

# Sistemas Energéticos

**3º ano 6º semestre**

**Aula 3**



# ***3 - Teoria da Combustão. Lei de Lavoisier - Prática***

## Problema 3.1 (I)

Para um combustível líquido que se queima num forno, tendo a seguinte composição, dada em massa seca: Carbono 42%, Hidrogénio 16%, Nitrogénio 9%, Oxigénio 28%, Enxofre 5%, Cinzas 0%, Humidade 2% e com o excesso de ar de 40%.

Determinar:

1. A massa de trabalho do combustível;
2. O volume teórico do ar;
3. O volume teórico dos gases biatómicos;
4. O volume teórico de água;
5. Volume dos gases triatómicos;
6. O volume real dos gases biatómicos;
7. O volume real de água;
8. O volume do oxigénio excedente;
9. O volume dos gases de combustão.

## Problema 3.1 Solução (I)

1. A massa de trabalho do combustível calcula-se de:

$$C^t = C^d \frac{100 - W^t}{100} = 41,16\%$$

$$H^t = H^d \frac{100 - W^t}{100} = 15,68\%$$

$$N^t = N^d \frac{100 - W^t}{100} = 8,82\%$$

$$O^t = O^d \frac{100 - W^t}{100} = 27,44\%$$

$$S^t = S^d \frac{100 - W^t}{100} = 4,90\%$$

$$A^t = A^d \frac{100 - W^t}{100} = 0\%$$

$$W^t = 2,0\%$$



## Problema 3.1 Solução (II)


2. O volume teórico do ar é dado por:

$$V_{ar}^0 = 0,0889(C^t + 0,375 \cdot S^t) + 0,269 \cdot H^t - 0,0336 \cdot O^t = 7,087 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$


3. O volume teórico dos gases biatómicos calcula-se de:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V_{ar}^0 + 0,008 \cdot N^t = 5,669 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

4. O volume teórico de água obtém-se de:


$$V_{H_2O}^0 = 0,1119 \cdot H^t + 0,0124 \cdot S^t + 0,0161 V_{ar}^0 = 1,894 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{com}} \right]$$

5. Volume teórico dos gases triatómicos:


$$V_{RO_2} = 1,867(C^t + 0,375 \cdot S^t) / 100 = 0,803 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

## Problema 3.1 Solução (III)

6. O volume real dos gases biatômicos calcula-se de:

$$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot 0,7739 \cdot V_{ar}^0 = 7,909 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$


7. O volume real de água obtém-se de:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 = 0,0161 (\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 = 1,940 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

8. O volume real dos gases triatômicos calcula-se de:

$$V_{RO_2} = 1,867(C^t + 0,375 \cdot S^t) / 100 = 0,803 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

9. O volume do oxigénio excedente obtém-se de:


$$V_{O_2} = 0,21(\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 = 0,595 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

10. O volume dos gases de combustão calcula-se de:

$$V_g = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O} + V_{O_2} = 11,238 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{com}} \right]$$

## Problema 3.2 (I)

Para um combustível sólido que se queima num forno, tendo a seguinte composição, dada em massa seca: Carbono 44%, Hidrogénio 12%, Nitrogénio 8%, Oxigénio 23%, Enxofre 7%, Cinzas 6%, Humidade 4% e com o excesso de ar de 20%.

Determinar:

1. A massa de trabalho do combustível;
2. O volume teórico do ar;
3. O volume teórico dos gases biatómicos;
4. O volume teórico de água;
5. O volume dos gases triatómicos;
6. O volume real dos gases biatómicos;
7. O volume real de água;
8. O volume do oxigénio excedente;
9. O volume dos gases de combustão.

## Problema 3.2 Solução (I)

1. A massa de trabalho do combustível calcula-se de:

$$C^t = C^d \frac{100 - W^t}{100} = 42,24\%$$

$$H^t = H^d \frac{100 - W^t}{100} = 11,52\%$$

$$N^t = N^d \frac{100 - W^t}{100} = 7,68\%$$

$$O^t = O^d \frac{100 - W^t}{100} = 22,08\%$$

$$S^t = S^d \frac{100 - W^t}{100} = 6,72\%$$

$$A^t = A^d \frac{100 - W^t}{100} = 5,76\%$$

$$W^t = 4,0\%$$





## Problema 3.2 Solução (II)


2. O volume teórico do ar é dado por:

$$V_{ar}^0 = 0,0889(C^t + 0,375 \cdot S^t) + 0,269 \cdot H^t - 0,0336 \cdot O^t = 6,445 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$


3. O volume teórico dos gases biatómicos calcula-se de:

$$V_{N_2}^0 = 0,7739 \cdot V_{ar}^0 + 0,008 \cdot N^t = 5,154 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

4. O volume teórico de água obtém-se de:


$$V_{H_2O}^0 = 0,1119 \cdot H^t + 0,0124 \cdot S^t + 0,0161 V_{ar}^0 = 1,441 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{com}} \right]$$

5. Volume teórico dos gases triatómicos:


$$V_{RO_2} = 1,867(C^t + 0,375 \cdot S^t) / 100 = 0,853 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

## Problema 3.2 Solução (III)

6. O volume real dos gases biatômicos calcula-se de:

$$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot 0,7739 \cdot V_{ar}^0 = 6,172 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$


7. O volume real de água obtém-se de:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 = 0,0161 (\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 = 1,461 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{com}} \right]$$

8. O volume real dos gases triatômicos calcula-se de:

$$V_{RO_2} = 1,867(C^t + 0,375 \cdot S^t) / 100 = 0,853 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

9. O volume do oxigénio excedente obtém-se de:


$$V_{O_2} = 0,21(\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 = 0,271 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

10. O volume dos gases de combustão calcula-se de:

$$V_g = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O} + V_{O_2} = 8,611 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{com}} \right]$$

## Problema 3.3

Para um combustível sólido que se queima num forno, tendo a seguinte composição, dada em massa de combustível: Carbono 47%, Hidrogénio 12%, Nitrogénio 8%, Oxigénio 30%, Enxofre 3%, Cinzas 4%, Humidade 5% e com o excesso de ar de 35%.

Determinar:

1. A massa de trabalho do combustível;
2. O volume teórico do ar;
3. O volume teórico dos gases biatómicos;
4. O volume teórico de água;
5. Volume dos gases triatómicos;
6. O volume real dos gases biatómicos;
7. O volume real de água;
8. O volume do oxigénio excedente;
9. O volume dos gases de combustão.

## Problema 3.3 Solução (I)

1. A massa de trabalho do combustível calcula-se de:

$$C^t = C^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 42,77\%$$

$$H^t = H^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 10,92\%$$

$$N^t = N^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 7,28\%$$

$$O^t = O^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 27,3\%$$

$$S^t = S^c \frac{100 - (A^t + W^t)}{100} = 2,73\%$$

$$A^t = 4,0\%$$

$$W^t = 5,0\%$$



## Problema 3.3 Solução (II)

2. O volume teórico do ar é dado por:

$$V_{ar}^0 = 0,0889(C^t + 0,375 \cdot S^t) + 0,269 \cdot H^t - 0,0336 \cdot O^t = 5,892 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

3. O volume teórico dos gases biatómicos calcula-se de:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V_{ar}^0 + 0,008 \cdot N^t = 4,713 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

4. O volume teórico de água obtém-se de:

$$V_{H_2O}^0 = 0,1119 \cdot H^t + 0,0124 \cdot S^t + 0,0161 V_{ar}^0 = 1,376 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{com}} \right]$$



5. Volume teórico dos gases triatómicos:

$$V_{RO_2} = 1,867(C^t + 0,375 \cdot S^t) / 100 = 0,818 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

## Problema 3.3 Solução (III)

6. O volume real dos gases biatómicos calcula-se de:

$$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot 0,7739 \cdot V_{ar}^0 = 6,34 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$


7. O volume real de água obtém-se de:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 = 1,4 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

8. O volume real dos gases triatómicos calcula-se de:

$$V_{RO_2} = 1,867(C^t + 0,375 \cdot S^t) / 100 = 0,818 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

9. O volume do oxigénio excedente obtém-se de:


$$V_{O_2} = 0,21(\alpha - 1) \cdot V_{ar}^0 = 0,43 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{comb}} \right]$$

10. O volume dos gases de combustão calcula-se de:

$$V_g = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O} + V_{O_2} = 8,993 \left[ \frac{m^3 N}{kg_{com}} \right]$$