

Número Fei: 1 2 2 1 6 2 4 9 - 8

NM7510: Elementos de máquinas I | Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/20/2017

Nome: Guilherme Salviano Char

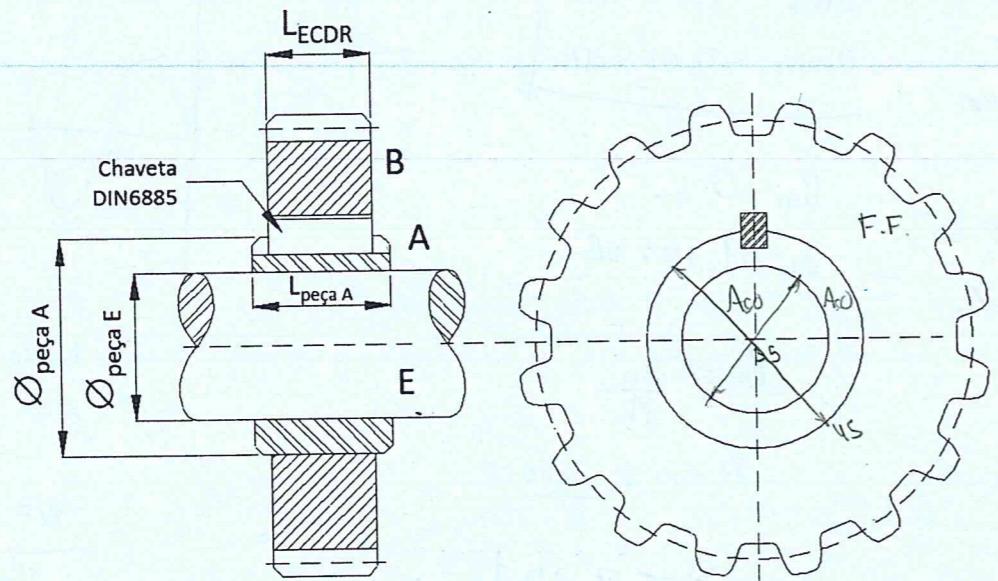
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 A; feita de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.
  - Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
$T_{\text{esmagamento}}$	230,85	Nm	1
$T_{\text{cislhamento}}$	453,60	Nm	1
$P_{\min}$	5,71	MPa	1
$L$	50	mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i = 2,1$ $CS_e = 2,4$	-	1

(e) F.F.  
acabamento finíssimo  
 $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$   
 $L = 25 \text{ mm}$   
 $L_{\text{ECDR}}$   
(pode ser alterado)

l) aço  
retificado com esmeril médio  
 $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$   
 $\mu_A = 45 \text{ mm}$

aço temperado  
 $\sigma_e = 1,5 \text{ GPa}$

$\Delta I = 0$

$D_E = 35 \text{ mm}$

$F_a = 0$

a) T<sub>máx</sub> com L<sub>mín</sub>  
Chaveta Retangular:

$$b = 14 \text{ mm} \quad h = 9 \text{ mm} \quad h_1 = 5,5 \text{ mm}$$

$$30 \leq L \leq 160 \text{ mm}$$

Esmagamento

$$P_{\min} \geq \frac{2T}{(0,5d - h_1 + 0,75h)hL}$$

$$T \leq \frac{60 \cdot (0,5 \cdot 45 - 5,5 + 0,75 \cdot 9) \cdot 9 \cdot 36}{2}$$

$$T \leq 2,31 \times 10^5 \text{ Nmm}$$

$$T_{\text{esm}} \leq 230,85 \text{ Nm}$$

$$Q_i = 0 \quad E_i = 200 \text{ GPa} \quad \gamma_i = 0,3 \quad \Delta I = 0 \text{ (radial)}$$

$$Q_c = 0 \quad E_c = 200 \text{ GPa} \quad \gamma_c = 0,3$$

$$k_i = \frac{(1 - \nu_i) + (1 + \nu_i) \alpha_i^2}{E_i (1 - \nu_i^2)} \quad k_e = \frac{(1 + \nu_e) + (1 - \nu_e) \alpha_e^2}{E_e (1 - \nu_e^2)}$$

$$k_i = 3,5 \times 10^{-6} \text{ MPa}^{-1} \quad k_e = 6,5 \times 10^{-6} \text{ MPa}^{-1}$$

$$\mu \cdot p_{\min} \cdot \pi \cdot d \cdot L \geq \left( \frac{2T}{d} \right)^2 + D_a^2$$

$$L \geq \frac{2T}{d \mu p_{\min} \cdot \pi \cdot d}$$

$$L \geq \frac{2 \cdot 40 \cdot 10^5}{35 \cdot 0,13 \cdot 5,71 \cdot \pi \cdot 35}$$

$$L \geq 99,06 \text{ mm}$$

$$L = 50 \text{ mm (DIN 3)}$$

$$\mu = 0,13$$

A seco

passar à canela

$$Y_i = 1$$

$$Y_e = 1$$

$$Y_p \leq \frac{\sigma_e}{C_S} \Rightarrow 1 \cdot 160 \leq \frac{380}{C_S}$$

$$C_S_e = 2,4$$

$$C_S_i = 2,4$$

não falham

$$\mu = 0,13$$

A seco!

aço temperado  
 $\sigma_e = 1,5 \text{ GPa}$

$\Delta I = 0$

$D_E = 35 \text{ mm}$

$F_a = 0$

L<sub>ECDR</sub> será alterado!  
ou poderíamos colocar duas chavetas

$$L_{120^\circ} = 24 \text{ mm}$$

Cislhamento

$$G_{\text{adm}} \geq \frac{2T}{J_b L}$$

$$T \leq 40, 45, 46, 47, 48 \text{ Nm}$$

$$T \leq 4,536 \times 10^5 \text{ Nmm}$$

$$T \leq 453,6 \text{ Nm}$$

$$Z_{\max} = a_{\max} - A_{\min} \quad Z_{\min} = a_{\min} - A_{\max}$$

$$Z_{\max} = 56 - 0 \quad Z_{\min} = 33 - 33$$

$$Z_{\max} = 56 \times 10^{-3} \text{ mm} \quad Z_{\min} = 2 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$P_{\max} = \frac{Z_{\max}}{(k_i + k_e) \cdot d_{\text{fixo}}}$$

$$P_{\min} = \frac{Z_{\min}}{(k_i + k_e) \cdot d_{\text{fixo}}}$$

$$P_{\max} = 160 \text{ MPa}$$

$$P_{\min} = 5,71 \text{ MPa}$$

$$Y_i = 1$$

$$Y_e = 1$$

$$C_S_e = 2,4$$

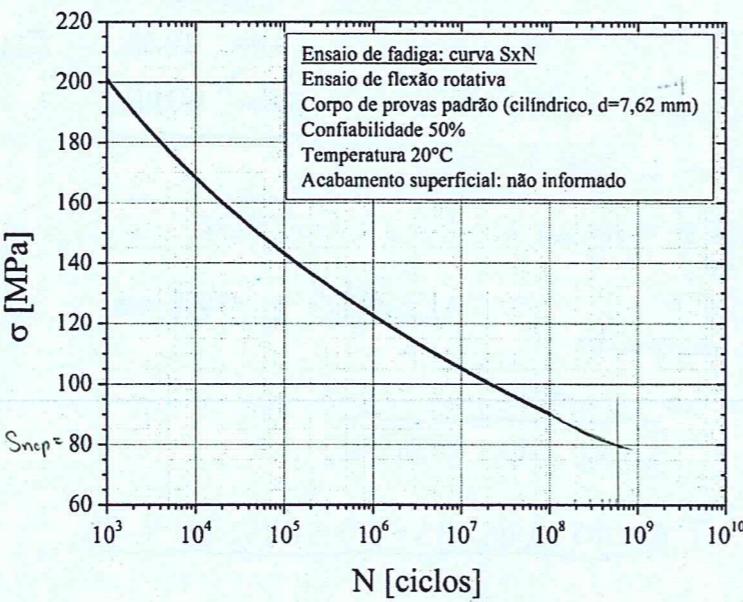
$$C_S_i = 2,4$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60$  Nm em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

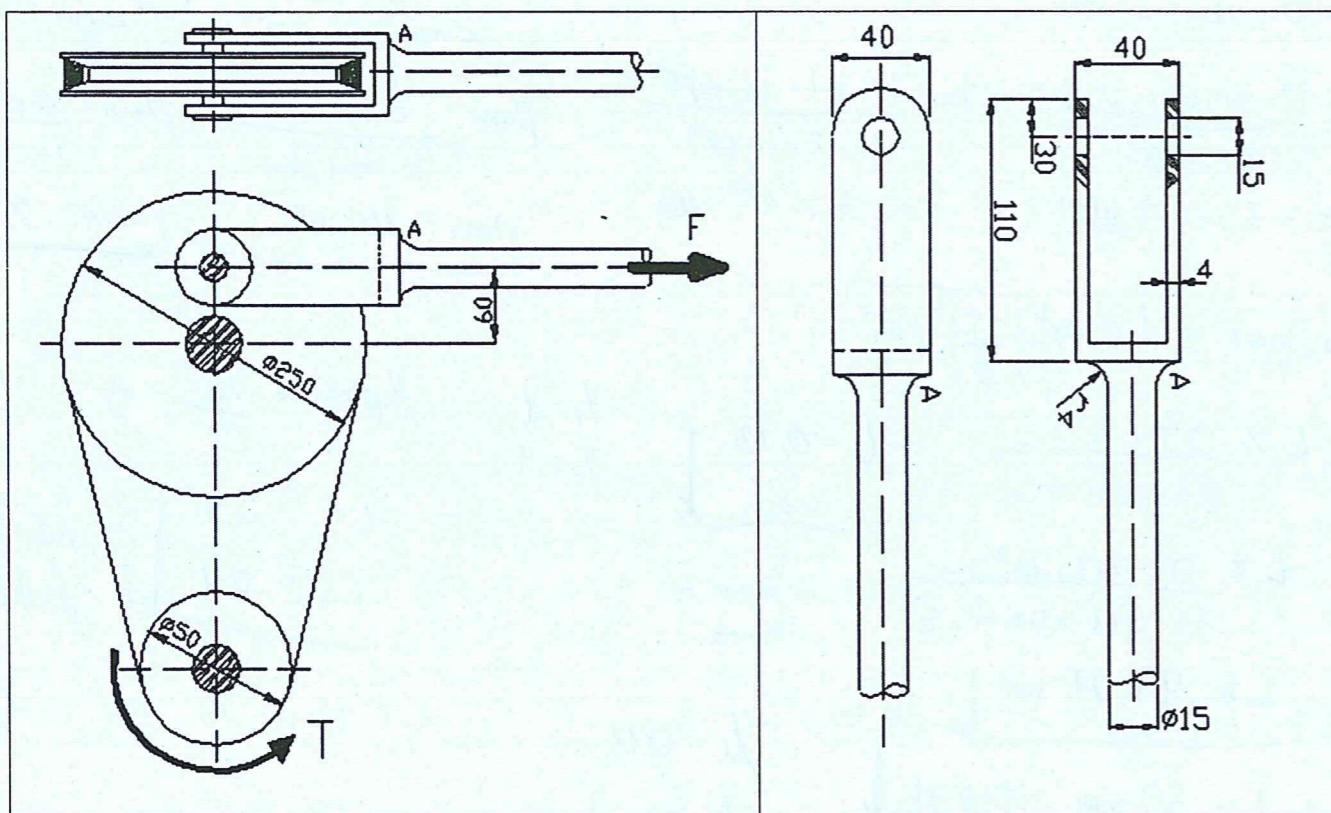
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	Estampado $Sn = 36,56 \text{ MPa}$	-	1
$K_F$	1,580	-	1
Tensões máxima e mínima	$\sigma_{\text{máx}} = 7,074 \text{ MPa}$ $\sigma_{\text{mín}} = -7,074 \text{ MPa}$	MPa	1
Coeficientes de segurança	3,27	-	1
N (caso a peça falhe)	—	ciclos	1

Alumínio estampado a quente  
 $C_{\text{sup}} = 1$  pois é Alumínio  
Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

polido	estampado	1	
20°C	45°C	1	
Flexão	Axial	0,7	
$\varnothing 7,62 \text{ mm}$	$\varnothing 15 \text{ mm}$	0,914	
$C_{\text{div}} = 0,823$			
$\sigma_{\text{fadiga}} = 80 \text{ MPa}$			
$S_{Nep} = 80 \text{ MPa}$			
$\sigma_c = 150 \text{ MPa}$			
$\sigma_f = 200 \text{ MPa}$			
$k_T = 2$			
$K_F = 1,580$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{\sigma_f}}$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{1,45}}$			
$q = 0,580$			
$F_{\text{máx}} = 5000 \text{ N/mm}$			
$F_{\text{mín}} = -5000 \text{ N/mm}$			
$\frac{50}{T_1} = \frac{290}{T_2}$			
$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{5000}{\pi (15)^2} \text{ MPa}$			
$\sigma_0 = \frac{290}{T_2}$			
$T_2 = 300 \text{ Nm}$			
$T = F \cdot d$			
$300 \cdot 10^3 = F \cdot 60$			
$F = 5000 \text{ N}$			
$\sigma_m = 0$			
$\sigma_a = 11,177 \text{ MPa}$			
$\sigma_a \leq \frac{S_n}{n}$			
$11,177 \leq \frac{36,56}{n}$			
$n \leq 3,27$			
<i>não falha</i>			

Alumínio estampado a quente  
 $C_{\text{sup}} = 1$  pois é Alumínio  
Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

polido	estampado	1	
20°C	45°C	1	
Flexão	Axial	0,7	
$\varnothing 7,62 \text{ mm}$	$\varnothing 15 \text{ mm}$	0,914	
$C_{\text{div}} = 0,823$			
$\sigma_{\text{fadiga}} = 80 \text{ MPa}$			
$S_{Nep} = 80 \text{ MPa}$			
$\sigma_c = 150 \text{ MPa}$			
$\sigma_f = 200 \text{ MPa}$			
$k_T = 2$			
$K_F = 1,580$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{\sigma_f}}$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{1,45}}$			
$q = 0,580$			
$F_{\text{máx}} = 5000 \text{ N/mm}$			
$F_{\text{mín}} = -5000 \text{ N/mm}$			
$\frac{50}{T_1} = \frac{290}{T_2}$			
$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{5000}{\pi (15)^2} \text{ MPa}$			
$\sigma_0 = \frac{290}{T_2}$			
$T_2 = 300 \text{ Nm}$			
$T = F \cdot d$			
$300 \cdot 10^3 = F \cdot 60$			
$F = 5000 \text{ N}$			
$\sigma_m = 0$			
$\sigma_a = 11,177 \text{ MPa}$			
$\sigma_a \leq \frac{S_n}{n}$			
$11,177 \leq \frac{36,56}{n}$			
$n \leq 3,27$			
<i>não falha</i>			

Alumínio estampado a quente  
 $C_{\text{sup}} = 1$  pois é Alumínio  
Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

polido	estampado	1	
20°C	45°C	1	
Flexão	Axial	0,7	
$\varnothing 7,62 \text{ mm}$	$\varnothing 15 \text{ mm}$	0,914	
$C_{\text{div}} = 0,823$			
$\sigma_{\text{fadiga}} = 80 \text{ MPa}$			
$S_{Nep} = 80 \text{ MPa}$			
$\sigma_c = 150 \text{ MPa}$			
$\sigma_f = 200 \text{ MPa}$			
$k_T = 2$			
$K_F = 1,580$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{\sigma_f}}$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{1,45}}$			
$q = 0,580$			
$F_{\text{máx}} = 5000 \text{ N/mm}$			
$F_{\text{mín}} = -5000 \text{ N/mm}$			
$\frac{50}{T_1} = \frac{290}{T_2}$			
$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{5000}{\pi (15)^2} \text{ MPa}$			
$\sigma_0 = \frac{290}{T_2}$			
$T_2 = 300 \text{ Nm}$			
$T = F \cdot d$			
$300 \cdot 10^3 = F \cdot 60$			
$F = 5000 \text{ N}$			
$\sigma_m = 0$			
$\sigma_a = 11,177 \text{ MPa}$			
$\sigma_a \leq \frac{S_n}{n}$			
$11,177 \leq \frac{36,56}{n}$			
$n \leq 3,27$			
<i>não falha</i>			

Alumínio estampado a quente  
 $C_{\text{sup}} = 1$  pois é Alumínio  
Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

polido	estampado	1	
20°C	45°C	1	
Flexão	Axial	0,7	
$\varnothing 7,62 \text{ mm}$	$\varnothing 15 \text{ mm}$	0,914	
$C_{\text{div}} = 0,823$			
$\sigma_{\text{fadiga}} = 80 \text{ MPa}$			
$S_{Nep} = 80 \text{ MPa}$			
$\sigma_c = 150 \text{ MPa}$			
$\sigma_f = 200 \text{ MPa}$			
$k_T = 2$			
$K_F = 1,580$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{\sigma_f}}$			
$q = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_a}{1,45}}$			
$q = 0,580$			
$F_{\text{máx}} = 5000 \text{ N/mm}$			
$F_{\text{mín}} = -5000 \text{ N/mm}$			
$\frac{50}{T_1} = \frac{290}{T_2}$			
$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{5000}{\pi (15)^2} \text{ MPa}$			
$\sigma_0 = \frac{290}{T_2}$			
$T_2 = 300 \text{ Nm}$			
$T = F \cdot d$			
$300 \cdot 10^3 = F \cdot 60$			
$F = 5000 \text{ N}$			
$\sigma_m = 0$			
$\sigma_a = 11,177 \text{ MPa}$			
$\sigma_a \leq \frac{S_n}{n}$			
$11,177 \leq \frac{36,56}{n}$			
$n \leq 3,27$			
<i>não falha</i>			

Alumínio estampado a quente  
 $C_{\text{sup}} = 1$  pois é Alumínio  
Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

polido	estampado	1	





<tbl\_r

Número Fei: 1 2 2 1 5 2 3 9 - 0

NM7510: Elementos de máquinas I | Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Anderson S. Suzuki

*CINCO*

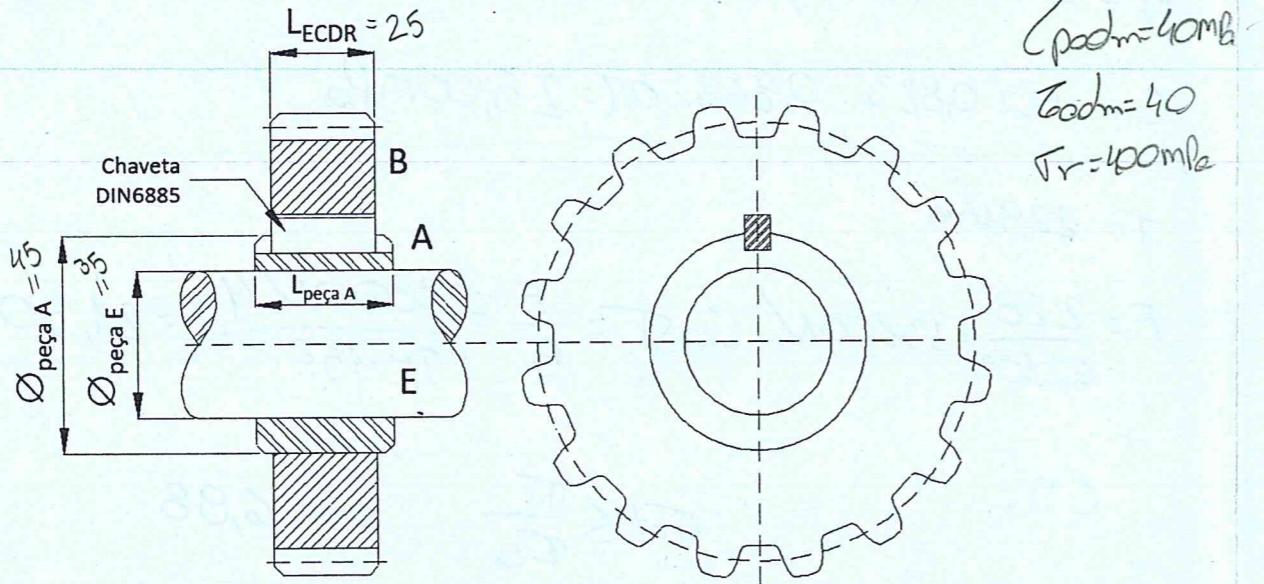
Assinatura: Anderson S. Suzuki

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagamento	153,9	Nm	1
$T_{\text{cisalhamento}}$	453,6	Nm	1
$P_{\min}$	4,5	MPa	1
L	62,20	mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i = 1,99$ $CS_e = 1,215$	-	1

Cubo - Ferro fundido  $\rightarrow \sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ; reforço  $\rightarrow \sigma_e = 380 \text{ MPa}$

a) DIN 6885  $\rightarrow b = 14$ ;  $h = 9$ ;  $h_1 = 5,5$ ;  $36 \leq L \leq 160$

$\text{esm: } 2T$

$$\left( \frac{d}{2} - h_1 + \frac{3}{4}h \right) h \cdot L \leq p_{\text{adm}}$$

$$\frac{2T}{d \cdot L} \leq 60 \text{ dm}$$

$2T$

$$\left( \frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3}{4}9 \right) 9 \cdot 36$$

$$\frac{2T}{45 \cdot 14 \cdot 36} \leq 40 \text{ MPa}$$

$$T = 153,9 \text{ Nm}$$

$$T_{\text{cis}} = 453,6 \text{ Nm}$$

$$61: L_{\text{ECDR}} = 36 \quad L_{\text{peça A}} = ? \quad Q_i = 0; Q_e = \frac{35}{45} = 0,78$$

$$T = 70 \text{ Nm}$$

$$K_i = \frac{(1-0,3d)}{200 \cdot 10^3 (1-0^2)} = 3,5 \cdot 10^{-6}; \quad K_e = \frac{(1+0,3)(1-0,3) \cdot 0,78^2}{200 \cdot 10^3 (1-0,78^2)} = 22,04 \cdot 10^{-6}$$

$$P_{\min} = \frac{4 \cdot 10^3}{(K_i + K_e) \cdot 35} = 4,5 \text{ MPa}, \quad P_{\max} = \frac{68 \cdot 10^3}{(K_i + K_e) \cdot 35} = 76,1 \text{ MPa}$$

$$T = 70 \cdot 10^3 \text{ N.mm}, \quad \mu = 0,13 - (\text{a seco})$$

$$913 \cdot 4,5 \cdot \pi \cdot 35 \cdot L \geq \sqrt{\left( \frac{2 \cdot 70 \cdot 10^3}{35} \right)^2}$$

$$64,324 L \geq 4000$$

$$\therefore L = 62,20 \text{ mm}$$

$$E = 1 \\ Y = \frac{1+0,78^2}{1-0,78^2} = 4,11$$

$$\sigma_e = e \times 0? \\ Q_e = ?$$

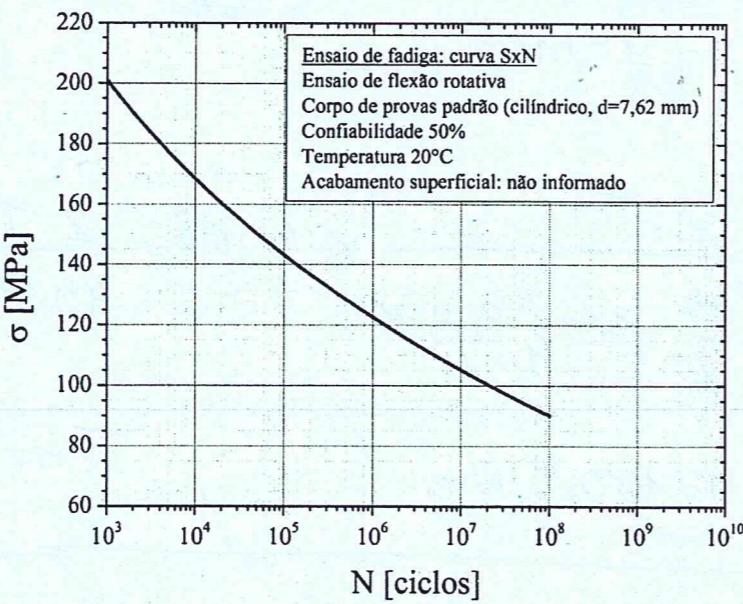
$$4,11 \cdot 76,1 \leq \frac{380}{cs} \\ cs \leq 1,215$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60$  Nm em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

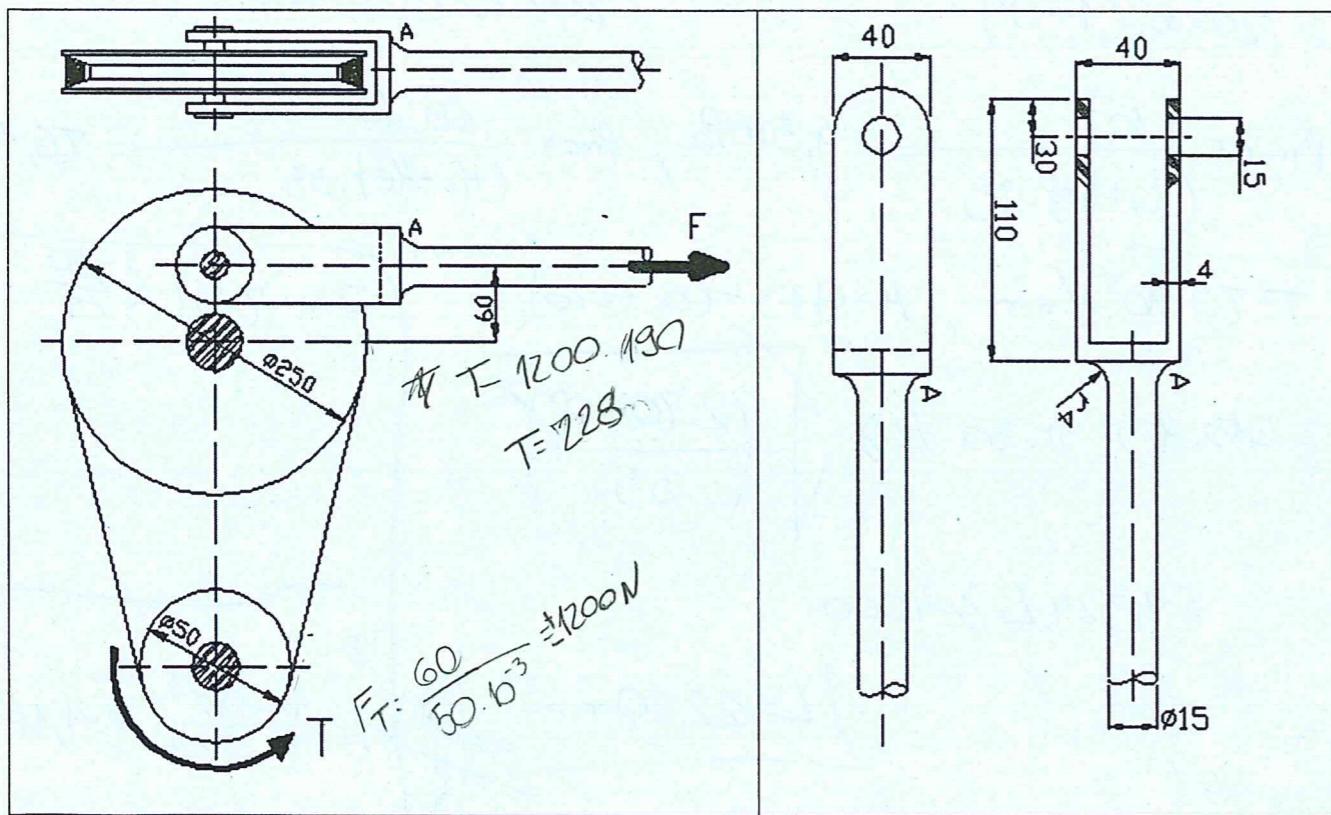
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200$  MPa e  $\sigma_e=150$  MPa. O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

$$T = \pm 60 \text{ Nm} (2)$$

$$T = 45^\circ\text{C} = C_{\text{temp}} = 1$$

$$Conf = 95\% \rightarrow Conf = 0,868$$

$$C_{\text{div}} = 0,823 \rightarrow C_{\text{div}} = 0,7$$

sem fad - 15 anos

Al. endurecido

$$L_{\text{fr}} = 200 \text{ MPa}$$

$$L_{\text{re}} = 150 \text{ MPa}$$

$$C_{\text{sup}}$$

$$S_{\text{app}} = 0,4200 > 50 \text{ MPa}$$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{P}}} = \frac{1}{1 + \frac{1,5}{\sqrt{4}}} = 0,571$$

$$K_F = 0,571 \cdot (2-1) + 1 = 1,571$$

$$S_n = 50 \cdot 0,823 \cdot 0,868 \cdot 0,7 = 25,00 \text{ MPa}$$

$$T = 228 \text{ Nm}$$

$$F = \frac{228}{60 \cdot 10^3} = 3800 \text{ N} \therefore \tau = \frac{F}{A} = \frac{3800 \text{ N}}{\pi \cdot 15^2} = 21,50 \text{ MPa}$$

$$CS =$$

$$\frac{F_{\text{tot}}}{F_{\text{ap}}} \leq \frac{\sigma_e}{\sigma_s} \therefore CS = 6,98$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (Pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e $S_n$	<del>polido <math>S_n = 25,00 \text{ MPa}</math></del>	-	1
$K_F$	<del>1,571</del>	-	1
Tensões máxima e mínima	<del>21,50</del>	MPa	1
Coeficientes de segurança	<del>6,98</del>	-	1
N (caso a peça falhe)	<del>v/66 infinito</del>	ciclos	1

Número Fei: 1 2 2 1 4 5 3 1 - 1

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Lucas Guilherme de Castro

3

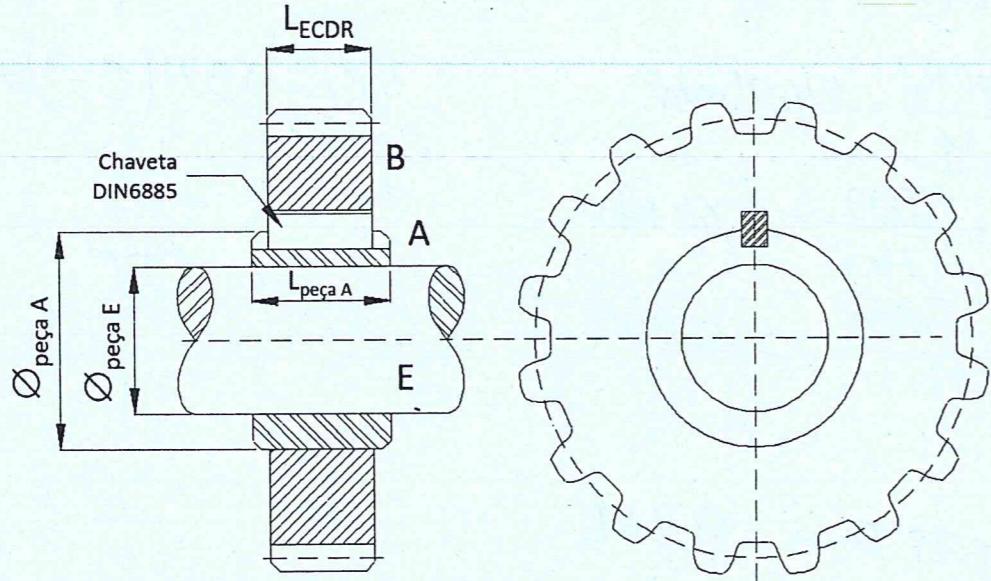
Assinatura: Lucas Castro

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e=230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e=380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}}=45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}}=35$ ;  $L_{\text{ECDR}}=25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T=70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E=90 \text{ GPa}$ ;  $v=0,25$ . Aço:  $E=200 \text{ GPa}$ ,  $v=0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagamento	230,85 ✓	Nm	1
T_cisalhamento	453,6 ✓	Nm	1
P_min	11,43 X	MPa	1
L	24,5 X	mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i=1,96$ $CS_e=1,96$ X	-	1

Material

cubo F<sub>0</sub>F<sub>0</sub>

Eixo: Aço

tratamento term? sim  $h_1=5,5 \text{ mm}$   $h=9 \text{ mm}$

$$L=25 \text{ mm} \quad b=14 \text{ mm}$$

$$l_{\min}=36 \text{ mm} \quad l_{\max}=160 \text{ mm}$$

$$L_{\text{cubo}}=25 \text{ mm}$$

$$a) P_{\text{adm}} = 40 \text{ MPa}$$

$P_{\text{adm}} \rightarrow$  tratamento térmico

$$1,5 P_{\text{adm}} = 60 \text{ MPa}$$

Menor comprimento da norma = 36 mm

Montagem:

$$\frac{2T}{45 \cdot 14 \cdot 36} < 60$$

$$\left( \frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3}{4} \cdot 9 \right) 9 \cdot 36$$

$$T = 230,85 \text{ Nm} \quad \rightarrow \text{Max Torque}$$

b) furo eixo  
H8s7

$$l_{\min} = 43 - 39 = 4 \mu\text{m}$$

$\Delta l = 0$  (montagem Radial)

$$Z_{\min} = l_{\min} = 4 \mu\text{m}$$

$$Q_i = Q_e = 0$$

$$K_i = \frac{(1-0,3)}{200 \cdot 10^3} = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$$

$$K_e = \frac{1+0,3}{200 \cdot 10^3} = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$$

$$l_{\max} = 68 - 0 = 68 \text{ Nm}$$

$$Z_{\max} = l_{\max} = 68 \mu\text{m}$$

Geometria

deix: 45

$$L=25 \text{ mm} \quad b=14 \text{ mm}$$

est

$$T_{\max} =$$

$$T_{\min} =$$

tipo de carga II

choque forte

$$P_{\text{adm}} = 60 \text{ MPa}$$

$$Z_{\text{adm}} = 40 \text{ MPa}$$

MPI montagem a Seco)

$$\mu = 0,13$$

Cisalhamento

$$\frac{2T}{45 \cdot 14 \cdot 36} < 40$$

$$T = 453,6 \text{ Nm}$$

$$P_{\min} = \frac{9 \cdot 10^{-3}}{(6,5 \cdot 10^{-6} + 3,5 \cdot 10^{-6}) \cdot 35}$$

$$P_{\min} = 11,43 \text{ MPa}$$

$$P_{\max} = \frac{68 \cdot 10^{-3}}{(6,5 \cdot 10^{-6} + 3,5 \cdot 10^{-6}) \cdot 35}$$

$$P_{\max} = 194,3 \text{ MPa}$$

$$Y_i = 1 ; Y_e = 1$$

$$\mu P_{\min} T_{\text{de}} > \frac{2T}{l}$$

$$0,13 \cdot 11,43 \cdot \pi \cdot 35 L > 27$$

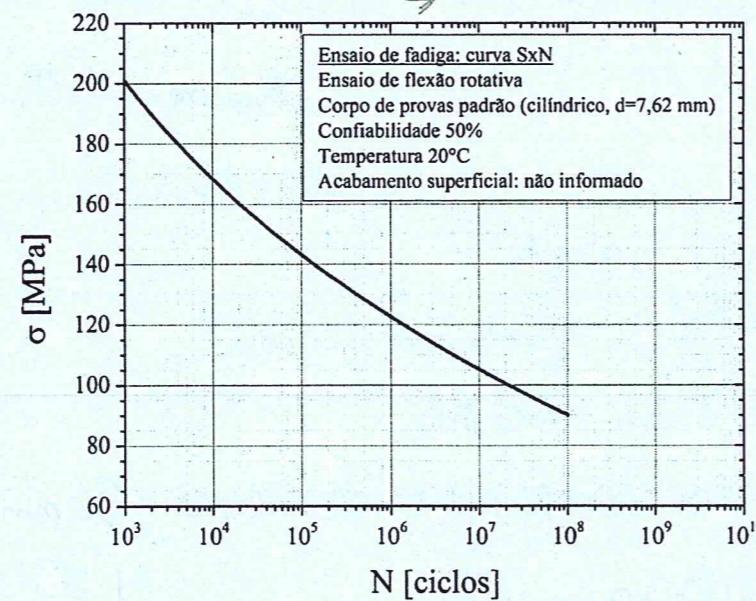
$$L > 24,57 \text{ mm}$$

**Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)**

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{div}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

O braço é confeccionado em **alumínio** endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

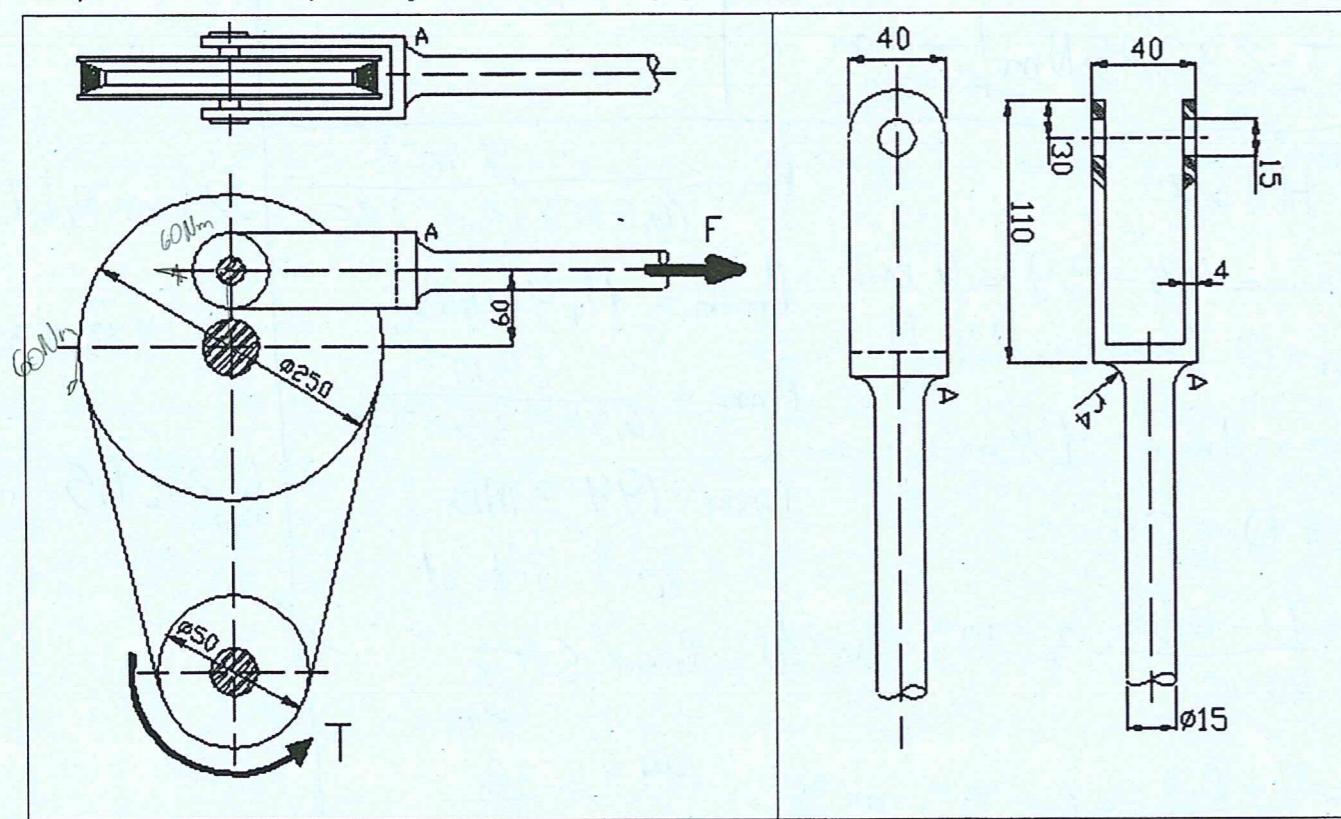
$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



$$K_T = 2$$

a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

Sncp	Peca	Correco
flexão	trações	0,7
50%	95%	0,968
Polido	Aluminio	1
D7,62	φ15	0,914
20°	45°C	1
Div		0,823
		$x = 0,457$

$$Sncp = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ MPa}$$

$$C_{T,am} = 1,189 \cdot d^{-0,097}$$

$$C_{T,am} = 0,914$$

$$S_n = x \cdot S_{ncp}$$

$$S_n = 0,457 \cdot 80 = 36,6 \text{ MPa}$$

$$\text{Área} = \frac{\pi \cdot 15^2}{4} = 176,71 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{1000}{176,71} = 5,66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{min} = -\frac{1000}{176,71} = -5,66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\sigma_a = 1,571 \cdot 5,66 = 8,9 \text{ MPa}$$

criterio de soderberg

$$\frac{\sigma_a}{S_n} \leq \frac{1}{n_s}$$

$$\frac{8,9}{36,6} \leq \frac{1}{n_s}$$

$$n_s \leq 4,11$$

**Por favor preencha o quadro de respostas abaixo**

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	<u> </u>	-	1
$K_F$	1,571	-	1
Tensões máxima e mínima	+ 5,66 X	MPa	1
Coeficientes de segurança	$n_s = 4,11$ X	-	1
N (caso a peça falhe)	$6,9 \cdot 10^{14}$ X	ciclos	1

$$1 \text{ ciclo} \quad Z_s \quad x = 1,38 \cdot 10^{15}$$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{1,5}{14}} = 0,571$$

$$K_F = 0,571(2-1)+1 = 1,571$$



$$N = \frac{10 \cdot \frac{2,62}{0,021}}{6,675 \cdot 10^{-12}}$$

$$N = 6,9 \cdot 10^{14} \text{ ciclos}$$

$$\sigma_a = \frac{0,9 \cdot 150}{200} = 6,675 \text{ MPa}$$

$$M_B = \frac{1}{5,17} \log \left( \frac{0,9 \cdot 200}{36,6} \right)$$

$$M_B = 0,121$$

$$b_3 = \log \left( \frac{0,85 \cdot 200^{1,53}}{36,6 \cdot 0,93} \right) = 2,62$$

Número Fei: 1 2 2 1 3 1 9 9 - 8

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/20/2017

Nome: Hilton de Souza Santos

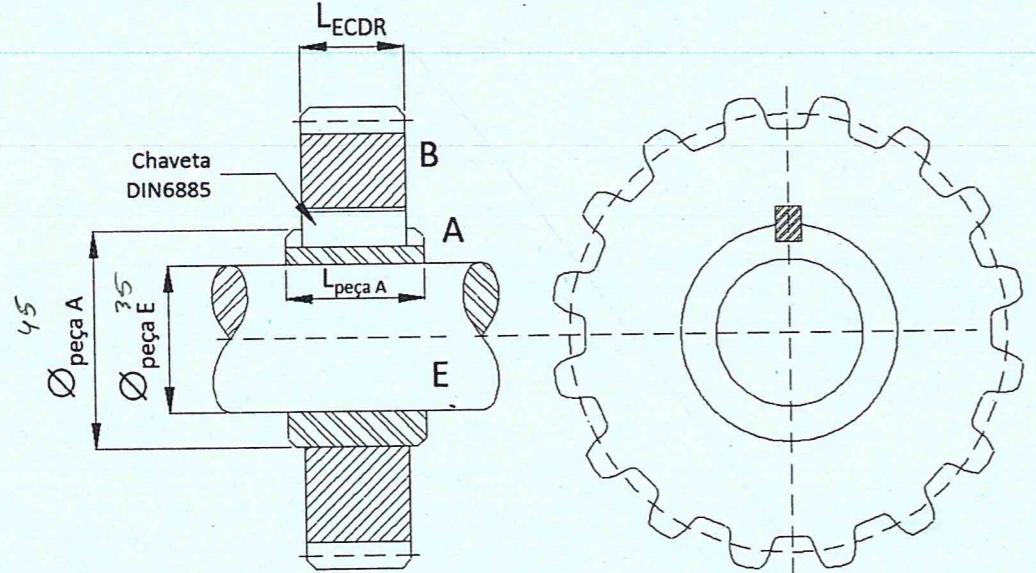
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_c = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificado com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 A; temperada classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.
  - Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tensilhamento	230,800	Nm	1
T_cisalhamento	453,600	Nm	1
P_min	4,51	MPa	1
L	62,05	mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i = 4,90$ $CS_e = 1,218$	-	1

Pesa B  
ferro fundido acabamento finíssimo  
 $\sigma_c = 230 \text{ MPa}$   
DIN 6885  
 $b = 14 \text{ mm}$   
 $h = 9 \text{ mm}$   
 $h_1 \geq 5,5 \text{ mm}$   
 $h_2 \leq 3,8 \text{ mm}$

Reforço  
refinado com esmeril médio  
 $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$

um quebras fortes  
Carga Tipo II

$P_{\text{adm}} = 40 \text{ MPa}$   
 $P_{\text{adm}} = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ MPa}$   
 $T_{\text{adm}} = 45 \text{ Nm}$

$L = 36 \text{ mm}$   
menor comprimento

\* O projeto deve ser alterado porque não atende a DIN 6885

Por esmagamento

$$\left( \frac{\varnothing}{2} - 5,5 + \frac{3 \cdot 9}{4} \right) \cdot 9 \cdot 36$$

$$T_{\text{max}} = 230,860 \text{ Nm}$$

Por cisalhamento

$$\frac{2T}{d \cdot b \cdot L} \leq T_{\text{adm}}$$

$$\frac{2T}{45 \cdot 14 \cdot 36} \leq 40 \Rightarrow T = 453,600 \text{ Nm}$$

H8s7

Reforço Engrenagem

$\sigma_a = 230 \text{ MPa}$

$A_s = 39 \mu\text{m}$

$A_s = 0$

$I_{\text{max}} = 68 \mu\text{m}$

$Z_{\text{max}} = 68 \mu\text{m}$

$\Omega_{\text{c}} = \frac{35}{45} = 0,778$

$\Omega_{\text{z}} = 0$

$$K_c = \frac{(1 + \Omega_{\text{c}}) + (1 - \Omega_{\text{c}}) \cdot 0,778^2}{200 \cdot 10^3 \cdot (1 - 0,778^2)} = K_c = 2,1834 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{68 \cdot 10^{-3}}{(2,1834 \cdot 10^{-5} + 3,5 \cdot 10^{-6}) \cdot 35} = 76,67 \text{ MPa}$$

Por escoamento

$\mu = 0,130 \rightarrow \text{Ajuste seco}$

$$\mu \cdot P_{\text{min}} \cdot \pi \cdot dL \geq \frac{2T}{de}$$

$$0,130 \cdot 4,51 \cdot \pi \cdot 35 \cdot L \geq \frac{2 \cdot 70 \cdot 10^{-3}}{35}$$

$$L = 62,05 \text{ mm}$$

Por reforço de aço

$$4,067 \cdot 76,67 \leq \frac{380}{CS}$$

Por eixo

$$76,67 \leq \frac{380}{CS}$$

$CS = 4,90$

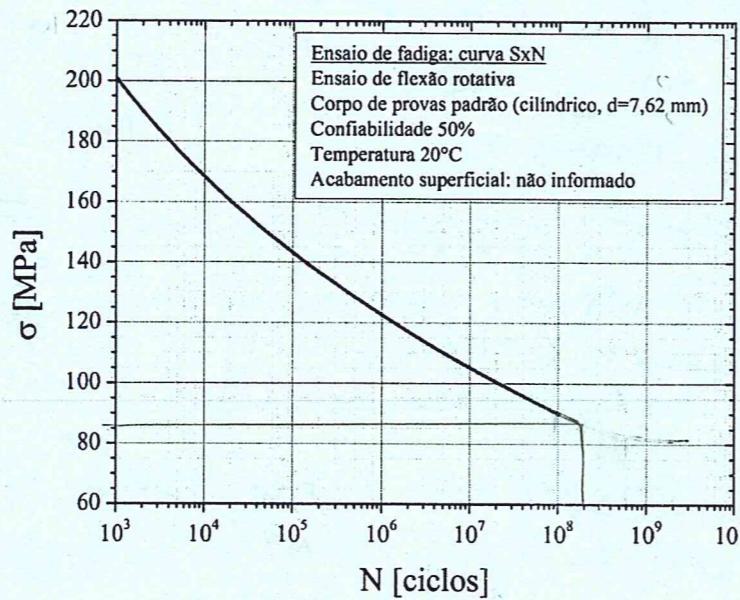
R: Ambas as peças não iram escoar.

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos) (1)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60$  Nm em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{div}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

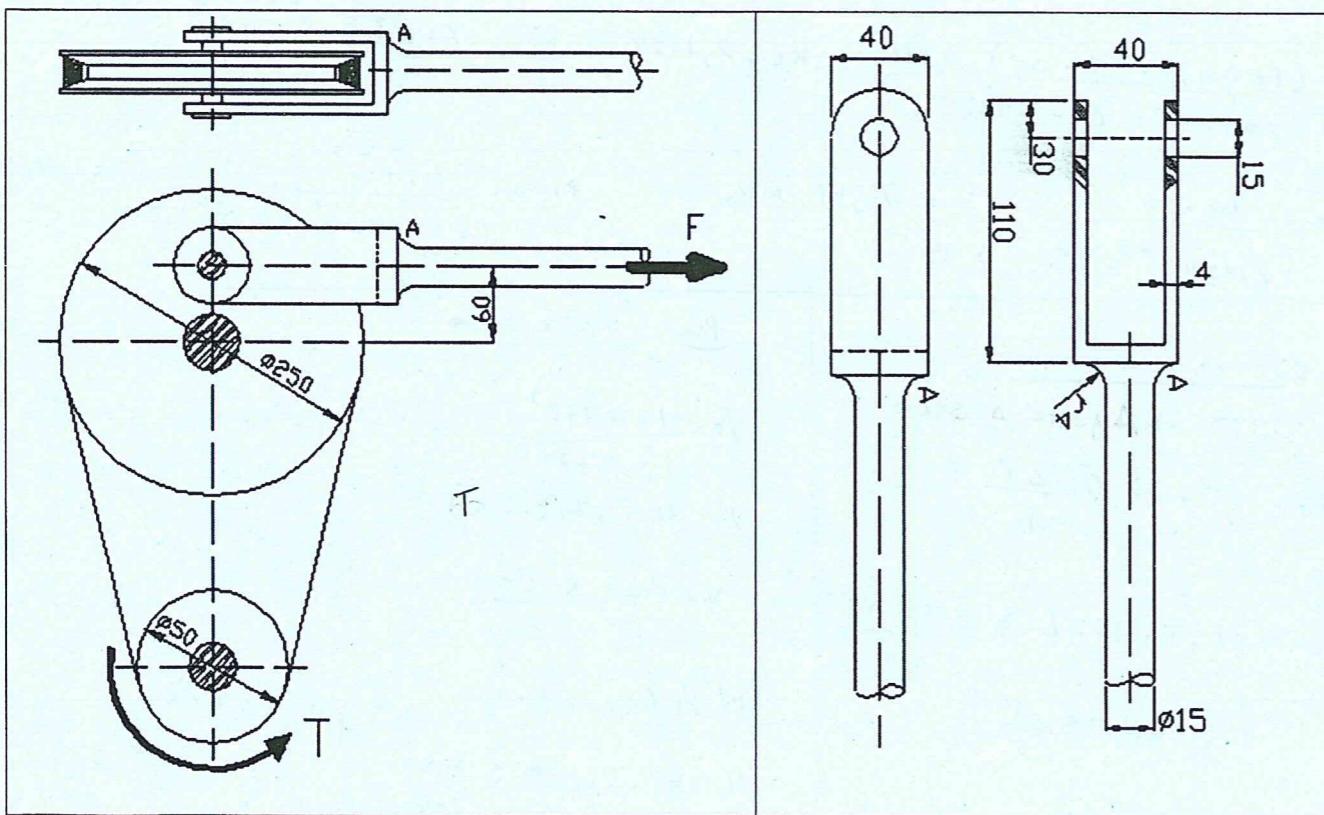
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200$  MPa e  $\sigma_e=150$  MPa. O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

$$t = 1 \text{ ciclo} = 2 \text{ s}$$

$$15 \text{ anos} = 131400 \text{ h}$$

$$\text{ciclos} = 1,1826 \cdot 10^6$$

$$S_n = 85 \text{ MPa}$$

$$c_{seg} < 0,7$$

$$c_{conf} = 0,868$$

$$C_{div} = 0,823$$

$$c_{sup} = 1$$

$$c_{tor} = 0,914$$

$$c_{temp} = 1$$

$$c_{temp} = 1$$

$$S_n \text{ real} = 38,85 \text{ MPa}$$

$$K_T = 2,0$$

$$-0,997$$

$$c_{fan} = 1,189 \cdot 15$$

$$K_F$$

$$Tensões máxima e mínima$$

$$Coeficientes de segurança$$

$$N (\text{caso a peça falhe})$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e $S_n$	-	-	1
$K_F$	<del>1,623</del>	-	1
Tensões máxima e mínima		MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1

$$q = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{a}{r}}} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{1,4}{4}}} = 0,628 \rightarrow$$

$$K_f = q(K_T - 1) + 1$$

$$K_f = 0,628(2,0 - 1) + 1$$

$$K_f = 1,628$$

Número Fei: 1 2 2 1 4 0 7 9 - 2

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/20/2017

Nome: Ricardo Augusto Norimonte Silveira

SKIS

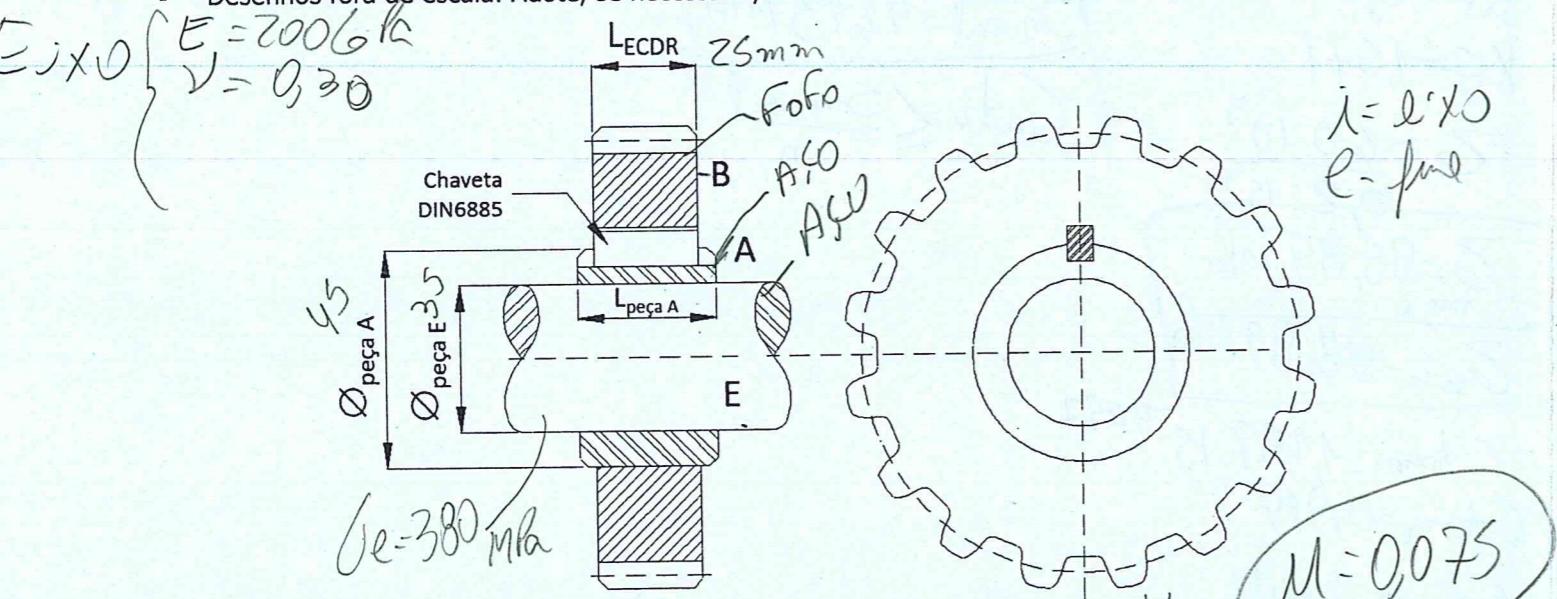
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

## Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 200 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tensilhamento	235,71	Nm	1
T_cisalhamento	453,6	Nm	1
P_min	4,475	MPa	1
L	108,39	mm	1
Coeficientes de segurança	CS_i = 4,99 CS_e = 1,22	-	1

Considerar que não me  
Existe a tensão de cisalhamento  
esta considerando  
que é um caso  
semelhante.

$$\text{Cabe: } \begin{cases} \text{Torneada com acabamento fino} \\ \sigma_e = 230 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\text{(A) Reforço: } \begin{cases} \text{Ret: F-fundo com esmeril médio} \\ \sigma_e = 380 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$4,6 - \begin{cases} \sigma_e = 240 \\ \sigma_e = 200 \end{cases}$$

$$\text{Ajuste: } \begin{cases} \text{H8s7} \\ \text{Montagem Rodar} \end{cases}$$

$$\text{DIN 6885 - 7-11}$$

$$D=14 \quad \begin{cases} \text{Choque Forte/Carga II} \\ \text{Podm} = 40 \text{ MPa} \times 1,5 = 60 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$h = 9 \quad \begin{cases} \text{Podm} = 60 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$h_1 = 5,5 \quad \begin{cases} \text{Podm} = 60 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$h_2 = 3,8 \quad \begin{cases} \text{Podm} = 60 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$[mm] \quad \begin{cases} \text{Temp} \end{cases}$$

$$\text{Circal}$$

$$ZT \leq 90$$

$$45 \cdot 14 \cdot 36 \leq 90$$

$$T \leq 453,6 \text{ N.m}$$

$$T \leq 235,71 \text{ N.m} \quad \text{Resposta!}$$

$$T \leq 235,71 \text{$$



Nome: Lucas Aguiar de Oliveira

SCIS

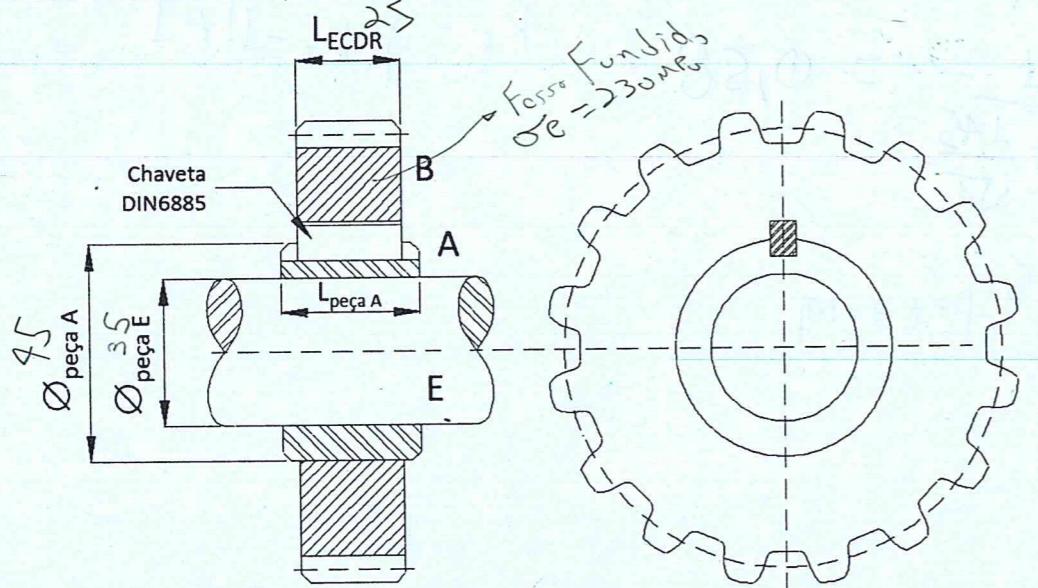
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificado com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



**Por favor preencha o quadro de respostas abaixo**

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagamento	230,85	Nm	1
T cisalhamento	453,6	Nm	1
Pmin	4152	MPa	1
L	108	mm	1
Coeficientes de segurança	$C_S = 5$ $C_{S_e} = 1,22$	-	1

Montagem à óleo

$u = 0,075$

**(1) Material**

Chaveta: Ferro Fundido peça A: Ferro Fundido	Eixo: Aço	A
	Retificado com esmeril	
$\sigma_e = 230 \text{ MPa}$	$\sigma_e = 380 \text{ MPa}$	
$E = 90 \cdot 10^3 \text{ MPa}$	$E = 200 \cdot 10^3 \text{ MPa}$	
$v = 0,25$	$v = 0,30$	

**Esforços**

$T_{\text{máx}} =$	$\Delta_{\text{ex}} = 45 \text{ mm}$
$T_{\text{mín}} =$	$\Delta = 36 \text{ mm}$
$C_{\text{seg}} = \text{II}$	$b = 14$
Choque: Fortes	$h = 9$
$P_{\text{adm}} = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ N/mm}$	$h_1 = 5,5$
$T_{\text{adm}} = 40 \text{ N/mm}$	$h_2 = 3,8$

**Geometria**

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ex}} &= 45 \text{ mm} \\ \Delta &= 36 \text{ mm} \\ b &= 14 \\ h &= 9 \\ h_1 &= 5,5 \\ h_2 &= 3,8 \\ l_{\text{min}} &= 36 \\ l_{\text{máx}} &= 160 \\ l_{\text{cubo}} &= 25 \end{aligned}$$

Tel Tel SIM

Chaveta  
DIN 6885  
Classe 4,

Fundamento

$$\frac{2 \cdot T_{\text{máx}}}{\left(\frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3,9}{4}\right) 9,36} \leq 60 \quad \therefore T_{\text{máx}} \leq 230,85 \text{ Nm}$$

$$T_{\text{máx}} \leq 230,85 \text{ Nm}$$

Cisalhamento

$$\frac{2 \cdot T_{\text{máx}}}{45 \cdot 14 \cdot 36} \leq 40 \quad \therefore T_{\text{máx}} \leq 453,6 \text{ Nm}$$

**(b) Material**

Cubo: Aço	$\varepsilon_{\text{ex}} = 0,25$	$\varepsilon_{\text{máx}} =$
$E = 200 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$	$E = 200 \cdot 10^3 \text{ MPa}$	$T_{\text{mín}} =$
$v = 0,3$	$v = 0,3$	$F_a = 0$
$\sigma_e = 380 \text{ MPa}$	$\sigma_e = 380 \text{ MPa}$	$y_{\text{cubo}} =$
$T =$	$t =$	$y_{\text{cubo}} =$

**Esforços**

$T_{\text{máx}} \leq 230,85 \text{ Nm}$	$\text{Cubos}$
$\text{Alargar } L_{\text{ECDR}}$	
$T_{\text{máx}} \leq 230,85 \text{ Nm}$	$\text{Cubos}$
$\text{Cubos}$	$H8s7$
$T = 70 \text{ Nm}$	

$I_{\text{máx}} = 68 \text{ mm}$	$I_{\text{mín}} = 4 \text{ mm}$
$\Omega_{\text{cubo}} = 0,278$	$R_i$
$\Omega_{\text{cubo}} = 0,278$	$R_e$
$\Omega_{\text{cubo}} = 0,278$	$\Delta J = 0$
$\Omega_{\text{cubo}} = 0,278$	$Z_{\text{máx}} = I_{\text{mín}}$
$\Omega_{\text{cubo}} = 0,278$	$Z_{\text{mín}} = I_{\text{mín}}$
$\Omega_{\text{cubo}} = 0,278$	$Q = 0,075$

$$Q_{\text{cubo}} = \frac{35}{45} = 0,778$$

$$K_{\text{cubo}} = 3,5 \cdot 10^{-6}$$

$$K_{\text{cubo}} = 21,8 \cdot 10^{-6}$$

$$P_{\text{máx}} = 76,8 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{mín}} = 4,52 \text{ MPa}$$

$$0,075 \cdot 4,52 \cdot \pi \cdot 35 \cdot L > \sqrt{\frac{270 \cdot 10^3}{35}} \cdot 270,107,3 \text{ mm}$$

$$2 \approx 108 \text{ mm}$$

$$1 \cdot 76,8 < 380 \cdot \frac{1}{1+Q_c} \cdot 76,8 < 380 \cdot \frac{1}{1+Q_c}$$

$$C_s = 5$$

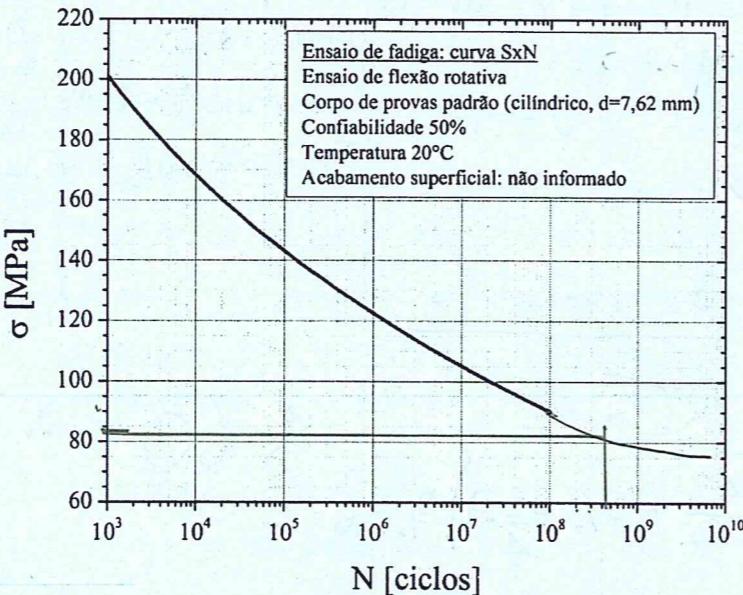
$$C_{S_e} = 1,22$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos) ①

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

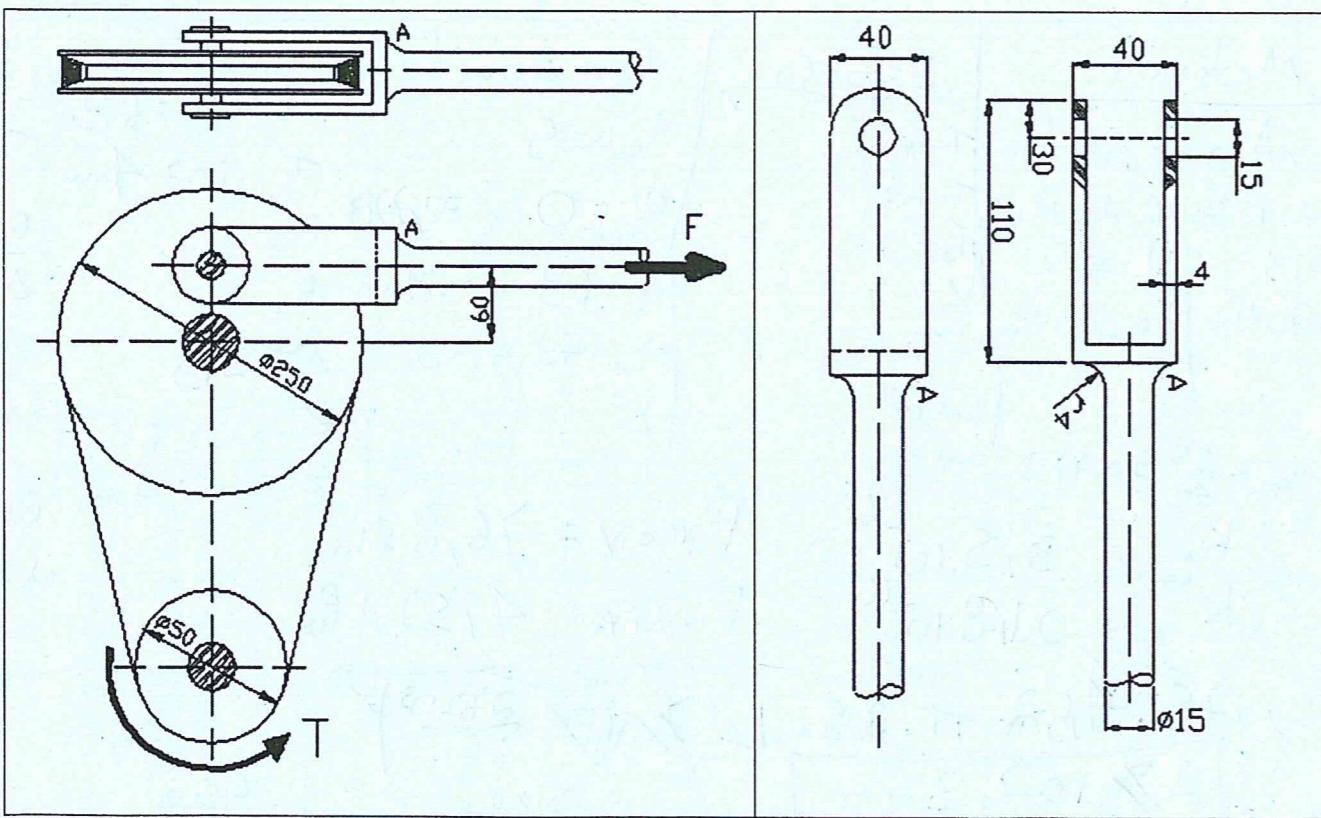
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

$$T_{\text{med}} = 60 \text{ Nm}$$

$$T_{\text{min}} = -60 \text{ Nm}$$

$$T = 45^\circ\text{C}$$

$$\text{Compr} 95\%$$

$$C_{\text{div}} = 0,823$$

$$S_n = 85 \text{ MPa}$$

(gráfico)

$$K_T = 2,0$$

Axial

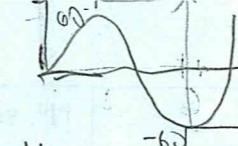
$$K_F = 1,58$$

$$f = \frac{1}{1 + \frac{145}{\sqrt{4}}} = 0,88 \quad K_F = 0,88 (K_T - 1) + 1$$

$$\sqrt{a} = 1,5 \text{ pg 2-14}$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	<del>Polido</del>	-	1
$K_F$	1,58	-	1
Tensões máxima e mínima		MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	<del>Polido</del>	-	1
$K_F$	1,58	-	1
Tensões máxima e mínima		MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1

② Polido de acordo com a teoria de fadiga

$$K_T = 2,0$$

Axial

$$K_F = 1,58$$

$$f = \frac{1}{1 + \frac{145}{\sqrt{4}}} = 0,88 \quad K_F = 0,88 (K_T - 1) + 1$$

$$\sqrt{a} = 1,5 \text{ pg 2-14}$$

Número Fei: 1 2 2 1 4 2 2 5 - 0

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/20/2017

Nome: Leson Bragone Júnior

SETF

Assinatura: Leson

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
- A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).

- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.

- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.

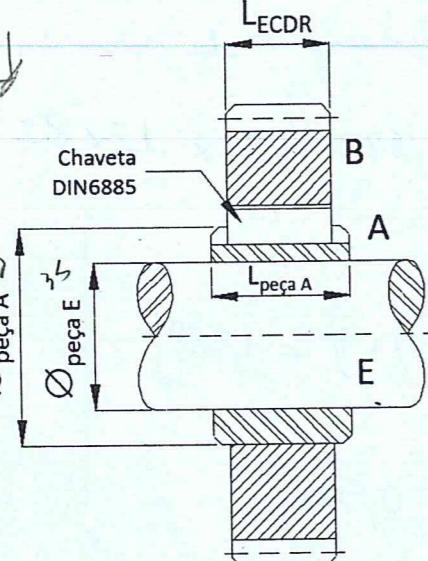
Contingências b,

$$C_{S_i} = 4,95$$

$$1 \cdot 76,8 \leq \frac{380}{C_{S_i}}$$

$$4,05 \cdot 76,8 \leq \frac{380}{C_{S_E}}$$

$$C_{S_E} = 1,22$$



$$y_u = \frac{1 + \varnothing}{1 - \varnothing} = 1,778$$

$$y_e = \frac{1 + 0,778}{1 - 0,778}^2$$

$$y_o = 4,05$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagemento	230,85	Nm	1
Tcislhamento	453,6	Nm	1
P <sub>min</sub>	4,5	MPa	1
L	62,7	mm	1
Coeficientes de segurança	C <sub>S_i</sub> = 4,95 C <sub>S_E</sub> = 1,22	-	1

$$\varnothing_e = \frac{35}{45} = 0,778$$

$$k_{ii} = \frac{(1 - \nu_i) + (1 + \nu_i) \cdot \varnothing_i^2}{E_i (1 - \varnothing_i^2)}$$

$$k_{ii} = \frac{(1 - 0,3) + (1 + 0,3) \cdot 0^2}{200 \times 10^3 \cdot (1 - 0^2)}$$

$$k_{ii} = 3,5 \times 10^{-6} \text{ m}^{-2}$$

c aço = ferro fundido

$$\sigma_e = 230 \text{ MPa}$$

torneada com acabamento finíssimo

A

Retificada com esmeril médio

$$\sigma_e = 380 \text{ MPa}$$

$$\varnothing = 45$$

chaveta DIN 6885 de aço temperado

classe 4.6

$$Padm = 40 \times 1,5 = 60 \text{ mPa}$$

$$Padm = 40 \text{ mPa}$$

$$Zadm = 40 \text{ mPa}$$

$$\text{a)} \begin{cases} b = 14 \\ h = 9 \\ h_1 = 5,5 \\ h_2 = 3,8 \end{cases}$$

Esmagamento

$$L_{\text{min}} = 36$$

$$\frac{\left( \frac{d}{2} - h_1 + \frac{3}{4} h_2 \right) h_1 L}{4}$$

$$\frac{Z \cdot T_{\text{máx}}}{\left( \frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3}{4} \cdot 9 \right) 9 \cdot 36} \leq 40 \times 1,5 \quad \text{Tensão} = 230,850 \text{ N/mm}^2$$

$$230,85 \text{ N/mm}^2$$

Z. Tmáx

$$d \cdot b \cdot L$$

$$\frac{Z \cdot T_{\text{máx}}}{45 \cdot 14 \cdot 36} \leq 40$$

$$T_{\text{cislhamento}} = 453,600 \text{ Nmm}$$

$$453,6 \text{ Nmm}$$

b) H8s7

$$a_{\text{máx}} = 68 \text{ m}$$

$$a_{\text{mín}} = 43 \text{ m}$$

$$A_{\text{máx}} = 39 \text{ m}$$

$$A_{\text{mín}} = 0 \text{ m}$$

$$I_{\text{máx}} = a_{\text{máx}} - A_{\text{mín}} = 68 - 0 = 68 \text{ m}$$

$$I_{\text{mín}} = a_{\text{mín}} - A_{\text{máx}} = 43 - 39 = 4 \text{ m}$$

montagem radial

$$\Delta i = 0$$

$$z_{\text{máx}} = 68 \text{ m}$$

$$z = i$$

$$z_{\text{mín}} = 4 \text{ m}$$

$$\theta_i = 0$$

$$k_{ii} = \frac{(1 + \nu_i) + (1 - \nu_i) \varnothing_i^2}{E_i (1 - \varnothing_i^2)}$$

$$\sigma_i = k_{ii} = \frac{(1 + 0,3) + (1 - 0,3) 0,778^2}{200 \times 10^3 \cdot (1 - 0,778^2)} = 7,129 \times 10^{-3} \text{ m}^{-2}$$

$$P_{\text{min}} = \frac{Z_{\text{mín}}}{(K_{ii} + K_{ii}) d} = \frac{4 \times 10^{-3}}{(35 \times 10^6 + 2,179 \times 10^5)}$$

$$P_{\text{mín}} = 4,5 \text{ mPa}$$

$$P_{\text{máx}} = 76,8 \text{ MPa}$$

$$N \cdot P_{\text{mín}} \cdot \pi \cdot d \cdot L \geq \frac{Z \cdot T}{d}$$

$$0,134,5 \cdot 76,8 \cdot 35 \cdot L \geq \frac{Z \cdot 70 \times 10^3}{35}$$

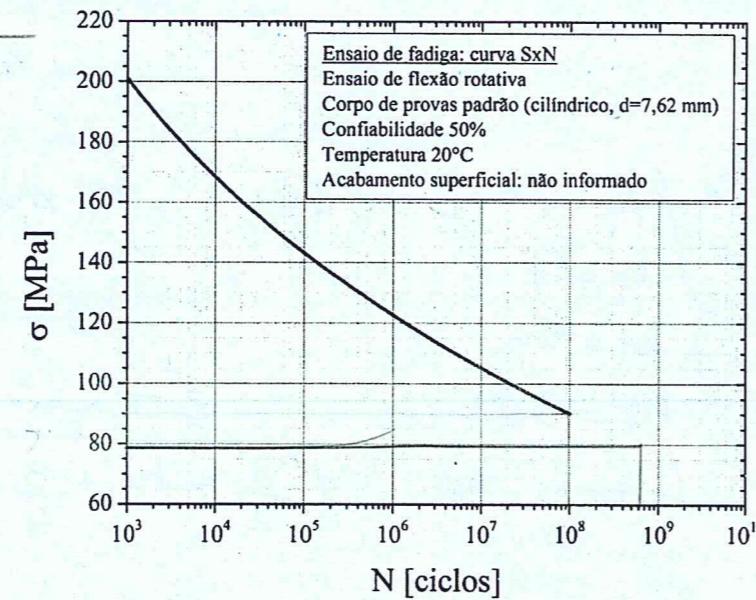
$$L \geq 62,2 \text{ mm}$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos) (2)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{div}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

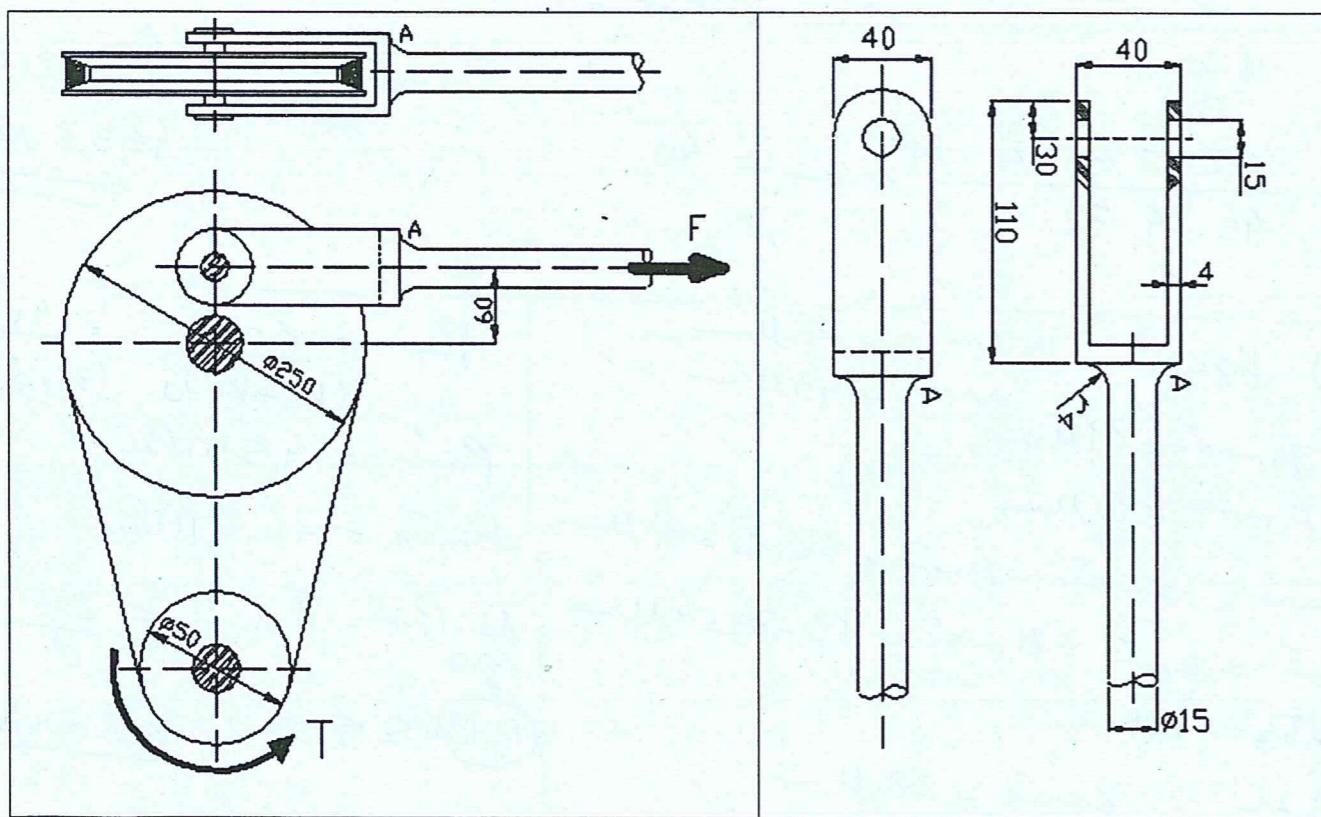
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



$$T = \pm 60 \text{ Nm} \text{ em } 2\text{s}$$

$$T = 45^\circ\text{C}$$

$$C_{conf} = 95\%$$

$$C_{div} = 0,823$$

$$\sigma_R = 200 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = 150 \text{ MPa}$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	<del>Polido</del> <del><math>S_n = 10 \text{ mPa}</math></del>	-	1
$K_F$	<del>1,588</del>	-	1
Tensões máxima e mínima	<del>88,89</del>	MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1

$$C_{carga} = 0,7$$

$$S_{nfp} = 80 \text{ mPa}$$

$$C_{conf} = 0,868$$

$$C_{div} = 0,823$$

$$C_{ac} = 1$$

$$C_{tor} = 1,588 \times 0,823 \times 1 \times 0,7 = 0,114$$

$$C_{temp} = 1$$

	modo	
Carb	50%	95%
Carga	Polarizado	Axial
Temp	20^\circ\text{C}	45^\circ\text{C}
AC. imp	Alumínio	Estáno
Tanque	7,62	15
div	X	0,823

$$S_{nreal} = 0,7 \times 0,868 \times 0,823 \times 1 \times 1 \times 80$$

$$S_{nreal} = 40 \text{ mPa}$$

$$K_F = q \cdot (K_T - 1) + 1 = 0,588 (1 - 1) + 1 = 1,588$$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{v}}} = \frac{1}{1 + \frac{1,4}{\sqrt{4}}} = 0,588$$

$$\sqrt{a} = 1,4 \text{ mm}^{0,5}$$

$$Z_{max} = \frac{T}{0,2 d^3} = \frac{60 \times 10^3}{0,2 \cdot (15)^3} = 88,89 \text{ mPa}$$

$$Z_{min} = \frac{60 \times 10^3}{0,2 \cdot (15)^3} = 88,89 \text{ mPa}$$

Número Fei: 1 2 1 1 6 3 9 9 - 2

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/20/2017

Nome: Gabriel Vilela Cruz

Dois

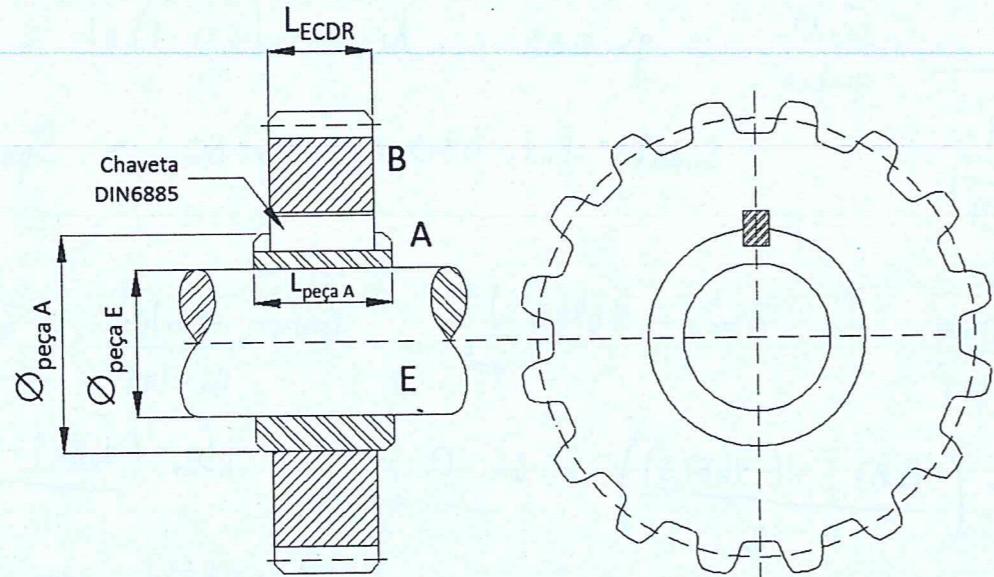
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
 Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

## Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e=230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e=380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}}=45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}}=35$ ;  $L_{\text{ECDR}}=25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T=70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E=90 \text{ GPa}$ ;  $\nu=0,25$ . Aço:  $E=200 \text{ GPa}$ ,  $\nu=0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
 - Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

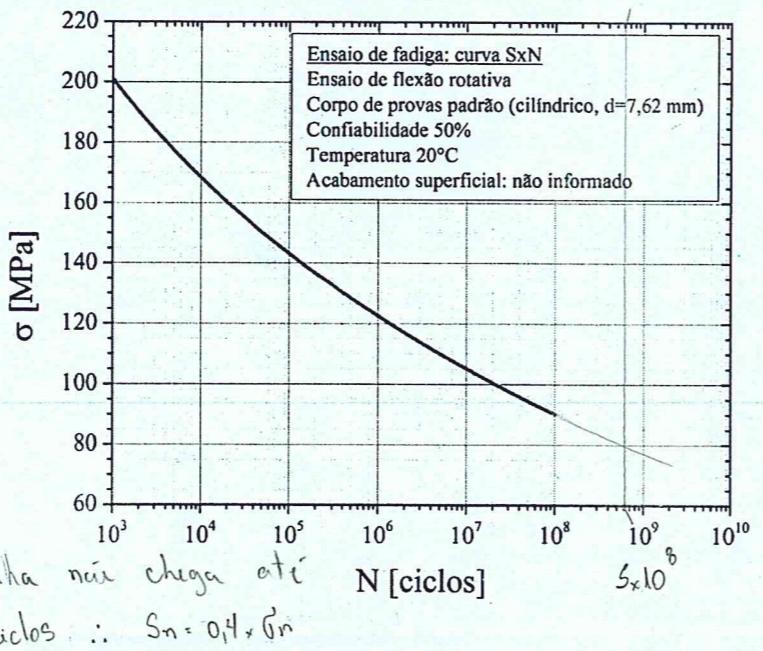
Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
$T_{\text{esmagamento}}$		Nm	1
$T_{\text{cisalhamento}}$		Nm	1
$P_{\min}$		MPa	1
$L$		mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i =$ $CS_e =$	-	1

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos) (2)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

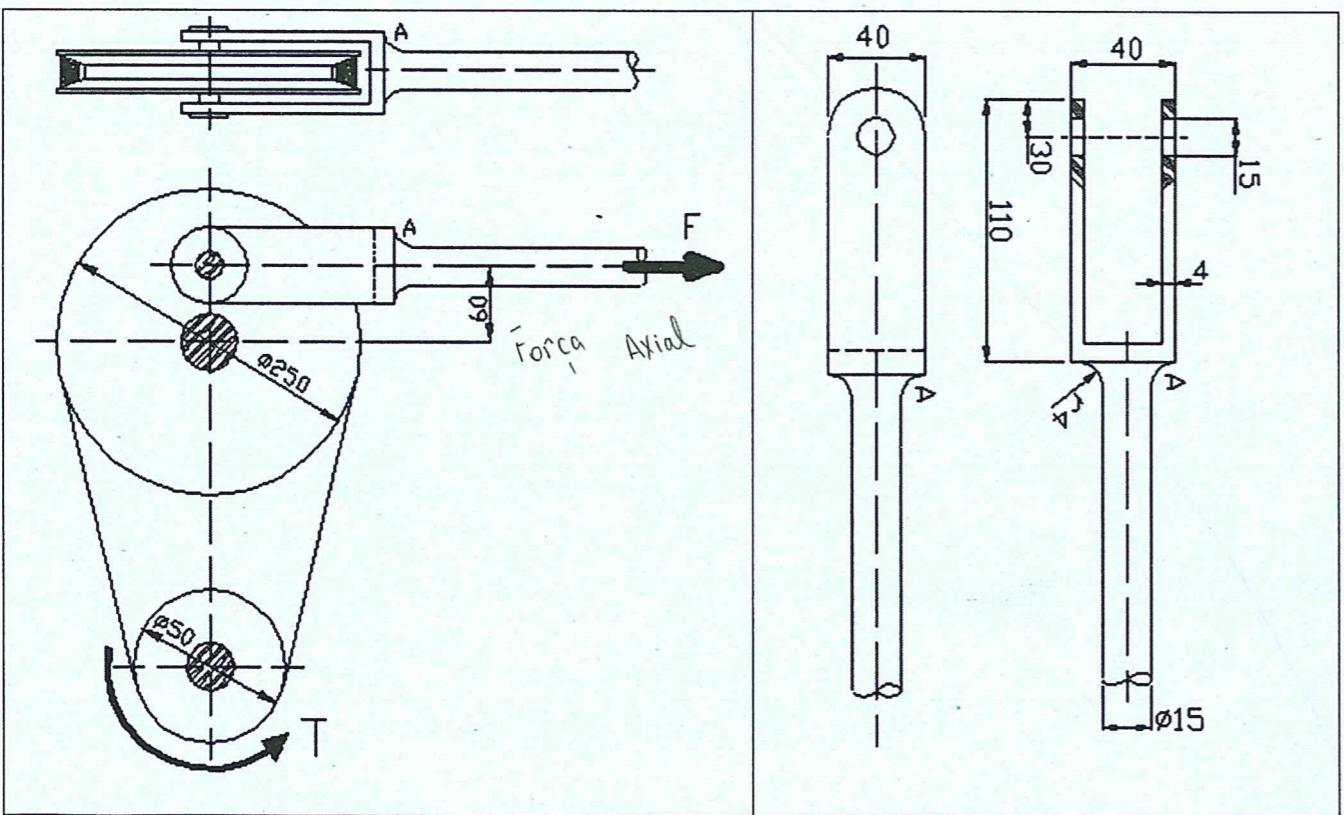
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



- a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

- b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



$$T_{\text{máx}} = 60 \text{ N.m}$$

$$T_{\text{mín}} = -60 \text{ N.m} \quad > 2,5 \text{ seg}$$

$$\text{Temp} = 45^\circ\text{C}$$

(conf): 95%

$$C_{\text{div}} = 0,823$$

alumínio m<sup>c</sup>  
Estampado quente

$\sigma_R = 200 \text{ mPa}$   
 $\sigma_c = 150 \text{ mPa}$

Carga

Fletão

conf

polida

lamin

$7,62 \text{ mm}$

Temp

$20^\circ\text{C}$

50%

$20^\circ\text{C}$

Flexão Rotativa ①

95% 50% ①

Estampado quente ①

Cilindro  $d = 7,62 \text{ mm}$  ①

$20^\circ\text{C}$  ①

$\sigma_R = 200 \text{ mPa}$

$\sigma_c = 150 \text{ mPa}$

$\sigma_a = 143,1 \text{ mPa}$

$\sigma_f = 143,1 \text{ mPa}$

$\sigma_u = 143,1 \text{ mPa}$

$\sigma_s = 143,1 \text{ mPa}$

$\sigma_{av} = 143,1 \text{ mPa}$

Número Fei: 1 2 2 1 2 3 7 4 - 8

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Diego Dantas Pereira

SETE

Assinatura: Diego Dantas

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.

Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

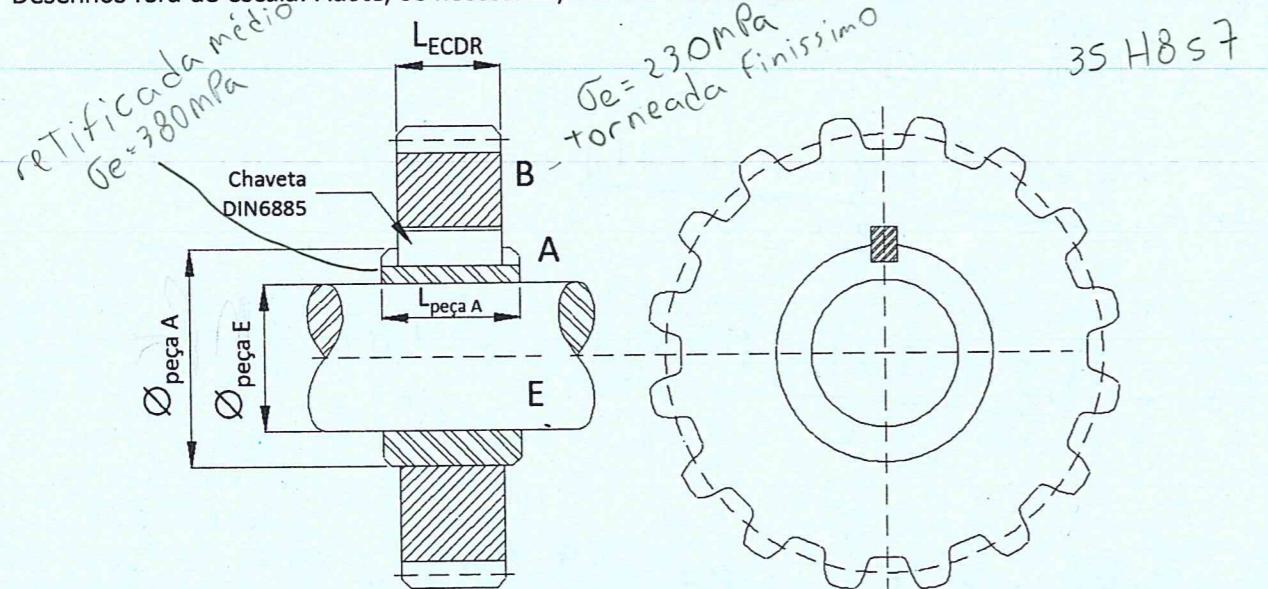
A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e=230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e=380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}}=45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}}=35$ ;  $L_{\text{ECDR}}=25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

a) O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);

b) A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T=70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).

- Ferro fundido:  $E=90 \text{ GPa}$ ;  $v=0,25$ . Aço:  $E=200 \text{ GPa}$ ,  $v=0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.

- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
$T_{\text{esmagamento}}$	230,85	Nm	1
$T_{\text{cisalhamento}}$	453,6	Nm	1
$P_{\min}$	4,52 MPa	MPa	1
$L$	107,31	mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i = 4,95$ $CS_e = 1,22$	-	1

$$P_{\max} = \frac{68}{(3,6 \cdot 10^6 + 2,17 \cdot 10^5) \cdot 35 \cdot 10^3}$$

$$P_{\max} = 76,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{1+Q_i}{1-Q_i} \cdot 76,8 \leq \frac{380}{C_s} \quad C_s_{\text{eixo}} = 4,95$$

$$\frac{1+0,777}{1-0,777} \cdot 76,8 \leq \frac{380}{C_s}$$

$$\frac{380}{31} = 1,22 = C_s_{\text{cubo}}$$

chaveta temperada  $\sigma_{\text{adm}} = 1,5$  4.6  $\sigma_e = 240 \text{ MPa}$   
 peça B FF  $\sigma_r = 400$   
 $\sigma_{\text{pad}} = 40 \text{ MPa}$ ,  $1,5 = 60 \text{ MPa}$

DIN6885

$\phi = 45$

$$14 \times 9 - b = 14 \quad h = 9 \\ h_1 = 5,5 \quad h_2 = 3,8$$

$$l_{\min} = 36$$

$$P = \frac{2 \cdot F_c}{g \cdot 36} \leq 60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad F_c \leq \frac{60 \cdot 9 \cdot 36}{2} = 9720 \text{ N}$$

$$T = 9720 \text{ N} \left[ \frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3}{4} \cdot 9 \right] = 230850 \frac{\text{Nm}}{\text{mm}} \cdot \frac{\text{m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$T_{\text{esm}} = 230,85 \text{ Nm}$$

cisa

$$T \leq \frac{Z_{\text{adm}} \cdot d \cdot b \cdot L}{2}$$

$$T \leq \frac{40 \text{ N/mm}^2 \cdot 45 \cdot 14 \cdot 36}{2} \quad T \leq 453,6 \text{ Nm}$$

$\Delta I = 0$  montagem com aquecimento

$$A_{\max} = 39 \quad a_{\max} = 68 \quad Z_{\max} = 68 - 0 = 68 \text{ mm}$$

$$A_{\min} = 0 \quad a_{\min} = 43 \quad Z_{\min} = 43 - 39 = 4 \text{ mm}$$

$Q_i = 0$  maciço

$$Q_E = \frac{35}{45} = 0,777$$

$$P_{\min} = \frac{4}{(3,6 \cdot 10^6 + 2,17 \cdot 10^5) \cdot 35 \cdot 10^3}$$

$$\text{aço } k_i = \frac{(1-0,30)}{200000} = 3,5 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{aço } k_E = \frac{(1+0,30) + (1-0,30) \cdot 0,777^2}{200000 (1-0,777^2)} = 2,17 \cdot 10^{-5}$$

$$P_{\min} = 4,52 \text{ MPa}$$

$\mu = 0,075$  - óleo

$$0,075 \cdot 4,52 \cdot \pi \cdot 35 \cdot L \geq \sqrt{\left(\frac{4000}{35}\right)^2 + 0}$$

$$L \geq \frac{4000}{0,075 \cdot 4,52 \cdot \pi \cdot 35}$$

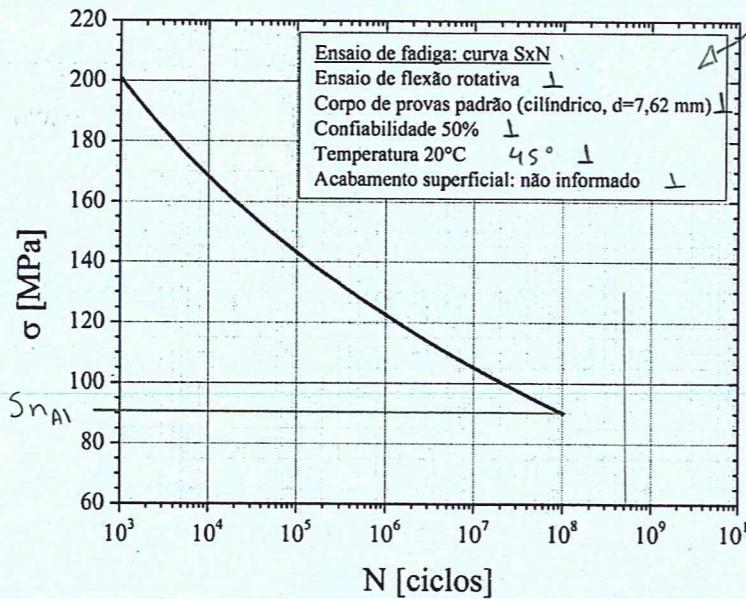
$$L \geq 107,31$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos) (7)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60$  Nm em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200$  MPa e  $\sigma_e=150$  MPa. O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

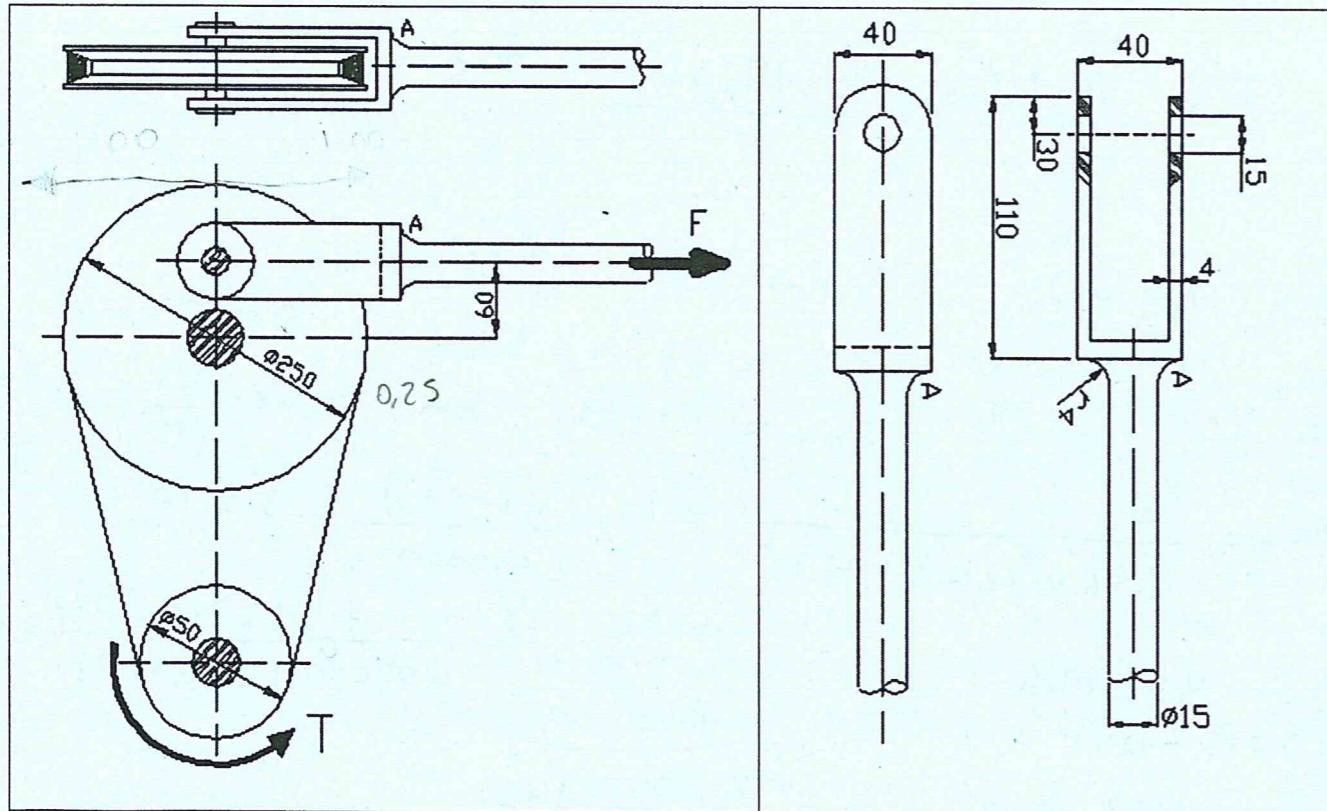
$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



- a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

Deve ser igual ao da peça, ou seja, estampado a quente.

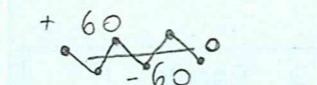
- b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	estampado a quente 90 MPa	-	1
$K_F$	1,87	-	1
Tensões máxima e mínima	5,21	MPa	1
Coeficientes de segurança	9,46	-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1



$$S_{n_{CP}} = 90 \text{ MPa} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,823$$

$$S_{n_{real}} = 74 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\alpha} = 1,5$$

$$\frac{60 \text{ Nm}}{0,065 \text{ m}} = 923 \text{ N} = F$$

$$A = \frac{\pi \cdot 15^2}{4} = 177 \text{ mm}^2$$

axial

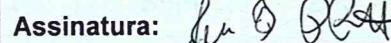
$$K_F = \frac{1}{1 + \frac{1,5}{\sqrt{4}}} \cdot (2,0 - 1) + 1 = 1,57$$

$$\sigma_m = \frac{1,57 (5,21 + (-5,21))}{2} = 0$$

$$\sigma_a = \frac{1,5 (5,21 - (-5,21))}{2} = 7,82 \text{ MPa}$$

$$\frac{7,82}{74} < \frac{1}{n_g} \quad n_g = 9,46$$

Nome: JONAS Igor P Riva

Assinatura: 

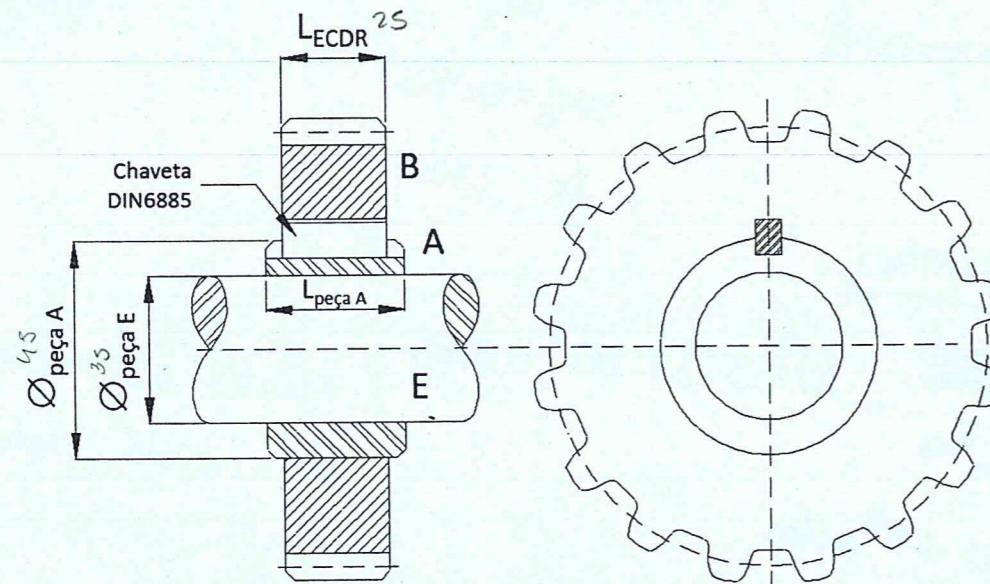
4

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e=230$  MPa) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e=380$  MPa). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{peça\ A}=45$ ;  $\varnothing_{peça\ E}=35$ ;  $L_{ECDR}=25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{peça\ A}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T=70$  Nm. Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E=90$  GPa;  $\nu=0,25$ . Aço:  $E=200$  GPa,  $\nu=0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagemento	153,9	Nm	1
T cisalhamento	453,6	Nm	1
P <sub>min</sub>	24,8	MPa	1
L	41,9	mm	1
Coeficientes de segurança	CS <sub>i</sub> = 8 CS <sub>e</sub> = 2	-	1

$$a - l_{min} = 36 \text{ mm}; b = 14; h = 9; v = 0,25; \nu = 0,30$$

$$40 \geq \frac{2T}{\left(\frac{\nu s}{2} - s_s + 0,95s(g)\right)g \cdot 36} \Rightarrow T \leq 153,9 \text{ Nm}$$

$$\frac{2 \cdot T}{45 \cdot 14 \cdot 36} \leq 40 \Rightarrow T \leq 453,6 \text{ Nm}$$

$$b - T = 70 \text{ Nm}$$

$$K_i = \frac{0,7}{200 \cdot 10^3} \Rightarrow K_i = 3,5 \cdot 10^6$$

$$K_e = \frac{0,3 + 0,7 \left( \frac{35}{45} \right)^2}{200 \cdot 10^3 \left[ 1 - \left( \frac{35}{45} \right)^2 \right]} \Rightarrow K_e = 2,18125 \cdot 10^6$$

$$I_{MAX} = 68 - 0 = 68$$

$$\Delta I = J_2(11 + JL) \Rightarrow \Delta J = 26,4$$

$$M_{max} \text{ axial (área)} \\ \mu = 0,11$$

$$Z_{MIN} = 22,4$$

$$Z_{MAX} = 41,6$$

$$P_{MIN} = \frac{-Z_2}{(K_i + K_e) \cdot 10^3 \cdot 35} \Rightarrow P_{MIN} = 24,8 \text{ MPa}$$

$$Q_{II} = 24,8 \cdot 35 \cdot L \geq \frac{2 \cdot 70 \cdot 10^3}{35} \Rightarrow L \geq 41,9 \text{ mm}$$

$$P_{MAX} = \frac{41,6}{(K_i + K_e) \cdot 35 \cdot 10^3} \Rightarrow P_{MAX} = 46,95 \Rightarrow P_{MAX} = 47 \text{ MPa}$$

$$CS_{peça\ E} = \frac{380}{47} \Rightarrow CS_E = 8$$

$$CS_{peça\ A} = \frac{380}{4,07 \cdot 47} \Rightarrow CS_A = 2$$

$$Q_E = 0 \quad \therefore Y = 0$$

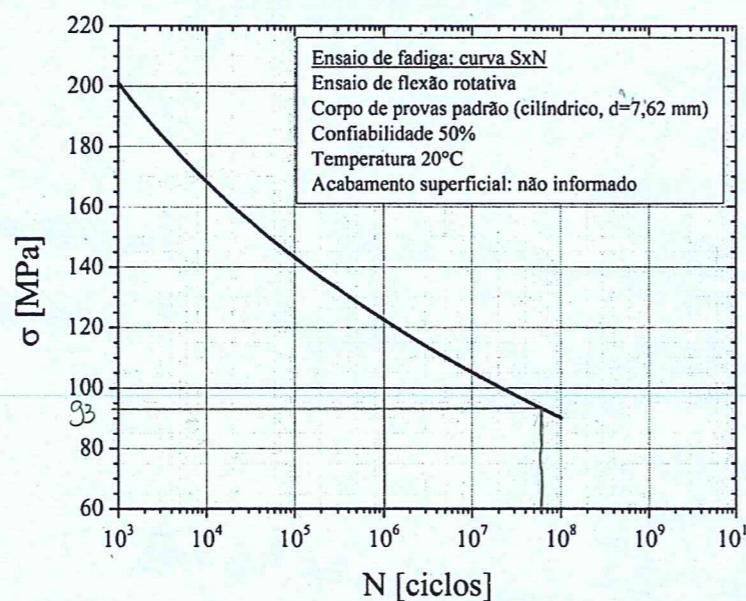
$$Q_i = 0,728 \quad \therefore Y = 4,07$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

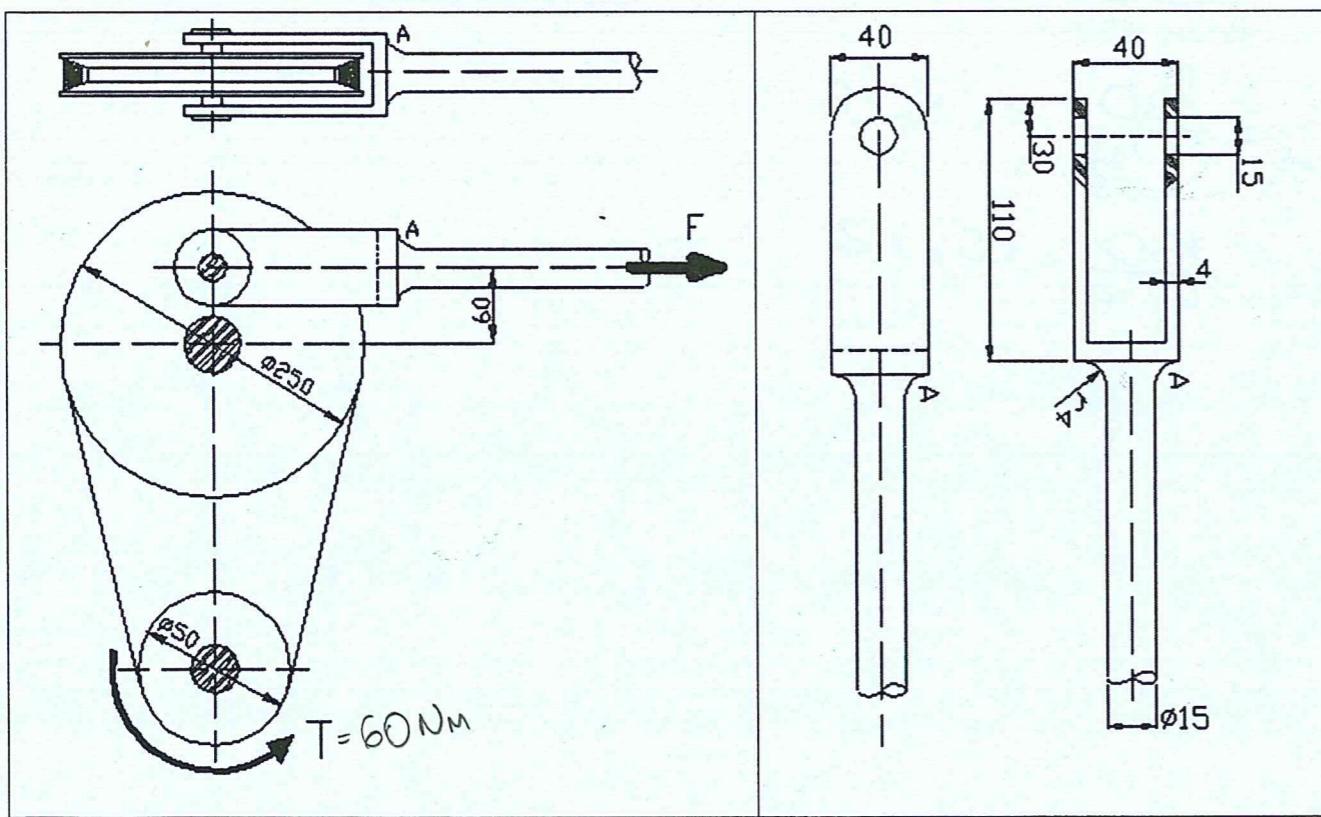
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



$$T = 12 \cdot NM$$

$$a - \sigma = \frac{\pm 12 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15^3} = \pm 17,8 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} S_n &= g_3 \cdot J \cdot 0,868 \cdot 0,823 \cdot 1 \cdot 1,189 \cdot 15^{-0,097} \\ S_{n_{\text{rest}}} &= 60,7 \text{ MPa} \\ C_{\text{sup}} &= A^{200} \end{aligned}$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	<del>60,7 MPa</del>	-	1
$K_F$	<del>1,5B</del>	-	1
Tensões máxima e mínima	<del><math>\sigma_{\text{min}} = -17,8</math> <math>\sigma_{\text{max}} = 17,8</math></del>	MPa	1
Coeficientes de segurança	<del>1,5B</del>	-	1
N (caso a peça falhe)	<del>5,27 \cdot 10^{12}</del>	ciclos	1

a - Não há influência do tipo de acabamento, pois o limite de resistência já considera para si mesma já inclui o tipo de acabamento.  $C_{\text{sup}} = 1$

$$b - K_F = 0,5B(2-1) + 1 \Rightarrow K_F = 1,5B$$

$$q = \frac{J}{J + \frac{1,45}{\sqrt{n}}} \Rightarrow q = 0,5B$$

$$\begin{aligned} M_B &= 0,083 \\ b_B &= 2,505 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_m &= 0 \\ \sigma_{\text{alt}} &= 28,124 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$N = \frac{10 \cdot \frac{2,505}{0,083}}{28,124^{0,083}} \Rightarrow N = 5,27 \cdot 10^{12} \text{ ciclos}$$

$$N_{\text{fab}} = 2,365 \cdot 10^8 \text{ ciclos}$$

Muito superior ao fornecido pelo fabricante

Número Fei: 1 2 1 1 4 0 9 8 - 2

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/20/2017

Nome: Lucas Bertob Archila

5

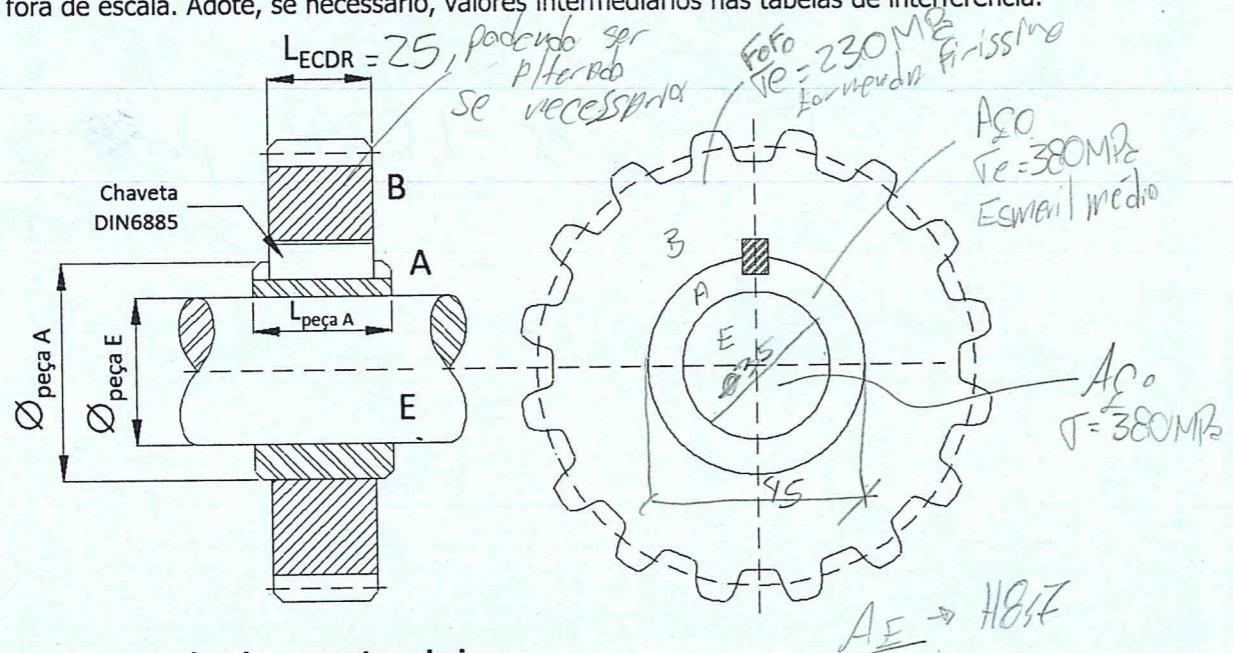
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

## Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
$T_{\text{esmagamento}}$	$\leq 153,9$ X	Nm	1
$T_{\text{cisalhamento}}$	$\leq 453,6$ ✓	Nm	1
$P_{\min}$	$4,482$ ✓	MPa	1
$L$	$108,2$ ✓	mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i = 4,99$ $CS_e = 1,2$ ✓	-	1

$$u \rightarrow \text{oko} \Rightarrow 0,075$$

$$\begin{aligned} b &= 14 \text{ mm} \\ h &= 9 \text{ mm} \\ h_1 &= 5,5 \text{ mm} \\ h_2 &= 3,8 \text{ mm} \\ 36 \text{ mm} &\leq L \leq 160 \text{ mm} \\ d &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Carga tipo II}) \\ G_{\text{ADM}} &= 40 \text{ MPa} \\ G_{\text{ADM}} &\geq \frac{2T}{dbL} \end{aligned}$$

Menor comprimento previsto em norma p/  $\varnothing = 45 \text{ mm}$  é  $L = 36 \text{ mm}$   
Calculando máx torque p/ chaveta de 36 mm.

$$40 \geq \frac{2T}{(\frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3}{4} \cdot 9) \cdot 9 \cdot 36}$$

$$\begin{aligned} T &\leq 153,9 \text{ KN} \cdot \text{mm} \\ T &\leq 153,9 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow \text{p/ esmagamento} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Cisalhamento:}) \quad 40 &\geq \frac{2T}{45 \cdot 14 \cdot 36} \\ T &\leq 453,6 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow \text{p/ cisalhamento.} \end{aligned}$$

$$(b) T = 70 \text{ Nm}, qual L_{\text{pesaa}}? \text{ Radial: } \Delta i = 0$$

$$\begin{aligned} 35 \text{ H8s7} \\ \text{FUR0(AEC)} \\ \text{Máx } 35,039 \text{ mm} \\ \text{mín } 35 \text{ mm} \\ J_e = 0,3 \quad J_i = 0,3 \\ \mu \cdot P_{\min} \cdot \pi \cdot d \cdot L \geq \sqrt{\left(\frac{2T}{d}\right)^2 + F_z^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_i = 0 \text{ (maciso)} \\ *Q_e = \frac{35}{45} = 0,78 \\ K_i = \frac{(1-J_i) + (1+J_i) \cdot Q_i^2}{E \cdot (1-Q_i^2)} \\ K_e = \frac{(1+J_e) + (1-J_e) Q_e^2}{E_e \cdot (1-Q_e^2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{Z_{\max}}{(K_i + K_e) \cdot 10^3} \\ P_{\max} &= 76,2 \text{ MPa} \\ CS_{\text{eixo}} &= \frac{76,2}{1-0} \leq \frac{380}{CS} \\ CS &\leq 4,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CS_{\text{furo}} &= \frac{76,2}{1+0,78} \leq \frac{380}{CS} \\ CS &\leq 1,2 \end{aligned}$$

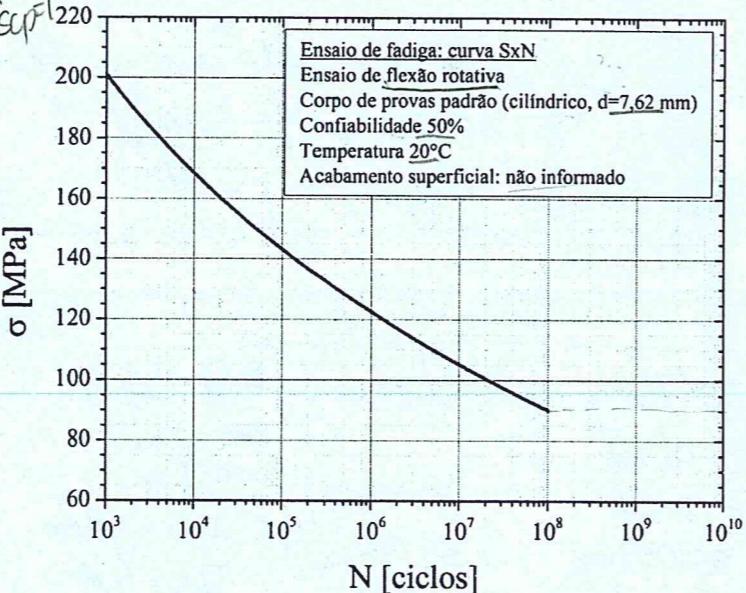
$$\begin{aligned} P_{\min} &= \frac{Z_{\min}}{(K_i + K_e) \cdot 10^3} \\ P_{\min} &= 4,482 \text{ MPa} \\ 0,075 \cdot 4,482 \cdot \pi \cdot 35 \cdot L &> \frac{2 \cdot 70 \times 10^3}{35} \\ L &> 108,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)**

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

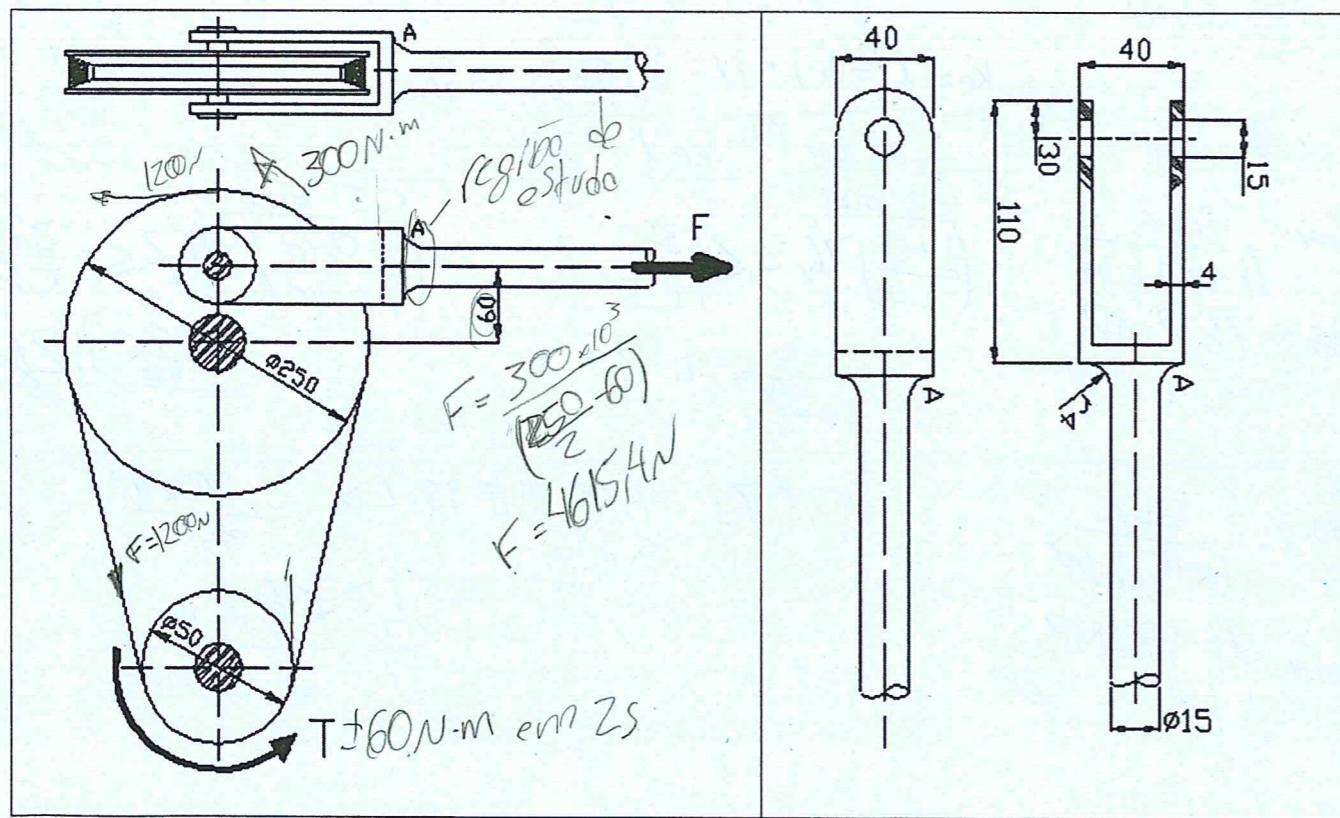
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

2) O acabamento superficial é:

$$S_n = 90 \text{ MPa} \quad (\text{Gráfico})$$

$$S_n = 90 \cdot 0,7 \cdot 0,868 \cdot 0,823 \cdot 1,189 \cdot 12 \cdot 1^{0,097}$$

$$S_n = 42,050 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{K_F}{14}} \quad \eta = 0,573$$

$$K_F = \eta (K_T - 1) + 1$$

$$K_F = 1,573$$

$$F = 4615,4 \text{ N}$$

$$T_{\text{max}} = \frac{F}{A} = 26,118 \text{ MPa}$$

$$T_{\text{min}} = -26,118 \text{ MPa}$$

$$T_m = 0 \text{ MPa}$$

$$T_a = 41,083 \text{ MPa}$$

Por soberia:  $\frac{T_a}{S_n} + \frac{T_m}{\sigma_e} \leq \frac{1}{n_s}$

$$\frac{41,083}{42,05} + 0 \leq \frac{1}{n_s}$$

$$n_s = 1,024 \quad \text{peso não sofre fadiga.}$$

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	Polido   42,05 (MPa)	-	1
$K_F$	1,573	-	1
Tensões máxima e mínima	26,118 -26,118	MPa	1
Coeficientes de segurança	1,024	-	1
N (caso a peça falhe)	$n_s > 1,024$ vida infinita	ciclos	1

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Número Fei: 1 2 1 1 4 5 0 2 - 3

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Anderson Luis Rosa Diniz

3

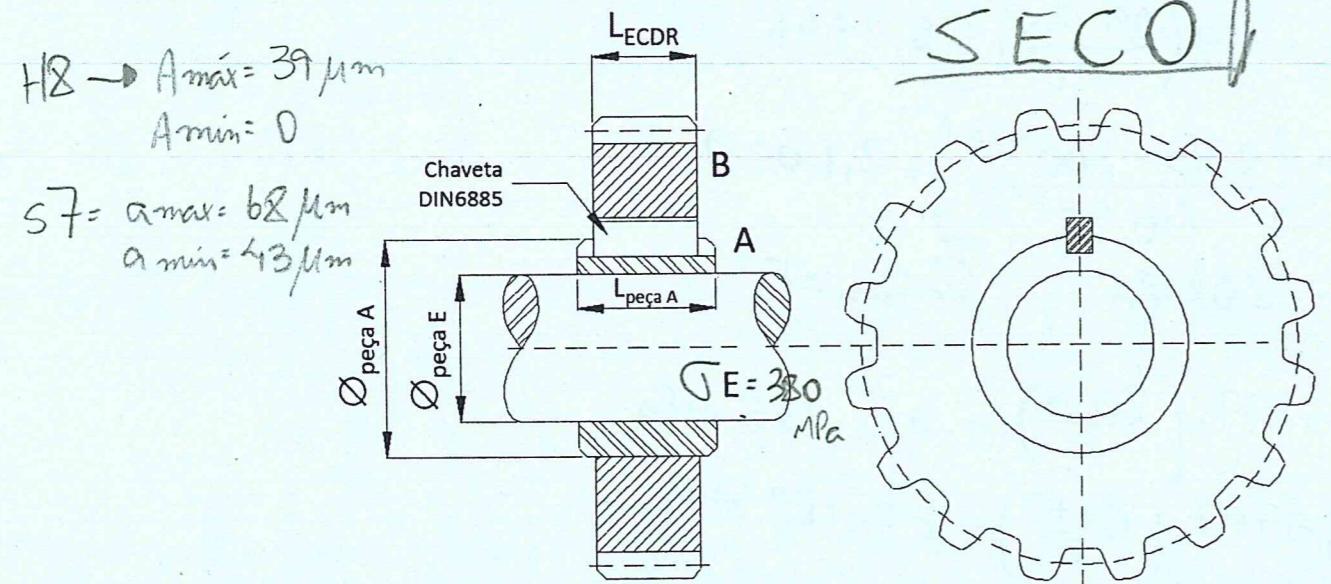
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
$T_{\text{esmagamento}}$	213,75	Nm	1
$T_{\text{cisalhamento}}$	315	Nm	1
$P_{\min}$	11,43	MPa	1
$L$	24,5 mm	mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i = 1,95$ $CS_e = 1,18$	-	1

$$\text{A}_40 \text{ chaveta: } 4 \cdot 6 \rightarrow \sigma_e = 4 \cdot 6 \cdot 10 = 240 \text{ MPa} \\ \rightarrow \sigma_r = 4 \times 100 = 400 \text{ MPa}$$

montagem parafax:  $H8 - v$ ,  $\sigma_{\text{chaveta}} = 230 \text{ MPa}$

$$I_{\max} = a_{\max} - A_{\min} = 68 - 0 = 68 \mu\text{m} = Z_{\max}$$

$$I_{\min} = a_{\min} - A_{\max} = 43 - 39 = 4 \mu\text{m} = Z_{\min}$$

$$K_L = \frac{(1 - 0,30) + (1+0,3) \cdot 0^2}{200 \times 10^3 (1 - 0^2)} = 3,5 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$$

$$K_e = \frac{(1 + 0,30) + (1-0,30) \cdot 0^2}{200 \times 10^3 (1 - 0^2)} = 6,5 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$$

$$P_{\min} = \frac{4}{(3,5 \times 10^{-6} + 6,5 \times 10^{-6}) \cdot 35 \cdot 10^3} = 11,43 \text{ MPa}$$

$P_{\text{adm}} = 80 \text{ MPa}$  (chaveta);  $\sigma_{\text{adm}} = 40 \text{ MPa}$

Chaveta 14x9;  $b = 14 \text{ mm}$ ,  $h = 9 \text{ mm}$ ,  $h_1 = 5,5 \text{ mm}$ ,  $3,8 \text{ mm}$   
 $L_{\max} = 160 \text{ mm}$ ;  $L_{\min} = 36 \text{ mm}$

esmagamento:

$$\frac{29}{(\frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3}{4} \cdot 9) \cdot 9 \cdot 25} \leq 80 \Rightarrow T_{\text{esm}} = 213\,750 \text{ N.mm} \\ T_{\text{esm}} = 213,75 \text{ Nm}$$

cisalhamento:

$$\frac{29}{45 \cdot 14 \cdot 25} \leq 40 \Rightarrow T_{\text{cis}} = 315\,000 \text{ Nmm} \\ T_{\text{cis}} = 315 \text{ Nm}$$

$$\mu = \frac{0,07 + 0,19}{2} = 0,13$$

$$0,13 \cdot 11,43 \cdot \pi \cdot 35 \cdot L \geq \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 70 \times 10^3}{35}\right)^2 + 0^2} \Rightarrow L \geq 24,5 \text{ mm}$$

$$P_{\max} = \frac{68}{(3,5 \times 10^{-6} + 6,5 \times 10^{-6}) \cdot 35 \cdot 10^3} = 194,3 \text{ MPa}$$

$$194,3 \leq \frac{380}{C_{SL}} \\ C_{SL} = 1,95$$

$$194,3 \leq \frac{230}{C_{Se}} \\ C_{Se} = 1,18$$

$C_{SL} = 1,95$   
ambas as peças não falham

$$T_{\max} = +60 \text{ Nm}$$

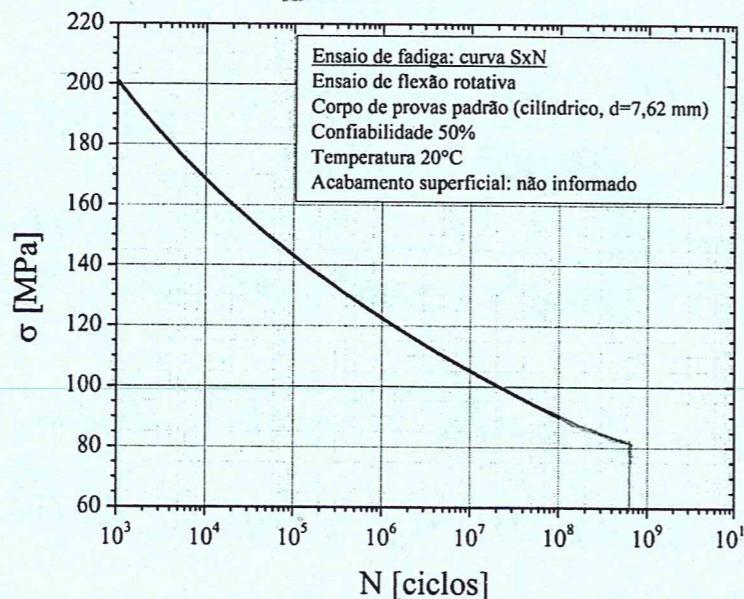
$$T_{\min} = -60 \text{ Nm}$$

**Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)**

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de  $95\%$  e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

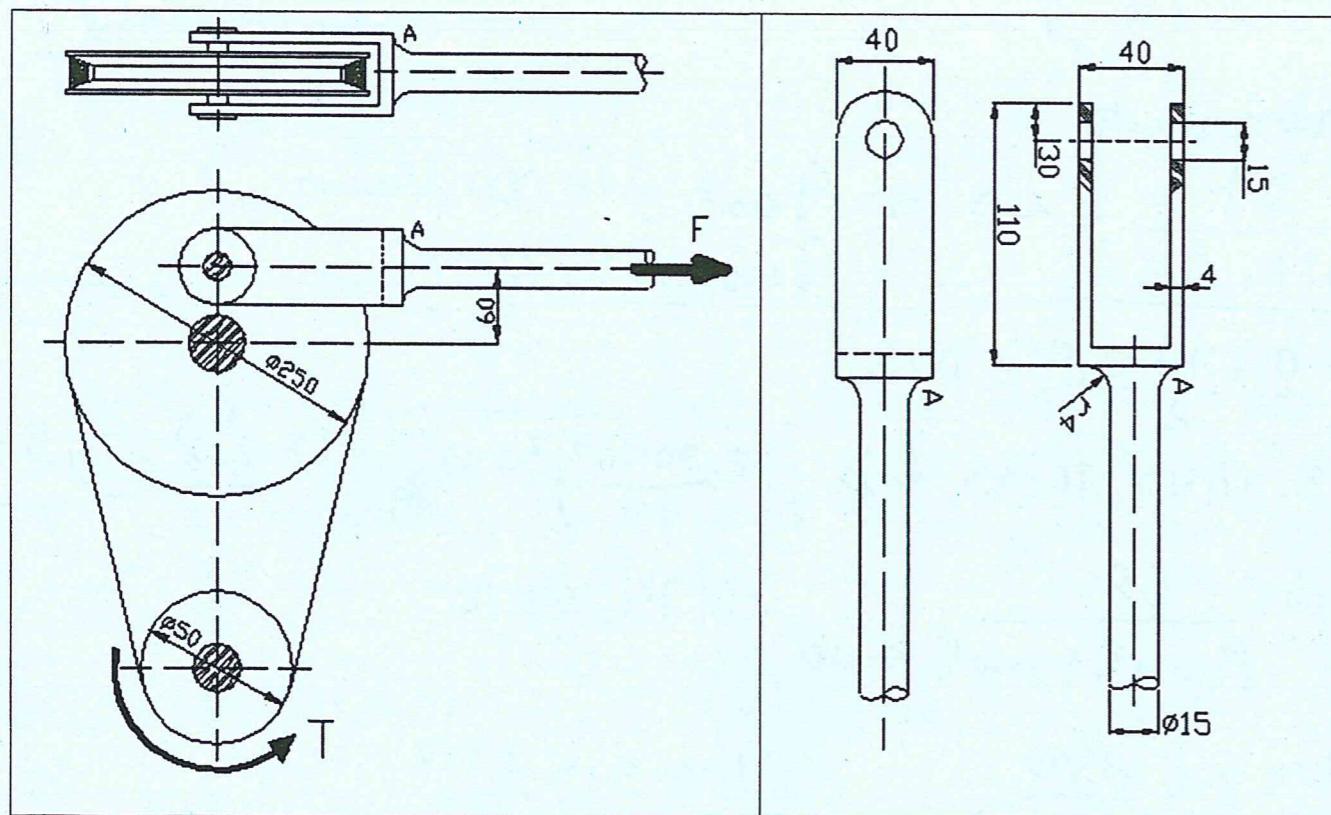
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
→ Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

$$\text{Carga} = 0,7$$

$$C_{\text{conf}} = 0,868$$

$$C_{\text{div}} = 0,823$$

$$C_{\text{sup}} = 1,0$$

$$C_{\text{tam}} = 1,0$$

$$C_{\text{temp}} = 1,0$$

$$S_{\text{NCP}} = 0,4 \cdot 200 = 80 \text{ MPa}$$

$$S_m = 0,7 \cdot 0,868 \cdot 0,823 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 80$$

$$S_m = 40,0 \text{ MPa}$$

**Por favor preencha o quadro de respostas abaixo**

Item	Resposta	Unidade	Valor (Pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	Nenhum $S_n = 40 \text{ MPa}$	-	1
$K_F$	1,5797	-	1
Tensões máxima e mínima	80 0	MPa	1
Coeficientes de segurança	0,5	-	1
N (caso a peça falhe)	81394	ciclos	1

$$K_F = 2,0 \Rightarrow K_F = q \cdot (K_T - 1) + 1 ; q = \frac{1}{1 + \frac{145}{147}} \Rightarrow q = 0,5797$$

$$K_F = 0,5797(2 - 1) + 1 \Rightarrow K_F = 1,5797$$

$$K_F = 1,5797$$

$$m_2 = \frac{1}{517} \cdot \log \left( \frac{0,9 \cdot 200}{10} \right) = 0,1146$$

$$b_8 = \log \left( \frac{0,25 \cdot 200^{1/53}}{40^{0,53}} \right) = 2,6009$$

$$T_{\max} = 80 \text{ MPa} ; T_{\min} = 0$$

$$T_a = 1,5797 \cdot \left( \frac{80 - 0}{2} \right) = 63,188 \text{ MPa}$$

$$T_m = 1,5797 \cdot \left( \frac{80 + 0}{2} \right) = 63,188 \text{ MPa}$$

$$\frac{63,188}{40} + \frac{63,188}{150} \leq \frac{1}{ns} \Rightarrow ns = 0,5$$

$$T_a' = \frac{150 \cdot 63,188}{150 - 63,188} = 109,2 \text{ MPa}$$

$$N = 0,1 \sqrt{\frac{10^{2,6009}}{109,2}} = 81394 \text{ ciclos}$$

Número Fei: 1 2 1 1 9 6 9 2 - 7

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 – set/2017

Nome: *Caio Matheus*

HUM

Assinatura: *Caio Matheus*Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

## Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

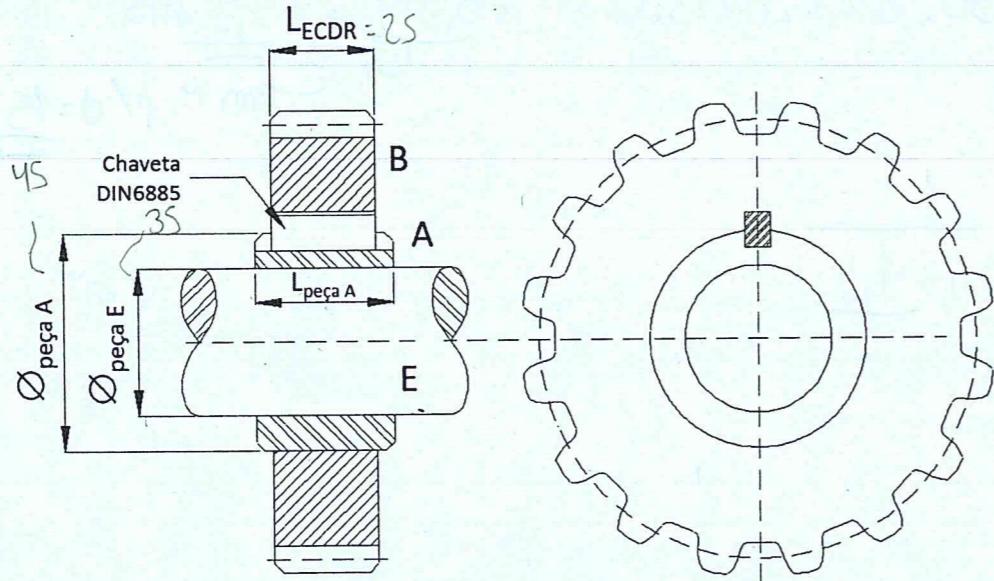
A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e=230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e=380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}}=45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}}=35$ ;  $L_{\text{ECDR}}=25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
- A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T=70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).

*Junto n.º e = 380 MPa*

Ferro fundido:  $E=90 \text{ GPa}$ ;  $v=0,25$ . Aço:  $E=200 \text{ GPa}$ ,  $v=0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.

Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagamento	97,68	Nm	1
Tcislhamento	77	Nm	1
P <sub>min</sub>	1,736	MPa	1
L	110,23	mm	1
Coeficientes de segurança	CS <sub>i</sub> =12,87 CS <sub>e</sub> =3,18	-	1

Esmagamento:

$$\frac{2 \times F_c}{8 \times 22} \leq 40 \times 15 \quad \therefore F_c \leq 5280 \text{ N}$$

$$\therefore M_T = 97,680 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

Cisalhamento:  $G_{\text{adm}} = 20 \text{ MPa}$ 

$$\frac{Q}{10 \times 22} \leq 20 \quad \therefore Q \leq 4400 \text{ N} \quad \therefore M_T = \frac{Q \times d}{2} = \frac{4400 \times 35}{2} = 77 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

$$b) H8 s7 \Rightarrow A_{\text{máx}} = 39 \quad e \quad C_{\text{máx}} = 68 \\ A_{\text{mín}} = 0 \quad C_{\text{mín}} = 43$$

$$1,736 > \frac{1}{11 \times 45 \times l \times 0,115} \times \sqrt{\left(\frac{2 \times 70 \times 10^3}{45}\right)^2 + 0}$$

$$\therefore l \geq 110,23 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow t_{\text{máx}} = 68 - 0 = 68 \mu\text{m}$$

$$t_{\text{mín}} = 43 - 39 = 4 \mu\text{m}$$

 $\Rightarrow z$ 

$$\Rightarrow z_{\text{mín}} = 4 \quad * \text{ como tem } \Delta t_{\text{temp}} \text{ na montagem } \rightarrow \text{descorrer } \Delta t$$

$$\Rightarrow k_e = \frac{(1+0,25)+(1-\cancel{0,77}) \times 0,777^2}{(1-0,777^2) \times 80 \times 10^3} = 4,77 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow K_i = \frac{(1-0,3)+(1+0,3) \times 0}{(1-0) \times 200 \times 10^3} = 3,5 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow P_{\text{máx}} = \frac{z_{\text{mín}} \times 10^3}{(K_i+k_e) \times d} = 29,51 \text{ MPa}$$

$$\therefore P_{\text{mín}} = \frac{z_{\text{mín}} \times 10^3}{(K_i+k_e) \times d} = 1,736 \text{ MPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} \left( \frac{1+0}{1-0} \right) \times 29,51 \leq \frac{380}{CS} \quad \therefore CS \leq 12,87 \\ \left( \frac{1+0,777^2}{1-0,777^2} \right) \times 29,51 \leq \frac{380}{CS} \quad \therefore CS \leq 3,18 \end{array} \right\} \text{não falham}$$

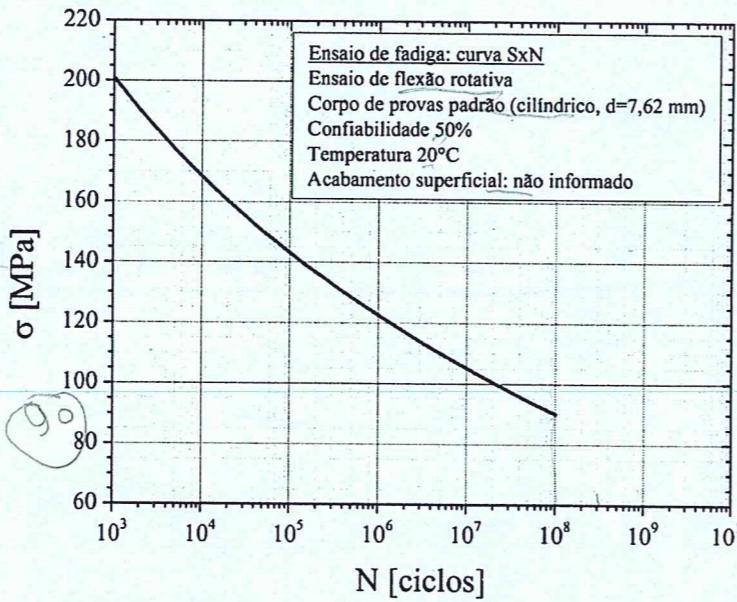
$$\left. \begin{array}{l} \left( \frac{1+0}{1-0} \right) \times 29,51 \leq \frac{380}{CS} \quad \therefore CS \leq 12,87 \\ \left( \frac{1+0,777^2}{1-0,777^2} \right) \times 29,51 \leq \frac{380}{CS} \quad \therefore CS \leq 3,18 \end{array} \right\} \text{não falham}$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

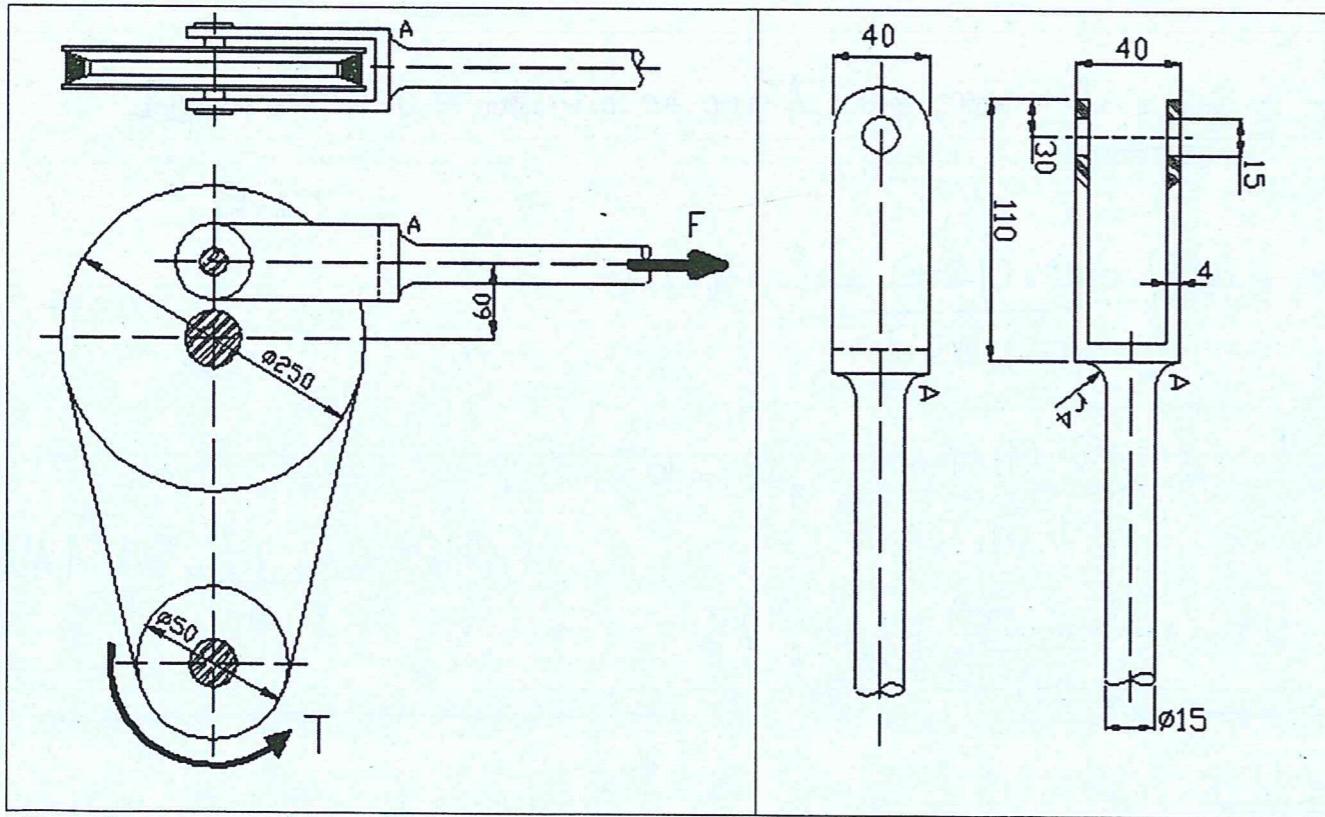
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



$$T = \pm 60 \text{ Nm} \text{ em } 2 \text{ s}$$

$$\text{Temp} = 45^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{div}} = 0,868$$

$$C_{\text{div}} = 0,823$$

$$S_m = 90 \text{ MPa}$$

Al - entroped o quanto

$$\begin{cases} \sigma_R = 200 \text{ MPa} \\ \sigma_e = 150 \text{ MPa} \end{cases}$$

a)  $\rightarrow C_{\text{up}} \sim \text{deuró nel } \frac{1}{2} \text{ (para o corpo é Alumínio)}$

$$S_{\text{up}} = 90 \times 0,868 \times 0,823 \times 0,577 \times 0,914 = 33,9 \text{ MPa}$$

$$C_{\text{Tom}} \sim r/d = 15 \text{ mm}$$

$$b) q = \frac{1}{1 + 1,4}$$

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e $S_m$	$C_{\text{up}} = 1,577; S_m = 33,9 \text{ MPa}$	-	1
$K_F$		-	1
Tensões máxima e mínima		MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1

Número Fei: 12115507-1

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Vitória Shrawan Arcas

Assinatura: Vitória Arcas

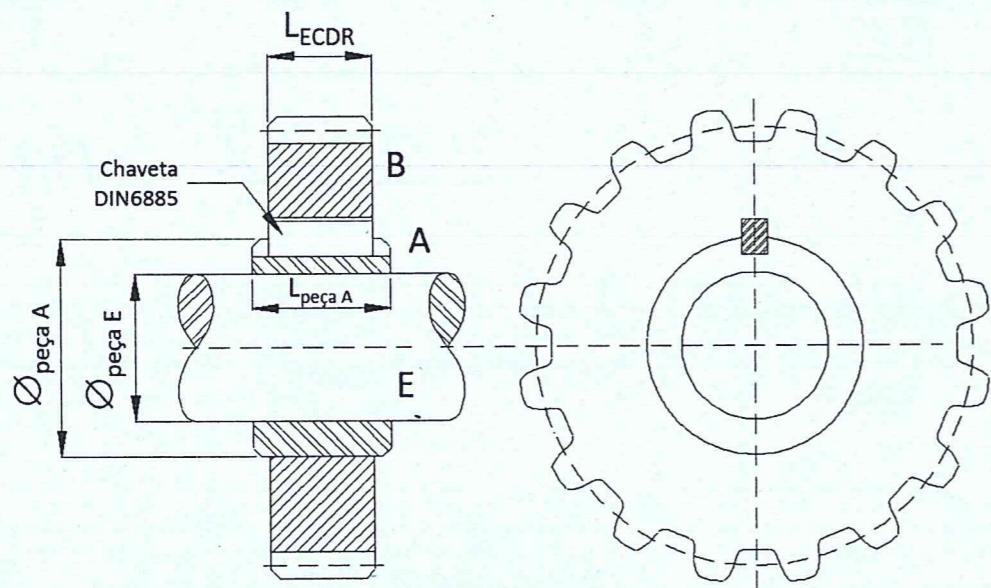
5

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.
  - Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagemento	153,9 X	Nm	1
Tcislhamento	453,6 ✓	Nm	1
P <sub>min</sub>	4,515 ✓	MPa	1
L	62 ✓	mm	1
Coeficientes de segurança	CS <sub>i</sub> = 4,95 ✓ CS <sub>e</sub> = 1,22 ✓	-	1

a) DIN 6885

$$P_{adm} = 40 \text{ MPa} \quad \text{(escoamento)}$$

$$b = 14$$

$$h = 9$$

$$h_1 = 5,5$$

$$h_2 = 3,8$$

$$L_{min} = 36$$

$$L_{max} = 160$$

$$\frac{2F_c}{h \cdot L} \leq P_{adm}$$

$$F_c \leq \frac{40 \cdot 9 \cdot 36}{2} = 6480 \text{ N}$$

$$T = 6480 \cdot \left( \frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3,8}{4} \right)$$

$$T = 153,9 \cdot 10^3 \text{ N.mm} \quad \text{(escoamento)}$$

cislhamento  $G_{adm} = 40 \text{ MPa}$

$$\frac{Q}{14 \cdot 36} \leq 40 \quad Q \leq 20160$$

$$T = 20160 \cdot \frac{45}{2}$$

$$\therefore T_{max} = 153,9 \text{ N.m}$$

$$T \leq 453,6 \text{ N.mm} \quad \text{(cislhamento)}$$

b) Interferência

H8s7

$$Furo H8 \left\{ \begin{array}{l} A_{max} = 39 \\ A_{min} = 0 \end{array} \right.$$

$$Eixo s7 \left\{ \begin{array}{l} a_{max} = 68 \\ a_{min} = 43 \end{array} \right.$$

$$\mu = 0,13 \quad (\text{seco})$$

$$k_i = \frac{(1-0,3)}{20000} = 3,5 \cdot 10^{-6}$$

$$k_e = \frac{(1+0,3)+(1-0,3) \cdot \left(\frac{35}{45}\right)^2}{20000(1-\left(\frac{35}{45}\right)^2)} = 2,18 \cdot 10^{-5}$$

$$f_{min} = f_{max} = 43 - 39 = 4$$

$$P_{max} = \frac{4}{(3,5+2,18) \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 10^3}$$

$$P_{min} = 4,515 \text{ MPa}$$

$$0,13 \cdot 4,515 \cdot \pi \cdot 35 \cdot L \geq \frac{27000}{35}$$

$$L \geq 0,2 \text{ mm}$$

$$Y_i = 1 \quad Y_e = 1 + \left(\frac{35}{45}\right)^2$$

$$Y_e = 4,06$$

$$P_{max} = \frac{68}{(3,5+2,18) \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 10^3}$$

$$P_{min} = 76,79 \text{ MPa}$$

$$CS_i = \frac{380}{76,79} = 4,95$$

$$CS_e = \frac{380}{76,79} = 4,95$$

$$CS_e = 1,22$$

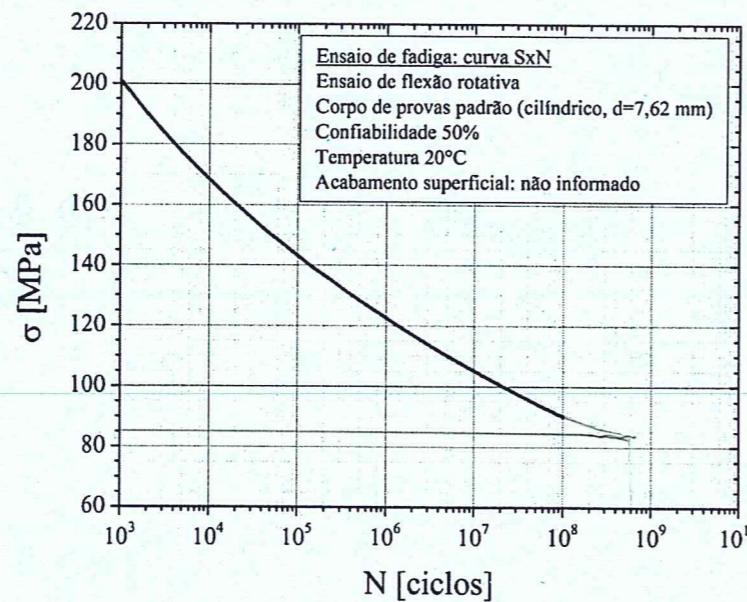
ambas não falham!

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

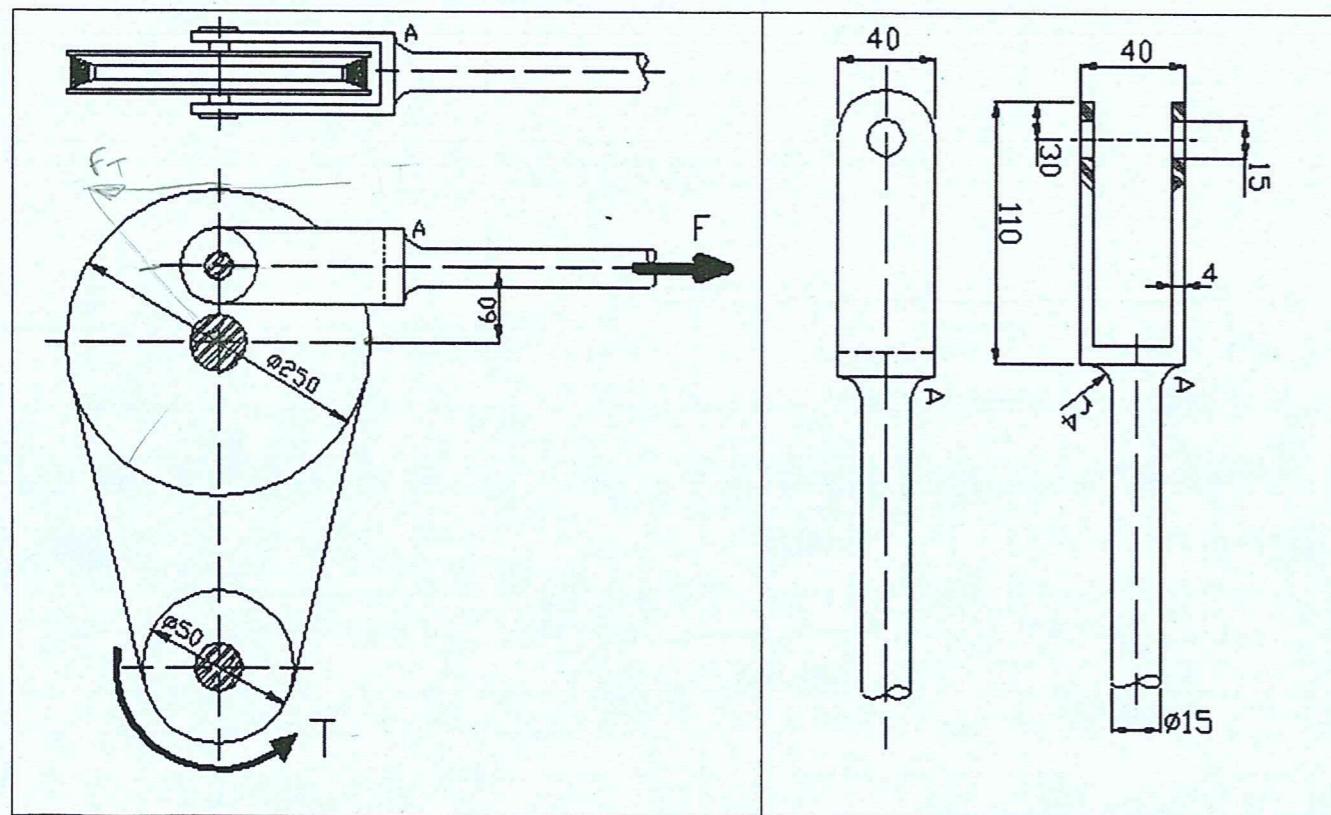
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

K <sub>T</sub>	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

a)  $S_{n_{\text{co}}} = 85 \text{ MPa}$

b)  $K_F = q \cdot (K_T - 1) + 1$

$$\frac{250}{60} = \frac{60}{F}$$

$$F = 14,4 \text{ N}$$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{1.5}{4}} = 0,727$$

$$K_F = 0,727 \cdot (2 - 1) + 1$$

$$K_F = 1,727$$

$$\sigma_{\text{max}} = +81,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{min}} = -81,48 \text{ MPa}$$

$$F = \frac{F}{A} = \frac{14,4}{\pi \cdot 15^2 / 4} = \pm 81,48 \text{ MPa}$$

$$\rho_m = 0 \quad \rho_a = 1,727 \cdot \frac{81,48 - (-81,48)}{2} = 140,72 \text{ MPa}$$

$$S_n = 85 \cdot \underbrace{0,7}_{\text{CARGA}} \cdot \underbrace{0,823}_{\text{DIV}} \cdot \underbrace{1}_{\text{TEMP}} \cdot \underbrace{1}_{\text{TAM}} \cdot \underbrace{1}_{\text{SUP}} \cdot \underbrace{0,868}_{\text{CONF}}$$

$$S_n = 42,5 \text{ MPa}$$

Goodman

$$\frac{140,72}{42,5} + \frac{0}{200} \leq \frac{1}{n_G}$$

$$n_G = 0,302$$

$$\rho_a' = \frac{150 \cdot 140,72}{150 - 0} = 140,72$$

Soderberg

$$\frac{140,72}{42,5} \leq \frac{1}{n_S}$$

$$N = \sqrt[m]{\frac{10^b}{140,72}}$$

$$N = 6,74 \cdot 10^{12} \text{ ciclos}$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e $S_n$	$S_{n_{\text{co}}} = 85 \text{ MPa}$	-	1
$K_F$	1,727	-	1
Tensões máxima e mínima	$\pm 81,48 \text{ MPa}$	MPa	1
Coeficientes de segurança	0,302	-	1
N (caso a peça falhe)	$6,74 \cdot 10^{12}$	ciclos	1

$$m = \frac{1}{5,7} \cdot \log \left( \frac{0,9 \cdot 20}{85} \right)$$

$$m = 0,0572$$

$$b = 2,88$$

Número Fei: 1 2 1 1 3 3 7 9 - 7

NM7510: Elementos de máquinas I | Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Felipe Laruccia Sant'Anna

3

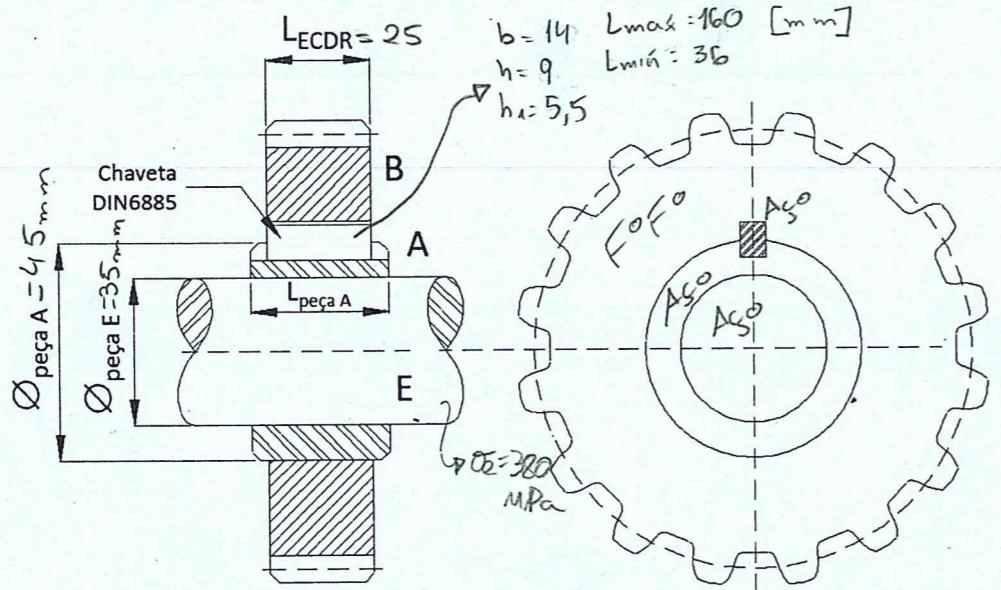
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmragamento	320,62	Nm	1
Tcisalhamento	315,00	Nm	1
P <sub>min</sub>	4,51	MPa	1
L	107,55	mm	1
Coeficientes de segurança	CS <sub>A</sub> = 4,95 CS <sub>E</sub> = 1,22	-	1

(B)  
Cubo  $\Rightarrow F^0 F^0$   
acabamento finíssimo  
 $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$   
A  
Reforço  $\Rightarrow$  Aço /  
retificada esm. médio  
 $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$   
Unit. B  
Chaveta DIN 6885  
Aço temperado 4,6  $\left\{ \begin{array}{l} \sigma_e = 240 \text{ MPa} \\ \sigma_r = 400 \text{ MPa} \end{array} \right.$   
P<sub>adm</sub> = 80 MPa  
P<sub>adm</sub> = 40 MPa  
P<sub>adm</sub> = 120 MPa

Eixo  $\Rightarrow$  interferência em A  $\Rightarrow 35H8s7 \Rightarrow$  União A e E  
 $\downarrow$   
 $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$  Radial ( $\Delta I = 0$ )  $\rightarrow$  não tem furo  $\Rightarrow Q_i = 0$

a) T<sub>max</sub> na chaveta:

• Esmagamento:

$$T = F_c \cdot \left( \frac{d}{2} - h_1 + \frac{3}{4} h \right)$$

$$\frac{P = 2F_c}{h \cdot L} \leq P_{adm}$$

$$\frac{2F_c}{9,25} \leq 120$$

$$F_c \leq 13500 \text{ N}$$

$T_{\text{max}} = 13500 \left( \frac{45}{2} - 5,5 + \frac{3}{4} \cdot 9 \right)$

$$T_{\text{max}} = 320625 \text{ N.mm}$$

$$T_{\text{max}} = 320,62 \text{ N.m}$$

$T_{\text{max}} = 315 \text{ N.m}$

Este é o máximo torque transmitido pela chaveta!

• 35H8s7

$$Q_{ext} = \frac{D_i}{D_e} = 0,778$$

$$A_s = 39 \mu\text{m} \quad a_s = 68 \mu\text{m}$$

$$A_i = 9 \mu\text{m} \quad a_i = 43 \mu\text{m}$$

$$I_{\text{max}} = 68 \mu\text{m} = Z_{\text{max}}$$

$$I_{\text{min}} = 4 \mu\text{m} = Z_{\text{min}}$$

$$K_{int} = (1-0,3) \cdot (1+0,3) \cdot 0 \frac{200 \cdot 10^3 \cdot (1-\alpha^2)}{200 \cdot 10^3 \cdot (1-\alpha^2)}$$

$$\therefore K_{int} = 3,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$K_{ext} = (1+0,3) + (1-0,3) \cdot 0,778^2 \frac{200 \cdot 10^3 (1-0,778^2)}{200 \cdot 10^3 (1-0,778^2)}$$

$$K_{ext} = 21,83 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$P_{min} = \frac{Z_{\text{min}} \cdot 10^{-3}}{(K_{int} + K_{ext}) \cdot de} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{(3,5 \cdot 10^{-6} + 21,83 \cdot 10^{-6}) \cdot 35}$$

$$P_{min} = 4,51 \text{ MPa}$$

p/ Eixo:  $\left( \frac{1+Q_{int}^2}{1-Q_{int}^2} \right) \cdot P_{max} \leq \frac{\sigma_{esc, int}}{n_{int}}$

$$\left( \frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2} \right) \cdot 76,7 \leq \frac{380}{n_i} \rightarrow n_i \leq 4,95$$

p/ Furo:  $\left( \frac{1+Q_e^2}{1-Q_e^2} \right) \cdot P_{max} \leq \frac{\sigma_{esc, e}}{n_e}$

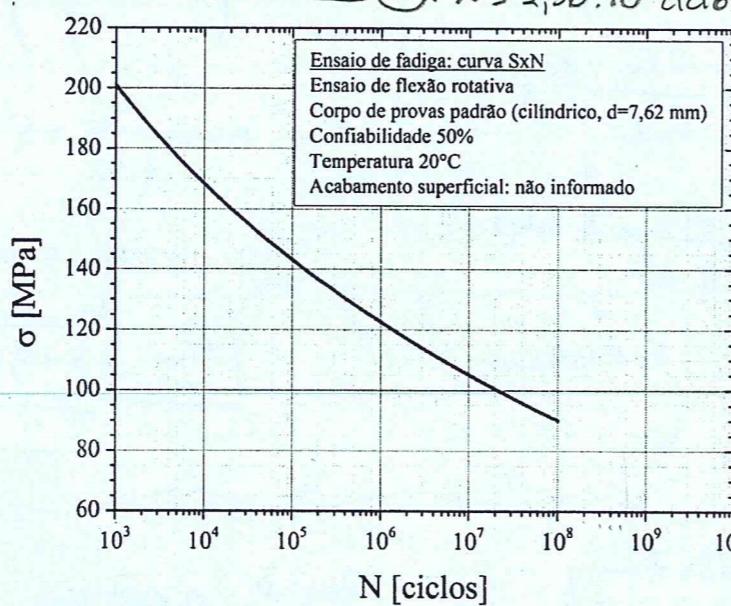
$$\left( \frac{1+0,778^2}{1-0,778^2} \right) \cdot 76,7 \leq \frac{386}{n_e} \rightarrow n_e \leq 1,22$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos) 0

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.  $N = 2,36 \cdot 10^8$  ciclos

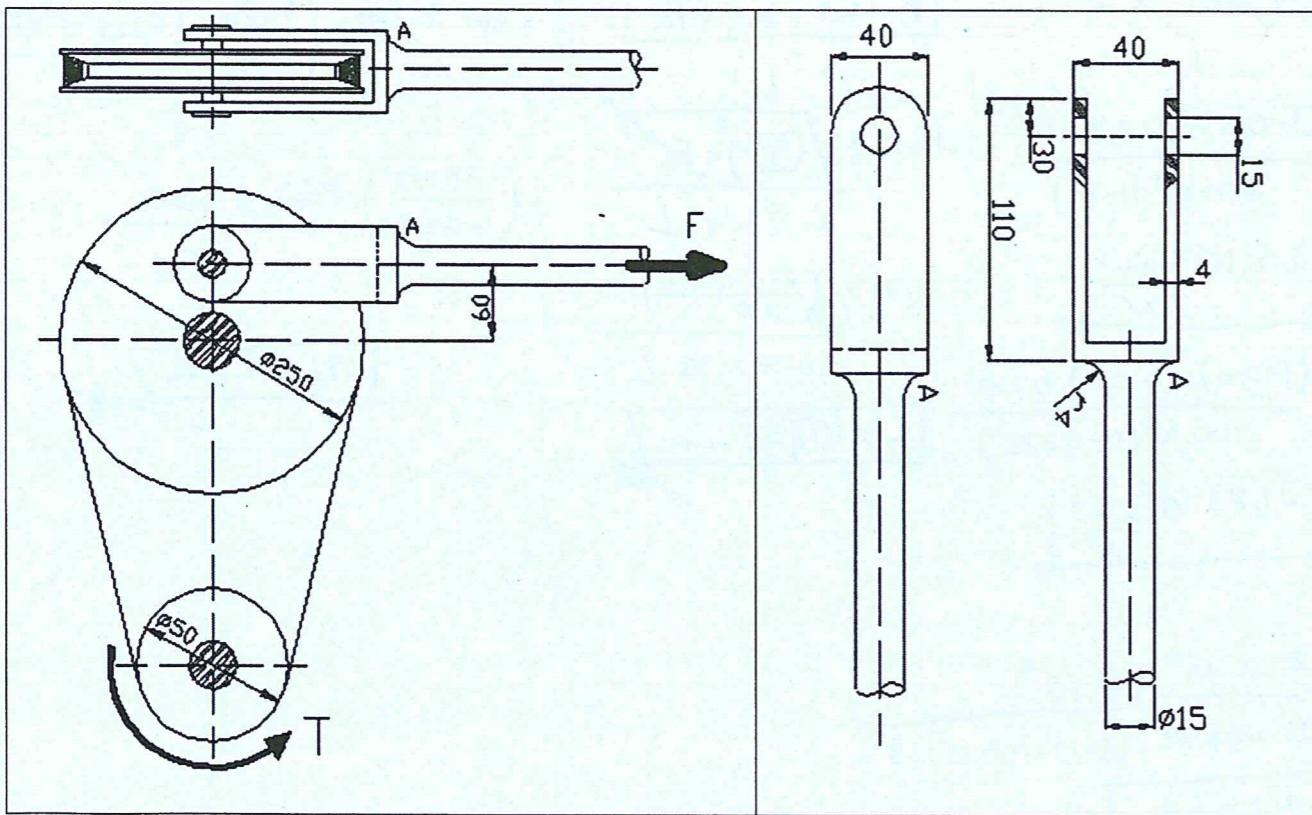
O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e $S_n$	não é possível $S_n = 80 \text{ MPa}$	-	1
$K_F$		-	1
Tensões máxima e mínima		MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1

Número Fei: 1 2 1 1 2 5 3 2 - 2

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Felipe de Lima Faccio

~~ZEAO~~

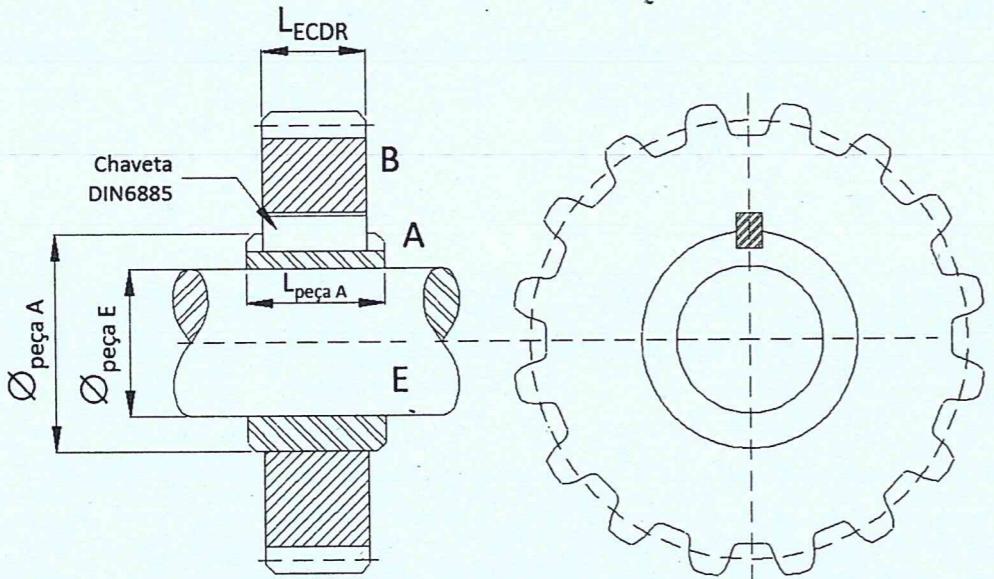
Assinatura: 

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos. Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagemento	<del>195,36</del>	Nm	1
Tcisalhamento	<del>231,08</del>	Nm	1
$P_{\min}$	<del>1,80</del>	MPa	1
$L$	<del>155,46</del>	mm	1
Coeficientes de segurança	<del><math>CS_i = 1,43</math> <math>CS_e = 3,025</math></del>	-	1

Tipo de Lubrificação: Seco

a) Dimensionamento para esmagamento da chaveta i classe 4,6 (temperada)

$$2F_c \leq P_{\text{adm}} ; M_t = F_c \left( \frac{d}{2} - h_1 + \frac{3}{4} \cdot h \right)$$

$$\varnothing_{\text{peça A}} = 35 \text{ i carregamento Tipo II}$$

choques fortes

$$b = 10 \text{ mm}$$

$$h_1 = 5 \text{ mm}$$

$$h = 8 \text{ mm}$$

$$l = 22 \text{ mm}$$

min

$$\therefore P_{\text{adm}} = 80 \text{ MPa}$$

$$\text{cubo: } 90$$

$$Q \leq 13200 \text{ N}$$

$$M_t = 13200 \times \frac{35}{2} \therefore M_t = 231 \text{ Nm}$$

$$2F_c \leq 80 \times 1,5 \therefore F_c \leq 10.56 \text{ N}$$

$$8 \times 22$$

$$M_t = 10560 \left( \frac{35}{2} - 5 + \frac{3}{4} \cdot 8 \right)$$

$$M_t = 195.360 \text{ Nmm} = 195,36 \text{ N.m}$$

$$k_i = \frac{(1+0,3) + (1+0,3)}{200 \cdot 10^3 (1-\varphi^2)} \quad \textcircled{1}$$

$$K_i = 6,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$K_e = \frac{(1+0,25) + (1+0,25) \times 0,78}{90 \cdot 10^3 (1-0,78^2)} \quad \textcircled{2}$$

$$K_e = 57,04 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}$$

$$\left( \frac{1+\varphi^2}{1-\varphi^2} \right) \times 30,58 \leq \frac{380}{CS_i} \quad ; CS_i = 12,43$$

$$\left( \frac{1+0,78^2}{1-0,78^2} \right) \times 30,58 \leq \frac{380}{CS_e} \quad ; CS_e = 3,025$$

Dimensionamento para cisalhamento da chaveta i (temperada)

$$Q \leq G_{\text{adm}} ; G_{\text{adm}} = 40 \text{ MPa}$$

$$M_t = Q \frac{d}{2} \quad 10 \times 22$$

$$Q \leq 13200 \text{ N} \quad 10 \times 22$$

$$(b) P_{\min} = \frac{z_{\min}}{(K_i + K_e) \cdot 10^3} \quad ; \Delta I = 0$$

$$z_{\max} = I_{\max} \quad \text{A8,57}$$

$$z_{\min} = I_{\min} \quad \mu = 0,13$$

$$I_{\max} = a_{\max} - A_{\min} = 68 - 0 = 68 \mu\text{m} = z_{\max}$$

$$I_{\min} = a_{\min} - A_{\max} = 43 - 39 = 4 \mu\text{m} = z_{\min}$$

$$Q_i = 0 ; Q_e = \frac{35}{45} = 0,78$$

$$P_{\min} = \frac{4}{(6,5+57,04) \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 10^3} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$P_{\max} = \frac{68}{(6,5+57,04) \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 10^3} = 30,58 \text{ MPa}$$

$$1,8 \leq \frac{1}{0,13 \cdot R \cdot 35 \cdot l} \sqrt{\left( \frac{2 \cdot 70 \cdot 10^3}{35} \right)^2 + \varphi^2}$$

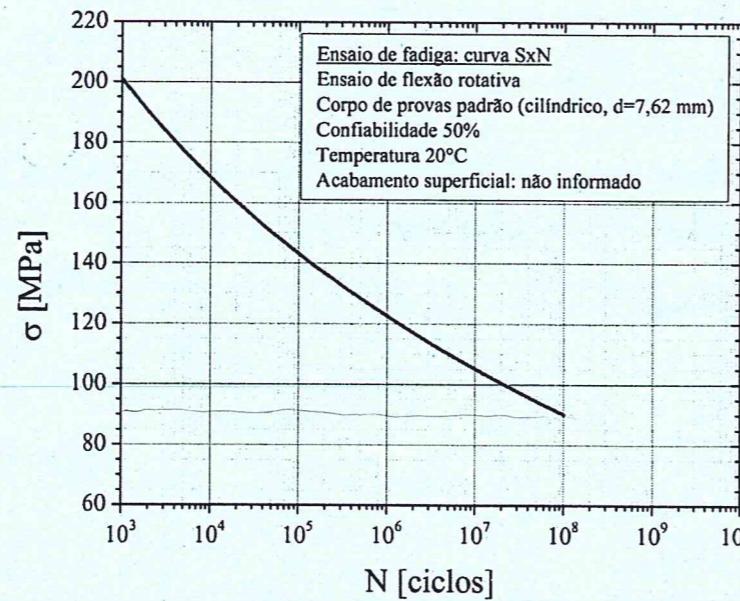
$$\therefore l \geq 155,46 \text{ mm}$$

**Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)**

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



$$S_n = 0,923 \times 1 - 0,7 \times 0,868 \times 1 \times 90^{-1}$$

$$S_n = 45 \text{ MPa}$$

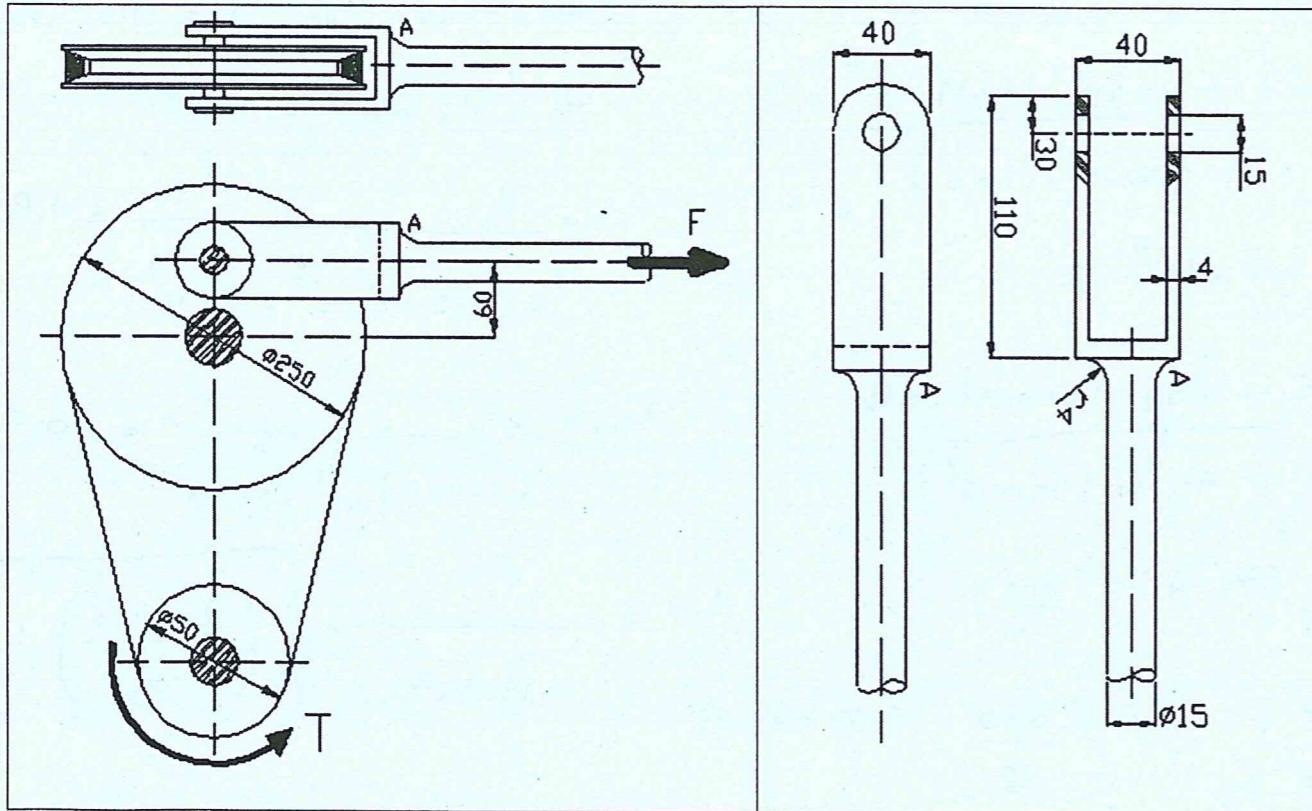
Ronal

**Por favor preencha o quadro de respostas abaixo**

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e $S_n$	Retificado	-	1
$K_F$		-	1
Tensões máxima e mínima		MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1

a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

Número Fei: 1 2 1 1 1 4 9 4 - 6

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/2017

Nome: Renan T. da Silva

Assinatura: 

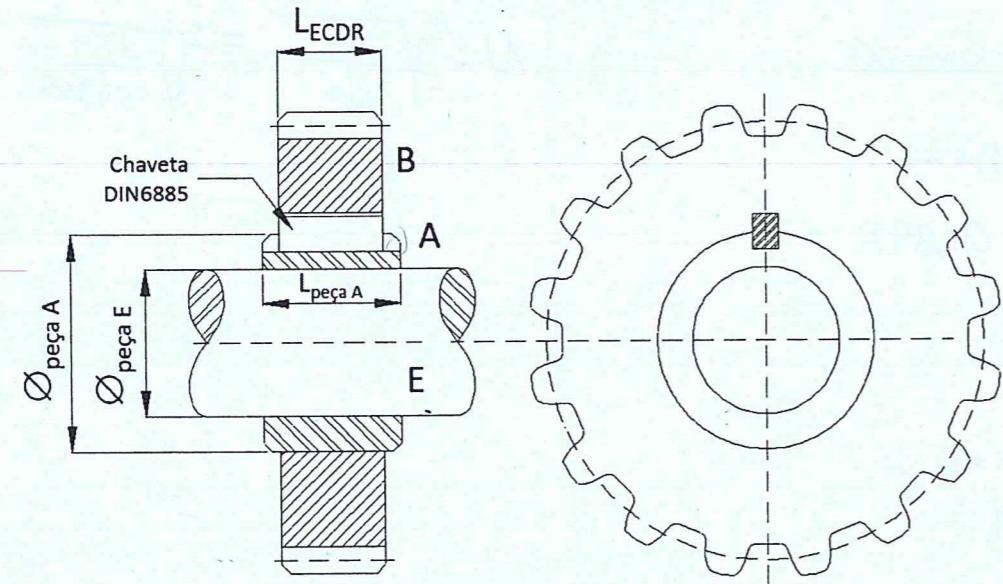
3

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e=230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e=380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}}=45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}}=35$ ;  $L_{\text{ECDR}}=25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T=70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E=90 \text{ GPa}$ ;  $\nu=0,25$ . Aço:  $E=200 \text{ GPa}$ ,  $\nu=0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



**Por favor preencha o quadro de respostas abaixo**

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagemento	339,10	Nm	1
Tcislamento	705,60	Nm	1
$P_{\min}$		MPa	1
L		mm	1
Coeficientes de segurança	$CS_i =$ $CS_e =$	-	1

$$\begin{aligned} \text{CHAVETA DIN6885} & \left\{ \begin{array}{l} b = 17 \\ h = 9 \\ h_1 = 5,5 \\ h_2 = 3,6 \end{array} \right. \\ A & \leq 4,6 \\ \text{Temperado} & \\ \text{Diâ} & \varnothing = 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{recomendado} \\ & 56 \leq L_c \leq 90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{chaveta}} & = 36 \text{ mm} < \text{recomendado} \therefore 56 \text{ mm} \\ \text{temperado } P_{\text{CDM},1,5} & = 40,15 = 60 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Esmagamento

$$\frac{2T \cdot 1000}{(\frac{\varnothing_{\text{peça A}} - S,5 + 3,9}{2}) \cdot 9,56} \leq 60$$

$$T = 339,10 \text{ Nm}$$

Cislamento

$$\frac{2T \cdot 1000}{45 \cdot 14,56} \leq 60 \text{ Nm} \Rightarrow 40$$

$$T \leq 705,60 \text{ Nm}$$

$$P_{\min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\min}}{(k_i + k_e) \cdot 10^6}$$

$$k_i = \frac{(1 - 0,3) + (1 + 0,3) \cdot 0}{200 \cdot 10^9 \cdot (1 - 0)} = 0,0035 \times 10^9$$

$$k_e = (1 - 0,3) + (1 + 0,3) \left( \frac{35}{45} \right)^2 = \frac{1,4664}{79,02 \times 10^9} = 0,0188 \times 10^{-9}$$

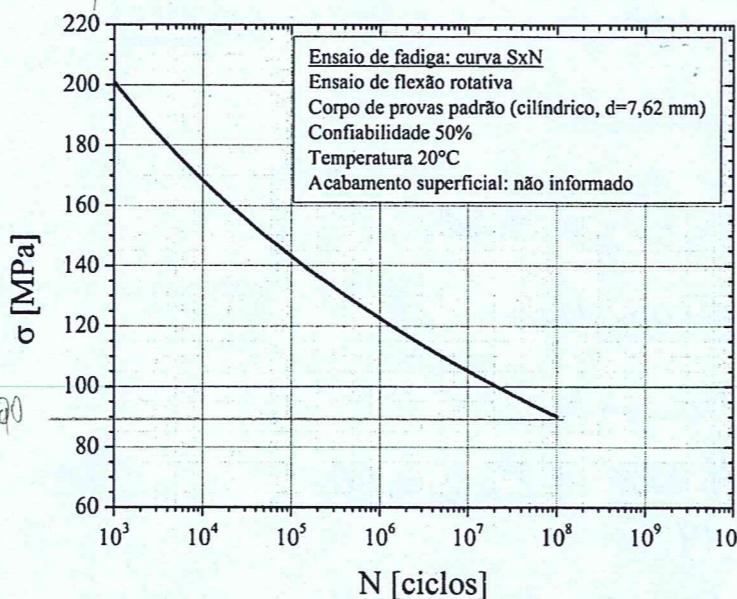
$$0,3951$$

Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos) (2)

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{\text{div}}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

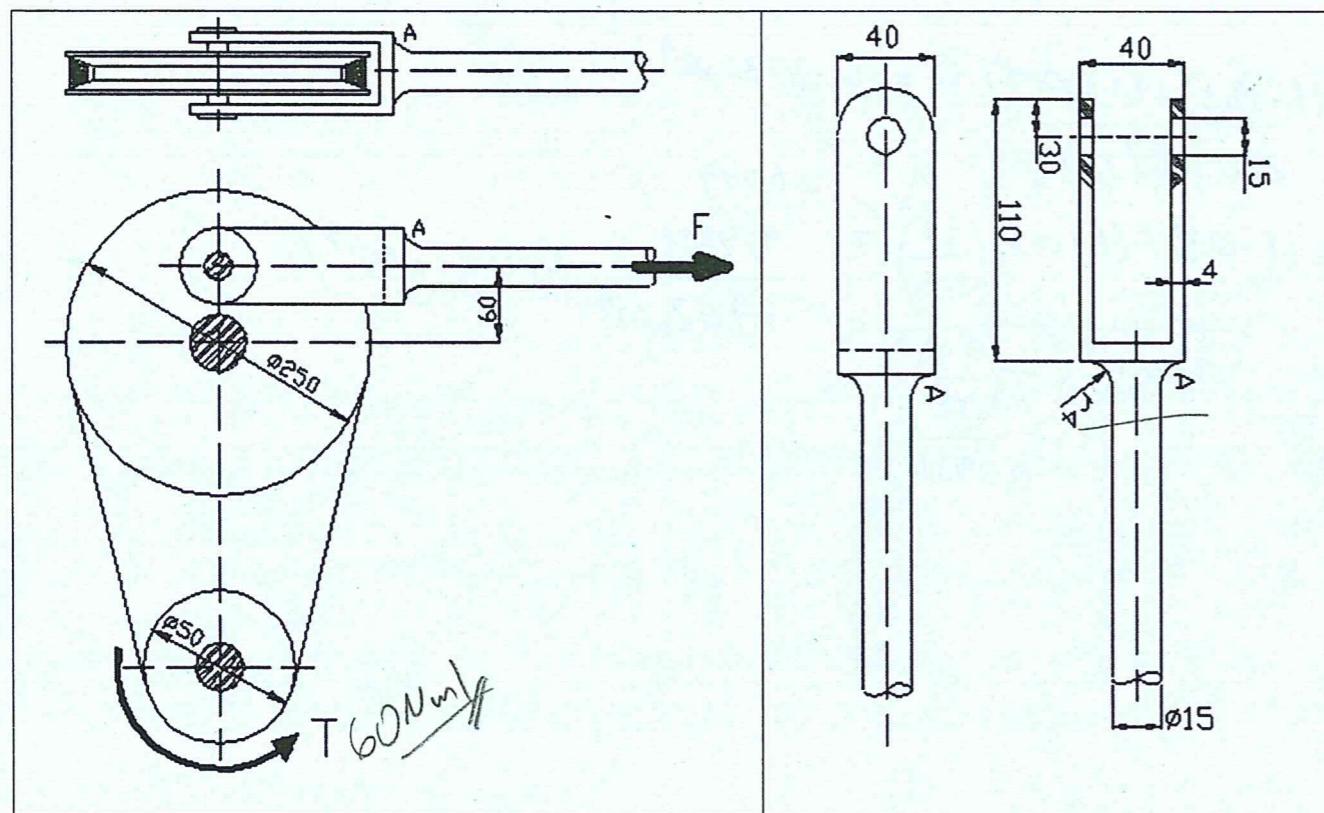
$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	(2,0)
Cortante	1,5



- a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

Menor fadiga, dade

- b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

J = MAT  
Z = Esforços

Material: Alumínio  
 $\sigma_R = 200 \text{ MPa}$   
 $\sigma_e = 150 \text{ MPa}$   
 $S_{\text{ref}} = 90 \text{ MPa}$

Carga: Axial alternada = 0,7

Conf: 0,868

$C_{\text{div}} = 0,823$

$C_{\text{sup}} = 1$

$C_{\text{TAM}} = 1,189,45$

$C_{\text{TAM}} = 0,91$

$C_{\text{TEMP}} = 1$

$S_{\text{ref}} = 40,95 \text{ MPa}$

Esforço:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{F}{A} = \frac{+60,1000}{\pi \cdot 7,5^2} = 339,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{min}} = -339,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}}{2} K_F$$

$$K_F = q(K_T - 1) + 1$$

$$q = \frac{1}{1 + 0,9 \sqrt{4}} = 0,6897$$

$$K_T = Z$$

$$K_F = 0,6897(Z - 1) + 1$$

$$K_F = 0,6897$$

$$\sigma_a = \frac{339,5 + 339,5}{2} \cdot 0,6897$$

$$\sigma_a = 573,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\frac{\sigma_a + \sigma_m}{\sigma_e} \leq \frac{1}{n}$$

$$\frac{573,65}{40,95} \leq \frac{1}{n}$$

$$14 \leq \frac{1}{n}$$

$$n \leq 0,07 \therefore \text{há fadiga}$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	4,095	-	1
$K_F$	1,6897	-	1
Tensões máxima e mínima	+339,5	MPa	1
Coeficientes de segurança	X	-	1
N (caso a peça falhe)	X	ciclos	1

$$m_B = \frac{1}{S_{\text{ref}}} \log \left( \frac{0,95}{S_n} \right) = \frac{1}{40,95} \log \left( \frac{0,9 \cdot 200}{40,95} \right) = 0,1128$$

$$\log \left( \frac{0,85 \cdot 200 \cdot 1,189,45}{40,95 \cdot 0,91} \right) = 2,59$$

$$N = \frac{10^{15}}{S_n^{1/m}} = \frac{10^{15}}{573,65^{1/0,1128}} = 3,74 \times 10^{20} \text{ ciclos}$$

$$N = \sqrt[m]{\frac{10^5}{\sigma_a}} = \sqrt[m]{\frac{389}{573,65}} = \sqrt[7]{0,6781}$$

Número Fei: 1 2 1 1 4 1 8 4 - 0

NM7510: Elementos de máquinas I Profs.: William Maluf e Debora Lalo

P1 - set/20/2017

Nome: Rodrigo Gomes de Melo Soárez

2

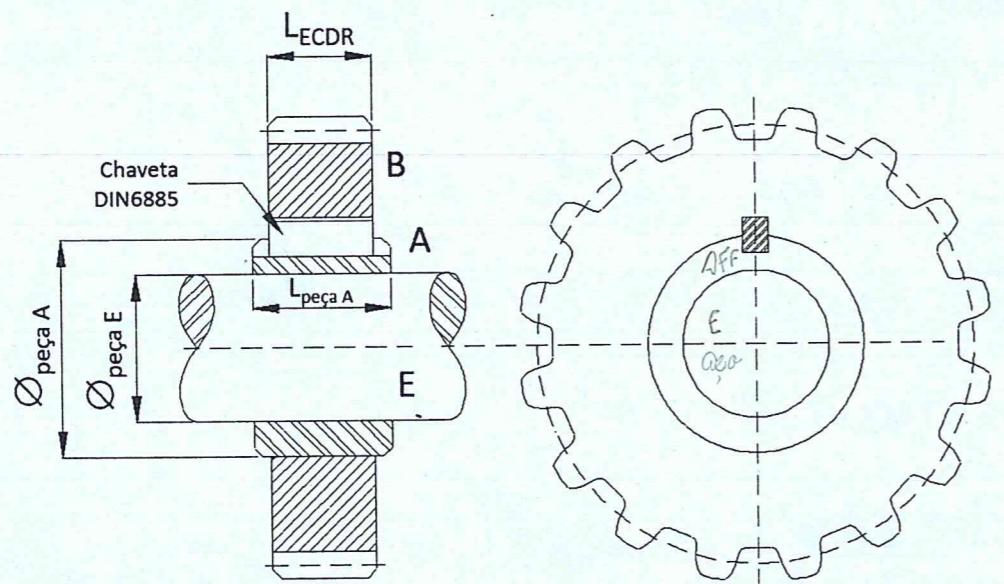
Assinatura:

Instruções gerais: consulta à apostila de Elementos de Máquinas, apenas calculadora científica, 80 minutos.  
Erros ou faltas das unidades em cálculos parciais e respostas finais acarretarão o desconto de 1 ponto por questão.

**Questão 1: uniões por adaptação de forma e por interferência (5 pontos)**

A engrenagem cilíndrica de dentes retos (ECDR) da figura abaixo foi construída através de uma peça externa em ferro fundido (peça B; torneada com acabamento finíssimo;  $\sigma_e = 230 \text{ MPa}$ ) com um reforço interno em aço (peça A; retificada com esmeril médio,  $\sigma_e = 380 \text{ MPa}$ ). A união das peças A e B se faz por meio de uma chaveta DIN6885 de aço temperado classe 4.6. A peça A é fixada a um eixo E de aço através de um ajuste H8s7. A montagem do conjunto com o eixo se faz por aquecimento da peça A. Dimensões [mm]:  $\varnothing_{\text{peça A}} = 45$ ;  $\varnothing_{\text{peça E}} = 35$ ;  $L_{\text{ECDR}} = 25$  (mas pode ser alterado caso o projeto da chaveta requeira isso). Não existe transmissão de força axial. Determine:

- O máximo torque que a chaveta pode transmitir usando o menor comprimento previsto na norma (2 pontos);
  - A distância  $L_{\text{peça A}}$  caso fosse possível e necessário transmitir um torque  $T = 70 \text{ Nm}$ . Verifique se ambas peças envolvidas no ajuste não falham por escoamento em caso de interferência máxima (3 pontos).
- Ferro fundido:  $E = 90 \text{ GPa}$ ;  $v = 0,25$ . Aço:  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $v = 0,30$ . Considerar choques fortes, carga tipo II.  
- Desenhos fora de escala. Adote, se necessário, valores intermediários nas tabelas de interferência.



Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Tesmagamento	319,68	Nm	1
T cisalhamento	493,6	Nm	1
P <sub>min</sub>	28,93	MPa	1
L	11	mm	1
Coeficientes de segurança	CS <sub>i</sub> = 2,92 CS <sub>e</sub> = 5,9	-	1

- Chaveira

Material: aço temperado

$$P_{\text{adm}} = 1,5 \cdot 120 = 180 \text{ MPa}$$

$$T_{\text{adm}} = 40 \text{ Nm}$$

$$\textcircled{a} \quad P_{\text{adm}} = \frac{2 \cdot F_c}{hL} \rightarrow 180 \cdot 10^6 = \frac{2 \cdot F_c}{8 \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 10^{-3}}$$

$$F_c = 17280 \text{ N}$$

$$T = F_c \left( \frac{d}{2} - h_1 + \frac{3 \cdot h}{4} \right) \rightarrow T = 17280 \left( \frac{35}{2} - 5 + \frac{3 \cdot 8}{4} \right) \cdot 10^{-3} = 319,68 \text{ Nm}$$

- Chaveta com  $L_{\text{min}} = 36 \text{ mm}$  pode transmitir  $T = 319,68 \text{ Nm}$  por esmagamento

$$\textcircled{b} \quad T_{\text{adm}} = \frac{Q}{bL} \rightarrow T = Q \cdot \frac{d}{2}$$

$$40 \cdot 10^6 = \frac{Q}{14 \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 10^{-3}}$$

$$\therefore Q = 20160 \text{ N}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 20160 \cdot \frac{45 \cdot 10^{-3}}{2} = 453,6 \text{ Nm} \\ \end{array} \right.$$

chaveta com  $L = 36 \text{ mm}$  pode transmitir  $T = 453,6 \text{ Nm}$   
 $\therefore T_{\text{mín}} = 319,68 \text{ Nm}$

$$\textcircled{b} \quad T = 70 \text{ Nm}$$

$$\text{Ajuste H8s7} \quad \left\{ \begin{array}{l} A_S = +39 \text{ mm} \\ A_s = 0 \text{ mm} \\ \varnothing_E = 35 \text{ mm} \\ d = 43 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$l_{\text{máx}} = a_S - s = 68 - 0 = 68 \text{ mm}$$

$$l_{\text{mín}} = 43 - 68 = -25 \text{ mm}$$

$$R_E = 4,5 \text{ mm}$$

$$Z = 68 + 15,5 = 83,5 \text{ mm}$$

$$SE = 1,2 \cdot (1 + 4,5) \cdot 10^6$$

$$SE = 15,5 \text{ mm}$$

$$Z_{\text{mín}} = 68 + 15,5 = 83,5 \text{ mm}$$

$$SE = 68 \cdot 10^{-6} + 5 \cdot 10^{-9} = 1,475$$

$$SE = 11,10^{-6} \cdot 35 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$$

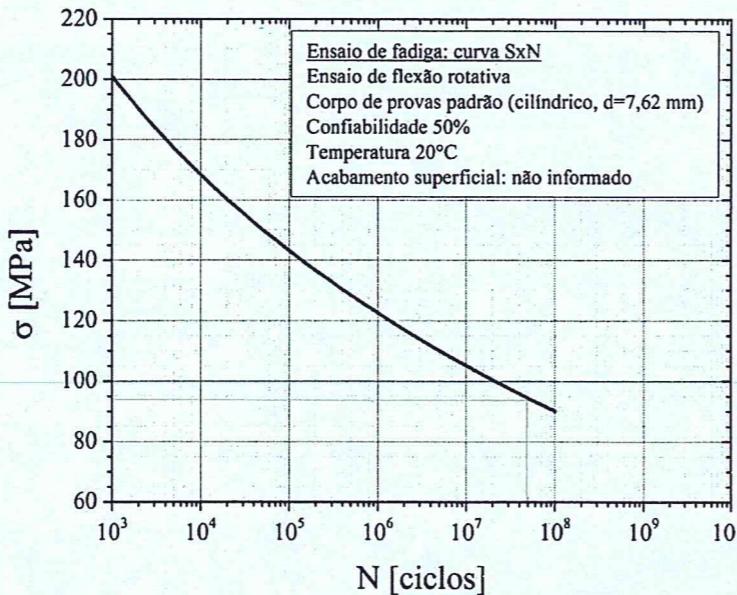
$$SE = 35 \cdot$$

**Questão 2: dimensionamento à fadiga (5 pontos)**

Os desenhos fornecidos mostram a transmissão de forças de um conjunto de polias por meio de um braço pivotado que realiza pequenos deslocamentos. Sabe-se que o torque de acionamento da polia menor varia entre  $\pm 60 \text{ Nm}$  em 2 s. A temperatura de trabalho é de  $45^\circ\text{C}$ , confiabilidade de 95% e  $C_{div}=0,823$ . O fabricante afirma que a peça trabalha sem fadiga por 15 anos.

O braço é confeccionado em alumínio endurecido estampado a quente com  $\sigma_R=200 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e=150 \text{ MPa}$ . O material do braço foi testado por um laboratório em uma máquina de ensaios para se determinar a sua durabilidade à fadiga. O resultado e as respectivas condições de ensaio encontram-se no gráfico ao lado. Os fatores de concentração de tensão geométrico ( $K_T$ ) para a seção A são dados na tabela abaixo.

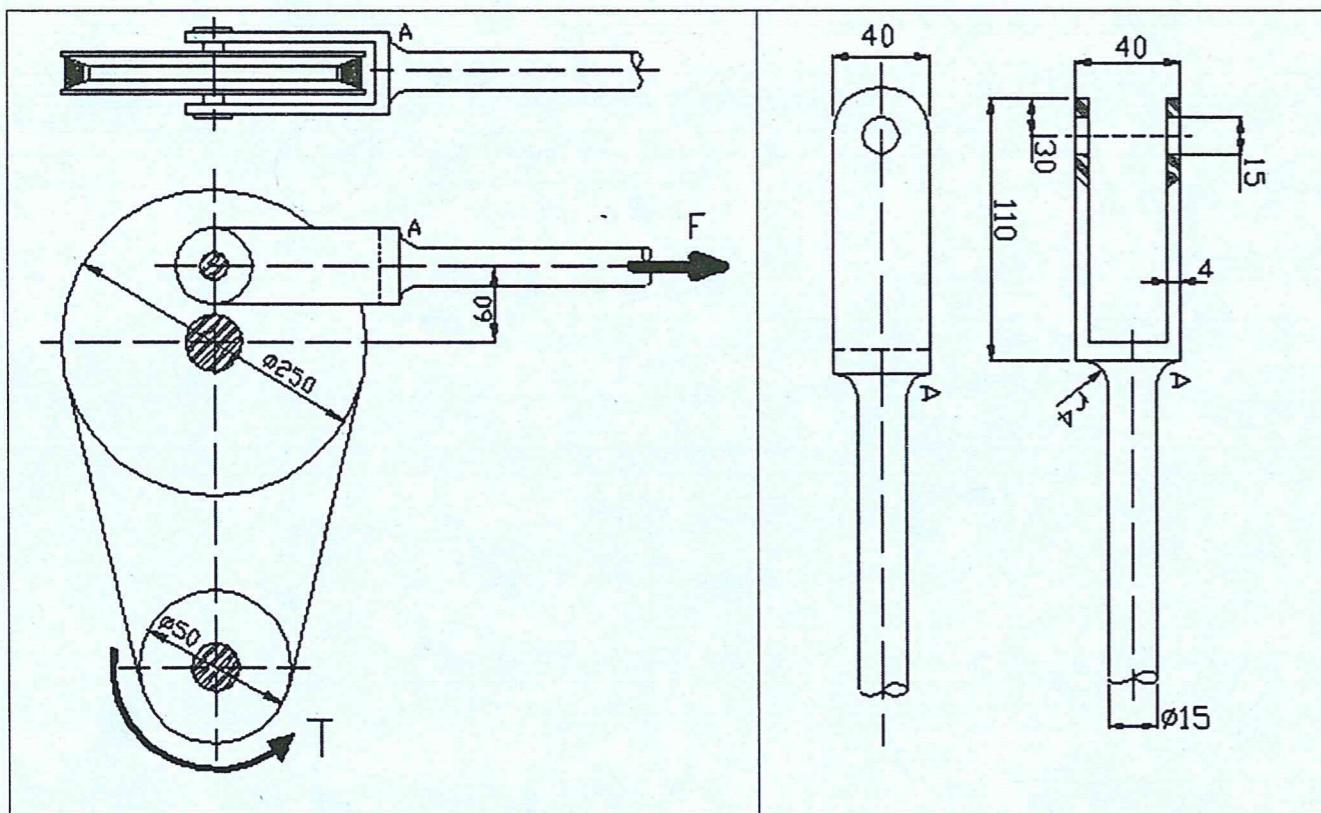
$K_T$	
Carga	Valor
Torçor	4,0
Fletor	3,0
Axial	2,0
Cortante	1,5



- a) De acordo com a teoria de fadiga apresentada em sala de aula, qual deveria ser o acabamento superficial do corpo de provas testado? Qual o limite de fadiga da seção A? (1 ponto)

Forjado

- b) Para a posição mostrada no desenho, caso ocorra fadiga, determine a vida esperada do braço, comparando com a especificação do fabricante. (4 pontos)



(dimensões em mm, desenho fora de escala)

$$S_{nfp} = 0,5 \sigma_R = 100 \text{ MPa}$$

$$C_{cong} = 0,9$$

$$C_{conf} = 0,868$$

$$C_{div} = 0,823$$

$$\frac{1}{C_{div}} = \frac{1}{0,823} = 1,22$$

$$C_{am} = 1,183 \cdot 15^{-0,097} = 0,914$$

$$C_{emp} = 1,0$$

$$S_{nfp} = 0,7 \cdot 0,868 \cdot 0,823 \cdot 1,22 \cdot 0,914 \cdot 1,0 \cdot 100$$

$$S_{nfp} = 64 \text{ MPa}$$

Por favor preencha o quadro de respostas abaixo

Item	Resposta	Unidade	Valor (pontos)
Acabamento superficial do corpo de provas e Sn	<u>Forjado</u>	-	1
$K_F$	<u>1,105</u>	-	1
Tensões máxima e mínima	<u><math>\pm 38,22</math></u>	MPa	1
Coeficientes de segurança		-	1
N (caso a peça falhe)		ciclos	1

$$\frac{D - 40 - 8}{D + 16} = 2,13 \quad (\text{aprox } \frac{D}{d} = 2)$$

$$\frac{f}{d} = \frac{4}{15} = 0,267$$

$$A = 0,86331$$

$$b = -0,23865$$

$$K_T = 0,86331 \cdot (0,267) = 1,183$$

$$f = \frac{1}{1 + \sqrt{1 + 48}} = 0,579 \quad (\text{está tico})$$

$$K_F = 0,579 \cdot (1,183 - 1) + 1 = 1,105$$

$$T_{min} = 1,105 \cdot \frac{60 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15^3} = 38,22 \text{ MPa}$$

$$T_{max} = 1,105 \cdot \frac{-60 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15^3} = -38,22 \text{ MPa}$$

$$T_a = \frac{38,22 - (-38,22)}{2} = 38,22$$

$$T_m = 0$$

$$C_a \cdot \frac{G_m}{C_a} \leq n_f$$

$$C_a = 95 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{1}{3} \log(1,03)$$

$$\frac{64}{95} \leq n_f$$

$$[n_f = 0,674] \rightarrow \text{A peça vai falhar!}$$