



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena - EEL

Operações Unitárias III

Profa. Dra.: Simone de Fátima Medeiros



1º Semestre - 2021



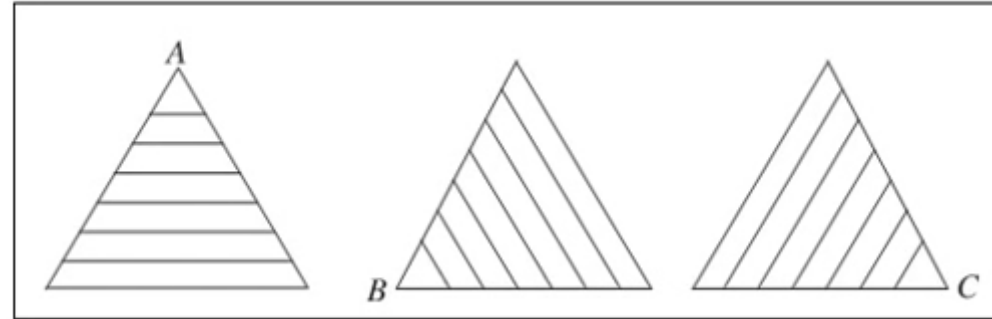
Extração líquido-líquido

DIAGRAMAS TERNÁRIOS

- Triângulos equiláteros e triângulos retângulos;
- Leitura das composições em equilíbrio de uma mistura ternária;
- Componentes: linha de equilíbrio, ponto crítico de mistura, linhas de amarração;
- Efeito da variação da quantidade de solvente na composição da mistura.

DIAGRAMAS TERNÁRIOS

- Soluções parcialmente miscíveis;
- Triângulo equilátero;
- Dependem de T e P;



- Vértices → Componentes puros
 - Lados → Misturas binárias
 - Interior → Misturas ternárias
-
- Leitura baseada no lado oposto do vértice correspondente ao componente;

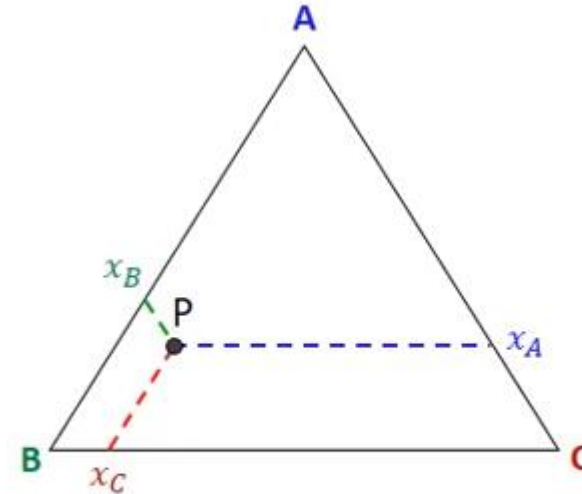
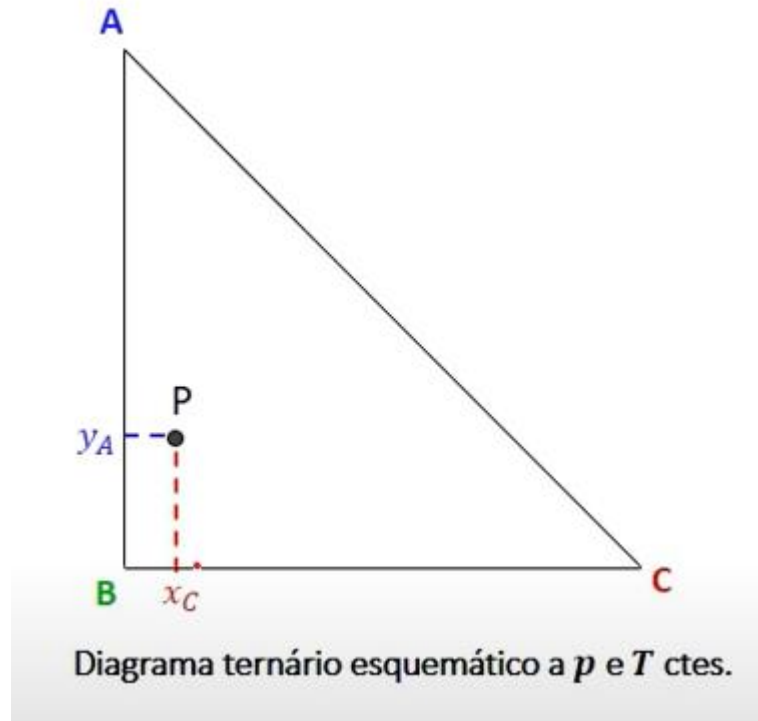


Diagrama ternário esquemático a P e T ctes.

DIAGRAMAS TERNÁRIOS

- Triângulo retângulo;



No diagramas, são consideradas apenas as frações de A e C; B é determinado por diferença;

Na composição ternária (ponto P) a mistura é mais rica em B do que em A e C.

DIAGRAMAS TERNÁRIOS

O diagrama ternário é constituído de uma linha de equilíbrio e linhas de união

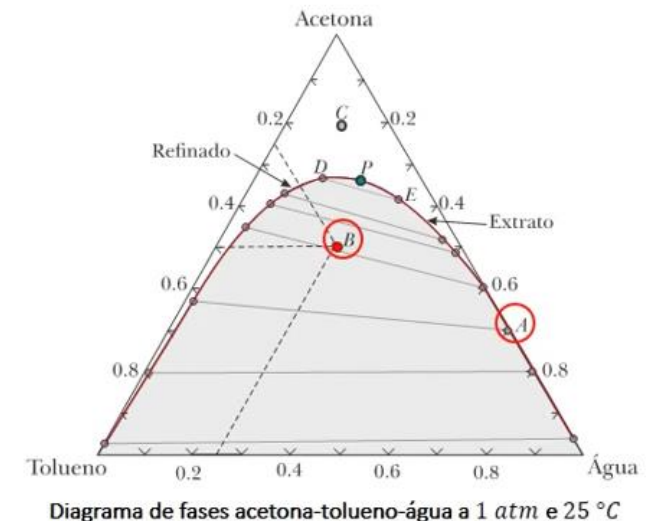
- Linha de equilíbrio ou linha de imiscibilidade (linha **vermelha**)

Separa a zona bifásica (dois líquidos em equilíbrio, como por exemplo o ponto *B*) da zona monofásica (um líquido, como por exemplo o ponto *C*)

A linha de equilíbrio varia com a temperatura e pressão

Ponto *A* → Mistura binária acetona-água com 70 *mol%* de água

Ponto *B* → Mistura ternária 25 *mol%* de água, 50 *mol%* de acetona e 25 *mol%* de tolueno

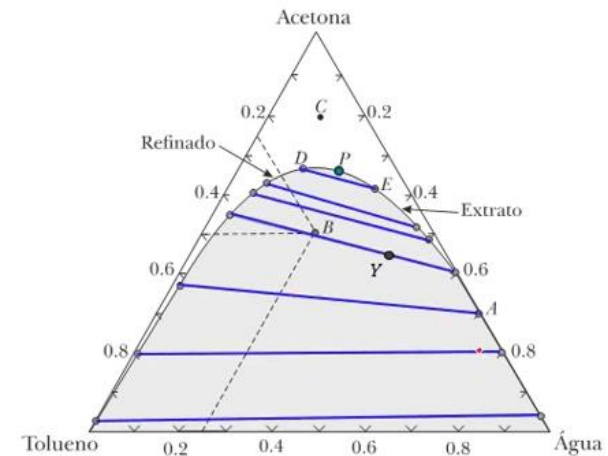


DIAGRAMAS TERNÁRIOS

- Linhas de união (linhas azuis)

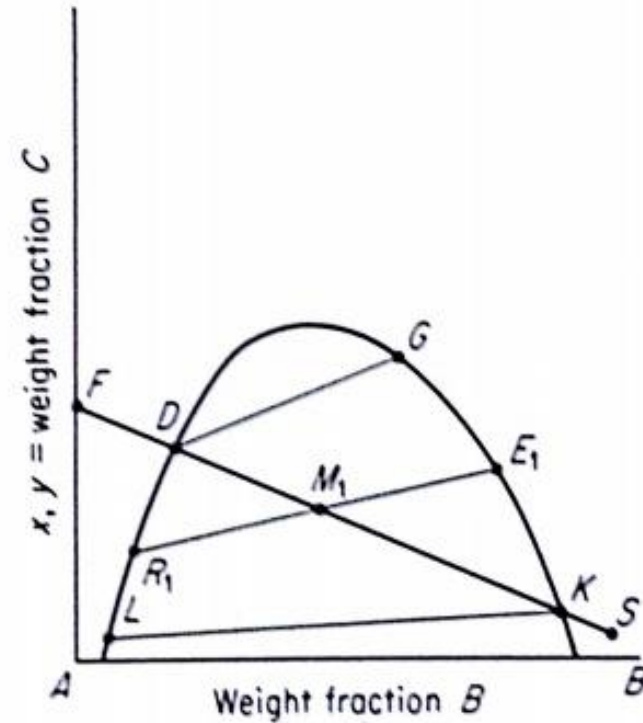
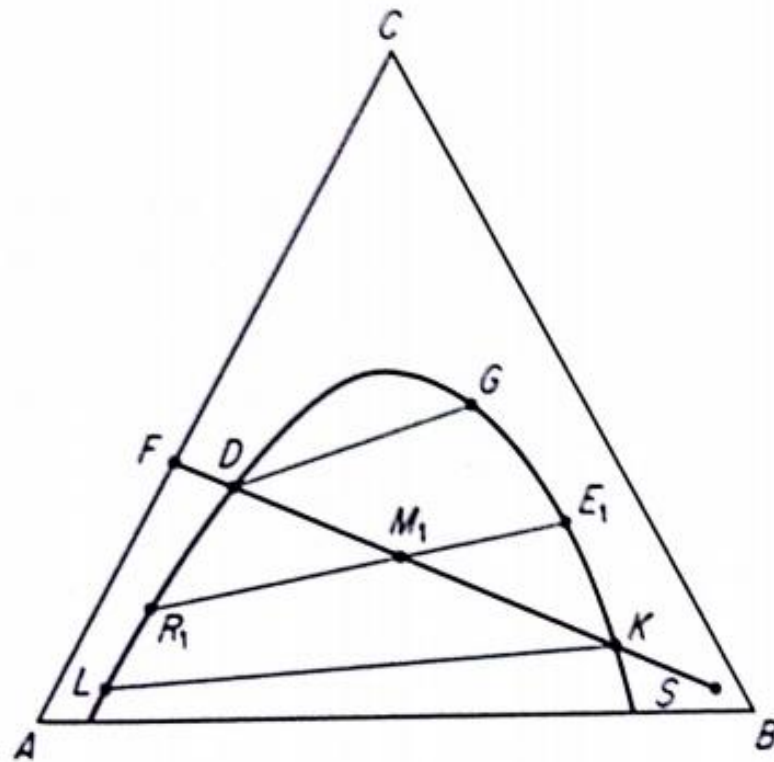
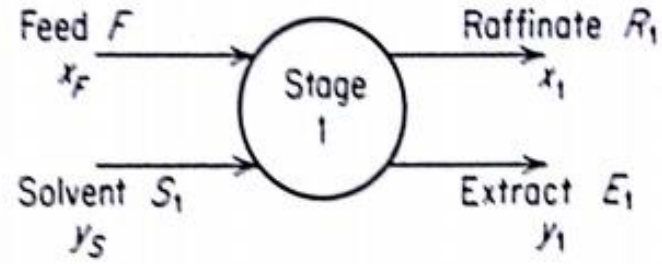
Indicam a composição da mistura após atingir o equilíbrio

Exemplo: Uma mistura original com composição correspondente ao ponto Y se separa em duas fases E_1 e R_1 que estão na linha de união de equilíbrio, que passa pelo ponto B

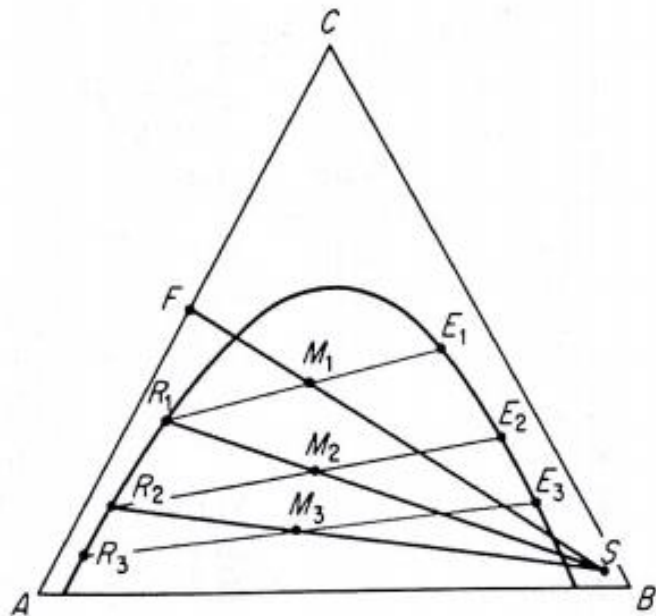
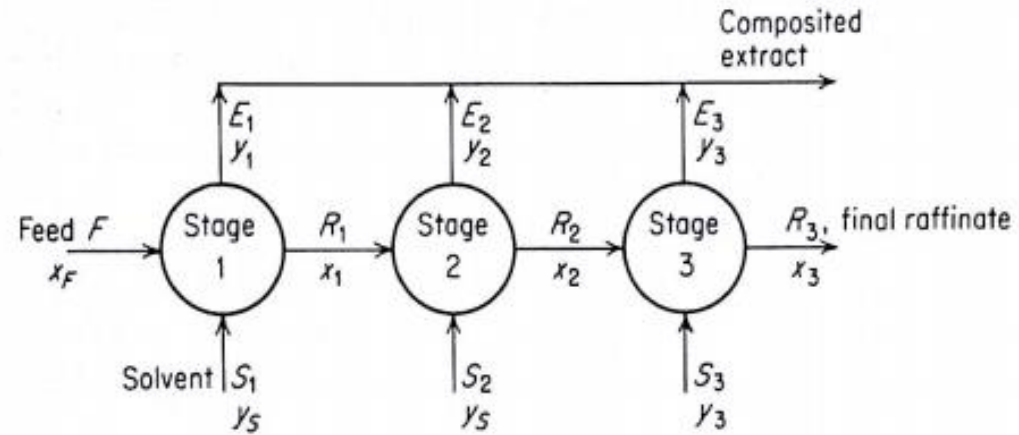


Se as composições da alimentação ($x_{A,F}$; $x_{D,F}$; $x_{S,F}$) e do solvente ($y_{A,S}$; $y_{D,S}$; $y_{S,S}$) são conhecidas, localizamos os pontos F e S no diagrama, unindo-os com uma reta

Extração simples

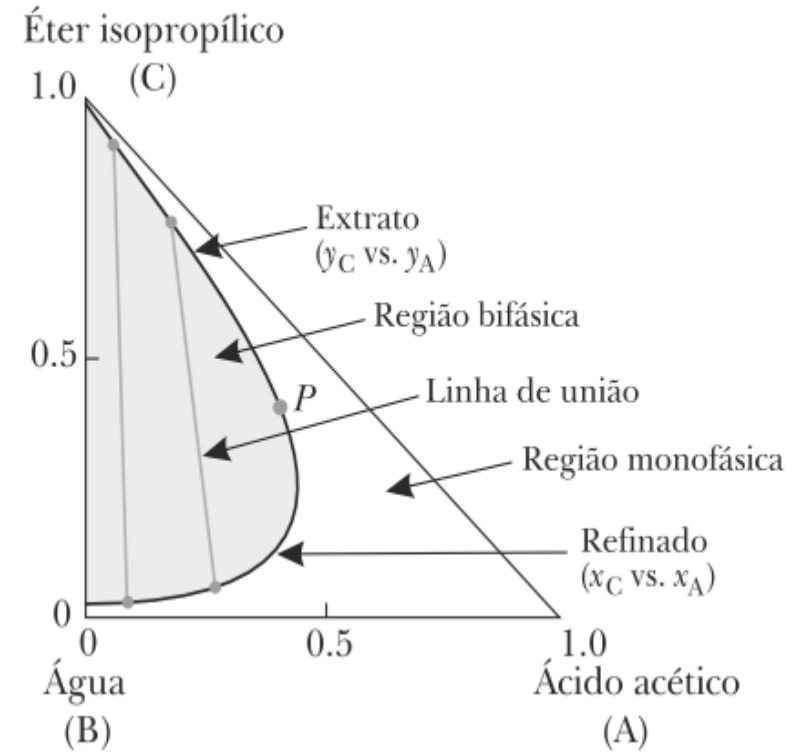
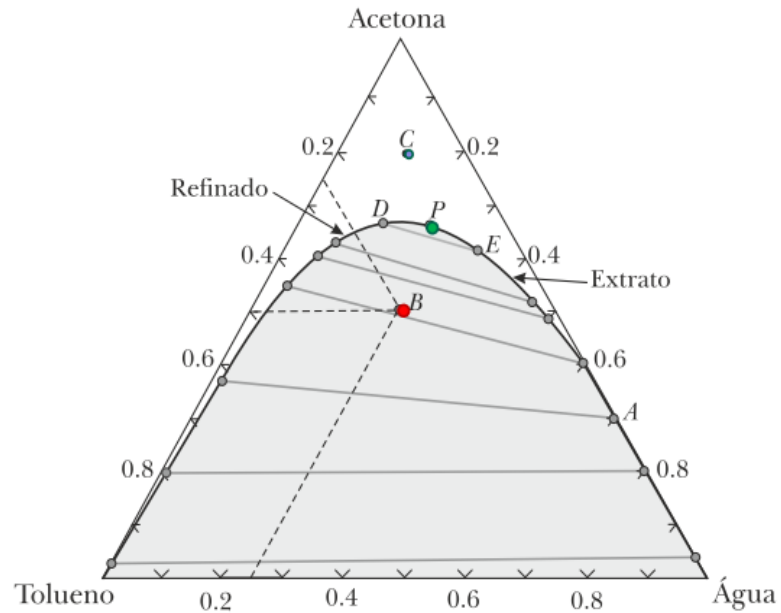


Extração múltipla



Diagramas ternários:

Representação:



Diagramas ternários:

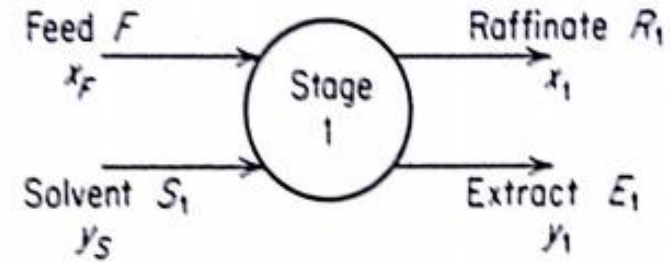
Balanço de massa:

1) Global:

$$F + S_1 = E_1 + R_1 = M_1$$

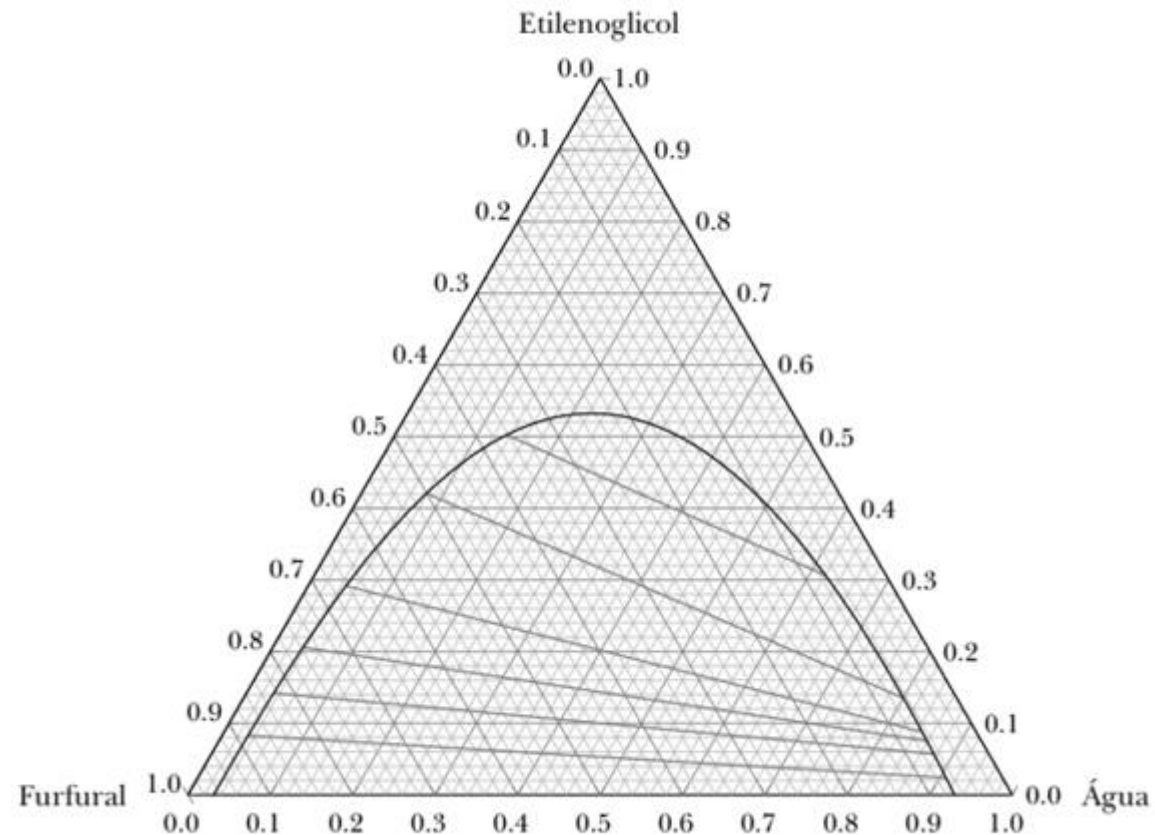
2) Por componentes:

$$F \cdot x_F + S_1 \cdot y_s = E_1 \cdot y_1 + R_1 \cdot x_1 = M_1 \cdot x_{M1}$$

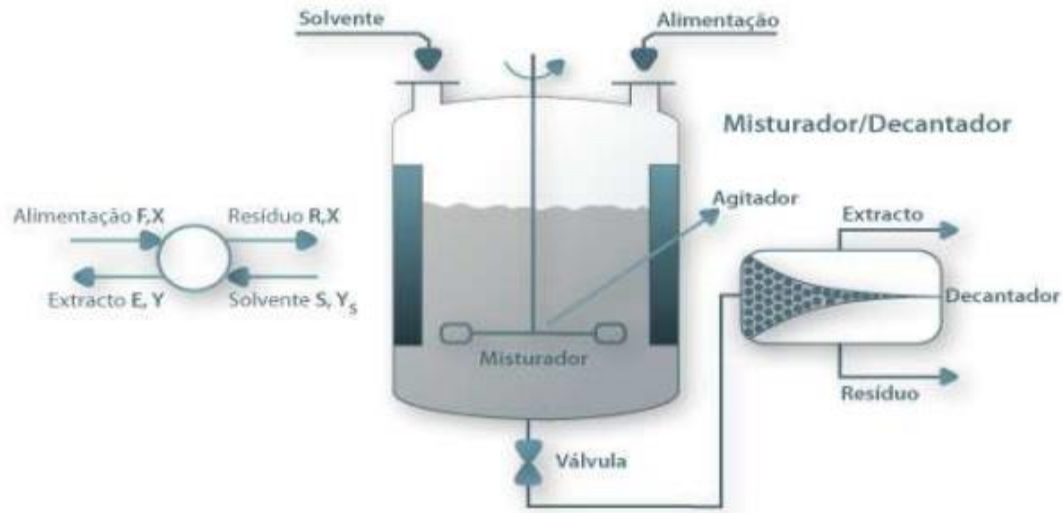


Exemplo 1:

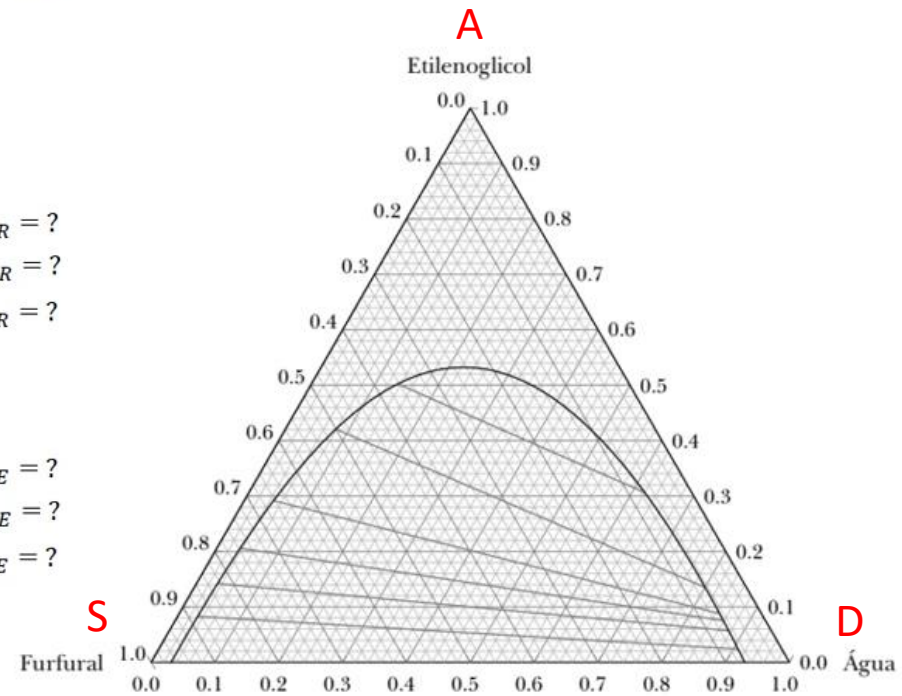
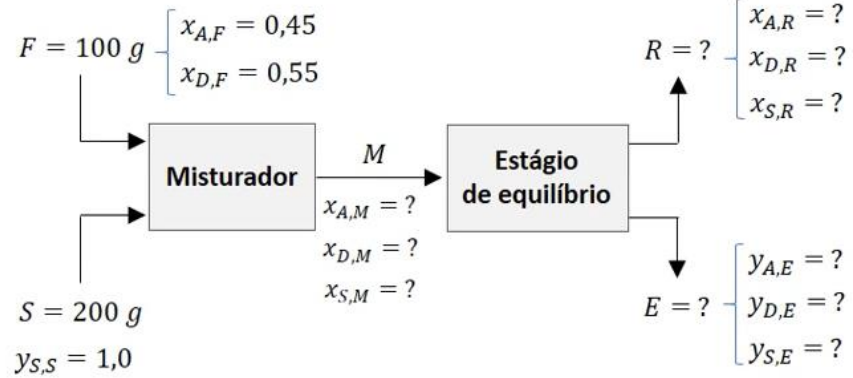
A 25 °C e 1 atm, misturam-se 100 g de uma solução aquosa contendo 0,45 em fração mássica de etilenoglicol com 200 g de furfural puro. Utilizando o diagrama de equilíbrio abaixo determine as composições e as quantidades das correntes de refinado e extrato.



Batelada



Dados:



Balanco de massa:

$$F + S = R + E = M$$

$$M = 100 + 200 = 300 \text{ g}$$

Balanco por componentes (soluto):

$$F \cdot x_{A,F} + S \cdot y_{A,S} = M \cdot x_{A,M}$$

$$100 \cdot 0,45 + 0 = 300 \cdot x_{A,M}$$

$$x_{A,M} = 0,15$$

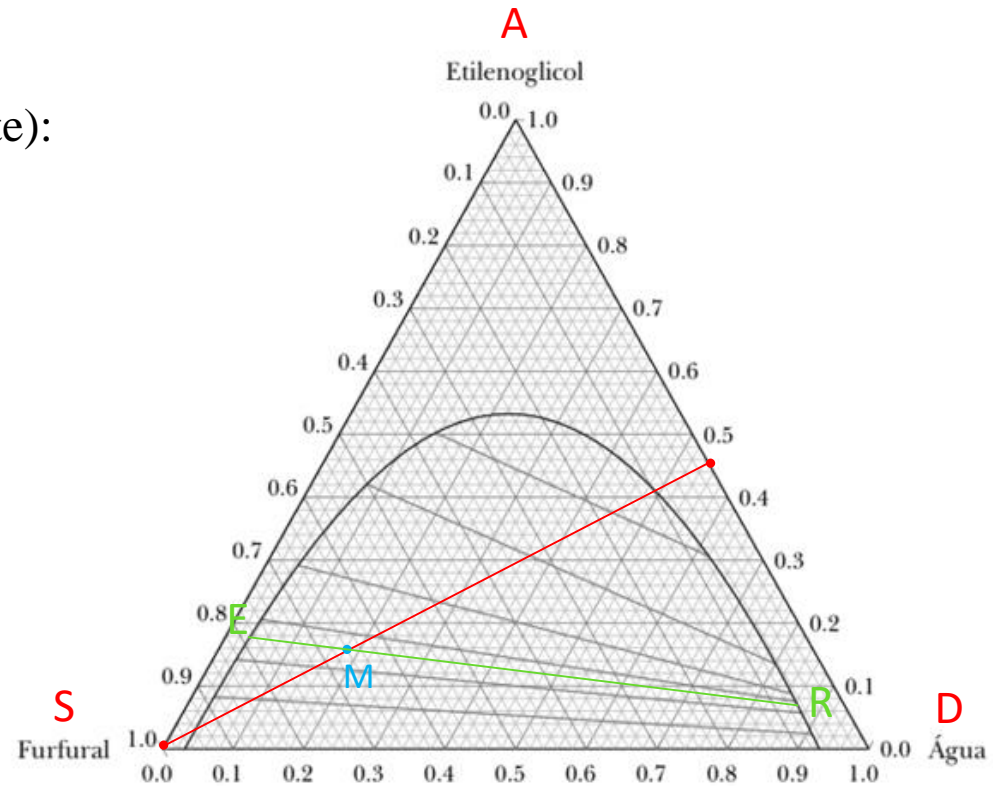
Balanco por componentes (diluyente):

$$F \cdot x_{D,F} + S \cdot y_{D,S} = M \cdot x_{D,M}$$

$$100 \cdot 0,55 + 0 = 300 \cdot x_{D,M}$$

$$x_{D,M} = 0,18$$

$$x_{S,M} = 1 - 0,15 - 0,18 = 0,67$$



Composição do Refinado:

$$x_{A,R} = 0,06$$

$$x_{D,R} = 0,87$$

$$x_{S,R} = 0,07$$

Composição do Extrato:

$$y_{A,E} = 0,17$$

$$y_{D,E} = 0,04$$

$$y_{S,E} = 0,79$$

Balço de massa (extrator):

$$M = R + E$$

Balço de massa por componente (soluto):

$$M \cdot x_{A,M} = R \cdot x_{A,R} + E \cdot x_{A,E}$$

$$300 \cdot 0,15 = R \cdot 0,06 + E \cdot 0,17$$

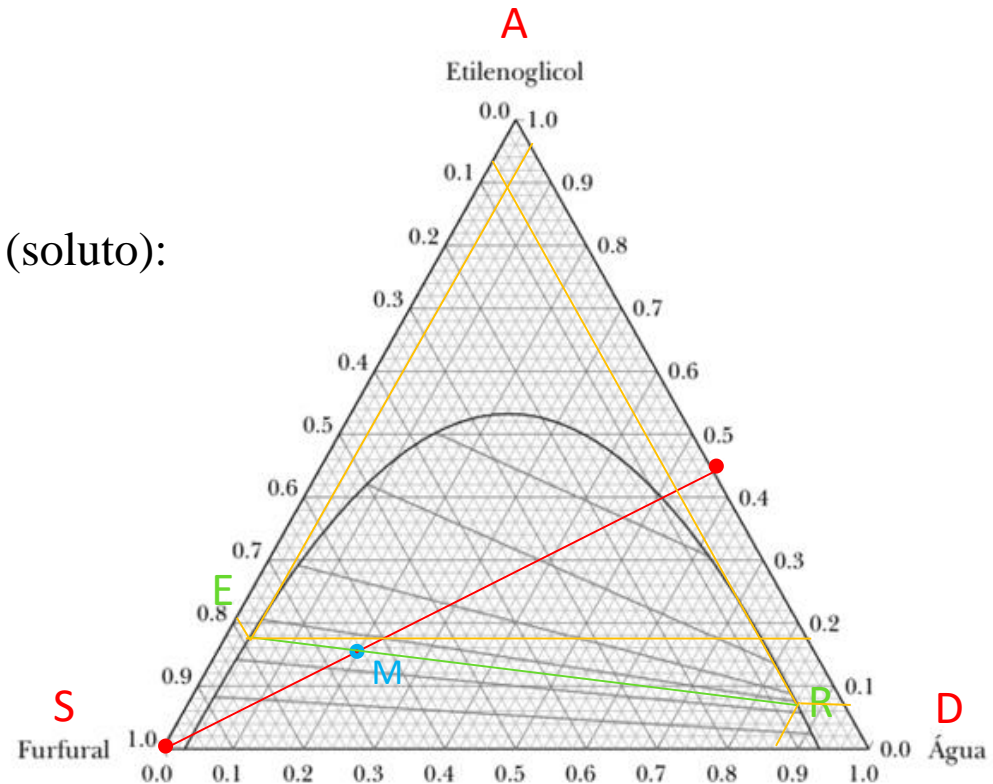
$$45 = R \cdot 0,06 + (300 - R) \cdot 0,17$$

$$R = 54,55 \text{ g}$$

$$E = M - R$$

$$E = 300 - 54,55$$

$$E = 245,45 \text{ g}$$



Exemplo 2:

100 kg de uma solução contendo 30 % em peso de ácido acético (C) em água (A) são submetidos a um processo de extração líquido-líquido múltipla (3x) a 20 °C utilizando 40 kg de éter isopropílico em cada estágio. Determine as quantidades e composições de cada fase formada. Qual a quantidade de solvente necessária para obtenção de um extrato com a mesma composição final, caso realizássemos o processo em um único estágio.

