

CAP 2

01 //

Dados da questão,

$$E = 10500 \text{ ksi}$$

$$F_{cy} = 70 \text{ ksi}$$

$$F_{07} = 72 \text{ ksi}$$

$$n = 16,6$$

a) Para o cálculo da tensão crítica de flambagem, considere, já que não consiste em nenhum dos casos das figuras 2-4 à 2-7,

$$\sigma_{cr,e} = \frac{k \pi^2 E}{R(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2$$

$$\text{Componente 1 : } \sigma_c = 28,33 \text{ ksi}$$

$$\text{Componente 2 : } \sigma_c = 28,33 \text{ ksi}$$

Logo, os dois componentes flambam juntos, então $\sigma_{cr} = 28,33 \text{ ksi}$ //

b) Para o cálculo da tensão de falha local, considere os seguintes métodos:

I) Método de Needham

Não se aplica pois a seção é extrudada!

II) Método de Gerard

Para tal, considere

$$g = 2 \text{ (2 flanges)}$$

$$t = 0,06 \text{ m}$$

$$A = 0,089 \text{ in}^2$$

$$p_g = 0,56$$

$$m = 0,85$$

$$F_{cut} = 0,8 F_{cy}$$

TABELA 2-2,

Caso 1.

$$\text{Assim, } F_{cc,i} = 38,89 \text{ ksi} \text{ e } F_{cut} = 56 \text{ ksi.}$$

$$\text{Como } F_{cc,i} < F_{cut} \Rightarrow F_{cc} = 38,89 \text{ ksi} //$$

III) Método de Boeing

Para tal, considere

Componente 1 e 2:

$$b = 0,69 \text{ in}$$

$$t = 0,06 \text{ in}$$

$$A = 0,045 \text{ in}^2$$

$$B_{10} = 0,063$$

$$g_4 = 1,0$$

$$m = 0,75$$

TABELA 2-1,

Caso AL 7075 T6
EXTRUDADO

$$\text{Assim, } F_{cc,i} = 45,68 \text{ ksi para os dois}$$

Componentes.

$$\text{Sabendo que } F_{cc} = \frac{\sum F_{cc,i} \cdot A_i}{\sum A_i}$$

$$\therefore F_{cc} = 45,68 \text{ ksi} //$$

Por fim, a tensão de falha local obtida pela média dos dois métodos é

$$F_{cc} = 42,38 \text{ ksi} //$$

c) CONSIDERE O GRÁFICO DA FIGURA 2-11
 PARA TAL TEM-SE $b_f/t = 8$ E, PORTANTO,
 $(d/t)_{MIN} \approx 3,8$ LOGO, $d_{MIN} = 0,228 \text{ in}$

02,

a) PARA O CÁLCULO DA FLAMBAGEM NOTE
 QUE A SEÇÃO EM QUESTÃO, NÃO SE ENCONTRA
 NAS FIGURAS 2-4. A 2-7, ENTÃO, FAÇAMOS
 CADA COMPONENTE SEPARADAMENTE.

PRIMEIRAMENTE, ANALISEMOS O BULBO NA FIGU-
 RA 2-11. $b_f = \frac{a-t}{2} - \frac{D}{2} \left(1 + \sqrt{\frac{at}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \right)^* = 0,50837 \text{ in}$,
 LOGO $b_f/t = 8,134$. PORTANTO, TEMOS NO GRÁFICO QUE
 $(d/t)_{MIN} = 3,5 \Rightarrow d_{MIN} = 0,21 > D = 1/8 \text{ in}$. LOGO O BULBO
 NÃO PROVÊ APOIO SIMPLES À FLANGE.

PELA FIGURA 2-13, TEMOS QUE PARA $b_f/t = 8,134$
 E $(d/t) = 2$:

• COMPONENTE 1 E 2 ($b = 0,50837 \text{ in}$):

$$E_{cr} = 7,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{COMO } \epsilon = \frac{\sigma}{E_s}, \text{ ENTÃO } \sigma_{cr} = E_{cr} \cdot E_s$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 78,74 \text{ KSI}$$

• COMPONENTE 3 ($b = 0,625 \text{ in}$)

$$\sigma_{cr,e} = \frac{k \pi^2 E}{12(1-\nu_e^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2 = 40,80 \text{ KSI}$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 40,80 \text{ KSI}$$

SENDO ASSIM,

$$\sigma_{cr} = \frac{\sum \sigma_{cr,i} b_i t}{\sum b_i t}$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 57,81 \text{ KSI}$$

b) PARA O CÁLCULO DA TENSÃO DE
 FALHA LOCAL, CONSIDERE:

I) MÉTODO DE NEEDHAM

NÃO SE APLICA POIS A SEÇÃO É
 ESTENDADA!

II) MÉTODO DE GERARD

PARA TAL CONSIDERE,

$$g = 3$$

$$A = 0,137 \text{ in}^2$$

$$P_g = 0,67$$

$$m = 0,40$$

$$F_{cut} = 0,80 F_{cy}$$

⇒ TABELA 2-2,
 CASO 6.

O BULBO, POR SUA VEZ, ATUA COMO
 UMA DESCONTINUIDADE NA ESPESSURA
 DA FLANGE, DE MODO QUE FAZ-SE
 NECESSÁRIO CONSIDERAR A ESPESSURA
 MÉDIA, DADA POR

$$\bar{t} = \frac{\sum b_i t_i}{\sum b_i} \quad \leftarrow \text{AREA}$$

ASSIM,

$$\bar{t} = \frac{0,137}{a + b}$$

$$\therefore \bar{t} = 0,0664$$

ASSIM, OBTÉM-SE POR MEIO DE

$$\frac{F_{cc}}{F_{cy}} = P_g \left[\left(\frac{g t^2}{A} \right) \sqrt{\frac{E}{F_{cy}}} \right]^m$$

QUE $F_{cc,i} = 50,15 \text{ KSI}$. COMO $F_{cut} = 56 \text{ KSI}$ E
 $F_{cut} > F_{cc,i}$, ENTÃO $F_{cc} = 50,15 \text{ KSI}$

b) MÉTODO DE BOEING:

DA TABELA 2-1, TEM-SE QUE

$$B_0 = 0,63$$

$$g_1 = 1,0$$

$$m = 0,75$$

• COMPONENTE 1 E 2:

$$b = \frac{1,625 - 1/8}{2} \approx 0,75 \text{ in}$$

$$t = 3/32 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,70 \text{ in}^2$$

Assim,

$$F_{cc} = 63,85 \text{ ksi}$$

• COMPONENTE 3:

$$b = 1,25 - 3/32 = 1,16 \text{ in}$$

$$t = 1/8 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,144 \text{ in}^2$$

Assim,

$$F_{cc} = 57,26 \text{ ksi}$$

Por F_u, como $F_{cc} = \frac{\sum F_{cc,i} A_i}{\sum A_i}$ TEM-SE

QUE

$$\therefore F_{cc} = 60,51 \text{ ksi}$$

c) MÉTODO DE GERARD

PARA TAL CONSIDERE:

$$g = 3$$

$$A = 0,2617 \text{ in}^2$$

$$E = \frac{\sum b_i t_i}{\sum b_i} = 0,071 \text{ in}$$

$$B_0 = 0,64$$

$$m = 0,40$$

$$F_{cut} = 0,80 F_{cy}$$

→ TABELA 2-2,
CASO 6

Assim, $F_{cc,i} = 51,12 \text{ ksi}$ e $F_{cut} = 56 \text{ ksi}$. Como

$F_{ut} > F_{cc,i}$, ENTÃO

$$\therefore F_{cc} = 51,12 \text{ ksi}$$

d) CONSIDERE A FIGURA 2-11 PARA TAL,

TEM-SE QUE $b_f/t = 8$. ASSIM, TEMOS

QUE $(D/t)_{\min} \approx 3,4$.

Logo, PARA QUE TENHAMOS CONDIÇÃO DE APOIO SIMPLES,

$$D_{\min} = 0,3187 \text{ in}$$

e) MÉTODO DE BOEING:

• COMPONENTE 3 $\Rightarrow F_{cc} = 57,26 \text{ ksi}$; $A = 0,144 \text{ in}^2$

• COMPONENTE 1 e 2 (placas horizontais SS)

$$B_0 = 0,63$$

$$g_1 = 2,3$$

$$m = 0,75$$

$$b = 0,75 \text{ in}$$

$$t = 3/32 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,70 \text{ in}^2$$

$$\therefore F_{cc} = 119,25 \text{ ksi}$$

II) MÉTODO DE BOEING

• COMPONENTE 1 e 2:

$$b = b_f + D =$$

$$A = b_f t + \frac{\pi D^2}{4} = 0,044 \text{ in}^2$$

$$\bar{t} = \frac{A}{b} = 0,069$$

$$B_{10} = 0,063$$

$$m = 0,75$$

$$g_f = 1,0$$

→ TABELA 2-1

ASSIM, FAZENDO USO DE:

$$\frac{F_{cc}}{\sqrt{F_{cy} E}} = \frac{B_{10}}{(\bar{t}/10 g_f t)^m}$$

SEEM-SE $F_{cc} = 57,59 \text{ Ksi}$

• COMPONENTE 3:

$$b = 10/16 \text{ in}$$

$$t = 1/16 \text{ in}$$

$$A = 0,039 \text{ in}^2$$

$$B_{10} = 0,63$$

$$m = 0,75$$

$$g_f = 1,0$$

→ TABELA 2-1

$$\Rightarrow F_{cc} = 54,01 \text{ Ksi}$$

Por fim, sabe-se que $F_{cc} = \frac{\sum F_{cc,i} A_i}{\sum A_i}$, logo

$$F_{cc} = 56,49 \text{ Ksi} \rightarrow$$

03//

a) Como a seção não está descrita nas figuras 2-4 à 2-7, considere $\sigma_{cr,E} = \frac{K \pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$, onde $K = 0,43$ (flange).

Dados:

$$E = 10500 \text{ psi}$$

$$F_{cy} = 20 \text{ Ksi}$$

$$F_{09} = 72 \text{ Ksi}$$

$$n = 16,6$$

• COMPONENTE 1 e 2:

$$b = \frac{1}{2} (2,625 - \frac{1}{8}) \approx 0,15 \text{ in}$$

$$t = 3/32 \text{ in}$$

$$\Rightarrow \sigma_{cr,E} = 63,46 \text{ Ksi}$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 61,69 \text{ Ksi}$$

• COMPONENTE 3:

$$b = 1,25 - 3/32 \approx 1,16 \text{ in}$$

$$t = 1/8 \text{ in}$$

$$\Rightarrow \sigma_{cr,E} = 47,69 \text{ Ksi}$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 47,66 \text{ Ksi}$$

Por fim, para a seção

$$\sigma_{cr} = \frac{\sum \sigma_{cr,i} b_i t}{\sum b_i t}$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 34,56 \text{ Ksi} \rightarrow$$

• COMPONENTE 4 e 5 (bulbos)

NOTA: QUANDO BULBO TEM CONDIÇÃO DE APOIO SIMPLES PARA A FLANGE, OS DOIS SÃO

TRATADOS COMO COMPONENTES DIFERENTES

NO QUAL O SEGMENTO ADJACENTE NÃO

TERIA BORDO LIVRE E O BULBO TERIA

$F_{cc} = F_{cy}$. CASO CONTRÁRIO OS DOIS FORMAM

UM ÚNICO COMPONENTE NO QUAL $b = b_f + D$

$$E \quad A = b_f t + \frac{\pi D^2}{4}$$

ASSIM, $F_{cc} = F_{cy} = 70 \text{ Ksi}$

$$E \quad A = \frac{\pi D^2}{4} = 0,0797 \text{ in}^2$$

POR FIM, A FALHA LOCAL DA SEÇÃO

SERÁ DADA POR

$$F_{cc} = \frac{\sum F_{ci} A_i}{\sum A_i}$$

$$\therefore F_{cc} = 81,43 \text{ Ksi} \downarrow$$

f) ...

04//

a) NÃO CORRESPONDE A NENHUMA SEÇÃO DAS FIGURAS 2-4 A 2-7! SENDO ASSIM,

• COMPONENTES 1 e 3:

$$K = 0,43 \text{ (flange)}$$

$$b = 1 \text{ in}$$

$$t = 0,051 \text{ in}$$

POR FIM, $\sigma_{cr,E} = 10,61 \text{ Ksi}$

• COMPONENTE 2:

$$K = 4 \text{ (alma)}$$

$$b = 1,5 \text{ in} \Rightarrow \sigma_{cr,E} = 43,88 \text{ Ksi}$$

$$t = 0,051 \text{ in}$$

$$\text{Logo, } \sigma_{cr} = 43,88 \text{ Ksi}$$

POR FIM, A TENSÃO CRÍTICA DE FLAMBAGEM DA SEÇÃO É DADA POR,

$$F_{cc} = \frac{\sum F_{ci} A_i}{\sum A_i}$$

$$\therefore F_{cc} = 24,85 \text{ Ksi} \downarrow$$

b) UTILIZANDO O MÉTODO DE BOEING (por escolha):

DA TABELA 2-1, $B_{10} = 0,063$; $m = 0,75$.

• COMPONENTE 1 e 3 ($g_f = 1$)

$$b = 1 \text{ in}$$

$$t = 0,051 \text{ in} \Rightarrow F_{cc} = 32,59 \text{ Ksi}$$

$$A = 0,051 \text{ in}^2$$

• COMPONENTE 2 ($g_f = 2,3$)

$$b = 1,5 \text{ in}$$

$$t = 0,051 \text{ in} \Rightarrow F_{cc} = 44,91$$

$$A = 0,0765 \text{ in}^2$$

POR FIM, $F_{cc} = 37,87 \text{ Ksi} \downarrow$

c) CONSIDERE A FIGURA 2-10, NA

QUAL $b_f/t = 19,6$. SENDO ASSIM,

TEMOS QUE $(b_f/t)_{\min} = 4,8$

$$\therefore b_{f,\min} = 0,245 \text{ in} \downarrow$$

d) Método de Boeing:

Componente 1 e 3 ($g_1 = 2,3$):

$$b = 1 \text{ in}$$

$$t = 0,051 \text{ in} \Rightarrow F_{cc} = 60,87 \text{ Ksi}$$

$$A = 0,051 \text{ in}^2$$

Componente 2 ($g_1 = 2,3$):

$$b = 1,5 \text{ in}$$

$$t = 0,051 \text{ in} \Rightarrow F_{cc} = 44,91 \text{ Ksi}$$

$$A = 0,0765 \text{ in}^2$$

Componente 4 e 5 (lábios; $g_1 = 1$):

$$b = 0,245 \text{ in}$$

$$t = 0,051 \text{ in} \Rightarrow F_{cc} = 93,60 \text{ Ksi}$$

$$A = 0,012$$

Por fim,

$$\therefore F_{cc} = 58,89 \text{ Ksi}$$

05// Não cai daí...

06//

a) Considere a figura 2-4, como

$$b_f/b_w = 0,58 \text{ e } t_w/t_f = 1. \text{ Assim, temos que}$$

$$K_w = 2,25.$$

$$\text{Assim } \sigma_{cr,E} = 78,8 \text{ Ksi} \Rightarrow \frac{\sigma_{cr,E}}{\sigma_{02}} = 1,67.$$

Como a flange flamba primeiro, considere

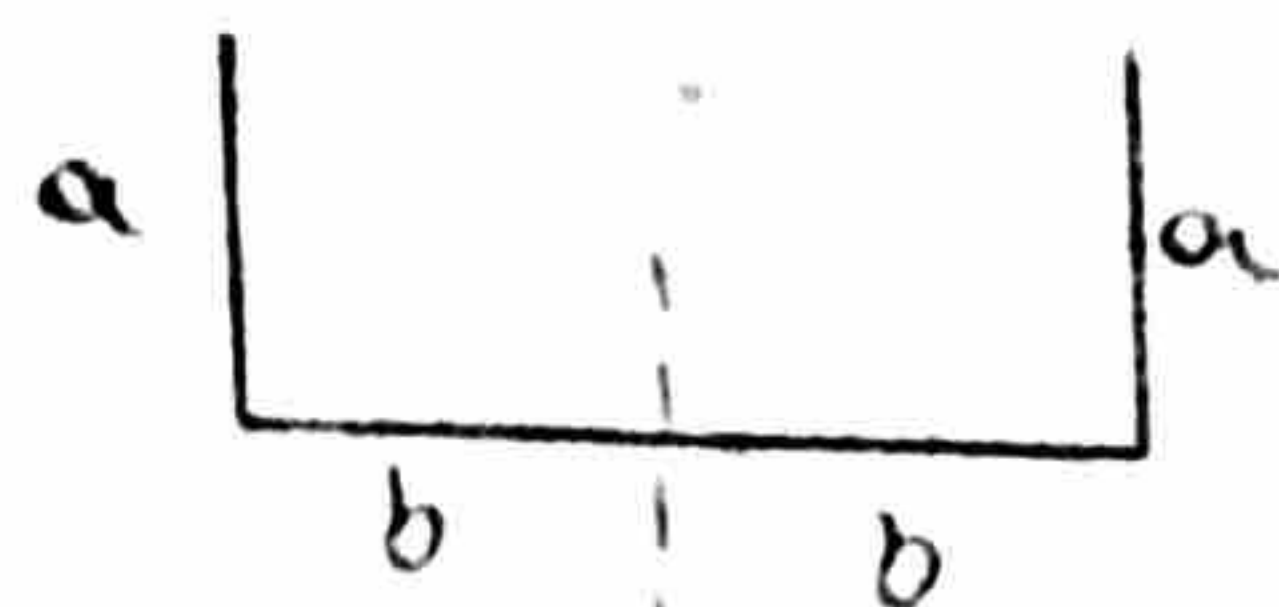
a figura 5-30, na qual $n = 10,6$. Assim,

tem-se que

$$\sigma_{cr}/\sigma_{02} \approx 1,7$$

$$\Rightarrow \sigma_{cr} = 79,9 \text{ Ksi}$$

b) Método de Needman (por enrolho):



$$a =$$

$$b =$$

$$t =$$

Como temos ângulos com apenas um bordo livre $C_e = 0,342$.

$$\therefore F_{cc} = 35,166 \text{ Ksi}$$

c) Est - 15 ...

d) ... espero que não caia ...

07//

PRIMEIRAMENTE, VAMOS CONFERIR SE O LÁBIO PROVE APOIO SIMPLES:

CONSIDERE A FIGURA 2-10, PARA TAL

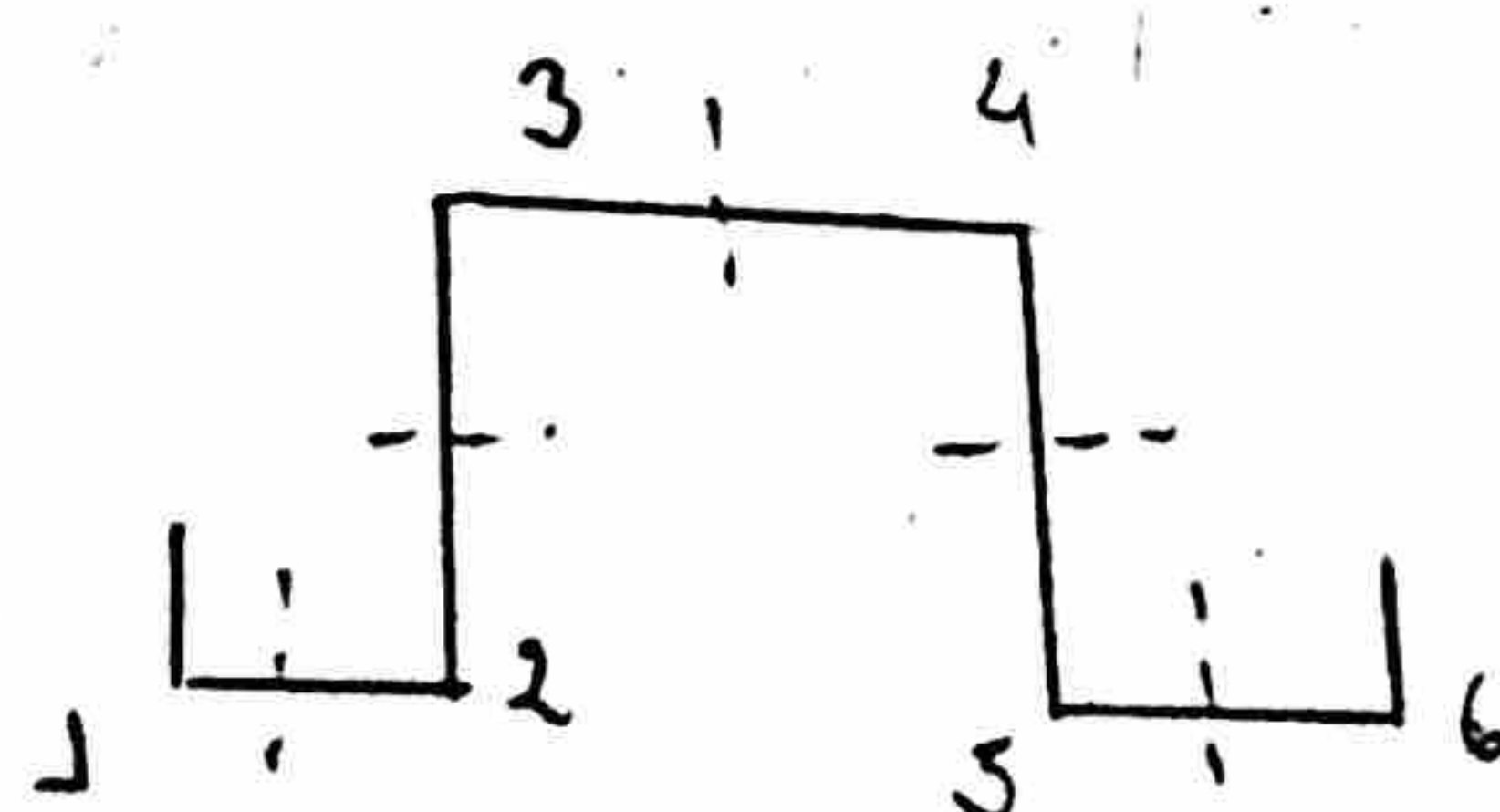
$$b_f/t = 19^* \text{ , logo } (b_w/t)_{\min} \approx 1,8$$

$$* b_f = 1 - 0,05 = 0,95 \text{ in}$$

$$\text{Logo, } b_{L \min} = 0,24. \text{ Como } b_L = 0,375 > b_{L \min}$$

ENTÃO TEMOS UM LÁBIO QUE PROVE CONDIÇÃO DE APOIO SIMPLES.

a) Método de Needman:



• COMPONENTE 1 e 6:

$$a = 0,35 \text{ in}$$

$$b = 0,475 \text{ in}$$

$$t = 0,05 \text{ in}$$

$$C_e = 0,342 \text{ (um bordo livre)}$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 44,79 \text{ Ksi}$$

• COMPONENTE 2 e 5:

$$a = 0,475 \text{ in}$$

$$b = 0,725 \text{ in}$$

$$t = 0,05 \text{ in}$$

$$C_e = 0,366 \text{ (nenhum bordo livre)}$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 36,19 \text{ Ksi}$$

• COMPONENTE 3 e 4:

$$a = 0,725 \text{ in}$$

$$b = 0,6 \text{ in}$$

$$t = 0,05 \text{ in}$$

$$C_e = 0,366$$

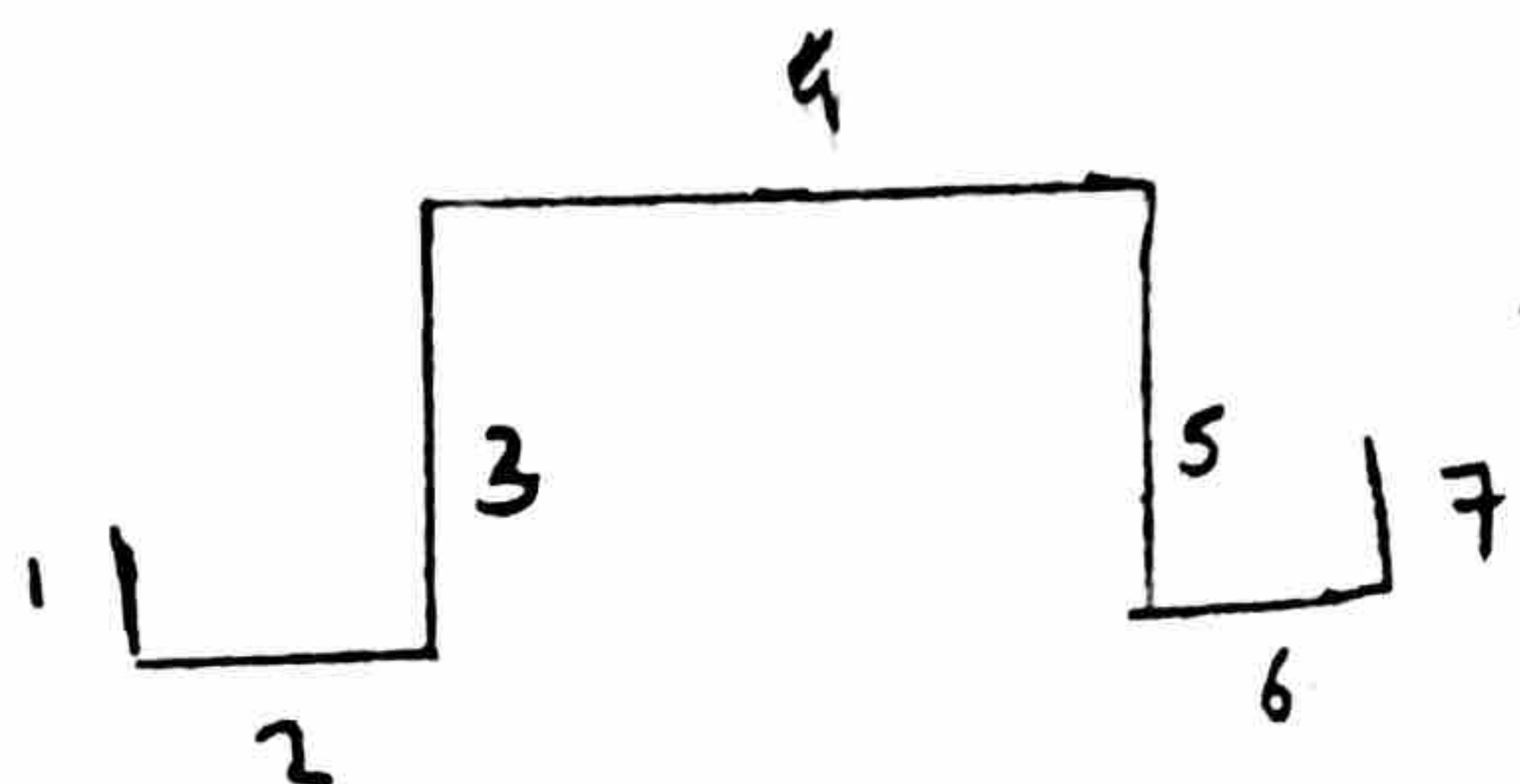
$$\Rightarrow F_{cc} = 33,60 \text{ Ksi}$$

Por FIM,

$$F_{cc} = \frac{\sum F_{cc,i} A_i}{\sum A_i}$$

$$\therefore F_{cc} = 37,29 \text{ Ksi} \rightarrow$$

b) MÉTODO DE BOEING:



Da TABELA 2-1 TEM-SE QUE $m = 0,82$

$$E \quad S_{10} = 0,063.$$

• COMPONENTES 4 e 7 ($g_f = 1,0$):

$$b = 0,35 \text{ in}$$

$$t = 0,05 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,0175 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 53,82 \text{ Ksi}$$

• COMPONENTES 2 e 6 ($g_f = 2,5$)

$$b = 0,95 \text{ in}$$

$$t = 0,05 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,0475 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 50,31 \text{ Ksi}$$

• COMPONENTES 3 e 5 ($g_f = 2,5$):

$$b = 1,45 \text{ in}$$

$$t = 0,05 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,0725 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 35,56 \text{ Ksi}$$

• COMPONENTE 4 ($g_f = 2,5$)

$$b = 1,20 \text{ in}$$

$$t = 0,05 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,06 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 41,54 \text{ Ksi}$$

Por FIM,

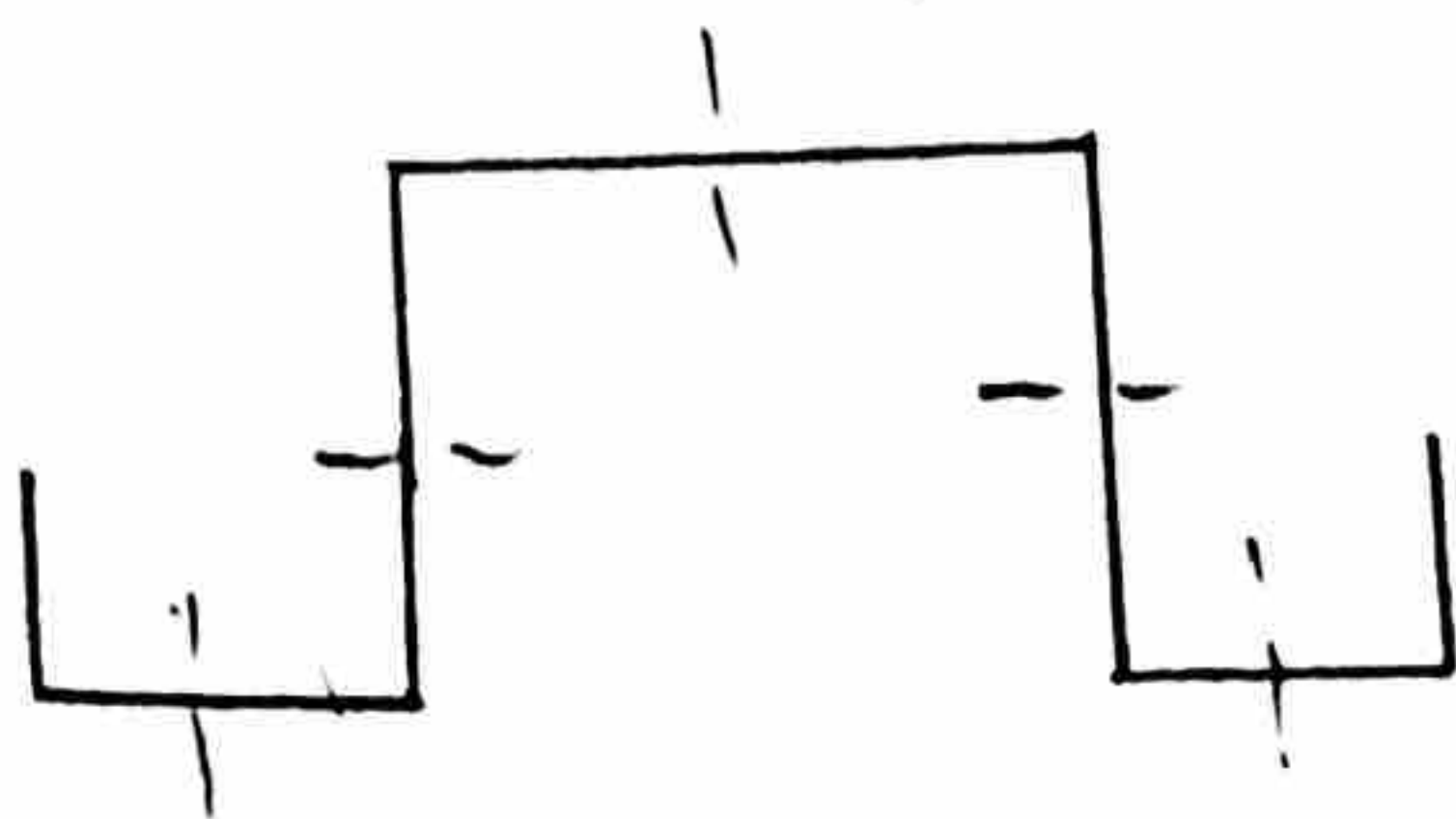
$$F_{cc} = \frac{\sum F_{cc,i} A_i}{\sum A_i}$$

$$\therefore F_{cc} = 42,78 \text{ Ksi} \rightarrow$$

c) MÉTODO DE GERARD

NA TABELA 2-2, CASO 4, TEM-SE QUE

$$P_g = 0,55; m = 0,85; F_{cut} = 0,75 F_y$$



$$\Rightarrow g = 5 + 12 = 17$$

ALÉM DISSO,

$$A = 0,05 \cdot [2 \cdot (0,35 + 0,95 + 1,45) + 1,20]$$

$$\therefore A = 3,35 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc,1} = 5,61 \text{ ksi}; F_{cut} = 28,5 \text{ ksi}$$

COMO $F_{cc,1} < F_{cut}$, TEMOS

$$\therefore F_{cc} = 5,61 \text{ ksi} \searrow$$

ou

2. CASO NÃO ABRANGIDO PELAS FIGURAS 2-4 À 2-7. COMO TODAS AS FLANGES SÃO IGUAIS, TEMOS:

$$k = 0,43 \text{ (flange)}$$

$$b = 1 \text{ in}$$

$$t = 0,064 \text{ in}$$

ASSIM,

$$\sigma_{cr,E} = 16,71 \text{ ksi}$$

$$\Rightarrow \sigma_{cr} = 16,71 \text{ ksi} \searrow$$

b) MÉTODO DE GERARD (por escolha):

NA TABELA 2-2, CASO 7, TEM-SE QUE

$$g = 4$$

$$P_g = 0,67$$

$$m = 0,40$$

$$F_{cut} = 0,8 F_y$$

ALÉM DISSO,

$$A = 4 \cdot 0,064 \cdot 1 + 0,064^2$$

$$\therefore A = 0,26 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc,1} = 42,27 \text{ ksi} \text{ e } F_{cut} = 56 \text{ ksi}$$

COMO $F_{cc,1} < F_{cut}$, ENTÃO

$$\therefore F_{cc} = 42,27 \text{ ksi} \searrow$$

c) COMO A SEÇÃO É DUPLAMENTE SIMÉTRICA O C.G. É NO CENTRO DA SEÇÃO. ASSIM,

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{1}{12} \cdot 0,064 \cdot 2,064^3 = 0,0469 \text{ in}^4$$

NA TABELA 2-1 (apósta EST-15) TEM-SE QUE $L' = 0,5L$, LOGO $C = 4$. ASSIM,

$$L'/\rho_{xx} = L'/\rho_{yy} = 47,09 \begin{cases} F_{cs} = 32,71 \text{ ksi} \\ F_{csH} = 33,089 \text{ ksi} \end{cases}$$

NO QUAL, PARA AMBOS OS CASOS

$$(L'/\rho)_{tr,5} = 70,09 \text{ e } (L'/\rho)_{tr,5H} = 69,45$$

10//

a) Seção 4! Considere a figura 2-5, na qual temos $b_f/b_w = 0,5$ e $t_w/t_f = 1$. Logo, $k_w \approx 2,5$, e a flange flamba primeiro. Assim,

$$\frac{\sigma_{cr,E}}{\sigma_{07}} = 0,789$$

Como $n = 16,6$, considere a figura S-50. Daí tem-se que

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{07}} \approx 0,77$$

Logo, $\sigma_{cr} = 55,41 \text{ Ksi}$

b) Método de Nedman

Não aplicável à seção extrudada.

• Método de Gerard

Na tabela 2-2, caso 7:

$$g=7$$

$$P_g = 0,67$$

$$m = 0,40$$

$$F_{crit} = 0,8 F_{cy}$$

Além disso, tem-se que

$$A = 2 \cdot 0,08 + 1,92 \cdot 0,08$$

$$\therefore A = 0,3136 \text{ in}^2$$

Com isso, $F_{cr,i} = 58,66 \text{ Ksi}$ e $F_{crit} = 56 \text{ Ksi}$

Como $F_{crit} > F_{cr,i}$, então

$$F_{cc} = \max(F_{crit}, F_{cr}) \therefore F_{cc} = 56$$

• Método de Boeing

Da tabela 2-1, tem-se que $B_{10} = 0,063$ e $m = 0,75$.

c) Componentes 1, 2, 4 = 5 ($g_f = 1$).

$$b = 0,96 \text{ in} \\ t = 0,08 \text{ in} \Rightarrow A = 0,0768 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 47,10 \text{ Ksi}$$

ii) Componente 3 ($g_f = 2,3$):

$$b = 1,92 \text{ in} \\ t = 0,08 \text{ in} \Rightarrow A = 0,1536 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 52,31 \text{ Ksi}$$

Por fim, $F_{cc} = \frac{\sum F_{cc,i} A_i}{\sum A_i}$

$$\therefore F_{cc} = 48,84 \text{ Ksi}$$

A tensão média de falha local é dada por

$$F_{cc} = 52,42 \text{ Ksi}$$

c) Cálculo do segundo momento de área:

$$I_{xy} = 0$$

$$I_{xx} = \frac{1}{12} \cdot 1,92^3 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,16 \cdot 1^2 \\ = 0,3672 \text{ in}^4$$

$$I_{yy} = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 2^3 \cdot 0,08 \\ = 0,1064 \text{ in}^4$$

Como I_{yy} é o menor, considere-o para o cálculo da falha, $\therefore I = 0,1064 \text{ in}^4$

EST-15

DA TABELA 2-1, TEM-SE QUE $L' = 1,0L$,
 LOGO $C = 1$. COM ISSO,

$$\rho = 0,58 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L'/\rho = 42,86$$

TENDO EM VISTA A PARÁBOLA DE JOHNSON

$$(L'/\rho)_{cr} = 62,84$$

$$\text{COMO } (L'/\rho) < (L'/\rho)_{cr}$$

$$F_c = 40,23 \text{ ksi} \downarrow$$

TENDO EM VISTA A PARÁBOLA DE JOHNSON
 MODIFICADA

$$(L'/\rho)_{cr} = 62,22$$

$$\text{COMO } (L'/\rho) < (L'/\rho)_{cr}$$

$$F_{c_{SM}} = 40,81 \text{ ksi} \downarrow$$

//

a) SEÇÃO QUADRADA! CONSIDERE A
 FIGURA 2-6, NO QUAL $b/h = 1$ E
 $t_b/t_h = 1$. ENTÃO, $K_h = 4$. LOGO,

$$\frac{\sigma_{cr,E}}{\sigma_{04}} = 2,479$$

CONSIDERE A FIGURA 5-49, NA QUAL $n = 11,5$.
 EXTENDENDO A CURVA, TEMOS QUE

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{04}} = 1,05$$

$$\therefore \sigma_{cr} = 40,95 \text{ ksi} \Rightarrow P_c \approx 8,19 \text{ kips} \downarrow$$

$$A = 4 \cdot 0,05 \cdot 1 = 0,2 \text{ in}^2$$

b) CONSIDERE O MÉTODO DO GERMID
 (POR CASILHO).

NA TABELA 2-2, CONSIDERANDO A
 SEÇÃO CONFORMADA, CASO 4, TEM-SE

$$P_g = 0,55$$

$$m = 0,85$$

$$F_{cr} = 0,75 F_{cy}$$

$$A = 0,2 \text{ in}^2$$

$$g = 4 + 8 = 12$$

$$\text{ASSIM, } F_{cr} = 41,17 \text{ ksi} ; F_{cr} = 30 \text{ ksi}$$

COMO $F_{cr} > F_{cr}$, TEMOS QUE

$$F_{cr} = \max(F_{cr}, F_{cr})$$

$$\therefore F_{cr} = F_{cr} = 40,95 \text{ ksi} \downarrow$$

c) CÁLCULO DO SEGUNDO MOMENTO DE
 ÁREA

$$I_{xx} = I_{yy} = 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 0,05 \cdot 1^3 + 0,05 \cdot 0,5^2 \right) = 0,033 \text{ in}^4$$

CONSIDERE A TABELA 2-1 (EST-15),

ASSIM, $L' = 0,7L$ E, PORTANTO,

$$C = \frac{1}{\sqrt{0,7}} \approx 1,195$$

COM ISSO,

$$\rho = 0,408 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L'/\rho = 44,81$$

TENDO EM VISTA A PARÁBOLA DE
 JOHNSON,

$$(L'/\rho) < (L'/\rho)_{cr} = 71,81$$

$$\text{LOGO, } F_c = 32,97 \text{ ksi} \Rightarrow P_c = 6,59 \text{ kips} \downarrow$$

TENDO EM VISTA A PARÁBOLA DE JOHNSON MODIFICADA,

$$L'/\rho < (L'/\rho)_{cr} = 71,26$$

Logo,

$$F_c = 30,36 \text{ ksi} \Rightarrow P_c = 6,64 \text{ kips}$$

12 //

a) SEÇÃO QUADRADA! CONSIDERE A FIGURA 2-6, NA QUAL $b/h = 1,25$ E $t_b/t_h = 1,667$. EXTRAPOLANDO, TEM-SE QUE $K_1 = 6,1$.

Assim,

$$\frac{\sigma_{cr,E}}{\sigma_{07}} = 0,87$$

CONSIDERE A FIGURA S-49, NA QUAL $n = 16,6$.

TEMOS QUE:

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{07}} \approx 0,82$$

$$\Rightarrow \sigma_{cr} = 59,04 \text{ ksi}$$

b) CONSIDERE O MÉTODO DE GERARD.

NA TABELA 2-2, CASO 3, TEMOS QUE

$$g = 12$$

$$p_g = 0,56$$

$$m = 0,85$$

$$E = 0,2035 \text{ in}^2$$

$$F_{cut} = 0,75 F_{cy}$$

ALÉM DISSO,

$$\bar{I} = \frac{Z t b}{2 b} = 0,04522 \text{ in}^4$$

$$\text{ASSIM, } F_{cc1} = 54,60 \text{ ksi} ; F_{cut} = 52,5 \text{ ksi}.$$

COMO $F_{cut} < F_{cc1}$, ENTÃO

$$F_{cc} = \max(F_{cut}, F_{cc1})$$

$$\therefore F_{cc} = 52,5 \text{ ksi}$$

PELO MÉTODO DE BOEING, CONSIDERE

A TABELA 2-1, ONDE

$$B_{10} = 0,063$$

$$m = 0,75$$

$$g_s = 2,3$$

COMPONENTE 1 E 3:

$$b = 1 \text{ in} \Rightarrow A = 0,033 \text{ in}^2$$

$$t = 0,033 \text{ in}$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 43,92 \text{ ksi}$$

COMPONENTE 2 E 4

$$b = 1,25 \text{ in}$$

$$\Rightarrow A = 0,06875 \text{ in}^2$$

$$t = 0,055 \text{ in}$$

$$\Rightarrow F_{cc} = 54,49 \text{ ksi}$$

$$\text{LOGO, COMO } F_{cc} = \frac{\sum F_{cc,i} A_i}{\sum A_i}$$

$$\therefore F_{cc} = 51,06 \text{ ksi}$$

9

CÁLCULO DO SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA

$$I_{xx} = 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 0,033 \cdot 1,1^3 + 1,25 \cdot 0,055 \cdot 0,5875^2 \right)$$

$$= 0,04578 \text{ in}^4$$

$$I_{yy} = 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 0,055 \cdot 1,25^3 + 1,1 \cdot 0,033 \cdot 0,641^2 \right)$$

$$= 0,04805 \text{ in}^4$$

COMO $I_{xx} < I_{yy}$, CONSIDERE I_{xx} PARA O CÁLCULO DA FALHA

Na TABELA 2-1 (EST-15) TEMOS QUE
 $L = 0,5L$, logo $C = 4$. CONSIDERANDO
 $F_{cc} = 51,06 \text{ ksi}$;

$$A = 0,4859 \text{ in}$$

$$\Rightarrow L'/\rho = 10,29$$

TENDO EM VISTA A PARÁBOLA DE
JOHNSON,

$$(L'/\rho) < (L'/\rho)_{cr} = 63,71$$

ASSIM,

$$F_c = 50,39 \text{ ksi}$$

$$\Rightarrow P_c = 10,25 \text{ KIPS} \downarrow$$

TENDO EM VISTA A PARÁBOLA DE
JOHNSON MODIFICADA,

$$(L'/\rho) < (L'/\rho)_{cr} = 63,08$$

ASSIM,

$$F_c = 51,06 \text{ ksi}$$

$$\Rightarrow P_c = 10,39 \text{ KIPS} \downarrow$$