



PQI 3221:
CINÉTICA QUÍMICA E PROCESSOS AMBIENTAIS

AULA 07

1

RECICLO E BY-PASS

Problema

Ar fresco contendo 4,0% mol de vapor de água será resfriado e desumidificado em unidade de ar condicionado até que seja atingido um patamar de 1,7% mol $\text{H}_2\text{O}_{(v)}$. Para tanto, o ar fresco será misturado a uma parte da corrente de ar desumidificado, originando assim uma corrente resultante com umidade de 2,3% mol, que irá alimentar a unidade de resfriamento.

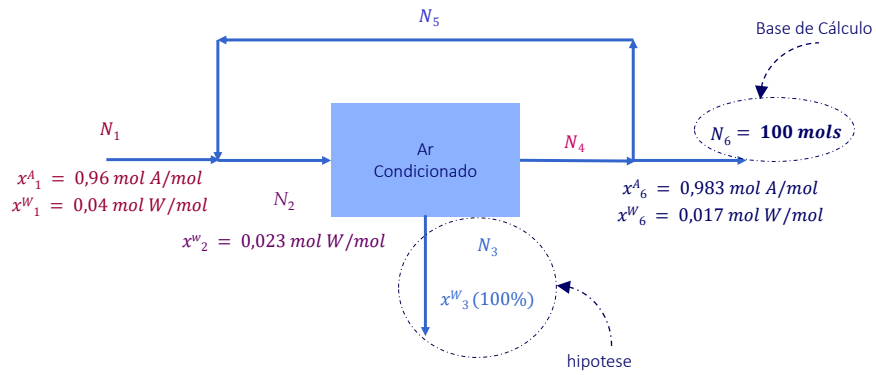
Uma parcela da água presente na corrente de entrada se condensa, sendo removida do sistema em fase líquida. Já a quantidade excedente de ar desumidificado é lançado no ambiente.

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.

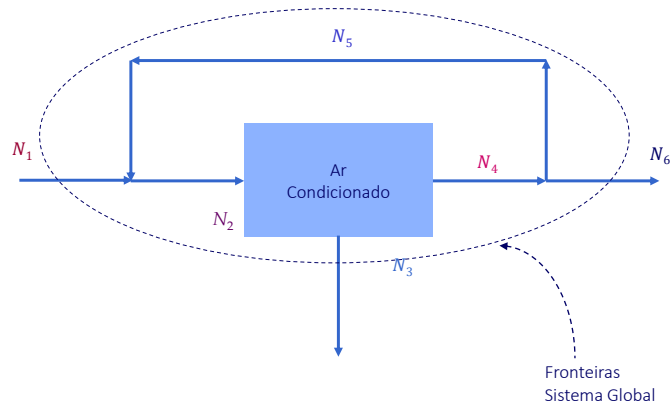
2

RECICLO E BY-PASS



3

RECICLO E BY-PASS



4

RECICLO E BY-PASS

Equação Geral de Balanço de Matéria

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

Hipóteses:

- a. Não há reação química:

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

- b. Não há acúmulo:

Processo em Estado Estacionário

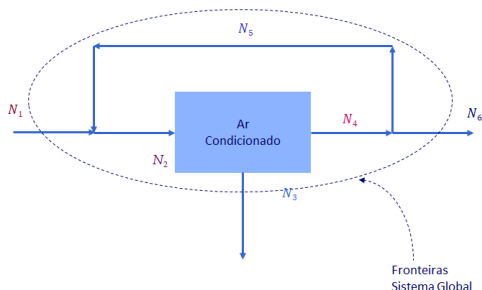
$$A = \text{zero}$$

Equação Geral de Balanço de Matéria

$$\sum E = \sum S$$

Ou seja, para o problema em questão:

$$N_1 = N_3 + N_6$$



5

RECICLO E BY-PASS

Portanto,

$$N_1 = N_3 + N_6$$

$$N_1 = N_3 + 100 \quad [\text{Equação 1}]$$

O balanço global já esgotou sua capacidade em fornecer dados!

Resta agora fazer balanços componentes para as espécies químicas envolvidas no processo.

São elas, ar (seco) ($= A$) e água ($= W$). Qual das duas você escolheria para fazer esse balanço?

Muito embora efetuar o Balanço Componente em Ar (seco) seja o caminho mais indicado, pelo fato de, a partir dele poder desconsiderar a corrente N_3 da análise ($x_3^A = 0,00$), optaremos por fazer o balanço componente de H_2O por razões meramente didáticas:

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

$$\left(\frac{4,0}{100} \times N_1\right) = \left(\frac{100}{100} \times N_3\right) + \left(\frac{1,7}{100} \times 100\right) \quad [\text{Equação 2}]$$

6

RECICLO E BY-PASS

Substituindo agora o valor de N_1 – obtido da [Equação 1] – na [Equação 2], vem:

$$\left[\frac{4,0}{100} \times (N_3 + 100)\right] = N_3 + 1,70$$

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

Item (b) do problema

Voltando agora à [Equação 1] e substituindo ali no resultado de N_3 , será possível então determinar N_1 :

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

Item (a) do problema

7

RECICLO E BY-PASS

Item C: O número de mols de ar desumidificado que será recirculado dentro do sistema ($= N_5$)

Sistema: **Nó 1 (= Mixer)**

Equação Geral de Balanço de Matéria

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

Hipoteses:

a. Não há reação química:

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

b. Não há acúmulo:

Processo em Estado Estacionário

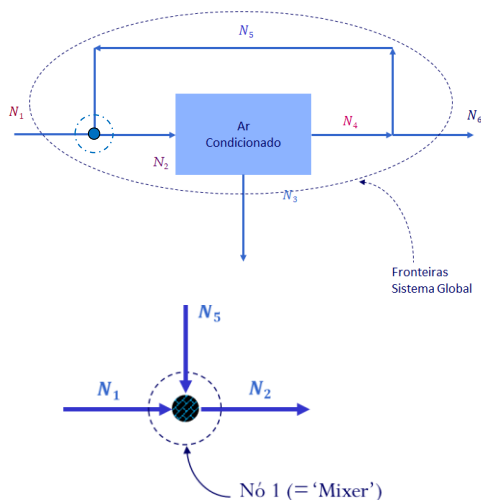
$$A = \text{zero}$$

Equação Geral de Balanço de Matéria

$$\Sigma E = \Sigma S$$

Ou seja, para o problema em questão:

$$N_1 + N_5 = N_2 \text{ (Equação 3)}$$



8

RECICLO E BY-PASS

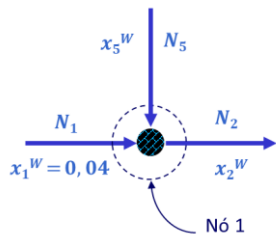
Assim como ocorreu para a análise realizada antes, será possível estabelecer para este caso balanços componentes para água e ar (seco) que circulam pelo **Nó 1**. Qual a melhor opção?

Aparentemente ambos trazem resultados equivalentes. Assim, façamos um balanço componente no **Nó 1** para H_2O :

$$N_1^W + N_5^W = N_2^W$$

$$\left(\frac{4}{100} \times N_1\right) + (x_5^W \times N_5) = (x_2^W \times N_2)$$

(Equação 4)



CONCEITO

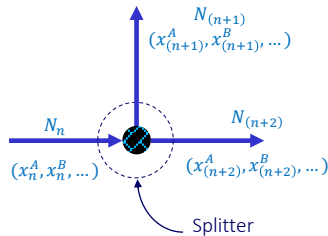
Como já havíamos comentado na aula anterior em um Mixer (= Nó de União) os valores das frações das espécies químicas que compõem a corrente resultante (= correntes derivada) se situam entre os valores mais concentrados e diluídos das frações das espécies químicas que compõem as correntes que a ela dão origem (= correntes primitivas)

9

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 (= Nó de Separação) as frações das espécies químicas que constituem a corrente Primitiva se mantêm constantes nas correntes Derivadas. Essa relação vale para quaisquer tipos de fração (mássica, volumétrica, molar, etc.). Portanto, para o caso das frações molares:

$$\begin{aligned} x_n^A &= x_{n+1}^A = x_{n+2}^A = \dots \\ x_n^B &= x_{n+1}^B = x_{n+2}^B = \dots \\ \dots & \quad \dots \quad \dots \quad \dots \end{aligned}$$

10

RECICLO E BY-PASS

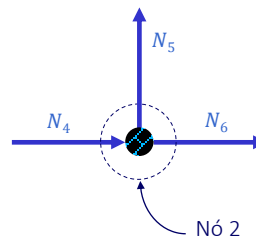
Para o caso do problema em questão, pode-se afirmar que, para o **Nó 2**:

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

[Equação 5]

Assim sendo,

$$x_5^W = x_6^W = 1,7\% \text{ mol } (= 0,017 \text{ mol})$$



Por outro lado, fazendo agora um balanço global no **Nó 1** será possível isolar N_5 :

$$N_1 + N_5 = N_2$$

$$N_5 = N_2 - N_1$$

$$N_5 = N_2 - 102,4 \quad \text{[Equação 6]}$$

11

RECICLO E BY-PASS

Se substituirmos o valor de x_5^W (Equação 5) e o valor de N_5 (Equação 6) na Equação 4, vem:

$$\left(\frac{4}{100} \times N_1 \right) + (x_5^W \times N_5) = (x_2^W \times N_2)$$

$$\left(\frac{4}{100} \times 102,4 \right) + \left[\frac{1,7}{100} \times (N_2 - 102,40) \right] = \left(\frac{2,3}{100} \times N_2 \right)$$

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

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

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

$$N_5 = 290,13 \text{ mols} \quad \text{Item (c) do problema}$$

12

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO – PROCESSOS DIVERSOS

Problema

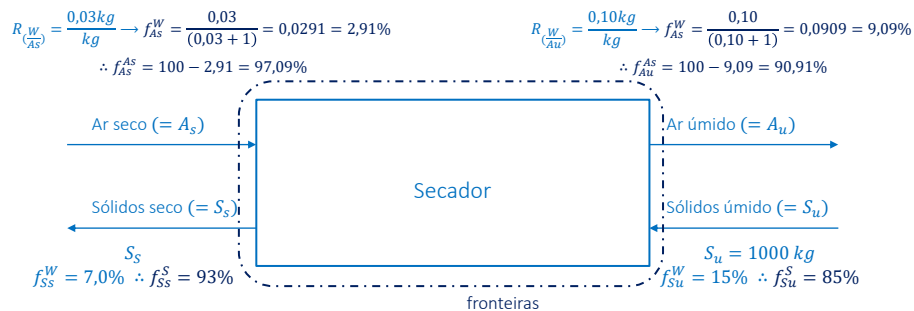
A secagem de 1000 kg de um sólido úmido ocorre por contato direto com ar atmosférico. A corrente de 'ar de alimentação' que entra no secador contém 0,03 kg de umidade para cada kg de ar seco. O 'ar úmido' que deixa o mesmo equipamento após a secagem, traz 0,10 kg água/kg ar seco. Além disso, o 'sólido "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' na entrada do secador

13

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO – PROCESSOS DIVERSOS



Em um processo sem acúmulo nem reação química:

$$S_u + A_s = S_s + A_u \rightarrow S_s + A_u - A_s = 1000$$

Balanço componente em sólidos secos:

$$S_u \cdot f_{S_u}^S + A_s \cdot f_{A_s}^S = S_s \cdot f_{S_s}^S + A_u \cdot f_{A_u}^S \rightarrow S_s \cdot \left(\frac{93}{100}\right) = 1000 \cdot \left(\frac{85}{100}\right)$$

14

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO – PROCESSOS DIVERSOS

Em um processo sem acúmulo nem reação química:

$$S_u + A_s = S_s + A_u$$

$$S_s + A_u - A_s = 1000$$

Balanço componente em sólidos secos:

$$S_u \cdot f_{Su}^S + A_s \cdot f_{As}^S = S_s \cdot f_{Ss}^S + A_u \cdot f_{Au}^S$$

$$S_s \cdot \left(\frac{93}{100}\right) = 1000 \cdot \left(\frac{85}{100}\right)$$

Balanço componente em Ar seco:

$$S_u \cdot f_{Su}^{As} + A_s \cdot f_{As}^{As} = S_s \cdot f_{Ss}^{As} + A_u \cdot f_{Au}^{As} \rightarrow \text{equação que relaciona } A_s \text{ e } A_u$$

Balanço componente em água:

$$S_u \cdot f_{Su}^W + A_s \cdot f_{As}^W = S_s \cdot f_{Ss}^W + A_u \cdot f_{Au}^W$$

15

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

16

BALANÇOS MATERIAIS EM REGIME TRANSIENTE

Problema:

Um tanque cilíndrico ($TQ1$) de área de seção transversal (A_1) contém líquido a uma altura $h = h_1^0$. Em determinado momento, a válvula de fundo de $TQ1$ é aberta, e o líquido presente em seu interior é drenado com vazão (q_1), para um tanque cilíndrico vazio ($TQ2$) de área de seção transversal (A_2). O escoamento ocorre através de um tubo que conecta os dois equipamentos.

Passado algum tempo, a válvula é fechada. Supondo que naquele instante as alturas em $TQ1$ e $TQ2$ fossem, respectivamente, h_1 e h_2 , desenvolva modelos matemáticos que relacionem $h_2(t)$ para os casos indicados a seguir:

a) $q_1 = b \times h_1$

b) $q_1 = b \times (h_1)^{1/2}$

Premissas: admitir que o fator (b) permanece constante durante o fenômeno