

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS



Operações Unitárias I

Fundamentos de Balanço de Material

AULA 6

Profa. Dra. Bianca Chierregato Maniglia

biancamaniglia@usp.br

biancamaniglia@iqsc.usp.br

Lei da conservação das massas



“A massa não pode ser criada nem destruída, porém, pode ser transformada”

Restrição imposta pela natureza

Balances de massa ou de material

- ❑ **Avaliação econômica** e no **controle e melhoria** de processos; ←
- ❑ Permite calcular **rendimentos** obtidos em cada etapa operacional; ←
- ❑ Auxilia o projetista a selecionar **melhores opções**; ←
- ❑ Influencia na tomada de decisão; ←
- ❑ Dimensionamento de equipamentos, mudança de escala; ←
- ❑ Definir cálculos quantitativos em processos de transformação físicos e químicos da matéria aplicando-se a lei da conservação da massa. ←

**“Quanto entra, quanto sai, quanto é gerado,
acumulado ou consumido”**

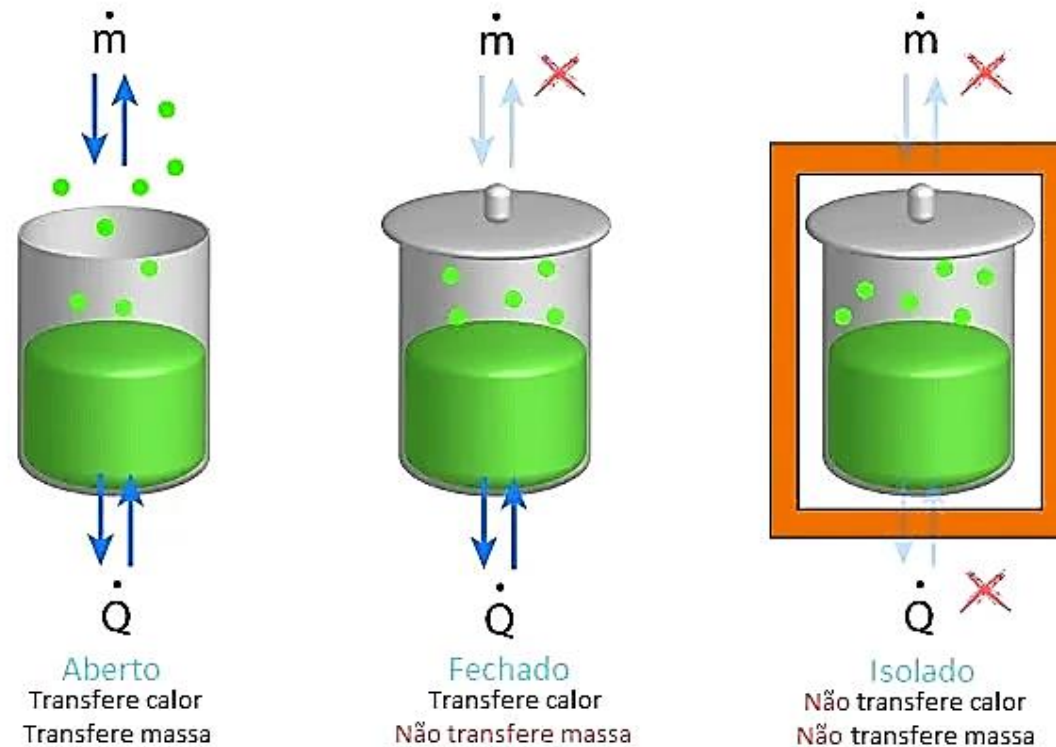
Definições importantes:

IMPORTANTE

Sistema termodinâmico: qualquer porção do universo selecionada para análise

Unidade de processo ou um conjunto de etapas.

O sistema é delimitado por suas fronteiras, que é uma linha imaginária que o separa de sua vizinhança

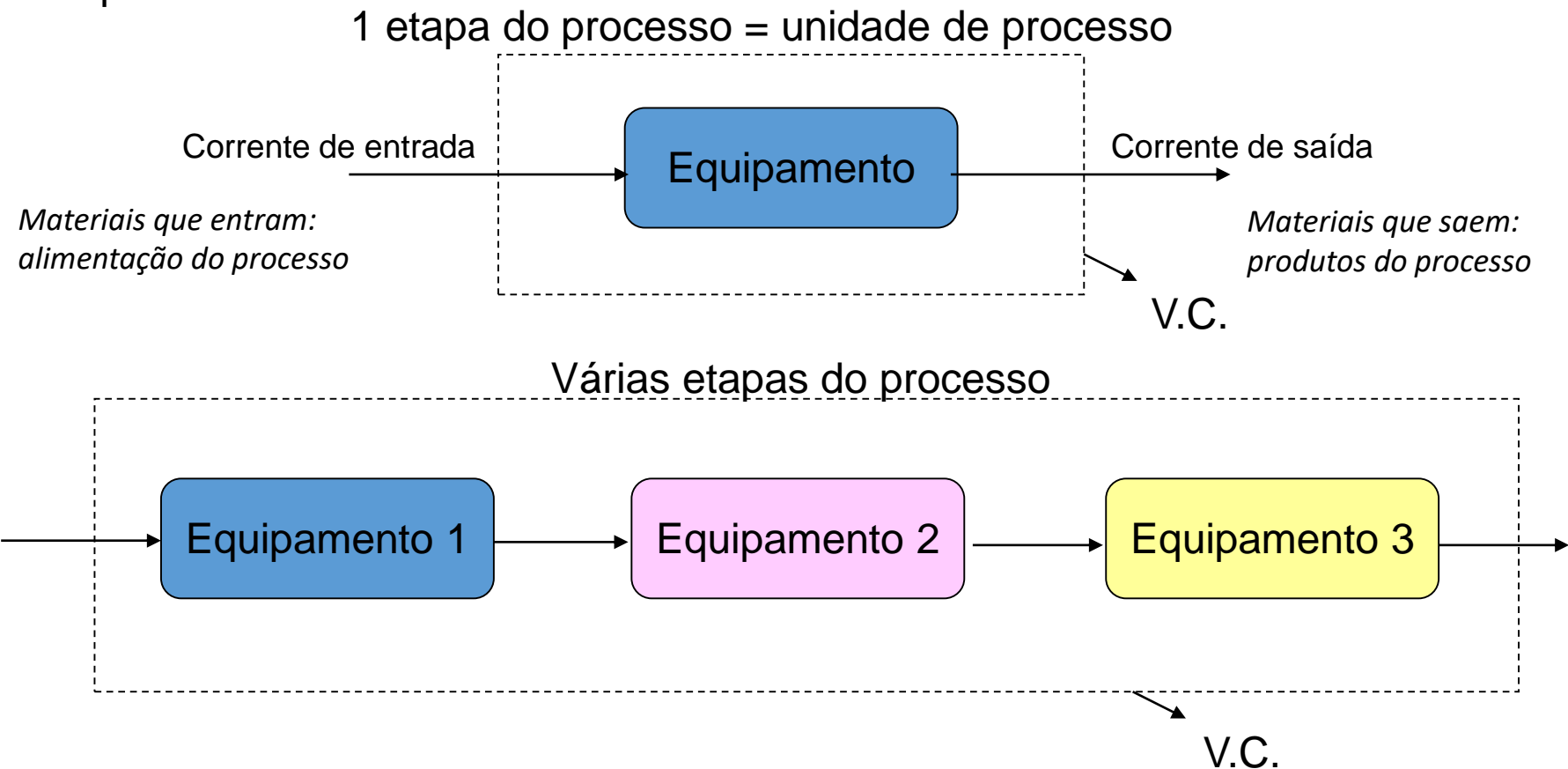


Definições importantes:



Volume de controle: sistema delimitado (escolhido) para se aplicar o balanço de massa.

Exemplos:



Classificação de processos

Regime de operação

Contínuos
"continuous"

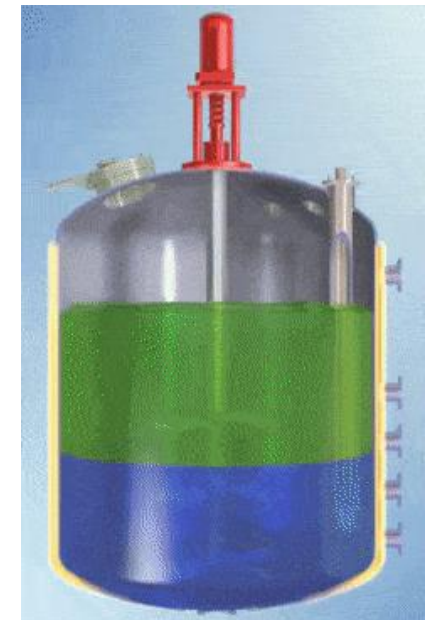
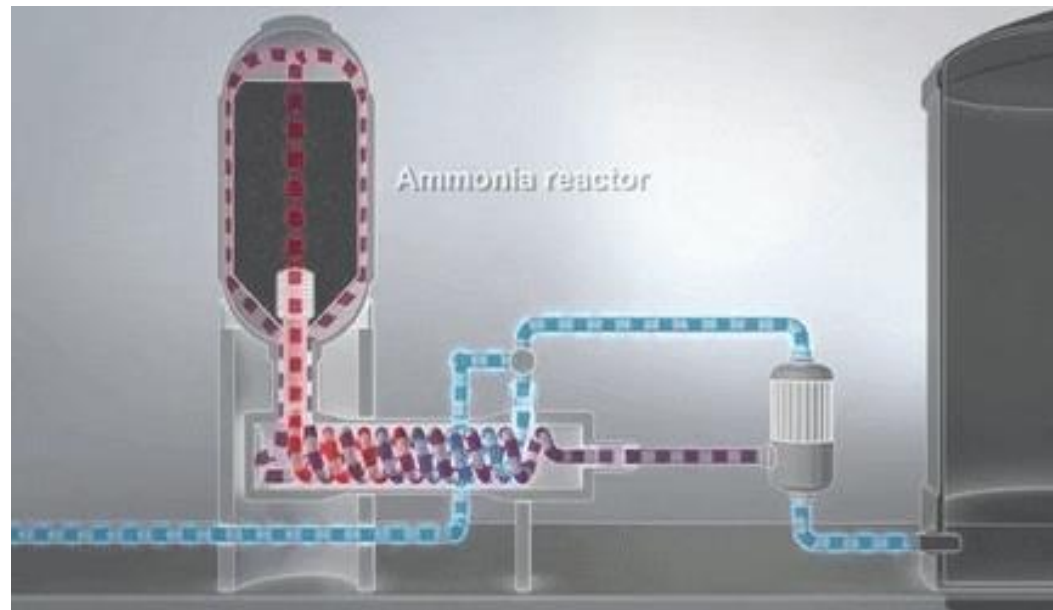
Há alimentação e retirada de produtos continuamente
(contínua passagem de matéria através das fronteiras do sistema)

Descontínuos
Batelada
"batch"

Alimentação introduzida de uma única vez (início) e depois todos os produtos são retirados (final)
(sem passagem de matéria através das fronteiras do sistema)

Semi-contínuos
Semi-batelada
"semi batch"

Entrada instantânea e a saída é contínua (vice-versa)
(contínua passagem de matéria através de uma fronteira do sistema)



Classifique esse processo em relação ao regime de operação

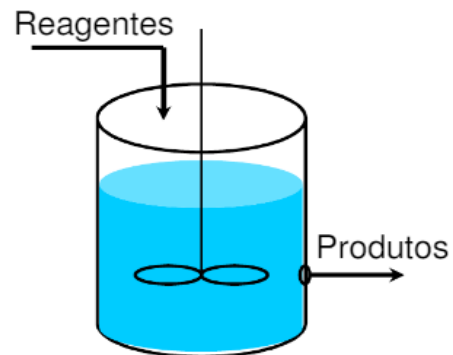
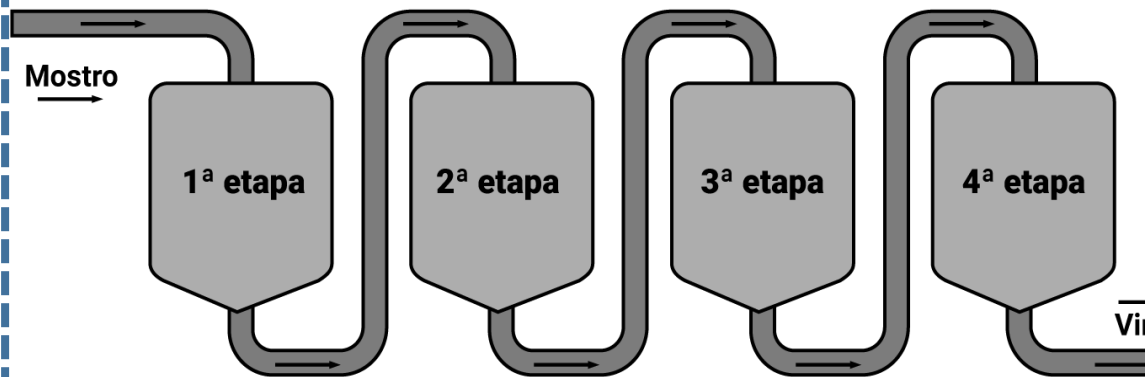


Cozinhar



Água fervendo

Processo contínuo



- Reator homogêneo de escoamento em fase líquida
- Utilizado quando se necessita de agitação intensa

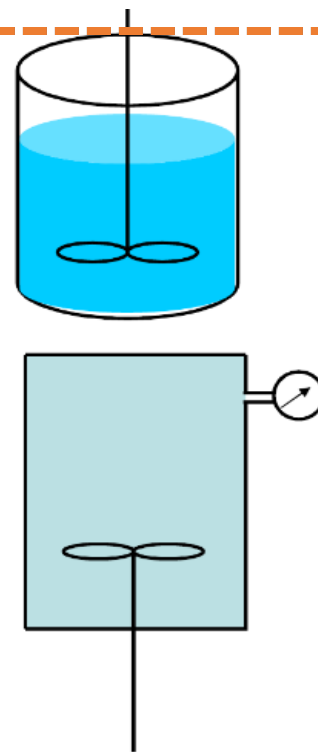
Vantagens

- Pode ser usado isoladamente ou em série
- Controle fácil de temperatura

Desvantagem

- Baixa conversão do reagente por unidade de volume

Processo por batelada



- Operações em pequena escala
- Alimentado na abertura no topo

Vantagem

- Altas conversões

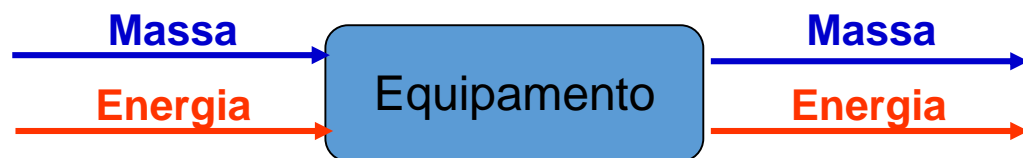
Desvantagens

- Alto custo de mão de obra por batelada
- Dificuldade de produção em larga escala

Classificação de processos

Sistema aberto: permite o **fluxo de matéria através da fronteira** do sistema.

Característica de regime permanente (processos contínuos).



Sistema fechado: não há transferência de massa através da fronteira do sistema **no intervalo de tempo de interesse** (a massa é fixa dentro do sistema).

Característica de regime transiente ou batelada (processos descontínuos).



$$\frac{dm}{dt} = 0$$

Ou massa do sistema = constante

Classificação de processos

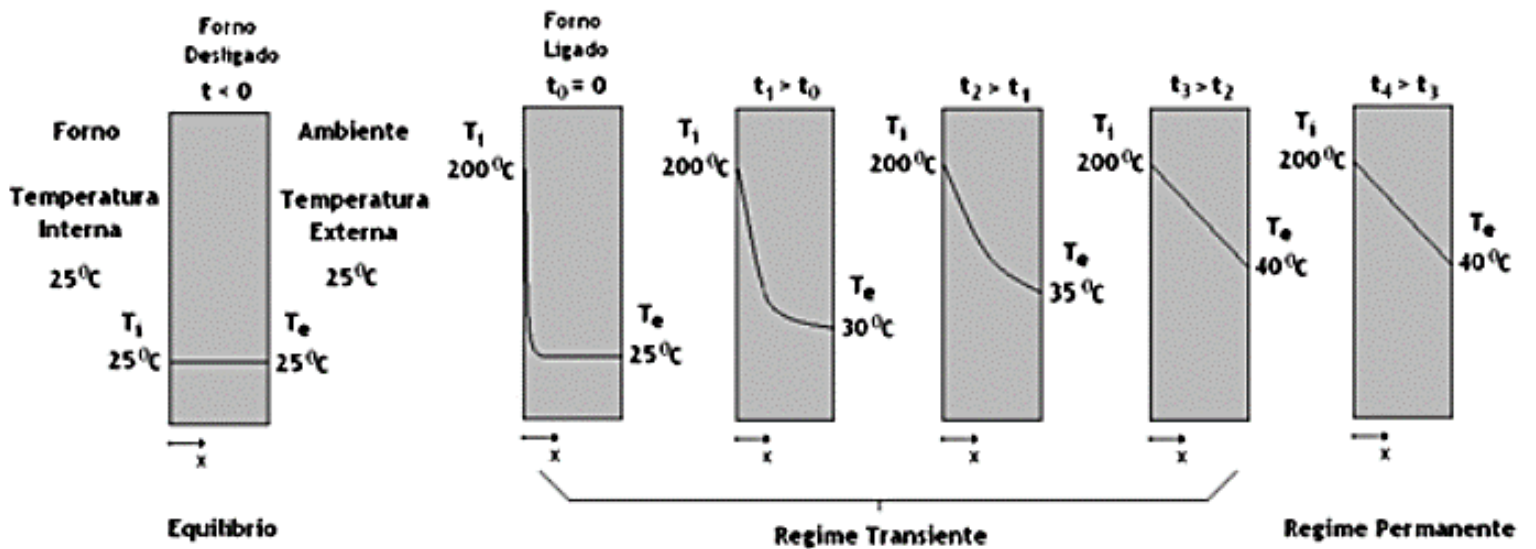
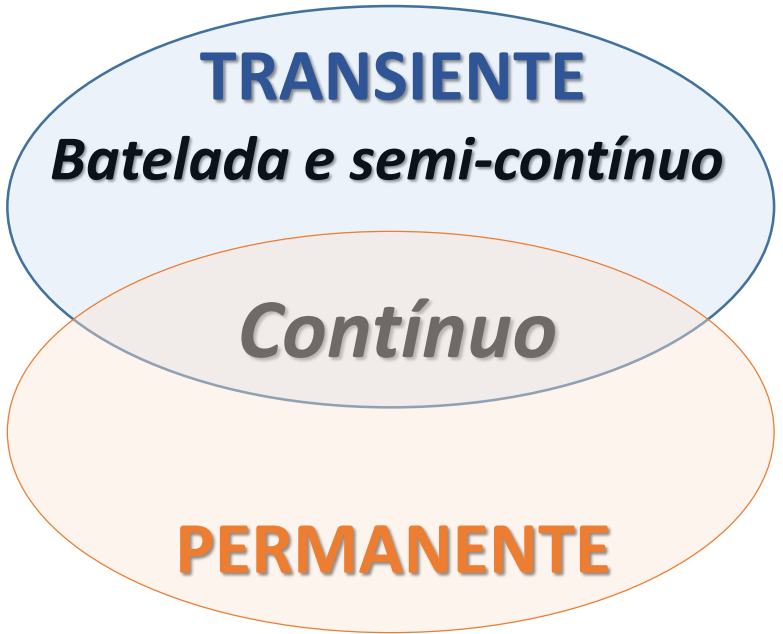
Influência do tempo e posição

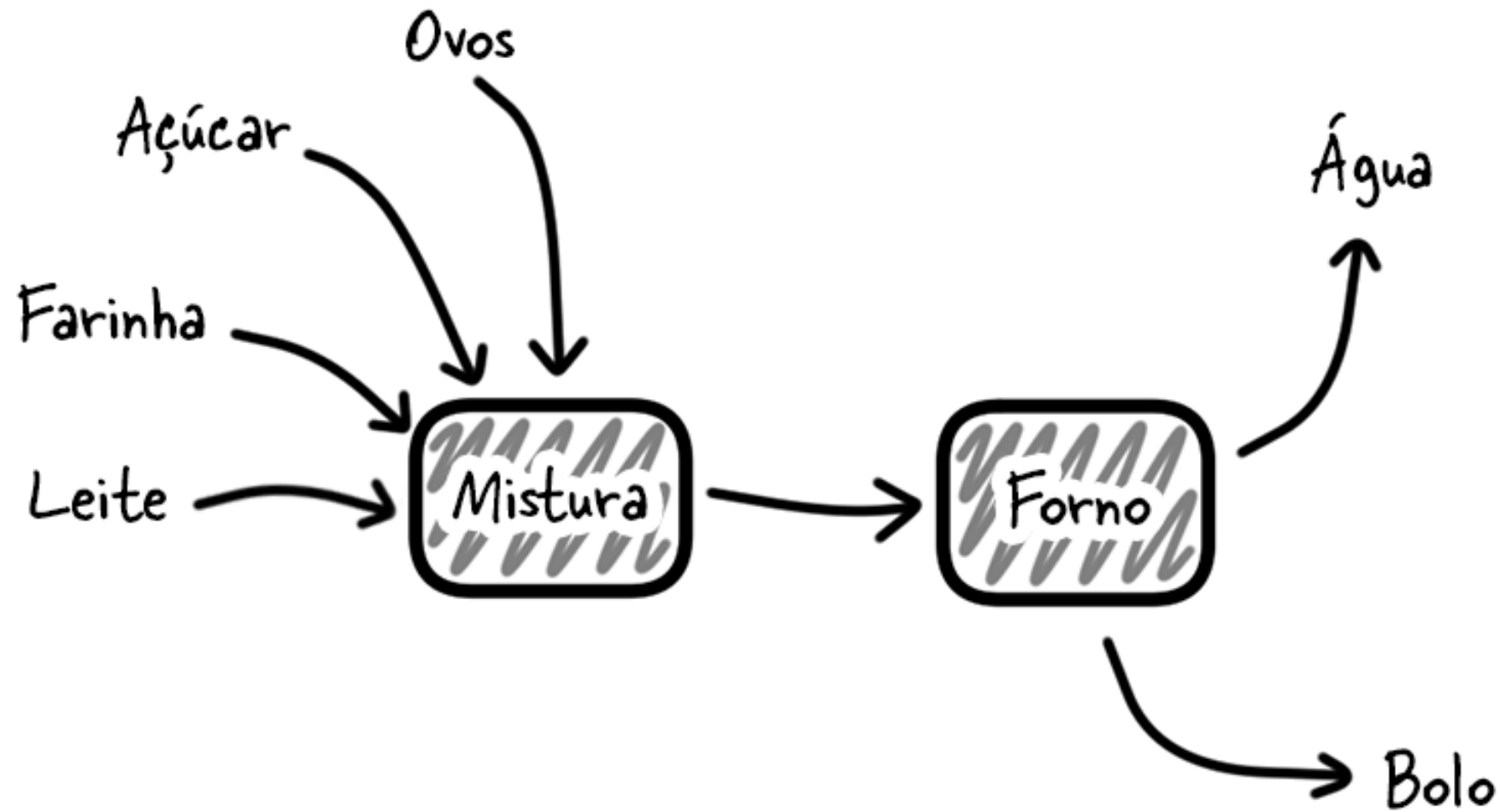
- Transiente
Não permanente
Não estacionário
- Permanente
Estacionário
"steady-state"

Propriedades
Volume, Pressão, Temperatura, vazão etc

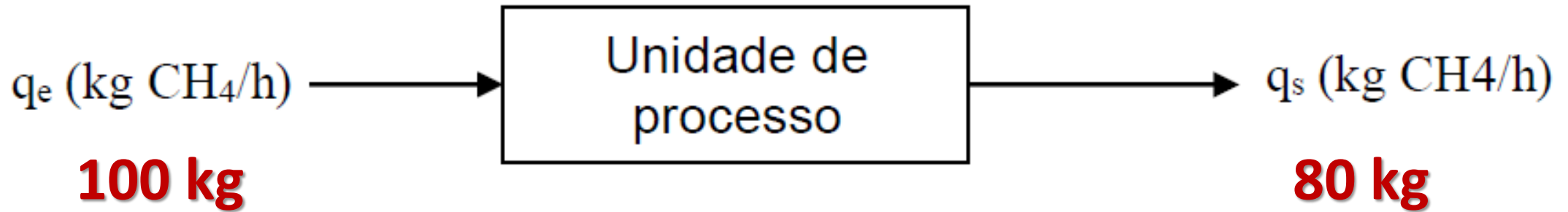
propriedades **variam com o tempo** em uma posição

propriedades **não variam com o tempo** em qualquer posição





Leite + Farinha + Açúcar + Ovos = Bolo + Água

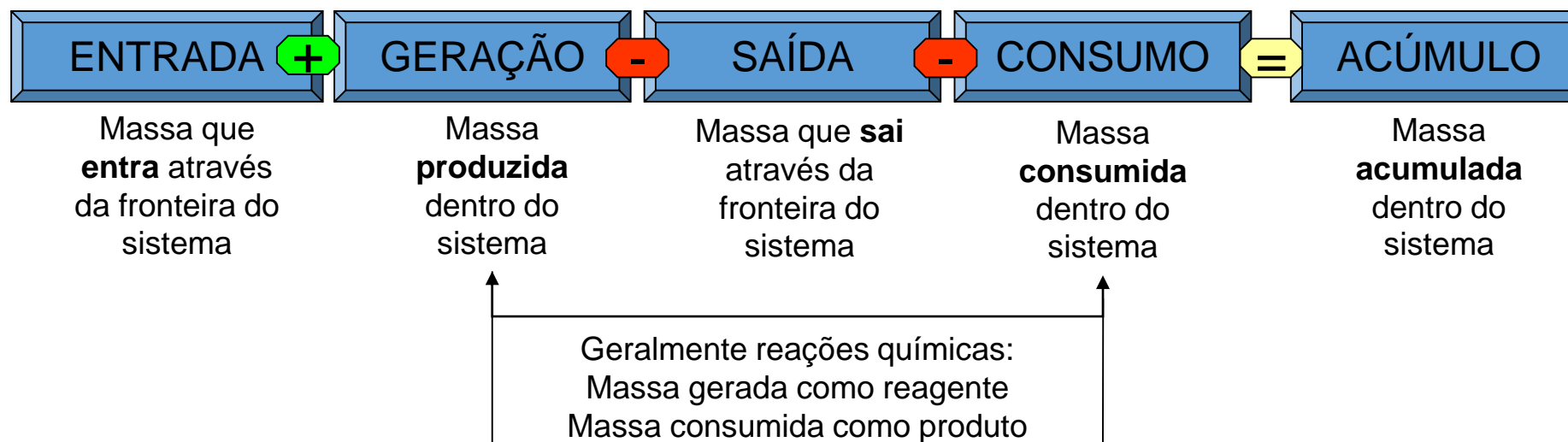


1. Está vazando metano através do equipamento.
2. O metano está sendo consumido como reagente ou gerado como produto.
3. O metano está acumulando na unidade, talvez adsorvido nas paredes.
4. As medidas estão erradas.

Equação geral do balanço de massa ou de material:

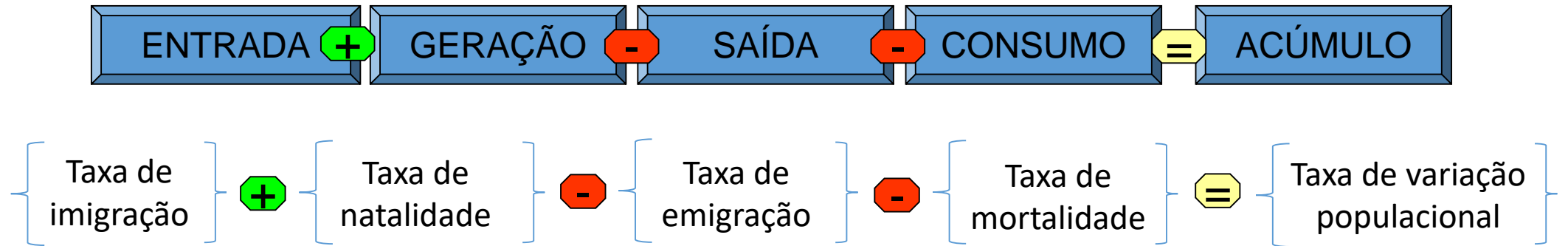


$$\{\text{Contribuições positivas}\} - \{\text{Contribuições negativas}\} = \{\text{Variação}\}$$



Exemplo da equação geral do balanço:

A cada ano, **50000** pessoas se mudam para uma cidade, **75000** pessoas abandonam a cidade, **22000** pessoas nascem e **19000** morrem. Escreva um balanço da população **P** desta cidade:



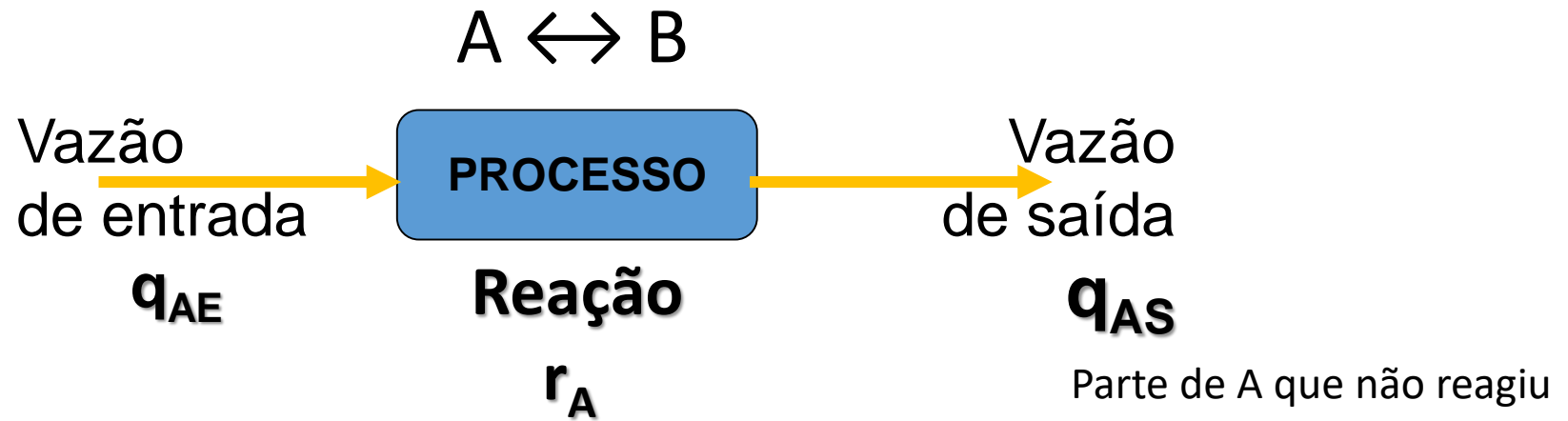
Termos da equação do balanço:

Entrada = **50000** P/ano
Geração = **22000** P/ano
Consumo = **19000** P/ano
Saída = **75000** P/ano
Acúmulo = **???** P/ano

Acúmulo = entrada + geração - saída - consumo

$$\text{Acúmulo} = 50000 + 22000 - 75000 - 19000$$

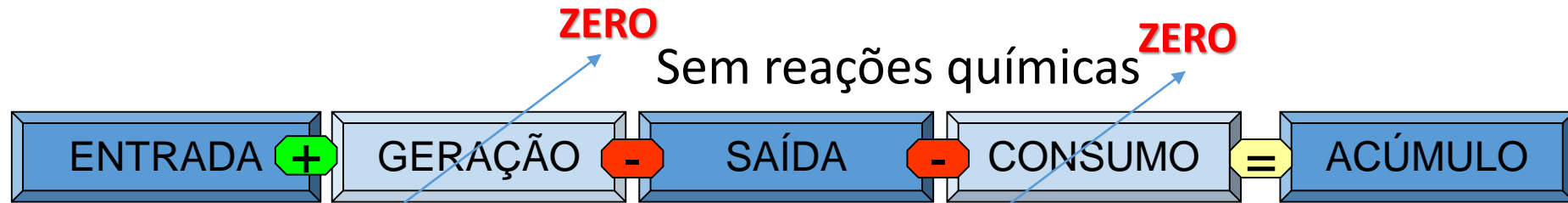
Acúmulo = - 22000 P/ ano, ou seja, a cada ano, a população da cidade diminui em 22000 habitantes (decréscimo)



$$q_{AE} - r_A - q_{AS} = \frac{dm_A}{dt}$$

↓ Consumo de A
 ↓ Acúmulo de A

PROCESSOS CONTÍNUOS



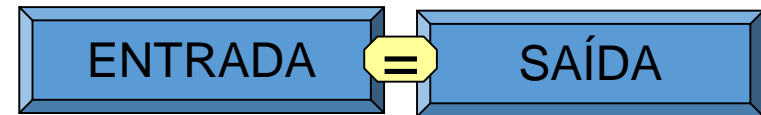
Estado não permanente
Estado estacionário



$$q_{AE} - q_{As} = \frac{d_{mA}}{d_t}$$

(kg/s)

Estado permanente
Não acumula massa



$$q_{AE} - q_{As} = \frac{d_{mA}}{d_t}$$

$$q_{AE} = q_{As}$$

PROCESSOS EM BATELADA



$$q_{AE} - q_{As} = \frac{d_{mA}}{d_t}$$

$$q_{AE} = q_{As} = 0$$

Não há passagem de material pelas fronteiras

$$0 = \frac{d_{mA}}{d_t}$$

TRANSIENTE
propriedades variam com o tempo em
uma posição

Exercício II.1) O nível de água em um reservatório municipal decresce constantemente durante o período de seca acreditando-se que ele pode operar por um período de 60 dias. A companhia local de água estima que a taxa de consumo na cidade é de aproximadamente 10^7 L/dia. O serviço de meteorologia estima que as chuvas, a captação de água dos riachos e a evaporação da água do reservatório resultem, em conjunto, em um acréscimo líquido de água à taxa de $10^6 \exp(-t/100)$ litros/dia, onde t é o tempo em dias contados a partir do início da estiagem quando o reservatório continha cerca de 10^9 litros de água.

- Escreva um balanço diferencial de água no reservatório
- Integre o balanço para calcular o volume do reservatório ao final de 60 dias de seca contínua.