



Operações Unitárias III

Profª. Dra. Simone de Fátima Medeiros

Exercícios de Aplicação

Destilação Flash:

- 1) Uma mistura composta por benzeno e tolueno de composição $z_A = 0,55$ em fração molar de benzeno, entra a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ em um aparato de destilação flash e vaporiza-se 40 % da alimentação. Determinar:
A) A composição do vapor e do líquido residual;
Resp.: $x_A=0,46$; $y_A=0,68$; $x_B=0,54$; $y_B=0,32$.
B) A temperatura em que se efetiva a separação;
Resp.: $93,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 2) Uma mistura de metanol e etanol com uma fração molar do componente mais volátil igual a 0,72 é submetida a uma destilação flash, na pressão atmosférica, obtendo-se 35 % de vapor. Utilizando o diagrama de equilíbrio, determine:
A) As composições das fases obtidas;
Resp.: $x_A=0,69$; $y_A=0,79$; $x_B=0,31$; $y_B=0,21$.
B) A temperatura de separação.
Resp.: $68,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 3) 100 kmol/h de uma mistura equimolar de eteno e n-octano sofrem uma destilação flash à pressão de 200 psi e 100°F . Calcular a composição e a vazão de cada fase formada.
 $V=35,02\text{ kmol/h}$; $y_A=0,9941$; $y_B=0,0059$.
 $L=64,98\text{ kmol/h}$; $y_A=0,2339$; $y_B=0,7661$.
- 4) Faça um estudo da curva de vaporização em função da temperatura, para uma alimentação correspondente a 30 % molar em tolueno, de uma corrente de mistura benzeno e tolueno de 150 kmol/min. Utilize o diagrama de fase T-x-y para os cálculos necessários. A partir deste estudo identifique:



A) a temperatura na qual a fração vaporizada é de 0.2.

Resp.: 87 °C.

B) a temperatura correspondente ao ponto de bolha;

Resp.: 86,8 °C.

C) a temperatura correspondente ao ponto de orvalho.

D) Resp.: 92,5 °C.

- 5) Uma mistura equimolar de benzeno e tolueno é sujeita a destilação flash em um separador a 1 atm de pressão. Determine as seguintes quantidades para f , fração de vaporização, igual à 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1:

A) A temperatura no separador;

Resp.: Para $f=0$: $T=92^{\circ}\text{C}$; para $f=0,2$: $T=93,2^{\circ}\text{C}$; para $f=0,4$: $T=94^{\circ}\text{C}$; para $f=0,6$: $T=96,4^{\circ}\text{C}$; para $f=0,8$: $T=97,5^{\circ}\text{C}$; para $f=1$: $T=98,5^{\circ}\text{C}$.

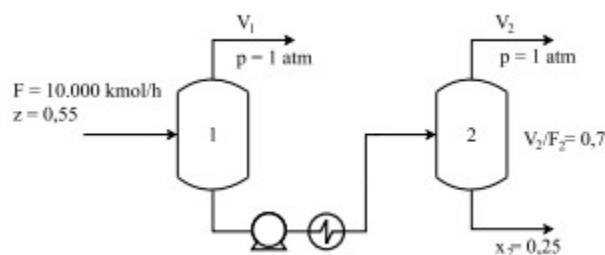
B) A composição do líquido que deixa o separador;

Para $f=0$: $x_A=0,5$; para $f=0,2$: $x_A=0,458$; para $f=0,4$: $x_A=0,41$; para $f=0,6$: $x_A=0,364$; para $f=0,8$: $x_A=0,322$; para $f=1$: $x_A=0,285$.

C) A composição do vapor que deixa o separador.

Para $f=0$: $y_A=0,71$; para $f=0,2$: $y_A=0,678$; para $f=0,4$: $y_A=0,62$; para $f=0,6$: $y_A=0,582$; para $f=0,8$: $y_A=0,541$; para $f=1$: $y_A=0,5$.

- 6) Dois vasos flash são conectados como mostrado na figura abaixo. Ambos estão a 1 atm de pressão. A alimentação do primeiro vaso é uma mistura binária de metanol e água com 55 mol% de metanol. A vazão alimentada é de 10000 kmol/h. O segundo vaso opera com $V_2/F_2 = 0,7$ e a composição do produto líquido é de 25 mol% de metanol. Os dados de equilíbrio são mostrados na tabela abaixo. Determine as vazões e as composições de equilíbrio em cada um dos vasos.





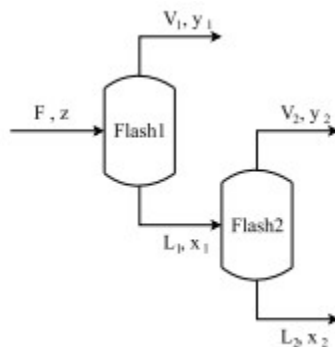
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

Tabela 1: Dados de equilíbrio vapor-líquido para metanol(A)–
água(B) ($p = 1 \text{ atm}$).

x_A	y_A	$T \text{ (}^\circ\text{C)}$	x_A	y_A	$T \text{ (}^\circ\text{C)}$
0	0	100	40	72,9	75,3
2	13,4	96,4	50	77,9	73,1
4	23	93,5	60	82,5	71,2
6	30,4	91,2	70	87	69,3
8	36,5	89,3	80	91,5	67,6
10	41,8	87,7	90	95,8	66
15	51,7	84,4	95	97,9	65
20	57,9	81,7	100	100	64,5
30	66,5	78			

$V1 = 1450 \text{ kmol/min}$; $L1 = 8550 \text{ kmol/min}$; $V2 = 5984 \text{ kmol/min}$; $L2 = 2566 \text{ kmol/min}$; $x_{A1} = 0,509$; $y_{A1} = 0,79$; $x_{A2} = 0,25$; $y_{A2} = 0,62$.

- 7) Uma mistura contendo 70 mol% de benzeno e 30 mol% de tolueno a temperatura ambiente, na qual os componentes são miscíveis em qualquer proporção, é alimentada em uma sequência de 2 vasos flash ligados em série. A saída da corrente da fase líquida do primeiro vaso flash é alimentada no segundo como indicado na figura abaixo. O processo é conduzindo a uma pressão constante de 1 atm. A partir do diagrama de equilíbrio, determine:



- I. Considere ambos os vasos flash com uma fração vaporizada de 50%.
- A) Quais são as composições de benzeno das correntes de vapor que deixam os 2 vasos?
Resp.: $y_{A1} = 0,795$; $y_{A2} = 0,71$;
- B) Quais as temperaturas de operação dos 2 vasos?
Resp.: $T_{s1} = 89,2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $T_{s2} = 92 \text{ }^\circ\text{C}$.



II. Considere os vasos flash com temperaturas de 90°C e 95°C respectivamente.

A) Quais as frações vaporizadas nos 2 vasos?

Resp.: $f_1 = 0,64$; $f_2 = 0,80$;

B) Quais as composições de benzeno das correntes de vapor que deixam os 2 vasos?

Resp.: $y_{A1} = 0,77$; $y_{A2} = 0,62$;

III. Considere o primeiro e o segundo vasos flash com 60 mol% e 50 mol% de benzeno na corrente de líquido respectivamente.

A) Quais as frações vaporizadas nos 2 vasos?

Resp.: $f_1 = 0,53$; $f_2 = 0,46$;

B) Quais as temperaturas de operação dos 2 vasos?

Resp.: $T_{s1} = 89,2^\circ\text{C}$; $T_{s2} = 94^\circ\text{C}$.

Destilação Diferencial:

8) Cem moles de uma mistura a 50 % de etanol e 50 % de água, em base molar, são destilados por um sistema de destilação diferencial e pressão atmosfera normal. A destilação é efetuada até que o resíduo atinja a composição de 0,1 em fração molar do etanol. Qual é a quantidade e composição média no destilado? Dado o diagrama X – Y de uma mistura azeotrópica e utilize passo de 0,1 para a integração dos dados.

Resp.: $V = 80,84$ mols; $y_A = 0,59$.

9) Cem moles de uma mistura 20 % de etanol e 80 % água, em base molar foram destilados por destilação diferencial a pressão atmosfera normal. A destilação foi efetuada até que o resíduo atinja a composição 0,05 em fração molar do etanol. Qual a quantidade e a composição média do destilado?

Resp.: $V = 36,87$ mols; $y_A = 0,43$.

Destilação com retificação:

10) Uma coluna de destilação com retificação operando a 1 atm deve ser projetada para separar uma mistura composta por etanol e água. A alimentação com fluxo total equivalente a 750



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL

kmols/h, na forma de líquido saturado, contém 35 % (em mols) de etanol. Espera-se uma composição de destilado igual a 82 % (em mols) de etanol e que o produto de fundo não apresente mais que 2 % (em mols) de etanol. A razão de refluxo é igual a 4,8. Uma vez que a volatilidade relativa do sistema etanol-água é fortemente dependente da composição de etanol na fase líquida, considere a seguinte relação:

$$0,7 \leq y \leq 1,0 \rightarrow \alpha = 1,3$$

$$0,65 \leq y < 0,7 \rightarrow \alpha = 1,6$$

$$0,6 \leq y < 0,65 \rightarrow \alpha = 2,1$$

$$0,5 \leq y < 0,6 \rightarrow \alpha = 2,7$$

$$0,3 \leq y < 0,50 \rightarrow \alpha = 4,5$$

$$0 < y < 0,3 \rightarrow \alpha = 6,0$$

Determine:

- a) As vazões de produto de topo e de produto de fundo;

Resp.: D = 309,38 kmol/h; B = 440,62 kmol/h.

- b) O número teórico de pratos e a posição do prato de alimentação;

Resp.: N = 9; P.A. = 7.

- c) O número mínimo de pratos;

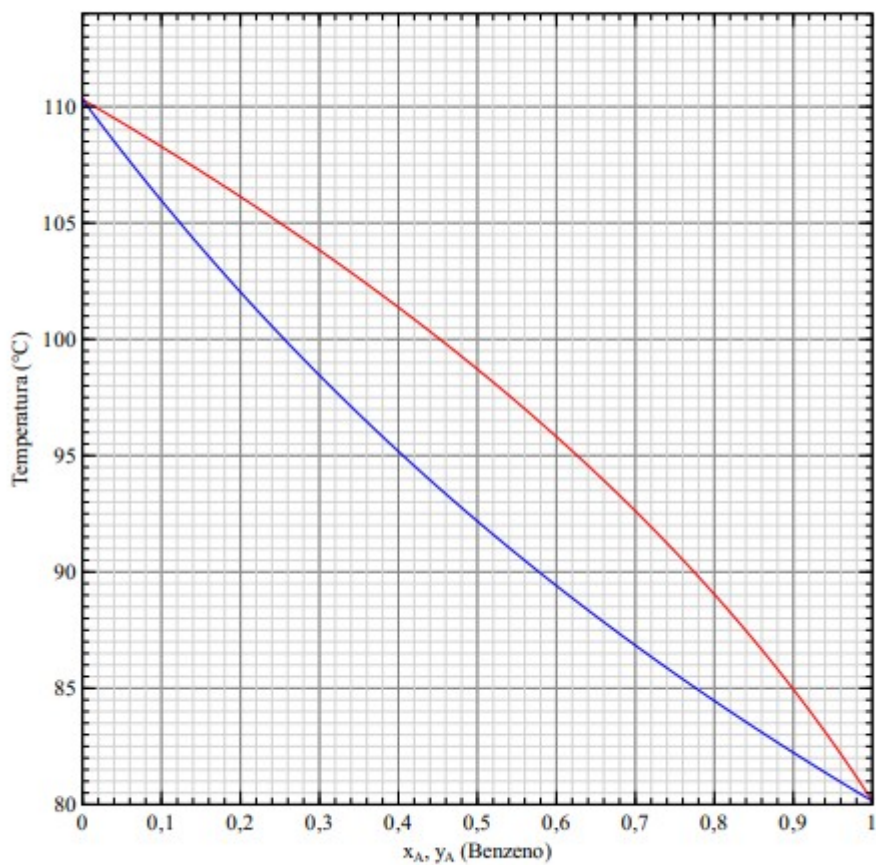
Resp.: 6.

- d) A razão de refluxo mínima;

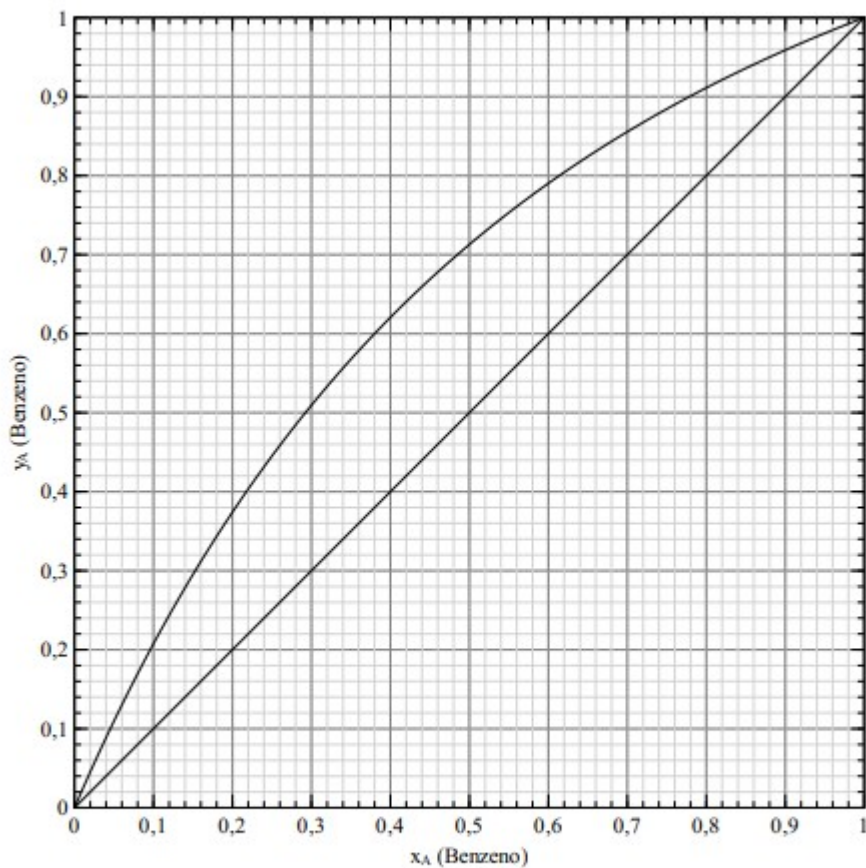
Resp.: 1,016.

- e) Ao executar o projeto, o engenheiro verificou, experimentalmente, que a composição do produto de topo foi igual a 72 % em etanol. Qual a quantidade real de pratos necessária para esta coluna de destilação?

Resp.: 11 pratos.

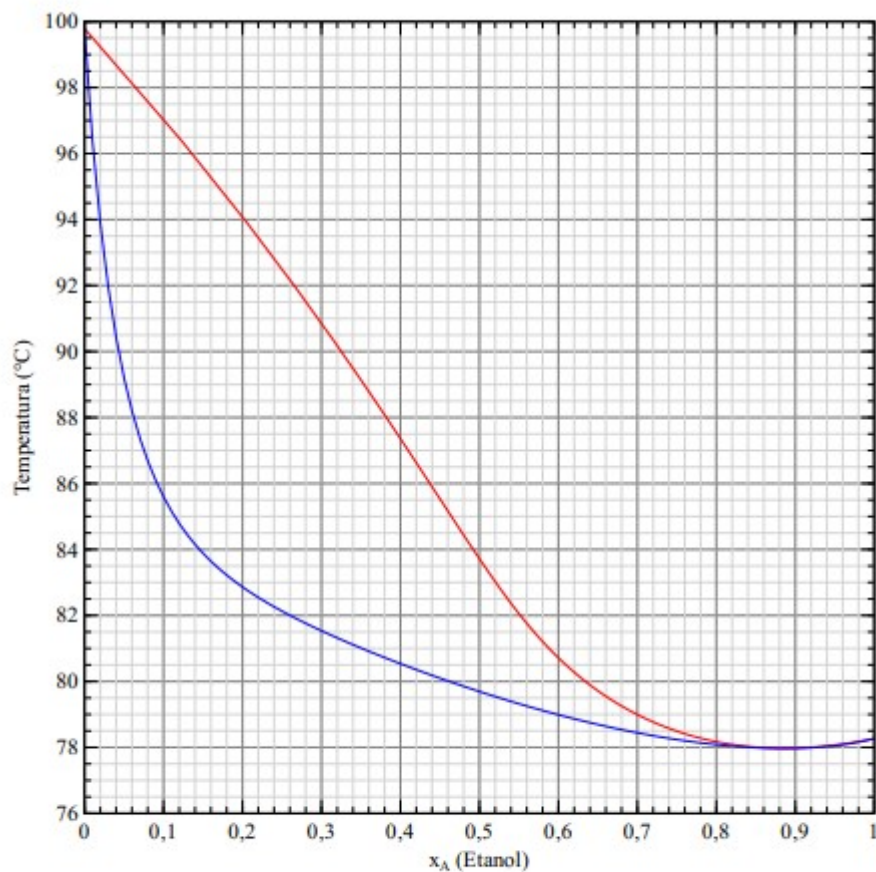


(a) Diagrama T-x-y a pressão constante.

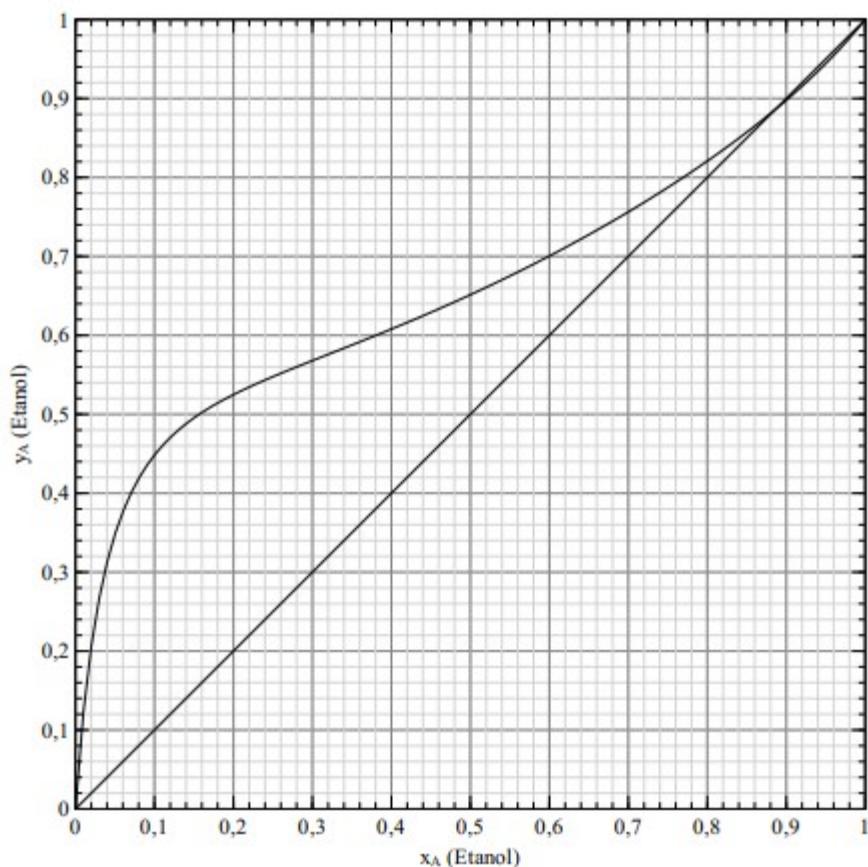


(b) Diagrama x-y a pressão constante.

Figura 1: Mistura binária benzeno(A)–tolueno(B) a 1 atm.



(a) Diagrama T-x-y a pressão constante



(b) Diagrama x-y a pressão constante

Figura 4: Mistura binária etanol(A)-água(B) a 1 atm.