



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR PALOTINA  
MESTRADO - BIOENERGIA

# BIOETANOL



Lab. Produção de Biocombustíveis  
UFPR - Setor Palotina



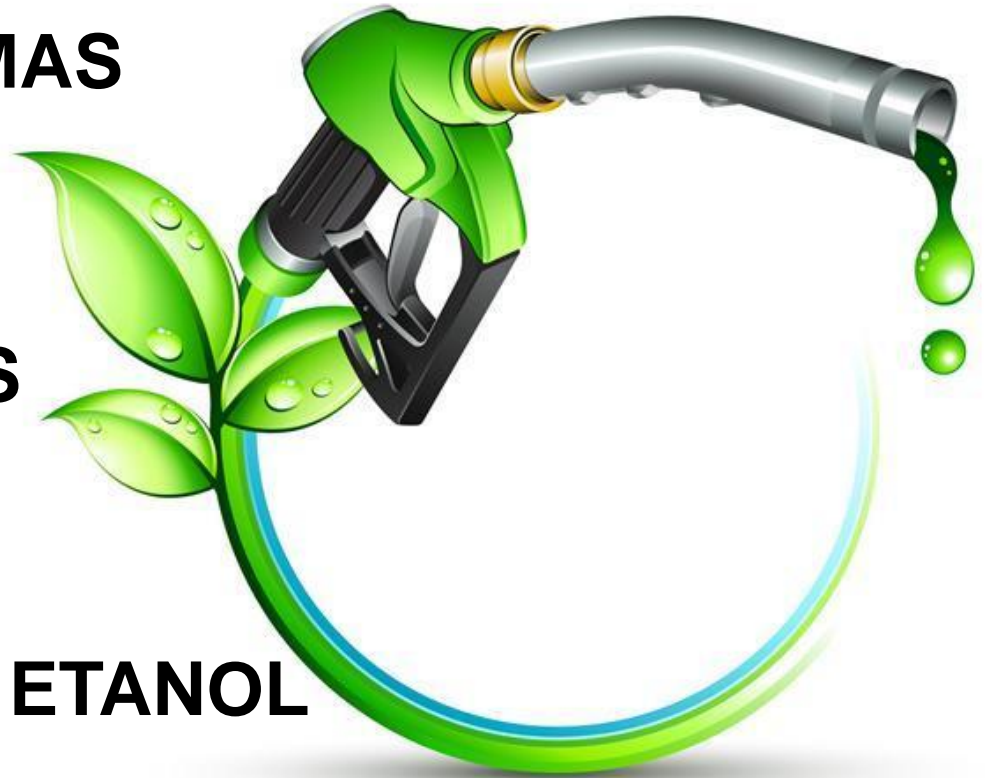
Palotina (PR), Maio de 2018.

# BIOETANOL

**1) MATÉRIAS PRIMAS**

**2) BIORREATORES**

**3) PRODUÇÃO DE ETANOL**



# MATÉRIAS PRIMAS

- ☑ As matérias-primas de bio-conversão provenientes das agroindústrias são muito variadas, e podem ser classificadas segundo sua natureza físico-química!!!!

# MATÉRIAS PRIMAS

☑ **Substratos solúveis:** sacarose, glicose, frutose e lactose podem ser facilmente extraídos e convertidos em produtos. Exemplos:

☑ Cana-de-açúcar;

☑ Beterraba;

☑ Melaço;

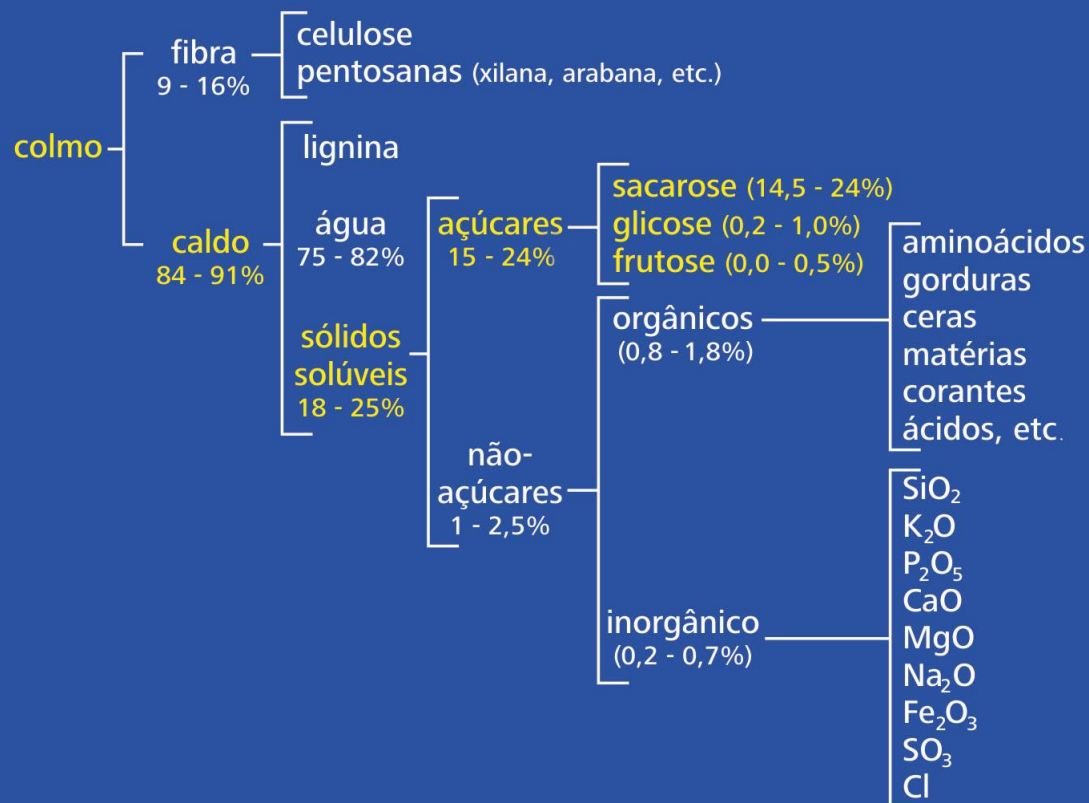
☑ Soro de leite.



# CANA DE AÇÚCAR

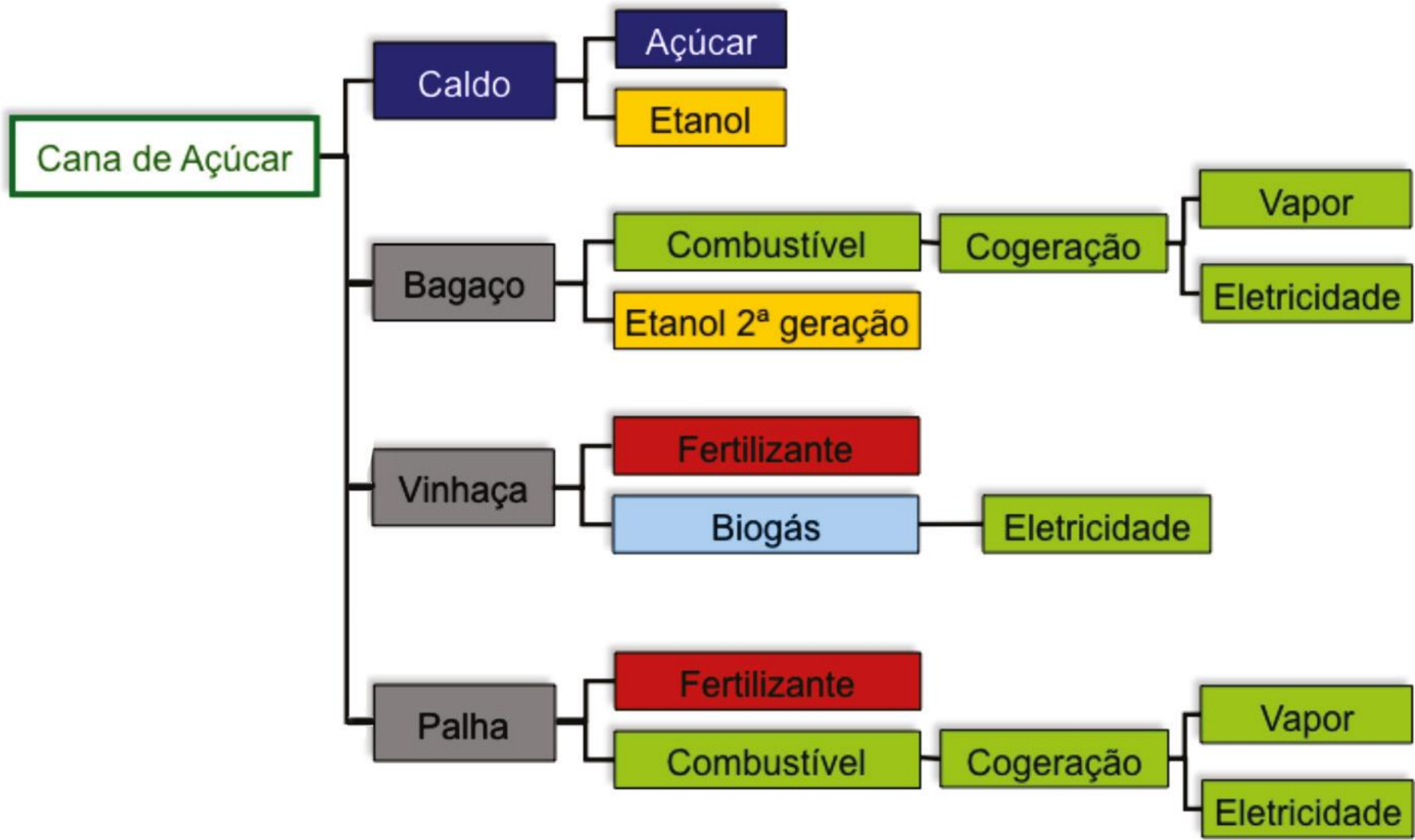


## Componentes Químicos e Tecnológicos



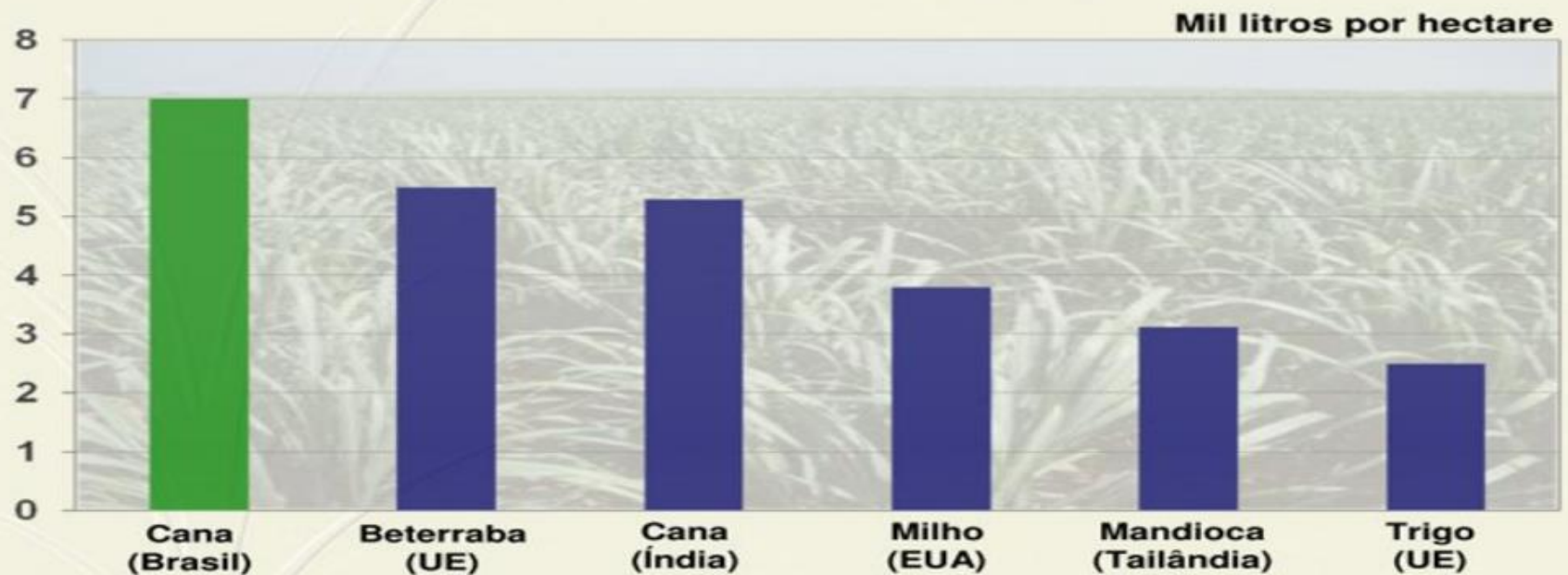
Componentes Químicos e Tecnológicos da Cana de Açúcar

# CANA DE AÇÚCAR



# CANA DE AÇÚCAR

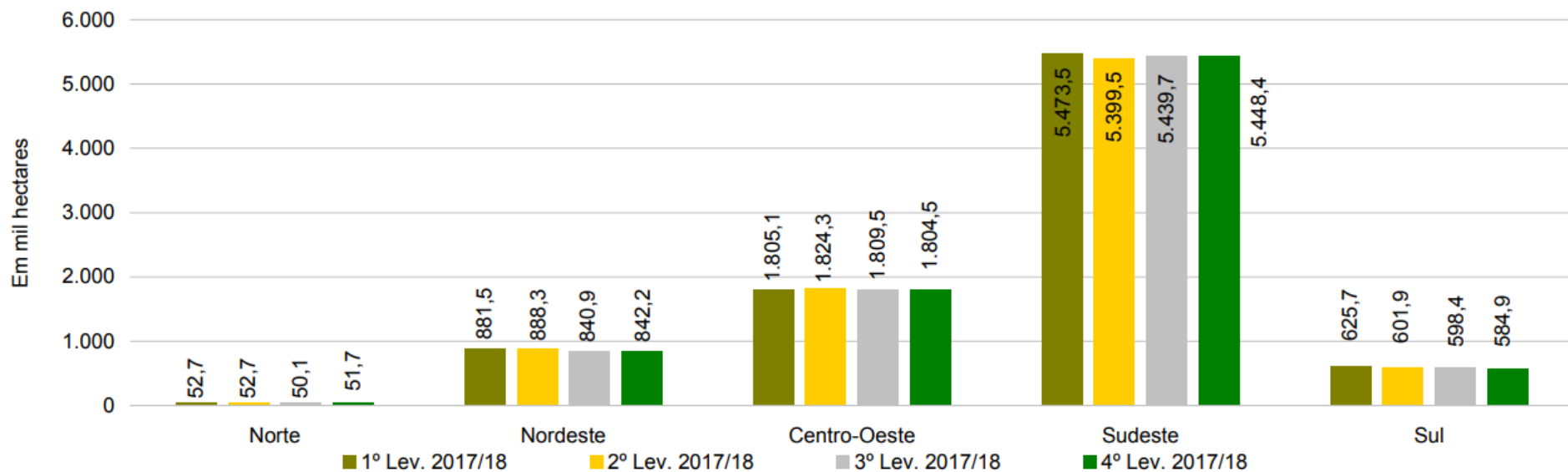
## PRODUÇÃO DE ETANOL POR UNIDADE DE ÁREA



Fonte: IEA – International Energy Agency (2005), MTEC e UNICA.  
Elaboração: UNICA

Produção de etanol por unidade de área plantada

# CANA DE AÇÚCAR



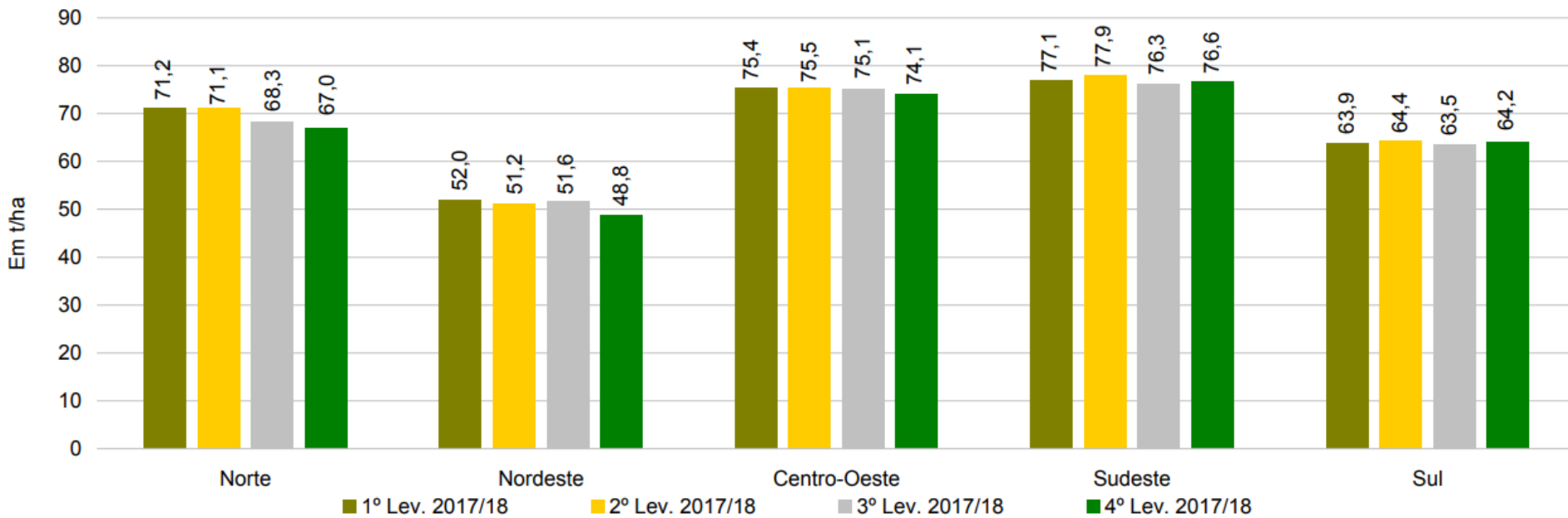
Fonte: Conab.

Nota: Estimativa em abril/2018.

**Estimativa de área colhida de cana-de-açúcar por região.**



# CANA DE AÇÚCAR

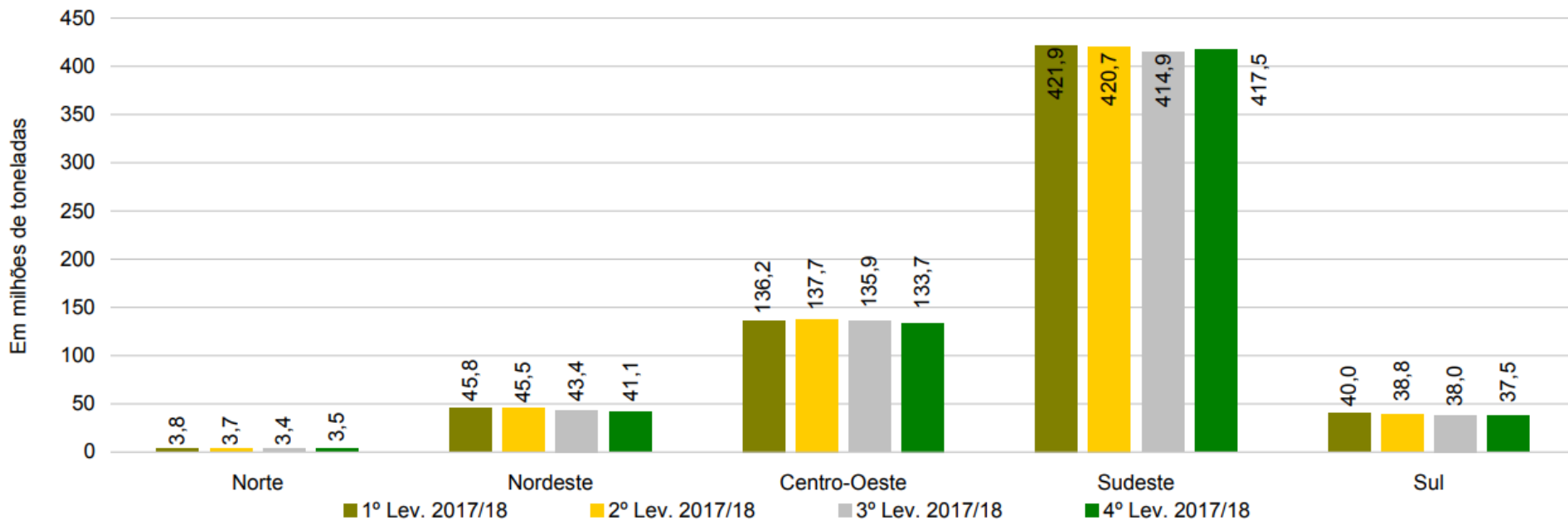


Fonte: Conab.

Nota: Estimativa em abril/2018.

**Estimativa de produtividade de cana-de-açúcar por região.**

# CANA DE AÇÚCAR

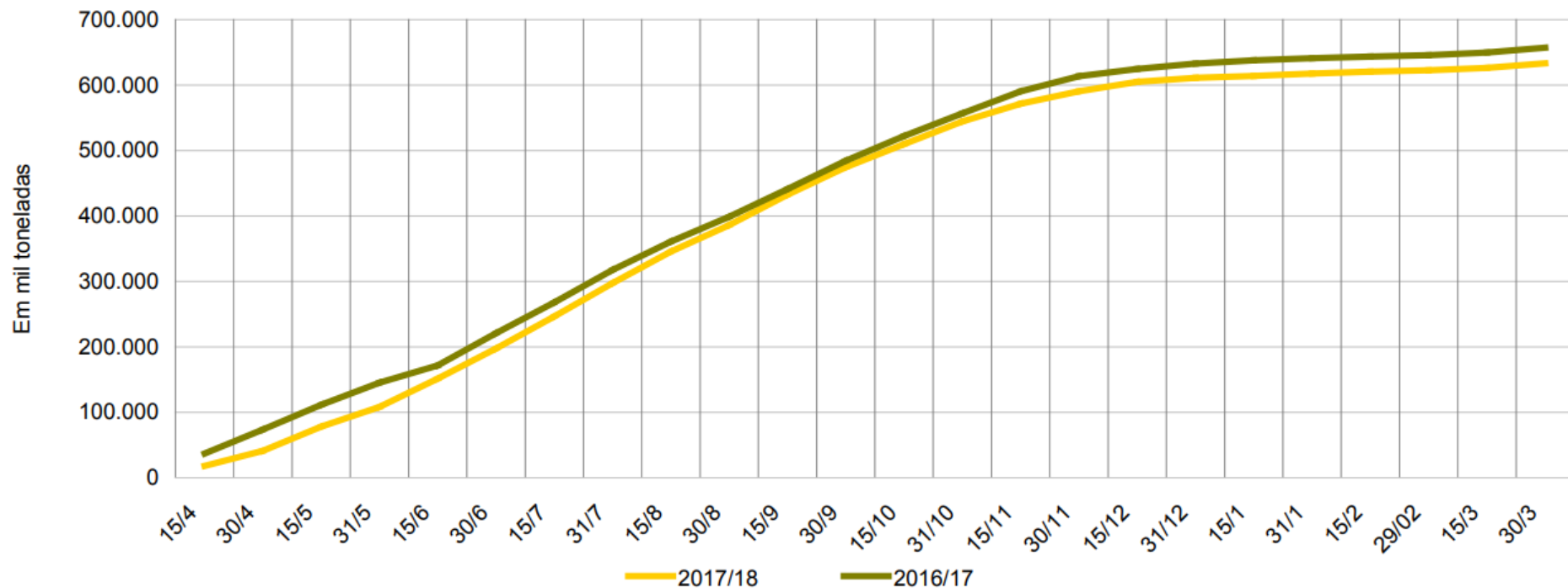


Fonte: Conab.

Nota: estimativa em abril/2018.

**Estimativa de produção de cana-de-açúcar por região.**

# CANA DE AÇÚCAR

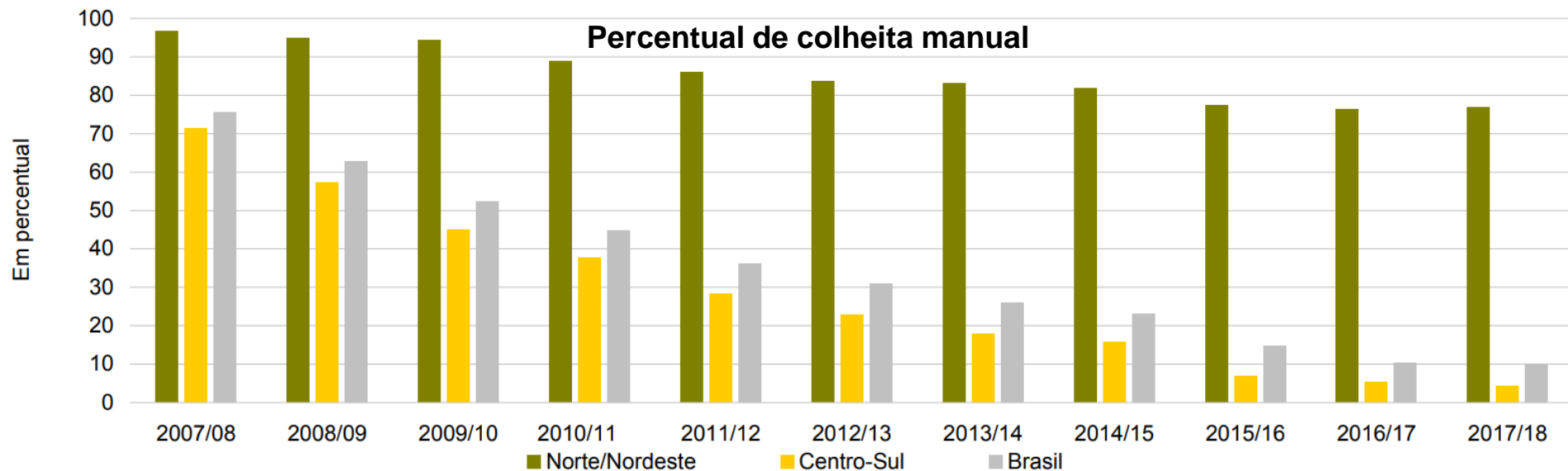


Fonte: Mapa.

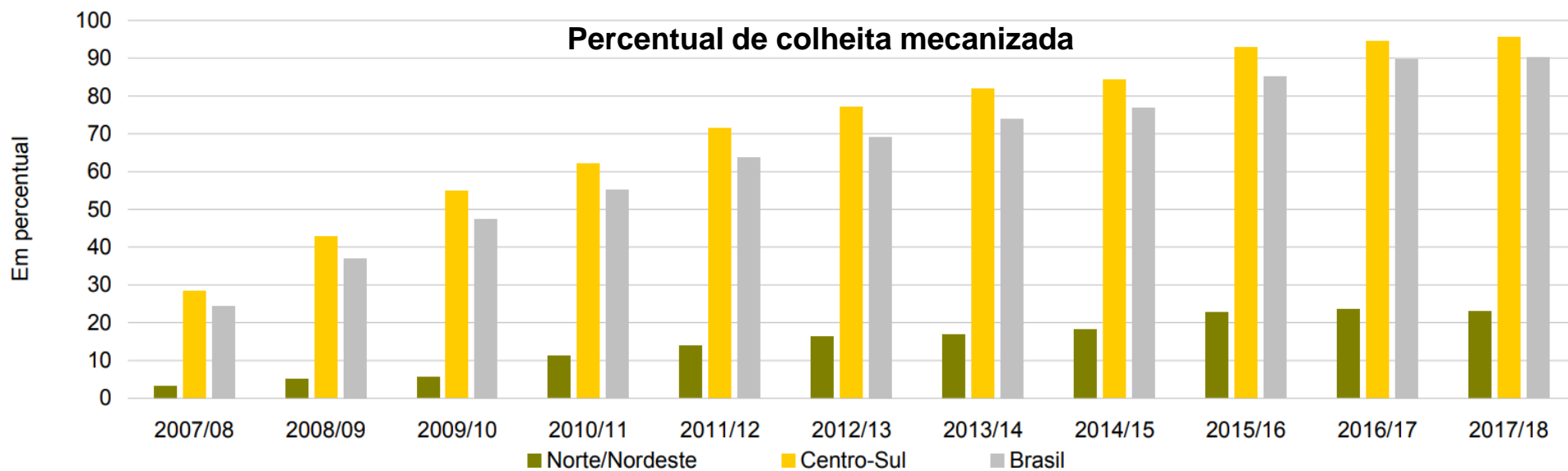
**Moagem brasileira de cana-de-açúcar.**



# CANA DE AÇÚCAR



Fonte: Conab.



Fonte: Conab.

# MATÉRIAS PRIMAS

☑ Polissacarídeos insaturados de material amiláceo:  
onde há necessidade de pré-tratamento para solubilização e hidrólise, exemplos:

☑ Milho;

☑ Mandioca;

☑ Trigo;

☑ Cevada;

☑ Batata.



# MATÉRIAS PRIMAS

- ☑ Polissacarídeos insolúveis, material de origem celulósica, hemicelulósica e lignocelulósica são oriundos de vegetais que necessitam de tratamentos químicos e físicos vigorosos.



# OPERAÇÃO DE BIORREATORES

✘ **DESCONTÍNUO;**

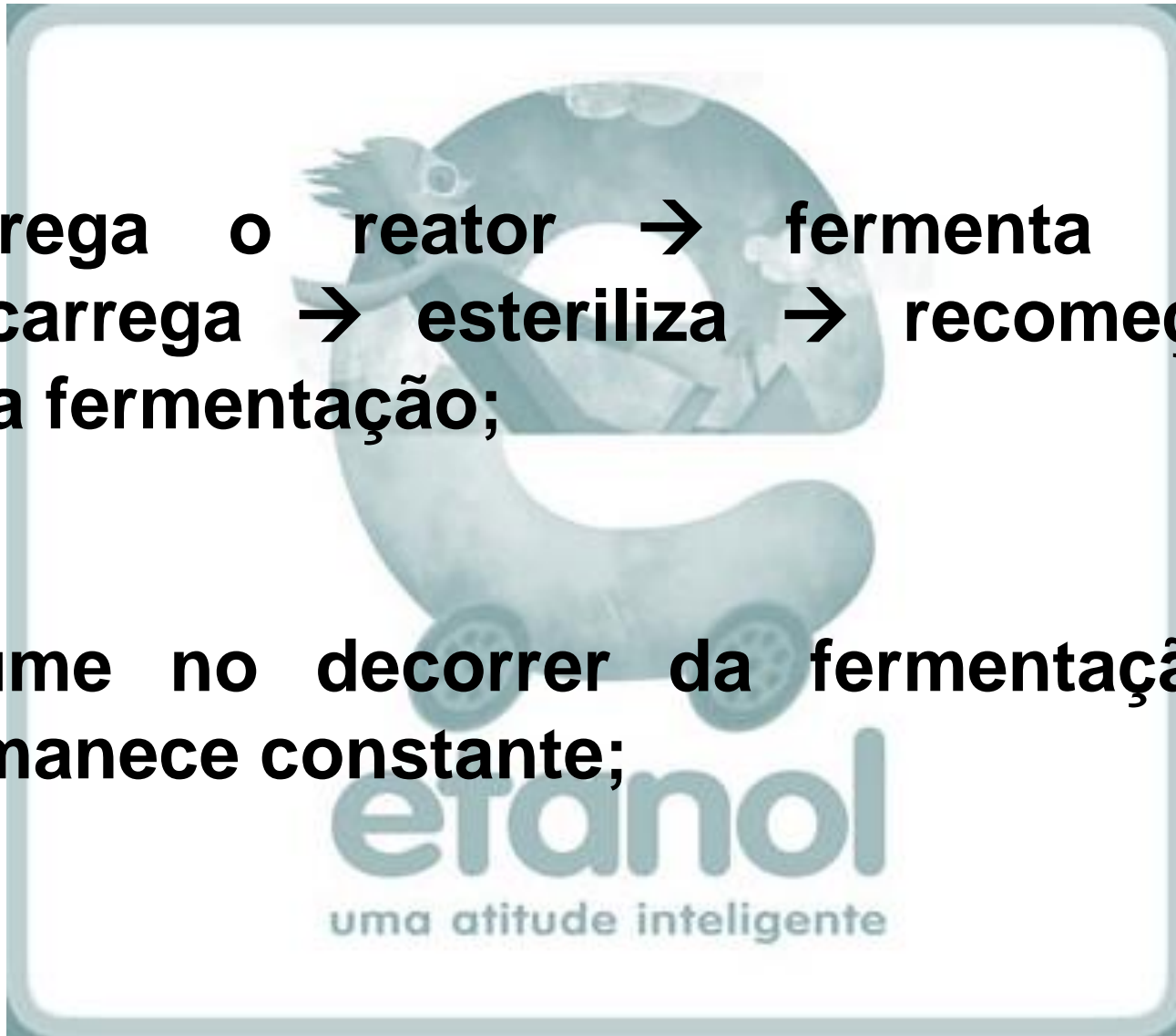
✘ **CONTÍNUO;**



Lab. Produção de Biocombustíveis  
UFPR - Setor Palotina

# PROCESSO DESCONTÍNUO

- ✘ Carrega o reator → fermenta → descarrega → esteriliza → recomeça nova fermentação;
- ✘ Volume no decorrer da fermentação permanece constante;





# PROCESSO DESCONTÍNUO

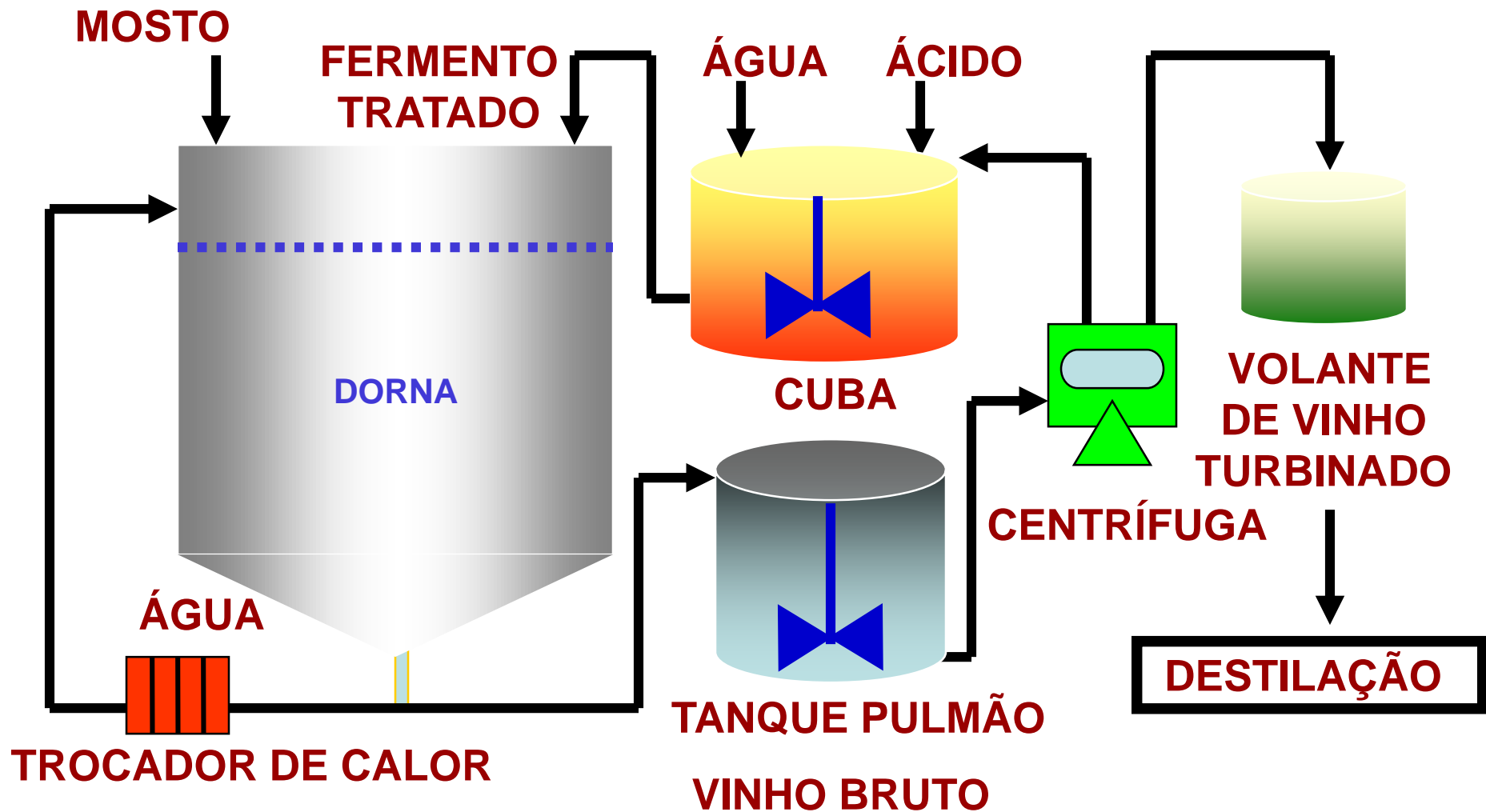
- ✘ **Pode apresentar baixos rendimentos;**
- ✘ **Substrato adicionado de uma única vez no início da fermentação exerce efeitos de:**
  - ✘ **Inibição;**
  - ✘ **Repressão;**
  - ✘ **Ou desvia o metabolismo celular a produtos que não interessam.**

# PROCESSO DESCONTÍNUO

- 
- ✘ Apresenta tempo morto (carga, descarga, lavagem, esterilização);
  - ✘ Apresenta menores riscos de contaminação;
  - ✘ Grande flexibilidade de operação;

# TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ➤ Fermentação Batelada

## BATELADA COM CENTRIFUGAÇÃO



# PROCESSO CONTÍNUO

- ✘ Alimentação contínua do meio de cultura a uma determinada vazão constante;
- ✘ Volume de reação mantido constante através da retirada contínua de caldo fermentado;
- ✘  $V=cte$  é necessário para obtenção do SS;
- ✘ SS: condição na qual as variáveis de estado:
  - ✘ concentração de células, de substrato, de produto, permanecem constantes ao longo do tempo de operação do sistema.

# PROCESSO CONTÍNUO

✘ Principais vantagens do processo de fermentação contínuo:

✘ Aumento de produtividade: menores tempos mortos;

✘ Obtenção de caldo fermentado uniforme, facilitando o projeto de operações de recuperação do produto desejado;

✘ Manutenção de células em mesmo estado fisiológico;

# PROCESSO CONTÍNUO

✘ Principais vantagens do processo de fermentação contínuo:

- ✘ Possibilidade de associação com outras operações contínuas na linha de produção;
- ✘ Maior facilidade no emprego de controles avançados;
- ✘ Menor necessidade de mão-de-obra;



# PROCESSO CONTÍNUO

## ✘ Principais desvantagens do processo de fermentação contínuo:

- ✘ Maior investimento inicial na planta;
- ✘ Possibilidade de ocorrências de mutações genéticas espontâneas, resultando na seleção de mutantes menos produtivas;
- ✘ Maior possibilidade de ocorrências de contaminações:
  - ✘ Sistema aberto;
  - ✘ Necessita de assepsia nos sistemas de alimentação e retirada do meio;

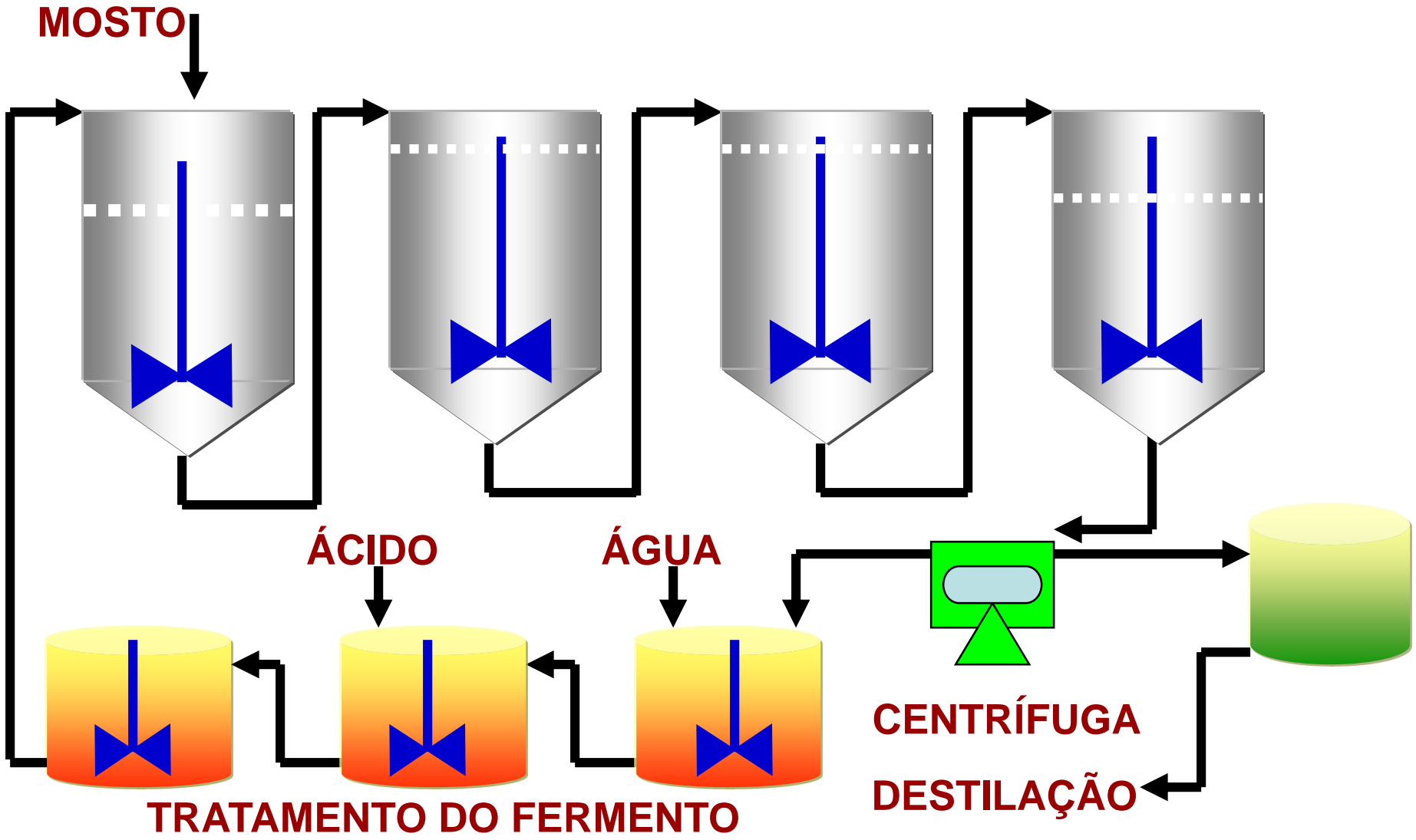
# PROCESSO CONTÍNUO

## ✘ Principais desvantagens do processo de fermentação contínuo:

- ✘ Dificuldade de manutenção de homogeneidade no reator:
  - ✘ Quando se trabalha com baixas vazões;
  - ✘ Quando o caldo adquire comportamento pseudo-plástico (fungo filamentososo).
- ✘ Dificuldade de operação em SS em situações como:
  - ✘ Formação de espuma;
  - ✘ Crescimento de microrganismo nas paredes do reator.



# TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ➤ Fermentação Contínua



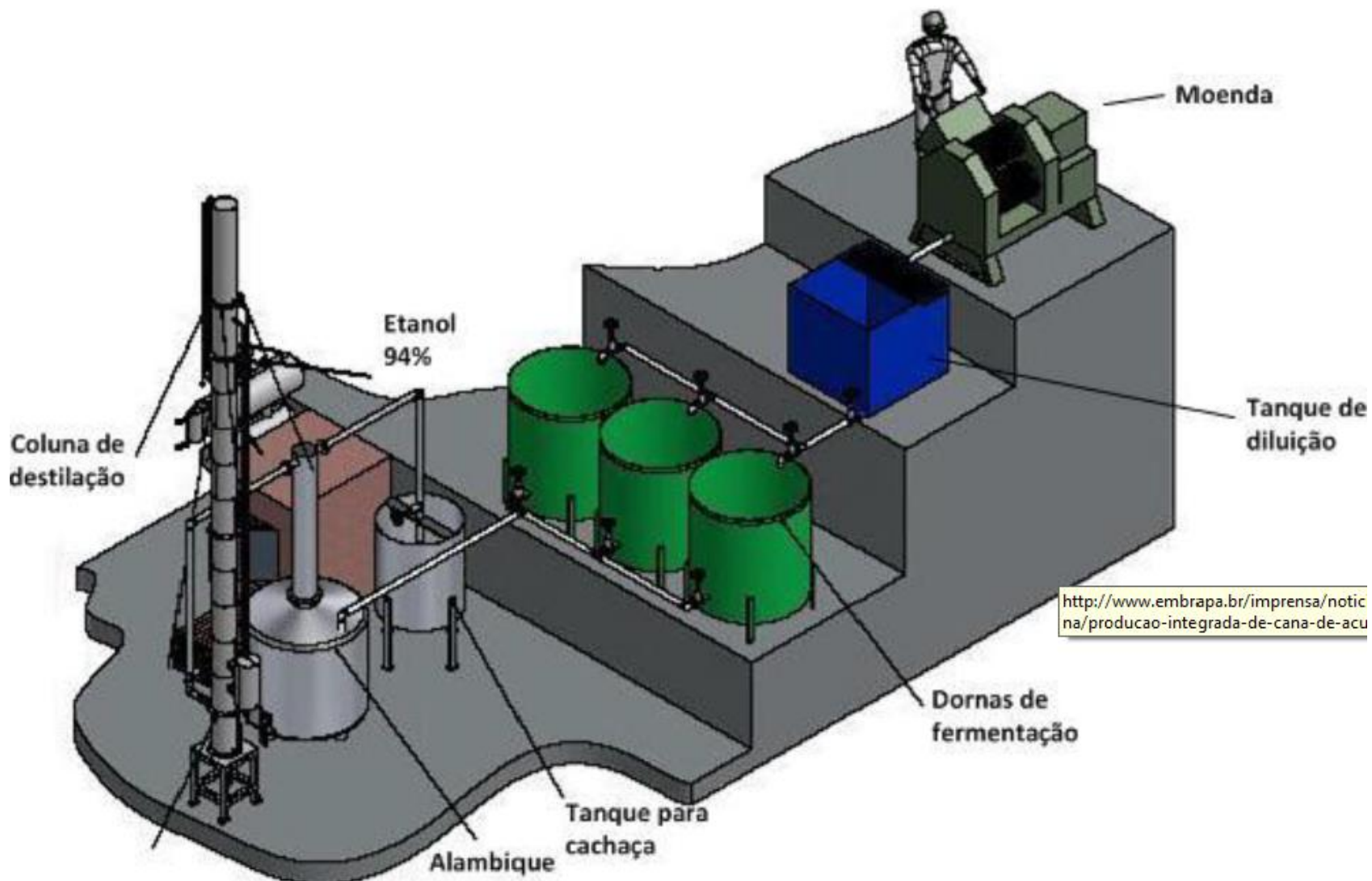


Lab. Produção de Biocombustíveis  
UFRR - Setor Prolativo

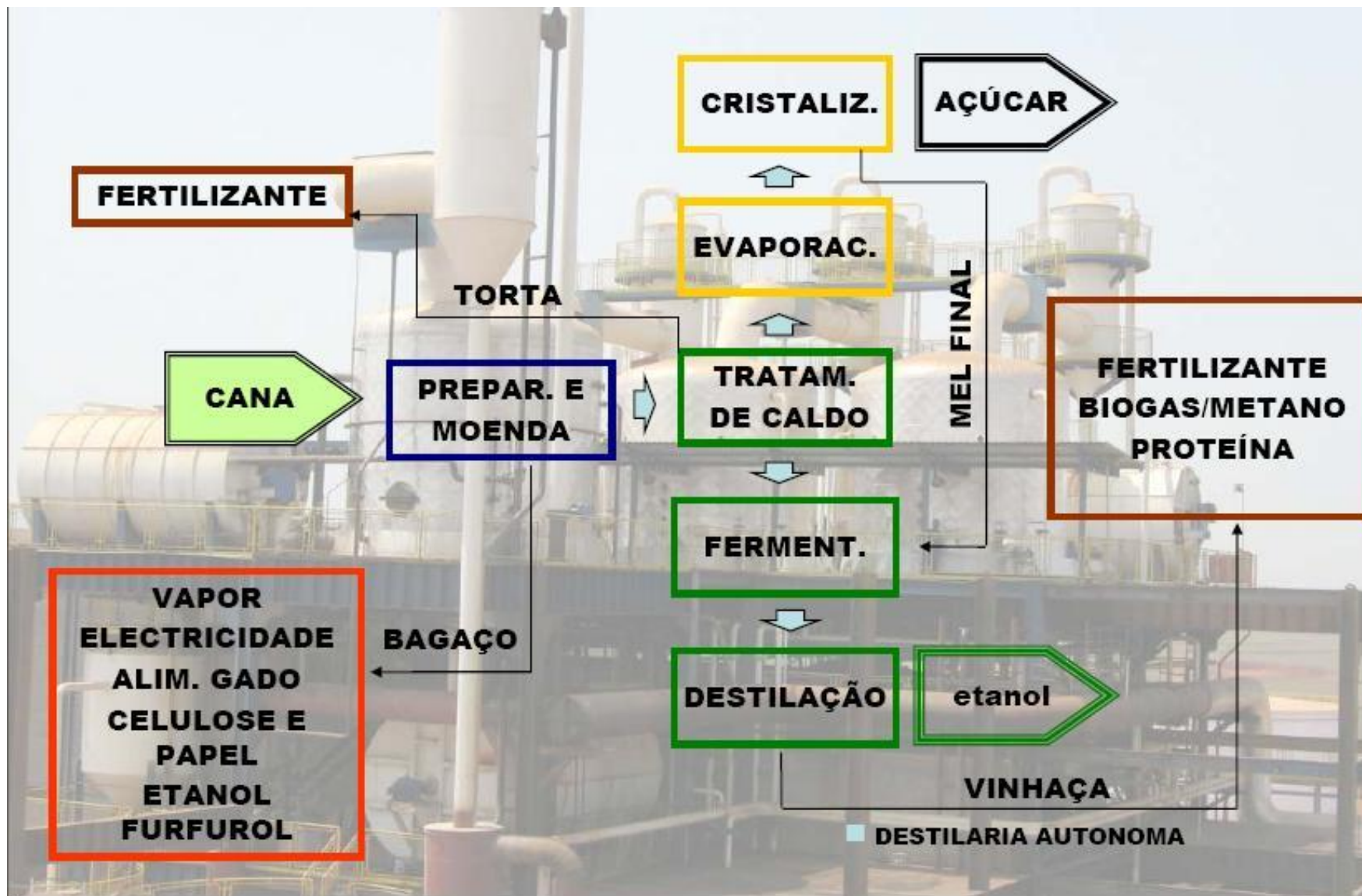
# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



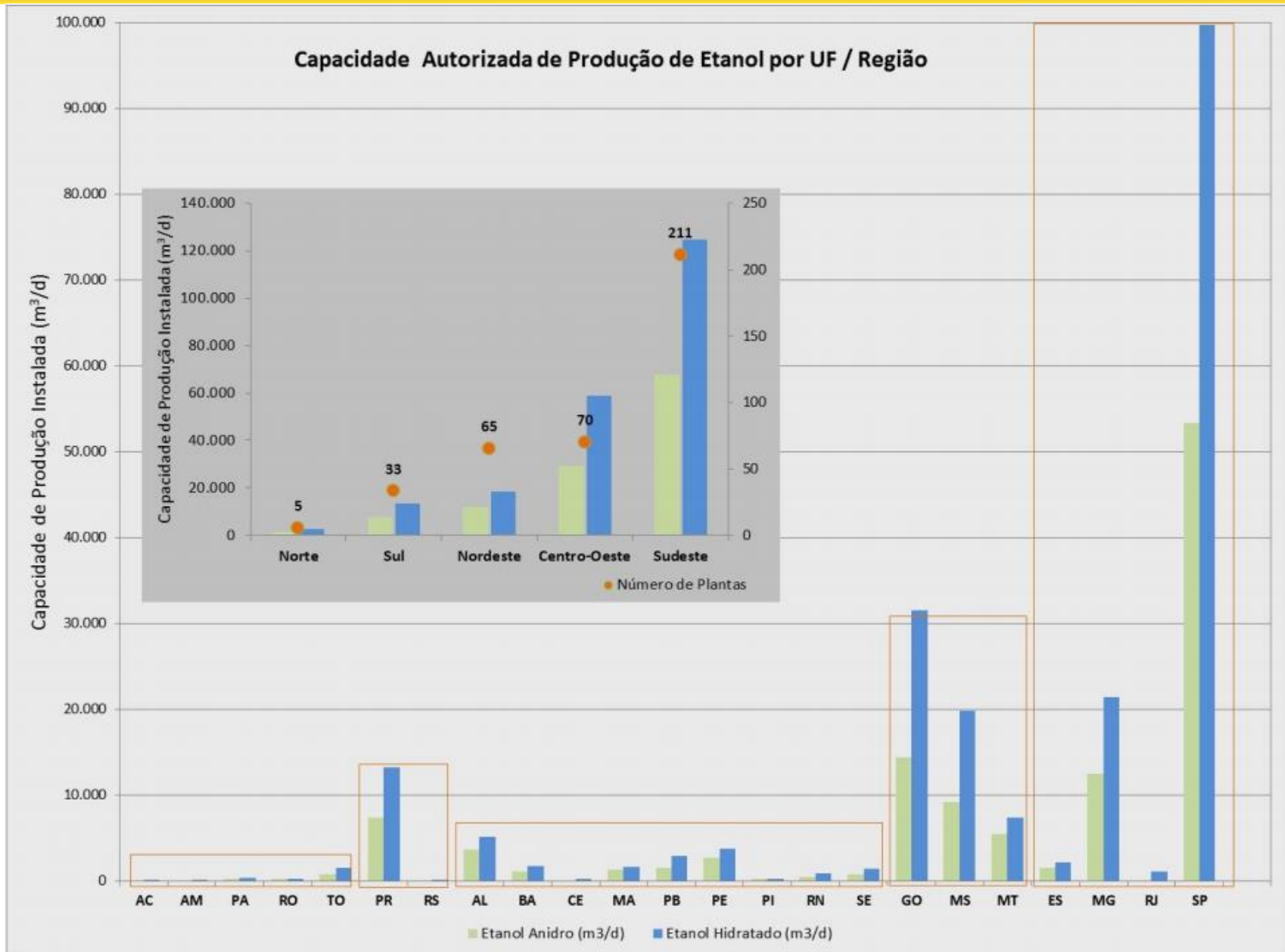
# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL

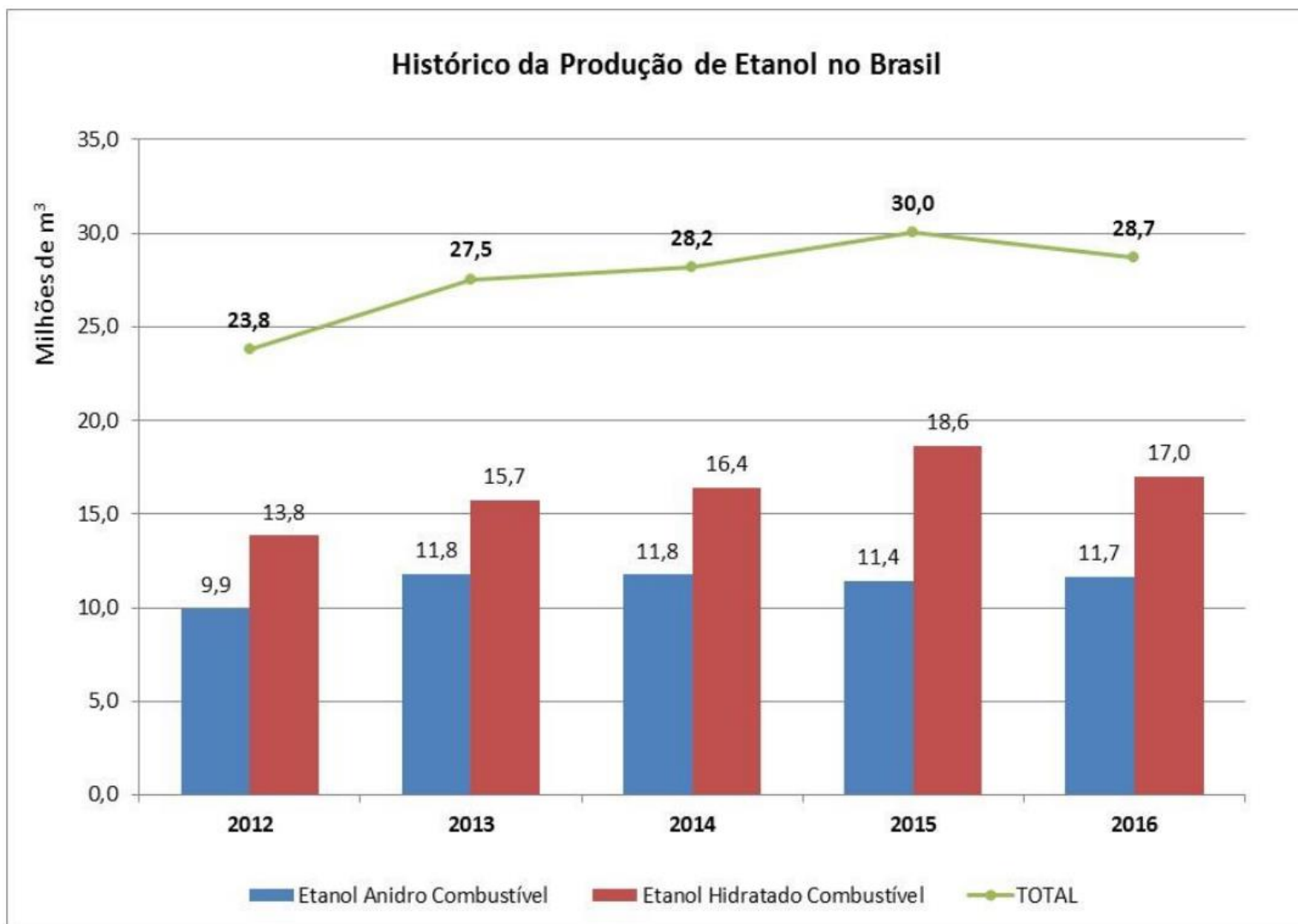


# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



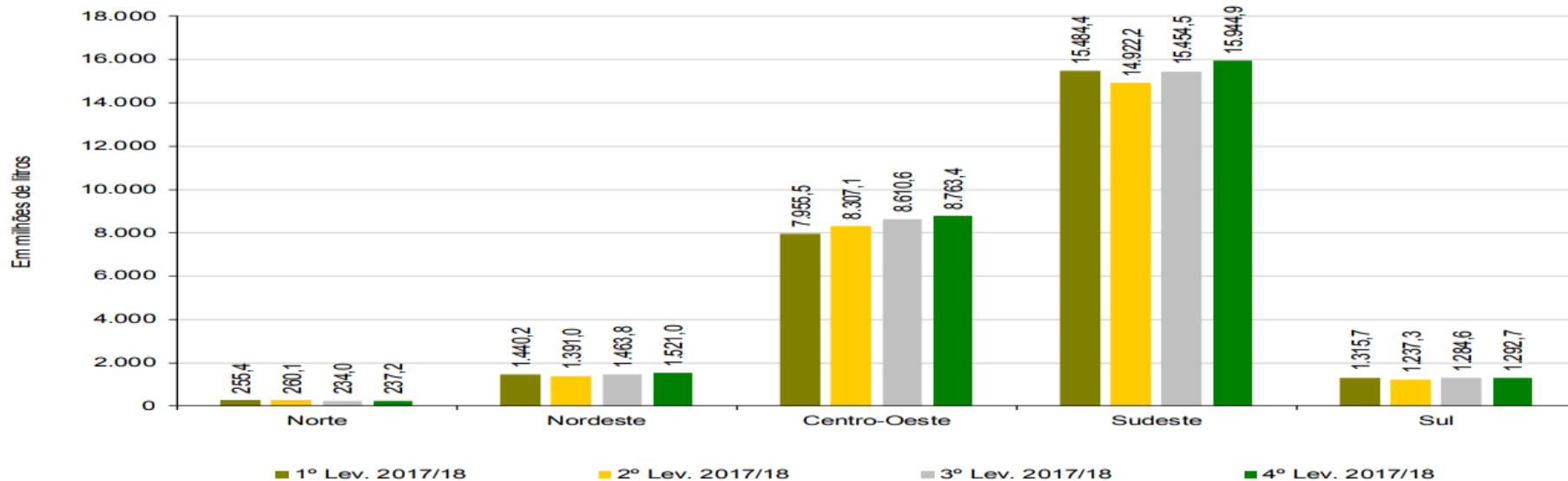
**NÚMERO DE PLANTAS E A CAPACIDADE DE PRODUÇÃO AUTORIZADA POR ESTADO E POR REGIÃO**

# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



**HISTÓRICO DE PRODUÇÃO NACIONAL DE ETANOL ANIDRO E HIDRATADO (Período: 2012 até 2016).**

# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



Fonte: Conab.

Nota: estimativa em abril/2018.

**Comparativo da produção de etanol total.**

# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL

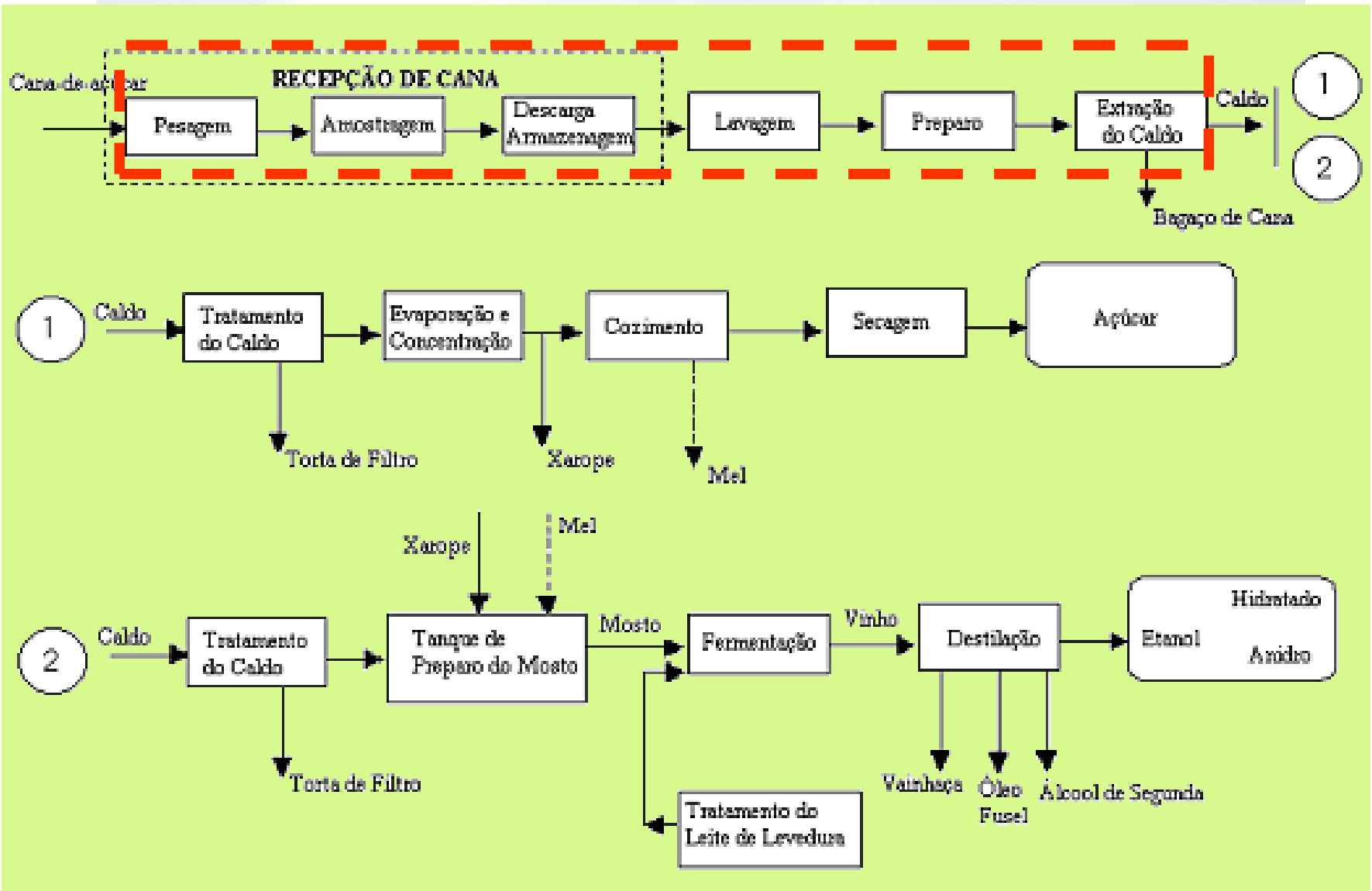
## Vendas nacionais de combustíveis.

Período	Gasolina comum (*) - Em mil litros			Etanol hidratado (*) - Em mil litros		
	2016/17	2017/18	VAR (%)	2016/17	2017/18	VAR (%)
Abril	3.571.396	3.650.212	2,2	1.160.337	985.483	(15,1)
Mai	3.428.701	3.784.613	10,4	1.319.907	1.041.871	(21,1)
Junho	3.370.928	3.761.325	11,6	1.261.523	1.047.823	(16,9)
Julho	3.442.006	3.709.278	7,8	1.314.602	1.056.344	(19,6)
Agosto	3.553.376	3.695.580	4,0	1.351.409	1.220.999	(9,6)
Setembro	3.583.992	3.500.535	(2,3)	1.344.811	1.311.907	(2,4)
Outubro	3.620.869	3.538.793	(2,3)	1.198.897	1.377.058	14,9
Novembro	3.706.914	3.434.291	(7,4)	1.005.537	1.338.012	33,1
Dezembro	4.222.509	3.856.485	(8,7)	1.144.133	1.497.821	30,9
Janeiro	3.722.537	3.390.268	(8,9)	886.758	1.377.375	55,3
Fevereiro	3.546.966	3.132.325	(11,7)	867.882	1.242.814	43,2
Março	3.948.916		-	1.009.816		-
<b>Total de Abr-Out</b>	<b>39.770.193</b>	<b>39.453.706</b>	<b>(0,8)</b>	<b>12.855.797</b>	<b>13.497.508</b>	<b>5,0</b>

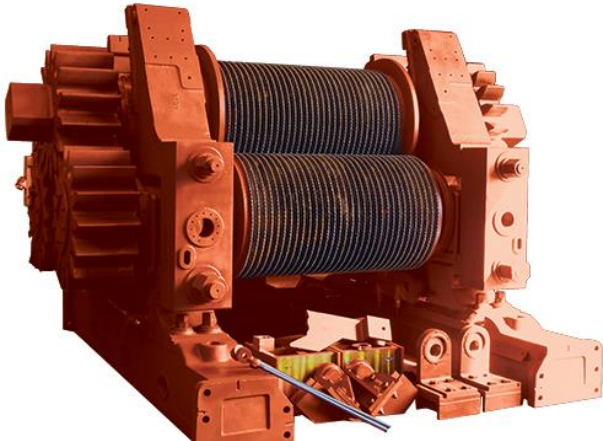
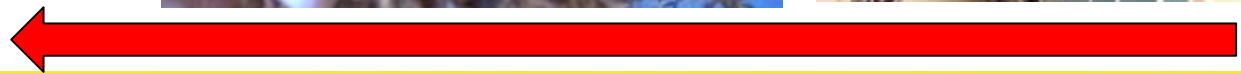
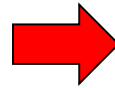
Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).



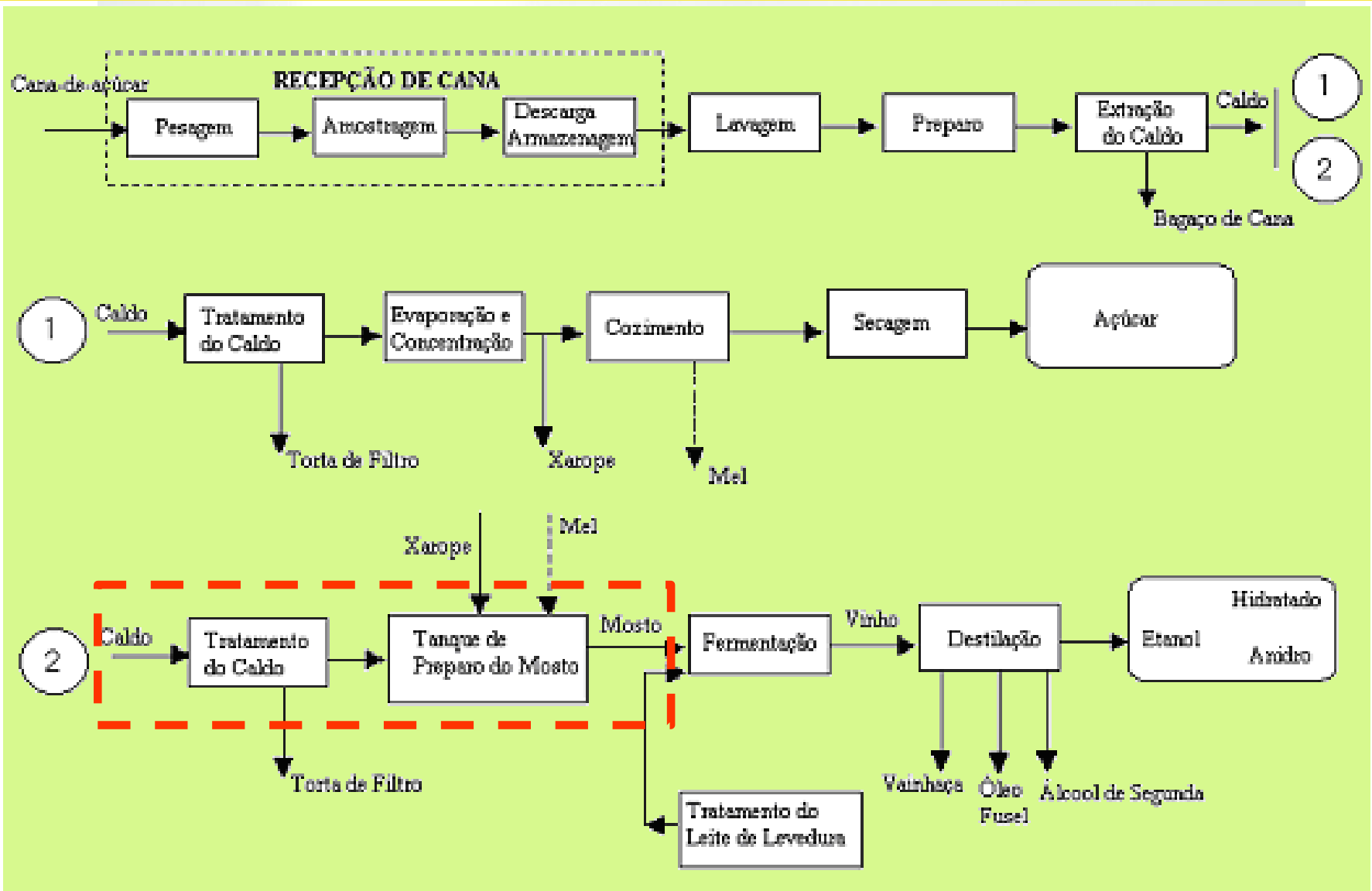
# Produção de etanol



# Produção de etanol



# Produção de etanol



# PREPARO DO MOSTO

Mosto é uma **mistura de mel e/ou caldo clarificado**. Sua concentração é definida conforme a **produção** pretendida.

O mosto deve ter as seguintes características:

- Isenção de Sólidos (bagacilho, areia, terra);
- Temperatura **de 32°C**;
- Contaminação **< 10<sup>2</sup> (ideal)**.

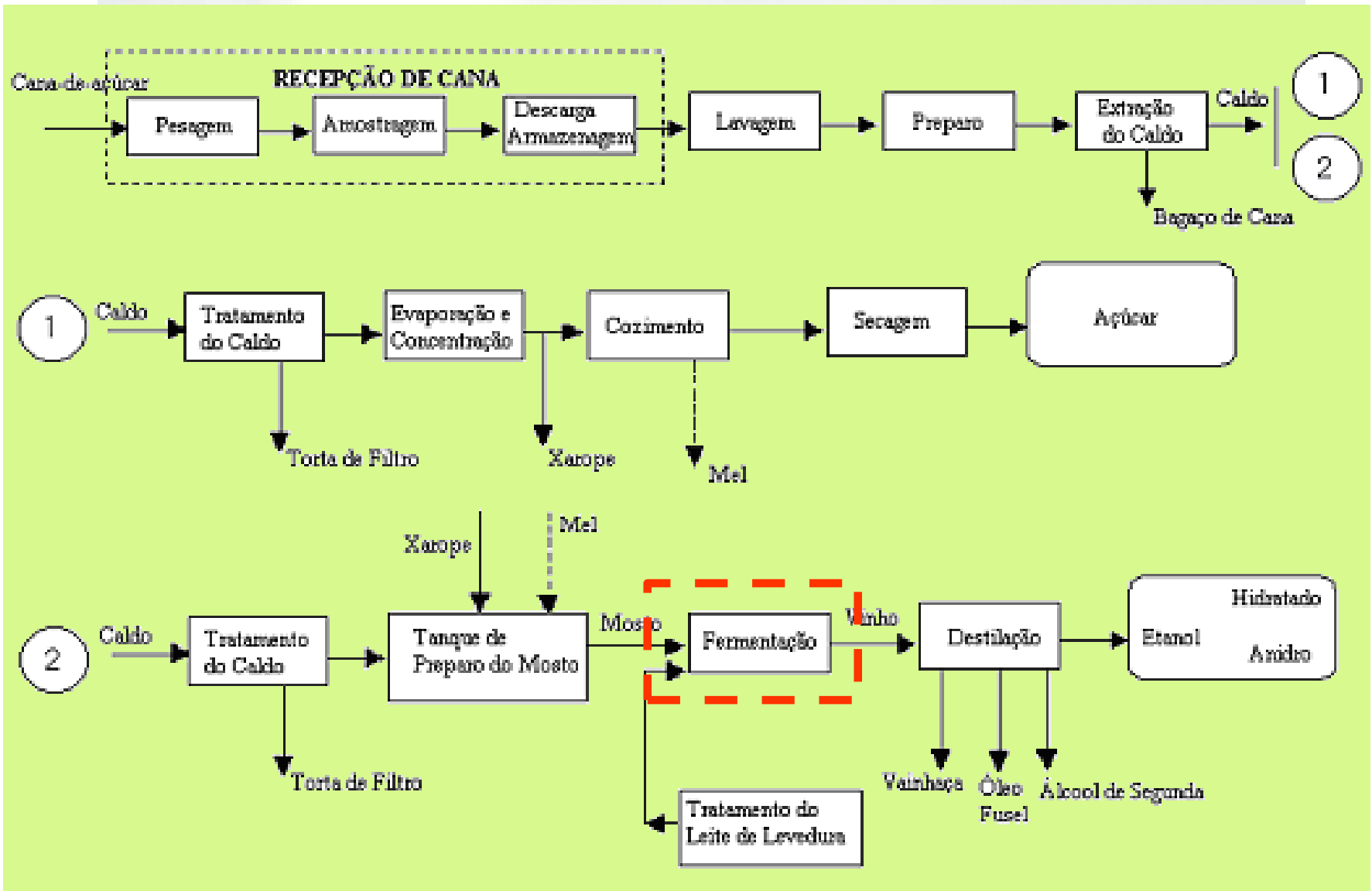
# Produção de etanol



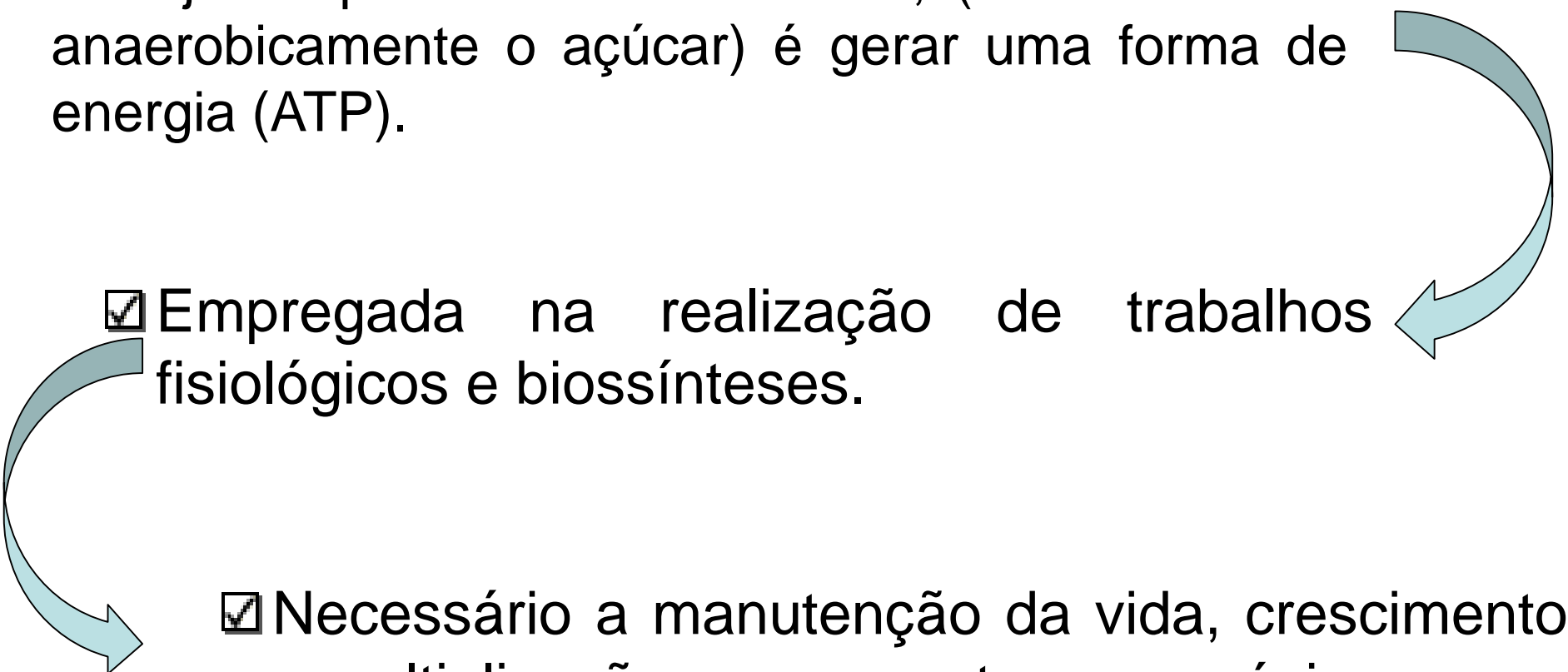
# Produção de etanol



# Produção de etanol

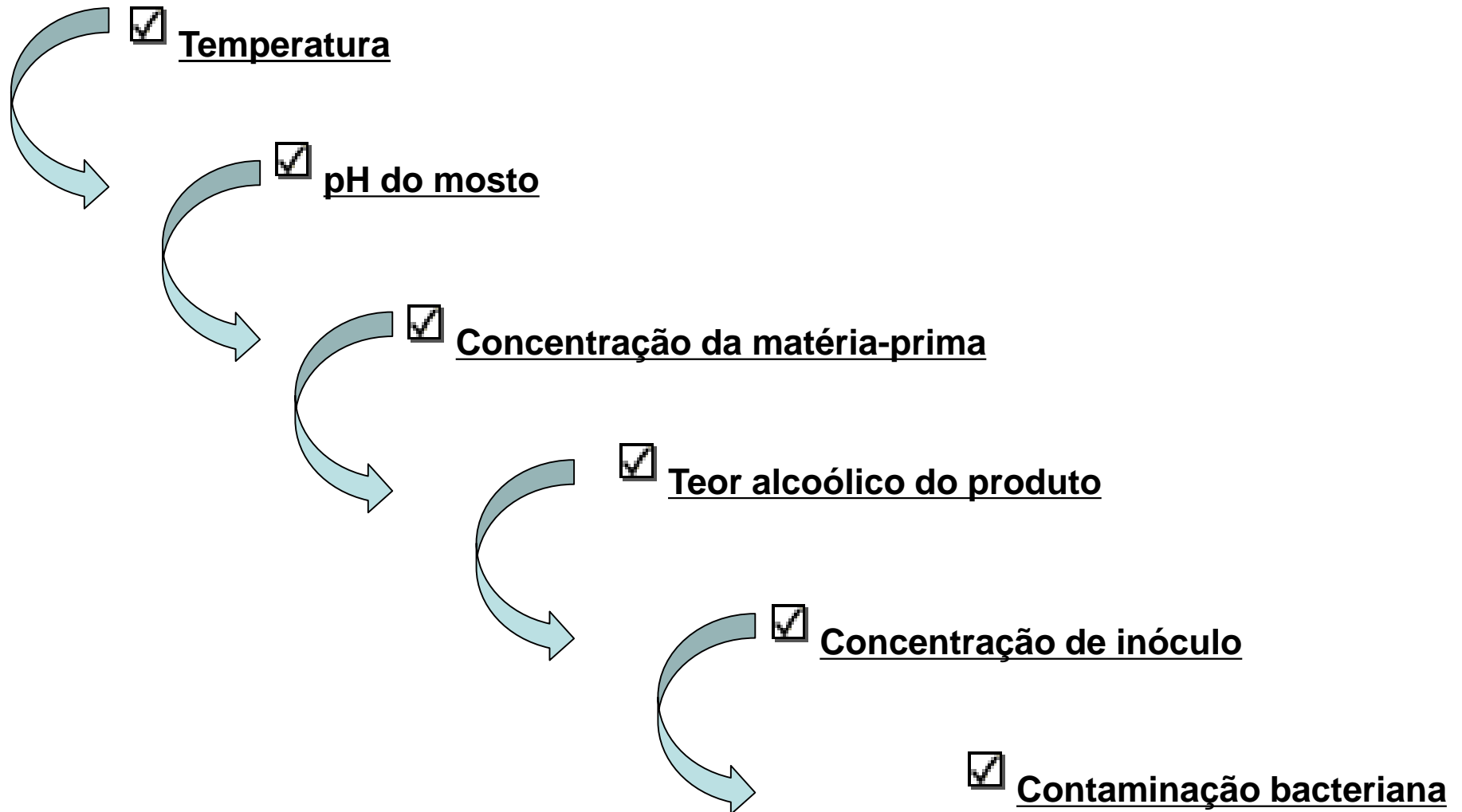


# FERMENTAÇÃO

- ☑ O objetivo primordial da levedura, (ao metabolizar anaerobicamente o açúcar) é gerar uma forma de energia (ATP).
  - ☑ Empregada na realização de trabalhos fisiológicos e biossínteses.
  - ☑ Necessário a manutenção da vida, crescimento e multiplicação para perpetuar a espécie.
- 



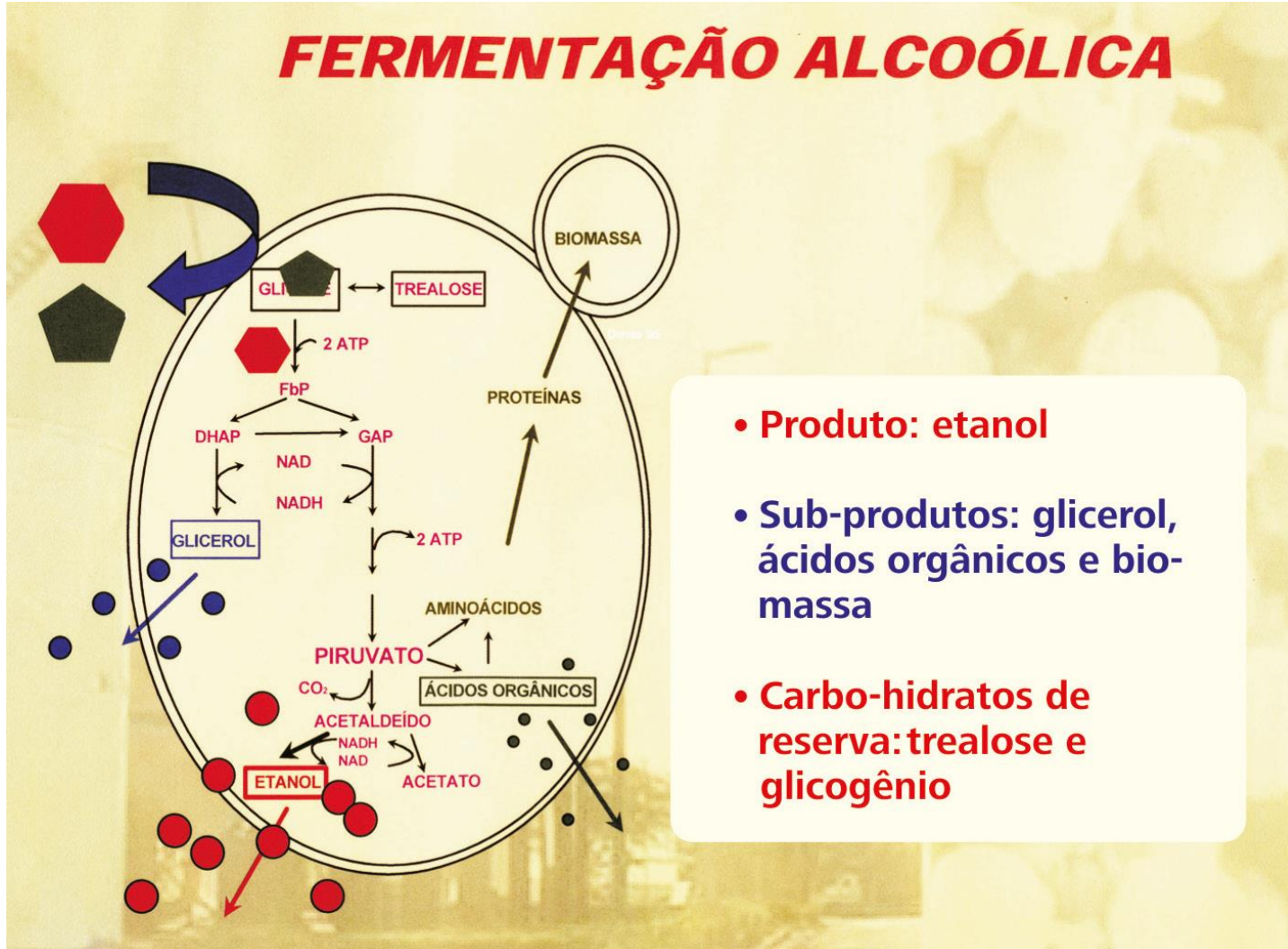
# FERMENTAÇÃO





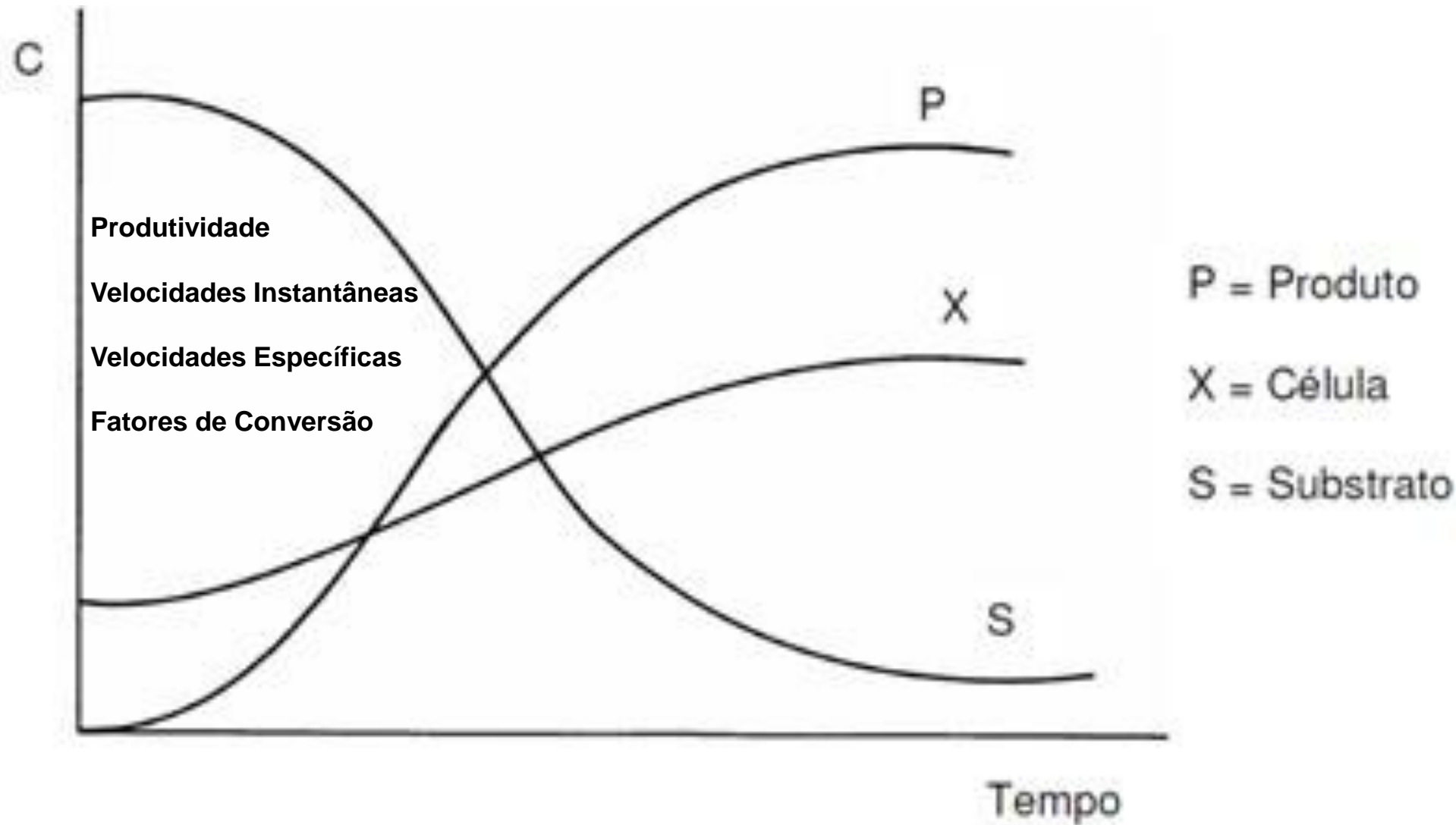
# FERMENTAÇÃO

## FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA



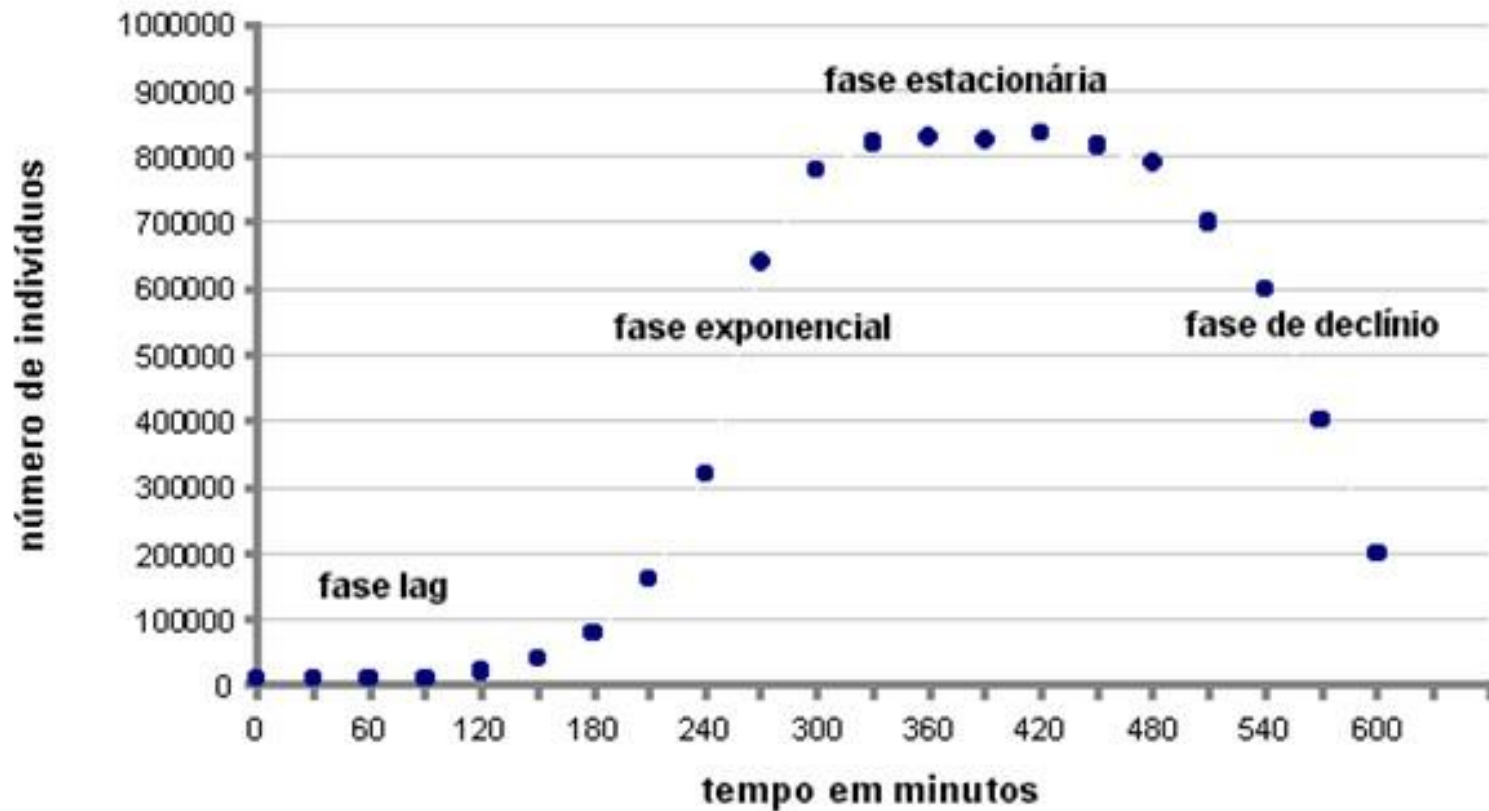
- **Produto: etanol**
- **Sub-produtos: glicerol, ácidos orgânicos e bio-massa**
- **Carbo-hidratos de reserva: trealose e glicogênio**

# FERMENTAÇÃO



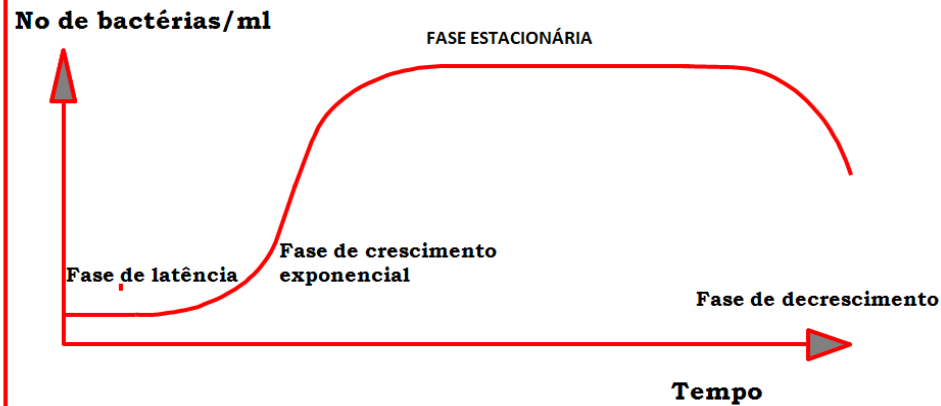
# FERMENTAÇÃO

Figura 3. Padrão típico de crescimento de uma cultura bacteriana em um sistema fechado

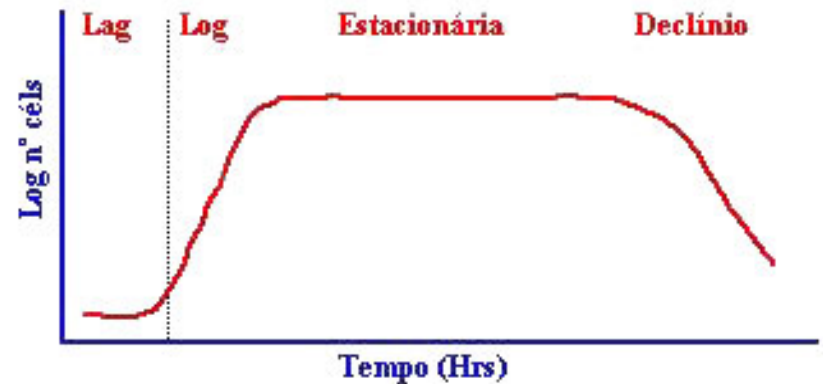


# FERMENTAÇÃO

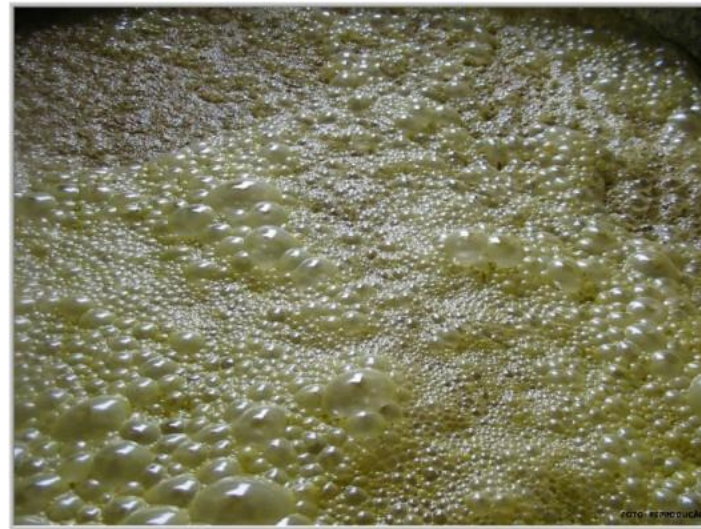
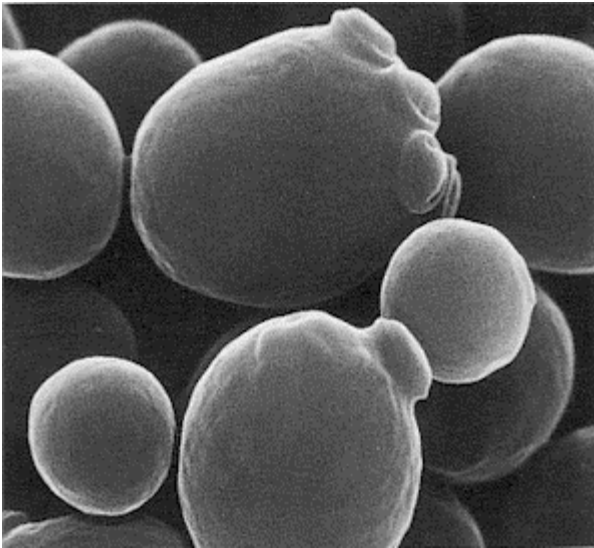
## CURVA TÍPICA CRESCIMENTO BACTERIANO



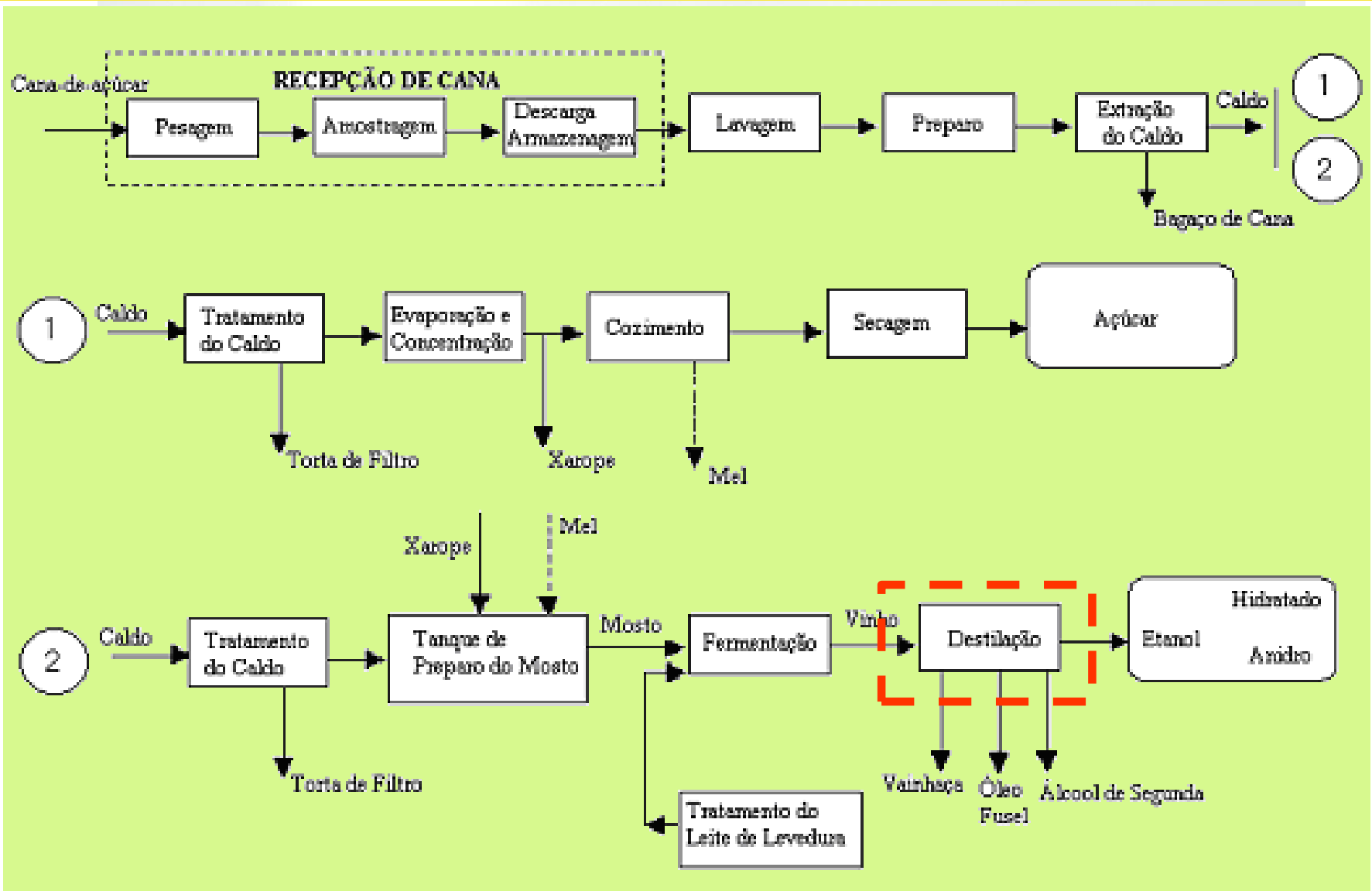
## CURVA DE CRESCIMENTO (EM SISTEMAS FECHADOS)



# FERMENTAÇÃO



# Produção de etanol





# DESTILAÇÃO

**Processo de destilação:** é aquele a que o **VINHO** é submetido visando a sua separação em substâncias voláteis e condensáveis.

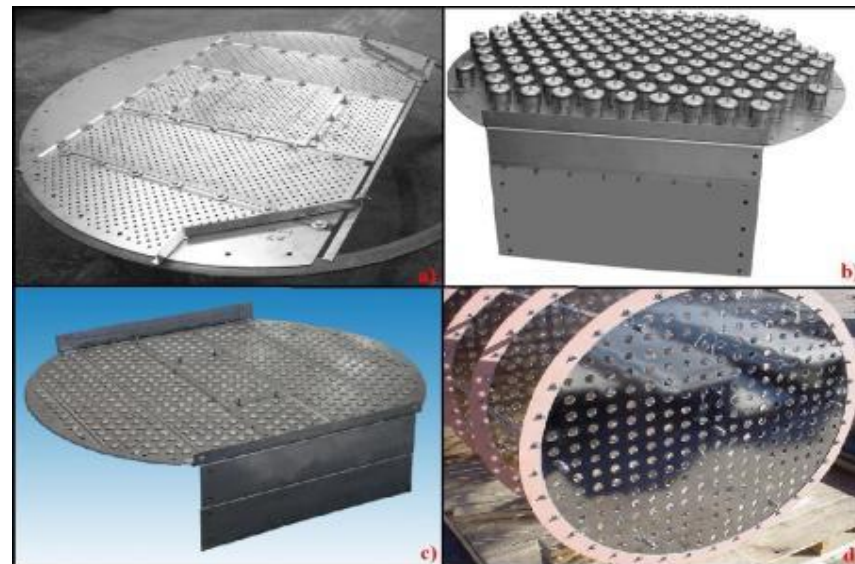
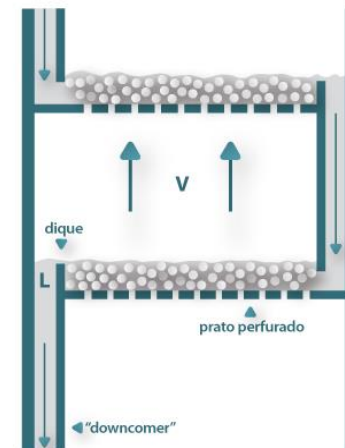
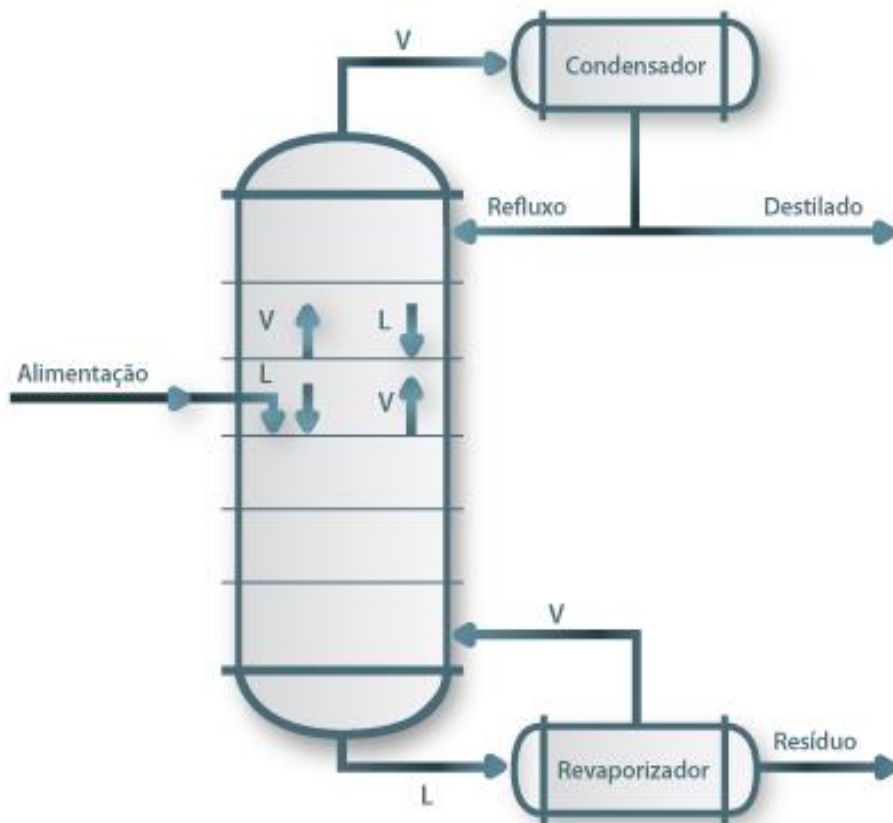
Assim, temos de acordo com o grau de volatilidade, as seguintes frações:

**Cabeça** – são os componentes mais voláteis, recolhidos na primeira fração do condensado;

- **Coração** – fração intermediária, constituída basicamente de etanol;
- **Cauda** – constituída de compostos menos voláteis.

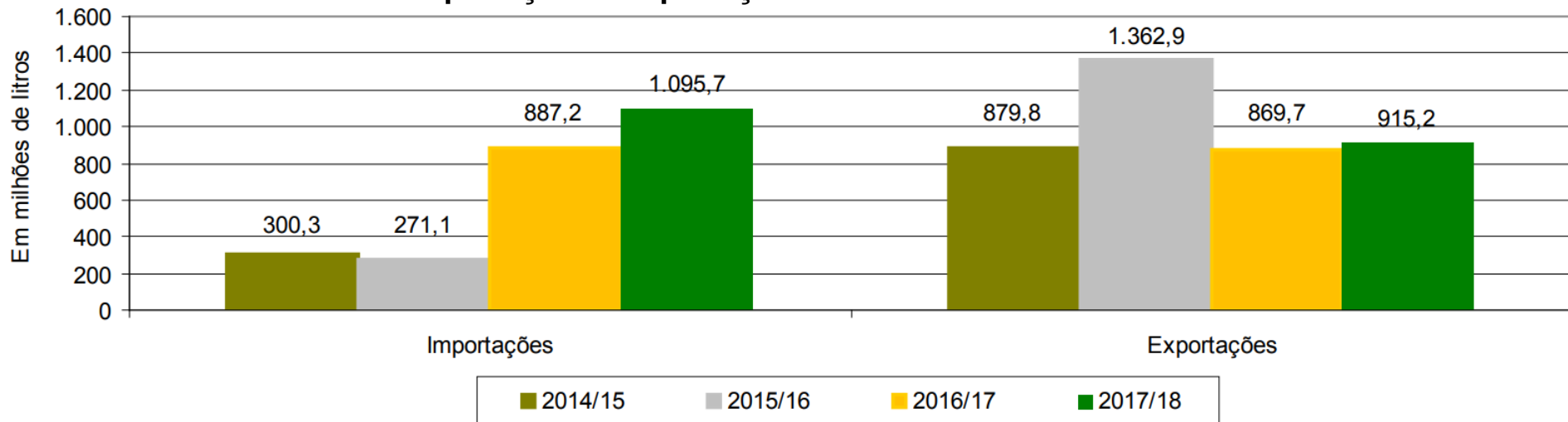
**Vinhaça** – parte não volátil do vinho. O teor alcoólico nesse produto é virtualmente nulo, mas alguns componentes voláteis podem estar presentes.

# DESTILAÇÃO



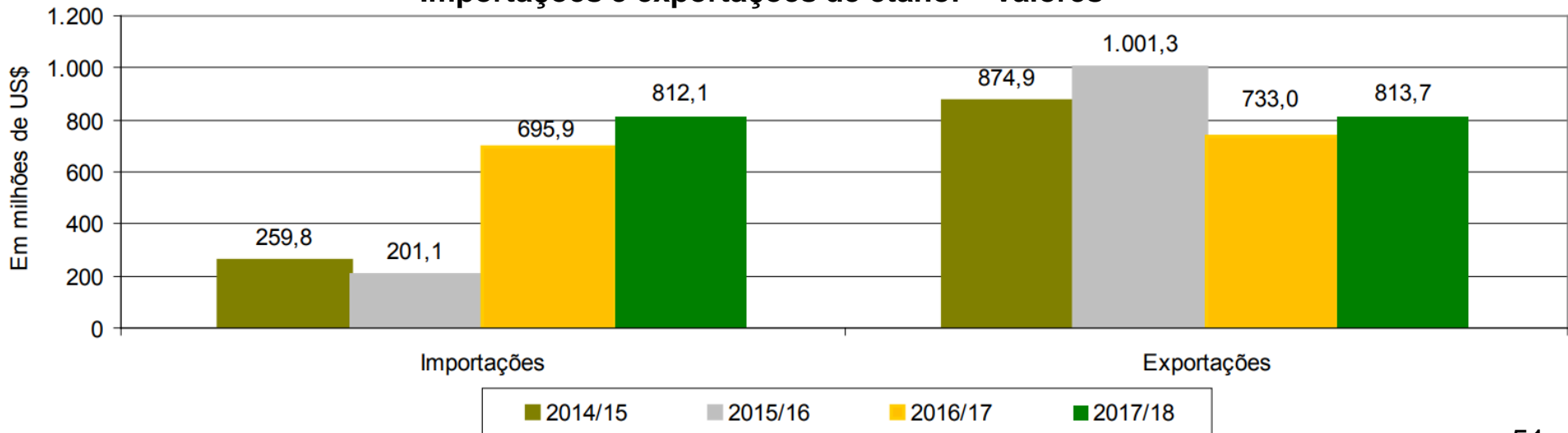
# FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL

## Importações e exportações de etanol – Absoluto



Fonte: AgroStat/Secex/MDIC.

## Importações e exportações de etanol – Valores



Fonte: AgroStat/Secex/MDIC.

# Produção de etanol

