

## Sumário da Parte I

### A.03.01 – Trabalho de Fronteira (Sistemas Fechados)

Prof. C. Naaktgeboren, PhD



<https://github.com/CNThermSci/AplThermSci>

Compiled on 2020-09-10 20h25m09s UTC

#### Apresentação do Trabalho de Fronteira

Definição

Aplicações

#### Tópicos de Leitura



## Sumário da Parte II

#### Quantificação do Trabalho de Fronteira

Trabalho de Fronteira De Processo

Trabalho de Fronteira de Ciclo

#### Tópicos de Leitura

## Parte I

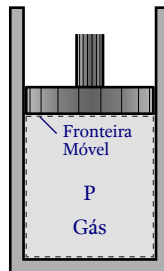
### Apresentação do Trabalho de Fronteira



## Trabalho de Fronteira – Definição

Trabalho de fronteira,  $W_f$  (kJ)

- ▶ É a **interação energética**
- ▶ de um **sistema compressível**
- ▶ capaz de **diretamente** realizar
- ▶ **trabalho mecânico**
- ▶ por meio de uma **fronteira móvel**.



## Trabalho de Fronteira – Aplicações

Aplicações incluem:

- ▶ Motores de combustão interna
- ▶ Motores **Stirling**
- ▶ Compressores alternativos
- ▶ Motores **lineares**
- ▶ Elevadores de carga e atuadores
- ▶ Expansores **criogênicos**



Image by Schlaich Bergermann und Partner from wikipedia.org



Image by DarkWorkX from pixabay.com



Image by NASA Goddard Space Flight Center from flickr.com

## Tópicos de Leitura I



Çengel, Y. A. e Boles, M. A.

*Termodinâmica 7ª Edição. Seção 4-1.*

AMGH. Porto Alegre. ISBN 978-85-8055-200-3.

## Parte II

## Quantificação do Trabalho de Fronteira

## Trabalho de Fronteira – Diferencial

$$\delta W_f \equiv (|\vec{F}| \cdot |d\vec{\ell}|) \times \frac{A}{A} \rightarrow$$

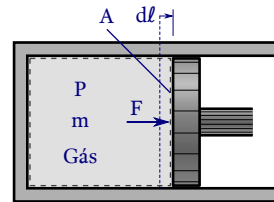
$$\delta W_f = \frac{F}{A} \cdot A d\ell \rightarrow$$

$$\left( \frac{F}{A} \equiv P, \quad A d\ell \equiv dV \right) \rightarrow$$

$$(\delta W_f = P dV) / m \rightarrow$$

$$\delta w_f = P dv$$

$W_f > 0$  quando o **sistema executa** trabalho



## Trabalho de Fronteira – Processo

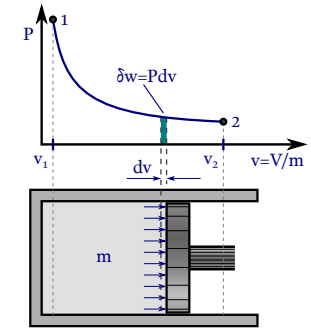
Processo de **quase-equilíbrio** 1–2:

$$\delta w_f = P dv$$

$$\left( w_{12} = \int_1^2 \delta w_f = \int_1^2 P dv \right) \times m \rightarrow$$

$$W_{12} = \int_1^2 \delta W_f = \int_1^2 P dV \quad \therefore$$

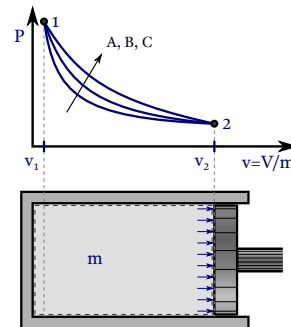
$W_f$  é a **área** sob o processo em **coordenadas**  $P - V$ .  
 $w_f$  é a **área** sob o processo em **coordenadas**  $P - v$ .



## Trabalho de Fronteira – Caminho

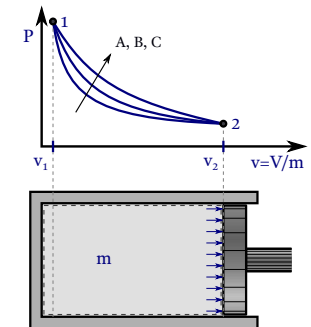
Trabalho de fronteira,  $w_f$  ou  $W_f$ :

- ▶ Depende do **caminho** 1–2
- ▶  $\int_1^2 \delta w_f = w_{12} \neq "w_2" - "w_1"$
- ▶ A **diferença** entre caminhos é determinada pelas demais interações de energia durante o processo 1–2
- ▶ Em **sistemas compressíveis simples**, o **calor** é a única outra interação de energia.



## Trabalho de Fronteira – Ciclo

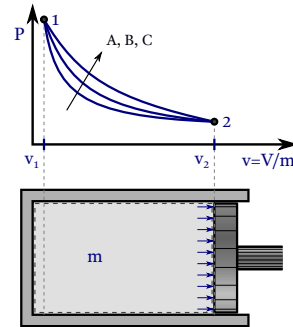
- ▶ A dependência do caminho permite que um sistema executando um vai-vém (**ciclo mecânico**) possa tanto (i) produzir ou (ii) consumir uma quantidade **líquida** de trabalho.
- ▶ Basta escolher os caminhos de ida e volta no processo termodinâmico.
- ▶ Se os **estados** periodicamente visitados pelo sistema forem **os mesmos**, o sistema estará executando um **ciclo termodinâmico**.



## Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via 'C' e 2–1 via 'A':

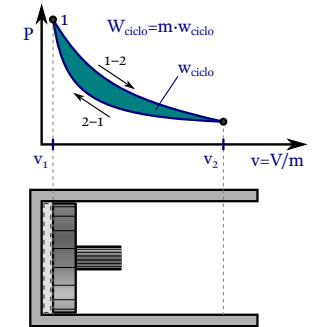
- ▶ Ciclo **motor**, que **produz**  $W_{liq}$
- ▶  $W_{acum}$  mostrado sob os processos
- ▶ Exp. 1–2 **produz** trabalho  $W_{12} > 0$
- ▶ Retorno ao estado 1 requer **consumo** de trabalho
- ▶ Compr. 2–1 **produz** trabalho  $W_{21} < 0$
- ▶  $W_{ciclo} = (W_{12} + W_{21}) > 0$  é igual à **área do ciclo** em **coordenadas  $P - V$** .



## Trabalho de Fronteira – Ciclo

Ciclo 1–2 via 'C' e 2–1 via 'A':

- ▶ Ciclo **motor**, que **produz**  $W_{liq}$
- ▶  $W_{acum}$  mostrado sob os processos
- ▶ Exp. 1–2 **produz** trabalho  $W_{12} > 0$
- ▶ Retorno ao estado 1 requer **consumo** de trabalho
- ▶ Compr. 2–1 **produz** trabalho  $W_{21} < 0$
- ▶  $W_{ciclo} = (W_{12} + W_{21}) > 0$  é igual à **área do ciclo** em **coordenadas  $P - V$** .



## Tópicos de Leitura I

Çengel, Y. A. e Boles, M. A.  
*Termodinâmica 7ª Edição. Seção 4-1.*  
 AMGH. Porto Alegre. ISBN 978-85-8055-200-3.

