Questão nº 1

Padrão de Resposta Esperado:

a) Fluxo de calor aproveitado no aquecimento da água:

$$q = \frac{\dot{Q}}{A} = (1 - 0,35) \times 500 = 325\ W/m^2$$ **(valor: 2,0 pontos)**

b) **Solução 1**

Cálculo da vazão mássica que escoa em um coletor

Pela Primeira Lei da Termodinâmica: $\dot{Q} = \dot{m}\, C_p (T_s - T_e)$ **(valor: 2,0 pontos)**

Vazão mássica em um coletor: $\dot{m} = \frac{975}{4200(60 - 25)} \cong 6,63 \times 10^{-3}\ \frac{kg}{s}$

Em 1 h = 3600 s, a massa d'água que circula em um coletor é:

$6,63 \times 10^{-3} \times 3600 = 23,88$ kg/coletor **(valor: 2,0 pontos)**

Como o volume específico da água saturada é: $1,0 \times 10^{-3}\ \frac{m^3}{kg} = 1,0\ \frac{dm^3}{kg} = 1,0\ \frac{L}{kg}$,

são necessários $\frac{160\,L}{23,88\ \frac{L}{coletor}} = 6,7 \simeq 7\ coletores.$ **(valor: 2,0 pontos)**

Solução 2

Vazão Necessária: $\dot{v} = 160\,L/h = 160\,dm^3/h$

$\dot{v} = 4,444 \times 10^{-5}\,m^3/s$

Vazão mássica necessária: $\dot{m} = \rho \dot{v} = 4,444 \times 10^{-2}\,kg/s$

Taxa de transferência de calor necessária: $\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_s - T_e) = 6,533 \times 10^3\ W$ **(valor: 2,0 pontos)**

Área total necessária: $\dot{Q} = qA_{total} \Rightarrow A_{total} = 20,1 m^2$ **(valor: 2,0 pontos)**

Número de coletores necessários: $N = \frac{A_{total}}{A} \Rightarrow N = 6,7$

Como a vazão mínima é de 160 L/h, podem ser utilizados 7 coletores. **(valor: 2,0 pontos)**

c) **Vantagens:** a energia solar é não poluente, renovável e abundante. Não existe dano ambiental algum ao utilizá-la.

Desvantagens: a radiação solar é dependente de condições climáticas (como, por exemplo, a presença ou ausência de nuvens). A radiação solar também é variável conforme a estação do ano (mais intensa no verão do que no inverno) e é igualmente dependente da localização (regiões próximas ao equador possuem uma radiação solar mais intensa do que as regiões fora dos trópicos). **(valor: 1,0 ponto)**

Outras fontes alternativas: energia eólica, geotérmica, energia das marés, células combustíveis, biomassa, fusão nuclear, dentre outras. **(valor: 1,0 ponto)**

Questão nº 2

Padrão de Resposta Esperado:

a) Calcula-se σ utilizando a expressão:

$$\sigma = 2 \text{ x } 300 \ln\left(\frac{3}{2}\right) = 600 \ln(1{,}5) = 600 \text{ x } 0{,}405 = 243 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 243 \text{ MPa}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Área do arame trefilado:

$$A = \frac{\pi \, d^2}{4} = \frac{\pi \, 2^2}{4} = 3{,}14 \text{ mm}^2 = 3{,}14 \text{ x } 10^{-6} \text{m}^2$$

Esforço F necessário:

$$F = \sigma A = \sigma \left(\frac{\pi . d^2}{4}\right) = 243 \text{ x } 10^6 \text{ (N/m}^2\text{) x } 3{,}14 \text{ x } 10^{-6} \text{(m}^2\text{)} = 243 \text{ x } 3{,}14 = 763 \text{ N}$$

$$F = 763 \text{ N}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

b) A condição que deve ser satisfeita é: $\sigma = S_y$ **(valor: 1,0 ponto)**

$$\sigma = 2 S_Y \ln\left(\frac{D}{d}\right) = S_Y \quad \Rightarrow \quad 2 \ln\left(\frac{D}{d}\right) = 1$$

$$\frac{D}{d} = e^{1/2} \quad \Rightarrow \quad \frac{D}{d} = 1{,}65$$ **(valor: 2,0 pontos)**

c) *Têmpera* – o material é aquecido a uma temperatura acima da de recristalização (zona crítica) e, em seguida, submetido a um resfriamento rápido. Como resultado, ocorre grande aumento da dureza, da resistência ao desgaste e da resistência à tração. Por outro lado, são geradas tensões internas de grande intensidade que causam significativa redução da ductilidade do material. **(valor: 1,0 ponto)**

Recozimento – o material é aquecido a uma temperatura acima da de recristalização (zona crítica) e, em seguida, submetido a um resfriamento lento. Como resultado, ocorre a remoção de tensões devidas a processos de fundição ou conformação mecânica, redução de dureza e aumento da ductilidade. **(valor: 1,0 ponto)**

Revenido – aplicado imediatamente após a têmpera, aquece-se novamente o material a temperaturas inferiores à da zona crítica, submetendo-o, em seguida, a um resfriamento lento. O revenido corrige as inconveniências da têmpera, restituindo ao aço grande parte da ductilidade perdida, reduzindo as tensões internas, sem afetar muito os aspectos de dureza e resistência ao desgaste resultante da têmpera. **(valor: 1,0 ponto)**

Deve-se recozer o arame entre os sucessivos passes de trefilação para recuperação da sua ductilidade e redução da dureza. São utilizados ciclos de deformação seguidos de aquecimento, para evitar a fratura do material durante o processamento e permitir a sua recristalização com o objetivo de promover o rearranjo de sua estrutura. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 3

Padrão de Resposta Esperado:

a) Funcionamento do circuito

O circuito é acionado por um atuador linear que fornece à linha uma quantidade de fluido correspondente ao curso do atuador durante meio ciclo.

Durante a aspiração (subida da alavanca) a válvula de retenção A, colocada na alimentação do circuito, abre e permite o armazenamento do fluido na câmara do atuador.

Durante a descida da alavanca, o fluido é pressurizado e realiza trabalho sobre a carga através do cilindro hidráulico. Nesta parte do ciclo é aberta a válvula de retenção B da linha de pressão.

O retorno do cilindro hidráulico é realizado pela abertura manual da válvula de controle, que libera o fluido para o reservatório.

(valor: 3,0 pontos)

b) Cálculo da carga máxima

. Força atuante no atuador linear: $F' = \frac{a + b}{b} F = \frac{400 + 200}{200} 200 = 600\,N$ **(valor: 1,0 ponto)**

. Pela Lei de Pascal, tem-se que a pressão é a mesma em todo o circuito, logo:

$$P = \frac{F'}{A_{at}} = \frac{F_{carga}}{A_{cil}} \Rightarrow F_{carga} = \frac{d_{cil}^2}{d_{at}^2} F' = 25 \times 600 = 15.000N$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Cálculo da velocidade média de avanço

. Volume deslocado por ciclo:

$$V = A_{at}\,\ell_{curso} = \frac{\pi}{4} \times 20^2 \times 100 = 31.416\,mm^3$$

Tendo o ciclo uma duração de 1 segundo, a vazão média será de 31.416 mm^3/s. **(valor: 1,0 ponto)**

Velocidade média de avanço do cilindro hidráulico:

$$v_{méd} = \frac{Q}{A_{cil}} = \frac{31.416}{\frac{\pi}{4} \times 100^2} = 4,0\,mm/s$$ **(valor: 1,0 ponto)**

c) Dimensionamento da alavanca

Pela Resistência dos Materiais tem-se:

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{máx} \Rightarrow \frac{\sigma_Y}{FS} \geq \frac{M_{máx} r}{I}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

onde

$M_{máx} = 0,40 \times 200 = 80,0\,Nm$ **(valor: 1,0 ponto)**

Admitindo-se um dimensionamento estático com fator de segurança de 1,2, tem-se:

$$\frac{320 \times 10^6}{1,2} \geq \frac{80r}{\frac{\pi}{4} r^4} \Rightarrow r \geq 0,0072m$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Assim, pode-se adotar, por exemplo, um raio de 7,5 mm para a alavanca.

Serão aceitos os resultados correspondentes a fatores de segurança maiores que 1,0.

Questão nº 4

Padrão de Resposta Esperado:

a) Para $\mu = 0$:

$$p = \left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right) e^{\frac{\mu}{h}(b\,-\,2|x|)} = \left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right) = \left(\frac{2\ x\ 260}{\sqrt{3}}\right) = 300,2\,\text{MPa}$$

(valor: 1,0 ponto)

$$F = p\,w\,b = 300,2\ x\,10^{6}\ x\,50\ x\,10^{-3}\ x\,2,5\ x\,10^{-3} = 300,2\ x\,125 = 37,5\,\text{kN}$$

$F = 37,5$ kN **(valor: 2,0 pontos)**

b) **Solução 1**

O valor exato da carga é obtido pela integral:

$$F = \int_{-b/2}^{b/2} p\,w\,dx = 2\int_{0}^{b/2}\left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right) e^{\frac{\mu}{h}(b-2x)}\,w\,dx = 2\,w\left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right)\int_{0}^{b/2} e^{\frac{\mu}{h}(b-2x)}\,dx =$$

$$= 2\,w\left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right)\left[\frac{e^{\frac{\mu}{h}(b-2x)}}{\frac{-2\mu}{h}}\right]_0^{b/2} = \frac{-\,w\,h}{\mu}\left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right)\left(e^{0}\ -\ e^{\frac{\mu b}{h}}\right) = \frac{w\,h}{\mu}\left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right)\left(e^{\frac{\mu b}{h}} - 1\right)$$

$$F = \frac{w\,h}{\mu}\left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right)\left(e^{\frac{\mu b}{h}} - 1\right)$$

(valor: 5,0 pontos)

Considerando os dados fornecidos:

$w = 50$ mm

$h = 0,5$ mm

$b = 2,5$ mm

$\mu = 0,01$

$$F = w\,h\left(\frac{2\,S_Y}{\sqrt{3}}\right)\left(\frac{e^{\frac{\mu b}{h}} - 1}{\mu}\right) = 25\ x\ (300,2)\left(\frac{e^{0,05} - 1}{0,01}\right) = 7.505\ x\ 5,13 = 38,5\,\text{kN}$$

$F = 38,5$ kN **(valor: 2,0 pontos)**

O resultado obtido é 1 kN maior do que o obtido sem atrito.

Solução 2

Pode-se estimar o valor da carga utilizando-se a média das pressões em x = 0 e x = b/2, isto é,

$p(0) = 314,3$ MPa e $p(b/2) = 300,2$ MPa **(valor: 3,0 pontos)**

Assim,

$$P_{méd} = \frac{p(0) + p(b/2)}{2} = 307,3\,\text{MPa}$$

(valor: 2,0 pontos)

A carga, neste caso, será

$$F = (w\,b)p_{méd} = 38,4\ \text{kN}$$

(valor: 2,0 pontos)

Solução 3

Calculando-se a carga pela pressão máxima, tem-se também uma boa estimativa, isto é,

$P_{máx} = p(0) = 314,3$ MPa. **(valor: 4,0 pontos)**

Logo,

$F = (w\,b)\,p_{máx} = 39,3$ kN. **(valor: 3,0 pontos)**

Questão nº 5

Padrão de Resposta Esperado:

a) Como ambas as aletas possuem a mesma geometria (mesma área superficial) e estão colocadas em um mesmo ambiente (mesmo valor de h e T_∞), a aleta A, por operar a uma temperatura mais alta, troca mais calor com o ambiente, pois,

$$q = \int_{A_S} h(T - T_\infty)\, dA_S$$

(valor: 3,0 pontos)

b) Como ambas as aletas possuem a mesma geometria (mesma área da base) e são feitas do mesmo material (mesmo valor da condutividade térmica k), a aleta D, por apresentar um maior gradiente de temperatura na base, troca mais calor com o ambiente, pois,

$$q = -kA_b \left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0}$$

(valor: 3,0 pontos)

Pode-se também observar, pelo gráfico fornecido, que, para uma mesma posição x, a aleta D está mais fria do que a aleta C ao longo de toda a sua extensão, indicando maior troca de calor.

c) Considerando as expressões fornecidas para o número de Nusselt, tem-se

$$\overline{Nu}_L = \frac{13 \times 0{,}16}{0{,}026} = 80 = 0{,}664 \times \left(\frac{1{,}2 \times U \times 0{,}16}{2{,}0 \times 10^{-5}}\right)^{0{,}5} \times 0{,}7^{0{,}33}$$

Logo, U = 1,92 m/s **(valor: 2,0 pontos)**

Assim, a vazão de ar no canal (Q) é calculada por

Q = U x A, onde A é a área do canal

$Q = 1{,}92 \times 0{,}012 = 0{,}023\ m^3/s \cong 1400\ \ell/min$

Com esta vazão especifica-se, do catálogo, o soprador P-07047-20. **(valor: 1,0 ponto)**

Sim, a eficiência da aleta pode ser aumentada através de pequenos furos passantes desde que a redução de área causada pelos furos não se sobreponha ao aumento de h. Ao se fazerem furos na superfície da aleta, a camada limite é perturbada, o que resulta em um maior valor de h. Como

$$q = \int_{A_S} h(T - T_\infty)\, dA_S$$

se os furos forem de pequeno diâmetro, A_S não sofrerá grande variação, e o efeito de aumento de h fará com que a aleta troque mais calor.
(valor: 1,0 ponto)

Questão nº 6

Padrão de Resposta Esperado:

a) A freqüência natural para um sistema com um grau de liberdade é definida por $\omega_n = \sqrt{\frac{k_{eq}}{m}}$, onde k_{eq} é a constante elástica equivalente, e m, a massa do sistema (motor). Assim, sendo k_{eq} = 4k, tem-se para cada um dos absorvedores apresentados:

Absorvedor A: $\omega_n = \sqrt{\frac{4 \times 200.000}{20}} = 200\ \text{rad/s} = 1910\ \text{rpm}$ **(valor: 1,0 ponto)**

Absorvedor B: $\omega_n = \sqrt{\frac{4 \times 20.000}{20}} = 63,2\ \text{rad/s} = 604\ \text{rpm}$ **(valor: 1,0 ponto)**

Absorvedor C: $\omega_n = \sqrt{\frac{4 \times 445}{20}} = 9,4\ \text{rad/s} = 90\ \text{rpm}$ **(valor: 1,0 ponto)**

Como são desconsiderados os efeitos dissipativos, estas serão as freqüências de ressonância do sistema. **(valor: 1,0 ponto)**

b) Ao utilizar-se o absorvedor B, o sistema apresentará uma freqüência de ressonância dentro da faixa de operação do motor. Assim, pode-se descartar este absorvedor. **(valor: 1,0 ponto)**

Utilizando-se a equação da amplitude do movimento, $x_{máx} = \frac{F_o}{k_{eq}} \frac{1}{1-\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2} = \frac{F_o}{k_{eq} - m\omega^2}$ podem-se analisar as condições que atendem a um deslocamento máximo de 0,001 m para as rotações extremas de operação do motor, isto é, devem-se analisar duas possibilidades: a maior rotação ocorrendo antes do ponto de ressonância e a menor rotação ocorrendo após o ponto de ressonância.

Para a rotação de 1000 rpm (104,7 rad/s) tem-se:

$$x_{máx} \geq \frac{F_o}{k_{eq} - m\omega^2} \Rightarrow 0,001 \geq \frac{0,05(104,7)^2}{k_{eq} - 20(104,7)^2} \Rightarrow k_{eq} \geq 767.346\ \text{N/m} \Rightarrow k \geq 191.836\ \text{N/m}$$

Para a rotação de 100 rpm (10,5 rad/s) tem-se: $x_{máx} \geq \frac{F_o}{m\omega^2 - k_{eq}} \Rightarrow 0,001 \geq \frac{0,05(10,5)^2}{20(10,5)^2 - k_{eq}} \Rightarrow k_{eq} < 0$ ou seja, esta condição não pode ser atendida.

Assim, apenas o absorvedor A atende à condição especificada, devendo-se utilizar um absorvedor com constante elástica k = 200.000 N/m. **(valor: 5,0 pontos)**

Questão nº 7

Padrão de Resposta Esperado:

a) Dois pares quaisquer de valores (T, v_T) tomados na tabela, permitem o cálculo de x, por exemplo:

$$60\,(149,5)^x = 20\,(196,8)^x$$ **(valor: 1,0 ponto)**

$$\left(\frac{196,8}{149,5}\right)^x = \frac{60}{20} = 3$$

$$x\,\ln\left(\frac{196,8}{149,5}\right) = \ln 3$$

$$x = \frac{1,0986}{0,2749} = 3,996 \cong 4$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Substituindo na Equação de Taylor x = 4 e um par qualquer de valores (T, v_T) da tabela, tem-se, por exemplo:

$$K = 20\ (196,8)^4 = 3 \times 10^{10}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

b) O tempo de troca da ferramenta TTF = 2 minutos, o tempo de afiação TAF é nulo, pois trata-se de ferramenta com pastilha intercambiável, e a vida da ferramenta para máxima produção é dada por:

$$T_p = (x-1)\left[TTF + TAF\right] = (4-1)\left[2+0\right] = 6\,min$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Substituindo na Equação de Taylor, obtém-se a velocidade de corte para máxima produção:

$$v_p = \sqrt[4]{\frac{3 \times 10^{10}}{T}} = \sqrt[4]{\frac{3 \times 10^{10}}{6}} = 265,9\ m/min$$ **(valor: 1,0 ponto)**

O custo da pastilha CP = R$ 15,00, o número de arestas NA = 6, sendo o custo da ferramenta por vida T, CP_T obtido por

$$CP_T = \frac{CP}{NA} = \frac{15}{6} = \text{R\$ } 2,50$$ **(valor: 1,0 ponto)**

O custo total do operador e de máquina por minuto CH + CM = R$ 1,00, sendo a vida para a velocidade econômica de corte obtida por

$$T_0 = (x-1)\left[TTF + TAF + \frac{CP_T}{CH+CM}\right] = (4-1)\left[2 + 0 + \frac{2,5}{1}\right] = 3 \times 4,5 = 13,5\,min$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Substituindo na Equação de Taylor, obtém-se a velocidade econômica de corte:

$$v_0 = \sqrt[4]{\frac{3 \times 10^{10}}{T}} = \sqrt[4]{\frac{3 \times 10^{10}}{13,5}} = 217,1\ m/min$$ **(valor:1,0 ponto)**

c) No regime de trabalho com velocidade econômica de corte, o desgaste da ferramenta é mais lento do que no regime de velocidade de corte para máxima produção, isto é, a velocidade econômica de corte é menor, resultando em uma vida maior para a ferramenta. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 8

Padrão de Resposta Esperado:

a) Dentre as medidas a serem tomadas, visando à contenção do vazamento e à minimização dos danos, podem ser citadas:

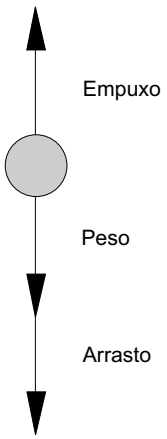
- interrupção do bombeio ou outra forma de parada do escoamento pelo local do furo;
- uso de barreiras de contenção;
- uso de mantas absorventes para recolher o óleo da superfície do canal;
- abertura de pequenos canais transversais às margens para recolher o óleo da superfície do canal;
- uso de skimmers (máquinas especializadas para recolher o óleo da superfície do canal);
- o uso de dispersantes só é recomendado em situações de mar aberto distante da costa, portanto, não se aplica a este caso;
- comunicar o vazamento às autoridades locais e à população potencialmente afetada. **(valor: 1,5 ponto)**

Dentre as medidas visando à remediação e à reparação dos danos ambientais e socioeconômicos, podem ser citadas:

- atendimento aos animais afetados pelo óleo;
- remoção para limpeza dos solos, areias e margens contaminadas, com posterior reposição do material;
- limpeza das rochas contaminadas por óleos;
- indenizações a terceiros (comerciantes do setor de turismo, pescadores, etc.) por lucros cessantes;
- replantio de áreas de vegetação afetadas;
- indenizações e multas devidas aos poderes públicos;
- fornecimento alternativo de água potável para os usuários afetados;
- repovoamento das populações animais afetadas. **(valor: 1,5 ponto)**

b) Diagrama de corpo livre:

(note que a aceleração da gota é nula)



Balanço de forças: Empuxo = Peso + Arrasto, ou Arrasto = Empuxo – Peso.

Assim: $D = \frac{4}{3}\pi R^3 g(\rho_A - \rho_O)$ [1] **(valor: 1,0 ponto)**

Igualando o resultado [1] com a correlação da força de arrasto no Regime de Newton:

$$D = \frac{4}{3}\pi R^3 g(\rho_A - \rho_O) = 0,22\ \rho_A\ w^2\ \pi R^2 \qquad [2]$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Logo, $w^2 = \frac{4 R g(\rho_A - \rho_O)}{0,66 \rho_A} = 0,0297 \frac{m^2}{s^2}$, ou seja, a velocidade terminal é $w = 0,17$ m/s.

(valor: 1,0 ponto)

c) Solução 1 (seguindo a sugestão)

As relações cinemáticas do movimento da gota são:

direção x: $u_g(z) = \frac{dx}{dt} \rightarrow dx = u_g(z)\,dt$

direção z: $z = wt \rightarrow dt = \frac{1}{w}\,dz$

Combinando as equações: $u_g(z)\,dz = w\,dx$

Integrando-se ao longo da trajetória da gota:

$$\int_0^H u_g(z)\,dz = \int_0^L w\,dx = wL \ , \quad \text{ou} \quad L = \frac{\int_0^H u_g(z)\,dz}{w}$$ **(valor: 2,0 pontos)**

Para calcular L, faz-se a integração numérica do perfil de velocidades u(z), já que $u_g(z) = u(z)$:

Dividindo o intervalo $0 < z < H$ em 5 partes, de largura $\Delta z = H/5$, e em seguida, calculando a área de cada parte pela regra do trapézio, a integral será a soma das áreas de cada parte.

Área de uma parte = $\Delta z\ \frac{u_i + u_{i-1}}{2}$

Assim: $\int_0^H u(z)\,dz = \sum_{i=1}^{5} \Delta z\ \frac{u_i + u_{i-1}}{2} = \frac{\Delta z}{2}\left[u_0 + 2\left(u_1 + u_2 + u_3 + u_4\right) + u_5\right]$ **(valor: 1,0 ponto)**

Substituindo-se os valores de u_i da Tabela: $\int_0^H u(z)\,dz = 1,98 \frac{m^2}{s}$

Assim, calcula-se $L = \frac{\int_0^H u_g(z)dz}{w} = \frac{1,98}{0,17}\ \frac{m^2/s}{m/s} = 11,6\,m$

Ou seja, o furo deve estar localizado em torno de 11,6 m a montante do Ponto A. **(valor: 1,0 ponto)**

Solução 2

Tempo Δt que uma gota leva para atravessar um intervalo $\Delta z = H/5 = 0,6$ m:

$\Delta t = (0,6\ m)/(0,17\ m/s) = 3,53\ s$ **(valor: 1,0 ponto)**

A posição da gota ao atingir a altura z_i será dada por: $x_i = x_{i-1} + u_{mi}\ \Delta t$,

onde u_{mi} é a velocidade média da gota no intervalo i

Assim, acrescentam-se na tabela duas novas colunas: ($\Delta t\ u_{mi}$) a variação da posição da gota no intervalo i, e x_i , a posição da gota ao atingir a altura z_i.

I	z_i (m)	$u(z_i)$ (m/s)	$\Delta t\ u_{mi}$ (m)	x_i (m)
0	0	0	0	0
1	0,6	0,33	0,58	0,58
2	1,2	0,65	1,73	2,31
3	1,8	0,90	2,74	5,05
4	2,4	1,00	3,35	8,40
5	3,0	0,85	3,27	11,7

(valor: 2,0 pontos)

Ou seja, L = 11,7 m **(valor: 1,0 ponto)**

Solução 3

Aproxima-se $u_{méd}$, a velocidade média do perfil $u_g(z)$, como a média dos 6 pontos $u(z_i)$:

$u_{méd}$ = 0,62 m/s **(valor: 2,0 pontos)**

O tempo de ascensão da bolha é:

t = (3m)/(0,17 m/s) = 17,6 s. **(valor: 1,0 ponto)**

Assim, uma aproximação aceitável será

L = $u_{méd}$ x t = 17,6 x 0,62 = 10,9 m **(valor: 1,0 ponto)**

Questão nº 9

Padrão de Resposta Esperado:

a) Este sistema tem apenas 1 grau de liberdade, pois todas as velocidades estão vinculadas por equações algébricas, levando a uma única equação diferencial ordinária de 1ª ordem em velocidade. **(valor: 2,0 pontos)**

b) Como se deseja caracterizar o modelo dinâmico através da velocidade longitudinal do veículo, desenvolve-se a equação diferencial associada a esta variável, isto é,

$$m\dot{v} + b_A v^2 = F - mg\,\mathrm{sen}\theta$$ **(valor: 1,0 ponto)**

Pela equação que define a dinâmica da transmissão tem-se:

$$J\dot{\omega} + b\omega = T_m - T$$
$$\text{com } T = NRF$$

explicitando F, obtém-se

$$F = \frac{T_m}{RN} - \frac{J\dot{\omega}}{RN} - \frac{b\omega}{RN}$$ **(valor: 2,0 pontos)**

que, substituído na equação dinâmica do veículo, leva a

$$m\dot{v} + b_A v^2 = \frac{T_m}{RN} - \frac{J\dot{\omega}}{RN} - \frac{b\omega}{RN} - mg\,\mathrm{sen}\theta$$

Lembrando que existe a relação entre as velocidades

$$v = RN\omega$$ **(valor: 1,0 ponto)**

ou

$$\omega = \frac{v}{RN}$$

que, substituída na equação diferencial do veículo, fornece finalmente:

$$\left(m + \frac{J}{R^2N^2}\right)\dot{v} + \left(\frac{b}{R^2N^2}\right)v + b_A v^2 = \frac{T_{m(t)}}{RN} - mg\,\mathrm{sen}\theta(t)$$ **(valor: 2,0 pontos)**

Esta equação representa a dinâmica do veículo caracterizada pela sua velocidade longitudinal, em função do torque aplicado pelo motor e da inclinação da via, na qual se encontram determinados os efeitos de inércia e dissipação equivalentes devidos ao sistema de transmissão.

c) Como o modelo é representado por uma equação diferencial ordinária de 1ª ordem, não linear de coeficientes constantes, para resolvê-la deve-se aplicar um método numérico tipo Euler ou Runge-Kutta. Pode-se também utilizar um procedimento computacional tipo Simulink/Matlab ou similar. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 10

Padrão de Resposta Esperado:

a) Dados:

$P = 750$ kN
$h = 600$ mm ; $R = 475$ mm ;
$S_Y = 340$ MPa,
$S_n = 120$ MPa.
$K_t = 2,6$
$N = 4$
$d = 150$ mm

Determinação da espessura t na seção BB:

Posição do eixo neutro da seção:

$$r_n = \frac{A}{\int_{ri}^{re} \frac{dA}{r}} = \frac{h\,t}{\int_{ri}^{re} \frac{t\,dr}{r}} = \frac{h\,t}{t\left(\ln r_e - \ln r_i\right)} = \frac{h}{\ln \frac{r_e}{r_i}}$$ **(valor: 1,0 ponto)**

onde

$r_i = R - h/2 = 475 - 300 = 175$ mm ;
$r_e = r_i + h = 775$ mm

Logo, $r_n = 403,2$ mm

$e = R - r_n = 475 - 403,2 = 71,8$ mm, logo, sendo $y = r_n - r$, $\sigma = \frac{M\left(r_n - r\right)}{A\,e\,r}$ **(valor: 1,0 ponto)**

Tensão total em $r = r_i$ (tração): $\sigma = \frac{P}{A} + \frac{M\left(r_n - r_i\right)}{A\,e\,r_i}$

$$\sigma = \frac{750.000}{600\,t} + \frac{750.000 \text{ x } 475\left(403,2 - 175\right)}{600\,t \text{ x } 71,8 \text{ x } 175} \leq \frac{S_y}{N}\left(= \frac{340}{4}\right)$$ **(valor: 2,0 pontos)**

Explicitando a espessura t :

$$\boxed{t = 141,57 \cong 142 \text{ mm}}$$

Determinação da largura h_1 na seção AA

Sendo $K_t = 2,6$, tem-se: $\sigma = K_t \frac{750.000}{(h_1 - d)t} = 2,6\,\frac{750.000}{(h_1 - 150)142} \leq \frac{S_y}{N}\left(= \frac{340}{4}\right)$

Explicitando h_1 ,

$$\boxed{h_1 = 311,56 \text{ mm}}$$ **(valor: 2,0 pontos)**

b) Na seção BB a tensão máxima atua em $r = r_i$. Superpondo-se as tensões de tração e de flexão, tem-se

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{M\left(r_n - r_i\right)}{A\,e\,r_i}$$

$$\sigma = \frac{750.000}{600 \text{ x } 142} + \frac{750.000 \text{ x } 475\,(403,2 - 175)}{600 \text{ x } 142 \text{ x } 71,8 \text{ x } 175}$$

$\sigma \cong 85$ MPa **(valor: 1,0 ponto)**

Pelo tipo de solicitação, a tensão máxima ocorre no gancho trabalhando com a carga máxima e a tensão mínima ocorre com o gancho sem carga, logo,

$$\sigma_{máx} = \sigma = 85\ MPa$$

$$\sigma_{mín} = 0$$ **(valor: 2,0 pontos)**

Assim, pode-se determinar as tensões média e alternada: $\sigma_m = \sigma_a = 42,5\ MPa$

Aplicando Soderberg,

$$\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_n} = \frac{1}{N} \quad \Rightarrow \quad \frac{42,5}{340} + \frac{42,5}{120} = \frac{1}{N}$$

Assim,

$$\boxed{N = 2,087 \cong 2,1}$$ **(valor: 1,0 ponto)**