

Nome: Agatha

Assinatura: Agathabas

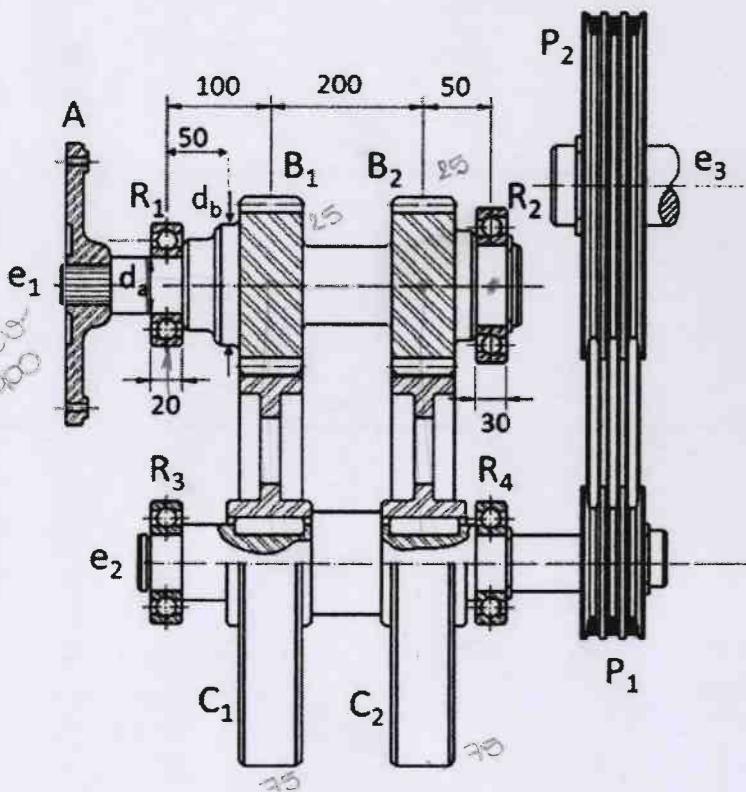
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1$ ;  $B_2$ ;  $C_1$ ;  $C_2$ ) com  $m=5$  mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100$  MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81$  GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão KFF combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o KFF combinado=2 e  $nf=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44$  N;  $V=717,55$  N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $RT=4,36 \times 10^{-5}$  rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$KFF_{comb} = (KFF_{geg} - 1) + (KFF_{fix} - 1) + 1$$

$$KFF_{geg} = 2,2 \quad KFF_{fix} = 3,5$$

$$\sigma_n = 100 \text{ MPa}$$

$$KFF_{comb} = (2,2 - 1) + (3,5 - 1) + 1$$

$$KFF_{comb} = 4,7$$

$$db^3 \geq \frac{3 \cdot nf}{\pi} \sqrt{\left(\frac{KFF_{Ma}}{S_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{Kff \cdot T_m}{S_n}\right)^2}$$

$$MH = 50 \cdot 2677,44 = 133872 \text{ Nmm}$$

$$MV = 50 \cdot 717,55 = 35877,5 \text{ Nmm}$$

$$Ma = \sqrt{133872^2 + 35877,5^2} = 138596,2 \text{ Nmm}$$

$$P = w \cdot T = 50 \cdot 7360 = \frac{8\pi}{60} \cdot 900 \cdot T \Rightarrow T = 390460 \text{ Nm}$$

$$db^3 \geq 3 \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 138596,2}{400}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{160 \cdot 390460 \cdot 10^3}{720}\right)^2} \Rightarrow db = 20,5 \text{ mm}$$

$$P = w \cdot T = 50 \cdot 7360 = \frac{8\pi}{60} \cdot 900 \cdot T = 390,46 \text{ Nm}$$

$$\frac{T_2}{390460} = \frac{75}{25} \quad T_2 = 1171,38 \text{ Nm}$$

$$d_{DPP} = \sqrt{\frac{32 \cdot 1171,38 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 810^3}} = 42,87 \text{ mm}$$

$$T_{e3} = 4685,5 \text{ Nm}$$

$$n_2 = ?$$

$$P = w \cdot T \quad \text{Nm}$$

$$50 \cdot 7360 = \frac{8\pi}{60} \cdot n_3 \cdot 4685,5$$

$$n_3 = 75 \text{ rpm}$$

$$n_3 = 4500 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) KFF	4,7	---
1	b) dASME	21	mm
1	c) TR2	390460	Nm
1	d) dPPC1	42,87	mm
1	e) NP2	4500	rpm

Nome: Agatha

Assinatura: Agathabús

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_T=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

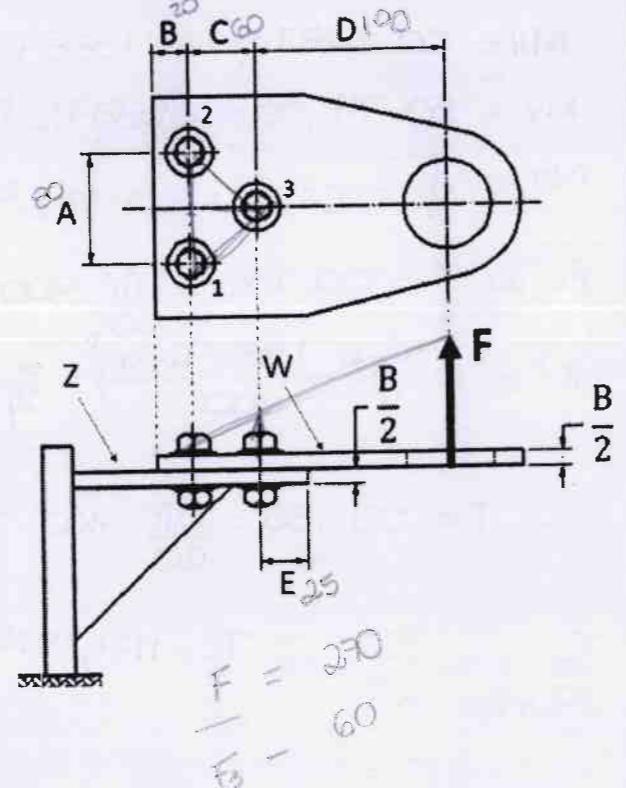
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R \_\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

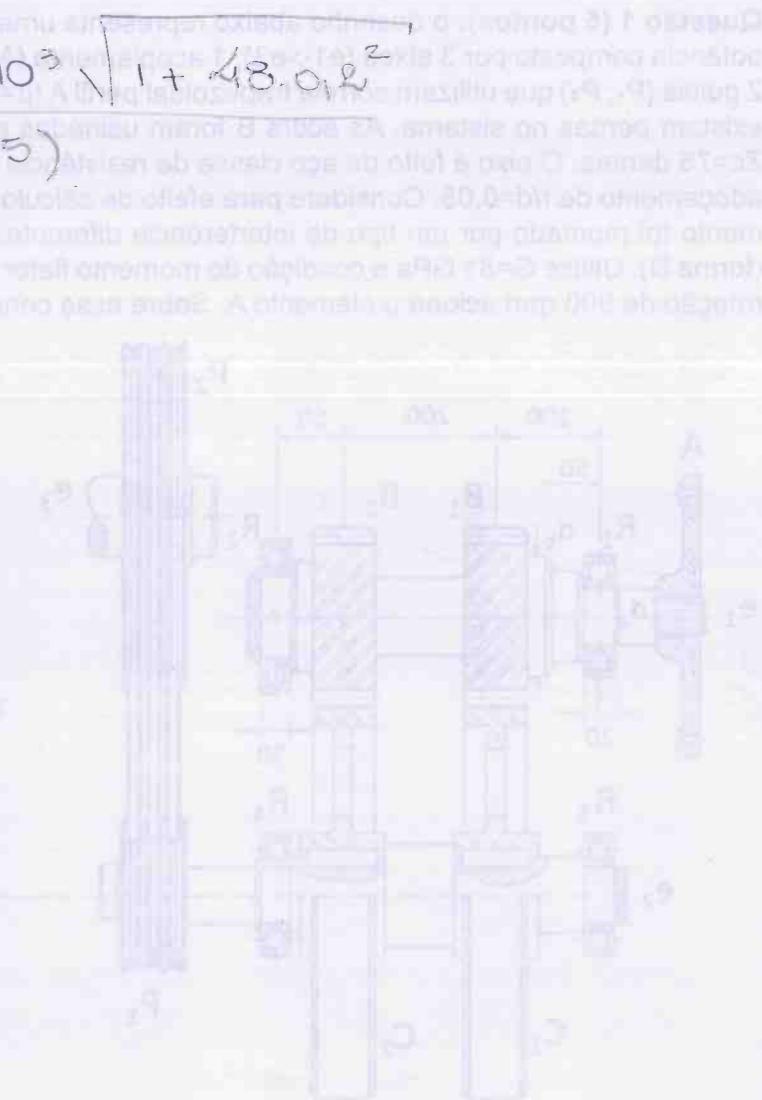


$F_{ens} = \frac{F}{3}$

$$C = \frac{k_p}{k_p + k_j} = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$A_n \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 (1 - 0,3) \cdot 3710^3 \sqrt{1 + 48 \cdot 0,2^2}$$

$$0,95 (1 - 0,05)$$



$$C = \frac{k_p}{k_p + k_j}$$

2  
%

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (Pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R 3	89	kN
1	b) Fens		kN
1	c) Relaxação	0,2	--
1	d) Tap		Nm
1	e) Aumento ou redução		%

**Name:** Matthew B. Cox

**Assinatura:** 

NM7510 - Elementos de Máquinas

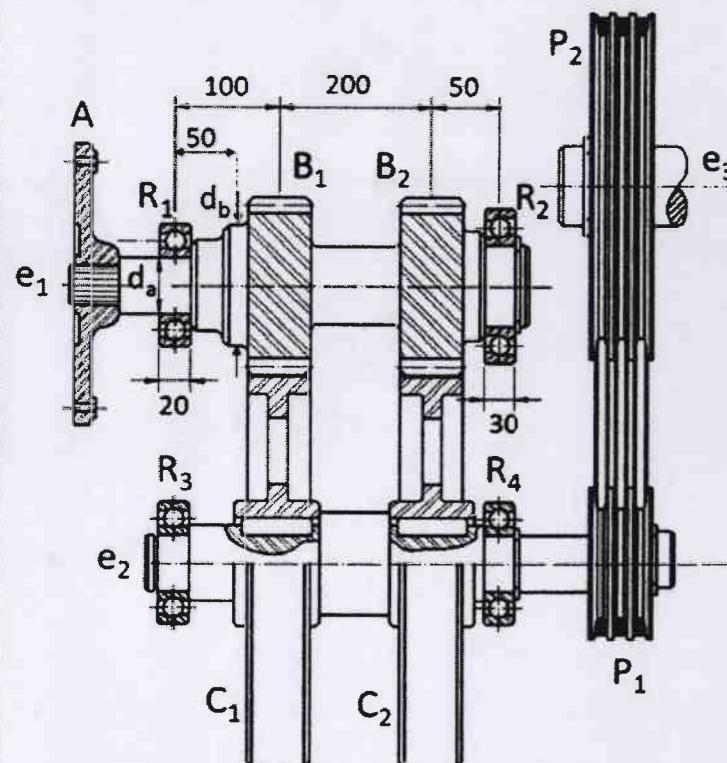
Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao **formulário** fornecido e autoriza-se o uso de **calculadora científica**. O tempo de prova é: **80 minutos**. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

ata:

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com m=5 mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de r/d=0,05. Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm S<sub>n</sub>=100 MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".

b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.

c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.

d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.

e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotacão da polia 2?

$$q_8 \{ \begin{aligned} &O_E = 900 \text{ mPa} \\ &O_C = 720 \text{ mPa} \end{aligned}$$

$$50.736 \text{ N} = T \cdot \left( \frac{2\pi \cdot 900}{60} \right) \quad \text{To } 30,5 \text{ N/mm}$$

Horizontal	$M_H = 2677,44 \text{ SO.}$	$M_{NH} = 133872 \text{ Nmm}$
<del>2677,44</del>	$M_{AV} = 717,55 \text{ SO.}$	$M_{OU} = 35877,5 \text{ Nmm}$

$$M_A = \sqrt{138872^2 + 358775^2} \quad M_A = 1398596,2 \text{ N.m.m}$$

$$d \geq \frac{\pi \cdot 32}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{2,138596,2}{200}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{L \cdot 390,5}{720}\right)^2}$$

$d_2 = 46.6\text{mm}$     $d_{IN3} = 45\text{mm}$

Quadro de respostas para a questão 1				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a) $K_{FF}$	35	---	
1	b) $d_{ASME}$	45	mm	
1	c) $TR_2$		Nm	
1	d) $d_{PPC1}$		mm	
1	e) $n_{P2}$		rpm	

12214178

025

Nome:

Ruthiane A. Bott

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

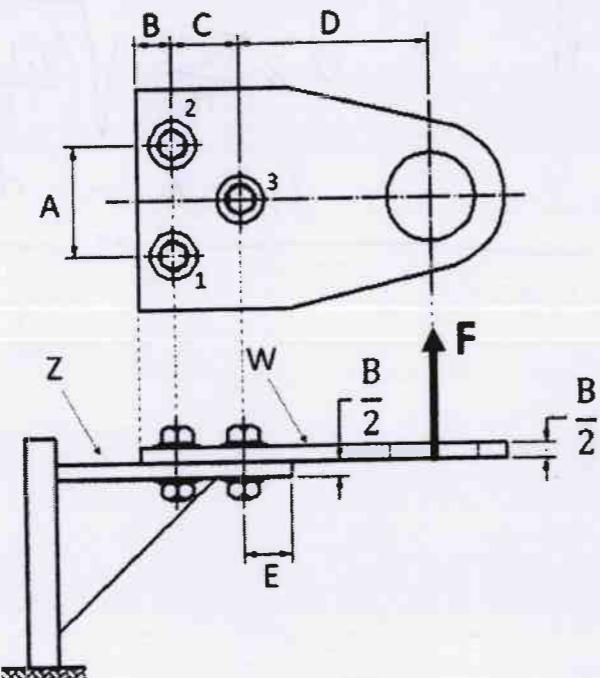
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “  ” localizado na célula “R\_\_\_”.

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R___	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	$T_{ap}$	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

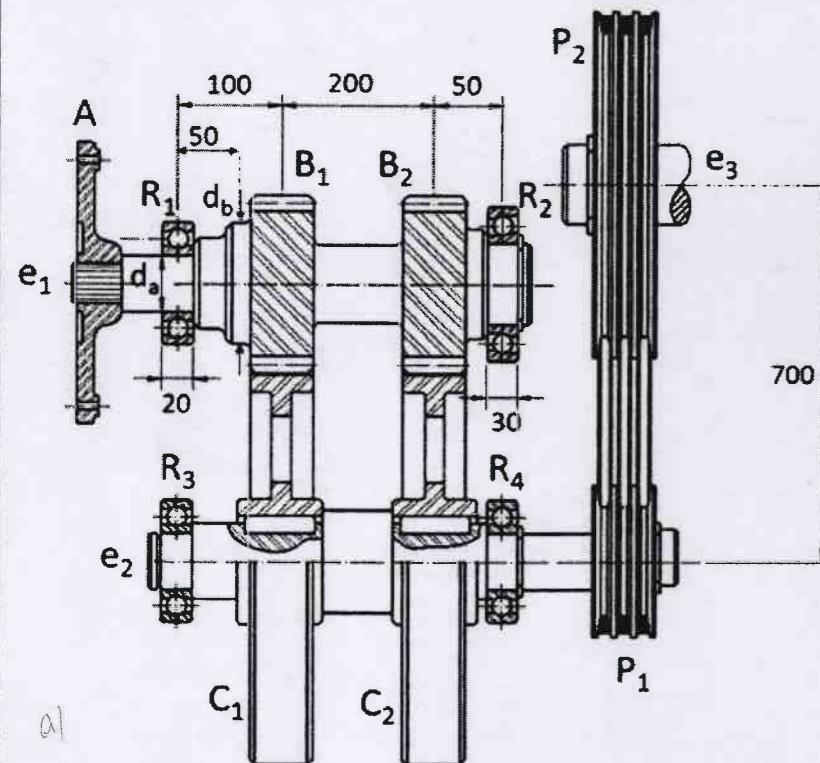
Nome: *Raniel Gomes Perfeito de Souza*

Assinatura: *[Signature]*

NM7510 - Elementos de Máquinas I | Profs.: William Maluf & Debora Lalo | P3 - 3/dez/2019

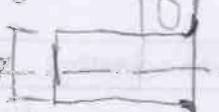
Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

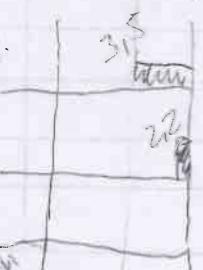
$$\delta = 0,05 \quad \text{(Forma A) Aço 9.8}$$



$$800 - 21 \\ 900 - x \\ 1000 - 23$$

$$\frac{23 - 21}{1000 - 800} = \frac{x - 21}{900 - 800}$$

$$K_{FF, \text{Comb}} = 1 + (3,5 - 1) + (2,2 - 1) = 4,7$$



$$b) M_H \quad \sum M_b = 2677,44 \cdot 50 \cdot 10^3 = 133872 \text{ Nmm}$$



$$M_V \quad \sum M_b = 717,55 \cdot 50 = 35877,5 \text{ Nmm}$$

$$M_F = \sqrt{133872^2 + 35877,5^2} = 138596,203 \text{ Nmm}$$

$$T = F \cdot b \quad w = \frac{2 \pi \cdot R}{60} \quad P = 50 \text{ CV} = 50 \cdot 936 = 36800 \text{ W}$$

$$\bar{P} = T \cdot w$$

$$36800 = T \cdot \frac{2 \pi \cdot 900}{60}$$

$$S_n = 100 \text{ MPa}$$

classe 9.8

$$9.8 \cdot 10 = 720$$

$$G_c = 720 \text{ MPa}$$

$$c) F_T = \frac{2 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{5 \cdot 25} = 6247,36 \text{ N} \Rightarrow B_1 \rightarrow B_2$$

$$F_T = 6247,36 \cdot \tan 15 = 1673,975 \text{ N} \Rightarrow B_1 \rightarrow B_2$$

$$R_2 \rightarrow H = 1673,975 \text{ N} \quad D_i = \frac{75}{25} = 3$$

$$R_2 \rightarrow V = 6247,36 \text{ N}$$

$$d_{PP} = \sqrt{\frac{32 \cdot 1671,38 \cdot 10^3}{10 \cdot 4,36 \cdot 10 \cdot 81 \cdot 10^3}}$$

$$d_{PP} = 42,8728$$

$$d) P_2 \cdot T \cdot w$$

sem perdas

$$36800 = 4685,5 \cdot \frac{2 \pi \cdot n}{60}$$

$$n = 75 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	--
1	b) d <sub>ASME</sub>	34	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	0	Nm
1	d) d <sub>PP C1</sub>	42,8727	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

12.215111.1

072 C

Nome: Roniel Gomes Lúcio de Deus

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_T=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

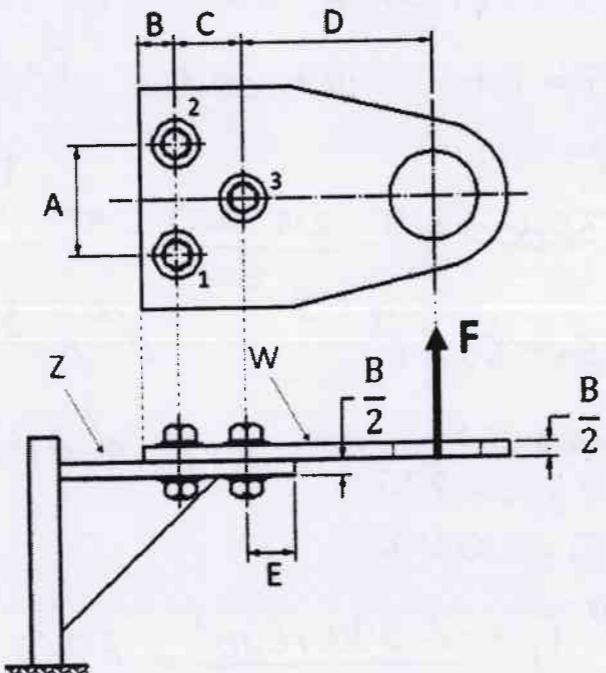
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$F_d = \frac{F}{3} = \frac{40}{3} = 13,33 \text{ kN}$$

$$R = 12,935 \text{ kN}$$

$$F_{d1} = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ kN}$$

$$F_{d2} = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ kN}$$

$$F_{d3} = 0,2 \cdot 60 = 12 \text{ kN}$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R	3	kN
1	b) $F_{ens}$		kN
1	c) Relaxação	0,95	---
1	d) Tap		Nm
1	e) Aumento ou redução		%

12.215.143

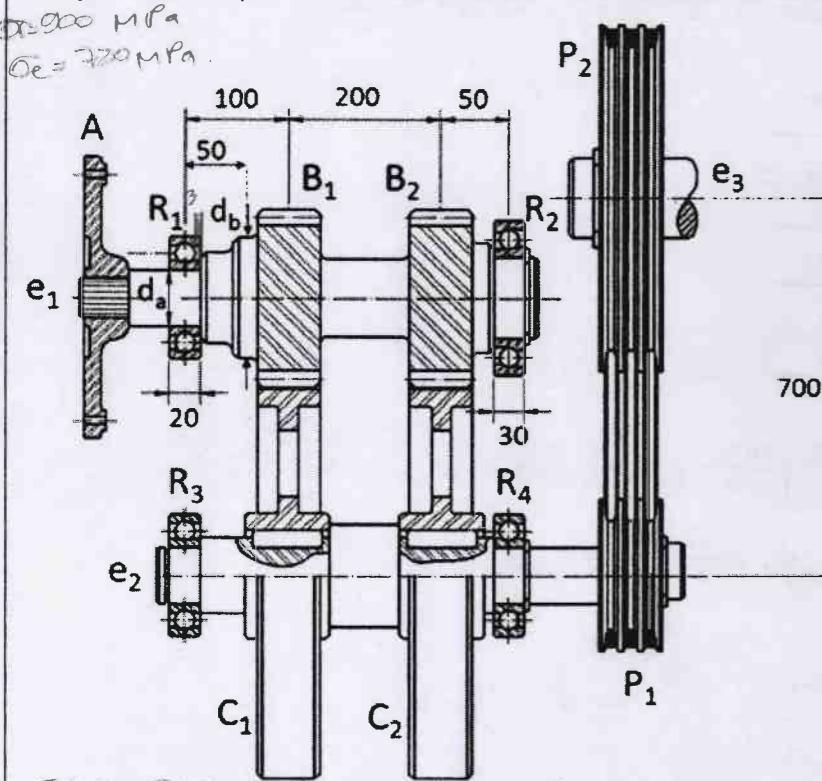
073 C

Nome: Bruno Carisio Nascauthi

Assinatura: Bruno Luiso Ferreira

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com m=5 mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de r/d=0,05. Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm S<sub>n</sub>=100 MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$50 \text{ CV} \rightarrow 36800 \text{ W} \Rightarrow T = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n} \Rightarrow T = \frac{60 \cdot 36800}{2 \cdot \pi \cdot 900} = 390,5 \text{ Nm}$$

$$B_1 = B_2 = 25 \cdot 5 = 125 \text{ mm} \Rightarrow ZF_B = \frac{2 \cdot 390,5}{S \cdot 25} = F_B = 3,124 \text{ N}$$

$$\phi C_1 = 25 \cdot 5 = 125$$

$$T_{\text{maior}} = T_{\text{menor}} \\ T_{\text{menor}} = 390,5$$

$$i = 3$$

$$125$$

$$k_{\text{pm}} = 300 \text{ rpm}$$

$$T = \frac{60 \cdot 36800}{2 \pi \cdot 300} = 1174,4 \text{ Nm}$$

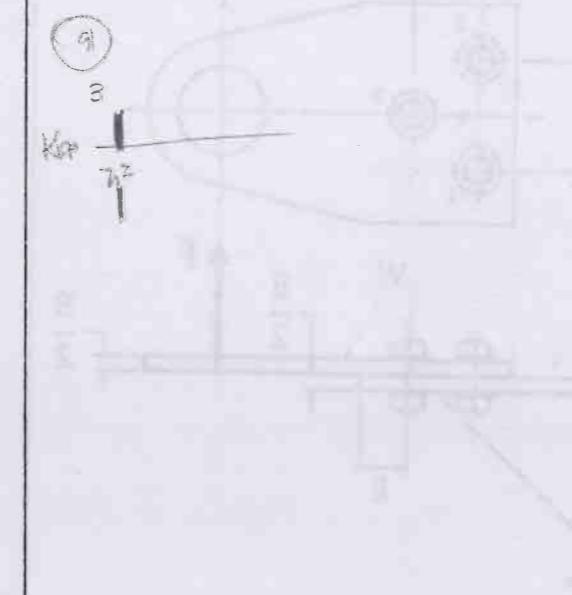
$$e) T = 4685,5 \text{ Nm} \Rightarrow n_P = \frac{60 \cdot 36800}{2 \pi \cdot 4685,5} \Rightarrow 75 \text{ rpm}$$

$$d_{PP} = 4 \sqrt{\frac{32 \cdot 1175,5 \cdot 10^3}{\pi \cdot 436 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} \Rightarrow d_{PP1} = 42,9 \text{ mm}$$

$$b) \frac{32 \cdot \pi}{720} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 138506,20}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{16 \cdot 3905 \cdot 10^3}{720}\right)^2}$$

$$d_{ASME} = 45,13$$

$$M_{AV} = 133072 \quad \left\{ \begin{array}{l} M_C = 138506,2 \text{ Nmm} \\ M_{AH} = 35877,5 \end{array} \right.$$



Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	5,12	---
1	b) d <sub>ASME</sub>	45,13	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	0	Nm
1	d) d <sub>PP1</sub>	42,90	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

12.215.143.4

073

Nome: Bruno Carisio Naschitti Assinatura: Bruno Carisio Naschitti

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

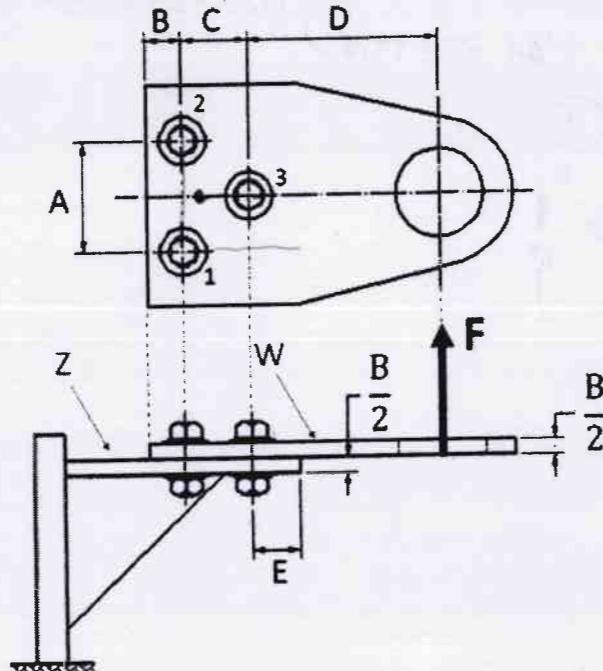
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$(40+190) \cdot E \Rightarrow M =$$

$$C = \frac{858}{200+858} = 0,13$$

$$ASZ \frac{Z_3 (1-\varphi_3) \cdot 37 \cdot 10^3}{895} \sqrt{1+4,8 \cdot (0,12)^2}$$

$$ASZ \frac{M_{19,056}}{0,13} \Rightarrow AS \cdot \varphi_C \approx 110$$

$$\textcircled{1} \quad \sigma = 640 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{F_A}{A} \Rightarrow F_A = 640 \cdot 157 \cdot 100,48 \cdot 10^3$$

$$T_{AP} = 100,4 \cdot 10^3 \cdot 13,546 \cdot 92$$

$$T_{AP} =$$

$$\textcircled{2} \quad 40 \cdot (40+190) \Rightarrow M = 5200 \text{ Nmm}$$

$$R_3 = 40 \cdot 230 \text{ kN}$$

$$\kappa_3 \sqrt{(40-20)^2 + (40-40)} = 40 \quad \kappa_1 = 64,2$$

$$\kappa_2 = \sqrt{(40-20)^2 + (30-40)^2} = 44,72$$

$$F_{B3} = 1,041 \cdot 40 \Rightarrow F_{B3} = 65,7$$

$$k = \frac{5200}{2(44,72)^2 \cdot 40^2} \Rightarrow k = 1,44$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $R_3$	65,7	kN
1	b) $F_{ens}$	110	kN
1	c) Relaxação		--
1	d) $T_{ap}$	227,2	Nm
1	e) Aumento ou redução		%

12.215.205

074

C

Nome: Giovane Colen Lago

Assinatura:

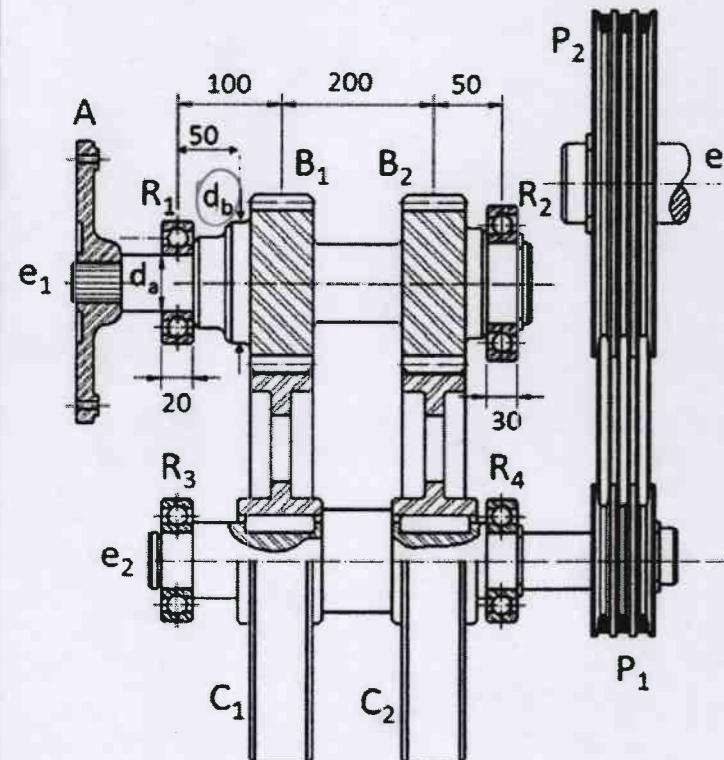
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5$  mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_{n0}=100$  MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "d<sub>a</sub>".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

forma A → 3,5

r/d = 0,05 → 2,2

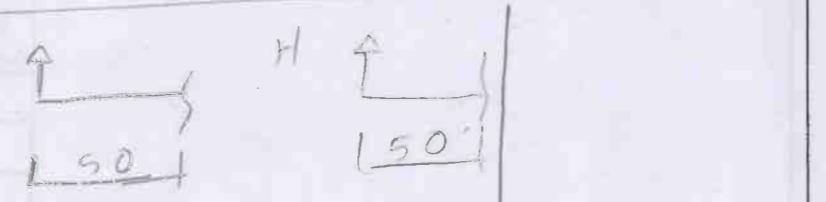
$$K_{FF\text{comb}} = 1 + (3,5 - 1) + (2,2 - 1) = 4,7 \quad (a)$$

Aço 9,8:  $f_y = 900 \text{ MPa}$  $f_e = 720 \text{ MPa}$ 

$$M_V = 50.717,55 = 35897,5 \text{ Nmm}$$

$$M_H = 50.2677,44 = 133897 \text{ Nmm}$$

$$M_a = \sqrt{M_V^2 + M_H^2} = 138596,203 \text{ Nmm} \quad (b)$$



$$T = \frac{50.736}{2\pi \cdot 900} = 390,46 \text{ N.m} = 390460,127 \text{ N.mm}$$

$$d_b \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \pi}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{138596,203}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1 \cdot 390460,127}{720}\right)^2}}$$

$$d_b \geq 44,8 \text{ mm} \quad \text{DIN 3} \quad 45 \text{ mm}$$

$$G = 81 \cdot 10^3 \text{ MPa} \quad R_f = 4,36 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

$$T_{max} = T \cdot i = 1171380,38 \text{ N.mm}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 1171380,38}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} = 412,87 \text{ mm}$$

a)\* Se K<sub>FF</sub> deve ser calculado na seção exata do desenho, então  $K_{FF} = 3,5$

b)\* Se d<sub>b</sub> deve ser calculado sem considerar o momento fletor, então  $d_b \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \sqrt{0,75} \cdot 1 \cdot 390460,127}{720}}$

$$d_b \geq 24,7 \text{ mm} \quad \text{DIN 3} \quad 25 \text{ mm}$$

Vej a os \*

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	---
1	b) d <sub>ASME</sub>	45	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	390,46	Nm
1	d) d <sub>PP C1</sub>	412,87	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

Nome: *Giovane Colen Lago*Assinatura: *Giovane Colen Lago*

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

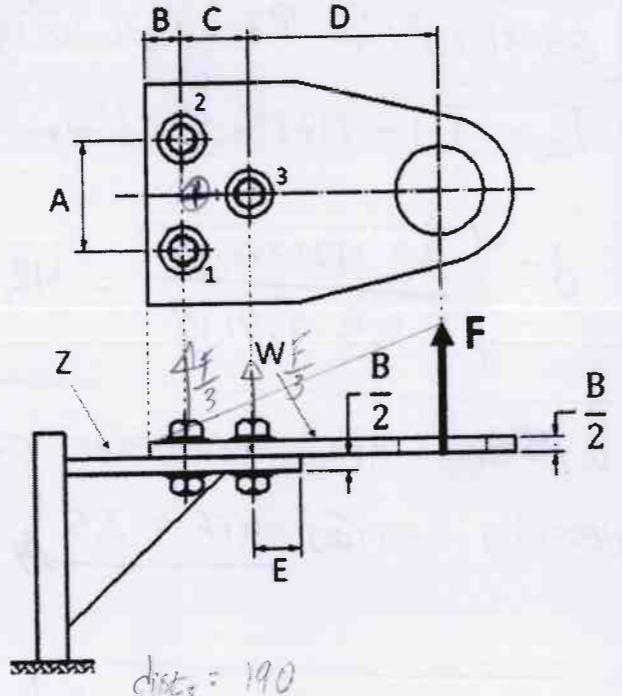
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " \_\_\_\_\_ " localizado na célula "R\_\_\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$A_s = 157 \quad d_3 = 13,546$$

$$\begin{array}{r} A_s \times y \\ 157 \quad 0 \quad 0 \\ 157 \quad 0 \quad 80 \\ 157 \quad 60 \quad 40 \\ \hline 140+80) \cdot 157 = 60,157 \end{array} = x = 20$$

$$K = \frac{840}{20^2 + 2.2.40^2} = 0,123529$$

$$F_1 = \frac{40}{3} + 0,123 \cdot 20 = 15,7$$

$$F_2 = \frac{40}{3} + 56,57 \cdot 0,123 = 20,3$$

$$F_3 = \frac{40}{3} + 56,57 \cdot 0,123 = 20,3$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 1	kN
1	b)	$F_{ens}$	
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: MARCOS VÍNICIOS F. NASCUA

Assinatura: Marcos Vínius F. Nasqua

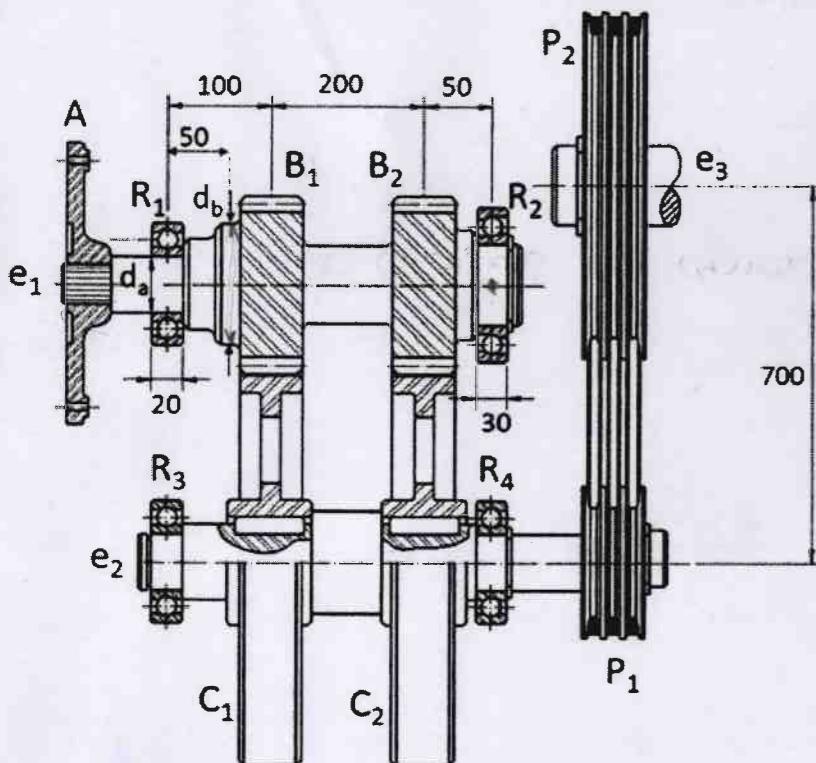
NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

Nota:

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5 \text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100 \text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$d = 4 \sqrt{\frac{32 \cdot 117138 \times 10^3}{\pi \cdot 436 \times 10^{-5} \cdot 81 \times 10^3}} = 42,87 \text{ mm}$$

$$\frac{r}{c \cdot c} = \frac{75}{25} = 3$$

$$T_{61} = 390,46$$

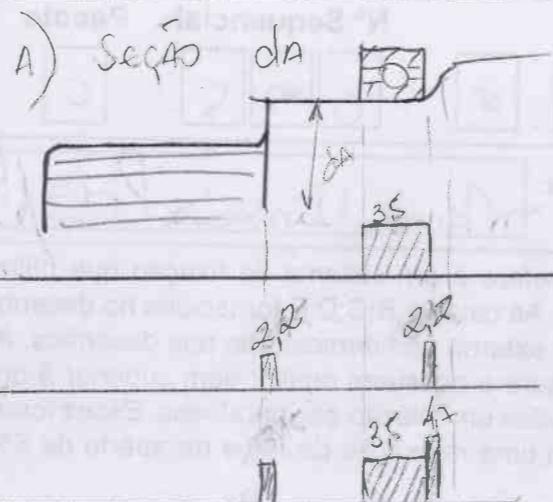
$$T_{62} = 390,46 \times 3 = 1171,38 \text{ Nm}$$

e) Como não há perdas no sistema:

$$P = T \frac{2\pi}{60} \cdot n$$

$$50 \times 736 = 4685,5 \frac{2\pi}{60} \cdot n$$

$$n = 75 \text{ rpm}$$



Geometria

Combinado

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot m}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1 \cdot T_m}{G}\right)^2}$$

$$T_1 = \frac{(50 \times 736) \times 60}{2\pi \times 900} = 390,46 \text{ Nm}$$

Horizontal

$$(50 \times 2677,44) = 133872 \text{ Nmm}$$

Vertical

$$M_{resultante} = \sqrt{M_u^2 + M_v^2} = 138596,2 \text{ Nmm}$$

$$d_b (50 \times 712,55) = 35877,5 \text{ Nmm}$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \sqrt{\left(2 \times 138596,2\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{390,46 \times 10^3}{220}\right)^2}$$

$$d \geq 44,80 \text{ mm} \rightarrow \text{pelo DIN 3} = 45 \text{ mm}$$

c) Como não tem perca de potência, o torque na REGIÃO central

$P = T \frac{2\pi}{60} \cdot n$  R<sub>2</sub> é o mesmo que é transmitido ao e1

Por que não tem como o eixo girar em 2 rotacões diferentes e como potencia não varia o T tem que ser para todo o eixo 1.

$$T_{61} = \frac{(50 \times 736) \times 60}{2\pi \times 900} - 390,46 \text{ Nm}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	---
1	b) dASME	45	mm
1	c) TR <sub>2</sub>	390,46	Nm
1	d) dPC <sub>1</sub>	42,87	mm
1	e) nP <sub>2</sub>	75	rpm

1 2 . 2 1 5 . 2 4 1 . 6      0 7 5      C

Nome: MARCOS VÍNICIUS F. M. SILVA

Assinatura: Marcos Vinícius Paschala

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

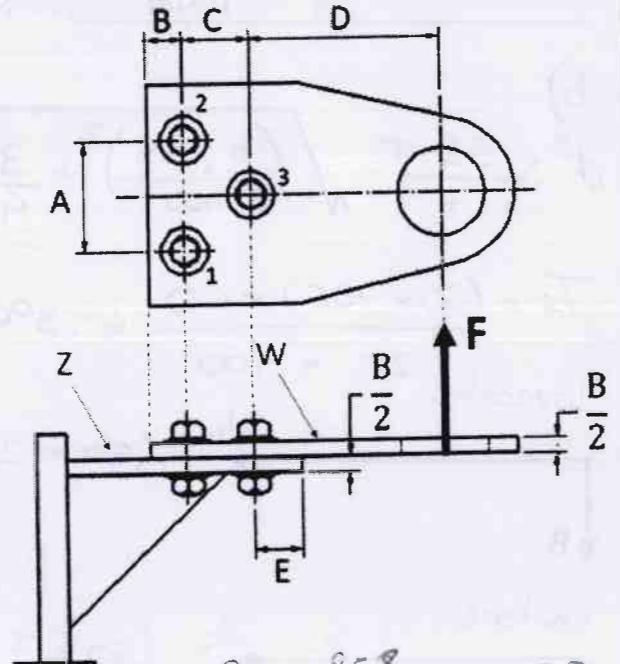
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$C = \frac{858}{858 + 200} = 0,3$$

$$b) A_s \geq \frac{n_p (1 - C) P_{max} \sqrt{1 + 48 k_{ap}^2}}{0,95 (1 - 2S_t) \sigma_e}$$

$$157 \geq 2,3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 37 \times 10^3 \sqrt{1 + (48 \times 0,2^2)}$$

$$0,95 (1 - 2 \times 0,05) \cdot \sigma_e$$

$$\sigma_e = 758,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow 758,32 = \frac{F_{ens}}{157}$$

$$F_{ens} \rightarrow 119,06 \text{ N}$$

c) O fator que considera a relaxação é o valor de 0,95 nas formulações, pois representa relaxação de 5%.

d) classe 8.8  $\rightarrow \sigma_r = 800$   
 $\sigma_e = 640$

$$\sqrt{\left(\frac{T_{ap}}{A_s}\right)^2 + 3 \left(\frac{0,5 \cdot T_{ap}}{0,2 \cdot d_3}\right)^2} \leq \frac{\sigma_e}{\sigma_{ap} \rightarrow 1}$$

pois foi apertado

$$\sqrt{\left(\frac{T_{ap}}{d \cdot k_p \cdot A_s}\right)^2 + 3 \left(\frac{0,5 \cdot T_{ap}}{0,2 \cdot d_3}\right)^2} \leq \frac{\sigma_e}{\sigma_{ap}}$$

$$\frac{T_{ap}}{16 \times 0,2 \times 152} + 3 \left(\frac{0,5 \cdot T_{ap}}{0,2 \cdot 13,546}\right) \leq 640$$

$$T_{ap} = 122,8 \text{ Nm}$$

e) Pois não mudou a posição do primeiro parafuso.

Quadro de respostas para a questão 2				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a)	R3	kN	
1	b)	Fens	119,06	kN
1	c)	Relaxação	0,95	---
1	d)	Tap	122,80	Nm
1	e)	Aumento ou redução	0	%

Nº FEI (RA)

↓ 2 . 2 ↓ 6 . 0 2 6 . 0 0 7 7 C

Nº Sequencial Pacote

Nome: Marcelo Antônio da Silva

Assinatura: Marcelo Antônio da Silva

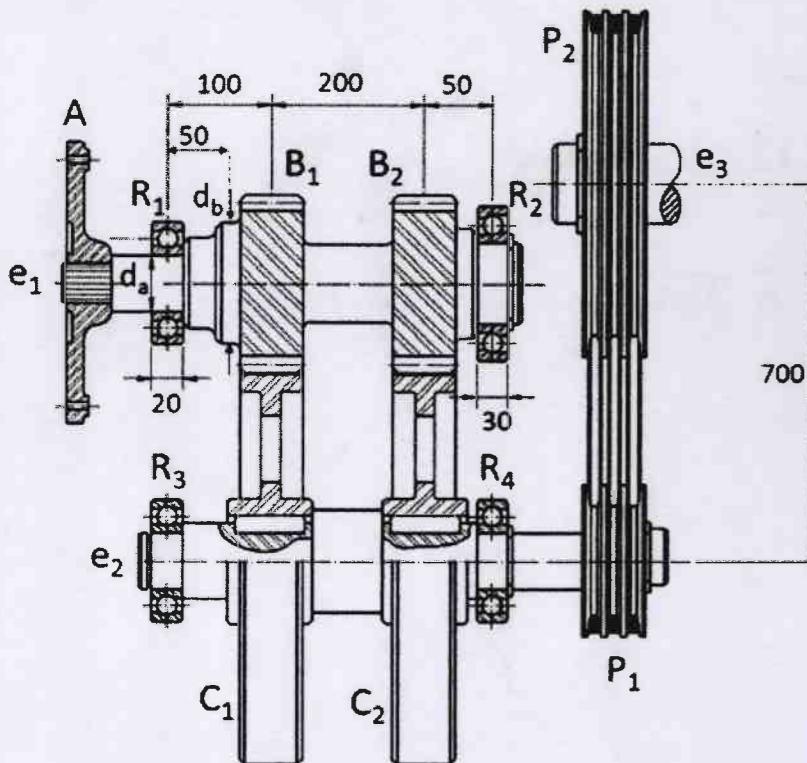
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com m=5 mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de r/d=0,05. Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm S<sub>n</sub>=100 MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "d<sub>a</sub>".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$a) \text{Exo-A} \rightarrow 9.8 < \frac{\sigma_e}{\sigma_r} = \frac{720 \text{ MPa}}{900 \text{ MPa}} \quad \frac{r}{d} = 0,05 \quad S_n = 100 \text{ MPa}$$

$$50.736 = T \cdot \frac{2\pi \cdot 900}{60} \Rightarrow T = 390,46 \text{ N.m}$$

$$K_{FF} = ? \quad (\text{Exo}) \quad d_A =$$

$$K_{FF} = 3,5 \quad (\text{elétrográfico - FORMA A})$$

$$b) d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{100} \cdot \sqrt{(2 \cdot 138596,2)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{16.390460}{720} \right)^2}$$

$$d \geq 45,13 \text{ mm}$$

$$\text{Pela DIN 3} \Rightarrow d = 46 \text{ mm}$$

$$M_V = -717,55 \cdot 50 = -35877,5 \text{ N.m}$$

$$M_H = -2677,44 \cdot 50 = -133872 \text{ N.m}$$

$$M = \sqrt{(-35877,5)^2 + (-133872)^2}$$

$$M = 138596,2 \text{ N.m}$$

$$c) T_{R2} = 0$$

$$d) d = \sqrt{\frac{32 \cdot 585700}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} = 36,05 \text{ mm}$$

$$\frac{2 \cdot 195,23}{m \cdot 75} = 2 \cdot T_2$$

$$T_2 = 585,7 \text{ N.m}$$

$$e) P = T \cdot \left( \frac{2\pi \cdot n}{60} \right)$$

$$50.736 = 4685,5 \cdot \left( \frac{2\pi \cdot n}{60} \right)$$

$$n = 75 \text{ RPM}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	3,5	---
1	b) d <sub>ASME</sub>	46	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	36,05	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>	36,05	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

Nome: Marcelo Cintorio da Silva

Assinatura: Marcelo Cintorio da Silva

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

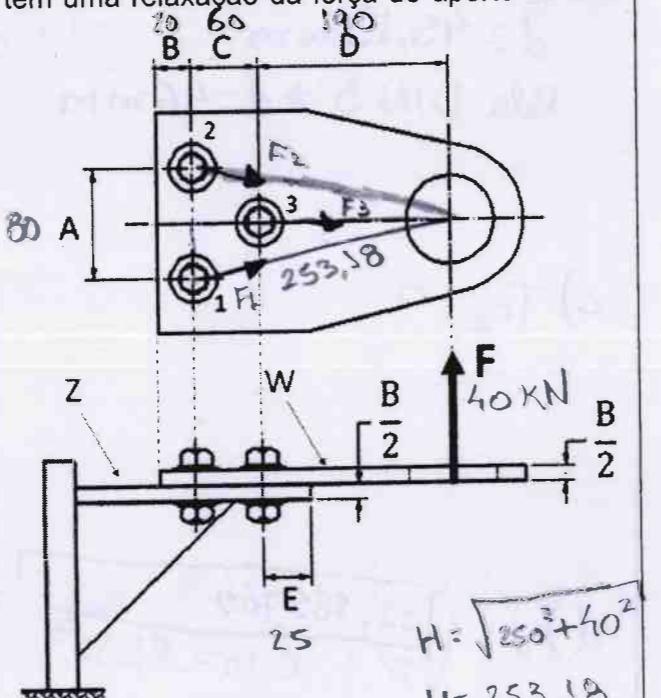
e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

$$a) 40 \cdot 190 = 7600 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$40 \cdot 253,18 = 10127,2 \text{ N} \cdot \text{mm} - 7600 = 2527,2 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\frac{2527,2}{2} = 1263,6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\frac{7600}{13,546} = 561,05 \text{ N}$$



$$b) 157 \geq 2,3 \cdot (1-0,3) \cdot 37000 \sqrt{1+48,02^2} \\ 0,95 \cdot (1-2,05) \cdot 5e$$

$$C = \frac{858}{858+2000} = 0,3$$

$$\sigma_e = 758,32 \text{ MPa} \quad \sigma = \frac{F}{A} = \frac{F_{ens}}{A} = 758,32 \cdot 157 = 119 \text{ kN}$$

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot d \cdot K_{ap}$$

c) Relaxação de força = 5%  $\rightarrow 0,95$

$$d) \sigma_e = 640 \quad \sigma_r = 800 \text{ MPa}$$

$$T_{ap} = 640 \cdot 157 \cdot 13,546 \cdot 0,2 = 272220 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

e) 50% de redução, pois o torque diminuiu pela metade no parafuso 3.

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R3	0,561	kN
1	b) Fens	119	kN
1	c) Relaxação	0,95	---
1	d) Tap	272,22	Nm
1	e) Aumento ou redução	-50	%

Nº FEI (RA)

1 2 2 1 6 0 3 2 . 8

Nº Sequencial Pacote

0 7 8 C

Nome: **Everaldo Ferreira Palma**

Assinatura: **Everaldo Ferreira Palma**

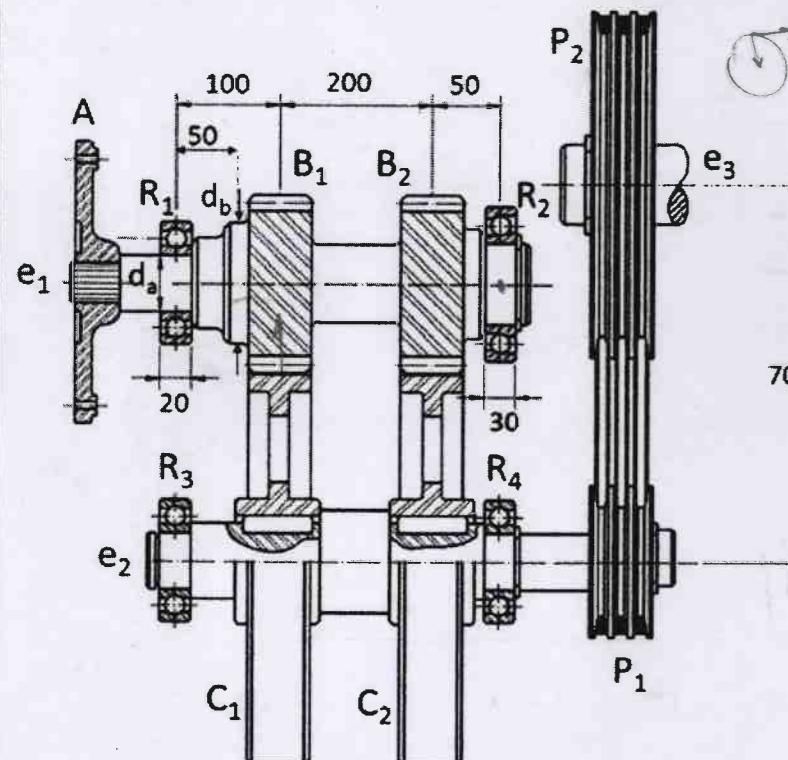
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1$ -> $e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_{th}=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



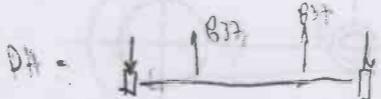
- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\begin{aligned} T_e &= 720 \\ \sigma_r &= 900 \\ k_{ff} &= \text{adçoamento } r/d = 0,05 \rightarrow 2,2 \\ \text{forma } 4 &\rightarrow 3,5 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{c} 800 - 31 \\ 900 \times \\ 1000 2,3 \end{array} \quad \begin{array}{c} 1000 - 800 \\ 900 - 800 \\ \times - 2,1 \end{array} \quad \begin{array}{l} K_{ff} = 1 + (2,2 - 1) + (3,5 - 1) \\ K_{ff} = 4,7 \end{array}$$

$$50 \cdot 736 = 36800 \text{ W} \quad T = \frac{36800 \cdot 60}{2\pi \cdot 900} = 390,46 \text{ Nm}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{2 \cdot 25 \cdot 5} = 3123,68 \text{ N} \quad f_r = 3123,68 \cdot \tan 15^\circ = 834 \text{ N}$$



$$\sum F_y = 122 + 143 = 1674$$

$$\sum M_A = 100 \cdot 837 + 300 \cdot 837 - 350 \cdot 143$$

$$143 = 956,57 \text{ N}$$

$$122 = 717,43 \text{ N}$$

$$M_{Va} = 50 \cdot 2677,44 \cdot 50 = 133872$$

$$M_{Vb} = 50 \cdot 717,55 \cdot 50 = 35877,5 \quad M_{dp} = 138596,2 \text{ N}$$

$$d^3 = 32 \sqrt{\frac{(2 \cdot 138596,2)^2}{100}} + \frac{3}{4} \left( \frac{195,23 \cdot 10^3}{720} \right)^2 \quad d = 44,59$$

$$\begin{aligned} d &= 4 \\ d &= \sqrt{\frac{32 \cdot 585,69 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 6}} = 36,05 \end{aligned}$$

$$e) \quad 390,46 = 4685,5 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot n$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	--
1	b) dASME	45	mm
1	c) TR <sub>2</sub>	0	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>	36,05	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

Nome:

Bento L. Lima

Assinatura:

Bento L. Lima

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

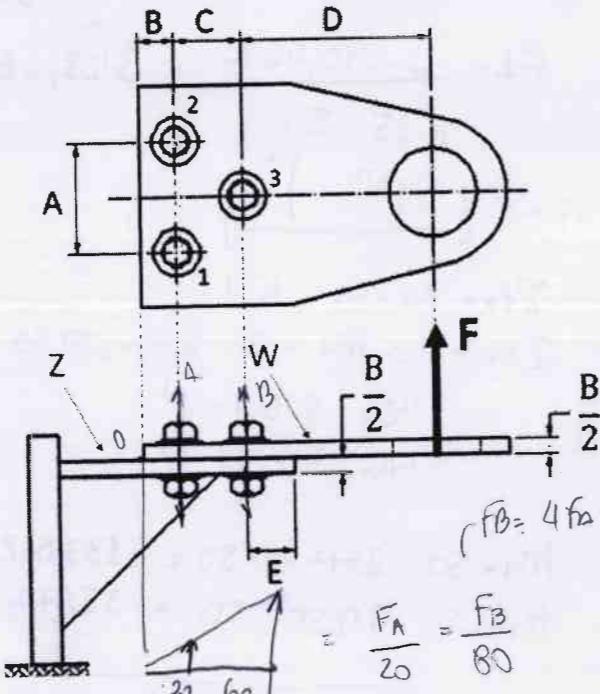
c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

redução, dividir a aproximação  
dos parafusos temos uma menor  
distribuição de forças entre elas

50%



$$M_o = F_a \cdot 20 + F_B \cdot 80 = 40 \cdot 270$$

$$20f_a + 80f_B = 10800$$

$$20f_a + 80(4f_a) = 10800$$

$$f_a = 31,76 - 2\text{parafusos}$$

$$15,88 \text{ f/parafuso}$$

$$F_B = 127,06$$

$$f_a + f_B = 40$$

$$F_A + 4f_a = 40$$

$$f_a = 8$$

$$F_B = 32$$

$$C = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

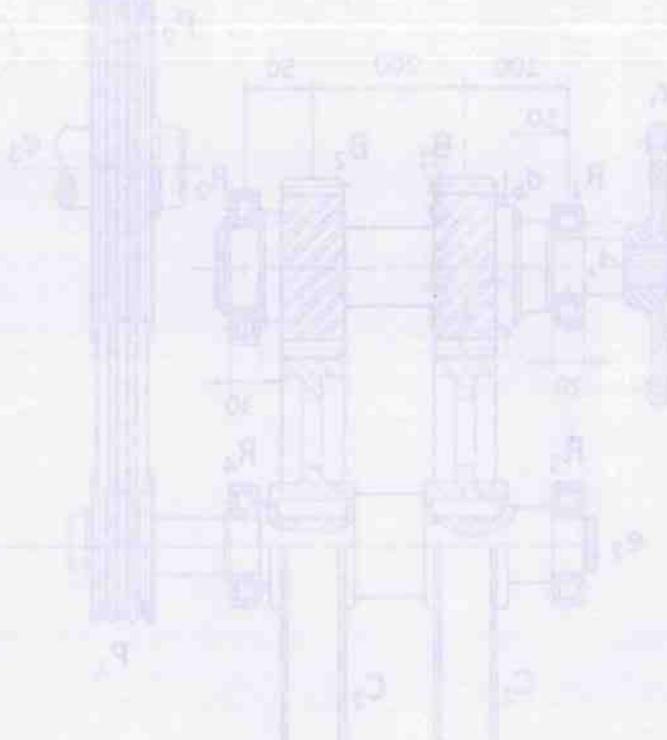
$$157 > \frac{2,3 (1-0,3)}{0,95 (1-2 \cdot 0,05)} 56$$

$$G_e = 758$$

$$M_{16} = 10,9$$

$$a) G_e = 640$$

$$F$$



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R 3	127	kN
1	b) Fens	130	kN
1	c) Relaxação	0,95	---
1	d) Tap	2350	Nm
1	e) Aumento ou redução	50	%

1 2 2 1 6 0 4 8 . 4

0 7 9

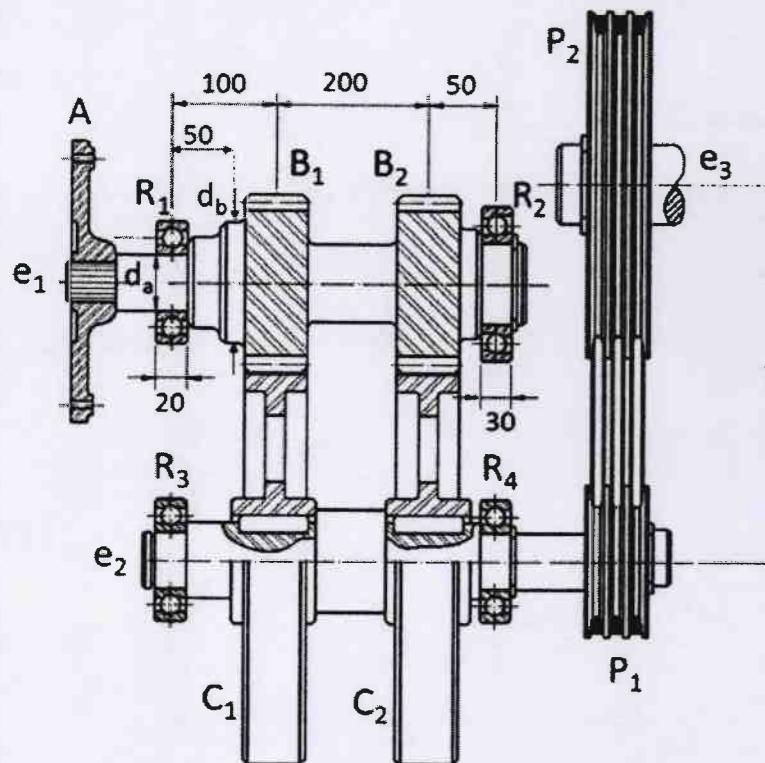
C

Nome: Anderson Godey dos Santos

Assinatura: Anderson Godey

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_h=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "d<sub>a</sub>".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\text{(b)} \quad d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 138596}{100} \Rightarrow d \geq 44,6 \text{ mm} \therefore d_b = 45 \text{ mm}$$

$$M_a = 138596 \text{ Nmm}$$

$$\text{(c)} \quad T = 2\pi \cdot n \cdot r \Rightarrow n = \frac{50 \cdot 736}{2\pi \cdot 4685,5} = 1,25 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>		---
1	b) d <sub>ASME</sub>	45	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	0	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>		mm
1	e) n <sub>P2</sub>	1,25	rpm

12 216048

079

C

Nome: Anderson Godoy dos Santos

Assinatura: Anderson Godoy

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

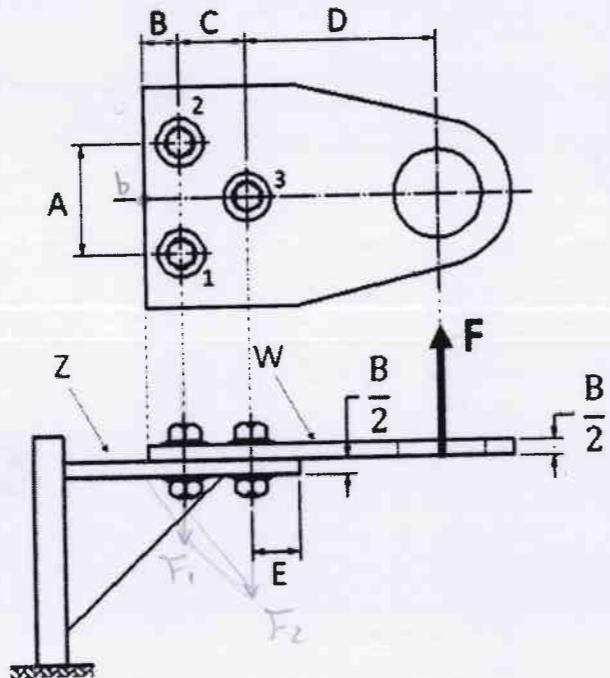
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$\textcircled{a} \quad F_1 = \frac{20}{80} \Rightarrow F_1 = 0,25 \cdot F_2 \Rightarrow F_1 = 31,8 \text{ kN}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$F_1 \cdot 20 + F_2 \cdot 80 = F \cdot 270 \Rightarrow 0,25 \cdot F_2 \cdot 20 + 80F_2 = 270 \cdot 40 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_2 = 127 \text{ kN}$$

$$\textcircled{b} \quad C = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$G_e \geq 2,3(1-0,3) \cdot 37000 \cdot \sqrt{1+48 \cdot 0,2^2} \Rightarrow G_e \geq 758 \text{ MPa}$$

$$0,95(1-2 \cdot 0,05) \cdot 157$$

$$F_{ensaio} = 130 \text{ kN}$$

$$\textcircled{d} \quad \left( \frac{T_{ap}}{157 \cdot 16 \cdot 0,2} \right)^2 + 3 \left( \frac{0,5 \cdot T_{ap}}{0,2 \cdot 13,546^3} \right)^2 \leq 640^2$$

$$T_{ap}^2 + 3 \cdot T_{ap}^2 \leq 640^2 \Rightarrow T_{ap} = 242 \text{ Nm}$$

$$502,4^2 \quad 994,2^2$$

$$\textcircled{e} \quad \text{Cálculo da tensão de escoamento}$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	kN
1	b)	Fens	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: Rodrigo Ramos Ribas

Assinatura: [Signature]

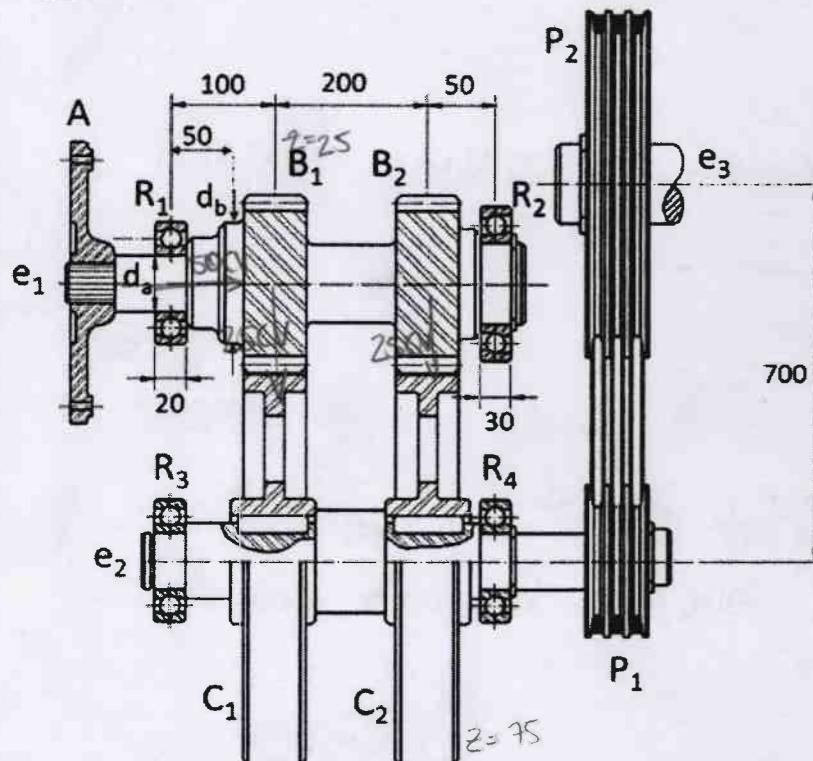
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B1; B2; C1; C2) com  $m=5$  mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1$ ;  $P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1$ -> $R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100$  MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81$  GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



$$\text{Eixo : } 9.8 \rightarrow \sigma_f = 900 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow \sigma_e = 720 \text{ MPa}$$

$$r/d = 0,05$$

$$S_n = 100 \text{ MPa}$$

$$T_A = \frac{50.736}{2\pi \cdot 900} = 390,46 \text{ N.m}$$

$$\lambda_1 = \frac{75}{25} = 3$$

$$n_{C1} = \frac{900}{3} = 300 \text{ rpm}$$

$$T_{C1} = \frac{25.736}{2\pi \cdot 300} = 1171,4 \text{ N.m}$$

$$\text{a) } R_1 = \text{forma A} \quad k_{FF} = 3,5$$

$$k_{FF,\text{comb}} = 1 + (3,5-1) + (2,2-1) = 4,7$$

$$R/d = 0,05$$

$$\sigma_f = 900 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow k_{FF} = 2,2$$

$$\text{b) } M_V = 717,55 \cdot 50 = 35877,5 \quad M = 138596,2 \text{ N.mm}$$

$$M_H = 2677,44 \cdot 50 = 133872$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 138596,2}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{720}\right)^2} \quad d = 44,8 \text{ mm}$$

$$\boxed{d = 45 \text{ mm}}$$

c) O torque não é transmitido ao rolamento, pois o sistema não possui perdas.  $T_{R2} = 0 \text{ N.m}$

$$\text{d) } T_{C1} = \frac{25 \cdot 736}{2\pi \cdot 300} = 585,69 \text{ Nm}$$

$$d = 4 \sqrt{\frac{32 \cdot 585,69 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^5 \cdot 81 \cdot 10^3}} = 36,05 \text{ mm}$$

$$\text{e) } P = T \cdot \omega \rightarrow 50 \cdot 736 = 4685,5 \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$\boxed{n = 75 \text{ rpm}}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $k_{FF}$	4,7	---
1	b) $d_{ASME}$	45	mm
1	c) $T_{R2}$	0 (zero)	Nm
1	d) $d_{PC1}$	36,05	mm
1	e) $n_{P2}$	75	rpm

1 2 2 1 6 0 5 3 . 4

0 8 0

Rodrigo Ramos Ribas

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

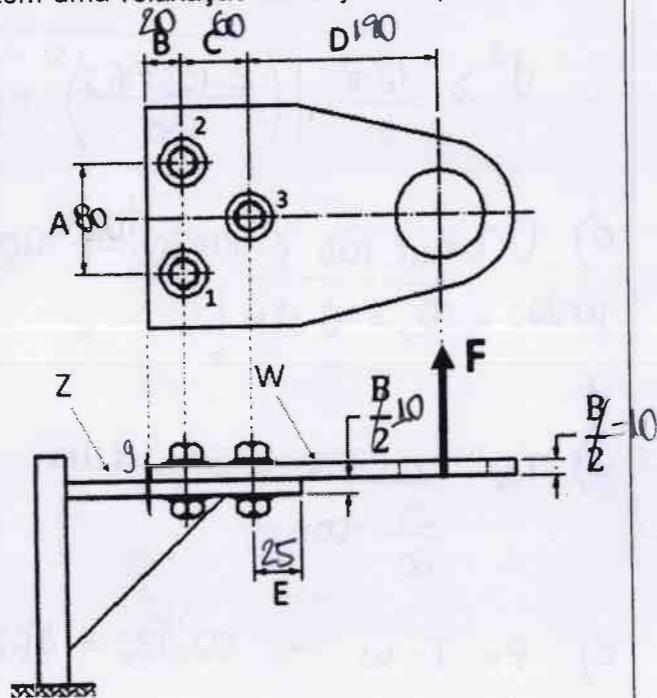
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$a) \sum M_g = \{ 20.F_1 \cdot 2 + 80.F_3 = 270.40.10^3$$

$$R_3 \leq 22,93 \text{ kN}$$

$$b) 157 \geq \frac{2,3(1-0,3) \cdot 37.10^3 \sqrt{1+48.0,2^2}}{0,95(1-2.0,05) \cdot J_e}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$d_3 = 13,546 \text{ mm}$$

$$c) C = \frac{858}{858+2000} = 0,30$$

$$d) 0,95(1-2S_t) \cdot J_e$$

$$d) \text{classe 8.8} \quad T_{ap} = 91 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 0,2 = 291200 \text{ Nmm} = 291,2 \text{ N.m}$$

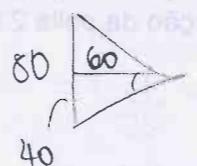
$$\sigma_r = 800 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = 640 \text{ MPa}$$

$$n_p = 1$$

$$F_{ens} = F_{ap} = 91 \text{ kN}$$

e) Diminuindo a cota A pela metade automaticamente diminuiríamos  $r_1$  e  $r_2$ , logo  $r_3$  seria mais solicitado. O aumento seria de 50%.



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R <sub>3</sub>	22,93	kN
1	b) F <sub>ens</sub>	102	kN
1	c) Relaxação	0,95	---
1	d) T <sub>ap</sub>	291,2	Nm
1	e) Aumento ou redução	50	%

Nº FEI (RA)								Nº Sequencial	Pacote			
1	2	2	1	6	1	7	4	8	0	8	1	C

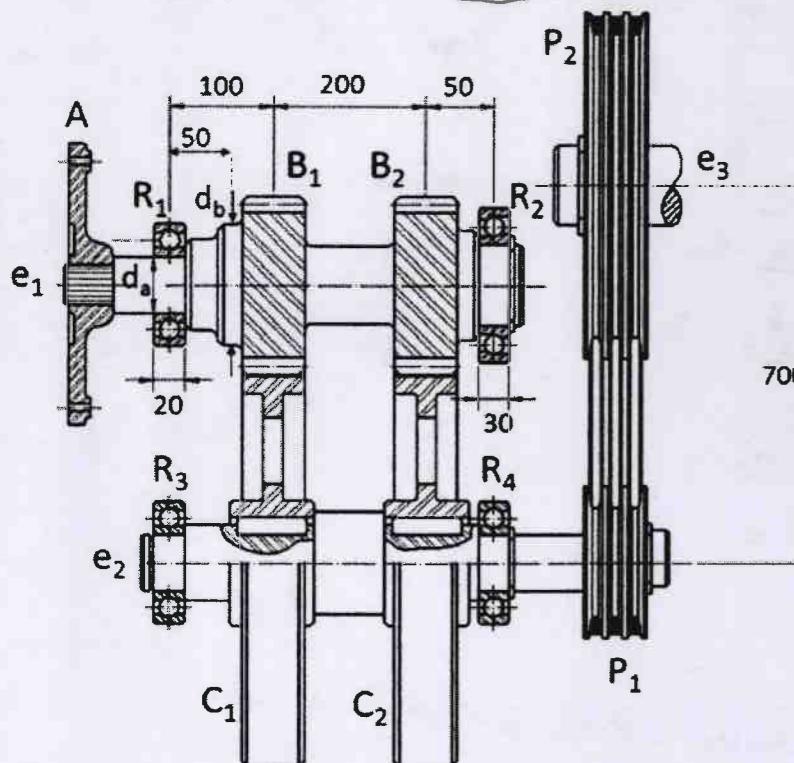
Nome: David (int meus) Intens

Assinatura: bjd hr

NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adotamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_u=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

2)  $K_{FF\ int} = 3,5$        $L_{ff} = 2,2$

$T_e = 9.0.10 = 720$   
 $T_e = 9.100 = 900$

$K_{combinado} = 1 + (3,5-1) + (2,2-1)$   
 $K_{combinado} = 4,7$

$S_o = 736 = T \cdot 2 \pi \cdot \frac{900}{60}$   
 $T = 399,46 \text{ Nm}$

1)  $M_p = 2677,44 \cdot S_o = 133872 \text{ Nmm}$   
 $M_p = 717,55 \cdot S_o = 35877,5 \text{ Nmm}$

$M_R = \sqrt{133872^2 + 35877,5^2} = 138596,2027$

$d^3 > \frac{32 \cdot \pi}{11}$   
 $d \geq 44,81 \text{ mm}$   
 $d = 45 \text{ mm}$

c)  $T = 399,46 \text{ Nm}$

$\frac{l}{l+75} = \frac{T_{e2}}{399,46} = \frac{1171,38 \text{ Nm}}{399,46}$

$d = \sqrt[4]{\frac{1171,38 \cdot 3,32}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}}$

$d = 42,87 \text{ mm}$

e) Sem parâ

$S_o = 736 = 4685,5 \cdot 2 \pi \cdot \frac{n}{60}$   
 $n = 75 \text{ rpm}$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	--
1	b) dASME	45	mm
1	c) TR <sub>2</sub>	390,46	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>	42,87	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

1 2 2 1 6 1 7 4 8

0 6 1

C

Nome:

Divid (na n.s.)

Assinatura:

Bento

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_s=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

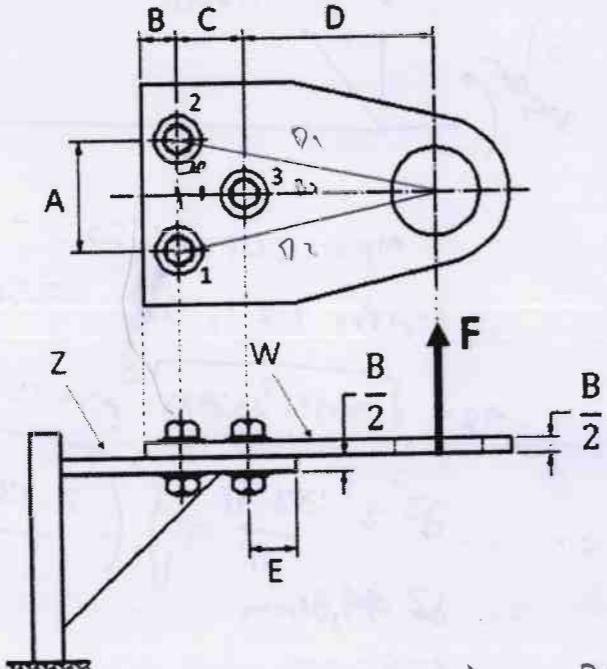
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$b) 157 \times 2,3 \times (1 - 0,3) \times 37 \cdot 10^3 \cdot 0,05 \\ 0,95 \cdot (1 - 0,05) T_e$$

$$T_e > 758,32 \text{ Nm}$$

$$758,32 = F \\ 157$$

$$F = 119056,4952 \text{ N}$$

$$c = \frac{858}{816 + 2000} = 0,3$$

e)  $R_e = 40$

$$T_e = 68 \cdot 10 = 640$$

$$640 = \frac{F}{157} \rightarrow F = 102400 \text{ N}$$

$$T_{ap} = 102400 \cdot 16 \cdot 0,2 \\ T_{ap} = 321536 \text{ Nm} = 321,536 \text{ Nm}$$

$$2) x_G = \frac{0+0+60}{3} = 20$$

$$x_0 = \frac{80-80+20}{3} = 0 \quad \sqrt{20^2 + 40^2} = 49,71$$

$$r_1 = r_2 = 49,71$$

$$(3) = 40$$

$$MG_2 = MG_3 = 253,179 \cdot 40 \cdot 10^3 = 10,12 \cdot 10^6$$

$$MG_3 = 100 \cdot 40 \cdot 10^3 = 7,6 \cdot 10^6$$

$$K = 3165,43$$

$$F_b = 3165,43 \cdot 100$$

$$F_b = 411,50 \cdot 10^3 \text{ N}$$

e) nada, pois A dimensão seria praticamente a mesma

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $R_3$	411,50	kN
1	b) $F_{ens}$	119,056	kN
1	c) Relaxação		--
1	d) $T_{ap}$	321,536	Nm
1	e) Aumento ou redução	0	%

Nome: *Xionaldo Lamentil d'Almeida*Assinatura: *Xionaldo Lamentil*

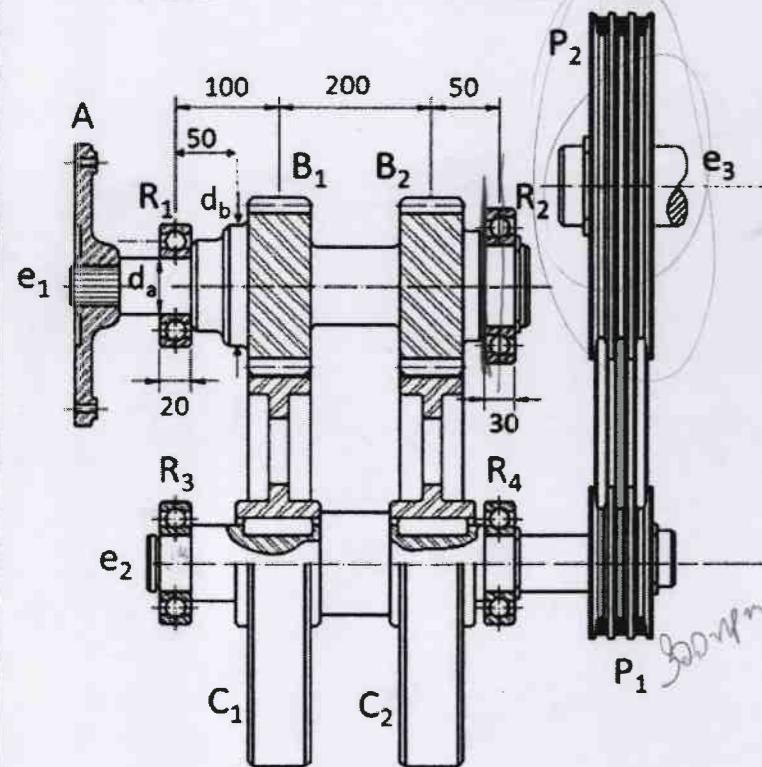
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1, B_2, C_1, C_2$ ) com  $m=5$  mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1, P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100$  MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81$  GPa e condição do momento fletor inexiste. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão  $K_{FF}$  combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de  $R_1$ ) o  $K_{FF}$  combinado=2 e  $n_f=\pi$ . Considere as reações de apoio no  $R_1$ :  $H=2677,44$  N;  $V=717,55$  N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento  $R_2$ .
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento  $C_1$ . Use  $R_T=4,36 \times 10^{-5}$  rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\begin{aligned} \text{ECDR B} \\ \left\{ \begin{array}{l} m=5 \\ \alpha=15^\circ \\ z=25 \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Close 9.3} \\ \sigma_e = 720 \text{ MPa} \\ \sigma_u = 900 \text{ MPa} \\ z = 25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r/d = 0,05 \\ S_n = 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$M_V = 717,55 (50 \times 10^3) = 3587 \text{ Nm}$$

$$M_H = 2677,44 (50)^{\frac{3}{2}} = 133,87 \text{ N.m}$$

$$b) T = \frac{l}{2\pi \cdot 900} = \frac{50(736)}{2\pi \cdot 900} = 390 \text{ N.m}$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \sqrt[3]{3(138,6)^2} + \frac{3}{24} \left( \frac{1 \cdot (390,46)^2}{720} \right)^2$$

$$d \geq 448 \approx 45$$

$$n_f = 900$$

$$n_f = 300$$

$$2) \frac{4685,5}{585,7} = \frac{80}{11} \text{ rpm}$$

$$T_2 = 585,7 \text{ N.m}$$

$$d) 4 \sqrt[4]{\frac{32(585,7) \times 10^3}{\pi (1,36 \times 10^{-5}) 81 \times 10^3}} = 36 \text{ mm}$$

$$\text{Eixo 2} \\ l = \frac{D_2}{d_3} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{Eixo 1} \\ J_2 = \frac{J_1}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

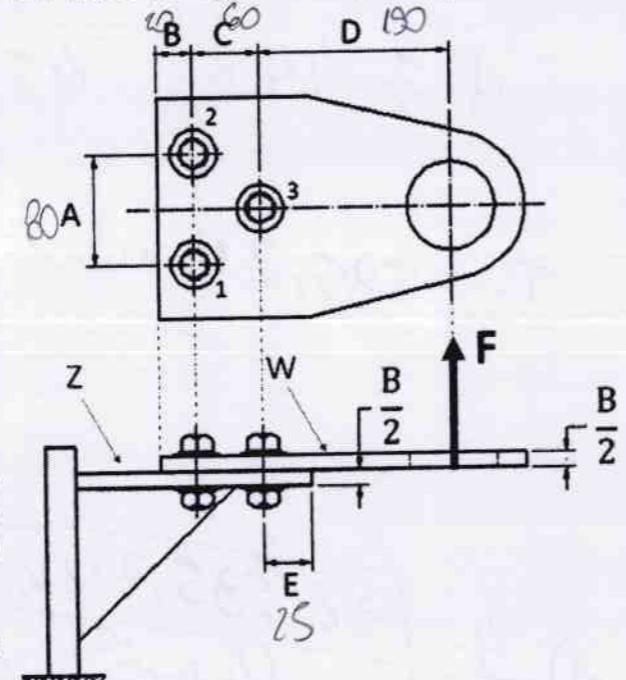
Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) $K_{FF}$	3,5	--
1	b) dASME	45	mm
1	c) $T_{R2}$	195,2	Nm
1	d) $d_{PC1}$	36	mm
1	e) $n_{P2}$	37,5	rpm

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_s=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".



b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R <sub>Z</sub>	1000	kN
1	b) $F_{ens}$	70	kN
1	c) Relaxação	2,7	---
1	d) Tap	50	Nm
1	e) Aumento ou redução	10	%

Nº FEI (RA)

Nº Sequencial Pacote

0 8 4

C

Nome: Gabriela Constantino Votré

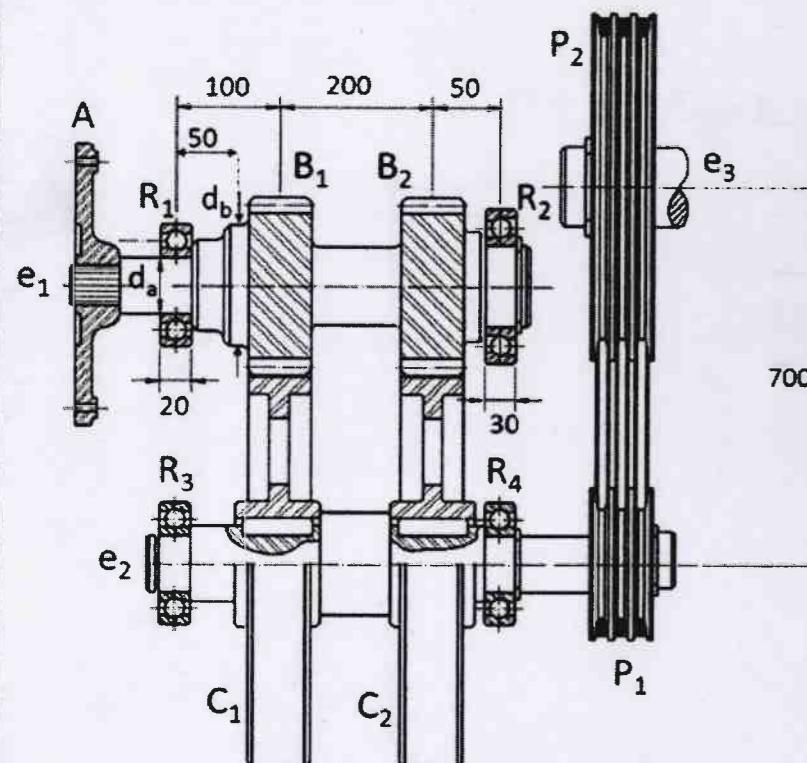
**Assinatura:** 

NM7510 - Elementos de Máquinas I | Profs.: William Maluf & Debora I. alo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com m=5 mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de r/d=0,05. Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm S<sub>n</sub>=100 MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".

b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.

c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.

d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use R<sub>T</sub>=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.

e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia??

$$P = 50 \text{ CV} \quad n = 300 \text{ rpm} \quad \frac{300-300}{x-211} \approx \frac{1000-300}{2,3-x}$$

$$K_{\text{eff}} = 2,2 + 3,5 = 5,7$$

$$K_{IF} = 5,7$$

$$b) \quad d^3 = \frac{32 \cdot 8}{x} \quad \checkmark$$

$$Ma = \sqrt{(50 + 717.155)^2 + (-}$$

$$c) P = T \begin{pmatrix} 20 \\ 60 \end{pmatrix}$$

$$T = \frac{50736}{60} = 390 \text{ N.m}$$

$$c) T_3 = 4685,5 \text{ N.m}$$

$$T = 390$$

$$\text{ie}_1 = \frac{75}{25} = 3$$

$$T_2 = 3.390 \times 1170$$

$$50.736 = 4085.5 \left( \frac{\pi}{60} \cdot n \right)$$

n = 75

**Quadro de respostas para a questão 1**

Quadro de respostas para a questão 1				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a) $K_{FF}$	57	---	
1	b) $d_{ASME}$		mm	
1	c) $T_{R2}$	390	Nm	
1	d) $d_{PPC1}$		mm	
1	e) $n_{P2}$	75	rpm	

Nome:

Gabriela Constantino Vottre

Assinatura:

Gabriela G. Vottre

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

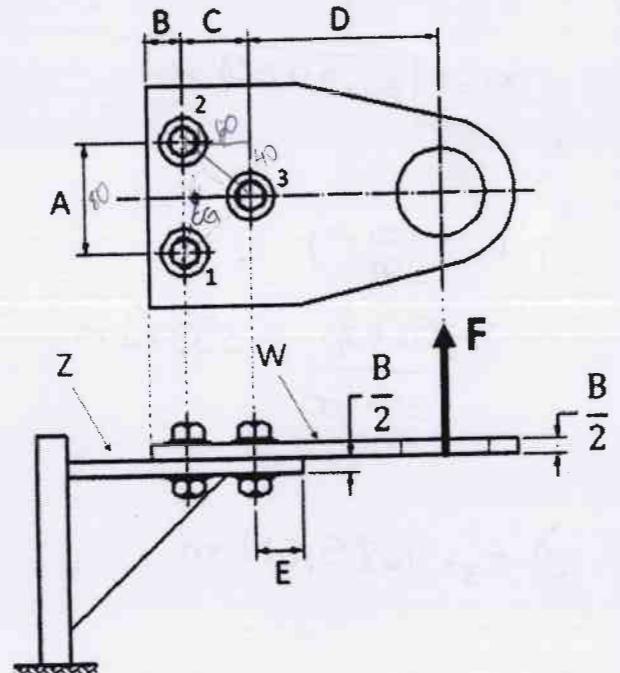
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



b)

$$157 \geq 2,3 \cdot 0,3 \cdot 37 \cdot 10^3 \\ \sigma_e \left[ 1 - 0,95(1 + 48 \cdot 0,2^2)^{-0,5} \right]$$

$$\sigma_e = \frac{858}{2000 + 858} = 0,3$$

$$\sigma_e \geq 366$$

classe 5.8

$$d) \sigma_e \geq \frac{(F_{ap})^2}{690} + 3 \left( \frac{0,5 \cdot F_{ap} \cdot 16 \cdot 0,2}{0,2 \cdot 13,546^3} \right)^2$$

$$690^2 \geq \frac{F_{ap}^2}{24649} + 3 \cdot \frac{64 F_{ap}^2}{6178263,512}$$

$$157 \geq 2,3(1-0,3) \cdot 37 \sqrt{14980,7} \\ 0,95(1-2,0,05)\sigma_e$$

$$\sigma_e \geq 758,3$$

classe 10.9

$$F_{ap} \leq 5,917 \text{ kN}$$

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot 16 \cdot 0,2 = 17,3 \text{ kN-mm}$$

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a)	R 3	kN	
1	b)	Fens	130	kN
1	c)	Relaxação	---	
1	d)	Tap	17,3	Nm
1	e)	Aumento ou redução	- 20 %	

Nº FEI (RA)

122171747 085 C

**Nome:** Yuri de Andrade Takano

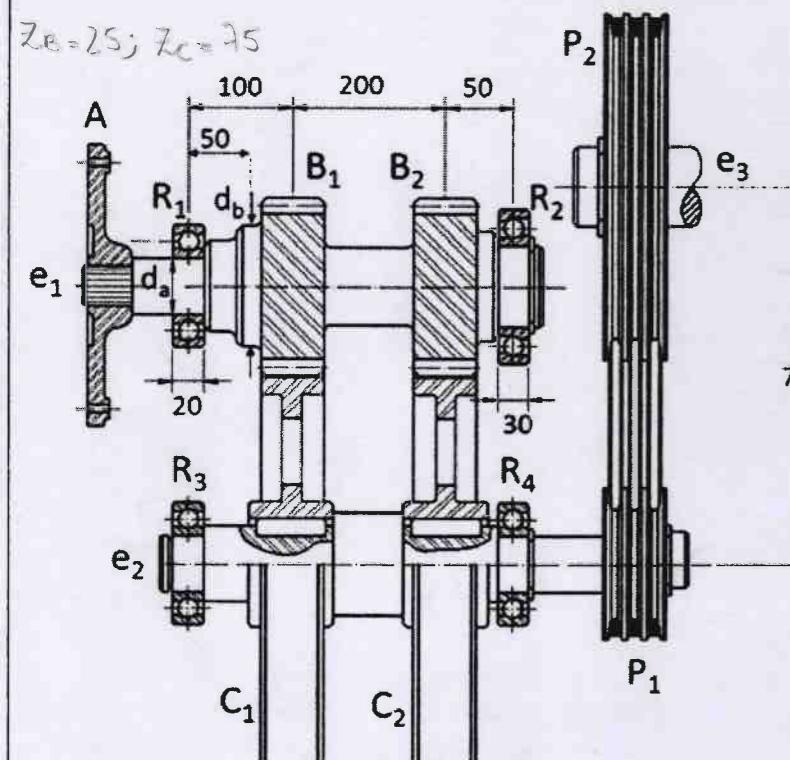
**Assinatura:** 

NM7510 - Elementos de Máquinas I | Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e1 \rightarrow e3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs ( $B_1; B_2; C_1; C_2$ ) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias ( $P_1; P_2$ ) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos ( $R_1 \rightarrow R_4$ ). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente:  $R_1$  (forma A);  $R_2$  (forma B);  $R_3$  (forma C);  $R_4$  (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



$$Aq0.8 \rightarrow \sigma_r = 900 \text{ MPa}$$

$M_{\odot} = 900 \text{ M}_{\odot}$

$$\sigma_e = 720 \text{ mpc}$$

Sn - 100 ppm

$$m_{\text{eff}} = 900 \cdot \frac{25}{75} = 300 \text{ N/mm}$$

$$P_3 = T_3 \cdot \omega_3$$

$$50736 = T \cdot \frac{2\pi \cdot 900}{62}$$

$$T_1 = 390 \text{ N.m}$$

$$\frac{T_2}{390} = \frac{900}{300} \rightarrow T_2 = \underline{\underline{5570 \text{ N.m}}}$$

- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".

b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.

c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.

d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.

e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\left. \begin{array}{l} r/d = 0,05 \\ \sigma_c = 900 \text{ MPa} \end{array} \right\} K_{ff} = 2,225$$

$$R_s : \text{forma A} \quad \left\{ \begin{array}{l} K_{ff} = 3,50 \\ G_f = 600 \text{ MPa} \end{array} \right.$$

$$\text{ASME: } d_b^3 \geq \frac{32 n_f}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_{ff} \cdot Ma}{S_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{K_{tt} \cdot T_m}{\rho_e}\right)^2}$$

$$d_b^3 \geq \frac{32\pi}{\pi} \quad (2, 50, 10^{-3}, 717, 55)$$

$$d_b > 2,84 \text{ mm} \rightarrow \text{nominell: } \underline{\underline{d_b = 3,00 \text{ mm}}}$$

$$K_F = 3.00$$

$$d_{pp} = \sqrt{\frac{32 \cdot T_{max}}{\pi \cdot R_1 \cdot G}} = \sqrt{\frac{32 \cdot 1570}{\pi \cdot 4 \cdot 36 \cdot 10^{-5} \cdot 80 \cdot 10^3}}$$

$$d_{pp} = 7,65 \text{ mm}$$

$$e) T_3 = 4685 \text{ Nm}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{n_2}{n_3} \rightarrow n_3 = n_{p_2} = 74,93 \text{ Atm}$$

$$\frac{4685,5}{1170} = \underline{\underline{300}} \quad m_3$$

Quadro de respostas para a questão 1				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a) K <sub>FF</sub>	3,50	---	
1	b) d <sub>ASME</sub>	3,00	mm	
1	c) T <sub>R2</sub>		Nm	
1	d) d <sub>PPC1</sub>	7,65	mm	
1	e) n <sub>P2</sub>	74,91	rpm	

1 2 . 2 1 7 1 7 4 . 7

0 8 5

Nome:

Yui de Andrade Tatsuno

Assinatura:

Yui de A.

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $As=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

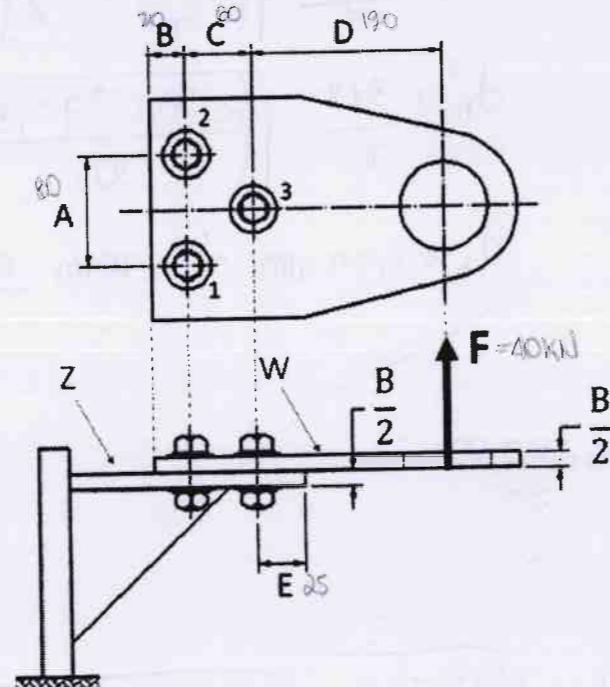
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



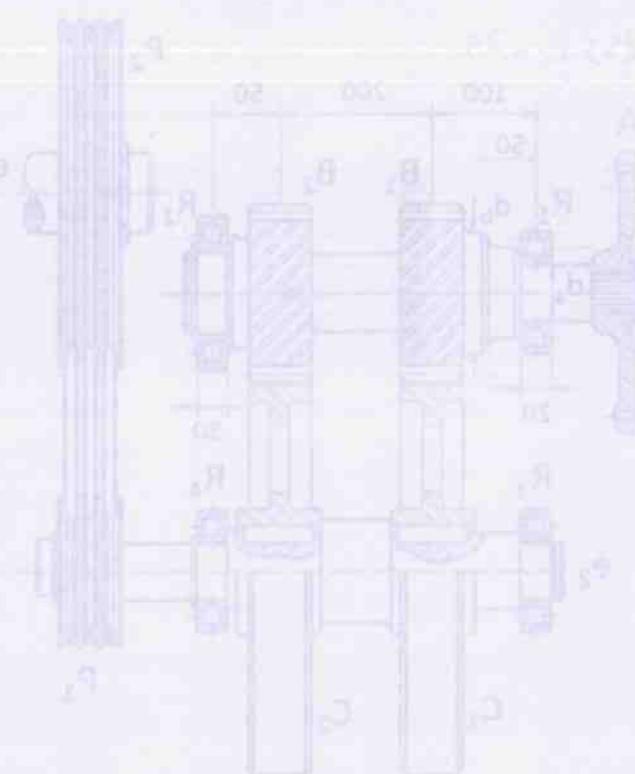
$$C = \frac{k_p}{k_p + k_j} = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$As \geq m_p(1-C), P_{max} \leq \frac{1}{3} + 48K_{ap}^2$$

$$0,95 \cdot (1-0,3) \cdot 37 \leq \frac{1}{3} + 48 \cdot 0,2^2$$

$$\geq 2,3 \cdot (1-0,3) \cdot 37 \leq \frac{1}{3} + 48 \cdot 0,2^2$$

$$0,95 \cdot (1-0,05) \cdot 37 \leq \frac{1}{3} + 48 \cdot 0,2^2$$



Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R___	kN
1	b)	F <sub>ens</sub>	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

1	2	2	1	7	1	9	2	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	8	6
---	---	---

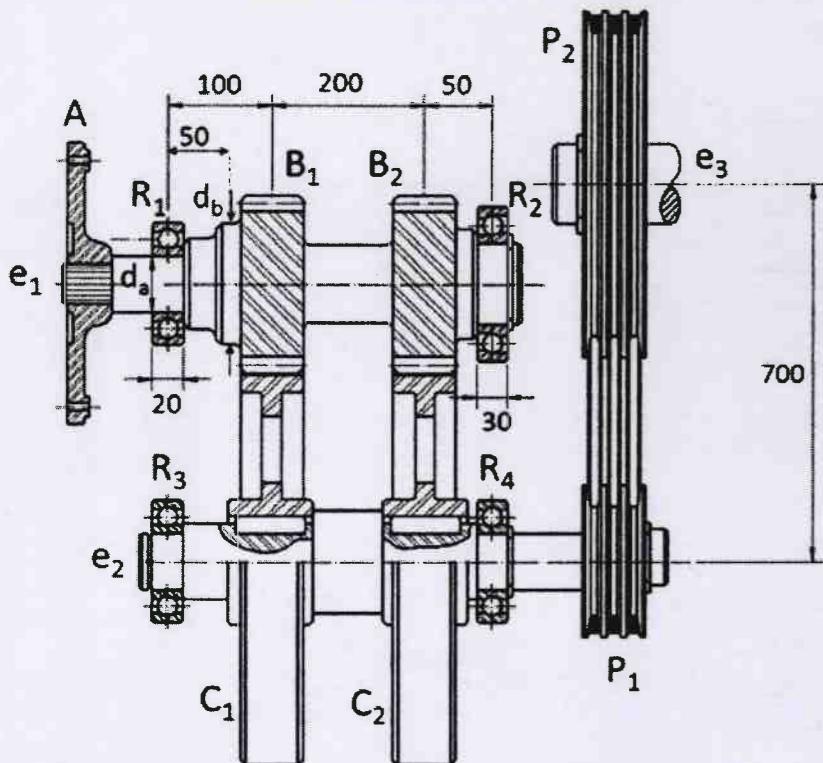
C
---

Nome: *Carolina Galvão* Assinatura: *bueno.*

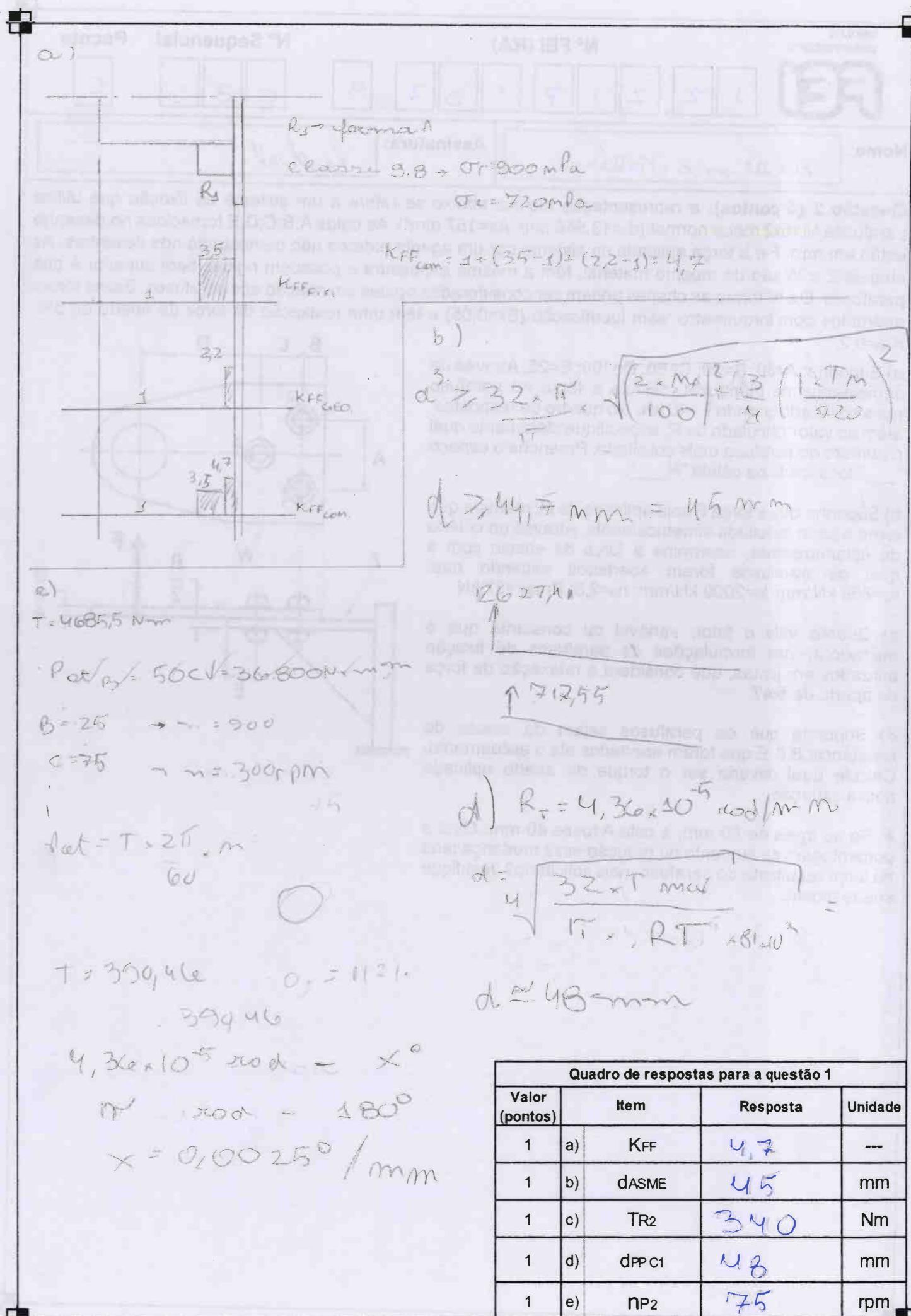
NM7510 - Elementos de Máquinas I | Profs.: William Maluf & Debora Lalo | P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?



Nome:

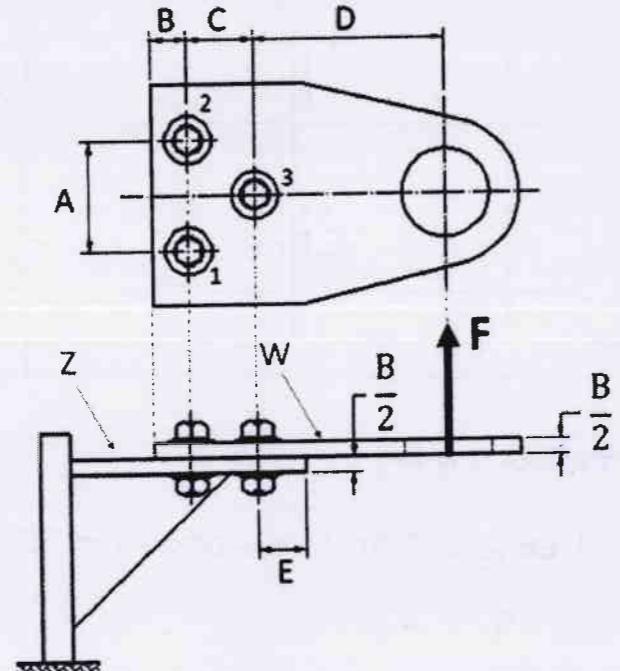
Carvalho Galério

Assinatura:

Lind. W.

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_s=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "R" localizado na célula "R".



b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot d \left[ \tan(\theta/2) + 0,625 \text{ m} \right] = F_{ap} \cdot d \cdot K_{ap}$$

$$K_{ap} = A \cdot q \cdot E_j$$

$$A = 80 \text{ mm}$$

$$n_p = 2,3$$

$$\text{classe } 8.8$$

$$q = 1,8 \text{ mm}$$

$$K_p = 858 \text{ kN/mm}$$

$$F_{ens} = 63,4 \text{ kN}$$

$$C = 858 \cdot 0,3$$

$$S_t = 0,05$$

$$2000 \cdot 858$$

$$F_{rel} = 5\%$$

$$80 \rightarrow 40 \text{ mm}$$

$$K_{ap} = C$$

$$F_{ens} = ?$$

$$F_{ens} = ?$$

$$F_{ens} = 51 \text{ kN}$$

1 2 2 1 7 2 3 0 . 7

0 8 7 C

Nome: Guilherme Maia S. Plez

Assinatura: Guilherme Plez

NM7510 - Elementos de Máquinas I

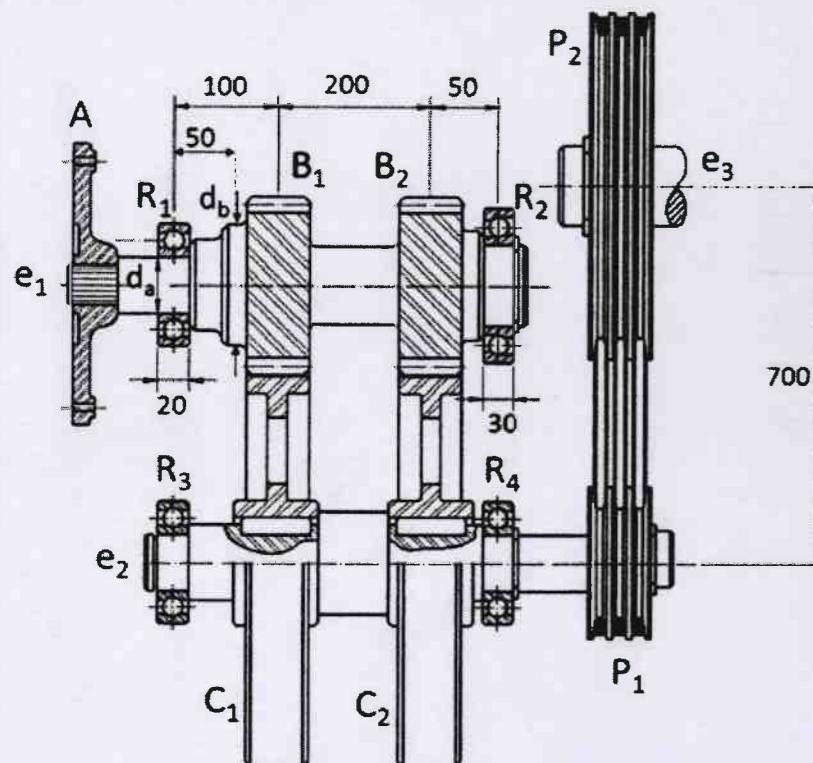
Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

Nota:

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "d<sub>a</sub>".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e  $n_f=\pi$ . Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use  $R_t=4,36 \times 10^{-5} \text{ rad/mm}$ .
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\text{Aço 9.8} \rightarrow \sigma_e = 9.8 \cdot 10 = 720 \text{ MPa} \text{ e } \sigma_r = 9.100 = 900 \text{ MPa}$$

Forma A (Sem alívio de tensões) e  $\sigma_e = 900 \text{ MPa} \rightarrow K_{FF,\max} = 3,5$  (Gráfico)

$$M_H = 50 \cdot 2677,44 = 133872 \text{ N.mm}$$

$$M_V = 50 \cdot 717,55 = 35877,5 \text{ N.mm}$$

$$M = \sqrt{133872^2 + 35877,5^2} = 138596,2027 \text{ N.mm}$$

$$P = T \cdot w \rightarrow 50 \cdot 736 = T \cdot \left(\frac{2\pi}{60}\right) \therefore T = 390,46 \text{ N.m}$$

$$\text{ASME: } d^3 \geq \frac{32\pi}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 138596,2027}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1,6 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{720}\right)^2}$$

$$d \geq 44,6 \text{ mm}$$

$$R_t = 4,36 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{32 \cdot 390,46 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} \therefore d_{PC1} = 32,58$$

$$P = T \cdot w \rightarrow 50 \cdot 736 = 4685,5 \left(\frac{2\pi \cdot n}{60}\right) \therefore n = 75 \text{ RPM}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	K <sub>FF</sub>	3,5
1	b)	d <sub>ASME</sub>	45,12
1	c)	T <sub>R2</sub>	Nm
1	d)	d <sub>PC1</sub>	32,58
1	e)	n <sub>P2</sub>	75

Nome: Guilherme Maia S. Plez

Assinatura: Guilherme Plez

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_a=0,2$ .

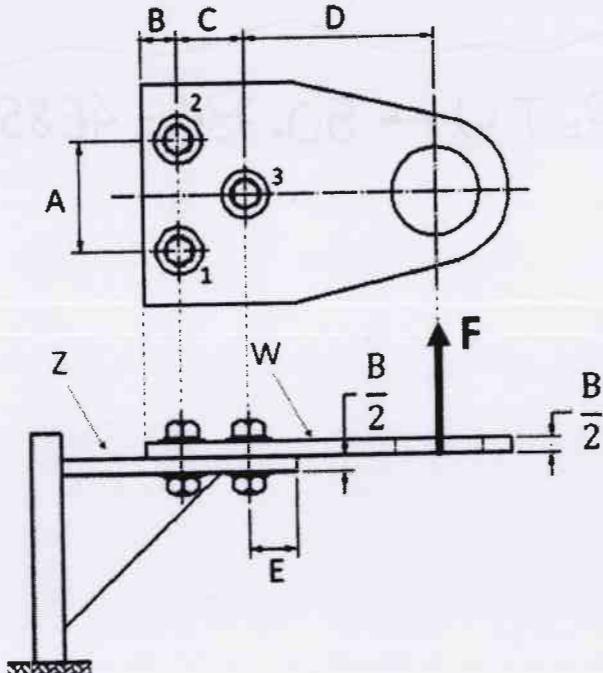
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$C = \frac{K_p}{K_p + K_j} \quad \therefore C = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

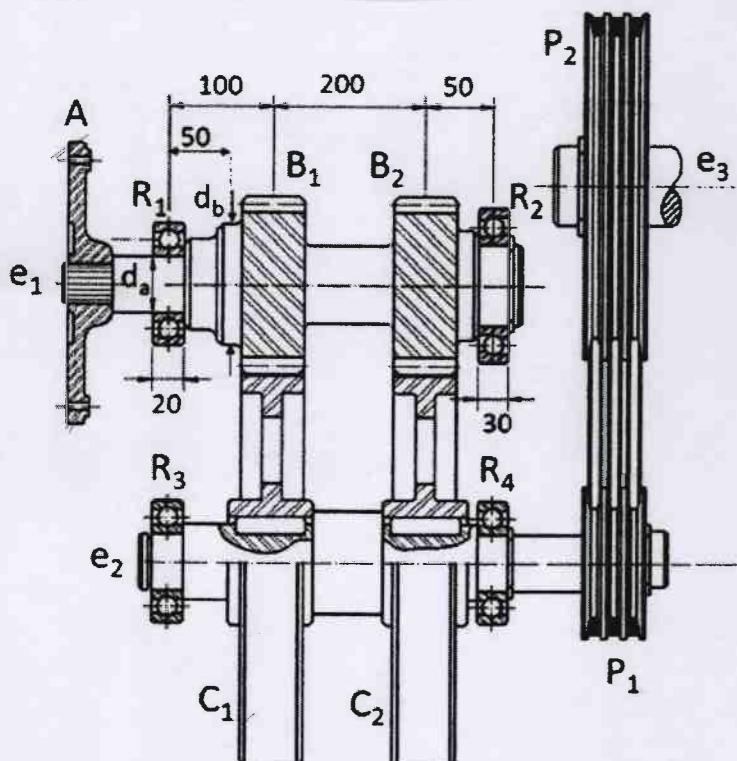
Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R___	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: *Vinicius Magalhães*Assinatura: *[Signature]*

NM7510 - Elementos de Máquinas I | Profs.: William Maluf &amp; Debora Lalo | P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "d<sub>a</sub>".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$P = F \cdot V, \quad P = T \cdot \omega$$

$$\omega = 900 \text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>		---
1	b) d <sub>ASME</sub>		mm
1	c) T <sub>R2</sub>		Nm
1	d) d <sub>PC1</sub>		mm
1	e) n <sub>P2</sub>		rpm

Nome:

Vinius Magalhães

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

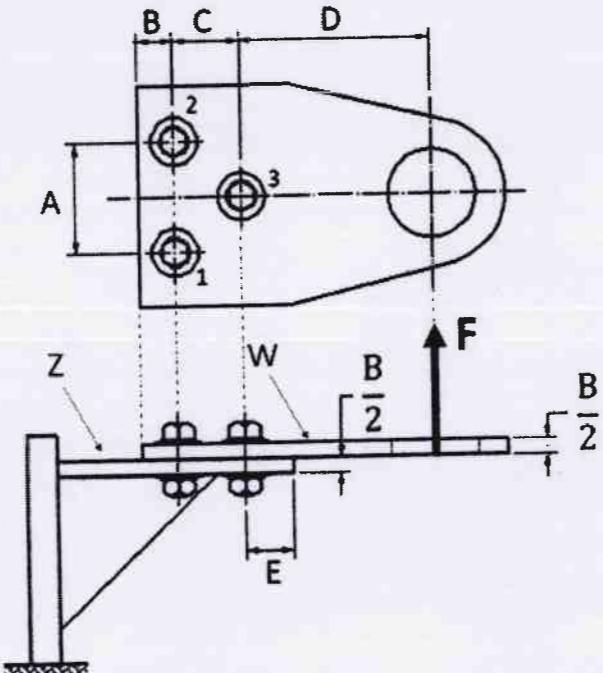
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " \_\_\_\_\_ " localizado na célula "R".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R _____	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%



Nome: **Mathias Camib**Assinatura: **Mathieu**

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_a=0,2$ .

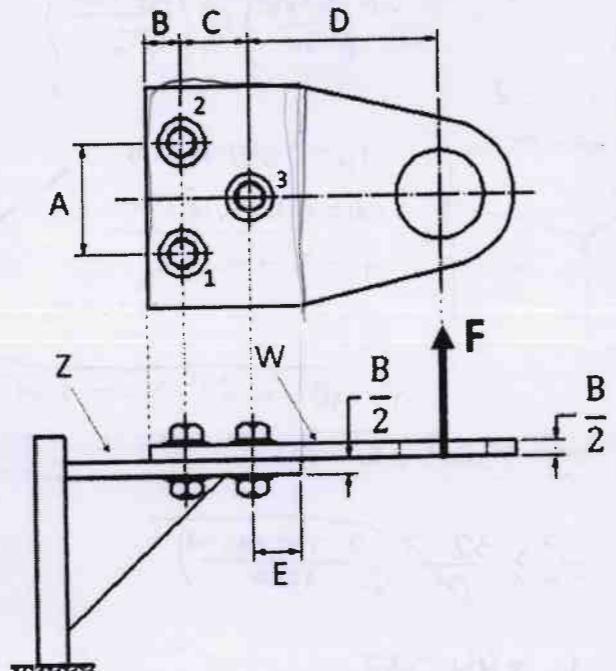
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "\_\_\_" localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força utilizada de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$b) A_s \geq n_p(1-C)P_{max} \sqrt{1+4k^2} \\ 0,95(1-0,3)\sigma_e$$

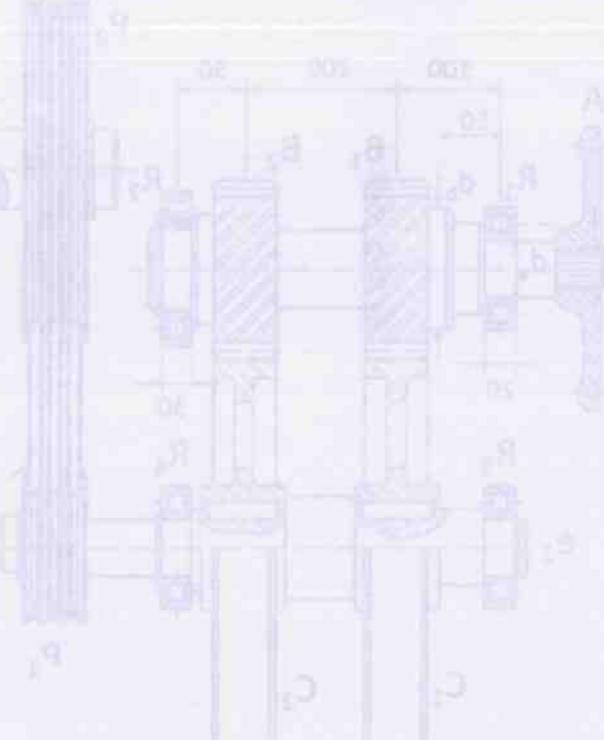
$$C = \frac{k_p}{k_p + k_f} = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3$$

$$157 \geq \frac{2,3(1-0,3)37 \cdot 10^3 \sqrt{1+4 \cdot 0,2^2}}{0,95(1-0,05)\sigma_e}$$

$$157 \geq \frac{101793,26}{0,95\sigma_e} \therefore \sigma_e = 758,32 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{F_{ap}}{A} = \frac{F_{ens}}{3A} = \frac{758,32}{3 \cdot 157}$$

$$F_{ens} = 357,17 \text{ N}$$



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R___		kN
1	b) $F_{ens}$	357,17	kN
1	c) Relaxação		---
1	d) Tap		Nm
1	e) Aumento ou redução		%

12.218.329.8

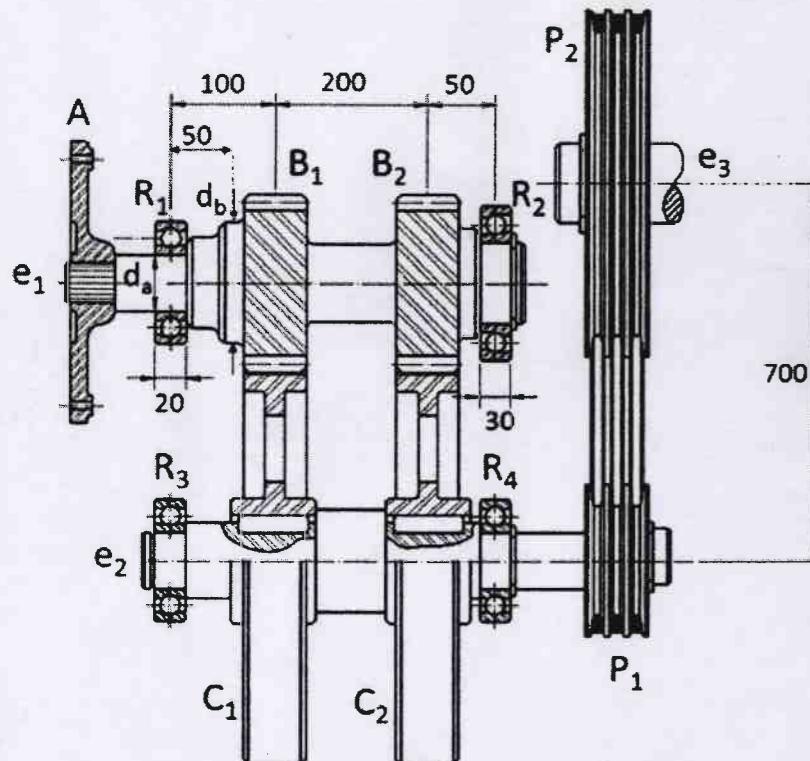
093

Nome: Octavio H.P.Bragato

Assinatura:

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

(Adoçamento)

$$\alpha + K_{FF} d_A = 2,2 + 3,5 = 5,7$$

(União)

(Rolamento)

b)  $d_3 > 32. \frac{\sqrt{2.100}}{100} \approx 38,6 \text{ mm}^3$

$P_V < d_3 > 59,2 \text{ mm}^3$

$M_A = \sqrt{m_V^2 + m_H^2}$

$T = P \cdot r = T \cdot 94 \text{ rad/s}$

$T = 396,8 \text{ N.m}$

Pela DIN 3: 60 mm

c)  $25.746 = T \cdot 94 \text{ rad/s} \Rightarrow T = 2677,44 \text{ N.m}$

$d = \sqrt{\frac{32 T_{max}}{\pi G}} \Rightarrow T_{C1} = T_{R2} = 197,9 \text{ N.m}$

$\sigma_{PPC1} = 27,98$

c)  $\sigma = \frac{T}{d} \cdot \frac{50}{4685,5} = 2,96 \text{ rad/s}$

$\omega = 2,96 \text{ rad/s} \approx 76 \text{ RPM}$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	5,7	--
1	b) dASME	60	mm
1	c) TR <sub>2</sub>	197,9	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>	27,98	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	76	rpm

1 2 2 1 9 3 2 8 . 8

9 9 C

Octavio H.P. Brognon

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demostrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

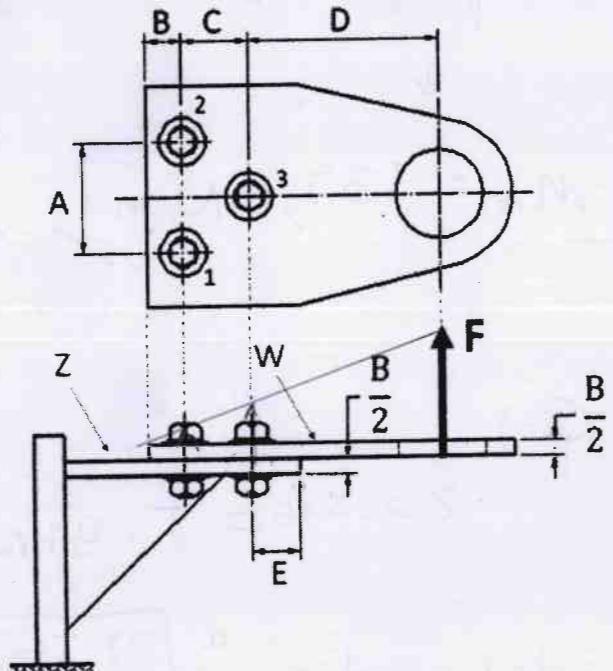
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço "2.3" localizado na célula "R3".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



a) Dado  $F = 40$  kN:

$$\left( \frac{F}{B+D} \right) = \frac{F_p}{D}$$

$$\frac{40 \text{ kN}}{270 \text{ mm}} = \frac{F_p}{190 \text{ mm}}$$

$$\therefore F_p = 28,15 \text{ kN}$$

$$b) \frac{A_s}{L} > 2,3 \quad \frac{(1-C)37 \cdot 10^3 \sqrt{1+48,022}}{157 \text{ mm}^2}$$

$$C = 0,3 \quad A_s = \frac{303800}{0,95 \cdot 0,956e}$$

$$A_s = \frac{119056}{6e}$$

d -)

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) R3	28,15	kN
1	b) Fens		
1	c) Relaxação		---
1	d) Tap		Nm
1	e) Aumento ou redução		%

Nome: **Diego Gregorio de los Heros Rossmann**

Assinatura: **Diego Rossmann**

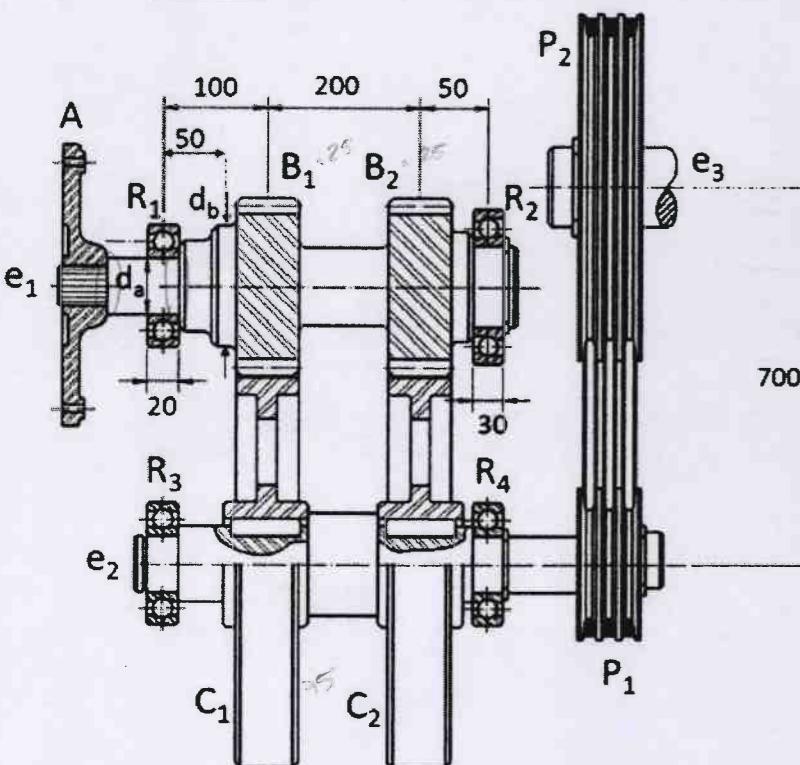
NM7510 - Elementos de Máquinas I

Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5 \text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adotamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100 \text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81 \text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "d<sub>a</sub>".
- Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e  $\eta_f=\pi$ . Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use  $R_T=4,36 \times 10^{-5} \text{ rad/mm}$ .
- Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$a) K_{FF} = K_{f1} + (K_{f2}-1) + (K_{f3}-1) = 2,1 + (1,6-1) \cdot 2,5$$

$$K_{f1} = 2,1 \quad / \quad K_{f2} = 1,6 + 1,6 = 1,4$$

Tabela 8.6c: 800

$\eta_f = 0,5$

$\tau =$

$\sigma =$

$\nu =$

$\rho =$

$\delta =$

$\lambda =$

$\beta =$

$\gamma =$

$\theta =$

$\phi =$

$\psi =$

$\omega =$

$\Omega =$

$\alpha =$

$\beta =$

$\gamma =$

$\delta =$

$\epsilon =$

$\zeta =$

$\eta =$

$\eta_f =$

$\eta_{ff} =$

1	2	2	1	9	0	5	9	8	0	9	6	G
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Diego Gregorio de los Heros Nassumoto

Diego Nassumoto

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_a=0,2$ .

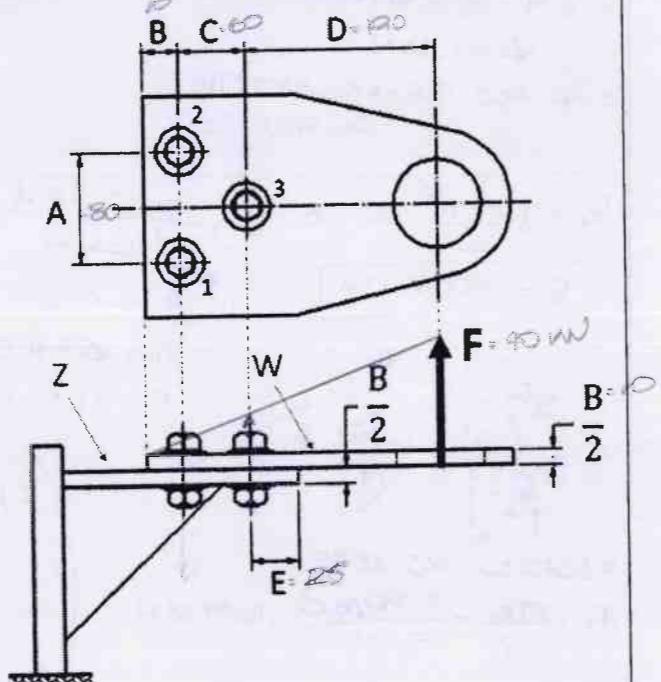
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " \_\_\_\_\_ " localizado na célula "R".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_f=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$a) \frac{40}{240} = \frac{k}{80} \quad k = 11,85 \text{ kN}$$

$$2,3 \quad 0,3 \quad 37,0 \\ b) A_5 \geq \frac{0,95(1-2\%) \cdot 60}{0,05}$$

$$C = \frac{K_p}{K_d + K_f} = 0,3$$

(AR) 137 N

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Quadro de respostas para a questão 2

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 3	11,86
1	b)	Fens	
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%

Nome: Humberto G. Porto

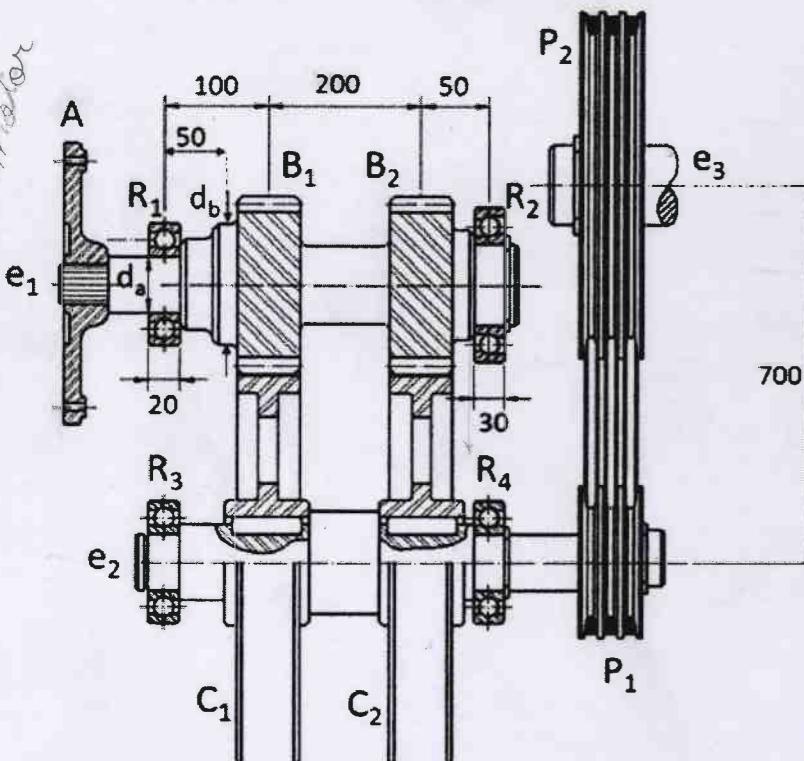
Assinatura: Humberto G. Porto

NM7510 - Elementos de Máquinas I Profs.: William Maluf & Debora Lalo

P3 - 3/dez/2019

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos (e1->e3), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com m=5 mm e α=15°, 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>->R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo (Z<sub>B</sub>=25 dentes). As ecdrs C têm Z<sub>C</sub>=75 dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de r/d=0,05. Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm S<sub>n</sub>=100 MPa. Cada rolagem foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize G=81 GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".
- b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.
- c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.
- d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use R<sub>T</sub>=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.
- e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{25}{75} = \frac{n_2}{300} \quad n_2 = 300$$

ECDR's

$$\begin{cases} m = 5 \text{ mm} \\ \alpha = 15^\circ \\ Z_B = 25 \\ Z_C = 75 \end{cases}$$

Eixo 9.8

$$\begin{cases} \sigma_e = 720 \text{ MPa} \\ S_n = 100 \text{ MPa} \\ \sigma_r = 300 \text{ MPa} \\ r/d = 0,05 \end{cases}$$

Interferência

$$G = 81 \text{ GPa}$$

$$\begin{cases} R_1 = \text{forma A}, R_2 = \text{forma B} \\ R_3 = \text{forma C}, R_4 = \text{forma D} \end{cases}$$

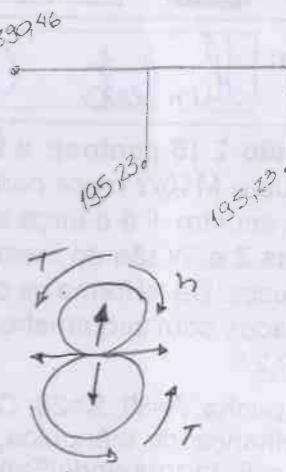
$$P = 50 \text{ CV}$$

$$n = 900 \text{ rpm}$$

$$D = T \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot n$$

$$50.736 = T \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 900$$

$$T = 390,46 \text{ N.m}$$



a) forma A  $K_{FF} = 3,5$

$\sigma_r = 300$

b)



$$\sum M_V = 717,55 \cdot 50 = 35877,5 \text{ N.m}$$

$$\sum M_H = 2677,44 \cdot 50 = 133872 \text{ N.m}$$

$$M_a = \sqrt{717,55^2 + 133872^2} = 133873,9 \text{ N.m}$$

$$d^3 \geq \frac{32\pi}{14} \left( \frac{2 \cdot 133873,9}{100} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{1 \cdot 390,46 \cdot b^3}{720} \right)^2$$

$$d \geq 44,3 \text{ mm} \quad \text{normalizada } d = 45$$

c)  $T = 195,23$

d)  $R_1 = 4,36 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$

c)  $T_3 = 4685,5 \text{ N.m}$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{n_3}{n_2}$$

$$\frac{390,46}{4685,5} = \frac{300}{n_2}$$

$$n_2 = 37,5$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	3,5	---
1	b) d <sub>ASME</sub>	45	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	195,23	Nm
1	d) d <sub>PPC1</sub>	36	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	37,5	rpm

12.219079.6

\_\_\_\_\_

C

Nome: Humberto Gómez Porto

Assinatura: Humberto G. Porto

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546 \text{ mm}$ ;  $A_s=157 \text{ mm}^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

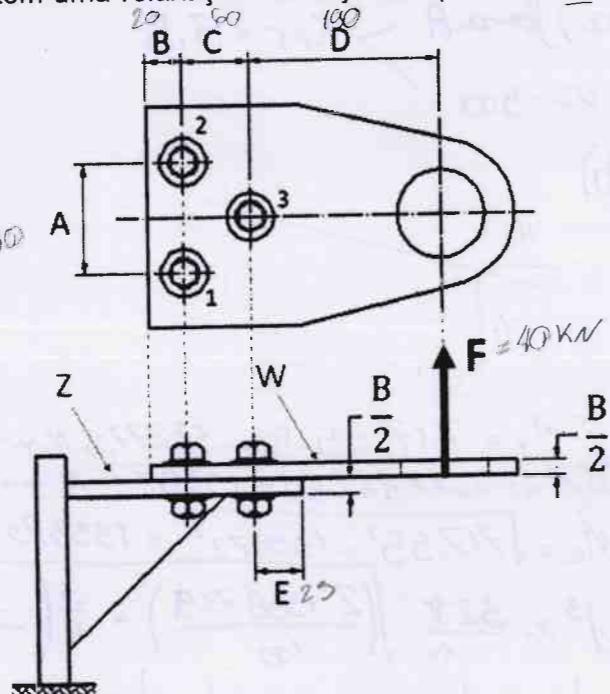
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40 \text{ kN}$ . No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858 \text{ kN/mm}$ ;  $k_j=2000 \text{ kN/mm}$ ;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37 \text{ kN}$ .

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



Pacote: M16x2  $\{d_3=13,546 \text{ mm}$   
 $A_s=157 \text{ mm}^2$

$$S_t=0,05 \quad K_{ap}=0,2$$

$$F_{ap}=0,95 \cdot F_{ap}$$

a)

$$b) K_p=858 \text{ kN/mm} \quad A_s > n_p(1-C) \cdot P_{max} \sqrt{1+48 \cdot K_p^2}$$

$$K_j=2000 \text{ kN/mm}$$

$$n_p=2,3$$

$$P_{max}=37 \text{ kN}$$

$$F=40 \text{ kN}$$

$$0,95 \cdot (1-2S_t) \cdot \sigma_e$$

$$15 > \sqrt{2,3(1-\sigma_e)} \cdot 37 \sqrt{1+48 \cdot 0,2^2}$$

$$0,95(1-2 \cdot 0,05) \cdot \sigma_e$$

c)

$$d) 88 \quad \sigma_e = 640 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r = 800 \text{ MPa}$$

$$F_{ens} = 91,0$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{F_{ap}}{A_{min}}\right)^2 + 3 \left(\frac{0,5 \cdot T_{ap}}{0,2 \cdot d_3}\right)^2} \leq \frac{\sigma_e}{n_p}$$

$$640 = \sqrt{\frac{F_{ap}}{157}^2 + 3 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot T_{ap}}{0,2 \cdot 13,546}\right)^2}$$

Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R 1	kN
1	b)	$F_{ens}$	kN
1	c)	Relaxação	--
1	d)	$T_{ap}$	Nm
1	e)	Aumento ou redução	50 %

Nº FEI (RA)

**Nº Sequencial Pacote**

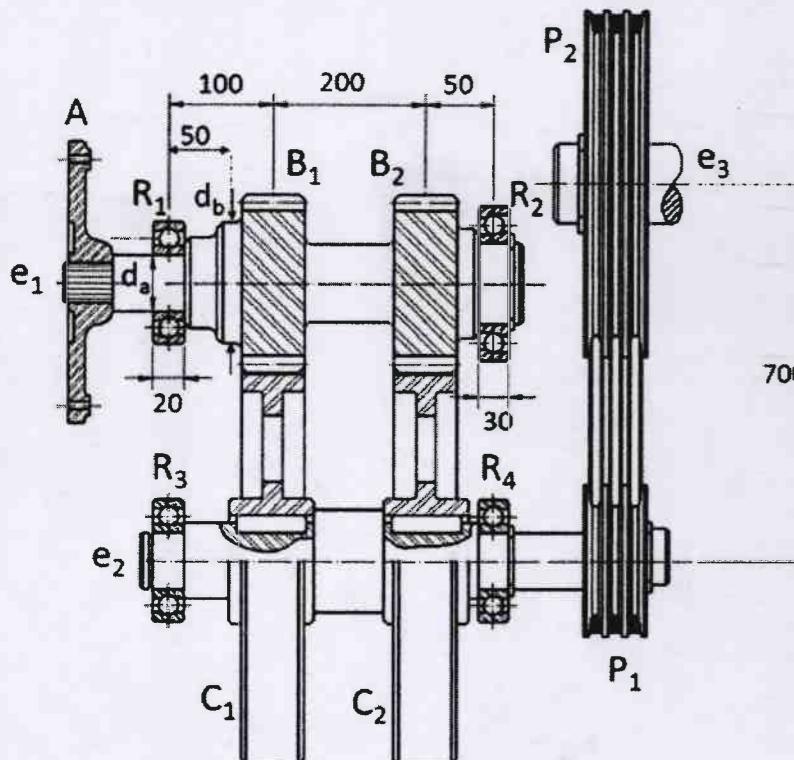
**Nome:** Matheus Hipólito de Oliveira

**Assinatura:** Matheus Hipólito de Oliveira

NM7510 - Elementos de Máquinas I | Profs.: William Maluf & Debora Lalor

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e1 \rightarrow e3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5$  mm e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adocamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100$  MPa. Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81$  GPa e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



- a) Calcule o maior fator de concentração de tensão K<sub>FF</sub> combinado para a seção indicada "da".

b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "d<sub>b</sub>". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o K<sub>FF</sub> combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.

c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.

d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.

e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

$$\frac{T_{C_L}}{T_{B_L}} = \frac{D_C}{D_B} \rightarrow \frac{T_{C_L}}{320,4} = \frac{5,25}{5,25} \rightarrow T_{C_L} = 1171,2 \text{ Nm}$$

a) Ag 9.8  $\sigma_e = 725 \text{ nPa}$   
 $\sigma_r = 300 \text{ nPa}$

$$KFF \text{ Geod} (\text{ forma A e } G_f = 900 \text{ MPa}) = 3,5$$

$$K_{\text{eff}} \text{ combined} = (3,8-1) + (2,2-1) + 1 = 47$$

$$b) M_u = 2673.50 = 133850 \text{ Nmm}$$

$$M_V = 717,55,50 \pm 35,873,5 \text{ Nmm}$$

$$P = T A \cdot w$$

$$30.736 = T_A \cdot \frac{271 - 300}{60}$$

$$M_R = \sqrt{M_H^2 + M_W^2} = \sqrt{333886^2 + 358775^2} = 438874,9$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot \pi}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 338\,574,9}{100}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1 \cdot 380,5 \cdot 10^3}{720}\right)^2}$$

$$d \geq 44,8 \text{ mm}$$

$$d_{pp} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot T_4}{\pi \cdot R \cdot G}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 1171,2 \cdot 10^3}{\pi \cdot 4,36 \times 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^3}} =$$

e) Sabendo que não tem perdas no sistema, a Potência nos 3 eixos é igual

$D_3 \approx T_3 \cdot \omega_3$

$$50.736 = 4685,5 \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} \rightarrow n = 75 \text{ rpm}$$

c) Neste ponto não deve haver torque para o rolamento, não produz torque ou seja  $T=0$

Quadro de respostas para a questão 1				
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a) $K_{FF}$	4,7	---	
1	b) dASME	44,8	mm	
1	c) $T_{R2}$	0	Nm	
1	d) dPPC1	42,87	mm	
1	e) $\eta_{P2}$	75	rpm	

1 2 2 1 9 1 0 1 . 8

Nome: Matheus Hipólito de Oliveira

Assinatura: Matheus Hipólito de Oliveira

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_s=13,546$  mm;  $A_s=157$  mm<sup>2</sup>). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $S_t=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $K_{ap}=0,2$ .

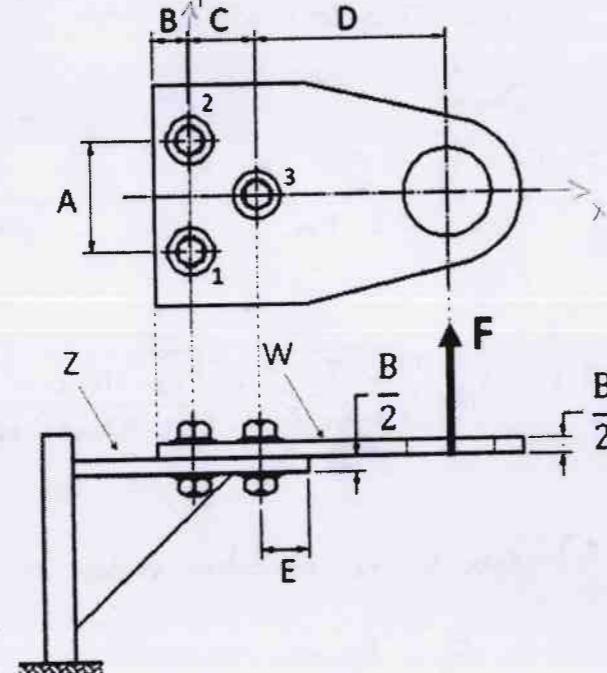
a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço " " localizado na célula "R \_\_\_\_".

b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.



$$C = \frac{k_p}{k_p + k_j} = \frac{858}{858 + 2000} = 0,3 \text{ mm}$$

$$b) A_s \geq \frac{n_p (1 - \zeta) P_{max} \sqrt{1 + 48 k_{ap}^2}}{0,95 (1 - S_t) \cdot \sigma_e}$$

$$157 \geq \frac{2,3 (1 - 0,3) \cdot 37 \cdot 10^3 \sqrt{1 + 48 \cdot 0,2^2}}{0,95 (1 - 0,05) \cdot \sigma_e} \rightarrow \sigma_e > 718,4 \text{ MPa} \rightarrow \text{Classe 8.8}$$

$$F_{ens} = 102 \text{ kN}$$

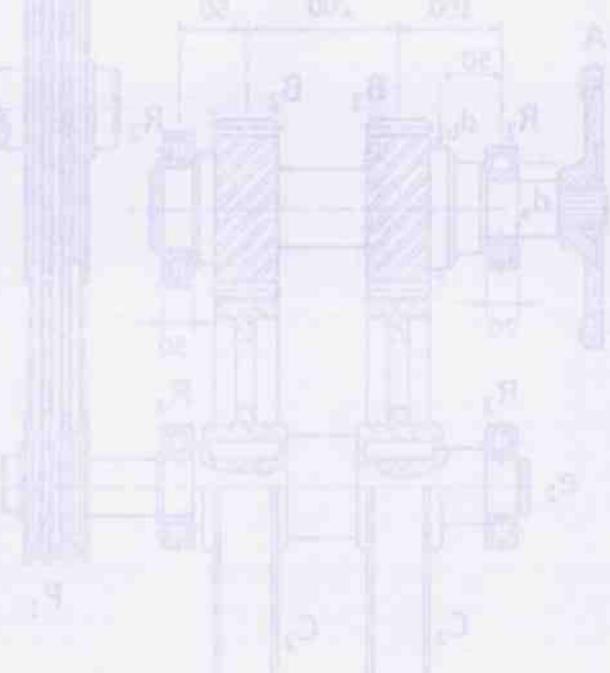
$$d) \text{ Classe 8.8} \quad \sigma_e = 640 \\ \sigma_c = 800$$

$$M16 \times 2 \rightarrow F_{ens} = 91 \text{ kN}$$

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot d \cdot K_{ap} = 86,45 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 0,2 = 172900 \text{ Nmm} = 172,9 \text{ Nm}$$

$$F_{ap} = 0,95 \cdot f_{ens} = 0,95 \cdot 91 = 86,45 \text{ kN}$$

$$T_{ap} = F_{ap} \cdot d \cdot K_{ap} = 86,45 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 0,2 = 172900 \text{ Nmm} = 172,9 \text{ Nm}$$



Quadro de respostas para a questão 2

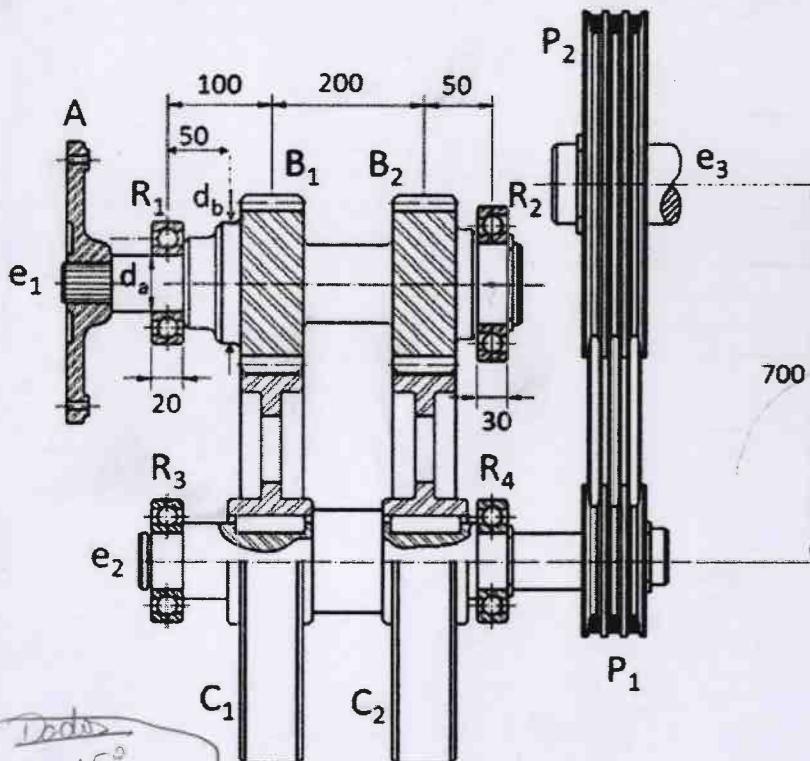
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade	
1	a)	R ____	kN	
1	b)	F <sub>ens</sub>	102	kN
1	c)	Relaxação	---	
1	d)	T <sub>ap</sub>	172,9	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%	

1	2	2	1	9	2	0	5	7	1	0	1	C
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Nome: *André Henrique N. de Aguiar*Assinatura: *André*

Instruções gerais: consulta permitida apenas ao formulário fornecido e autoriza-se o uso de calculadora científica. O tempo de prova é: 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão no desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1 (5 pontos):** o desenho abaixo representa uma simplificação de um sistema de transmissão de potência composto por 3 eixos ( $e_1 \rightarrow e_3$ ), 1 acoplamento (A), 4 ecdrs (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>; C<sub>2</sub>) com  $m=5\text{ mm}$  e  $\alpha=15^\circ$ , 2 polias (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) que utilizam correia trapezoidal perfil A ( $\mu=0,1$ ) e 4 rolamentos (R<sub>1</sub>→R<sub>4</sub>). Considere que não existam perdas no sistema. As ecdrs B foram usinadas no próprio eixo ( $Z_B=25$  dentes). As ecdrs C têm  $Z_C=75$  dentes. O eixo é feito de aço classe de resistência 9.8. Todas variações de seção foram feitas com adoçamento de  $r/d=0,05$ . Considere para efeito de cálculo, que todas seções têm  $S_n=100\text{ MPa}$ . Cada rolamento foi montado por um tipo de interferência diferente: R<sub>1</sub> (forma A); R<sub>2</sub> (forma B); R<sub>3</sub> (forma C); R<sub>4</sub> (forma D). Utilize  $G=81\text{ GPa}$  e condição do momento fletor inexistente. Um motor elétrico de 50 CV que tem rotação de 900 rpm aciona o elemento A. Sobre esse cenário responda os itens subsequentes:



a) Calcule o maior fator de concentração de tensão KFF combinado para a seção indicada "da".

b) Calcule pelo critério da ASME o diâmetro da seção indicada "db". Considere que nesse local (50mm para a direita do centro de R<sub>1</sub>) o KFF combinado=2 e nf=π. Considere as reações de apoio no R<sub>1</sub>: H=2677,44 N; V=717,55 N. Normalize pela DIN 3.

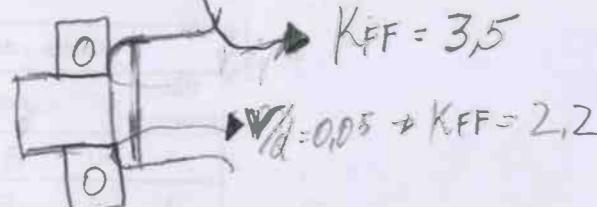
c) Calcule o torque na região central do assento do rolamento R<sub>2</sub>.

d) Utilizando o critério de rigidez à torção, calcule diâmetro da região central do elemento C<sub>1</sub>. Use RT=4,36x10<sup>-5</sup> rad/mm.

e) Sabendo que o torque no eixo 3 é 4685,5 Nm, qual a rotação da polia 2?

Dados:  
 $\alpha = 15^\circ$   
 $m = 5\text{ mm}$   
 $Z_B = 25$   
 $Z_C = 75$   
 $\mu = 0,1$   
 $G = 81000\text{ MPa}$   
 $\sigma_{de} = 720\text{ MPa}$   
 $\sigma_{cr} = 300\text{ MPa}$   
 $\sigma_d = 0,05$   
 $S_n = 100\text{ MPa}$   
 $T = 390460\text{ Nmm}$

a) R<sub>1</sub> - Forma A



$$K_{FFC} = (3,5 - 1) + (2,2 - 1) + 1 = 4,7$$

$$b) K_{FFC} = 2$$

$$nf = \pi$$

$$R_1 \cdot H = 2677,44\text{ N}$$

$$+ V = 717,55\text{ N}$$

$$M_V = 35877,5\text{ Nmm}$$

$$M_H = 133872,0\text{ Nmm}$$

$$M_{ac} = 138536,2\text{ Nmm}$$

$$d^3 \geq \frac{32 \cdot nf}{\pi} \cdot \left( \frac{K_{FF} \cdot M_{ac}}{S_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{K_{ff} \cdot T_{max}}{\sigma_{de}} \right)^2$$

$$\Rightarrow d^3 \geq 32 \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot 138536,2)^2}{100} + \frac{3}{4} \left( \frac{1 \cdot 390460}{720} \right)^2}$$

$$\Rightarrow d^3 \geq 32 \sqrt{7683562,662 + 220571,487}$$

$$\Rightarrow d \geq 44,8\text{ mm}$$

↳ Rela DIN 3:

$$d = 45\text{ mm}$$

c)  
 $T_{R2} = T_{e_1} = 390460\text{ Nmm} = 39046\text{ Nm}$

$$d) T_{e_2} = 390460 \cdot \frac{75}{25} = 1171380\text{ Nmm} \quad d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot T_{max}}{\pi \cdot R_t \cdot G}}$$

$$\Rightarrow d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 1171380}{\pi \cdot 4,36 \cdot 10^5 \cdot 81 \cdot 10^3}} \Rightarrow d = 42,87\text{ mm}$$

e)  $T_{e_3} = 4685500\text{ Nmm}$

$$I_2 = \frac{4685500}{1171380} = 1:4$$

$$I_1 = \frac{75}{25} = 1:3$$

$$N_1 = 900\text{ rpm}$$

$$N_2 = \frac{N_1}{3} = \frac{900}{3} = 300\text{ rpm}$$

$$N_3 = \frac{N_2}{4} = \frac{300}{4} = 75\text{ rpm}$$

Quadro de respostas para a questão 1

Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a) K <sub>FF</sub>	4,7	--
1	b) dASME	45,0	mm
1	c) T <sub>R2</sub>	390,46	Nm
1	d) d <sub>PC1</sub>	42,87	mm
1	e) n <sub>P2</sub>	75	rpm

Nome: Pedro H. N. da Cunha

Assinatura:

**Questão 2 (5 pontos):** a representação técnica abaixo se refere à um sistema de fixação que utiliza parafusos M16x2 rosca normal ( $d_3=13,546$  mm;  $As=157$  mm $^2$ ). As cotas A;B;C;D;E fornecidas no desenho estão em mm. F é a força aplicada no sistema por um agente externo não demonstrado nos desenhos. As chapas Z e W são do mesmo material, têm a mesma espessura e possuem rigidez bem superior à dos parafusos. De tal forma as chapas podem ser consideradas rígidas em relação aos parafusos. Esses foram apertados com torquímetro, sem lubrificação ( $St=0,05$ ) e têm uma relaxação da força de aperto de 5%.  $Kap=0,2$ .

a) Suponha: A=80; B=20; C=60; D=190; E=25. Através de semelhança de triângulos, calcule a força no parafuso mais solicitado quando  $F=40$  kN. No quadro de respostas, além do valor calculado de R, especifique claramente qual o número do parafuso mais solicitado. Preencha o espaço “ ” localizado na célula “R ”.

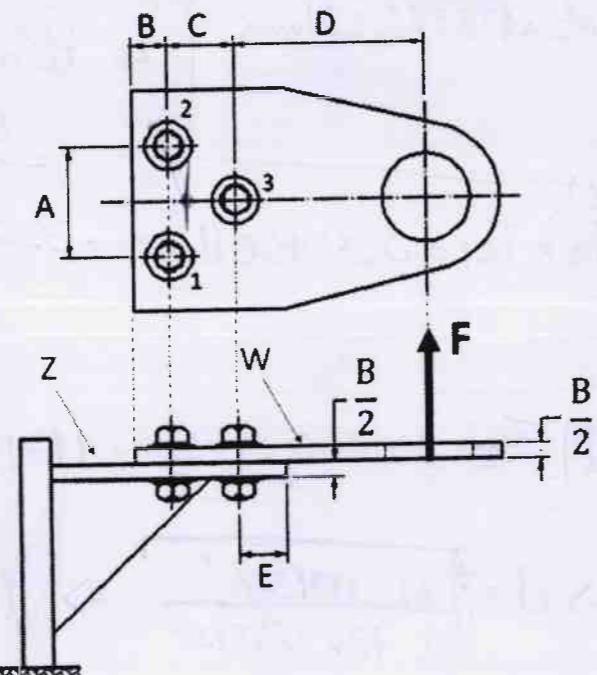
b) Suponha que a força F seja aplicada de tal maneira que torne a junta solicitada simetricamente. Através do critério da estanqueidade, determine a força de ensaio com a qual os parafusos foram apertados sabendo que:  $k_p=858$  kN/mm;  $k_j=2000$  kN/mm;  $n_p=2,3$ ;  $P_{max}=37$  kN.

c) Quanto vale o fator, variável ou constante que é utilizado(a) nas formulações de parafusos de fixação utilizados em juntas, que considera a relaxação da força de aperto de 5%?

d) Suponha que os parafusos sejam da classe de resistência 8.8. E que foram apertados até o escoamento. Calcule qual deveria ser o torque de aperto aplicado nessa situação.

e) Se ao invés de 80 mm, a cota A fosse 40 mm. Qual a porcentagem de aumento ou redução essa mudança teria na força resultante do parafuso mais solicitado? Justifique sua resposta.

a)



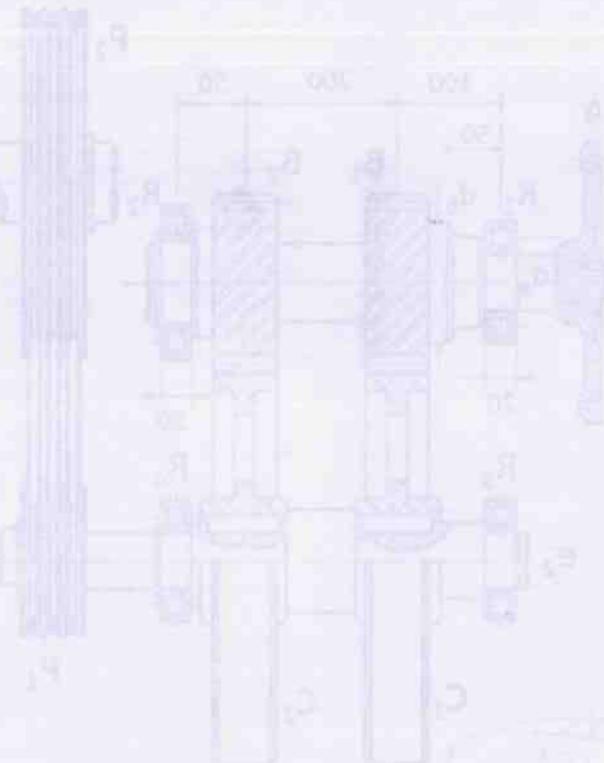
$$\text{d)} \quad As \geq \frac{n_p(1-C) \cdot P_{max} \sqrt{1+48k_p^2}}{0,95(1-2St) \cdot \sigma_e} \Rightarrow C = \frac{858}{858 + 2000}$$

$$\Rightarrow C = 0,31$$

$$157 \geq 2,3(1-0,3) \cdot 37 \cdot 10^3 \sqrt{1+48 \cdot 0,05^2} \\ 0,95(1-2 \cdot 0,05) \cdot \sigma_e$$

$$\Rightarrow \sigma_e \geq \frac{59,57 \cdot 10^3 \cdot 1,71}{157 \cdot 0,855} \Rightarrow \sigma_e \geq 758,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = F_{ens} \Rightarrow F_{ens} = 119,14 \text{ kN} \quad \text{A5}$$



Quadro de respostas para a questão 2			
Valor (pontos)	Item	Resposta	Unidade
1	a)	R	KN
1	b)	119,14	KN
1	c)	Relaxação	---
1	d)	Tap	Nm
1	e)	Aumento ou redução	%