

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

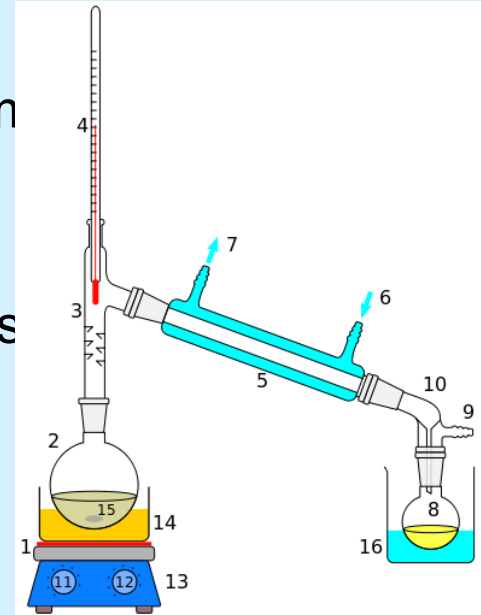
**Unidade 1:  
Destilação**

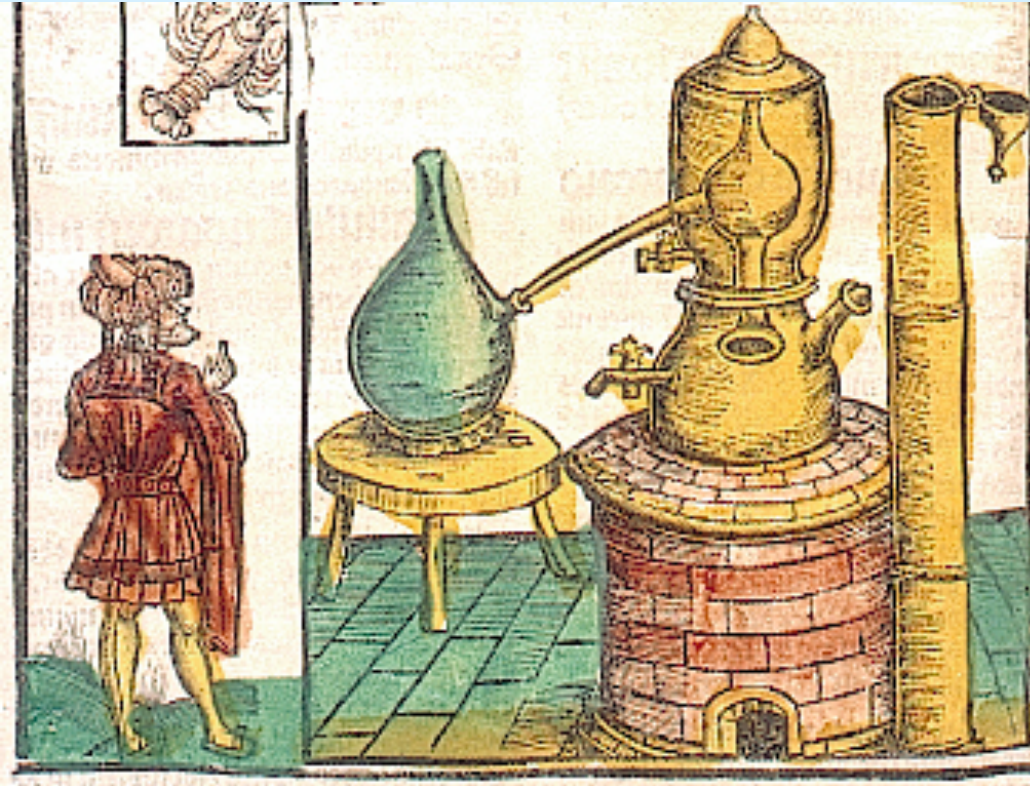
*Prof. Fernando Lanças*



# Destilação

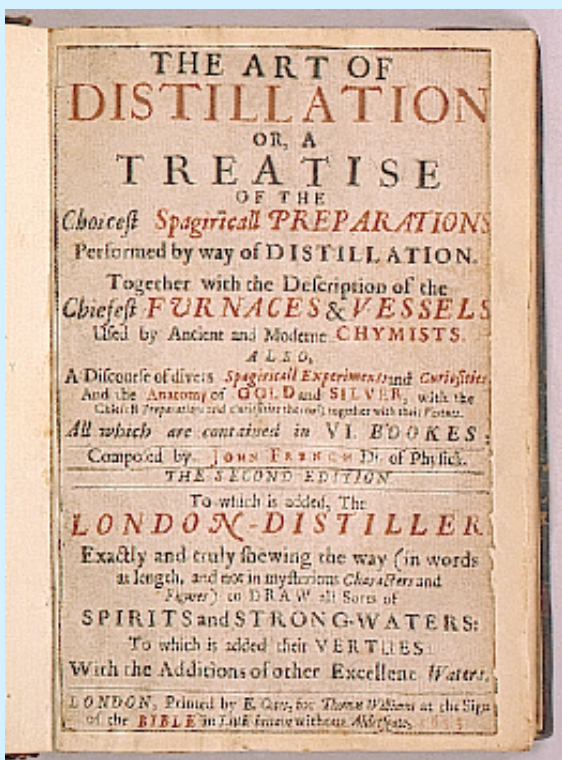
- Processo de vaporização de uma substância, condensando o vapor e coletando o condensado em outro recipiente.
- É muito útil na separação de uma mistura na qual os componentes apresentam diferentes pontos de ebulição.
- É o principal método para purificação de um líquido.





*Liber de Arte Distillandi*

(“The Book of the Art of Distilling”),  
publicado em **1512**

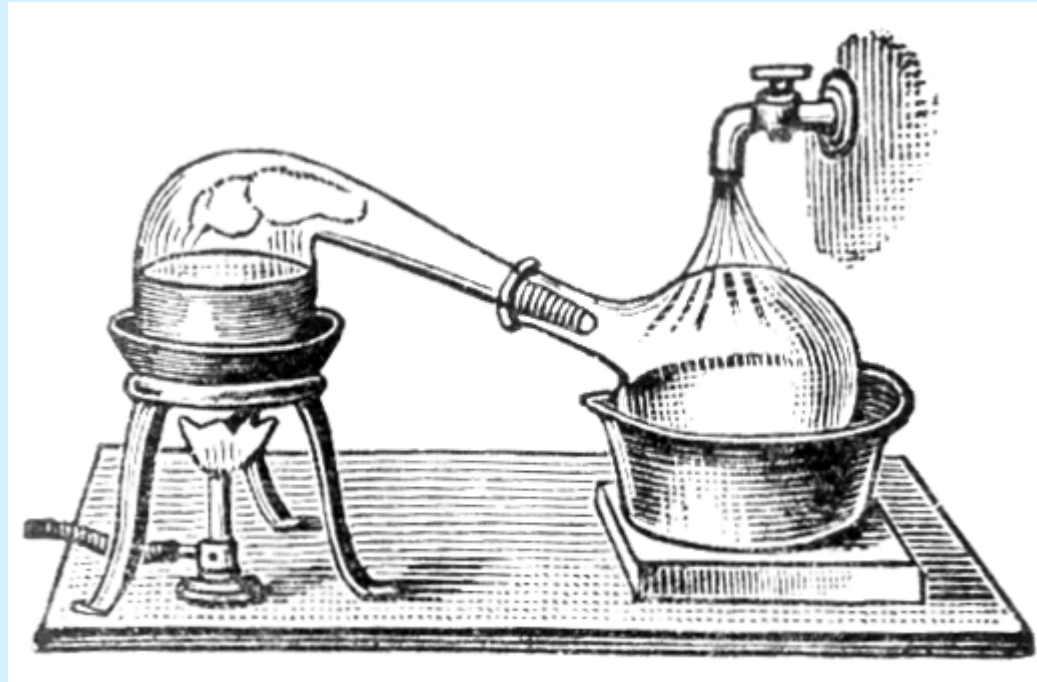


*“The Art of Distillation”*

John French, 1651

Chemical Heritage Foundation Image Archive





Destilação por retorta em alambique



## **Destilador antigo**

*[produção de Rum, venezuela]*



## **Destilador atual**

*(licor Contreau,  
França)*

**CROMA**

Unidade de destilação de petróleo

Refinaria de petróleo em  
Anacortes, Washington, USA





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



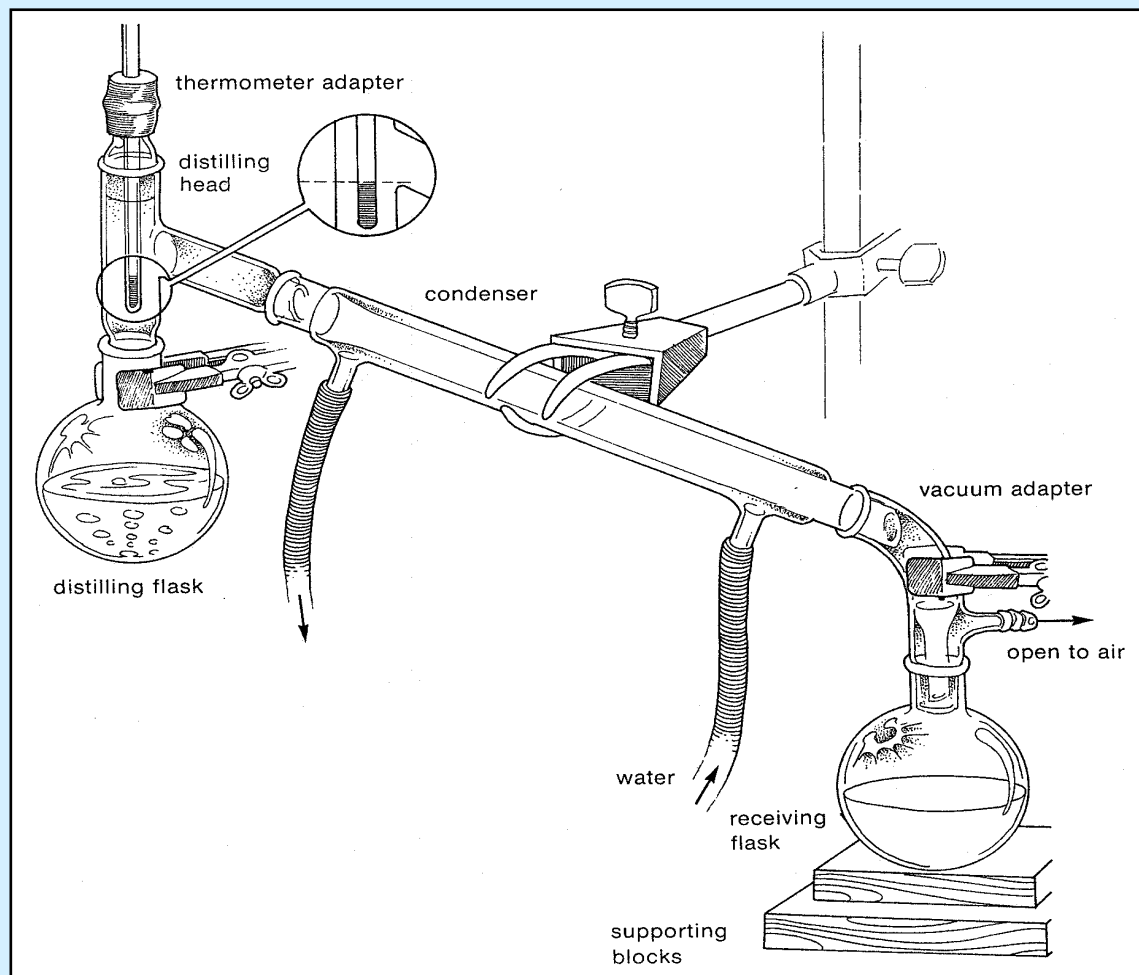


# Principais Técnicas de Destilação

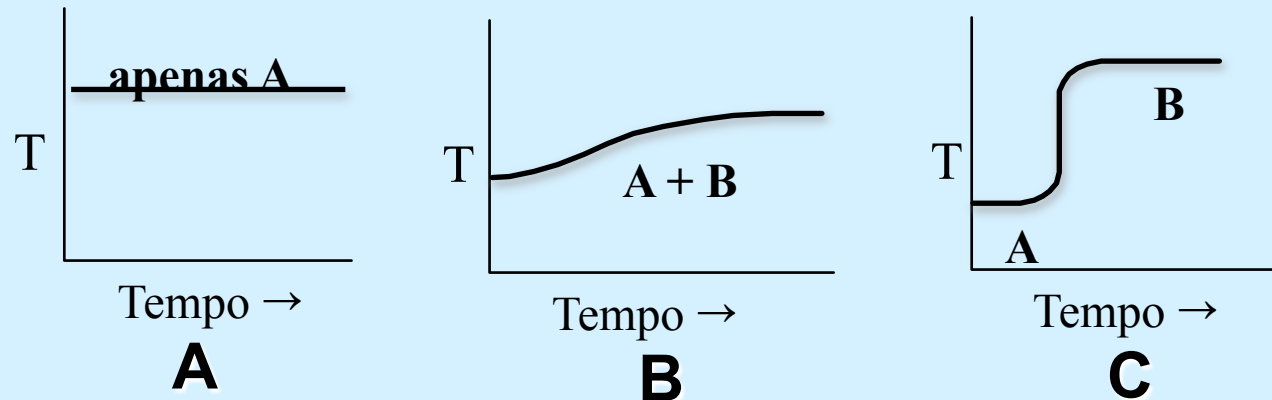
1. Destilação Simples
2. Destilação à Vácuo (pressão reduzida)
3. Destilação Fracionada
4. Destilação com Arraste de Vapor



# 1. Destilação Simples



## Comportamento da Temperatura durante a Destilação

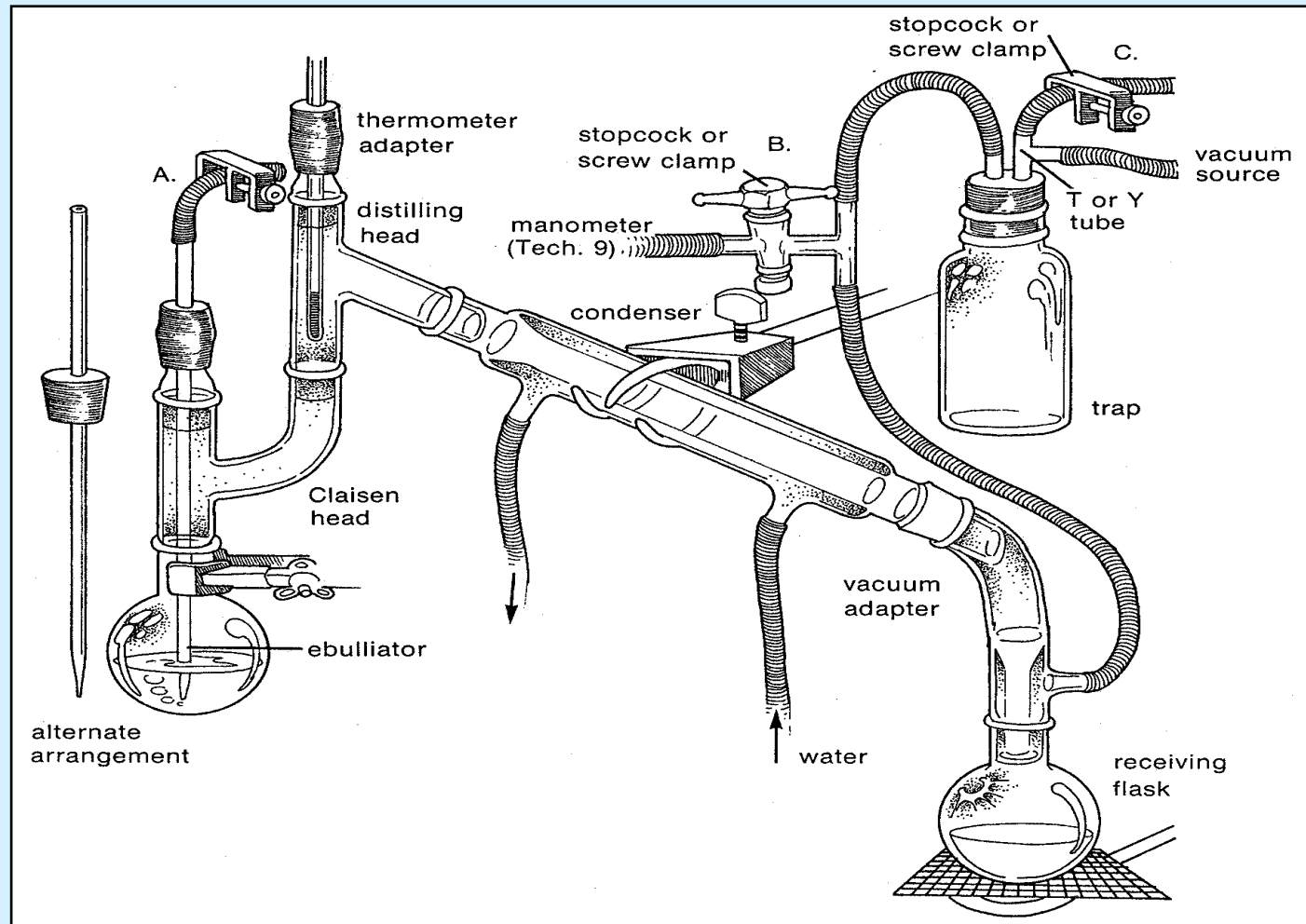


- A:** componente relativamente puro em destilação
- B:** mistura de 2 componentes de P.E. próximos em destilação
- C:** mistura de 2 componentes de P.E. bastante diferentes em destilação

## 2. Destilação à Vácuo (ou 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.

# Destilação à Pressão Reduzida: Instrumentação





Dimetil Sulfóxido (DMS) entra em ebulição a  $189^{\circ}\text{C}$ .

Sob vácuo ele destila a apenas  $70^{\circ}\text{C}$ .



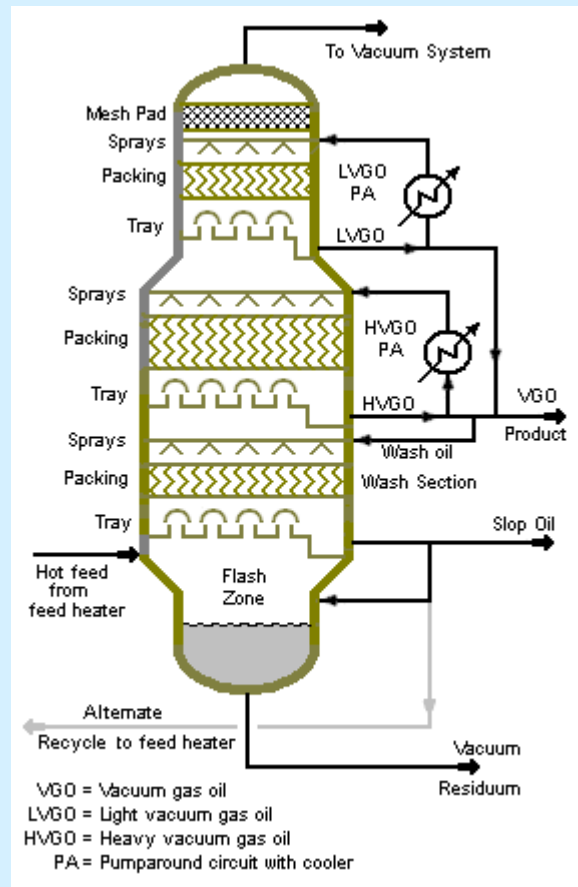


Diagrama simplificado de uma coluna de destilação a vácuo usada em refinarias de petróleo.





Coluna de destilação a vácuo em escala industrial





### 3. Destilação Fracionada

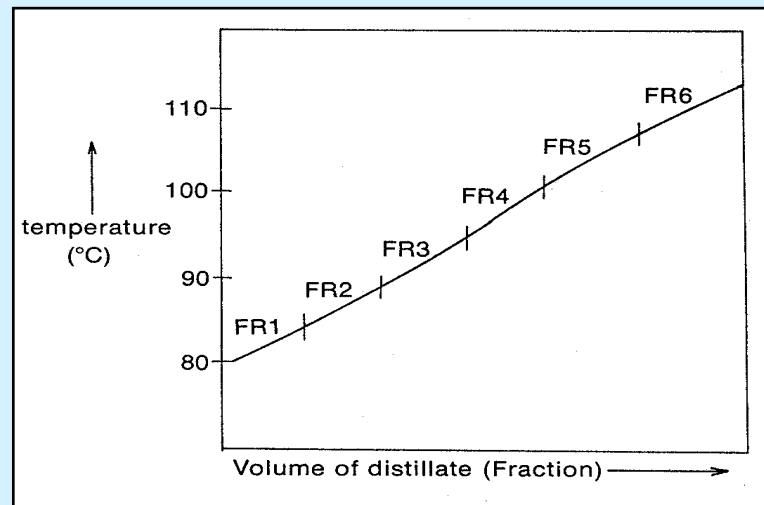
- Quando a diferença de P.E. entre os componentes é pequena, a destilação simples não é eficiente.
- Usa-se a destilação fracionada.
- Exemplo:  
separação de benzeno do tolueno.



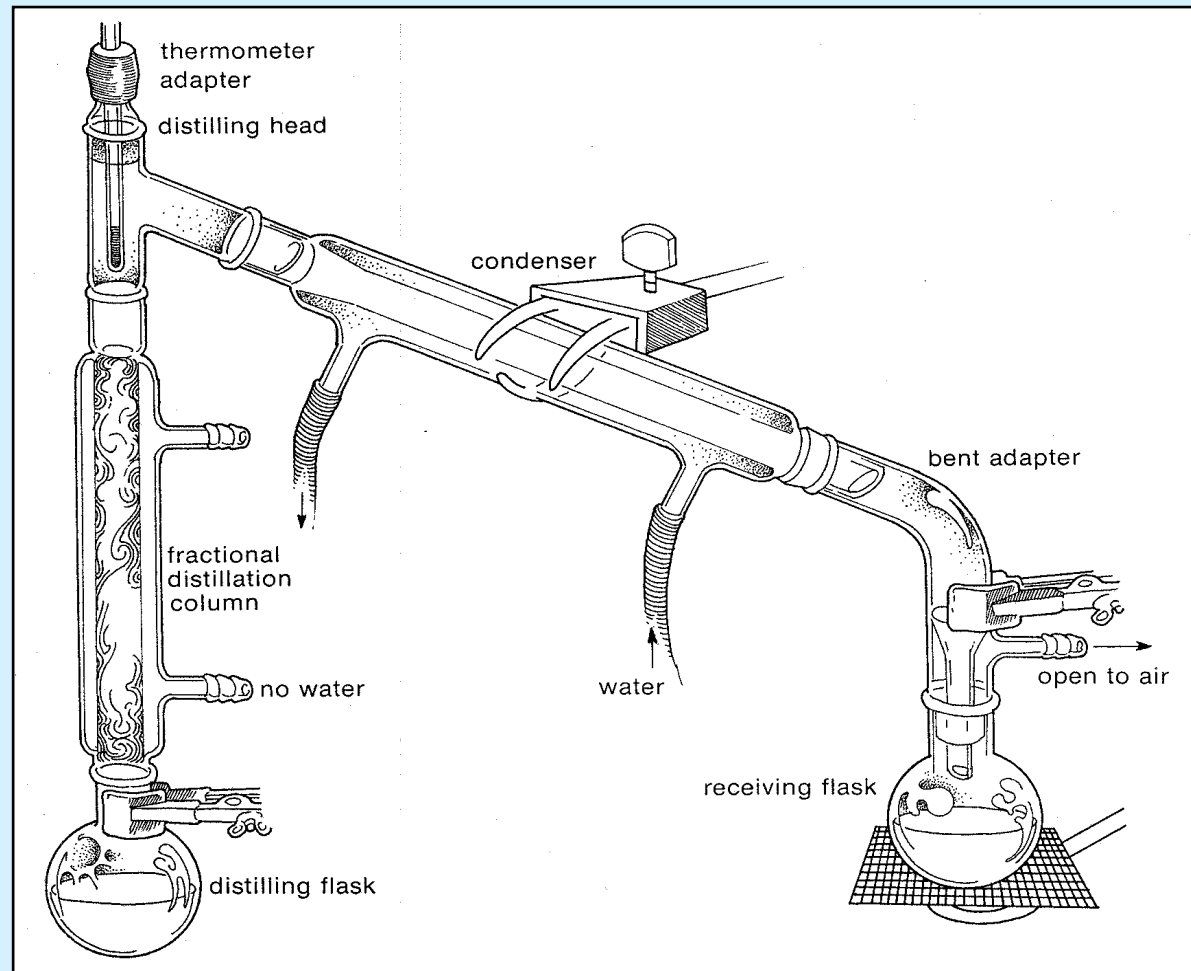
## Destilação hipotética de uma mistura benzeno-tolueno

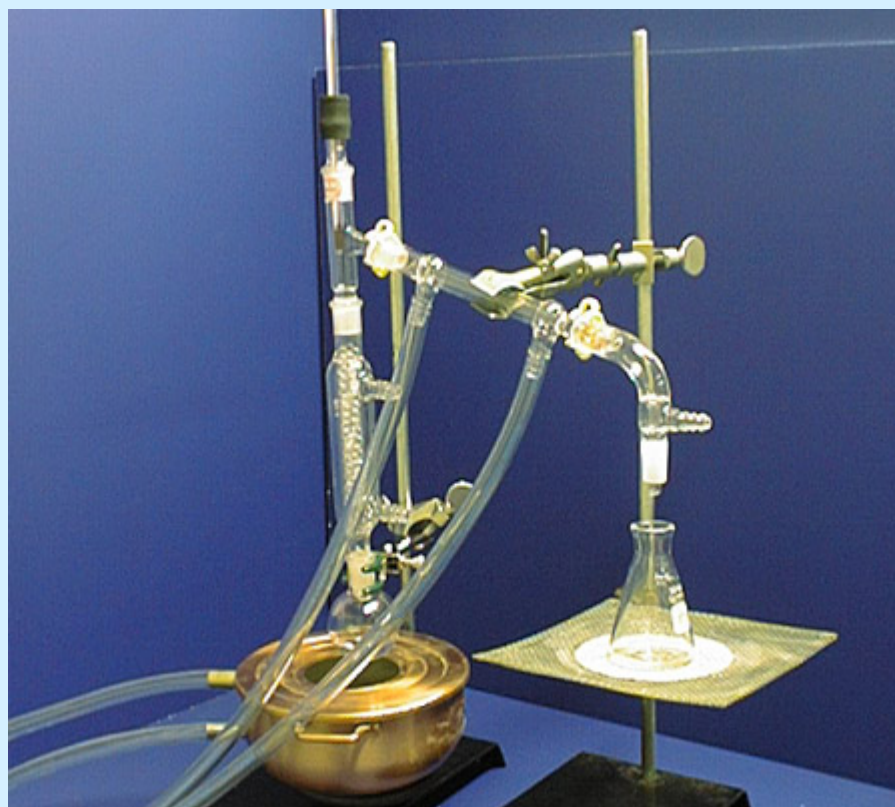
| FRACTION | BOILING RANGE | PERCENT COMPOSITION |         |
|----------|---------------|---------------------|---------|
|          |               | Benzene             | Toluene |
| 1        | 80–85         | 90                  | 10      |
| 2        | 85–90         | 72                  | 28   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

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



# Destilação Fracionada: Instrumentação



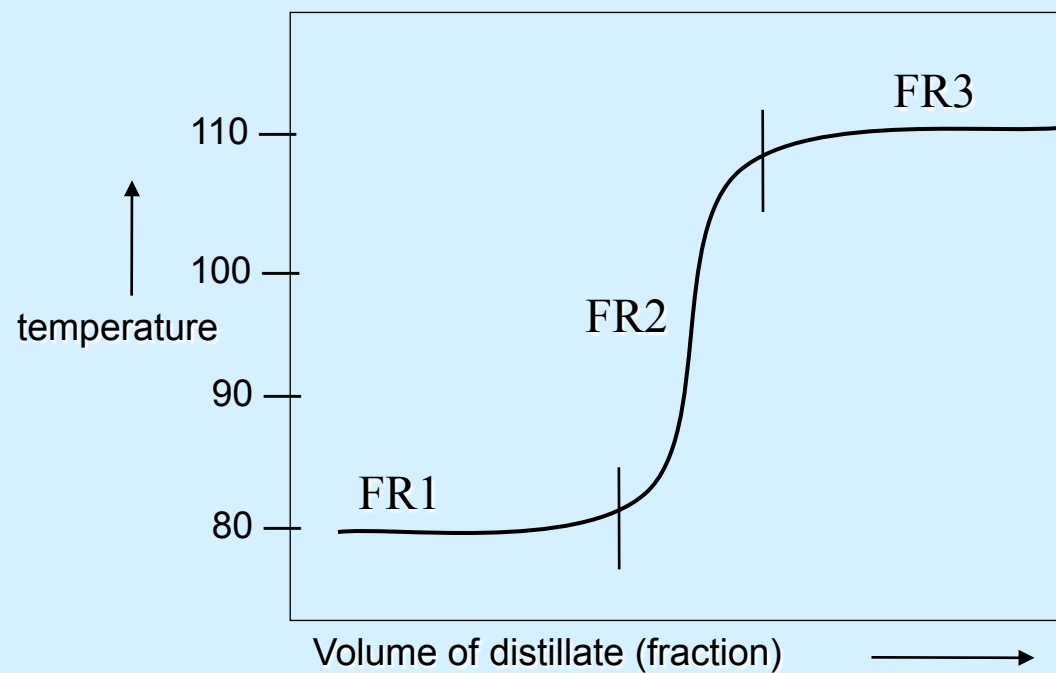


Destilação fracionada em laboratório



Colunas de fracionamento (a de baixo é de Vigreux )

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



# Destilação Fracionada: Mecanismo

- 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.
- 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.



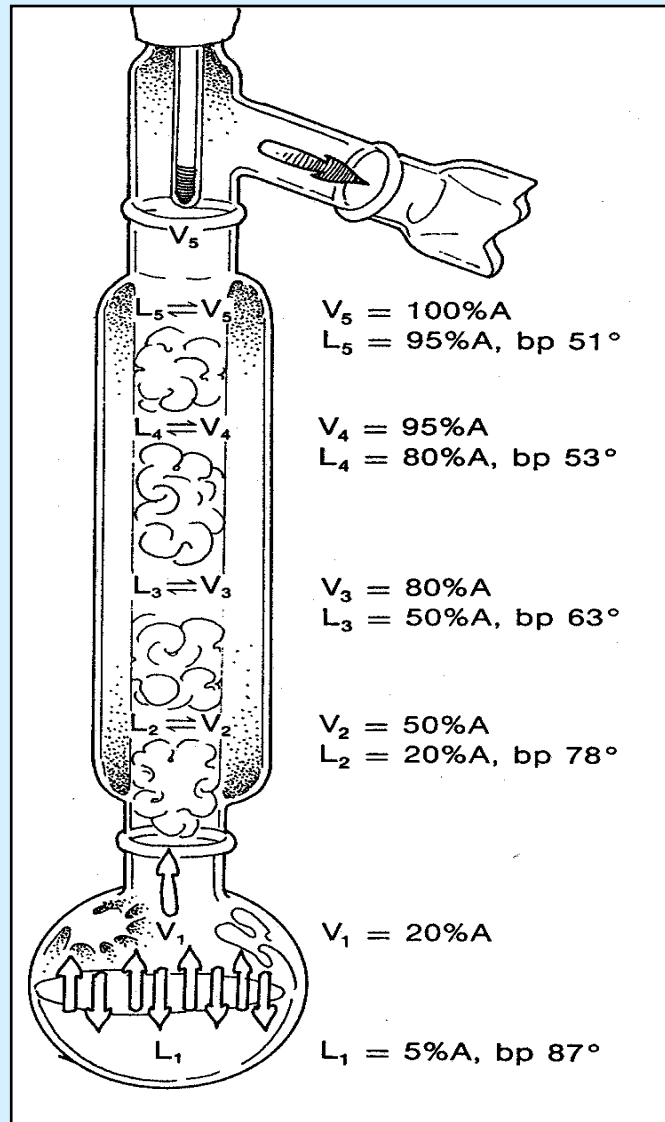
## **Destilação Fracionada: Mecanismo (continuação)**

- 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 terceira fração.





# Eficiência de uma Coluna de Destilação



# 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.
- 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 ...



## Número de Pratos Teóricos necessários para separar misturas

---

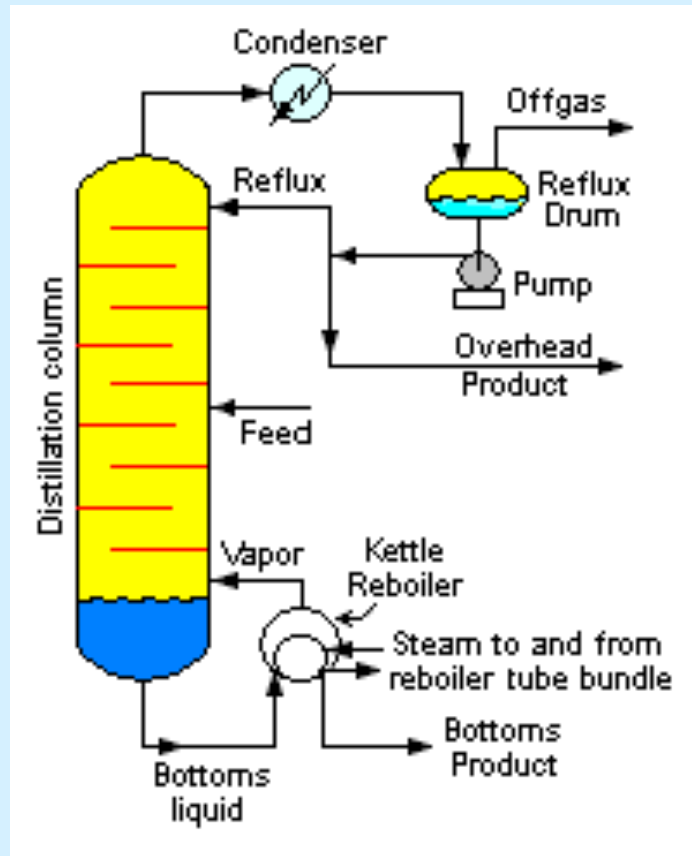
| Diferença de P.E. | Pratos necessários |
|-------------------|--------------------|
|-------------------|--------------------|

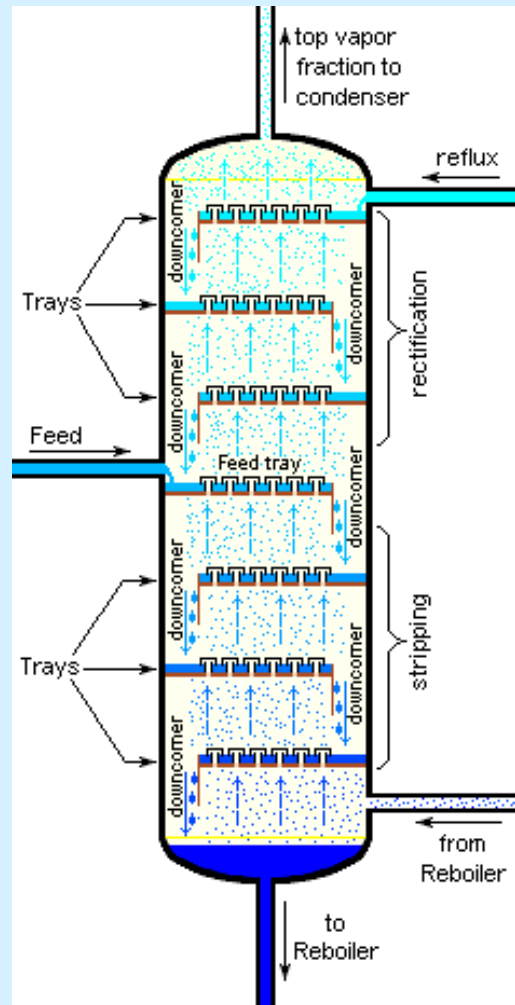
---

|     |     |
|-----|-----|
| 108 | 1   |
| 72  | 2   |
| 54  | 3   |
| 43  | 4   |
| 36  | 5   |
| 20  | 10  |
| 10  | 20  |
| 7   | 30  |
| 4   | 50  |
| 2   | 100 |

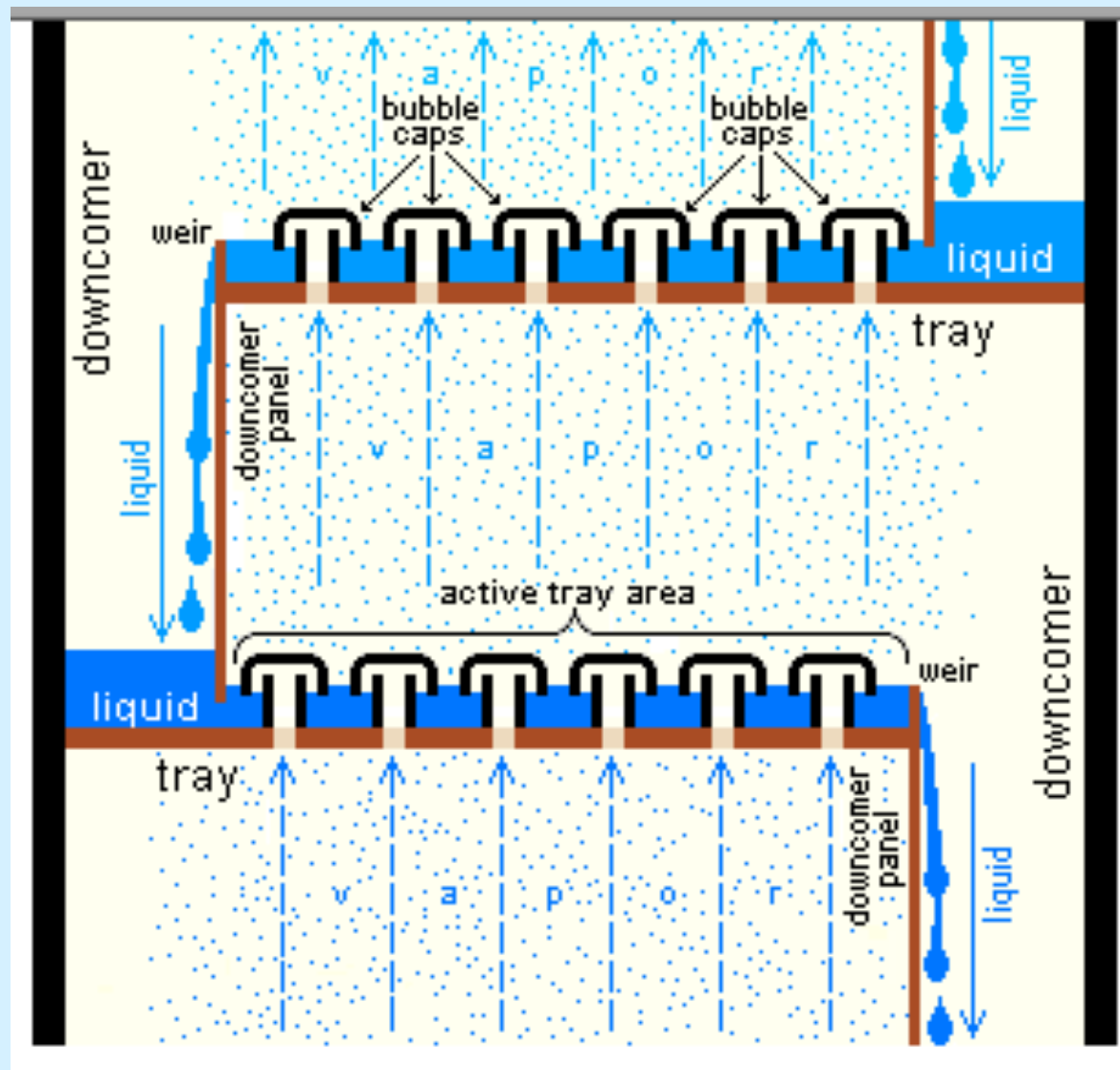
---







Esquema típico de uma torre de destilação

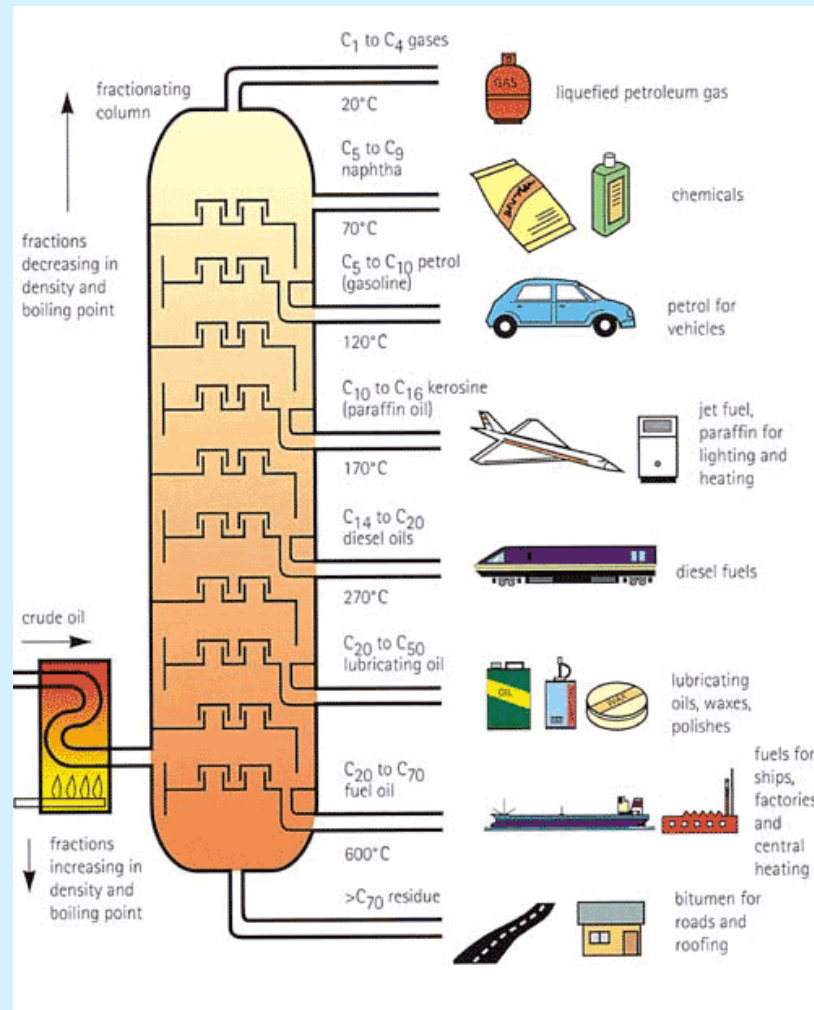




Exemplo de colunas de destilação fracionada empregadas em escala industrial







## Processo de destilação fracionada

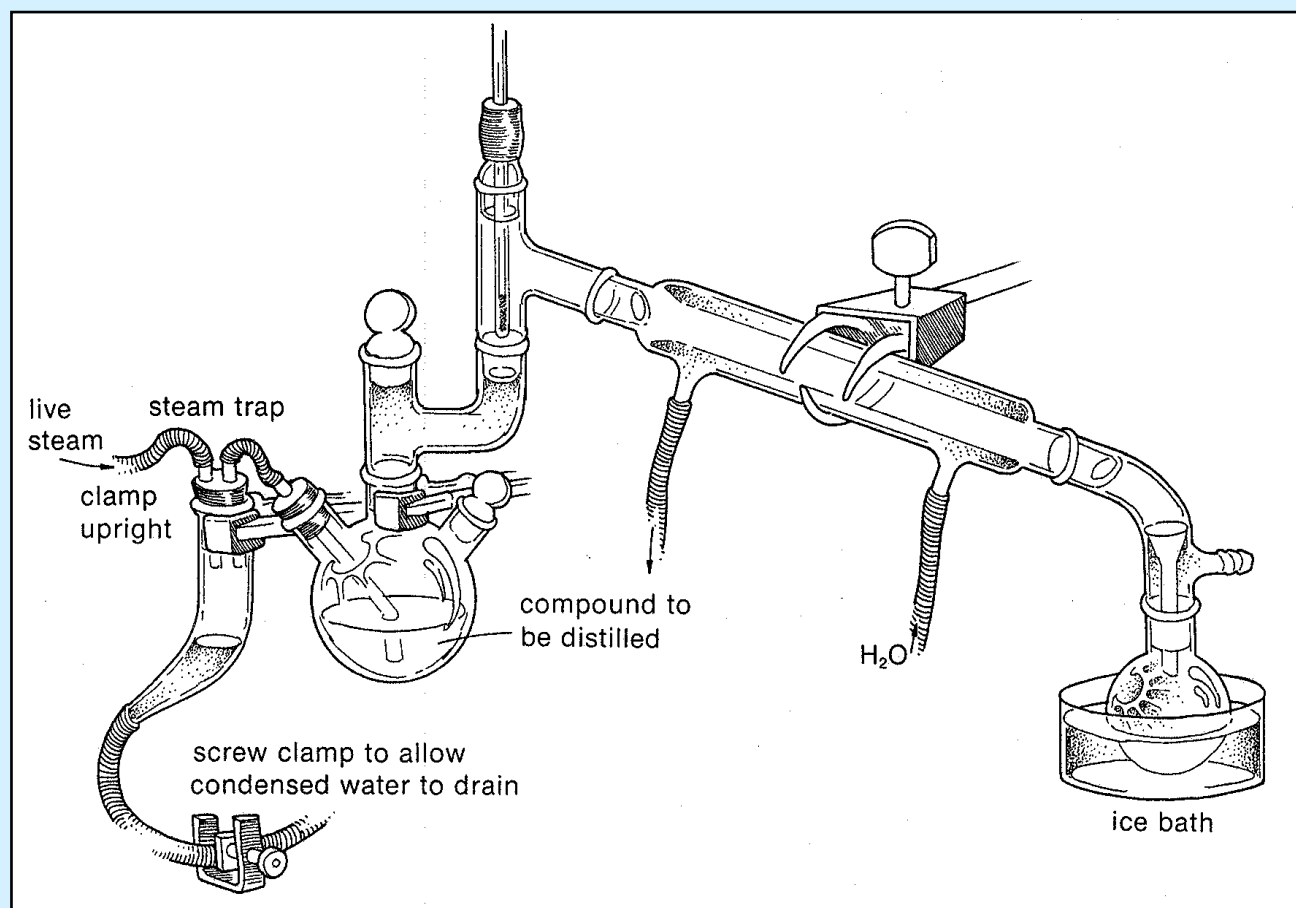


## 4. Destilação por Arraste à Vapor

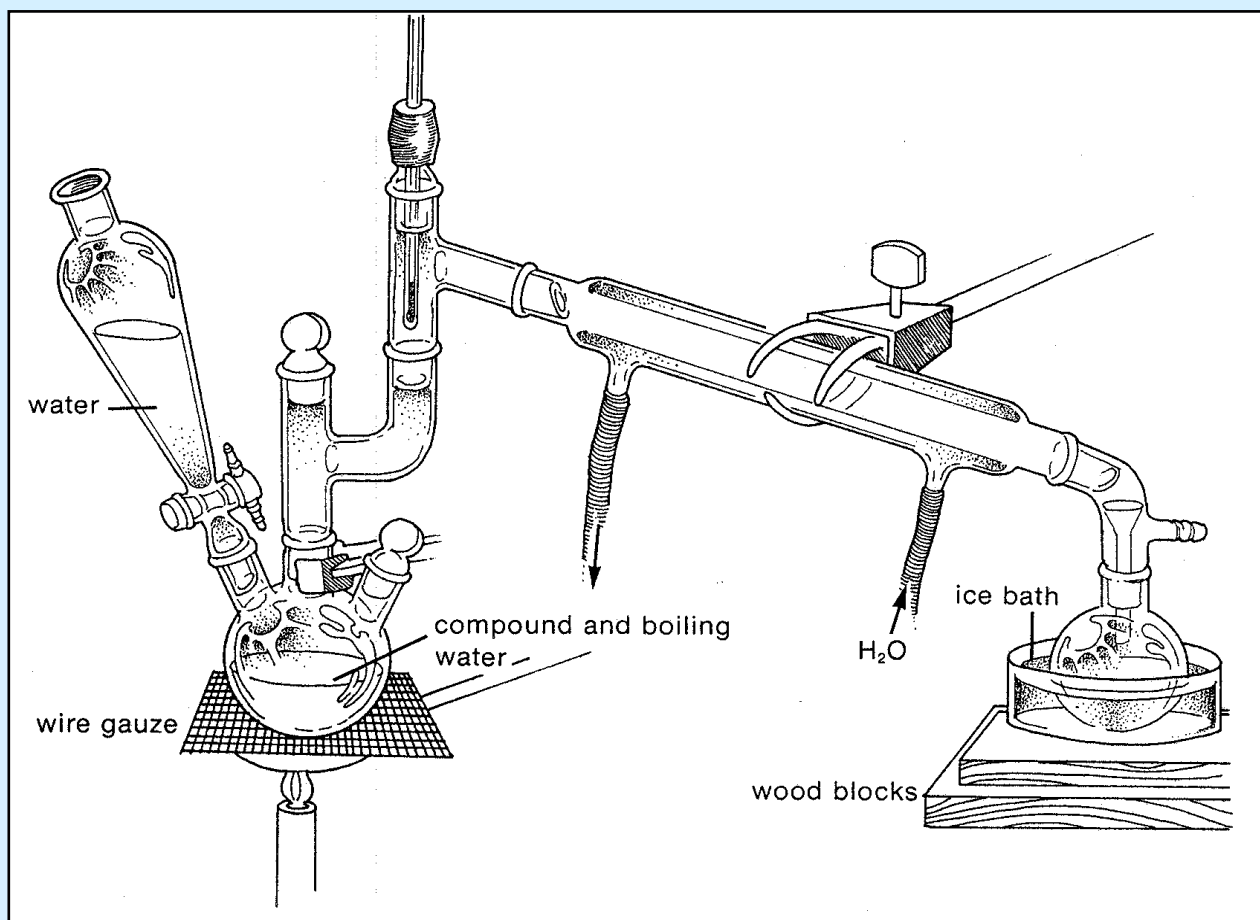
- Geralmente utilizada para separar líquidos que não são totalmente miscíveis (os quais são geralmente separados por destilação simples ou fracionada).
- Uma mistura de líquidos imiscíveis irá ebulir em temperaturas inferiores a do P.E. dos componentes separados como compostos puros.
- Empregando-se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



# Destilação com Formação de Vapor "On-Line"



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

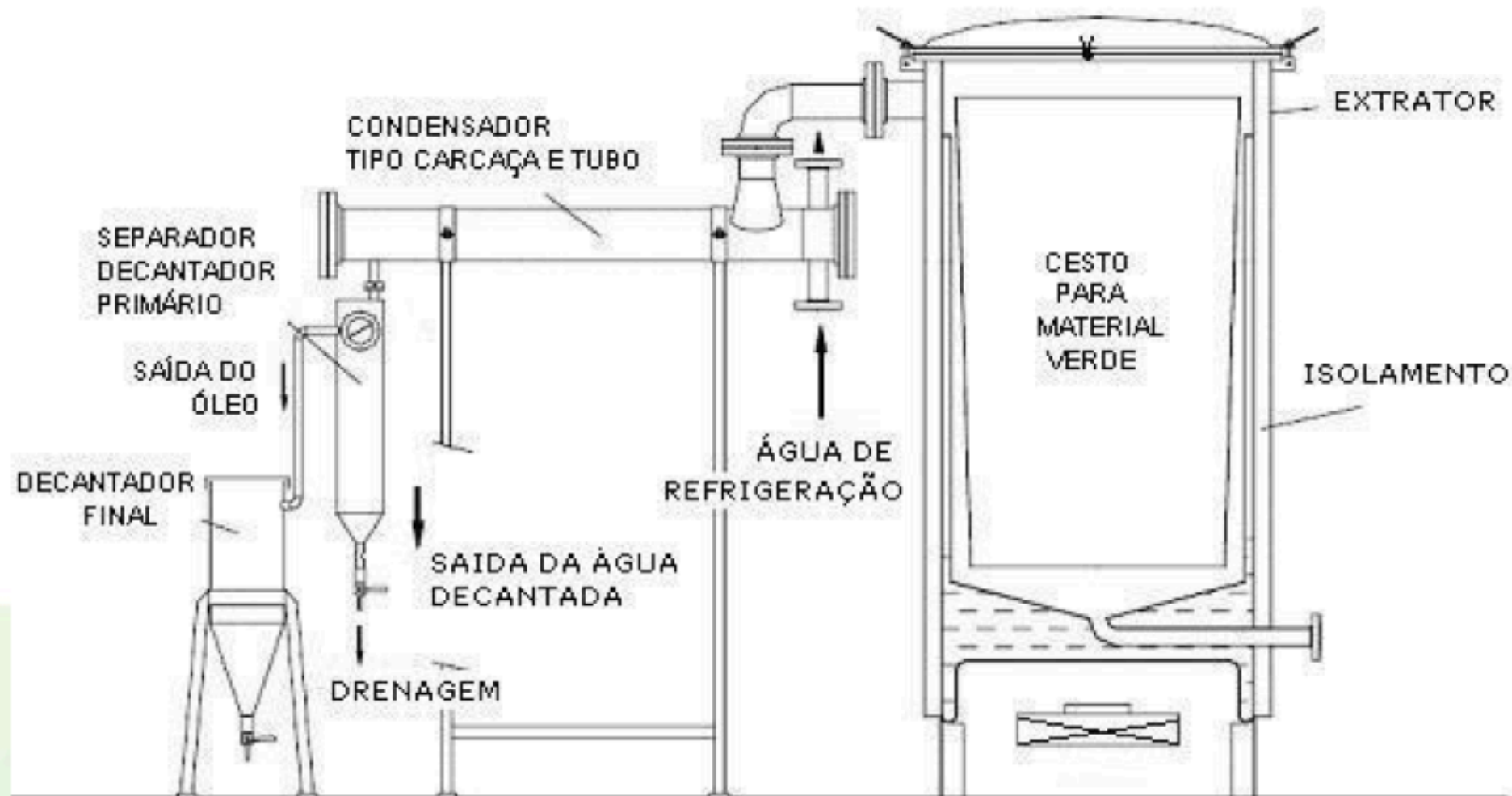


Planta de destilação por  
“arraste a vapor”:  
*Produção de óleos essenciais  
de flores.*

**SWARAJ HERBALPLANTS**  
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



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

Química Analítica Avançada  
Métodos de Separação

