

**Universidade de São Paulo – USP**

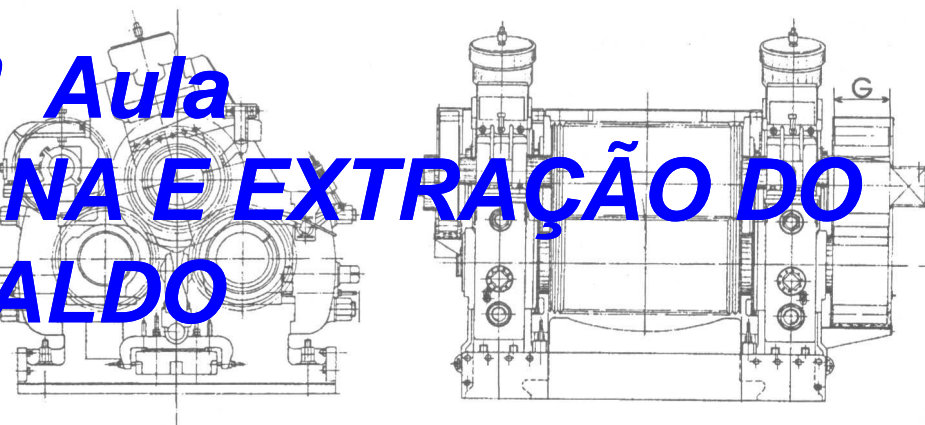


Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq  
Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - LAN

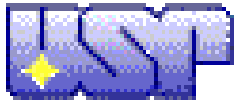
# LAN 685 - Tecnologia do Álcool



## 6ª Aula PREPARO DA CANA E EXTRAÇÃO DO CALDO



**Prof. Antonio Sampaio Baptista**

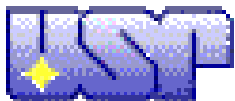


# EXTRAÇÃO DO CALDO



## ◆ INTRODUÇÃO

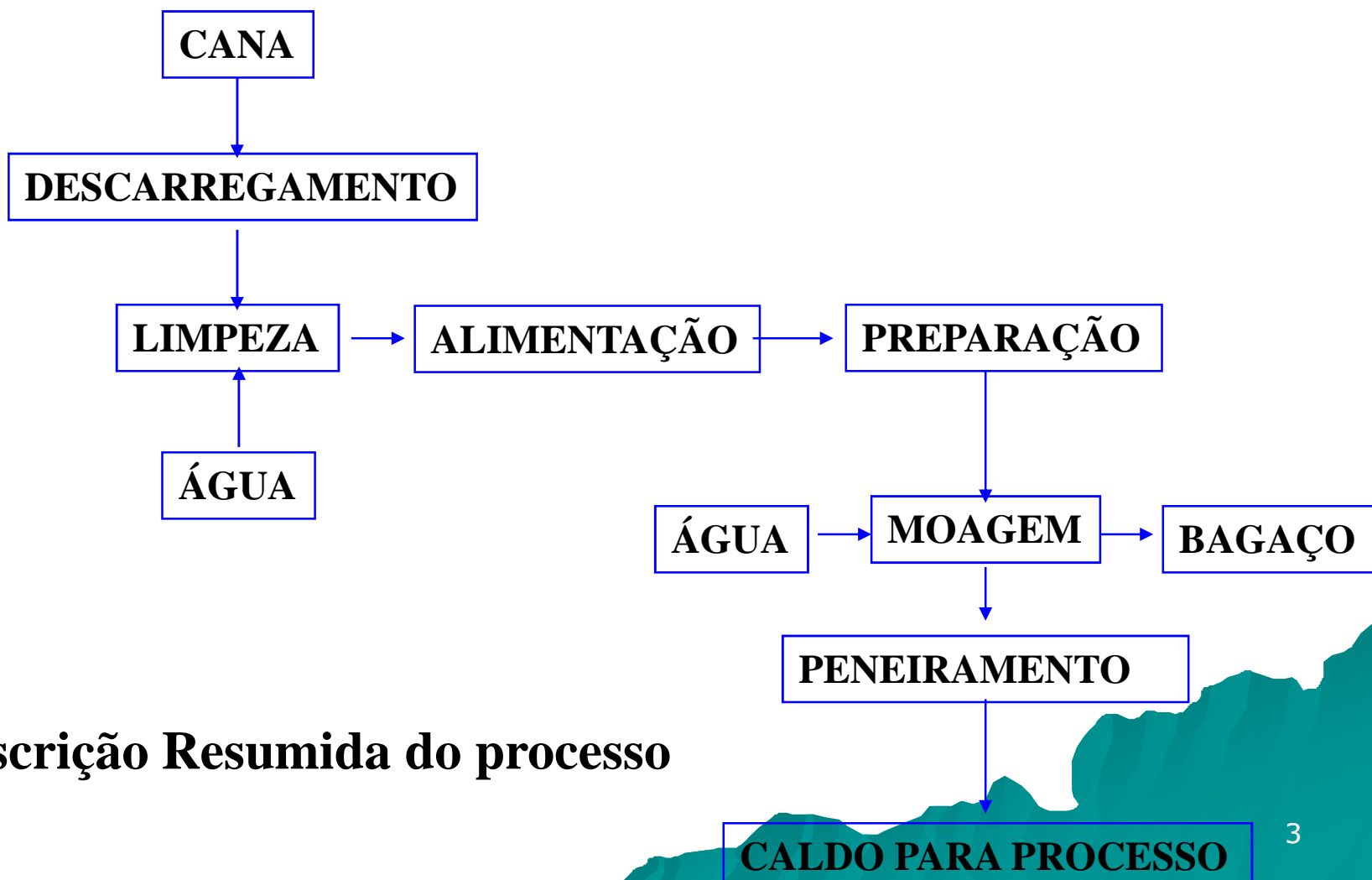
- 1 Extração do caldo com moenda
  - 1.1 Instalação típica
  - 1.2 Principais componentes de uma moenda
  - 1.3 Parâmetros para o julgamento da eficiência de uma moenda
  - 1.4 Embebição
  - 1.5 Capacidade de extração
- 2 Extração do caldo com difusor
  - 2.1 Princípios da difusão
  - 2.2 Pontos importantes na difusão
  - 2.3 Características de um difusor
  - 2.4 Difusor sem correntes
- 3 Sistema de transporte de bagaço
- 4 Considerações finais
- 5 Referências



# EXTRAÇÃO DO CALDO



## ◆ INTRODUÇÃO



Descrição Resumida do processo



# ***PREPARO DA CANA E EXTRAÇÃO DO CALDO***



## ◆ **INTRODUÇÃO**

### **Objetivos do preparo e da extração:**

- ✓ Extrair o máximo de sacarose contida na cana;
- ✓ Bagaço com umidade adequada para queima na caldeira;
- ✓ Operação contínua sem embuchamentos e falhas mecânicas;



# **PREPARO DA CANA E EXTRAÇÃO DO CALDO**



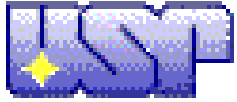
## ◆ **INTRODUÇÃO**

### Dados relevantes do processo

**Descarregamento: Relativamente Rápido**  
Poucos Operadores  
Propiciar Suficiente Carga nas Mesas e/ou transportadoras

**Limpeza: Eliminar Impurezas Vegetais e Minerais**  
Via Seca ou Úmida

**Alimentação: O mais Uniforme Possível, sem Interrupções.**  
Operação Contínua sem Embuchamentos e Falhas Mecânicas



# **PREPARO DA CANA E EXTRAÇÃO DO CALDO**



## ◆ INTRODUÇÃO

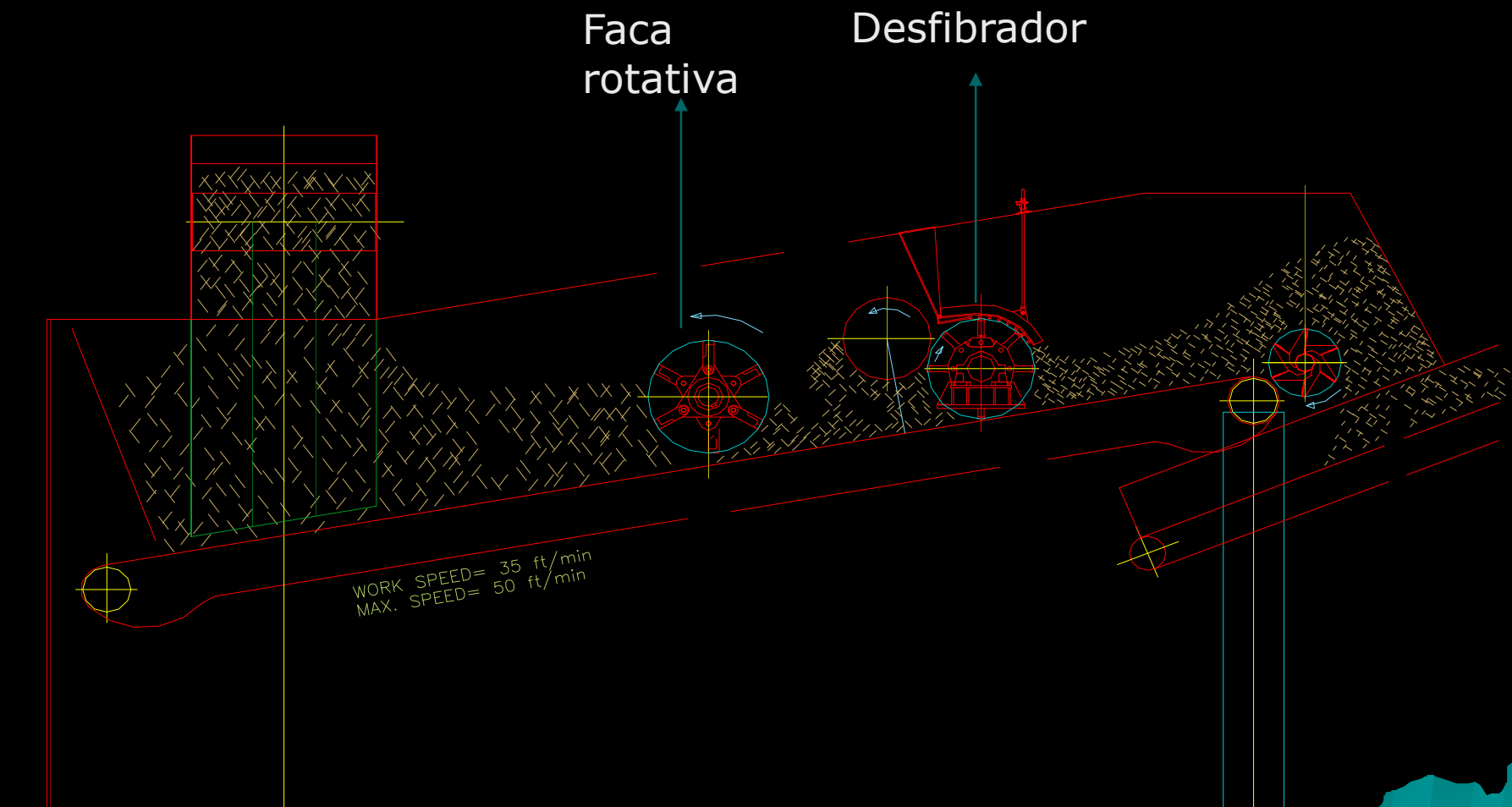
### Dados relevantes do processo

#### Preparo da cana:

- Romper a estrutura dura da cana.
- Obter o maior Número de células abertas possíveis ( $IP > 86\%$ )
- Obter fibras longas
- Aumentar a densidade da cana
- Operação contínua sem embuchamentos e falha mecânicas



# PREPARO DA CANA E EXTRAÇÃO DO CALDO



**FLUXO NO PREPARO DE CANA**

# EQUIPAMENTOS USADOS PARA O PREPARO DA CANA

## PARA MOAGEM E DIFUSÃO

- **Objetivos:**

- ✓ *Aumentar a densidade da cana/capacidade de moagem e realizar o máximo rompimento das células.*
- ✓ **Jogo de Facas Niveladoras** - *fundamental para altas moagens.*
- **Jogo de Facas Picador** - *produz uma semi preparação da cana para alimentar o Desfibrador.*
- **Jogo de Facas Alimentador** - *essencial quando o Desfibrador é de alimentação vertical.*
- **Desfibrador de Cana** - *montado sobre a esteira e alimentado por Tambor ou montado após a Esteira e alimentado por Jogo de Facas. Existem vários modelos que conferem a cana um índice de células abertas de 85% a 93%.*



# EXTRAÇÃO POR DIFUSÃO

## PREPARO DA CANA



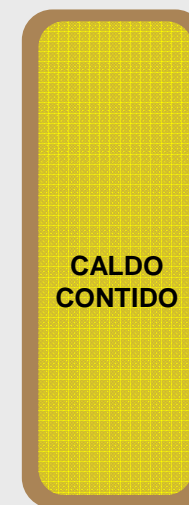
CANA PREPARADA COM JOGO DE FACAS E DESFIBRADOR PESADO:

IMPORTANTE:

- ALTO ÍNDICE DE CÉLULAS ABERTAS
- MANTER FIBRAS LONGAS



CÉLULA ABERTA  
PELO PREPARO



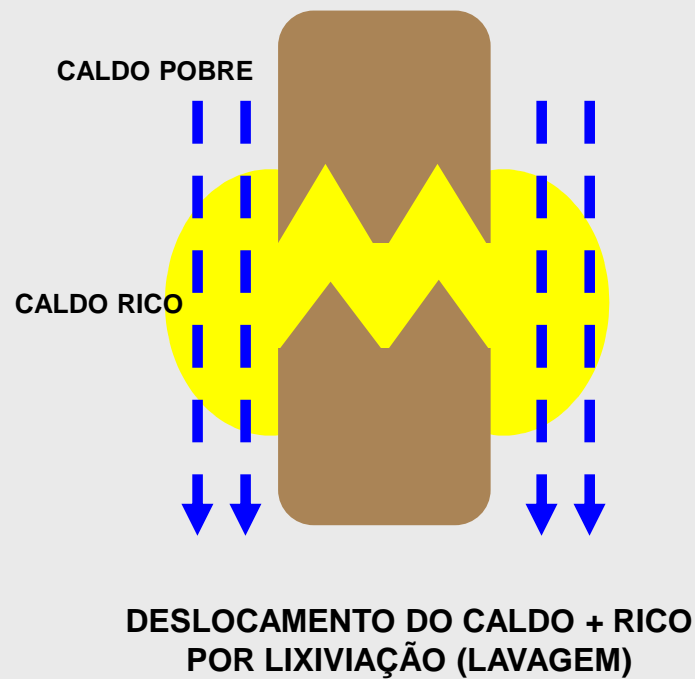
CÉLULA NÃO ABERTA  
PELO PREPARO

# EXTRAÇÃO POR DIFUSÃO

## EXTRAÇÃO DO CALDO POR LIXIVIAÇÃO E POR DIFUSÃO

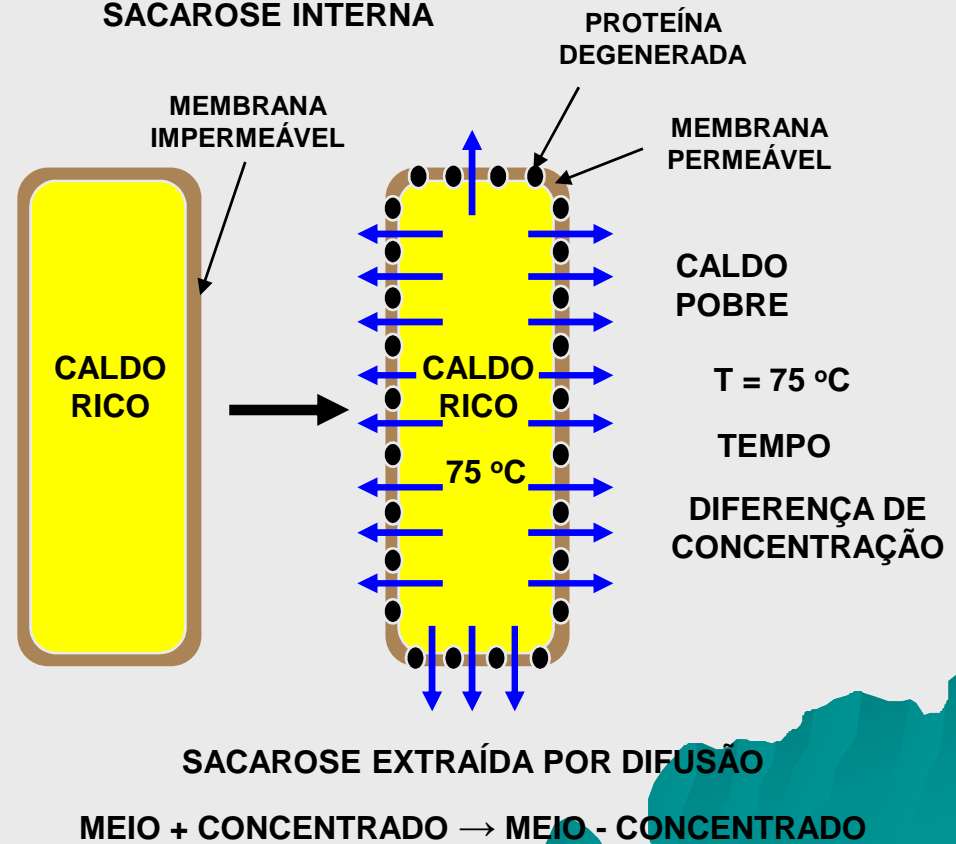
### LIXIVIAÇÃO

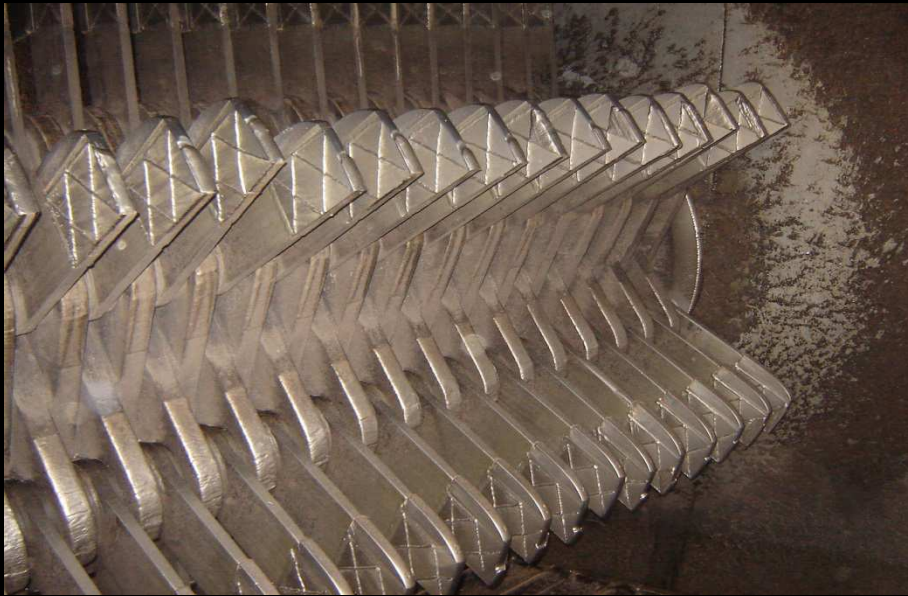
CÉLULA ABERTA  
SACAROSE EXPOSTA



### DIFUSÃO

CÉLULA FECHADA  
SACAROSE INTERNA





**FACA PICADORA**



**DESFIBRADOR MAXCELL**



**COP 8**



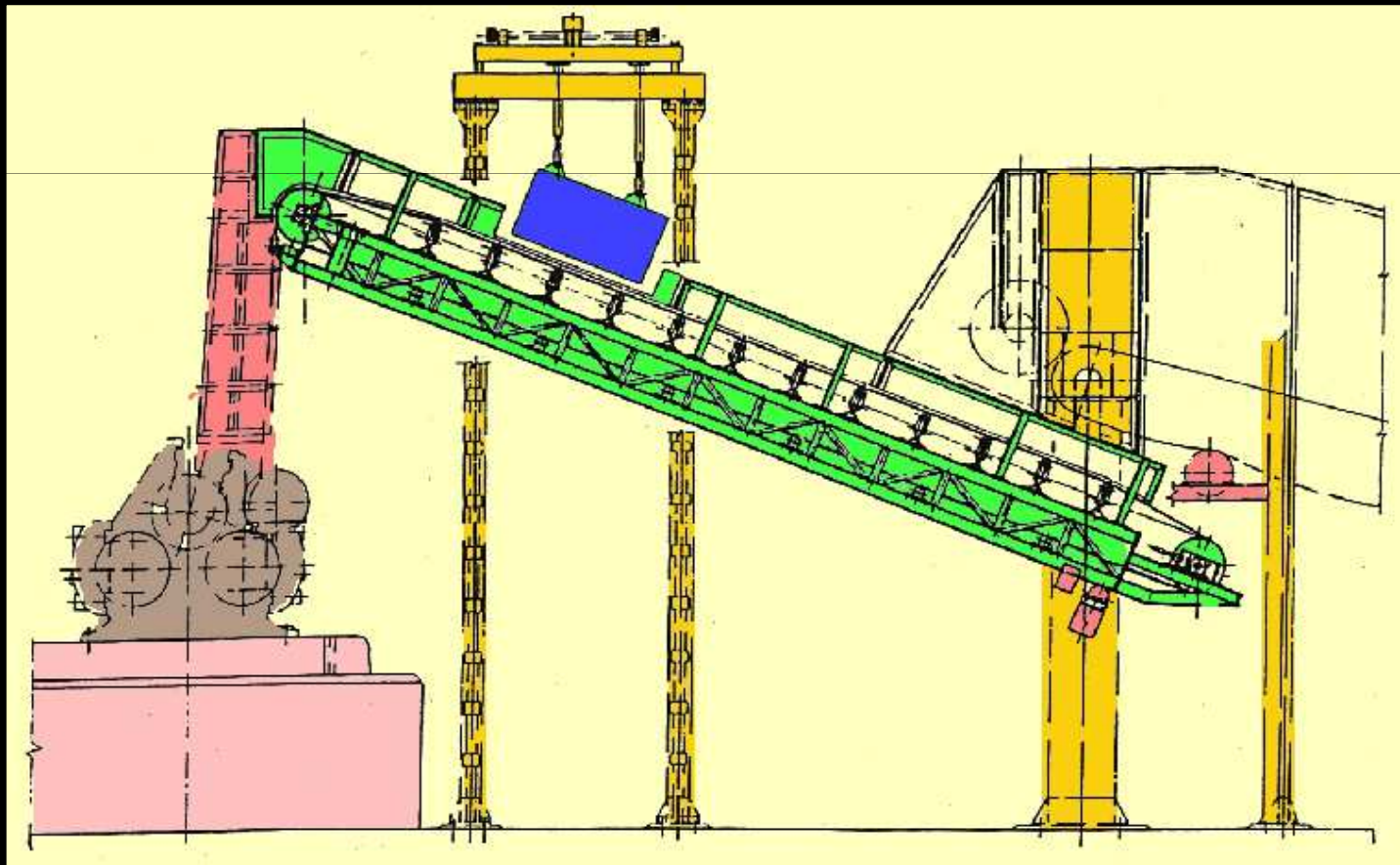
**ESPALHADOR**



# EQUIPAMENTO USADOS NO PREPARO DA CANA

## ELETROIMÃ

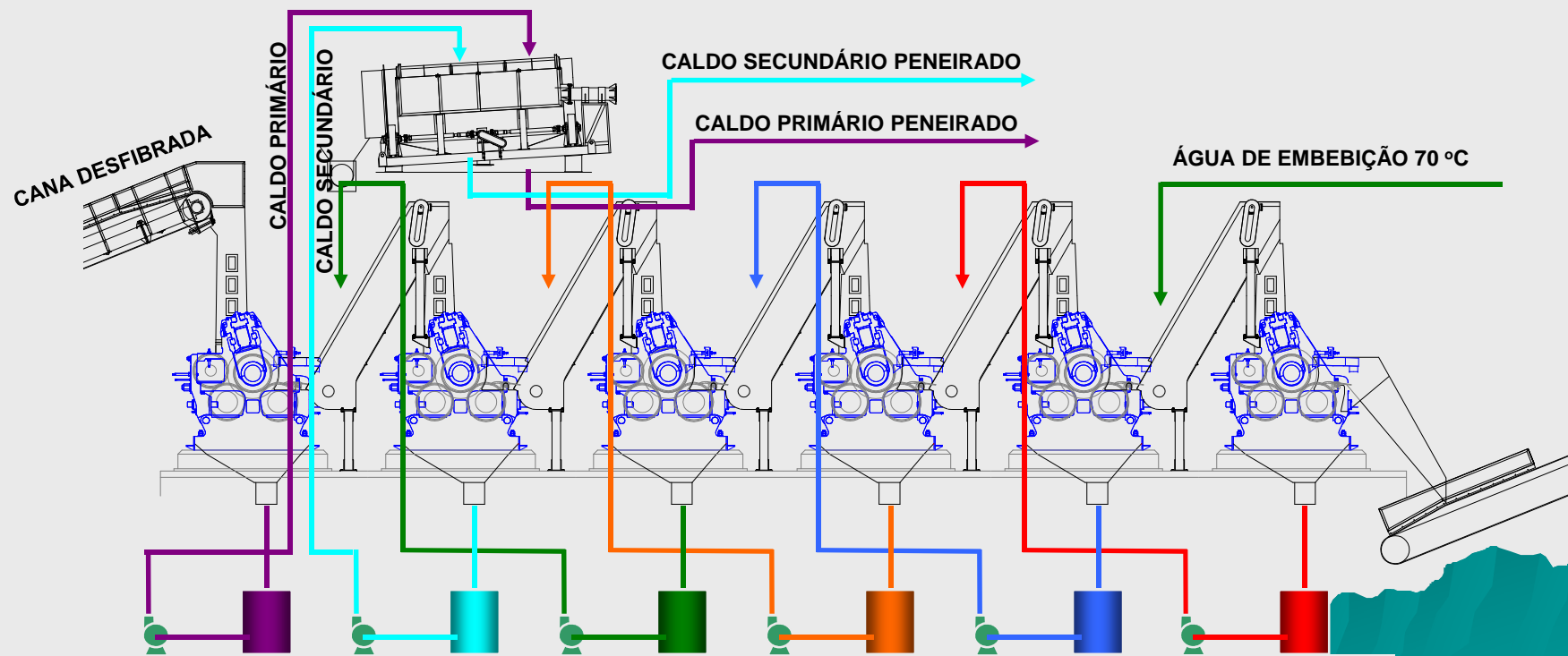
Finalidades → instalado na esteira de cana desfibrada, visando retenção de pedaços de ferro, arames, parafusos trazidos com a matéria-prima colhida no campo, causa danos bastante graves nas moendas.



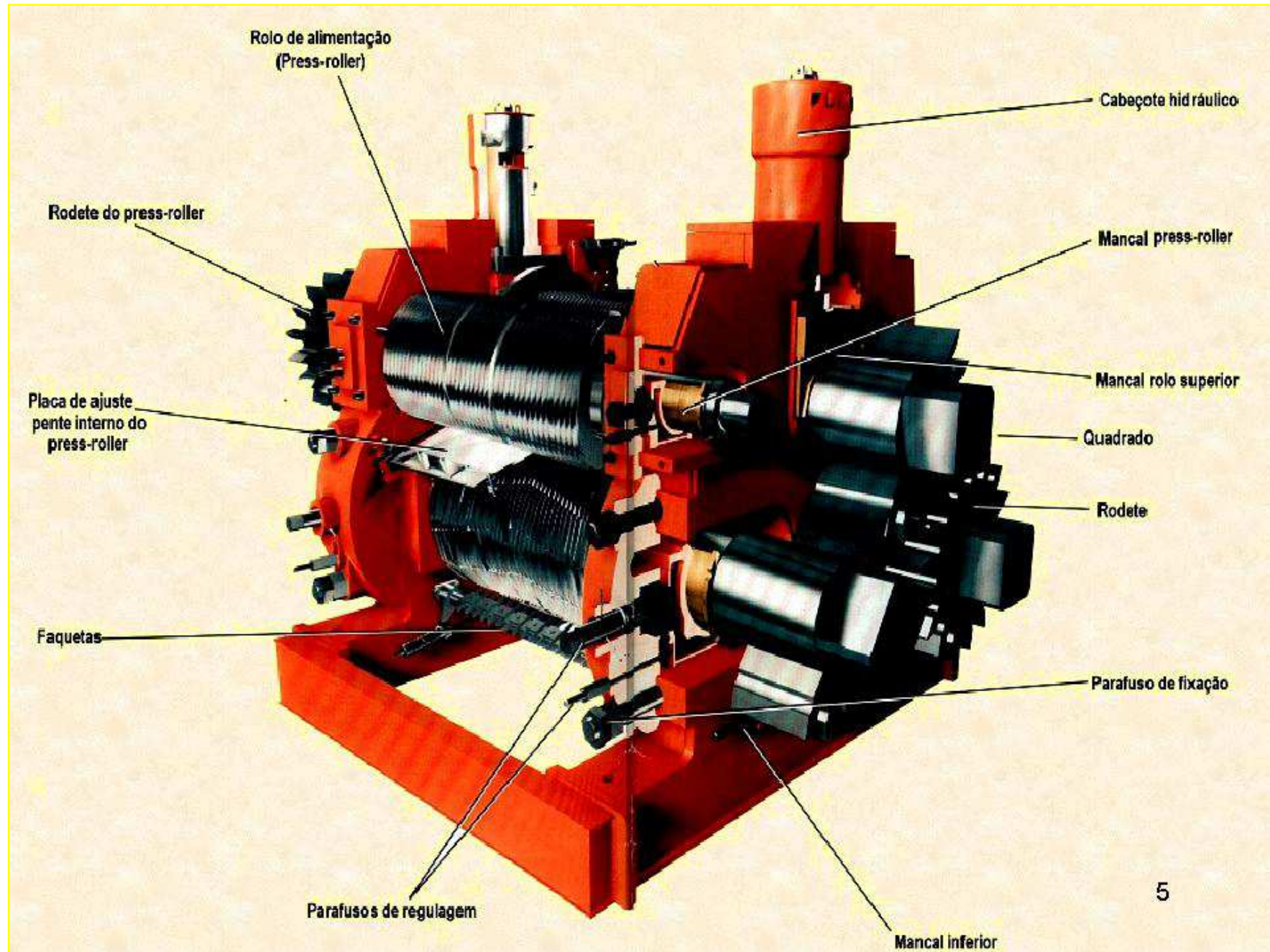
# EXTRAÇÃO DO CALDO

## EXTRAÇÃO POR MOAGEM

A MOENDA (OU TANDEM): CONJUNTO DE TERNOS



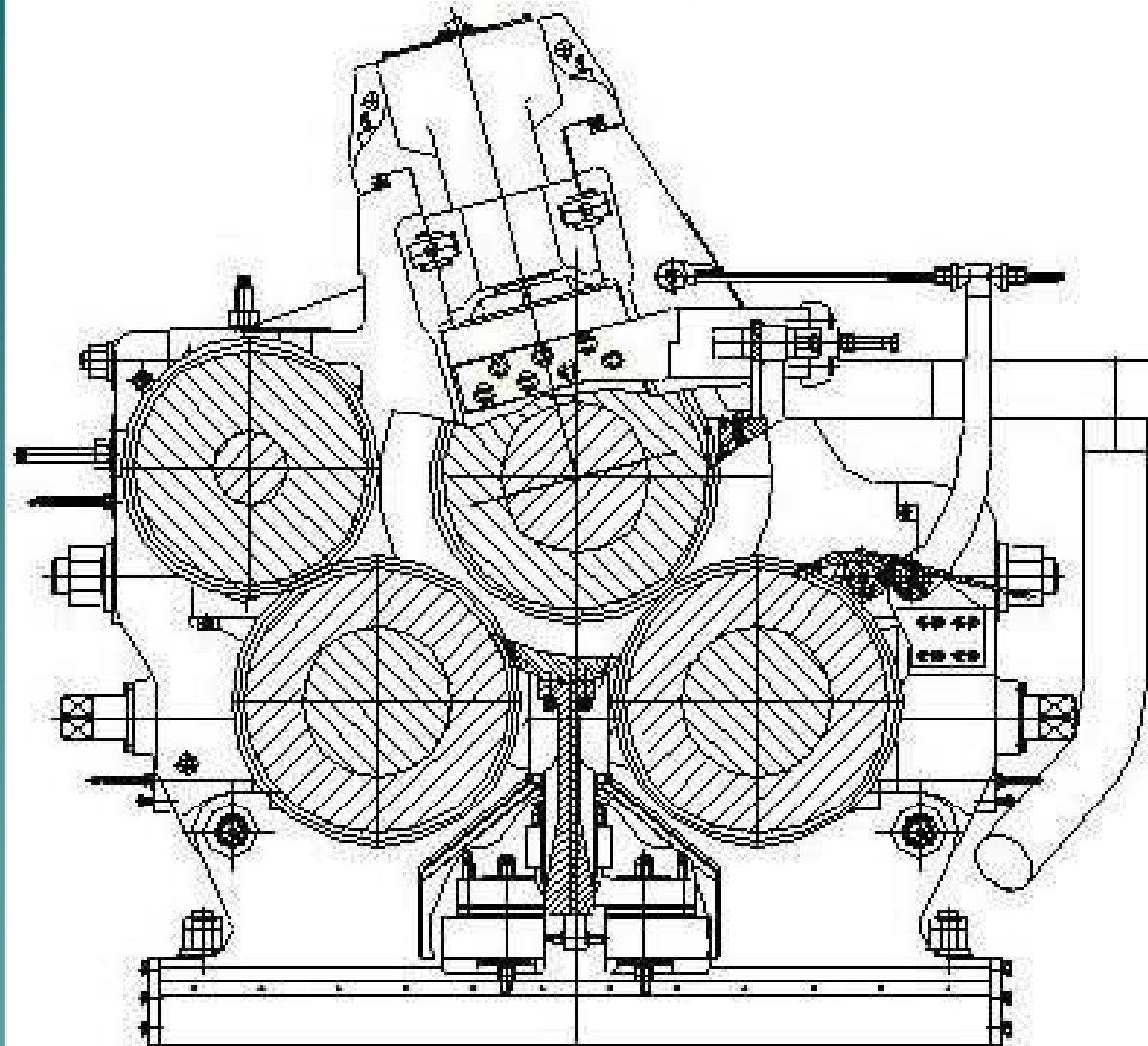
## 1.2 Principais componentes de uma moenda



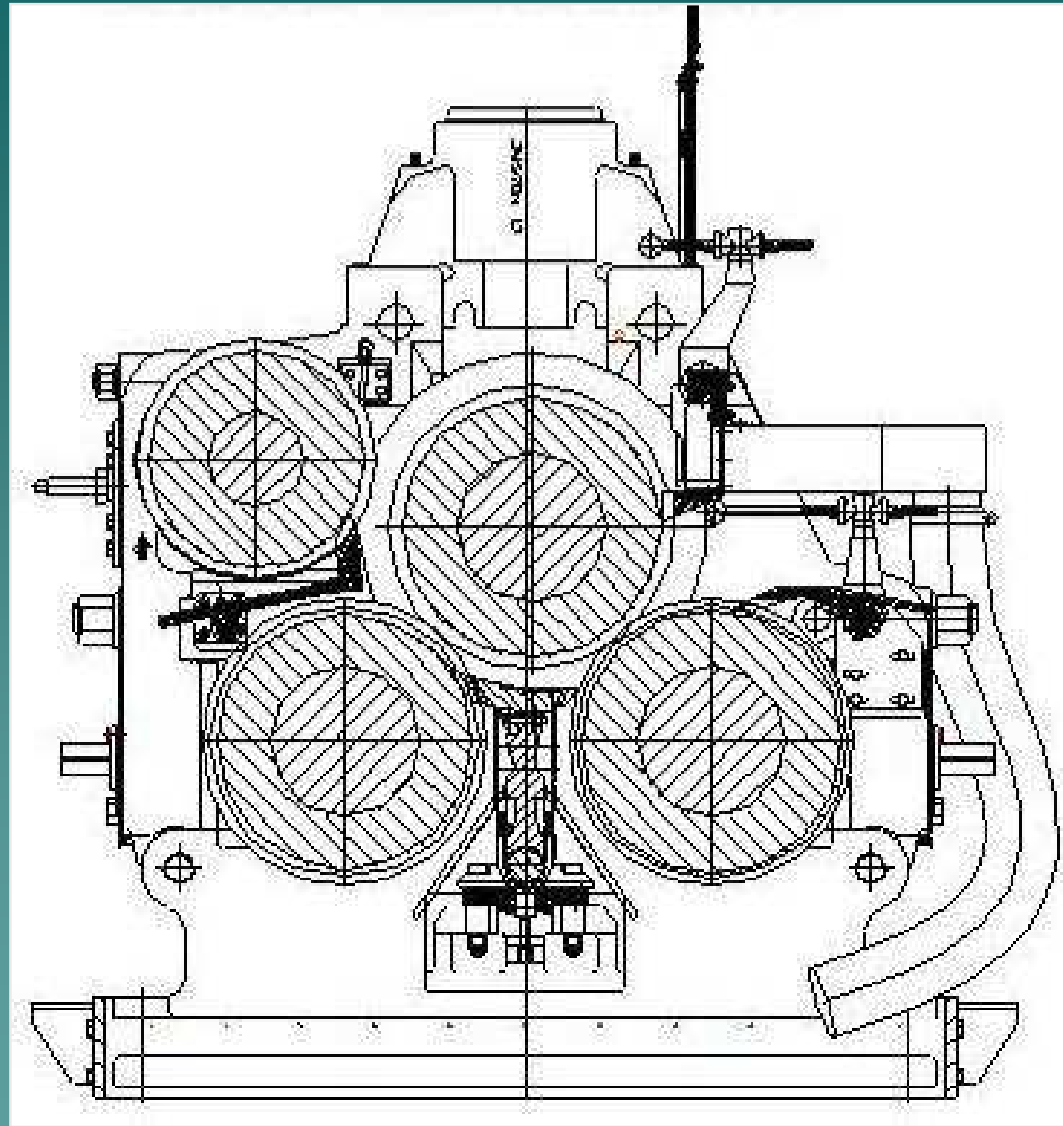


# Moenda Dedini MCD-01

56''x100''



# MOENDA DEDINI FARRELL





### 1.3 Parâmetros de julgamento da eficiência

- ◆ **Capacidade** - é a quantidade de cana moída na unidade de tempo
  - **Formas de expressar**: TCH, TCD, TFH e TFD
- ◆ **Extração** - é a porcentagem de açúcar extraída em relação a quantidade existente na cana.
- ◆ Pol extraída/% pol na cana  
Outra forma: açúcar perdido no bagaço por cento da fibra da cana

**Extração reduzida**: é a porcentagem de açúcar recuperada se a cana tivesse 12,5% de fibra ==> Referência

**Velocidade da moenda**: 5 a 7 rpm

## FIBRA % CANA

### ◆ fibra % cana

Capacidade

Extração

Menor Cap ( - )

12,5%

Maior Cap ( + )

1% fibra reduz 1,5% a extração

Efeito da palha (cana crua)



> peso do bagaço



> adsorção de caldo no bagaço



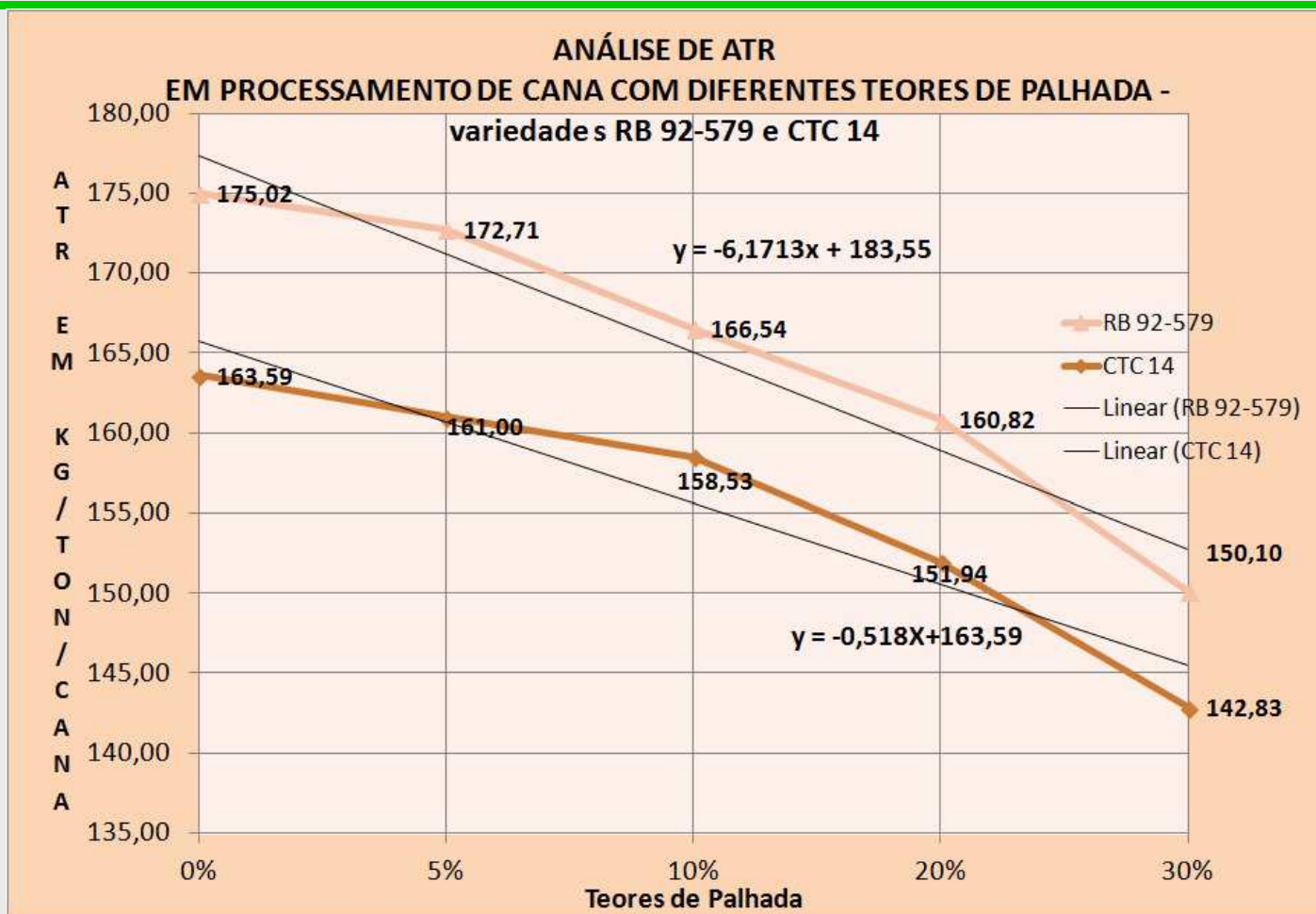
> perda de pol

## Estudo de caso 1

## FIBRA % CANA

✓ Considere que usina realizou um bom contrato de cogeração, comercializando a energia elétrica a R\$ 180,00/MW. Com isso, resolveu coletar 10 % da palha junto com a cana. Isto permitiu colocar na usina 1,3 t de palha (77% de fibra) para cada 100 toneladas de cana processada. Considerando que a caldeira da usina é de 65 bar, o poder de geração de eletricidade desta palha é de 500 Kwh/t de palha. A quantidade de energia excedente no bagaço é de 80 Kwh/tc. A quantidade de cana processada é de 500 TCH. A quantidade de ATR por TC é de 145 kg. O preço do etanol é de R\$ 1.350,00 m<sup>-3</sup> (1m<sup>3</sup> EHC = 1,6761 t de ATR). Calcule o faturamento da usina considerando o quanto ganhará a mais com aumento da energia gerada em função da palha e as perdas que terá com a redução na quantidade de etanol produzida, considerando as perdas na eficiência de extração das moendas. Além disso, proponha uma solução para minimizar tais perdas na moenda.

## Estudo de caso 2: Efeito da palha sobre o ATR da cana



**Figura 2:** Tendência do teor de Açúcares Totais Recuperáveis(ATR) considerando diferentes teores de palha no processamento da cana.

Usina que processa 6 milhões de toneladas de cana na safra.

Custo do sistema de limpeza a seco: R\$ 12.000.000,00. Vida útil: 8 anos.

Preço do ATR R\$ 0,5865 kg<sup>-1</sup>. A partir de qual % de palha compensa o investimento?

## 1.4 EMBEBIÇÃO

### Embebição

→ É a adição de água ou caldo diluído ao bagaço entre um termo e outro, visando o aumento da extração de sacarose.

→ (1) diluente  
(água ou caldo diluído)

→ Dilui o caldo mais concentrado preso as células do parênquima da cana (“troca”)

→ (2) compressão

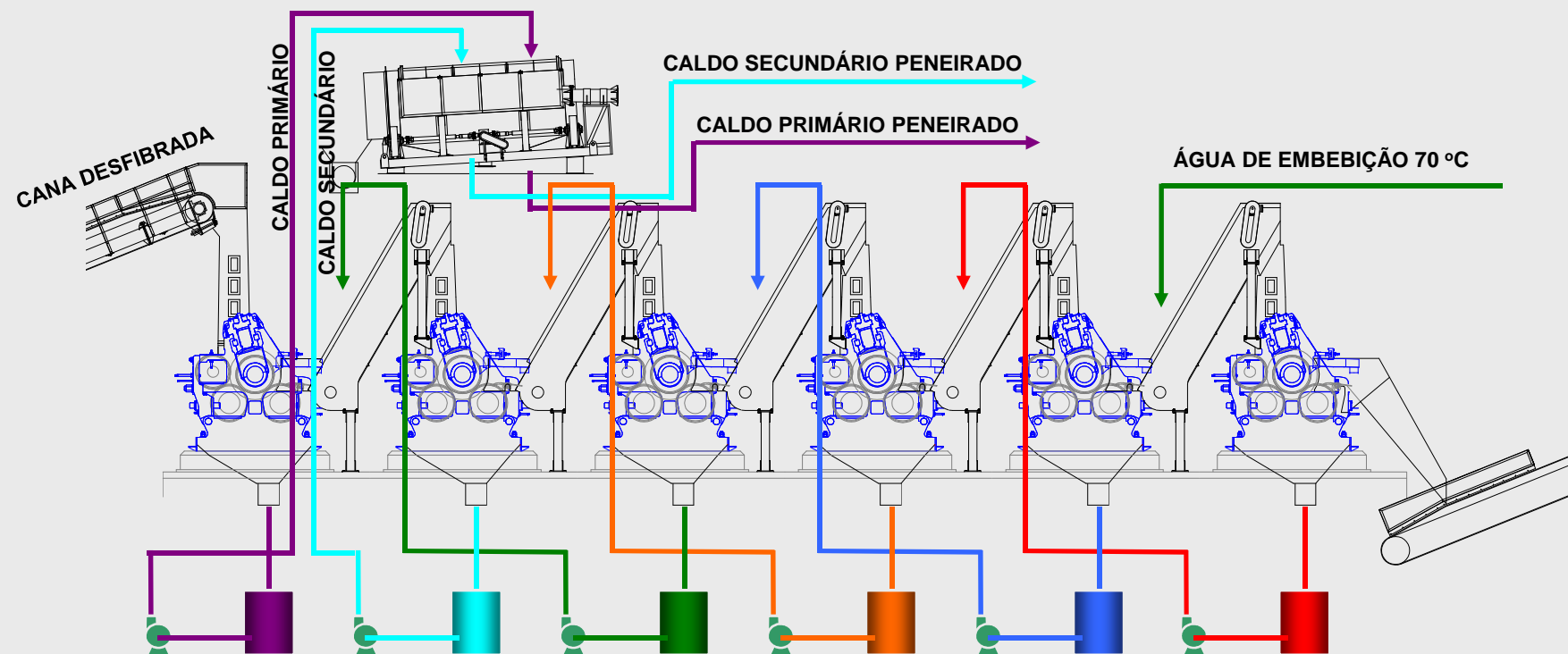
→ Remover os açúcares retidos no bagaço

Uso correto envolve

- quantidade água
- localização
- modo de aplicação
- temperatura

Classificação embebição

- simples
- composta



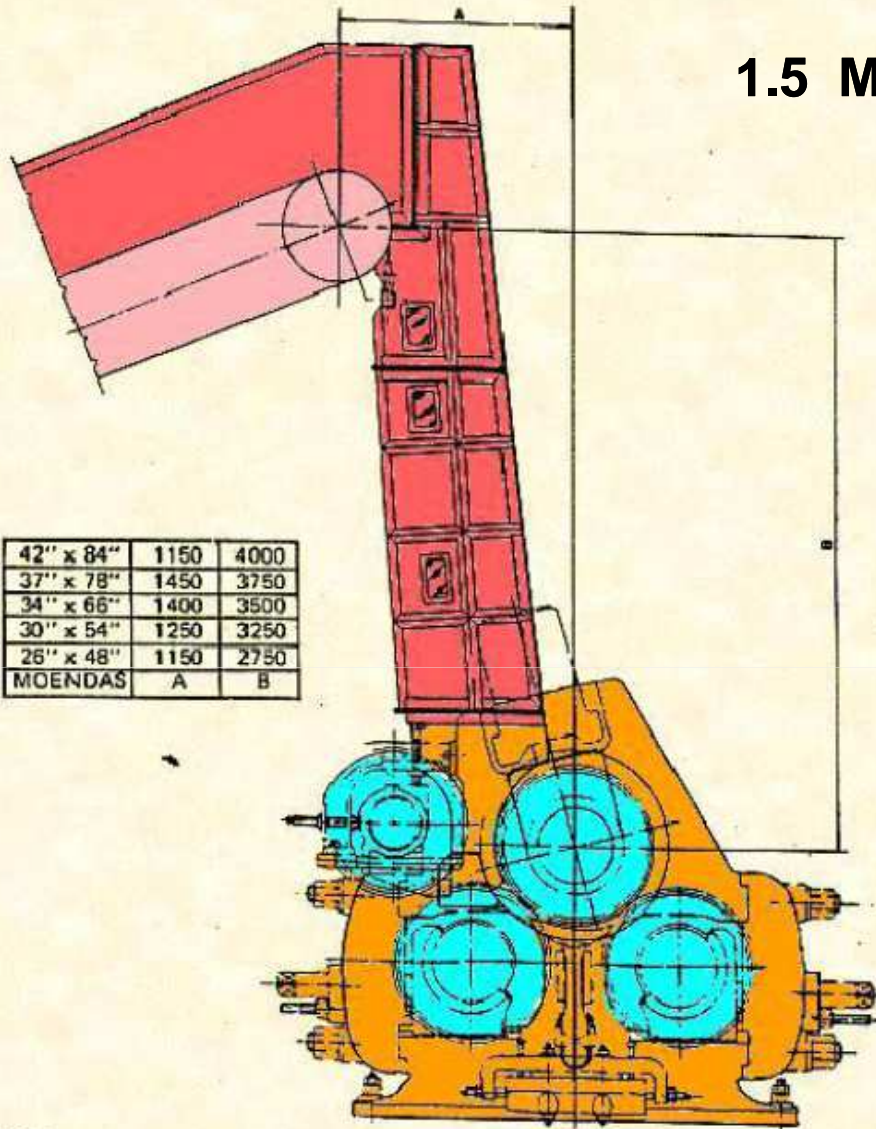
Forma de expressar:

- embebição % cana – quantidade de cana
- embebição % fibra

Exemplo:



## 1.5 MOENDAS – Alimentação



**Donnelly** - Calha de  
alimentação por gravidade

> Angulo de pega de 60°

Donnelly → favorece a

- a) capacidade:  
50kg/m<sup>3</sup> (densidade) a cada ganho  
de 15 a 17%
- b) extração: >70% (bem operado)

## 1.5 MOENDAS – CAPACIDADE DE EXTRAÇÃO



DEDINI MCD-01

TAMANHOS

CAPACIDADES

26" X 48"

30" X 54"

34" X 54"

32" X 60"

34" X 66"

rev1  
37" X 66"

37" X 78"

42" X 84"

45" X 90"

50" X 100"

1.500 tcd



25.000 tcd

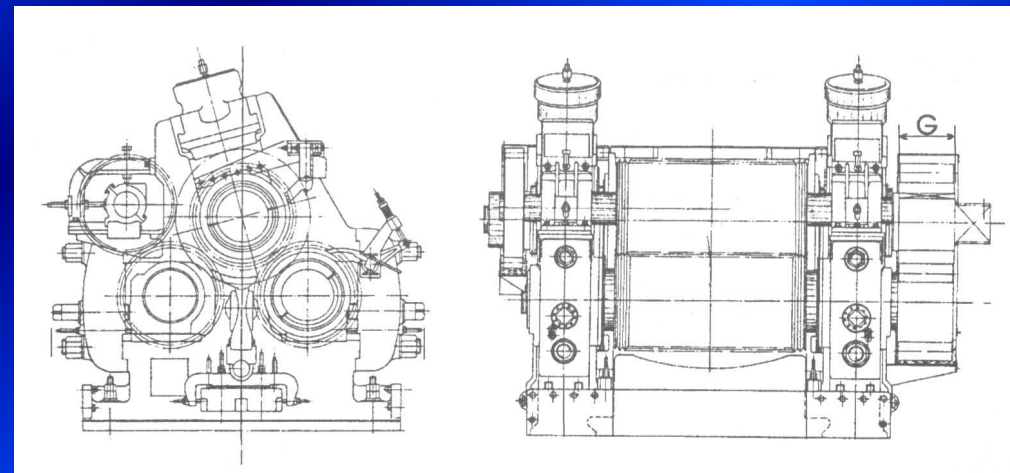


TANDEM DE MOENDAS – 6 TERNOS

EXTRAÇÃO (até +/- 97%)



- Qualidade do preparo
- Quantidade de ternos
- Velocidade
- Pressão Hidráulica
- Embebição
- Fibra da Cana







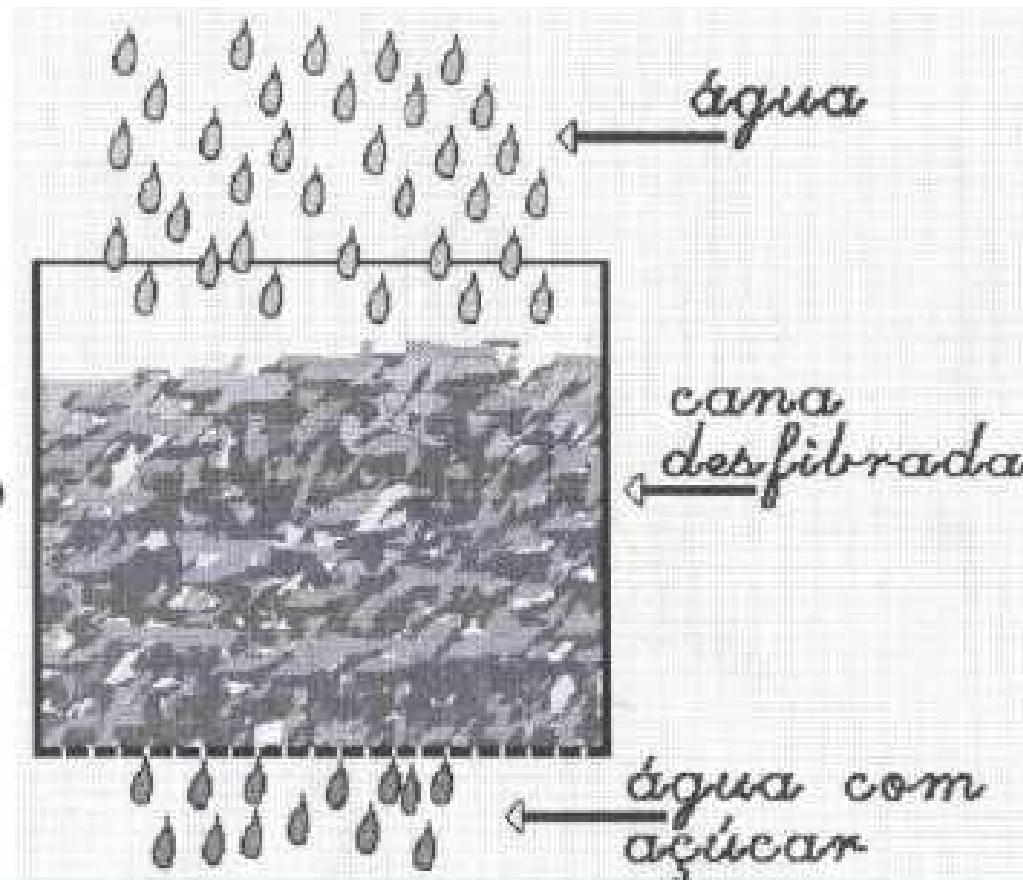
## 2 EXTRAÇÃO DO CALDO POR DIFUSÃO

## PROCESSOS DE RECEPÇÃO, PREPARO E MOAGEM DA MATÉRIA PRIMA

### OUTROS PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DE CALDO DE CANA

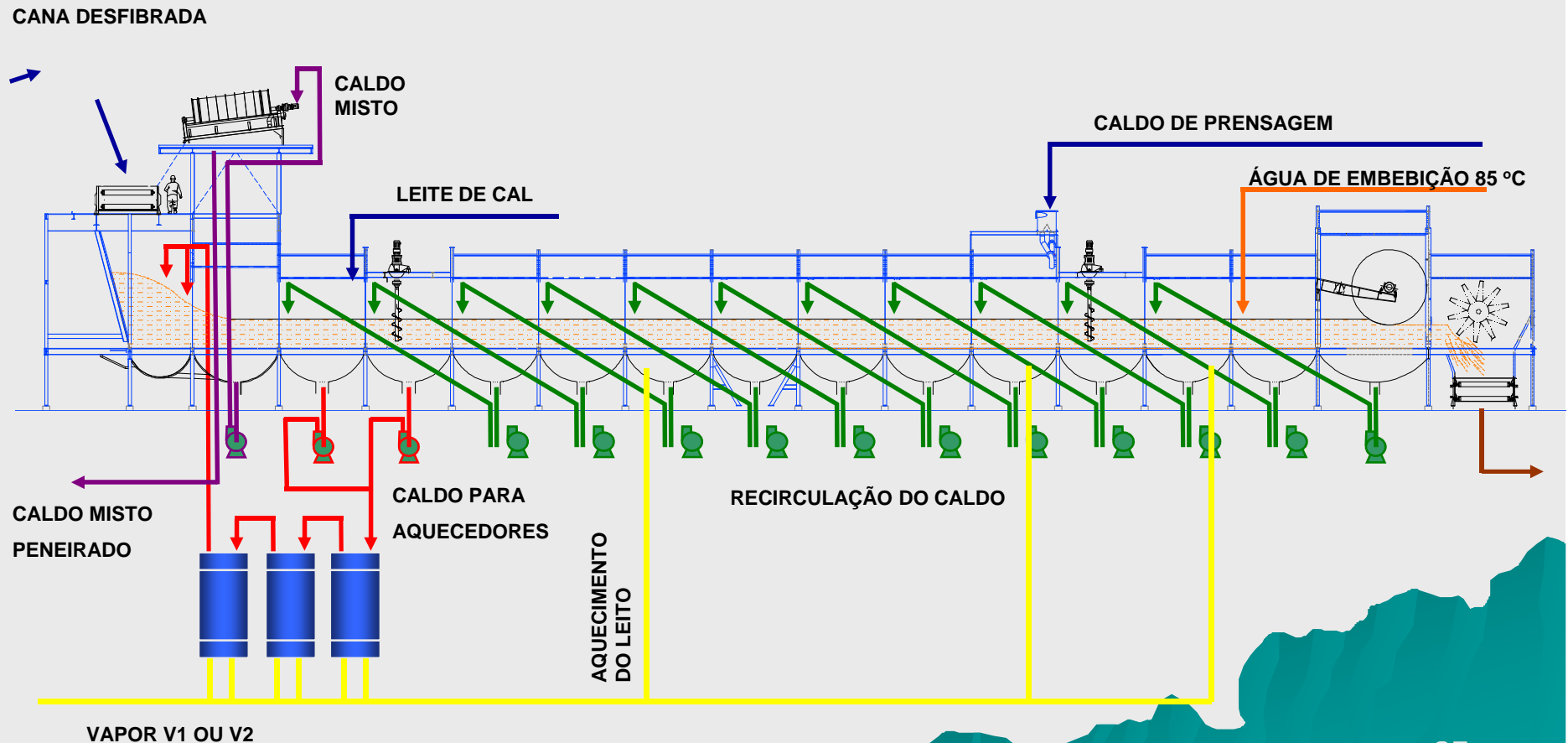
#### PRINCIPIO DA DIFUSÃO

Lixiviação  
Difusão



# EXTRAÇÃO POR DIFUSÃO

## O DIFUSOR DE CANA



# EXTRAÇÃO POR DIFUSÃO



## EXTRAÇÃO POR DIFUSÃO



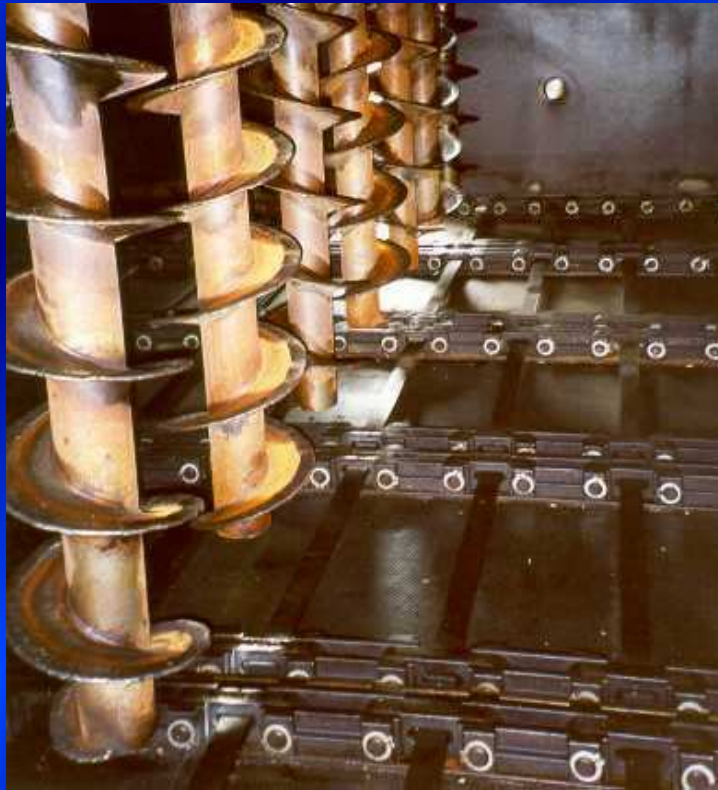
**“O CALDO EXPOSTO PELO PREPARO DA CANA É DESLOCADO POR LIXIVIAÇÃO (LAVAGEM) E A SACAROSE REMANESCENTE NO INTERIOR DAS CÉLULAS É EXTRAÍDA POR DIFUSÃO”**



# Tipos de difusores

## OS DIFUSORES CONVENCIONAIS

### Difusor Tela Fixa



Modelo BMA

### Difusor Tela Móvel

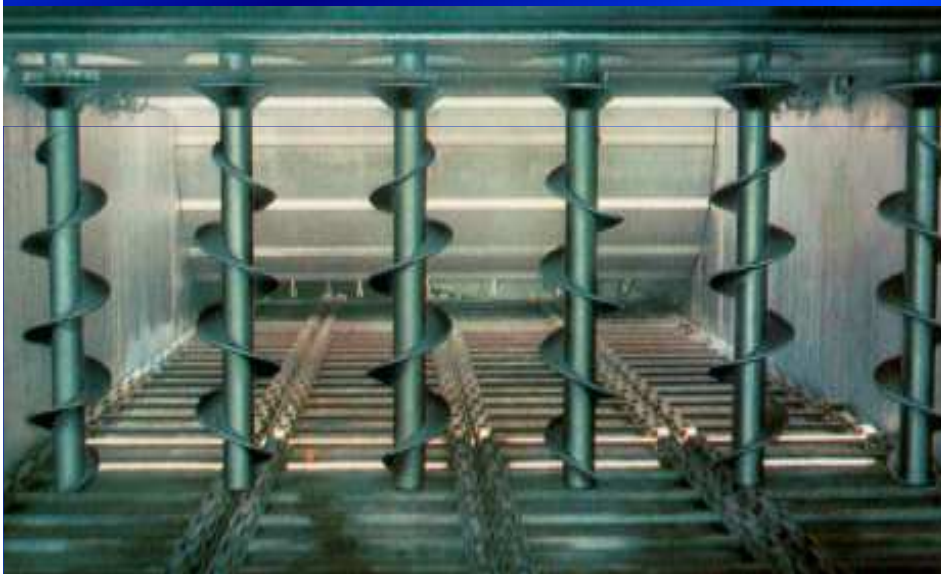


Modelo De Smet

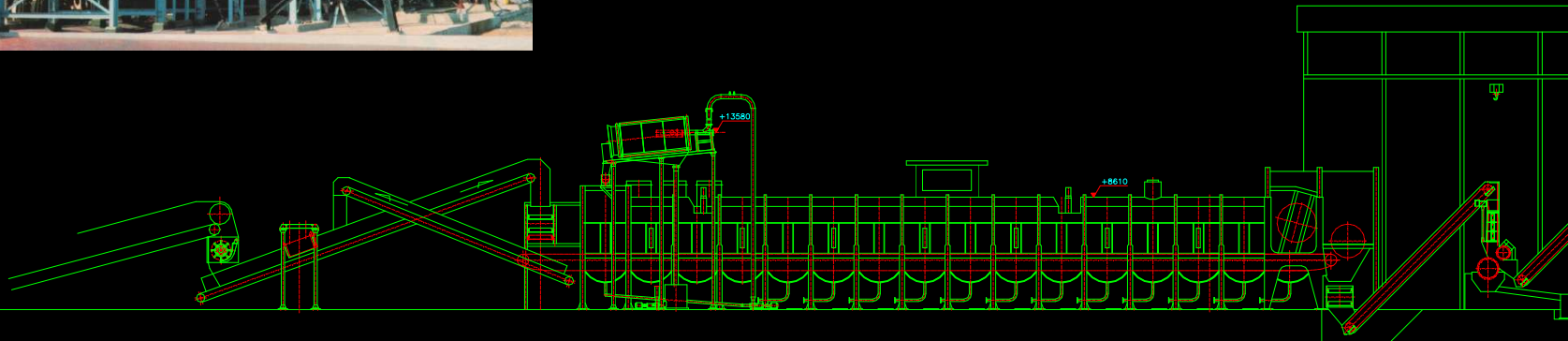
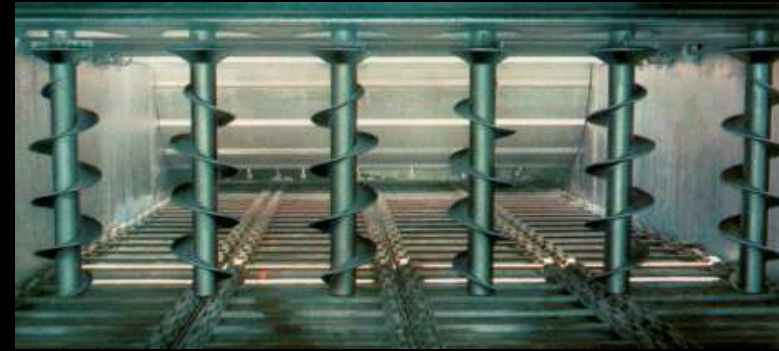
# Tipos de difusores

Difusor com correntes

Difusor sem correntes



## 2.3 CARACTERÍSTICAS DE UM DIFUSOR



EXTRAÇÃO : até 98,5 %

CAPACIDADE : até 15.000 TCD ( 1200 TCD / m largura

COMPRIMENTO : ~ 64 m

POTENCIA: 175 HP/10M largura

VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO: 1m/s

PH DA ÁGUA DE EMBEBIÇÃO: 6 – 6,5

TEMPERATURA DA ÁGUA DE EMBEBIÇÃO: 75 a 90 °C



## 2.4 Difusor Sem Correntes



# VANTAGENS DO DIFUSOR

## 1. Extração de sacarose

- pol% em bagaço originário de difusor: 0,7 %
- pol% em bagaço originário de moendas : 1,6 a 2,3 %
- Aumento da quantidade de açúcar extraída: 2,8 t/1000 t de cana

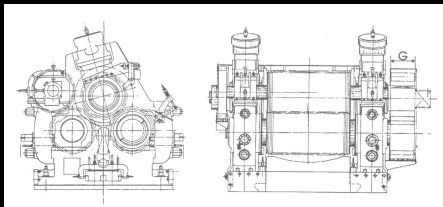
## 2. Economia no consumo de energia

- Consumo de 42% da energia necessária para acionar 5 ternos de moendas ou 35 % da energia necessária para acionar 6 ternos de moenda.
- Produção adicional de energia : 5 a 8 kw por tonelada de cana

## 3. Custo de instalação

- 10 a 15 % a menor do que um tandem de moenda para a mesma capacidade

# MOENDA OU DIFUSOR ?



## MOENDA

- **MENOS SENSÍVEL ÀS PARADAS**
- 97% DE EXTRAÇÃO
- PREPARO DE CANA MAIS LEVE
- MAIOR NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO
- **MAIOR INTERVENÇÃO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA**
- TRATAMENTO DE CALDO MAIS PESADO
- **QUANTIDADE DE TERNOS E ROTAÇÃO DEFINEM CAPACIDADE**
- MENOR DIFICULDADE NO COZIMENTO (AÇÚCAR)

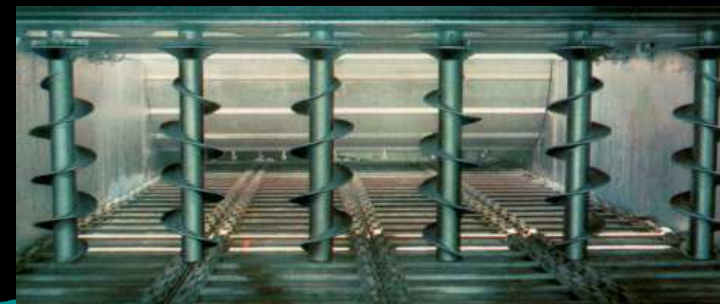
## DIFUSOR

- **PODE SER MAIS SENSÍVEL ÀS PARADAS**
- 98,5 % DE EXTRAÇÃO
- PREPARO DE CANA MAIS PESADO
- **MENOR INTERVENÇÃO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA**
- TRATAMENTO DE CALDO MAIS LEVE
- ALTURA COLCHÃO E RETENÇÃO DEFINEM CAPACIDADE
- PODE LEVAR A MAIOR DIFICULDADE NO COZIMENTO (AÇÚCAR)

NOVO

X

OS DOIS SÃO BONS  
E PODEM TER  
CUSTOS  
COMPETITIVOS



# Considerações finais

- ◆ O preparo da cana visa romper as células do parênquima e com isso aumentar a eficiência de extração;
- ◆ O preparo é feito com uso de facas rotativas e desfribadores;
- ◆ A extração do caldo de cana pode ser feita por moendas ou por difusor;

# Considerações finais

- ◆ A maioria das usinas em operação no Brasil utilizam moendas para a extração do caldo;
- ◆ A extração do caldo por difusão é uma tecnologia mais recente do que por moenda;
- ◆ O difusor apresenta eficiência de extração maior do que as moendas e ainda consome menos energia;

# Considerações finais

- ◆ A escolha de um ou de outro processo de extração do caldo depende de características peculiares de cada usina. Contudo, atualmente, para montar uma usina nova, o difusor tem se apresentado como uma opção mais vantajosa do que as moendas;



# Considerações finais

- ◆ Nas usinas há resistência de se mudar o processo de extração do caldo por moenda para o por difusor, devido à razões econômicas e pela formação da maioria dos técnicos que prestam consultoria às usinas;
- ◆ Nas novas usinas instaladas no país o difusor tem tido uma grande aceitação, principalmente, nos dez últimos anos.

# Referências

- ◆ DELGADO, A. ; CESAR, M.A.A. **Elementos de Tecnologia e Engenharia do açúcar de cana.** Piracicaba : Zanini,1990. 1061p.
- ◆ PAYNE, J.H. **Operações unitárias na produção de cana-de-açúcar.** São Paulo: NOBEL, 1989. 245p.
- ◆ RIBEIRO, C., BLUMER, S., HORII. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira: tecnologia do açúcar.** Piracicaba: ESALQ/Depto de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, V.2, 1999. 66p.
- ◆ USHIMA, A.K., RIBEIRO, A.M.M., SOUZA, M.E.P., SANTOS N.F. **Conservação de energia na indústria do açúcar e do álcool.** São Paulo, IPT, 1990. 796p.