Universidade POSITIVO

Sistemas Estruturais I – Aula 03
Peças de Aço Tracionadas (1)

- Conceito Geral
- Área de Seção Transversal Líquida “An”
- Área de Seção Transversal Líquida Efetiva “Ae” (Coef. Ct)

Prof. Juliano J. Scremin

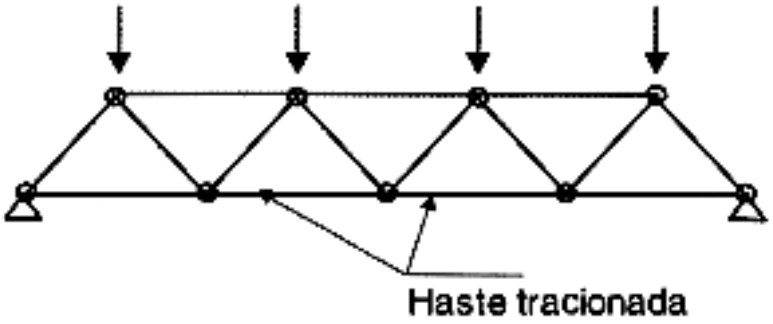
Universidade POSITIVO

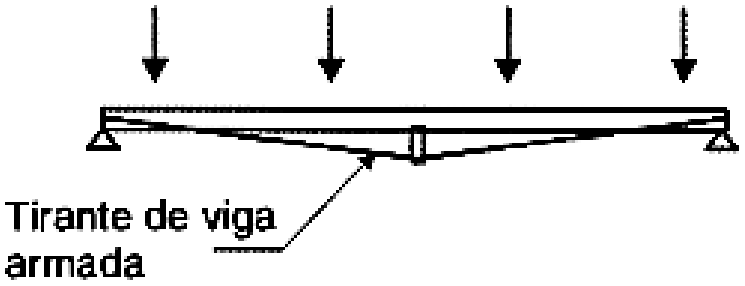
Aula 03 - Seção 1: Conceito Geral

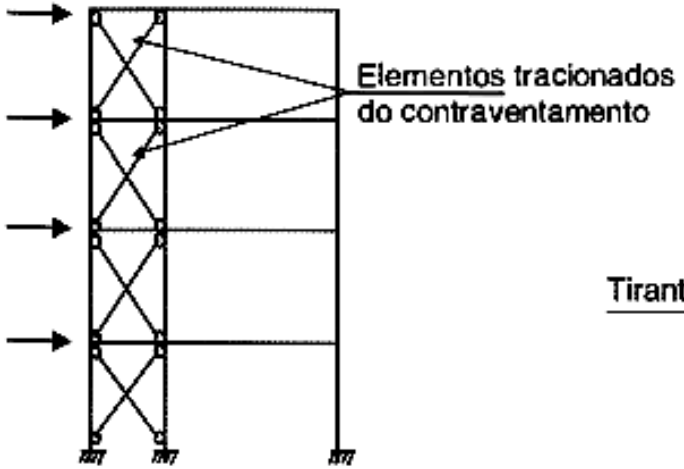
Peças Tracionadas (1)

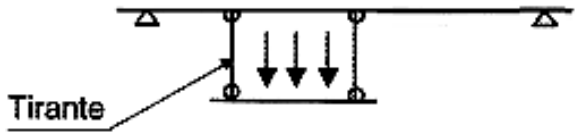
- Denominam-se peças tracionadas as peças sujeitas a solicitações de tração axial, ou tração simples;
- Formas de emprego de peças tracionadas:
  - **tirantes ou pendurais;**
  - **contraventamentos de torres (estais);**
  - **travejamentos de vigas colunas, geralmente com dois tirantes em X;**
  - **tirantes de vigas armadas;**
  - **barras tracionadas de treliças;**

Peças Tracionadas (2)

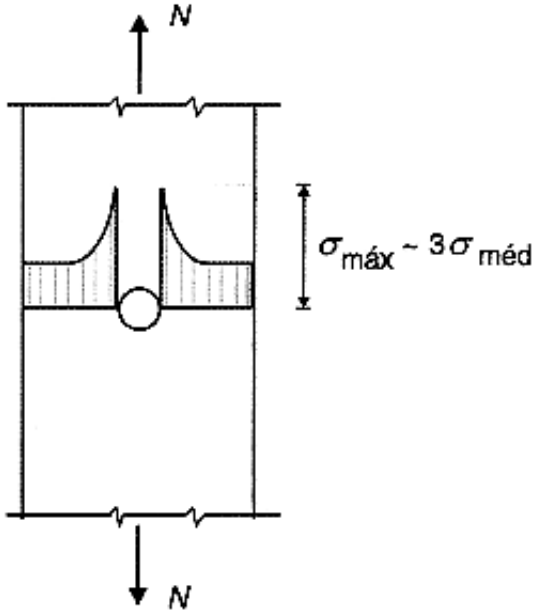




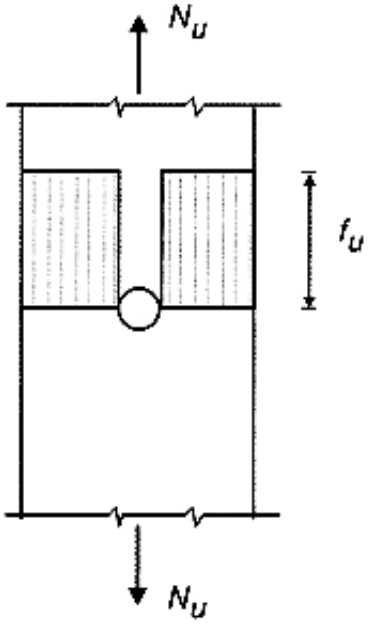




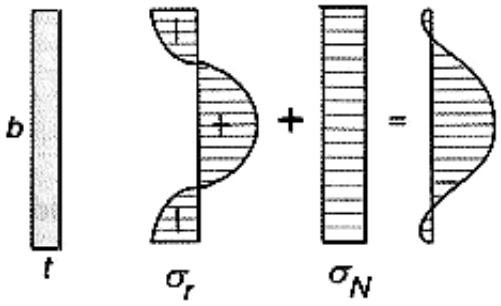
Distribuição de Tensões



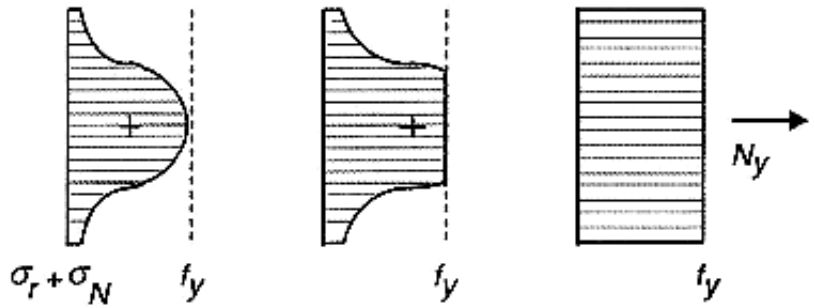
(a) Regime elástico



(b) Após escoamento



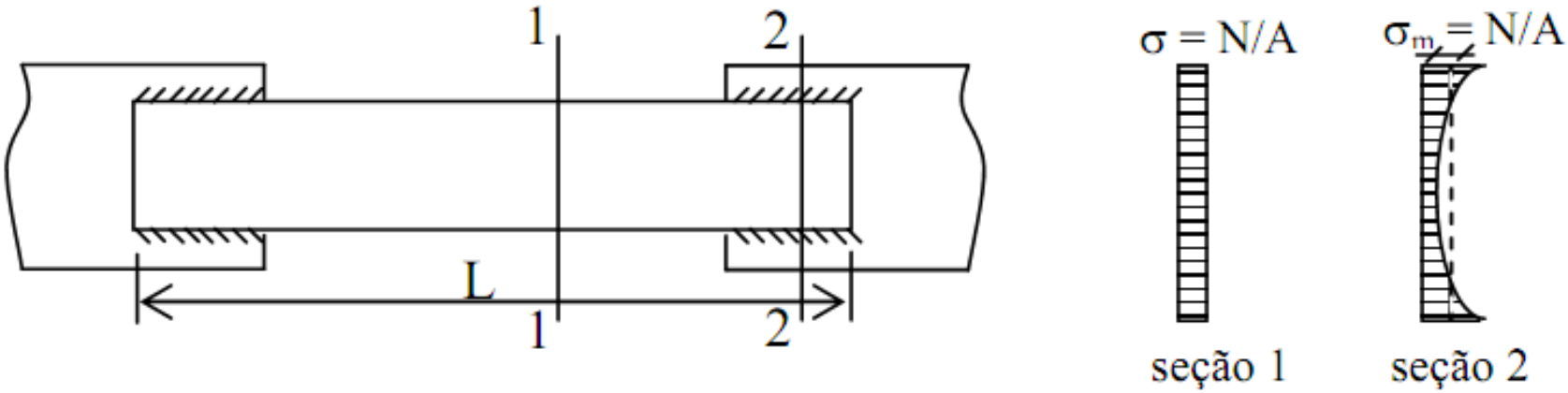
(c)



(d)

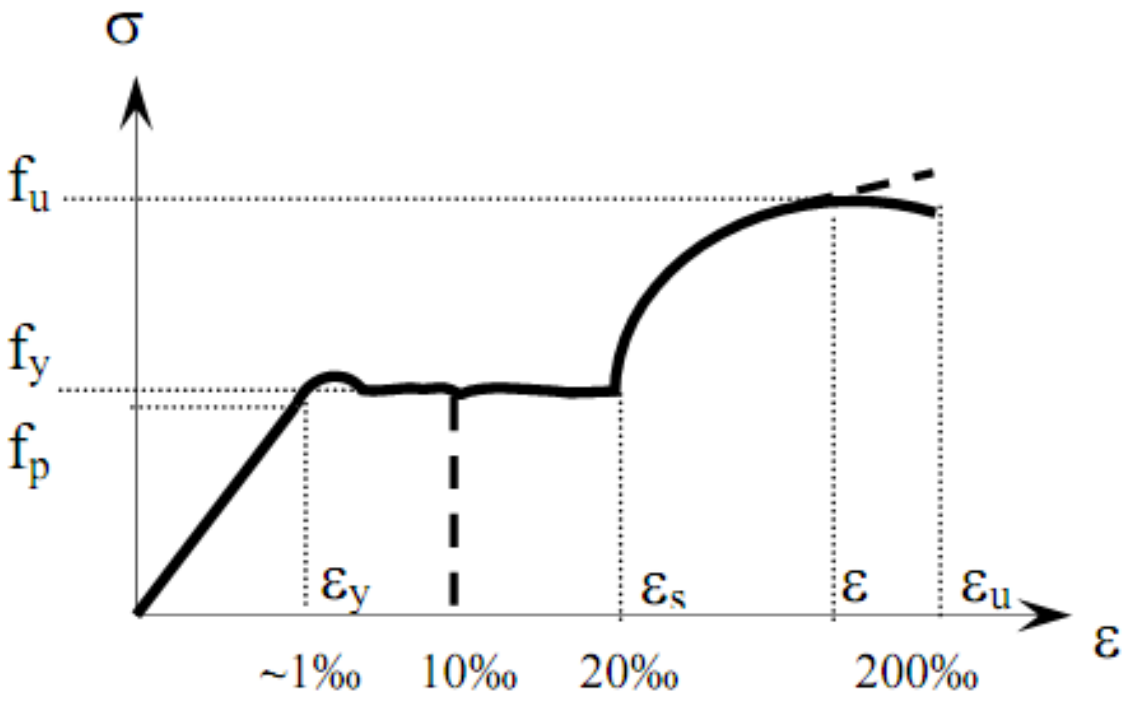
Peças Sem Furos – Ligações Soldadas (1)

- A distribuição de tensões em regime elástico **depende do tipo de ligação entre as peças**;
- Assim sendo, a figura abaixo ilustra o comportamento de uma peça sob tração axial. Salienta-se que **o estado limite último é atingido quando ocorre o escoamento ao longo de toda a seção transversal**.



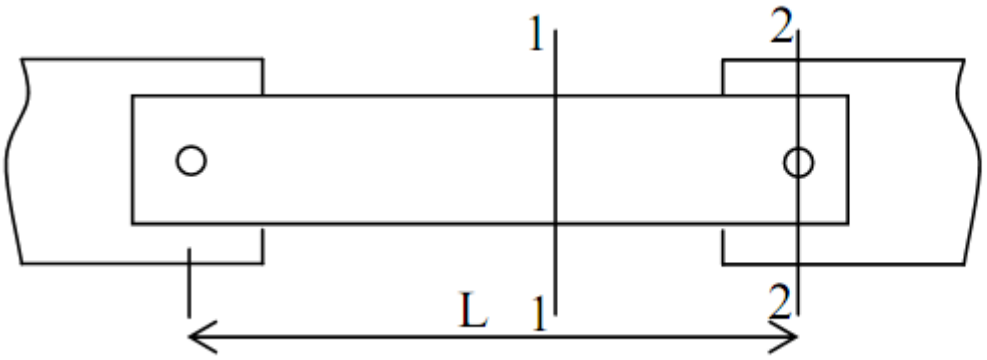
Peças Sem Furos – Ligações Soldadas (2)

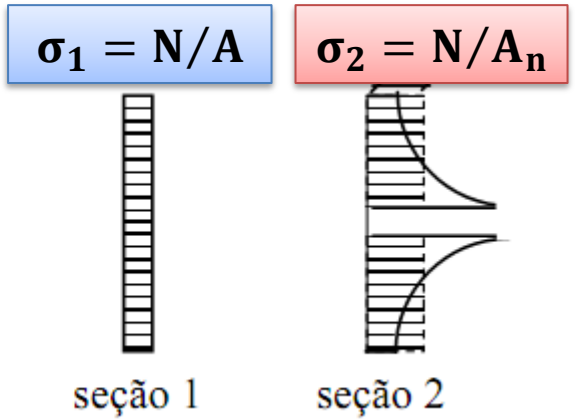
- Para **Ny = A . fy**, atinge-se a resistência ao escoamento ao longo de toda a seção transversal, tanto na seção 1 quanto na seção 2 ;
- Para esse valor de N, obtém-se $\Delta L_1 \approx 0{,}020L$;



Peças Com Furos – Ligações por Parafusos

- Quando peças ligadas por pinos são submetidas à tração, atinge-se a **resistência ao escoamento ao longo de toda a seção transversal "2"** enquanto que a **tensão média ao longo da seção "1" ainda será inferior a fy** :





- Como **A > An** (sendo a An a área efetiva da seção transversal "2" descontando-se os furos) tem-se que **σ1 < (σ2 = fy)** ;

- Consequentemente, ocorrem grandes deformações plásticas nas regiões dos furos, resultando que **$\Delta L_2 << 0{,}020L$**;

Peças em Geral – Com Furos (1)

- Nas peças com furos, a resistênci de projeto é dada pelo menor dos seguintes valores:

Escoamento da Seção Bruta (ESB)

$$R_{dt} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

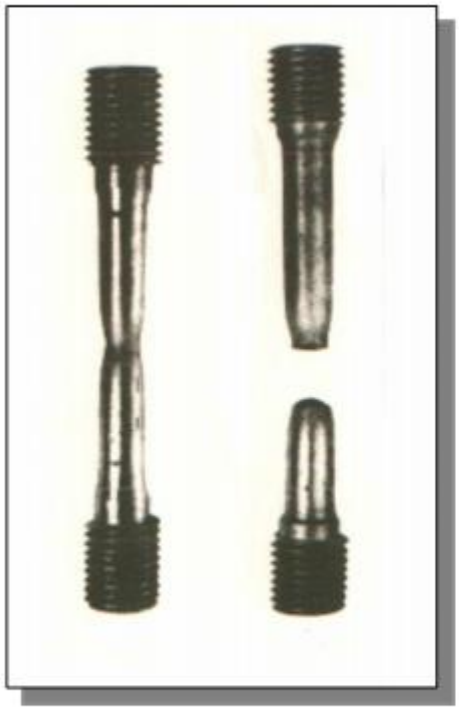
Ruptura da Seção Líquida Efetiva (RSL)

$$R_{dt} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}}$$

  - **Ag =** área bruta da seção transversal da peça
  - **Ae =** área líquida efetiva da seção transversal (Ct.An)
  - **fy =** tensão de escoamento do aço
  - **fu =** tensão de ruptura do aço
  - **γa1 = 1,10** para combinação normal (vide tabelas de coeficientes)
  - **γa2 = 1,35** para combinação normal (vide tabelas de coeficientes)

Peças em Geral – Com Furos (2)

Escoamento da Seção Bruta



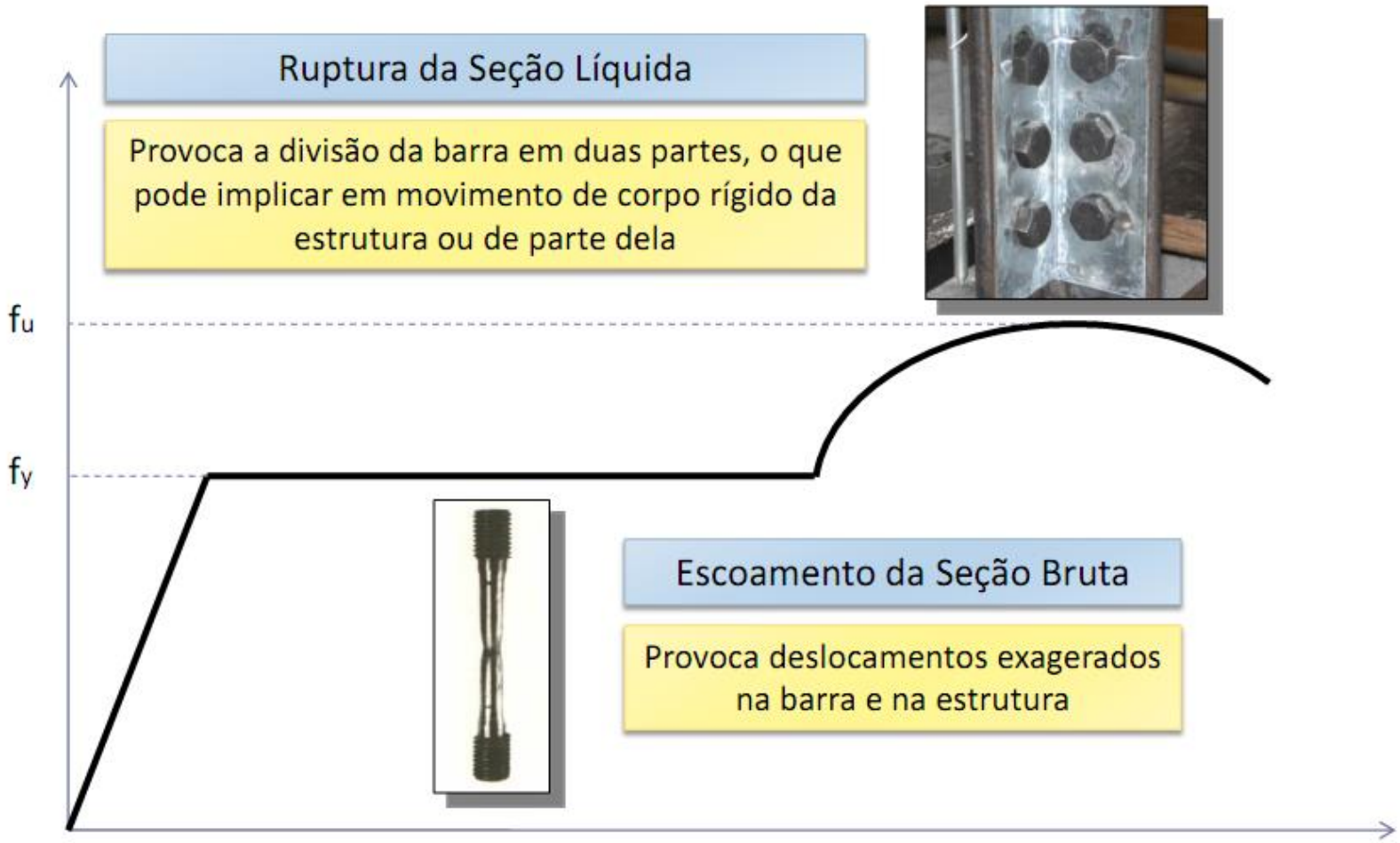
Ruptura da Seção Líquida



Atenção

O colapso ocorrerá na região que apresentar menor resistência.

Peças em Geral – Com Furos (3)



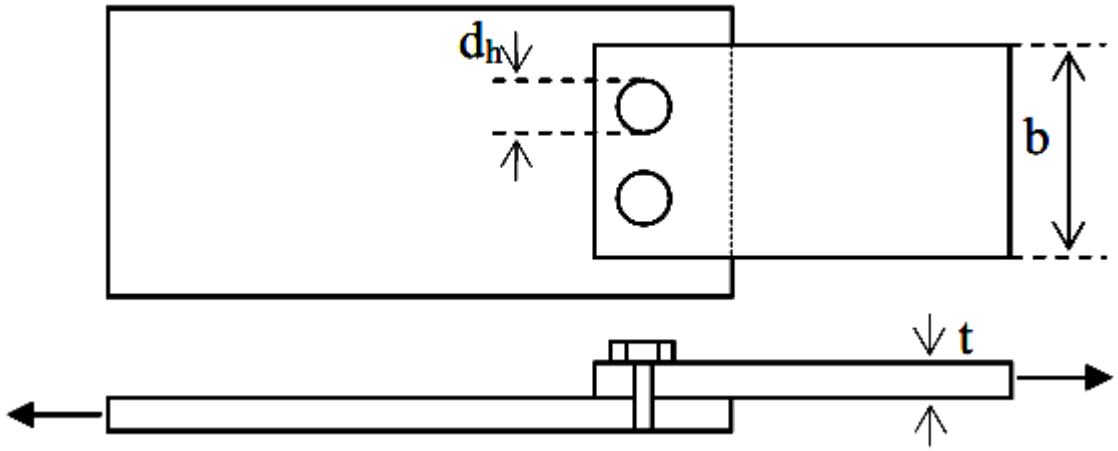
Universidade POSITIVO

Aula 03 - Seção 2:
Área de Seção Transversal Líquida “An”

Cálculo da Área Líquida "An" – Furação Reta

$$b_n = b - \sum \emptyset$$

$$A_n = b_n . t$$



b – largura da chapa ou cantoneira

bn – largura líquida da chapa ou cantoneira

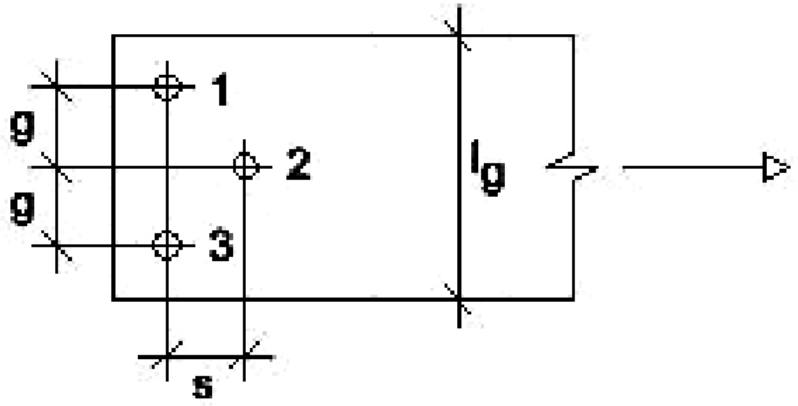
dh – diâmetro do furo (incluíndo folga padrão de 1,5 mm)

Ø – diâmetro nominal do furo adotado para cálculo (**Ø = dh + 2,0 mm**)

t – espessura da chara ou cantoneira

Cálculo da Área Líquida "An" - Furação Enviesada (1)

- No caso de furação enviesada (ou alternada) é necessário pesquisar diversos percursos **(1-2, 1-3, 1-2-3)** para encontrar o **menor valor de seção líquida**, uma vez que a peça rompe segundo este.
- Os segmentos enviesados são calculados com um comprimento reduzido via a expressão empírica abaixo.



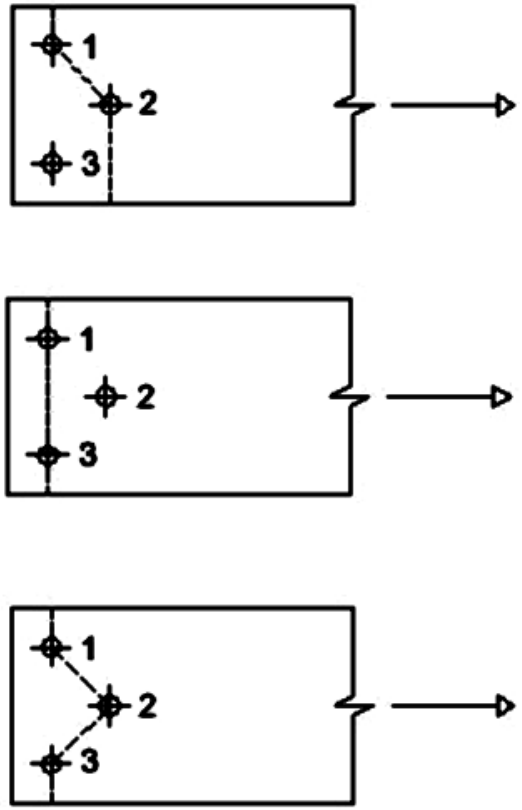
$$g + \frac{s^2}{4g}$$

Cálculo da Área Líquida "An"- Furação Enviesada (2)

- Têm-se então que o cálculo de An é feito como:

$$A_n = l_n \,.\, t$$

$$l_n = b - \sum \emptyset + \sum \frac{s^2}{4g}$$

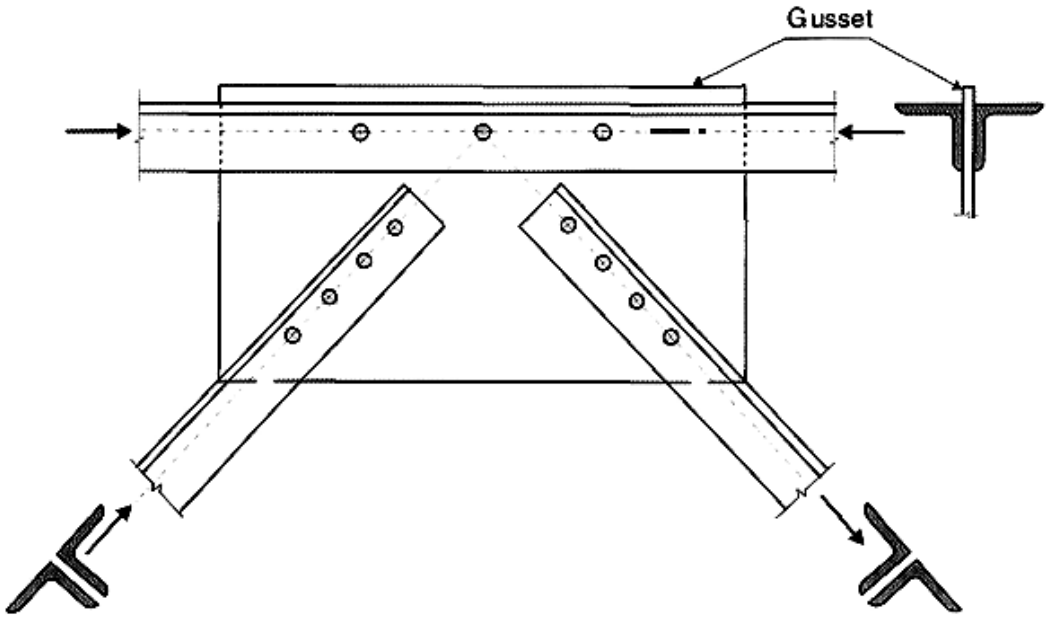


Universidade POSITIVO

Aula 03 - Seção 3:
Área de Seção Transversal Líquida Efetiva “Ae” (Coeficiente “Ct”)

Área de seção transversal líquida efetiva "Ae" (1)

- Quando a **ligação é feita por todos os segmentos de um perfil**, a seção **participa integralmente** na transferência dos esfoços;
- Isto não acontece, por exemplo, nas ligações das cantonerias com chapa de nó como no caso da figura abaixo.



Área de seção transversal líquida efetiva "Ae" (2)

- Nesses casos as tensões se concentram no segmento ligado e não mais se distribuem por toda a seção ;
- Este efeito é levado em conta por meio de um coeficiente de redução da área líquida "Ct" ;

$$A_e = C_t \, . \, A_n$$

- No caso de ligações soldadas o coeficiente "Ct" é aplicado diretamente sobre a área bruta - Ag

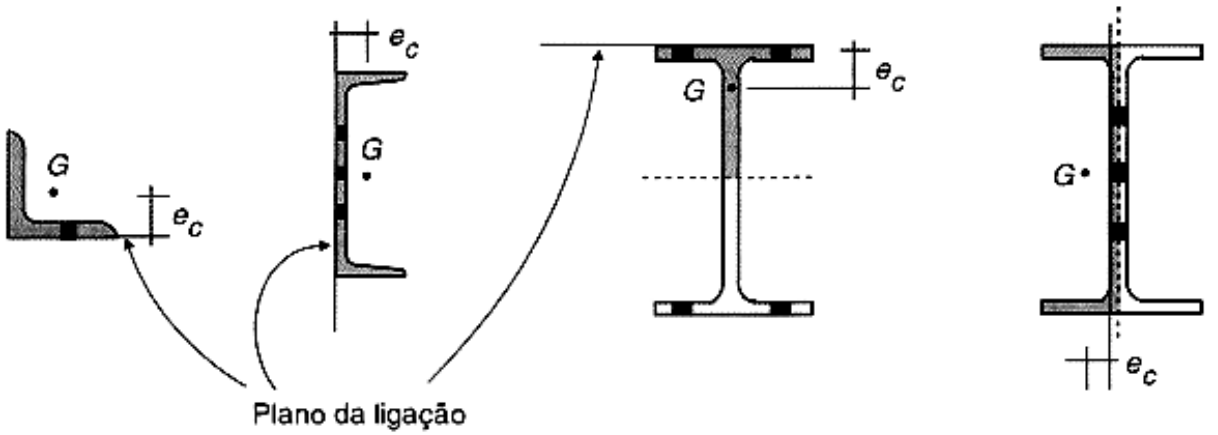
Determinação do Coef. Ct (1)

- Para perfis de seção aberta tem-se para Ct (NBR 8800 / 2008):

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{lc}$$

0,60 <= Ct <= 0,90

  - **ec :** é a excentricidade do plano de ligação (ou da face do segmento ligado) em relação ao centro geométrico da seção toda ou de parte da seção que resiste ao esforço transferido;
  - **lc :** é o comprimento da ligação

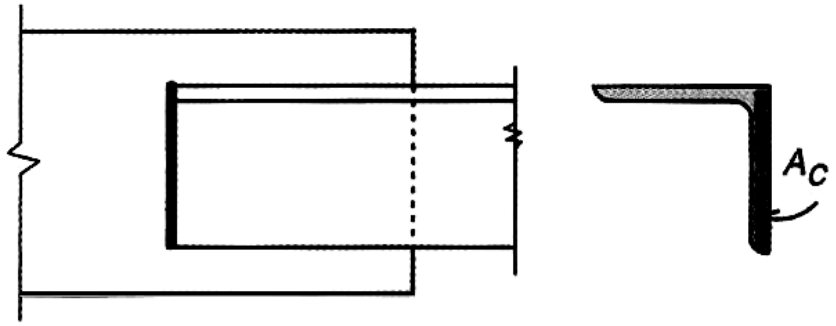


Determinação do Coef. Ct (2)

- No caso de ligações parafusadas deve ser previsto ao mínimo 2 parrafusos por linha de furação na direção da força.
- Para peças tracionadas ligadas somente por soldas transversais tem-se:

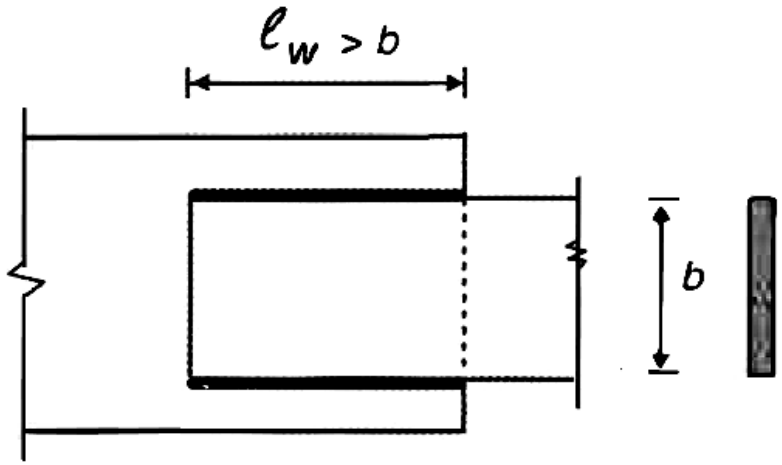
$$C_t = \frac{A_c}{A_g}$$

- onde Ac é a área do segmento ligado.



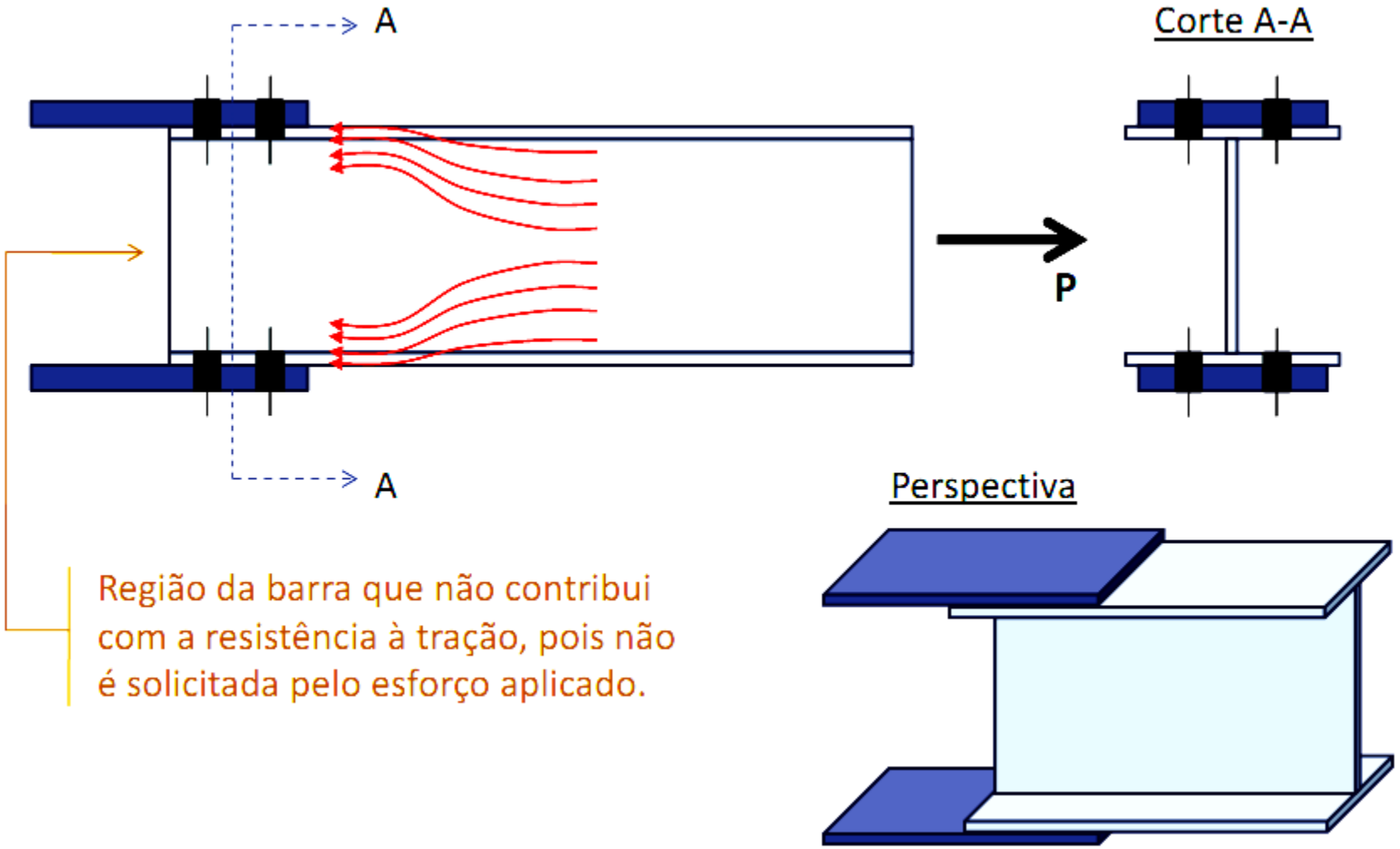
Determinação do Coef. Ct (3)

- No caso de chapas planas ligadas apenas por soldas longitudinais, o **coeficiente Ct** depende da relação entre o comprimento das soldas “lw” e a largura da chapa “b”

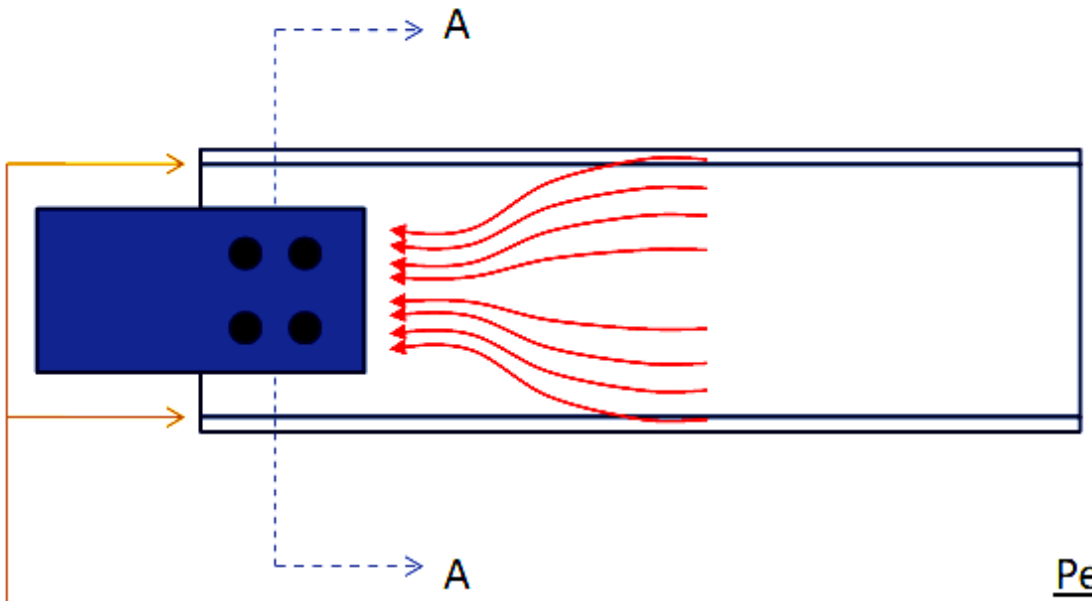


$$C_t = 1{,}00 \text{ para } l_w \geq 2b$$
$$C_t = 0{,}87 \text{ para } 1{,}5b \leq l_w < 2b$$
$$C_t = 0{,}75 \text{ para } b \leq l_w < 1{,}5b$$

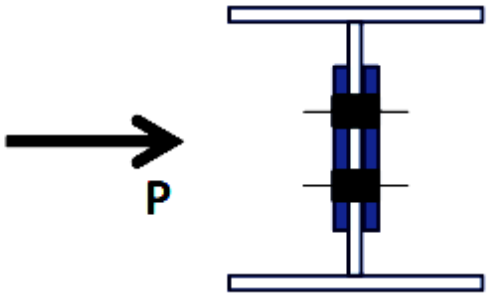
Influência do Detalhe da Ligação (1)



Influência do Detalhe da Ligação (2)

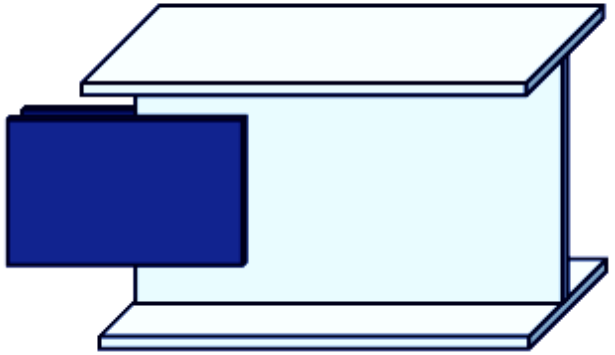


Corte A-A

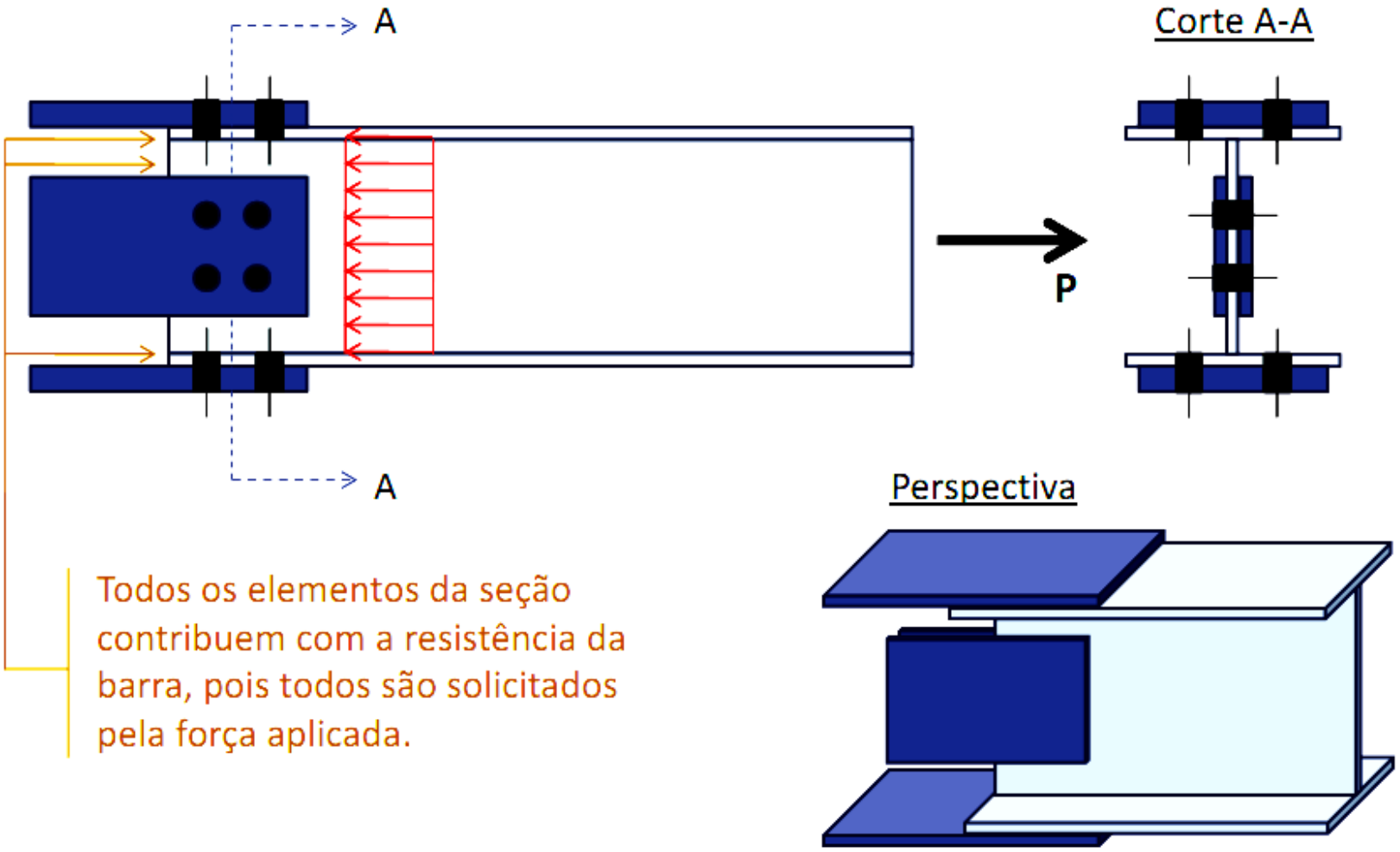


Regiões da barra que não contribuem com a resistência à tração, pois não são solicitadas pelo esforço aplicado.

Perspectiva



Influência do Detalhe da Ligação (3)



Todos os elementos da seção contribuem com a resistência da barra, pois todos são solicitados pela força aplicada.

Influência do Detalhe da Ligação (4)



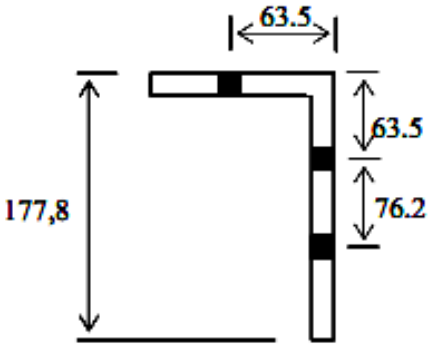


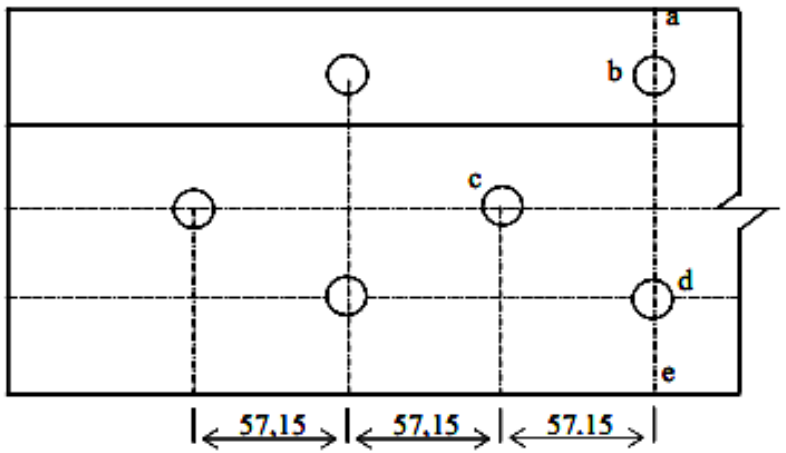
FIM

Exercício 3.1

a) Calcular a **área líquida da cantoneira L 177,8x101,6x19,05** abaixo, com furos padrão para parafusos **φ3/4”**.

b) Determinar qual é a máxima solicitação de tração que a peça poderá suportar em **"valor de cálculo"**.
Adote **aço MR250**.

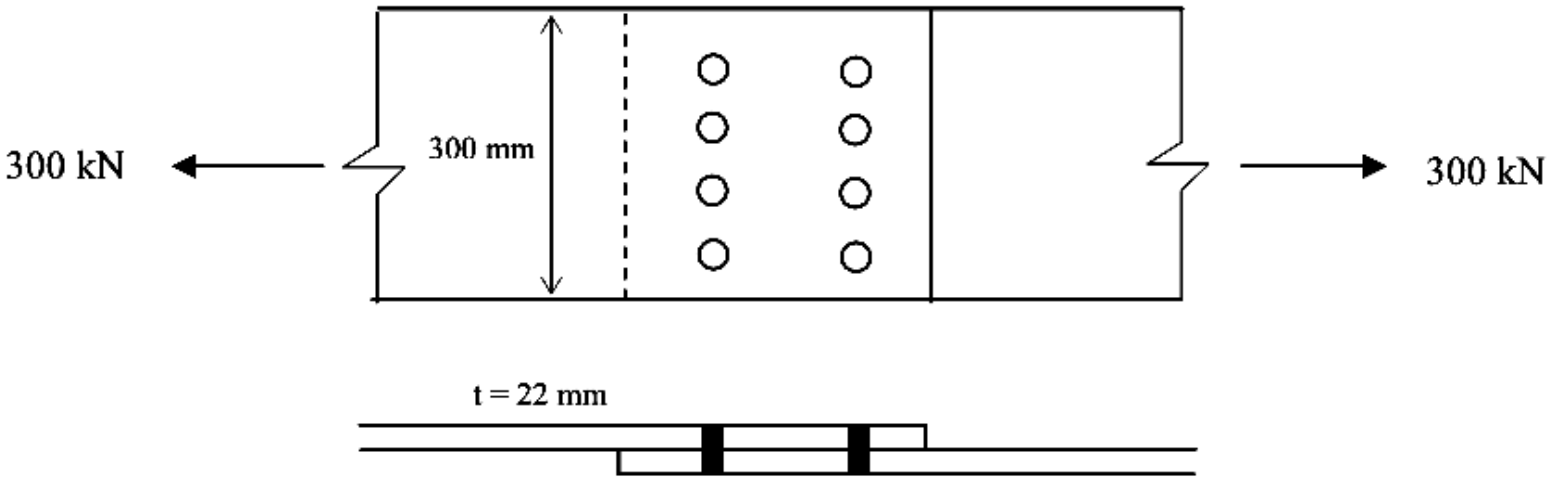




Exercício 3.2

- Duas chapas de **22mm x 300mm** são emendadas por transpasse com oito parafusos de **φ7/8" (22 mm)**. Elas são solicitadas por uma carga variável de tração, decorrente de utilização, **em valor de cálculo de 300kN**.

- Verificar se as dimensões das chapas são satisfatórias adimitindo-se aço **A36** e furo padrão:
  (desconsiderar a possível excentricidade da ligação e o cisalhamento de bloco)



Exercício 3.3

- Verificar a **estabilidade** de um **perfil W150 x 29,8 kg/m**, em aço ASTM A 572 **(fy = 35,4 kN/cm², fu = 45 kN/cm² e E = 20000 kN/cm²)** quando usado como tirante e submetido a uma **carga axial de tração de 650kN** sendo **150 kN de ações permanentes (peso próprio de estruturas metálicas)** e **500 kN de ações variáveis**.

- Considerar que a peça tem **10 m de comprimento** com ligações parafusadas nas extremidades em furação conforme o indicado nas figuras.

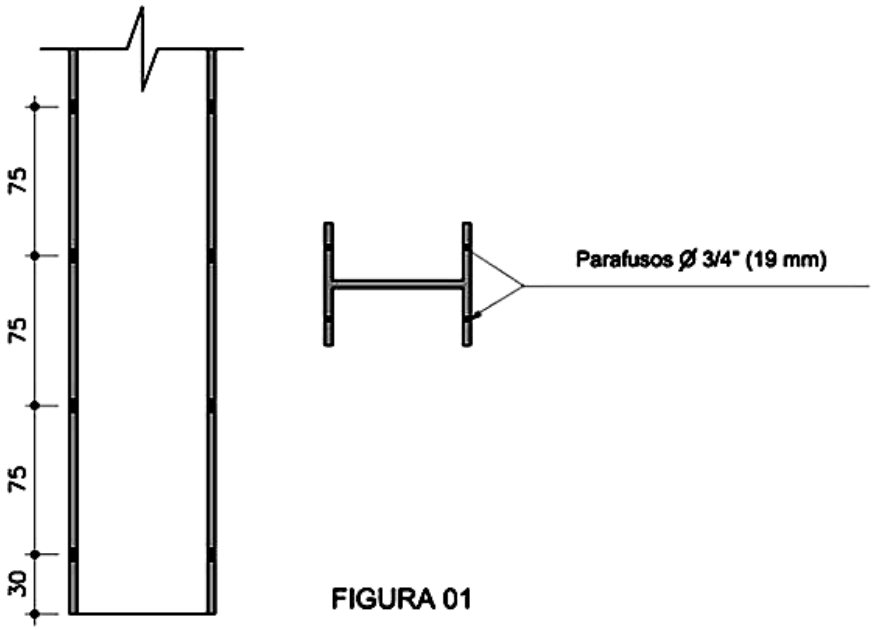


FIGURA 01

tratada como uma seção T

Propriedades geométricas da seção:

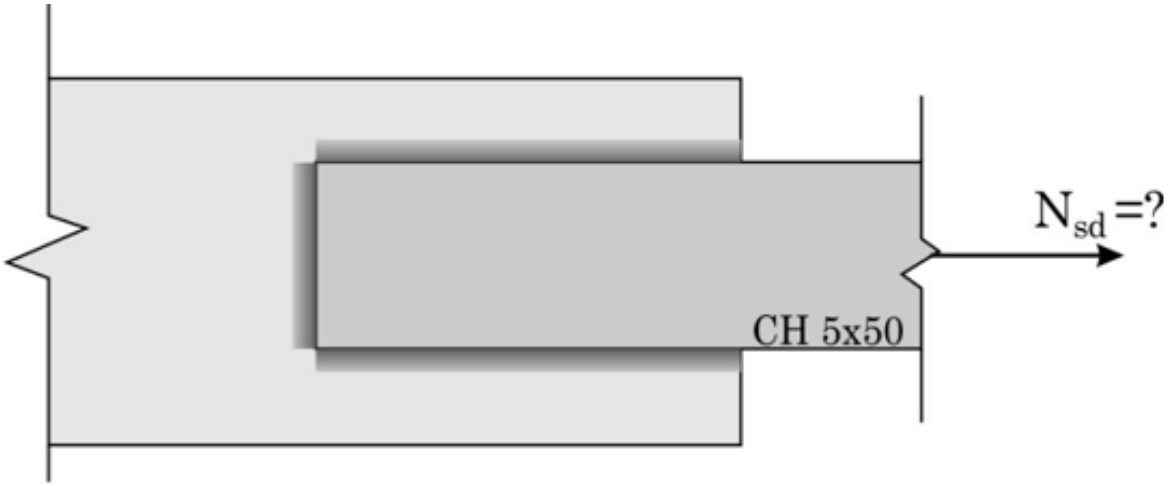
Ag = 38,5 cm2
d = 15,7 cm
bf = 15,3 cm
t f = 0,93 cm
t w = 0,66 cm

rx = 6,72 cm
ry = 3,8 cm
dp = 1,9 cm (diâmetro do parafuso)
lc = 3 x 7,5cm = 22,5 cm (comprimento efetivo da ligação, do eixo do 1° ao último furo)
ec = 1,42 cm (excentricidade da ligação, definida no subitem 5.2.5, pág. 39 da Norma)

Exercício 3.4

- Determine **qual a máxima força de tração em valor de cálculo** que pode solicitar a barra indicada na figura abaixo.

- Dados:
  - **Aço A36 (MR250)**
  - A chapa de **(5,0 x 50 mm)** está ligada por meio de **solda** ao seu elemento de apoio.
  - Comprimento da **solda (lw)** é de **70 mm**



Exercício 3.5

- **Verifique** se a barra resiste à **força em valor de cálculo** indicada.
  Dados:
  - **Aço A36**, barra chata com **espessura de 8,0 mm**.
  - Ligação da barra ao elemento adjacente através de **parafusos com 10,0mm, furo padrão**.
  - Distância entre linhas de parafusos, **90 mm, distância entre o primeiro/último furo** e as **bordas verticais, 40mm**, entre as **linhas de furos e as bordas horizontais, 55 mm**.

