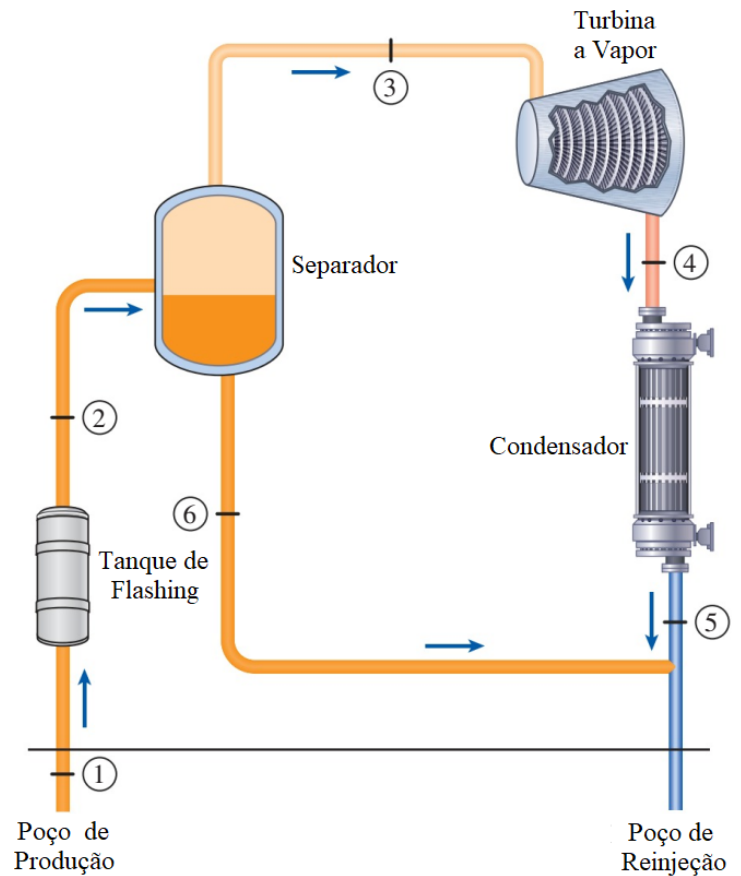


Nome: _____ NUSP: _____

1ª Questão) Uma planta geotérmica de geração de potência é mostrada na figura. Uma vazão de 200 kg/s de água no estado de líquido saturado é retirada do poço de produção a 230 °C e passa por um processo de “flashing” que pode ser considerado isentálpico, saindo do tanque de flashing com uma pressão de 500 kPa. O vapor resultante do processo de flashing é separado do líquido em um separador adiabático e direcionado para a turbina, que também pode ser considerada adiabática. Esse vapor deixa a turbina a 10 kPa e com um título de 95% e segue para o condensador para ser condensado, sendo posteriormente reinjetado no solo juntamente com o líquido que vem do separador. Nessas condições, determine:

- as vazões mássicas de líquido e vapor que deixam o separador;
- a entropia gerada no tanque de flashing
- a potência gerada pela turbina;
- a potência e a eficiência isentrópicas da turbina;

**Solução:**

Hipóteses:

- regime permanente;
- variações de energia cinética e potencial desprezíveis;
- perdas de carga desprezíveis;
- processo isentálpico no tanque de flashing;
- separador e turbina adiabáticos

a) Determinação dos estados termodinâmicos (Tabelas B.1.1 e B.1.2):

$$\text{Ponto 1} \rightarrow \left. \begin{array}{l} T_1 = 230^\circ \text{C} \\ x_1 = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = 990,10 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = 2,6099 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

Ponto 2: considerando o processo isentálpico no tanque de flashing, temos que

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 500 \text{ kPa} \\ h_2 = h_1 = 990,10 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_{l,2} = 640,21 \text{ kJ/kg}; s_{l,2} = 1,8606 \text{ kJ/kgK} \\ h_{v,2} = 2748,67 \text{ kJ/kg}; s_{lv,2} = 6,8212 \text{ kJ/kgK} \\ \therefore x_2 = 0,1660; s_2 = 2,6841 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

A partir disso, é possível calcular as vazões de líquido e vapor na saída do separador:

$$\dot{m}_3 = x_2 \dot{m}_1 = 0,1660 \cdot 230 = 38,18 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_6 = (1 - x_2) \dot{m}_1 = 191,82 \text{ kg/s}$$

b) Como o tanque de flashing pode ser considerado isentálpico e não ocorre realização de trabalho no mesmo, a partir da Primeira Lei temos que:

$$\dot{Q}_{tf} - \dot{W}_{tf} = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) \rightarrow \dot{Q}_{tf} = 0$$

= 0 = 0

Assim, aplicando a Segunda Lei temos:

$$\dot{m}_1 (s_2 - s_1) = \int_1^2 \frac{\dot{Q}_{tf}}{T} + \dot{S}_{ger}$$

$$\dot{S}_{ger} = 230(2,6841 - 2,6099)$$

$$\dot{S}_{ger} = 17,07 \text{ kW/K}$$

c) Determinação dos estados termodinâmicos:

$$\text{Ponto 3} \rightarrow \left. \begin{array}{l} T_3 = 500 \text{ kPa} \\ x_3 = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_3 = 2748,67 \text{ kJ/kg} \\ s_3 = 6,8212 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\text{Ponto 4} \rightarrow \left. \begin{array}{l} P_4 = 10 \text{ kPa} \\ x_4 = 0,95 \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_{l,4} = 191,81 \text{ kJ/kg}; s_{l,4} = 0,6492 \text{ kJ/kgK} \\ h_{v,4} = 2584,63 \text{ kJ/kg}; s_{v,4} = 8,1501 \text{ kJ/kgK} \\ \therefore h_4 = 2464,99 \text{ kJ/kg}; s_4 = 7,7750 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

Como a turbina é adiabática, a partir da Primeira Lei temos que:

$$\dot{W}_T = \dot{m}_3 (h_3 - h_4) = 38,18(2748,67 - 2464,99) = 10.830,9 \text{ kW}$$

d) Determinando o estado isentrópico na saída da turbina:

$$\text{Ponto 4,s} \rightarrow \left. \begin{array}{l} P_4 = 10 \text{ kPa} \\ s_{4,s} = s_3 = 6,8212 \text{ kJ/kgK} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_{l,4} = 191,81 \text{ kJ/kg}; s_{l,4} = 0,6492 \text{ kJ/kgK} \\ h_{v,4} = 2584,63 \text{ kJ/kg}; s_{v,4} = 8,1501 \text{ kJ/kgK} \\ \therefore x_{4,s} = 0,8228; h_{4,s} = 2160,62 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

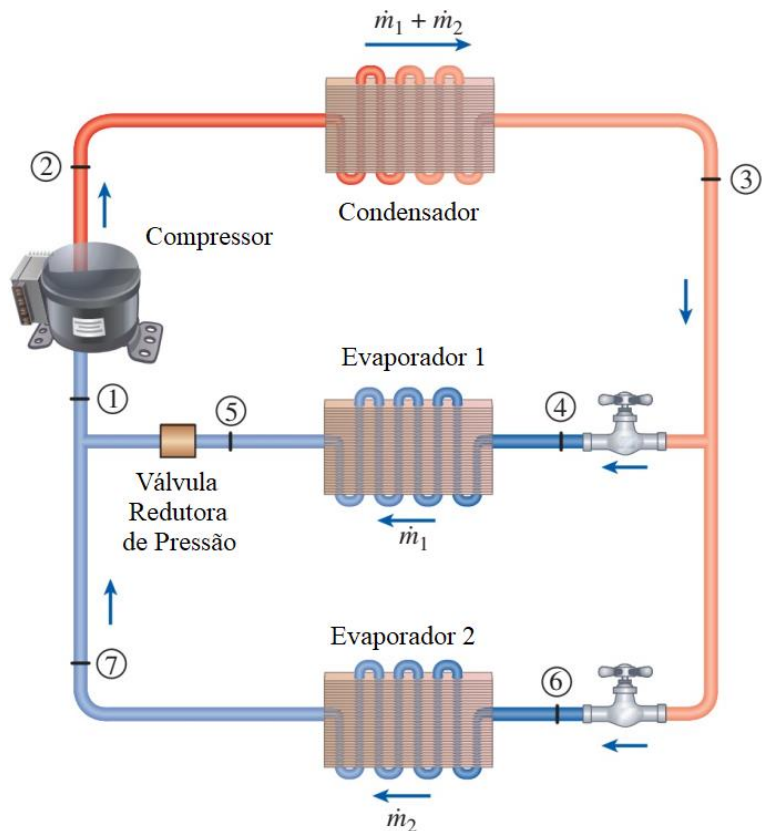
$$\text{Assim: } \dot{W}_{T,s} = \dot{m}_3 (h_3 - h_{4,s}) = 38,18(2748,67 - 2160,62) = 22.416,5 \text{ kW}$$

$$\text{e: } \eta_{s,T} = \frac{\dot{W}_T}{\dot{W}_{T,s}} = \frac{10.830,9}{22.416,5} = 0,483$$

Nome: _____ NUSP: _____

2ª Questão) O sistema de refrigeração por compressão a vapor com dois evaporadores mostrado na figura utiliza R-134a como fluido de trabalho. A temperatura no evaporador 1 é de 0°C e no evaporador 2 é de -25°C , enquanto que a pressão no condensador é de $1160,2\text{ kPa}$. A carga térmica a ser retirada no evaporador 1 é o dobro daquela do evaporador 2. Considerando uma vazão mássica total do sistema de $1,0\text{ kg/s}$, que o refrigerante deixa o condensador como líquido saturado, e que o refrigerante deixa cada um dos evaporadores como vapor saturado, determine:

- a vazão mássica e a capacidade de refrigeração em cada um dos evaporadores;
- o estado termodinâmico na entrada do compressor;
- a potência a ser fornecida ao compressor;
- o coeficiente de eficácia do sistema.



Solução:

Hipóteses:

- regime permanente;
- variações de energia cinética e potencial desprezíveis;
- perdas de carga desprezíveis, exceto nas válvulas.

a) Determinação dos estados termodinâmicos (Tabela B.5):

$$\text{Ponto 3} \rightarrow \left. \begin{array}{l} P_3 = 1160,2 \text{ kPa} \\ x_3 = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} T_3 = 45^\circ\text{C} \\ h_3 = 264,11 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$\text{Válvulas de expansão isentálpicas: } h_4 = h_6 = h_3 = 264,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Ponto 5} \rightarrow \left. \begin{array}{l} T_5 = 0^\circ\text{C} \\ x_5 = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_5 = 294 \text{ kPa} \\ h_5 = 398,36 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$\text{Ponto 7} \rightarrow \left. \begin{array}{l} T_7 = -25^\circ\text{C} \\ x_7 = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_7 = 107,2 \text{ kPa} \\ h_7 = 382,95 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

A capacidade de refrigeração nos evaporadores 1 e 2 são iguais a:

$$\dot{Q}_{ev1} = \dot{m}_{ev1} (h_5 - h_4) \quad \dot{Q}_{ev2} = \dot{m}_{ev2} (h_7 - h_6)$$

A partir do enunciado temos que: $\dot{Q}_{ev1} = 2\dot{Q}_{ev2}$

$$\dot{m}_{ev1}(h_5 - h_4) = 2\dot{m}_{ev2}(h_7 - h_6)$$

Disso resulta que:

$$\dot{m}_{ev1} = \frac{2\dot{m}_{ev2}(h_7 - h_6)}{(h_5 - h_4)} = \frac{2\dot{m}_{ev2}(382,95 - 264,11)}{(398,36 - 264,11)}$$

$$\dot{m}_{ev1} = 1,77\dot{m}_{ev2}$$

Por outro lado, temos que: $\dot{m}_{ev1} + \dot{m}_{ev2} = 1,0$ (2)

Assim, resolvendo o sistema de equações (1-2) temos que

$$\begin{cases} \dot{m}_{ev1} = 0,64 \text{ kg/s} \\ \dot{m}_{ev2} = 0,36 \text{ kg/s} \end{cases}$$

E

$$\begin{cases} \dot{Q}_{ev1} = \dot{m}_{ev1}(h_5 - h_4) = 0,64(398,36 - 264,11) = 85,92 \text{ kW} \\ \dot{Q}_{ev2} = \dot{m}_{ev2}(h_7 - h_6) = 0,36(382,95 - 264,11) = 42,78 \text{ kW} \end{cases}$$

b) Aplicando a Primeira Lei ao VC que envolve os pontos 1, 5 e 7 mostrado na figura:

$$\dot{m}_1 h_1 = \dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_7 h_7$$

$$1,0 \times h_1 = 0,36 \times 382,95 + 0,64 \times 398,36$$

$$\therefore h_1 = 392,81 \text{ kJ/kg}$$

Assim, o estado 1 é definido por

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P_7 = 107,2 \text{ kPa} \\ h_1 &= 392,81 \text{ kJ/kg} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{vapor superaquecido} \\ T_1 &= -13,2^\circ \text{C} \\ s_1 &= 1,782 \text{ kJ/kg.K} \end{aligned}$$



c) Considerando o compressor isentrópico, temos que

Ponto 2 $\rightarrow$

$$\left. \begin{aligned} P_2 &= 1160,2 \text{ kPa} \\ s_2 &= s_1 = 1,782 \text{ kJ/kg.K} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} T_2 &= 66,3^\circ \text{C} \\ h_2 &= 445,4 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Assim $\dot{W}_{comp} = \dot{m}_1(h_2 - h_1) = 1,0(445,4 - 392,81) = 52,59 \text{ kW}$

d) $\beta = \frac{\dot{Q}_{L,total}}{\dot{W}_{comp}} = \frac{85,92 + 42,78}{52,59} = 2,447$