



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR PALOTINA
MESTRADO - BIOENERGIA

BIOETANOL



Professor Dr. Joel Gustavo Teleken



Palotina (PR), 15 de maio de 2014.

SUMÁRIO

1) BIORREATORES

2) PROCESSO BIOETANOL

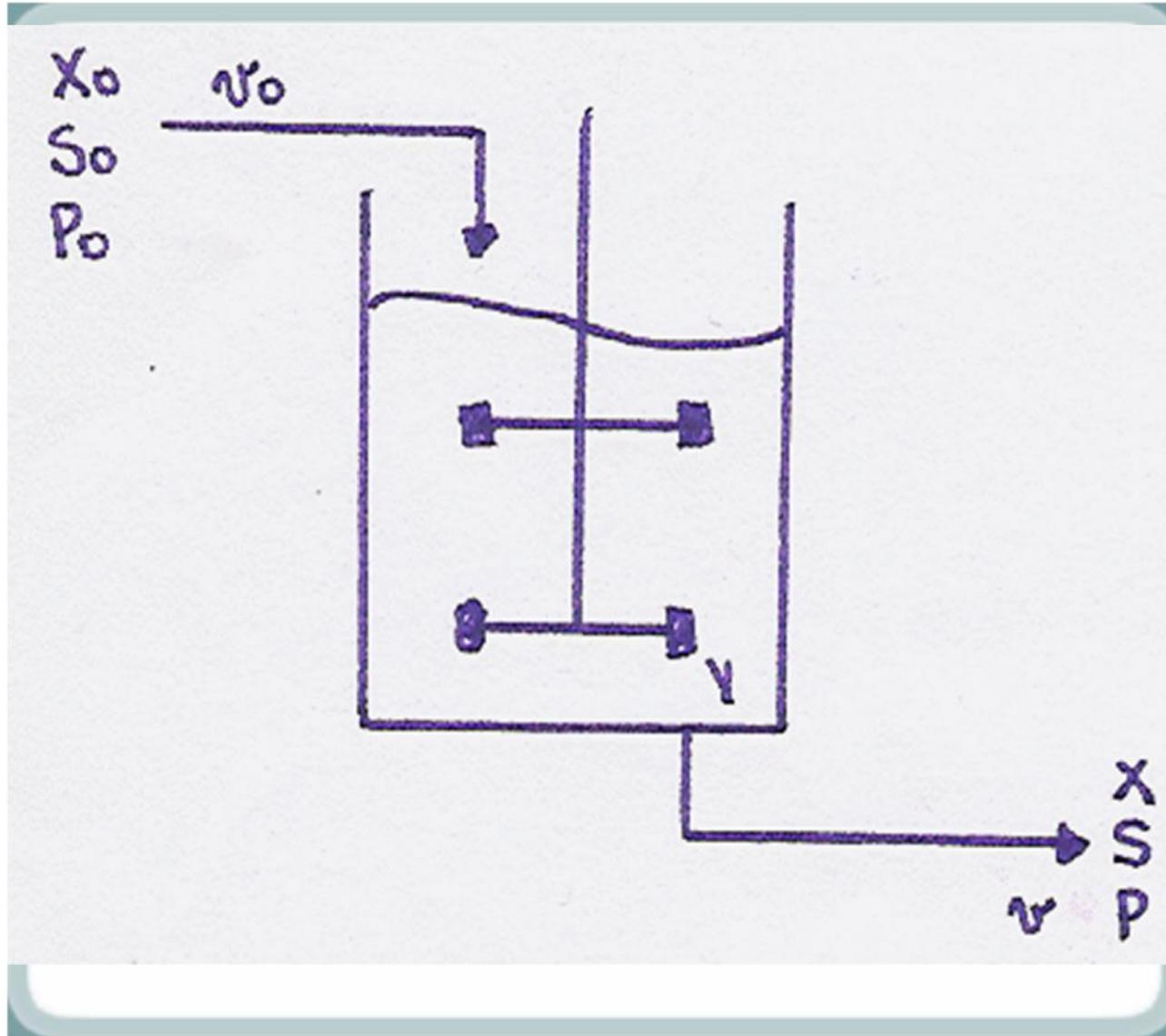
3) DESTILAÇÃO



BIORREATORES

- ✗ Mais amplamente empregado: CSTR;
- ✗ Tanque cilíndrico;
- ✗ Relação altura vs diâmetro → 2:1 ou 3:1;
- ✗ Equipado com chicanas (vórtice, recirculação);
- ✗ Agitador com eixo central (pás);
- ✗ Cultivo de células mais resistentes;

BIORREACTORES

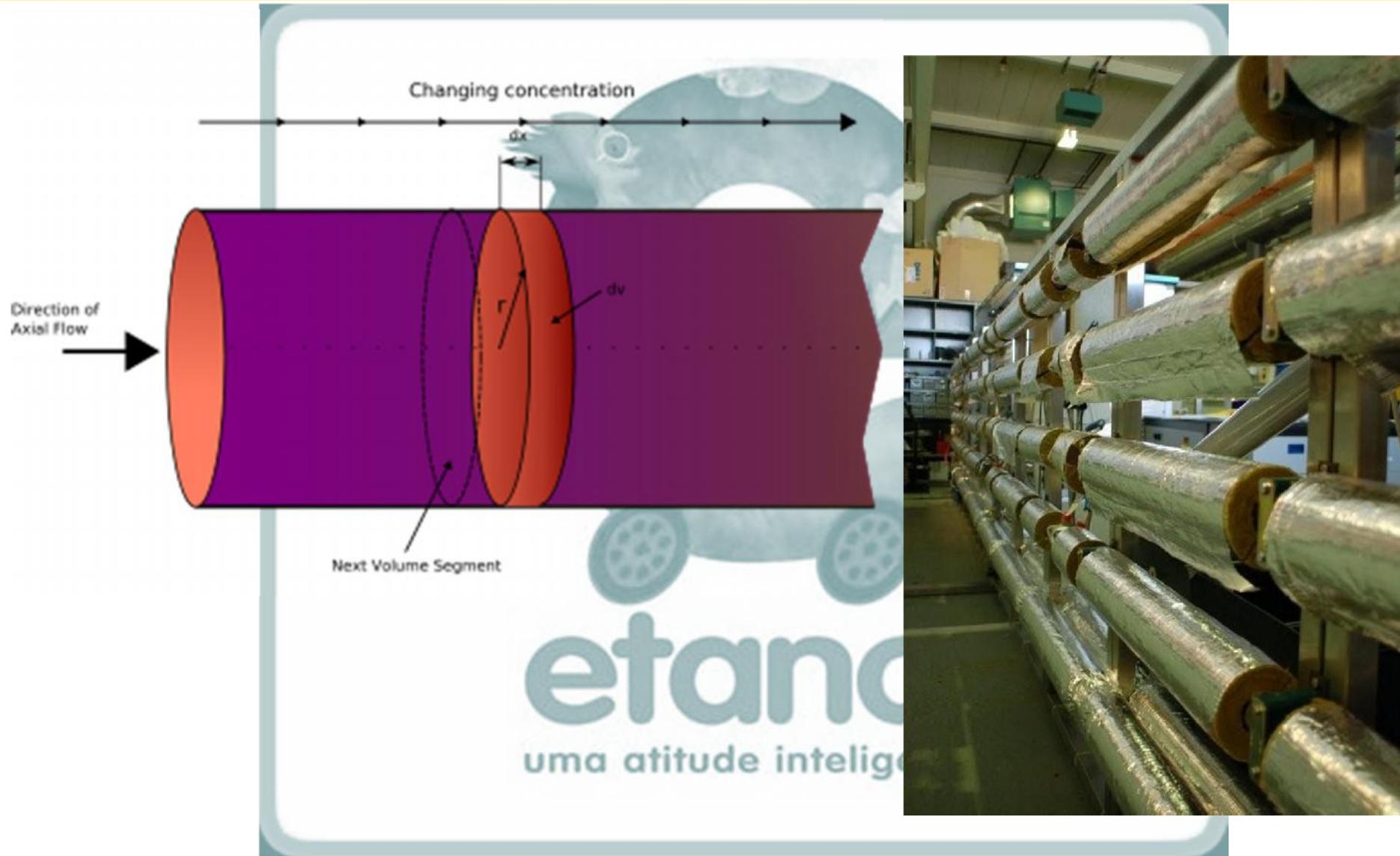


BIORREATORES

- × **Reatores Plug-Flow;**
- × **Inóculo e meio de cultura são misturados na entrada dos sistema;**
- × **Idealmente a cultura flui com velocidade constante sem ocorrer mistura longitudinal.**



BIORREACTORES



CLASSIFICAÇÃO DOS BIORREATORES

× Descontínuo;

× Contínuo;



FERMENTAÇÃO DESCONTÍNUA

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



FERMENTAÇÃO DESCONTÍNUA

- ✘ **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.**

FERMENTAÇÃO DESCONTÍNUA

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

etanol
uma atitude inteligente

FERMENTAÇÃO CONTÍNUA

- ✘ Alimentação contínua de 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.

etanol
uma atitude inteligente

FERMENTAÇÃO CONTÍNUA

✘ Principais vantagens da fermentação contínua:

- ✘ 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;



FERMENTAÇÃO CONTÍNUA

✘ Principais vantagens da fermentação contínua:

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

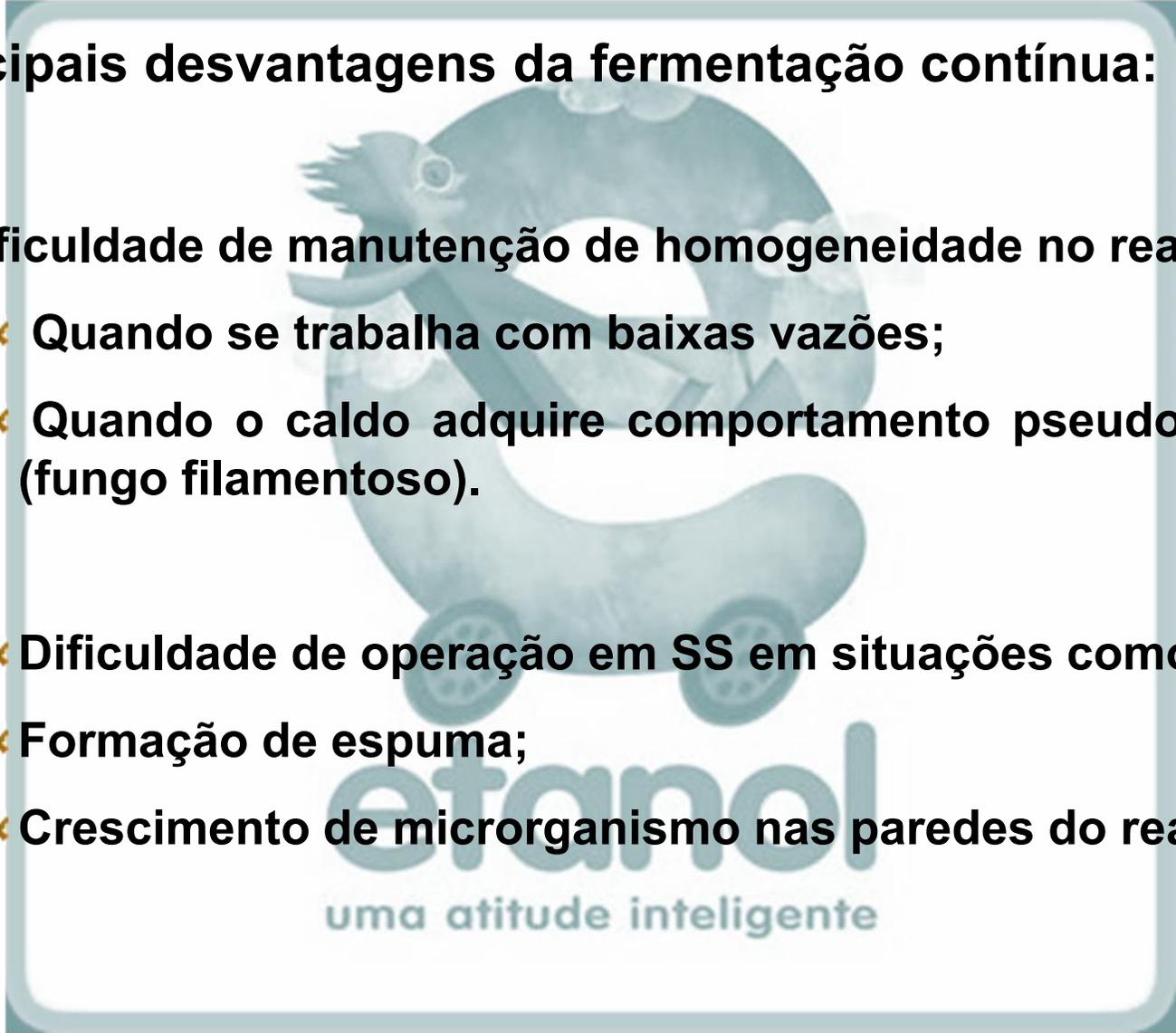


FERMENTAÇÃO CONTÍNUA

- ✘ Principais desvantagens da fermentação contínua:
 - ✘ 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;

FERMENTAÇÃO CONTÍNUA

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



etanol
uma atitude inteligente

FERMENTAÇÃO CONTÍNUA

- ✘ Apesar destas desvantagens apresenta grande aplicação prática na fermentação alcoólica;
- ✘ processo contínuo com reciclo de células;
- ✘ processo contínuo em múltiplos estágios;
- ✘ permite elevados rendimentos bem como elevadas produtividades.



FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL



TERMINOLOGIA

✓ Mosto

Toda mistura açucarada (**caldo - mel - água**) destinada a fermentação alcoólica.

✓ Brix

Porcentagem de **sólidos solúveis** contidos em uma solução.

Exemplos de sólidos solúveis: **sal, açúcar**

✓ Acidez

Utilizada para quantificar o **índice de infecção**

✓ Açúcares Totais (ART)

Porcentagem em peso de açúcares contido no caldo da cana , compreendendo sacarose, glicose, frutose .

PREPARO DO MOSTO

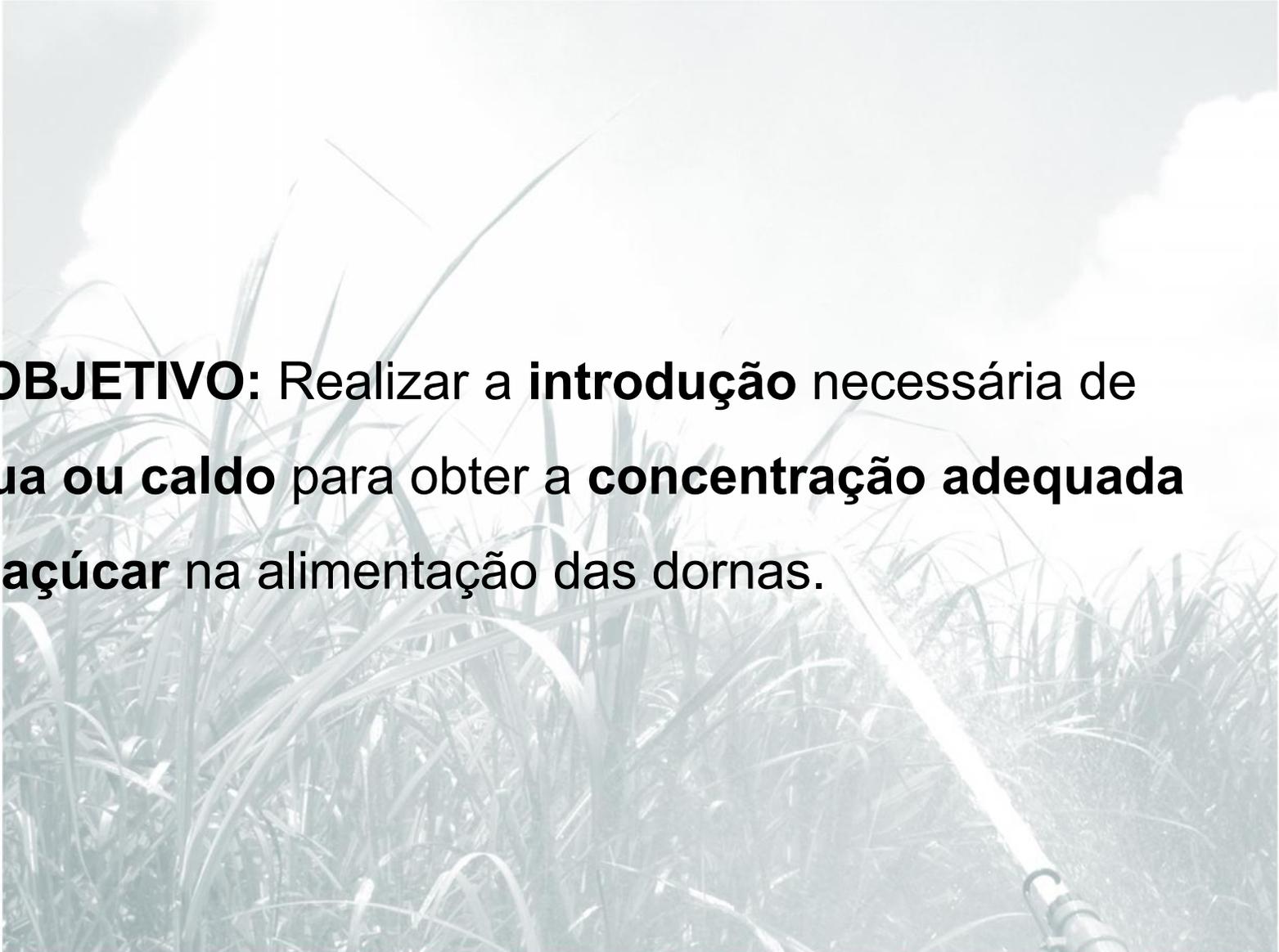
Mosto é uma **mistura de mel, xarope e caldo clarificado**. Sua concentração é definida conforme a **produção** pretendida e a **viabilidade** da levedura.

O mosto deve ter as seguintes características:

- Isenção de Sólidos (bagacilho, areia, terra);
- Temperatura de **32°C**;
- Contaminação **< 10² (ideal)**.

DILUIÇÃO DO MOSTO

- **OBJETIVO:** Realizar a **introdução** necessária de **água ou caldo** para obter a **concentração adequada de açúcar** na alimentação das dornas.



RESFRIAMENTO DO MOSTO

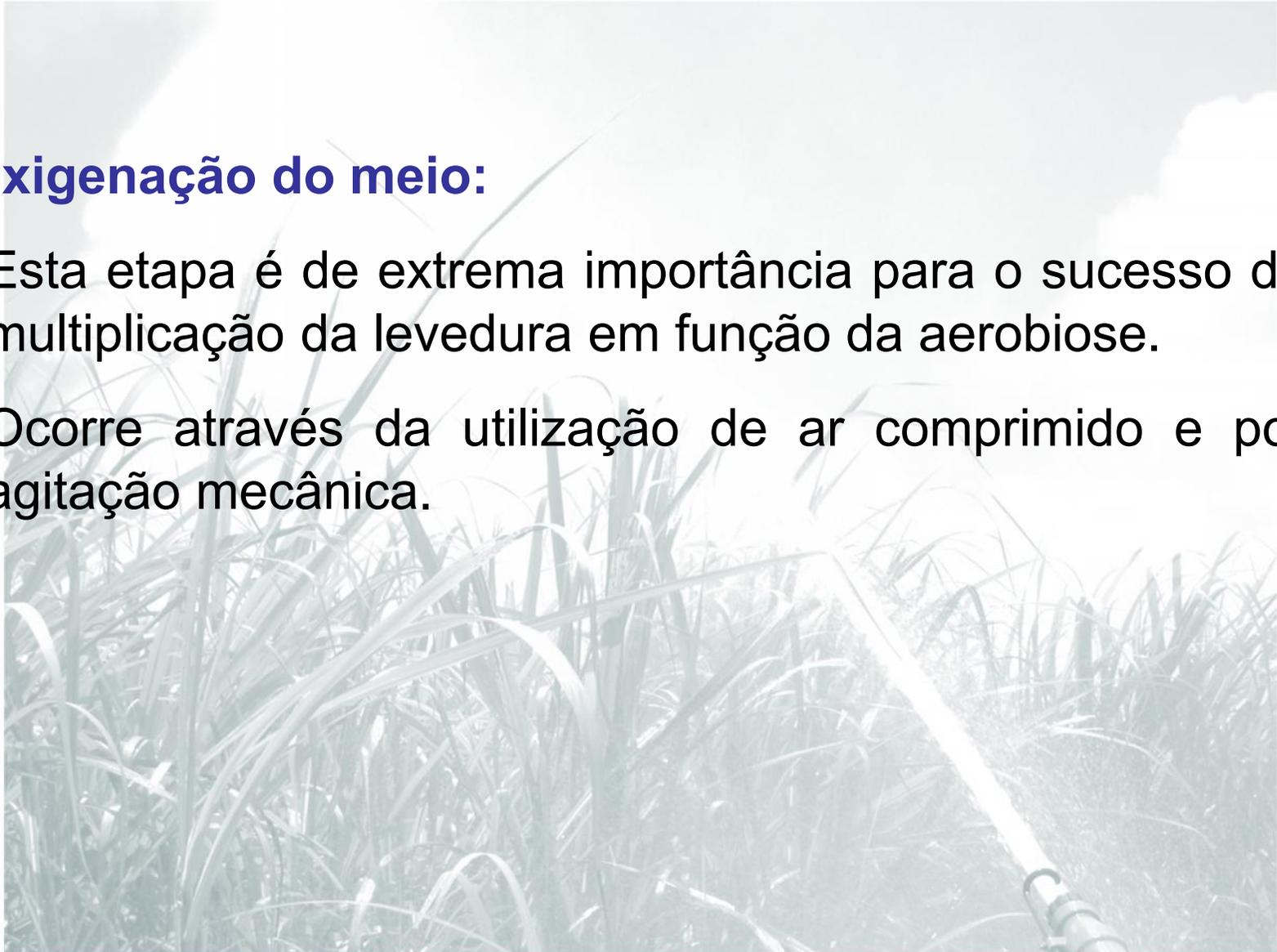
- ✓ **OBJETIVO:** Reduzir a temperatura em média de 65°C para 32°C.
- ✓ **CONSEQÜÊNCIAS DE TEMPERATURAS ELEVADAS:**
 - Aumento da proliferação bacteriana;
 - Redução da viabilidade celular;
 - Queda no rendimento fermentativo;
 - Probabilidade maior de floculação.

Princípios Fundamentais: Multiplicação

➤ Oxigenação do meio:

Esta etapa é de extrema importância para o sucesso da multiplicação da levedura em função da aerobiose.

Ocorre através da utilização de ar comprimido e por agitação mecânica.



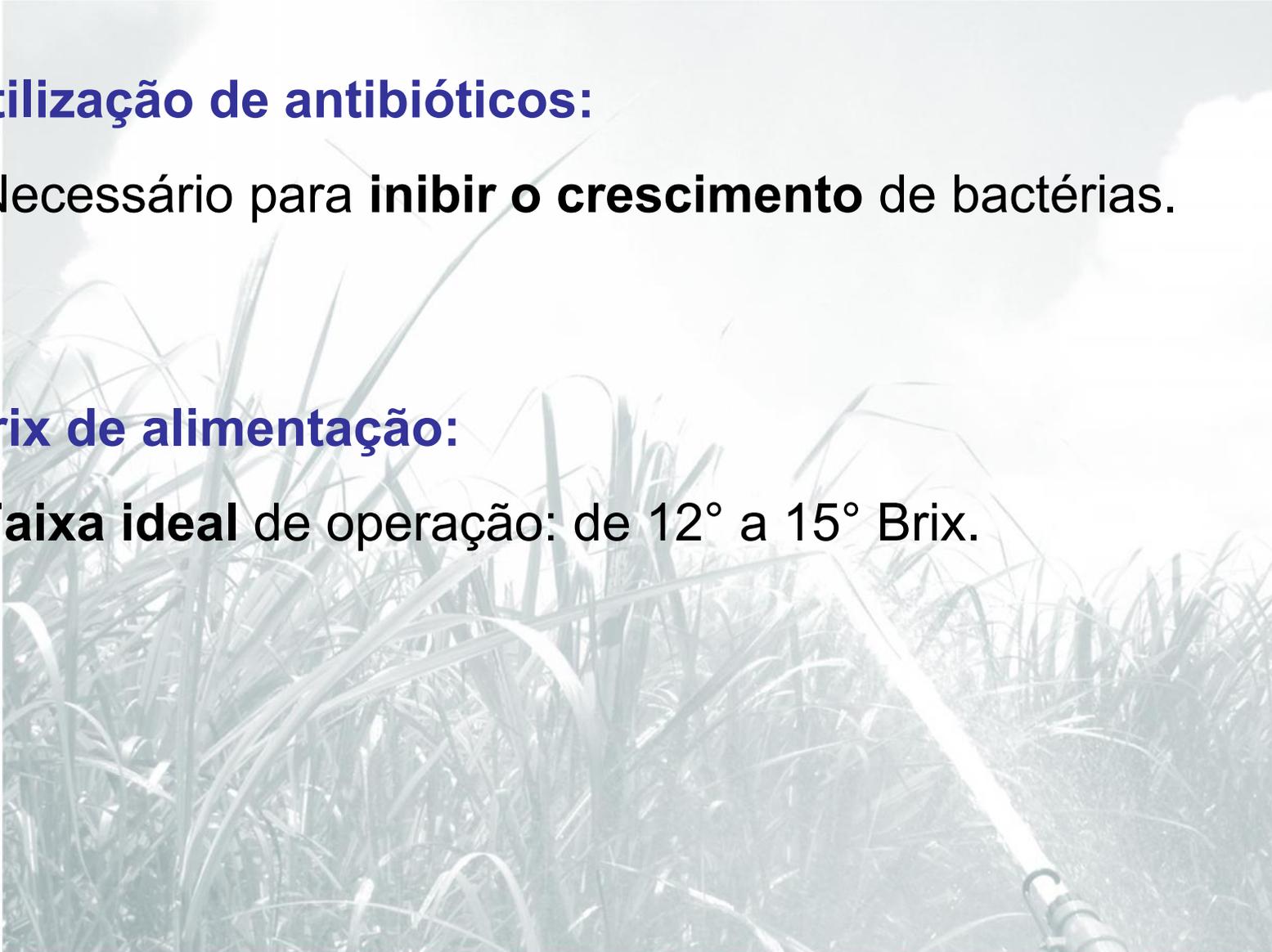
Princípios Fundamentais: Multiplicação

➤ **Utilização de antibióticos:**

Necessário para **inibir o crescimento** de bactérias.

➤ **Brix de alimentação:**

Faixa ideal de operação: de 12° a 15° Brix.



Princípios Fundamentais: Multiplicação

➤ Utilização de nutrientes:

- São importantes também para **favorecer a multiplicação rápida da levedura.**
- Os mais utilizados são:
 - fontes de nitrogênio (sulfato de amônio);
 - fontes de magnésio (sulfato de magnésio);
 - fontes de potássio .
 - e outros (zinco, fósforo, cálcio etc.)

Fatores que causam perdas a fermentação

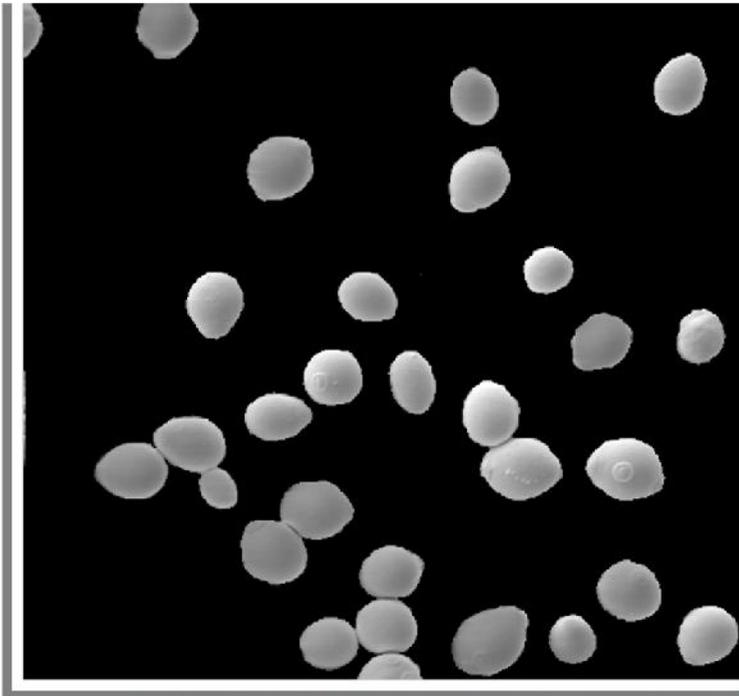
■ Espumas

O que são as espumas:

- ▶ Bolhas de gás;
- ▶ Aprisionada por película líquida.

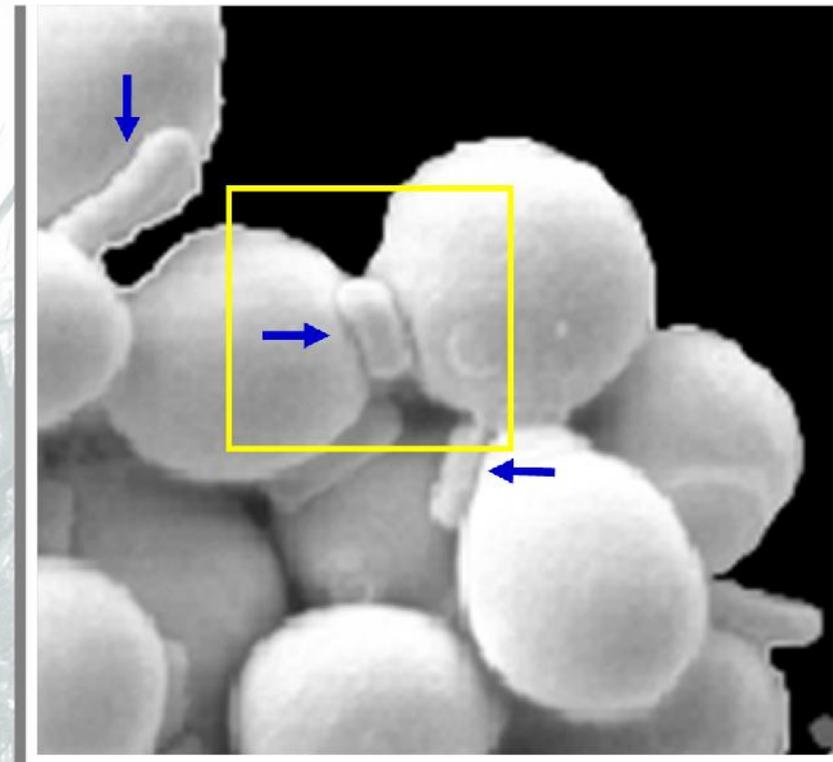
■ Floculação

Fatores que causam perdas a fermentação



IDEAL: CÉLULAS ISOLADAS

FLOCULAÇÃO CAUSADA POR BACTÉRIAS



Dornas de Fermentação

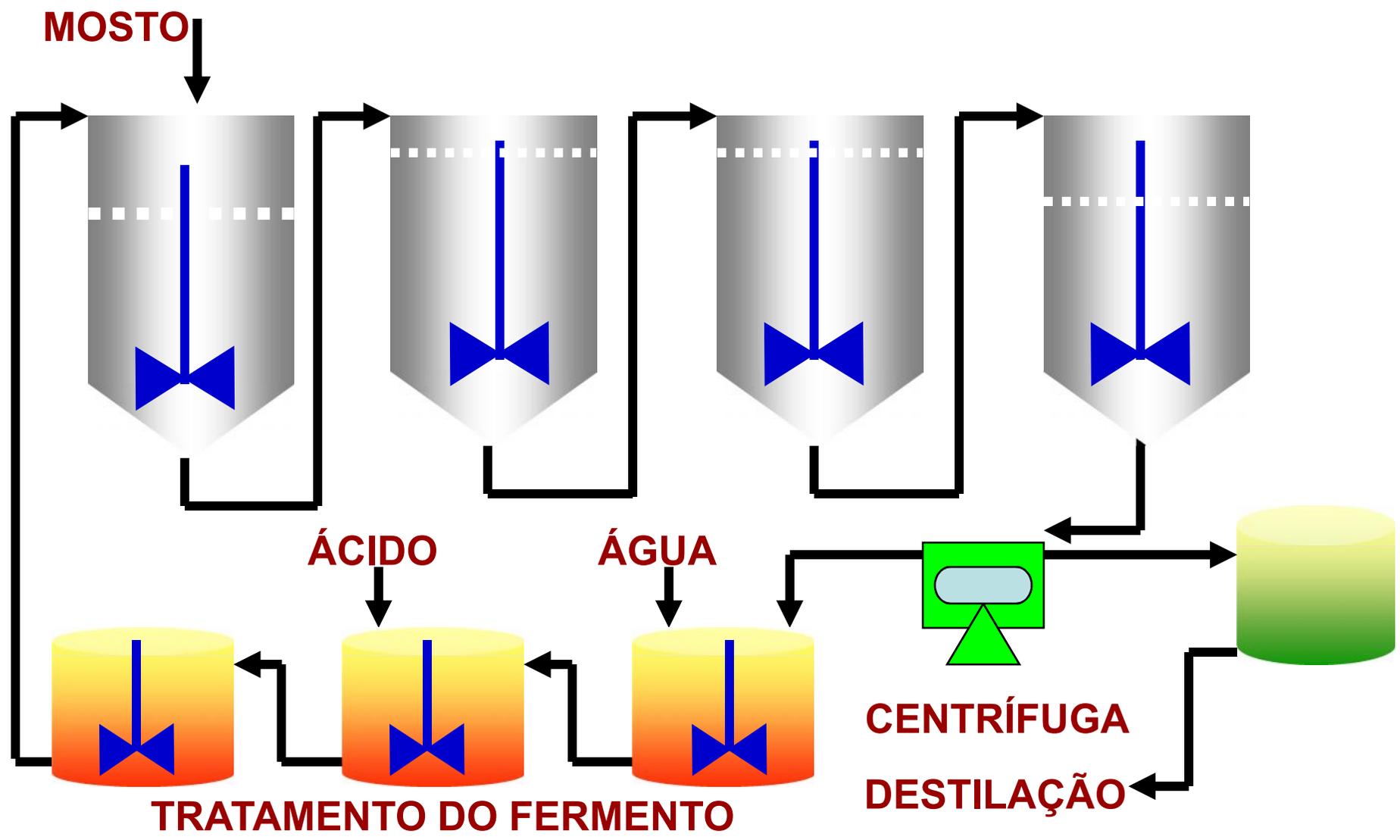
- São tanques construídos geralmente em aço carbono com capacidade variável de acordo com a capacidade do processo.
- Podem ser fechadas ou abertas:
 - ❖ **Abertas:** apresentam **perda acentuada** pois, com a **eliminação do CO₂** da fermentação, haverá um **arraste de álcool**.

Tipos de Processo de Fermentação

Podemos encontrar 02 principais processos de fermentação, sendo:

- Fermentação Contínua;
- Fermentação Descontínua

TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ➤ Fermentação Contínua



TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ➤ Fermentação Descontínua

Fermentação Descontínua ou Batelada : Neste processo utilizamos **várias dornas** geralmente com **capacidade menor** que as do processo contínuo, podemos dizer que neste tipo de processo trabalhamos fazendo **várias pequenas fermentações**, pois as dornas são cheias, fermentadas e processadas uma a uma.

TIPOS DE PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ➤ Fermentação Batelada

BATELADA COM CENTRIFUGAÇÃO (MELLE BOINOT)

