

SEM0360

Fundamentos Termodinâmicos

AULA 1: Introdução e conceitos básicos

Arthur V. S. Oliveira
(avs.oliveira@usp.br)



Ementa do curso

- **Conceitos e definições:** Aplicações da Termodinâmica, sistemas termodinâmicos e fronteiras, estados e processos termodinâmicos, regimes de operação, conceitos elementares sobre energia, pressão e temperatura.
- **Interações de Calor e Trabalho:** Definição de trabalho termodinâmico e cálculo de alguns tipos de trabalho. Definição de Calor e seus mecanismos básicos. Regras de sinais.
- **Lei de Conservação da Energia para sistemas fechados:** Conservação de energia para sistemas adiabáticos fechados, experimento de Joule, consideração das interações de calor. Aplicações da conservação de energia em sistemas simples.

Ementa do curso

- **Algumas propriedades termodinâmicas de uma substância pura:** Definições básicas de propriedades intensivas e extensivas (energia interna, entalpia, volume específico, densidades, calores específicos). Cálculo das propriedades para gases ideais, substâncias incompressíveis e substâncias com mudança de fase.
- **Conservação da Energia em Volumes de Controle:** Conservação da massa e energia em volumes de controles. Solução de problemas simples.

Ementa do curso

- **Segundo princípio da Termodinâmica:** Enunciados do segundo princípio da termodinâmica. Desigualdade de Clausius, solução de exemplos simples.
- **Entropia e sua aplicação em sistemas termodinâmicos simples:** Definição da entropia, balanços de entropia em sistemas fechados e abertos. Solução de problemas simples.
- **Introdução a sistemas térmicos de potência:** Eficiências e rendimentos de sistemas e de seus diferentes componentes. Resolução de problemas simples sobre sistemas de potência.

Avaliação

- Duas provas (P1 e P2):

$$MS = 50\%.P1 + 50\%.P2$$

- Listas dadas em algumas aulas para complementar notas das provas (até 0,5 ponto por prova)

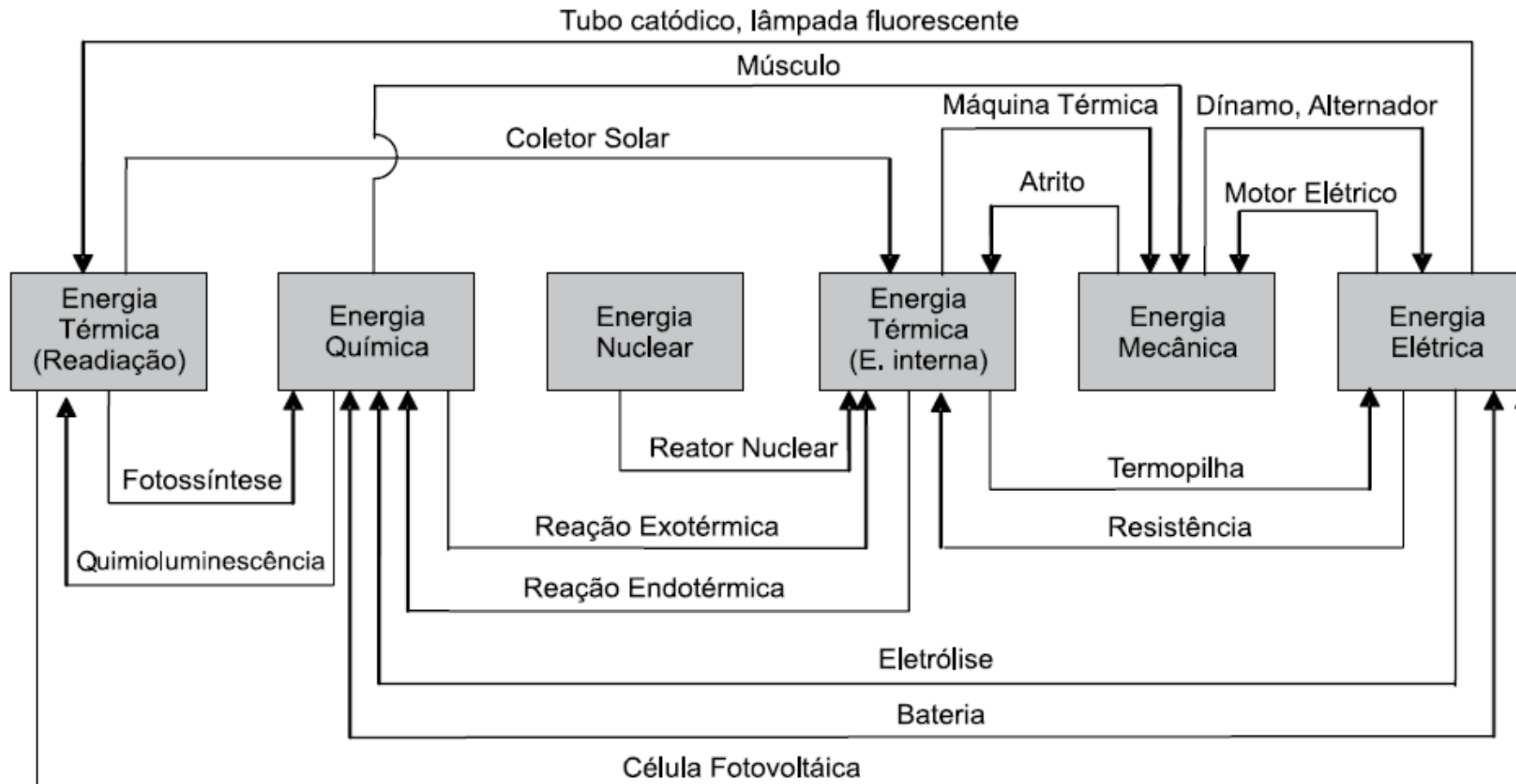
O que é termodinâmica?

- Ciência da energia
- Inicialmente: calor \rightarrow força
- Hoje: todos os aspectos de energia e suas transformações
 - Transformação para energia elétrica
 - Refrigeração
 - Ciclos de potência
 - Relações de propriedades da matéria

O que é energia?

- Ponto de vista técnico
 - Definição comum, porém incompleta:
 - Medida da capacidade de um corpo ou sistema de realizar trabalho
 - Definição mais completa por Maxwell (1872):
 - Energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste à esta mudança.
- Ponto de vista humano – depende...
 - Commodity, necessidade social, recurso ecológico ou estratégico, ...

Transformações da energia

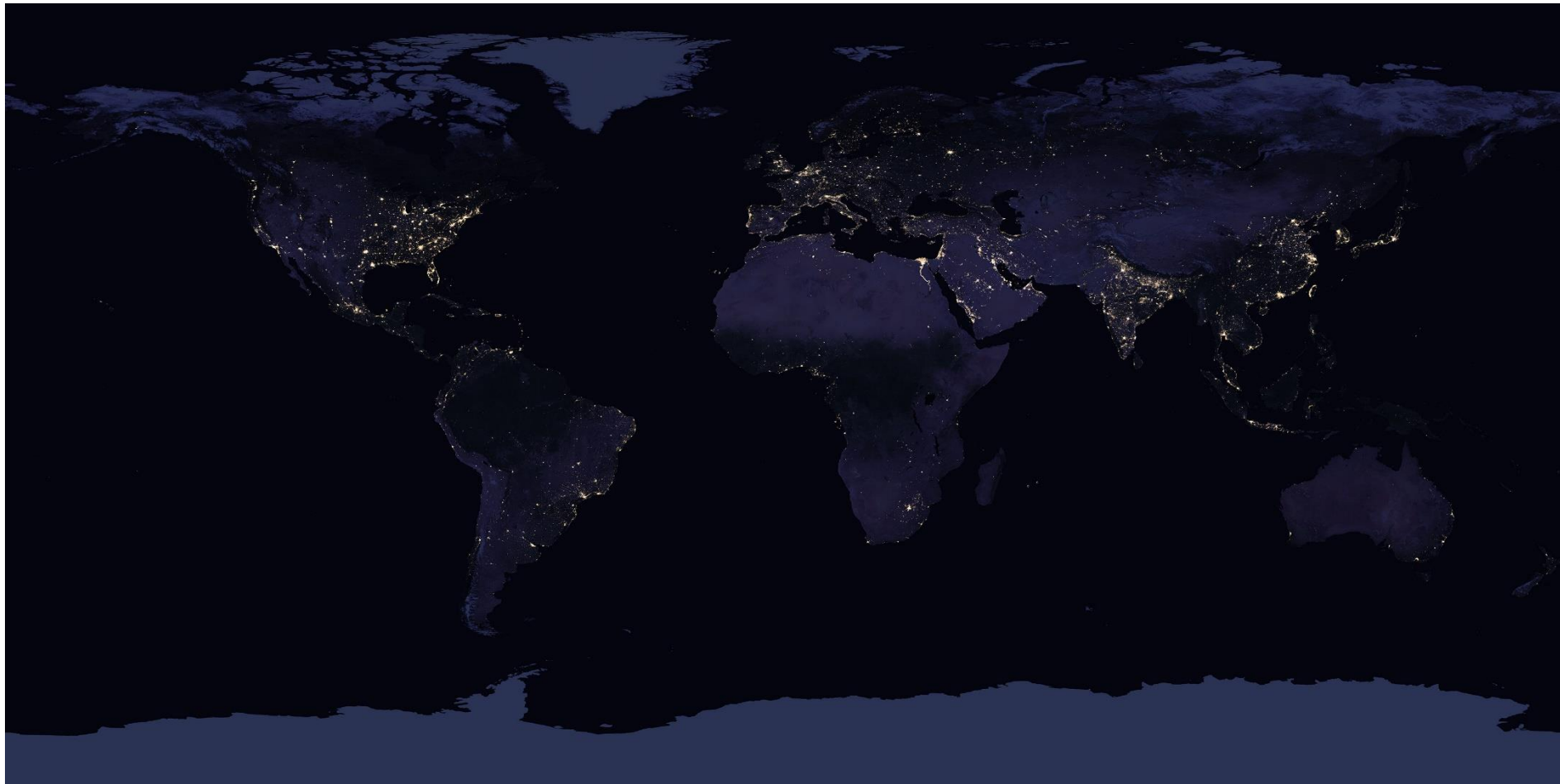


Fonte:
PROCEL – Conservação
da Energia

“Objetivos” do uso da termodinâmica

- Pré-história: sobreviver – uso do fogo
- Antes do Séc. XVIII: máquina simples (hidráulicas), armas, iluminação...
- Séc. XVIII: criar métodos de potência por máquinas
 - Revolução Industrial: máquinas a vapor
- Séc. XIX-XX: criar máquinas mais eficientes e viáveis
- Séc. XXI: criar máquinas mais eficientes e “verdes”

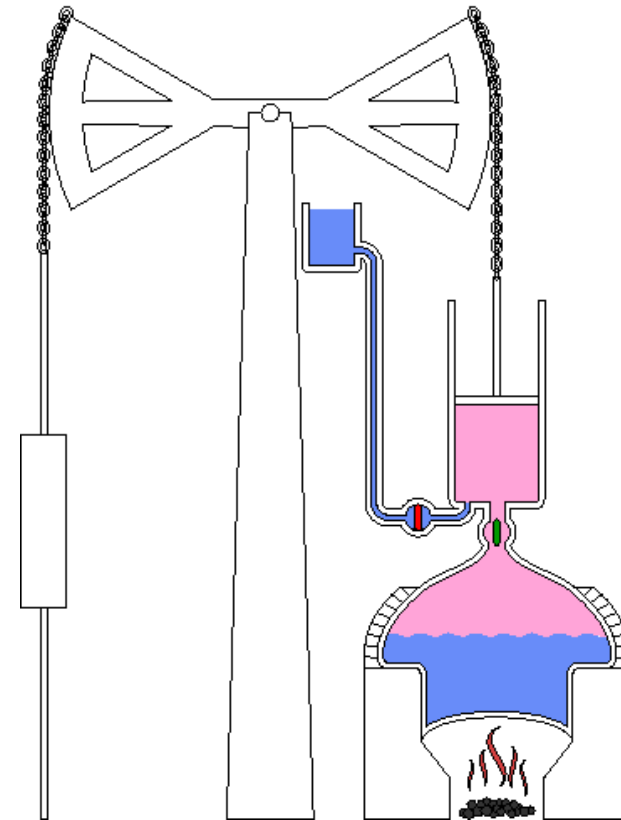
Terra à noite (NASA 2016)



Algumas máquinas a vapor durante a história

- Motor de Newcomen (1712)
- Bombeamento de água
- Câmara de evaporação e condensação é a mesma
- Baixíssima eficiência
- Custo em 1811: £ 352.42*

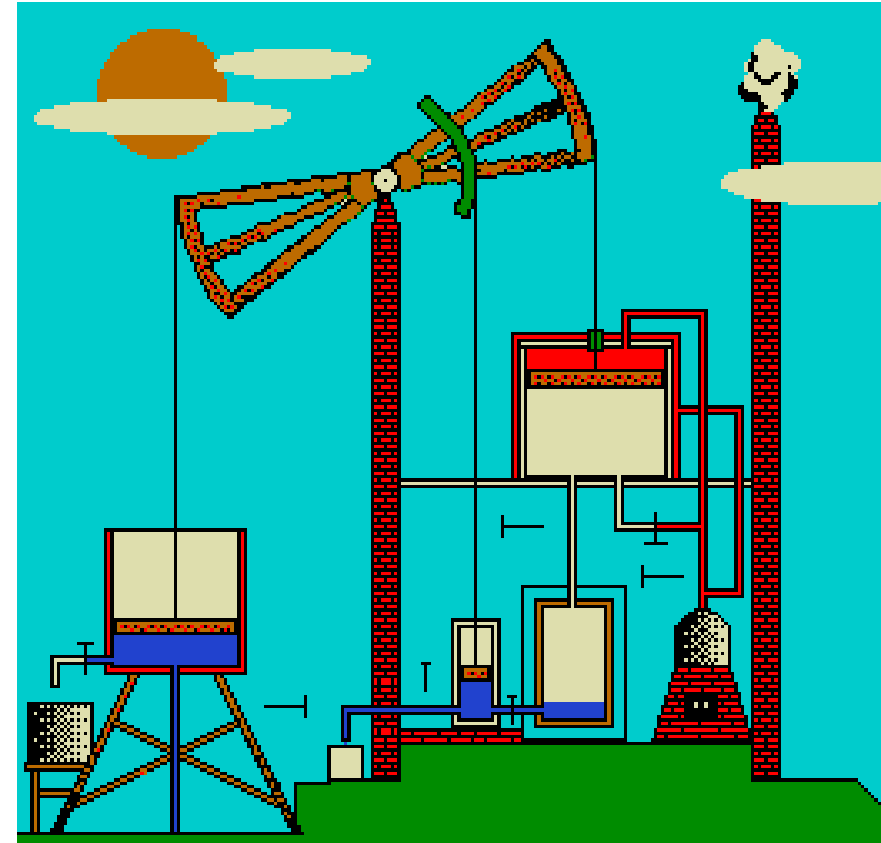
* National Museums Scotland



Fonte:
Wikipedia

Algumas máquinas a vapor durante a história

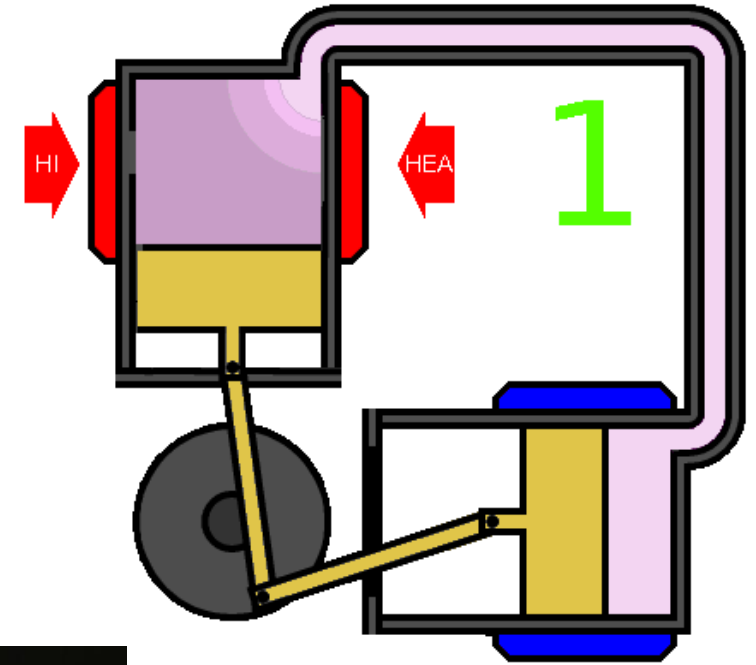
- Motor de Watt (1769)
- Melhoria da máquina de Newcomen após reparo na Universidade de Glasgow
- Separação da câmara de evaporação e condensação: fim de ciclagem térmica
- Primeiras máquinas: 1/4 do combustível de Newcomen
- 1 máquina = 20 cavalos
- Remuneração: royalties anuais pela redução do custo com a implementação da máquina (1/3 do custo de 20 cavalos)
- Watt recebeu £ 76.000 em royalties



Fonte:
School of Chemistry,
University of Bristol

Algumas máquinas a vapor durante a história

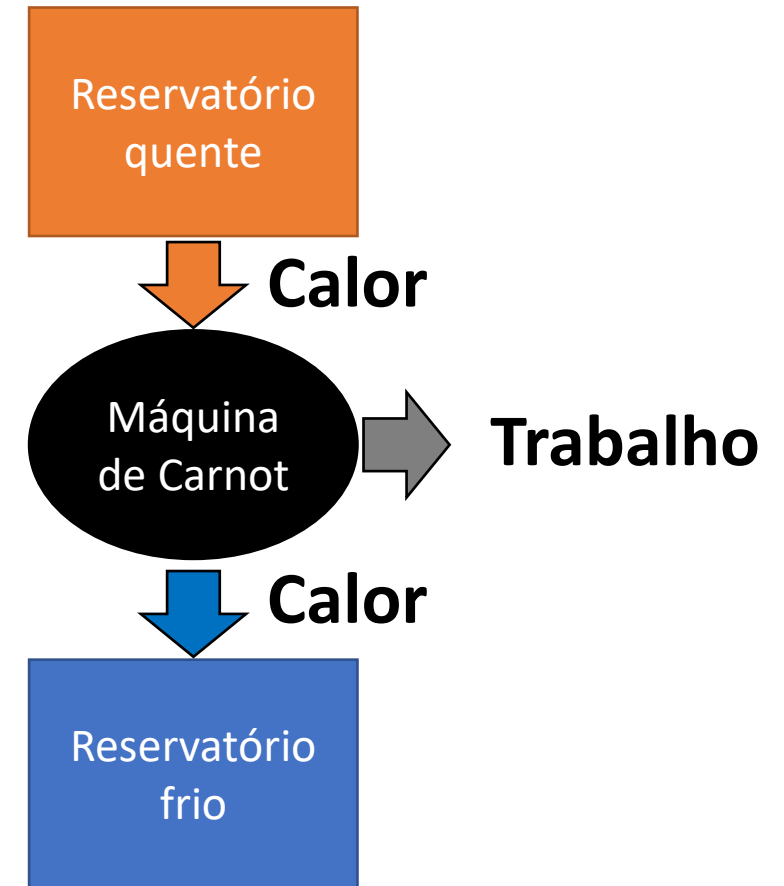
- Motor de Stirling (1816)
- Ciclos de compressão e expansão do ar com fontes de diferentes temperaturas
- Hoje: uso motivado para recuperação de energia térmica (*waste heat*)



Fonte:
Wikimedia

Algumas máquinas a vapor durante a história

- Máquina de Carnot (1824)
- Não existe, máquina hipotética
- Modelo teórico para a maior eficiência possível de uma máquina térmica
- Base para a segunda lei da termodinâmica



Algumas máquinas a vapor durante a história

- Motores Otto (1861 e 1877)
- Ignição por centelha
- Motores 2 tempos (1861)
 - Muito usado em motores pequenos (motosserras, cortadores de grama, motos)
- Motores 4 tempos (1877)
 - Muito usado em veículos automotores
- Motores Diesel (1892)
- Ignição por compressão
- Altas taxas de compressão
- Aplicações:
 - Veículos automotores
 - Tratores
 - Motores estacionários (grupos geradores)

Aula de hoje

- Moran e Shapiro (8ª ed): Capítulo 1
- Çengel e Boles (7ª ed): Capítulo 1

Primeiras definições para sistemas

- **Sistema**

- Quantidade de massa definida em estudo

- **Vizinhança**

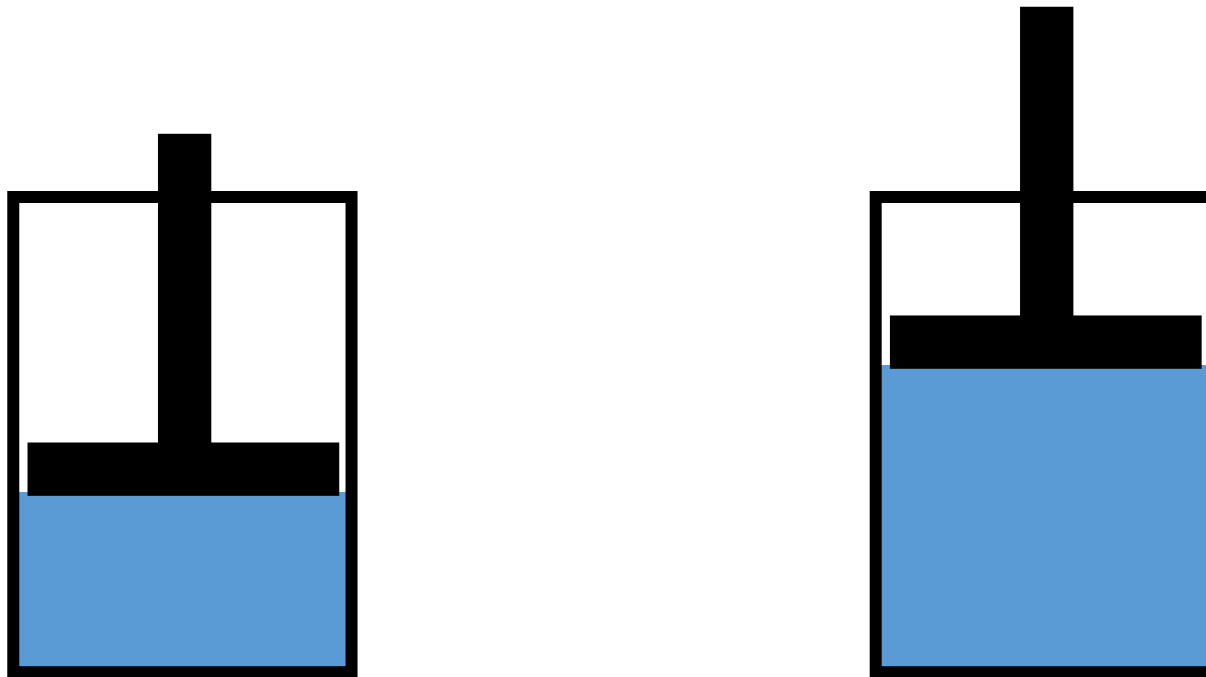
- Massa, região e elementos fora do sistema

- **Fronteira**

- Interface que separa o sistema da vizinhança

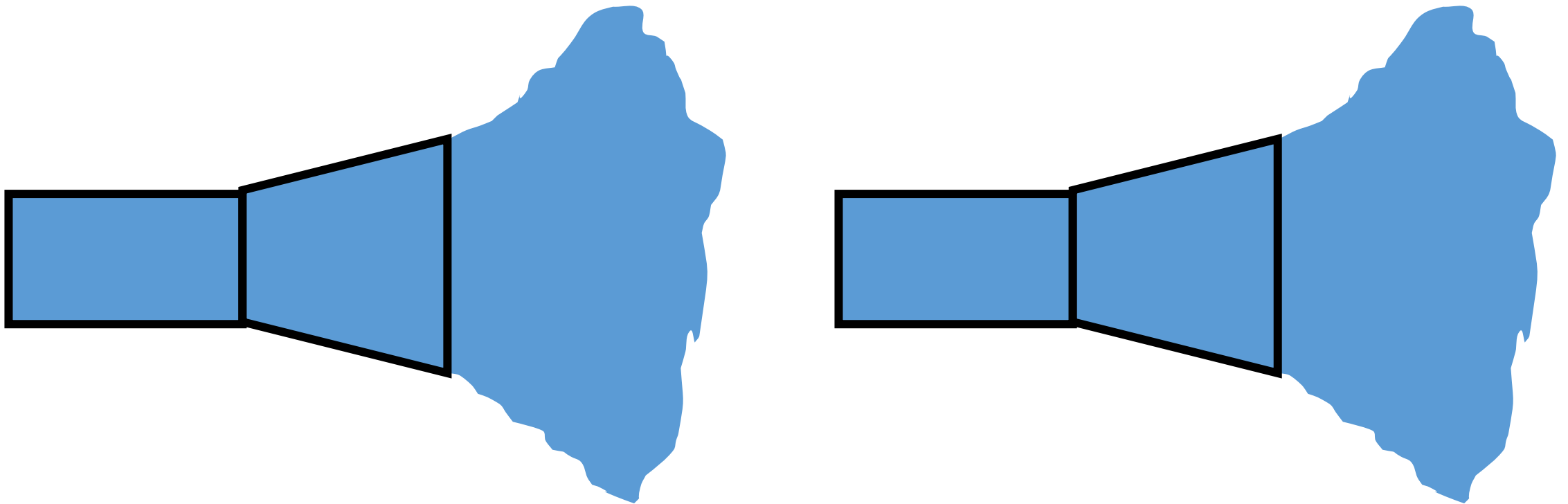
Primeiras definições para sistemas

- Exemplo: pistão em expansão, estudo do gás interno



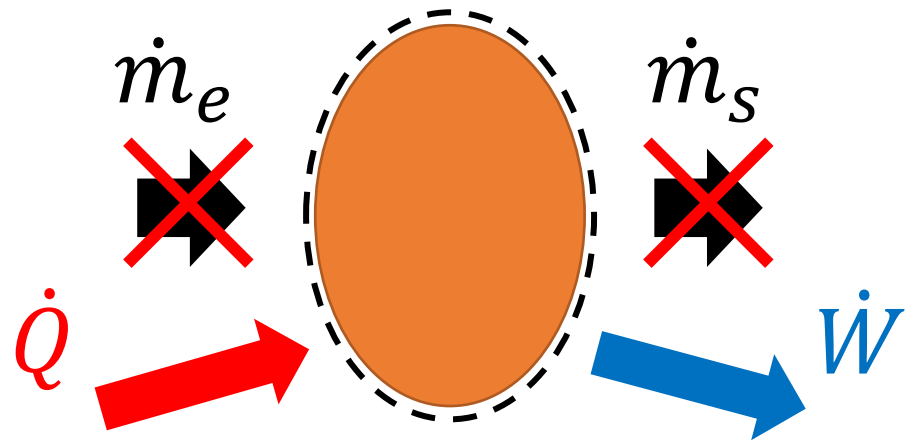
Primeiras definições para sistemas

- Exemplo: escoamento em um bocal divergente aberto



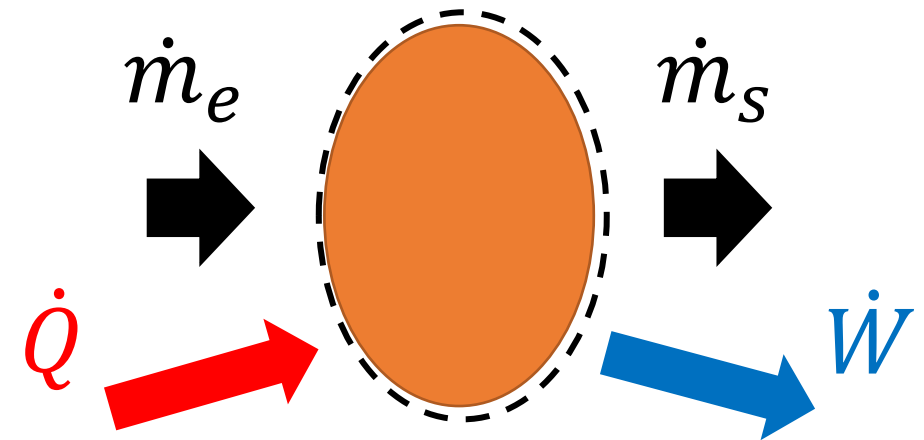
Sistemas vs Volumes de Controle (VC)

SISTEMA



- **Permite** a troca de energia com a vizinhança por calor e trabalho pela fronteira
- **Não permite** a troca de massa com a vizinhança

VOLUME DE CONTROLE



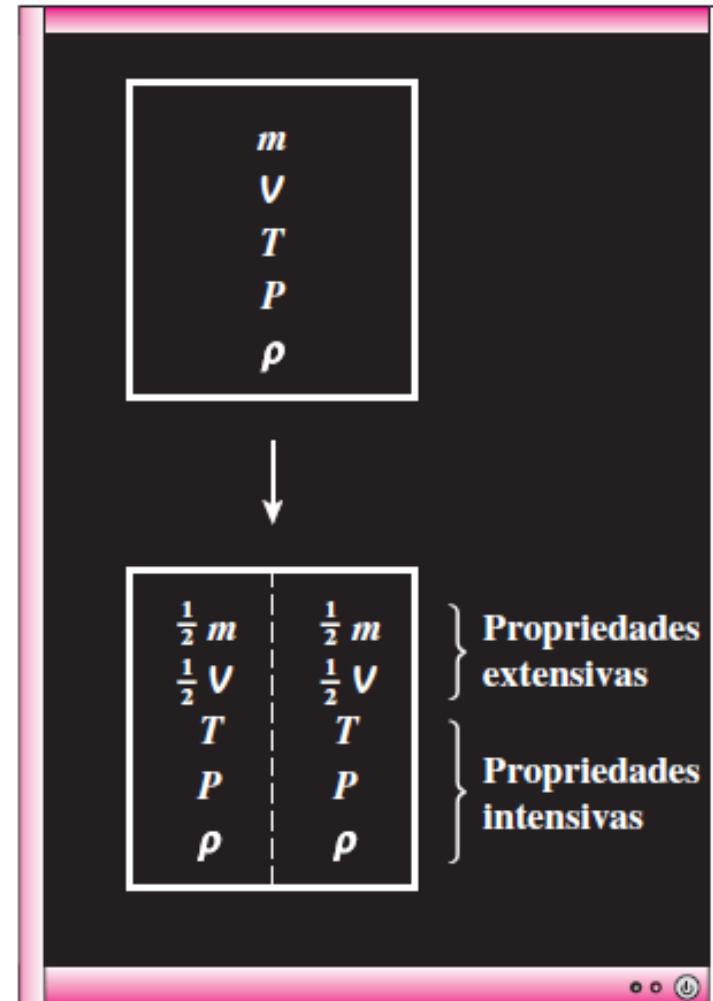
- **Permite** a troca de energia com a vizinhança por calor e trabalho pela fronteira
- **Permite** a troca de massa com a vizinhança pela fronteira

Propriedades de um sistema

- **Definição:** qualquer característica de um sistema
 - Mais detalhes na próxima aula
- **Propriedades extensivas:** dependem da quantidade do tamanho do sistema (massa e volume)
 - Exemplo: massa total, volume total, quantidade de movimento total, ...
- **Propriedades intensivas:** não dependem da quantidade do tamanho do sistema (massa e volume)
 - Exemplo: pressão, temperatura, massa específica, volume específico, ...

Propriedades de um sistema

- Como diferenciar se a propriedade é intensiva ou extensiva?



Fonte:
Çengel e Boles,
7ª ed, 2013

Estados e processos termodinâmicos

- **Estado:** conjunto de propriedades que descrevem a condição de um sistema
 - Postulado de estado: “O estado de um sistema compressível simples é completamente especificado por duas propriedades intensivas independentes.”
- **Equilíbrio:** ausência de potenciais desbalanceados dentro do sistema
- **Processo:** mudança de um sistema de um estado de equilíbrio para outro.

Variação no tempo ou no espaço

- Regimes permanente *vs* transiente
 - **Permanente:** não há variações no tempo
 - **Transiente:** há variações no tempo
 - Motor de um carro? Motor estacionário?
- Uniforme *vs* não-uniforme
 - **Uniforme:** não há variações espaciais
 - **Não-uniforme:** há variações espaciais
 - Carros na Anhanguera (pista esquerda)? Ocupação das mesas do bandeirão (todas uniformemente ocupadas)?