

Questão 1**Padrão de Resposta Esperado**

Usando unidades SI

$$T_i - T_e = 150 - 25 = 125 \text{ K} = 125 \text{ K} , L = 1 \text{ m}$$

$$R_{\text{convec.,int}} = \frac{1}{2\pi \times \frac{8,0}{2 \times 100} \times 210,6 \times 1} = 0,0189 \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{cond.,tubo}} = \frac{\ln\left(\frac{9,0}{8,0}\right)}{2\pi \times 46,2 \times 1} = 0,0004 \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{cond.,isol.}} = \frac{\ln\left(\frac{9,0 + 2,5 + 2,5}{9,0}\right)}{2\pi \times 0,04 \times 1} = 1,7580 \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{convec.,ext}} = \frac{1}{2\pi \times \frac{9,0 + 2,5 + 2,5}{2 \times 100} \times 6,2 \times 1} = 0,3667 \text{ KW}^{-1}$$

$$q = \frac{125}{0,0189 + 0,0004 + 1,7580 + 0,3667} = 58,3022 \text{ W } (\equiv \text{J s}^{-1})$$

(valor: 10,0 pontos)

Questão 2**Padrão de Resposta Esperado**

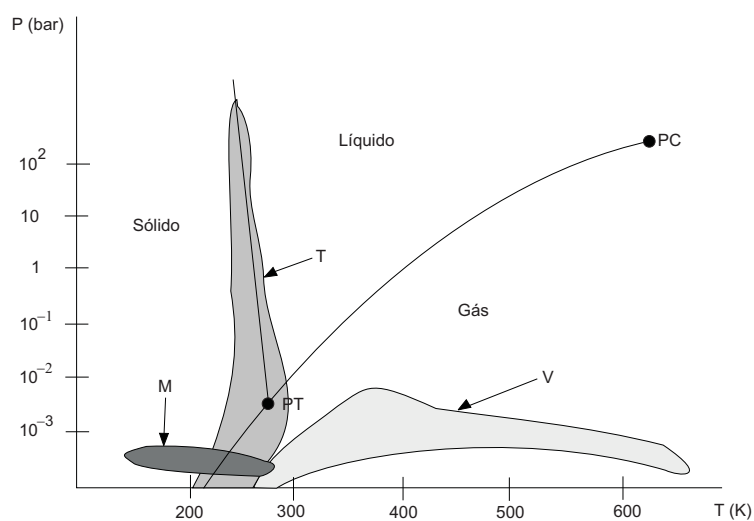
O balanço material para a biomassa ao redor no biorreator é dado por:

$$V_R \frac{dX}{dt} = FX_0 + \alpha F \varepsilon X - (1 + \alpha)FX + \mu V_R X$$

acúmulo alimentação reciclo saída geração (valor: 10,0 pontos)

Questão 3

Padrão de Resposta Esperado



(valor:10,0 pontos)

Questão 4**Padrão de Resposta Esperado**

a) Traçando-se uma linha de amarração que passe pelo ponto dessa mistura, lêem-se, na figura, as composições das fases extrato e refinado em equilíbrio.

Extrato (E): 0,25 de acetona
0,05 de H₂O
0,70 de MIBK

Rafinado (R): 0,15 de acetona
0,80 de H₂O
0,05 de MIBK

O balanço de acetona por unidade de massa da solução resulta em

$$0,30 = 0,25 E + 0,15 R$$

O balanço de água por unidade de massa da solução resulta em:

$$0,70 = 0,05 E + 0,80 R$$

Então:

$$E = 0,70 \quad e \quad R = 0,83$$

Fração de acetona recuperada no extrato = acetona no extrato/acetona na solução

$$f = \frac{0,25 \times 0,70}{0,30} \Rightarrow \boxed{f = 0,58}$$

(valor: 8,0 pontos)

b) Para reduzir o teor de acetona no refinado, a recomendação deve ser um ou mais estágios de equilíbrio adicionais. (valor: 2,0 pontos)

Questão 5**Padrão de Resposta Esperado**

- A válvula VG02 está sendo controlada pelo nível do tambor de refluxo. Isso impede que se possa estabilizar a vazão do refluxo (em consequência, a razão de refluxo) em um valor adequado para a separação desejada, tornando o controle da qualidade do produto de topo impraticável.
- A corrente de fundo da coluna de destilação é de líquido saturado. Nessas condições, a instalação de uma válvula de controle na sucção da bomba poderá provocar a cavitação na bomba. **(valor: 10,0 pontos)**

Observação: Outras interpretações pertinentes e fundamentadas serão consideradas.

Questão 6**Padrão de Resposta Esperado**

a) Para a primeira etapa:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = k_1 C_{O_3} - k'_1 C_{O_2} C_O \quad (1)$$

Como a reação é reversível, no equilíbrio:

$$k_1 C_{O_3} = k'_1 C_{O_2} C_O \quad (2)$$

Para a segunda etapa:

$$\frac{1}{2} \frac{dC_{O_2}}{dt} = k_2 C_O C_{O_3} \quad \text{ou}$$

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = 2k_2 C_O C_{O_3} \quad (3)$$

(valor: 7,5 pontos)

b) Da equação (2):

$$C_O = \frac{k_1}{k'_1} \frac{C_{O_3}}{C_{O_2}} \quad (4)$$

Substituindo-se (4) em (3):

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = 2k_2 \frac{k_1}{k'_1} \frac{C_{O_3}^2}{C_{O_2}} = k \frac{C_{O_3}^2}{C_{O_2}}$$

(valor: 2,5 pontos)

Questão 7**Padrão de Resposta Esperado**

O fluido de menor capacidade calorífica é a água (fluido frio).

Portanto:

$$C_{\min} = (\dot{m}c_p)_{\min}$$

$$C_{\min} = 3 \text{ kg s}^{-1} \times 4.100 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} = 12.300 \text{ W }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

a) Cálculo da efetividade de troca térmica ε :

$$NUT = \frac{UA}{C_{\min}} \Rightarrow NUT = \frac{1.000 \text{ Wm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} 4 \text{ m}^2}{12.300 \text{ W }^{\circ}\text{C}^{-1}} \Rightarrow NUT = 0,325$$

Usando $NUT = 0,325$ e $C_{\min}/C_{\max} = 0$

encontra-se na figura

$$\varepsilon \cong 0,28$$

(valor: 7,0 pontos)

b) Cálculo da temperatura da água de resfriamento na saída do condensador:

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{C_f (T_{f,s} - T_{f,e})}{C_{\min} (T_{q,e} - T_{f,e})}$$

$$T_{f,s} = T_{f,e} + \varepsilon (T_{q,e} - T_{f,e}) \Rightarrow T_{f,s} = 20 + 0,28(106 - 20) \Rightarrow$$

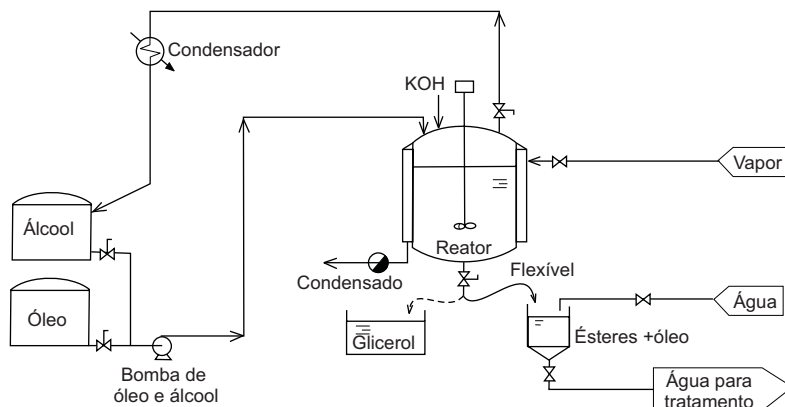
$$T_{f,s} = 44,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

(valor: 3,0 pontos)

Questão 8

Padrão de Resposta Esperado

Fluxograma de processo simplificado



Descrição da operação da unidade:

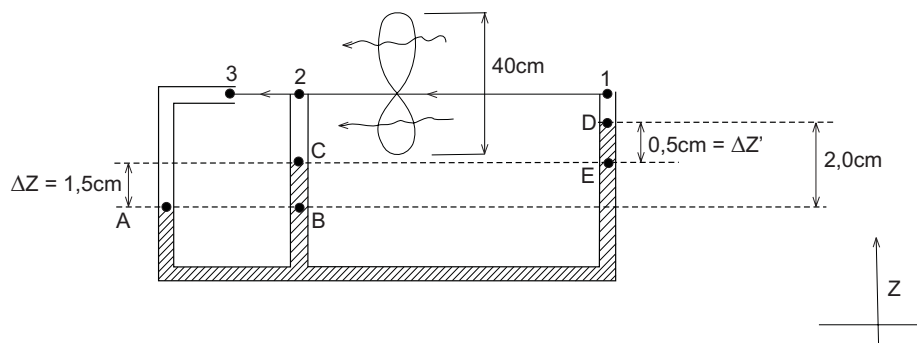
- em função da pequena produção, o processo deverá ser conduzido por bateladas;
- o óleo e o álcool são bombeados para o reator e o catalisador é acrescentado;
- deixa-se o meio em reação com agitação;
- desliga-se a agitação e deixa-se o meio em repouso para permitir a separação da solução de álcool e glicerol por decantação;
- descarregam-se, pelo fundo do reator, os ésteres formados e o óleo restante para o tanque correspondente;
- a solução de álcool e glicerol que permaneceu no reator é aquecida, para a destilação e recuperação do álcool;
- a solução de ésteres e óleo é lavada com água para retirar o glicerol que eventualmente reste em suspensão e o catalisador.

(valor: 10,0 pontos)

Questão 9

Padrão de Resposta Esperado

a)



Equação de Bernoulli entre 2 e 3 (escoamento de ar)

$$\frac{\Delta P}{\rho_{\text{ar}} g} + \frac{\Delta V^2}{2g} + \Delta Z = 0 \quad (\Delta \equiv 3-2)$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{\Delta P}{\rho_{\text{ar}} g} \quad (1)$$

Balanço hidrostático entre 2 e 3 (tubo em U com água)

$$P_A (\equiv P_3) = P_B$$

$$P_C (\equiv P_2) = P_B - \rho_a g \Delta Z \quad (\rho_a, \text{ densidade da água})$$

$$P_2 = P_3 - \rho_a g \Delta Z$$

$$P_3 - P_2 = \Delta P = \rho_a g \Delta Z \quad (2)$$

$$(2) \text{ em } (1)$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{\rho_a g \Delta Z}{\rho_{\text{ar}} g} \quad \therefore \quad \frac{V_2^2}{2g} = \frac{\rho_a}{\rho_{\text{ar}}} \Delta Z$$

Lembrando que $v = \frac{4Q}{\pi D^2}$

$$\left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2 = \frac{\rho_a}{\rho_{\text{ar}}} \Delta Z \quad \therefore \quad Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g \Delta Z \frac{\rho_a}{\rho_{\text{ar}}}}$$

$$Q = \frac{\pi (0,40)^2}{4} \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,015 \times \frac{1000}{1,2}} = 1,968 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

(valor: 7,0 pontos)

b) $\mathcal{P}_{\text{ideal}} = \Delta P \cdot Q$ (rendimento 100%)

Balço hidrostático entre 1 e 2 (tubo em U)

$$P_C (\equiv P_2) = P_E$$

$$P_D (\equiv P_1) = P_E - \rho_a g \Delta z'$$

$$P_1 = P_2 - \rho_a g \Delta z'$$

$$P_2 - P_1 = \Delta P = \rho_a g \Delta z'$$

$$\mathcal{P}_{\text{ideal}} = \rho_a g \Delta z' Q$$

$$\mathcal{P}_{\text{ideal}} = 1000 \times 9,81 \times 0,005 \times 1,968 \cong 96,530 \text{ W}$$

Como o rendimento do motor é de 75% ,

$$\mathcal{P}_{\text{real}} = \frac{96,530}{0,75} \cong 128,70 \text{ W}$$

(valor: 3,0 pontos)

Questão 10

Padrão de Resposta Esperado

a) Encontra-se o tempo para se alcançar 365K por simples substituição na equação

$$\theta_L(t) = -101 e^{(-000196t)} + 400.$$

Resolvendo-se para $\theta_L = 365K$, encontra-se $t = 5.410$ segundos ou 90,2 minutos.

(valor: 2,0 pontos)

b) A taxa de variação de temperatura deve agora incluir a degradação térmica do líquido. A equação 2 (eq2) deve ser escrita como:

$$\text{eq2: } = \text{diff}(\theta_L(t), t) = (1/C_L) * (q[H] - q[V] - \Delta H * k);$$

ou seja, o termo $\Delta H * k$ é incluído como um termo de geração. Observe que as unidades de $\Delta H * k$ são as mesmas de $q[H]$ e $q[V]$.

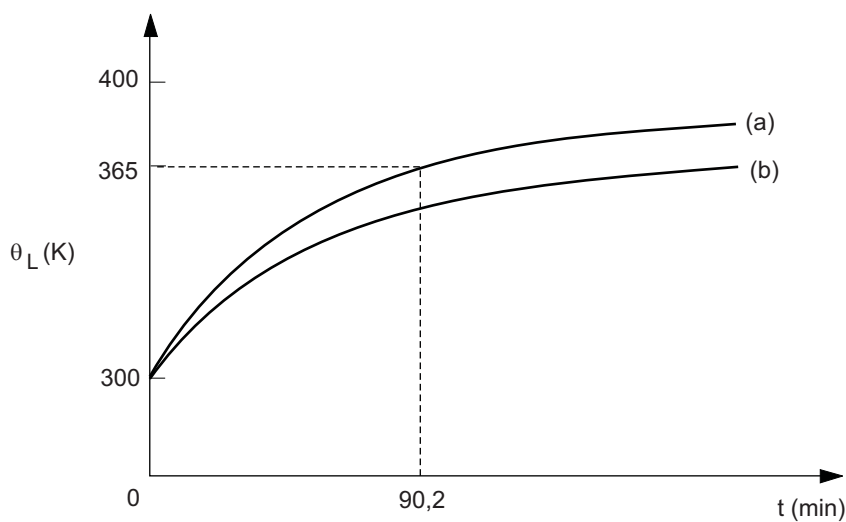
Note também que, segundo a Lei de Arrhenius, k varia com a temperatura. Portanto, uma linha de código adicional deve conter algo como

$$k = A * \exp(-E/R * \theta_L);$$

Os valores de A , E e R devem também ser definidos.

(valor: 6,0 pontos)

c)



(valor: 2,0 pontos)

Observação: A curva (b) pode variar para cima ou para baixo, dependendo dos parâmetros cinéticos assumidos para k .