

## C.02.01.A2 – Combustão e Equilíbrio Químico

Aplicação em FTAF – Finite Time Air-Fuel Otto Engine Model

Prof. C. Naaktgeboren, PhD



<https://github.com/CNThermSci/ApplThermSci>  
Compiled on 2020-09-13 06h54m02s UTC



Prof. C. Naaktgeboren, PhD

C.02.01.A2 – Combustão e Equilíbrio Químico



## Modelo de Ar

- Ar é modelado apenas como uma mistura de Oxigênio,  $O_2$ , e Nitrogênio,  $N_2$ ;
- A proporção é de  $\psi$  kmol de  $N_2$  para cada 1 kmol de  $O_2$ ;
- Nitrogênio será considerado gás inerte;
- Todos os demais gases inertes são modelados como sendo  $N_2$ ;
- Valor típico para  $\psi$  é de  $79/21 \approx 3,76$ .



Prof. C. Naaktgeboren, PhD

C.02.01.A2 – Combustão e Equilíbrio Químico



## Modelo de Combustível

- Molécula de combustível modelada como  $C n_C H n_H O n_O N n_N$ ;
- Valores  $n_C$ ,  $n_H$ ,  $n_O$ , e  $n_N$  são parâmetros ajustáveis;
- Seja  $\epsilon$  a quantidade de combustível por kmol de  $O_2$  estequiometricamente oxidada;

$$\epsilon^{-1} \equiv n_C + \frac{n_H}{4} - \frac{n_O}{2}.$$

- $\epsilon/(1+\psi)$  é a razão combustível-ar estequiométrica.



Prof. C. Naaktgeboren, PhD

C.02.01.A2 – Combustão e Equilíbrio Químico



## Razão de Equivalência:

- Seja  $\phi$  a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:

$$\phi \equiv \frac{n_f/n_{air}}{\epsilon/(1+\psi)}, \quad \text{assim,}$$

- $\phi < 1$  modela misturas combustível-ar com excesso de ar (pobre em combustível);
- $\phi > 1$  modela misturas combustível-ar com excesso de combustível (pobre em ar); e
- $\phi = 1$  modela misturas combustível-ar estequiométricas.



Prof. C. Naaktgeboren, PhD

C.02.01.A2 – Combustão e Equilíbrio Químico



## Mistura Ar-Combustível:

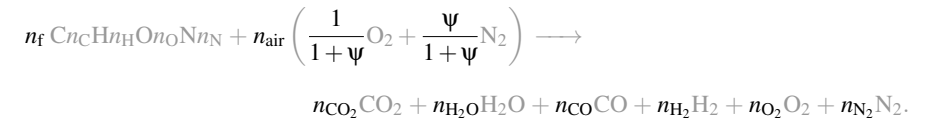
- Quantidades químicas **reais** de ar e combustível são  $n_{\text{air}}$  e  $n_f$  ...
- ... na câmara de combustão fechada ao final da admissão, assumindo  $(P_0, V_0, T_0)$
- com  $P_0 \leq P_{\text{atm}}$ ,  $T_0 \approx T_{\text{atm}}$ , para motores aspirados e  $V_0 \approx V_{\text{PMI}}$ . Assim:

$$n_f = \frac{P_0 V_0}{\bar{R} T_0} \cdot \frac{\phi \varepsilon}{1 + \psi + \phi \varepsilon},$$

$$n_{\text{air}} = \frac{P_0 V_0}{\bar{R} T_0} \cdot \frac{1 + \psi}{1 + \psi + \phi \varepsilon}.$$

## Reação de Combustão Básica:

- A reação de combustão básica é:



- Hipótese: oxidação **mais completa** possível:
- $(\phi \leq 1)$ : sem produção de CO e  $\text{H}_2 \longrightarrow n_{\text{CO}} = n_{\text{H}_2} = 0$  kmol, e o sistema fecha;
- $(\phi > 1)$ : todo  $\text{O}_2$  é utilizado  $\longrightarrow n_{\text{O}_2} = 0$  kmol, e requer-se mais equações!

## Razão de Equivalência:

- Seja  $\phi$  a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:

$$\phi \equiv \frac{n_f / n_{\text{air}}}{\varepsilon / (1 + \psi)}, \quad \text{assim,}$$

- $\phi < 1$  modela misturas combustível-ar com **excesso de ar** (pobre em combustível);
- $\phi > 1$  modela misturas combustível-ar com **excesso de combustível** (pobre em ar); e
- $\phi = 1$  modela misturas combustível-ar estequiométricas.

## Razão de Equivalência:

- Seja  $\phi$  a razão de equivalência, ou a razão combustível-ar real pela estequiométrica:

$$\phi \equiv \frac{n_f / n_{\text{air}}}{\varepsilon / (1 + \psi)}, \quad \text{assim,}$$

- $\phi < 1$  modela misturas combustível-ar com **excesso de ar** (pobre em combustível);
- $\phi > 1$  modela misturas combustível-ar com **excesso de combustível** (pobre em ar); e
- $\phi = 1$  modela misturas combustível-ar estequiométricas.