

Elementos e Métodos de Fixação

*For want of a nail the horseshoe was lost.
For want of a shoe the horse was lost.
For want of a horse the rider was lost.
For want of a rider the battle was lost.
And all for the want of a horseshoe nail.*

Antigo Provérbio Inglês

Elementos e Métodos de Fixação

1.Objetivo

Unir duas ou mais peças de maneira a tornar possível a transmissão de força e/ou movimento

2. Classificação

- **Uniões Fixas ou Permanentes**

“Ao serem desfeitas podem provocar dano ou perda total das peças unidas e/ou dos elementos utilizados para a fixação”

Exemplo: rebites, adesivos ou soldas

- **União Desmontáveis ou Móveis**
- “Podem ser desfeitas (desmontadas) sem provocar dano (destruição) tanto às peças unidas como aos elementos utilizados para a fixação”

Exemplo: porcas/parafusos, pinos ou anéis elásticos

3. Rebites

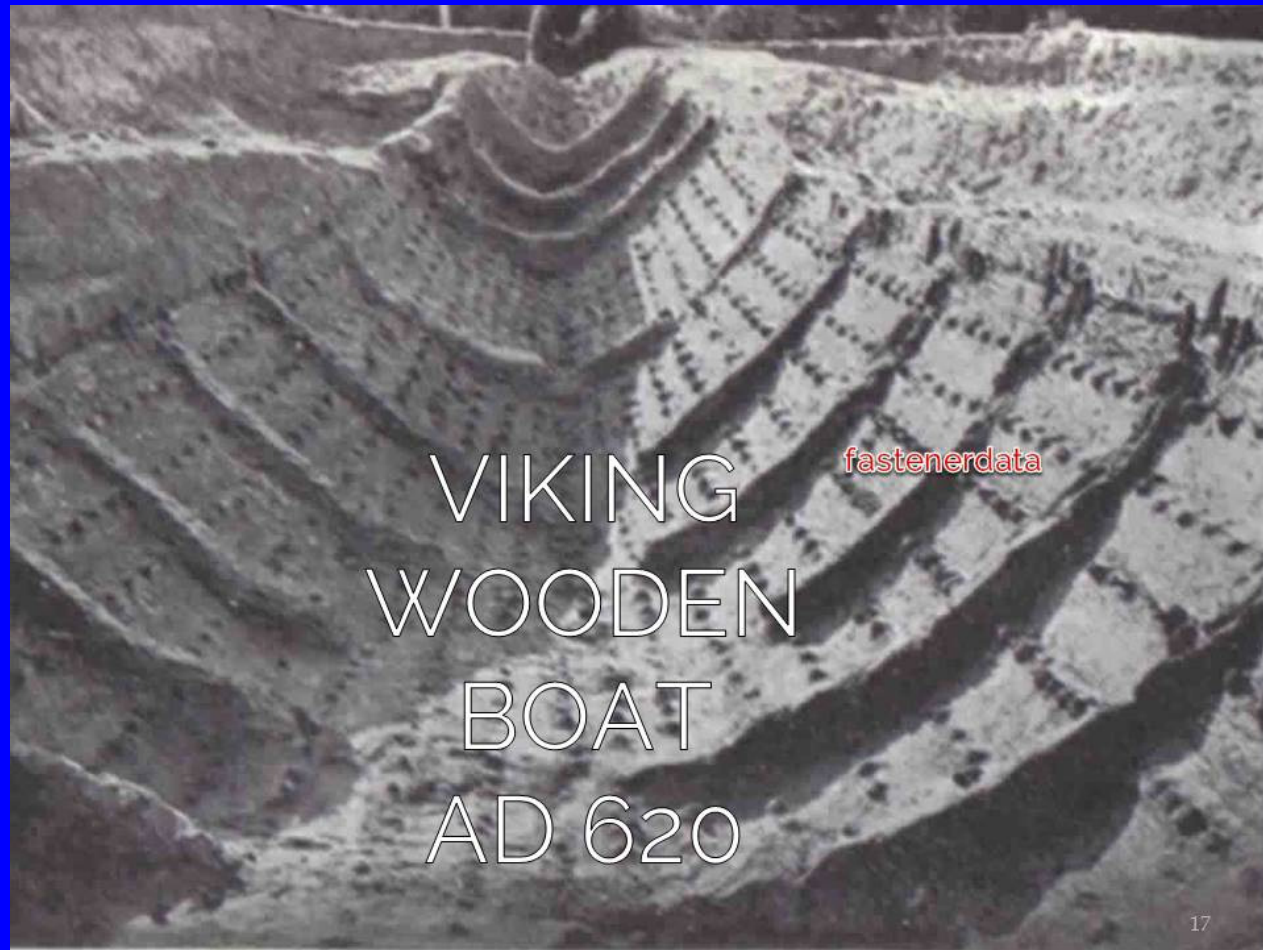
- **Princípio de Funcionamento**

“Neste tipo de união, o elemento de fixação, denominado de rebite, é montado em furos usinados nos elementos a serem fixados, sendo responsável pela transmissão de esforços entre os elementos da união.”

3. Rebites



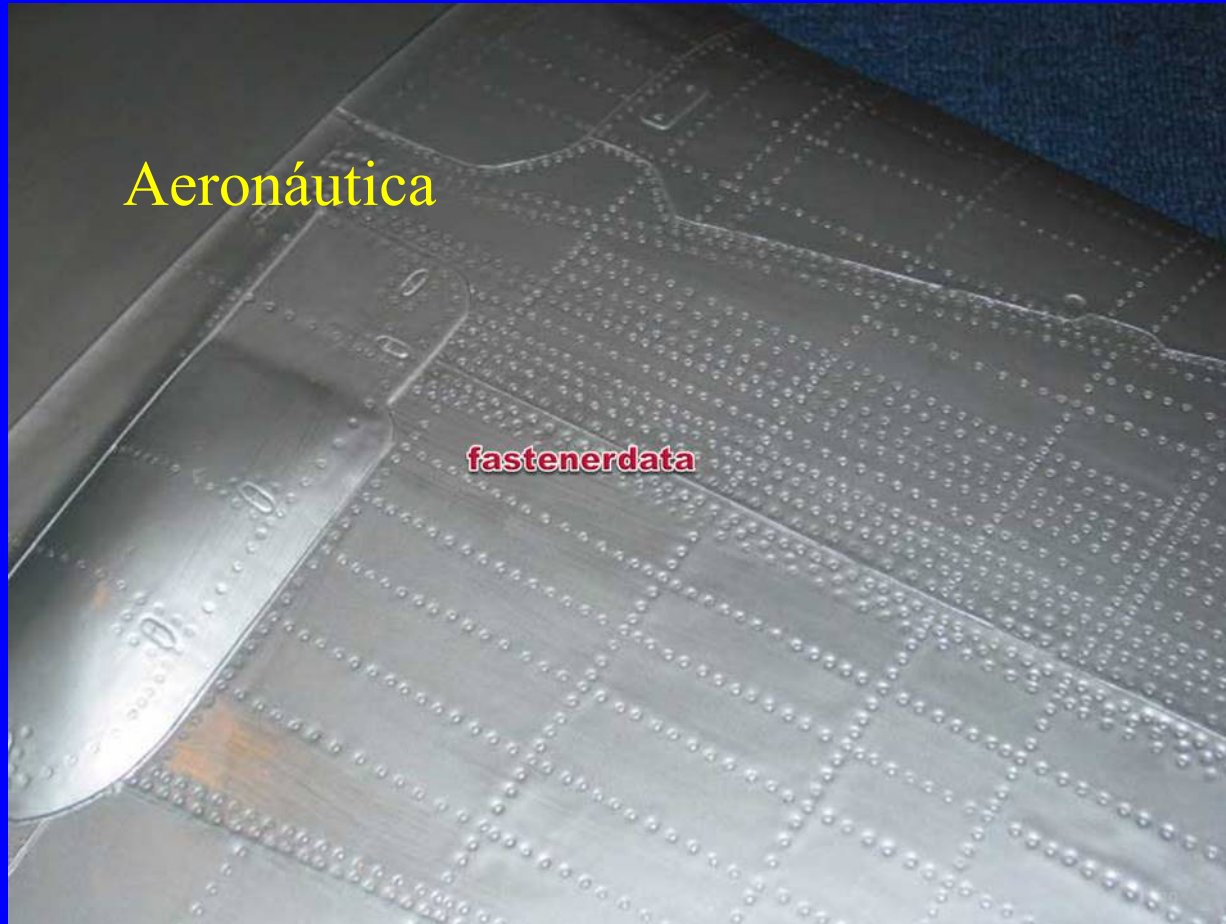
3. Rebites



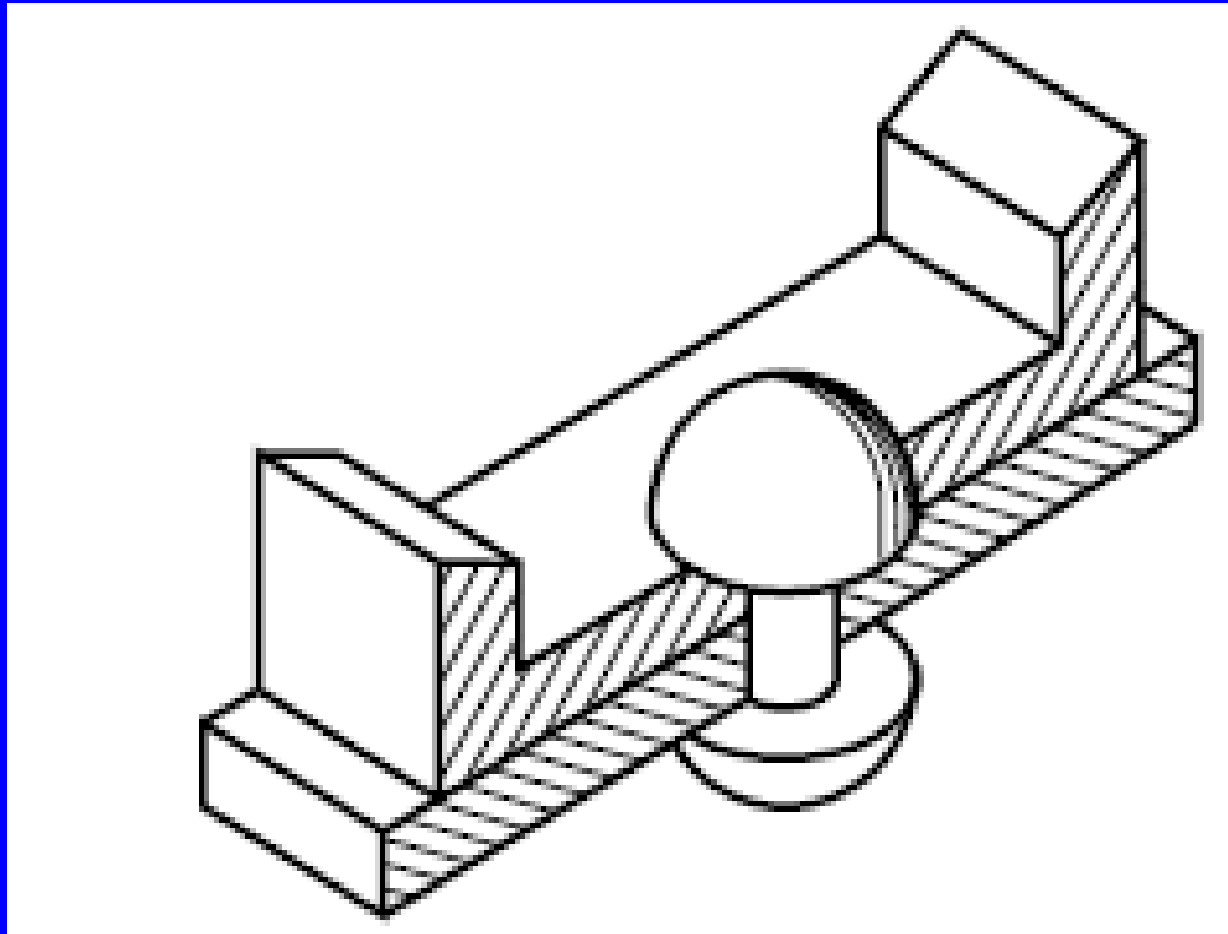
3. Rebites



3. Rebites



3. Rebites



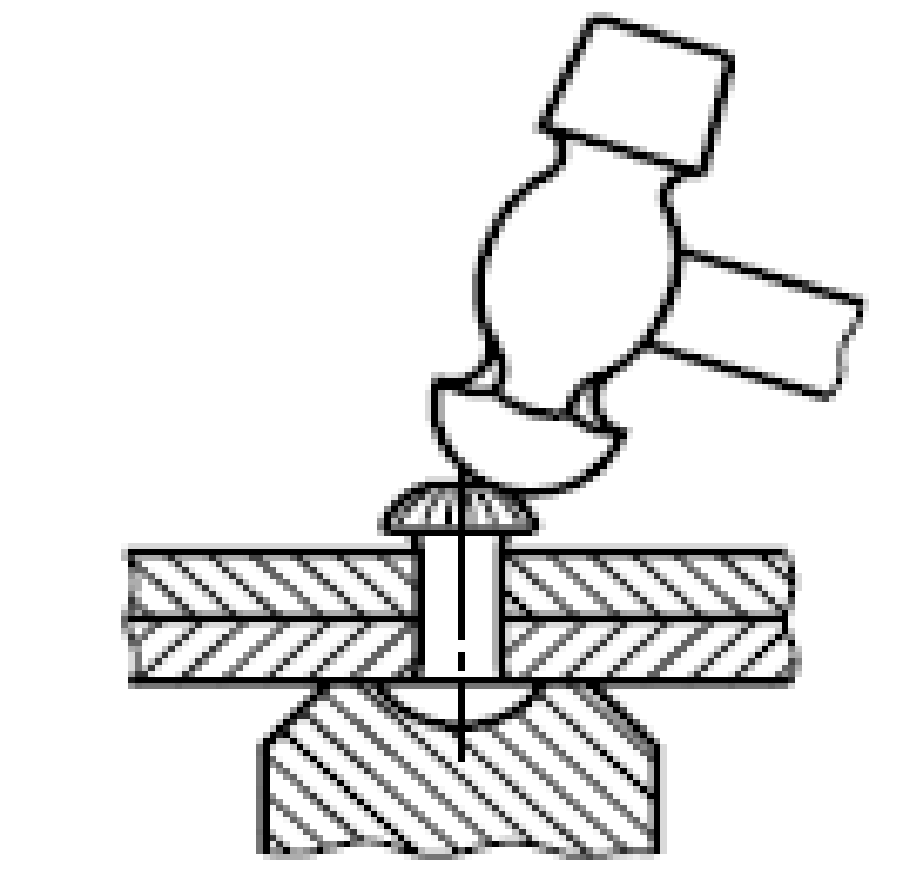
- **Processos de Conformação da Cabeça**

O rebite é fabricado com uma de suas cabeças pré-moldada, sendo que a outra cabeça é conformada na própria obra.

São utilizados os seguintes tipos de cabeça:

- redonda
- tronco-cônica
- escareada
- escareada ovalizada

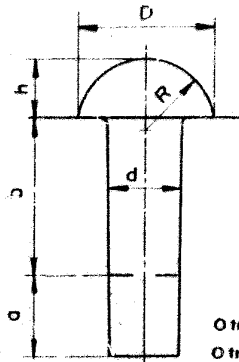
A cabeça conformada na obra é sempre redonda.



Obs.: não se cortam rebites em sentido longitudinal.

REBITES

Norma ABNT EB-48/R.



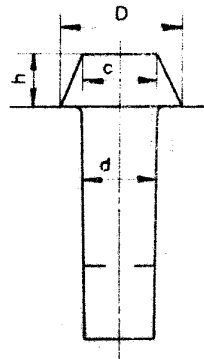
cabeça redonda

$$D = 1,8d$$

$$h = 0,7d$$

$$R = 0,9d$$

O trecho a é cilíndrico
O trecho b é levemente cônico

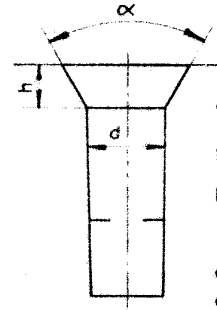


cabeça tronco-cônica

$$D = 1,6d$$

$$c = d$$

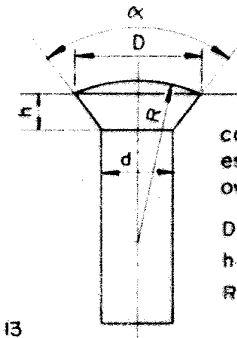
$$h = 0,65d$$



cabeça escareada plana

$$h = 0,5d$$

Valores de α :
 $\alpha = 90^\circ$ para $d = 8$
 $\alpha = 75^\circ$ para $d = 10 \div 13$
 $\alpha = 60^\circ$ para $d = 16 \div 19$
 $\alpha = 45^\circ$ para $d = 24 \div 40$

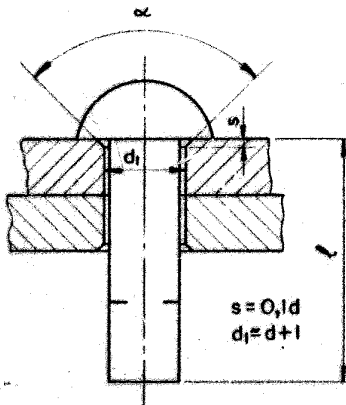


cabeça escareada ovalizada

$$D = 1,7d$$

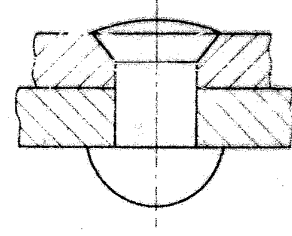
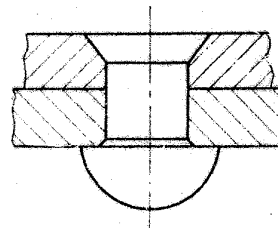
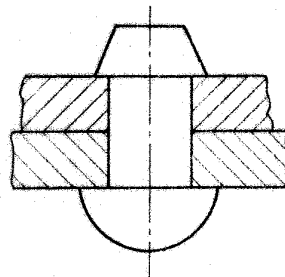
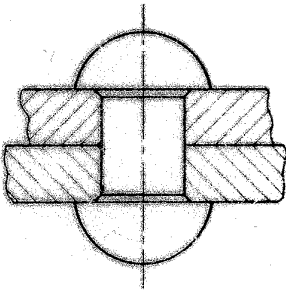
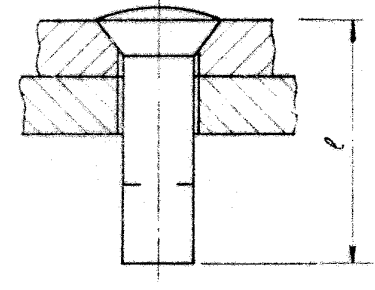
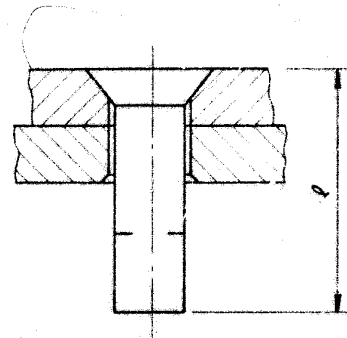
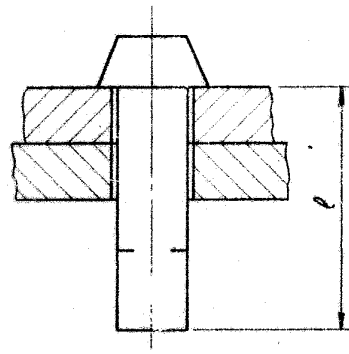
$$h = 0,6d$$

$$R = 2 \div 2,5d$$



$$s = 0,1d$$

$$d_1 = d + 1$$





Torre Eiffel

Projetado e construída por **Gustave Eiffel**

Exposição Mundial de **1889**, centenário da Revolução Francesa.

Alguns Dados:

300 trabalhadores

2 anos (1887-1889) para construção

Oscilação de, no máximo, 120 mm em ventos altos.

Altura varia até 150 mm dependendo de temperatura.

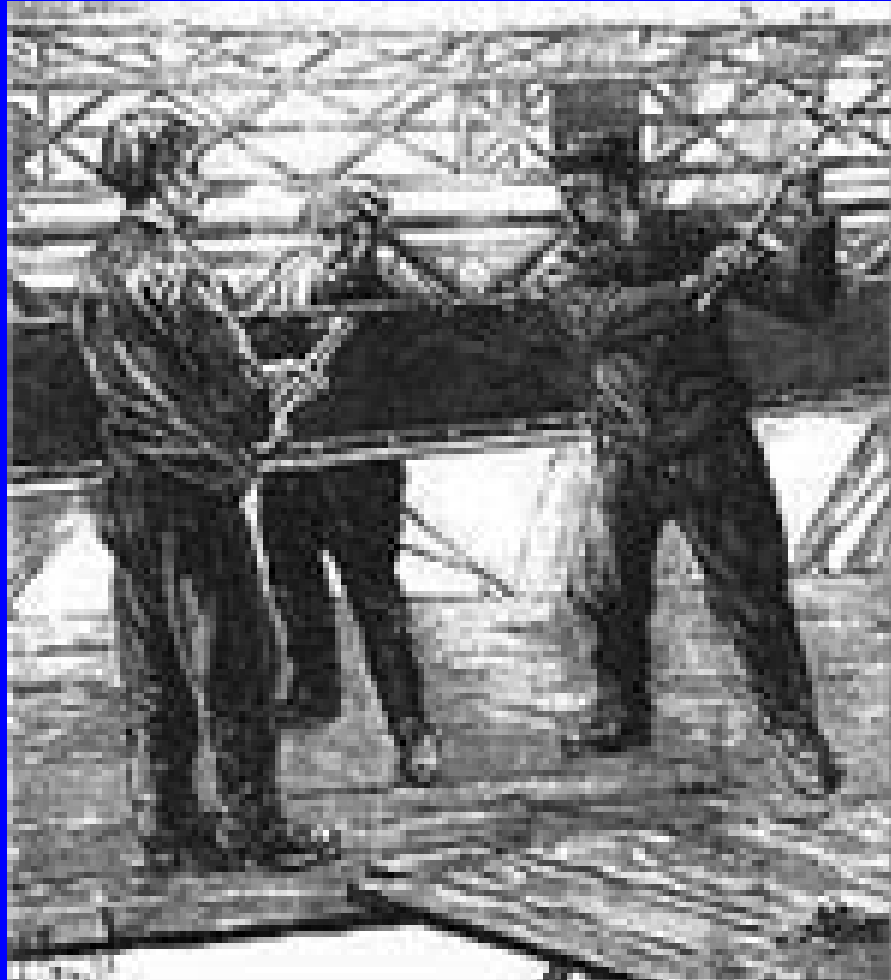
15,000 peças de aço (excluindo rebites).

2.5 milhões de rebites

40 toneladas de pintura.

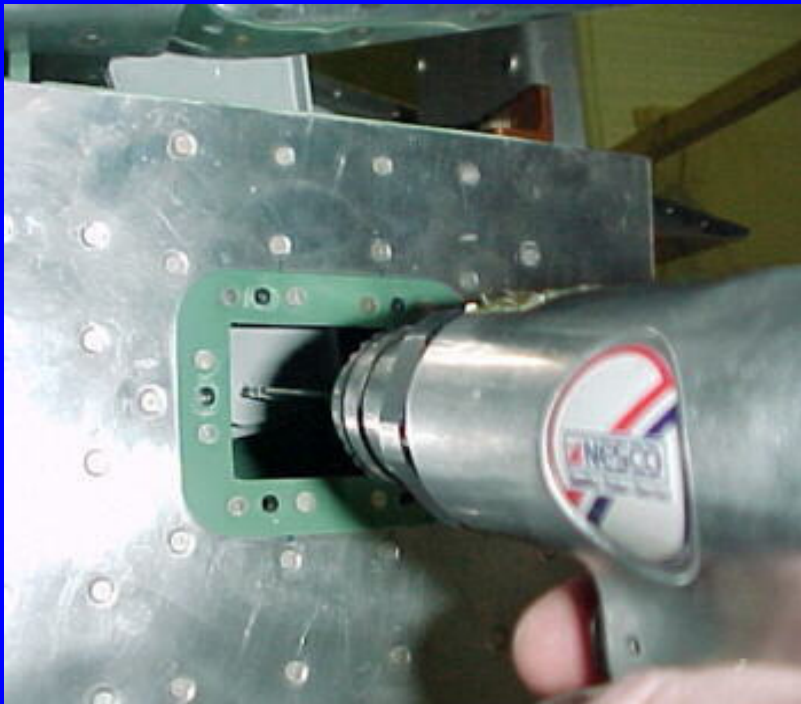
1652 passos para o topo.

Torre Eiffel









Boeing 747-100 /1970

Custo dos fixadores: 4 % do total da estrutura

Materiais: ligas de Al, Titânio, Aço Peso Vazio: 162.386 kg

Peso Máximo Total: 340.195 kg, Carga: 177.809 kg

Fixadores: 3 milhões (1,5 milhões de rebites)



Boeing 777-300

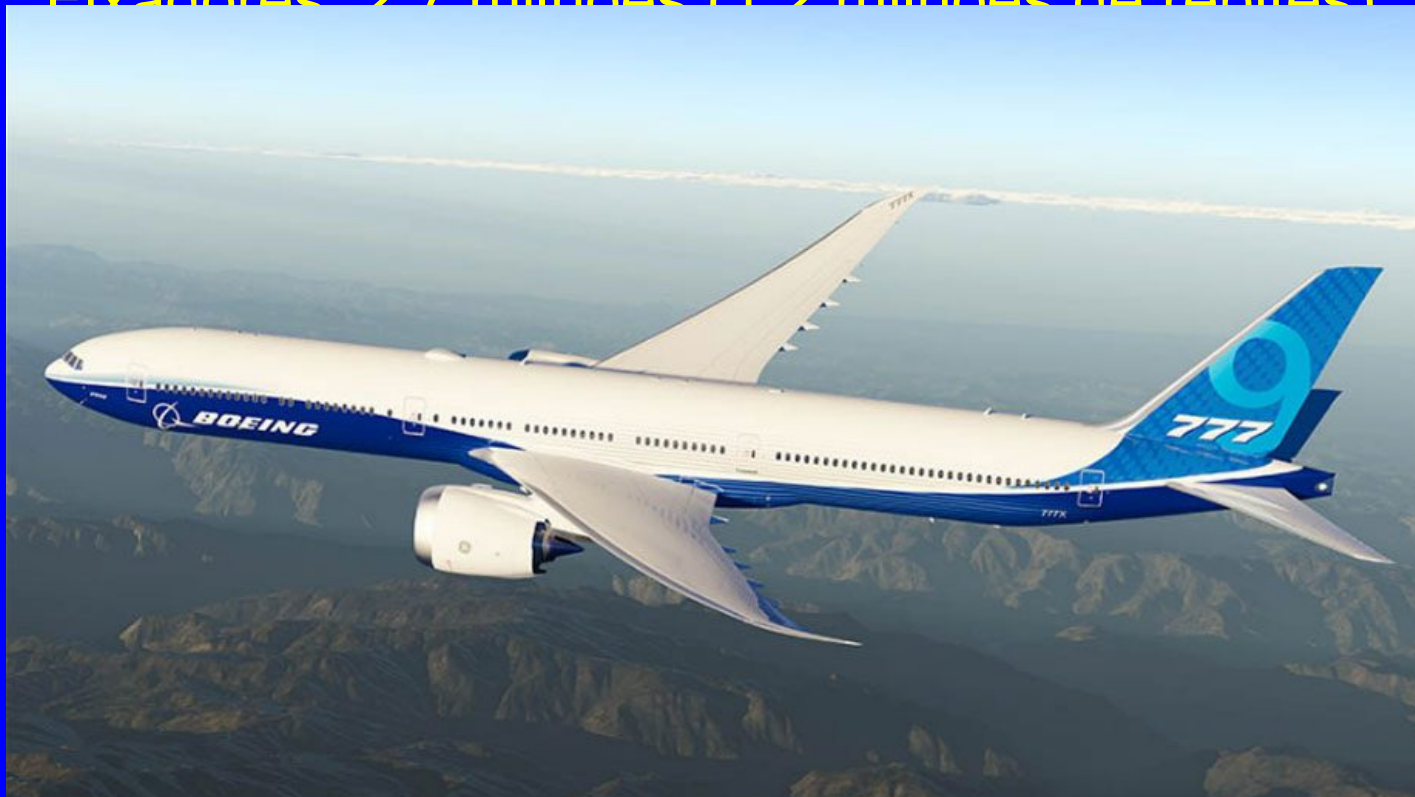
Custo dos fixadores: 3 % do total da estrutura

Materiais: Por massa: 50% compostos, 20% alumínio, 15% titânio, 10% aço, and 5% outros. Peso Vazio:

160.120 kg

Peso Máximo Total: 299.380 kg, Carga: 137.270 kg

Fixadores: 2.7 milhões (1.2 milhões de rebites)



- **Rebites de Expansão/Repuxo**

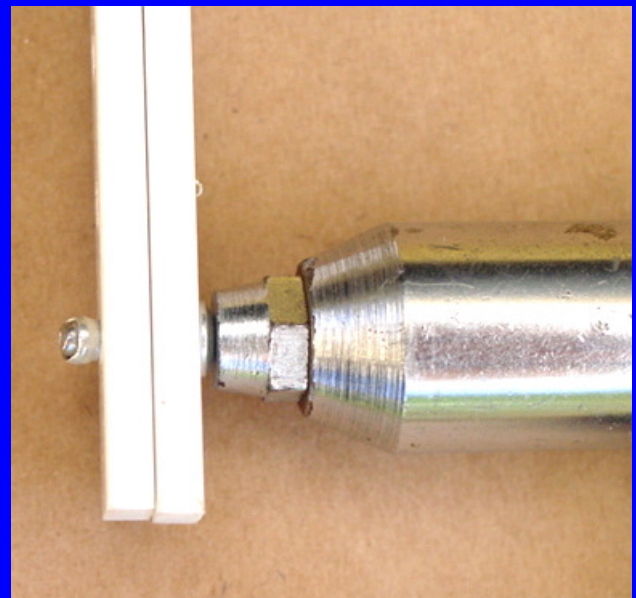
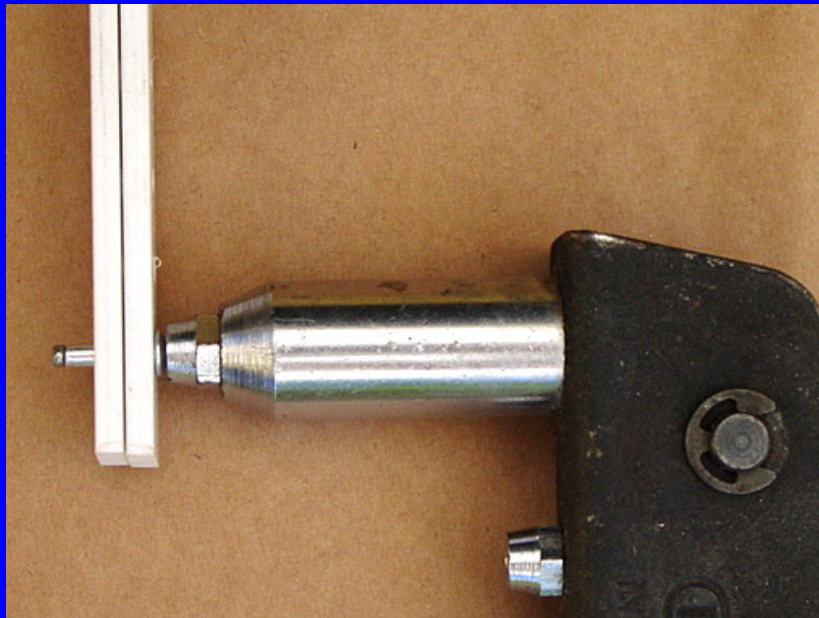
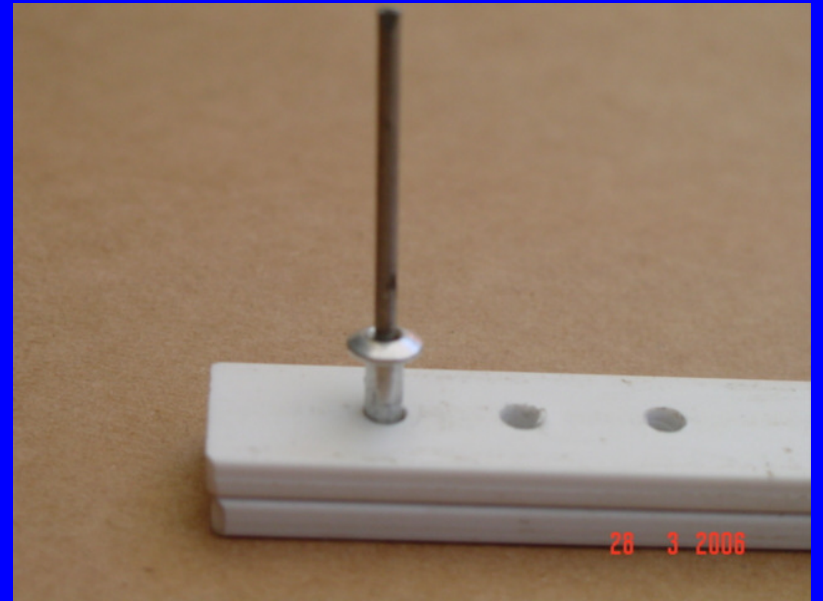
Este tipo de rebite é bastante empregado em situações não estruturais.

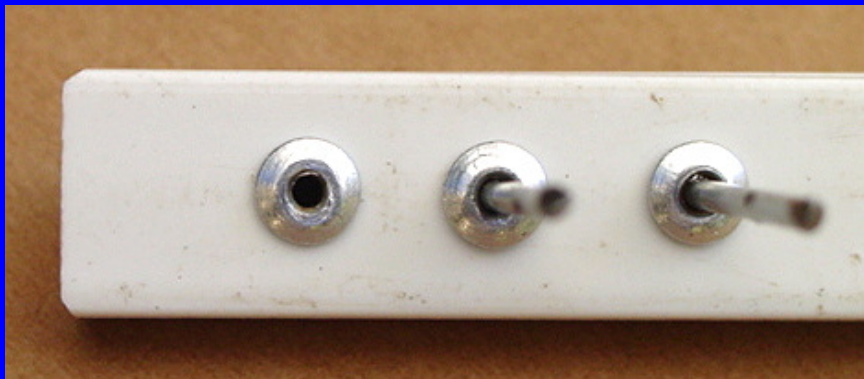
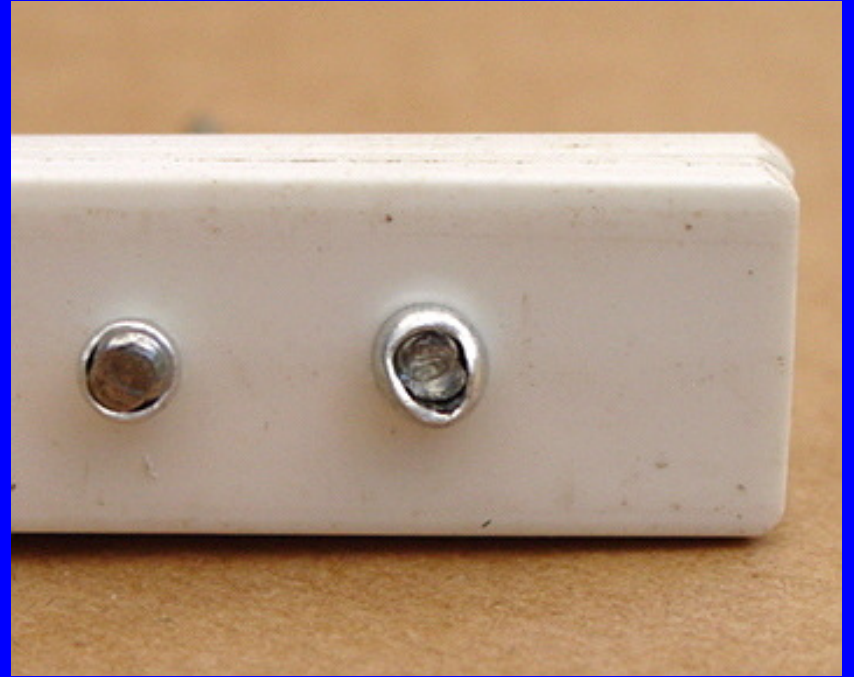
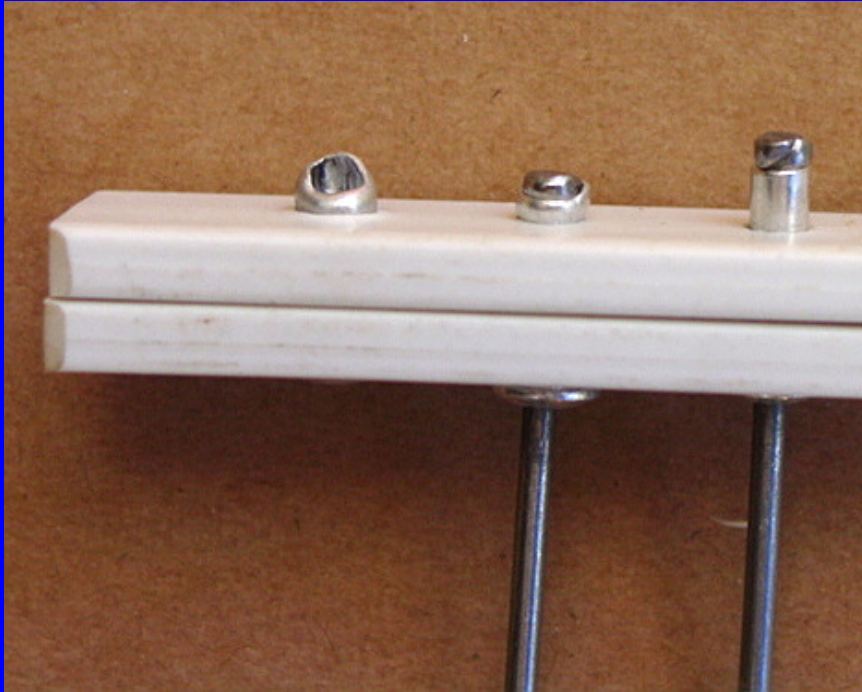
O rebite de expansão/repuxo, muitas vezes denominado de rebite “pop”, pode ser instalado na união de uma forma bastante simples, sem necessitar de equipamento especial para conformação da cabeça, nem de acesso a ambos os lados da união.

- O rebite de expansão é de material metálico, com uma das cabeças já conformada, e com outra cabeça conformada pela movimentação do corpo interno do rebite. Para esta movimentação emprega-se uma ferramenta especial.

- Rebites de Repuxo e Tractionador







- **Tipos de Junção**

O processo de rebitagem pode ser executado à quente ou à frio.

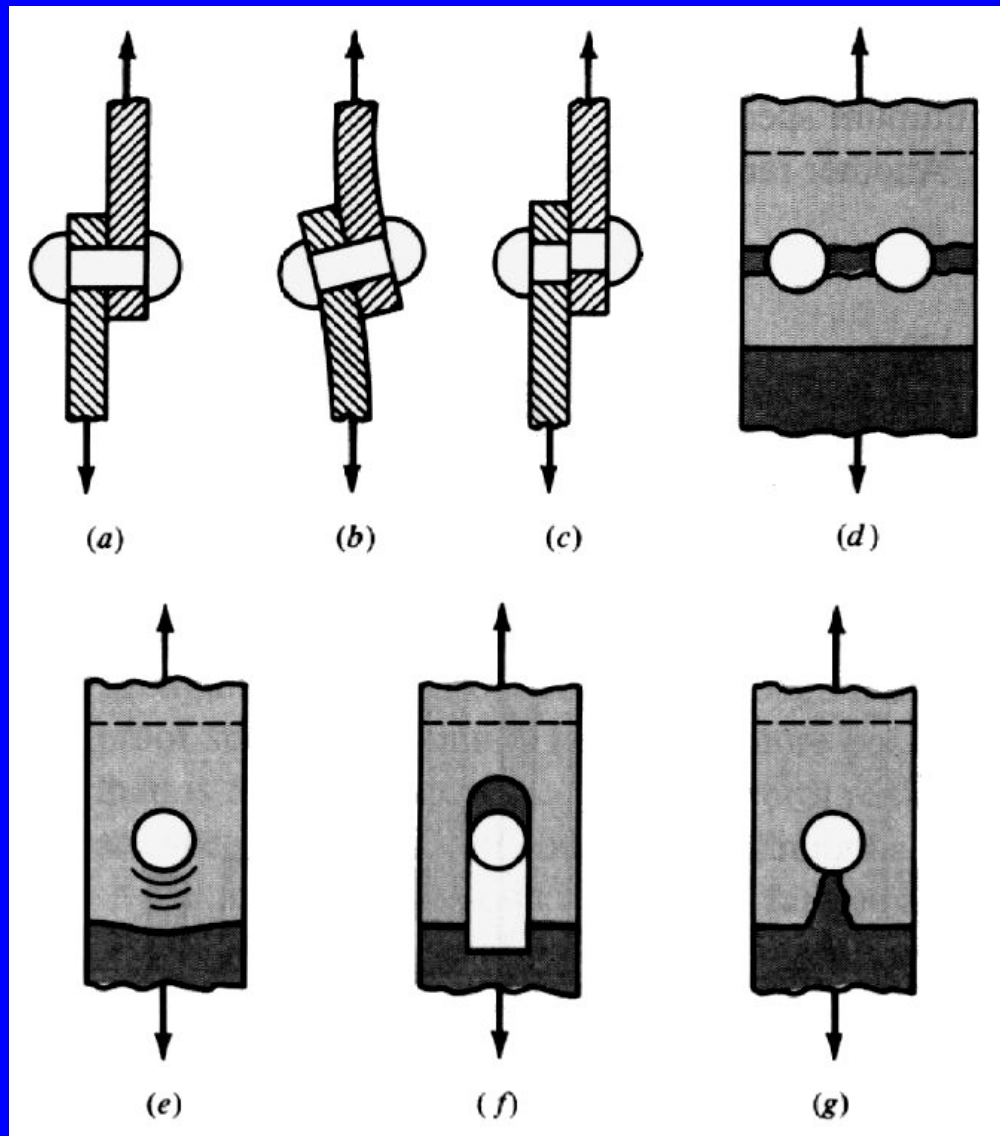
No processo de rebitagem à frio, o rebite é inserido no furo à temperatura ambiente.

Já na rebitagem à quente, o rebite é inserido aquecido no furo, sendo que após a contração do mesmo há o aumento da força de compressão entre as peças unidas, fato que aumenta a resistência ao cisalhamento da união.

- **Tipo de Carregamento Preferencial**

As uniões rebitadas resistem preferencialmente ao **carregamento de cisalhamento**, sendo o rebite responsável por esta resistência. No caso da rebiteagem à quente, a força de compressão entre as peças gera uma força de atrito que auxilia na resistência aos esforços de cisalhamento, aumentando a resistência da união.

Modos de Falha de Ligações ao Corte



(a) Aplicação de Rebite

(a) Flexão das Peças Ligadas

(a) Corte do Rebite

(a) Ruptura das Peças

(a) Esmagamento do Rebite ou da Peça

(a) Corte da Bainha

(a) Rasgo da Bainha

- **Vantagens da União Rebitada**

- não necessita de mão-de-obra especializada para a sua execução;
- impõe uma descontinuidade estrutural, evitando a propagação de defeitos (principalmente trincas) entre os componentes da união.

- **Desvantagens da União Rebitada**

- introdução de pontos de concentração de tensões nos componentes da união, devido à presença dos furos;
- peso da estrutura mais elevado, devido a sobreposição das peças componentes da união;
- Eventual ponto de desgaste ou corrosão.

Processo Concorrente

- **SOLDAGEM:**
- União através da fusão do material de enchimento e/ou dos materiais de base
- Principais problemas: controle da qualidade e alterações na micro-estrutura dos materiais.

Processo Concorrente

- **SOLDAGEM:**
- União através da fusão do material de enchimento e/ou dos materiais de base
- Principais problemas: controle da qualidade e alterações na micro-estrutura dos materiais.

Exemplo:

Navio da série Liberty – EUA 1941

- Total Construído: 2751 unidades
- Custo médio: US\$ 2.000.000,00
- Partes Pré-fabricadas: 250.000
- Comprimento LOA: 441 pés (140 m)
- Boca: 56 pés (19 m)
- Tempo médio de Construção: 70 dias (Recorde – SS Robert E. Peary - 4 dias ½)
- Propulsão: 2 Motores a Vapor – 2500 HP
- Velocidade de Cruzeiro: 11 nós (20 km/h)

Navio da série Liberty – EUA 1941

Length: 441.5 feet

Width: 57 feet

Wartime crew: 40 merchant marines;
30 Navy gunners

Cargo capacity: 9,146 tons

Power: 2,950 horsepower

Speed: 11 knots

Range: 21,000 miles

Current home berth: San Francisco

Last of the Liberty Ships



Click on an area
of the ship to see
a detailed view

Navio da série Liberty – EUA 1941



Dimensionamento de Junções

Rebitadas:

Cargas:

-Rebites -> Cisalhamento

-Chapas -> Cisalhamento
Compressão
Tração

Dimensionamento: Rebites

Verificação: Chapas

Dados Práticos

Diâmetro do rebite: $D_r \sim 1,5 e$

Diâmetro do furo: $D_f \sim 1,05 D_r$

Comprimento: $L_r = 1,5 D_r + e_T$

$L_r = 1,0 D_r + e_T$



Distância Mínima do Centro do Rebite à
borda das Chapas: $D_b = 2 D_r$

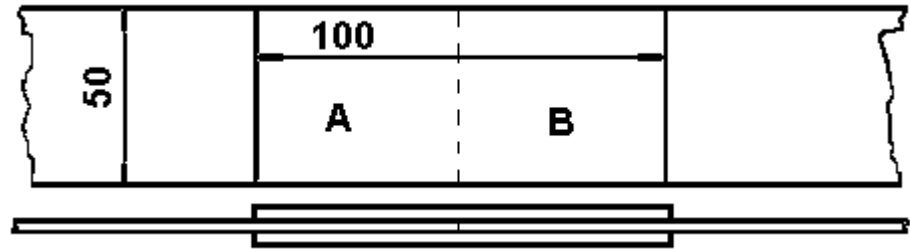
e = espessura da chapa mais fina

e_T = espessura Total rebitada

EXERCÍCIO

2.3 Duas chapas de alumínio 6063, com 2 mm de espessura, deverão ser unidas por meio de rebites de repuxo e suportar uma carga de 1500 N, em tração. Os rebites também são de alumínio 6063, com tensão de ruptura a tração/compressão de 8 kgf/mm², tensão de ruptura ao cisalhamento de 6 kgf/mm², diâmetro externo de 3,2 mm e diâmetro do mandril de 1,8 mm. Adote um coef. de segurança igual a 2,5. Qual o número de rebites da união?

$$\text{Tensão Adm.} = t_{ar} = 6/2,5 = 2,4 \text{ kgf/mm}^2$$



$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Tensão admissível ao cisalhamento do rebite: } t_{cis} = 6/2,5 = 2,4 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\text{Tensão admissível à compressão do rebite/chapa: } t_{comp} = 8/2,5 = 3,2 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\text{Área resistente do rebite} = A_r = 3,14(3,2^2 - 1,8^2)/4 = 5,5 \text{ mm}^2$$

Cada rebite está sujeito a cisalhamento em 02 secções transversais

$$\text{Número de Rebites no lado A} \Rightarrow N_r = 1500/(2,4 \times 2 \times 5,5 \times g) = 5,7 \Rightarrow N_r = 6 \text{ rebites}$$

$$\text{Número Total de rebites A + B} = 12$$

Verificação compressão da chapa => Área de Compressão: adota-se a área projetada do furo:

$$A_c = 2 \times 3,2 = 6,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tensão de Compressão: } t_{cc} = (1500/(6xg))/6,4 = 3,91 \text{ kgf/mm}^2 > t_{comp} = 3,2 \text{ kgf/mm}^2 \Rightarrow$$

Aumentar o Nr => Nr = 8 rebites

RESPOSTA: $N_R = 16$

2.4 Refaça o dimensionamento da união do item 2.2, considerando que as chapas A e B serão sobrepostas, sem a presença das contra-chapas de 100 mm de comprimento.

$$\text{Área resistente do rebite} = A_r = 3,14(3,2^2 - 1,8^2)/4 = 5,5 \text{ mm}^2$$

Cada rebite está sujeito a cisalhamento em 01 secção transversal.

$$\text{Número de Rebites} \Rightarrow Nr = 1500/(2,4 \times 5,5 \times g) = 11,4 \Rightarrow Nr = 12 \text{ rebites}$$

$$\text{Verificação compressão da chapa} \Rightarrow \text{Área de Compressão: } A_c = 2 \times 3,2 = 6,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tensão de Compressão: } t_{cc} = (1500/(12 \times g))/6,4 = 1,25 \text{ kgf/mm}^2 < t_{comp} = 3,2 \text{ kgf/mm}^2 \Rightarrow$$

não há necessidade de aumentar o número de rebites.

NR = 12 rebites

4- Refaça o dimensionamento da união do exercício 3, considerando o uso do adesivo do exercício 1 verificando a resistência máxima do adesivo e das chapas.

Dados:

Adesivo: Cianoacrilato

Tensão de ruptura ao cisalhamento do adesivo (Al x Al): $T_r = 4\text{N/mm}^2$

Tensão de ruptura a tração da chapa de Al: $T_{ch} = 80\text{ N/mm}^2$

$g = 10\text{m/s}^2$

- Cálculo da força máxima resistente da junção por adesivo:

$$F_{ad} = T_r \times A_{ad} = 4 \times 100 \times 50 = 20.000\text{N}$$

- Cálculo da força máxima resistente das chapas:

Área resistente das chapas: $A_{ch} = 2 \times 50\text{ mm}^2$

$$F_{ch} = T_{ch} \times A_{ch} = 80 \times 2 \times 50 = 8000\text{N}$$

- Conclusão: em caso de um carregamento limite, as chapas devem romper-se por tração e a região da junção por adesivo permanecerá íntegra.

OBRIGADO!