

1. Instabilidade elástica - Flambagem

1.1 Instabilidade num plano

1.1.1 Quais são as cargas máximas axiais de compressão que podem ser aplicadas a dois tubos em liga de alumínio. As suas extremidades permitem rotação livre.

Dados: $L_1 = 4\text{m}$, $L_2 = 2\text{m}$, $R_e = 45\text{mm}$, $R_i = 40\text{mm}$, $\sigma_c = 270\text{MPa}$, $E = 70\text{GPa}$.

1.1.2 Cada uma das colunas de secção circular de diâmetro 20mm tem os apoios indicados na Figura 1.1. Determine a carga crítica para cada uma delas. $\sigma_c = 220\text{MPa}$, $E = 200\text{GPa}$.

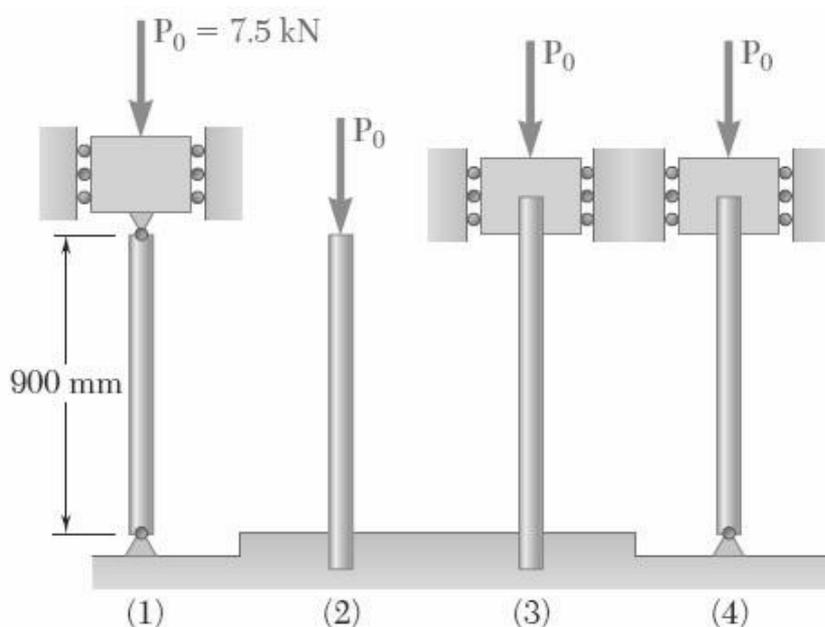


Figura 1.1

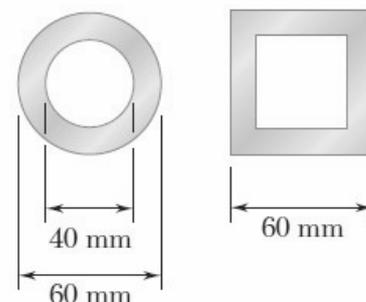


Figura 1.2

1.1.3 Uma coluna longa com extremidades articuladas tem secção quadrada e tem 2m de altura. A coluna é constituída por madeira e na direção axial do perfil temos $E = 13\text{GPa}$ e uma tensão de cedência de 12 MPa à compressão. Usando um coeficiente de segurança de 2,5, determine as dimensões da secção de modo a que a coluna possa resistir com segurança a uma força de 100 kN.

1.1.4 Considere 4 colunas longas com a mesma área de secção. A primeira e a segunda estão representadas na Figura 1.2, as outras duas são secções maciças, uma circular e a outra quadrangular. Determine cada uma das cargas críticas e a relação entre elas. $L = 4\text{m}$, $E = 210\text{GPa}$ e $\sigma_c = 250\text{MPa}$.

1.1.5 A coluna longa de alumínio AB da Figura 1.3 suporta uma barra que está sujeita a uma força Q de 200 kN. Verifique a resistência da coluna. $E = 200\text{GPa}$ e $\sigma_c = 250\text{MPa}$.

1.1.6 Na Figura 1.4 determine a força máxima P que pode ser aplicada.

Dados: $d_{BC} = \varnothing 25\text{mm}$, $E = 200\text{GPa}$ e $\sigma_c = 250\text{MPa}$.

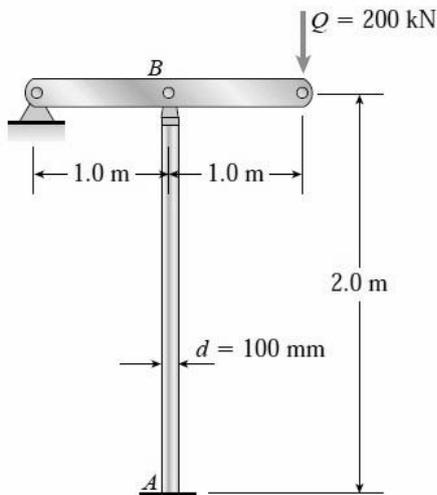


Figura 1.3

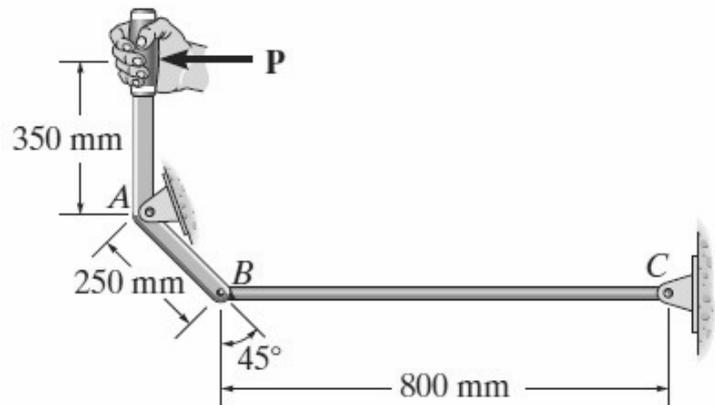


Figura 1.4

1.1.7 Um cilindro hidráulico trabalha com uma pressão interna de 25 MPa e o diâmetro do interior do embolo é de 75 mm. Para as solicitações causadas pela pressão do fluido contido no interior do cilindro, determine o diâmetro que deverá ter a haste biarticulada, considerando como comprimento de encurvadura um valor de L e sendo o material um aço com tensão de cedência de 520 MPa e um coeficiente de segurança de 3. Resolva o problema para três valores de L e compare os resultados obtidos: a) $L_1 = 2400$ mm; b) $L_2 = 1200$ mm; c) $L_3 = 600$ mm;

1.1.8 Considere que a estrutura da Figura 1.5 é construída em aço macio St 37-2 com $\sigma_c = 300$ MPa e $E = 210$ GPa.

a) Calcule a força exercida no cilindro hidráulico BD da Figura 1.5 sabendo que o peso máximo do motor é 500 kg;

b) Determine o diâmetro da haste do cilindro sabendo que o seu comprimento máximo é o comprimento total do cilindro e que se pode considerar como biarticulado nas extremidades. Considere um coeficiente de segurança de 2.

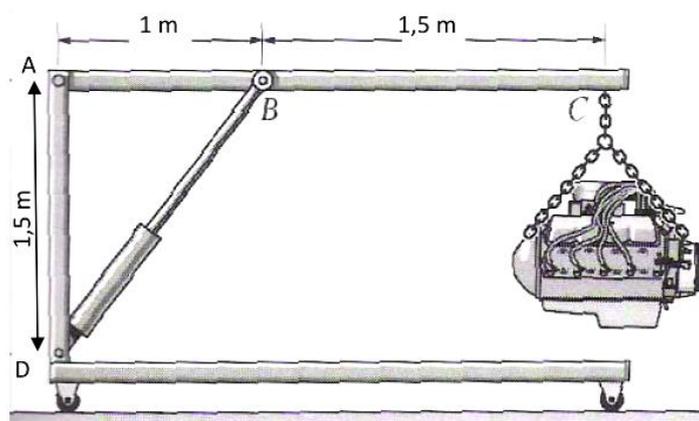


Figura 1.5

1.2 Instabilidade em 2 planos

1.2.1 Foram construídas duas colunas longas a partir de 3 barras de secção retangulares. As barras foram colocadas conforme está representado na Figura 1.6. Determine a relação entre cada uma das cargas críticas.

1.2.2 As duas colunas longas da Figura 1.7 têm secções com a mesma área. Determine a relação entre cada uma das cargas críticas. $E=210 \text{ GPa}$ e $\sigma_c=250 \text{ MPa}$.

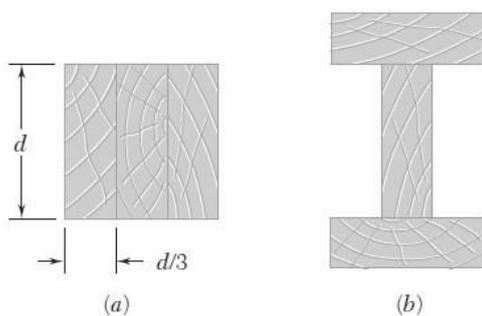


Figura 1.6

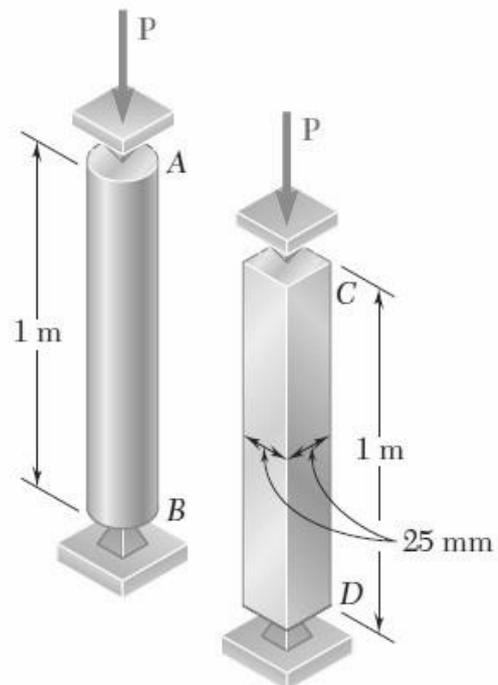


Figura 1.7

1.2.3 Os cabos esticados BC e BD evitam deslocamento do ponto B no plano xz na Figura 1.8. Determinar a carga centrada admissível P adotando-se um coeficiente de segurança de 2.5, um módulo de elasticidade de 200 GPa e desprezando as trações nos cabos. Considere duas vigas uma com secção 1: W200x22.5 e outra com outra com secção: W200x26.6.

1.2.4 Uma coluna de alumínio de secção transversal retangular tem comprimento L e extremidade encastrada em B (Figura 1.9). A coluna suporta uma carga centrada na extremidade A. Nesta extremidade existem duas placas lisas de cantos arredondados que a impedem de se movimentar num dos planos verticais de simetria da coluna, mas não impedem movimentos na direção do outro plano.

a) Determine a relação a/b entre os lados da secção transversal que corresponda à solução de projeto mais eficiente contra a flambagem.

b) Dimensionar a secção transversal mais eficiente para a coluna sabendo-se que $L = 500 \text{ mm}$, $E = 70 \text{ GPa}$, $P = 20 \text{ kN}$ e que o coeficiente de segurança deve ser de 2.5.

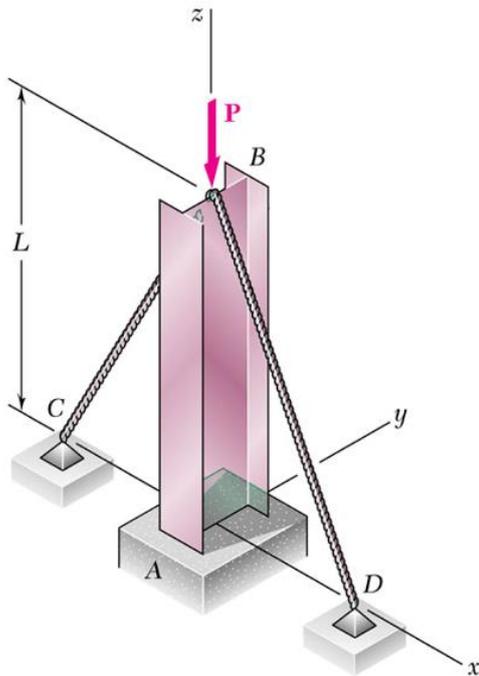


Figura 1.8

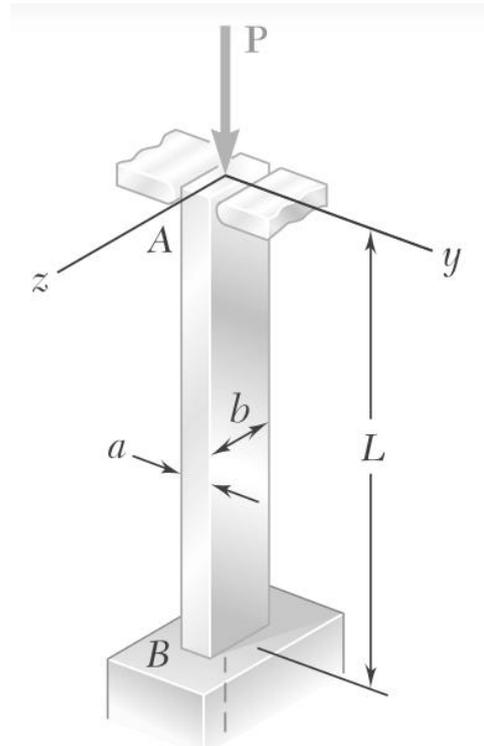


Figura 1.9

1.2.5 A Figura 1.10 mostra um desenho esquemático de um macaco de automóvel. As roscas nas extremidades (A e C) do parafuso foram maquinadas de modo a que o ângulo θ , de ligação entre as barras e o parafuso, varie entre 15 e 70 graus. As barras (AB, BC, CD, AD) são maquinadas em aço AISI 1020 com tensão de cedência de 380 MPa e módulo de Young de 207 GPa. Têm 300 mm de comprimento (l) e 25 mm de largura (w). Os pinos das extremidades (A, B, C, D) foram projetados de modo a funcionarem como apoios simples. Sabendo que se pretende aplicar um peso máximo de 2000 kg, determine a espessura das barras.

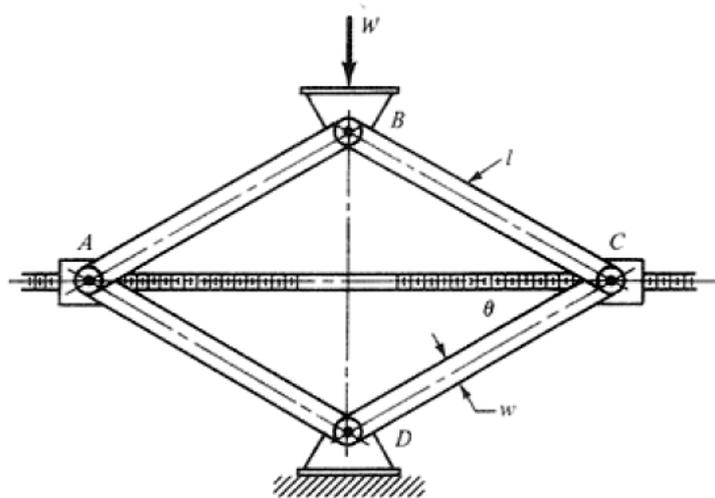


Figura 1.10

1.2.6 Determine a força P que pode ser aplicada à estrutura mostrada na Figura 1.11, para que ela resista à flambagem, sabendo que a secção transversal das barras é retangular e é constituída por um aço DIN CK 45K com $\sigma_R = 600$ MPa, $\sigma_c = 300$ MPa e Módulo de Young de 210 GPa.

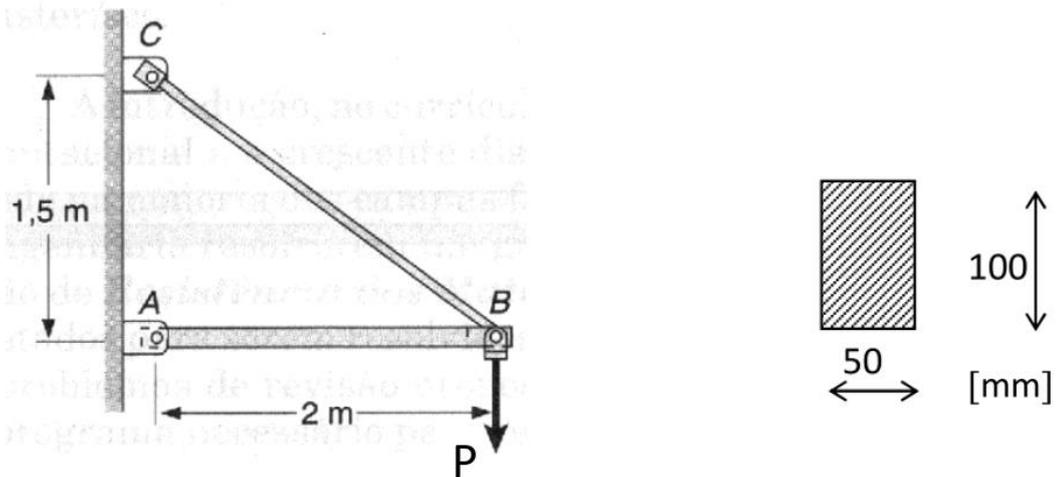


Figura 1.11

2. Flexão Composta com Torção

2.1 Veios

2.1.1 As peças da Figura 2.1 e da Figura 2.2 são feitas de um aço 6745 (DIN 40NiMoCr105) com tensão limite de elasticidade de 800 MPa. a). Utilizando o critério de von Mises e sabendo que o coeficiente de segurança é 2, determine o diâmetro da peça no encastramento. b). Trace o estado de tensão dos pontos H e dos pontos A e B. Despreze o esforço cortante.

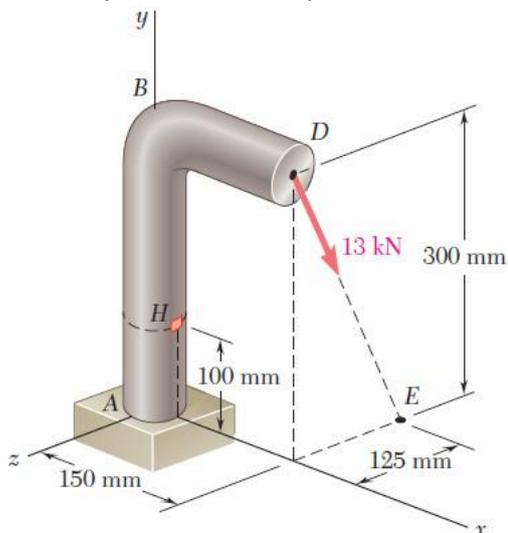


Figura 2.1

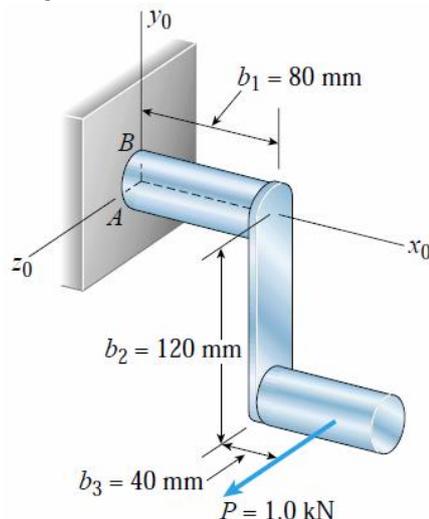
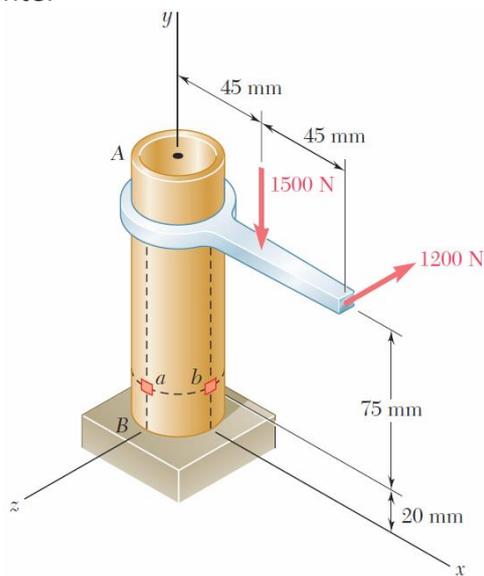


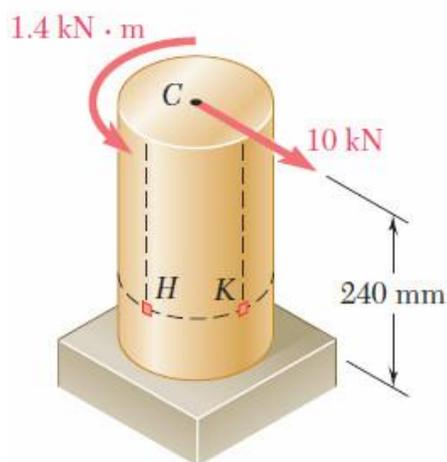
Figura 2.2

2.1.2 Os veios da Figura 2.3 e da Figura 2.4 são feitos de um aço com uma tensão de cedência de 250 MPa. a). Utilizando o critério de von Mises determine o coeficiente de segurança que podemos encontrar em cada veio. b). Trace o estado de tensão dos pontos b e K. Despreze o esforço cortante.



$D_e = 40\text{mm}$ e $D_i = 30\text{mm}$

Figura 2.3



$D = 50\text{mm}$ e $\text{Altura} = 300\text{mm}$

Figura 2.4

2.2 Veios de transmissão

2.2.1 O veio maciço AB da Figura 2.5 gira a 480 rpm transmitindo 30 kW do motor M às máquinas a si ligadas pelas engrenagens G e H. Em G são transmitidos 20 kW e em H 10 kW. Determinar segundo o menor diâmetro permitido para o veio AB sabendo que a tensão de corte admissível é 50 MPa. Despreze o esforço transversor.

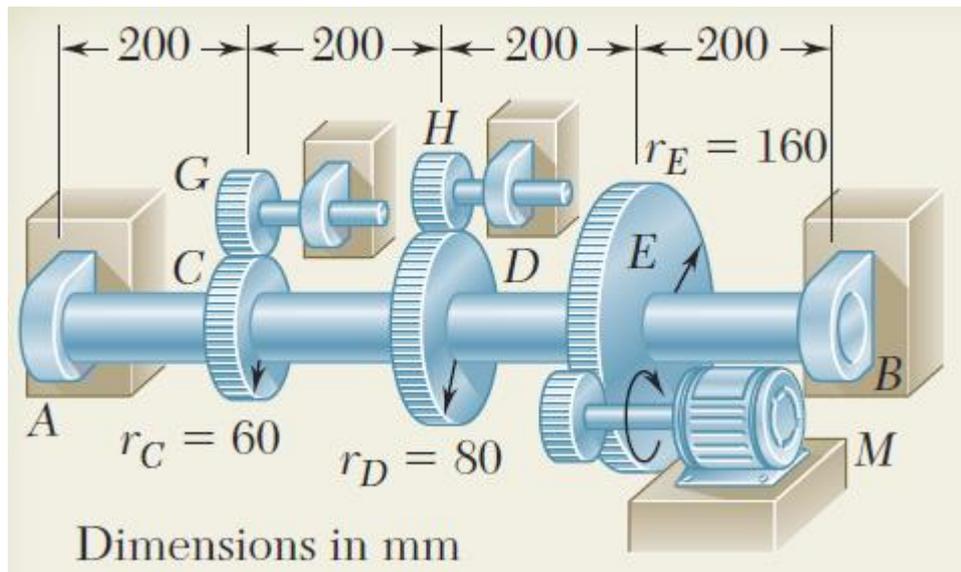


Figura 2.5

2.2.2 Determine o diâmetro mínimo do veio da Figura 2.6. Despreze o esforço transversor. Dados: $\tau_{admin} = 50 \text{ MPa}$

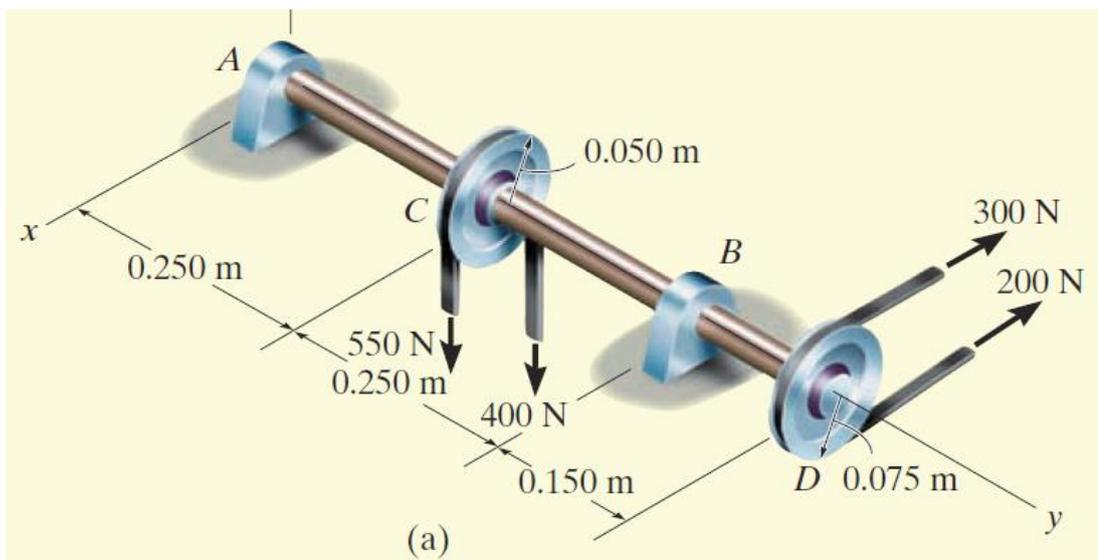


Figura 2.6

R: $d > 23,3 \text{ mm}$

2.2.3 A Figura 2.7 apresenta um veio de um redutor de engrenagens. A força na engrenagem B é $F_b=3000\text{N}$, rodando o veio a uma velocidade angular constante. A engrenagem B tem um diâmetro primitivo de 400 mm, enquanto a engrenagem D tem um diâmetro de 200 mm. A tensão admissível é de 80 MPa, determine o diâmetro mínimo do veio. Despreze o esforço transversal.

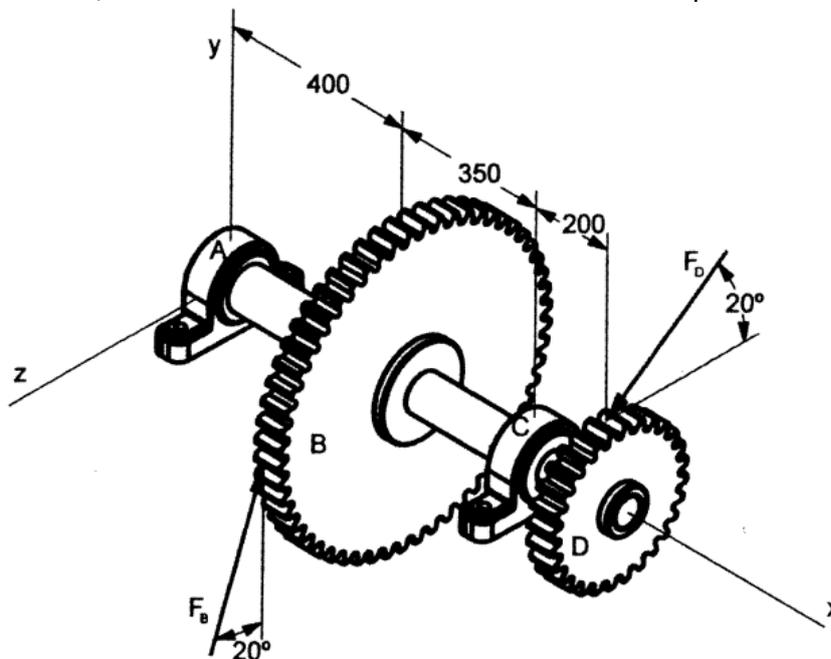


Figura 2.7

2.2.4 A Figura 2.8 representa um veio suportando duas polias. O veio roda à uma velocidade angular constante e tem um diâmetro de 45mm. A tensão de cedência do veio é de 350 MPa, determine o coeficiente de segurança do veio. Despreze o esforço transversal.

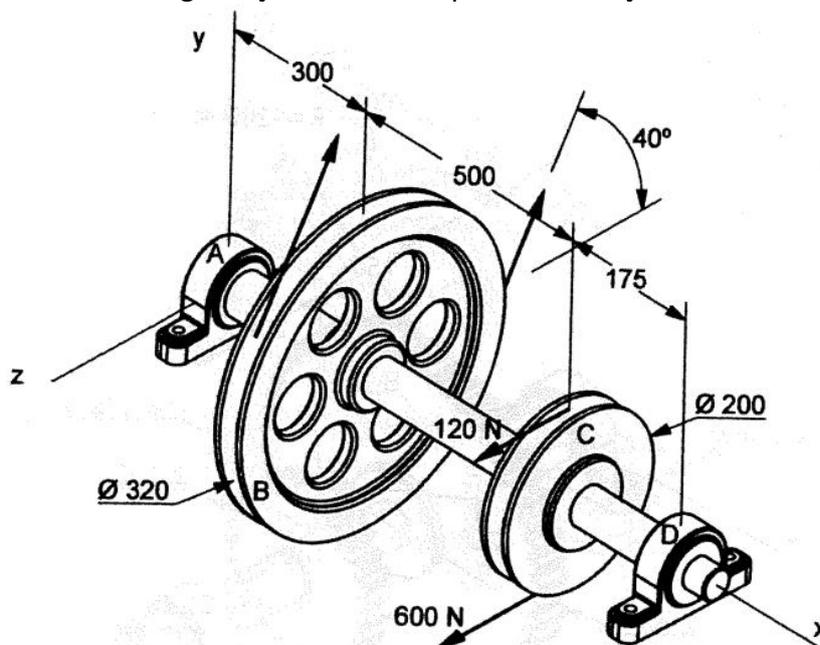


Figura 2.8

2.2.5 O eixo maciço AB da Figura 2.9 tem um diâmetro 50 mm, transmite aos veios G e H uma determinada potência, rodando a uma velocidade de 360 rpm. Determine a máxima potência que o novo motor pode debitar ao sistema, sabendo que o veio foi dimensionado pelo critério de von Mises, admitindo como tensão equivalente 100 MPa.

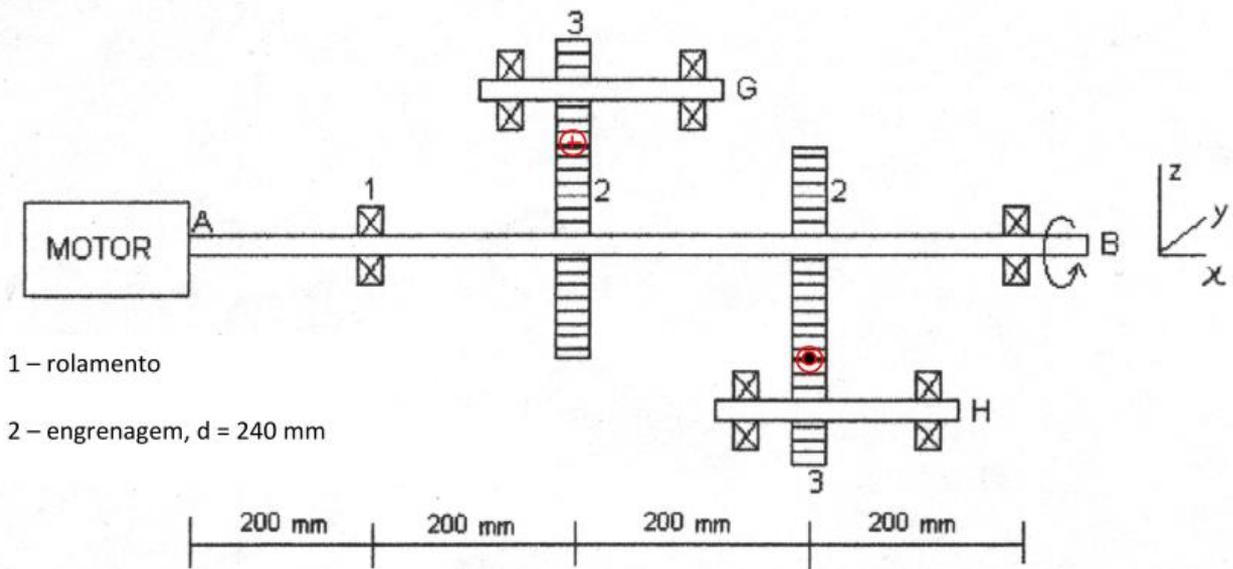


Figura 2.9

3. Concentração de tensões

3.1 Veios

3.1.1 Um veio de aço de secção transversal variável da Figura 2.1 tem uma razão de diâmetros $D/d = 1,5$. Sabendo que $r/d = 0,05$, dimensione o veio para suportar um momento fletor $M = 12500$ Nm, considerando que o aço tem uma tensão de cedência de 400 MPa e o coeficiente de segurança é de 1,5.

3.1.2 O veio de aço da Figura 2.2 tem uma tensão de cedência de 300 MPa e um furo vertical de diâmetro de 10 mm. Assume um coeficiente de segurança de 2 e determine a carga máxima P .

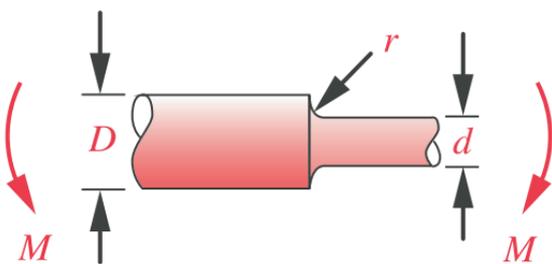


Figura 3.1

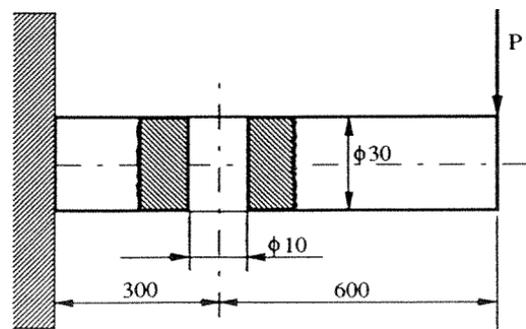


Figura 3.2

3.1.3 Um veio de dimensões definidas na Figura 3.3 suporta um momento torsor estático e duas cargas radiais, 4 kN e 3 kN, respetivamente no plano vertical XY (secção A) e no plano horizontal XZ (secção B). Considerando a concentração de tensão à flexão e torção determine o valor máximo do momento torsor que pode ser aplicado ao veio para uma tensão admissível de 300 MPa correspondente a um aço de liga tratado. O raio de concordância é 2,5 mm em todas as transições do diâmetro 60 para o diâmetro 50.

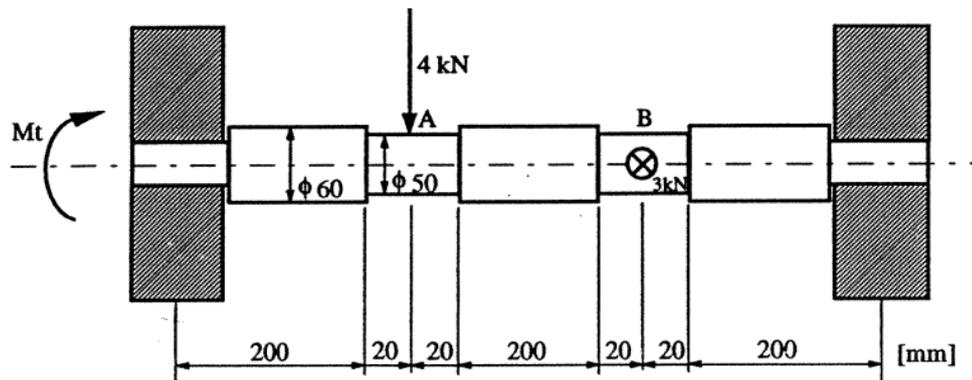


Figura 3.3

4. Referências

- James. M. Gere, Mechanics-of-Materials, 6ª Edição, 2004
- Ferdinand P. Beer, Jr., Resistência dos Materiais, MacGraw-Hill, 2012
- R. C. Hibbeler, Mechanics of Materials, 8th Edition, Pearson Prentice Hall, 2011
- Projeto de Máquinas - Robert L. Norton
- Apontamentos de OM, DEM, UC