

### III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



# Produção de cachaca de qualidade



O que é uma cachaça de QUALIDADE?





O que é uma cachaça de QUALIDADE?

“Aquela que agrada o consumidor,  
de forma segura à saúde”





# COMO É EXPRESSA A QUALIDADE?

## QUALIDADE QUÍMICA

Composição e ausência de contaminantes.

## QUALIDADE SENSORIAL

Cor, sabor, aroma, textura (viscosidade),  
design e beleza da garrafa.



# Existe um PADRÃO DE QUALIDADE para a cachaça?

## Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) da Cachaça

Instrução Normativa Nº 13 de 29 de junho de 2005  
(MAPA)





## COMPOSIÇÃO QUÍMICA

| COMPONENTE                       | LIMITES (mg/100mL AA) |        |
|----------------------------------|-----------------------|--------|
|                                  | Mínimo                | Máximo |
| Acidez volátil, em ácido acético | -                     | 150    |
| Ésteres, em acetato de etila     | -                     | 200    |
| Aldeídos, em aldeído acético     | -                     | 30     |
| Furfural + Hidroximetilfurfural  | -                     | 5      |
| Álcoois superiores               | -                     | 360    |
| Coeficiente de congêneres        | 200                   | 650    |



# CONTAMINANTES

## Contaminantes Orgânicos:

- Metanol (máx. 20 mg/100 mL de AA)
- Carbamato de etila (máx 210  $\mu\text{g/L}$ )
- Acroleína (máx 5mg/100mL de AA)
- 2-butanol (máx 10mg/100mL de AA)
- 1-butanol (máx 3mg/100mL de AA)

## Contaminantes Inorgânicos:

- Cobre (Cu) (máx 5mg/L)
- Chumbo (Pb) (máx 200 $\mu\text{g/L}$ )
- Arsênio (As) (máx 100 $\mu\text{g/L}$ )



Como produzir uma cachaça de QUALIDADE?





Como produzir uma cachaça de QUALIDADE?

## Processo de produção



**Processo de produção:** Diferencial da ESALQ nos estudos com cachaça:



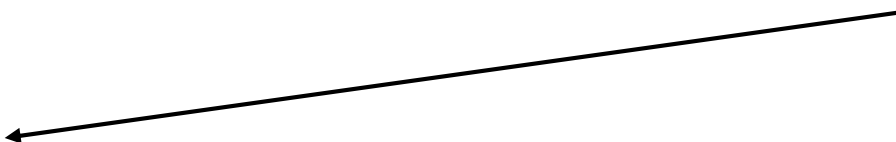
**Cana-de-açúcar**



**Preparo do mosto**



**Fermentação**



**Destilação**



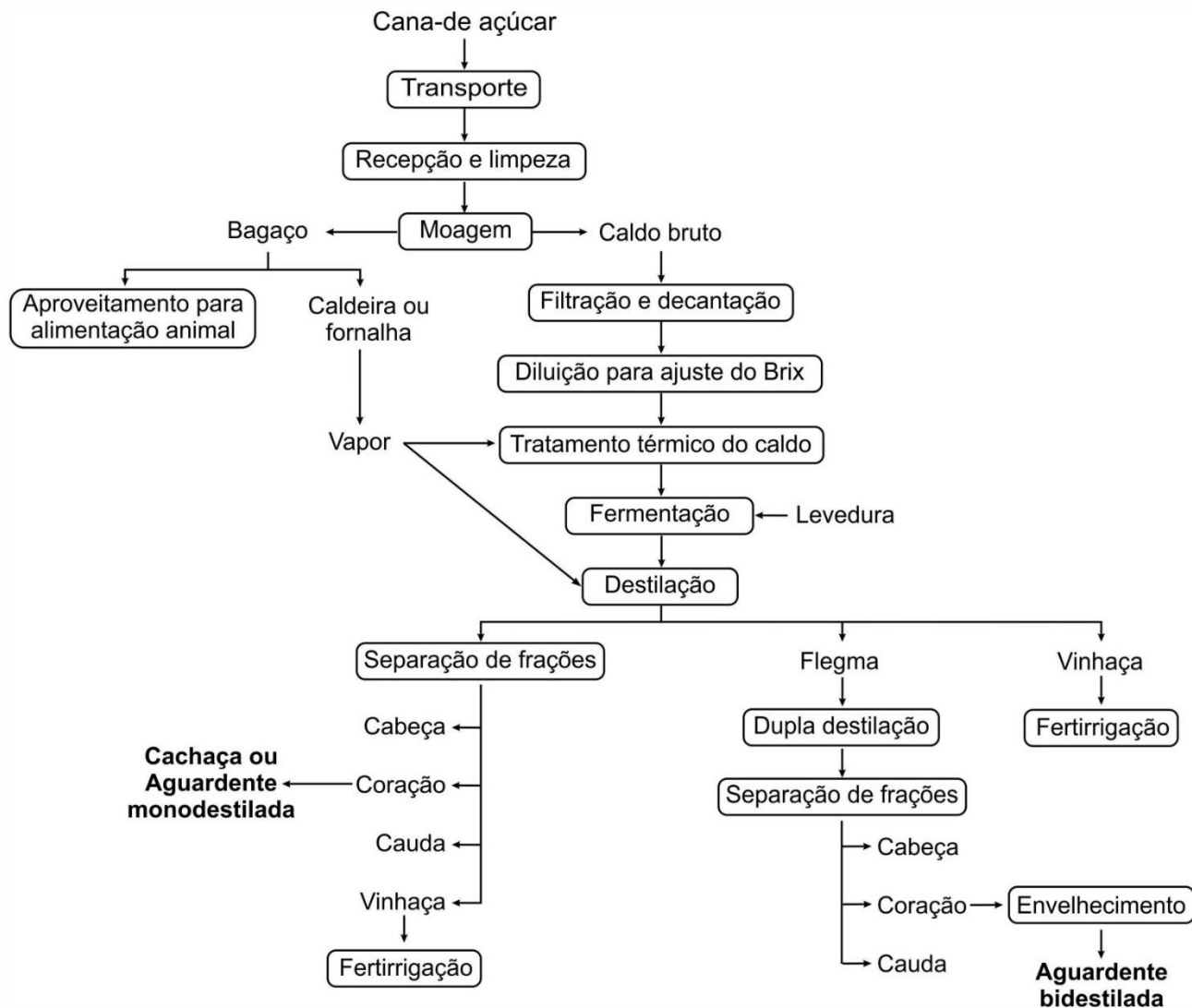
**Envelhecimento**

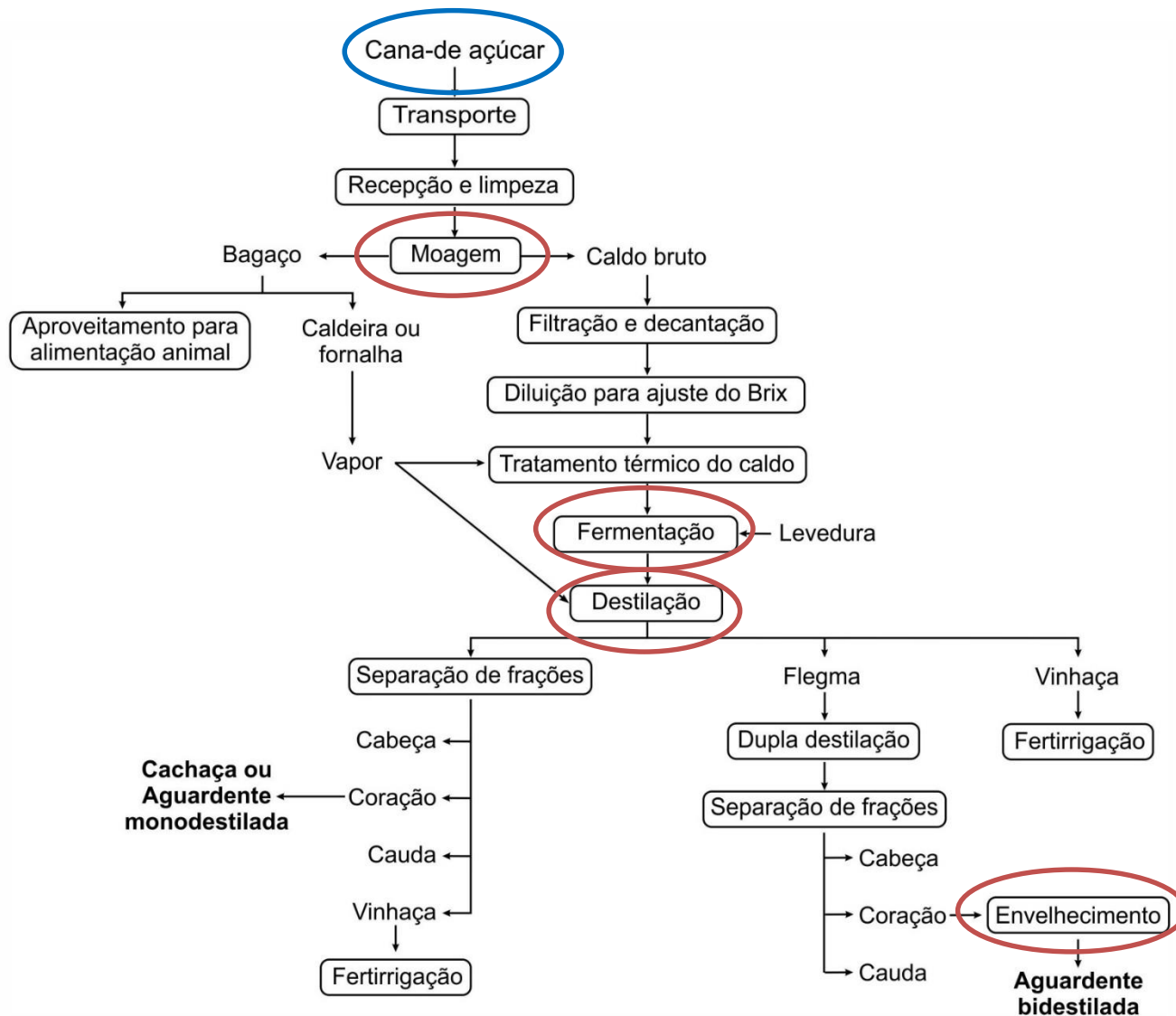


### III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



# Processo de produção da cachaca





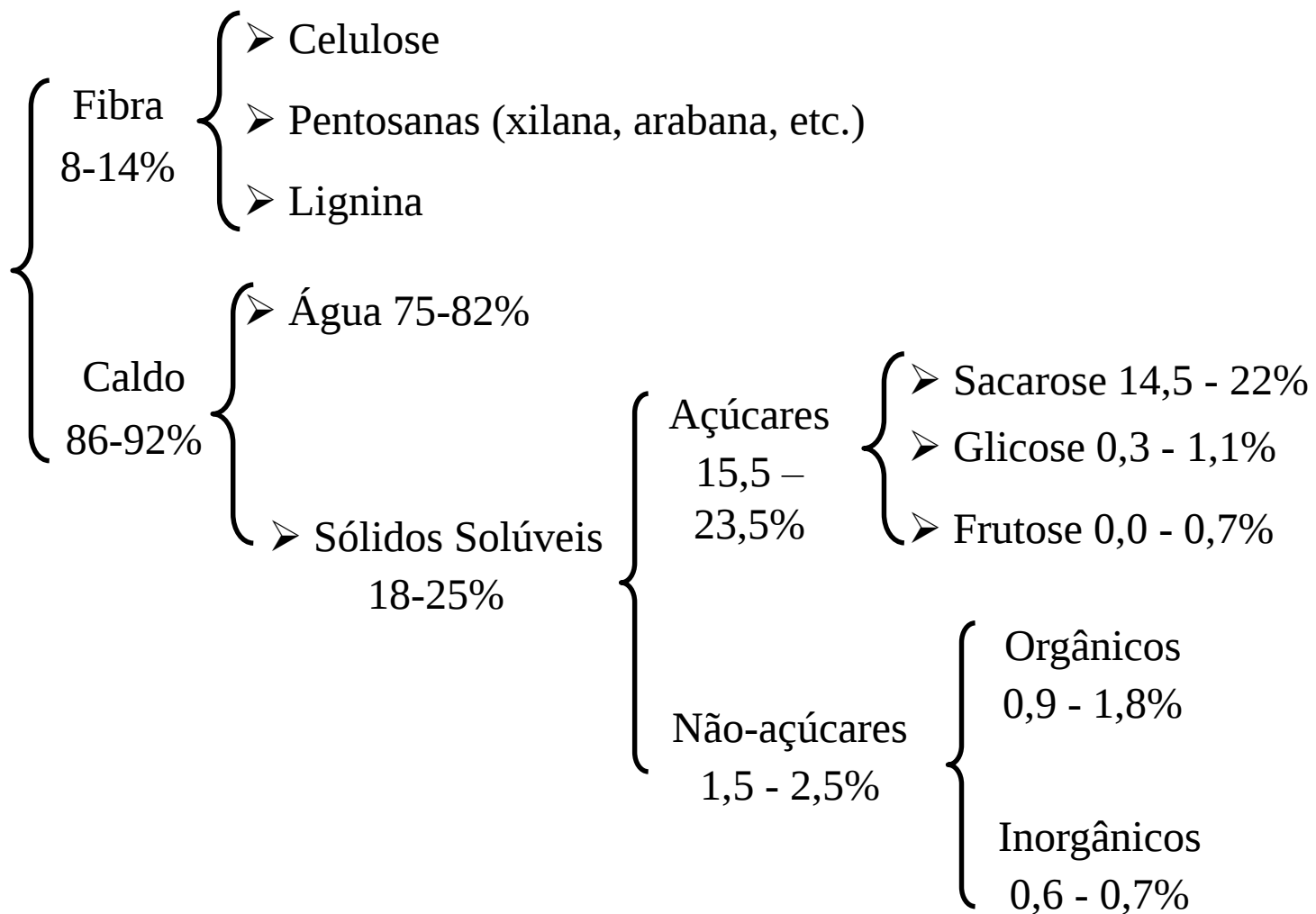


## Qualidade da matéria-prima: variedades de cana





## Composição tecnológica do colmo da cana

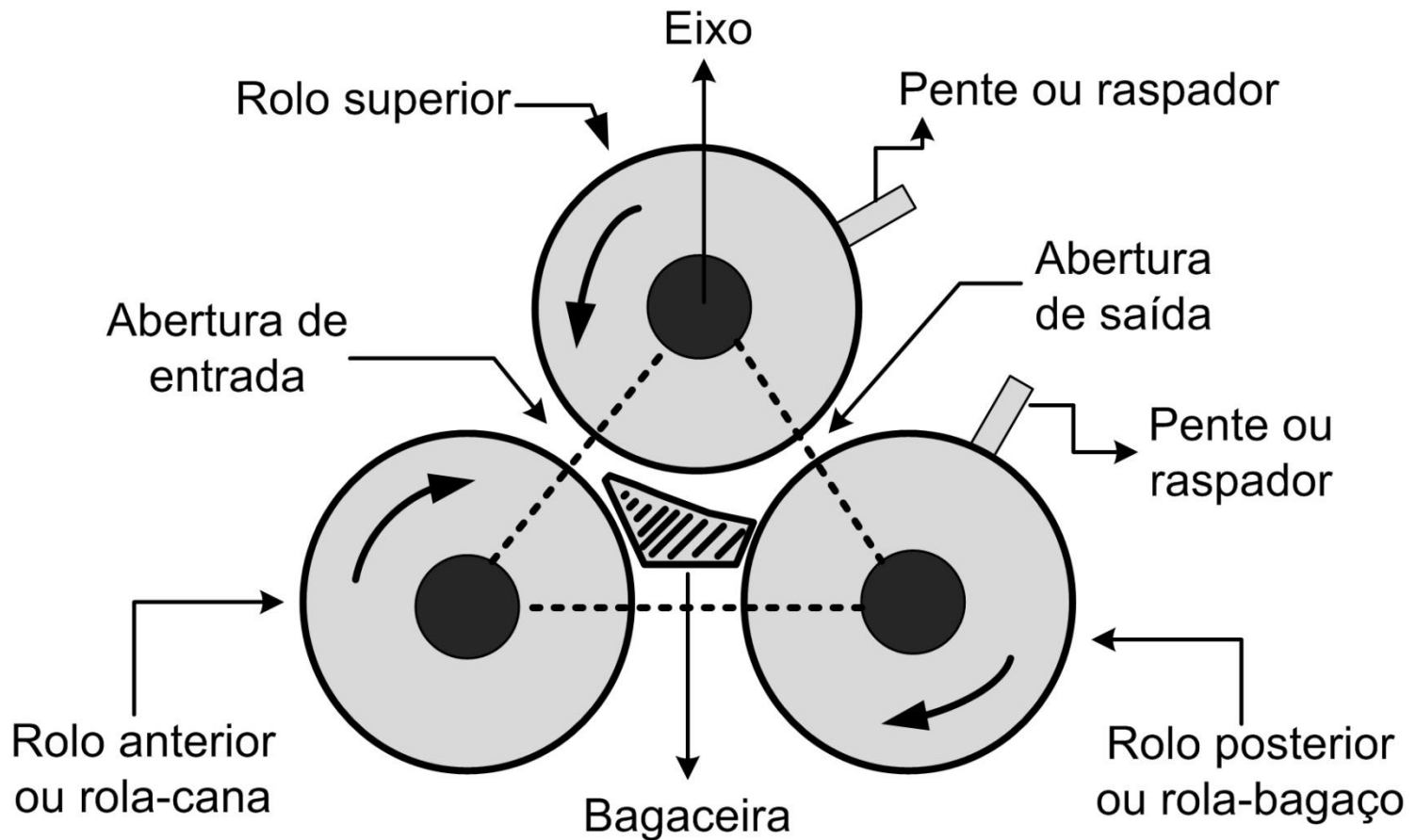




**Preparo do caldo (moenda, decantador 1, dorna diluidora de caldo, trocador de calor e decantador 2)**



## Extração do Caldo: lubrificantes !





## III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



### Diluição do Caldo

**Caldo acima de 18°Brix → diluição com água declorada**

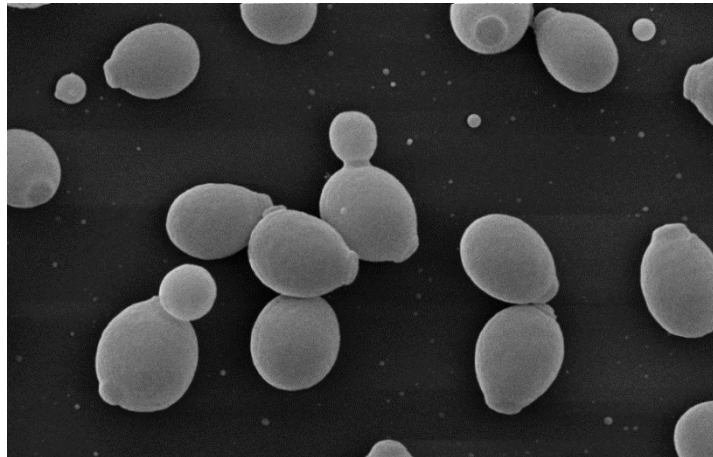
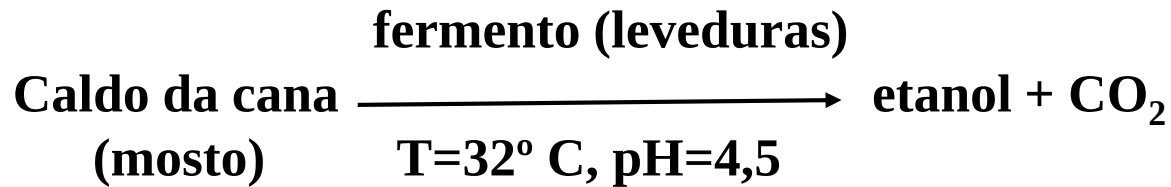




# Fermentação alcoólica

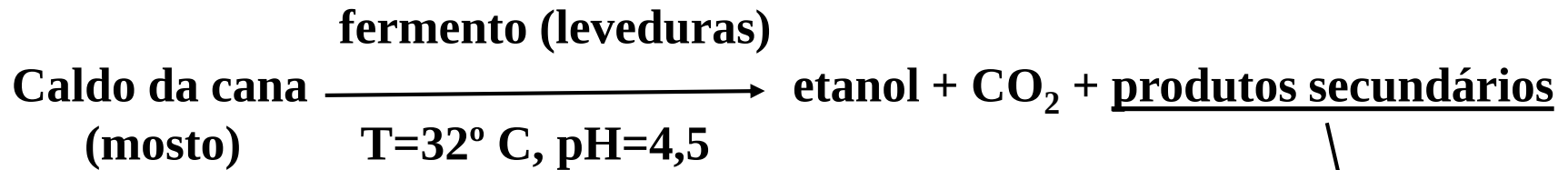


# Fermentação alcoólica

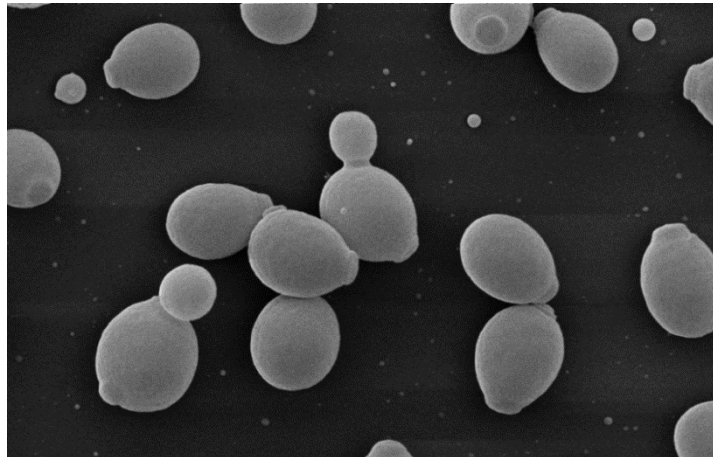




# Fermentação alcoólica



↓  
Aroma e sabor



### III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



**Açúcares**

Glicose  
Frutose

**Glicerol**

**Ácidos orgânicos:**  
acético, succínico, ...

**Álcoois superiores**

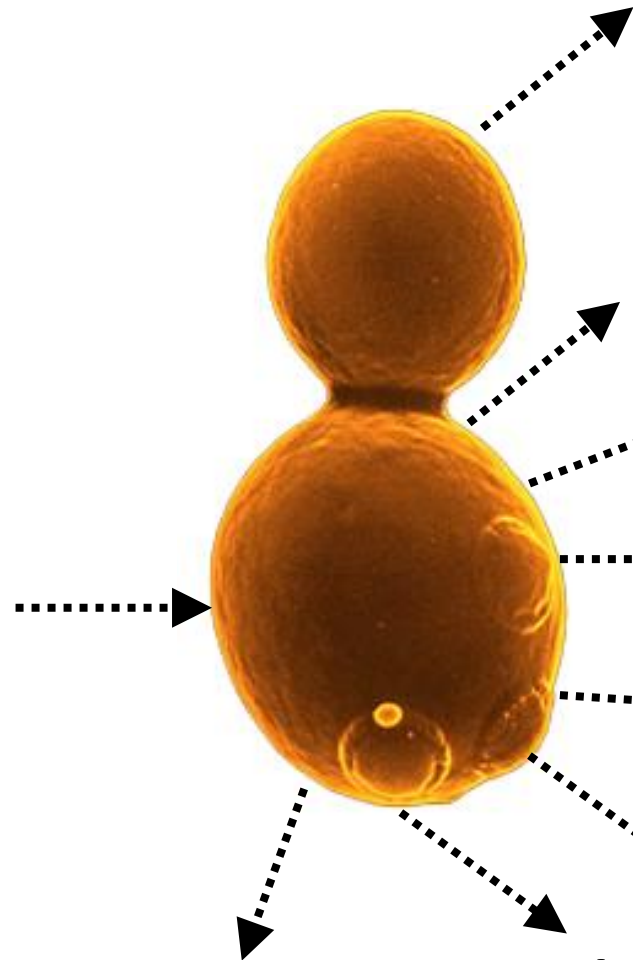
**Ésteres,  
aldeídos**

**CO<sub>2</sub>**

**Etanol**

**Energia (ATP)**

**Biomassa**

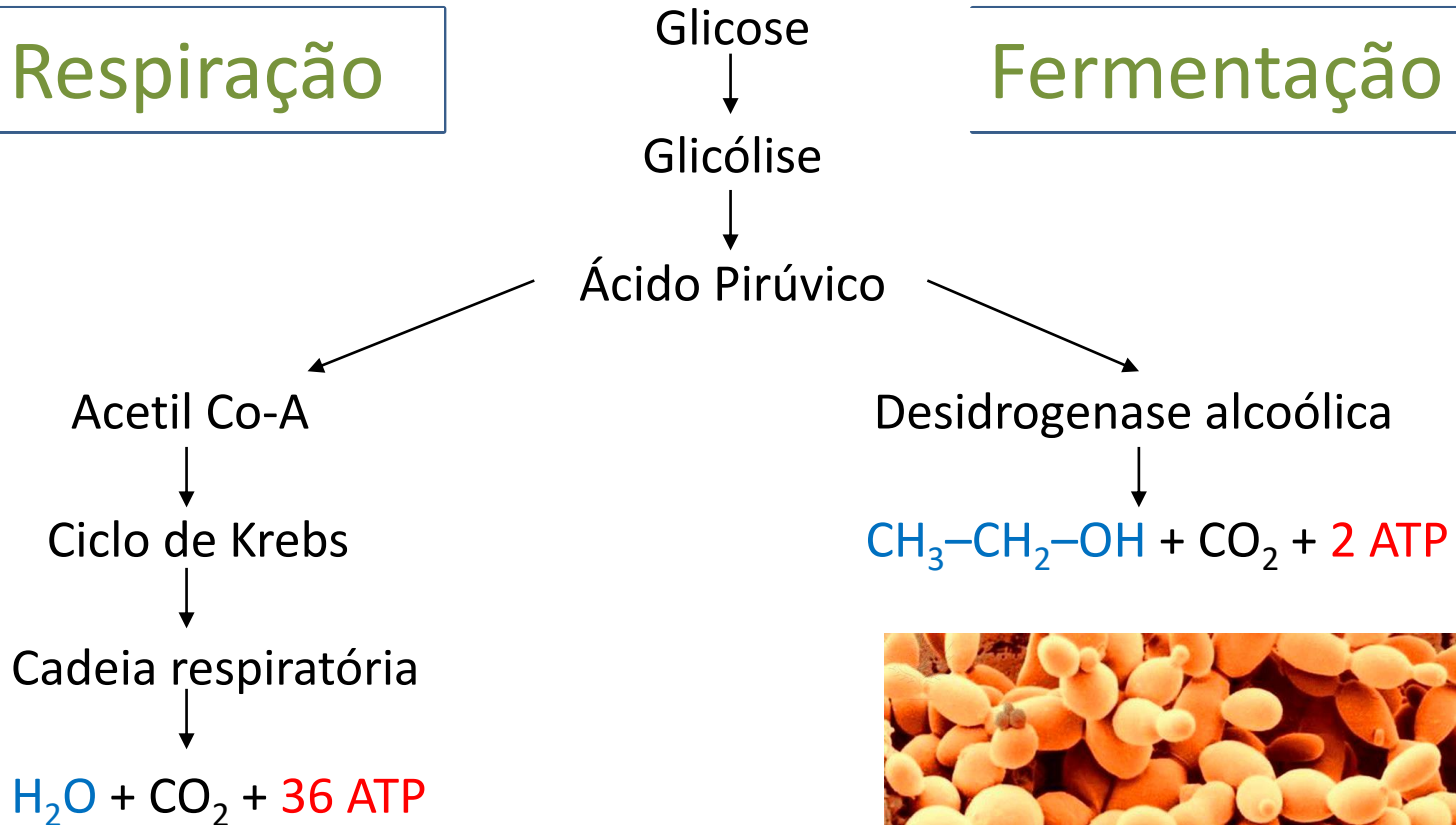


# III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade

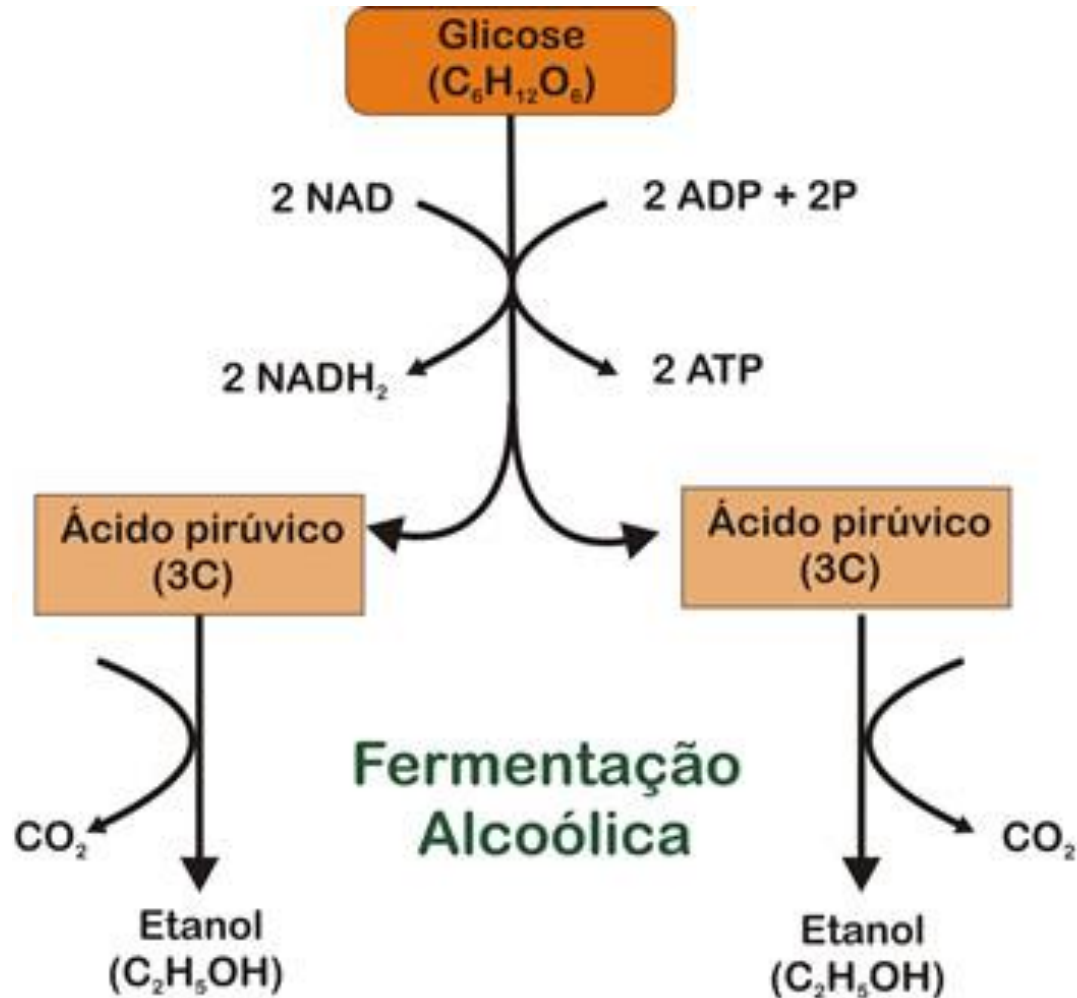


## Respiração

## Fermentação

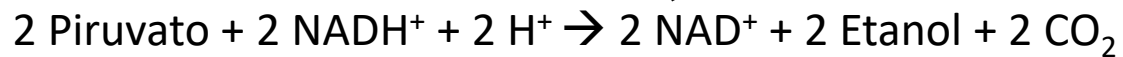
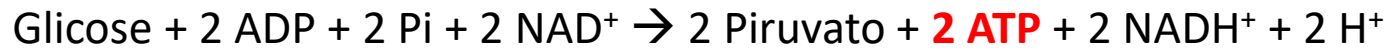


### III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade





## Fermentação:



(Zn)



## Fermentação:

- Produção de etanol e definição do perfil sensorial da cachaça
- Temperatura (30°C), pH caldo+fermento (4,2-4,8), acidez (2,5-3,0 g/L  $H_2SO_4$ ) oxigênio (formação de ácidos graxos e esteróis para membranas)
- Macro e micronutrientes (NAL, S, P, K, Mg, Ca, Cu, Fe, Mn, Co, Mo, Ni, Se, Zn)
- Tempo: 24 a 36 h

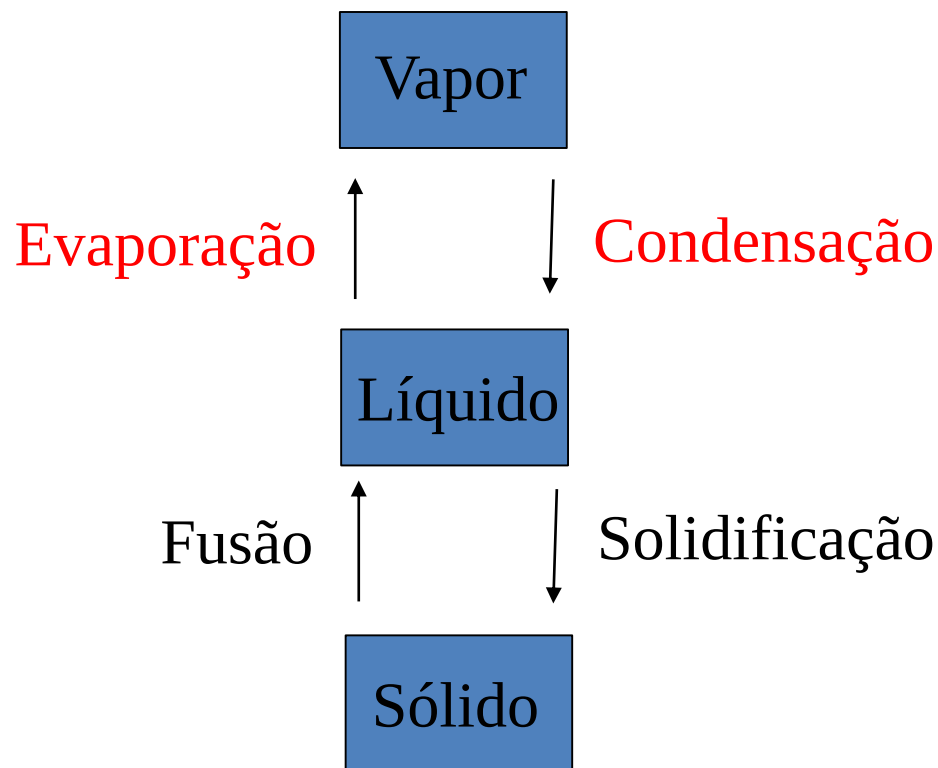
**Cachaça: ciência, tecnologia e arte**



# DESTILAÇÃO

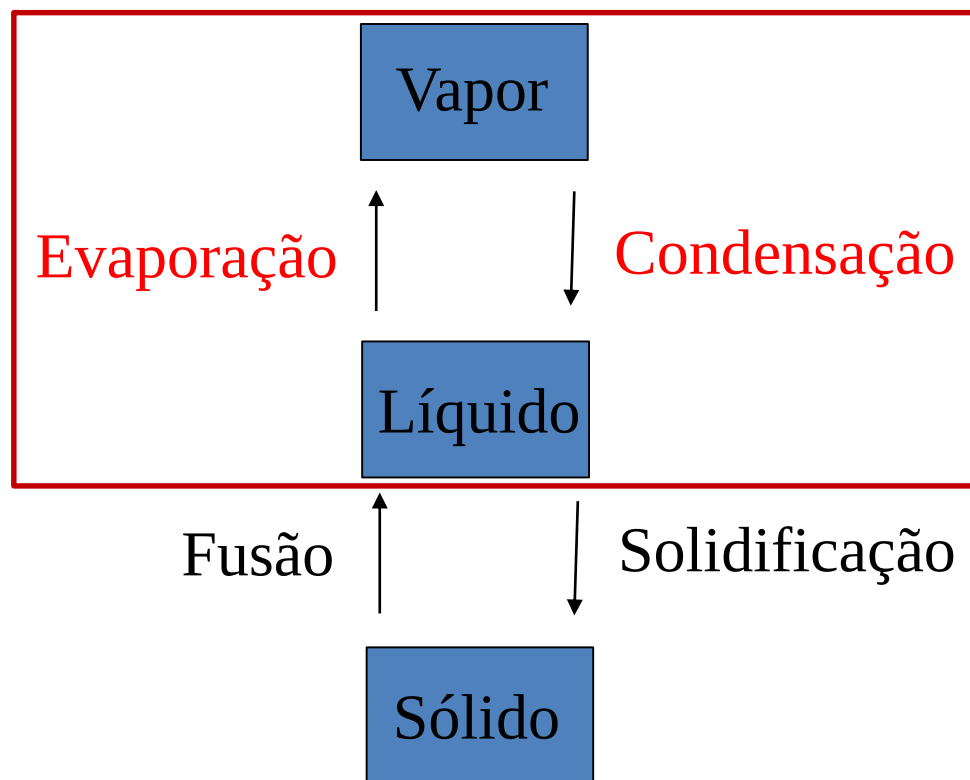


## DESTILAÇÃO



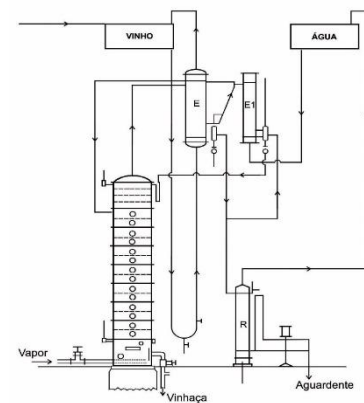
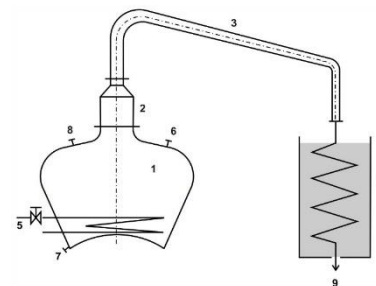
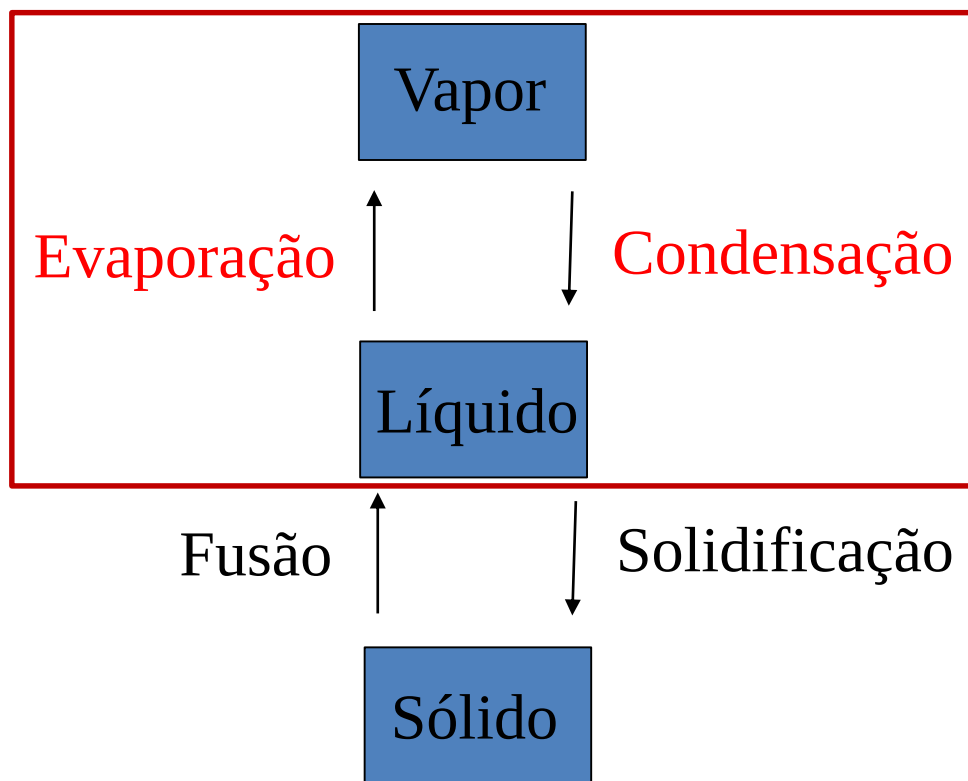


## DESTILAÇÃO





## DESTILAÇÃO





## DESTILAÇÃO



AGUARDENTE DE QUALIDADE

Monodestilação,  
Dupla destilação (Bidestillação),  
Destilação contínua

APARELHO DE DESTILAÇÃO

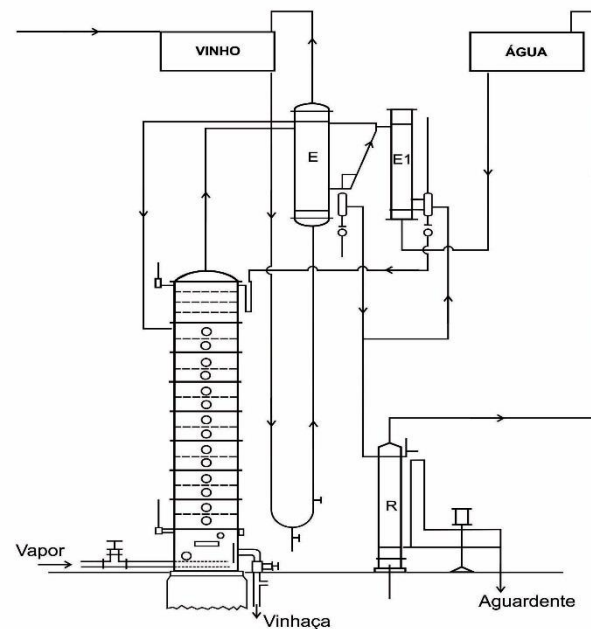
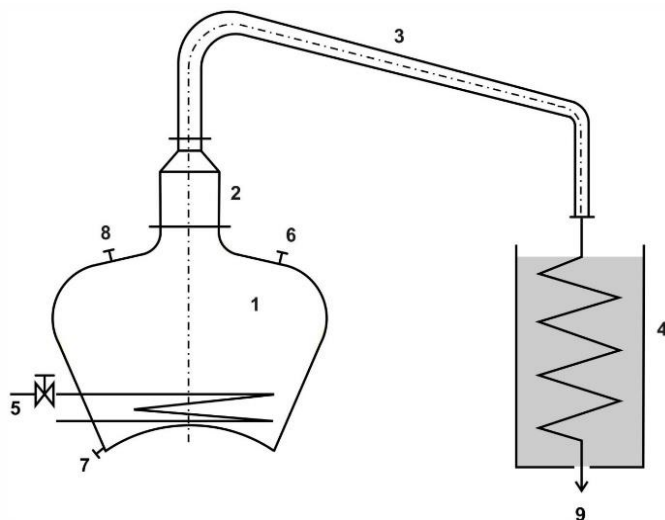
Modulação da composição química

# Cachaça: ciência, tecnologia e arte



## OBJETIVOS DA DESTILAÇÃO:

- Aumentar o teor alcoólico:  $f$  (PE)
- Selecionar (separar) compostos:  $f$  (Solubilidade)



# Cachaça: ciência, tecnologia e arte



Ponto de ebulição, no estado puro, dos principais componentes voláteis do vinho de caldo de cana-de-açúcar

| Composto | Ponto de ebulição (°C) |
|----------|------------------------|
| Etanol   | 78                     |
| Água     | 100                    |

### III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



| % Álcool (vol) | Ponto de ebulição (° 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                      |

# Cachaça: ciência, tecnologia e arte



Ponto de ebulição, no estado puro, dos principais componentes voláteis do vinho de caldo de cana-de-açúcar

| Composto | Ponto de ebulição (°C) |
|----------|------------------------|
| Etanol   | 78                     |
| Água     | 100                    |

# Cachaça: ciência, tecnologia e arte



Ponto de ebulição, no estado puro, dos principais componentes voláteis do vinho de caldo de cana-de-açúcar

| Composto           | Ponto de ebulição (°C) |
|--------------------|------------------------|
| Aldeído acético    | 20                     |
| Metanol            | 65                     |
| Acetato de etila   | 77                     |
| Etanol             | 78                     |
| n-Propanol         | 97                     |
| Água               | 100                    |
| Isobutanol         | 108                    |
| 5-HMF              | 115                    |
| Ácido acético      | 118                    |
| Álcool isoamílico  | 130                    |
| Furfural           | 162                    |
| Carbamato de etila | 183                    |



## FATORES DE DESTILAÇÃO

### Solubilidade preferencial da substância no álcool 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”



## SEPARAÇÃO DE FRAÇÕES

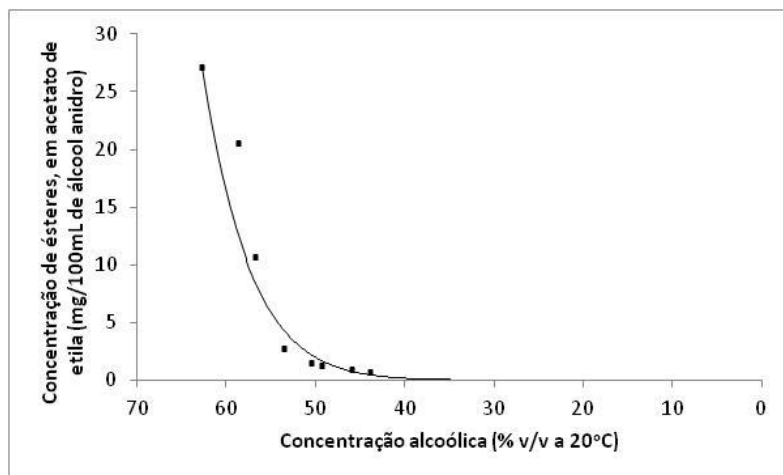
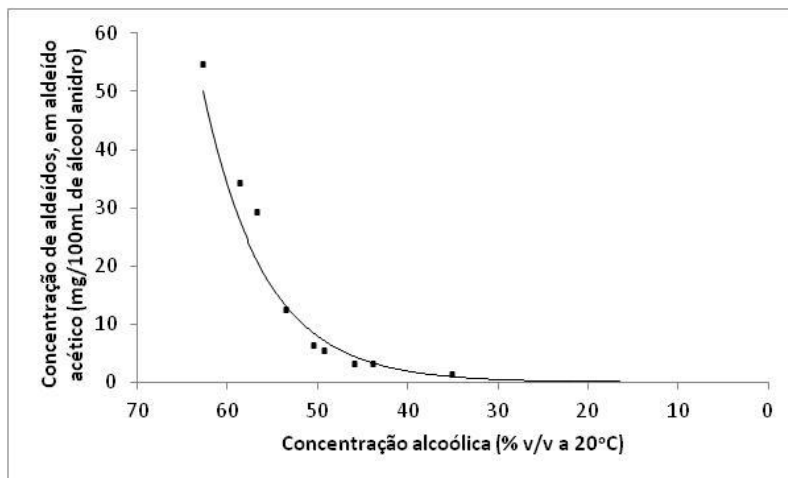
- ACETALDEÍDO
- ACETATO DE ETILA
- METANOL
- BUTANOL
- PROPANOL
- ALCOOL ISOAMÍLICO
- ÁCIDO ACÉTICO
- FURFURAL

*Fração “cabeça”*

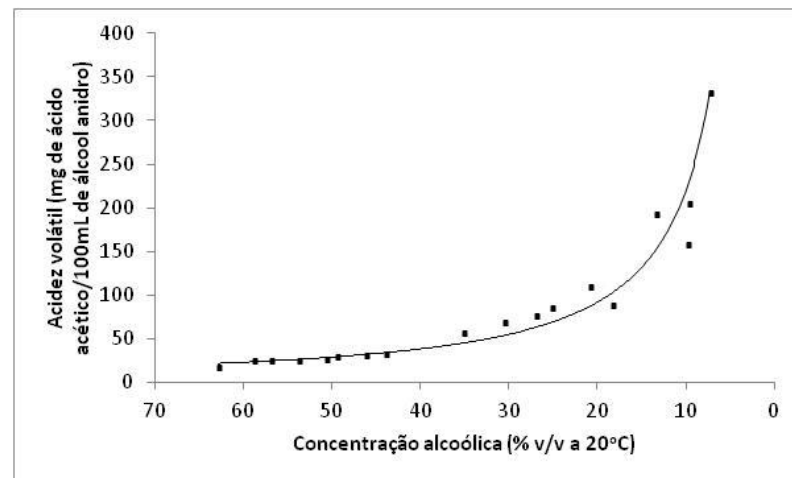
*Juntamente com o  
etanol por solubilidade  
(Fração “coração”)*

*Fração “cauda”*

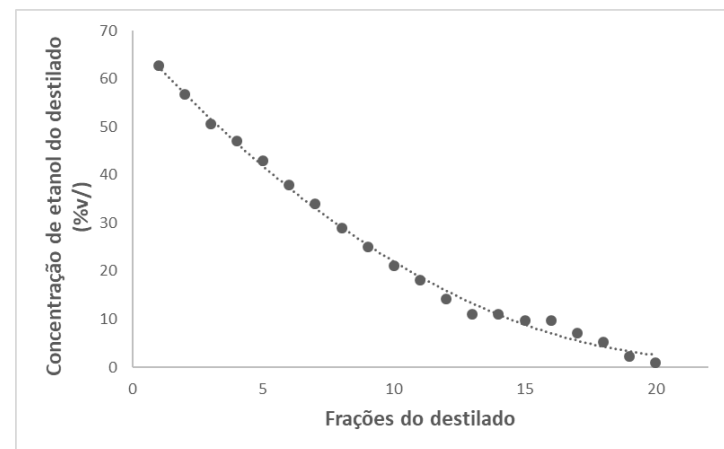
## Produtos de “cabeça”



## Produto de “cauda”

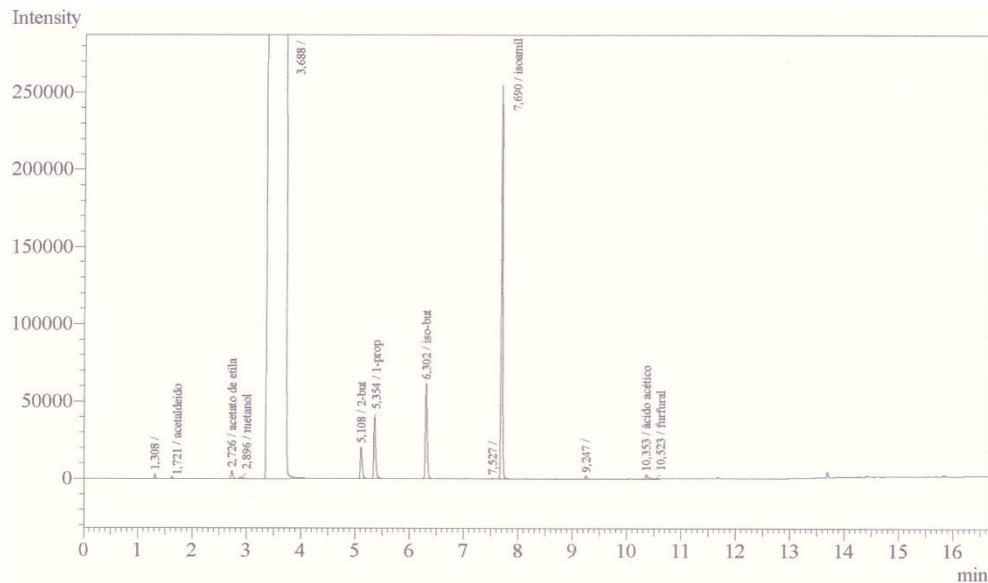


# Cachaça: ciência, tecnologia e arte



**Álcoois superiores (afinidade com o etanol !)**

# Cachaça: ciência, tecnologia e arte

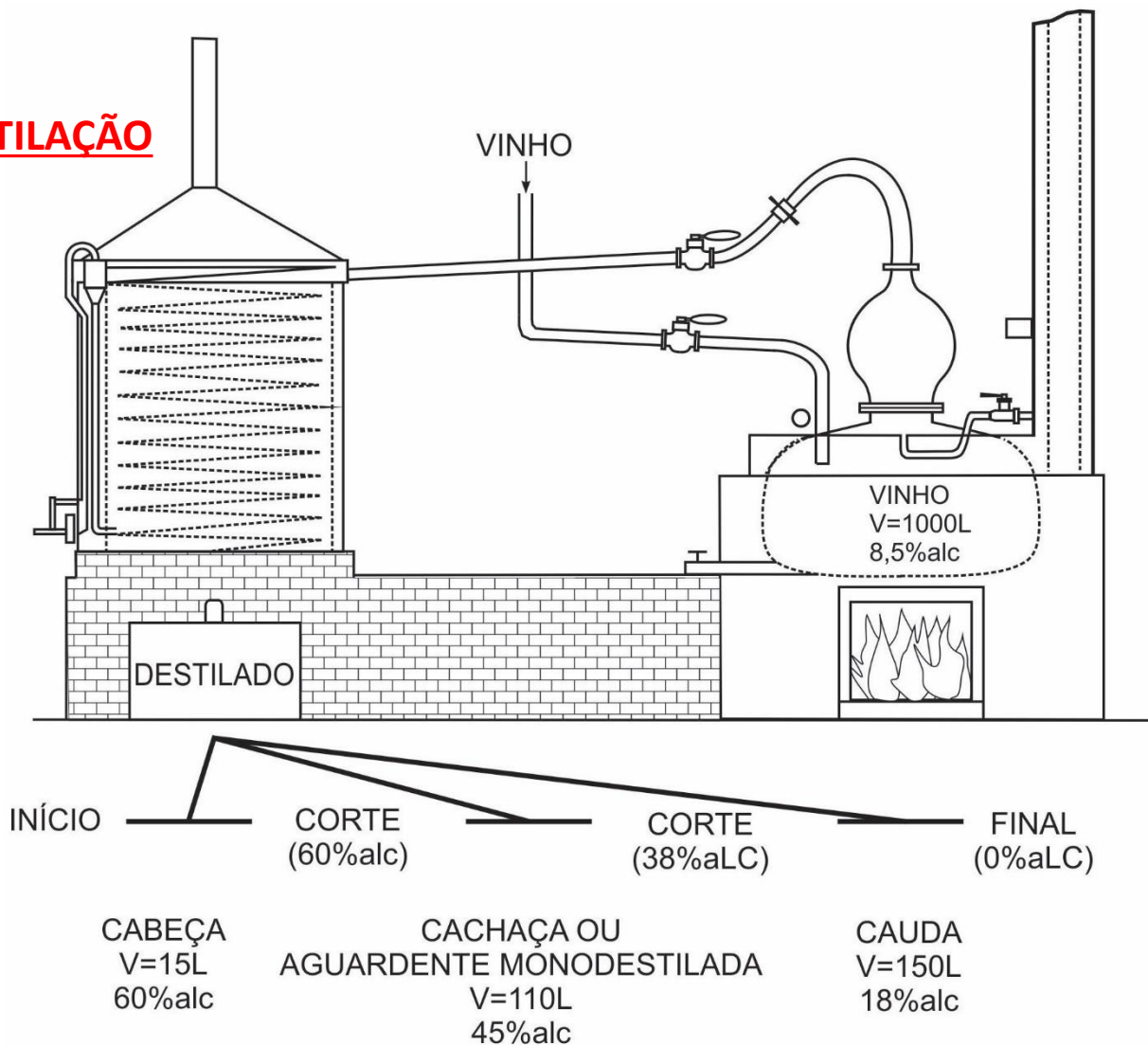


| Peak# | Ret.Time | Area      | Height  | Conc.  | Unit | Mark | ID# | Cmpd Name        |
|-------|----------|-----------|---------|--------|------|------|-----|------------------|
| 1     | 1,308    | 4634      | 3055    | 0,000  |      |      |     |                  |
| 2     | 1,721    | 2225      | 2       | 0,958  | mg   |      | 1   | acetaldeído      |
| 3     | 2,726    | 11951     | 5127    | 1,538  | mg   |      | 2   | acetato de etila |
| 4     | 2,896    | 3898      | 1024    | 1,555  | mg   | V    | 3   | metanol          |
| 5     | 3,688    | 108991128 | 9397247 | 0,000  |      |      |     |                  |
| 6     | 5,108    | 50746     | 20581   | 12,040 | mg   |      | 4   | 2-but            |
| 7     | 5,354    | 95596     | 39613   | 20,970 | mg   | V    | 5   | 1-prop           |
| 8     | 6,302    | 146539    | 61478   | 13,655 | mg   |      | 6   | iso-but          |
| 9     | 7,527    | 1153      | 449     | 0,000  |      |      |     |                  |
| 10    | 7,690    | 465321    | 253277  | 79,894 | mg   | SV   | 8   | isoamil          |
| 11    | 9,247    | 4719      | 2227    | 0,000  |      |      |     |                  |
| 12    | 10,353   | 8742      | 2799    | 8,803  | mg   | V    | 9   | ácido acético    |
| 13    | 10,523   | 1543      | 335     | 0,179  | mg   | V    | 10  | furfural         |
| Total |          | 109788195 | 9787214 |        |      |      |     |                  |

## Cromatografia GC-FID e GC-MS



## MONO-DESTILAÇÃO

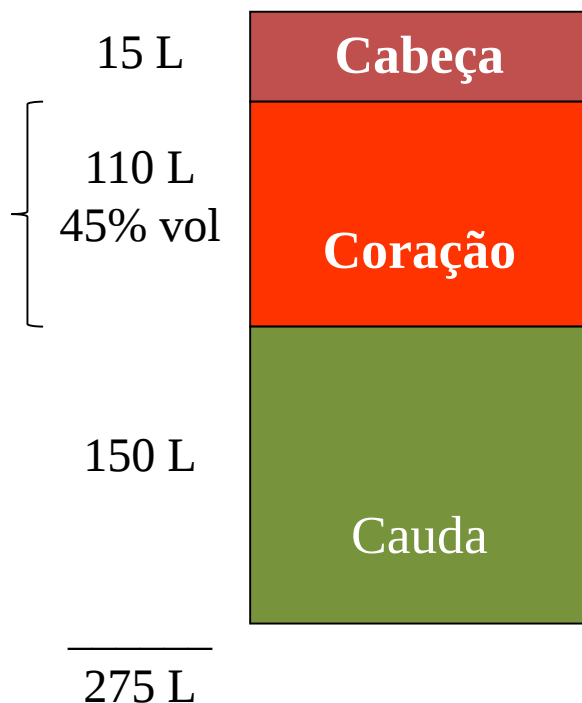




### III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



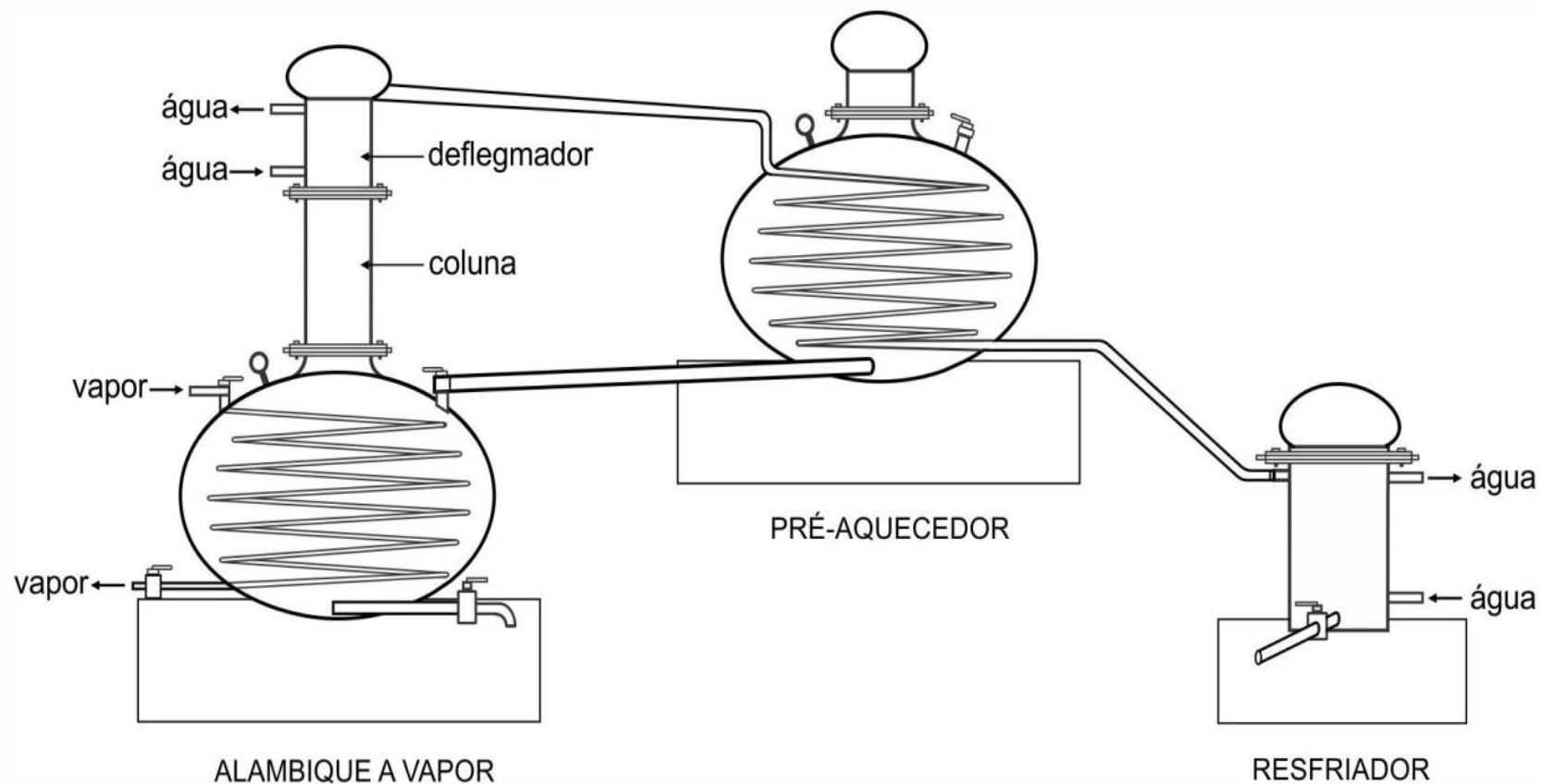
**Separação das frações: deve ser realizada com base em volumes e na graduação alcoólica do destilado**



**1 a 2% do volume de vinho na caldeira do alambique**

**38% de etanol no destilado na saída do condensador**

## Alambique dois corpos



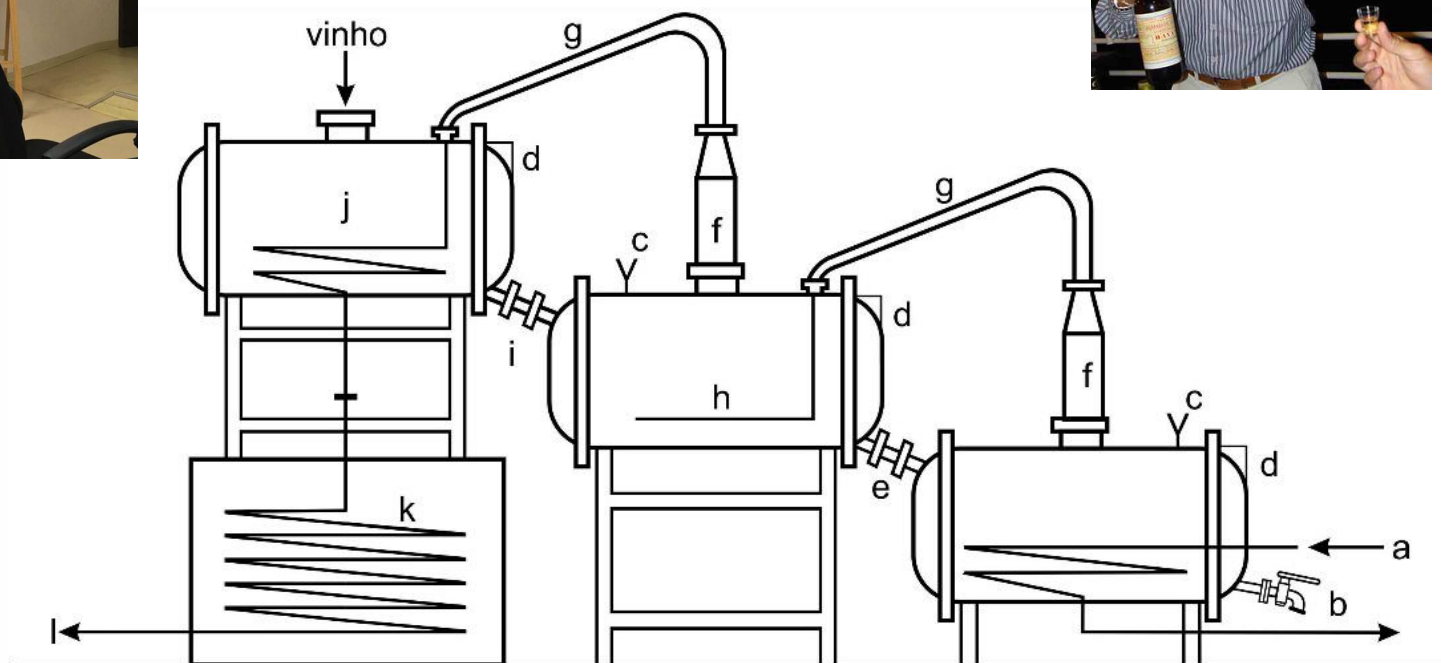


# III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade





## Alambique três corpos



## Alambique três corpos

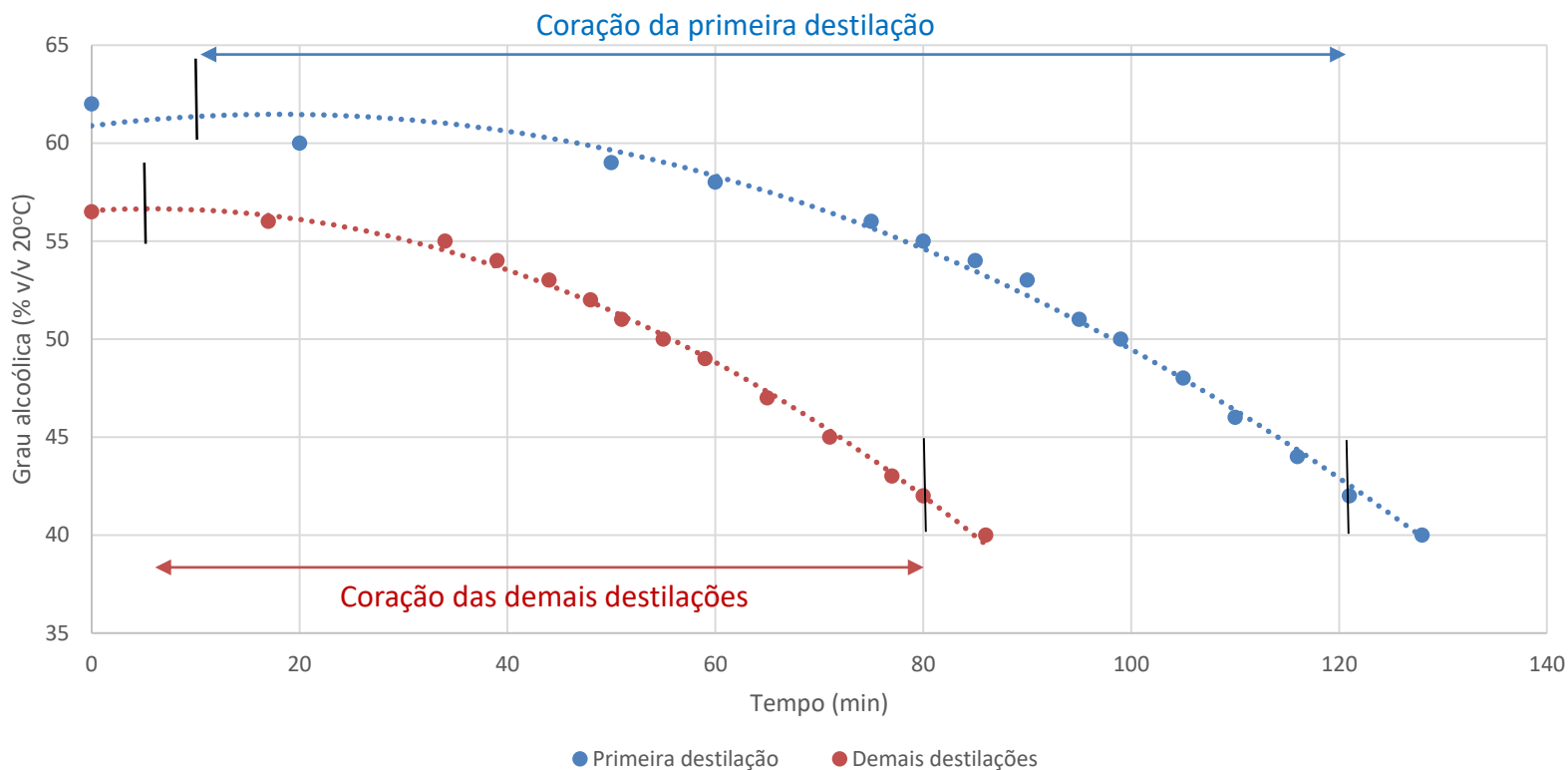




## Alambique três corpos

- 16 litros de vinho em cada corpo
- Primeira destilação = 1h de aquecimento, cabeça 320mL (1%),  
coração 3,9L a 55% v/v
- Demais destilações = 15min de aquecimento, cabeça 160mL (1%),  
coração 2,5L a 51% v/v

## Alambique três corpos

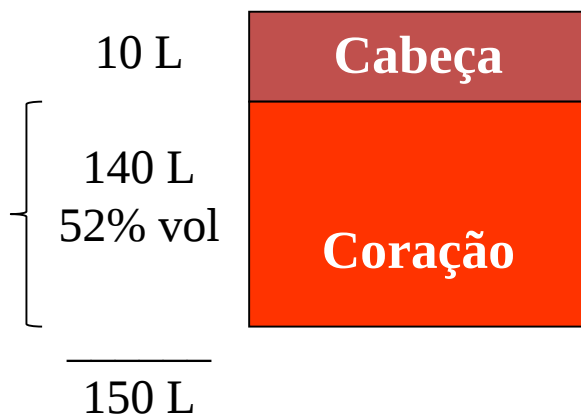




### III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



**Separação das frações: deve ser realizada com base em volumes e na graduação alcoólica do destilado**



**1% do volume de vinho nas caldeiras dos corpos do alambique**

**40% de etanol no destilado na saída do condensador**

*\* Considerando um ciclo de três destilações sucessivas, totalizando 1.000L de vinho (corpos de 250L)*



# III Treinamento em Produção de Cachaça de Qualidade



## Alambique três corpos

|                                  | Primeira destilação |               | Demais destilações |               |
|----------------------------------|---------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                                  | Cabeça              | Coração       | Cabeça             | Coração       |
| Grau alcoólico <sup>1</sup>      | 60,96               | <b>54,62</b>  | 57,01              | <b>50,65</b>  |
| Acidez volátil <sup>2</sup>      | 19,46               | <b>22,24</b>  | 24,69              | <b>21,96</b>  |
| Aldeídos <sup>2</sup>            | 17,26               | <b>5,02</b>   | 9,17               | <b>6,10</b>   |
| Ésteres <sup>2</sup>             | 212,55              | <b>15,34</b>  | 35,75              | <b>18,26</b>  |
| Álcool metílico <sup>2</sup>     | 1,61                | <b>0,51</b>   | 0,69               | <b>0,77</b>   |
| Álcool sec-butanol <sup>2</sup>  | nd                  | <b>nd</b>     | nd                 | <b>nd</b>     |
| Álcool propílico <sup>2</sup>    | 27,20               | <b>26,62</b>  | 11,06              | <b>23,37</b>  |
| Álcool iso-butílico <sup>2</sup> | 65,52               | <b>37,40</b>  | 14,11              | <b>30,53</b>  |
| Álcool n-butílico <sup>2</sup>   | nd                  | <b>nd</b>     | nd                 | <b>nd</b>     |
| Álcool iso-amílico <sup>2</sup>  | 312,73              | <b>180,72</b> | 74,88              | <b>159,46</b> |
| Álcoois superiores <sup>2</sup>  | 405,45              | <b>244,75</b> | 100,05             | <b>213,36</b> |
| Furfural <sup>2</sup>            | 0,44                | <b>1,01</b>   | 0,82               | <b>1,16</b>   |
| Congêneres <sup>2</sup>          | 655,15              | <b>288,36</b> | 170,48             | <b>260,85</b> |
| Cobre <sup>3</sup>               | 1,24                | <b>1,98</b>   | 1,16               | <b>1,62</b>   |

<sup>1</sup>% (v/v) a 20°C, <sup>2</sup>mg/100mL de álcool anidro, <sup>3</sup>mg/L

## Envelhecimento

Novos aromas e sabores, advindos da interação da bebida com a madeira (marcadores de envelhecimento)





## Envelhecimento

Aguardente de Cana ou Cachaça **Envelhecida**: mín. 50% de aguardente de cana ou de cachaça envelhecidos em recipiente de madeira (máx. 700L), por um período não inferior a um ano.

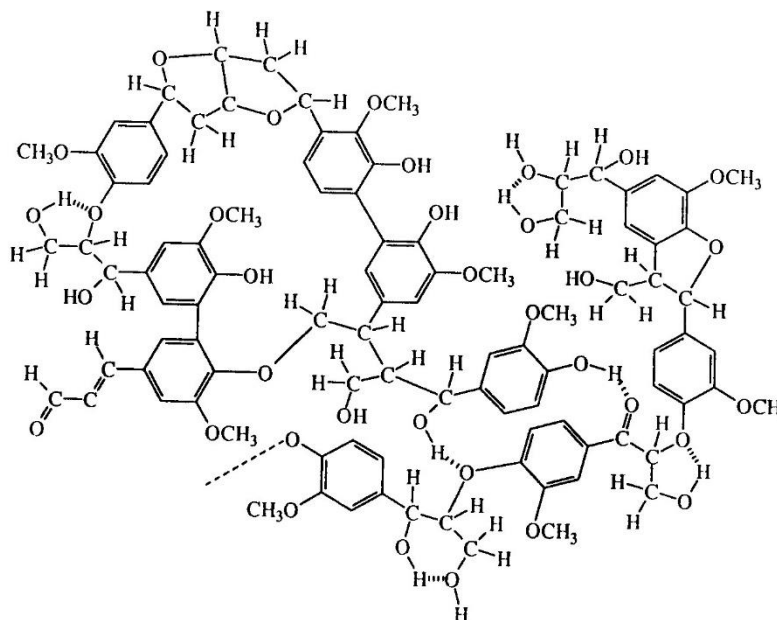
Aguardente de Cana ou Cachaça **Premium**: 100% de aguardente de cana ou de cachaça envelhecidos em recipiente de madeira (máx. 700L), por um período não inferior a um ano.

Aguardente de Cana ou Cachaça **Extra Premium**: 100% de aguardente de cana ou de cachaça envelhecidos em recipiente de madeira (máx. 700L), por um período não inferior a três anos.

## Envelhecimento

Celulose e hemicelulose → furfural e hidroximetilfurfural

Lignina → aldeídos e ácidos derivados dos blocos guaiacil e siringil



## Envelhecimento

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bloco guaiacil | <div data-bbox="836 432 993 654"> <chem>C=CHc1ccc(O)c(OC)c1</chem> </div> <div data-bbox="1045 432 1201 654"> <chem>O=Cc1ccc(O)c(OC)c1</chem> </div> <div data-bbox="1224 432 1381 654"> <chem>OC(=O)c1ccc(O)c(OC)c1</chem> </div> <div data-bbox="826 753 971 778">Coniferaldeído</div> <div data-bbox="1058 753 1145 778">Vanilina</div> <div data-bbox="1251 753 1396 778">Ácido vanílico</div>                           |
| Bloco siringil | <div data-bbox="739 961 1000 1163"> <chem>C=CHc1cc(OC)c(O)c(OC)c1</chem> </div> <div data-bbox="1010 961 1224 1163"> <chem>O=Cc1cc(OC)c(O)c(OC)c1</chem> </div> <div data-bbox="1263 961 1477 1163"> <chem>OC(=O)c1cc(OC)c(O)c(OC)c1</chem> </div> <div data-bbox="778 1246 904 1270">Sinapaldeído</div> <div data-bbox="1058 1246 1184 1270">Siringaldeído</div> <div data-bbox="1300 1246 1445 1270">Ácido siríngico</div> |

## Envelhecimento

