



PQI 3221:
CINÉTICA QUÍMICA E PROCESSOS AMBIENTAIS

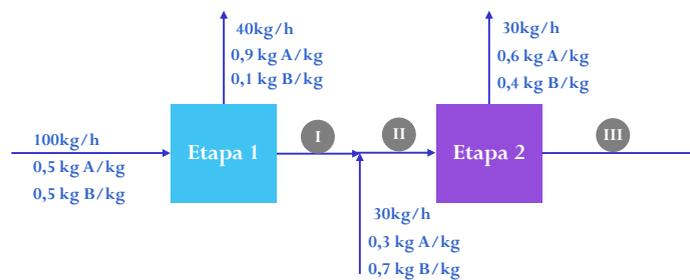
AULA 06

1

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Problema:

Considere um processo que opera em estado estacionário, constituindo de múltiplas unidades conectadas entre si na forma como está indicado no fluxograma abaixo.

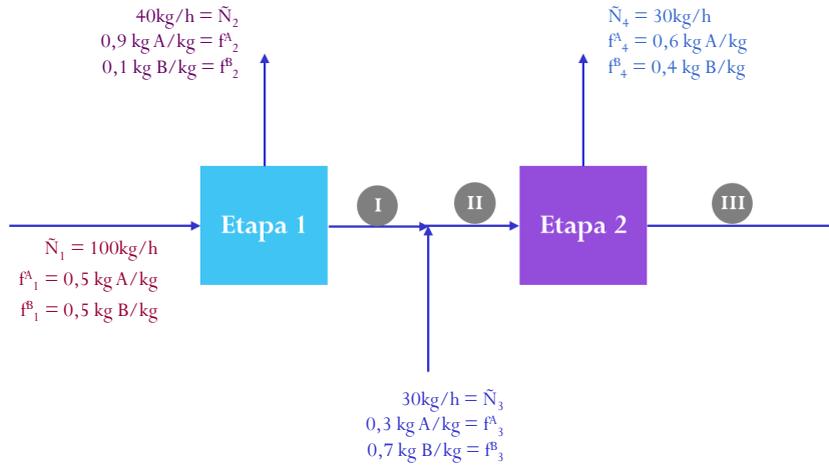


Pede-se:

Calcule as vazões e composições das correntes I, II e III.

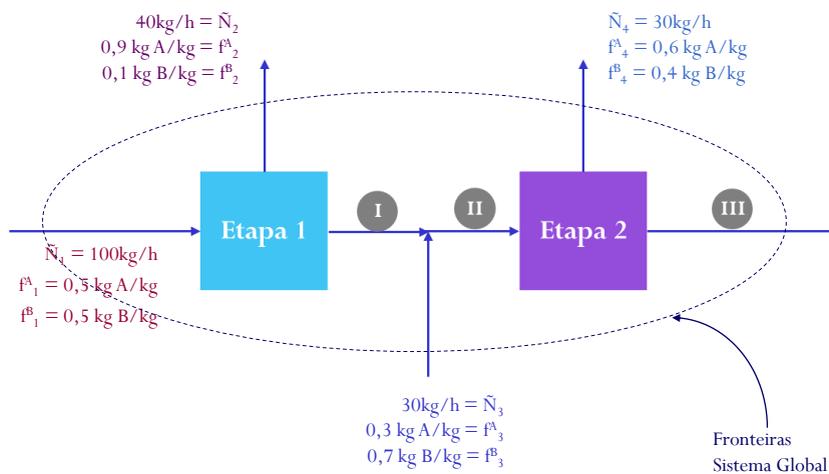
2

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES



3

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES



4

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Equação Geral de Balanço de Matéria

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

Premissas:

a) Não há reação química:

$$G = C = \text{zero}$$

b) Não há acúmulo: Processo em Estado Estacionário

$$A = \text{zero}$$

Equação Geral de Balanço de Matéria

$$E = S$$

Ou seja, para o problema em questão

$$\tilde{N}_1 + \tilde{N}_3 = \tilde{N}_2 + \tilde{N}_4 + III$$

5

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Portanto,

$$\tilde{N}_1 + \tilde{N}_3 = \tilde{N}_2 + \tilde{N}_4 + III$$

$$100 + 30 = 40 + 30 + III$$

$$III = 60 \text{ kg/h}$$

(que corresponde à vazão da corrente III)

Se realizarmos agora um BALANÇO COMPONENTE, para qualquer das espécies químicas que integram o processo será então possível determinar a composição da corrente III:

Balanço Componente: A

$$\tilde{N}_1^A + \tilde{N}_3^A = \tilde{N}_2^A + \tilde{N}_4^A + III^A$$

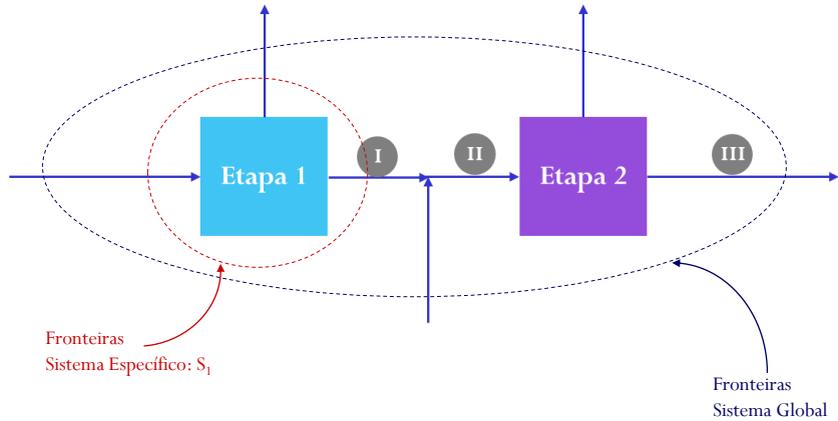
$$(0,50 \cdot 100) + (0,30 \cdot 30) = (0,90 \cdot 40) + (0,60 \cdot 30) + III^A$$

$$III^A = 5 \text{ kg A /h e assim, } III^B = 55 \text{ kgB/h}$$

6

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Para determinar a vazão da corrente I é preciso definir outro sistema. Isso se faz por meio da colocação de nova fronteira que, nesse caso, será interna à já definida



7

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Equação Geral de Balanço de Matéria – Sistema S_1

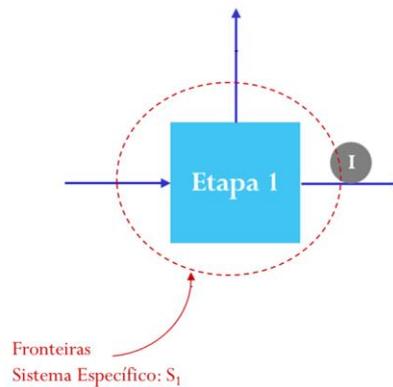
$$A = E - S + G - C$$

Premissas:

- a) Não há reação química;
- b) Não há acúmulo: Processo em Estado Estacionário

Ou seja, para o problema em questão

$$\tilde{N}_1 = \tilde{N}_2 + I$$



8

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Portanto,

$$\tilde{N}_1 = \tilde{N}_2 + I$$

$$100 = 40 + III$$

$$I = 60 \text{ kg/h}$$

(que corresponde a vazão da corrente I)

Se realizarmos agora um BALANÇO COMPONENTE para qualquer das espécies químicas que integram o processo será então possível determinar a composição da corrente I:

Balanço Componente: A

$$\tilde{N}_1^A = \tilde{N}_2^A + I^A$$

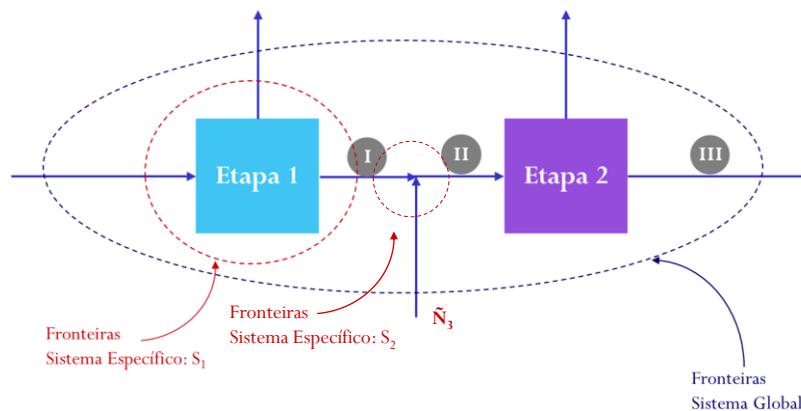
$$(0,50 \cdot 100) = (0,90 \cdot 40) + I^A$$

$$I^A = 14 \text{ kg A /h e assim, } I^B = 46 \text{ kgB/h}$$

9

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Para determinar a vazão da corrente II é preciso determinar outro sistema. Isso se faz por meio da colocação de novas fronteiras que, nesse caso, serão internas às já definidas:



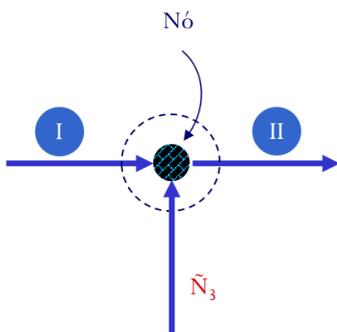
10

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Observe que as **correntes I** e \tilde{N}_3 se juntam para originar a **corrente II**.

Para efeito de determinação da corrente II, é usual estabelecer que a confluência entre as duas correntes se dá em um ponto hipotético denominado **NÓ**.

É possível definir um sistema no **entorno do nó**, por meio da colocação de **fronteiras** em seu entorno.



Como isso, pode-se então aplicar a Equação Geral de Balanço de Matéria ao sistema:

Equação Geral de Balanço de Matéria – Sistema S_2

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

Premissas:

- a) Não há reação química;
- b) Não há acúmulo: Processo em Estado Estacionário

Ou seja, para o problema em questão

$$I + \tilde{N}_3 = II$$

11

PROCESSOS COM MÚLTIPLAS UNIDADES

Portanto,

$$I + \tilde{N}_3 = II$$

$$60 + 30 = II$$

$$II = 90 \text{ kg/h}$$

(que corresponde à vazão da corrente II)

Se realizarmos agora um **BALANÇO COMPONENTE**, para qualquer das espécies químicas que integram o processo será então possível determinar a composição da corrente II:

Balanço Componente: A

$$I^A + \tilde{N}_3^A = II^A$$

$$14 + (0,30 \cdot 30) = II^A$$

$$II^A = 23 \text{ kg A /h e assim, } II^B = 67 \text{ kgB/h}$$

12

RECICLO E BY-PASS

Problema:

Ar fresca contendo 4,00% mol de vapor de água será resfriado e desumidificado em unidade de ar condicionado até que seja atingido um patamar de 1,70% mol $H_2O_{(v)}$. Para tanto, o ar fresco será misturado a uma parte da corrente de ar desumidificado, originando assim uma corrente resultante com umidade de 2,30% mol, que irá alimentar a unidade de resfriamento.

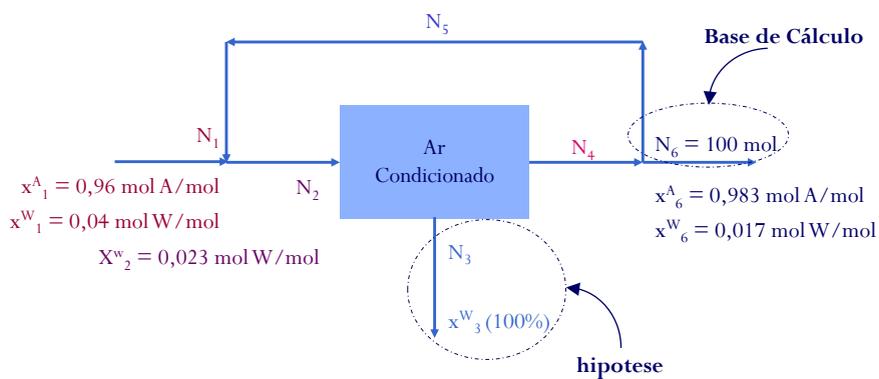
Uma parcela da água presente na corrente de entrada se condensa, sendo removida do sistema em fase líquida. Já a quantidade excedente de ar desumidificado é lançado no ambiente.

Tomando por base de cálculo a geração de 100 mol de ar desumidificado para o exterior, calcule:

- A) A quantidade (em base molar) de ar fresco alimentado ao sistema;
- B) O número de mols de H_2O condensada;
- C) O número de mols de ar desumidificado que será recirculado dentro do sistema.

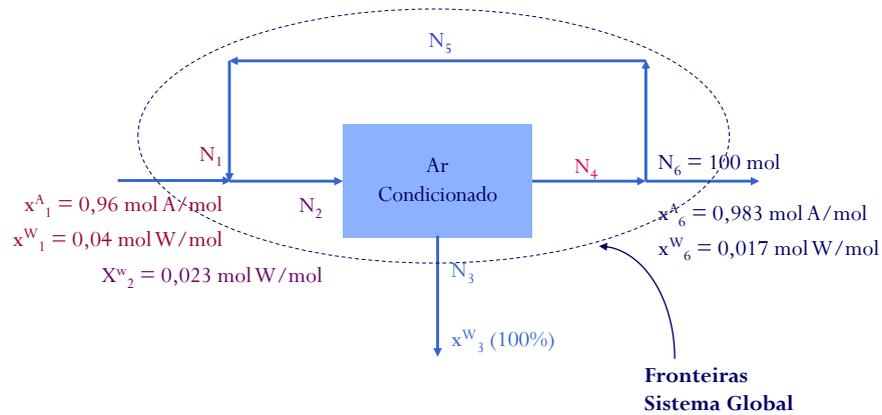
13

RECICLO E BY-PASS



14

RECICLO E BY-PASS



15

RECICLO E BY-PASS

Equação Geral de Balanço de Matéria

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

Hipoteses:

Hip. 1) Não há reação química:

$$G = C = \text{zero}$$

Hip. 2) Não há acúmulo: Processo em Estado Estacionário

$$A = \text{zero}$$

Equação Geral de Balanço de Matéria

$$\sum E_i = \sum S_j$$

Ou seja, para o problema em questão: $N_1 = N_3 + N_6$

16

RECICLO E BY-PASS

Portanto,

$$N_1 = N_3 + N_6$$

$$N_1 = N_3 + 100$$

[Equação I]

O BALANÇO GLOBAL já esgotou sua capacidade em fornecer dados !!!!

Resta agora fazer BALANÇOS COMPONENTES para as espécies químicas que integram o processo. Qual das duas – AR (seco) ou ÁGUA – você escolheria para isso?

Muito embora o Balanço Componente em Ar (seco) seja o mais indicado, por excluir a corrente N_3 da análise ($x_3^A = 0,00$), optaremos pelo Balanço Componente em H_2O por se tratar de uma alternativa mais didática de solução do problema:

$$N_1^W = N_3^W + N_6^W$$

$$(0,04 \cdot N_1) = (1,00 \cdot N_3) + (0,017 \cdot 100) \quad \text{[Equação II]}$$

17

RECICLO E BY-PASS

Substituindo agora o valor de N_1 – obtido da [Equação I] – na [Equação II], vem:

$$[0,04 \cdot (N_3 + 100)] = N_3 + 1,70$$

$$N_3 = 2,40 \text{ mol}$$

Item (b) do problema

Usando esse mesmo dado na [Equação I], será possível então determinar N_1 :

$$N_1 = 102,40 \text{ mol}$$

Item (a) do problema

18

RECICLO E BY-PASS

Balço Global: Nó 1 (= 'Mixer')

Equação Geral de Balço de Matéria

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

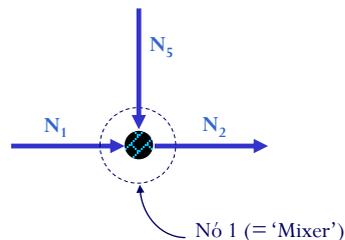
Hipoteses:

Hip. 1) Não há reação química:

$$G = C = \text{zero}$$

Hip. 2) Não há acúmulo: Processo em Estado Estacionário

$$A = \text{zero}$$



Equação Geral de Balço de Matéria

$$\sum E_k = \sum S_m$$

Ou seja, para o problema em questão

$$N_1 + N_5 = N_2$$

19

RECICLO E BY-PASS

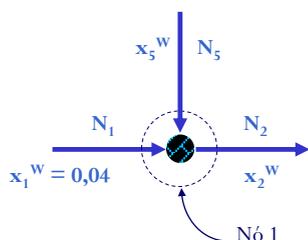
Assim como ocorreu para a análise realizada antes, será possível estabelecer para este caso balanços componentes para água e ar (seco) que circulam pelo Nó (= 'Mixer'). Qual a melhor opção?

Aparentemente ambos trazem resultados equivalentes. Assim: Balço Componente no Nó 1: H₂O

$$N_1^w + N_5^w = N_2^w$$

$$(0,04 \cdot N_1) + (x_5^w \cdot N_5) = (x_2^w \cdot N_2^w)$$

[Equação III]



CONCEITO:

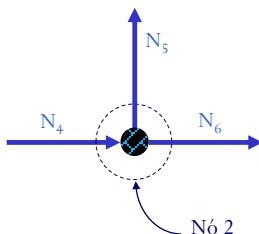
Como já havíamos comentado em aulas anteriores em um 'Mixer' (ou Nó de União) as **frações** das espécies químicas que constituem a corrente resultante (chamada de **Derivada**) tem valores variáveis entre as frações mais concentradas e mais diluídas das espécies químicas que compõem as correntes que dela se originam (ou seja, correntes **Primitivas**)

20

RECICLO E BY-PASS

Após terem sido esgotadas as informações sobre o Nó 1, que informações podem ser obtidas a respeito do Nó 2?

Observe-se que o Nó 2 é um 'Splitter', no qual a corrente N_4 se subdivide em duas parcelas, ou seja e, respectivamente, N_6 e N_5 .



CONCEITO:

Como já havíamos comentado em aulas anteriores, em um 'Splitter' (ou Nó de Separação) as **frações** das espécies químicas que constituem a corrente **Primitiva** se mantêm **constantes** nas correntes **Derivadas**

21

RECICLO E BY-PASS

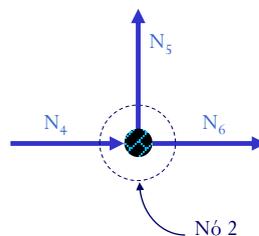
Para o caso do problema em questão, pode-se afirmar que, para o Nó 2:

$$x_4^W = x_5^W = x_6^W$$

[Equação IV]

Assim sendo,

$$x_5^W = x_6^W = 1,70\% \text{ mol } (= 0,017 \text{ mol})$$



Por outro lado, fazendo agora um BALANÇO GLOBAL no Nó 1 será possível isolar N_5 :

$$N_1 + N_5 = N_2$$

$$N_5 = N_2 - N_1$$

$$N_5 = N_2 - 102,4 \quad \text{[Equação V]}$$

22

RECICLO E BY-PASS

Se substituirmos o valor de x_5^W gerado pela Equação IV; e o valor de N_5 , obtido da Equação V, vem:

$$(0,04 \cdot N_1) + (x_5^W \cdot N_5) = (x_2^W \cdot N_2)$$

$$(0,04 \cdot 102,4) + [0,017 \cdot (N_2 - 102,40)] = (0,023 \cdot N_2)$$

$$N_2 = 392,53 \text{ mol}$$

Por fim, o número de mols de ar desumidificado a ser recirculado dentro do sistema será

$$N_5 = 392,53 - 102,40$$

$$N_5 = 290,13 \text{ mol}$$

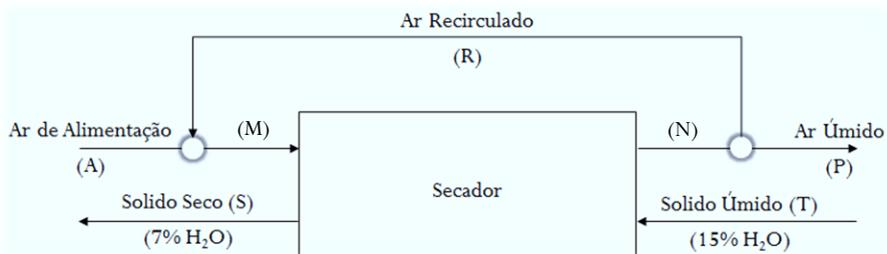
Item (c) do problema

23

RECICLO E BY-PASS

Problema:

Considere a secagem de 100 kg de um sólido úmido por ar, da forma como aparece indicado no esquema que segue abaixo



A corrente de 'Ar de Alimentação' (A) contém 0,01 kg água / kg ar seco e, à saída, o 'Ar Úmido' (P) apresenta 0,10 kg água / kg ar seco. Por outro lado, na entrada do secador (M) a mesma proporção (água: ar seco) passa a ser de 0,03 kg /kg. Para essas condições calcule:

- A quantidade de 'Ar de Alimentação' (A) necessária para que o processo ocorra em Estado Estacionário;
- A quantidade de ar reciclado (R).

24