

Coste gesso

Neste capítulo estuda-se o coste gesso, sob a forma que se verifica em alguns elementos estruturais particulares, dentro os quais se destacam as ligações de gesso, estruturais por meio de rebites, parafusos, soldas, chapetas, etc.

Para facilitar a compreensão do que é o coste gesso, vai-se estudar de seguida por meio de um exemplo.

Exemplo 1

Dimensionar a ligação representada na Fig. 1, em duas peças travadas - as peças 1 e 2 - tão unidas por meio de um rebite.

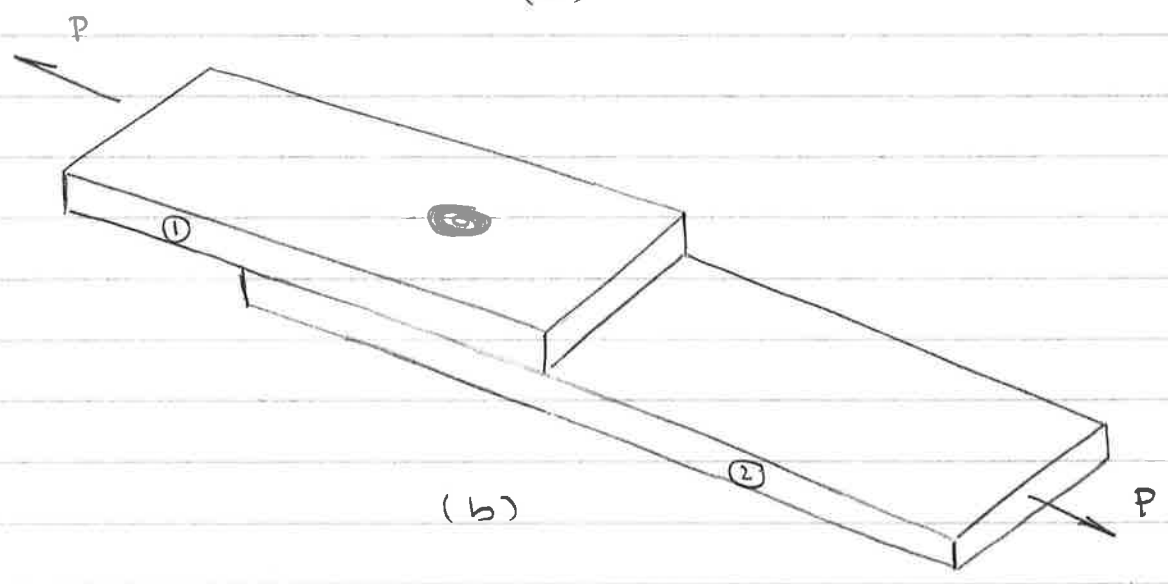
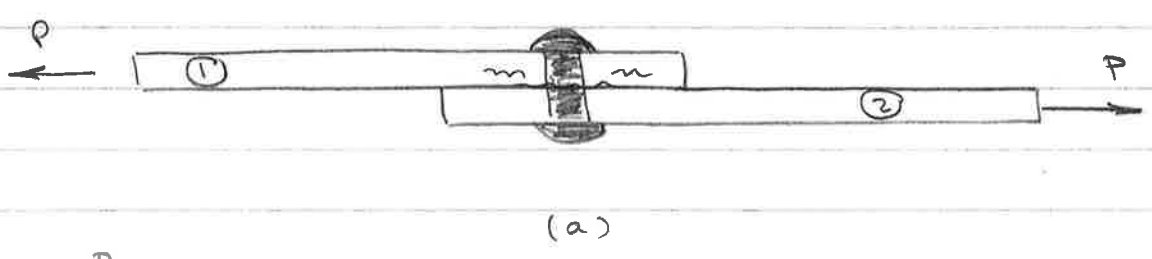


Fig. 1

Esta ligação pode ser realizada de diversas maneiras, e o seu dimensionamento deve ser feito de modo que se apresente ligando, com relação a todas estas formas de ruptura.

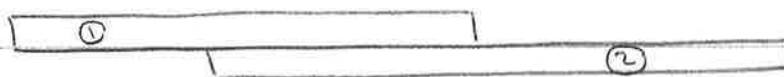
Devem-se fazer, portanto, diversas verificações de segurança.

A primeira verificação que se fez aqui, a verificação das tensões de cisalhamento no rebite, e a relacionada ao corte puro.

a) Verificação das tensões de cisalhamento no rebite.

Como funciona a ligação da Fig. 1?

Como não existe o rebite unindo as duas chapas, como indicado na Fig. 2(a), a aplicação de uma força externa em uma das chapas, por exemplo, na chapa 2, fará com que esta chapa se desloque em relação à direita, deslocando-se sob a chapa 1 (Fig. 2(b)), não se dando então nenhuma ligação das duas chapas.



(a)



(b)

Fig 2

Existindo o rubite, ocorre a efetiva ligação das peças, pois ele impede o esvaziamento de uma peça em relação à outra.

4º Assim que o rubite for fixado, se se for aumentando o valor das forças P aplicadas às peças da ligação de Fig. 1, o rubite acabará por se romper na região localizada na interface entre as duas peças, ocorrendo o deslizamento de uma peça em relação à outra, desfazendo-se assim a ligação (Fig. 3)

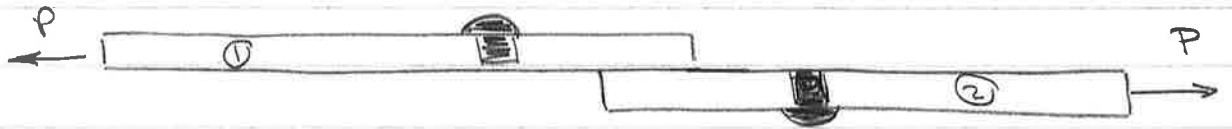


Fig. 3

Daí se o nome de corte puro à solda feita por se tem na região do rubite em função de sua natureza - a região mostrada Fig. 1(a).

Como se observa na Fig. 3, a natureza é de fato feita de tal maneira o corte do rubite segundo a direção mn .

É este que caracteriza o corte puro: de uma solda feita por tende a quebrar o corte da base, que tende a fazer com que uma das partes da base se mova sobre a outra no plano de uma das direções transversais.

Este é a origem do nome "corte puro". Existe a tendência de se cortar a base na direção mn de se dá.

tem-se um certo grau na direção em que dois materiais pela geometria da ligação e pelos esforços que atuam nos membros. É a particular combinação de forma e de levantamento verificada na ligação da Fig. 1 que leva ao certo grau na direção.

Toda vez que se tiver uma geometria e um levantamento tais que haja a tendência de se ter o certo grau e o comprimento de uma banda e ainda uma de suas seções transversais, se tem certo grau nesta particular direção.

Estas ideias serão melhor esclarecidas pelos demais exemplos que serão apresentados a diante.

Na Fig. 4 mostra-se a ligação da Fig. 1 ligada em duas partes por meio de um certo e quando a direção mais do rebite, verificando-se que, nesta direção, há uma força resultante de intensidade P .

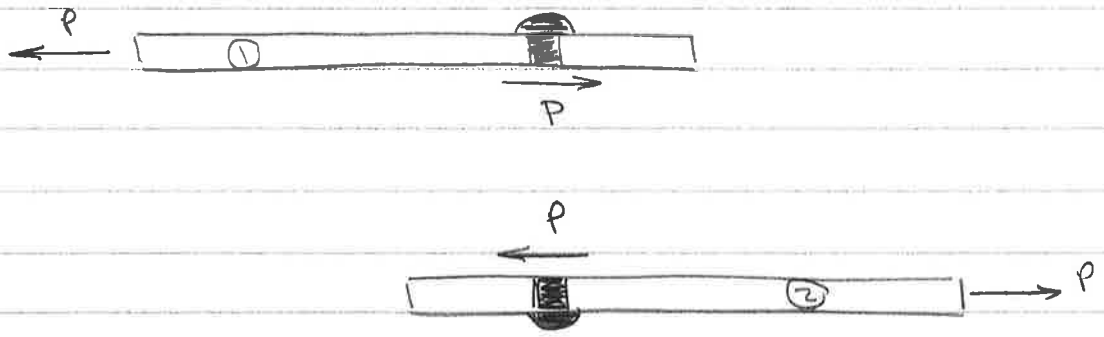


Fig. 4

Esta força resultante é o esforço resultante pela certa grau na direção em que, fazendo com que uma parte do rebite tenda a se mover sobre a outra.

Admitindo-se, na resistência dos materiais, que todos os pontos da direção em que colacionam

igualmente na transferência dos esforços horizontais, ou seja, admitir-se que as tensões de cisalhamento na direção transversal são iguais aos valores, iguais portanto a

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}}, \quad (1)$$

onde d é o diâmetro do rebite.

Estas tensões de cisalhamento na direção transversal são indicadas na Fig. 5.

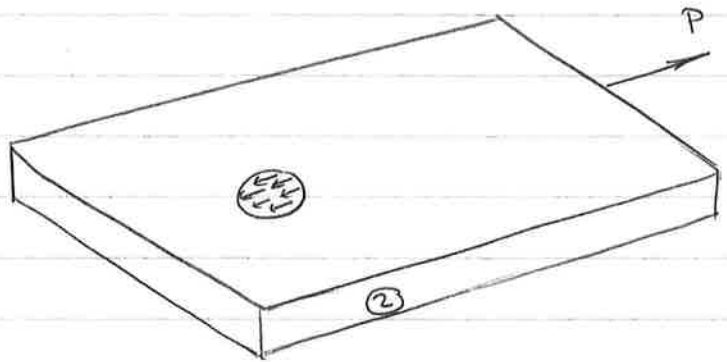
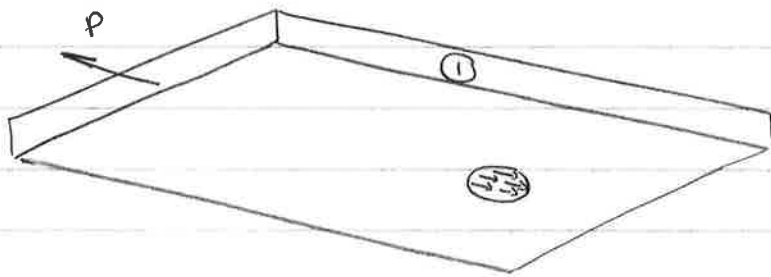


Fig. 5

Quando as tensões de cisalhamento no rebite acima

sem o valor de tensão de ruptura do material que o constitui, conhecer a ruptura do eixo ϵ , convenientemente, da ligação.

Talvez, neste ponto de vista, o leitor esteja colocando em dúvida algumas das considerações feitas, por julgar que elas não traduzem fielmente o real comportamento da ligação estudada.

Sem razão o leitor que não se encontra totalmente satisfeito.

Reexaminando a ligação da Fig. 1, verifica-se claramente que ela não está em equilíbrio, pois as forças de tração que atuam nas chagas substituem um binário, cujo momento não se encontra equilibrado.

Este binário provoca uma rotação da ligação, em decorrência de qual surgem nas chagas forças cortantes e momentos fletores. O equilíbrio do conjunto sobrevém quando o momento das forças de tração é equilibrado pelo momento das forças cortantes e dos momentos fletores.

A configuração de equilíbrio da ligação está mostrada na Fig. 6.



Fig. 6

Observe-se que, na sigla m em uma face e da a magnitude da reação, tem-se, além das forças P indicadas na Fig. 4, a força V , como se mostra na Fig. 7. Tem-se então, na sigla de magnitude P , vertical e força normal.

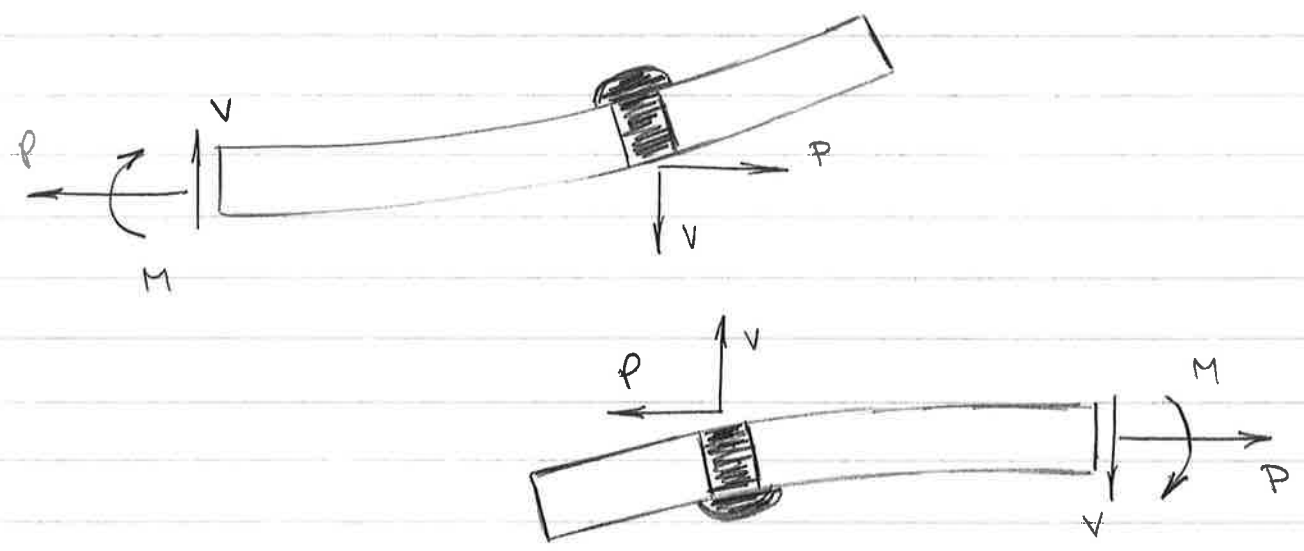


Fig. 7

O estudo da ligação real é ainda mais complexo. Na Fig. 8, cada um dos elementos da ligação é representado individualmente.

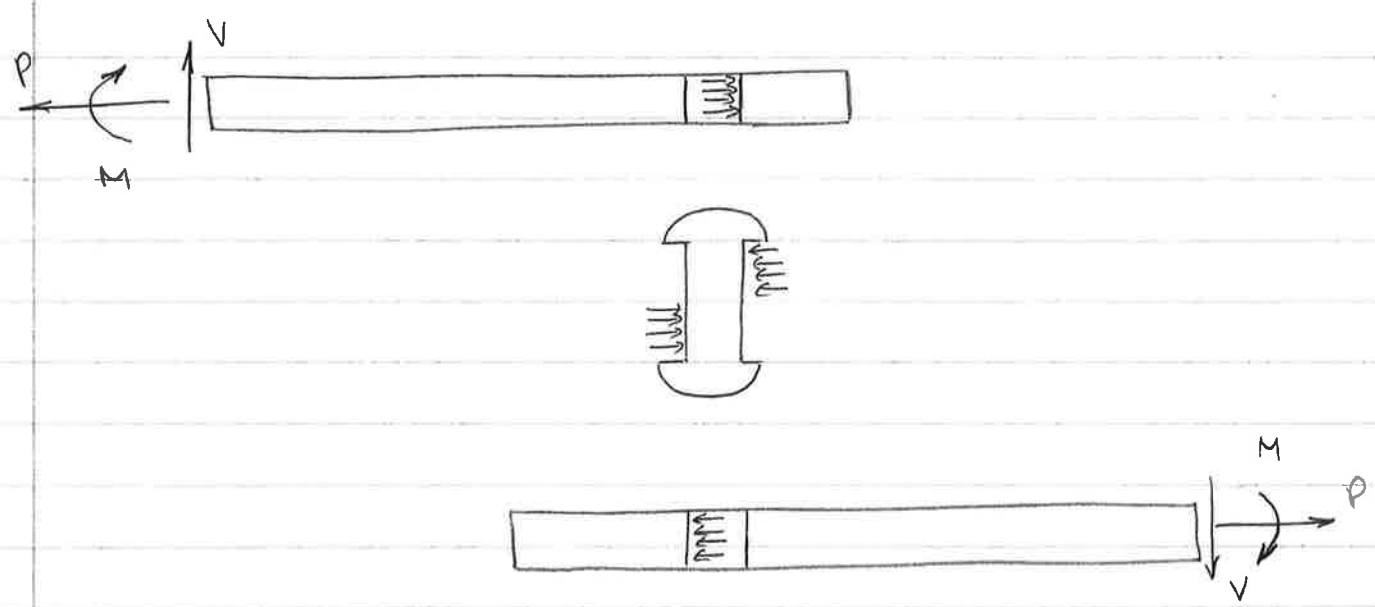


Fig. 8

Estão indicados nesta figura os esforços que o eixo aplica nas chagas nas superfícies semi-cilíndricas de contato entre eles; também estão indicados os esforços que as chagas aplicam no eixo nestas mesmas superfícies de contato entre eles.

Observa-se que os esforços aplicados no eixo constituiriam um binário, que não se encontra equilibrado. Os esforços que equilibram este binário são os esforços introduzidos nos cabeças dos eixos pelas chagas, como se mostra na Fig. 9.

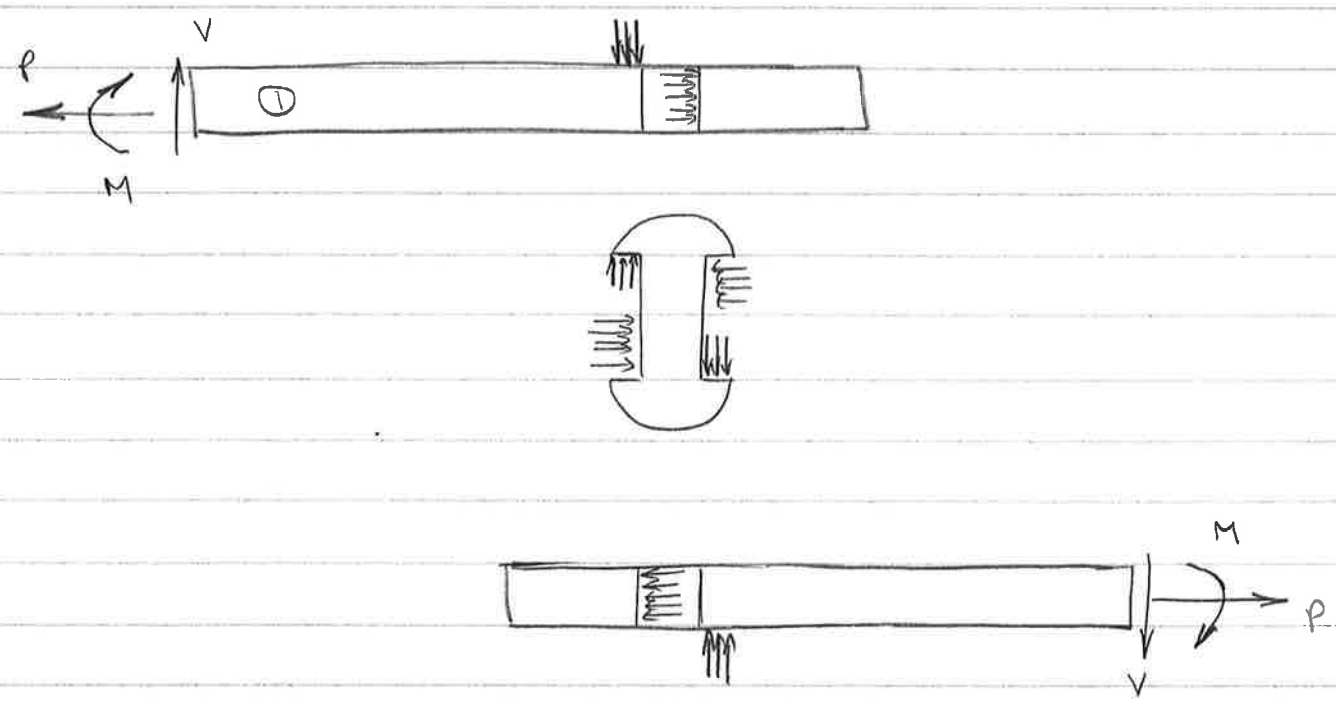


Fig. 9

Verifica-se, portanto, que no eixo se tem força normal, força tangente e momento fletor, há dois eixos, entretanto, tem-se apenas força normal e força tangente, anulando-se nela o momento fletor.

Conclui-se desta consideração que o estado

repositos dos esforços que atuam na ligação em tiram
e bastante complexo.

Se a la razão, opta-se na existência dos materiais
por se fazer um estudo aproximado da ligação, ha-
dado na seguinte hipótese simplificada: ad-
mitir-se que o comportamento da ligação depende
exclusivamente da força tangente P na direção
sem a consideração exclusiva da força normal.

Em decorrência desta e das demais simplificações
feitas, a verificação da segurança da ligação perante os
esforços do rebite torna uma forma sistema-
ticamente simplificada: a ligação sua capacidade P para se
for satisfeita a condição

$$\sigma = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq \bar{\sigma}, \quad (2)$$

onde $\bar{\sigma}$ é a tensão de esgotamento admissível do
material do rebite.

Destas equações, obtém-se o diâmetro do rebite
que deve ser utilizado na ligação das duas chapas:

$$d \geq 2 \sqrt{\frac{P}{\pi \bar{\sigma}}}; \quad (3)$$

adoptando-se critérios de mínimos rebites, chega-se a

$$d = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi \bar{\sigma}}}. \quad (4)$$

É esta a expressão que permite determinar o diâmetro de do rebite; nela estão embutidas todas as aproximações e simplificações introduzidas ao se elaborar o modelo matemático desta ligação. Da mesma, por exemplo, a hipótese feita de se considerar que as tensões de cisalhamento nas duas transversais do rebite sejam constantes; também se usa a simplificação feita de se admitir que a ruptura do rebite por cisalhamento só depende da força lateral, sem se considerar a força normal.

Como é que este modelo matemático, apesar de envolver várias aproximações e simplificações, pode ser utilizado, finalmente, no projeto de uma ligação real?

A resposta a esta pergunta é muito simples: por que a tensão de cisalhamento limite do material do rebite, a partir de qual se determina a tensão de cisalhamento admissível $\bar{\tau}$, é obtida a partir de ensaios de ruptura de ligação reais e calculadas com as mesmas hipóteses que levaram à expressão (1).

Nestes ensaios obtém-se a força P_e que leva à ruptura da ligação; a partir desta força, determina-se a tensão de cisalhamento limite do material do rebite por meio de

$$\tau_e = \frac{P_e}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (5)$$

Introduzindo o coeficiente de segurança γ ,

chega à tensão admissível

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_{el}}{\gamma} \quad (6)$$

a tensão de trabalho admissível $\bar{\sigma}$ tem, portanto, respaldo na validade de fórmulas, por meio de ensaios de ligação mais.

Quando de n euds se pode empregar a verificacao (2) no projeto de uma ligação real: uma são sempre das duas tensões de trabalho - σ e $\bar{\sigma}$ - obtidas com base nas mesmas hipóteses e por um comprimento, por se pode caracterizar o comportamento de ligação; como $\bar{\sigma}$ provém de ensaios de ligação mais, a verificacao (2) restringe de fato a segurança da ligação perante a ruptura de rebite por trabalho.

Estas considerações mostram o seguinte fato: no estado de arte que se encontra a presente, mais por garantir a segurança fielmente o comportamento de ligação real, procura-se estabelecer um método de cálculo por possibilidade de dimensionar a ligação de forma eficiente e segura.

Como se mencionou no início do capítulo, várias são as possíveis causas de ruptura da ligação, e a segurança relativamente a todas elas deve ser verificada.

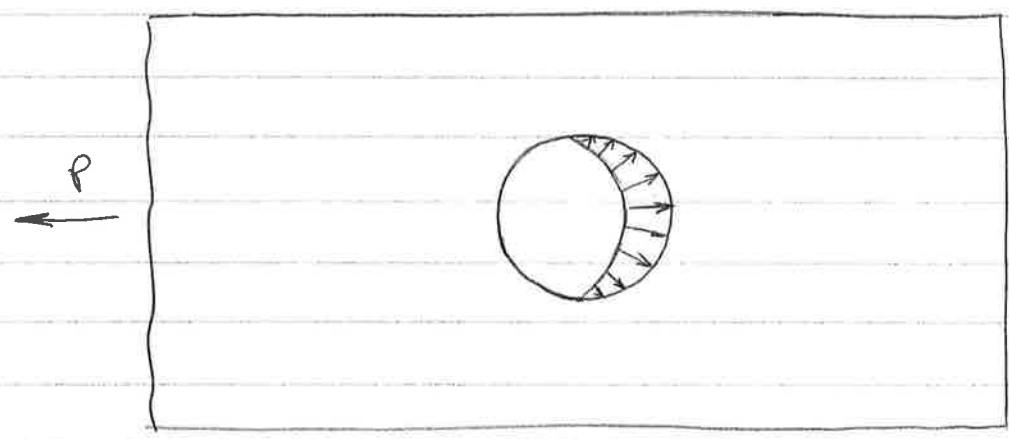
A fim de evitar de fazer, da tensão de trabalho no rebite, possível determinar seu diâmetro d.

Passa-se agora a uma outra verificacao, a da tensão de trabalho entre o rebite e as chaves.

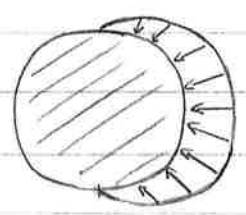
b) Verificação da tensão de contato entre o eixo e as chagas

Na Fig. 9 estão indicados os esforços que o eixo aplica nas chagas e os esforços que as chagas aplicam no eixo.

Esses esforços são transmitidos de um elemento ao outro pelas superfícies semi-cilíndricas de contato entre eles, onde atuam as tensões indicadas na Fig. 10; na Fig. 10 (a) representamos as tensões aplicadas na chaga 1 pelo eixo e na Fig. 10 (b), as tensões aplicadas no eixo pela chaga 1.



(a)



(b)

Fig. 10

Se estas tensões de contato (também chamadas tensões de esmagamento) forem elevadas, poderá ocorrer o esmagamento da chapa pelo rebite, com o consequente deslocamento do rebite, como se indica na Fig. 11.

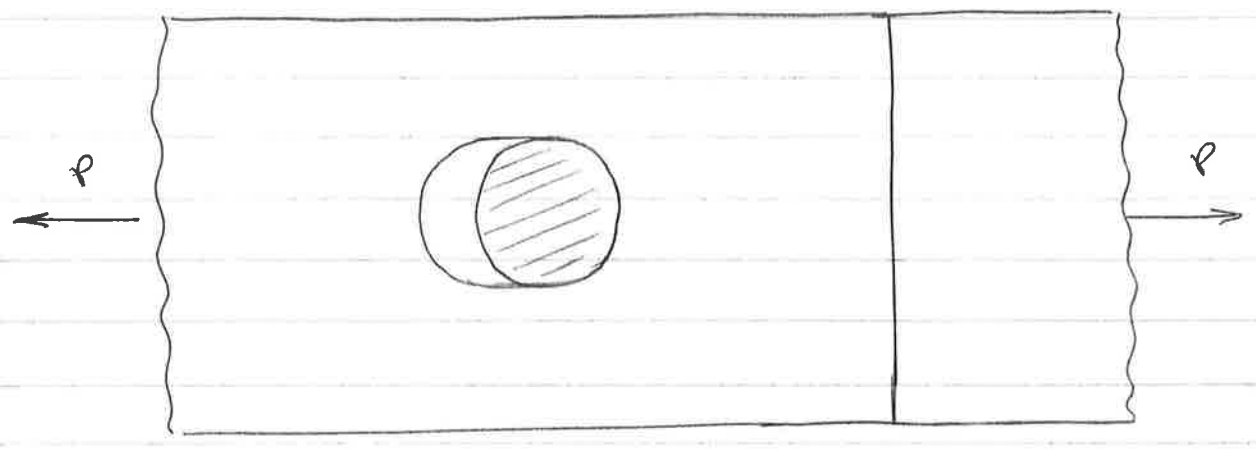


Fig. 11

Para evitar este tipo de ruptura, deve-se limitar o valor das tensões de contato entre o rebite e as chapas.

Devido a distribuição das tensões de contato mencionadas na Fig. 10 de difícil determinação, define-se uma tensão de contato convencional, dada por

$$\sigma_b = \frac{P}{e d} \quad (7)$$

onde e é a espessura da chapa.

observa-se que a tensão de contato convencional é obtida dividindo a força transmitida pelo rebite pela área de projeção da mesma.

para um semi-cilindro de contato sobre o plano
diametral de altura (Fig. 12).

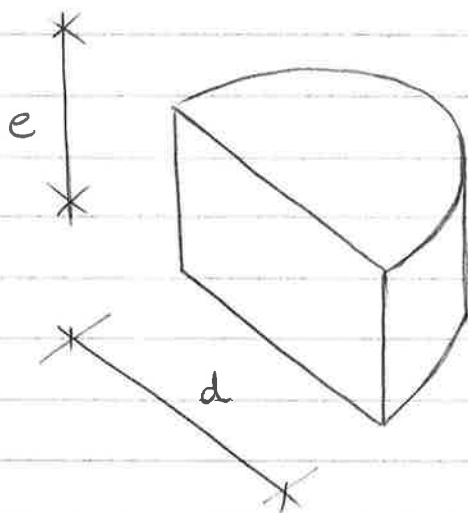


Fig. 12

a condição de segurança da ligação frente ao
esmagamento da chapa é dada por

$$\sigma_b = \frac{P}{ed} \leq \bar{\sigma}_b, \quad (8)$$

onde $\bar{\sigma}_b$ é a tensão admissível ao contato do
material da chapa.

A tensão admissível ao contato $\bar{\sigma}_b$ é da
ordem de duas da tensão admissível à tração $\bar{\sigma}_t$
do material da chapa:

$$\bar{\sigma}_b \cong 2 \bar{\sigma}_t. \quad (9)$$

A equação e da chapa pode ser obtida
a partir de (8):

$$e \geq \frac{P}{d \bar{\sigma}_b}; \quad (10)$$

adotando o critério de mínimos custos, tem-se

$$e = \frac{P}{d \bar{\sigma}_b}. \quad (11)$$

A verificação por esmagamento de distribuição de tensão de esmagamento da chapa pelo rebite, poderia ser feita também o esmagamento do rebite pela chapa, como é mostrado na Fig. 13.

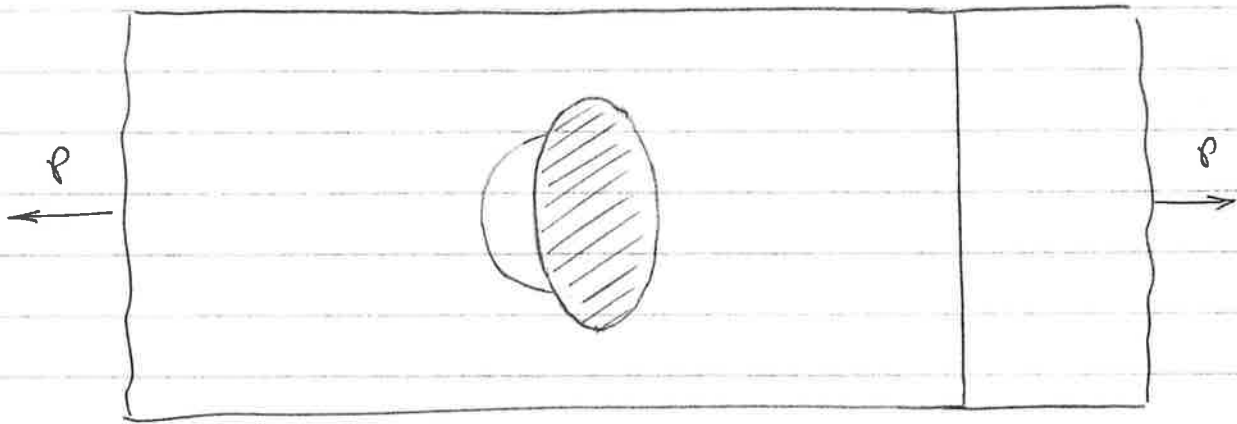


Fig. 13

A experiência mostra, entretanto, que nas ligações mais o que ocorre é o esmagamento da chapa pelo rebite, não o contrário.

A verificação da fusão de bordas entre o rebite e as chapas permite o dimensionamento da espessura e das chapas.

Passa-se agora à verificação da fusão de tra-

ty nas chagas.

c) Verificação da tensão de tração nas chagas.

A verificação da tensão de tração nas chagas permite determinar sua largura b (Fig. 14).

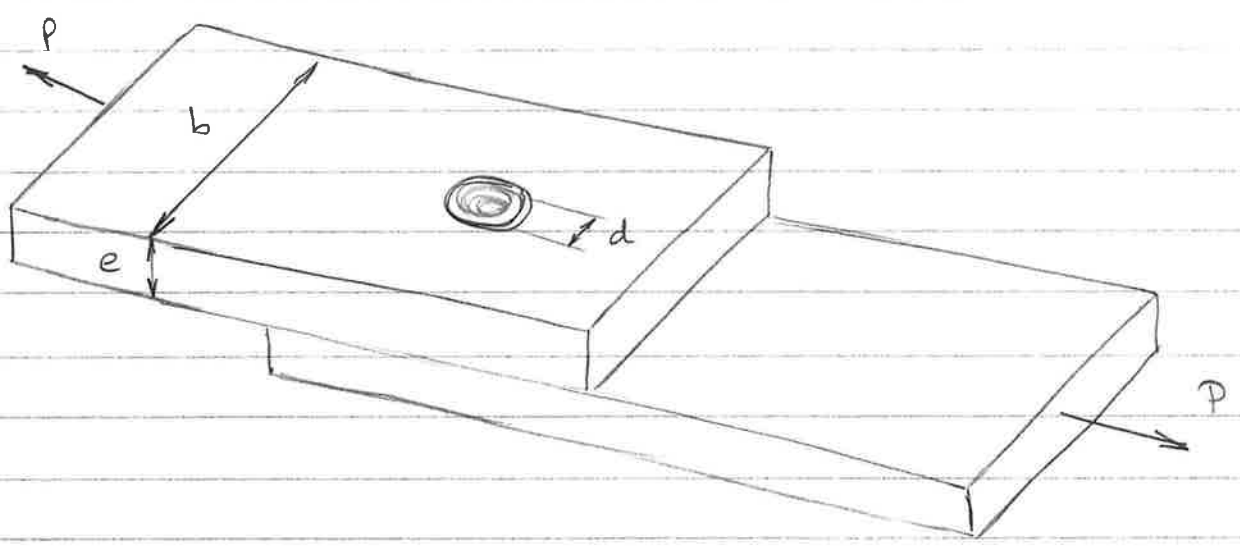


Fig. 14

Na Fig. 15 indicam-se os esforços que atuam na chaga 1. As tensões normais na borda esquerda da chaga, por este momento estariam sendo substituídas por sua resultante P , em conseqüência a força esgológica mente indicada, nesta figura indicam-se também, de forma esquemática, o caminho da resultante dos esforços no interior da chaga 1.

Como se observa na Fig. 15, o furo enfraquece a chaga, ao diminuir sua seção transversal.

A seção transversal de menor área é a que contém o eixo do eixo, e se nada for a che-

po pode se nome de *gas traça*, como se mostra na Fig. 16.

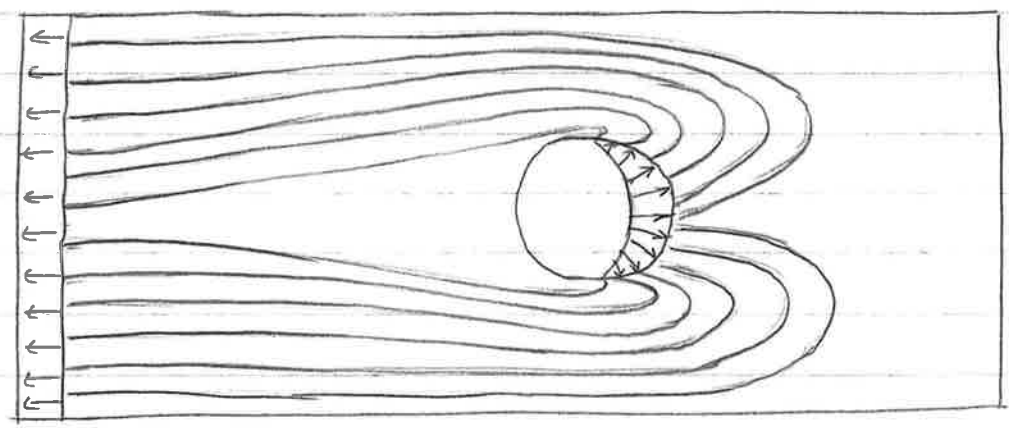


Fig. 15

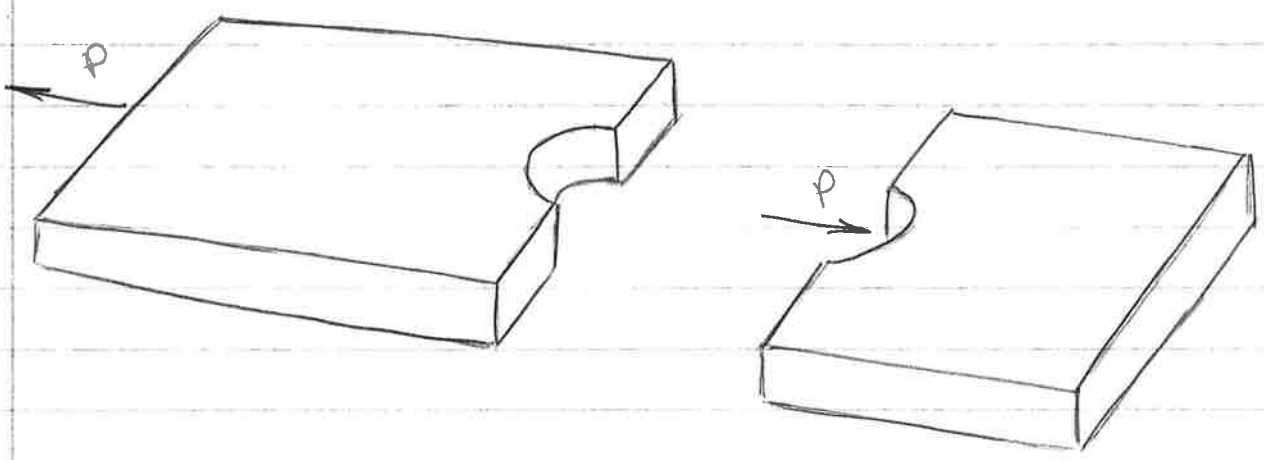


Fig. 16

admitindo que as tensões de traça nestas peças mais delicadas sejam uniformemente distribuídas, tem-se como condição de ruptura da peça perante a ruptura por traça:

$$\sigma = \frac{P}{(b-d)e} \leq \bar{\sigma}_t, \tag{12}$$

onde b é a largura da chapa, d , o diâmetro do rebite e e , a espessura da chapa; $\bar{\sigma}_t$ é a tensão admissível à tração do material da chapa.

Na Fig. 17 indicam-se as tensões nesta região mais solicitada à tração.

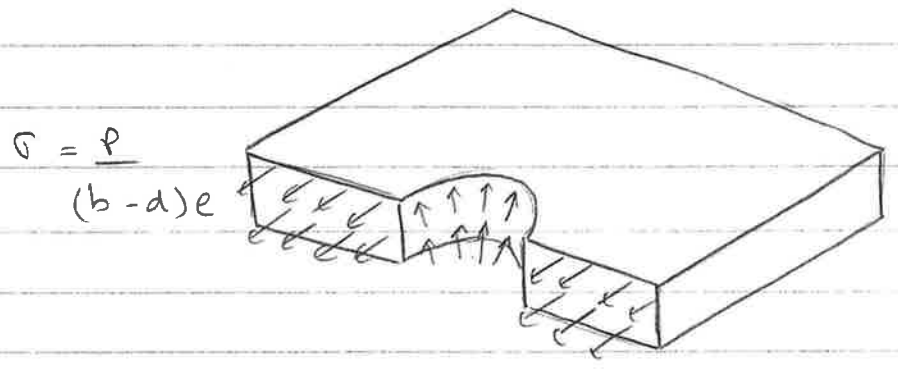
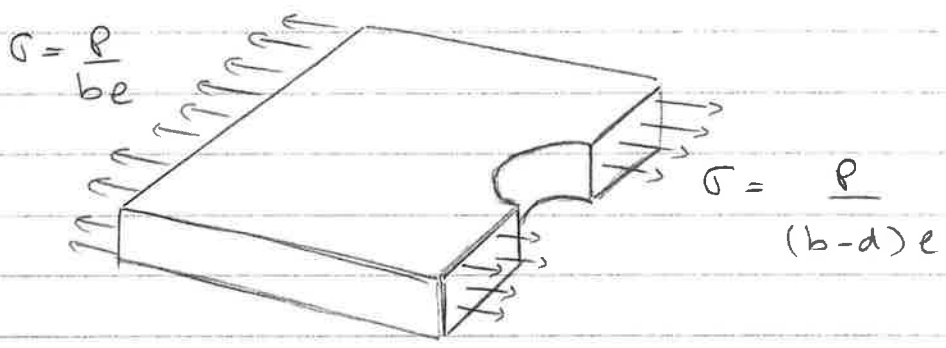


Fig. 17

a largura b das chapas é obtida a partir de (12):

$$b = d + \frac{P}{\bar{\sigma}_t e} \quad (13)$$

Verificam-se que, na ligação de chapas traçadas, o furo enfraquece as chapas. O mesmo não se dá na ligação de chapas com parafusos, como se observa na Fig. 18, em que

se analisa o laminamento dos esforços, em termos de
 ab.

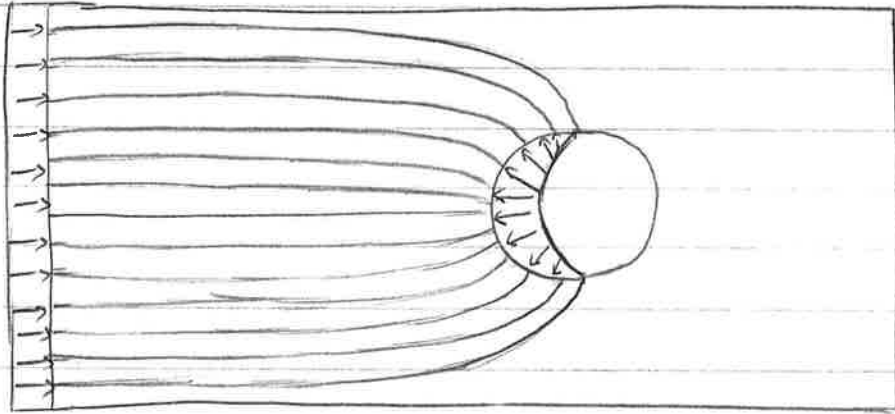


Fig. 18

Como o furo não se fecha em cargas, a condição de segurança de longo prazo quanto a ruptura por compressão das chagas tem de levar a condição de segurança de longo prazo das barras comprimidas:

$$\sigma = \frac{P}{be} \leq \bar{\sigma}_c, \quad (14)$$

onde b é a largura das chagas, e é sua espessura e $\bar{\sigma}_c$ é a tensão admissível à compressão de um material.

a largura b das chagas é dada por

$$b = \frac{P}{\bar{\sigma}_c e} \quad (15)$$

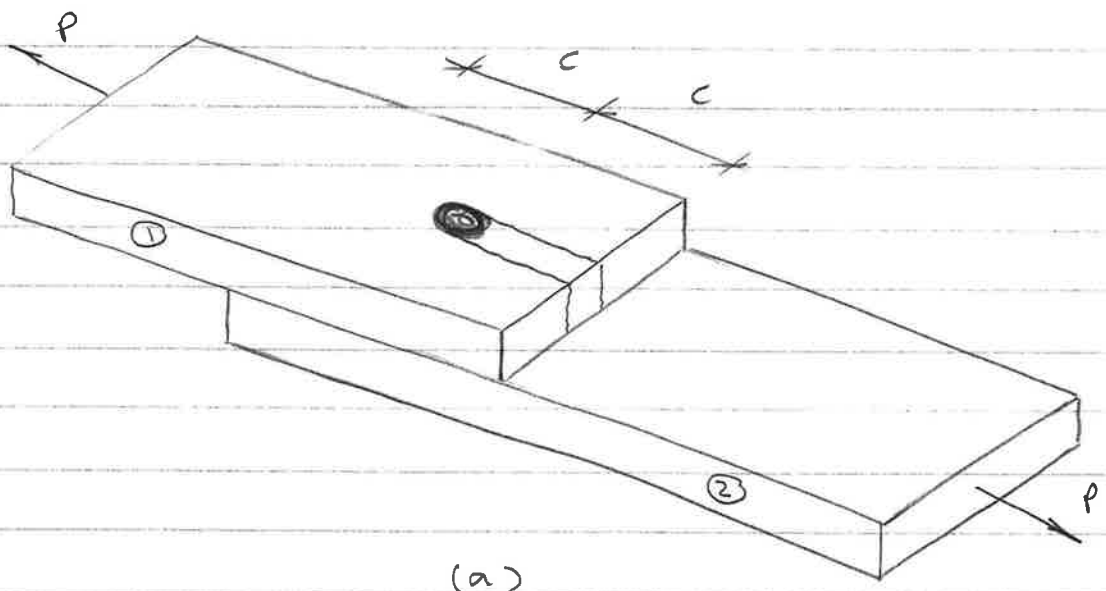
Quando se tem ligações de barras comprimidas, as outras duas verificações de segurança - a tensão de esmagamento no rebite e a tensão de cisalhamento entre o rebite e as chagas - são feitas exatamente da mesma forma que no caso das ligações de barras traçadas.

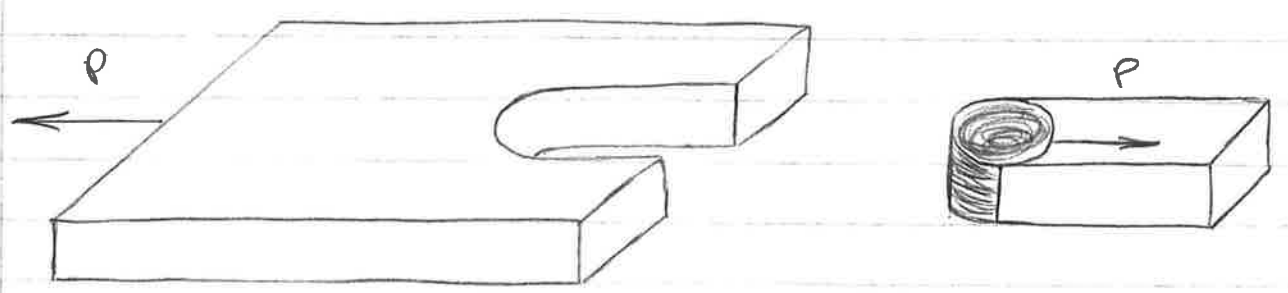
d) Verificação da tensão de esmagamento das chagas

Existe ainda uma outra verificação de segurança, que deve ser feita, a da tensão de esmagamento nas chagas.

Se a distância c entre o centro do rebite e a borda das chagas for pequena, o rebite trabalhará nas chagas.

Na Fig. 19(a) estão indicados os planos em que se dá o corte da chaga I; na Fig. 19(b) o modo de ruptura desta chaga encontra-se indicado em perspectiva.





(b)

Fig. 19

hos planos longitudinaes em que a magnitude da carga ha' certo valor, e n'esse estado os tenso'es de cisalhamento nos lados na Fig. 20.

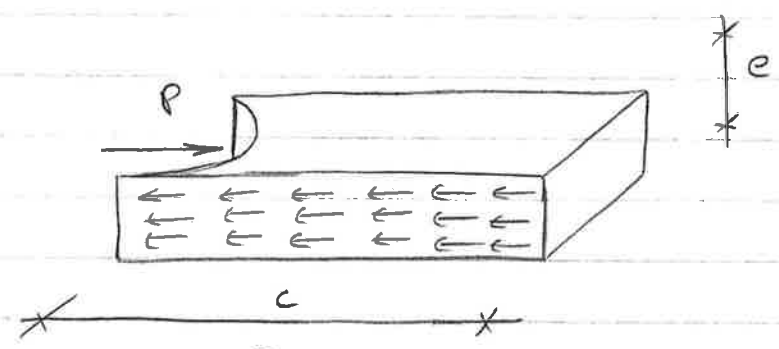


Fig. 20

Essas tenso'es s'ao iguais a

$$\tau = \frac{P}{2ce}, \tag{16}$$

Logo a condic'ao de ruptura e da seguinte forma ao longo das cargas que s'ao aplicadas por

$$\tau = \frac{P}{2ce} \leq \bar{\tau}, \tag{17}$$

onde $\bar{\sigma}$ é a tensão admissível ao trabalho do material da chapa, o valor de c se obtém de (17):

$$c = \frac{P}{2e\bar{\sigma}} \quad (18)$$

A verificação da tensão de trabalho do material das chapas permit, galv, dimensionadas a distância c entre o centro do rebite e a borda transversal das chapas.

Com esta última verificação, conclui-se o dimensionamento da ligação mostrada na Fig. 1, tendo-se determinado todas as dimensões das chapas 1, 2 e do rebite por se um.

A junta examinada no Exemplo 1 recebe o nome de junta por superposição, pois uma chapa é colocada sobre a outra.

Exibe-se, no próximo exemplo, uma junta de togo, em que as chapas a serem ligadas são colocadas uma na frente da outra, empregando-se chapas auxiliares - chamadas chapas colu-juntas - para uni-las.

Exemplo 2

Dois chapas tracionadas são unidas por meio de rebites, como se mostra na Fig. 21.

Dimensionar a ligação.

trabalho a ser realizado no p. 45

No exemplo 1, a força aplicada em uma das chegas, por exemplo a chaga 2, é transferida diretamente à chaga 1 pelo rebite.

Neste exemplo 2, a transferência de esforços da chaga 2 à chaga 1 é feita de forma indireta: ao tentar se deslocar, a chaga 2 leva consigo as chagas 3 e 4, às quais está ligada por rebites; as chagas 3 e 4 também estão a deslocar-se, levando junto a chaga 1, à qual também se ligam por rebites; estando a chaga 1 vinculada, surge de - x o movimento de alongar, por fora e por dentro, dando-se assim a transferência de esforços da chaga 2 à chaga 1.

As duas ligações têm, portanto, características bastante distintas.

Salta-nos a olho ao dimensionamento da ligação, por sua feição de forma a π e π ligadas, com relação aos diferentes modos de ruptura possíveis:

São dados: $d = 1,0 \text{ cm}$
 $\bar{\sigma}_{\text{chite}} = 16 \text{ kN/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_{t, \text{chapa}} = 12 \text{ kN/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_{b, \text{chapa}} = 24 \text{ kN/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_{\text{chapa}} = 9 \text{ kN/cm}^2$

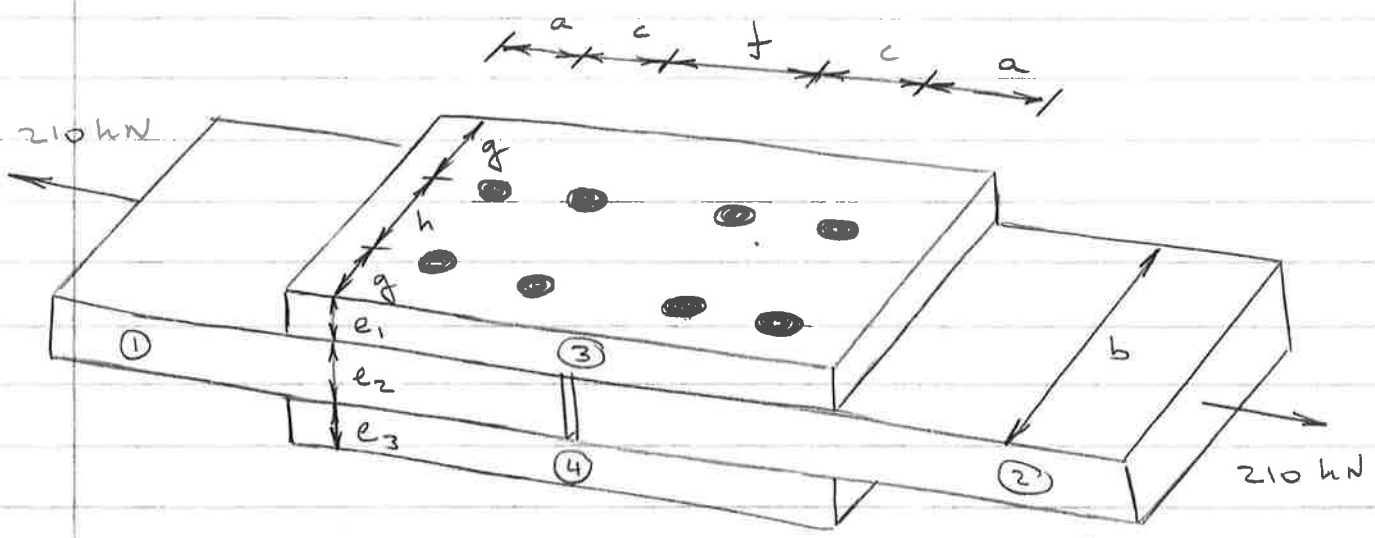


Fig. 21

Tem-se neste exemplo uma junta de toco, em
 que duas chapas travadas - as chapas 1 e 2 - são
 ligadas por meio de chites, empregando-se para
 isto duas chapas auxiliares - as chapas 3 e 4 -
 -junta 3 e 4.

→ *

a) Verificar a lei de segurança da ligação frente ao
 corte dos chites.

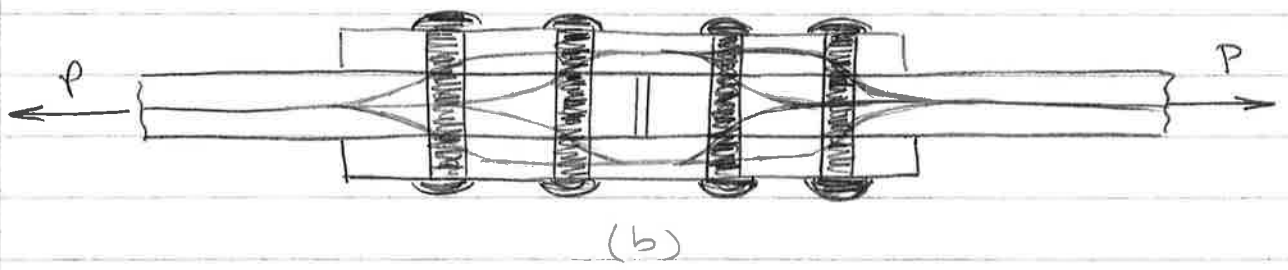
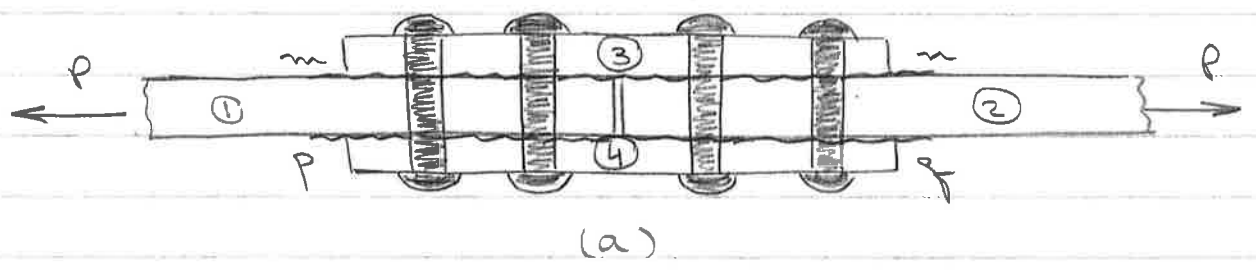
Na Fig. 22 (a) mostra-se um corte longitudinal

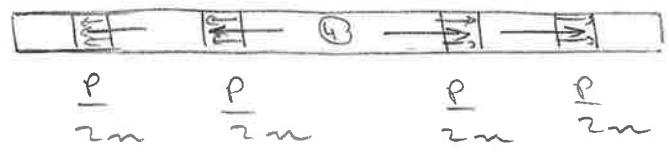
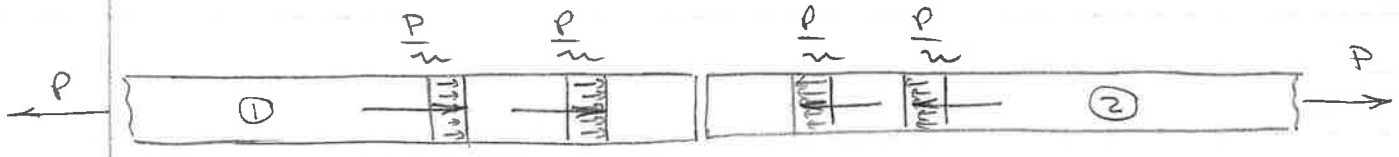
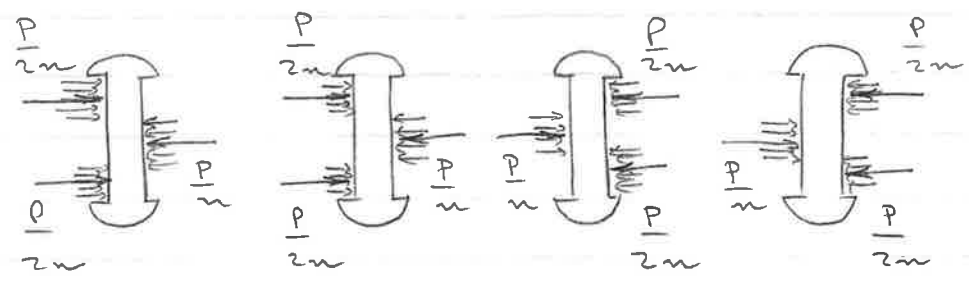
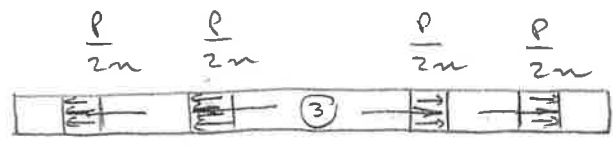
* colocar a pua o título à p. 44.

donal da ligação; na fig. 22 (b) e gu se mostram as linhas de laminação dos esforços desde a chega 2 até a chega 1; na fig. 22 (c) mostram-se isoladamente cada um dos elementos da ligação e os esforços que n'elles actuam, estando representadas as tensões de contacto entre os rebites e as chegas, e indicadas as resultantes destas tensões; na fig. 22 (d) mostram-se as chegas e rebites por um corte dos rebites nas riveis situadas nas interfaces entre as chegas 1 e 2 com as chegas 3 e 4, sendo indicadas as forças que actuam nas riveis em que foram cortados os rebites.

Admitte-se, na fig. 22, que n rebites unam a chega 2 às chegas 3 e 4 e que outros n rebites unam a chega 1 às chegas 3 e 4, num total, portanto, de $2n$ rebites na ligação.

Admitte-se, também, que todos os rebites que ligam a chega 2 às chegas 3 e 4 trabalhem igualmente, isto é, que cada um d'elles transmite a mesma força da chega 2 às chegas 3 e 4; o mesmo se segue com relação aos rebites que ligam a chega 1 às chegas 3 e 4.





(c)

* colocar em todos os eixos abaixo da Fig. 22:

a vista esquelética da Fig. 22 (c) mostra claramente como se dá a transferência de esforços entre os diferentes elementos da caixa, e como se dá o equilíbrio de cada um deles.

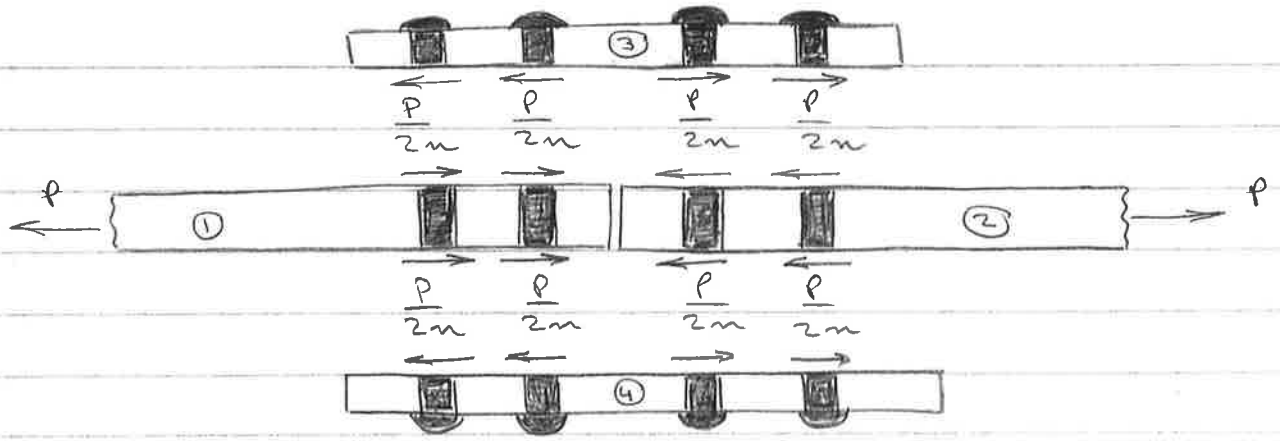
observa-se, nas Figs. 22 (c) e (d), que metade da força P aplicada na chapa 2 é transferida para a chapa 3 e a outra metade, para a chapa 4, passando destas chapas para a chapa 1.

nota-se, ainda, que, ao contrário do que ocorre no exemplo anterior, os rebites estão agora submetidos a um carregamento simétrico, não se dando a péria rotação da

(continua na p. 50)

deja es verificada no Exemplo 1, mostrada na Fig. 6.

Esta é uma vantagem das juntas de tipo com mola as juntas por mola, pois, não ocorrendo a soltura da ligação, não há frouxidão nas peças e nos rebites e as forças secundárias analisadas no exemplo anterior.



(d)

Fig. 22

→ volver a p. 48.

Si se aumenta o valor da força P aplicada às chaves, ocorrerá a ruptura da ligação por esmagamento das chaves, como se mostra na Fig. 23. Para que ocorra o esmagamento das chaves 1 e 2, é preciso que cada uma delas seja punida simultaneamente pelas chaves 3 e 4 e também em duas regiões transversais, as regiões indicadas nos pontos a e b das chaves 1 e 2 com as chaves 3 e 4.

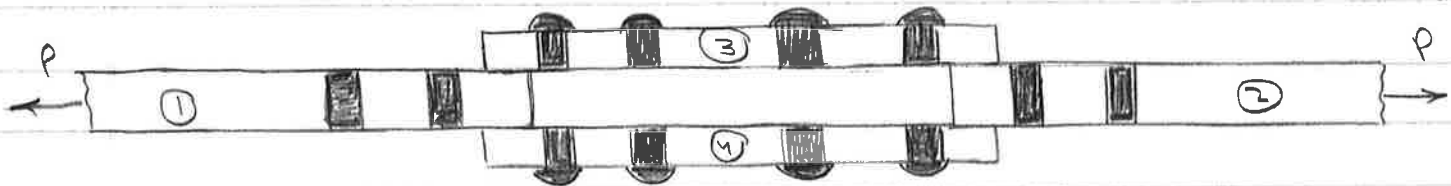


Fig. 23

No exemplo 1, a superfície da ligação é do tipo corte de uma única raiz do white, a raiz mm da Fig. 1(a). Diz-se, neste caso, que se tem usualmente um único do white; o white possui uma única raiz resistente, pela qual passa toda a força transferida pelo white.

Neste exemplo 2, a superfície da ligação é do tipo corte de duas raízes dos white, as raízes mm e gf da Fig. 22(a). Diz-se, neste caso, que se tem usualmente duas raízes de white; o white possui duas raízes resistentes, e por cada uma delas passa metade da força total transferida pelo white.

Nestas raízes resistentes do white a solicitação de corte que se faz, pois, existe a tendência de uma parte do white esmagar sobre a outra, no plano de raiz transversal.

O corte que nestas raízes é caracterizado pela força constante $V = P/2n$ por as raízes mm (Fig. 22(d)), e a condição de segurança da ligação perante ao corte dos white é igual a que

$$\sigma = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{P}{2n \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{2P}{n \pi d^2} \leq \bar{\sigma}_{white}, \quad (19)$$

de onde se tira o número n de white que devem ser utilizados em cada lado da ligação:

$$n \geq \frac{2P}{\pi d^2 \bar{\sigma}_{white}} \quad (20)$$

Com os dados numéricos do problema, obtém-se

$$n > \frac{2 \cdot 210}{\pi \cdot 1,0^2 \cdot 16} = 8,4 \quad (21)$$

Adota-se $n = 9$.

Como neste exemplo o tipo de rebite a ser utilizado na ligação é conhecido, a verificação da segurança, relativamente ao corte dos rebites permite determinar o número de rebites que devem ser empregados.

b) Verifica-se a segurança da ligação frente ao esmagamento das chapas.

Na Fig. 22 (c) mostram-se as forças de contacto entre os rebites e as chapas.

A condição de segurança, relativamente ao esmagamento das chapas 3 e 4, tem expressão σ_b e

$$\sigma_b = \frac{P}{2ne_1d} \leq \bar{\sigma}_b; \quad (22)$$

a condição de segurança, relativamente ao esmagamento das chapas 1 e 2, tem expressão σ_b e

$$\sigma_b = \frac{P}{ne_2d} \leq \bar{\sigma}_b. \quad (23)$$

Das duas exigências, deve-se

$$e_1 \approx \frac{P}{2m d \bar{\sigma}_b} = \frac{210}{2 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 24} = 0,49 \text{ cm} \quad (24)$$

e

$$e_2 \approx \frac{P}{n d \bar{\sigma}_b} = \frac{210}{9 \cdot 10 \cdot 24} = 0,97 \text{ cm} \quad (25)$$

A tabela a seguir para as seguintes os valores

$$e_1 = 0,5 \text{ cm} \quad (26)$$

e

$$e_2 = 1,0 \text{ cm} \quad (27)$$

c) Verificação da segurança da ligação frente à ruptura das chapas por tração.

Para se comentar por os furos em função as chapas, pois diminuirá suas áreas transversais. Para fazer o dimensionamento das chapas à tração, deve-se, portanto, conhecer a distribuição dos rebites na ligação, para se possa considerar a diminuição de área provida pelos furos.

O que se, neste exemplo, por dizer os nove rebites de cada lado da ligação em três fileiras com três rebites em cada uma, como se mostra na Fig. 24.

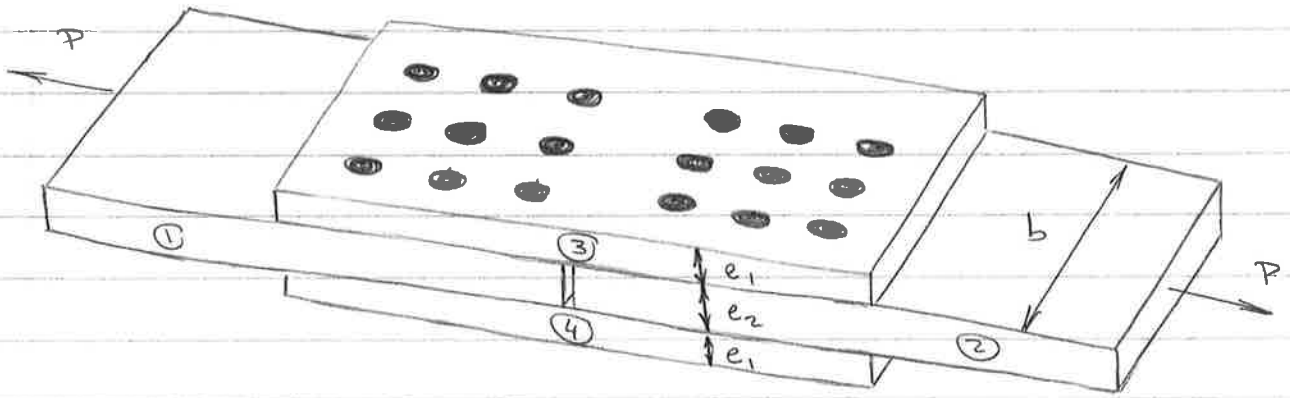


Fig. 24

Fig. 24 agora a verificação da carga 3ª etapa. Na Fig. 25 apresentamos as forças por unidade de área

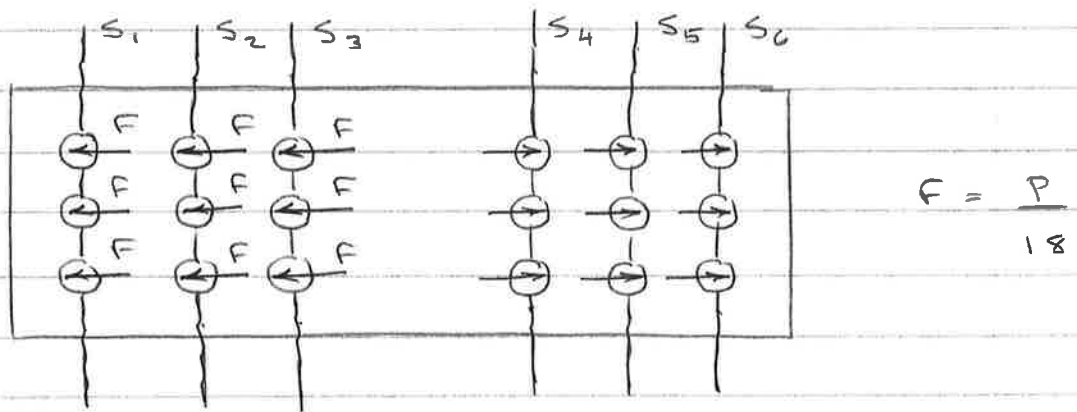


Fig. 25

nas seções transversais mais enfraquecidas pelos furos têm-se as seguintes forças normais de tração:

- nas seções S_1 e S_6 : $N = 3 \cdot \frac{P}{18} = \frac{P}{6} = \frac{210}{6} = 35 \text{ kN}$

- nas seções S_2 e S_5 : $N = 6 \cdot \frac{P}{18} = \frac{P}{3} = \frac{210}{3} = 70 \text{ kN}$

• $\sigma_{3,4} = S_3 + S_4; N = 9, P = \frac{P}{2} = \frac{210}{2} = 105 \text{ kN}$

O dimensionamento da chapa 3ª a tração deve ser feito, portanto, para as tensões $S_3 + S_4$:

$$\sigma_t = \frac{P}{(b-3d)e} \leq \bar{\sigma}_t, \quad (28)$$

dividindo

$$b \geq \frac{P}{2e, \bar{\sigma}_t} + 3d. \quad (29)$$

Com os dados numéricos do problema, tem-se

$$b \geq \frac{210}{2 \cdot 0,5 \cdot 12} + 3 \cdot 1,0 = 20,5 \text{ cm.} \quad (30)$$

Esta verificação se aplica também à chapa 4, pois, por simetria, as chapas 3 e 4 têm exatamente o mesmo funcionamento.

O valor por ser adotado para b ainda não pode ser definido, pois depende também da verificação das chapas 1 e 2 à tração, já que a dimensão por todas as chapas da ligação governa a mesma largura.

Há Fig. 26 apresentando a chapa 1 e as forças por nela atuam.

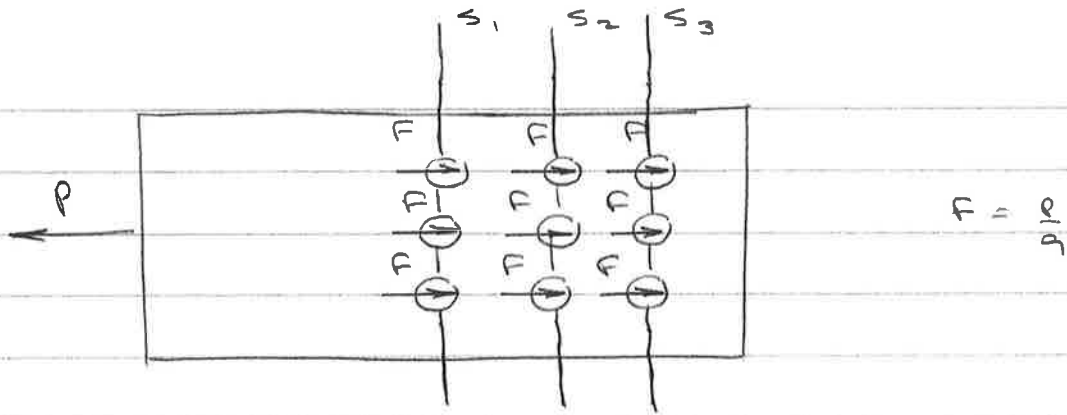


Fig. 26

O dimensionamento da chaga 1 deve ser feito para a carga S_1 , onde a força normal de tração é igual a P :

$$\sigma_t = \frac{P}{(b-3d)e_2} \leq \bar{\sigma}_t, \quad (31)$$

Logo

$$b \geq \frac{P}{e_2 \bar{\sigma}_t} + 3d = \frac{210}{1,0 \cdot 12} + 3 \cdot 1,0 = 20,5 \text{ cm.} \quad (32)$$

Se a dimensão da ligação, obtiver-se por esta verificação, aplica também à chaga 3.

Nota-se que as duas limitações inferiores para b , dadas por (30) e (32), coincidem. Este resultado já era esperado, pois, a partir da força normal máxima da chaga 1 ou o dobro da da chaga 3, uma espessura e_2 é também exatamente o dobro da espessura e , da chaga 3.

Adoleta-se, então,

b = 20,5 cm.

(33)

a) verificar a segurança da ligação quanto à ruptura das chagas por tração permitida dimensionar a largura b das chagas.

Talvez seja determinar a exata posição em que se deve colocar os rebites, isto é, determinar as distâncias entre os rebites e entre os rebites e as bordas das chagas.

d) verificar a segurança da ligação quanto ao corte das chagas.

Na Fig. 27, mais uma vez mostra-se a chaga 1. a distância i entre o centro dos rebites e a borda transversal da chaga é determinada de forma a haver segurança quanto ao corte das chagas pelos rebites.

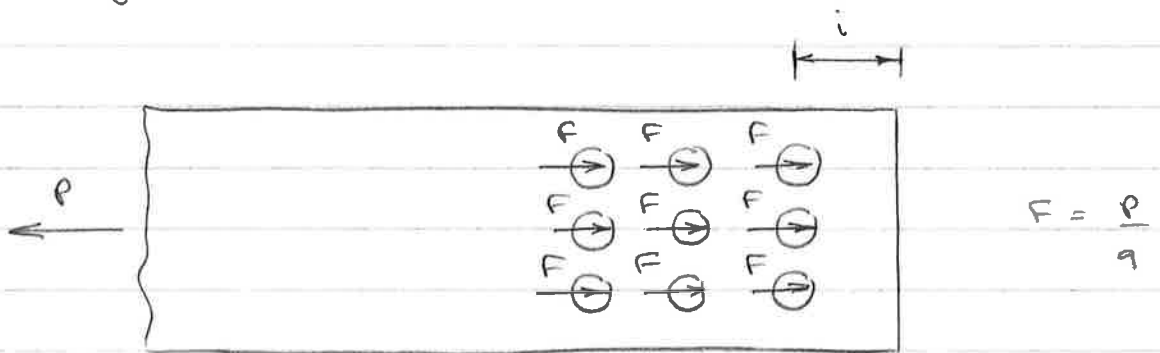


Fig. 27

a condição de segurança a ser satisfeita é

$$\sigma = \frac{F}{i \cdot e_2} \leq \bar{\sigma}_{chaga}, \tag{33}$$

Logo

$$i \gg \frac{F}{2 \epsilon_2 \bar{E} d_{hoja}} \quad (34)$$

nestes exemplos, basta a

$$i = \frac{210}{2 \cdot 9 \cdot 1,0 \cdot 9} = 1,30 \text{ um.} \quad (35)$$

Devido à simetria da ligação, esta deve ser também a distância entre os centros dos rebites e a borda transversal da chapa 2.

Não é difícil verificar por, também no caso das chapas onde se junta 3 e 4, as distâncias a indicadas na Fig. 21, entre os centros dos rebites e as bordas transversais das chapas, devem ser a dada por (35).

Para que o dimensionamento da ligação fique completo, falta determinar a distância g entre os centros dos rebites e as bordas longitudinais das chapas, e as distâncias c e h entre os centros dos rebites.

Sabe-se, da verificação das chapas à tração, que

$$2g + h = b = 20,5 \text{ um.} \quad (36)$$

Esta condicao, que garante a segurancia da ligadura, perante a completa vigencia das cheias por traçoes, não é suficiente para impedir rupturas por traçoes localizadas, que poderiam ocorrer se os rebites forem colocados muito próximos das bordas longitudinais das cheias.

Na fig. 28 mostra-se o laminha-murch dos esforços em uma cheia de uma ligadura em que as rebitegadas agenas dos rebites colocados muito próximos das bordas

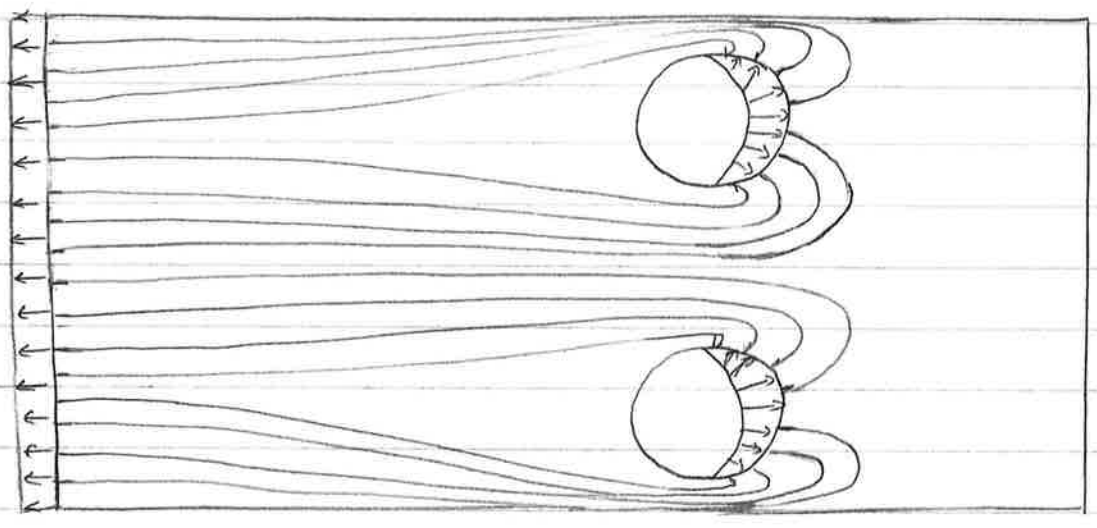


Fig. 28

Observa-se nesta figura que há uma grande concentração de tensões nos centros das cheias situados entre os rebites e as bordas longitudinais, podendo ocorrer a ruptura localizada da cheia nestas regiões, como se mostra na fig. 29.

Para garantir a segurança da ligadura perante este tipo de ruptura localizada, deve-se deixar entre os centros dos rebites e as bordas longitudinais das cheias uma distância igual

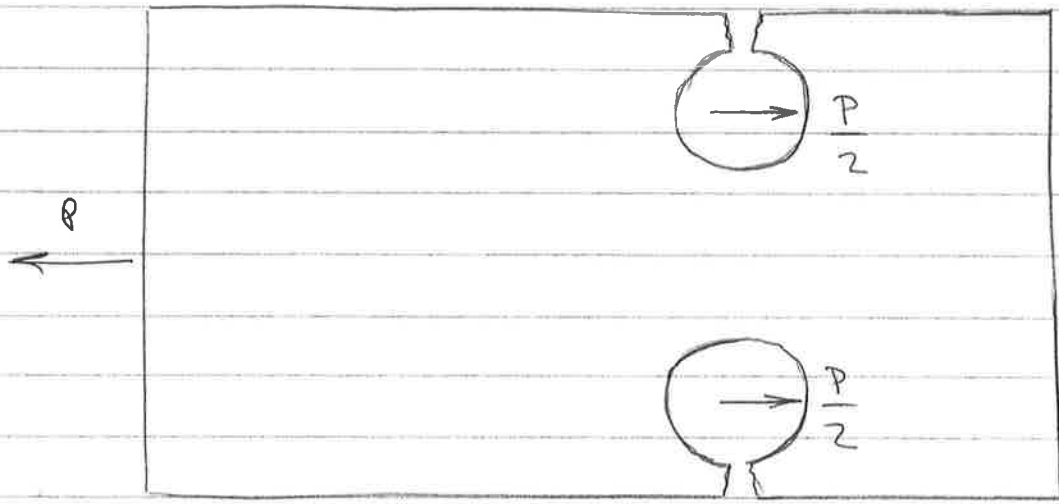


Fig. 29

ou superior a uma mínima considerada a fim de as normas de projeto e execução das estruturas de aço fornecerem os valores destas distâncias mínimas a serem reguladas; no caso da norma Brasileira, a NB-14, de 1986, esta distância mínima depende do diâmetro do rebite, variando de $1,25d$ a $1,50d$.

Por simplicidade, adotar-se-á aqui como distância mínima $1,5d$ em todos os casos, qualquer que seja o diâmetro do rebite.

nesse exemplo 2, tem-se então

$$g \geq 1,5 \cdot 1,0 = 1,5 \text{ cm.} \tag{37}$$

além da distância mínima entre os centros dos rebites e as bordas longitudinais das chapas, as normas também exigem qual deve ser a distância mínima entre os centros dos rebites e as bordas transversais das chapas e

qual deve ser a distância mínima entre os centros de dois white vizinhos.

a distância mínima entre os centros dos white e as bordas transversais das chagas, como já se viu antes, deve garantir a exigência de ligação para os centros das chagas pelos white.

a norma Br 11.111 não faz distinção entre as bordas das chagas, e estipula uma única distância mínima a ser deixada entre os centros dos white e as bordas das chagas, para se quer para as exigências de ligação transversais, ou mesmo oblíquas.

Se mínimo, como se conhece há pouco, varia de 1,25 d a 1,50 d, tendo-se adotado, simplificação de mais, 1,50 d como seu valor.

no caso deste exemplo, tem-se, então, de acordo com a norma Br 11.111

$$a = c \geq 1,5 d = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5 \text{ cm.} \quad (38)$$

a adoção do mínimo estipulado pelas normas garante a exigência de ligação para os centros das chagas pelos white, e dispensa por se fazer, suficientemente a verificação de ligação.

no presente exemplo, esta verificação já havia sido feita, tendo-se chegado a

$$a = c \geq 1,3 \text{ cm,} \quad (39)$$

tendo-se adotado

Tudo a ser resolvido no § 73:

temo a falta de examinar, aqueles constru-
tos, a respeito de determinar os valores
mínimos das distâncias entre os centros dos
rêbites e as bordas das peças e entre os
centros de rêbites vizinhos.

Devem-se resgatar também valores máxi-
mos para estas distâncias, a fim de garantir uma
afetiva solidariedade das peças
que estão sendo unidas; no caso das
peças com furos, a limitação superior
do espaçamento longitudinal dos rêbites
tem também como objetivo impedir que nesta
região se tenha flambagem localizada
das peças.

A NB-14/86 estabelece que as distâncias
entre os centros dos rêbites e as bordas das
peças não devem ser menores que 12 vezes a
espessura da parte ligada, nem a 15 mm.

As distâncias máximas entre os centros
de rêbites vizinhos determinadas pela
NB-14/86 dependem do tipo das peças
que estão sendo ligadas, e não serão
aquelas dadas aqui.

$a = c = 1,3 \text{ km},$

(40)

valores para r bastante próximos ao determinado pela norma Brasileira.

A forma a satisfazer a NB-14/86, passa-se a adotar neste exemplo

$a = c = 1,5 \text{ km}.$

(41)

a distância mínima a ser deixada entre os centros de abrigos vizinhos e de natureza construtiva; deve-se deixar entre os abrigos um espaço suficiente para uma boa fixação dos vigas e uma boa colocação dos rebites, ou seja, deixar espaço suficiente para fixar a gôndola utilizada bem as travessas empregadas para fixar as vigas e para formar as calças dos rebites.

a NB-14/86 estabelece que a distância mínima entre os centros de abrigos vizinhos seja $3d$; no presente exemplo, deve-se ter, portanto,

$h \geq 3d = 3 \cdot 1,0 = 3,0 \text{ km}$

(42)

e

$c \geq 3d = 3 \cdot 1,0 = 3,0 \text{ km}.$

(43)

* →

tem-se agora condições de determinar todas as distâncias entre abrigos indicadas na Fig. 30.

* colocar a fixação tridimensional da Fig. 70.

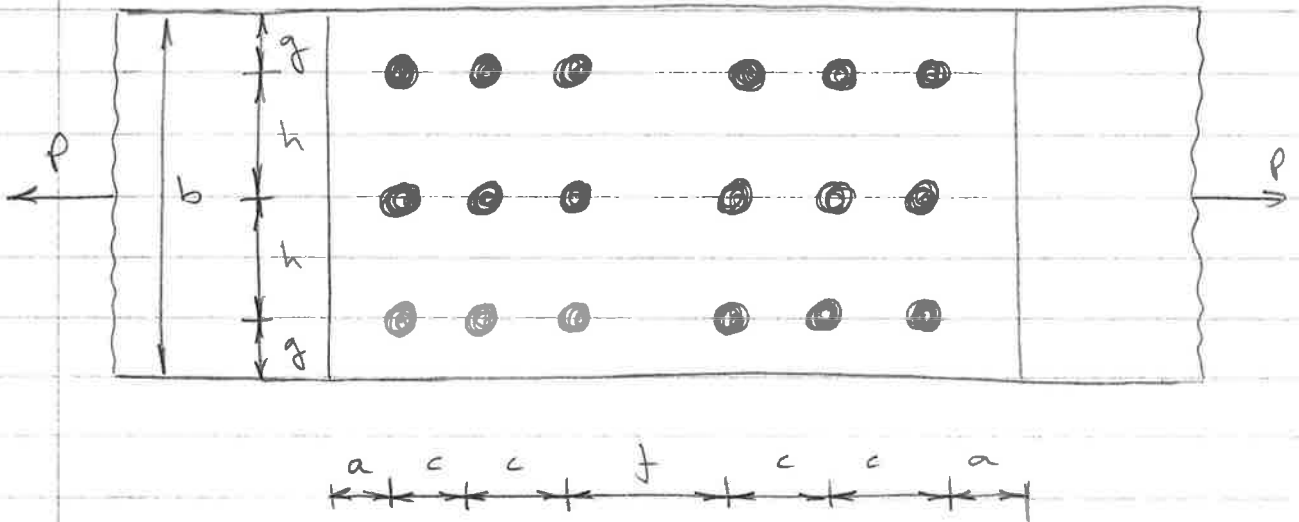


Fig. 30

Para serem obtidos os valores de a e de $c = \frac{f}{2}$:

$$a = c = \frac{f}{2} = 1,5 \text{ cm}, \quad (44)$$

Logo

$$f = 2c = 3,0 \text{ cm}. \quad (45)$$

Também se determina que

$$b = 2g + 2h = 20,5 \text{ cm}; \quad (46)$$

tem-se ainda que

$$g \geq 1,5 \text{ cm} \quad (47)$$

~

$$h \gg 3,0 \text{ km.}$$

(48)

Ado h para g o valor mínimo

$$g = 1,5 \text{ km,}$$

(49)

obtem-se para h

$$h = \frac{b - 2g}{2} = \frac{20,5 - 2 \cdot 1,5}{2} = 8,75 \text{ km.} \quad (50)$$

Finalmente, ado h também para c o valor mínimo

$$c = 3,0 \text{ km.}$$

(51)

Estão assim determinadas as posições dos rebites, tendo-se então completado o dimensionamento da ligação.

Na Fig. 31 indicam-se as dimensões obtidas.

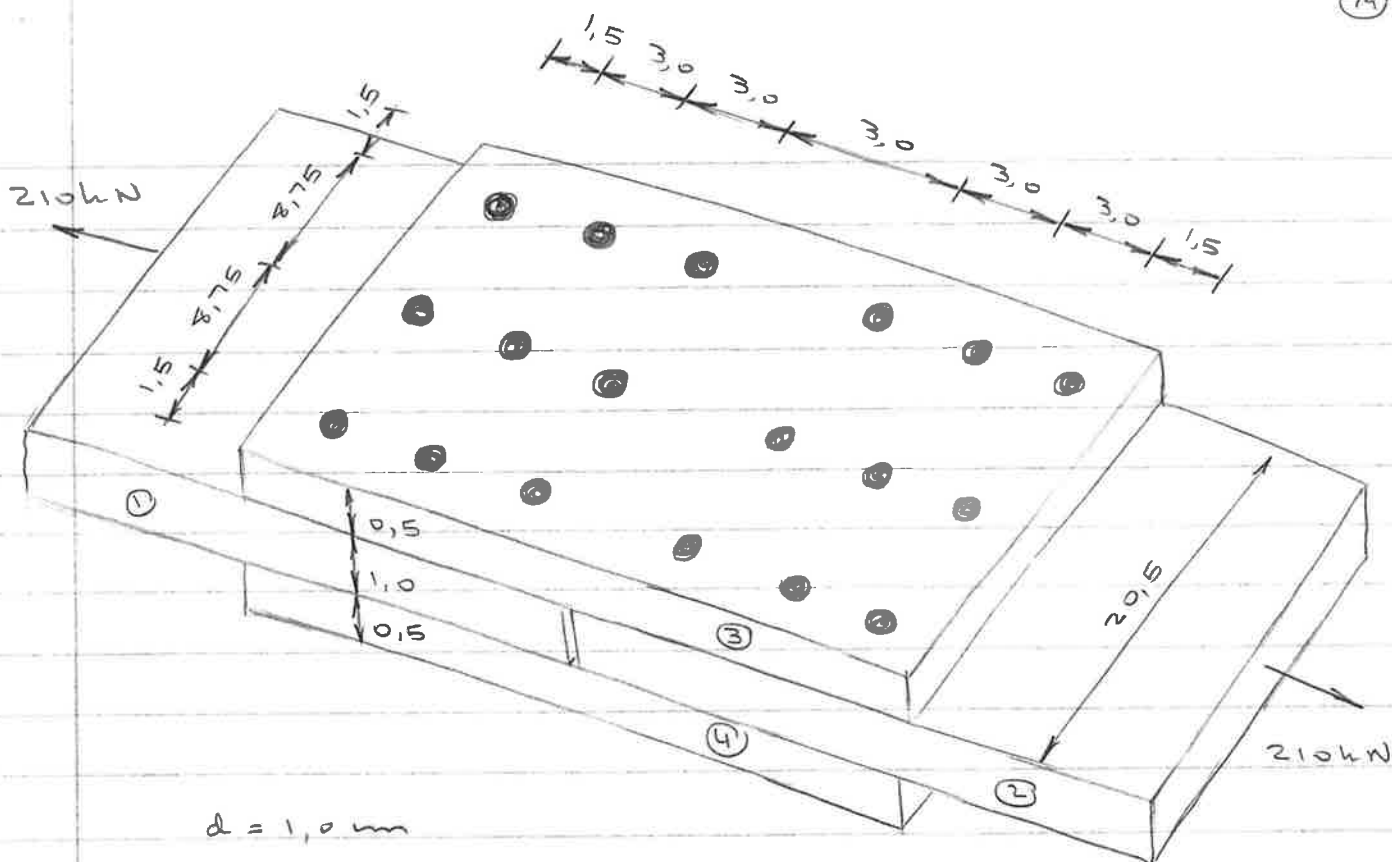


Fig. 31

Examina-se agora mais uma união de barras traçadas.

Exemplo 3

Primeira avaliar a ligação de lig da Fig. 32, com duas barras de madeira tão unidas por meio de duas peças de aço.

São dados:

$\bar{\sigma}_m$ madeira = 6 kN/cm²

$\bar{\sigma}_t$ madeira = 10 kN/cm²

$\bar{\sigma}_b$ madeira = 20 kN/cm²

$\bar{\sigma}_b$ aço = 12 kN/cm²

$$\bar{q}_{\text{Eay}} = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$\bar{q}_{\text{Bay}} = 30 \text{ kN/m}^2$$

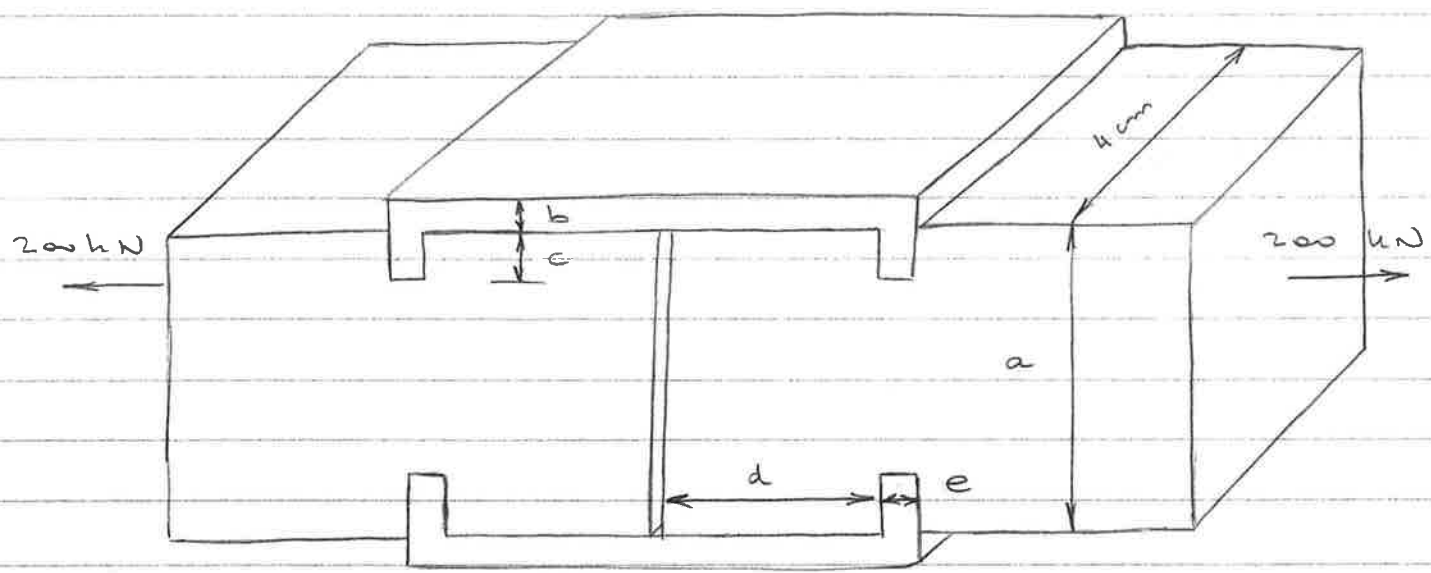


Fig. 32

Na Fig. 33 indicam-se os parâmetros e as partes
diferentes da ligação.

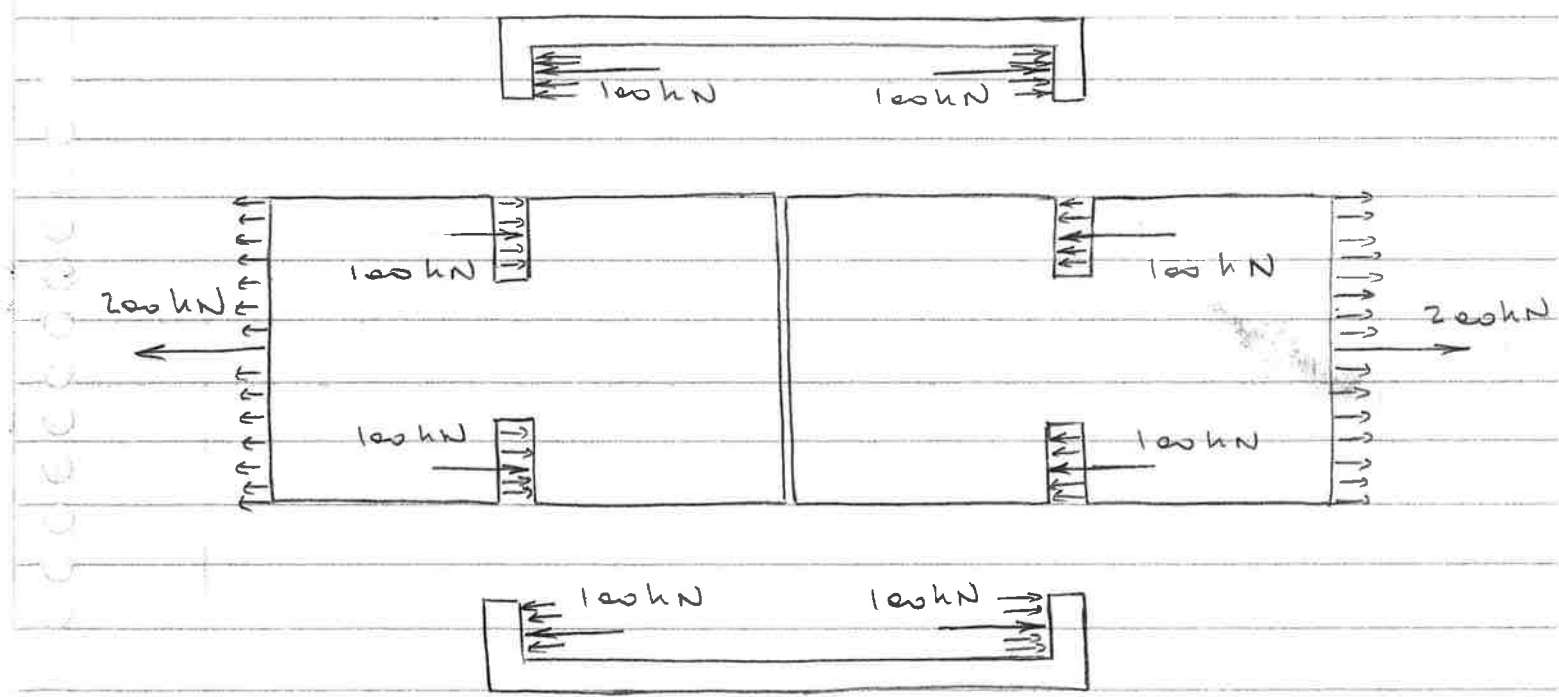


Fig. 33

as verificações de segurança necessárias são:

a) Verificação de segurança da ligação frente ao corte das barras de madeira.

Na Fig. 34 mostram-se as tensões em função da posição das barras de madeira por corte perpendicular (eixos S_1).

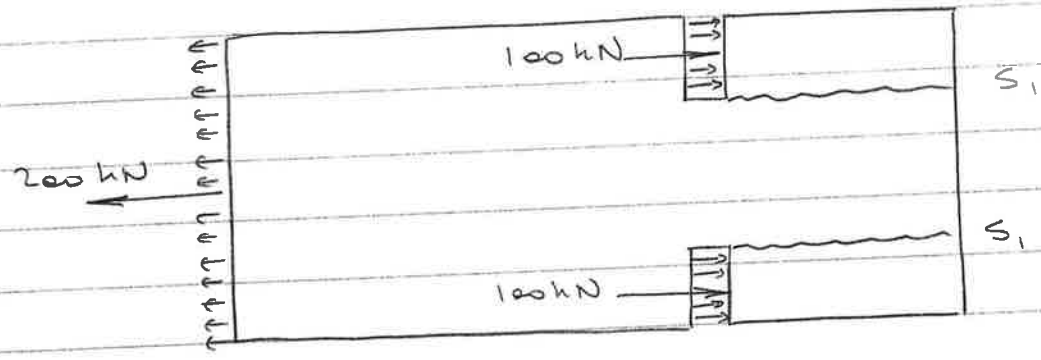


Fig. 34

a condição de segurança da ligação frente ao corte das barras de madeira é

$$\bar{\sigma} = \frac{100}{4 \cdot d} \leq \bar{\sigma}_{\text{madeira}} = 6, \tag{52}$$

de onde se obtém

$$d \geq \frac{100}{4 \cdot 6} = 4,2 \text{ cm.} \tag{53}$$

Adota-se

d = 4,2 cm.

(54)

b) Verificação da segurança da ligação frente ao esmagamento das barras de madeira.

Tem-se neste problema dois materiais em contato: madeira e aço. A segurança frente ao esmagamento deve ser obviamente verificada para o menos resistente deles, a madeira, como se depende das tensões de contato admissíveis.

A condição de segurança da ligação frente ao esmagamento das barras de madeira pelas peças de aço é

σ_b = 100 / 4.c ≤ σ_b madeira = 20, (55)

de se manda

c > 100 / 4.20 = 1,3 cm. (56)

Adota-se

c = 1,3 cm. (57)

c) Verificação da segurança da ligação frente à ruptura das barras de madeira por tração

a ruptura das barras de madeira por tração

podem dar em uma das σ_{\perp} transversais e fa-
 zer as gulas ranhuras em fuções inclinadas as
 gulas de apoio (eixo S_2 da fig. 35)

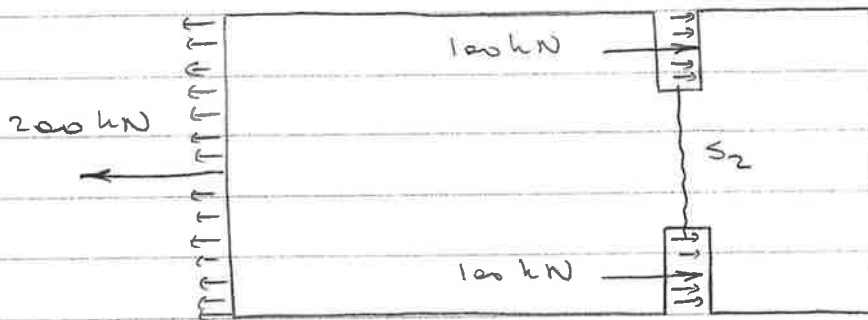


fig. 35

a condição de segurança relativamente à ruptura
 da base por tração é

$$\sigma_t = \frac{200}{4(a-2c)} \leq \bar{\sigma}_{\text{madeira}} = 10, \quad (58)$$

de onde se tem

$$a \geq \frac{200}{4 \cdot 10} + 2c = 5 + 2 \cdot 1,3 = 7,6 \text{ cm.} \quad (59)$$

adota-se

$$a = 7,6 \text{ cm.} \quad (60)$$

d) Verificação da segurança da ligação quanto ao
 corte das gulas de apoio.

as peças de aço podem romper-se por corte
nas seções S_3 indicadas na Fig. 36.



Fig. 36

a condição de segurança relativamente ao corte
das peças de aço é

$$\tau = \frac{100}{4 \cdot e} \leq \bar{\tau}_{aço} = 12, \tag{61}$$

de onde se tem

$$e \geq \frac{100}{4 \cdot 12} = 2,1 \text{ cm.} \tag{62}$$

Adota-se

$$e = 2,1 \text{ cm.} \tag{63}$$

e) Verificação de segurança frente à ruptura
das peças de aço por tração

as peças de aço podem romper-se por
tração em qualquer secção transversal S_4 a qualquer
lado na Fig. 37.

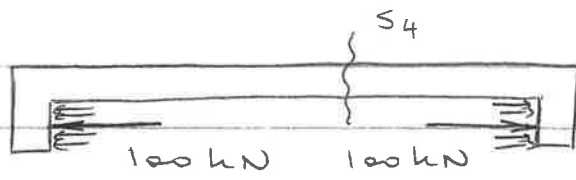


Fig. 37

a van de ley de vervoorsing relatiewa met de regter
 des ples de ay per tray e

$$\sigma_t = \frac{100}{4 \cdot b} \leq \bar{\sigma}_{t \text{ ay}} = 15, \tag{64}$$

diwo men de

$$b \geq \frac{100}{4 \cdot 15} = 1,7 \text{ cm.} \tag{65}$$

Adolax

$$b = 1,7 \text{ cm.} \tag{66}$$

Estas peltas todas as verficacões de vervoorsing
 missões, e en carba-x dimensionada a ligaty.
 ha fig. 38 a cu montadas as dimensões obhidas.

