



PQI 3221:
CINÉTICA QUÍMICA E PROCESSOS AMBIENTAIS

AULA 03

1

EQUAÇÃO GERAL DE BALANÇO

Um balanço constituído para qualquer quantidade conservada (p.e. massa, quantidade de matéria, massa específica, energia, momento, entre outros) em um dado sistema, o qual pode corresponder a um processo simples, uma coleção de unidades interligadas ou mesmo, uma planta inteira, será descrito como:

$$[A] = [E] - [S] + [G] - [C]$$

Onde:

- [A]: ACÚMULO – variação quantidade conservada;
- [E]: ENTRADA – quantidade de matéria que entra pela fronteira do sistema;
- [S]: SAÍDA – quantidade de matéria que saem pela fronteira do sistema;
- [G]: GERAÇÃO – matéria produzida no sistema por transformação de reagentes;
- [C]: CONSUMO – matéria consumida no sistema para a geração de produtos;

2

CONDIÇÕES DE PROCESSO

Regime Permanente:

Se estabelece quando os valores de parâmetros de processo (taxas, temperaturas, pressões, volumes, concentrações, etc.) NÃO variam com o tempo, exceto por conta de flutuações mínimas no entorno de um valor médio. Essa condição faz com que NÃO haja acúmulo de material dentro do sistema.

Se:

$$[A] = 0 \quad \rightarrow \quad [E] + [G] = [S] + [C]$$

Regime Transiente:

Ocorre quando uma (ou mais) das variáveis de processo varia(m) com o tempo. Essa situação gera acúmulo de material

Se:

$$[A] \neq 0 \text{ (ou seja: } [A] < 0 \text{ ou } > 0) \rightarrow [A] = [E] - [S] + [G] - [C]$$

Por natureza, os processos BATELADA ou SEMI-BATELADA se dão em Regime Transiente.

Já os processos CONTÍNUOS podem operar tanto em Estado Estacionário, quanto em Regime Transiente

3

EQUAÇÃO GERAL DE BALANÇO

Problema:

A cada ano, 50000 pessoas se mudam para determinada cidade e 75000 pessoas a deixam. No mesmo período, nesta mesma localidade são registrados em média, 22000 nascimentos e 19000 óbitos.

Pergunta-se:

O que se pode dizer a respeito variação populacional deste centro metropolitano?

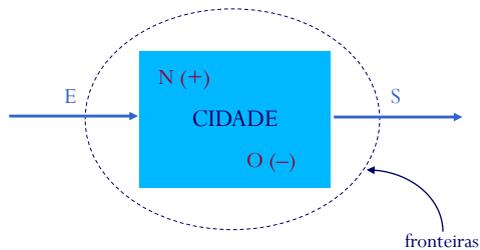
4

SOLUÇÃO

Base de Cálculo: 1 ano

Fenômeno: variação da população

Variável em estudo: n.º. de pessoas



Equação Geral de Balanço de Matéria

$$A = E - S + G - C$$

Premissas:

a) Variação populacional = A

b) Pessoas que vêm morar na cidade = E

c) Pessoas que se transferem da cidade = S

d) Nascimentos = N [= G (aporte positivo)]

e) Óbitos = O [= C (aporte negativo)]

Ou seja,

$$A = E - S + N - O$$

5

SOLUÇÃO

$$A = E - S + N - O$$

$$A = 50000 - 75000 + 22000 - 19000$$

$$A = -22000 \text{ pessoas / ano}$$

Observações:

A) Como o total de ACÚMULO $A \neq 0$: sistema "CIDADE" opera em REGIME TRANSIENTE;

B) Tendo em vista o fato de $A < 0$: no ano em referência ocorreu um DÉFICIT populacional na cidade

6

PROCESSOS DE MISTURA

Problema:

Uma solução aquosa contém 20% de NaOH em massa. A partir dela, pretende-se produzir uma solução com 8,0% NaOH e, para tanto, a solução original será diluída com água pura. O processo em questão aparece descrito na figura indicada a seguir.



Para o contexto antes apresentado, pede-se que sejam calculadas:

- Razão $R_1 = (\text{quantidade de água} / \text{quantidade alimentada})$;
- Razão $R_2 = (\text{quantidade de produto} / \text{quantidade água})$

7

PROCESSOS DE MISTURA

Equação Geral de Balanço de Matéria

$$A = E - S + G - C$$

Premissas:

- Não há reação química:
 $G = C = \text{zero}$

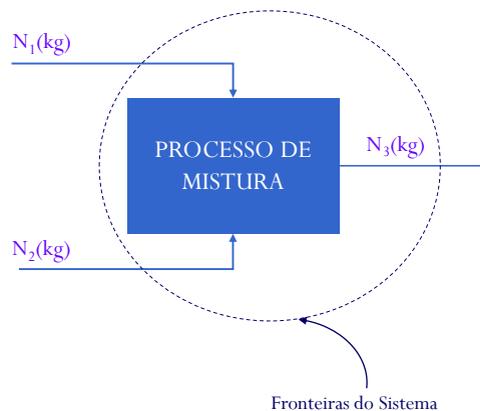
- Não há acúmulo:
 $A = \text{zero}$

Equação Geral de Balanço de Matéria

$$E = S$$

Ou seja,

$$N_1 + N_2 = N_3 \quad (\text{Equação 1})$$



8

Olhando os dados indicados no enunciado, é possível escrever uma das equação que deveremos usar para calcular o que se pede no problema.

$$N_1 + N_2 = N_3$$

Se além disso, pudéssemos transformar uma das variáveis dessa equação em valor conhecido, as coisas ficariam mais fáceis.

O que vocês sugerem para conseguirmos isso??

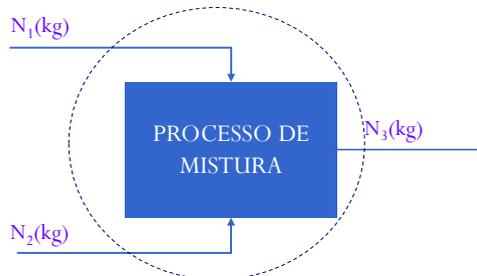
Essa ideia de definir a corrente \dot{N}_3 com uma base de cálculo de 100kg/h ajudou bastante. Com isso, a Equação 1 fica assim:

$$N_1 + N_2 = 100$$

9

PROCESSOS DE MISTURA

Supondo uma base de cálculo definida para efeito de cálculo com $N_3 = 100$ kg



Balanco Global:

$$E_{\text{totais}} = S_{\text{totais}}$$

$$N_1 + N_2 = N_3$$

$$N_1 + N_2 = 100 \quad (\text{Equação 1})$$

10

Nesse momento temos uma equação e duas incógnitas!!!
Assim, precisamos encontrar outra equação que represente o fenômeno em estudo, e ao mesmo tempo, relacione as mesmas variáveis que a equação existente. Assim resolvemos o problema!

Essa ferramenta existe e se chama

BALANÇO COMPONENTE

O Balanço Componente pode ser entendido da seguinte maneira:
Se a somatória de todas as correntes de entradas é igual à somatória de todas as correntes de saída, então a somatória de **todos os componentes** de todas as correntes de **entrada** será **igual** à somatória de **todos os componentes** de todas as correntes de **saída**

11

Além disso, pode-se dizer ainda que para o caso de um BALANÇO EM ESTADO ESTACIONÁRIO e SEM REAÇÃO, que as quantidades dos componentes se CONSERVAM.

Ou seja, o que entra de NaOH no sistema é igual ao que sai de NaOH do sistema, assim como o que entra de H₂O no sistema é igual ao que sai de H₂O do sistema.

Logo, a equação de Balanço Global pode ser escrita assim:

$$N_1 + N_2 = N_3$$

$$(N_1^{\text{NaOH}} + N_1^{\text{H}_2\text{O}}) + (N_2^{\text{NaOH}} + N_2^{\text{H}_2\text{O}}) = (N_3^{\text{NaOH}} + N_3^{\text{H}_2\text{O}})$$

E mais, nesse contexto:

$$N_1^{\text{NaOH}} + N_2^{\text{NaOH}} = N_3^{\text{NaOH}}$$

$$N_1^{\text{H}_2\text{O}} + N_2^{\text{H}_2\text{O}} = N_3^{\text{H}_2\text{O}}$$

12

Assim, percebemos que a equação que faltava para solucionar o problema sai do balanço componente.

$$N_1^{\text{NaOH}} + N_2^{\text{NaOH}} = N_3^{\text{NaOH}} \quad (\text{Equação 2})$$

ou

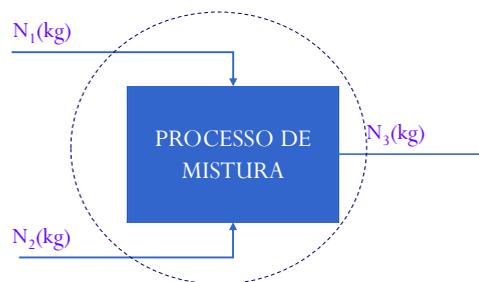
$$N_1^{\text{H}_2\text{O}} + N_2^{\text{H}_2\text{O}} = N_3^{\text{H}_2\text{O}} \quad (\text{Equação 3})$$

ATENÇÃO!!!!

Muito embora tenhamos agora, com os balanços componentes, três equações para resolver o problema, elas **NÃO** poderão ser usadas simultaneamente, já que duas delas, se somadas (caso das equações 2 e 3), resultarão na terceira (do Balanço Global).

13

PROCESSOS DE MISTURA



Balanço Componente: NaOH

$$E_{\text{NaOH}} = S_{\text{NaOH}}$$

$$(20/100) \cdot N_1 + 0,00 = (8/100) \cdot N_3$$

$$N_1 = 40\text{kg/h e assim, } N_2 = 60\text{kg/h}$$

14

PROCESSOS DE MISTURA



Relações:

$$R_1 = N_2 / N_1 = 60 / 40 = 3 : 2$$

$$R_2 = N_3 / N_2 = 100 / 60 = 5 : 3$$

15

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO – PROCESSOS DIVERSOS

Problema:

A secagem de 1000 kg de certo sólido úmido ocorre por contato direto com ar atmosférico. A corrente de 'ar de alimentação' que entra no secador contém 0,03 kg de umidade para cada kg de ar seco. O 'ar úmido' que deixa o mesmo equipamento após a secagem, traz 0,10 kg água/kg ar seco. Além disso, o 'sólido úmido' que entra no secador apresenta 15% de água em sua constituição, e no 'sólido seco' – recolhido a saída do equipamento – a umidade residual é de 7,0%.

Pede-se: Calcular a quantidade de 'ar de alimentação' dá entrada no secador;

16