

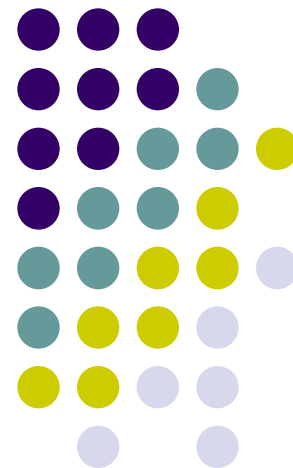


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA - EEL

BALANÇO DE MASSA E ENERGIA

REAÇÕES DE COMBUSTÃO

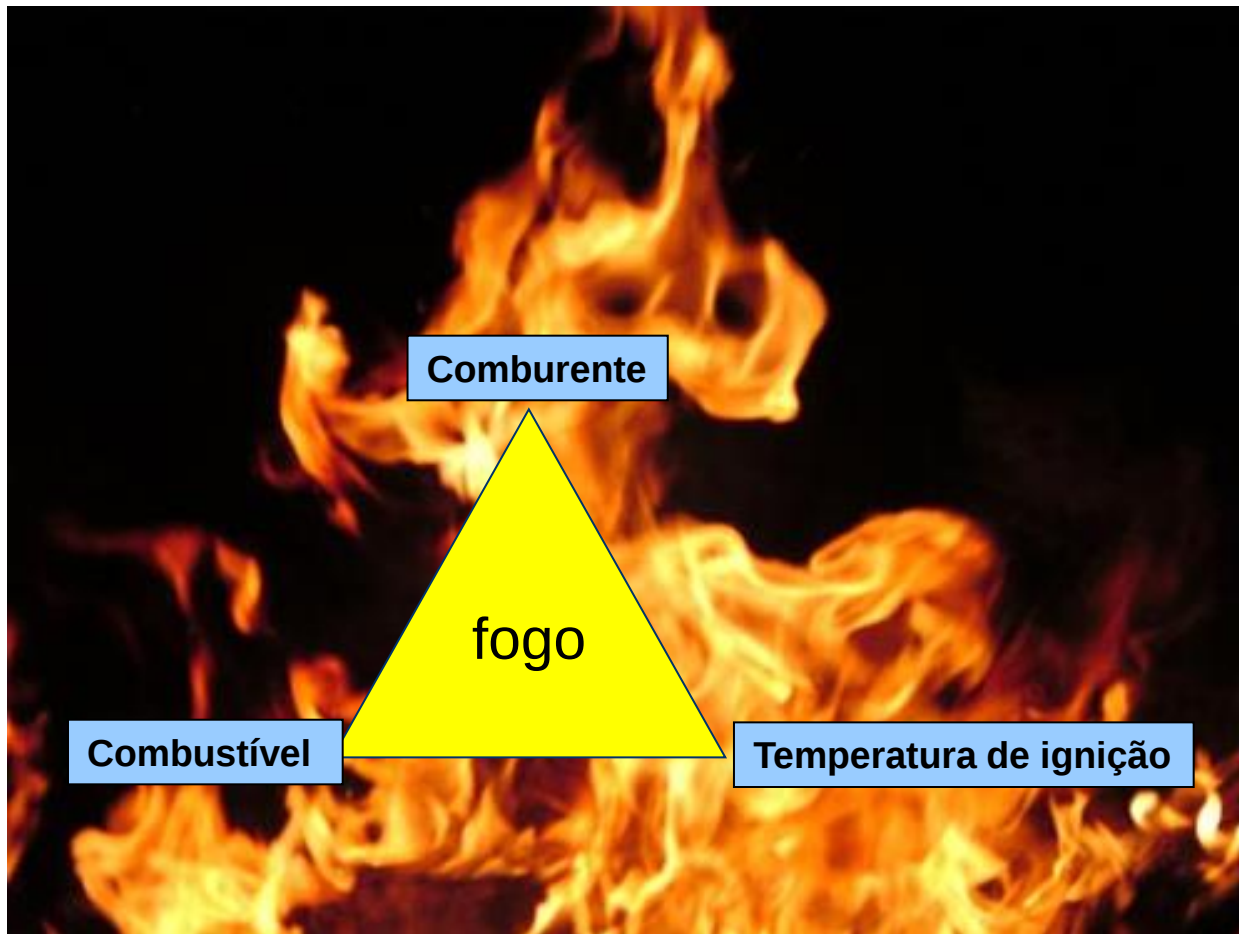
Professor : Geronimo



Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

☐ Combustão

É a reação de um combustível com o oxigênio.



Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

☐ Tipos de combustíveis



Carvão



Bagaço de cana



Óleo combustível

Independente do tipo de combustível, os átomos que reagem com oxigênio são Carbono (C), Hidrogênio (H) e Enxofre (S).

Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

❑ Processo de combustão

Combustão ou queima é uma reação química exotérmica entre uma substância (combustível) e um gás (comburente), geralmente o oxigênio para liberar calor.

Em geral, a fonte de oxigênio é o ar. Assim, considera-se a **massa molar média** do ar como:

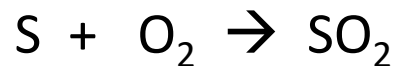
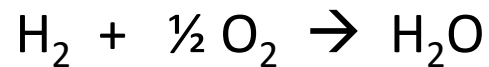
Composição molar: 21% em O_2 e 79% em N_2

$$\text{Massa molar média } (\overline{MM}) = (0,21 \times 32) + (0,79 \times 28) = 29$$

Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

❑ Processo de combustão

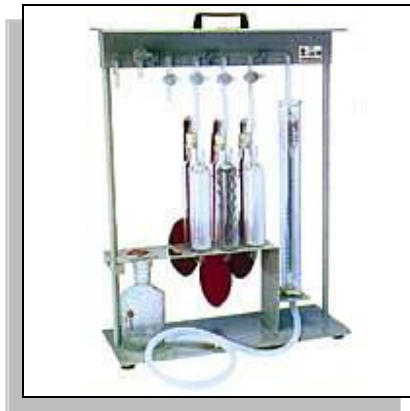
As reações de combustão ocorrem de acordo com seguintes equações:



Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

❑ Processo de combustão

A medição dos gases oriundos do processo de combustão pode ser realizada através do aparelho ORSAT.



Orsat

Ou



Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

Na análise de reações de combustão faz-se importante definir a composição: base úmida ou base seca.

Exemplo:

Considere um gás com a seguinte composição, base úmida:	CO_2	$\rightarrow$	20%
	CO	$\rightarrow$	15%
	N_2	$\rightarrow$	45%
	H_2O	$\rightarrow$	20%

Considerando 100 mols de gás, tem-se:

80 mols de gás seco + 20 mols de H_2O

Assim, a composição em base seca é dada por:

$$\begin{aligned} Y_{\text{CO}_2} &= 20/80 = 0,2500 \text{ (25,00\%)} \\ Y_{\text{CO}} &= 15/80 = 0,1875 \text{ (18,75\%)} \\ Y_{\text{N}_2} &= 45/80 = 0,5625 \text{ (56,25\%)} \end{aligned}$$

Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

□ Ar teórico e ar em excesso

Uma prática comum para aumentar a conversão de uma reação é alimentar o reagente mais barato em excesso em relação aos demais reagentes.

Em processos de combustão, o oxigênio oriundo do ar é alimentado em excesso. Assim, tem-se:

Oxigênio teórico: é a quantidade estequiométrica obtida a partir da quantidade de combustível.

Ar teórico: é a quantidade de ar que contém o oxigênio teórico.

Ar em excesso: é a quantidade de ar que excede a quantidade teórica.

Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

□ Ar teórico e ar em excesso

$$\% \text{ excesso de ar} = \frac{(\text{mols de ar})_{\text{alimentado}} - (\text{mols de ar})_{\text{teórico}}}{(\text{mols de ar})_{\text{teórico}}} \times 100$$

Sabe-se que o ar contém 21% de O_2 em base molar; logo, o **excesso de ar** também pode ser calculado a partir das quantidades de oxigênio alimentada e teórica, como segue:

$$\% \text{ excesso de ar} = \frac{(O_2)_{\text{alimentado}} - (O_2)_{\text{teórico}}}{(O_2)_{\text{teórico}}} \times 100$$

Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

Exemplo:

Em um equipamento de combustão, são alimentados 300 mols de propano por hora e 9.000 mols de ar por hora. Calcule a quantidade de oxigênio em excesso.

Solução:



O oxigênio teórico e o oxigênio alimentado são calculados como sendo:

$$\text{O}_2\text{teórico} = 300 \frac{\text{mol C}_3\text{H}_8}{\text{h}} \left(\frac{5 \text{ mol O}_2}{\text{mol C}_3\text{H}_8} \right)$$

$$\text{O}_2\text{teórico} = 1.500 \frac{\text{mol O}_2}{\text{h}}$$

$$\text{O}_2\text{alimentado} = 9000 \frac{\text{mol ar}}{\text{h}} \left(\frac{0,21 \text{ mol O}_2}{\text{mol ar}} \right)$$

$$\text{O}_2\text{alimentado} = 1.890 \frac{\text{mol O}_2}{\text{h}}$$

$$\text{AR}_{\text{excesso}} = \frac{1.890 - 1500}{1.500} \times 100$$

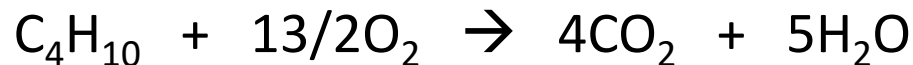
$$\text{AR}_{\text{excesso}} = 26 \%$$

Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

Proposto:

Em um equipamento de combustão, são alimentados 400 mols de butano por hora e 15.000 mols de ar por hora. Calcule a quantidade de oxigênio em excesso.

Solução:



$$\text{O}_2\text{teórico} = 400 \frac{\text{mol C}_4\text{H}_{10}}{\text{h}} \left(\frac{6,5 \text{ mol O}_2}{\text{mol C}_4\text{H}_{10}} \right)$$

$$\text{O}_2\text{teórico} = 2.600 \frac{\text{mol O}_2}{\text{h}}$$

$$\text{O}_2\text{alimentado} = 15.000 \frac{\text{mol Ar}}{\text{h}} \left(\frac{0,21 \text{ mol O}_2}{\text{mol Ar}} \right)$$

$$\text{O}_2\text{aliementado} = 3.150 \frac{\text{mol O}_2}{\text{h}}$$

$$\text{AR}_{\text{excesso}} = \frac{3.150 - 2.600}{2.600}$$

$$\text{AR}_{\text{excesso}} = 21 \%$$

Balanço de Massa envolvendo reações de combustão

Combustíveis de veículos automotivos alternativos à gasolina vêm sendo avaliados por gerarem menor quantidade de poluentes em confronto com a gasolina. O propano comprimido tem sido sugerido como combustível para veículo. Suponha que em um teste 20 kg de C_3H_8 são queimados com 400 kg de ar para produzir 44 kg de CO_2 e 12 kg de CO. Qual foi o percentual de excesso de ar?

Solução:

