

## **CAPÍTULO 4 - BALANÇOS MATERIAIS.**

### **Primeira Parte**

Um dos conceitos mais simples de engenharia de processo é o balanço de material ou de massa.

A lei da conservação de massa fornece a base teórica.

"Nada se perde, nada se cria, tudo se transforma."

-----  
Tudo é energia. "Matéria é energia condensada." (Einstein) Matéria pode ser convertida em energia e vice-versa. No entanto tais conversões ocorrem em processos onde há alterações a nível atômico.

Desta forma, em geral, podemos tratar de massa e energia como coisas independentes.

Donde: A massa se conserva. A energia se conserva.

-----  
Definições:

**Sistema: Porção do espaço que escolhemos para estudo.**

**Regime Permanente: Nenhuma propriedade do sistema considerado varia em relação ao tempo. (Vazões, temperaturas, pressões, composições, etc...)**

**Regime Transiente: Alguma propriedade do sistema considerado varia com o tempo.**

Em balanços materiais em **estado estacionário (Regime permanente)**, o valor da somatória das massas que entram num sistema é igual ao valor da somatória das massas que saem do sistema.

**Regime Permanente:**

$$\text{ENTRADAS} = \text{SAIDAS}$$

$$\sum \frac{\Delta \text{massa} \text{Entra}}{\Delta \text{tempo}} = \sum \frac{\Delta \text{massa} \text{Sai}}{\Delta \text{tempo}}$$

O termo "Balanço de Massa" quer dizer que o que entra e o que sai deve ser igual.

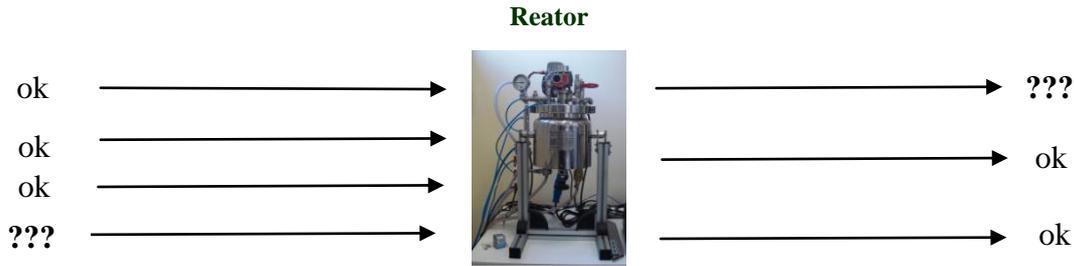
Essencialmente, balanços materiais são exercícios contábeis: massa total que entra é igual à massa total que sai, mesmo se o processo em questão sofra aquecimento, mistura, secagem, fermentação ou qualquer outra operação ou reação química ou biológica (exceto reação nuclear).

**Utilidade Básica:**

Definir totalmente o sistema em termos de massas (Kg...) ou vazões mássicas (Kg/s...)

Base bibliográfica: DORAN, P. M. (University of New South Wales, Sydney, Austrália.) Bioprocess Engineering Principles. Academic Press. Primeira edição em 1995.

Normalmente, não é possível medir as massas e composições de todos os fluxos que entram e saem de um sistema. As quantidades desconhecidas podem ser calculadas usando os princípios de Balanços Materiais.



Ou alternativamente você desejará conferir a precisão de seus dados experimentais...

Os problemas deste capítulo (**Balanço Material em Regime Permanente**) tem uma característica comum: dadas as massas de alguns fluxos de entrada e de saída, calcular as massas dos outros.

Balanços de massa são uma ferramenta muito poderosa na Engenharia. (**Costumam ser a primeira etapa da resolução de qualquer problema da área.**)

Responda questões como:

- Qual a concentração de dióxido de carbono nos efluentes gasosos de um fermentador?
- Qual a fração do substrato consumido não é convertida em produtos?
- Quanto reagente é necessário para produzir a quantidade de produto almejada?
- Qual a quantidade de oxigênio deve ser fornecida para esta fermentação proceder?

Os balanços de massa podem ser **parciais** ou **total**, para o mesmo sistema considerado:

A lei da conservação da massa é aplicada a átomos, moléculas, substâncias e para a massa total.

Veremos as técnicas formais para resolver problemas de balanços materiais com ou sem reação química ou biológica.

Aspectos da estequiometria metabólica também são discutidos por cálculo de nutrientes e necessidades de oxigênio durante processos de fermentação.

#### 4.1 Preliminares termodinâmicas

A Termodinâmica é um ramo da ciência que lida com as propriedades da matéria. Princípios termodinâmicos são úteis na criação de balanços materiais,

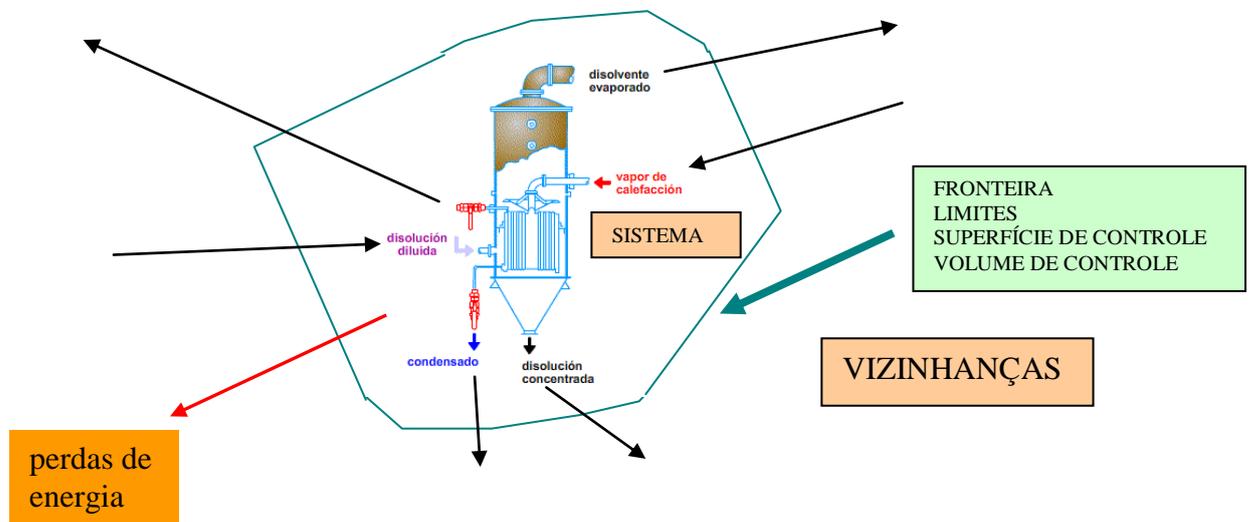
#### 4.1.1 Sistema e Processo

Definições:

**Sistema:** Porção do espaço que escolhemos estudar.

**Vizinhanças:** O que rodeia tal sistema.

**Fronteira:** É o que definimos para separar o sistema de suas vizinhanças.



Os balanços de energia ou de massa são efetuados para setores. Podem ser efetuados para um equipamento, um conjunto de equipamentos ou toda a unidade fabril.

Em termodinâmica, um sistema é composto por qualquer matéria escolhida para investigação. O sistema será definido além das imediações, que são o restante do universo, por um limite do sistema. A fronteira do sistema ou limite pode ser real e tangível, como as paredes de um copo ou fermentador, ou imaginária.

Definições:

**Sistema Isolado:** Não troca nem massa nem energia com as vizinhanças.

**Sistema Fechado:** Troca energia com as vizinhanças, porem não troca matéria com ela.

**Sistema aberto:** Troca energia e massa com as vizinhanças.

Se o limite não permite a passagem de massa do sistema ao ambiente e vice-versa, o sistema é fechado e a massa no interior do mesmo é constante.

Por outro lado, um sistema capaz de trocar massa com o ambiente é um sistema aberto. (A possibilidade de trocar massa com as vizinhanças implica sempre também na troca de energia.)

fim da primeira aula (27/08/13)

Um processo provoca alterações no sistema ou ambiente (vizinhanças). Vários termos são usados para descrever os processos.

### Definições:

(I) Um processo **descontínuo** (em batelada; batch) opera num sistema fechado. Todos os materiais são adicionados ao sistema, no início do processo, o sistema é então fechado e os produtos retirados apenas quando o processo está completo.

(II) Um processo **semi contínuo** (semi-batch) permite entradas ou saídas de massa ao longo do tempo, mas não ambos.

(III) O processo descontínuo de alimentação contínua, permite a entrada de material para o sistema mas não a saída.

(IV) Um **processo contínuo** permite a matéria fluir para dentro e para fora do sistema. Se as taxas (**quantidade/tempo**) de entrada e saída em massa são iguais, processos contínuos pode ser operado indefinidamente.

**CASO CONTRÁRIO**, se num processo contínuo, a somatória das vazões mássicas (Kg/h) que entram no sistema é diferente da somatória das vazões mássicas que saem do sistema, haverá acúmulo ou decréscimo de massa no interior do sistema.

$$\text{ENTRADAS} = \text{SAÍDAS} + \text{ACÚMULO}$$

$$\sum \frac{\Delta \text{massaEntra}}{\Delta \text{tempo}} = \sum \frac{\Delta \text{massaSai}}{\Delta \text{tempo}} + \sum \frac{\Delta \text{massaAcumula}}{\Delta \text{tempo}}$$

fim da primeira aula (12/08/14)  
primeira aula curta