

Peças tracionadas

PROF.^a MSC. PATRÍCIA ANDRADE

Onde são empregadas?

Tirantes ou pendurais;

Contraventamento de torres (estais);

Travejamentos de vigas ou colunas;

Tirantes de vigas armadas;

Barras tracionadas de treliças.



ponte Octavio Frias de Oliveira – São Paulo

Onde são empregadas?

Tirantes ou pendurais;

Contraventamento de torres (estais);

Travejamentos de vigas ou colunas;

Tirantes de vigas armadas;

Barras tracionadas de treliças.



Podem ser compostas por...

Barras de seção simples ou compostas, como barras redondas, barras chatas, perfis laminados, perfis laminados compostos...

Peças tracionadas

são elementos estruturais onde atua força axial, perpendicularmente ao plano da seção.

quando a força axial é aplicada no centro de gravidade da seção, denomina-se de Tração Simples



Dimensionamento

A resistência de projeto é dada pelo menor valor entre:

Escoamento da seção bruta:

é responsável pelas deformações excessivas

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

Sendo:

A_g : área bruta da seção transversal

f_y : tensão de escoamento à tração do aço

γ_{a1} : 1,1 (tabelado em norma para esforço normal decorrente de combinação normal de ações)

Dimensionamento

Ruptura da seção líquida efetiva:

Responsável pelo colapso total da peça
é responsável pelas deformações excessivas

$$R_{dt} = \frac{A_{n,ef} * f_u}{\gamma_{a2}}$$

Sendo:

$A_{n,ef}$: área líquida efetiva da seção transversal

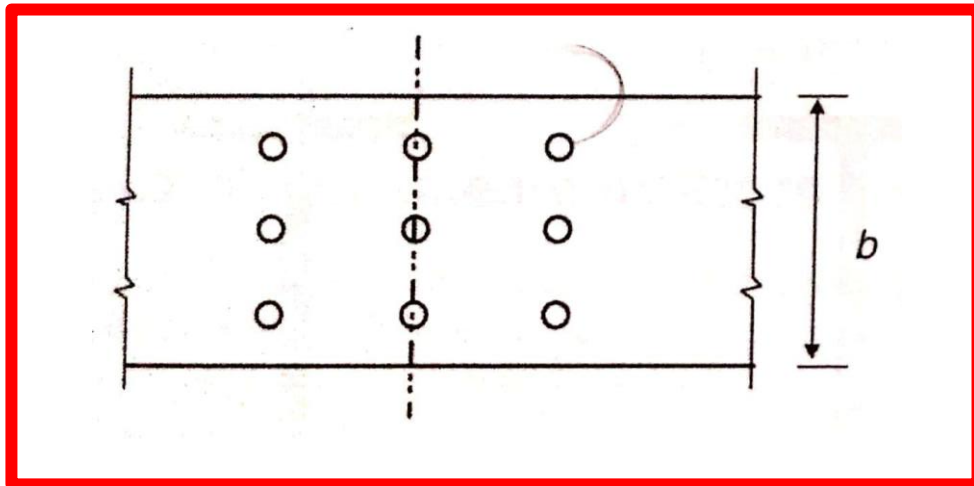
f_u : tensão resistente à tração do aço

γ_{a2} : 1,35 (tabelado em norma para esforço normal decorrente de combinação normal de ações)

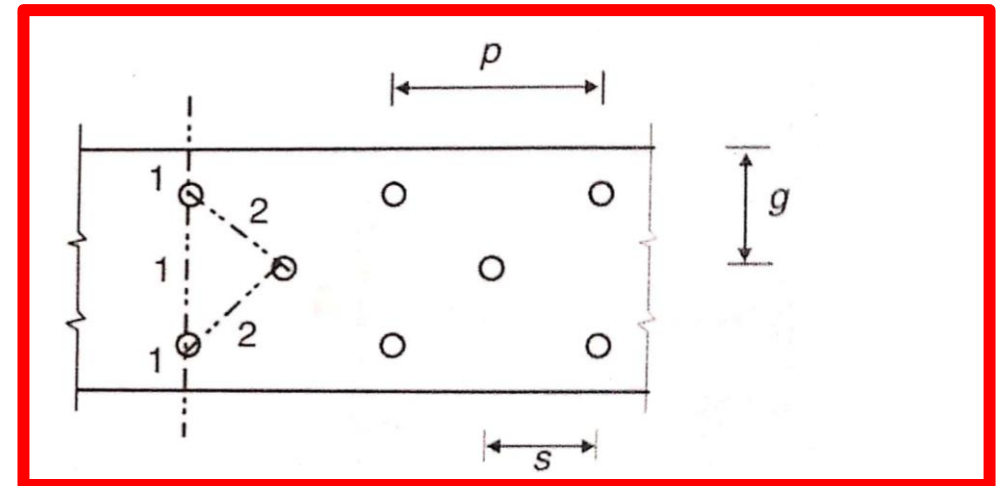


$A_{n,ef}$: área líquida efetiva da seção transversal

Numa barra com furos a área líquida é obtida subtraindo-se da área bruta (A_g) as áreas dos furos contidos em uma seção reta da peça (linha de ruptura)



Perfil com furos em linha reta



Perfil com furos em ziguezague

p = espaçamento entre furos da mesma fila (*pitch*)

g = espaçamento transversal entre duas filas de furos (*gage*)

s = espaçamento longitudinal entre furos de filas diferentes (também denominado *pitch*)

A_n : área líquida da seção transversal

$$A_n = t \cdot \left[b - \sum_N (\phi_{paraf} + 3,5mm) + \sum_{N-1} \frac{s^2}{4g} \right]$$

Adotando-se o menor valor obtido nos diversos percursos pesquisados

A_n : área líquida da seção transversal

$$A_n = t \cdot \left[b - \sum_N (\phi_{paraf} + 3,5mm) - \sum_{N-1} \frac{s^2}{4g} \right]$$

Adotando-se o menor valor obtido nos diversos percursos pesquisados

Quem é ϕ_{paraf} ????

E por que somar 3,5 mm a ϕ_{paraf} ??

Seções com furos são enfraquecidas devido a presença desses furos. Então, para o furo-padrão é acrescido 3,5 mm ao diâmetro do parafuso ou rebite, sendo 2 mm para reduzir o dano por puncionamento e 1,5 mm de folga do furo em relação ao conector

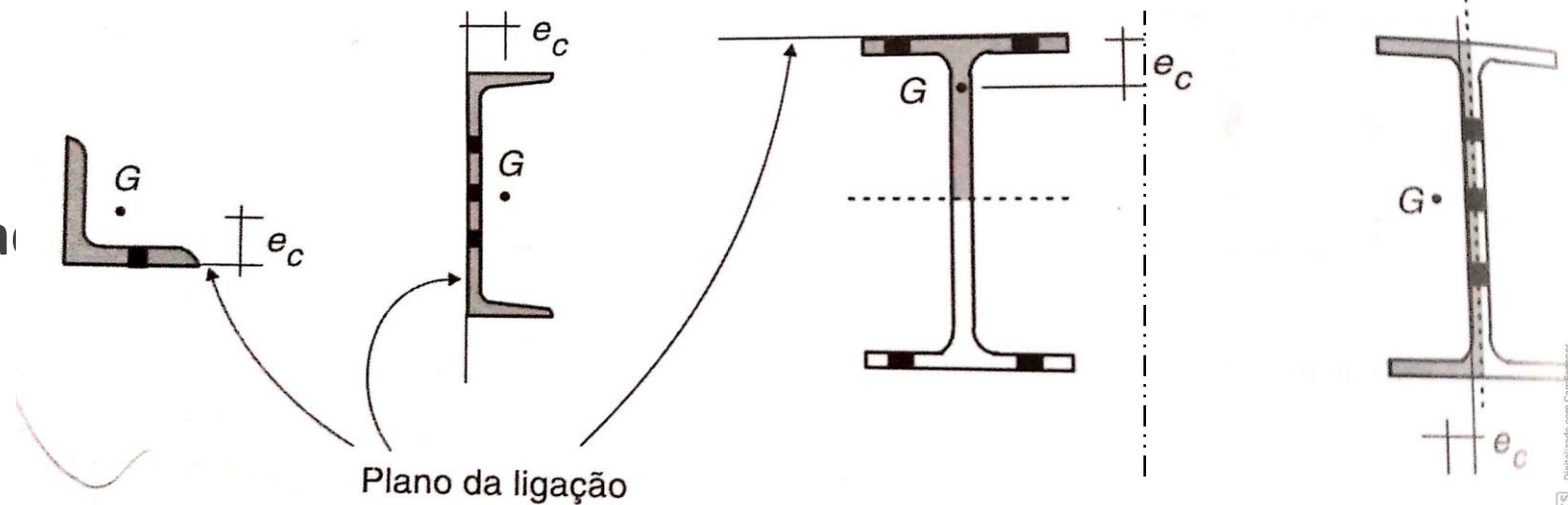
$A_{n,ef}$: área líquida efetiva da seção transversal

$$A_{n,ef} = C_t * A_n$$

Para chapas $C_t = 1$

Para peças perfis parafusados

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l} \geq 0,60$$



e_c : excentricidade do plano de ligação (ou da face do segmento logado) ao centro geométrico da seção toda ou da parte da seção que resiste ao esforço transferido

l : é a distância entre o primeiro e o último parafusos na direção da força

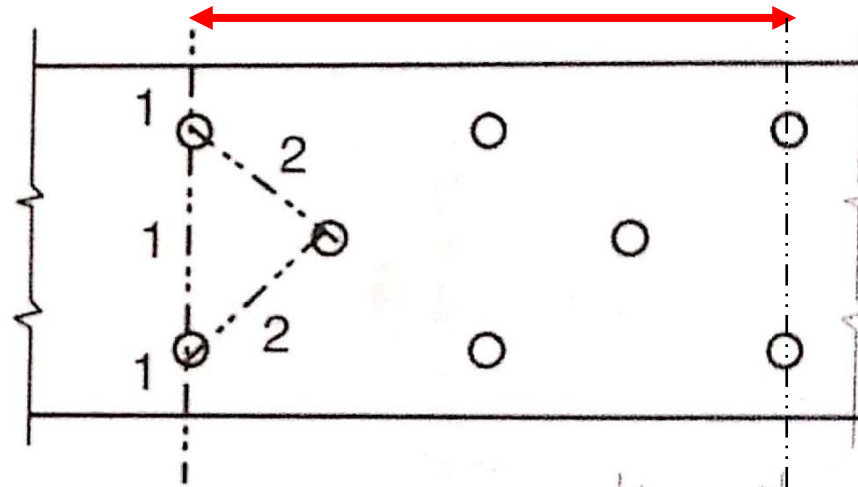
$A_{n,ef}$: área líquida efetiva da seção transversal

$$A_{n,ef} = C_t * A_n$$

Para chapas $C_t = 1$

Para peças perfis parafusadas:

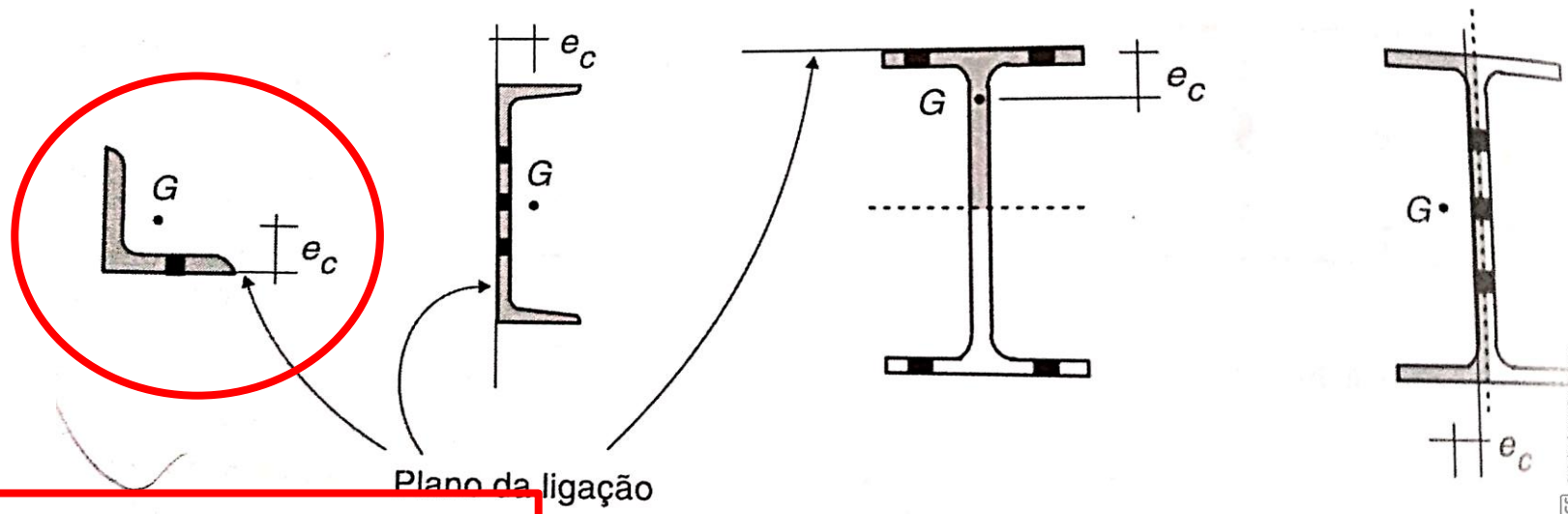
$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l} \geq 0,60$$



e_c : excentricidade do plano de ligação (ou da face do segmento logado) ao centro geométrico da seção toda ou da parte da seção que resiste ao esforço transferido

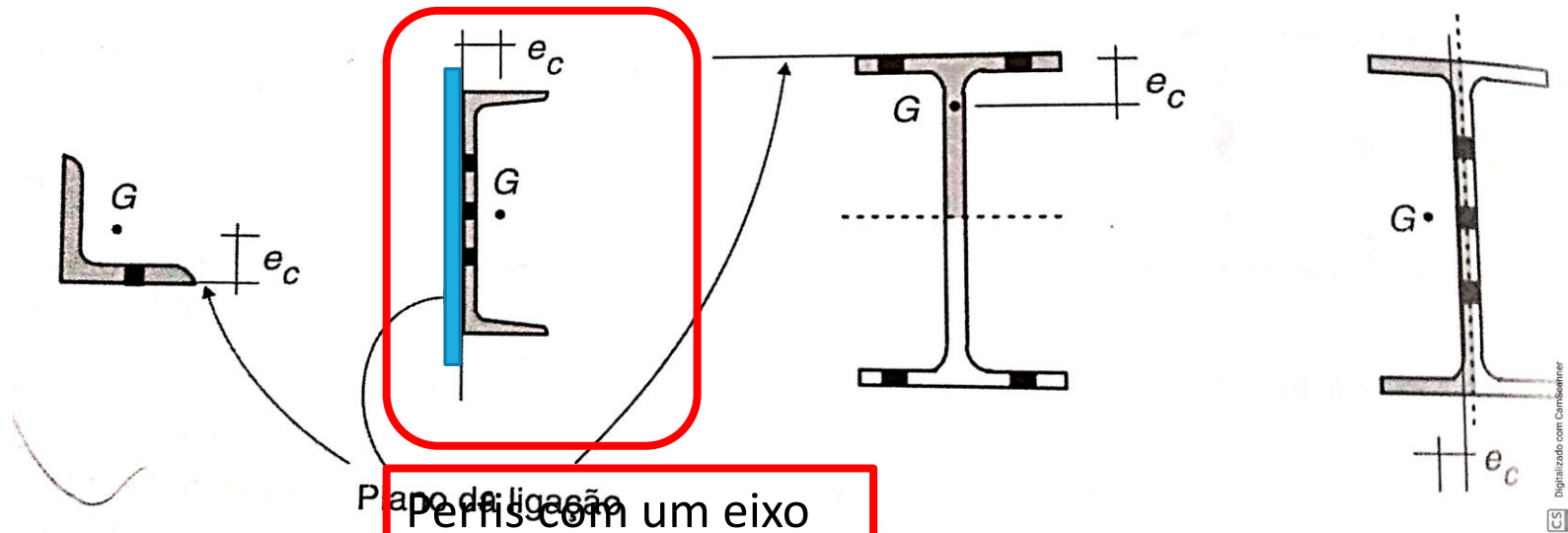
l : é a distância entre o primeiro e o último parafusos na direção da força

Como dividir plano de ligação????



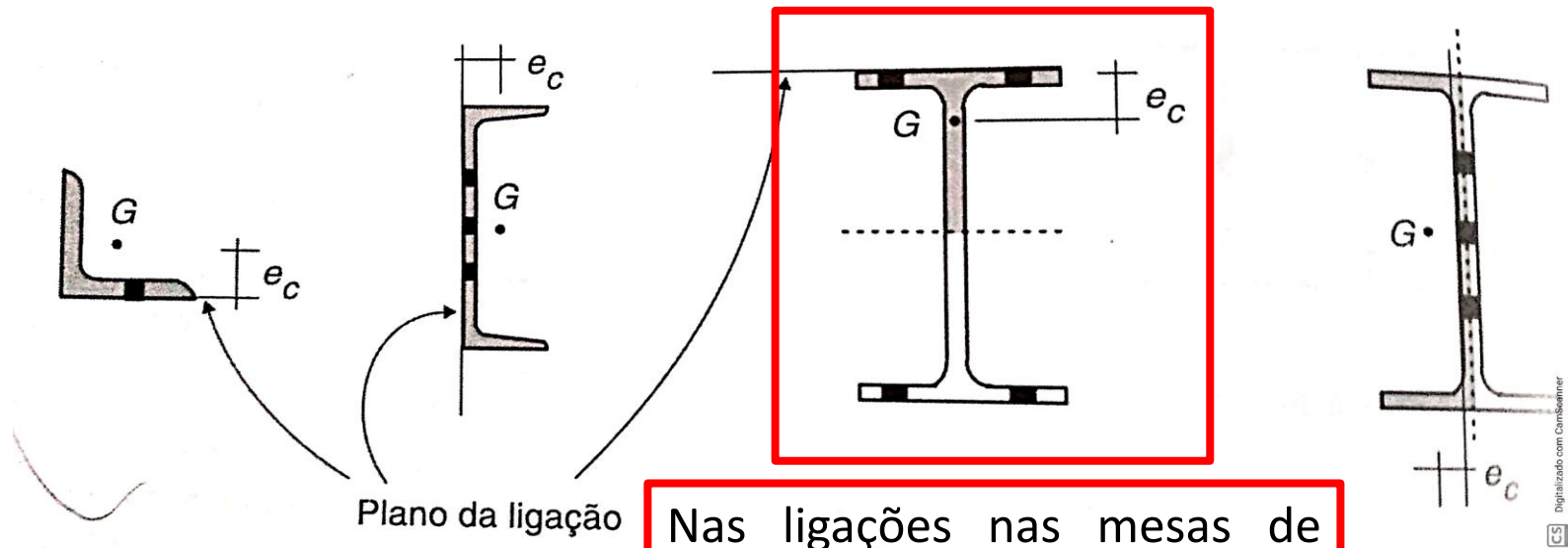
Para perfis com um só plano de ligação a excentricidade é a distância entre esse plano e o centro de gravidade

Como dividir plano de ligação????



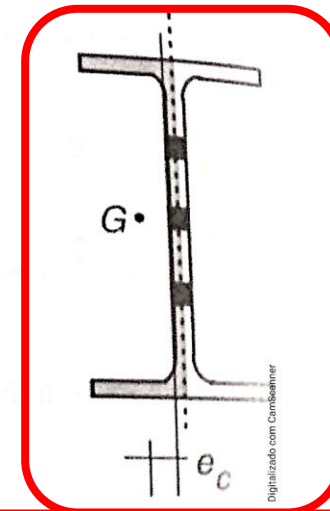
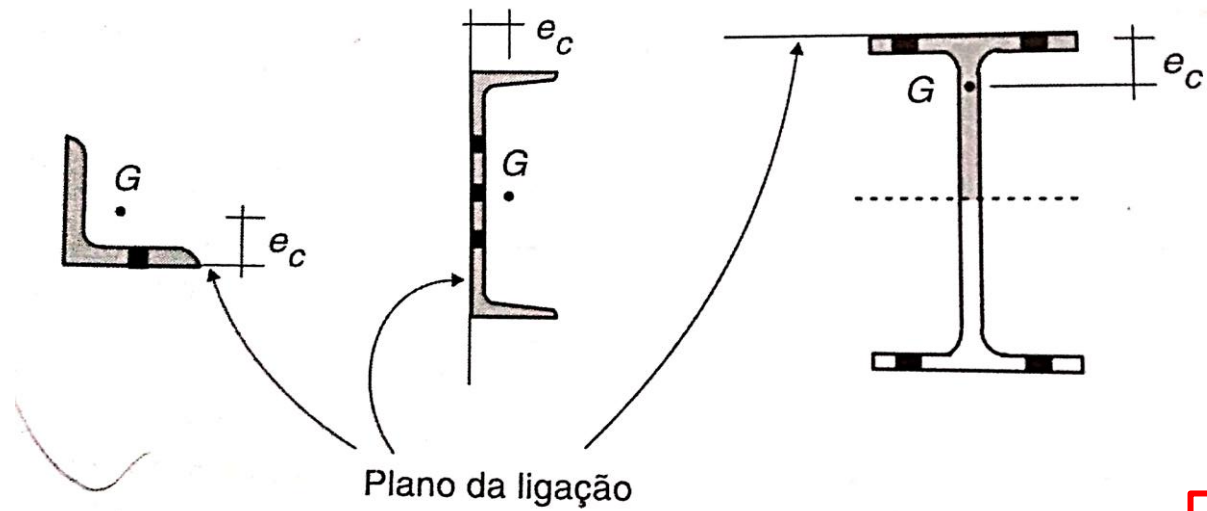
Plano de ligação
Perfis com um eixo de simetria as ligações devem ser simétricas em relação a esse eixo

Como dividir plano de ligação????



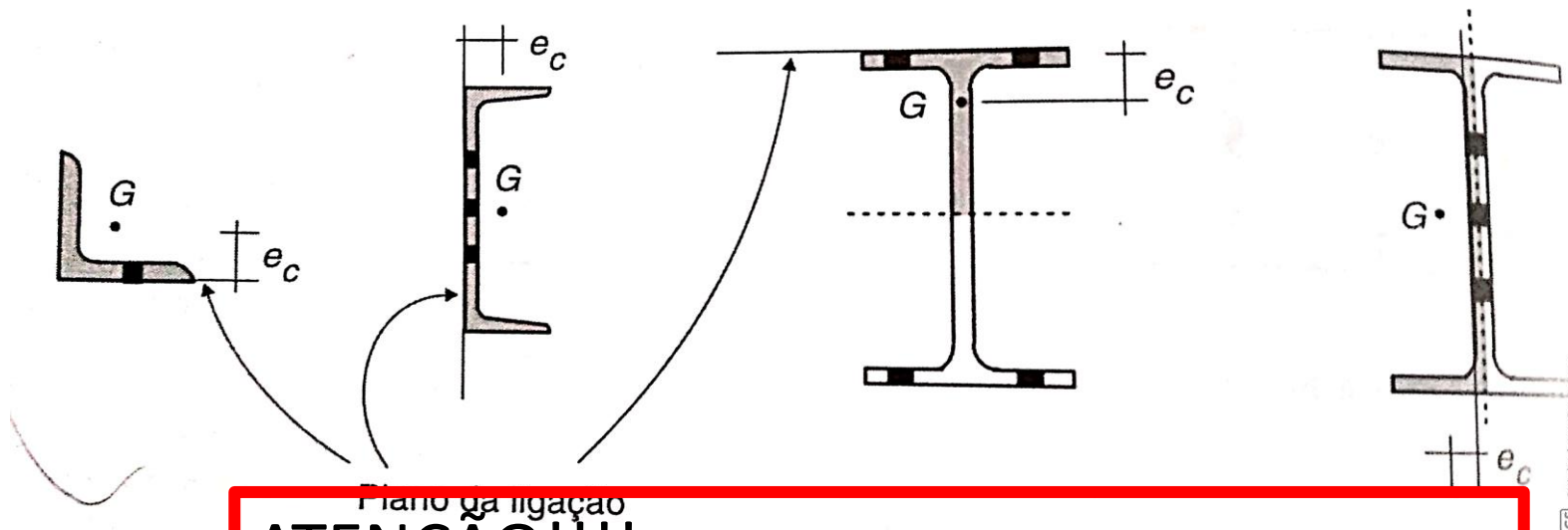
Nas ligações nas mesas de perfis I ou H, considera-se a seção dividida em duas seções T, cada uma resistindo ao esforço transferido pelo respectivo plano de ligação

Como dividir plano de ligação????



Para ligações na alma, a seção é dividida em duas seções U

Como dividir plano de ligação????



Piano da ligação
ATENÇÃO!!!!
Essa divisão é válida tanto para ligações parafusadas como soldadas!!!!!!

Para peças soldadas:

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

A_c : área do segmento ligado

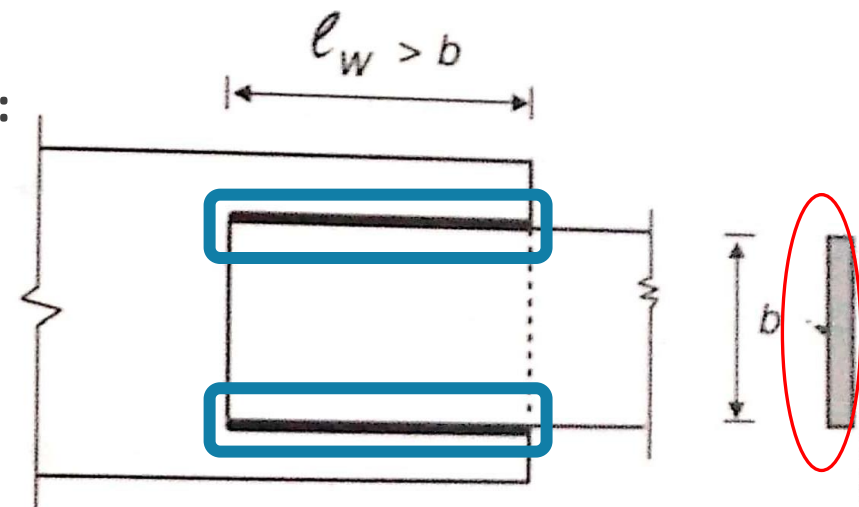
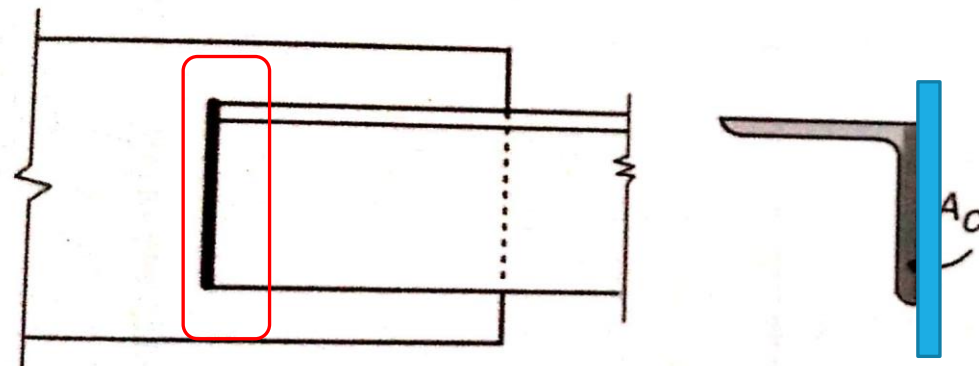
A_g : área bruta

Para chapas planas ligadas somente por um solda longitudinal:

$$C_t = 1, \text{ para } l_w \geq 2 * b$$

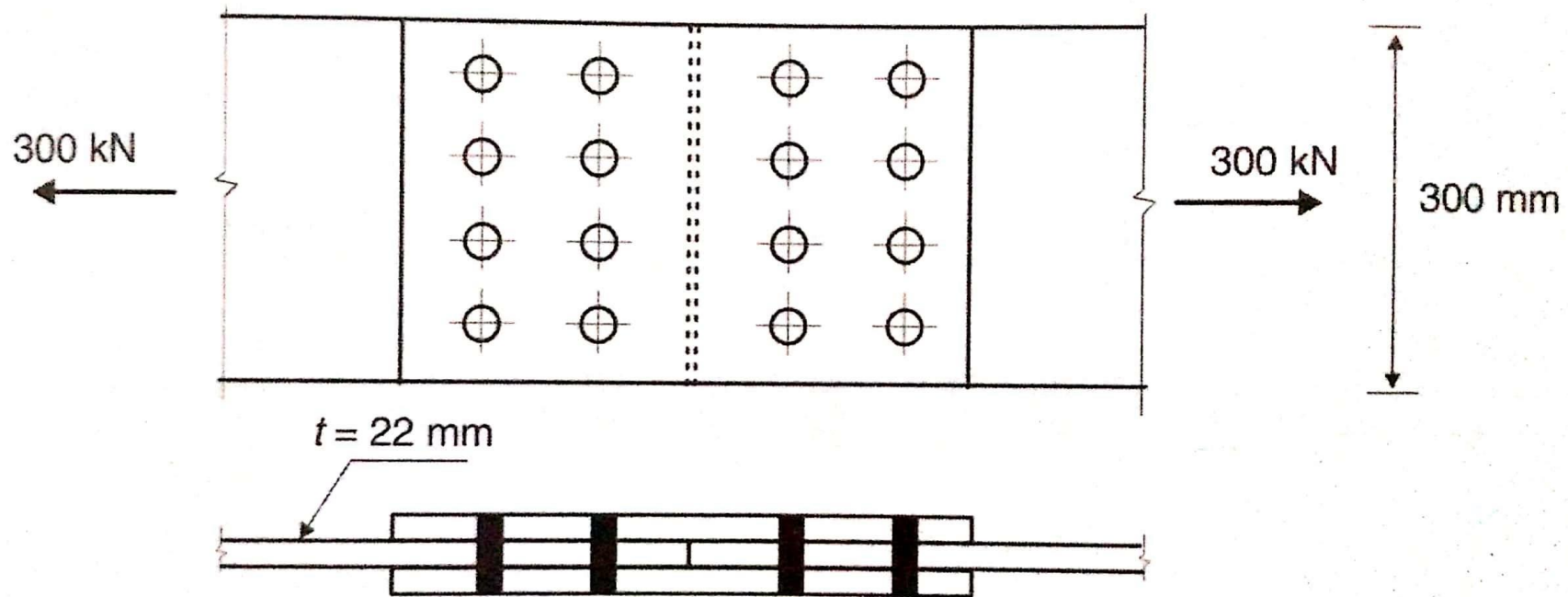
$$C_t = 0,87, \text{ para } 1,5 * b \leq l_w < 2 * b$$

$$C_t = 0,75, \text{ para } b \leq l_w < 1,5 * b$$



exemplo

Duas chapas 22x300mm ($t=22,2$ mm) são emendadas por meio de talas com 2x8 parafusos $\phi 22$ mm. verificar se as dimensões das chapas são satisfatórias, admitindo – se aço MR250 (ASTM A36)



Resolução

Área da seção transversal da tala

$$A_{g \text{ tala}} = t * b$$

$$A_{g \text{ tala}} = 1,5 * 30,0$$

$$A_{g \text{ tala}} = 45 \text{ cm}^2$$

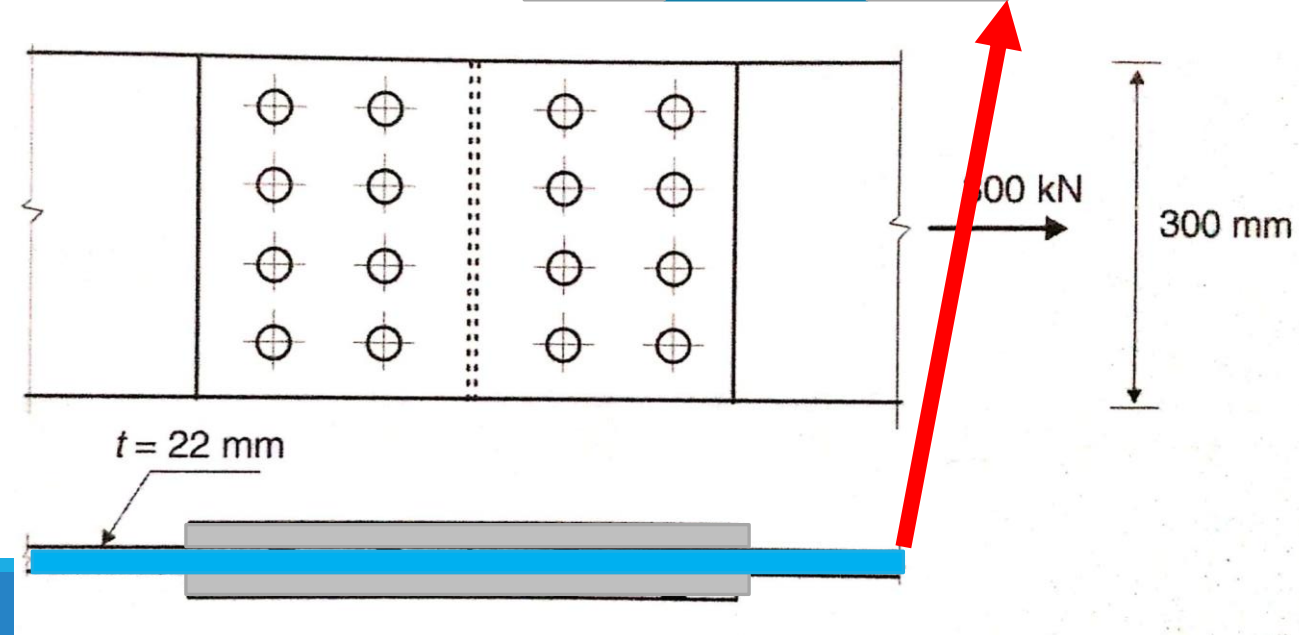
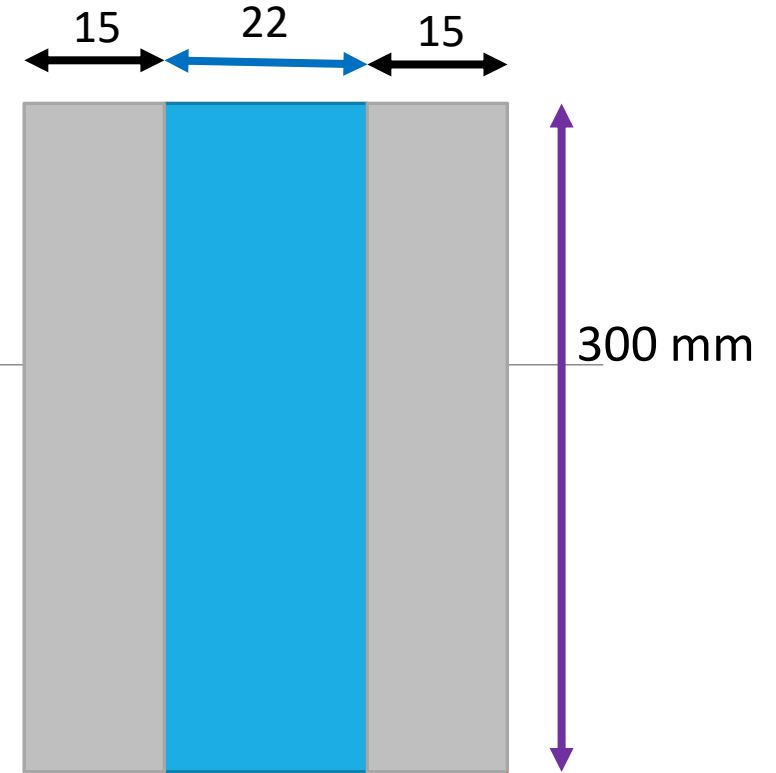
$$A_{g \text{ 2 talas}} = 90 \text{ cm}^2$$

Área da seção transversal da Chapa do meio

$$A_{g \text{ chapa}} = t * b$$

$$A_{g \text{ chapa}} = 2,22 * 30,0$$

$$A_{g \text{ chapa}} = 66,6 \text{ cm}^2$$



Resolução

Como a área da chapa do meio é inferior a área da seção transversal das duas talas juntas, será utilizada a área bruta da chapa do meio

Resistência ao escoamento da seção bruta

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

$$R_{dt} = \frac{66,6 * 25}{1,1}$$

$$R_{dt} = 1513,64 \text{ kN}$$

Como a área da chapa do meio é inferior a área da seção transversal das duas talas juntas, será utilizada a área bruta da chapa do meio

Área bruta:

$$A_{g \text{ chapa}} = 66,6 \text{ cm}^2$$

Área líquida (A_n):

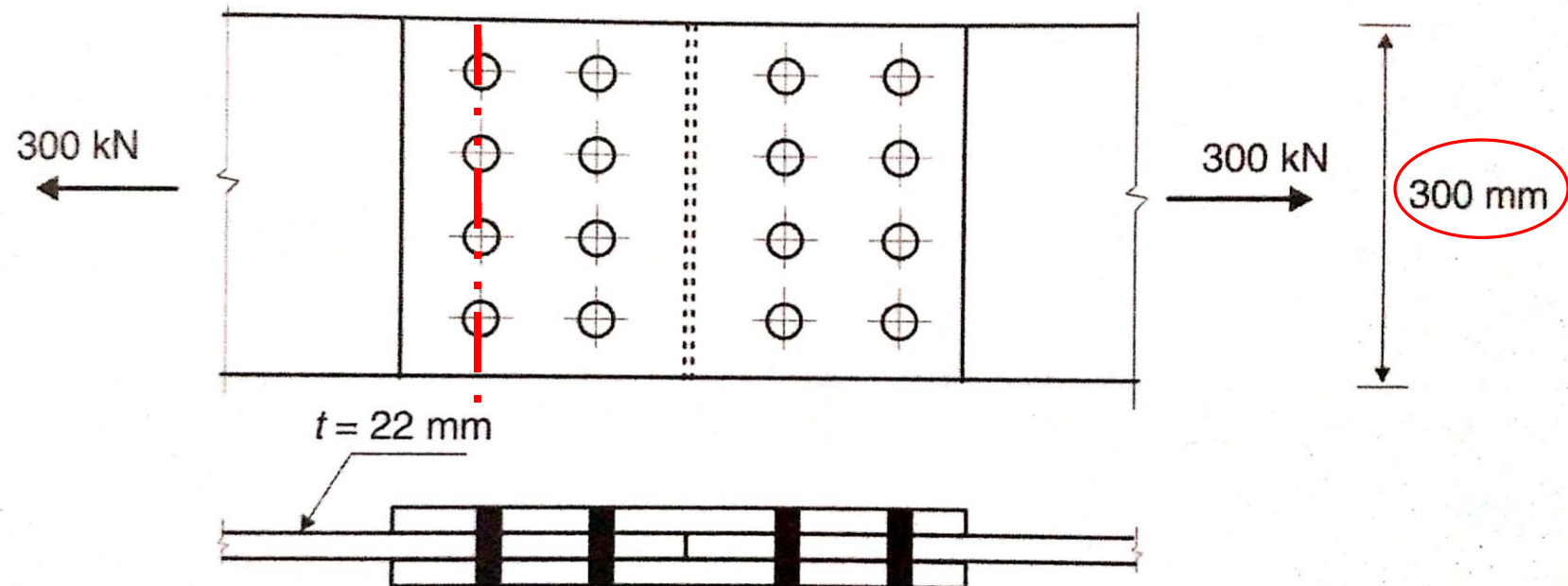
$$A_n = \left[b - \sum (\phi_{paraf} + 3,5 \text{ mm}) + \sum \frac{s^2}{4 * g} \right] * t$$

$$A_n = [30 - 4 * (2,2 + 0,35)] * 2,22$$

$$A_n = 43,95 \text{ cm}^2$$

Ligação de chapas parafusadas

Ct=1



Resolução

$$C_t = 1$$

$$A_{n,ef} = C_t * A_n$$

$$A_{n,ef} = 1 * 43,95 = 43,95 \text{ cm}^2$$

Resistência à ruptura na região dos furos

$$f_u = 400 \text{ MPa ou } 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$R_{dt} = \frac{A_{n,ef} * f_u}{\gamma_{a2}}$$

$$R_{dt} = \frac{43,95 * 40}{1,35}$$

$$R_{dt} = 1302,22 \text{ kN}$$

Resolução

Carga de tração solicitante de projeto

$$R_{sd} = \gamma_q * R_k$$

$$R_{sd} = 1,5 * 300$$

$$R_{sd} = 450 \text{ kN}$$

Resistência à ruptura na região dos furos

$$R_{dt} = 1302,22 \text{ kN}$$

Resistência ao escoamento da seção bruta

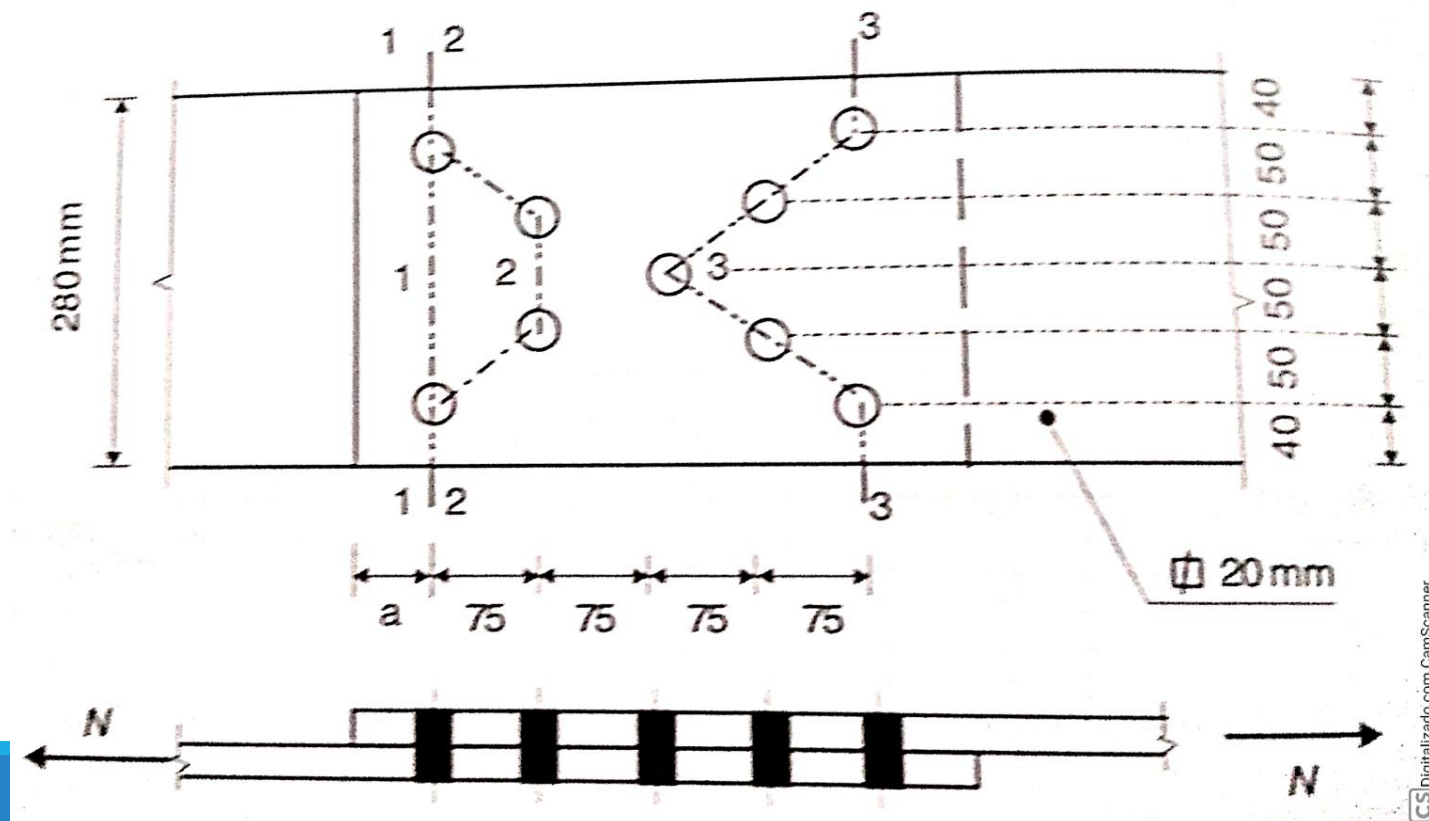
$$R_{dt} = 1513,64 \text{ kN}$$

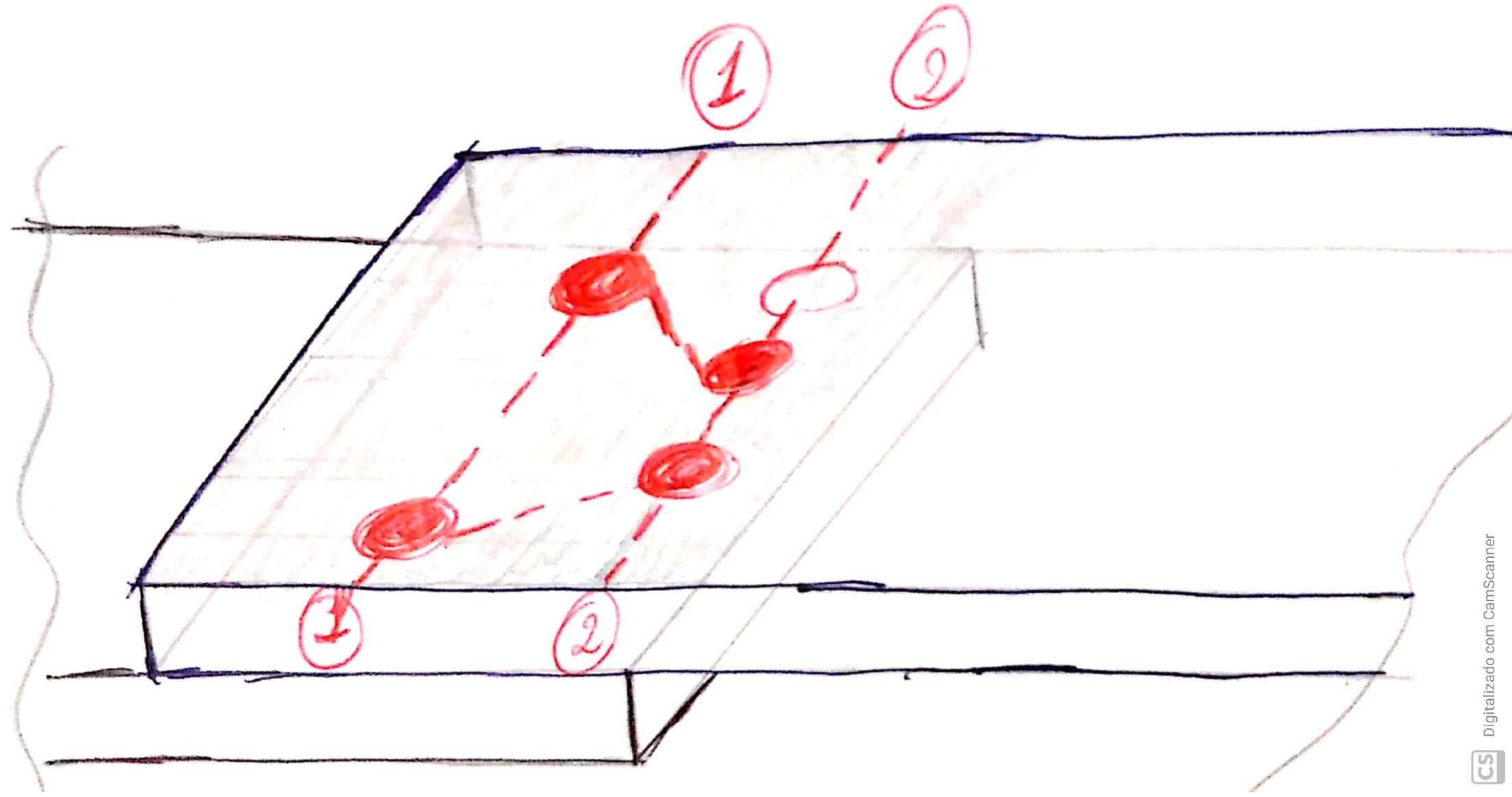
Resiste!!!!!! Tudo lindo!!!!

Mas caso houvesse a possibilidade de rompimento (ruptura) da peça, a peça romperia devido à presença dos furos, pois a resistência à tração é menor

Exemplo 2

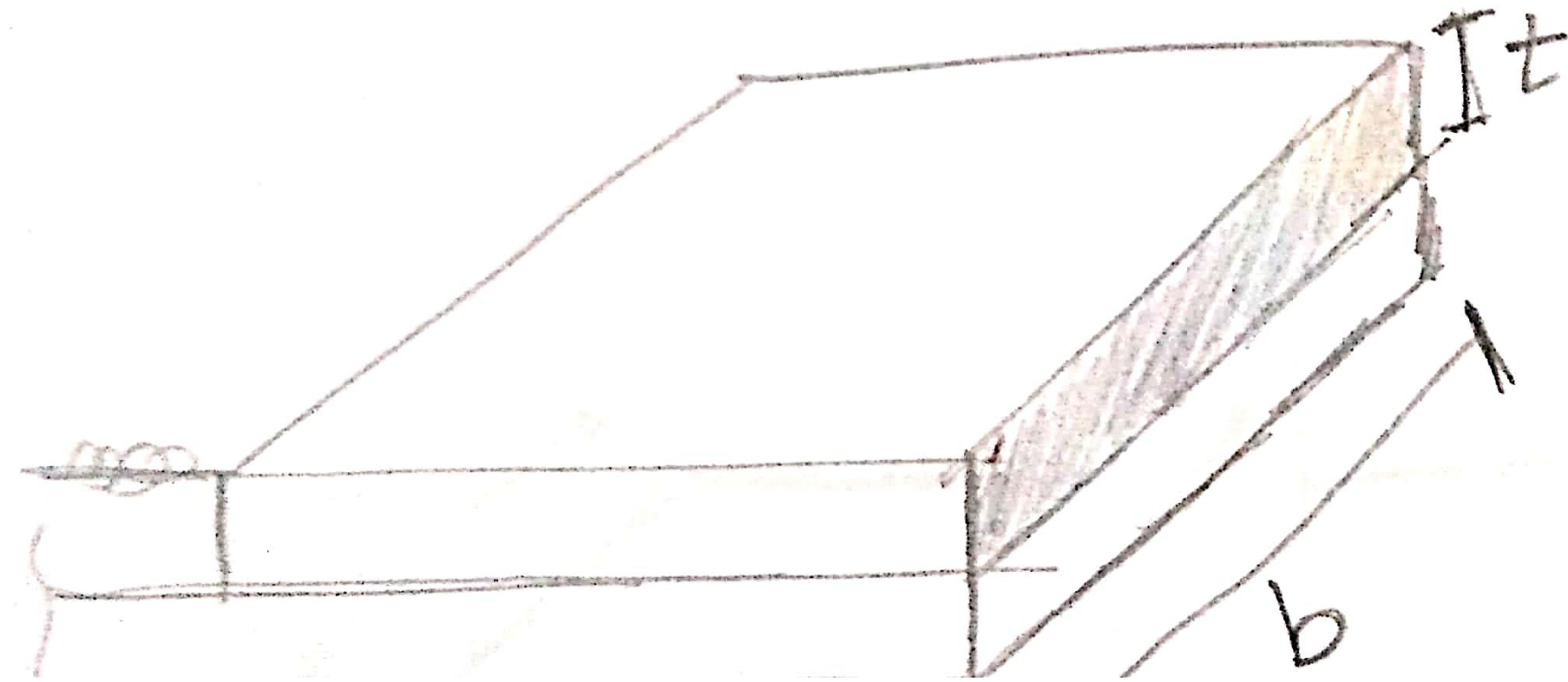
Duas chapas de 28 cm x 20 mm são emendadas por transpasse, com parafusos $d = 20\text{ mm}$, sendo os furos realizados por punção. **Calcular o esforço resistente** de projeto das chapas, admitindo-as submetidas à tração axial. Aço MR250.



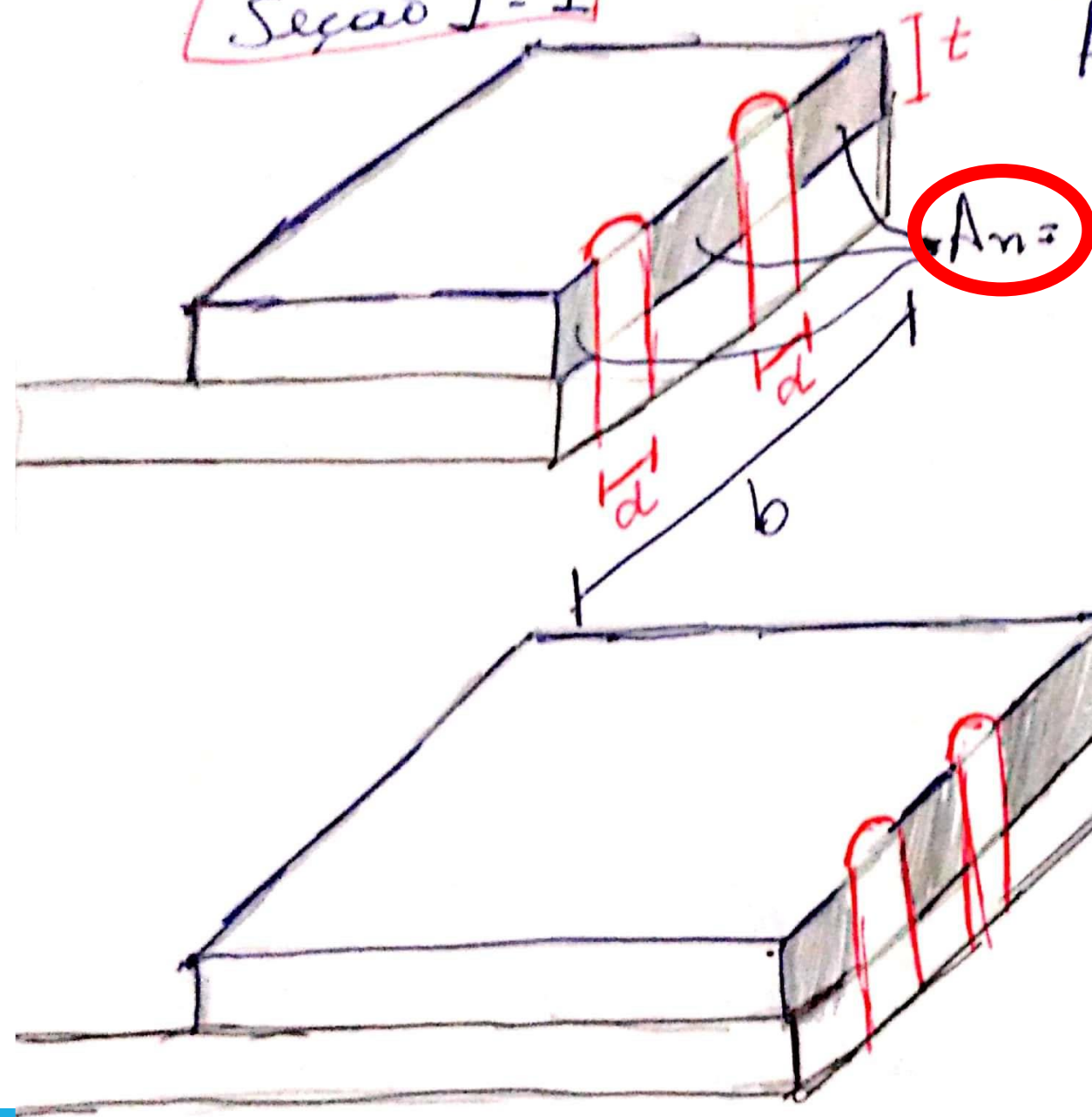


Seção bruta / Área bruta

$$A_g = b \cdot t$$



Seção 1-1



$$A_{\text{pinos}} = n \cdot d_{\text{ef}} \cdot t$$



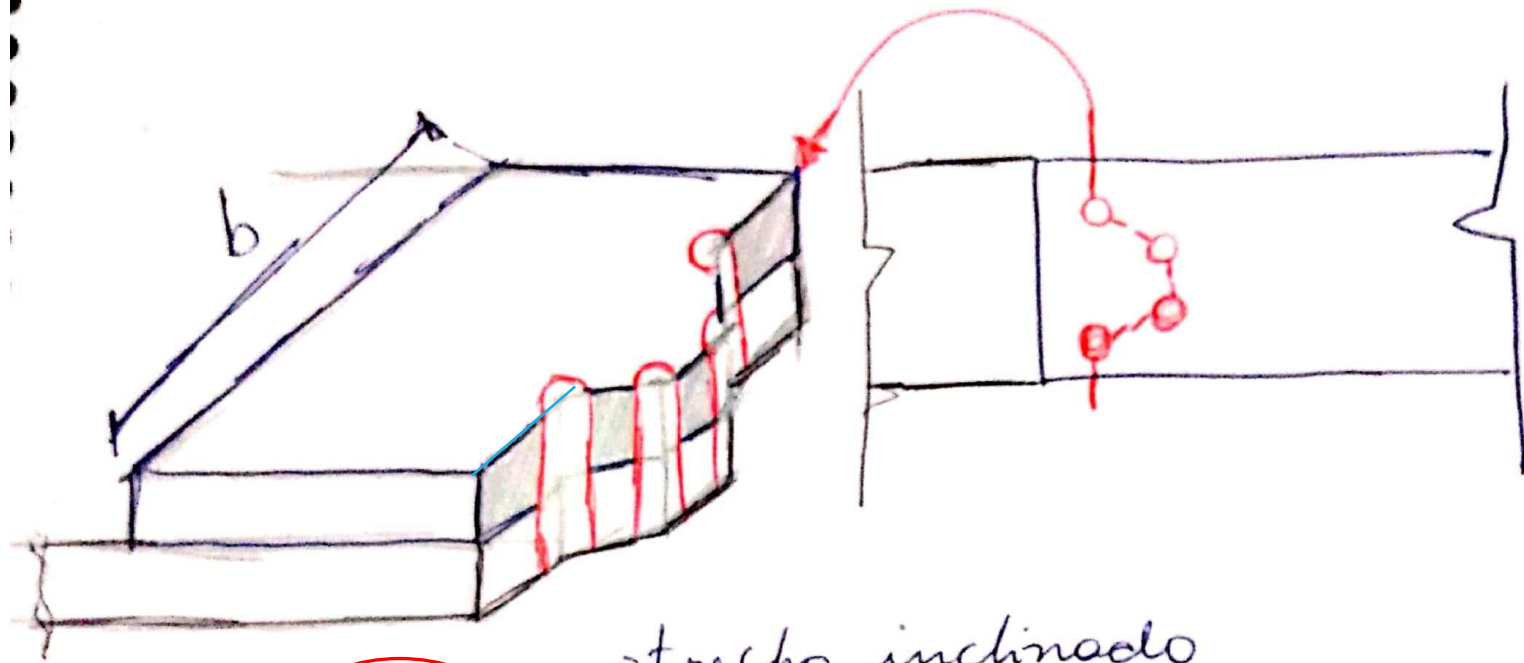
$$\phi + 3,5 \text{ mm}$$

Seção 2-2

~~tempo~~

equivalente a

(1-1)



trecho inclinado

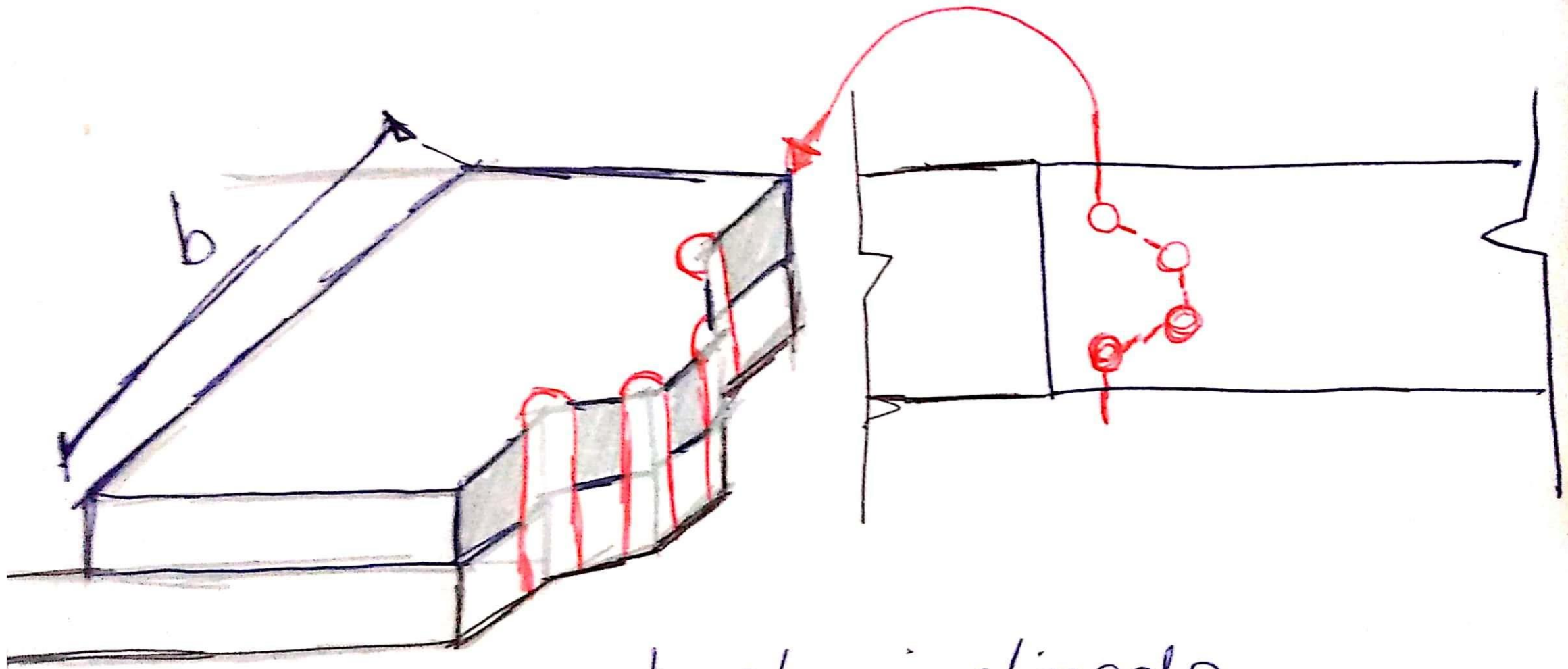
$$g + \frac{s^2}{4g}$$

⇒ Caminho embuesado
 $Z_{ig} = Z_{ag} + \text{Caminho reto}$

$$A = \left(b + n \times \frac{s^2}{4 \times g} \right) \times n \times (\phi + 3,5 \text{ mm})$$

Labels for the equation components:

- b : Largura da Chapa
- n : número de Zigs
- $\frac{s^2}{4 \times g}$: Comp. de \perp Zig
- $\phi + 3,5 \text{ mm}$: ϕ diâmetro de \perp furo (total) + folga total
- n : n° de furos



trecho inclinado

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

⇒ Caminho embuesado

$Z_{iq} = Z_{aq} + \text{Caminho reto}$

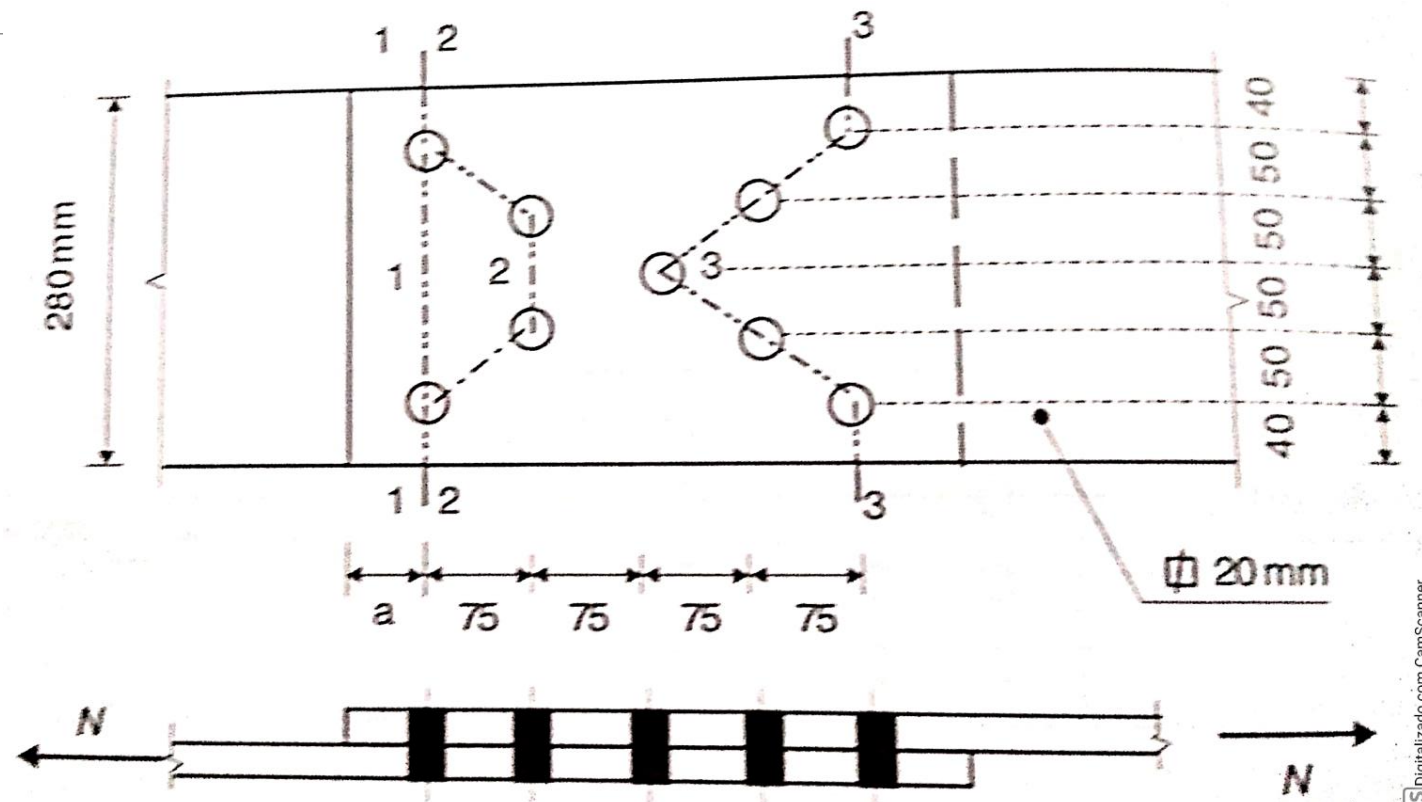
Resolução

Área bruta (A_g)

$$A_{g \text{ chapa}} = t * b$$

$$A_{g \text{ chapa}} = 28 * 2$$

$$A_{g \text{ chapa}} = 56 \text{ cm}^2$$



Resolução

Escoamento da seção

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

$$R_{dt} = \frac{56 * 25}{1,1}$$

$$R_{dt} = 1272,73 \text{ kN}$$

Resolução

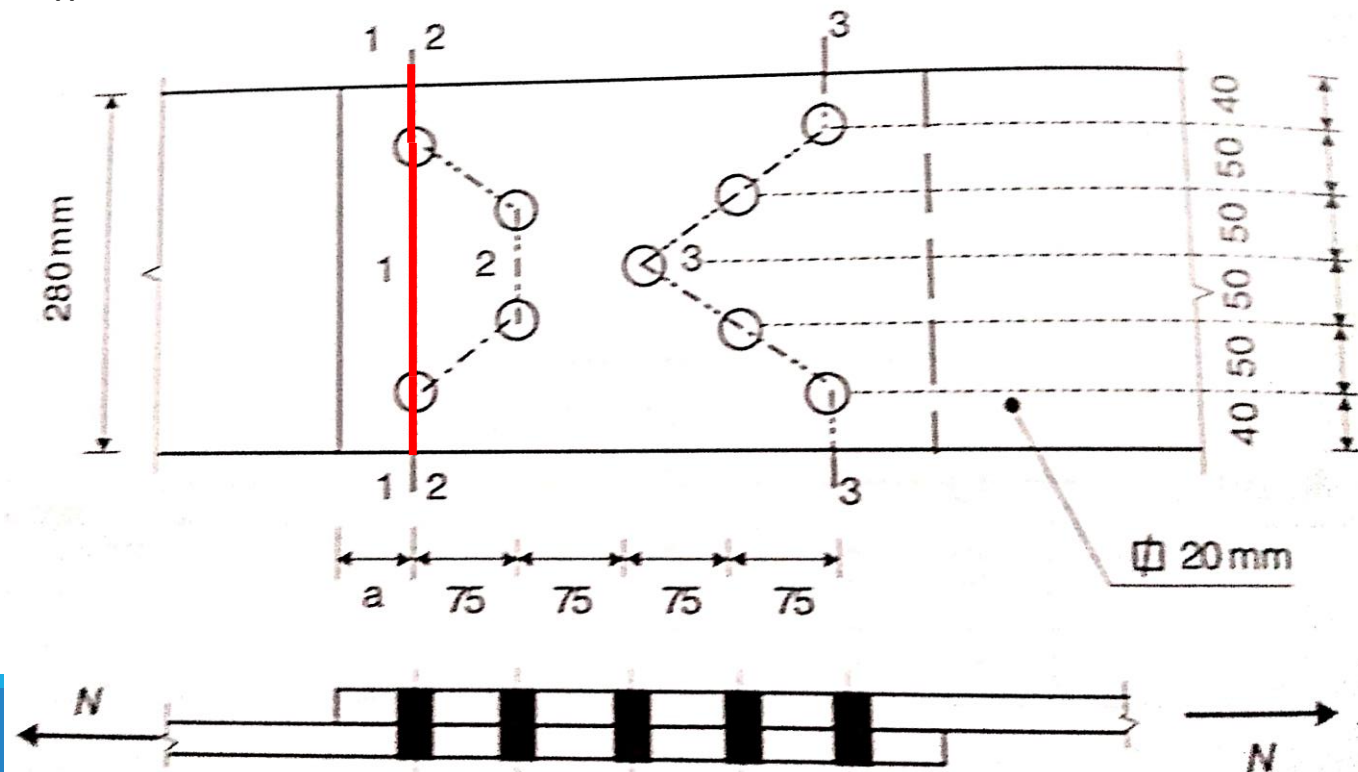
Áreas nominais:

1-1-1 (percurso reto)

$$\rightarrow A_n = \left[b - \sum(\phi_{paraf} + 3,5 \text{ mm}) + \sum \frac{s^2}{4 \cdot g} \right] * t$$

$$A_n = [28 - 2 * (2 + 0,35)] * 2$$

$$A_n = 46,6 \text{ cm}^2$$



Resolução

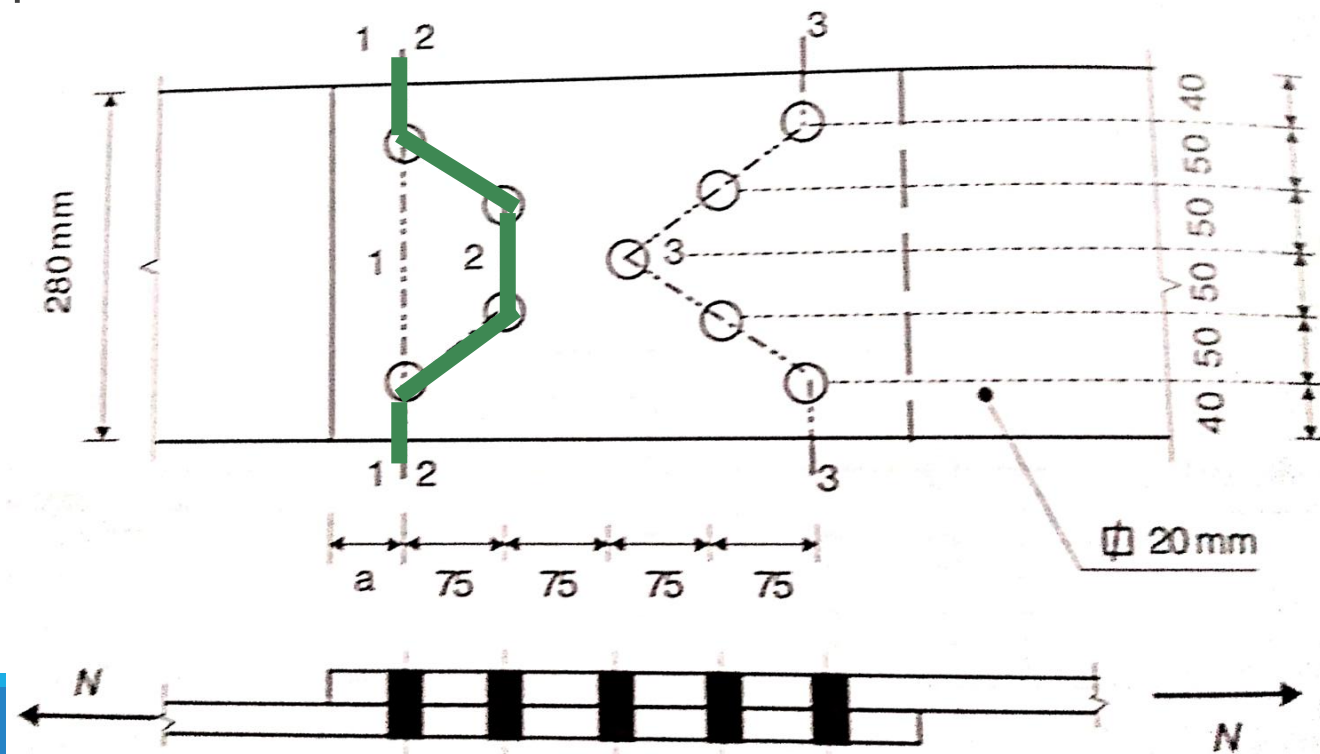
Áreas nominais:

1-2-2-1 (percurso com 2 zigs)

$$\rightarrow A_n = \left[b - \sum(\phi_{paraf} + 3,5 \text{ mm}) + \sum \frac{s^2}{4 \cdot g} \right] * t$$

$$A_n = \left[28 - 4 * (2 + 0,35) + 2 * \frac{7,5^2}{4 * 5} \right] * 2$$

$$A_n = 48,45 \text{ cm}^2$$



Resolução

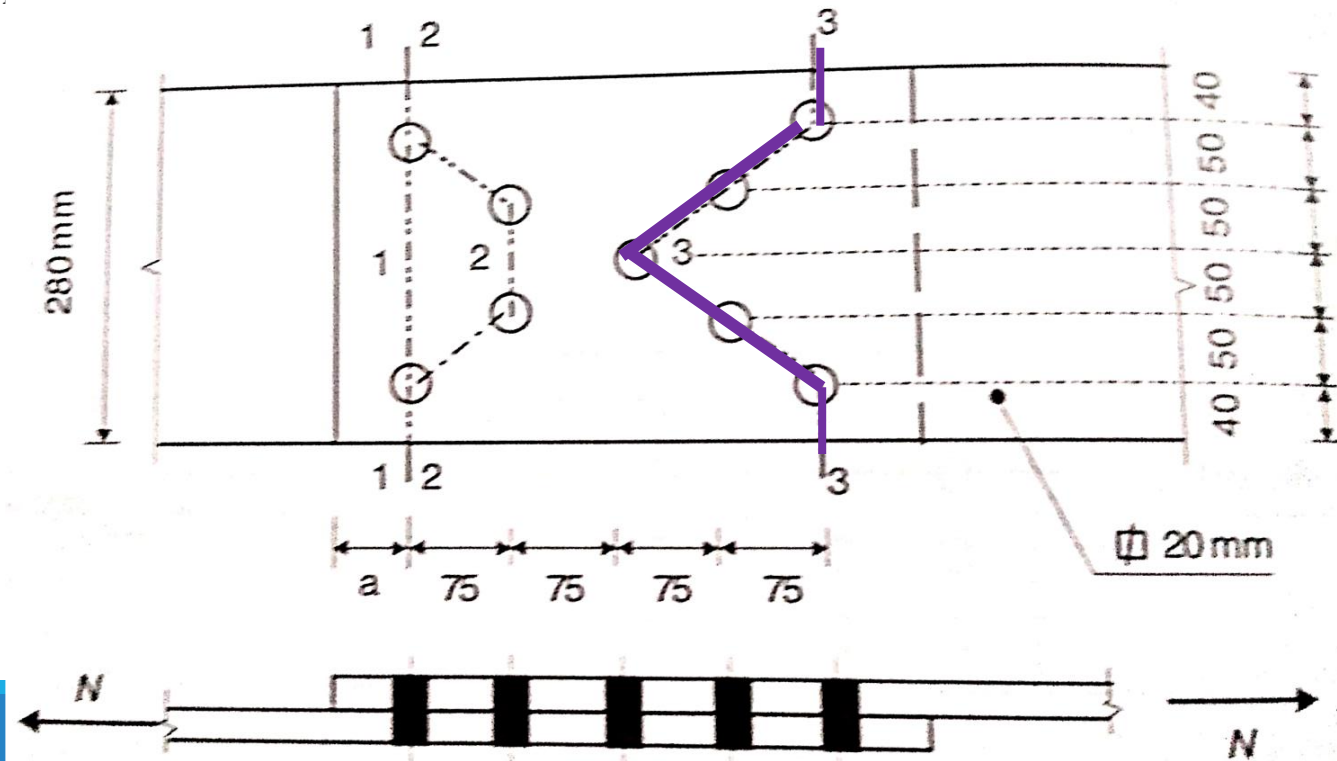
Áreas nominais:

3-3-3 (percurso com 4 zigs)

$$\rightarrow A_n = \left[b - \sum(\phi_{paraf} + 3,5 \text{ mm}) + \sum \frac{s^2}{4*a} \right] * t$$

$$A_n = \left[28 - 5 * (2 + 0,35) + 4 * \frac{7,5^2}{4*5} \right] * 2$$

$$A_n = 55 \text{ cm}^2$$



Resolução

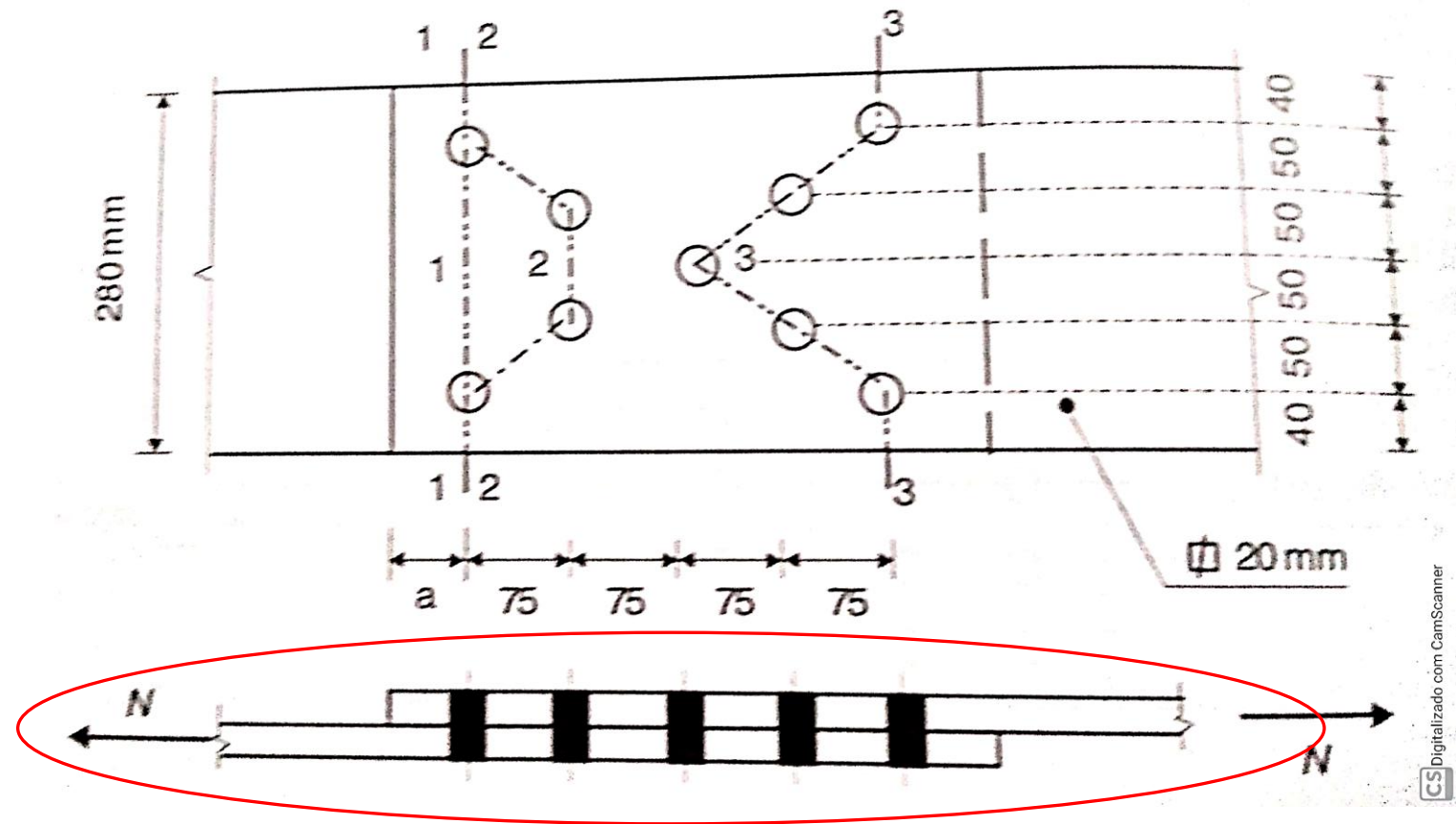
$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l} \geq 0,60$$

$$C_t = 1$$

$$A_{n,ef} = C_t * A_n$$

$$A_{n,ef} = 1 * 46,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{n,ef} = 46,6 \text{ cm}^2$$



Resolução

Resistência à ruptura na região dos furos

$$f_u = 400 \text{ MPa ou } 40 \text{ kN/cm}^2$$

$$R_{dt} = \frac{A_{n,ef} * f_u}{\gamma_{a2}}$$

$$R_{dt} = \frac{46,6 * 40}{1,35}$$

$$R_{dt} = 1380,7 \text{ kN}$$

Resolução

Resistência à ruptura na região dos furos

$$R_{dt} = 1380,7 \text{ kN}$$

Resistência ao escoamento da seção bruta

$$R_{dt} = 1272,73 \text{ kN}$$

caso ocorra o rompimento (ruptura) da peça, a peça romperia devido ao escoamento do aço da seção bruta, pois a resistência à tração é menor