Processos industriais da condução da fermentação alcoólica

- Processos de fermentação em batelada alimentada e contínua

Processos industriais na condução da fermentação do mosto

Classificação das fermentações industriais

- Regime de alimentação da dorna
  - Processos descontínuos (batelada)
  - Processos contínuos
- Reaproveitamento da massa de levedura para próxima rodada
  - Processos sem reciclo
  - Processos c/ reciclo de células

Processos descontínuos

Processos Intermitentes

Batelada simples

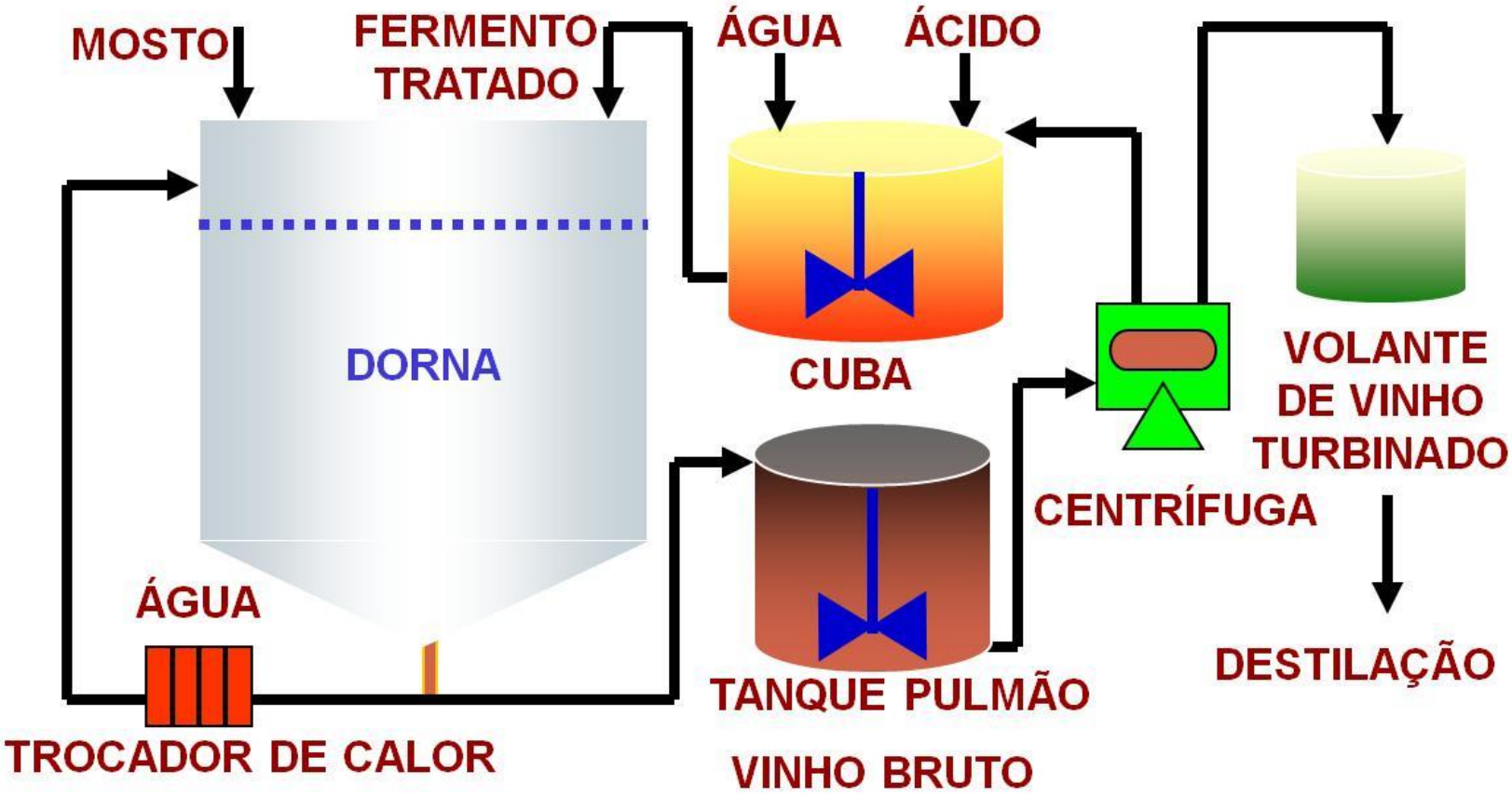
- A fermentação só tem início após o preenchimento do fermentador, momento em que se mistura o mosto com o fermento.
- Ideal para fermentações laboratoriais e farmacêuticas (pequena escala).
- Maior choque osmótico e dificuldade de adaptação.

Batelada alimentada

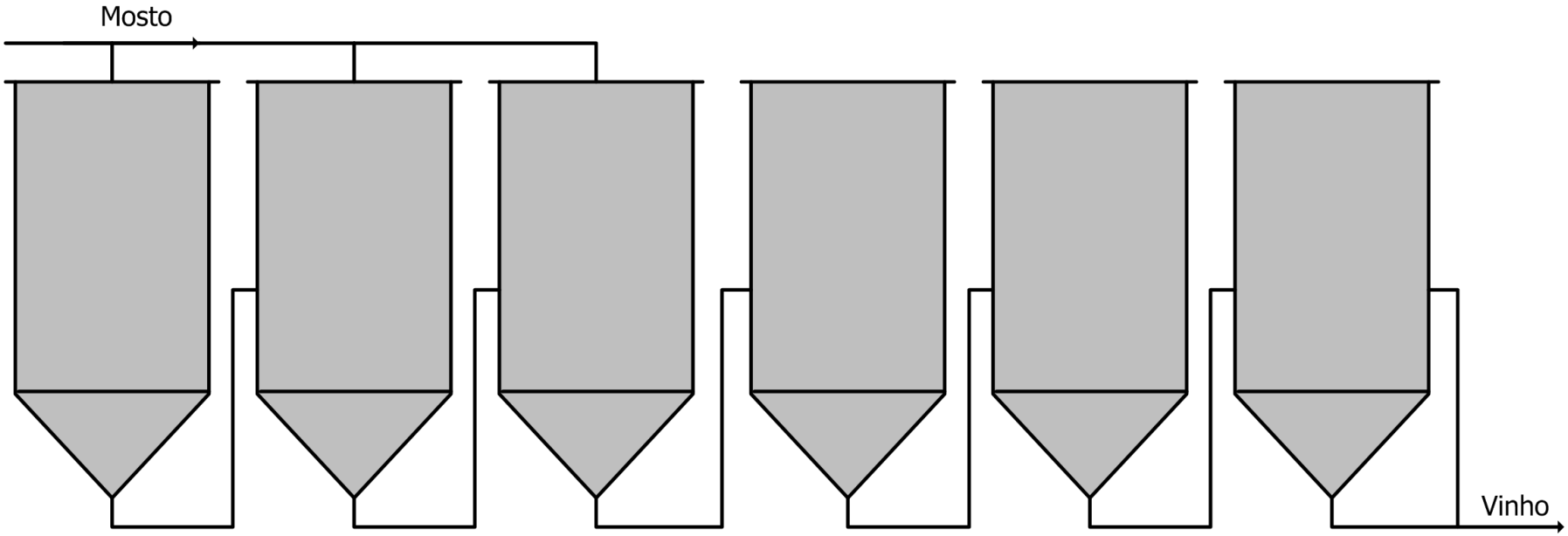
- Mistura-se o mosto ao fermento conforme a dorna vai sendo abastecida.
- Método mais produtivo.
- Expões as leveduras a menores riscos de se tornarem inativas, comparado com o processo de batelada simples.

Tipos de processo de fermentação

Batelada Alimentada (Melle-Boinot) Com centrifugação



Fermentação continua

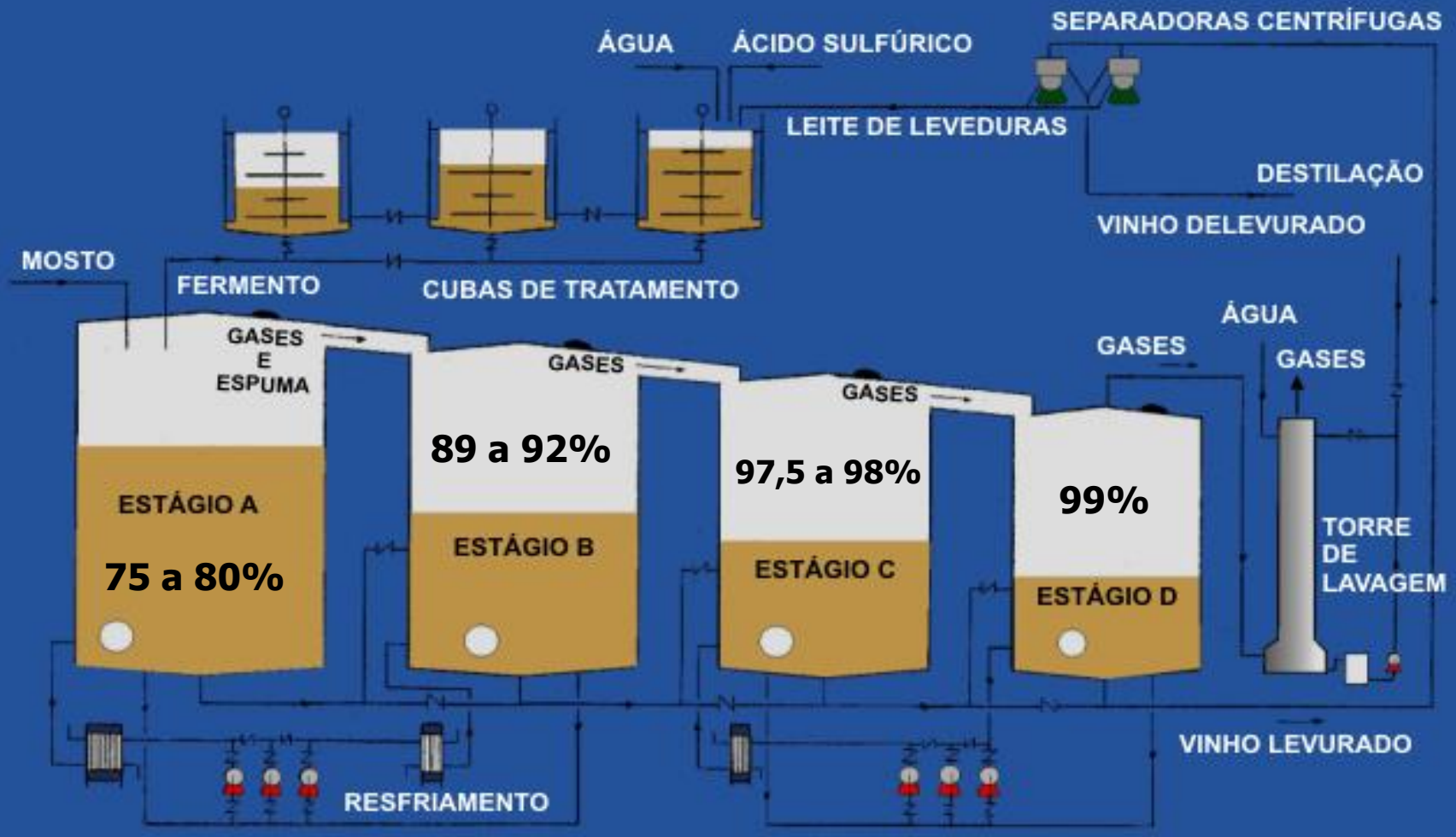


- Todas as dornas ligadas entre si, como se fora uma única, do fundo de uma à metade da seguinte.

- As primeiras recebem a alimentação e as demais operam como de fermentação final.

FERMENTAÇÃO CONTINUA

PROCESSO ANDRIETTA-STUPIELLO



Fermentação continua - Usina São Manoel

Recuperação de fermento

Vantagens:

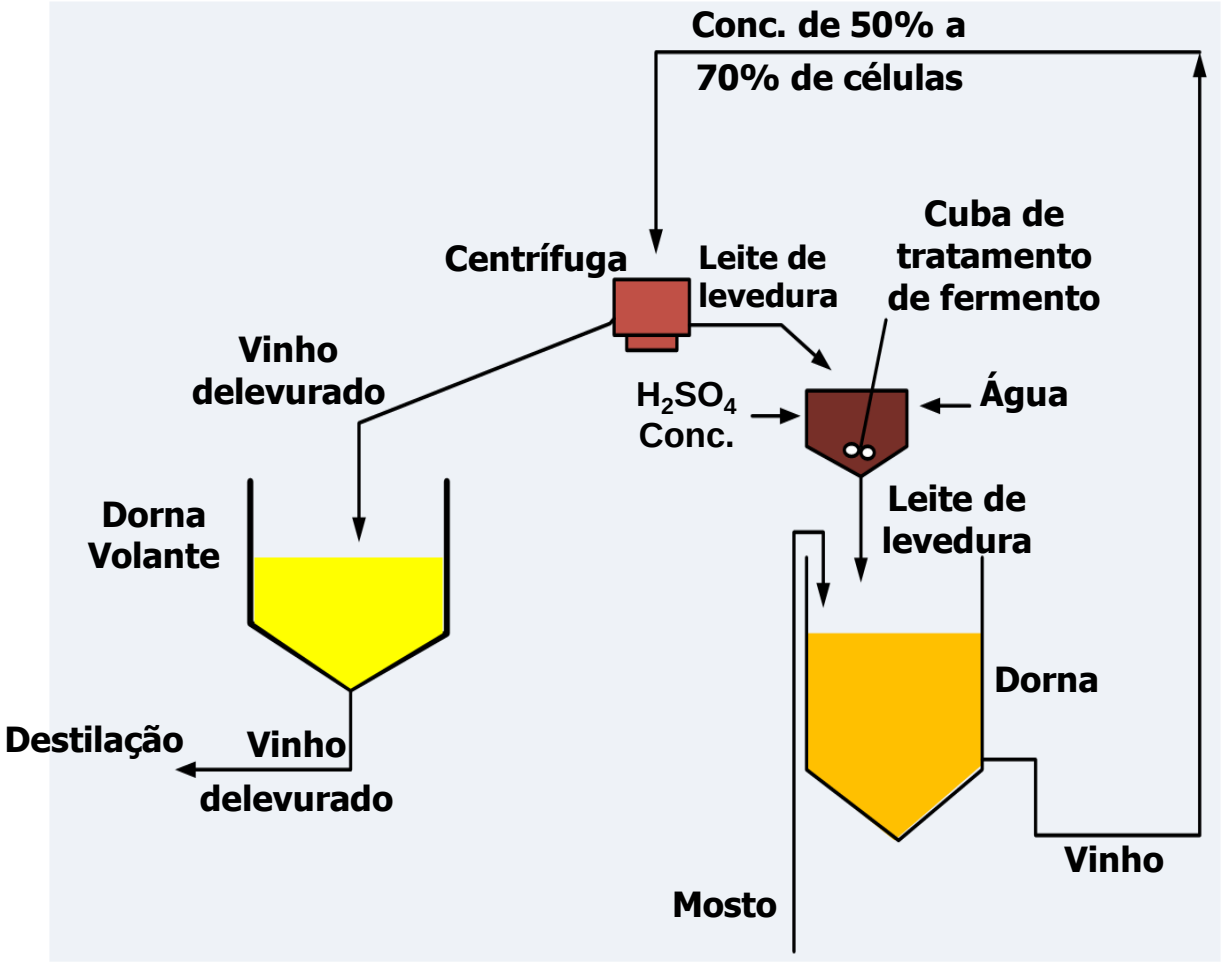
1) Latência de bactérias láticas.

2) Redução de contaminantes.

3) Limpeza química da superfície celular das leveduras.

4) Reduz a contaminação bacteriana pelo abaixamento de pH a **2,5 por 2 h.**

5) Álcool de melhor qualidade em conseqüência.



6) Diminuição das incrustações nos aparelhos de destilação.

Destilação

Vinho

- Líquida
  - Etanol - 5 a 10% (v)
  - Água
  - Outras substâncias (ácidos succínico e acético, glicerol, furfural, alcoóis homólogos superiores (amílico, isoamílico, propílico, isopropílico, butílico) aldeído acético, acetato de etila, etc.)
- Sólida
  - a) Suspensão: células de leveduras, bactérias, substâncias não solúveis (bagacilho, etc).
  - b) Solução: açúcares não fermentados, substâncias infermentescíveis, sais minerais, etc.
- Gasosa
  - CO_2

Destilação

→ Do ponto de vista de volatilidade das substâncias do vinho (grupos):

- **Voláteis:** etanol, água, aldeídos, alcoóis superiores, ácido acético, etc.

- **Fixas:** extrato do mosto, células de leveduras e de bactérias, glicerol, ácido lático, etc.

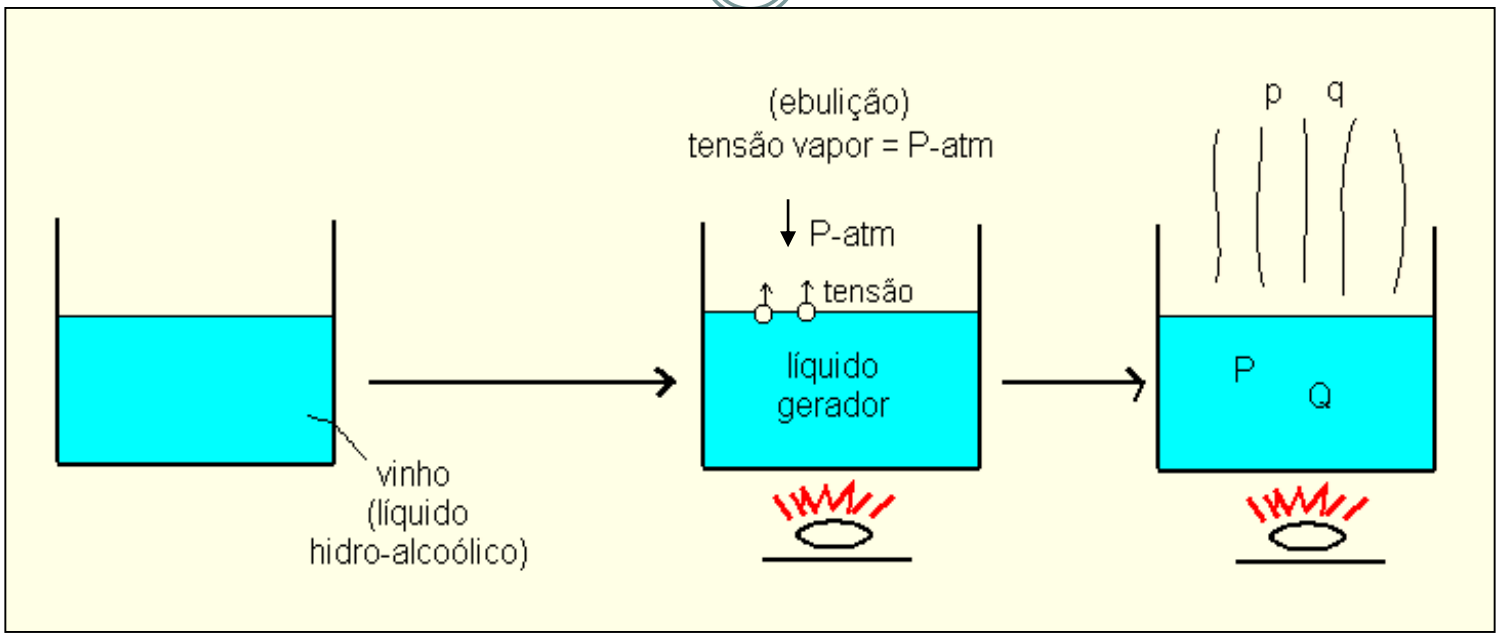
→ Para separação do álcool dos demais componentes do vinho:

- Baseado na diferença do ponto de ebulição das substâncias voláteis.
- Baseado na solubilidade preferencial das substâncias voláteis no álcool ou na água a quente.

Compostos	Ponto de ebulição (^{o} C)
Aldeído acético	24
Metanol	76
Acetato de etila	77
Propanol	80
Ácido acético	118
Álcool isoamílico	132
Acetato de isoamila	137
Furfural	167
Carbamato de etila	183

3. DESTILAÇÃO

3.1. CONSIDERAÇÕES TÉORICAS: EVAPORAÇÃO



$$\frac{P}{Q} < \frac{p}{q}$$,onde:

P = quantidade de álcool (vinho)
Q = quantidade de água (vinho)
p = quantidade de álcool (destilado)
q = quantidade de água (destilado)

% Álcool (vol)	Ponto de ebulição (^{o} C)	Destilado (% álcool vol)
Água pura	100,0	0
5%	95,9	18
10%	92,6	28
20%	88,3	42
30%	85,7	50
60%	82,3	75
96%	78,1	96
Álcool puro	78,3	100

AZEOTROPISMO:

mistura [água+etanol (96% vol)] possui ponto de ebulição (78,1ºC) menor que o dos componentes puros (água = 100ºC; etanol = 78,3ºC). Portanto, os vapores provenientes da destilação da mistura azeotrópica possuem a mesma composição da mistura. Assim, não há ganho de grau alcoólico com a destilação.

FATORES DE DESTILAÇÃO

1º: ponto de ebulição

2º : solubilidade preferencial da substância no álcool ou na água a quente

* Grupo 1: substâncias mais voláteis que o etanol (aldeídos, ésteres, metanol) → “cabeça”

* Grupo 2: etanol → “coração”

* Grupo 3: substâncias menos voláteis que o etanol (furfural, ácido acético) → “cauda”

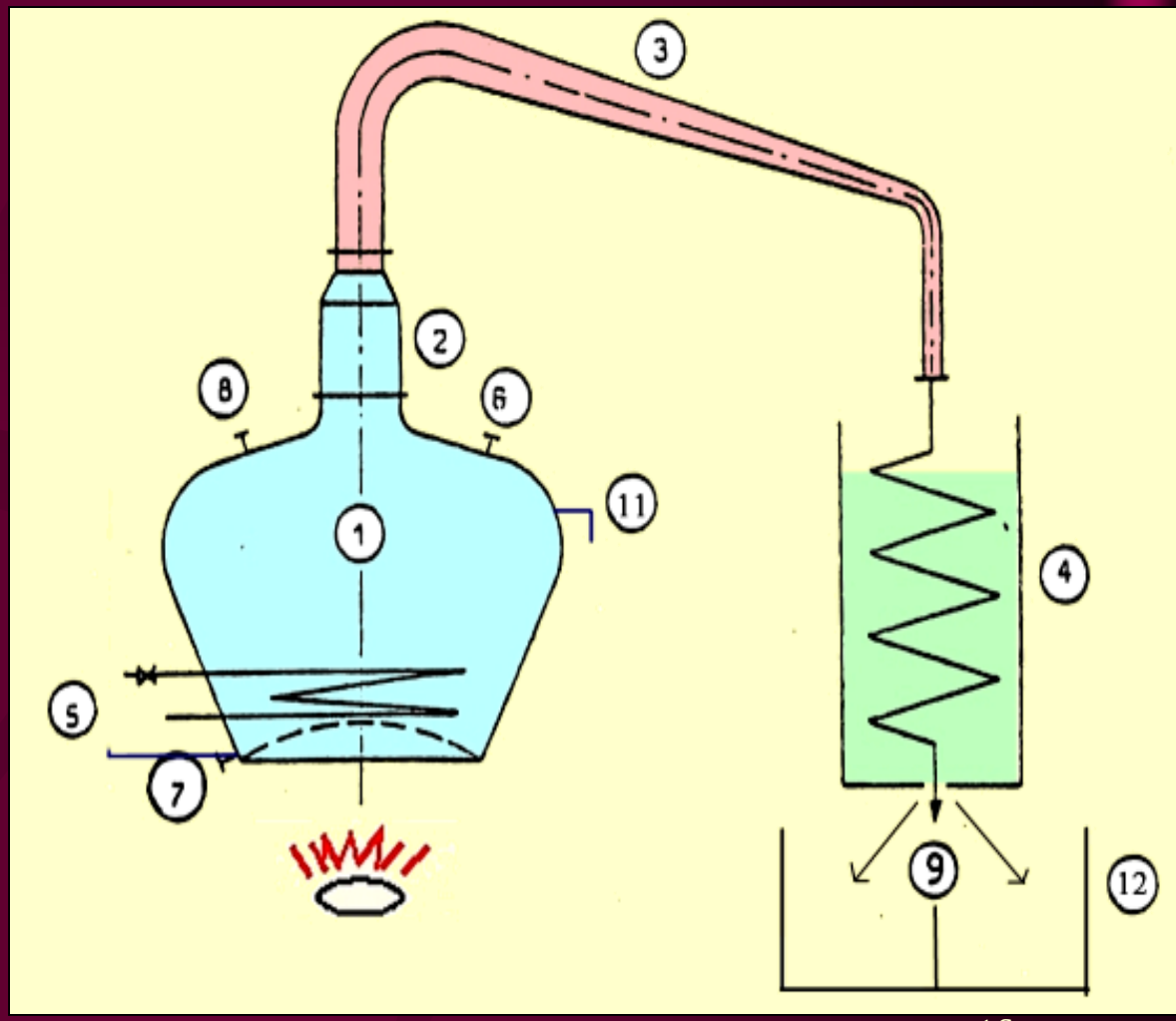
* Grupo 4: Álcoois superiores (grande afinidade com o etanol apesar do maior ponto de ebulição)

2.2. PRÁTICA (Processos)

(a) Destilação Intermitente Simples

a1) Alambique simples

1. Cucurbita ou Caldeira
2. Capitel, Domo ou Elmo
3. Alonga ou Tubo de Condensação
4. Resfriador
5. Tubulação de vapor
6. Entrada de vinho
7. Descarga de vinhaça
8. Válvula igualadora das pressões
9. Canalização de destilados
11. Ladrão
12. Caixa receptora



Destilação

Funcionamento:

A - Coluna de destilação

E - Aquecedor de vinho

E1 - Condensador auxiliar

R - Resfriadeira

T - Trombeta

P - Proveta

Coluna de baixo grau (60% Vol.)

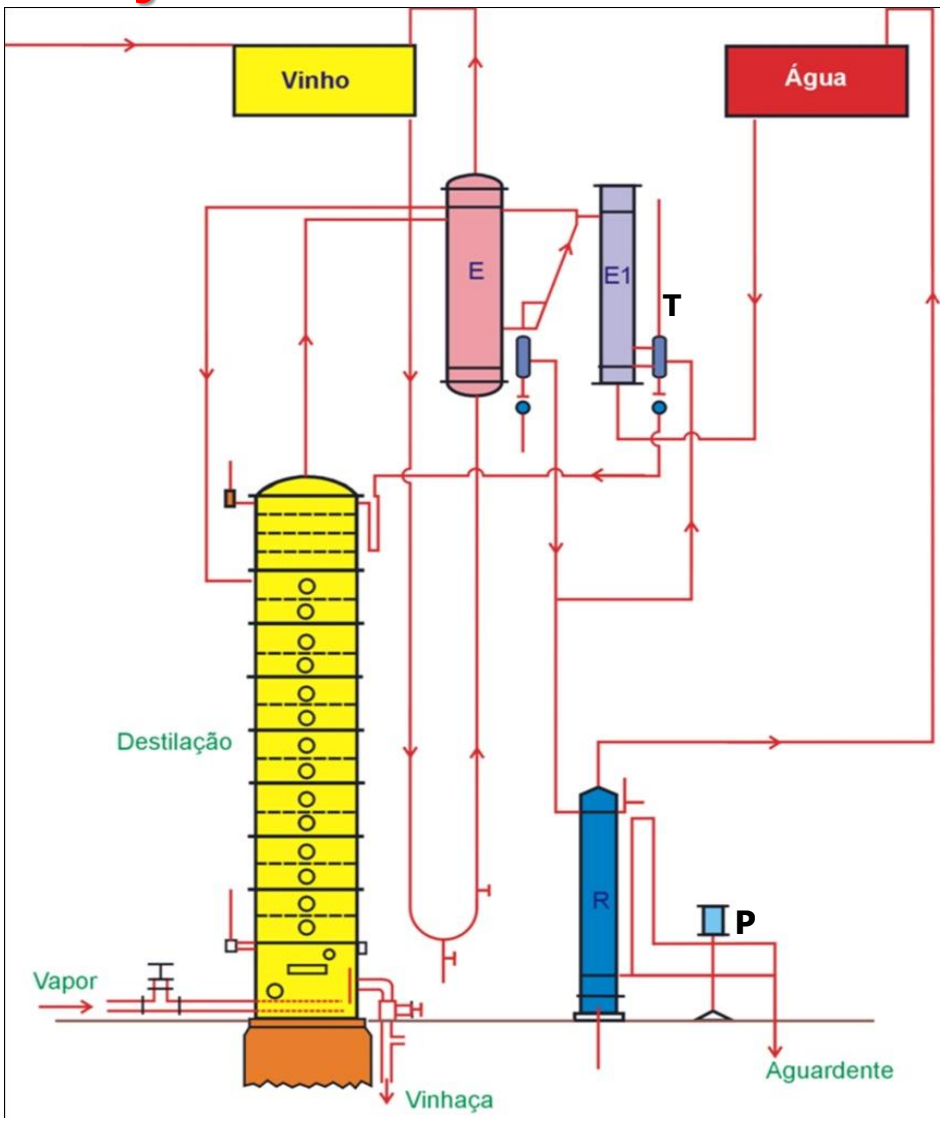


Figura – Esquema de coluna de destilação clássica.

Destilação

Destilação sistemática:

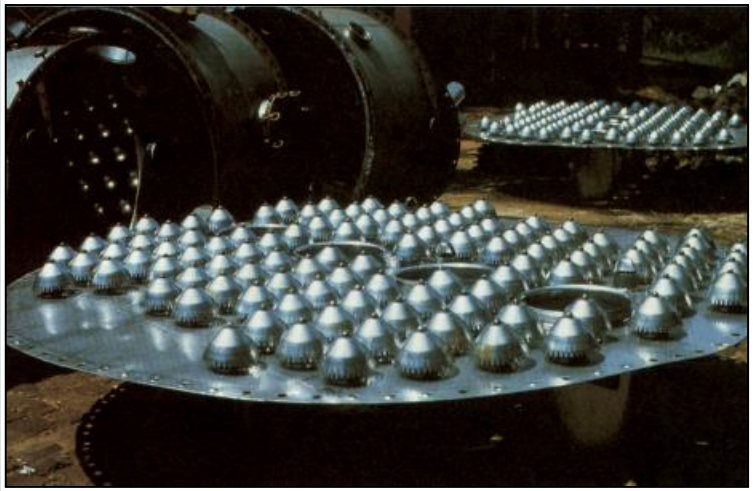


Figura: Bandeja de destilação calotada.

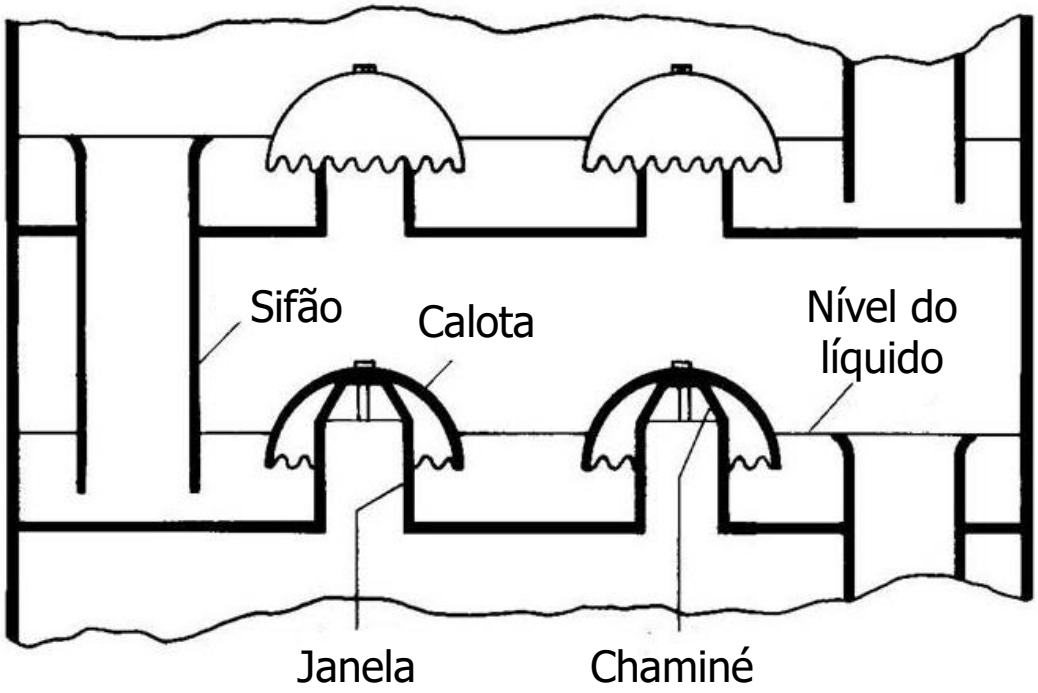
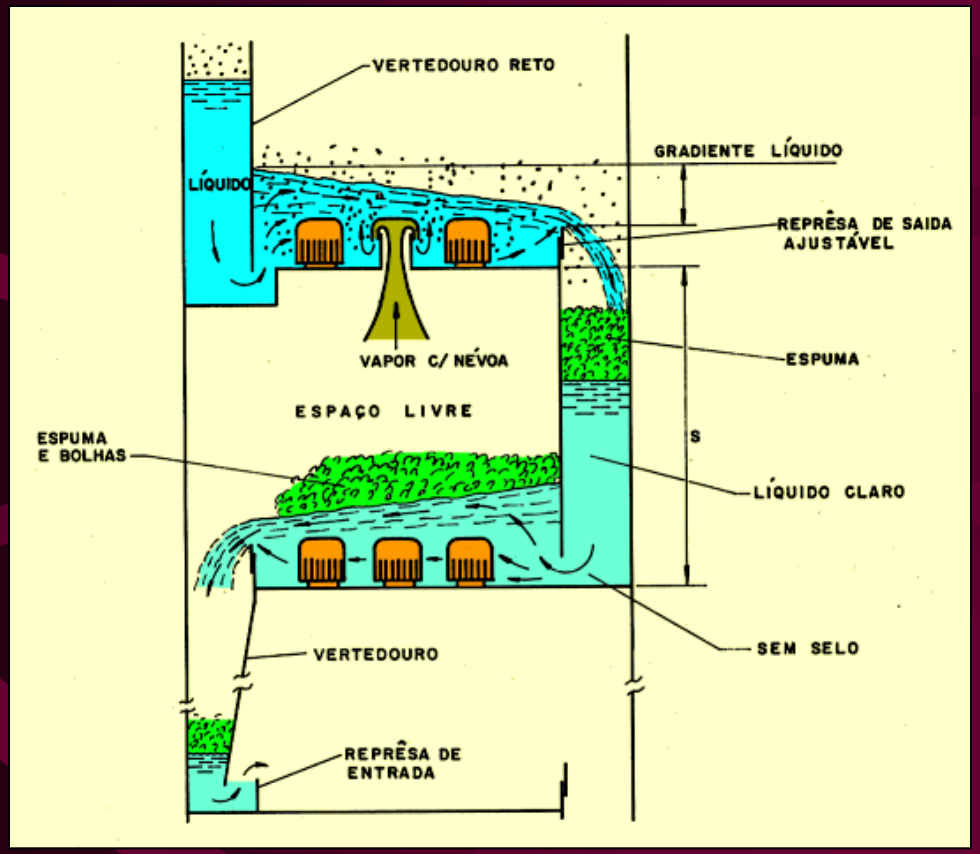


Figura: Esquema de uma bandeja de destilação calotada.

3.2._Esquema de operação dinâmica do prato comborbulhador ou calotas(Copersucar)



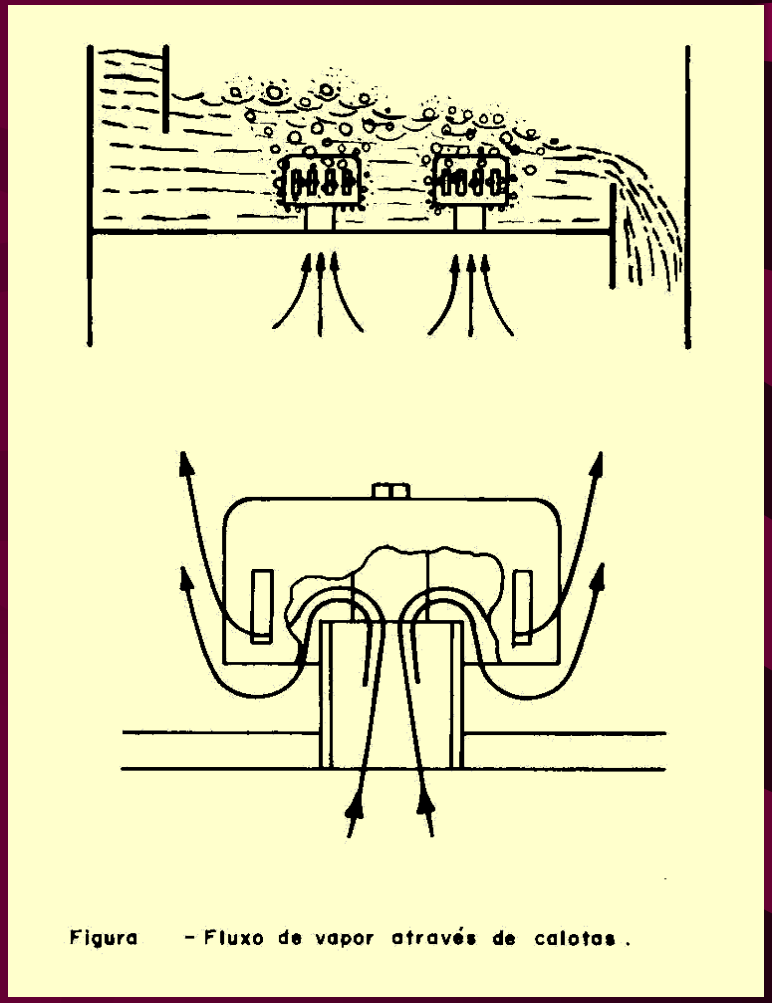


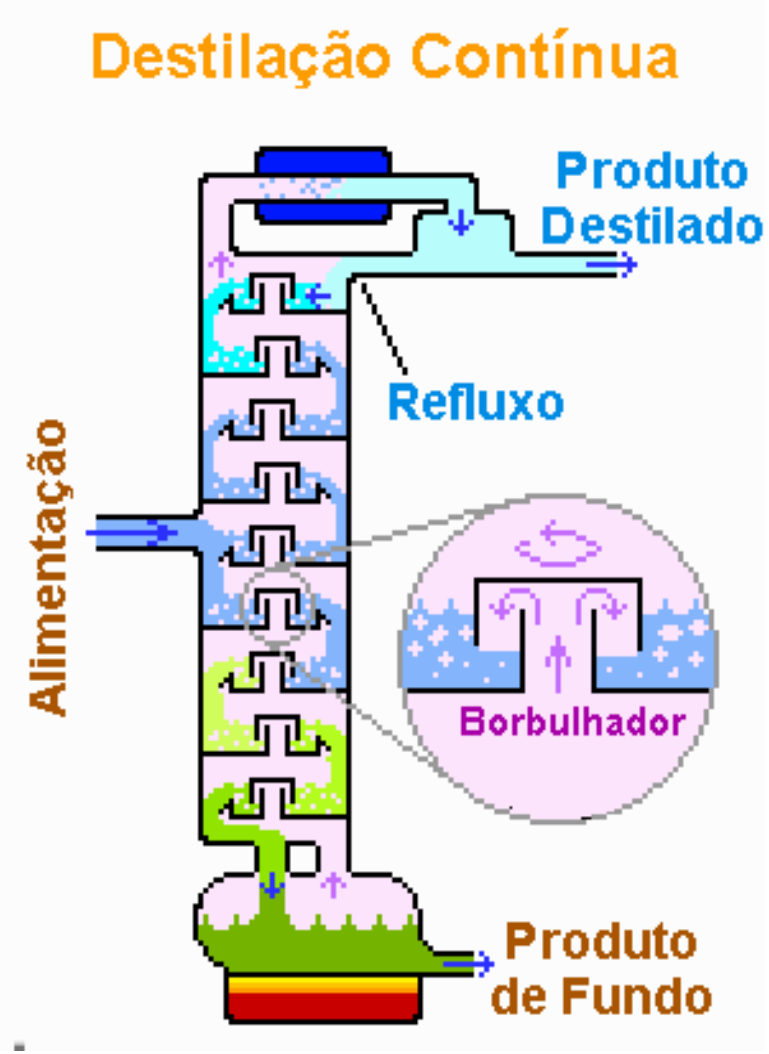
Figura - Fluxo de vapor através de calotas.

Destilação

Múltiplos estágios:

Imagine um equipamento composto por vasos "empilhados", e o processo ocorrendo com escoamento contracorrente: o líquido de um vaso desce para o imediatamente inferior e o vapor gerado sobe, borbulhando no imediatamente superior.

Industrialmente usa-se uma <u>coluna</u> com <u>pratos</u> ou <u>recheios</u> onde cada prato forma um estágio e o contato vapor-líquido é promovido por um borbulhador.

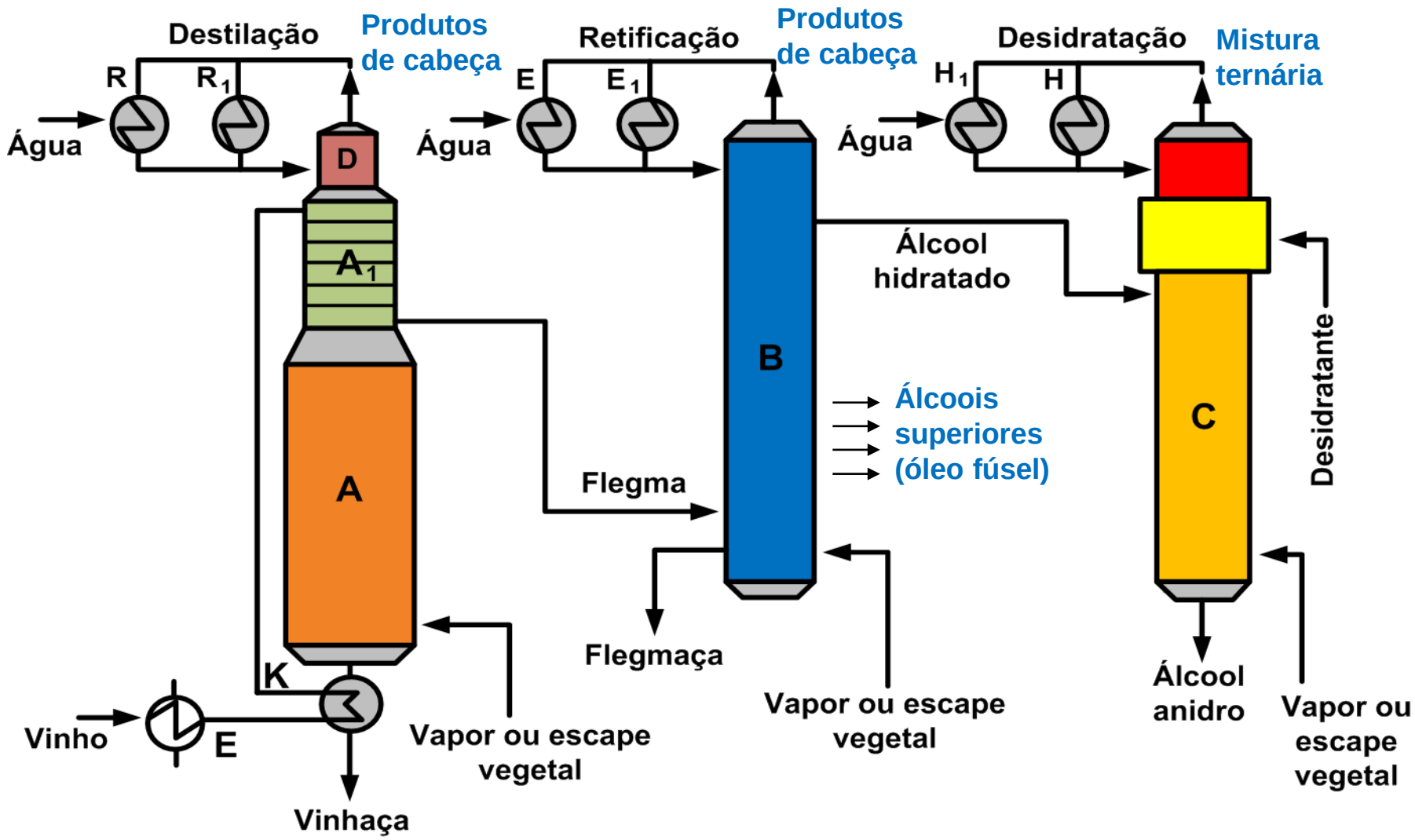


Destilação

Sistema de destilação

- **1ª Operação (Destilação) COLUNA A** → **Destilação**
  - Flegma (45 a 50% álcool Vol.)
  - Vinhaça - acum. de substâncias fixas e parte das voláteis
- **2ª Operação COLUNA B** → **Retificação:** purificação e concentração de etanol através de eliminação de alcoóis homólogos superiores (óleo fusel).
  - Álcool hidratado (96° INPM)
  - Flegmaça
- **3ª Operação COLUNA C** → **Desidratação:** Fracionamento de misturas azeotrópicas ou adsorção seletiva = álcool anidro (99,5º INPM)

Destilação


Destilação
Produtos de cabeça
Retificação
Produtos de cabeça
Desidratação
Mistura ternária
R
R1
E
E1
H1
H
Água
Água
Água
D
A1
A
B
C
K
E
Álcool hidratado
Álcoois superiores (óleo fúsel)
Flegma
Flegmaça
Desidratante
Vinho
Vinhaça
Vapor ou escape vegetal
Vapor ou escape vegetal
Álcool anidro
Vapor ou escape vegetal

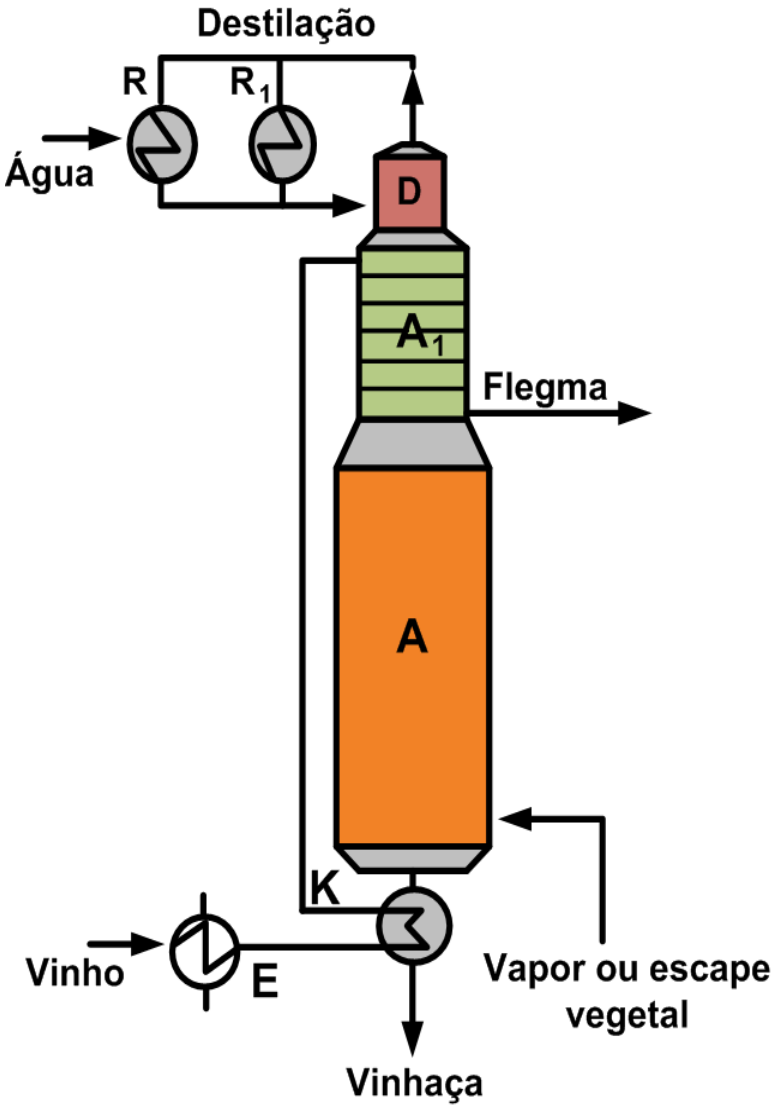
Destilação

- A destilação é processada em três partes sobrepostas da coluna: A, A_1 e D;

- O etanol é separado do vinho;

- O vinho é alimentado no topo da coluna A_1, descendo pelas bandejas e sofrendo a epuração, sendo a flegma retirada no fundo desta bandeja A_1 e enviada à coluna B.

- Os voláteis, principalmente ésteres e aldeídos, são concentrados na coluna D e retirados no seu topo, sendo condensados em dois condensadores R e R_1, onde uma fração deste líquido (90% a 95%) retorna ao topo da coluna D e a outra é retirada como álcool de 2ª.

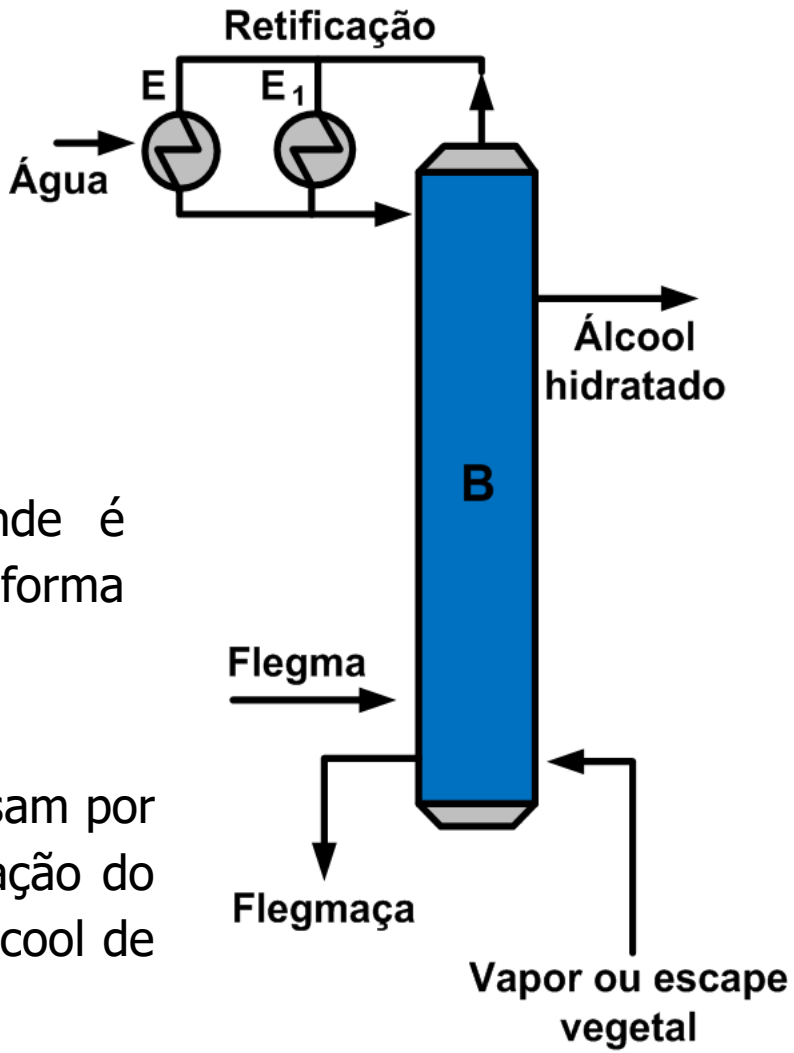


Retificação

- A finalidade da coluna B é concentrar a flegma a uma graduação de aproximadamente 96º INPM e proceder a sua purificação com a retirada das impurezas que a acompanham, como alcoóis homólogos superiores, aldeídos, ésteres e ácidos.

- O flegma é alimentado nessa coluna, onde é concentrado e purificado, sendo retirado, sob a forma de álcool hidratado, abaixo do topo da coluna.

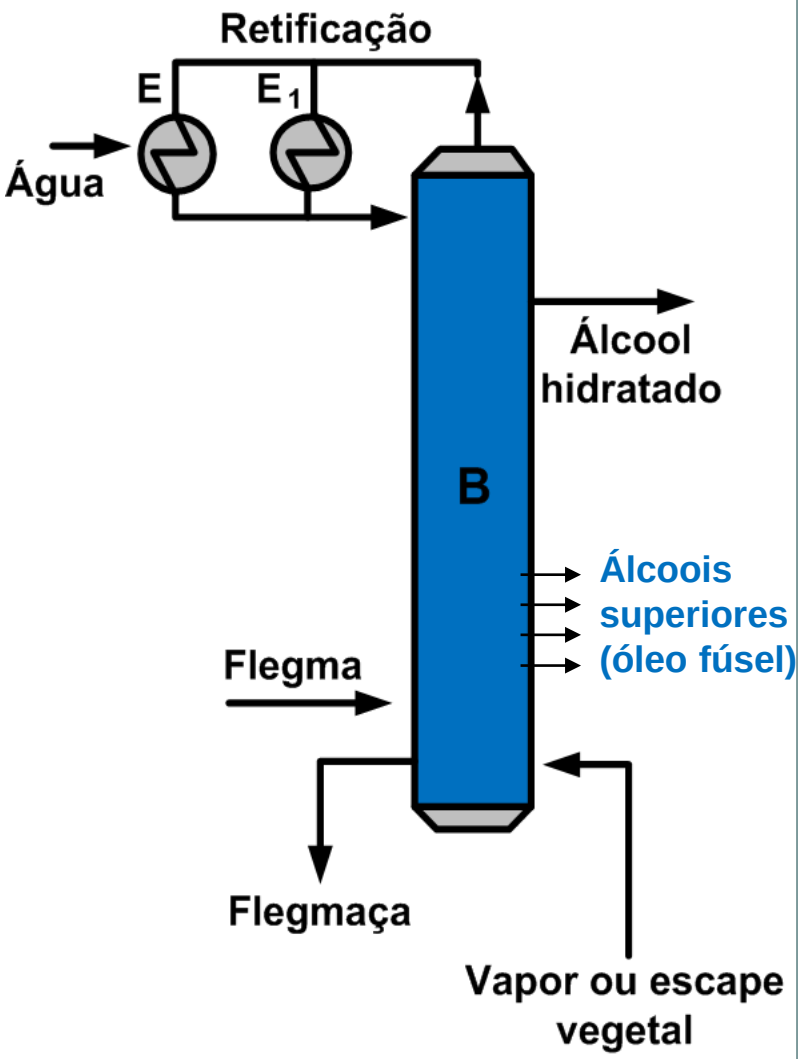
- Os voláteis retirados no topo da coluna B passam por uma seqüência de condensadores onde uma fração do condensado é reciclada e outra retirada como álcool de 2ª.



Destilação

- Do fundo da coluna B é retirada uma solução aquosa chamada flegmaça, esgotada em etanol.

- Os alcoóis homólogos superiores, denominados óleos fúsel, são retirados de bandejas próximas à entrada da flegma.



Desidratação

Álcool retificado ⟹ Formação de mistura azeotrópica (97% etanol e 3% água, em volume)

95% INPM

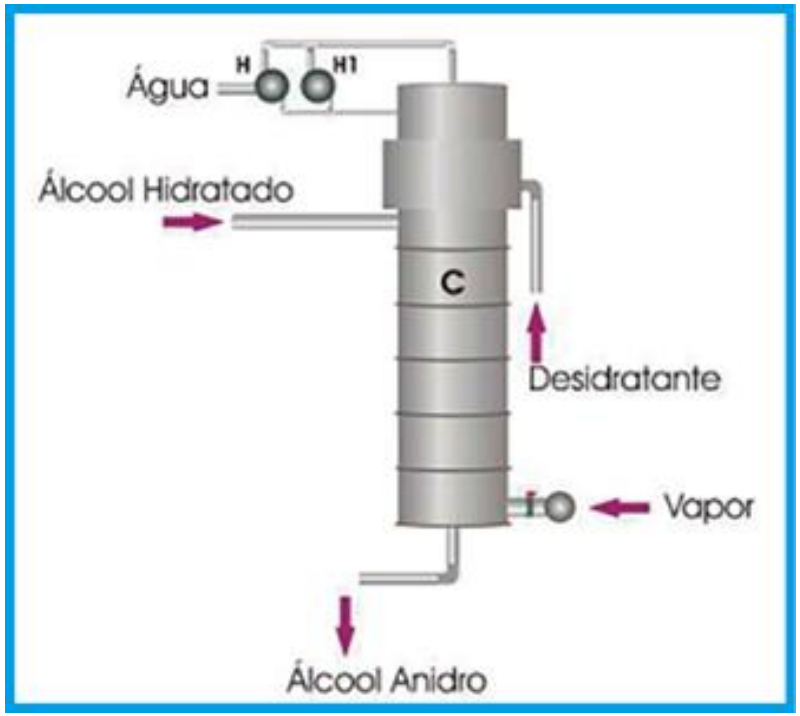
CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE DESIDRATAÇÃO:

⇒ Processo Azeotrópico ⟹ Benzol ou Ciclohexano

⇒ Peneira Molecular ⟹ Zeolitos

Desidratação

Processo Azeotropico – Melle Guinot



Princípio: ciclohexano – forma nova mistura azeotrópica com parte do etanol presente e com toda a água do etanol hidratado, liberando o etanol anidro.

Essa mistura ternária tem ponto de ebulição menor do que o etanol anidro, portanto:

- a mistura ternária sobe na coluna
- o etanol anidro sai pela base da coluna C

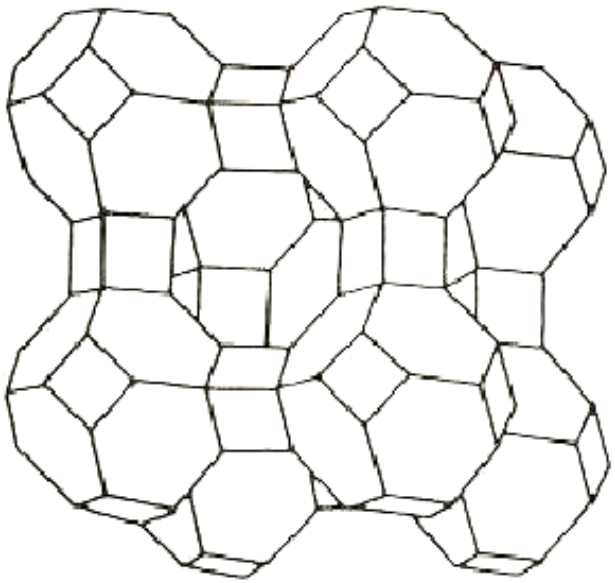
Desidratação por peneira molecular

- **Poro com 3 Angstrom (Å) de diâmetro**

- **Molecula da água = 2,8 Å**
- **Molecula de etanol = 4,4 Å**

- **1 Å = 10^{-10} m**

Estrutura do Zeolito A



Adsorção *= fixação das moléculas, geralmente de um fluxo líquido ou gasoso, na superfície de um sólido sem que as moléculas passem a fazer parte deste sólido.*