

Universidade de São Paulo  
Instituto de Química de São Carlos  
Laboratório de Cromatografia  
(CROMA)

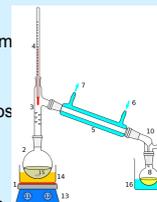
## Unidade 1: Destilação

Prof. Fernando M. Lanças

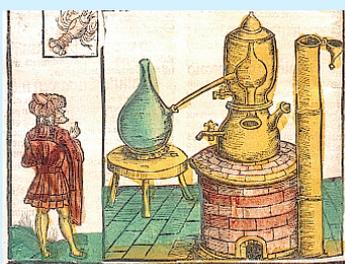
CROMA

## Destilação

- Processo de vaporização de uma substância, condensando o vapor e coletando o condensado em outro recipiente.
- É muito útil na separação de uma mistura na qual os componentes apresentam diferentes pontos de ebulição.
- É o principal método para purificação de um líquido.



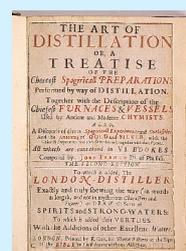
CROMA



*Liber de Arte Distillandi*

("The Book of the Art of Distilling"), publicado em 1512

CROMA

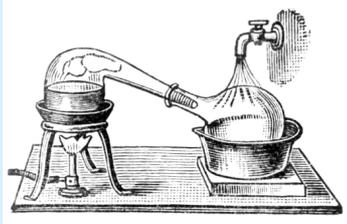


*"The Art of Distillation"*

John French, 1651

Chemical Heritage Foundation Image Archive

CROMA



Destilação por retorta em alambique

CROMA



**Destilador antigo**  
(produção de Rum, Venezuela)



**Destilador atual**  
(licor Contreau, França)

CROMA



Unidade de destilação de petróleo  
Refinaria de petróleo em Amery, Washington, USA



O processo de refino é atualmente controlado de uma sala de computadores

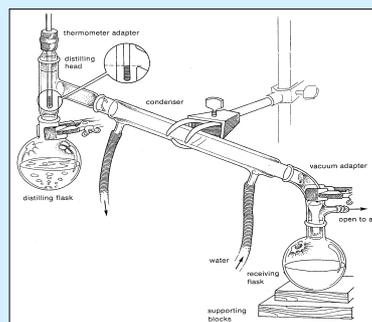
CROMA

## Principais Técnicas de Destilação

1. Destilação Simples
2. Destilação à Vácuo (pressão reduzida)
3. Destilação Fracionada
4. Destilação com Arraste de Vapor

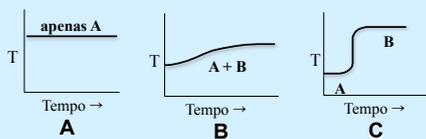
CROMA

## 1. Destilação Simples



CROMA

## Comportamento típico da Temperatura durante a Destilação



- A:** destilação de um componente **A** relativamente puro.  
**B:** destilação de uma mistura de 2 componentes (**A** e **B**) de P.E. próximos  
**C:** destilação de uma mistura de 2 componentes (**A** e **B**) de P.E. bastante diferentes.

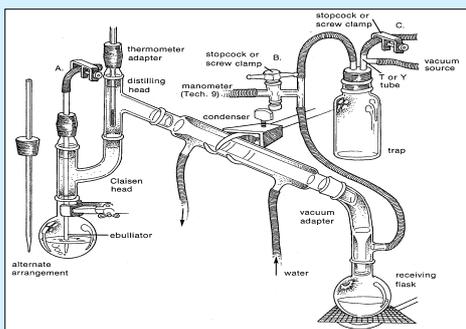
CROMA

## 2. Destilação à Vácuo (ou à pressão reduzida)

- Usada quando compostos apresentam elevado P.E. ou decompõem nas elevadas temperaturas necessárias para a destilação em pressão atmosférica.
- Um líquido com:  
P.E. 200 °C à 760 mmHg terá  
P.E. 90 °C à 20 mmHg.
- Limitação: em geral a separação obtida à pressão atmosférica é melhor.

CROMA

## Destilação à Pressão Reduzida – Instrumentação



Dimetil Sulfóxido (DMS) entra em ebulição a 189°C. Sob vácuo ele destila a apenas 70°C.

CROMA

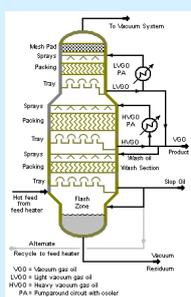


Diagrama simplificado de uma coluna de destilação a vácuo usada em refinarias de petróleo.

CROMA



Coluna de destilação a vácuo em escala industrial

CROMA

### 3. Destilação Fracionada

- Quando a diferença de P.E. entre os componentes é pequena, a destilação simples não é eficiente.
- Usa-se a destilação fracionada.
- Exemplo: separação de benzeno do tolueno.

CROMA

### Destilação hipotética de uma mistura benzeno-tolueno

FRACTION	BOILING RANGE	PERCENT COMPOSITION	
		Benzene	Toluene
1	80-85	90	10
2	85-90	72	28
3	90-95	55	45
4	95-100	45	55
5	100-105	27	73
6	105-110	10	90

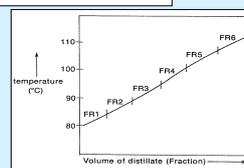
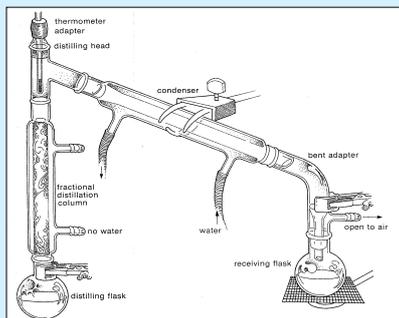


Gráfico temperatura-destilado durante uma destilação simples da mistura benzeno-tolueno

CROMA

### Destilação Fracionada: Instrumentação



CROMA



Destilação fracionada em laboratório

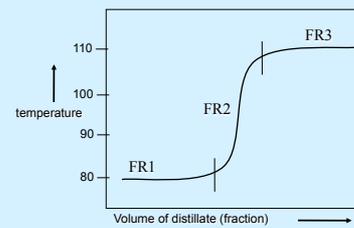
CROMA



Colunas de fracionamento (a de baixo é de Vigreux)

CROMA

Gráfico Temperatura-distilado correspondente à destilação fracionada de uma mistura benzeno-tolueno



CROMA

### Destilação Fracionada: Mecanismo (1)

- A coluna de destilação é preenchida com um material de empacotamento ou recheio ("packing") como, por ex., esponja de aço inox.
- O empacotamento permitirá à mistura benzeno-tolueno sofrer continuamente vários ciclos vaporização-condensação à medida em que o material move-se para a parte superior da coluna.

CROMA

### Destilação Fracionada: Mecanismo (2) (continuação)

- Como cada ciclo ocorre dentro da coluna, a composição do vapor será progressivamente enriquecida no componente de menor P.E. (no ex.: benzeno).
- Finalmente, benzeno praticamente puro (P.E. 80 °C) emerge do topo da coluna, condensa, e passa para o frasco de coleta como primeira fração.

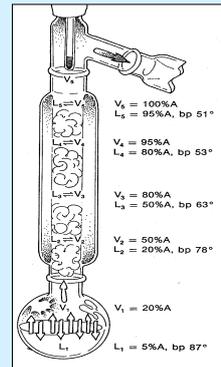
CROMA

### Destilação Fracionada: Mecanismo (3) (conclusão)

- O processo de destilação deve ser conduzido bem devagar, de forma a assegurar que vários ciclos vaporização-condensação irão ocorrer.
- Quando praticamente todo benzeno for removido, a temperatura começará a subir e uma pequena quantidade de uma segunda fração é coletada, a qual contém benzeno e tolueno.
- Quando a temperatura atinge 110 °C (P.E. do tolueno puro) o vapor é condensado e coletado em outro frasco de coleta, como uma terceira fração.

CROMA

### Eficiência de uma Coluna de Destilação



CROMA

### Eficiência de uma Coluna de Destilação

- Número de pratos teóricos.
- A coluna terá um prato teórico se o primeiro destilado (vapor condensado) tiver a composição localizada em  $L_2$  (20% A) iniciando com um líquido de composição  $L_1$  (5% A).
- Isto corresponde a uma destilação simples ou um ciclo vaporização-condensação.

CROMA

### Eficiência de uma Coluna de Destilação

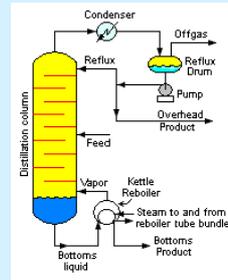
- Terá 2 pratos teóricos se o destilado (vapor) tiver a composição  $L_3$  (50% A) iniciando com um líquido com composição  $L_1$  (5% A).
- Terá 5 pratos teóricos ...

CROMA

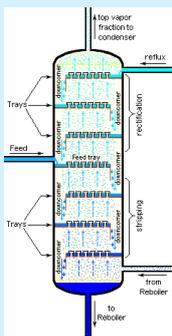
### Número de Pratos Teóricos necessários para separar misturas

Diferença de P.E.	Pratos necessários
108	1
72	2
54	3
43	4
36	5
20	10
10	20
7	30
4	50
2	100

CROMA

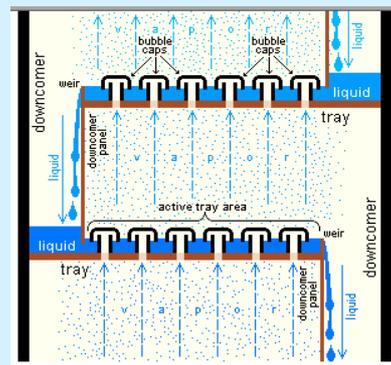


CROMA



Esquema típico de uma torre de destilação

CROMA

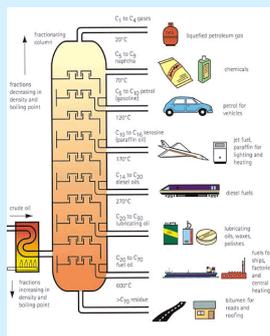


CROMA



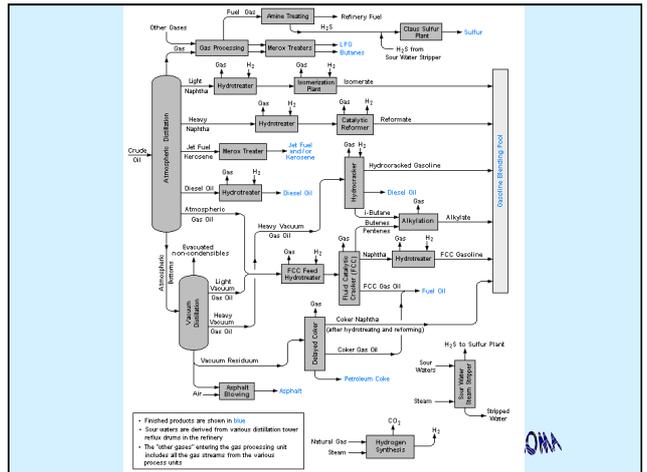
Exemplo de colunas de destilação fracionada empregadas em escala industrial

CROMA



Visão simplificada do processo de destilação fracionada de amostra de petróleo

CROMA



CROMA

#### 4. Destilação com Arraste de Vapor

- Geralmente utilizada para separar líquidos que não são totalmente miscíveis (os quais são geralmente separados por destilação simples ou fracionada).
- Uma mistura de líquidos imiscíveis irá ebulir em temperaturas inferiores a do P.E. dos componentes separados como compostos puros.

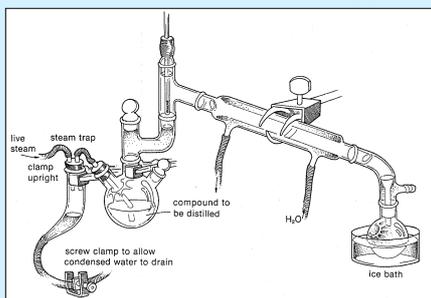
CROMA

#### 4. Destilação com Arraste de Vapor (continuação)

- Empregando-se um vapor para fornecer uma das fases imiscíveis, o processo é denominado destilação por arraste a vapor (*"steam distillation"*).
- Nesta técnica os materiais destilam abaixo de 100 °C, evitando decomposição de compostos instáveis.

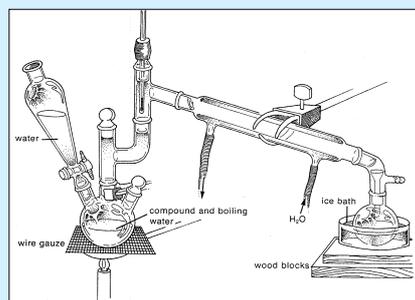
CROMA

#### Destilação com Formação de Vapor "On-Line"



CROMA

#### Destilação à Vapor Direta ("in-situ")



CROMA

Planta de destilação por  
“arraste a vapor”:  
*Produção de óleos essenciais  
de flores.*

SWARAJ HERBAL PLANTS (India)



### EXTRATOR DE ÓLEOS ESSENCIAIS Por Arraste de Vapor



## RESUMO

1. Destilação Simples
2. Destilação à Vácuo (pressão reduzida)
3. Destilação Fracionada
4. Destilação com Arraste de Vapor

CROMA

## **Unidade 2: Extração com Solvente**

Química Analítica Avançada  
Métodos de Separação

*GROMA*