



Produção de etanol combustível: álcool hidratado e álcool anidro



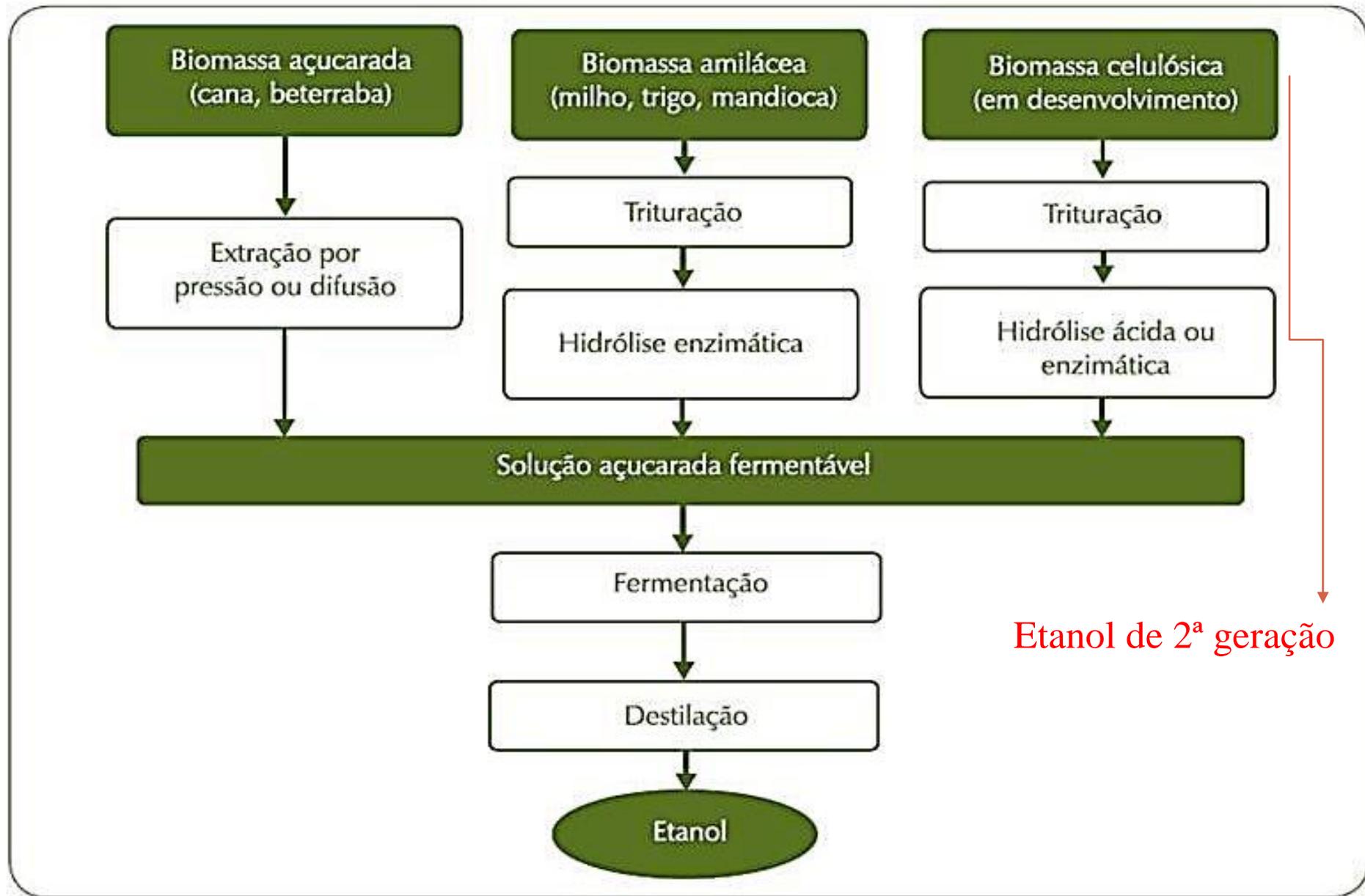
Etanol hidratado x Etanol anidro



(Potável, neutro/fino/extra-fino)

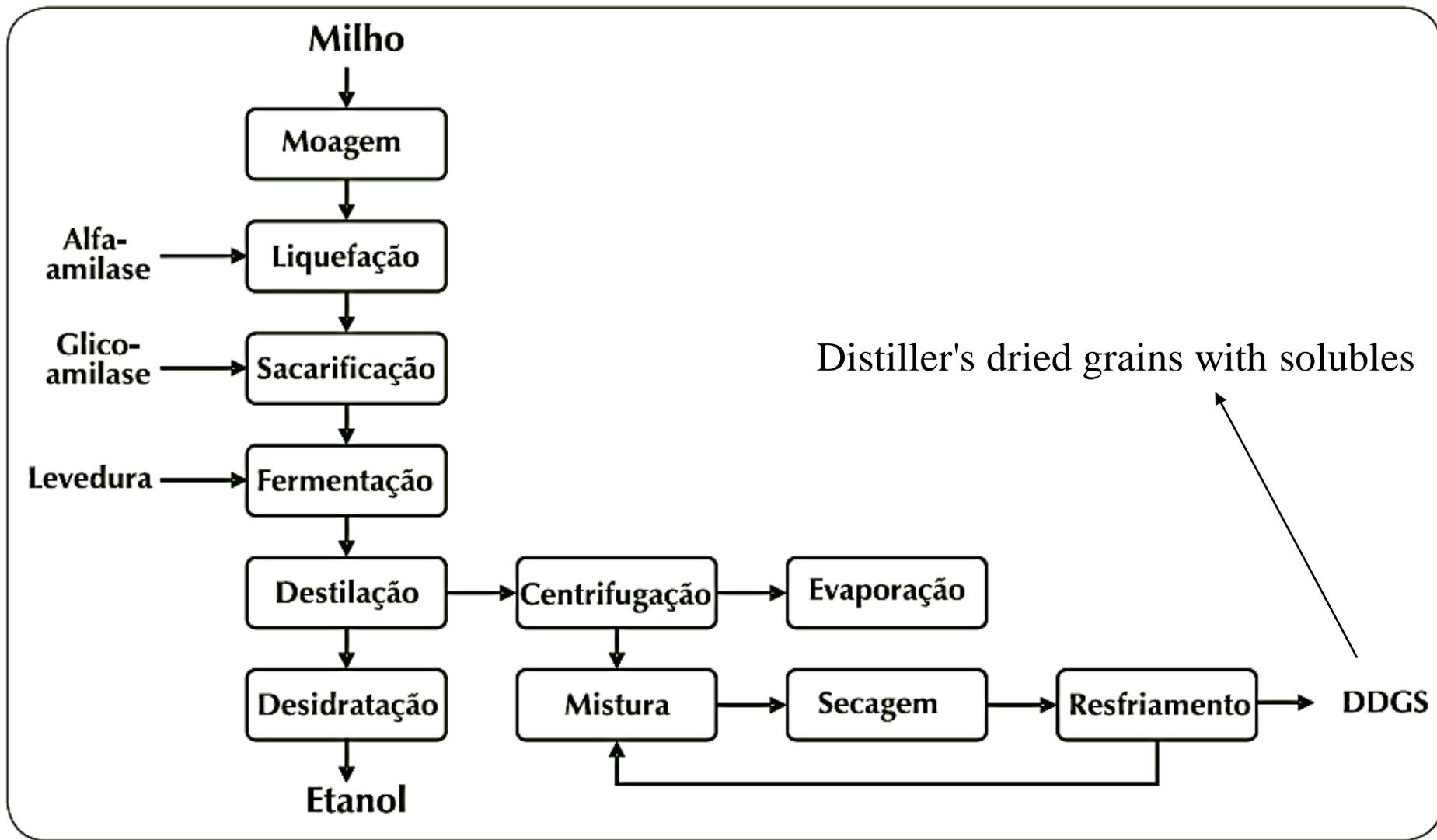


Matérias primas para produção de etanol



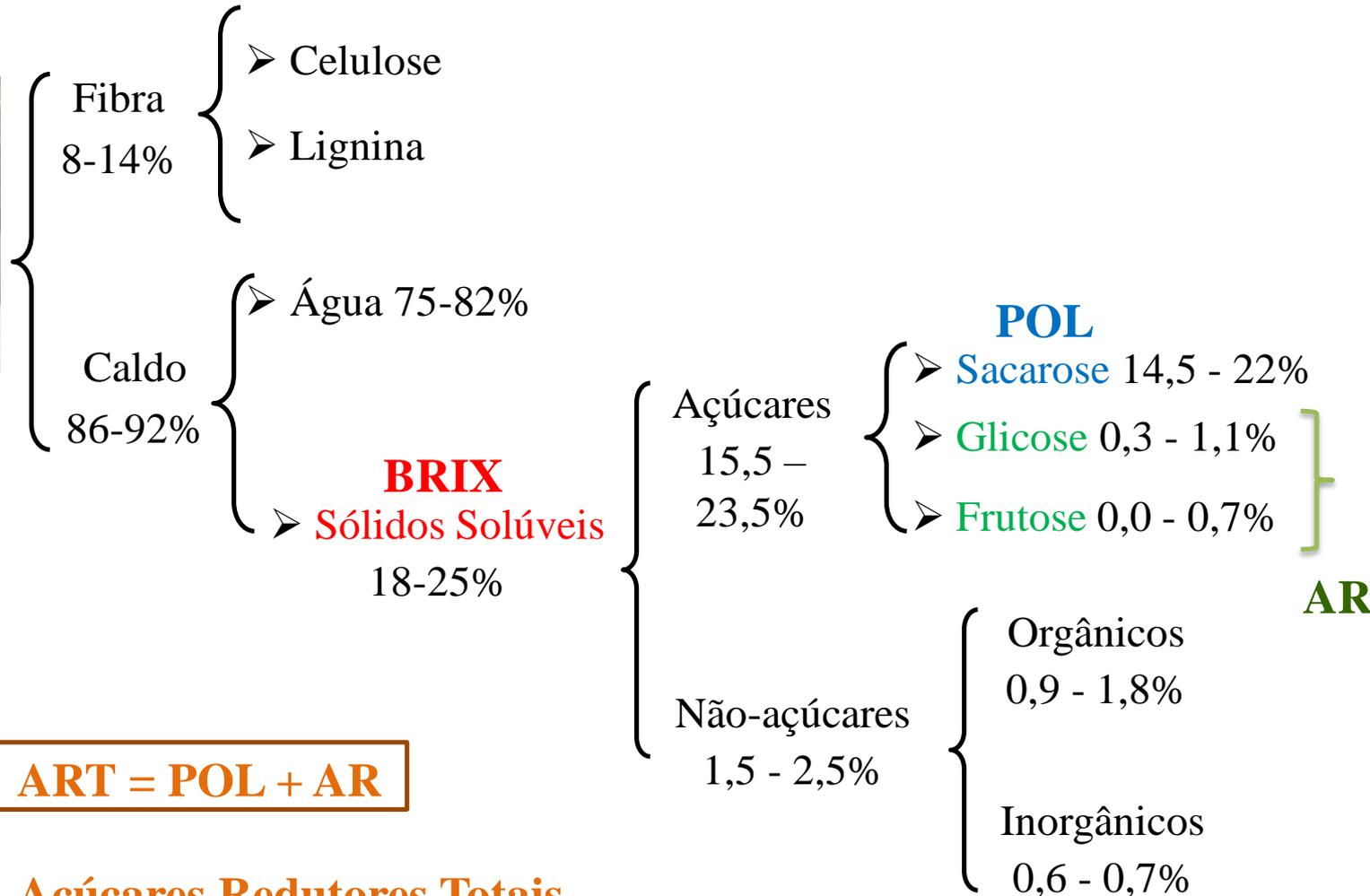
Fonte: Elaboração de Luiz Augusto Horta Nogueira.

Figura 14 – Diagrama de fluxo do processo via seca para a produção de bioetanol de milho



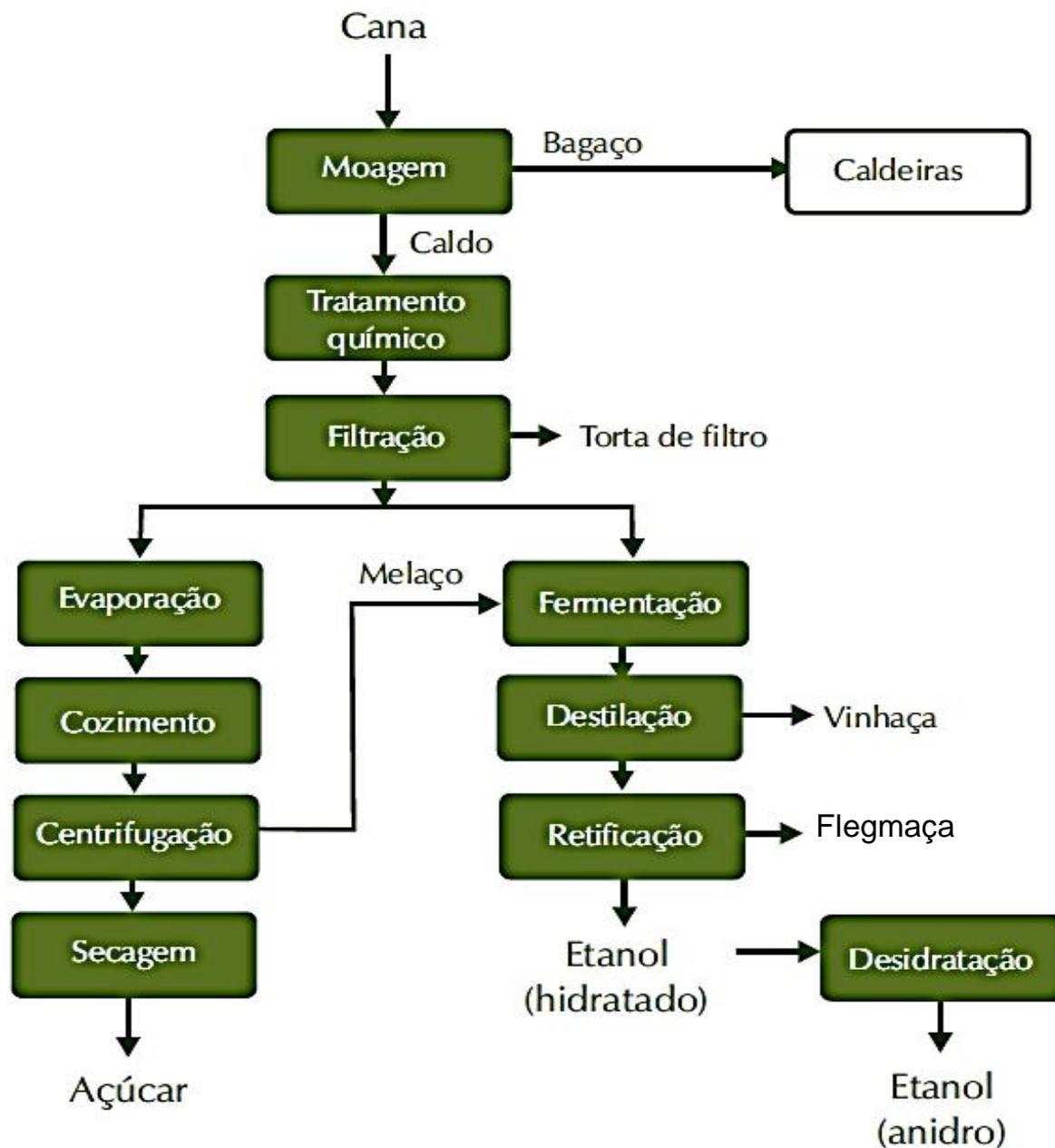
Fonte: Wyman (1996).

Composição tecnológica da cana



$$\text{ART} = \text{POL} + \text{AR}$$

Açúcares Redutores Totais

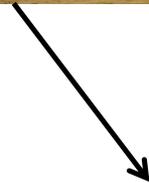


Produção de etanol acoplada a de açúcar

1 t de cana de
açúcar



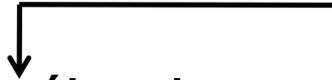
90 Kg de açúcar



70 L de álcool e
910 L de vinhoto



12 L de álcool e
156 L de vinhoto



Produção de etanol: 31 bilhões de litros.

Safra 2022/23

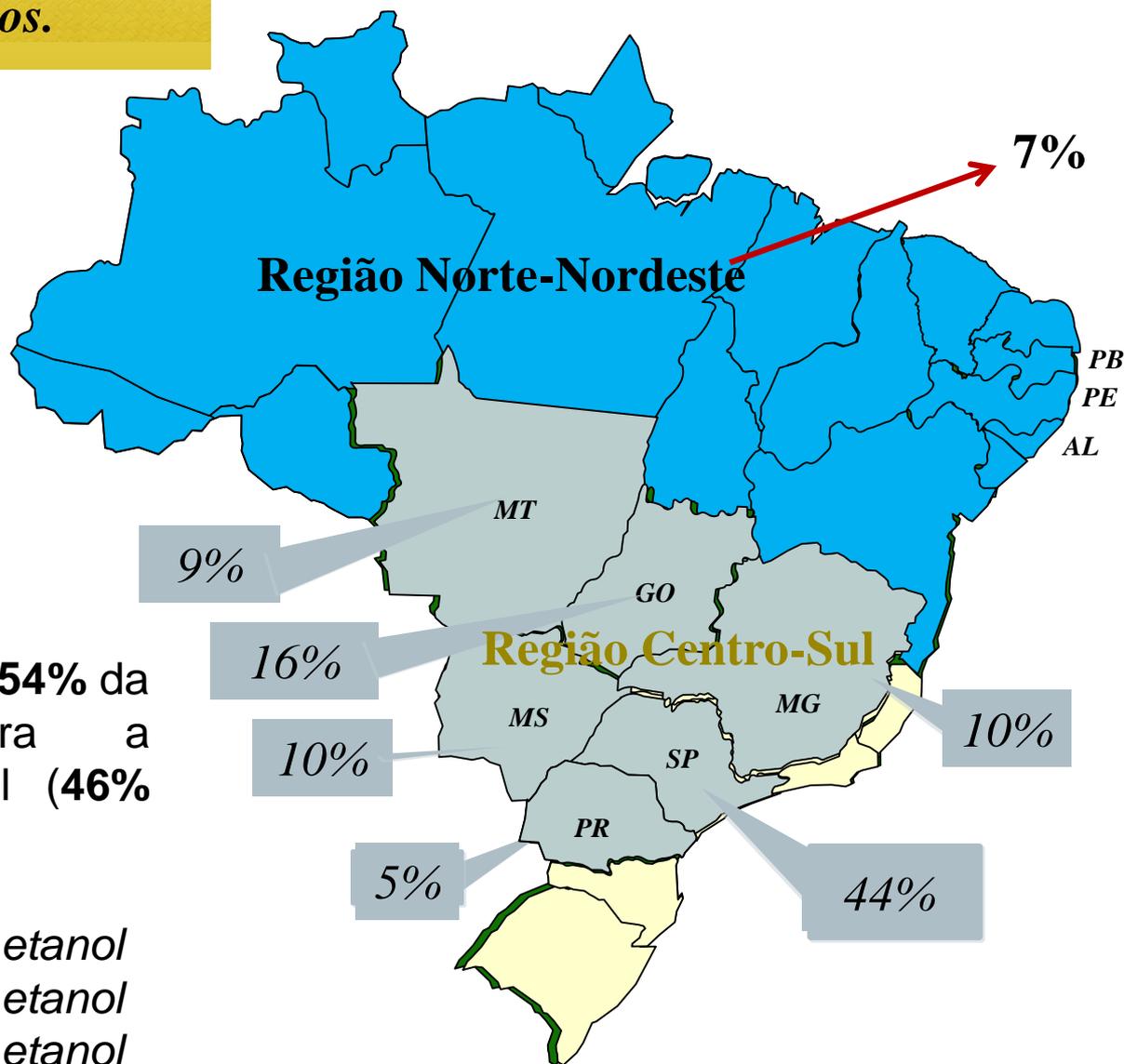
☐ Álcool hidratado: 18 bilhões.

☐ Álcool anidro: 13 bilhões.

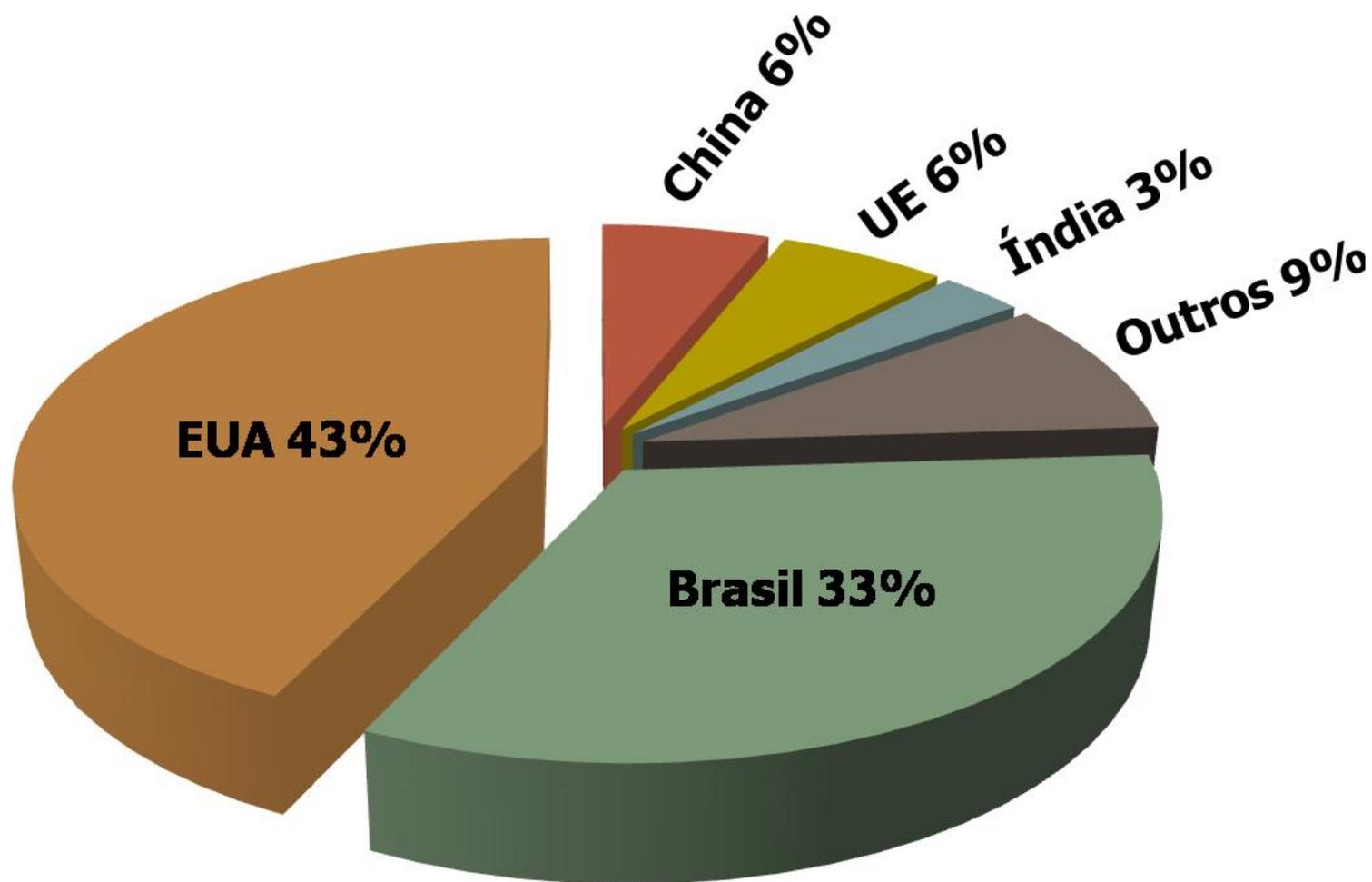
☐ Região Centro-Sul = 93% (SP = 39%)

☐ Mix de produção: 54% da matéria-prima para a produção de etanol (46% para açúcar).

2019/20 = 65% para etanol
2020/21 = 55% para etanol
2021/22 = 54% para etanol



Divisão mundial na produção de etanol





RenovaBio: Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela [Lei nº 13.576/2017](#), com os seguintes objetivos:

1. Fornecer uma importante contribuição para o cumprimento dos compromissos determinados pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris.

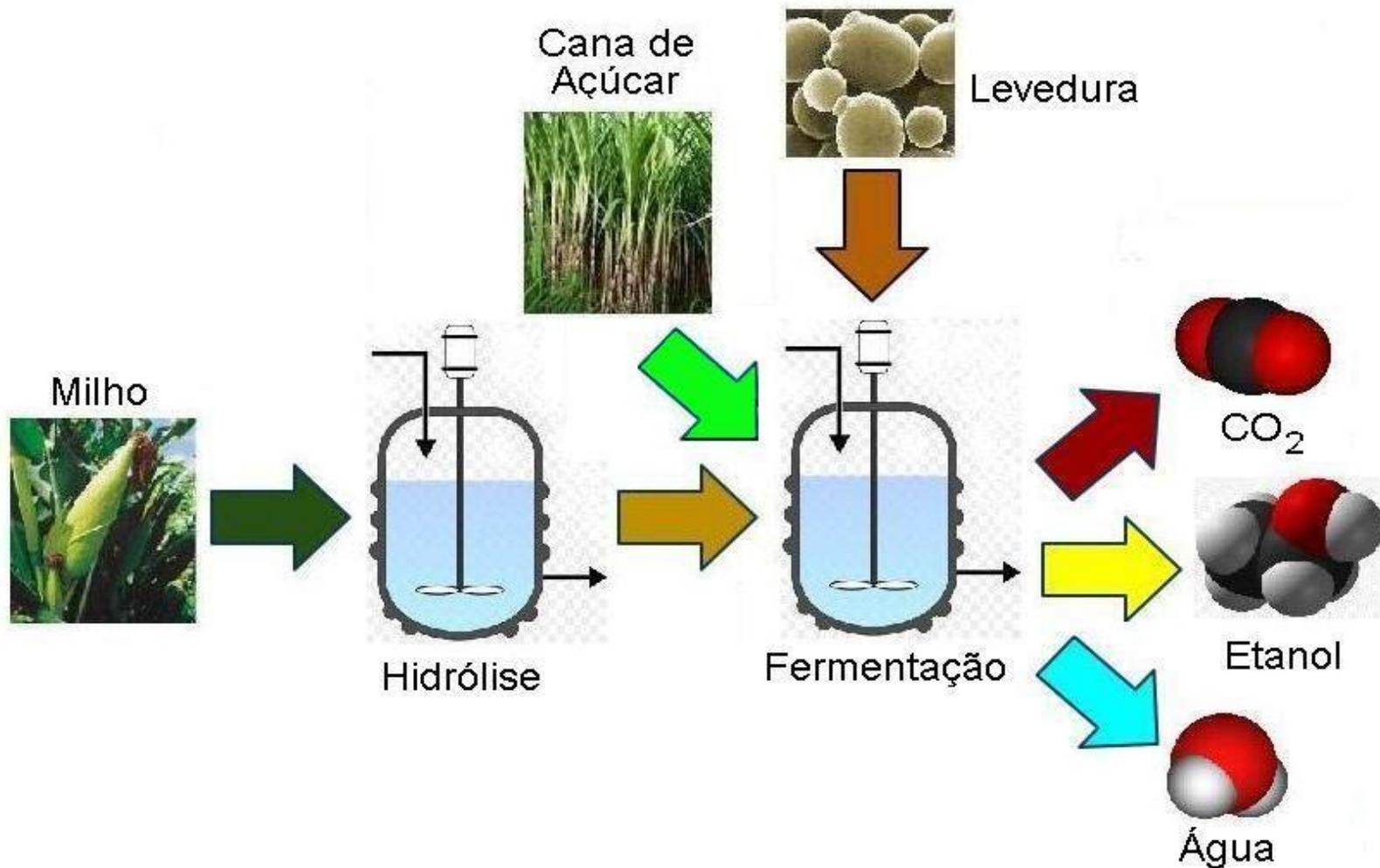
(Acordo de Paris (2015) é um tratado mundial que possui um único objetivo: reduzir o aquecimento global, mediante a redução da emissão de gases estufa a partir de 2020, a fim de conter o aquecimento global abaixo de 2°C, quando comparado à temperatura média pré-industrial)

Por meio da certificação da produção de biocombustíveis serão atribuídas, para cada produtor e importador de biocombustível, em valor inversamente proporcional à intensidade de carbono do biocombustível produzido (Nota de Eficiência Energético-Ambiental). A nota refletirá exatamente a contribuição individual de cada agente produtor para a mitigação de uma quantidade específica de gases de efeito estufa em relação ao seu substituto fóssil (em termos de toneladas de CO₂ equivalente).

2. Promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética de transportes do país, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e

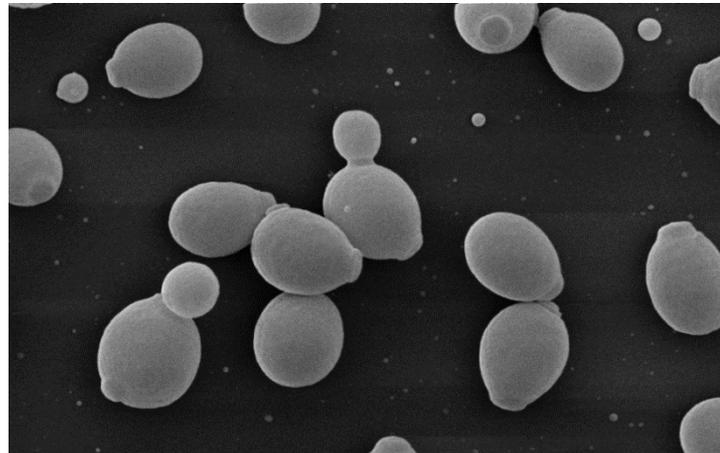
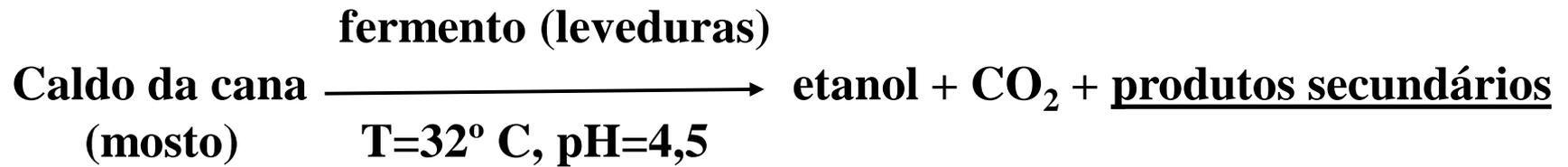
3. Assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis.

Biocombustíveis de Primeira Geração





Fermentação alcoólica



Açúcares

Glicose
Frutose

Calor

Biomassa

Energia (ATP)

Etanol

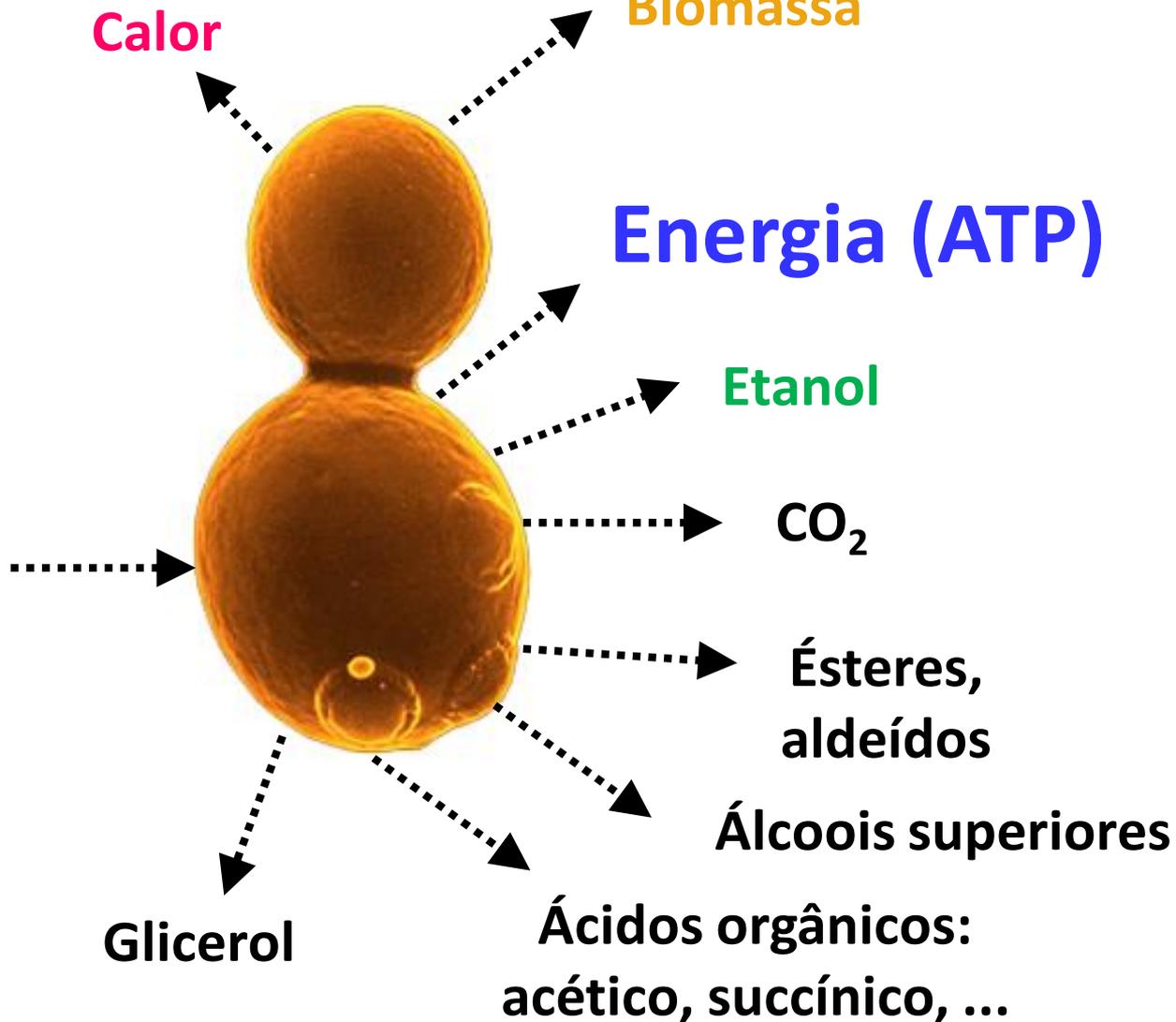
CO₂

**Ésteres,
aldeídos**

Álcoois superiores

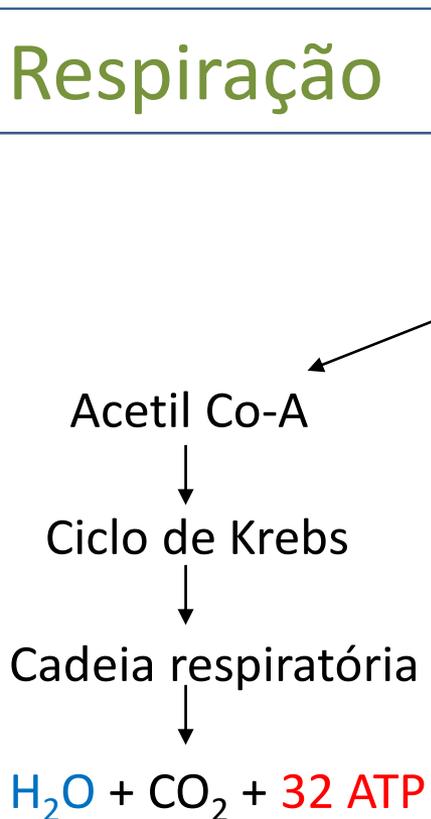
Glicerol

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

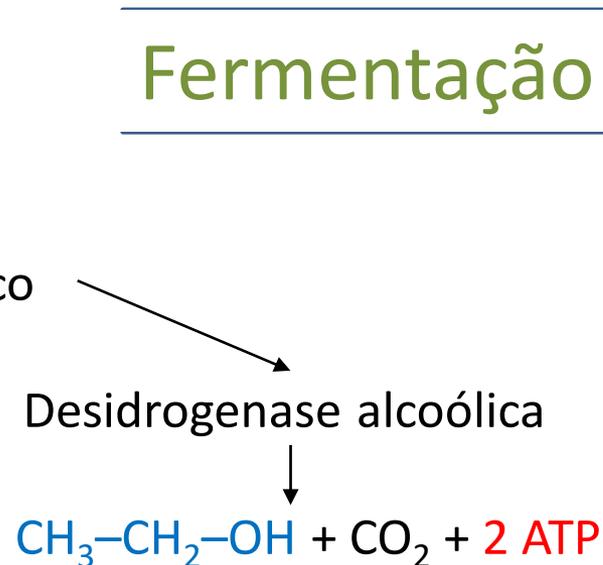




Respiração

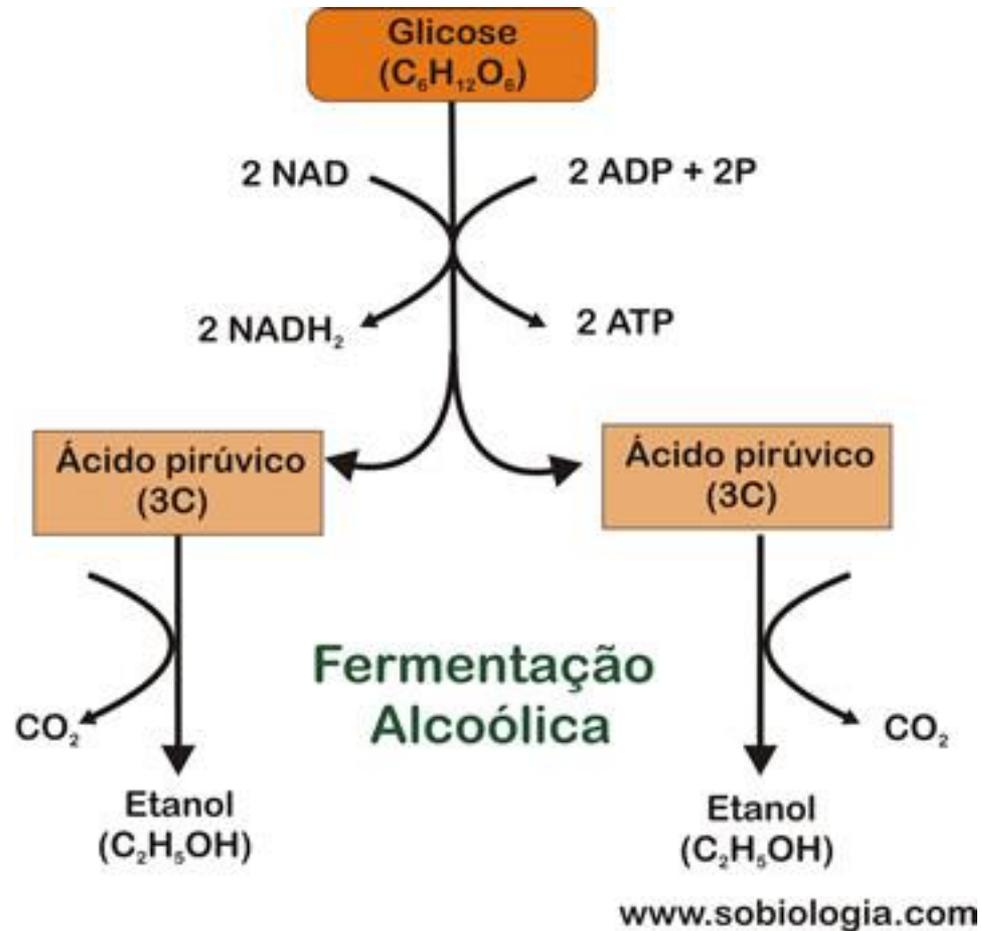


Fermentação



Oxigênio e $< 0,2 \text{ g/L}$ glicose

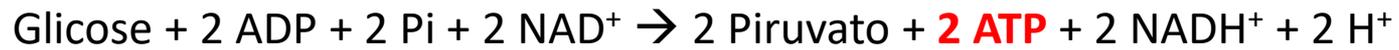
Vias de degradação de carboidratos: fermentação



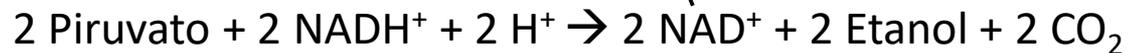


Fermentação:

GLICÓLISE



DESIDROGENASE ALCOÓLICA



(Zn)

Produção Sucroalcooleira

Fatores físicos e químicos que influenciam a fermentação alcoólica do mosto:

MOSTO:

- Líquido açucarado passível de ser fermentado



Fatores que afetam a fermentação alcoólica

Fatores que limitam a produtividade:

- Nutrientes minerais → N; K; P; Mg; Zn; Mn; etc.
- Temperatura
- Acidez (pH)
- Pressão osmótica → Açúcares
- Concentração de etanol
- Contaminação → Bactérias e leveduras



Efeitos da temperatura:

- Fatores externos;
 - ❖ mudança na temperatura da água, clima, mosto.

- Fatores intrínsecos;
 - ❖ Calor liberado durante a fermentação.

Tabela: Influencia da temperatura na variação do tempo de geração e do coeficiente específico de crescimento para a linhagem da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Temperatura	Tempo de geração	Coef. Espc. De Cresc. (g/l/h)
20	5.0	0.15
24	3.5	0.21
27	3.0	0.30
30	2.2	0.31
36	2.1	0.29
38	4.0	0.19
40	---	---



➤ Temperatura ótima:

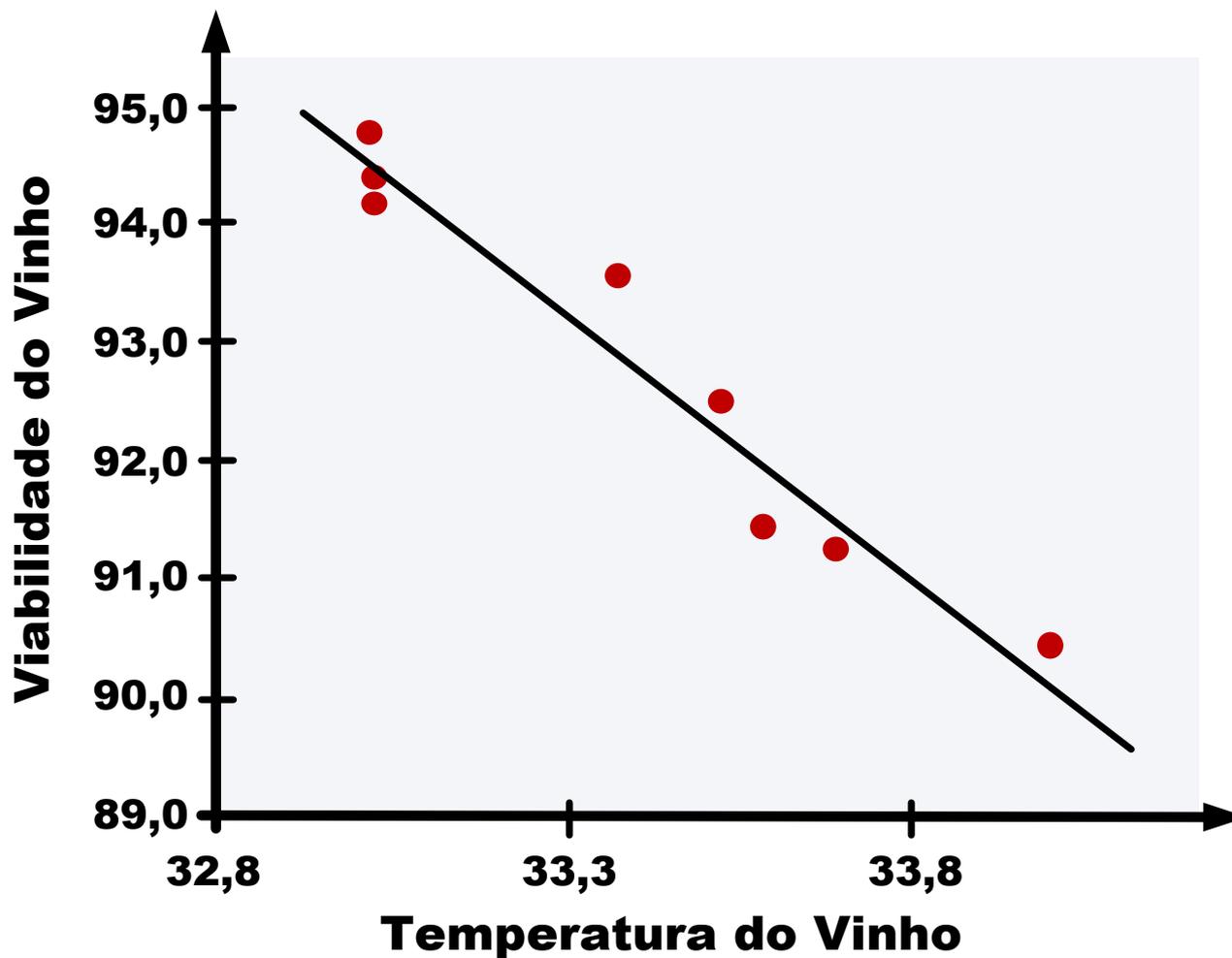
❖ Fermentação 28 a 32 °C

Temperatura da fermentação elevada (>34°C)

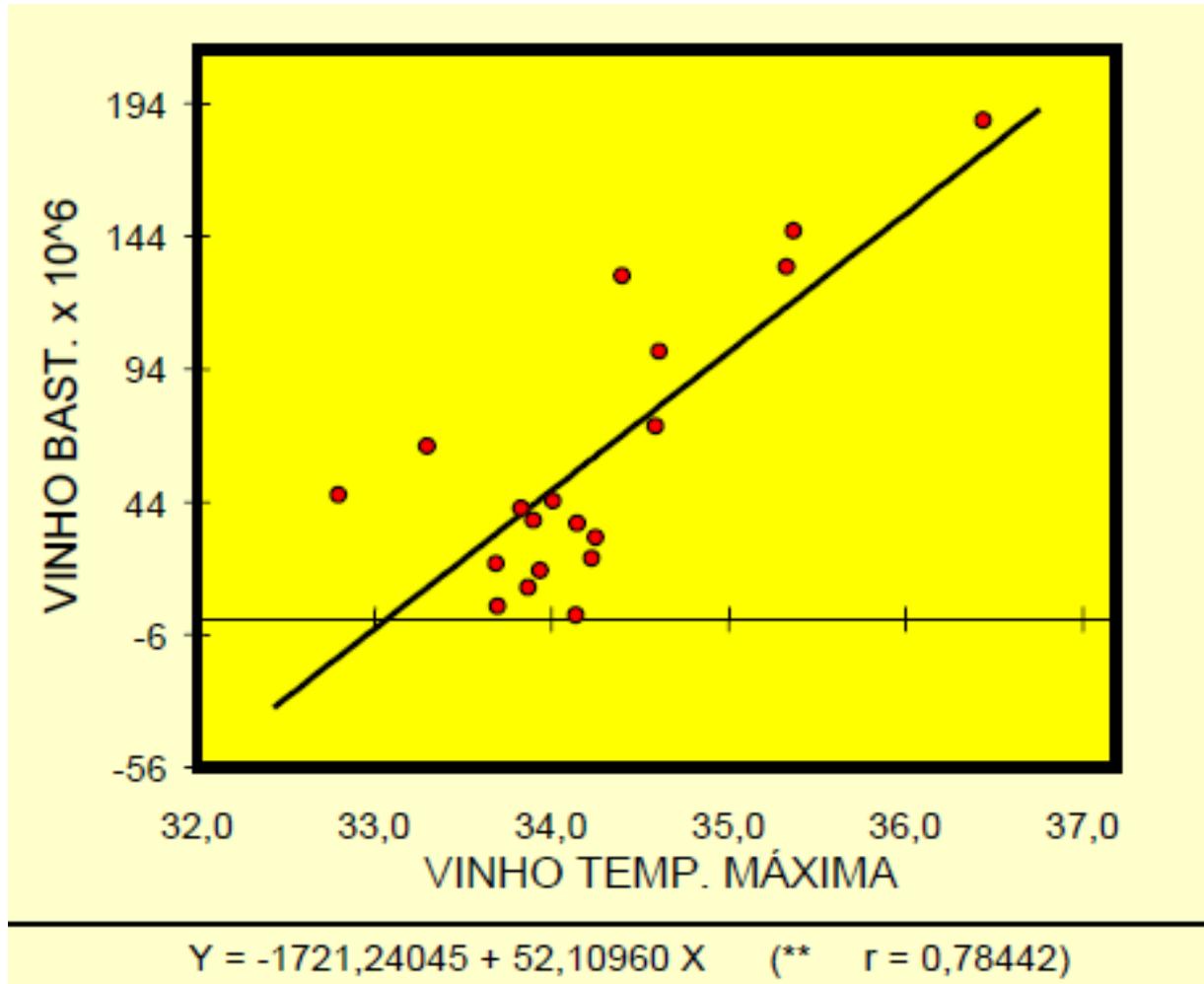
- Influência direta sobre a fermentação
- Favorece multiplicação bacteriana
- Acima de 35 °C afeta o desempenho da levedura
- Redução da viabilidade da levedura



Temperatura x Viabilidade



Temperatura X Contaminação do vinho



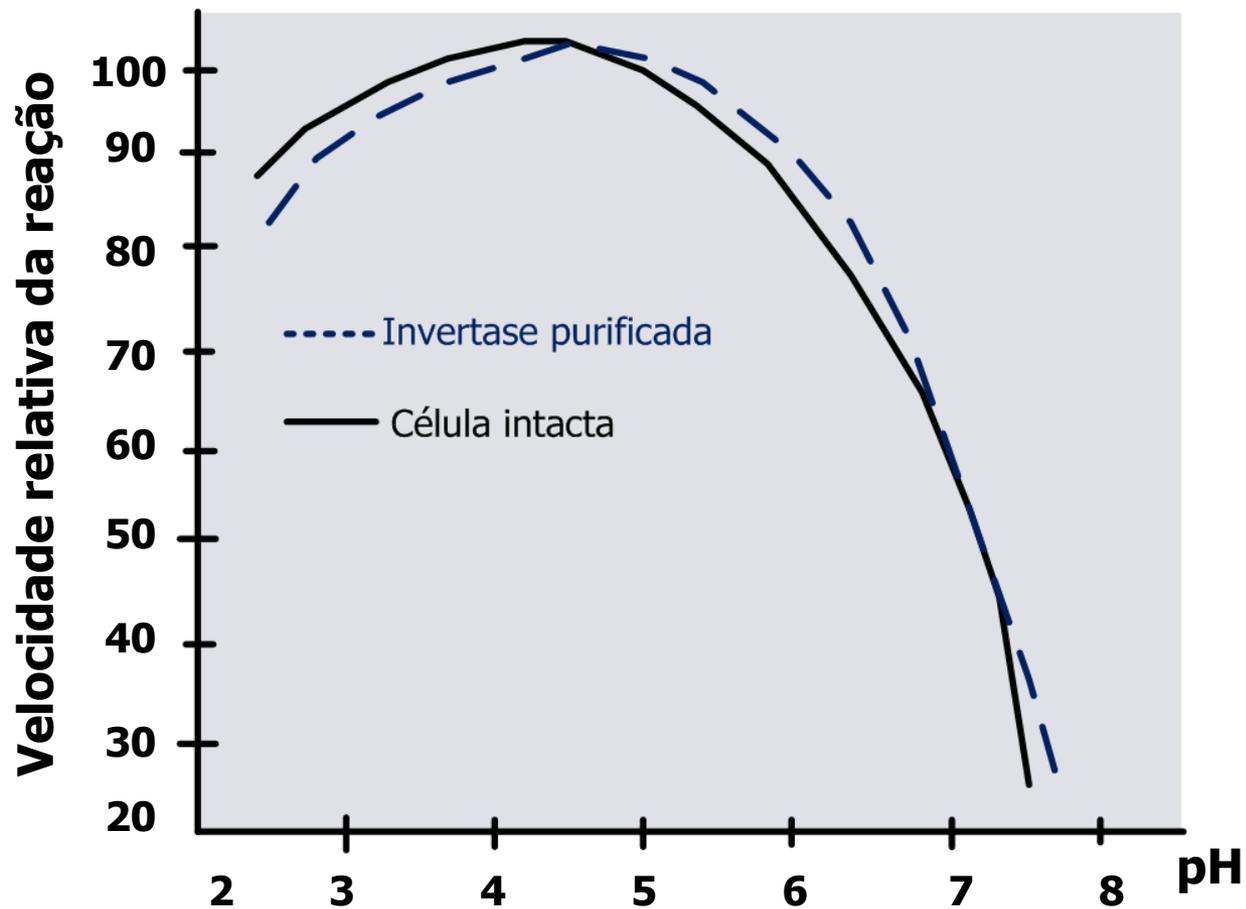
pH

☐ Fermentação

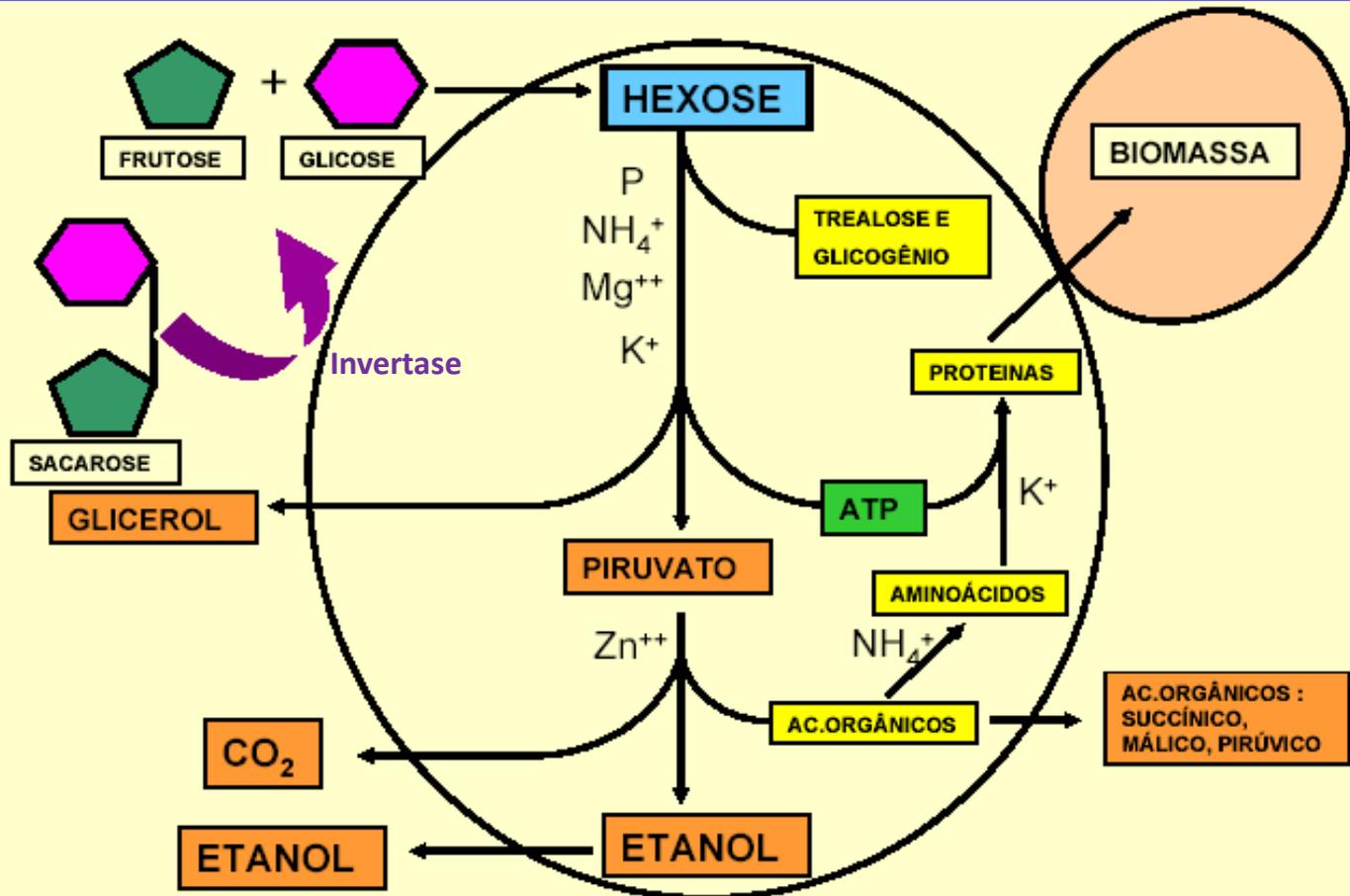
pH inicial 4,2 a 5,1

Reduz com pH 3,9 a 4,1

Efeito do pH na atividade de invertase da levedura



A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA



Cachaça: ciência, tecnologia e arte



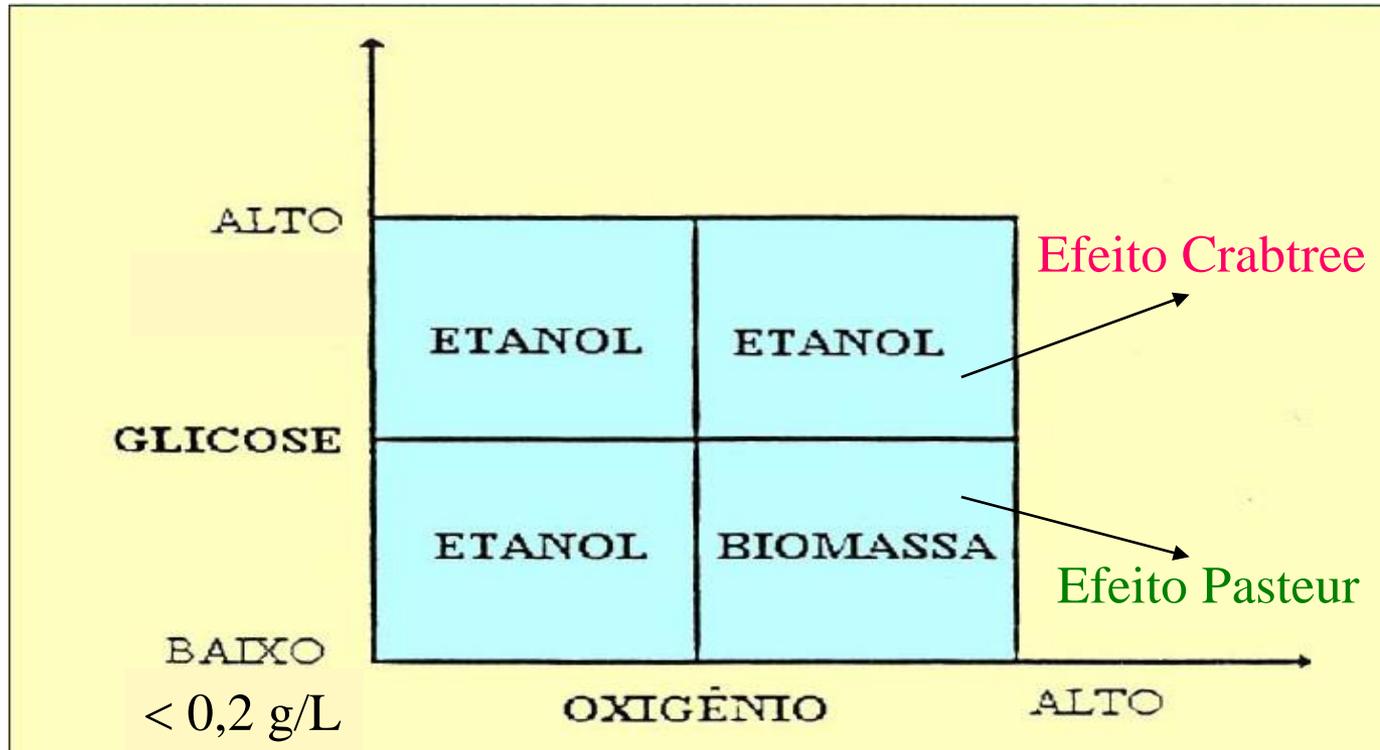
Pressão osmótica: efeito da concentração de açúcar

A alimentação da dorna deve ser realizada de maneira que o teor de açúcar (ART) na mosto em fermentação não ultrapasse 10% (g/100mL)

Alimentação lenta, ao longo de 2-3 horas: ajuda também a evitar elevação acelerada da temperatura → *Processo de fermentação em batelada alimentada*

Condições ambientais (substrato x produto)

Efeito da concentração de etanol e glicose sobre o metabolismo de *S. cerevisiae*.



Condições ambientais **(substrato x produto)**

Fermentação = produção de etanol
Crescimento celular: 0,05 a 0,1 g/g glicose

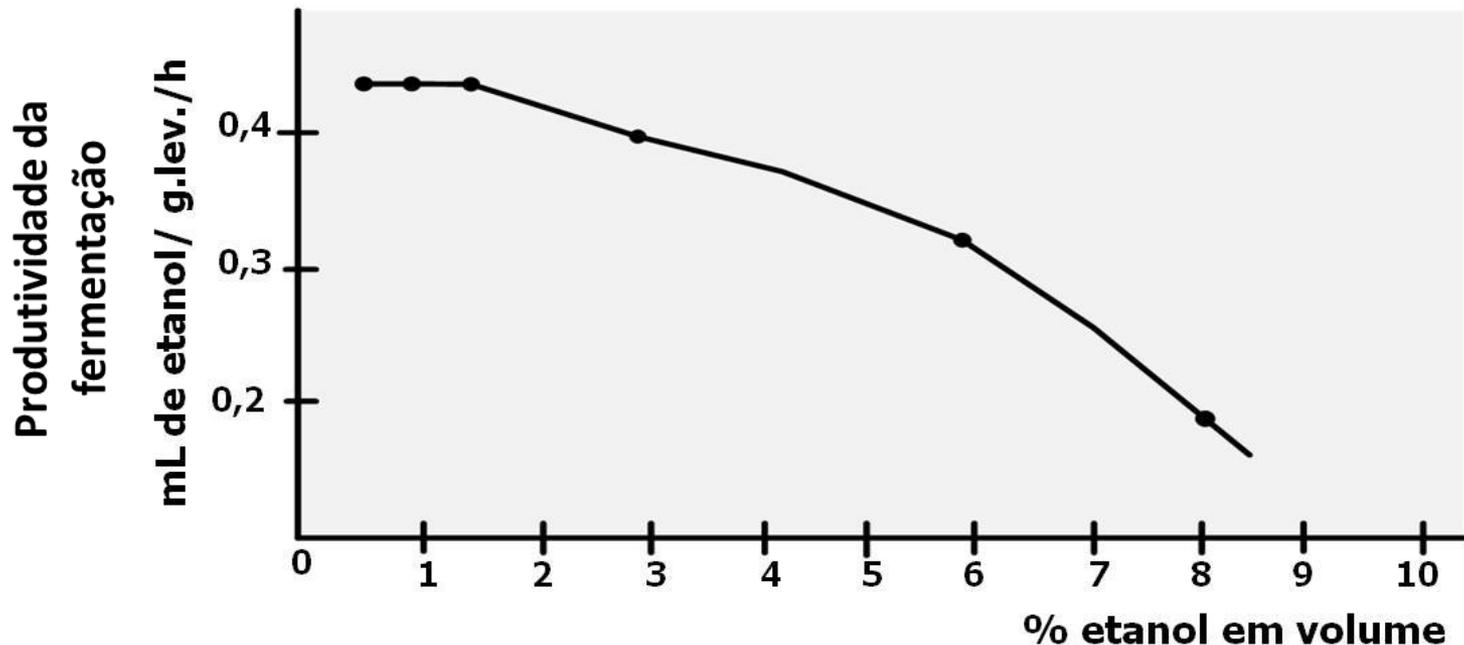
Respiração = produção de biomassa
Crescimento celular: 0,5 g/g glicose

Mas só na presença de O_2 e glicose $< 0,2$ g/L



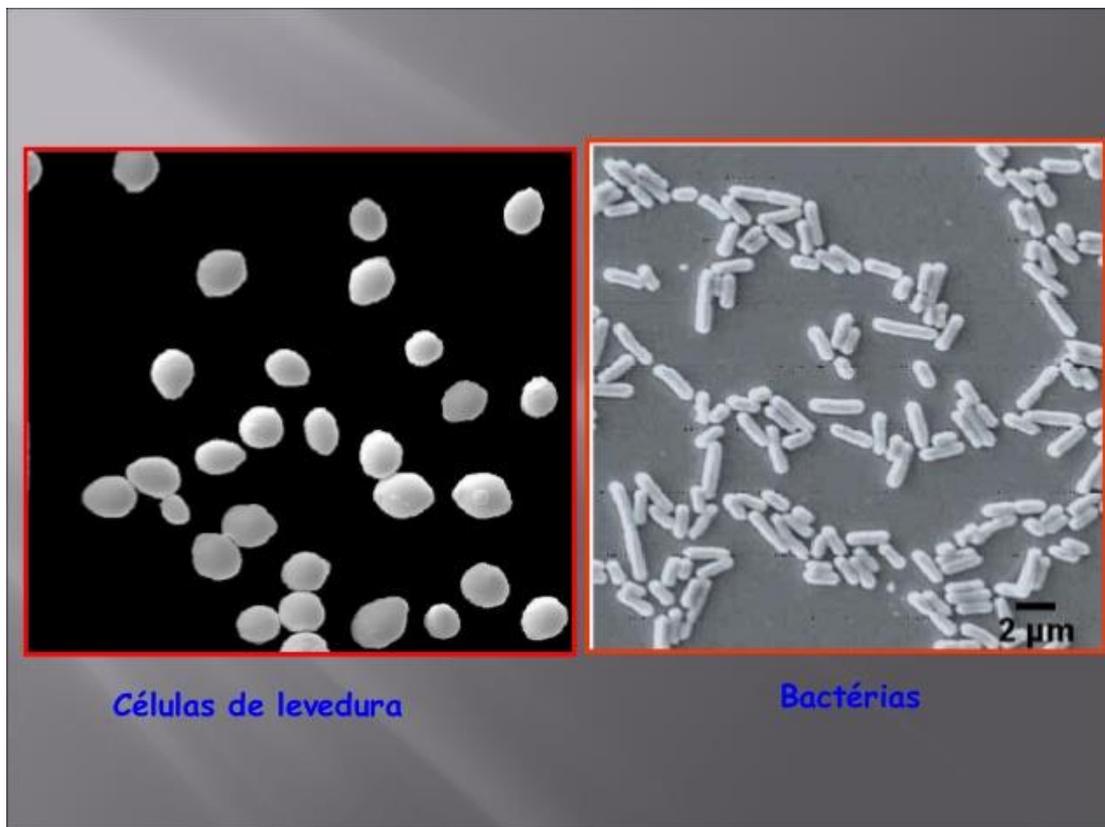
Efeito da concentração de etanol

- ❖ Inibe a atividade metabólica e pode levar a morte das células de levedura
- ❖ Limite no vinho: 12% de etanol → f (espécie e linhagem de leveduras e condições da fermentação)





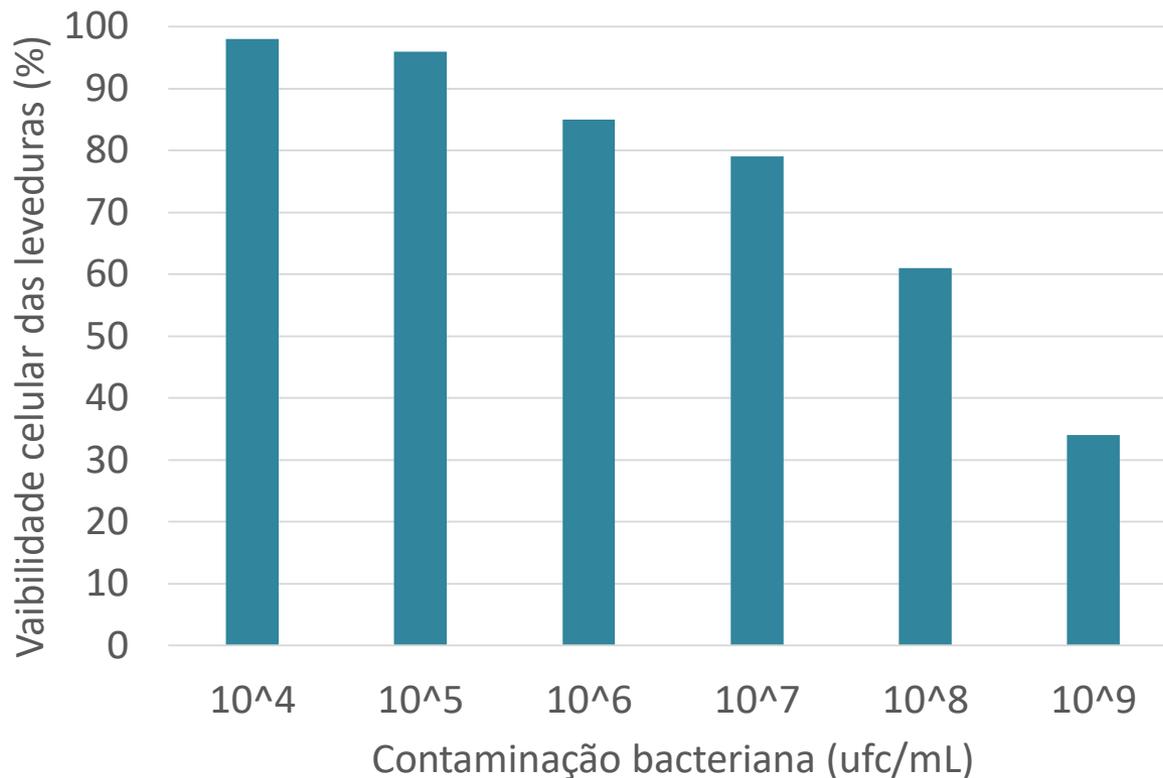
Contaminação x Viabilidade



Contaminação do mosto = $< 10^5$ bactérias/mL



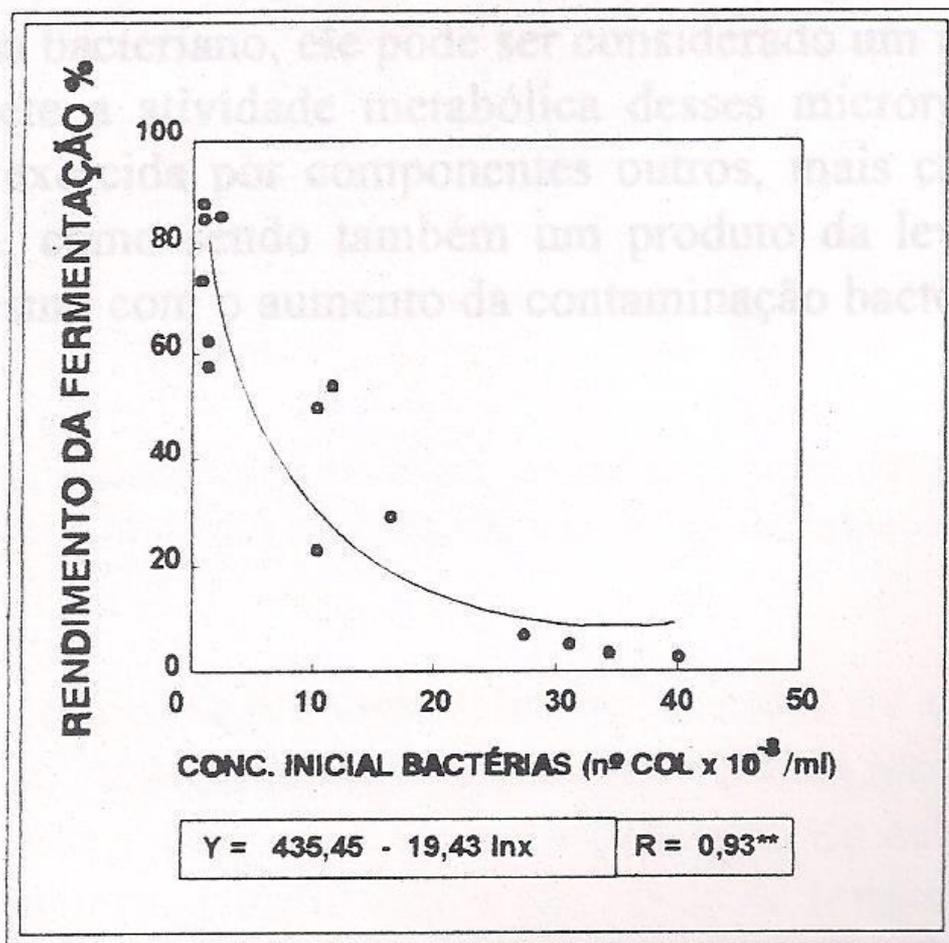
Contaminação x Viabilidade



Contaminação do vinho = $< 10^6$ bactérias/mL

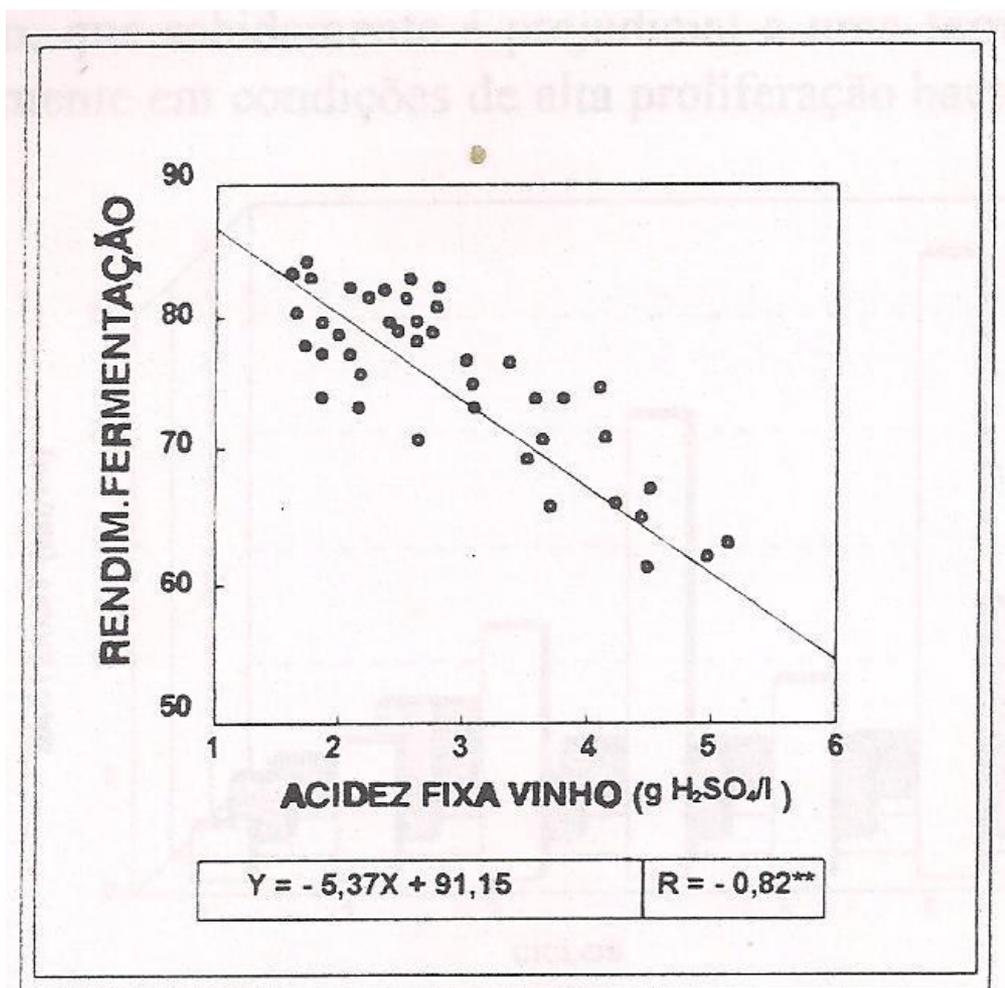


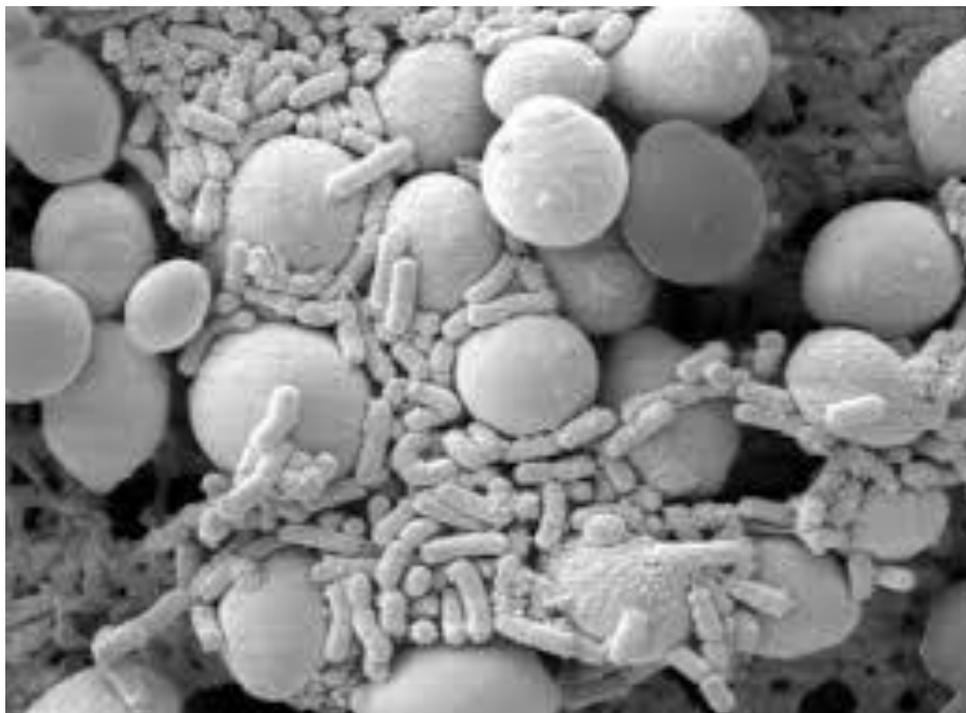
Contaminação x Rendimento da fermentação





Acidez x rendimento da fermentação





A contaminação bacteriana é a principal causa da floculação nas fermentações industriais: ligações entre proteínas e carboidratos presentes no meio e/ou que constituem a parede das células

Floculação

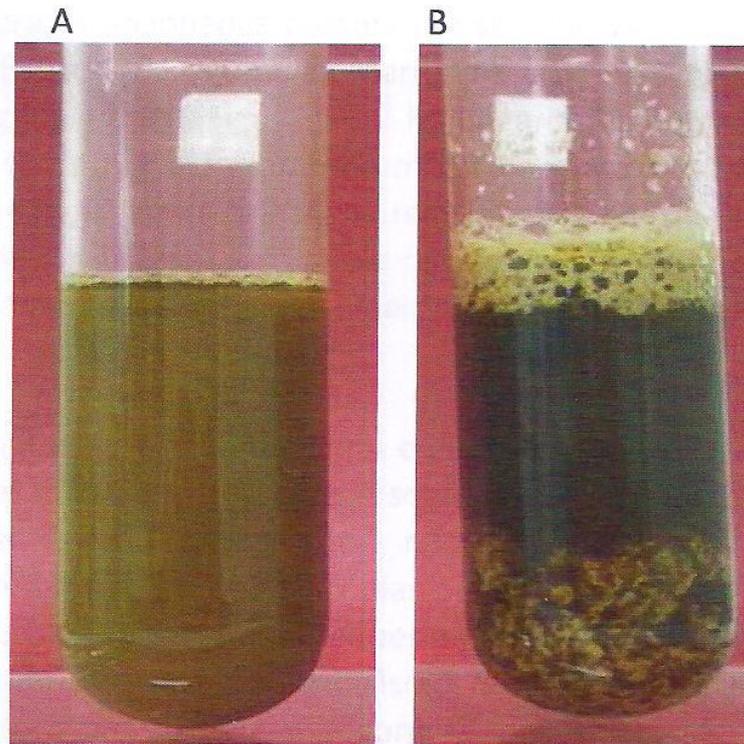


Figura 5. Fermentação com células não-floculadas CAT1 (A) e linhagem de *Saccharomyces* contaminante com floculação pronunciada das células (B). (Fonte: Fermentec).

