Projeto Mecatrônica

Notas de Aula do Curso
PME2321

Vitor M. Martins
Régis S. Santos

Sumário

Sumário **1**

1 Prefácio **3**

2 2ªLei da Termodinâmica para Volume de Controle **5**

2.1 2ªlei para volume de controle 5
2.2 Regime uniforme 5
2.3 Eficiência isentrópica 7
2.4 Ex 1 10
2.5 Ex 2 11

3 Lista de Exercícios **15**

3.1 Exercícios 15
3.2 Exercício 165 21
3.3 Exercício 1 Lista Ciclos 26

1 Prefácio

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

2 2^aLei da Termodinâmica para Volume de Controle

2.1 2^alei para volume de controle

$$\frac{dS_{VC}}{dt} = \sum_e \dot{m}_e s_e - \sum_s \dot{m}_s s_s + \int \frac{\delta \dot{Q}}{T} + \dot{S}_g$$

onde

s_e = entropia na entrada
s_s = entropia na saída
$\dot{S}_g$ = entropia total gerada

$$\int \frac{\delta \dot{Q}}{T} = \sum \frac{\dot{Q}}{T}$$

Casos particulares: regime permanente

$$\sum_e \dot{m}_e s_e - \sum_s \dot{m}_s s_s + \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_g = 0$$

Para 1 entra e 1 saída $\rightarrow$ adiabático, reversível $\rightarrow s_e = s_s$.

2.2 Regime uniforme

$$\int_0^t \frac{dS_{VC}}{dt} = s_2 - s_1$$

$$\int_0^t \dot{m}_e s_e dt = s_e * \int_0^t \dot{m}_e dt = m_e s_e$$

$$\int_0^t \frac{\delta \dot{Q}}{T} dt = \frac{Q}{T}$$

$$\int_0^t \dot{S}_g = S_g$$

2^aLei:

$$S_2 - S_1 = \sum\nolimits_e m_e s_e - \sum\nolimits_s m_s s_s + \sum \frac{Q}{T} + S_g = 0$$

Trabalho associado ao escoamento de um fluido em regime permanente

1ªLei:

$$\frac{dE_{\forall C}}{dt} = \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) - \sum \dot{m}_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + g z_s \right) + \dot{Q} - \dot{W}$$

$$h_e - h_s + \frac{v_e^2}{2} - \frac{v_s^2}{2} + g(z_e - z_s) + q = w \qquad (I)$$

2ªLei:

$$0 = \dot{m} s_e - \dot{m} s_s + \int \frac{\delta \dot{Q}}{T} + \dot{S}_g$$

Portanto,

$$s_e - s_s + \int \frac{\delta y}{\delta x} + s_q = 0$$

$$-ds + \frac{\delta q}{T} + \delta s_g = 0 \qquad (II)$$

$$T ds = dh - v dp \qquad (III)$$

De (II) em (III):

$$\delta q + T \delta s_g = dh - v dp$$

Integrando entre e e s, obtemos:

$$\int_e^s \delta q + \int_e^s T \delta s_g = \int_e^s dh - \int_e^s v dp$$

$$q + \int_e^s T \delta s_g = h_s - h_e - \int_e^s v dp \qquad (IV)$$

De (IV) em (I), temos:

$$(h_e - h_s) + \left(\frac{V_e^2}{2} - \frac{V_s^2}{2} \right) + g(z_e - z_s) + (h_s - h_e) - \int_e^s v dp - \int_e^s T \delta s_g = w$$

Portanto:

$$w = \left(\frac{V_e^2}{2} - \frac{V_s^2}{2}\right) + g(z_e - z_s) - \int_e^s vdp - \int_e^s T\delta s_g$$

Observação:

PdV = trabalho associado ao movimento de fronteira; VdP = trabalho associado ao escoamento de um fluido.

2.3 Eficiência isentrópica

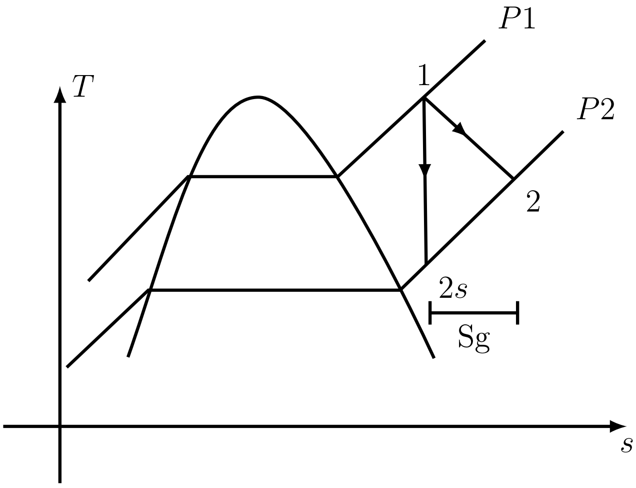

Figura 2.1: turbina

$$\eta_s = \frac{\text{potência real}}{\text{potência reversível}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_2)}{\dot{m}(h_1 - h_{2s})} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}$$

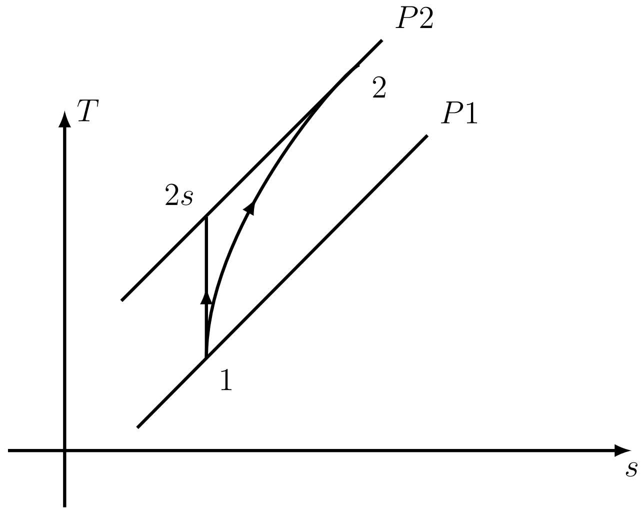

Figura 2.2: compressor

$$\eta_s = \frac{\text{potência reversível}}{\text{potência real}} = \frac{\dot{m}(h_1 - h_{2s})}{\dot{m}(h_1 - h_2)} = \frac{h_1 - h_{2s}}{h_1 - h_2}$$

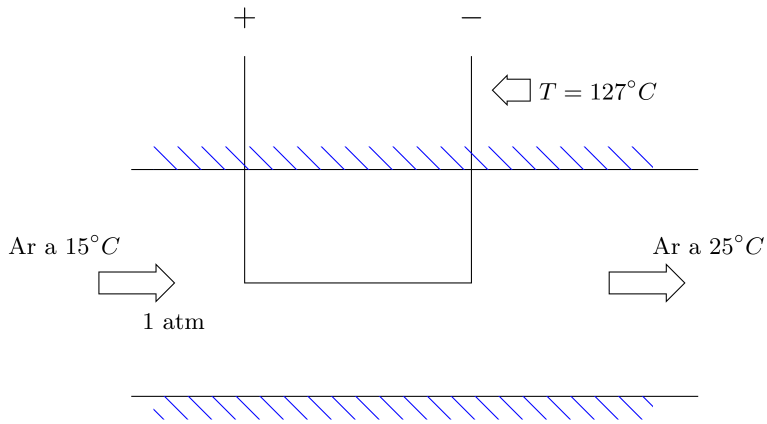

Figura 2.3

Exemplo 2.1 a) $\dfrac{dS_{\text{sist}}}{dt} = \displaystyle\int \frac{\delta \dot{Q}}{T} + \dot{S}_g = 0$ (regime permanente)

$$\dot{S}_g = -\frac{\dot{Q}}{T}$$

E, da 1ªLei, $\dot{Q} - \dot{W} = 0$.

b) $\dfrac{dS_{VC}}{dt} = \dot{m}(s_e - s_s) + \sum \dfrac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_g$

Mas

$\sum \dfrac{\dot{Q}}{T} = 0$ (adiabático na fronteira do volume de controle)

Portanto, $\dot{S}_g = \dot{m}(s_e - s_s) > 0$ (entropia gerada dentro do meu sistema).

2.4 Ex 1

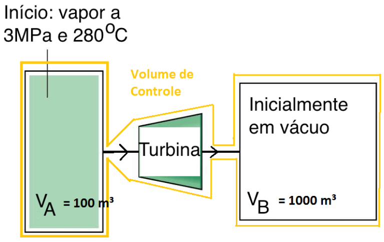

Figura 2.4: Ex 1

1ª Lei:

$$U_2 - U_1 = Q - W$$

Q = 0, logo:

$$W = U_1 - U_2$$

$$W = (U_{A1} + U_{B1}) - (U_{A2} + U_{B2})$$

Mas $m_{B1} = 0$

$$W = (m_{A1}u_{A1} + m_{B1}u_{B1}) - (m_{A2}u_{A2} + m_{B2}u_{B2})$$

$$W = m(u_1 - u_2)$$

Devemos minimizar m_{B1} para obter o trabalho máximo

2ª Lei:

$$S_2 - S_1 = \int \frac{\delta Q}{\mathrm{T}} + S_g$$

$$m(s_2 - s_1) = S_g$$

$$Tds = du + pdv$$

Onde pdv = 0, já que o volume específico não varia em um volume de controle em que TODO O SISTEMA (Tanque A, Tanque B e Turbina) são meu Volume de Controle, mantendo todo o tempo a mesma massa e o mesmo volume. Portanto Tds cresce com du e $S_g = 0$, $s_2 = s_1$.

Estado 1:

$$v_{1A} = \frac{V_A}{m}$$

$$m = \frac{V_A}{v_{1A}}$$

- u_1=2709.9kJ/kg
- v_1=0.0771m^3/kg
- s_1=6.4462kJ/kgK

Temos, portanto, vapor superaquecido.

Estado 2:

$$s_2 = s_1 = 6.4462kJ/kgK$$

$$v_2 = \frac{V_A + V_B}{m}$$

- T_2=2709.9kJ/kg
- P_2=0.0771 m^3/kg
- x_2=6.4462kJ/kgK
- u_2=2270kJ/kg

Portanto, W = $5.71 * 10^5 kJ$

2.5 Ex 2

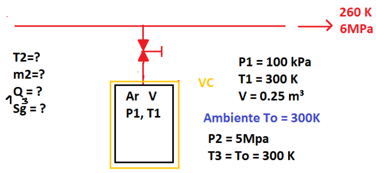

Figura 2.5: Ex 2

1ª Lei (regime uniforme) (processo 1 → 2)

$$U_2 - U_1 = m_e h_e$$

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = (m_2 - m_1) h_e$$

A 260 k e 6MPa:

$$m_1 = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = 0.290kg$$

$$u_1(T_1, P_1) = 214.36kJ/kg$$

$$h_e(260K) = 260.32kJ/kg$$

$$m_2 = \frac{P_2V}{RT_2} = \frac{5000 * 0.25}{0.287 * T_2} = \frac{4355}{T_2}$$

1ª Lei:

$$u_2 + 0.00306T_2 = 260.32$$

Determinar u_2 iterativamente através da Tabela 2.1

Tabela 2.1: Tabela de Iterações para achar u_2

$T_2(k)$	u_2 (tabela A7)	1º Membro
360	257,24	258
370	264,46	

$$T_2 = 362K$$

Portanto $m_2 = 12.0kg$

Calculo de $Q_{1\to3}$ Posso aplicar a 1a lei para o processo $2 \to 3$ já que o processo $1 \to 2$ é adiabático (enunciado do exercício)

$$Q_{1\to3} = Q_{2\to3}$$

$$m_3u_3 - m_2u_2 = Q_{2\to3}$$

- $m_3 = m_2$
- $u_3(T_3 = T_0)$
- $u_2(T_2 = 362K)$

$$m_3u_3 - m_1u_1 = (m_2 - m_1)h_e + Q_{1\to3}$$

Mas:

$$Q_{1\to3} = Q_{2\to3}$$

Portanto: $Q_{1\to3}$=-538kJ

Calculo de S_g Preciso expandir meu volume de controle desde o reservatório até o lugar geométrico dos pontos de 300 K, de modo a englobar todos os pontos geradores de entropia do meu sistema. Portanto:

$$m_3 s_3 - m_1 s_1 = (m_2 - m_1) s_e + \frac{Q_{1 \to 3}}{T_0} + S_g$$

$$m_3 = m_2$$

$$s_3(T_0, P_3)$$

$$s_1(T_0, P_1)$$

$$s_e(260K, 6MPa)$$

$$s_3 - s_e = 6.8693 - 6.7256 - R \ln(\frac{4140}{6000})$$

Onde 4140 é P_3

$$s_1 - s_e = 6.8693 - 6.7256 - R \ln(\frac{100}{6000})$$

Resposta: S_g=4.42 kJ/K

Exercicio para entrega: Repetir esse mesmo exercicio considerando calores especificos constantes

3

Lista de Exercícios

3.1 Exercícios

Ex 3.1 (9.69 6ªEd.) Considere a figura a seguir:

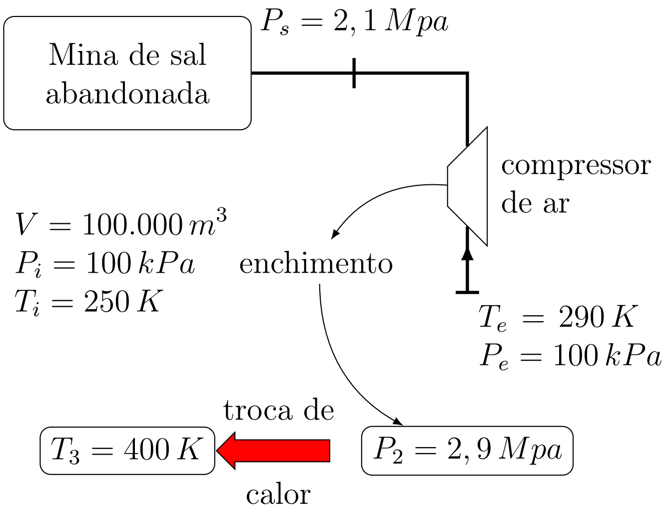

Figura 3.1

a) $T_2 =$

b) $m_2 =$

c) $P_3 =$

d) $T_{2 \Rightarrow 3} =$

Solução:

a) **Processo Transiente** (regime uniforme) Volume de Controle ⇒ mina + compressor

1ª Lei:

$$m_e h_e = m_2 u_2 - m_1 u_1 + W_c{}^1$$

[1] Trabalho do compressor

$$m_2 = m_1 + m_e$$

2ª Lei:

$$m_2 s_2 - m_1 s_1 = m_e s_e$$
$$s_e = s_1$$
$$m_2 = m_1 + m_e$$
$$s_e = s_1$$

$$s_2 - s_1 = 0 = (s^0_{T2} - s^0_{T1} - R\ln(\frac{P_2}{P_1}))$$
$$0 = (s^0_{T2} - 6.83512 - 0.287\ln(\frac{2100}{100}))$$
$$s^0_{T2} = 7.709 \Rightarrow T_2 = 680\,K$$

b)

$$P_2 V = m_2 R T_2$$
$$m_2 = 1.0760 * 10^6\,Kg$$

c)

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$
$$P_3 = 1235\,KPa$$

d) Sistema:

$$Q_{2\Rightarrow 3} = U_3 - U_2 + {W_{2\Rightarrow 3}}^2$$

$$Q_{2\Rightarrow 3} = m_2({u_3}^3 - {u_2}^4) = -2,264.10^8\,KJ$$

□

Ex 3.2 (8.135 6ªEd.) Considere a figura a seguir:

a) $W =$

b) Isso é possível?

---

[2] Trabalho nulo
[3] $u_3[T_3 = 400\,K]$
[4] $u_2[T_2 = 680\,K]$

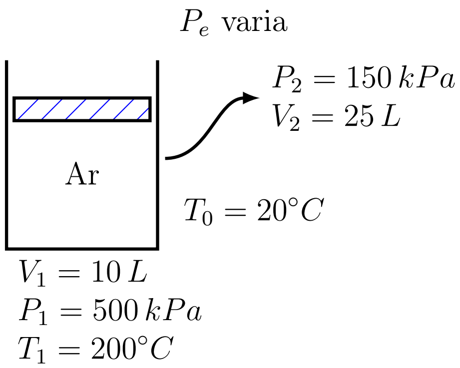

Figura 3.2

Solução:

a) 1ª Lei

$$Q_{1\Rightarrow 2S} = m_2 u_{2S} - m_1 u_1 + W_{1\Rightarrow 2S}$$
$$W_{1\Rightarrow 2S} = m c_V (T_1 - T_{2,S})$$

2ª Lei (Adiabático e Reversível)

$$s_2 - s_1 = \frac{Q_{1\Rightarrow 2S}}{T}$$

Portanto: $s_2 = s_1$

Hipótese: c_p constante

$$\frac{T_{2,s}}{T_1} = (\frac{P_2}{P_1})^{\frac{k-1}{k}}$$

Portanto: $T_{2,S} = 335.3\,K$

b) Possível?

$$\Delta S_{\text{liq}} > 0$$
$$\Delta S_{\text{liq}} = (m_2 s_2 - m_1 s_1)^5 - \frac{Q_{1\Rightarrow 2S}{}_6}{T_0}$$
$$\Delta S_{\text{liq}} = (0.002094) - \frac{-0.5774}{293} = 0.004065\,kJ/K$$
$$\Delta S_{\text{liq}} = m(s_2 - s_1) = m[c_p \ln(\frac{T_2}{T_1}) - R\ln(\frac{P_2}{P_1})]$$
$$\Delta S_{\text{liq}} = 0.002094\,kJ/k$$

□

Ex 3.3 (8.117 6ªEd.) Considere a figura a seguir:

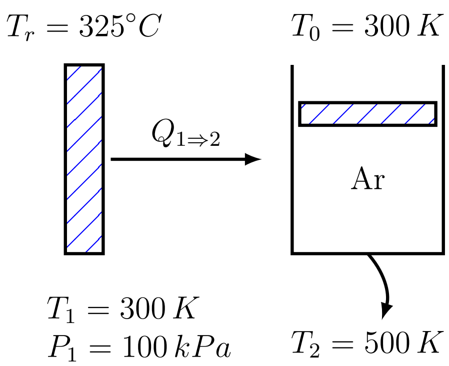

Figura 3.3

a) $W =$

b) $q =$

c) $s_{\text{ger}} =$

Solução:
Hipóteses

- c_P constante
- $Pv = RT$
- $PV^n = cte, n = 1.3$

a) trabalho específico

$$w_{1\Rightarrow 2} = \frac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-n}$$
$$w_{1\Rightarrow 2} = \frac{R(T_2 - T_1)}{1-n}$$
$$w_{1\Rightarrow 2} = -191.3\,kJ/kg$$

b)

$$q_{1\Rightarrow 2} = u_2 - u_1 + w_{1\Rightarrow 2}$$
$$q_{1\Rightarrow 2} = c_V(T_2 - T_1) + w_{1\Rightarrow 2}$$
$$q_{1\Rightarrow 2} = -48.03\,kJ/kg$$

c)

$$s_{\text{ger}} = (s_2 - s_1) - \frac{q_{1\Rightarrow 2}}{T_0} = 0.0037\,kJ/kg$$
$$s_2 - s_1 = c_p \ln(\frac{T_2}{T_1}) - R\ln(\frac{P_2}{P_1})$$

□

Ex 3.4 (8.117 6ªEd.) Considere a figura a seguir:

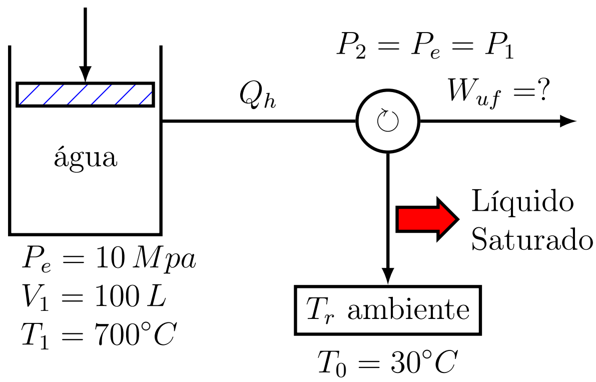

Figura 3.4

Solução:

Sistema: água
1ª Lei:

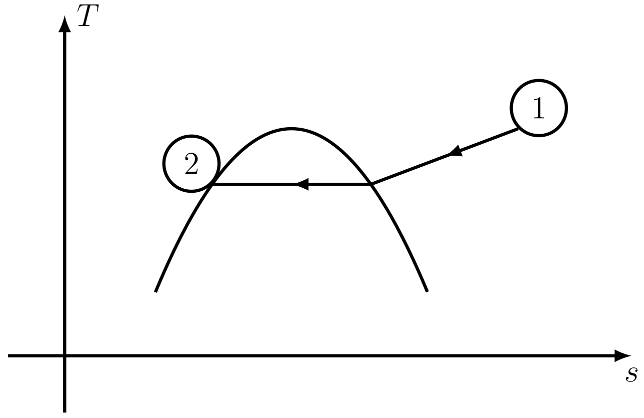

Figura 3.5

$$Q_{1\Rightarrow 2} = m(u_2 - u_1) + W_e$$
$$W_e = P_e(v_2 - v_1)m = -966.7\,kJ$$

- $m = 2.294\,kg$
- $v_2 = 0.001452\,m^3/kg$
- $v_1 = 0.04359\,m^3/kg$
- $u_1 = 3433\,kJ/kg$
- $u_2 = 1393\,kJ/kg$

$$Q_{1\Rightarrow 2} = -5647\,kJ$$

Processo Global Reversível

$$\Delta S_{\text{eq}} = 0$$
$$\Delta S_{\text{eq}} = \Delta S_{\text{SIST}} + \Delta S_{\text{MEIO}}$$
$$\Delta S_{\text{SIST}} = m(s_2 - s_1)$$
$$\Delta S_{\text{MEIO}} = -\frac{Q_2}{T_0}$$

□

3.2 Exercício 165

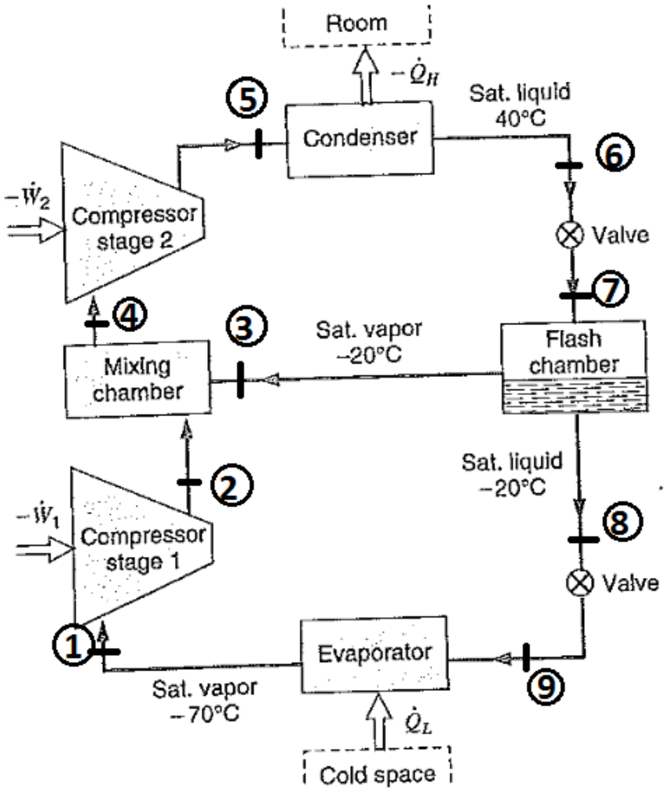

Figura 3.6: 1

Tabela 3.1: Propriedades Termodinâmicas do Ciclo da Figura ??

Estagio	P(MPa)	T(K)	v(m^3/kg)	h(kJ/kg)	s(kJ/kg*K)	x
1	0,007891	203	2.059	355	1,741	1
2	0,132700	253	0,1474	386,6	1,741	1
3	0,132700	253	0,1474	386,6	1,741	1
4	0,132700	253	0,1474	386,6	1,741	1
5	1,017000	313	0,01997	419,4	1,711	1
6	1,017000	313	0,000872	256,4	1,190	0
7	0,132700	253	0,05774	256,4	1,227	0,3887
8	0,132700	253	0,0007362	173,6	0,900	0
9	0,007981	203	0,5274	173,6	0,933	0,2559

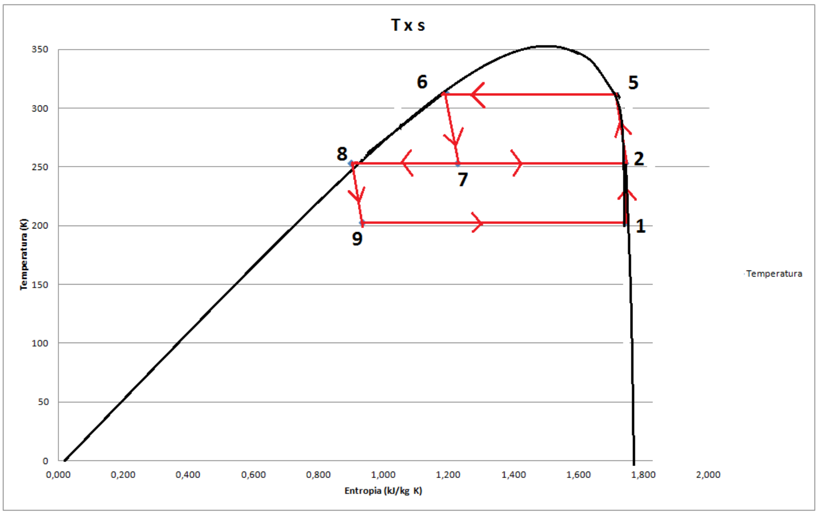

Figura 3.7: Grafico $T \times s$ do ciclo da figura 3.6

a

$$\beta = \frac{-\dot{q}_L}{-\dot{w_1} - \dot{w_2}} \tag{3.1}$$

Considerando os compressores isentrópicos, temos que: Para o compressor 1,

$$w_1 = h_2 - h_1$$

Consultando a tabela 3.3, temos:

$$w_1 = 386.6 - 355 = 31.6kJ/kg$$

Para o compressor 2,

$$w_2 = h_5 - h_4$$

Consultando a tabela 3.3, temos:

$$w_2 = 419.4 - 386.6 = 32.8kJ/kg$$

Para o evaporador, temos:

$$q_L = h_1 - h_9$$

$$q_L = 355 - 173.6 = 181.4kJ/kg$$

Logo, substituindo os valores na equação 3.2, teremos:

$$\beta = \frac{-\dot{q}_L}{-\dot{w}_1 - \dot{w}_2}$$

$$\beta = \frac{-181.4}{-31.6 - 32.8}$$

$$\beta = 2.82$$

b

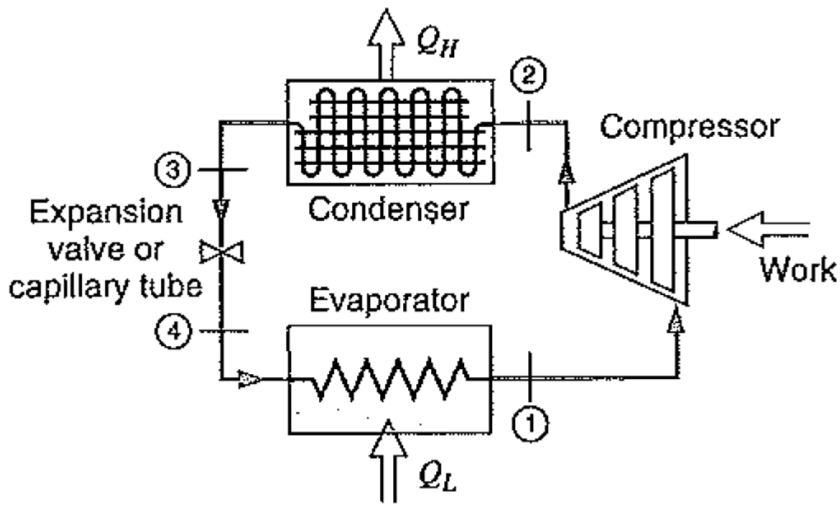

Figura 3.8: Ciclo Ideal de Refrigeração

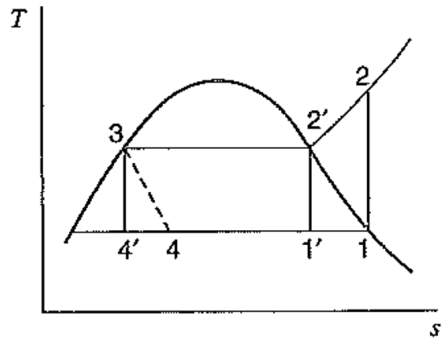

Figura 3.9: Grafico $T \times s$

Considerando o compressor isentrópico, temos que: Para o compressor ,

$$w_1 = h_2 - h_1$$

Consultando a tabela 3.2, temos:

$$w_1 = 419.4 - 355 = 64.4kJ/kg$$

Para o evaporador, temos:

$$q_L = h_1 - h_4$$

Tabela 3.2: Propriedades termodinãmicas do ciclo simplificado do item b

Estagio	P(MPa)	T(K)	v(m^3/kg)	h(kJ/kg)	s(kJ/kg*K)	x
1	0,007891	203	2.059	355	1,741	1
2	1,017000	313	0,01997	419,4	1,711	1
3	1,017000	313	0,000872	256,4	1,190	0
4	0,007981	203	1,226	256,4	1,341	0,5955

$$q_L = 355 - 256.4 = 98.6kJ/kg$$

Logo, substituindo os valores na equação 3.2, teremos:

$$\beta = \frac{-\dot{q}_L}{-\dot{w}_1 - \dot{w}_2}$$

$$\beta = \frac{-98.6}{-64.4}$$

$$\beta = 1.53$$

Comentário O valor de β do item a) é maior do que o valor de β no item b) porque a "amplitude"ou diferença entre os valores de entalpia na entrada e na saída do evaporador (que constitui a parcela q_L de β) é uma diferença maior em a) do que em b). Isso se deve ao fato de o ciclo separar a fase líquida da fase vapor em 7 (flash chamber). Assim, uma maior fase de líquido vai para o evaporador, obtendo melhor rendimento.

3.3 Exercício 1 Lista Ciclos

Um ciclo de turbina a gás, para uso veicular, é formado por um compressor e duas turbinas. O ar (temperatura T_1=300 K e pressão P_1 = 100 kPa) entra no compressor (η_c = 0,83) e sai com pressão P_2=500 kPa. Após passar pelo regenerador (η_r = 0,8) (temperatura de saída T_3) e pelo combustor (temperatura de saída T_4 = 1600 K), o ar entra na primeira turbina, saindo com pressão P_5 , apenas o suficiente para que a turbina acione o compressor. O gás é então expandido numa segunda turbina, que aciona as rodas motrizes, passa pelo regenerador e é descarregado na atmosfera, com P_7 = 100 kPa. A vazão mássica de ar é de 0,6 kg/s e a eficiência das duas turbinas é de η_t = 0,88. Sabendo-se que as propriedades do ar e dos gases de combustão podem ser considerados constantes e iguais ao do ar frio, determine:

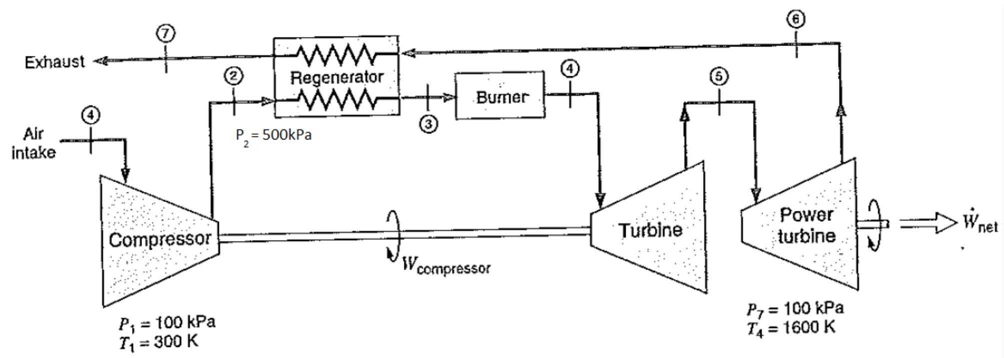

Figura 3.10: Ciclo Brayton

Usaremos calores específicos constantes na resolução

a

Temperatura do ar na saída do compressor

- $T_1 = 300$ K
- $P_1 = 100$ kPa
- $P_2 = 500$ kPa
- k = 1.4

Considerando um compressor ideal (isentrópico)

$$\left(\frac{T_{2S}}{T_1}\right) = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$T_{2S} = 475.146K$$

Agora, considerando o compressor com rendimento de 0.83, temos:

$$\eta_C = \frac{W_s}{W} = \frac{T_1 - T_{2S}}{T_1 - T_2}$$

$$T_2 = T_1 - \frac{T_1 - T_{2s}}{\eta} = 300 - \frac{(300 - 475)}{0.83}$$

$$T_2 = 510.84K$$

b

A pressão intermediária p_5 Estamos interessados na pressão p_5 do ciclo, que pode ser obtida usando a relação:

$$\left(\frac{T_{5s}}{T_4}\right) = \left(\frac{P_5}{P_4}\right)^{\frac{k-1}{k}} \tag{3.2}$$

Para isso precisamos obter antes T_{5s}, T_4 e P_4. Sabemos que:

- $T_4 = 1600$ K (do enunciado)
- $P_4 = P_3 = P_2 = 500$ kPa (combustor e regenerador operam à mesma pressão que o compressor C_1)

$T_{5,s}$ pode ser obtida através de $w_{T1,s} = Cp_0(T_{5,s} - T_4)$, em que:

$$\frac{w_{T1}}{w_{T1,s}} = \eta_{T1}$$

$$\frac{w_{T1}}{\eta_{T1}} = w_{T1,s}$$

E w_{T1} pode ser obtida usando a relação:

$$w_{T1} = -w_C$$

Mas

$$w_C = -Cp_0(T_2 - T_1)$$

Logo,

$$w_{T1} = Cp_0(T_2 - T_1)$$

$$\frac{Cp_0(T_2 - T_1)}{\eta_{T1}} = Cp_0(T_{5,s} - T_4)$$

$$T_{5,s} = T_4 + \frac{(T_2 - T_1)}{\eta_{T1}} = 1600 + \frac{(510.84 - 300)}{0.88} = 1360.206\ K$$

Substituindo $T_{5,s}$ na equaçao 3.2:

$$\left(\frac{1360}{1600}\right) = \left(\frac{P_5}{500}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}}$$

$$P_5 = 283.247\ MPa$$

c

Trabalho líquido do motor

$$\dot{W}_{T2} = \dot{m}Cp_0(T_5 - T_6) \tag{3.3}$$

Em que:

- $\dot{m}$ = 0.6 kg/s
- Cp_0 = 1.004

Para obter T_5, usaremos a relação:

$$\eta_{T1} = \frac{(T_5 - T_4)}{(T_{5,s} - T_4)}$$

Logo:

$$T_5 = T_4 + \eta_{T1}(T_{5,s} - T_4) = 1600 + 0.88(1360.2 - 1600)$$

$$T_5 = 1388.976\ K$$

Para obter T_6, usaremos a relação:

$$\eta_{T2} = \frac{(T_6 - T_5)}{(T_{6,s} - T_5)} \tag{3.4}$$

Em que $T_{6,s}$ é obtida por:

$$\left(\frac{T_{6s}}{T_5}\right) = \left(\frac{P_6 = P_7}{P_5}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{T_{6s}}{1388.976}\right) = \left(\frac{100}{283.247}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}}$$

$$T_{6,s} = 1031.584\ K$$

Substituindo $T_{6,s}$ na equaçao 3.4:

$$T_6 = T_5 + \eta_{T2}(T_{6,s} - T_5) = 1388.976 + 0.88(1031.58 - 1388.976)$$

$$T_6 = 1074.4707\ K$$

Substituindo T_5 e T_6 na equação 3.3

$$\dot{W}_{T2} = 0.6 \times 1.004 \times (1388.976 - 1074.4707)$$

$$\dot{W}_{T2} = 189.46\ kW$$

d

A temperatura do ar na entrada do combustor Para encontrar T_3, usaremos a relação do rendimento no regenerador:

$$\eta_r = \frac{(T_3 - T_2)}{(T_6 - T_2)}$$

$$T_3 = T_2 + \eta_r(T_6 - T_2) = 510.84 + 0.8(1074.4707 - 510.84)$$

$$T_3 = 961.7446\ K$$

e

$$T_7 = T_6 - (T_3 - T_2)$$
$$T_7 = 612.6K$$

O rendimento térmico do ciclo

$$\eta_{ciclo} = \frac{W_{T1} + W_{T2} - W_C}{Q_H}$$

Sendo $W_{T1} = W_C$, temos:

$$\eta_{ciclo} = \frac{W_{T2}}{Q_H} = \frac{188.703}{\dot{m}Cp_0(T_4 - T_3)}$$

$$\eta_{ciclo} = \frac{188.703}{0.6 \times 1.004 \times (1600 - 961.75)}$$
$$\eta_{ciclo} = 0.4908$$

f

Tabela 3.3: Tabela de T por s

Estagio	P(MPa)	T(K)	s(kJ/kg K)
1	0,1	300	6,87
2	0,5	475,2	6,873
3	0,5	961,7446	7,628
4	0,5	1600	8,229
5	0,283247	1388,976	8,438
6	0,1	1031,584	8,445
7	0,1	612,6	7,998

Diagrama Txs

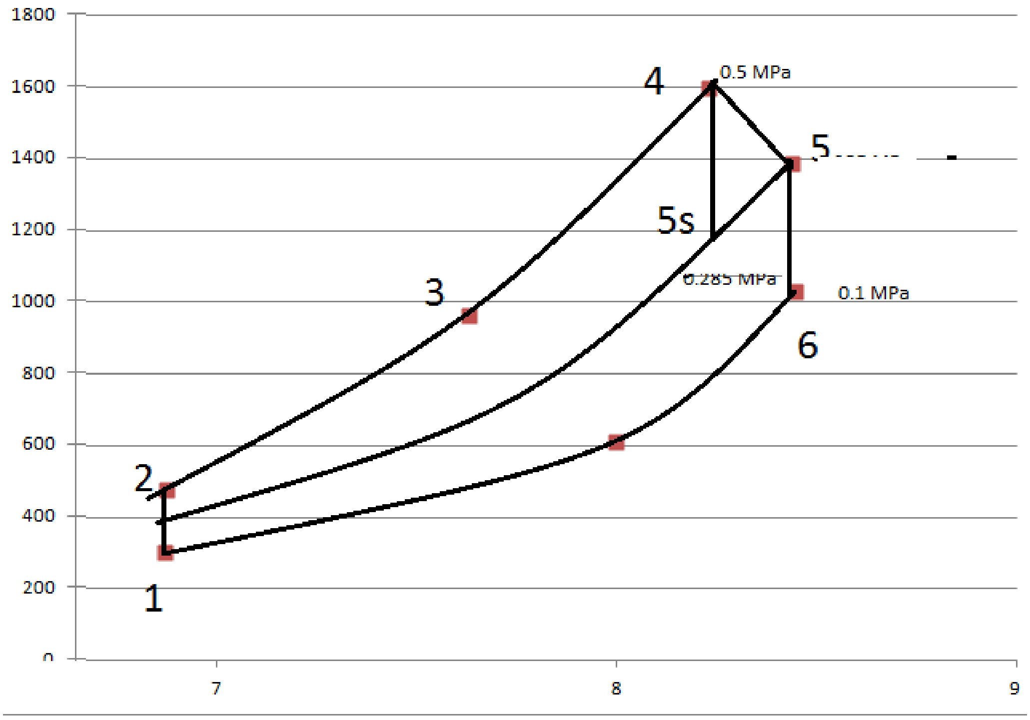

Figura 3.11: Diagrama $T \times s$