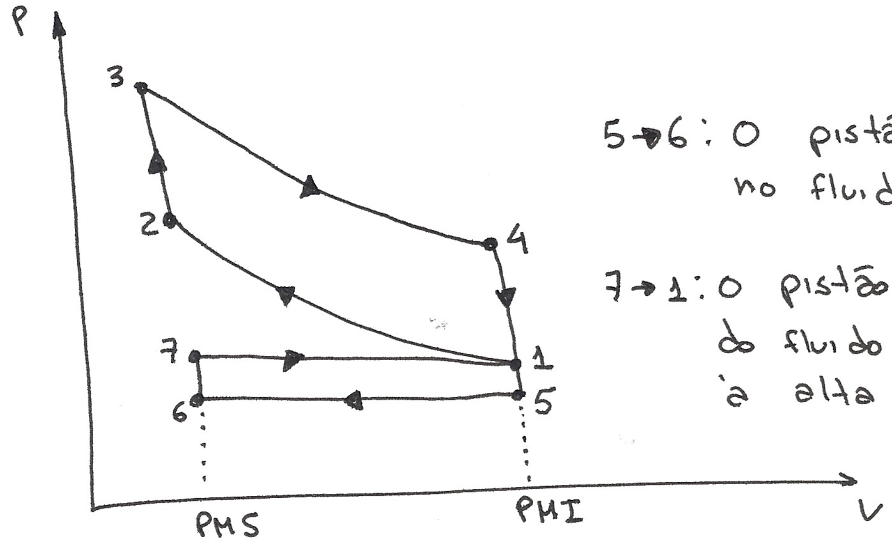
# Otto com turbo




5→6: O pistão realiza trabalho no fluido p/ ir do PMI ao PMS

7→1: O pistão recebe trabalho do fluido que é admitido à alta pressão.

| $P_1 = 160$ kPa |
| --- |
| $T_1 = 333$ K |

$P_5 = 101$ kPa

# Ciclo otto

$r_c = 12.4$ $\quad$ $N = 6000$ rpm

$V_d = 1389\ cm^3$

4 cilindros

Gasolina c/ 23% etanol anidro ⇒ $C_{6.67} H_{12.8} O_{0.533}$

$PCI = 39.249$ MJ/kg

$PCS = 41.880$ MJ/kg

$\gamma = 1.3860$

$C_p = 1.0056$ kJ/kg

$C_v = 0.71649$ kJ/kg

Admissão c/ turbo ⇒ $P_1 = 160$ kPa

$T_1 = 333$ K

$R_{AR} = 0.287$ kJ/kg.K

$\rho_{AR,ATM} = 1.1707\ kg/m^3$

$\phi = 0.9$

1 mol $O_2$ = 3.773 mole $N_2$

$M_C = 12$

$M_H = 1$

$M_O = 16$

$M_N = 14$

## ① Cálculo da razão Ar/Combustível mássica

$$C_{6.67}H_{12.8}O_{0.533} + \alpha(O_2 + 3.773N_2) \longrightarrow \beta CO_2 + \gamma H_2O + \delta\, 3.773 N_2$$

C: $\boxed{6.67 = \beta}$

H: $12.8 = 2\gamma \Rightarrow \boxed{\gamma = 6.4}$

O: $0.533 + 2\alpha = 2\beta + \gamma$

$0.533 + 2\alpha = 13.34 + 6.4 \rightarrow \boxed{\alpha = 9.6035}$

$$\left.\frac{A}{F}\right|_{est.} = \frac{9.6035\,(2\times16 + 3.773\times2\times14)}{6.67\times12 + 12.8\times1 + 0.533\times12} \Rightarrow \boxed{\left.\frac{A}{F}\right|_{est} = 13.32}$$

$$\phi = \frac{A/F|_{est}}{A/F|_{real}} \Rightarrow 0.9 = \frac{13.32}{A/F|_{real}} \Rightarrow \boxed{\left.\frac{A}{F}\right|_{real} = 14.80}$$

## ② Cálculo da massa de combustível

No início da compressão, temos; caso o ar não fosse pré-comprimido:

$P_1V_1 = mRT_1$

$(101\times10^3)\,V_1 = m_{mist}\,(287)(300)$

p/ ar comprimido:

$(160\times10^3)\,V_1 = m_{mist}\,(287)(333)$

Precisamos encontrar $V_1$.

$$r = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_d + V_c}{V_c} \Rightarrow 12.4 = \frac{1389/4 + V_c}{V_c} \Rightarrow \boxed{V_c = 30.46\ cm^3}$$

Logo, $V_1 = V_d + V_c = \frac{1389}{4} + 30.46 = 377.71\ cm^3 \Rightarrow \boxed{V_1 = 0.38\ \ell}$

$\boxed{V_1 = 3.8\times10^{-4}\ m^3}$

Logo, no ponto 1:

$$(160 \times 10^3)\, V_1 = m_{mist}\, (287)(333)$$

$V_1 = 3.8 \times 10^{-4}$

$$\boxed{m_{mist} = 0.000636 \text{ kg}}$$

$$\boxed{m_{mist} = 0.636 \text{ g}}$$

$m_{AR} + m_{comb} = m_{mist}$

$m_{AR} = 14.8\, m_{comb}$

$14.8\, m_{comb} + m_{comb} = m_{mist}$

$15.8\, m_{comb} = 0.636 \text{ g}$

$$\boxed{m_{comb} = 0.040 \text{ g}}$$

$$\boxed{m_{AR} = 0.596 \text{ g}}$$

## ③ Cálculo da eficiência volumétrica

$$\eta_v = \frac{m_{AR}}{\rho_{AR} V_1} = \frac{0.596 \times 10^{-3}}{1.1707 \times (3.8 \times 10^{-4})} \Rightarrow \boxed{\eta_v = 134\%}$$

## ④ Cálculo do calor fornecido

$$Q_H = m_{comb} \times PCI = (0.040 \times 10^{-3})(39.249 \times 10^6)$$

$$\boxed{Q_H = 1580.33 \text{ J}}$$

## (5) Cálculo das diversas pressões e temperatura

| |
|---|
| $P_1 : 160$ kPa |
| $T_1 : 333$ K |

1-2 é isentrópico:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \Rightarrow \frac{P_2}{160} = (12.4)^{1.3860} \Rightarrow \boxed{P_2 = 5\,243.27 \text{ kPa}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{T_2}{333} = (12.4)^{0.380} \Rightarrow \boxed{T_2 = 866.851 \text{ K}}$$

2-3 ocorre com transferência de calor:

$$Q_H = m_{mist}\, c_v (T_3 - T_2)$$

$$1580.33 = (0.636 \times 10^{-3})(0.71649 \times 10^{3})(T_3 - 866.851)$$

$$\boxed{T_3 = 4334.861 \text{ K}}$$

$$V_2 = V_3 \rightarrow \begin{matrix} P_3 V_3 = m R T_3 \\ P_2 V_2 = m R T_2 \end{matrix} \rightarrow \frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} \rightarrow \boxed{P_3 = 26220 \text{ kPa}}$$

3-4 é isentrópico:

$$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma} \Rightarrow \frac{26220}{P_4} = (12.4)^{1.3860} \Rightarrow \boxed{P_4 = 800.111 \text{ kPa}}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{4334.86}{T_4} = (12.4)^{0.3860} \Rightarrow \boxed{T_4 = 1640.27 \text{ K}}$$

4-5 ocorre à volume constante:

$$P_4 V_4 = mRT_4 \quad P_5 V_5 = mRT_5 \rightarrow \frac{P_4}{P_5} = \frac{T_4}{T_5} \Rightarrow \boxed{T_5 = 207.056\,K}$$

⑥ Cálculo do trabalho líquido

$$W_{1\to2} = m_{mist}\frac{R(T_2 - T_1)}{1-\gamma} = \frac{(0.636\times10^{-3})(287)(866.851 - 333)}{1 - 1.3860}$$

$$\boxed{W_{1\to2} = -252.448\,J} \qquad \boxed{W_{2\to3} = 0 \ (\Delta V = 0)}$$

$$W_{3\to4} = m_{mist}\frac{R(T_4 - T_3)}{1-\gamma} = \frac{(0.636\times10^{-3})(287)(1640.27 - 4334.86)}{1 - 1.3860}$$

$$\boxed{W_{3\to4} = 1274.22\,J} \qquad \boxed{W_{4\to5} = 0 \ (\Delta V = 0)}$$

$$W_{5\to6} = P_5(V_6 - V_5) = (101\times10^3)(-3.8\times10^{-4} + 30.46\times10^{-6})$$

$$\boxed{W_{5\to6} = -35.4084\,J} \qquad \boxed{W_{6\to7} = 0 \ (\Delta V = 0)}$$

$$W_{7\to1} = P_7(V_1 - V_7) = (160\times10^3)(3.8\times10^{-4} - 30.46\times10^{-6})$$

$$\boxed{W_{7\to1} = 56.0313\,J}$$

$$\boxed{W_{liq} = \Sigma W = 1042.39\,J}$$

## 7) Cálculo da eficiência térmica

$$\eta = \frac{W_e}{Q_H} = \frac{1042.39}{1580.33} \rightarrow \boxed{\eta = 66\%}$$

## 8) Cálculo da pressão média efetiva

$$Imep = \frac{W_e}{V_d} = \frac{1042.39}{1.389 \times 10^{-3}/4}$$

$$\boxed{Imep = 3\,MPa}$$

## 9) Cálculo da potência a 6000 rpm

$$Pot = \frac{W.N}{n_R} = \frac{1042.39 \quad 6000}{2 \times 60}$$

$$\boxed{Pot = 52\,kW}$$

## 10) Cálculo do rendimento real

$$\eta_f = \frac{1}{bsfc \times PCI} = \frac{1}{\frac{270 \times 10^{-3}}{1000 \times 3600} \times 39.249 \times 10^{6}}$$

$$\boxed{\eta_f = 34\%}$$