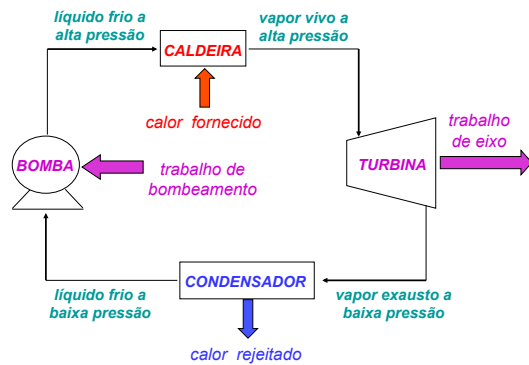
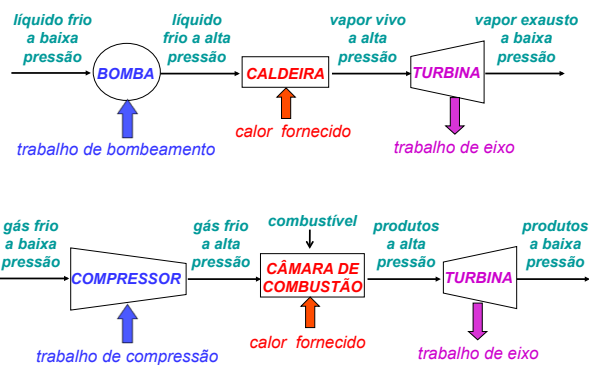


FLUIDO OPERANTE EM CICLO FECHADO



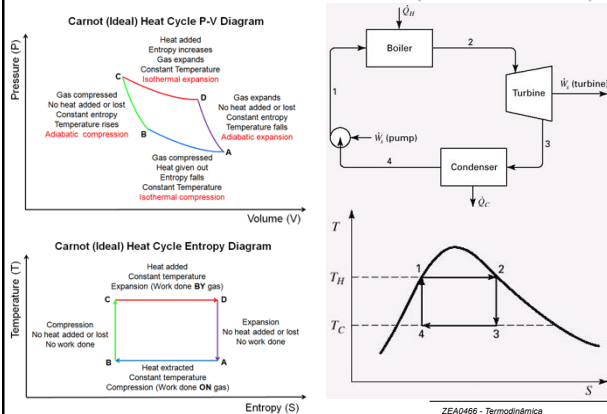
ZEAO466 - Termodinâmica

FLUIDO OPERANTE EM CICLO ABERTO



ZEAO466 - Termodinâmica

REVISÃO: CICLO DE CARNOT (motor térmico)



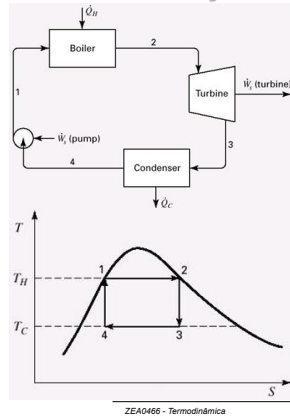
ZEAO466 - Termodinâmica

CICLO DE CARNOT → IMPLEMENTAÇÃO

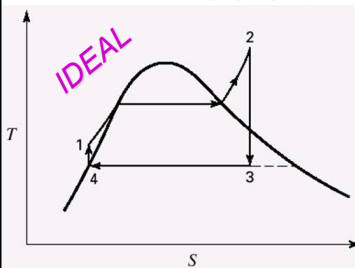
Já que o ciclo de Carnot é o que leva ao maior rendimento (posto que elimina irreversibilidades), por que não é empregado na prática???

Duas razões principais:

- Etapa 4-1: dificuldades para bombear mistura líquido-vapor
- Etapa 2-3: possibilidade de superaquecimento (visando a realização de trabalho)



CICLO RANKINE

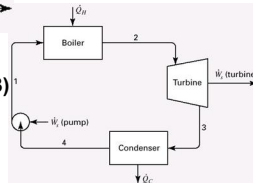


Eficiência térmica:

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_H} = \frac{w_{net}}{q_H}$$

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_t - \dot{W}_b}{\dot{Q}_H} = \frac{w_t - w_b}{q_H}$$

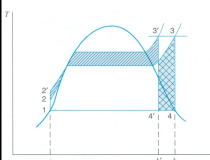
- Aquecimento isobárico (1→2)
- Trabalho de eixo isentrópico (2→3)
- Condensação isobárica (3→4)
- Bombeamento isentrópico (4→1)



CICLO RANKINE: PRESSÃO E TEMPERATURA

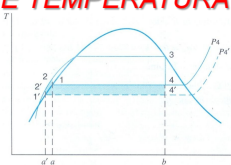
Redução da pressão de saída:

- Aumento da eficiência térmica
- Redução do título da mistura



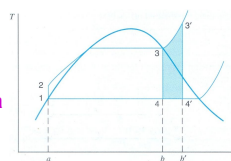
Aumento da pressão de entrada:

- Aumento da eficiência térmica
- Redução do título da mistura



Superaquecimento do vapor:

- Aumento da eficiência térmica
- Aumento do título da mistura



CICLO RANKINE → IRREVERSIBILIDADES

Perdas associadas à TUBULAÇÃO:

- Redução de pressão (perda de carga) devido ao atrito
- Transferência de calor à vizinhança

Perdas associadas à TURBINA:

- Irreversibilidades no escoamento do fluido $\eta_{\text{turb}} = \frac{W_{\text{real}}}{W_{\text{isentr}}}$
- Transferência de calor à vizinhança

Perdas associadas à BOMBA:

- Irreversibilidades no escoamento do fluido $\eta_{\text{bomba}} = \frac{W_{\text{isentr}}}{W_{\text{real}}}$
- Transferência de calor à vizinhança

Perdas associadas ao CONDESADOR:

- Resfriamento abaixo de $T_{\text{saturação}}$

ZEAD466 - Termodinâmica

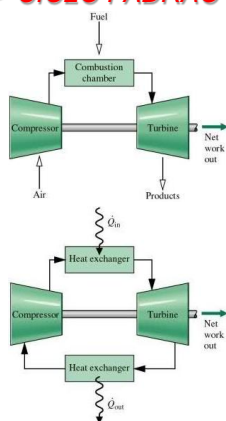
CICLO DE POTÊNCIA A AR → CICLO PADRÃO

Motor de combustão interna

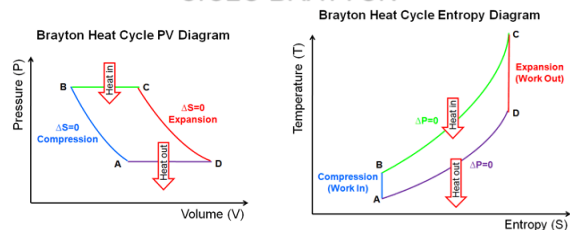
Mudança da composição do fluido

CICLO A AR PADRÃO → hipóteses:

- **Fluido operante:** massa fixa de ar (gás ideal) ao longo de todo o ciclo
- **Combustão:** substituída por uma troca de calor com RT quente (T_H)
- **Exaustão:** substituída por uma troca de calor com RT frio (T_L)
- **Processos:** internamente reversíveis
- **Complementar:** ar com $c_p = \text{constante}$



CICLO BRAYTON



CICLO BRAYTON IDEAL:

Eficiência térmica:

- **Compressão isentrópica (A→B)** $\eta_{\text{th}} = 1 - \frac{q_L}{q_H} = 1 - \frac{h_D - h_A}{h_C - h_B}$
- **Aquecimento isobárico (B→C)** $k = c_p / c_v \downarrow r_p = P_B / P_A$
- **Trabalho isentrópico (C→D)** $\eta_{\text{th}} = 1 - T_A / T_B = 1 - r_p^{(1-k)/k}$
- **Resfriamento isobárico (D→A)**

CICLO BRAYTON → IRREVERSIBILIDADES

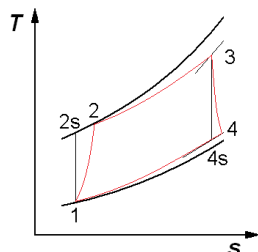
Perdas associadas a:

- **Tubulação** → queda de pressão, troca de calor c/ meio
- **Turbina** → escoamento não-ideal, troca de calor c/ meio
- **Compressor** → escoamento não-ideal, troca de calor c/ meio
- **Câmara combustão** → queda de pressão, troca de calor

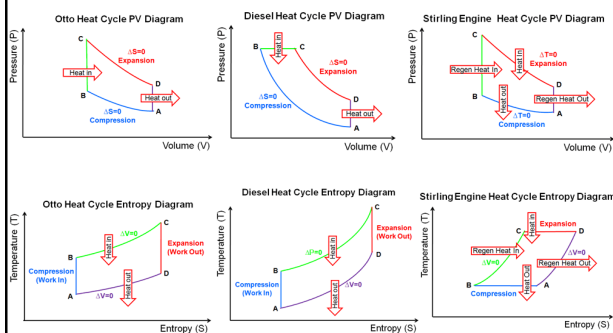
$$\eta_{\text{compr}} = \frac{w'_{\text{isentr}}}{w_{\text{real}}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

$$P_3 = P_2 - \Delta P \quad , \quad P_1 = P_4 - \Delta P'$$

$$\eta_{\text{turb}} = \frac{w_{\text{real}}}{w'_{\text{isentr}}} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}}$$



DEMAIS CICLOS DE POTÊNCIA A AR

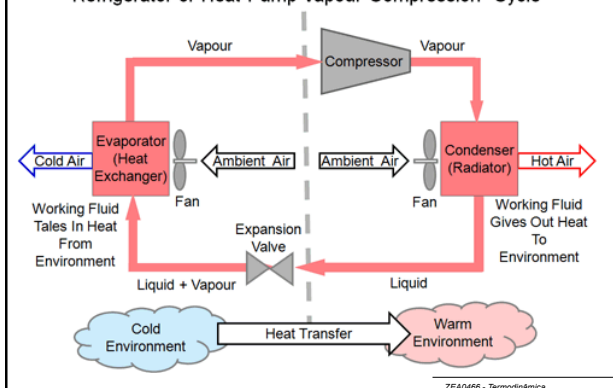


http://www.kruse-ltc.com/Otto/otto_cycle.php

ZEAO466 - Termodinâmica

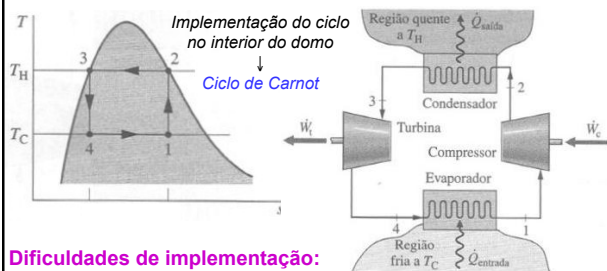
CICLO DE REFRIGERAÇÃO / BOMBA DE CALOR

Refrigerator or Heat Pump Vapour Compression Cycle



ZEAO466 - Termodinâmica

CICLO DE REFRIGERAÇÃO / BOMBA DE CALOR

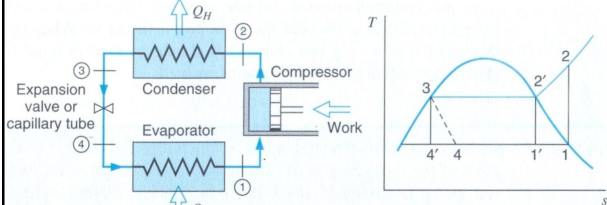


Dificuldades de implementação:

- Etapa 3-4: mistura L+V de baixo título → pouco trabalho (substituição da turbina por um dispositivo de expansão)
- Etapa 1-2: mistura L+V → dificuldades de compressão (conveniente lidar apenas c/ fase vapor → superaquecimento)

ZEAO466 - Termodinâmica

CICLO DE REFRIGERAÇÃO / BOMBA DE CALOR



Ciclo de refrigeração ideal:

- Compressão isentrópica (1→2)
- Troca de calor isobárica (2→3)
- Expansão isentálpica (3→4)
- Troca de calor isobárica (4→1)

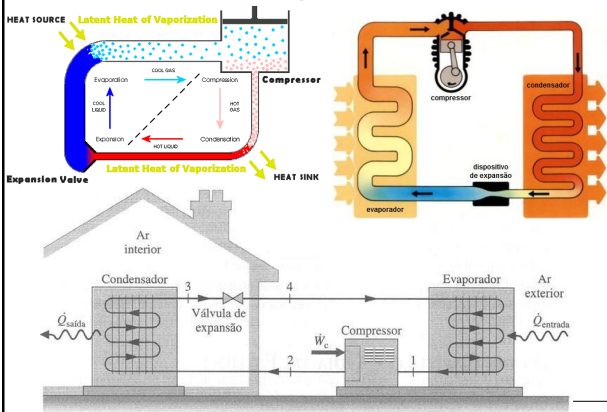
Coefficiente de performance:

$$COP_{\text{refrig}} = \frac{q_L}{w_c}$$

$$COP_{\text{b.calor}} = \frac{q_H}{w_c}$$

ZEAO466 - Termodinâmica

CICLO DE REFRIGERAÇÃO / BOMBA DE CALOR



CICLO DE REFRIGERAÇÃO / BOMBA DE CALOR

Irreversibilidades associadas a:

- **Compressor** → transferência de calor para / a partir do meio
- **Condensador** → queda de pressão, temperatura < saturação
- **Tubulação** → queda de pressão, troca de calor com o meio
- **Evaporador** → queda de pressão, troca de calor com o meio

