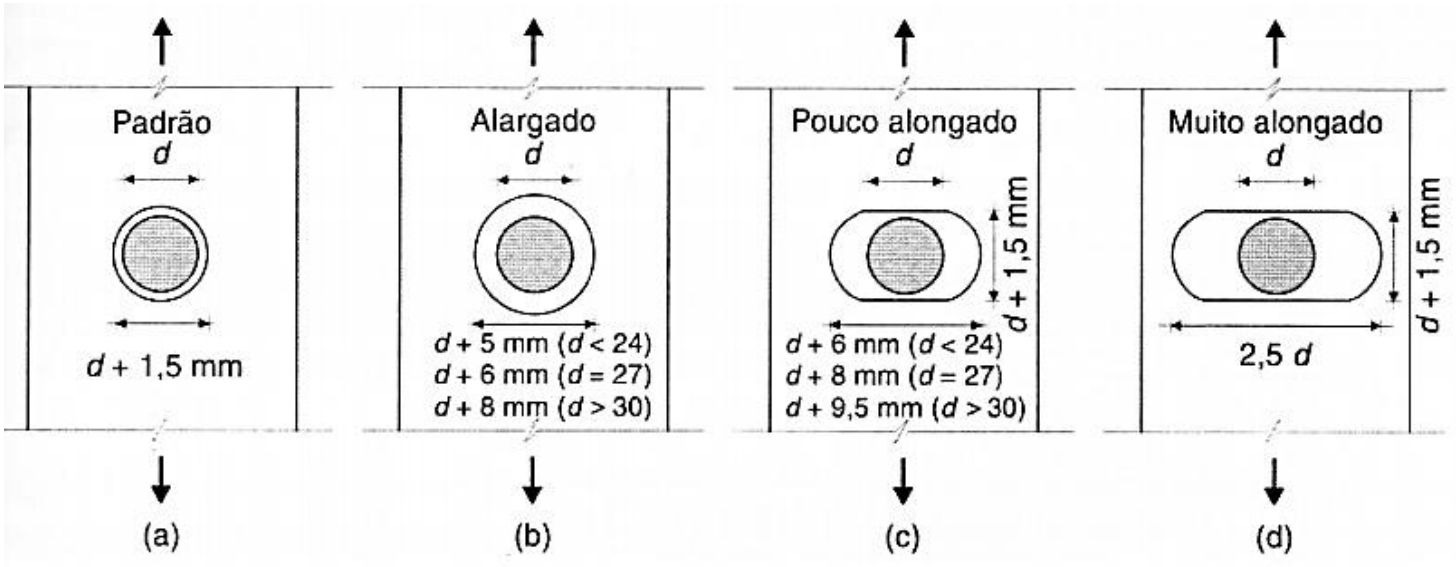
Tipos de Rupturas em Ligações Parafusadas



(a) corte do fuste do parafuso;
(b) ovalização do furo ou plastificação local da chapa;
(c) rasgamento da chapa entre furo e borda ou entre furos consecutivos (cisalhamento de bloco);
(d) ruptura da seção líquida;

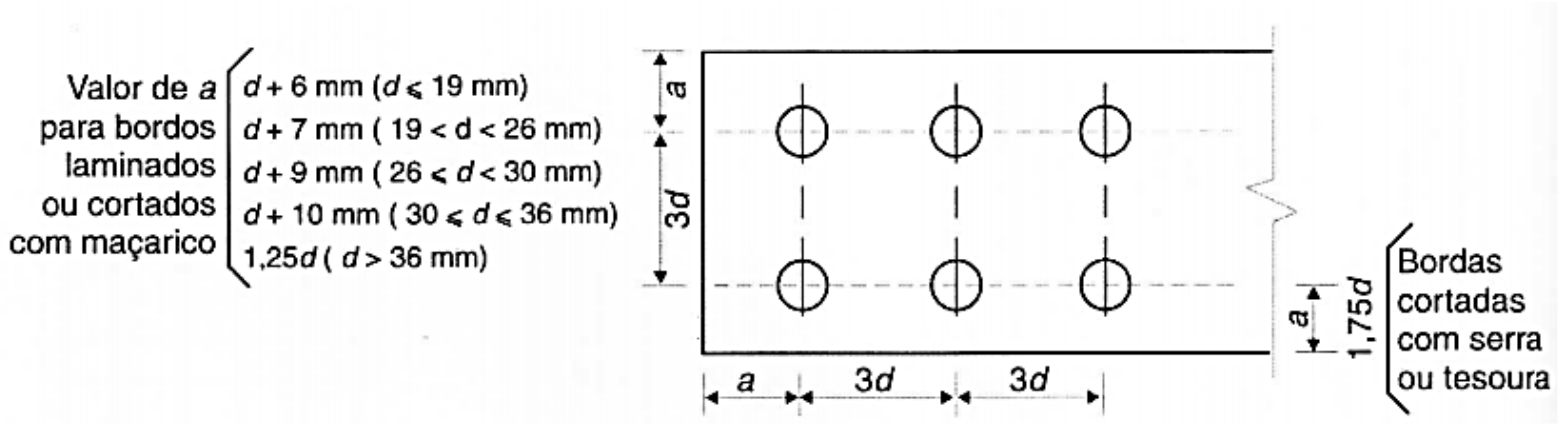
Furação de Chapas

- O **processo mais econômico** de furação de chapas é o **puncionamento**. Este pode ser aplicado em chapas cujas **espessuras sejam no máximo 3 mm maiores que o diâmetro nominal do conector**.
- Para chapas mais grossas os furos deverão ser abertos com broca.
- Para **efeito de cálculo de seção líquida**, considera-se **2 mm de acréscimo no diâmetro dos furos** como consideração de área danificada.



Espaçamentos dos Conectores

- **ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS:**



- **ESPAÇAMENTOS MÁXIMOS:**
  - Limitar o espaçamento entre conectores à um valor máximo tem por motivação impedir a penetração de água e sujeira nas interfaces.

Elementos pintados não sujeitos à corrosão: **24 t (< 300 mm)**

Elementos em aço resistente à corrosão não pintados: **14 t (< 180 mm)**

Distância máxima de conector à bordas: **12 t (< 150 mm)**

Universidade POSITIVO

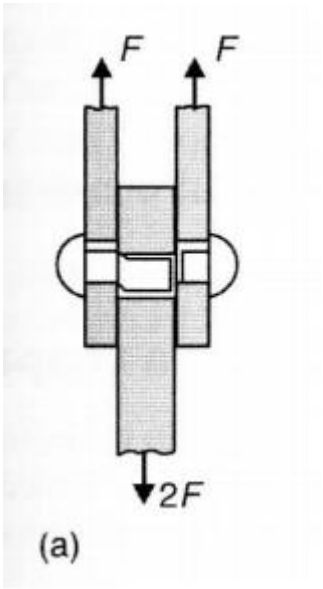
Aula 09 - Seção 3:
Dimensionamento de Ligações Parafusadas

Verificações Possíveis em Ligações Parafusadas

1. **Corte do Parafuso;**
2. **Comprimento da Ligação;**
3. **Rasgamento de Chapa e Pressão de Apoio;**
4. **Tração no Parafuso;**
5. **Tração e Corte Simultâneos;**
6. **Deslizamento entre as chapas;**
7. **Pega Longa (para ligações muito espessas – parafusos muito longos)**
8. *** Verificações de tração, compressão e cisalhamento nos elementos de ligação (chapas, placas e enrijecedores);**

- Além das verificações elencadas acima, algumas ligações tem aspectos peculiares quanto a determinação dos esforços que sobre elas incidem

Resistência à Corte do Conector



- Força de cisalhamento (corte) resistente de cálculo, por plano de corte:
  - Parafusos de alta resistência (A325 ou A490) e barras rosqueadas, quando o plano de corte passa pela rosca e para parafusos comuns em qualquer situação:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,4\, A_b\, f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

  - Parafusos de alta resistência (A325 ou A490) e barras rosqueadas, quando o plano de corte não passa pela rosca:

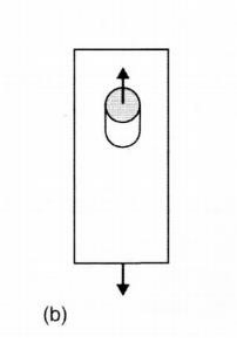
$$F_{v,Rd} = \frac{0,5\, A_b f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

  - A_b : área bruta do conector (diâmetro do parafuso ou diâmetro externo da barra rosqueada);

Rasgamento da Chapa e Pressão de Apoio (1)

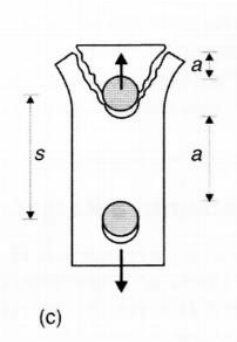
- Força resistente à pressão de apoio (contato) na parede de um furo. Já leva em conta o rasgamento entre dois furos consecutivos ou entre um furo e a borda:

(a) No caso de furos padrão, furos alargados, furos pouco alongados em qualquer direção e furos muito alongados na direção da força:



– Quando a **OVALIZAÇÃO** do furo para forças de serviço **FOR UMA LIMITAÇÃO DE PROJETO:**

$$F_{c,Rd} = \frac{1,2\, l_f\, t f_u}{\gamma_{a2}} \leq \frac{2,4\, d_b\, t\, f_u}{\gamma_{a2}}$$



– Quando a **OVALIZAÇÃO** do furo para forças de serviço **NÃO FOR UMA LIMITAÇÃO DE PROJETO:**

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5\, l_f\, t\, f_u}{\gamma_{a2}} \leq \frac{3,0\, d_b\, t\, f_u}{\gamma_{a2}}$$

Rasgamento da Chapa e Pressão de Apoio (2)

(b) No caso de furos muito alongados na direção perpendicular à da força:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,0\, l_f\, t\, f_u}{\gamma_{a2}} \leq \frac{2,0\, d_b\, t\, f_u}{\gamma_{a2}}$$

t : espessura da parte ligada;

l_f : distância na direção da força entre a borda do furo e a borda do furo adjacente ou a borda livre;

f_u : resistência a ruptura do aço da parede do furo

d_b : diâmetro do parafuso

Tração no Conector

- A resistência de cálculo de conectores ou barras rosqueadas à tração é dada por:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,75\, A_b\, f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

- A_b : área da seção transversal do parafuso;
- f_{ub} : tensão de ruptura do parafuso;

Tração e Corte Simultâneos no Conector

- Quando ocorrer a ação simultânea de tração e corte, deve ser atendida a seguinte equação de interação:

$$\left(\frac{F_{t,Sd}}{F_{t,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

$F_{t,Sd}$: força de tração solicitante de cálculo por parafuso ou barra rosqueada;

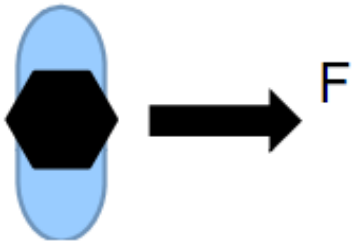
$F_{v,Sd}$: força de cisalhamento solicitante de cálculo no plano considerado do parafuso ou barra rosqueada;

$F_{t,Rd}$ e $F_{v,Rd}$: forças de tração e cisalhamento resistentes de cálculo conforme já indicadas anteriormente;

Resistência ao Deslizamento (1)

- A força resistente nominal de um conector ao deslizamento aplica-se somente à parafusos de alta resistência em ligações do tipo atrito.

Nas ligações com furos padrão e furos com alongamentos transversais à direção da força aplicada:



O deslizamento constitui
Estado Limite de Serviço (E.L.S.)

Nas ligações com furos com alongamentos paralelos à direção da força aplicada:



o deslizamento constitui
Estado Limite Último (E.L.U.)

Resistência ao Deslizamento (2)

- Deslizamento em ELS:

$$F_{f,Rk} = 0,80\ \mu\ C_h\ F_{Tb}\ n_s \left(1 - \frac{F_{t,Sk}}{0,80 F_{Tb}}\right)$$

- Deslizamento em ELU:

$$F_{f,Rd} = \frac{1,13 \mu\ C_h\ F_{Tb}\ n_s}{\gamma_e} \left(1 - \frac{F_{t,Sd}}{1,13 F_{Tb}}\right)$$

Resistência ao Deslizamento (4)

F_{Tb} : força de protensão mínima por parafuso;

$F_{t,Sk}$: força de tração solicitante característica no parafuso que reduz a força de protensão, calculada com as combinações últimas ou simplificadamente tomada igual a 70% da força de tração solicitante de cálculo;

$F_{t,Sd}$: força de tração solicitante de cálculo no parafuso que reduz a força de protensão, calculada com as combinações últimas de ações;

n_s : número de planos de deslizamento;

γ_e : coeficiente de ponderação de resistência igual a:

- 1,20 para combinações normais, especiais ou de construção;
- 1,00 para combinações excepcionais;

Resistência ao Deslizamento (5)

μ : coeficiente médio de atrito dado por:

0,35 para superfícies laminadas, limpas, isentas de óleos ou graxa, sem pintura e superfícies galvanizadas a quente com rugosidade aumentada por meio de escova de aço;

0,50 superfícies jateadas sem pintura;

0,20 superfícies galvanizadas a quente;

C_h : é um fator de furo igual a:

1,00 para furos padrão;

0,85 para furos alargados ou pouco alongados;

0,70 para furos muito alongados;

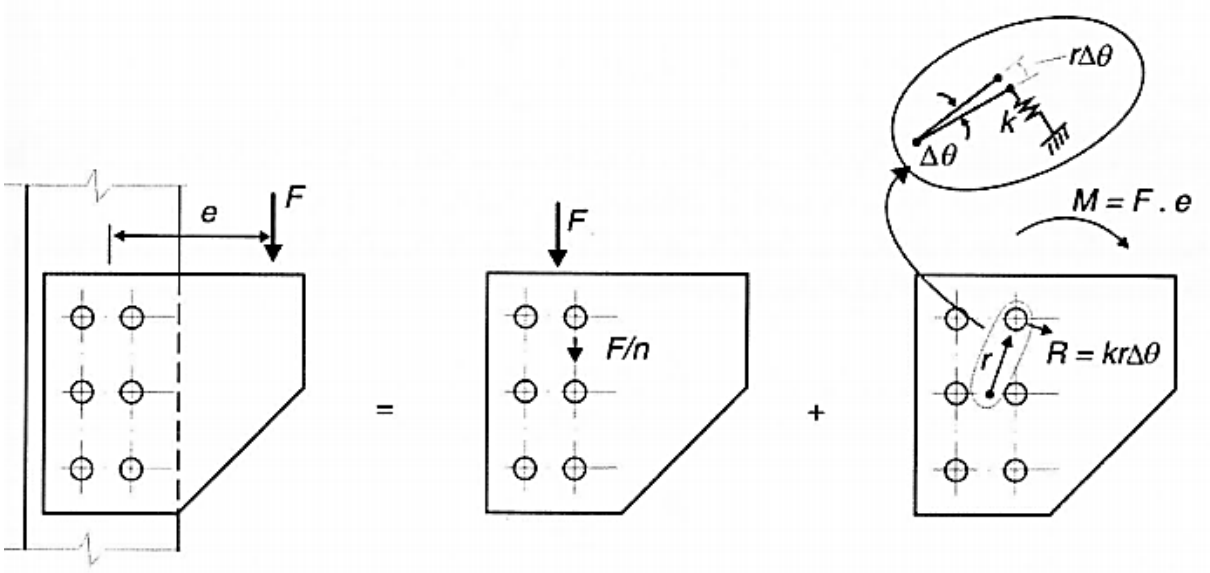
A expressão da resistência de conectores para os casos em que o deslizamento é um ELU (Estado Limite Último) pode ser encontrada no item 6.3.4.3 da NBR 8800 / 2008 .

Universidade POSITIVO

Aula 09 - Seção 4:
Determinação de Esforços em Casos Especiais de Ligações Parafusadas

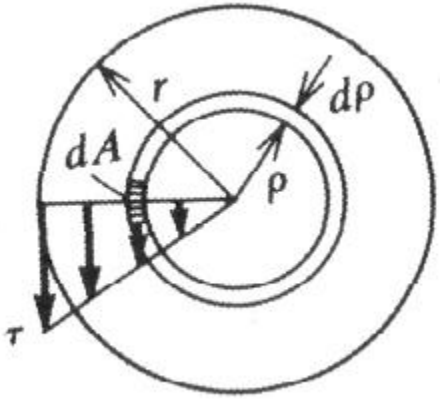
Distribuição de Esforços: Ligação Excêntrica por Corte (1)

- Na ligação excêntrica por corte, ilustrada abaixo, os parafusos ficam submetidos apenas ao corte mas a linha de ação da força não passa pelo centro de gravidade dos parafusos.

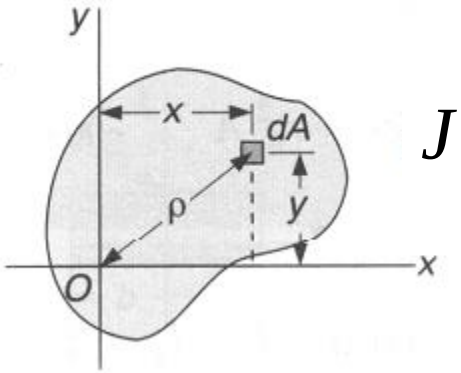


- Para efeito de cálculo decompõe-se a carga excêntrica em uma carga centrada e um momento.

Distribuição de Esforços: Ligação Excêntrica por Corte (2)



$$\tau = \frac{T}{J}\rho$$



$$J = \int \rho^2 \, dA$$

Caso de áreas discretas

$$F = \tau \, dA = \frac{T}{J}\rho \, dA = \frac{T\rho}{\sum \rho^2}$$

$$\mathbf{F_x = \frac{T\rho_y}{\sum \rho^2}} \qquad \mathbf{F_y = \frac{T\rho_x}{\sum \rho^2}}$$

Distribuição de Esforços: Ligação Excêntrica por Corte (3)

- **Devido ao corte axial têm-se (Q):**

$$F_Q = \frac{F}{n}$$

- **Devido ao momento (M – análogo ao Torsor "T" indicado):**

$$F_{MX} = \frac{M}{\sum r^2} y \qquad F_{MY} = \frac{M}{\sum r^2} x$$

Sendo:

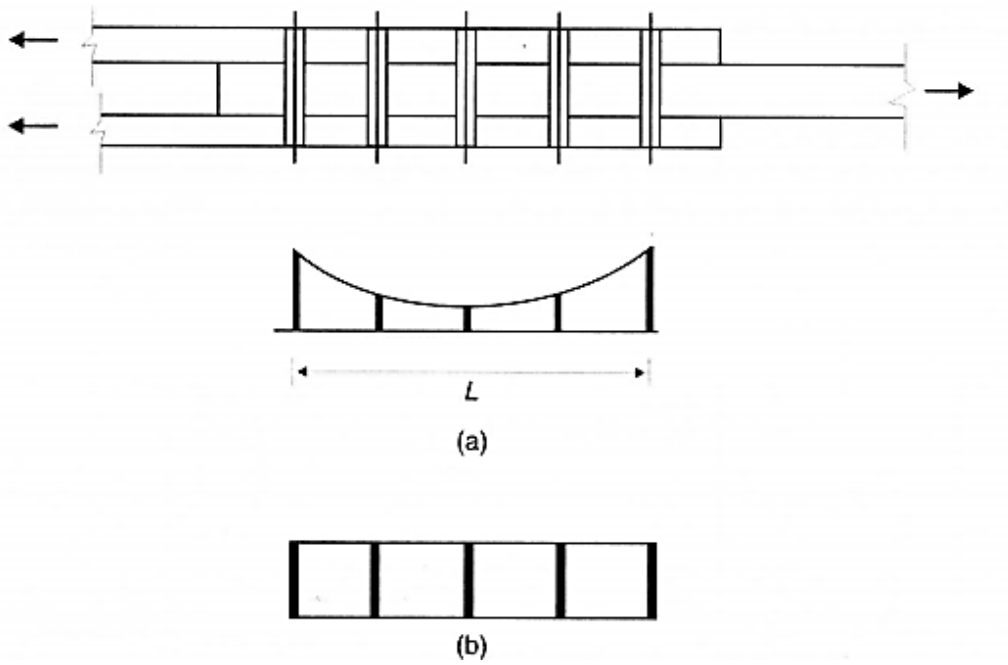
r - distância total do centro do conector ao CG dos conectores;

n - número de parafusos;

x e y – distância r projetada nos eixos x e y respectivamente;

Distribuição de Esforços: Ligação de Grande Comprimento (1)

- Em uma ligação axial por corte com diversos conectores, em geral, admite-se que o esforço transmitido se distribua igualmente entre estes.
- Para deformações elásticas os conectores nos extremos da ligação absorvem maiores parcelas de carga.



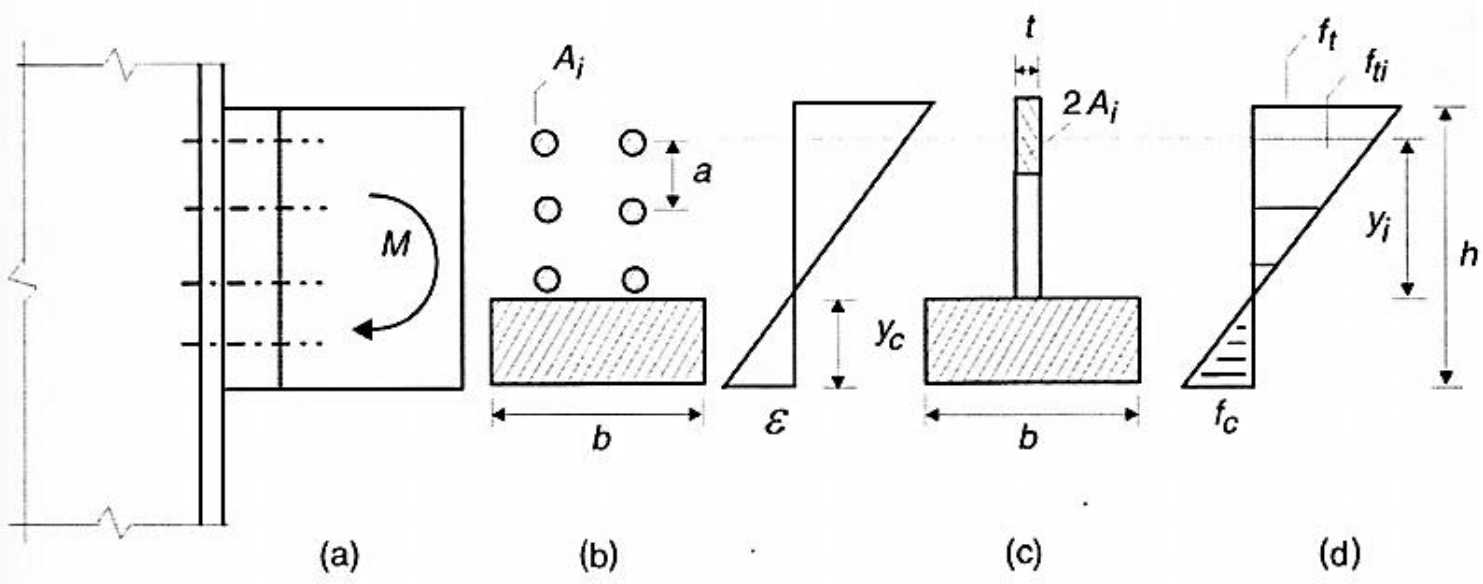
- Com o aumento dos esforços os conectores mais solicitados sofrem plastificação transferindo os esforços para os conectores intermediários resultando em uma distribuição aproximadamente uniforme.

Distribuição de Esforços: Ligação de Grande Comprimento (2)

- Porém, se a ligação for longa poderá ocorrer a ruptura dos conectores de extremidade antes que se atinja a uniformização dos esforços mencionada, reduzindo assim a resistência da ligação.

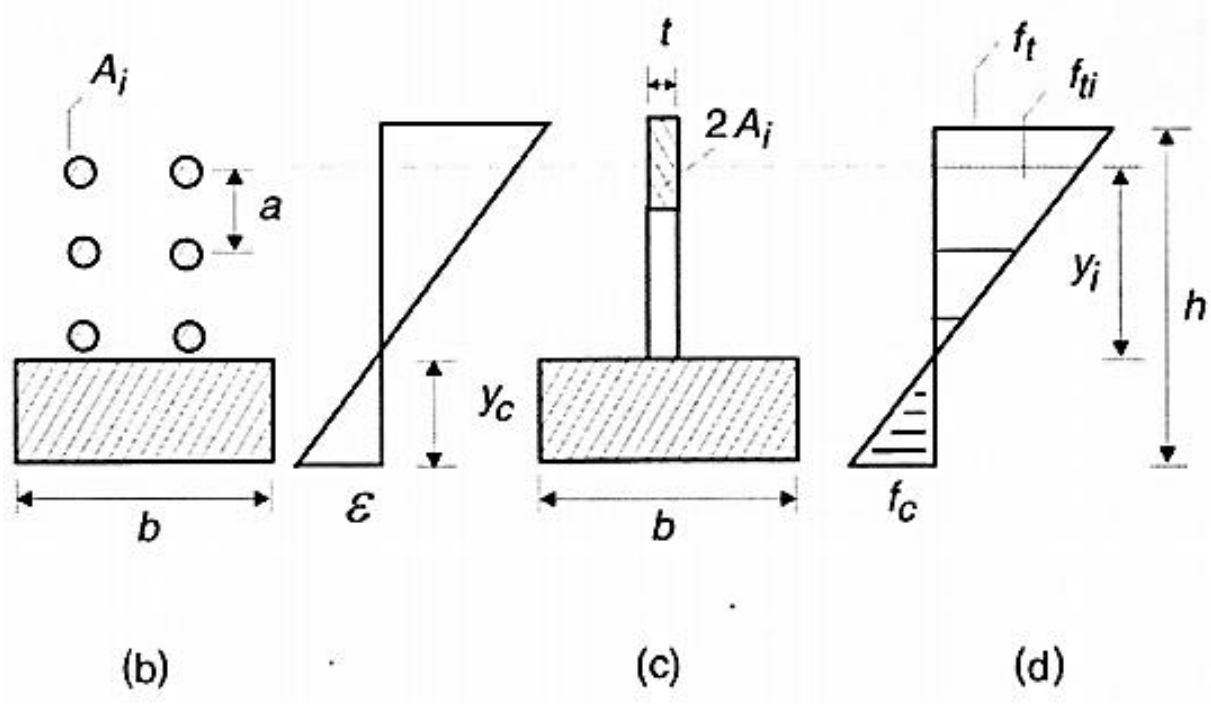
- Conforme a NBR 8800 / 2008 **se o comprimento da ligação for L > 1270 mm** a **força solicitante F deve ser multiplicada por 1,25** de modo a levar em conta a distribuição não uniforme de esforços

Distribuição de Esforços: (Parafusos Comuns)
Ligação com Corte e Tração nos Conectores (1)



- Para o caso de uma ligação como a indicada acima utilizando parafusos comuns, como não há valor garantido para a protensão inicial, a ação do momento produzirá tração nos parafusos superiores e compressão entre as chapas na parte inferior. Supõe-se que o diagrama de tensões seja linear e a soma das áreas dos parafusos tracionados espaçados de “a” pode ser transformada em um retângulo de altura (h – yc).

Distribuição de Esforços: (Parafusos Comuns)
Ligação com Corte e Tração nos Conectores (2)



- Espessura da área tracionada:

$$t = \frac{A_i}{a} n$$

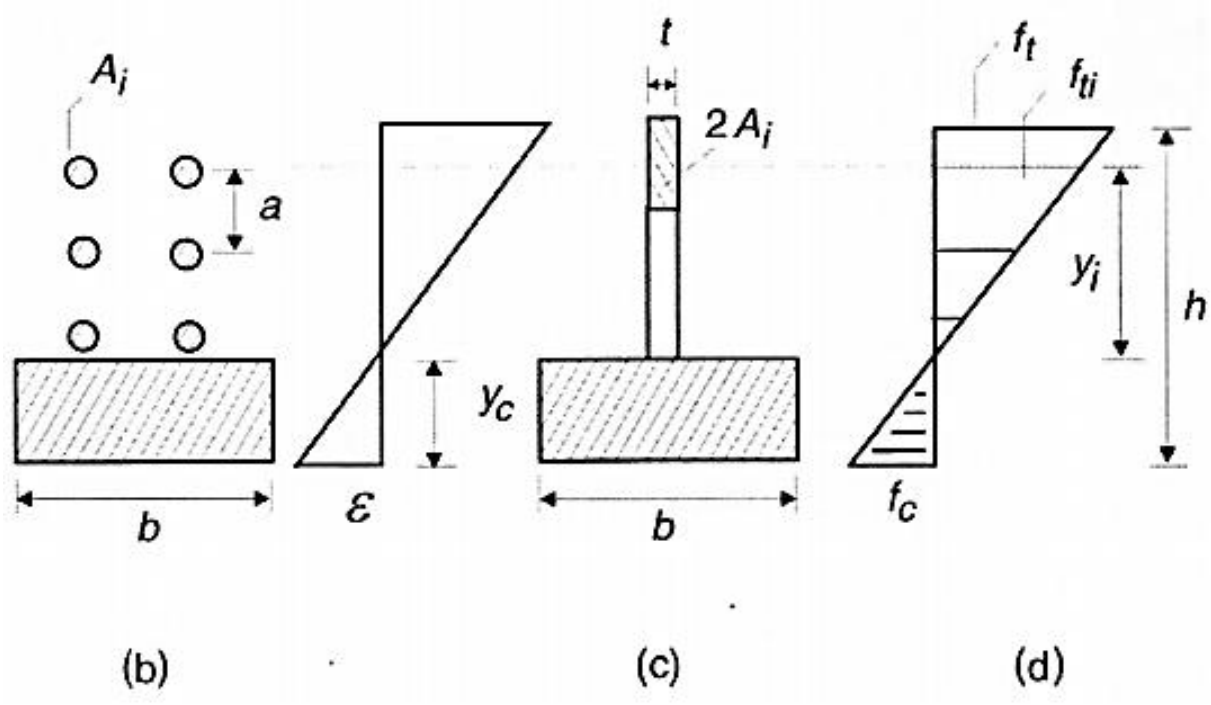
n : número de colunas de parafusos

- Equilíbrio de Momentos Estáticos:

$$b \frac{y_c^2}{2} = t \frac{(h - yc)^2}{2}$$

Distribuição de Esforços: (Parafusos Comuns)

Ligação com Corte e Tração nos Conectores (3)



- Mom. Inércia da Seção Composta:

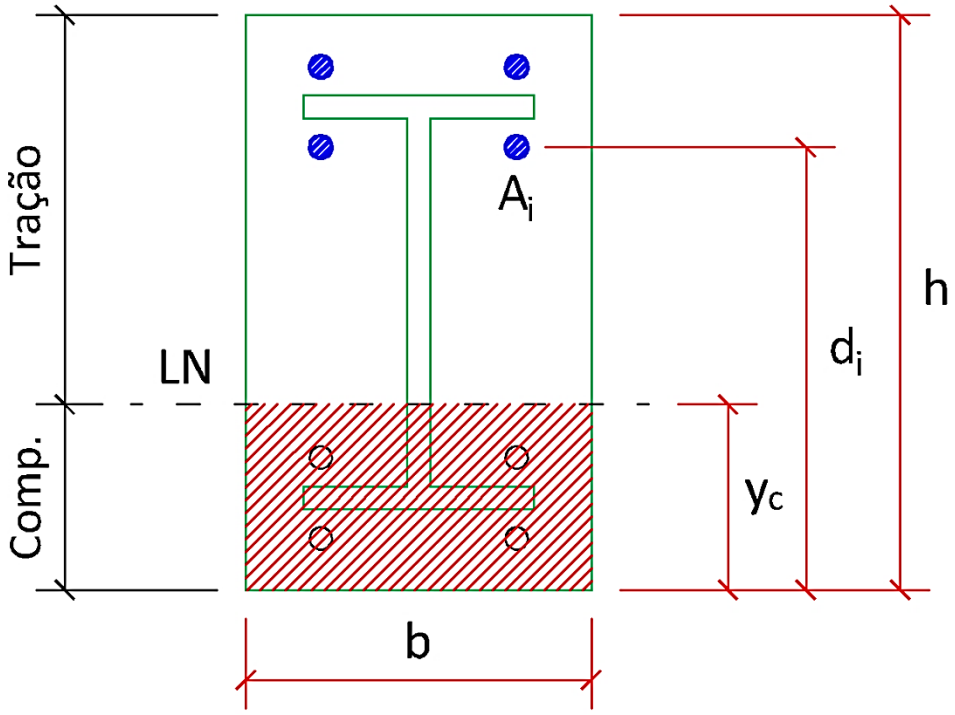
$$I = \frac{b\,y_c^{\,3}}{3} + \frac{t\,(h - y_c)^3}{3}$$

- Foça de Tração em um parafuso "i"

$$F_i = \frac{M}{I} y_i A_i$$

Distribuição de Esforços: (Parafusos Comuns)
Ligação com Corte e Tração nos Conectores (4)

- **Caso a disposição dos parafusos não venha a ser igualmente espaçada na vertical (concentrados no topo e na base):**



- Equilíbrio de Momentos Estáticos:

$$b\,\frac{y_c^{\,2}}{2} = \sum A_i\,(d_i - y_c)$$

- Mom. de Inércia da Seção Composta:

$$I = b\,\frac{y_c^{\,3}}{3} + \sum A_i (d_i - y_c)^2$$

Universidade POSITIVO

Aula 09 - Seção 5:
Verificações pertinentes aos Elementos de Ligação (chapas, placas e enrijecedores)

Elementos de Ligação (1)

- **Elementos Tracionados:**
  - *Valem os limites para peças tracionadas sendo que para chapas de emendas parafusadas :* **Ae = An ≤ 0,85*Ag**

- **Elementos Comprimidos:**
  - *Para esbeltez* **KL /r ≤ 25** :

$$F_{Rd} = \frac{f_y A_g}{\gamma_{a1}}$$

  - *Para esbeltez* **KL /r > 25** : *valem os estados limites para peças comprimidas*

Elementos de Ligação (2)

- **Elementos Submetidos a Cisalhamento:**
  - *Escoamento da seção bruta :*

$$F_{Rd} = \frac{0,60\, f_y A_g}{\gamma_{a1}}$$

  - *Ruptura da seção líquida:*

$$F_{Rd} = \frac{0,60\, f_u A_{nv}}{\gamma_{a2}}$$

Anv - área líquida sujeita a cisalhamento

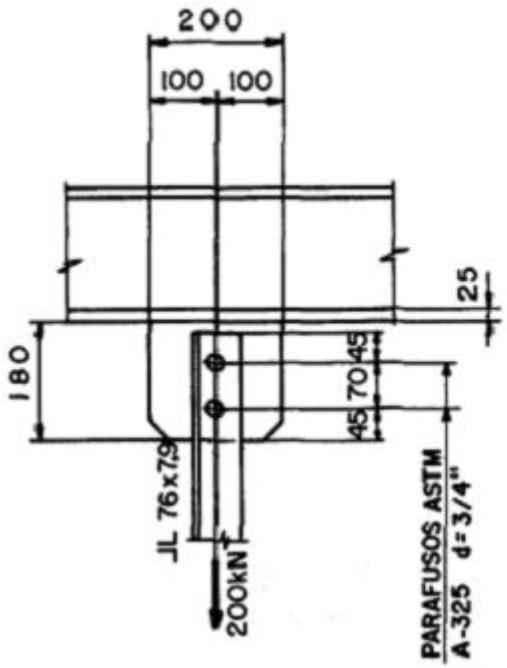
- **Cisalhamento de Bloco:**
  - *Conforme já descrito no capítulo relativo à peças tracionadas.*

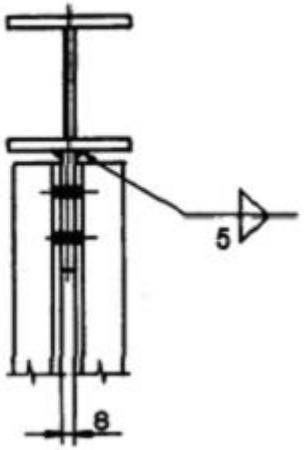
FIM

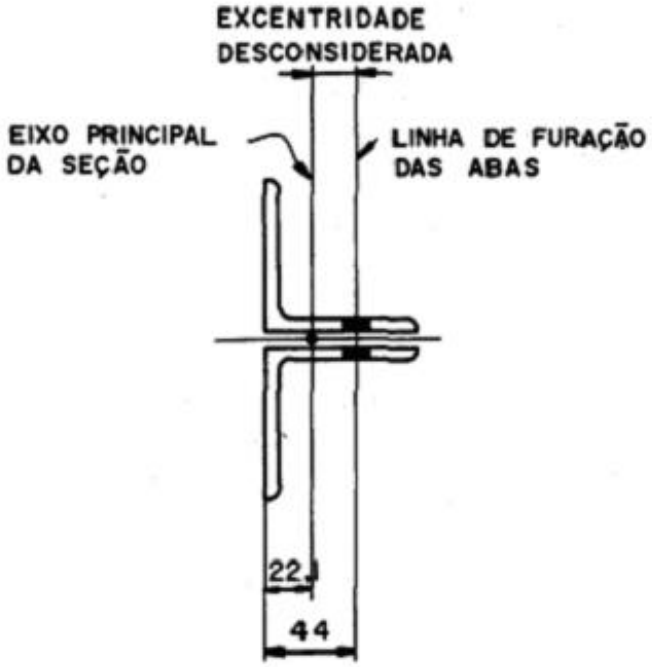
Exercício 9.1

- A ligação por contato abaixo é feita em **aço ASTM A36** e **parafusos ASTM A325 com d = 19 mm (3/4')** sendo solicitada por uma força de **tração estática de 200kN em valor de cálculo**. A chapa Gusset e as cantoneiras já foram verificadas quanto aos estados limites ESB, RSL e Cisalhamento de Bloco e a **ovalização de furos não é uma limitação de projeto**.

- Efetuar as demais verificações necessárias para conferir se a ligação resiste a solicitação aplicada.

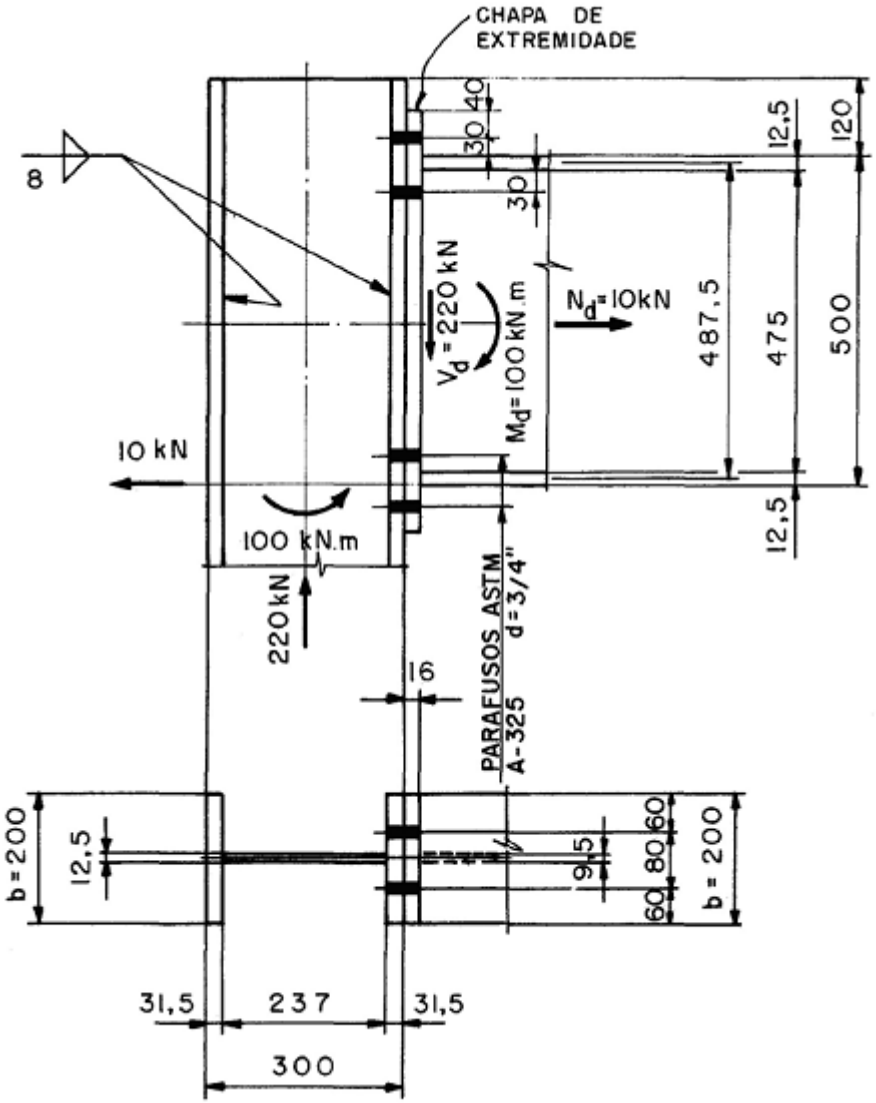






Exercício 9.2

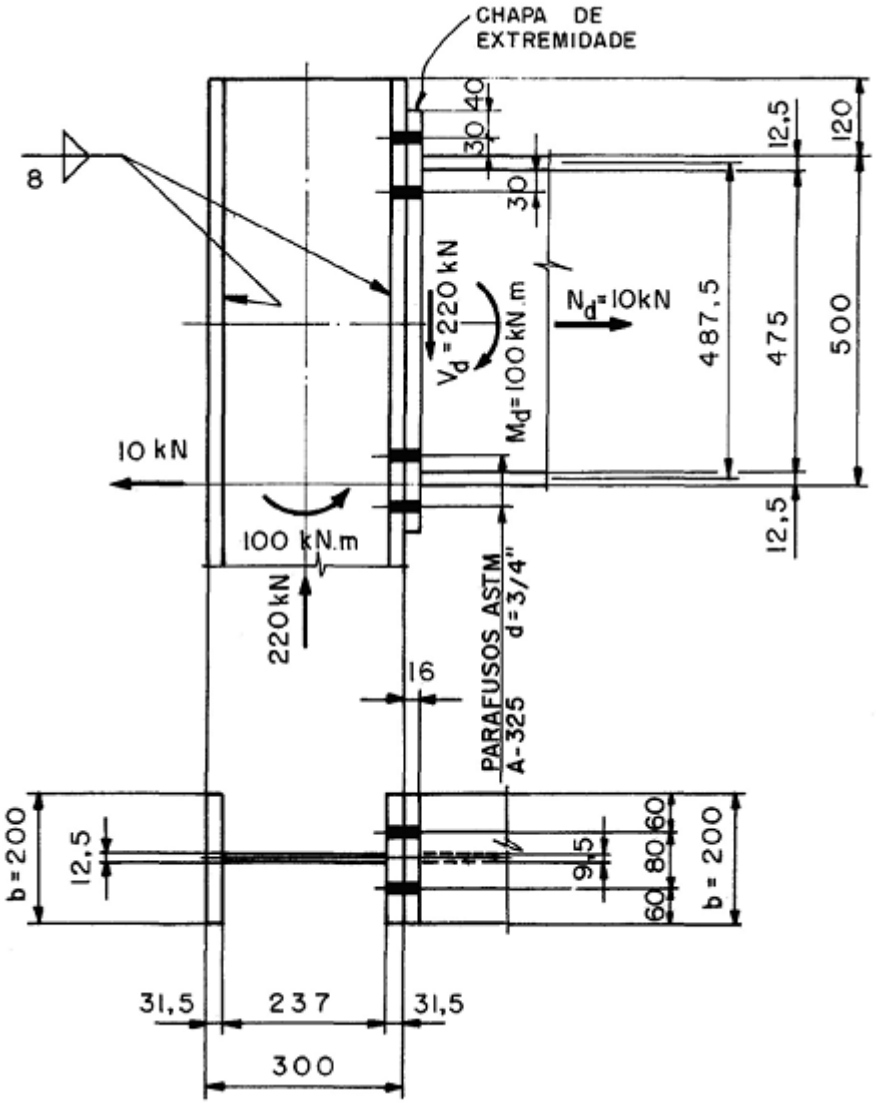
- Verificar a **resistência ao deslizamento** da ligação parafusada indicada ao lado **admitindo ligação do tipo atrito**.
  Dados:
  - Aço ASTM A36;
  - Parafusos ASTM A325 d=3/4";
  - furo padrão;
  - superfícies jateadas sem pintura;



Exercício 9.3

- Para a mesma ligação do exercício anterior, porém, **admitindo ligação do tipo contato,** efetuar as verificações cabíveis aos parafusos da ligação desprezando o efeito alavanca.

- Dados:
  - Aço ASTM A36;
  - Parafusos ASTM A325 d=3/4";
  - furo padrão;
  - a deformação do furo é uma limitação de projeto;



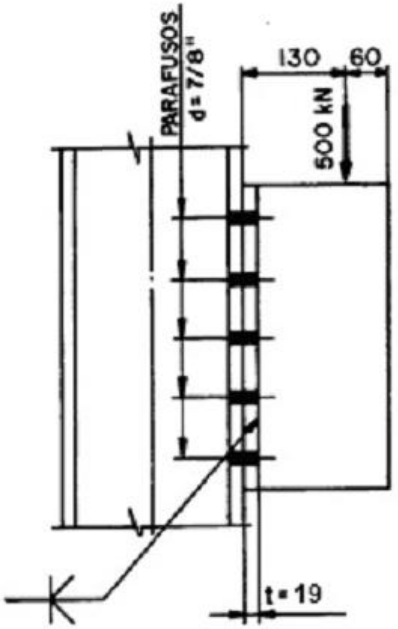
Exercício 9.4

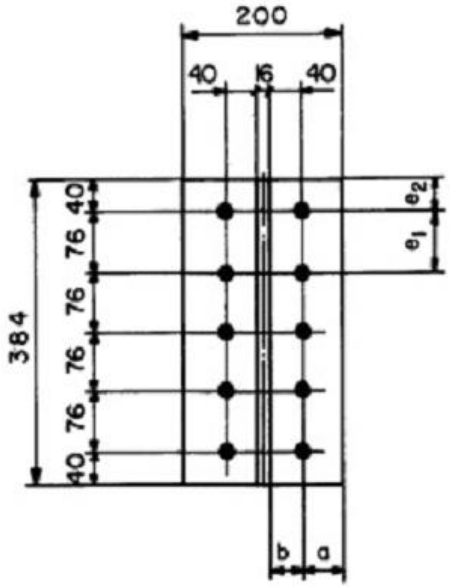
- Verificar os **parafusos** da ligação por contato mostrada ao lado.

- O esforço indicado é a solicitação de cálculo.

- Dados:
  - Aço ASTM A36;
  - Parafusos ASTM A325 d=7/8”;
  - furo padrão;
  - a ovalização dos furos não deve ser permitida;

- Admitir que os elementos da coluna são suficientes para absorver os esforços aplicados pela ligação (desnecessário verificar os elementos de ligação).



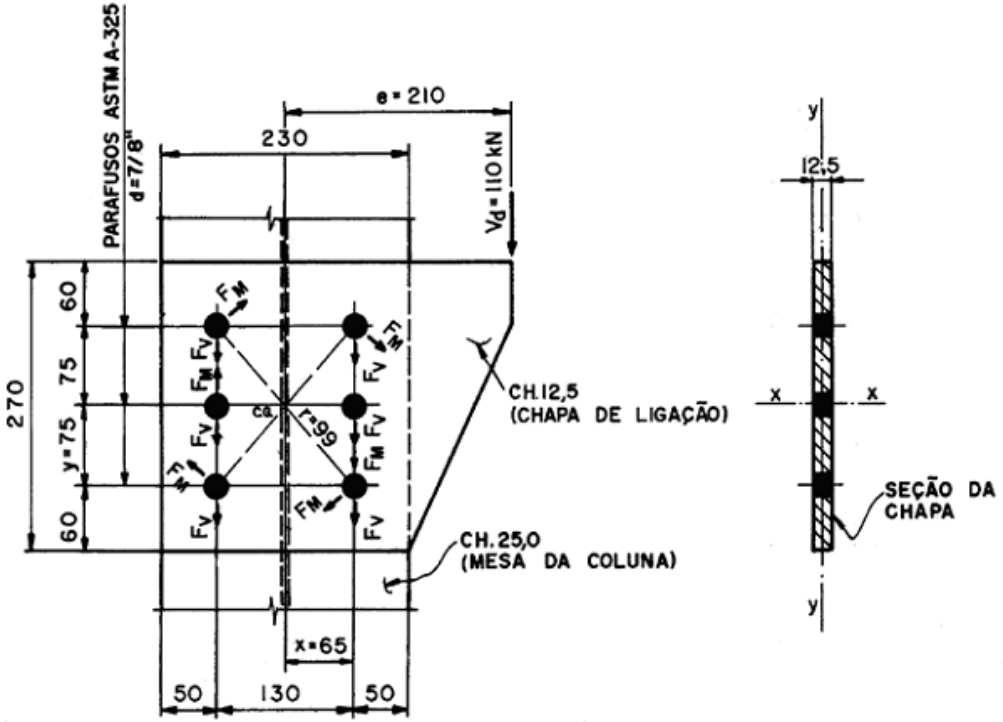


Exercício 9.5

- Na ligação por **contato** ao lado o esforço indicado é a solicitação de cálculo.

- Dados:
  - Aço ASTM A36;
  - Parafusos ASTM A325 d=7/8”;
  - furo padrão;
  - deformação do furo não é limitação de projeto;

- Pede-se:
  a) Determinar as solicitações nos parafusos;
  b) Verificar os parafusos quanto a pega e corte;
  c) Verificar pressão de contato nos furos;



Exercício 9.6

- Dimensionar a emenda de uma barra tracionada constituída por uma **cantoneira L 64x64x6,3** admitindo ligação do tipo atrito e determinando a quantidade de parafusos necessária.

- Dados:
  - aço ASTM A36;
  - parafusos ASTM A325 d = 12,5 mm;
  - solicitação de tração : Nd = 140 kN;
  - a deformação do furo não é uma limitação de projeto;
  - furos padrão e superfícies classe A;
  - distância entre furos 3d = 3*12,5mm = 37,5 mm
  - distância de furo a borda 1,75d = 1,75*12,5 mm = 21,88 mm

