



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE LAVRAS**



Departamento de Engenharia (DEG)

Conservação de Massa e Energia



Graduação em Engenharia Química

Prof. Irineu Petri Júnior

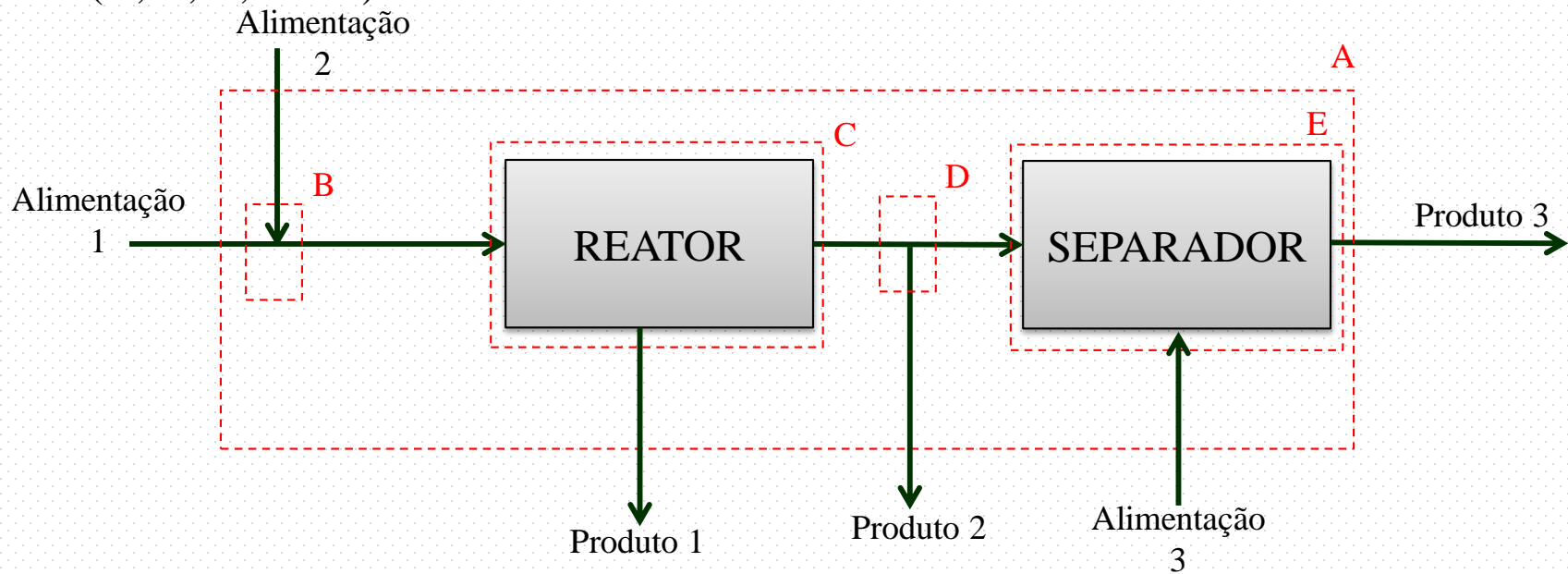
2017

3 – Balanço em processos de múltiplas unidades

Quando se tem mais de uma unidade compondo um determinado processo é fundamental diferir-se as fronteiras dentro das quais se está realizando o balanço. O espaço delimitado por essas fronteiras é usualmente denominado de Volume de Controle (VC).

O Volume de Controle pode ser o processo como um todo, ou uma parte dele. Pode combinar unidades interligadas ou localizar-se sobre uma única unidade ou mesmo em um ponto de junção ou divisão de correntes de processo. Para a identificação dos diferentes sistemas considerados, utiliza-se o desenho de blocos em linhas pontilhadas em torno da região considerada no fluxograma, tornando-se para efeito de balanço, as correntes de fluxo que atravessam essas fronteiras imaginárias.

Considere o fluxograma abaixo de um processo contendo 2 unidades (reator+separador) e os 5 VCs (A, B, C, D e E)



Volume de controle A: compreende o processo como um todo, compreendendo todas as correntes de alimentação e produto.

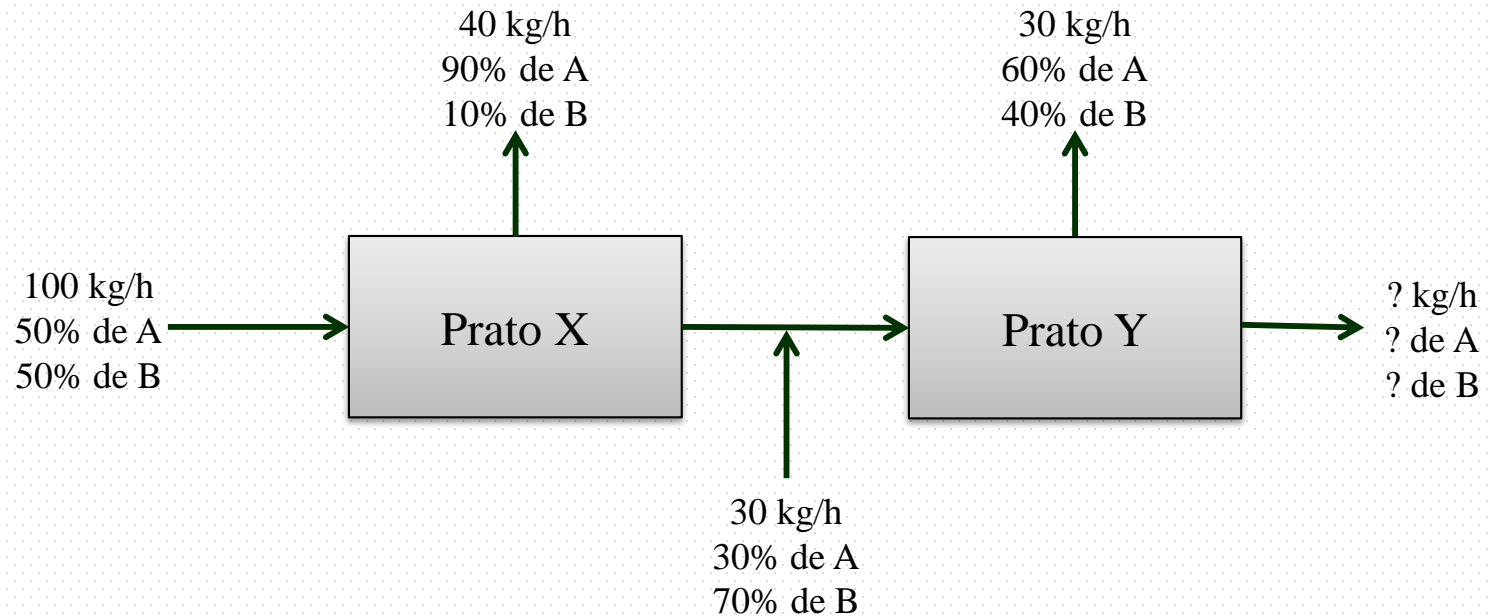
Volume de controle B: compreende um ponto de mistura de 2 correntes de alimentação.

Volume de controle C: compreende o balanço de massa no reator.

Volume de controle D: compreende um ponto de separação (divisão de correntes)

Volume de controle E: compreende o balanço de massa no separador.

Ex.: O fluxograma de um processo de destilação contínuo em estado estacionário é mostrado abaixo. Cada corrente contém dois componentes chamados de A e B em diferentes proporções. Calcule as vazões e composições das correntes 1, 2 e 3.



Exemplo 1

Processo de extração-destilação

Deseja-se separar uma mistura contendo 50% de acetona e 50% de água (em peso) em duas correntes, uma rica em acetona, a outra em água. O processo de separação consiste na extração da acetona da água com metil-isobutil-cetona (MIBC) que dissolve a acetona mas que é praticamente imiscível na água, seguida por destilação para separar a acetona do solvente.

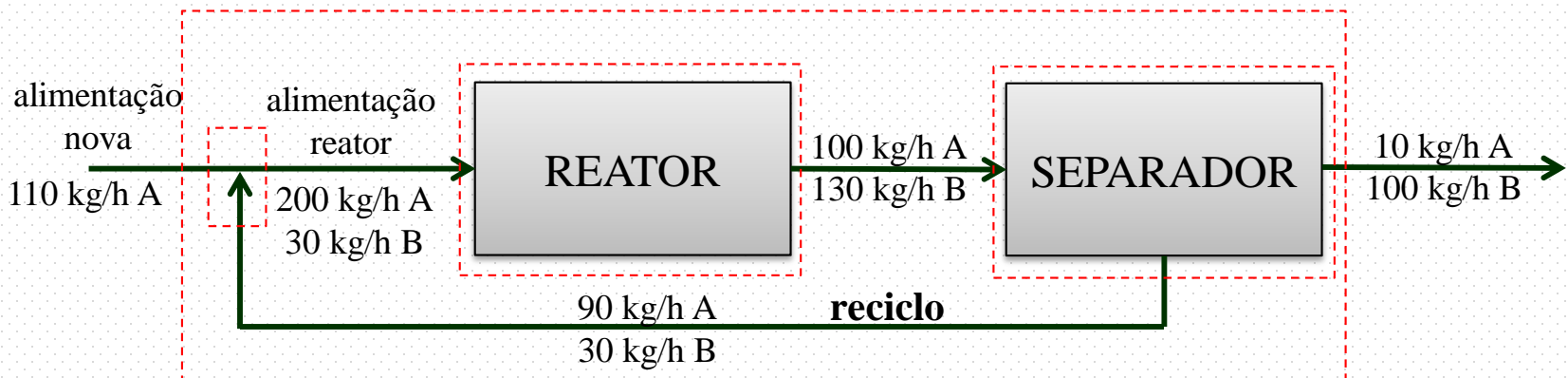
Em um estudo em planta-piloto, para cada 100 kg de acetona-água fornecidos à primeira etapa da extração, 100 kg de MIBC são alimentados à primeira etapa e 75 kg à segunda etapa. O extrato da primeira etapa contém 27,5% em peso de acetona. O refinado da segunda etapa tem uma massa de 43,1 kg e consiste em 5,3% de acetona e 1,6% de MIB, enquanto o extrato da segunda etapa contém 9,0% de acetona e 3,0% de água. O produto de topo da coluna de destilação contém 2,0% de MIBC e 1,0% de água.

Para uma base admitida de 100 kg de mistura acetona-água na alimentação, calcule as massa e composições do refinado e do extrato da etapa 1, do extrato da etapa 2, do extrato combinado e dos produtos de topo e de fundo na coluna de destilação.

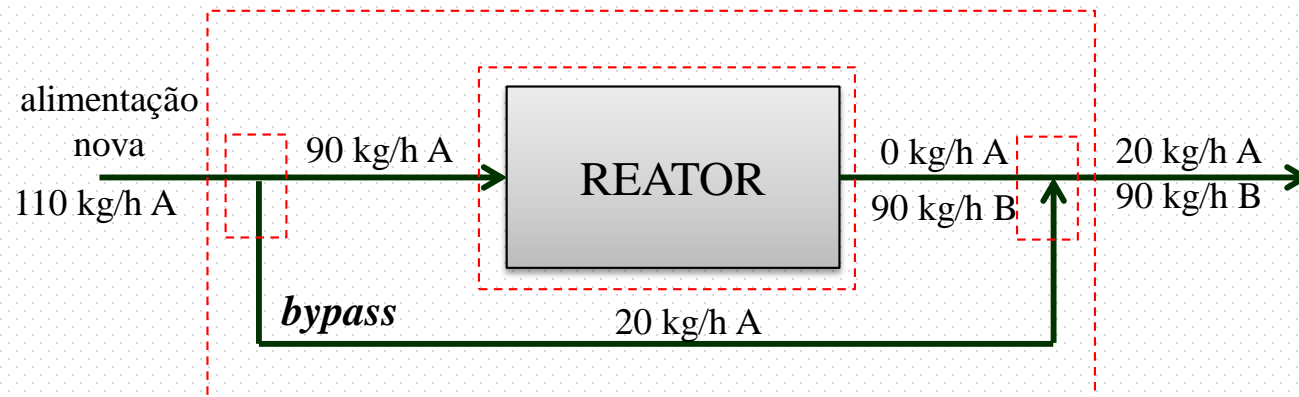
3.1 Reciclo, *bypass* e purga

Considere uma reação química $A \rightarrow R$. É muito raro que ela se complete num reator contínuo. Tanto faz quanto A está presente no início da reação ou quanto tempo ele é deixado no reator, A é normalmente encontrado no produto. Suponha que seja possível encontrar um modo de separar a maioria ou todo o A do produto R. Isto é vantajoso se o custo de separação e alimentação compensar o custo de matéria prima A. Nessa situação é interessante reciclar o reagente A (separação de R) para a entrada do reator.

Um fluxograma típico envolvendo uma operação de reciclo é mostrado abaixo. É importante distinguir com clareza (para efeito de balanço), a alimentação nova da alimentação do reator. Esta última é a soma da **alimentação nova** com a **corrente de reciclo**. O balanço é feito nas unidades e na junção ou separação, de acordo com o processo.

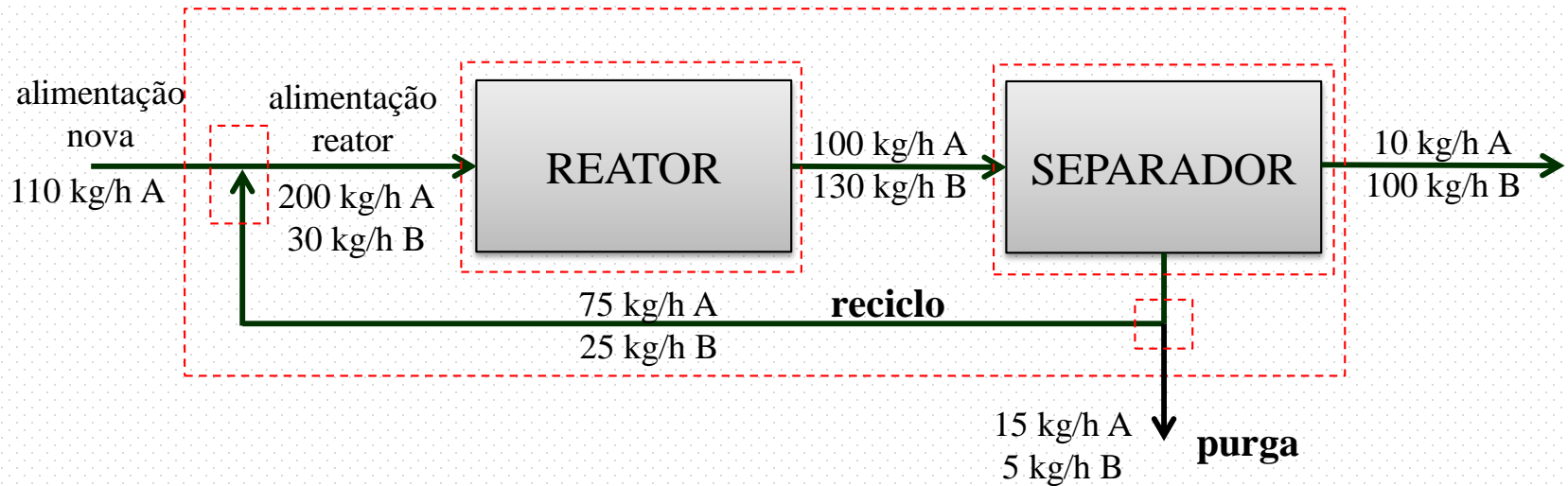


Uma operação também comum na indústria química é o desvio de uma parte da alimentação de uma unidade e a combinação dessa corrente chamada “*bypass*” com a corrente de saída daquela unidade. Isto pode ocorrer por uma série de razões que serão apresentadas ao longo do curso de Eng. Química. Através deste procedimento é possível, por exemplo, manipular a composição e as propriedades do produto. O fluxograma técnico é mostrado abaixo:



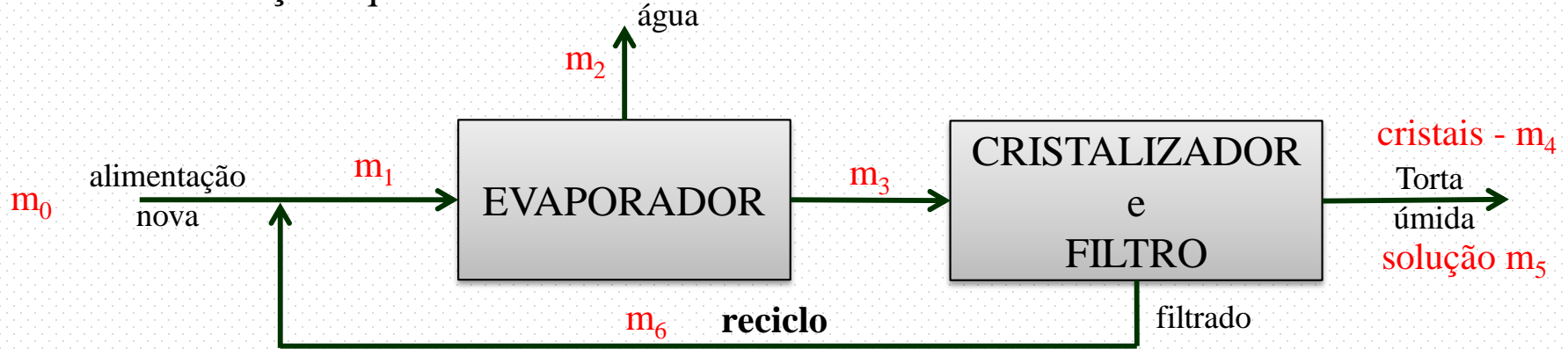
O procedimento para cálculo de balanço nesses processos com reciclo e “*bypass*” é baseado no mesmo adotado para processos com múltiplas unidades.

A purga é um processo que desvia e descarta uma corrente do processo para que não haja o acúmulo de compostos indesejados no reator, pela utilização do reciclo. Caso não houvesse a corrente de purga, a cada vez que o material fosse reciclado, haveria o acúmulo de compostos indesejados, que não são removidos no separador pela corrente de produto.



Exemplo 2

O fluxograma de um processo para recuperação de cromato de potássio (K_2CrO_4) a partir de uma solução aquosa deste sal é mostrada abaixo.



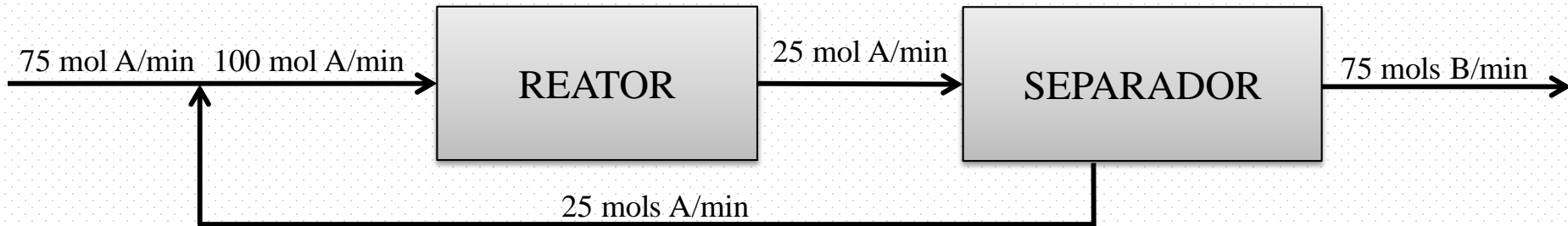
Nesta operação, 4500 kg/h de uma solução 1/3 K_2CrO_4 em massa é combinada com uma corrente de reciclo contendo 36,36% de K_2CrO_4 , em massa. A corrente formada pela junção das duas anteriores é alimentada ao evaporador. A corrente concentrada que deixa o evaporador contém 49,4% de K_2CrO_4 ; esta corrente é alimentada ao cristalizador, no qual é resfriada (causando a formação de cristais de K_2CrO_4) e então filtrada. A torta do filtro contém cristais de K_2CrO_4 e uma solução (que umedece a torta) que, contém 36,36% K_2CrO_4 em massa; os cristais são responsáveis por 95% da massa total da torta. A solução que passa através do filtro também tem 36,36% K_2CrO_4 em massa e constitui-se na corrente de reciclo.

Calcular a massa de água removida pelo evaporador, a taxa de produção de K_2CrO_4 cristalino, a relação “kg reciclo/ kg de alimentação nova” e as vazões com que o evaporador e o cristalizador devem ser projetados.

Reciclo com reação química

O reciclo de reagentes não consumidos é comumente utilizado quando se quer aumentar a conversão dos reagentes em produtos, pois o mesmo reagente passa mais de uma vez dentro do reator, sendo consumido em algum momento.

Algumas definições são importantes quando se usa o reciclo dos reagentes não consumidos, para isso, considere o seguinte exemplo de reação química $A \rightarrow B$:



$$\text{Convers\~ao global} = \frac{\text{reagente entra no processo} - \text{reagente sai do processo}}{\text{reagent entra no processo}} 100\% = \frac{75 - 0}{75} 100\% = 100\%$$

$$\text{Convers\~ao por passe no reator} = \frac{\text{reagente entra no reator} - \text{reagente sai do reator}}{\text{reagent entra no reator}} 100\% = \frac{100 - 25}{100} 100\% = 75\%$$

Este exemplo ilustra o objetivo do reciclo, pois, foi poss\u00edvel atingir completa utiliza\u00e7\u00e3o do reagente, embora somente 75% do reagente que entra no reator \u00e9 convertido antes de sair. A vaz\u00e3o para que a convers\u00e3o global seja de 100% est\u00e1 na perfeita separa\u00e7\u00e3o. Se algum A sair com a corrente de produto, a convers\u00e3o ser\u00e1 menor que 100%, embora ela deva ser sempre maior que a convers\u00e3o por passe

Exemplo 3

Propano é desidrogenado para formar propileno em um reator catalítico: $C_3H_8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$. O processo é projetado para uma conversão global de 95% do propano. Os produtos de reação são separados em duas correntes: a primeira contém H_2 , C_3H_6 e 0,555% do propano que deixa o reator é assumida como produto; a segunda que contém o restante do propano não reagido e 5% do propileno que sai na corrente de produto, é reciclado ao reator. Calcule a composição do produto, a relação (mols reciclado/mols de alimentação nova) e a conversão por passe.

Lista de Exercícios III

www.irineupetri.com