

LAN 1458 – AÇÚCAR E ÁLCOOL



Produção Sucroalcooleira



Tecnologia da fabricação do açúcar e do etanol

Prof. Dr. André Ricardo Alcarde
andre.alcarde@usp.br

Produção Sucroalcooleira

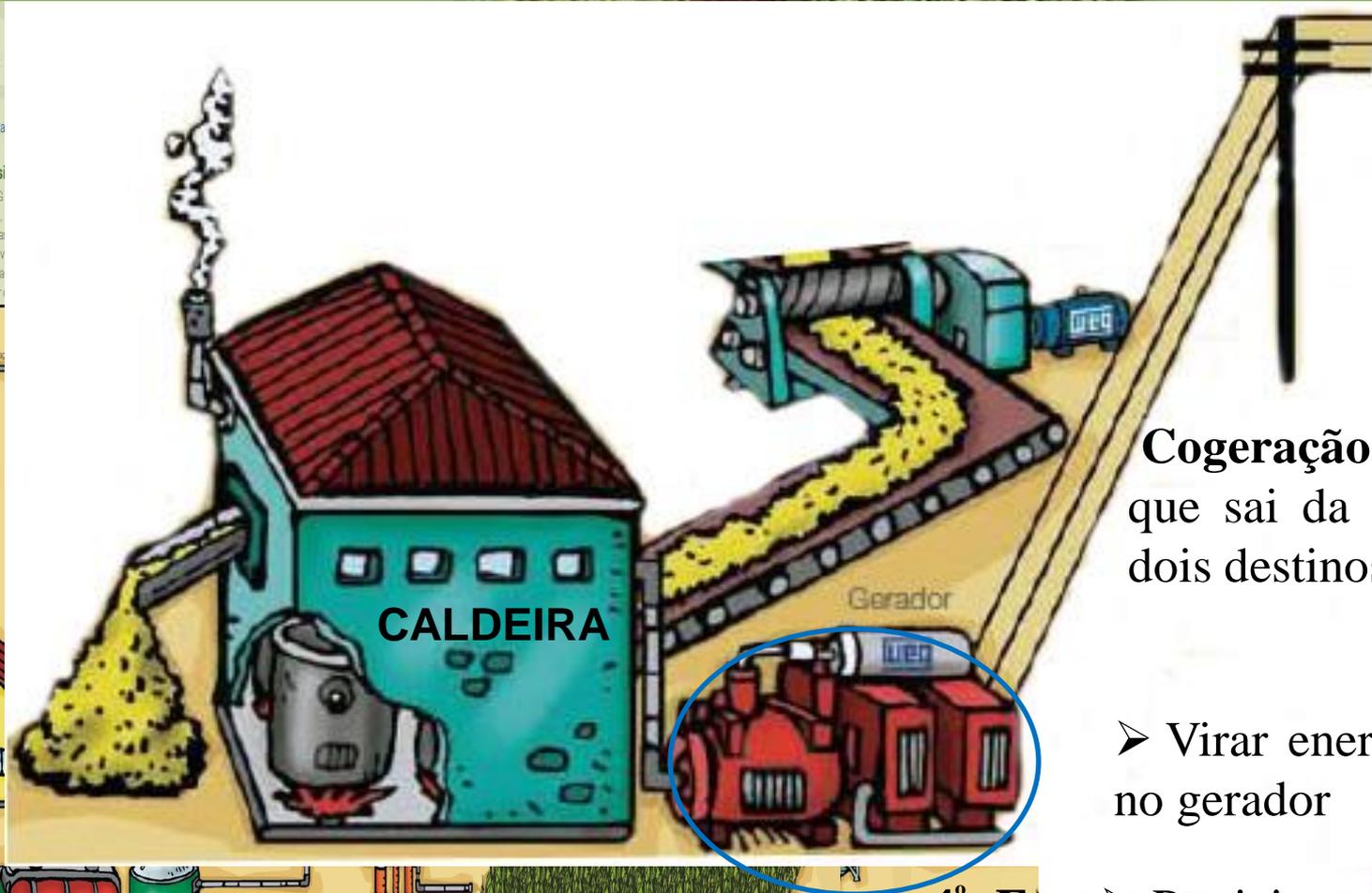
Aula 1 – Plano de ensino,
Importância da indústria açucareira
e Alcooleira

Fluxogramas e definições.

Produção Sucroalcooleira

10 | Capa

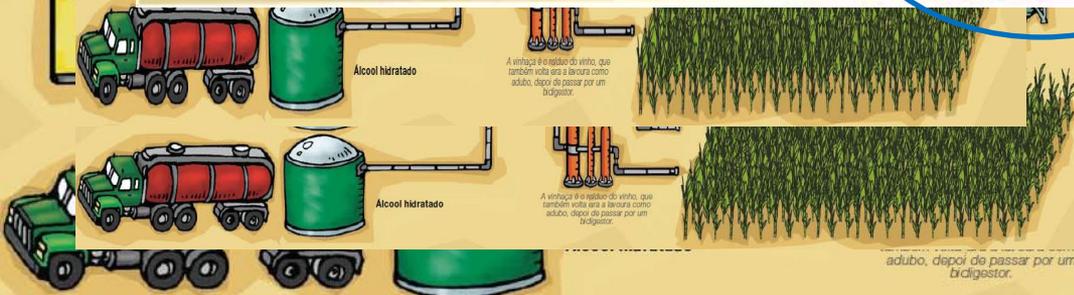
A 10 | Capa
A
el
tr
A us
A WEG
abaixo,
transpa
ofhos, v
o que a
ajuzar



Cogeração: O vapor que sai da caldeira tem dois destinos:

- Virar energia elétrica no gerador

4ª Etapa: Principiar a limpeza dos canaviais. Os ventiladores fazem a limpeza dos canaviais. Na limpeza, ocorre a separação do caldo e do bagaço.

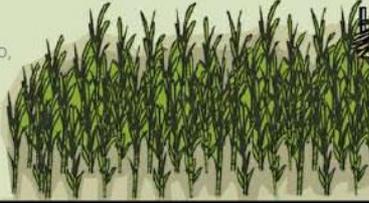


adubo, depois de passar por um bicligestor.

Produção Sucroalcooleira

A usina por dentro

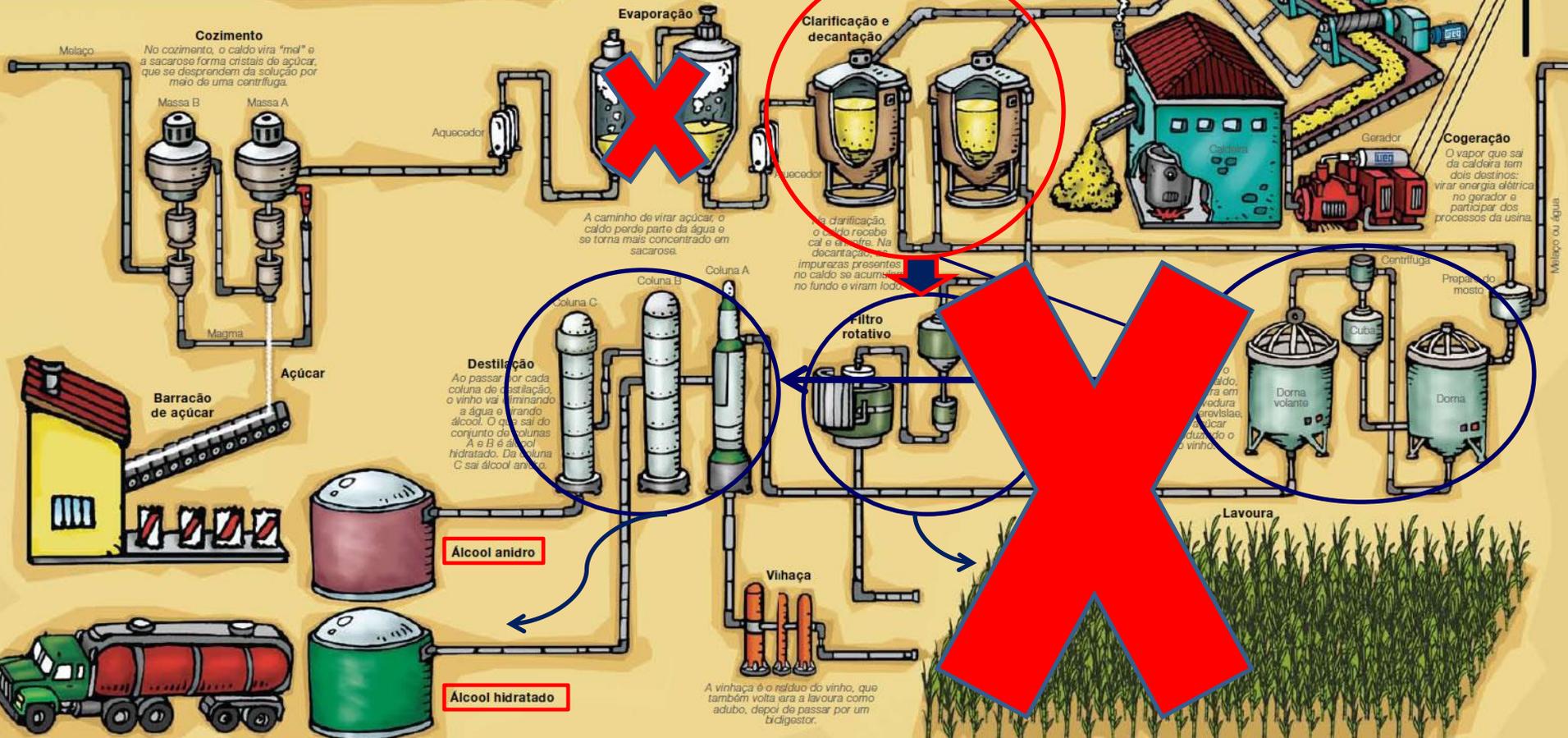
A WEG colocou em funcionamento, abaixo, uma usina com paredes transparentes. Passeando com os olhos, você pode entender tudo o que acontece com a cana-de-açúcar em seu trajeto pela usina.



Limpeza a seco
Ventiladores fazem a limpeza da cana.

No preparo, a planta passa pelo espalhador, picador, desfibrador e nivelador.

Moendas
É onde acontece a separação do caldo e do bagaço.



Cozimento

No cozimento, o caldo vira "mel" e a sacarose forma cristais de açúcar, que se desprendem da solução por meio de uma centrífuga.



Evaporação

A caminho de virar açúcar, o caldo perde parte da água e se torna mais concentrado em sacarose.

Clarificação e decantação

Na clarificação, o caldo recebe cal e a terra. Na decantação, as impurezas presentes no caldo se acumulam no fundo e viram lodo.

Cogeração
O vapor que sai da caldeira tem dois destinos: virar energia elétrica no gerador e participar dos processos da usina.

Barracão de açúcar

Açúcar

Alcool anidro

Alcool hidratado

Vihaça

A vihaça é o resíduo do vinho, que também volta para a lavoura como adubo, depois de passar por um biodigestor.

Produção Sucroalcooleira

5º Etapa: Clarificação do caldo.

- Sulfitação (SO_2): somente para produção de açúcar branco
- Caleagem [$(\text{Ca}(\text{OH})_2$]
- Aquecimento
- Decantação
- Filtração

✓ Proporcionar a formação do precipitado CaSO_3 (sulfito de cálcio);

✓ Diminuir a viscosidade do caldo, do xarope, massas cozidas e méis;

✓ Proporcionar a coagulação de colóides solúveis;

✓ Inibir reações que causam formação de cor;

Produção Sucroalcooleira

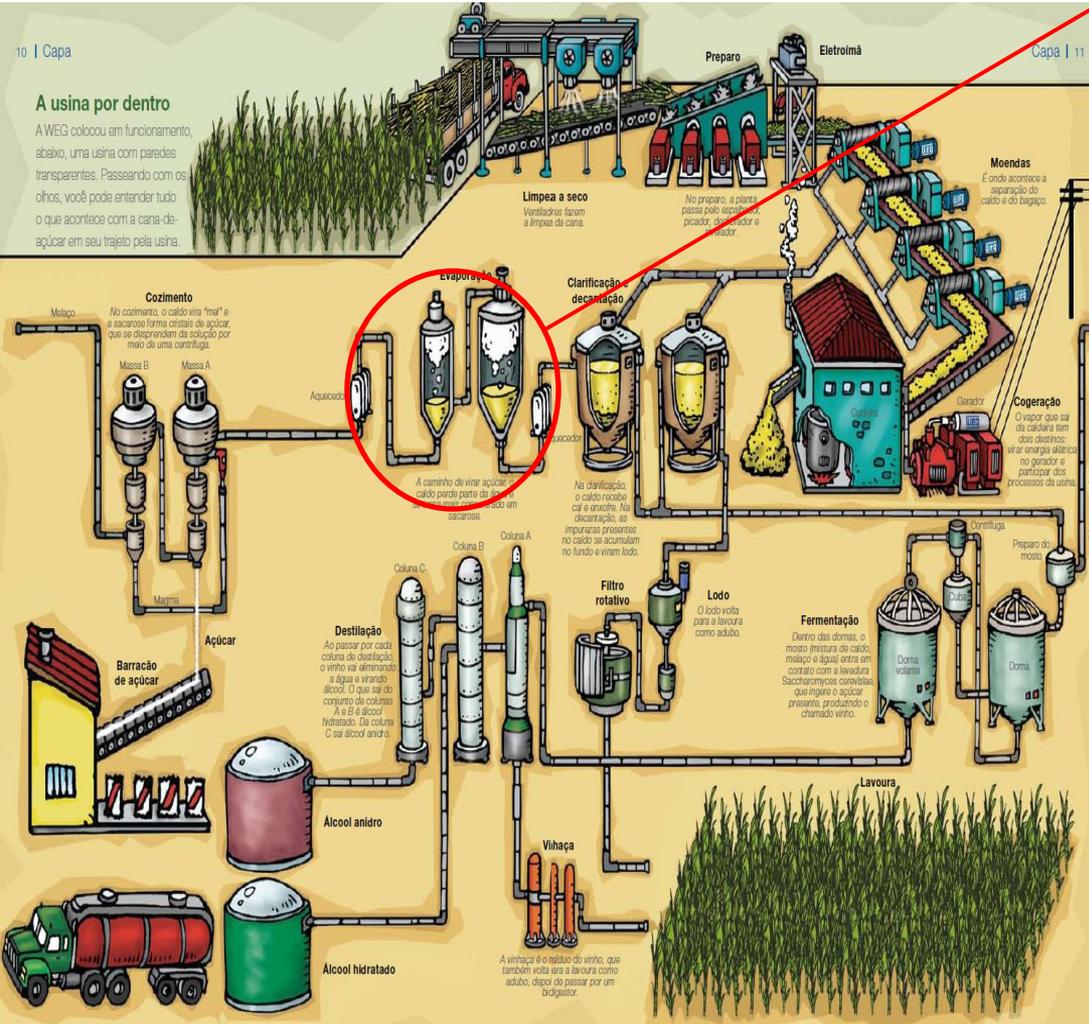
6ª Etapa: Evaporação.

➤ Concentração do caldo mediante aquecimento e evaporação da água

Caldo (18° Brix)



Xarope (60° Brix)



Produção Sucroalcooleira

7ª Etapa: Cozimento.

➤ No cozimento, o caldo vira “massa cozida” e a sacarose forma cristais de açúcar, que se separam do mel por meio de centrífugas;

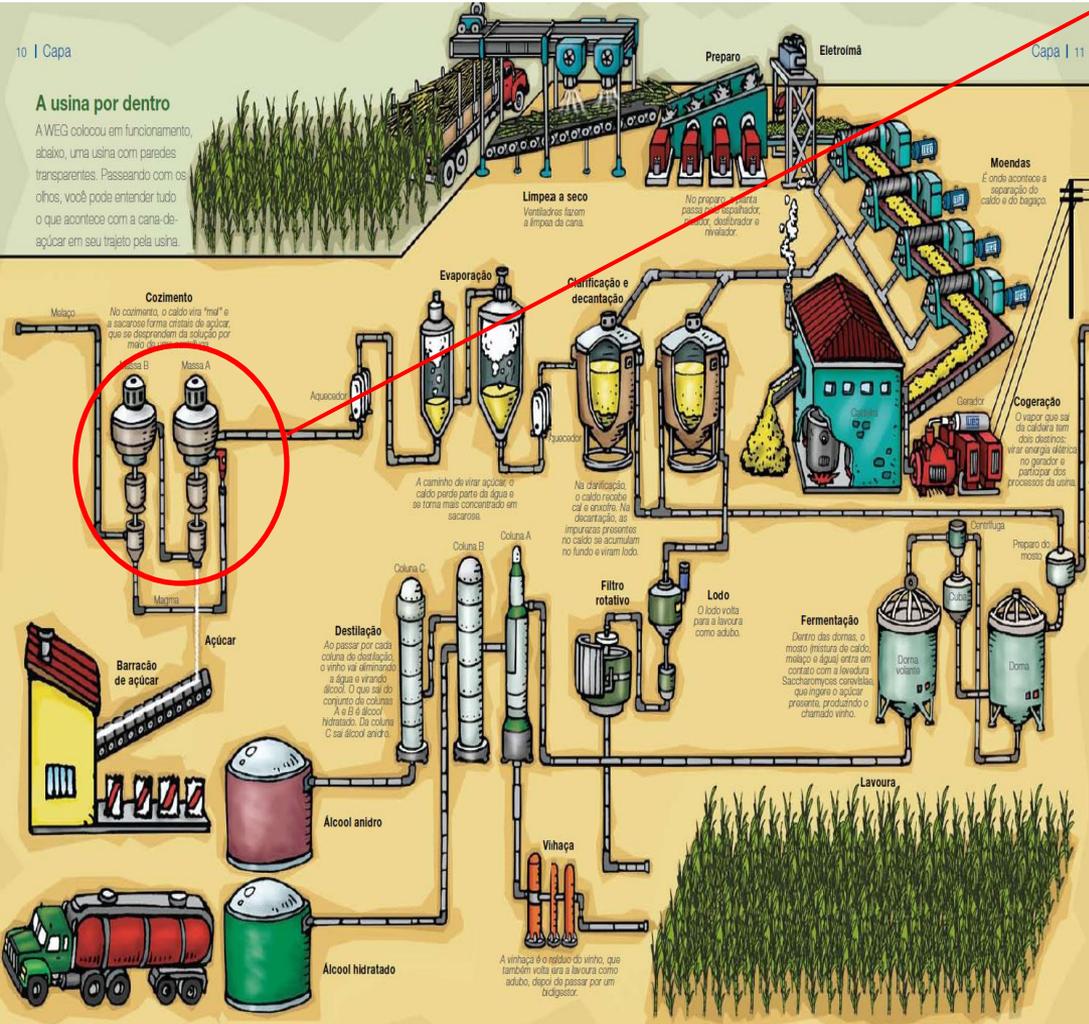
Xarope (60° Brix)



Massa cozida (95° Brix),
mistura de cristais de sacarose e mel

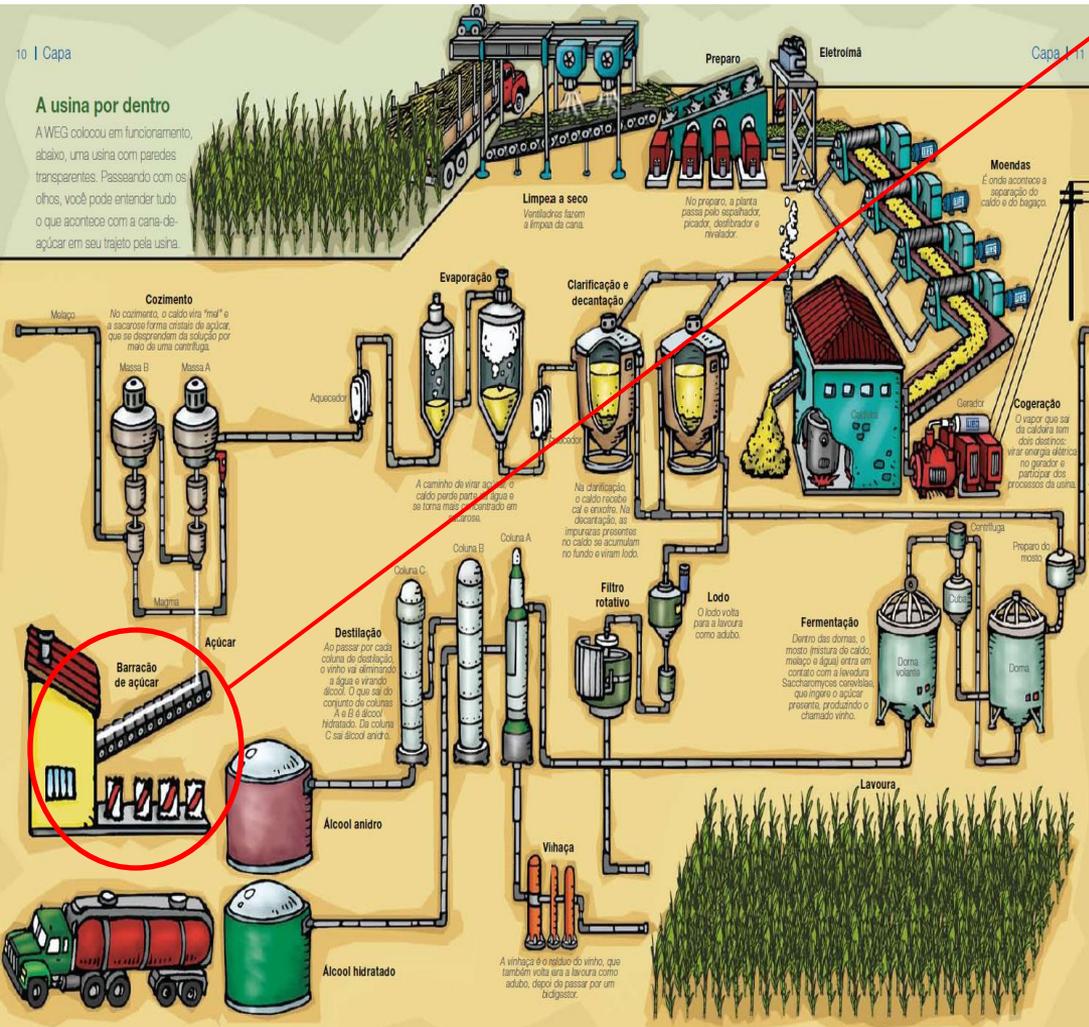


Centrifugação



Produção Sucroalcooleira

8ª Etapa: Armazenamento.



Armazenamento em big bag.



Armazenamento à granel.

Produção Sucroalcooleira



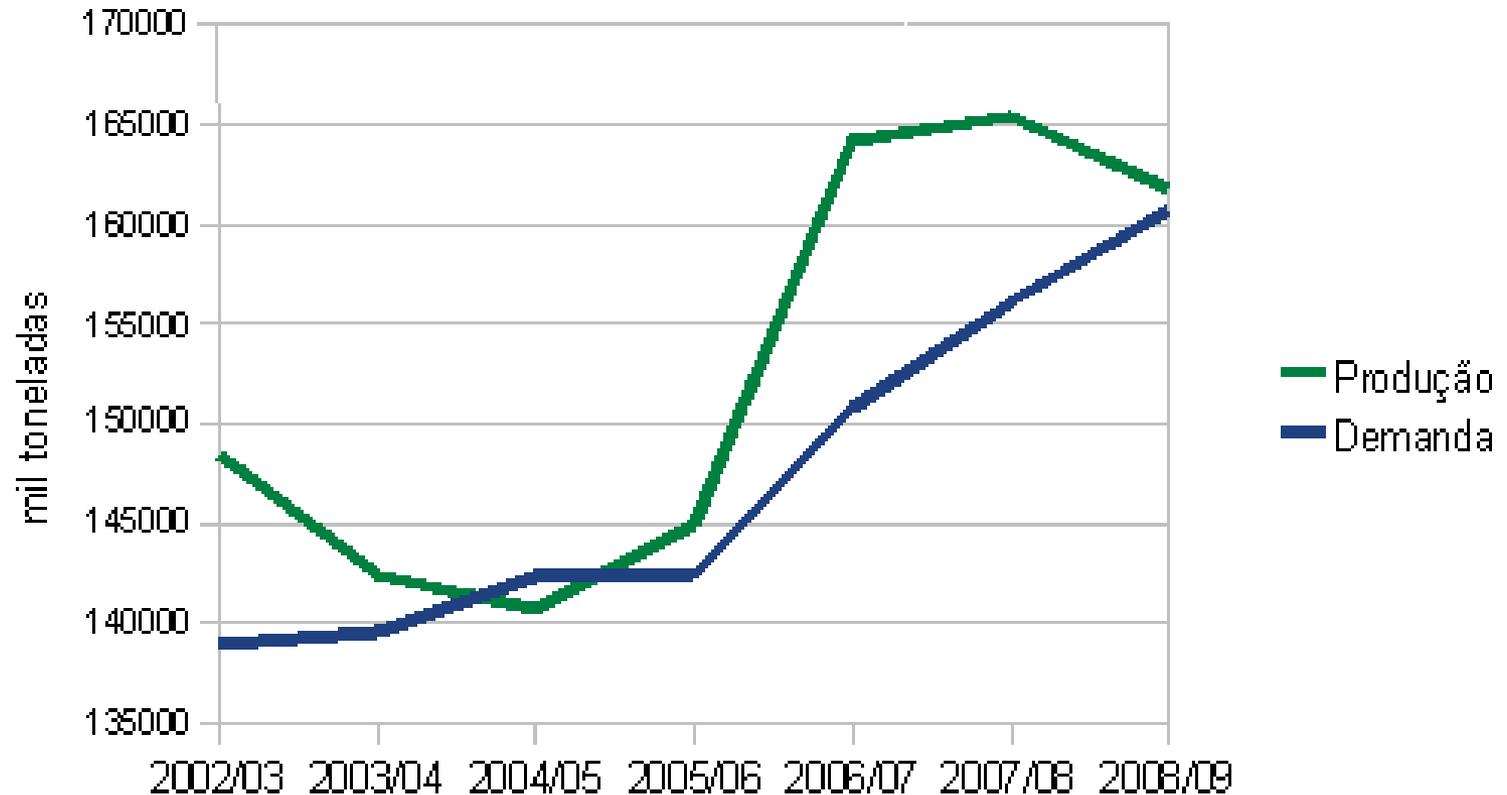
Produção Sucroalcooleira

Consumo Mundial de Açúcar

- Consumo mundial: 158,2 milhões de toneladas em 2014.
- EUA e UE – Uso de adoçantes alternativos.
- Maiores consumidores: Índia, China, Brasil e EUA.

Produção Sucroalcooleira

Produção e Demanda Mundial de Açúcar



Fonte: Embrapa

Produção Sucroalcooleira



Produção safra 2014/2015



- 571 milhões de toneladas de cana (8,7 milhões de ha)
- 32 milhões de toneladas de açúcar
- 26 bilhões de litros de etanol (11 bi L anidro e 15 bi L hidratado)

Produção Sucroalcooleira

Safra 2013/2014 (8,8 milhões ha)	Brasil	Centro-Sul (>90%)*	Exportação Brasil
Cana-de-açúcar (milhões t)	654	597	
Açúcar (milhões t)	38 (25%)	34	27 (71%) (55%)
Álcool anidro (bilhões L)	12	11	
Álcool hidratado (bilhões L)	15	14	
Álcool total (bilhões L)	27 (2°)	26	2,6 (10%)

* SP = 60%

Veículos leves à álcool (flex):

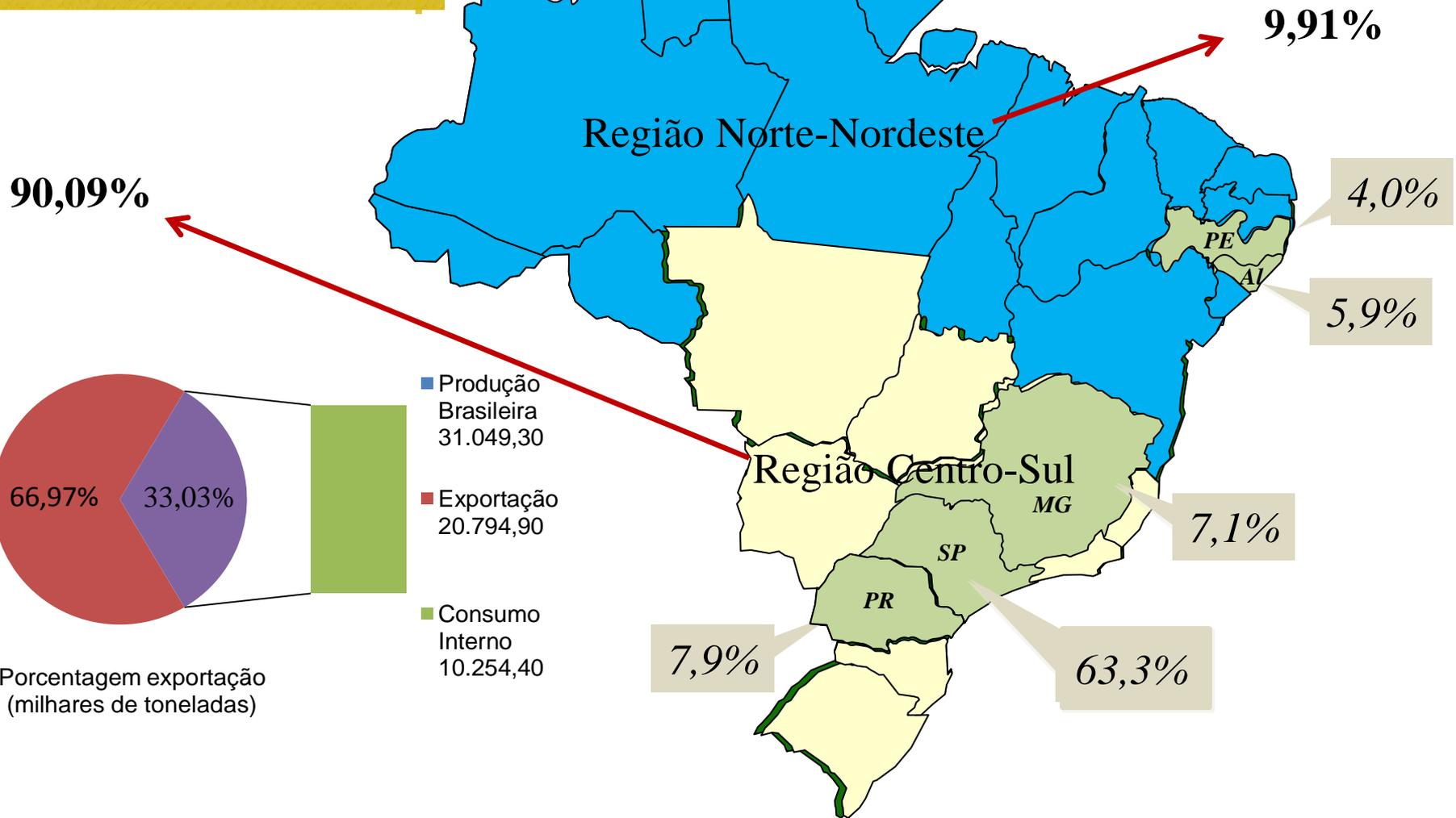
Novos = 94%

Frota = 65% Flex/Etanol; 35% Gasolina

Produção Sucroalcooleira

Safra 2014/15

*Principais Mercados
Produtores*



Produção Sucroalcooleira

Maiores importadores de açúcar brasileiro (refinado e bruto) 2014.

4,2%



Canadá

4,5%



Argélia

6,0%



Egito

6,5%



A. Saudita

7,0%



Nigéria

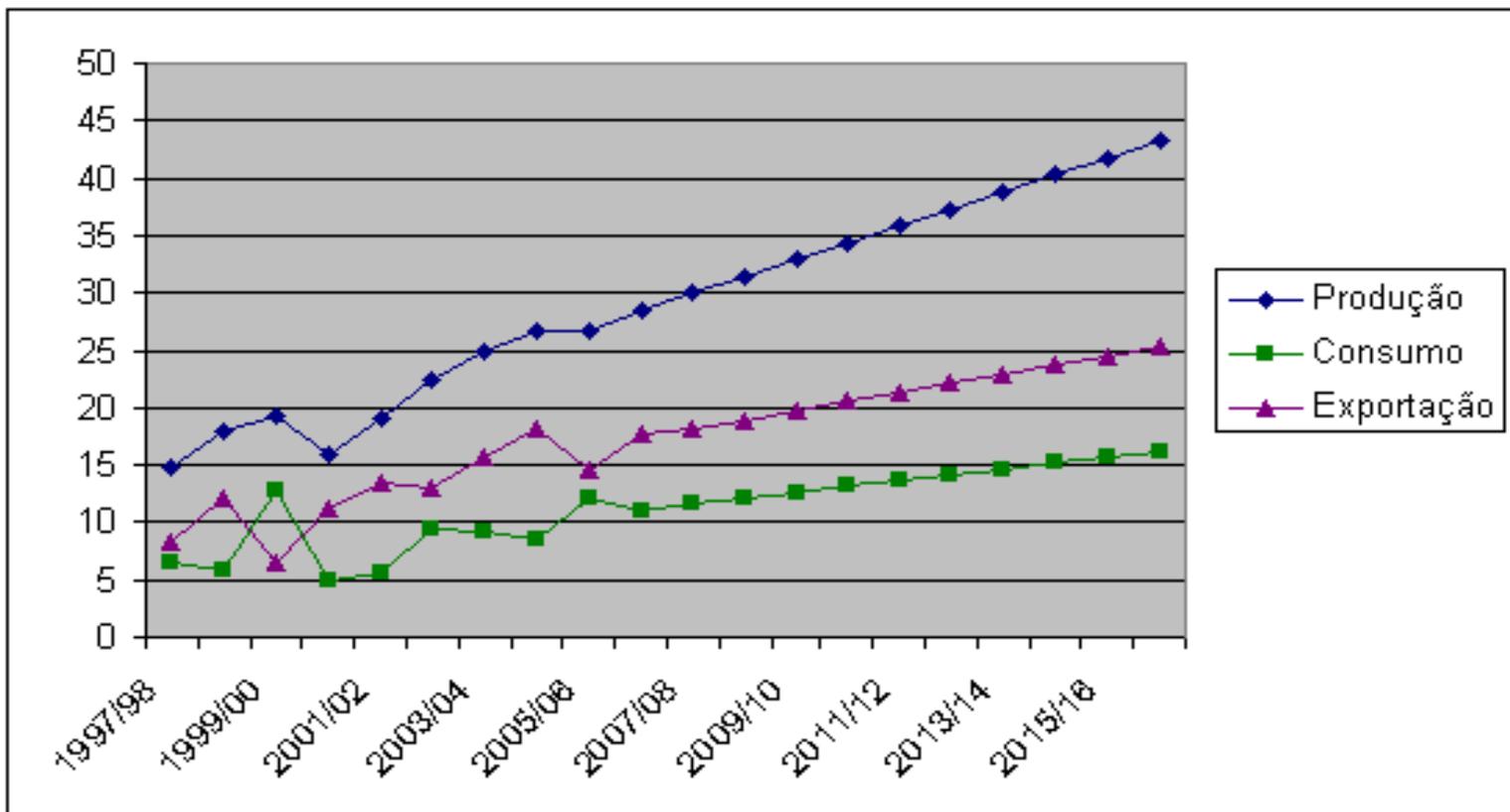
22,5%



Rússia

Produção Sucroalcooleira

- ▶ Previsão de produção, exportação e consumo doméstico de açúcar.



Fonte: Fronzaglia (2007) Embrapa.

Produção Sucroalcooleira



Obrigado!



Produção Sucroalcooleira



Aula 2 – A cana-de-açúcar como matéria-prima:

- Aspectos gerais
- Constituição morfológica e anatômica;
- Composição tecnológica da cana;
- Aspectos da qualidade da matéria-prima;
- Deterioração da cana-de-açúcar.

Aspectos gerais:

Família gramíneas (5.000 espécies de plantas)



Divisão: *Embryophita siphonogama*

Subdivisão: *Angiospermae*

Classe: *Monocotyledoneae*

Ordem: *Glumiflorae*

Família: *Poaceae*

Gênero: *Saccharum*

Espécie: *Saccharum officinarum* L.

Saccharum spontaneum L.

Saccharum robustum Jewiet

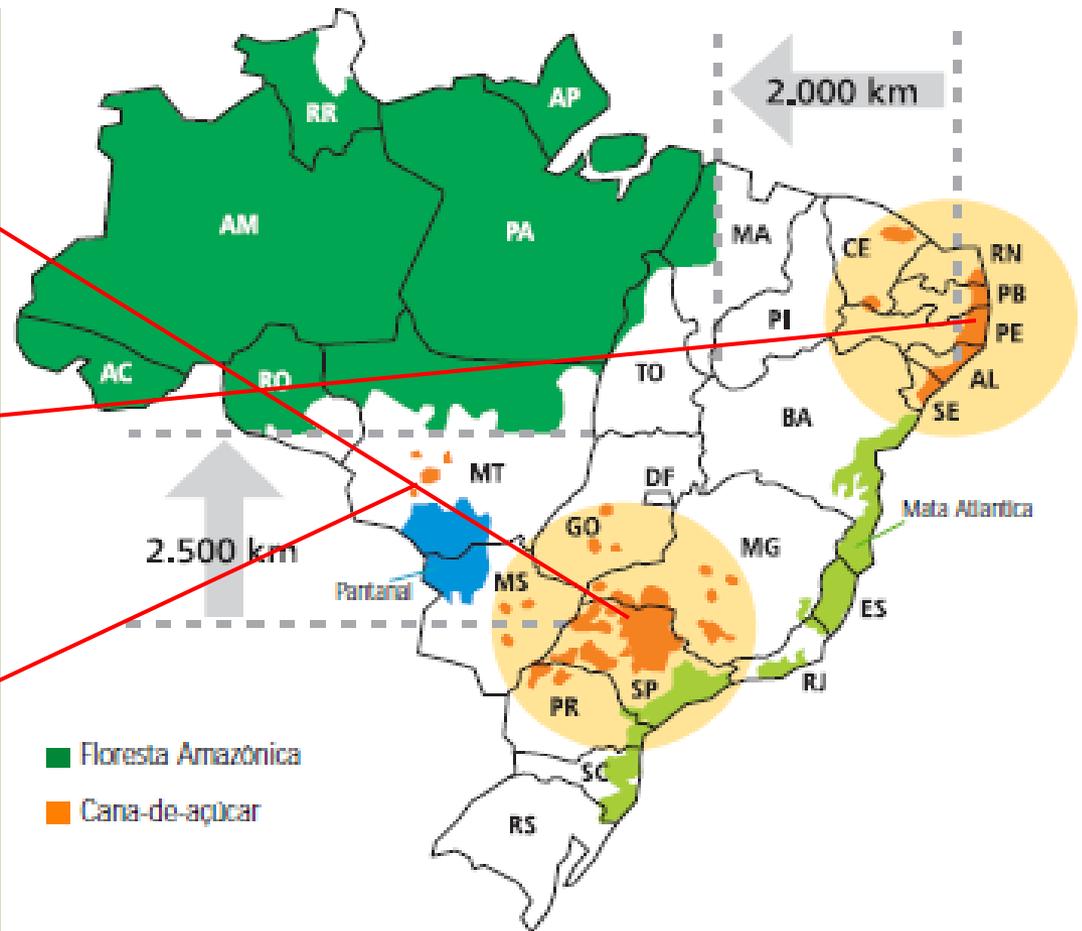
Espécies: mais de 32 conhecidas utilizadas em melhoramento genético

Produção Sucroalcooleira

☐ Região Sudeste, responsável por, aproximadamente, 80% da produção nacional.

☐ O Nordeste, tradicional produtor, responde por 10%.

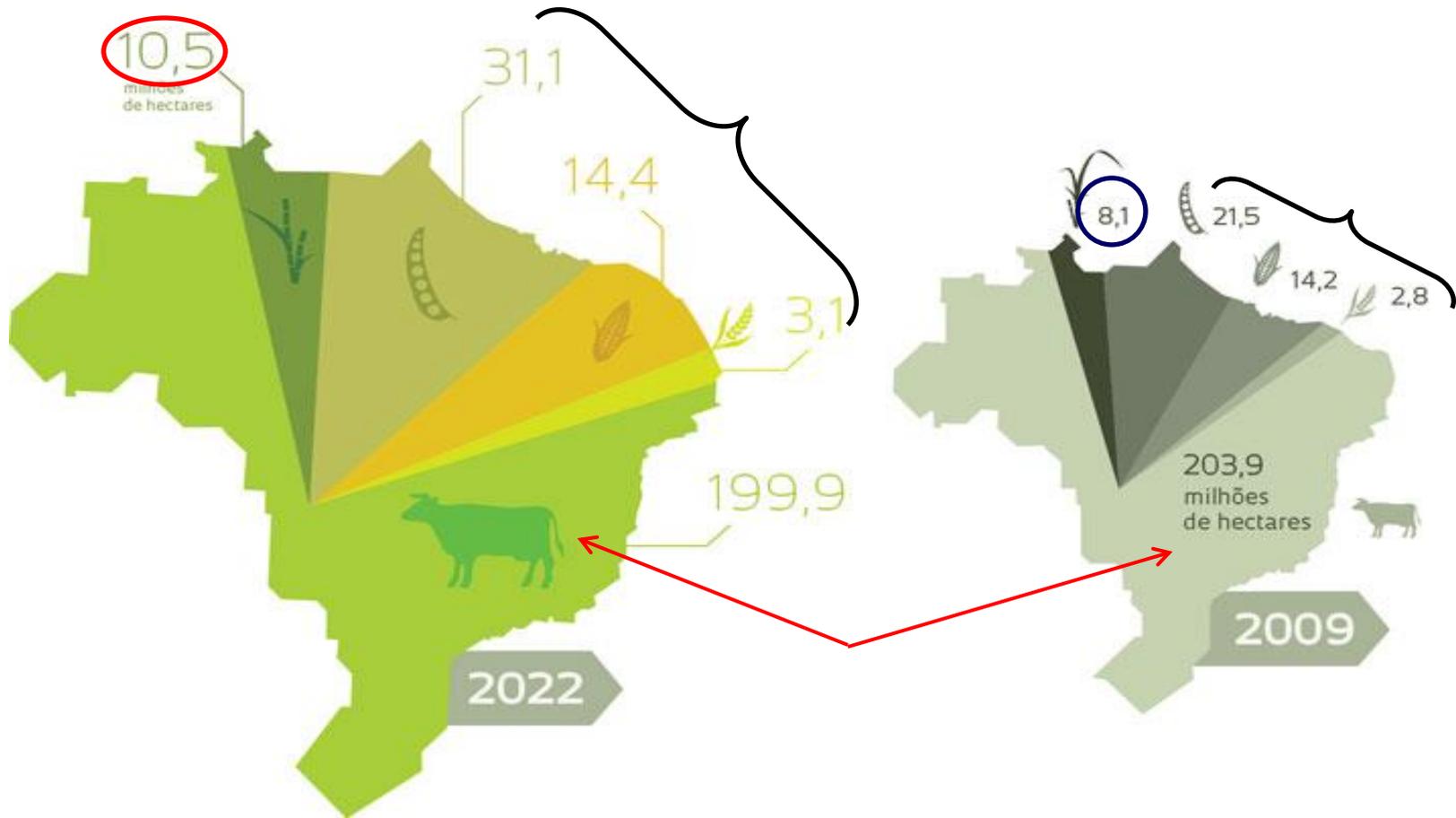
☐ Centro-Oeste, considerado uma região de avanço da cultura, representa 10%.



Áreas de cultivo de cana-de-açúcar no Brasil.
Fonte: MPE-Unicamp, IBGE e CTC.

Produção Sucroalcooleira

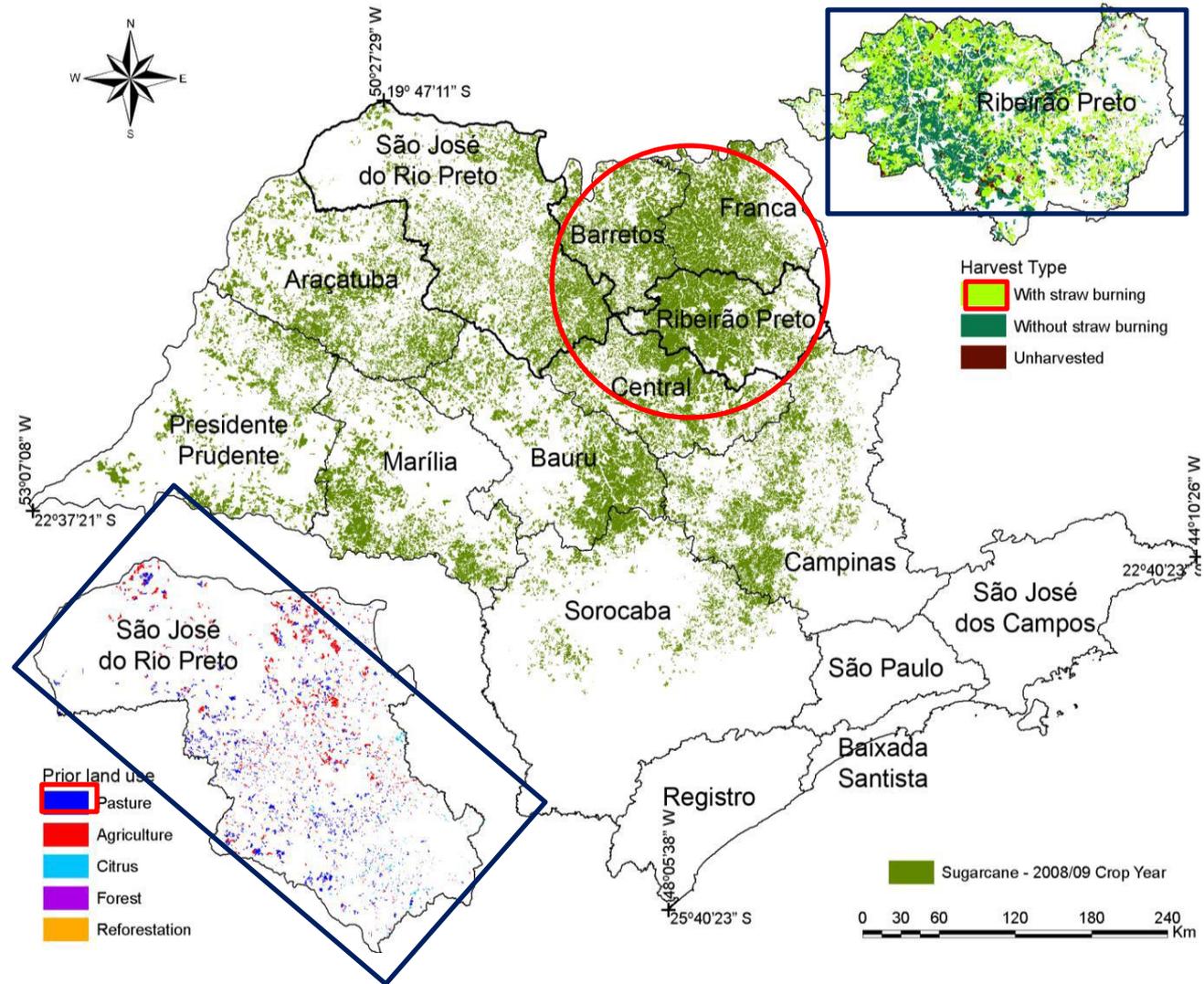
Cenário provável da produção agrícola em 2022



Fonte: Revista Pesquisa FAPESP, em fevereiro de 2012. Marcos de Oliveira, **Estudos revelam previsões sobre a participação do etanol na agricultura e na matriz de combustíveis**. Disponível em: <http://www.cnpem.org.br/blog/category/clipping/clipping-ctbe/>

☐ Mais cana com menos queima.

☐ À safra de 2014/2015 mostra que cerca de **89%** da colheita foi realizada sem queima, contra **11%** em que se utilizou o recurso.

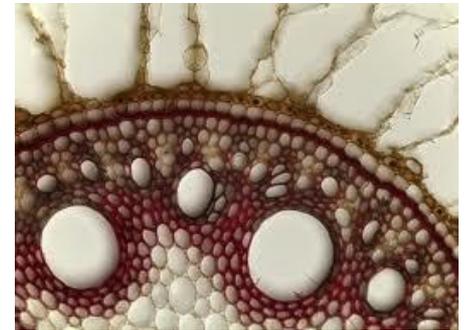


Áreas de cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, no ano safra 2008/09. Ribeirão Preto foi destacado para exemplificar o tipo de colheita e São José do Rio Preto foi destacado para exemplificar como era o uso anterior da terra nos campos expandidos de cana. Fonte: **Rudorff et al., Remote Sens. 2010, 2, 1057-1076; doi:10.3390/rs2041057**

Constituição morfológica e anatômica:



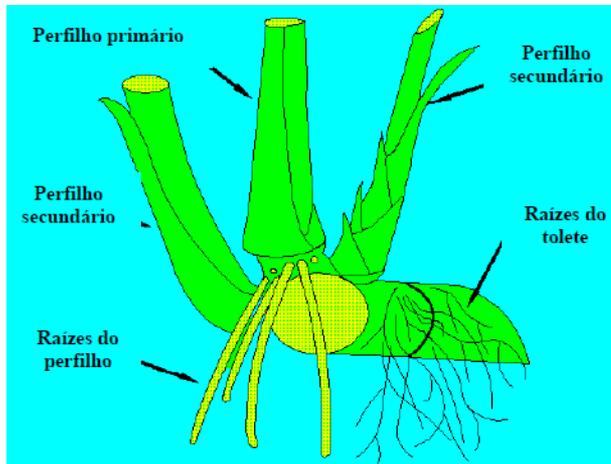
- **Inflorescência;**
- **Folhas;**
- **Colmo.**



Corte transversal de uma raiz de cana de açúcar.

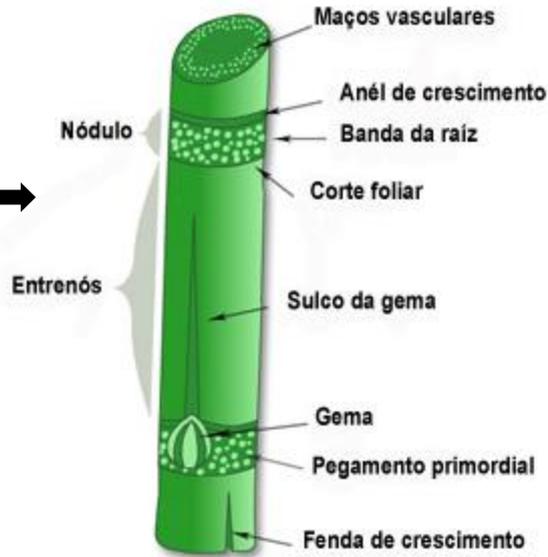
- **Raízes;**
- **Rizoma.**

Constituição morfológica e anatômica:

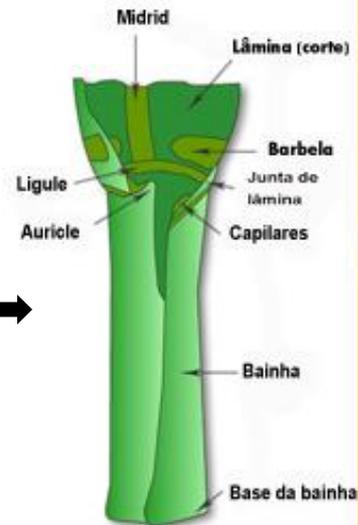


Formação da touceira de cana-de-açúcar.

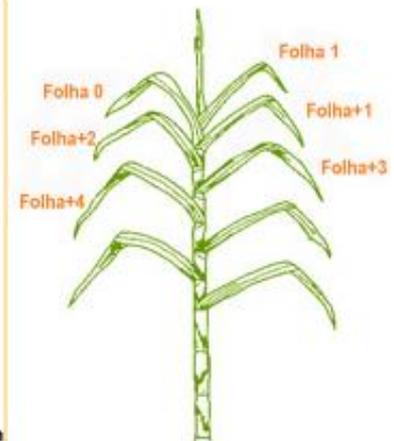
Colmo



Folha



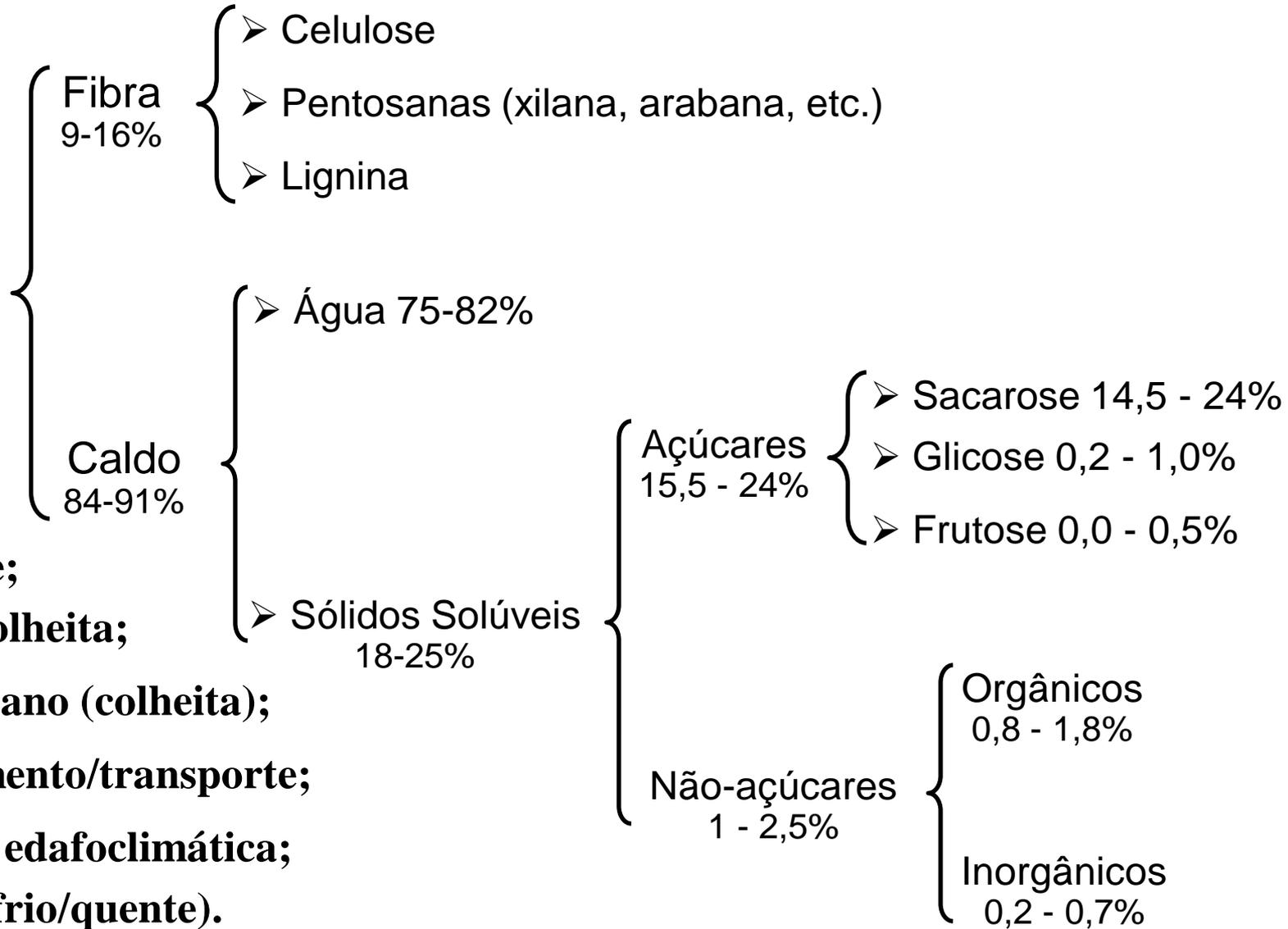
Inflorescência



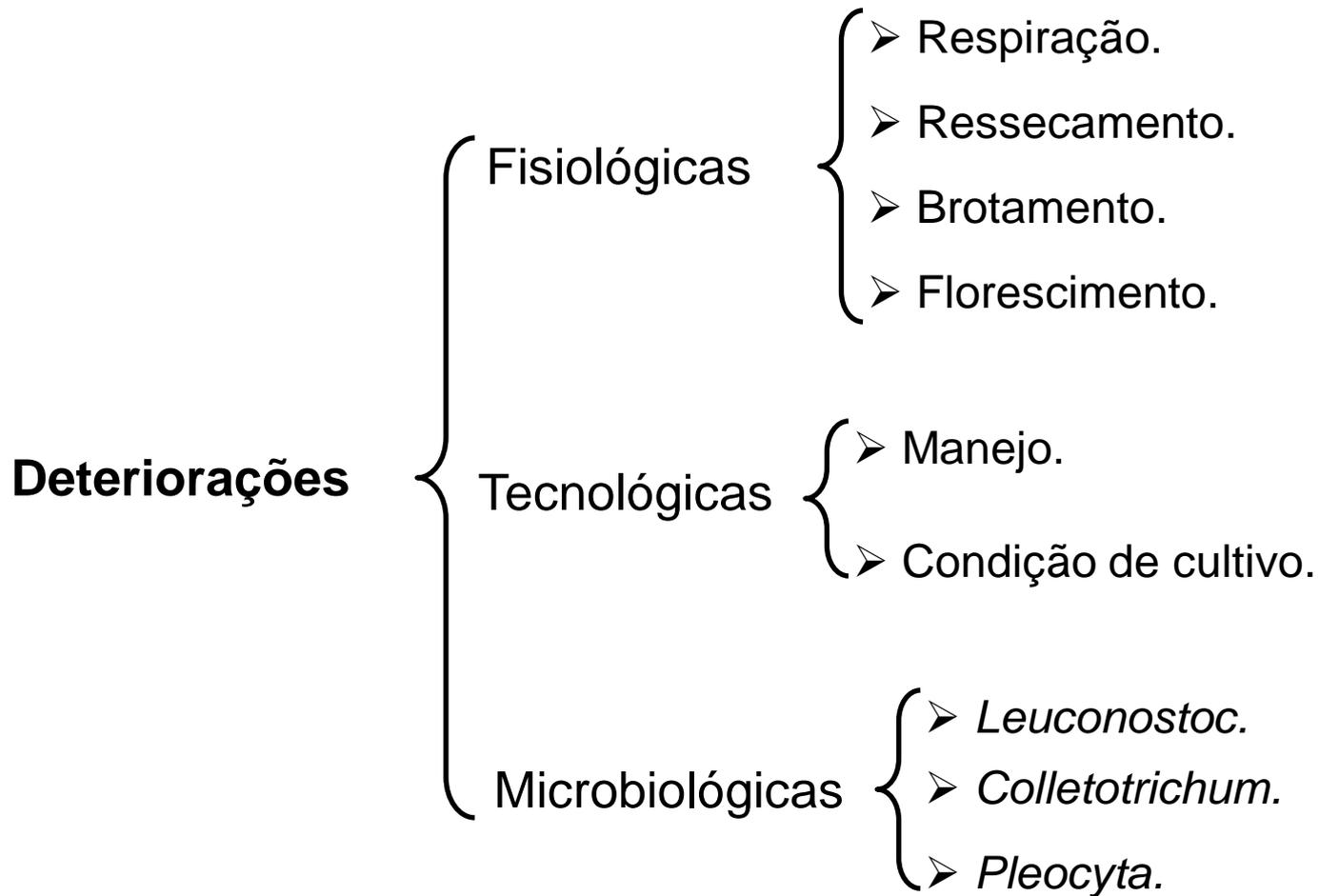
Componentes químicos e tecnológicos:



- **Variedade;**
- **Tipo de colheita;**
- **Época do ano (colheita);**
- **Carregamento/transporte;**
- **Condição edafoclimática;**
- **Queima (frio/quente).**



Fatores influentes na qualidade tecnológica da cana:



Fatores influentes na qualidade tecnológica da cana:

Armazenamento (manejo)

Cana → matéria-prima deteriorável.

Colheita / moagem

Máximo (48h)

Taxa de inversão:
Proporcional ao tempo de armazenamento após o corte.

Em função de: {
➤ t °C.
➤ Acidez do caldo.
➤ Invertase.

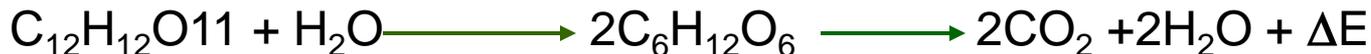
Deteriorações Fisiológicas:

(1) Respiração:

Colmo cortado

Respiração

Consumo de energia



Fatores influentes na qualidade tecnológica da cana:

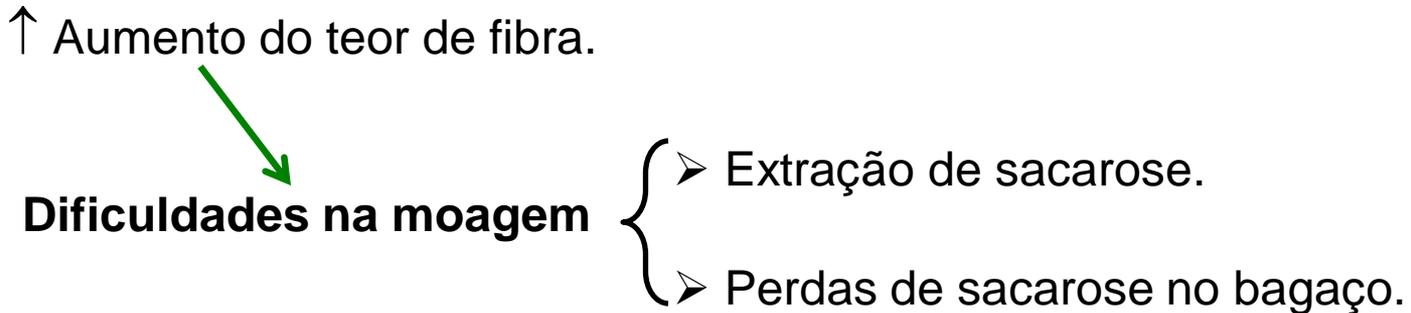
Deteriorações Fisiológicas:

(2) Ressecamento → Transpiração do colmo:

□ Perda de peso = 11% em 8 dias e 17% em 10 dias.

↑ Aumento do teor de fibra.

Dificuldades na moagem



O comportamento da cana durante o período de armazenamento.

– Aumento dos açúcares redutores.

– Acidez sulfúrica.

↑ °Brix

↓ Teor de sacarose.

↓ Pureza

Fatores influentes na qualidade tecnológica da cana:

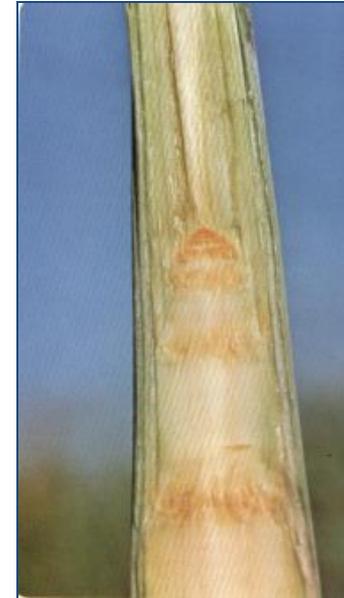
Deteriorações Fisiológicas:

(3) Florescimento :

❑ O florescimento inicia com a indução do meristema apical que se modifica, deixando de produzir folhas e colmos, passando a formar a inflorescência (4 a 5 semanas).



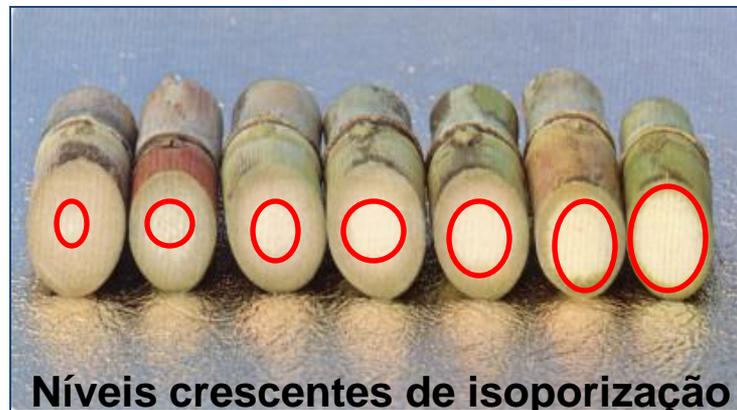
Cana florescida



Colmo sem indução ao florescimento



Colmo c/ os primórdios florais (induzido)



Níveis crescentes de isoporização

Fatores influentes na qualidade tecnológica da cana:

Deteriorações Tecnológicas:

❑ Causadas durante o manejo da cana → favorece a deterioração microbiológicas.

➤ Principal fator: matéria estranha

Associadas à

➤ Condições climáticas (geada, seca, etc).

➤ Operações unitárias (queima, sistema de corte, altura do desponte, carregamento, etc).

Consequências

➤ Teor de fibra.

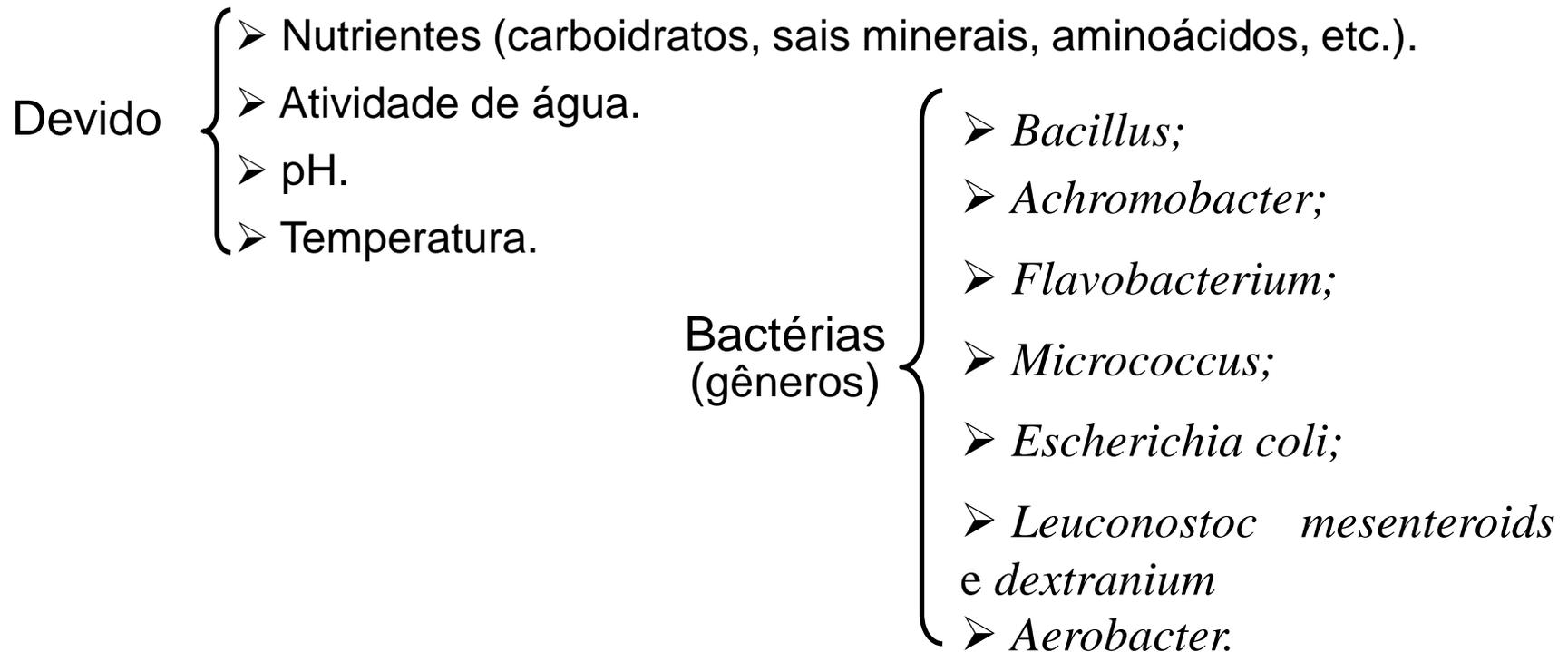
➤ Desgaste dos equipamentos.

➤ Problemas nas conduções do processo de fabricação.

Fatores influentes na qualidade tecnológica da cana:

Deteriorações Microbiológicas:

- ❑ Desenvolvimento de microrganismos.
- ❑ Produtos resultantes de microrganismos → ácidos e gomos.
- ❑ Caldo de cana → ótimo substrato para crescimento de microrganismos.



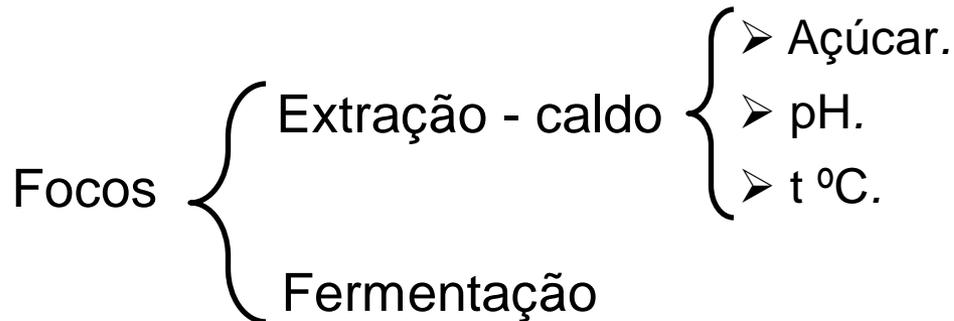
Fatores influentes na qualidade tecnológica da cana:

Deteriorações Microbiológicas:

Leuconostoc mesenteroides

☐ Fácil identificação → produz substância goma →

dextrana.



↓ aglutina

Canjica

Problemas no processo

↓ Recuperação de açúcar

↓ Velocidade de cristalização

▪ Afeta a granulometria dos cristais

▪ Inversão/oxidação

e

▪ Processo de purificação.

▪ Contaminação do processo fermentativo

▪ Grumos.

▪ Espumas mais persistentes.

Usuais

↓ simples

- Pol
- Pureza
- Aç. redutores
- pH
- Acidez total

Parâmetros de qualidade:

Não Usuais

↓ complexos

- Polissacarídeos
- Matéria estranha
- Acidez volátil.
- Oligossacarídeos

CANA QUEIMADA X

- ✓ Maior teor de °Brix
- ✓ Maior teor de Açucares Redutores

CORTADA

↓
1,84%

↓ % Pol em 10 dias

EM PÉ

↓
4,92%

CANA CRUA

↓
Infecção mais demorada

↓
Depois de instalada,
é mais severa



DESMATAMENTO NÃO

Esses efeitos benéficos não significam que se deva derrubar florestas e cultivar cana. Os pesquisadores analisaram a substituição de áreas de pasto e de plantações de soja

Esfriamento médio:
0,93°C



CANA-DE-AJUDA

Plantações têm “efeito colateral” benéfico: ajudam a esfriar o ambiente por duas razões

1 ESPELHO

Essas plantas refletem muito bem a energia do sol, impedindo que o calor se acumule

2 SUOR

A planta também transpira grande quantidade de água, que ajuda no resfriamento ao entrar em contato com o ar

Produção Sucroalcooleira

Aula 3:

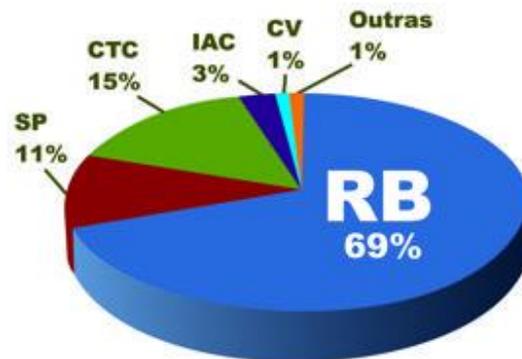
- ❑ Variedades;
- ❑ Ciclo da cultura;
- ❑ Maturação;



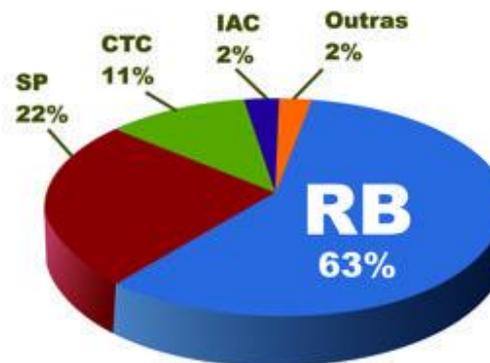
Variedades de Cana-de-açúcar

Censo Varietal 2014

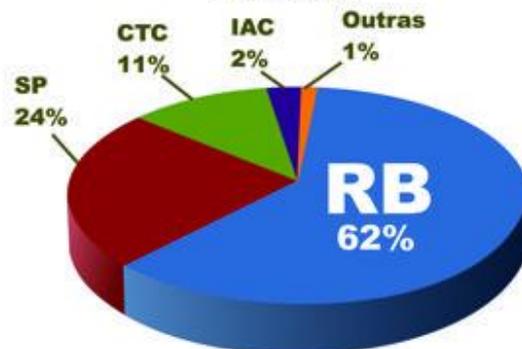
Área de Plantio em 121 unidades da Região Centrol-Sul
505.992 ha



Área de Corte em 121 unidades da Região Centrol-Sul
3.236.494 ha



Área de Cultivo em 121 unidades da Região Centrol-Sul
3.742.486 ha



Variedades de Cana-de-açúcar 20 + cultivadas em 121 unidades da Região Centro Sul

Variedades	Área de Plantio			Variedades	Área de Cultivo		
	Area(ha)	%	Posição		Area(ha)	%	Posição
RB867515	113.394,4	22,4	1	RB867515	1.021.565,3	27,3	1
RB966928	85.118,0	16,8	2	SP81-3250	384.431,6	10,3	2
RB92579	43.611,6	8,6	3	RB966928	298.533,5	8,0	3
RB855156	31.124,3	6,2	4	RB855453	244.302,0	6,5	4
CTC-4	22.477,4	4,4	5	RB92579	197.781,3	5,3	5
RB855453	20.264,9	4,0	6	RB855156	183.836,7	4,9	6
SP83-2847	16.762,3	3,3	7	SP83-2847	138.368,8	3,7	7
CTC-15	15.086,8	3,0	8	CTC-15	103.085,0	2,8	8
IACSP95-5000	10.770,1	2,1	9	RB855536	93.825,0	2,5	9
RB965902	10.457,5	2,1	10	SP80-1842	71.204,7	1,9	10
SP80-1842	9.134,7	1,8	11	CTC-4	70.988,5	1,9	11
CTC-2	8.504,8	1,7	12	SP80-1816	60.254,0	1,6	12
RB855536	8.310,1	1,6	13	CTC-2	58.544,2	1,6	13
SP81-3250	7.310,4	1,4	14	SP80-3280	55.572,1	1,5	14
RB835054	6.746,2	1,3	15	RB835054	55.062,2	1,5	15
CTC-20	6.008,2	1,2	16	RB935744	44.555,4	1,2	16
SP91-1049	5.935,1	1,2	17	CTC-9	44.519,1	1,2	17
RB937570	5.078,8	1,0	18	IACSP95-5000	37.093,0	1,0	18
SP80-3280	4.874,9	1,0	19	CTC-17	36.625,2	1,0	19
RB855035	4.070,6	0,8	20	SP91-1049	35.404,7	0,9	20
Outras	70.950,9	14,0		Outras	506.933,4	13,5	
TOTAL	505.992			TOTAL	3.742.486		

Características desejáveis de variedades de cana

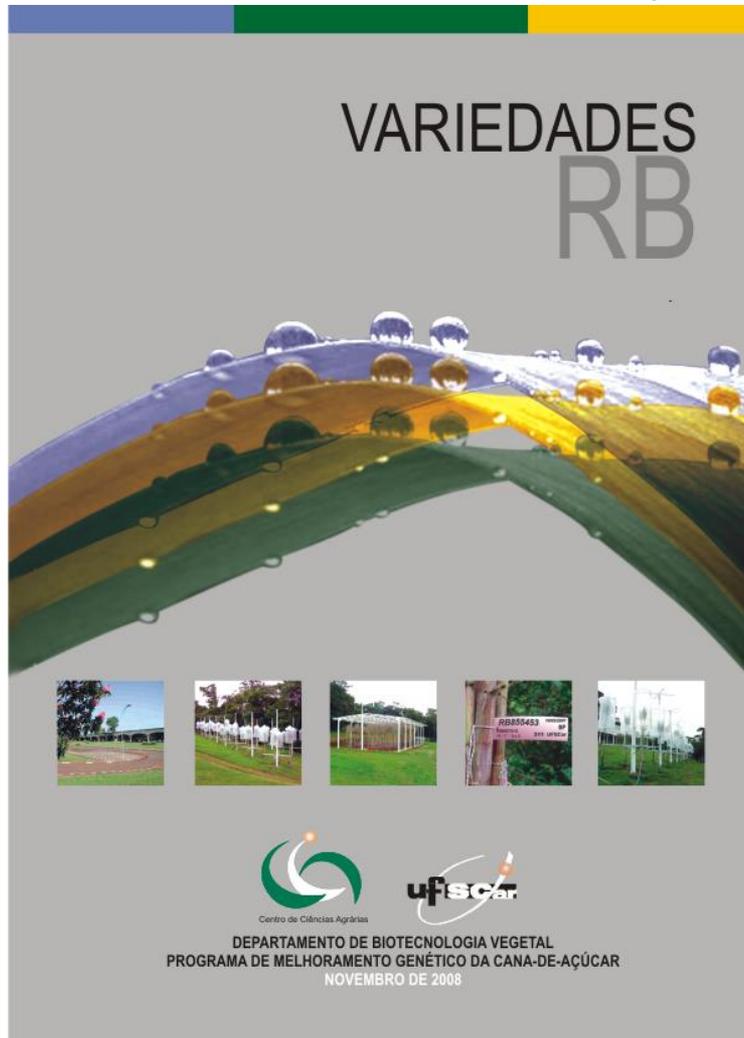
- Bom perfilhamento e resistência ao tombamento**
- Resistência às principais pragas e doenças**
- Boa brotação em soqueiras**
- Fácil despalha**
- Baixo teor de fibras**
- Alto teor de sacarose**
- Ausência de florescimento**
- Boa produção por hectare**

Escolha da Variedade

- Condições edafo-climáticas e adaptabilidade ao local.



Variedades de Cana-de-açúcar



VARIETADES RB DE CANA-DE-AÇÚCAR SUMÁRIO

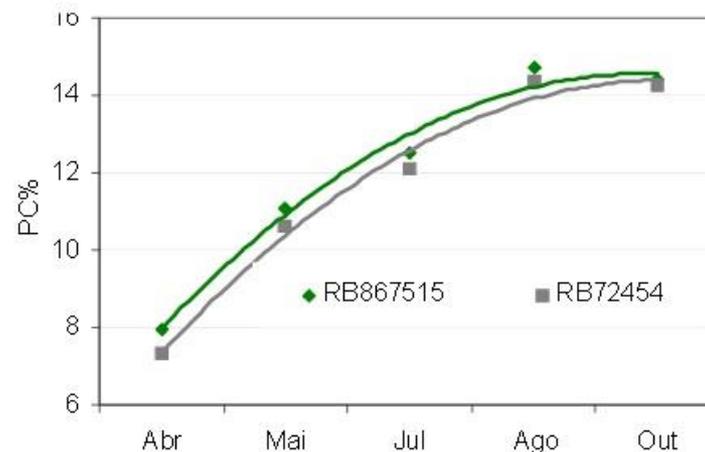
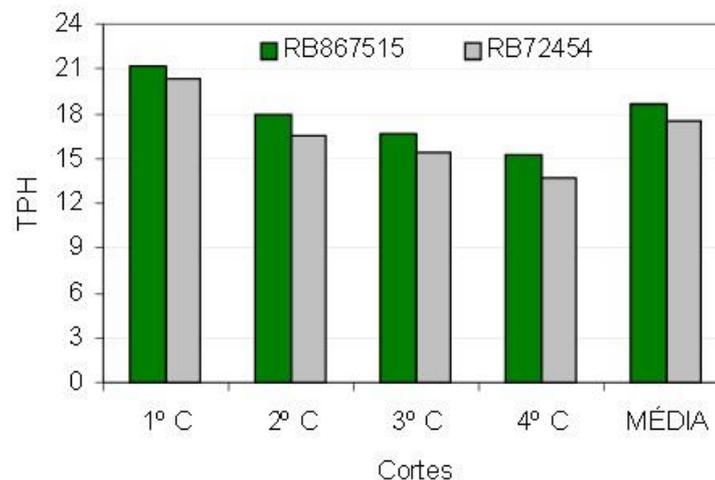
Introdução	4
Empresas Conveniadas	5
Variedades RB liberadas em março/2006	6
RB925211	7
RB925268	8
RB925345	9
RB935744	10
Variedades RB	11
RB72454	12
RB825336	13
RB835054	14
RB835089	15
RB835486	16
RB845210	17
RB845257	18
RB855035	19
RB855036	20
RB855113	21
RB855156	22
RB855453	23
RB855536	24
RB855546	25
RB867515	26
RB928064	27

Variedades de Cana-de-açúcar: RB867515

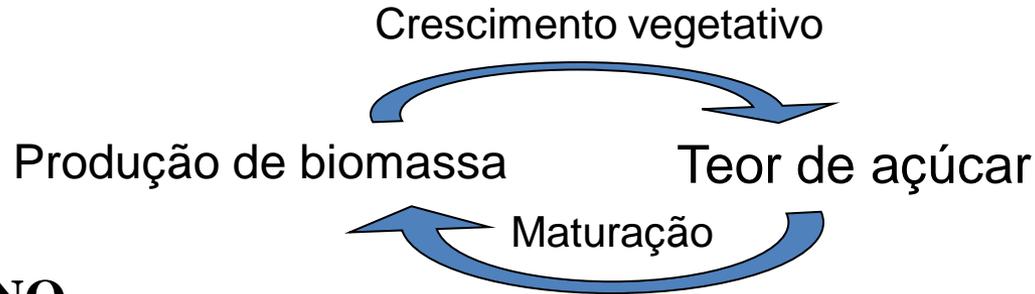
CARACTERÍSTICAS		RB867515
Prod. Agrícola		Alta
Colheita		Jul/Set
Brot. Soca	Man. Queimada	Boa
	Mecaniz. Crua	Boa
Perfilham.	Cana planta	Baixo
	Cana soca	Médio
Fechamento		Bom
Tombamento		Eventual
Florescimento		Eventual
Chochamento		Médio
PUI		Longo
Exigência em Ambientes		Baixa
Teor de sacarose		Alto
Teor de fibra		Médio
Carvão		Resistente
Ferrugem		Resistente
Escaldadura		Resistente
Mosaico		Resistente
Estrias vermelhas		Intermediária
Falsa est. vermelha		Intermediária

Aspectos Gerais

Alta velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, alta densidade de colmo, de cor verde arroxeado que se acentua quando expostos e fácil despalha.

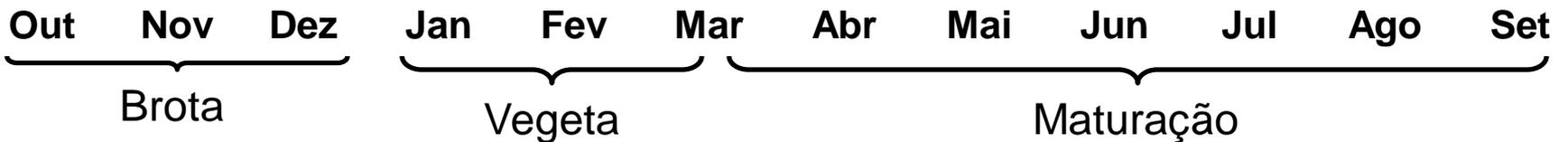


VARIEDADES QUANTO AO PERÍODO DE MATURAÇÃO



CANA DE ANO

- Brota e se desenvolve nos meses de **outubro** a **novembro**;
- Entre **março** e **abril** inicia o processo de maturação;
- Após o corte, o ciclo da soca é de 12 meses.



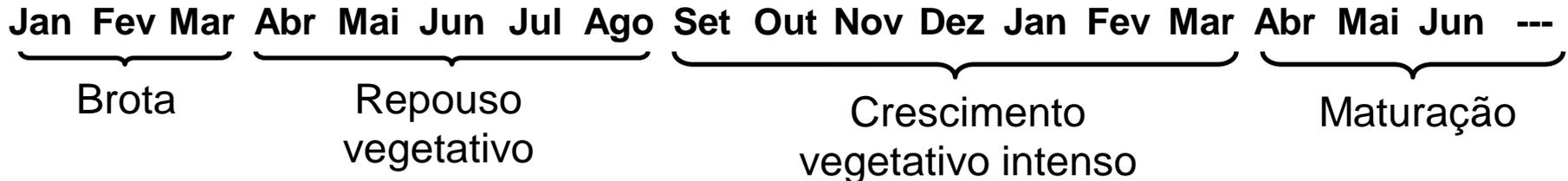
Vantagens:

- ✓ Produção mais rápida no primeiro corte;
- ✓ Melhor brotação das socas;
- ✓ Corte ocorre durante o período de condições climáticas favoráveis.

VARIETADES QUANTO AO PERÍODO DE MATURAÇÃO

CANA DE ANO-E-MEIO

- Brota e inicia o desenvolvimento durante os 3 meses favoráveis (**janeiro a março**);
- Repousa de **abril a agosto**;
- Vegeta intensamente de **setembro a março**;
- Amadurece no inverno (3-4 meses).



Vantagens:

- ✓ Maior número de meses para o crescimento vegetativo, garantindo maior produção;
- ✓ Melhor distribuição da mão-de-obra, pois o plantio e a colheita não coincidem;
- ✓ Melhor controle de plantas daninhas;
- ✓ Menores problemas fitossanitários;
- ✓ Possibilidade de rotação com culturas de ciclo curto;
- ✓ Melhor escoamento da colheita.

Época de Plantio

Crescimento vegetativo = produção de biomassa

Maturação = produção de açúcar: $f(\text{déficit hídrico} / \text{térmico})$

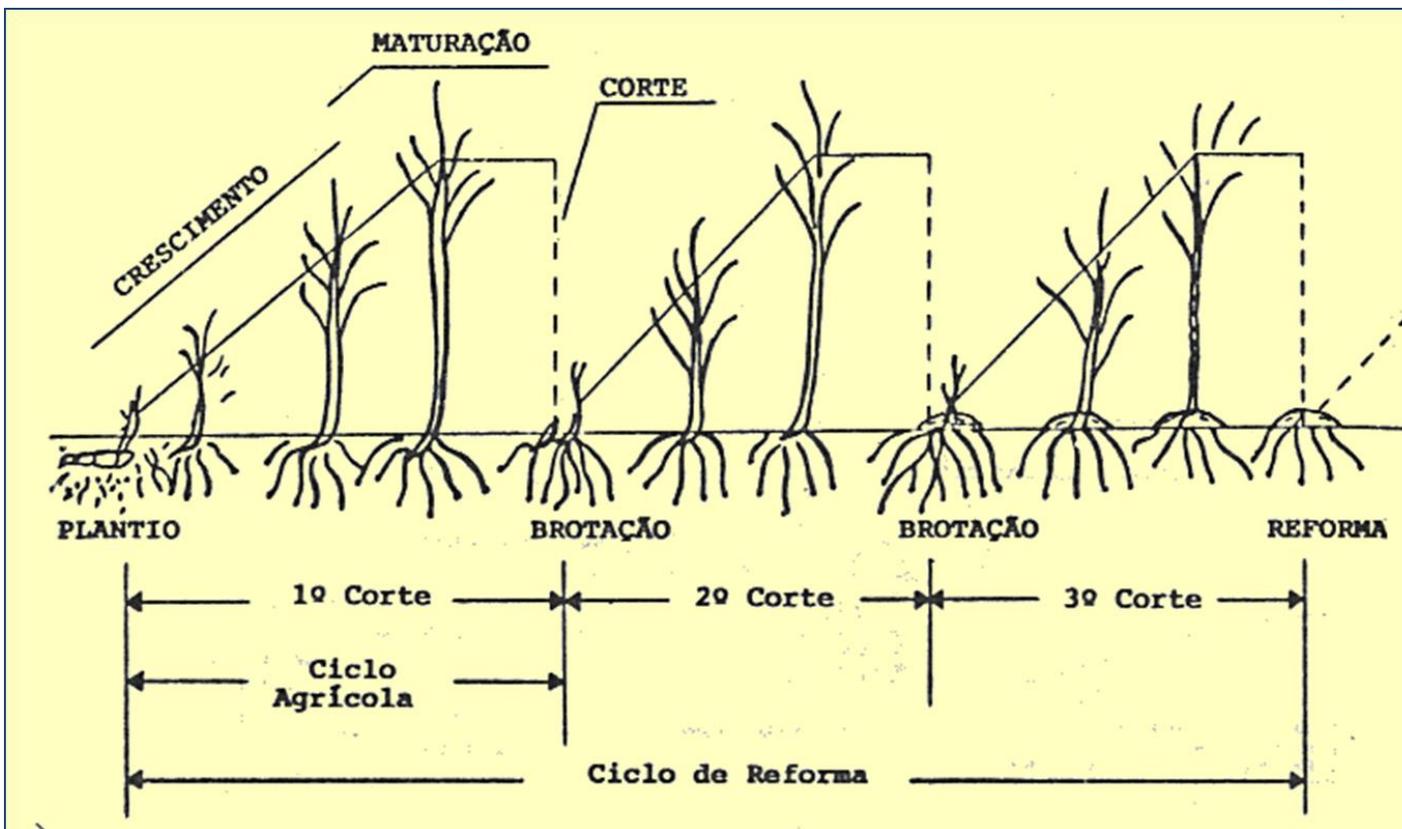
	Plantio	Colheita	Ciclo da cana planta
Cana de ano	Out - Nov	Set – Nov	10 – 14 meses
Cana de ano e meio	Jan - Mar	a partir de Mai (+1)	14 – 18 meses

- 10 t/ha; colmos duplos e contrários; toletes de 3 gemas; 12 gemas/m; 10 cm de terra em cobertura.

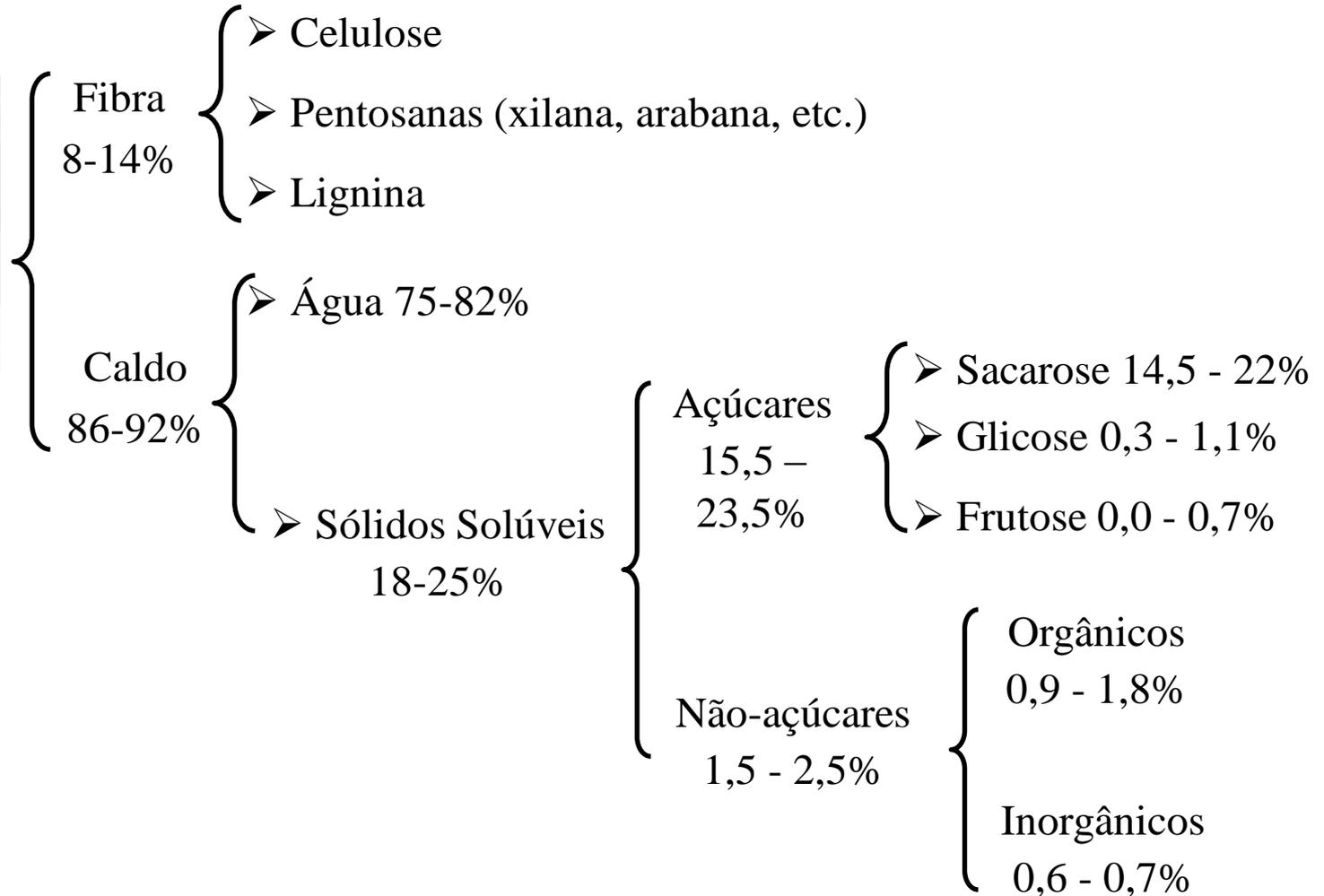
“Declínio”
varietal



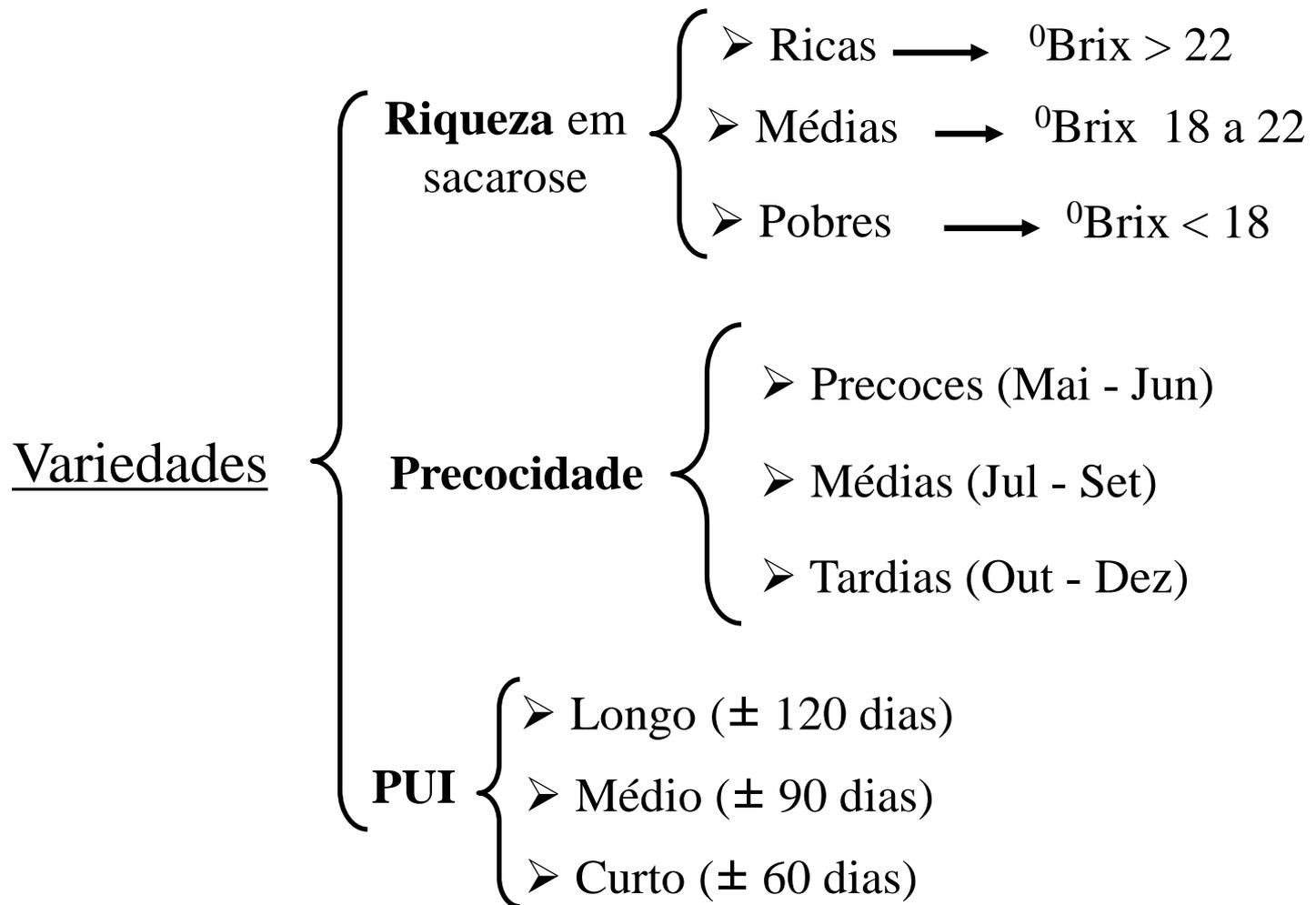
Queda da fertilidade e de condições físicas e microbiológicas do solo;
Efeito acumulativo de pragas e doenças;

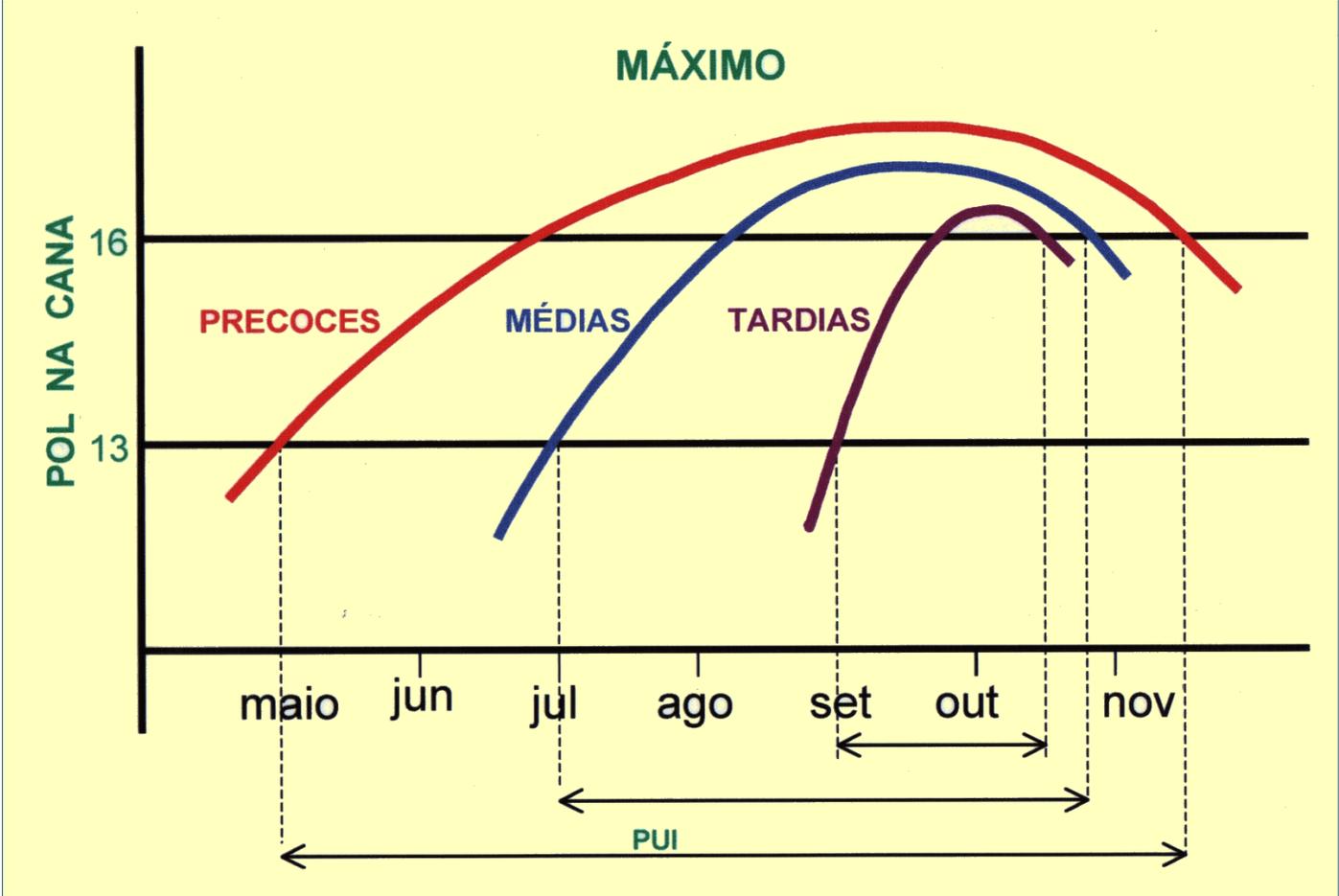


Composição tecnológica do colmo da cana



Classificação das variedades de cana





Preparo do solo e tratos culturais

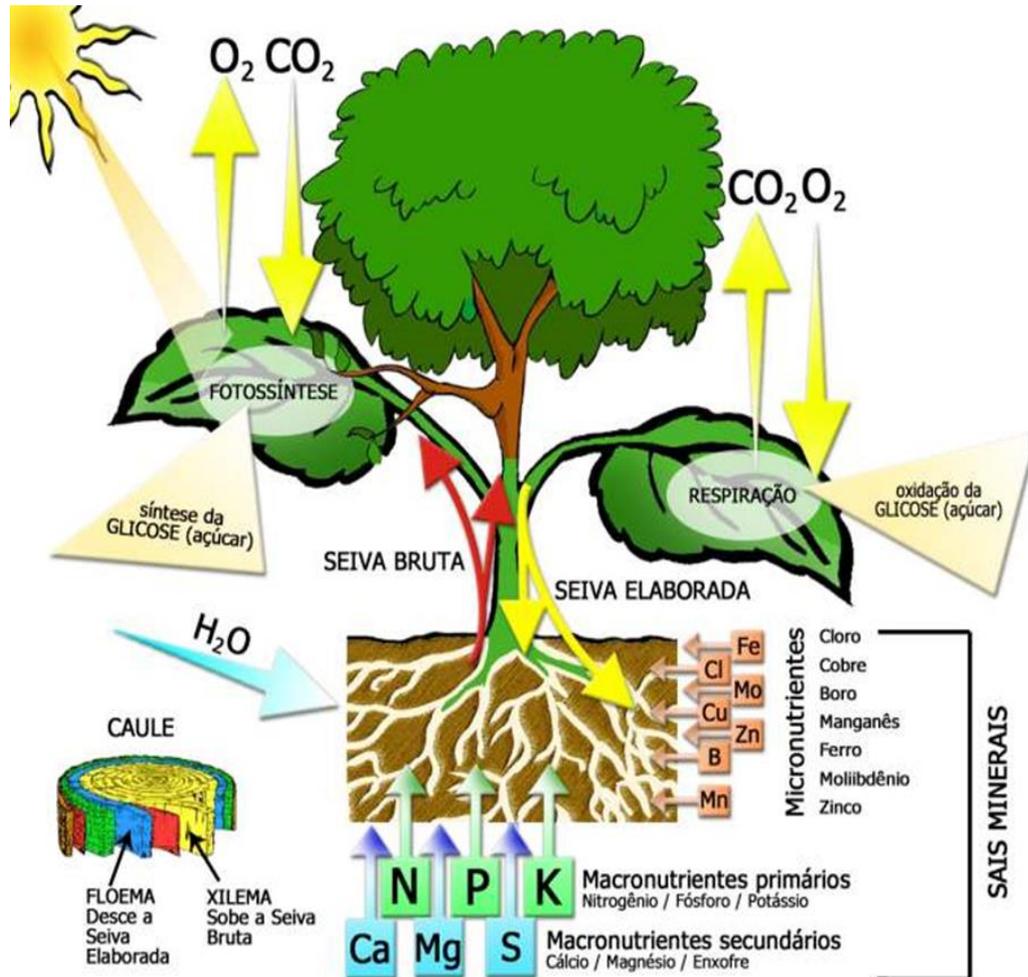
- Solo: argilosos, profundos, boa fertilidade e boa capacidade de retenção de água.
- Preparo: aração profunda e gradagem
- Correção da acidez do solo: pH entre 5,5 e 6,5
- Adubação: cana planta (500 kg/ha 4-20-20); cana soca (450 kg/ha 20-5-20);
- Espaçamento: 1,40 m entre sulcos e 25cm de profundidade

- Plantas invasoras, adubação de cobertura e cultivo do solo.

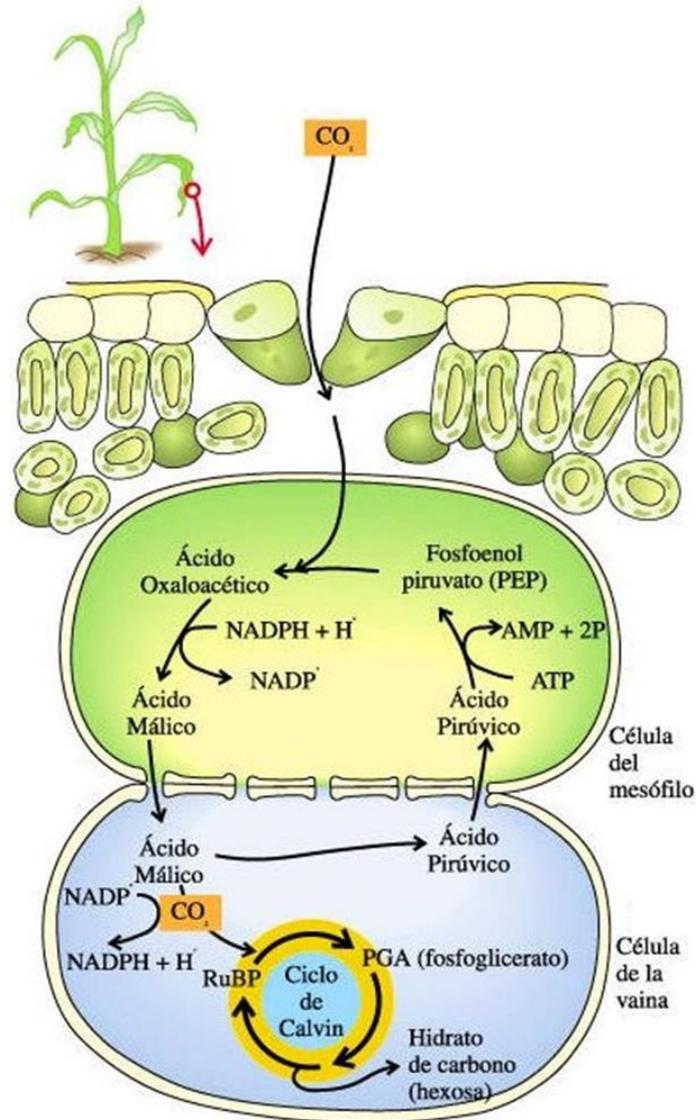
Pragas e doenças

- Pragas: broca e cigarrinha
- Doenças: virais (mosaico, raquitismo); bacterianas (escaldadura, estrias, podridão apical); fúngicas (carvão – chicote/esporos, podridões)

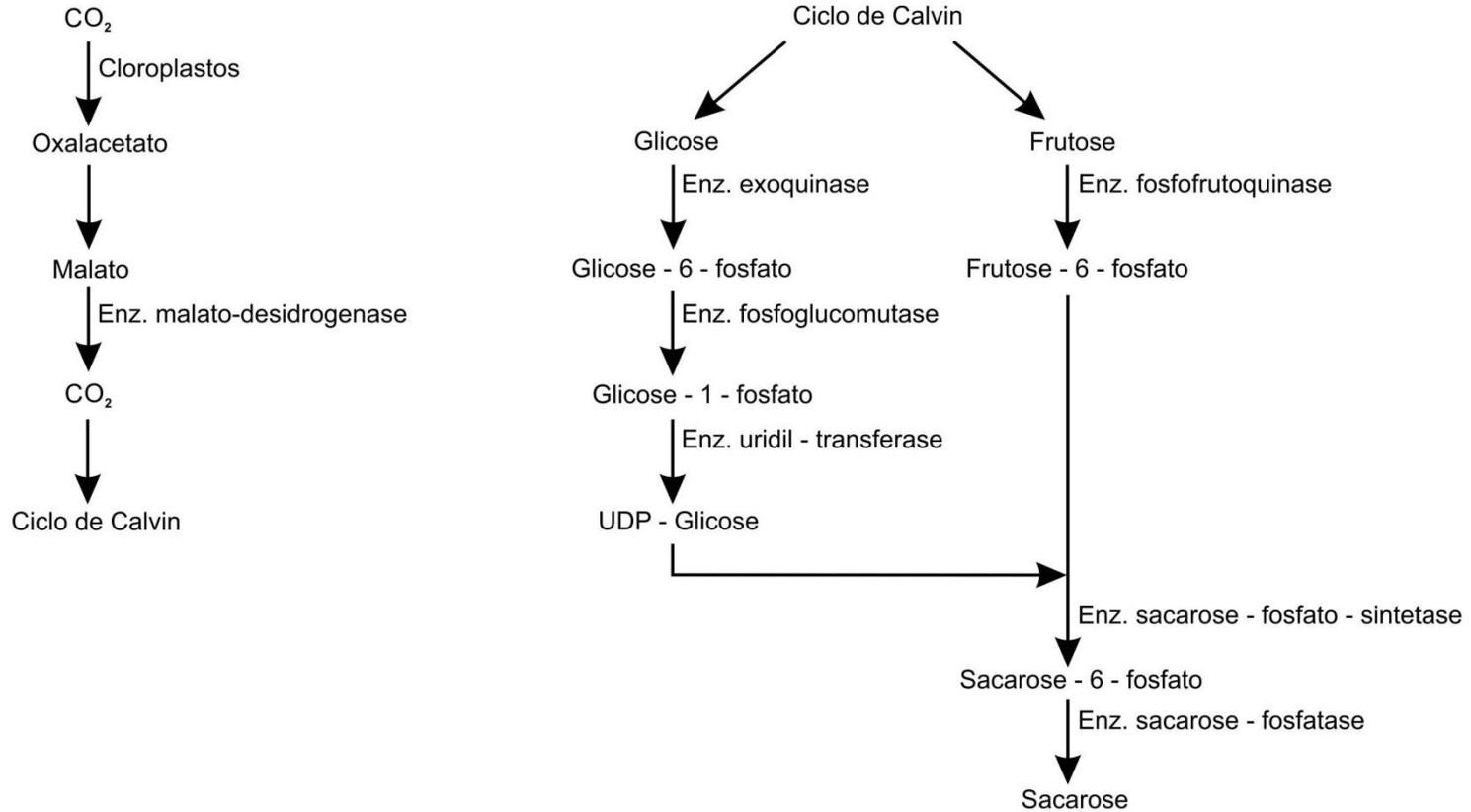
Maturação = processo fisiológico



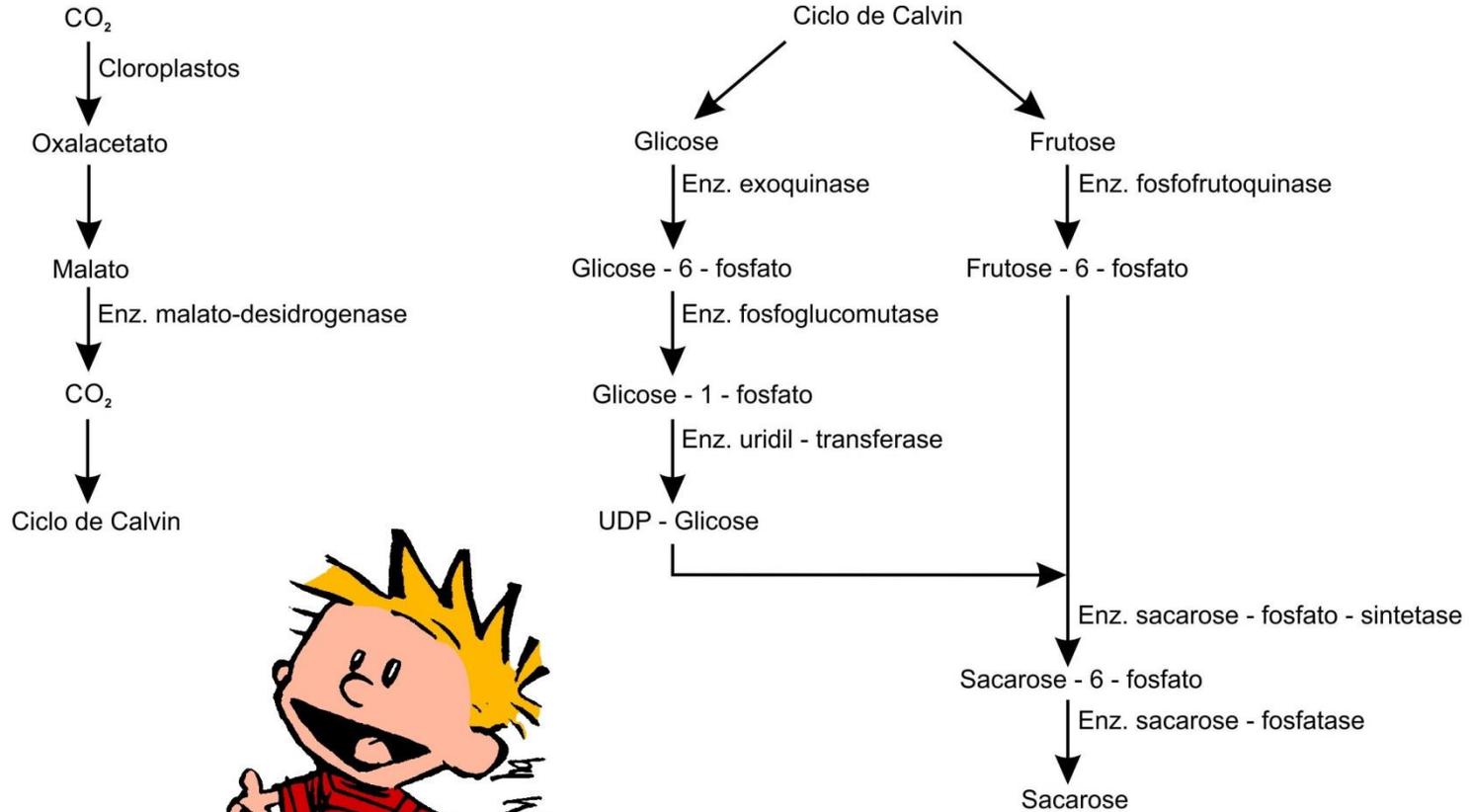
Maturação = processo fisiológico



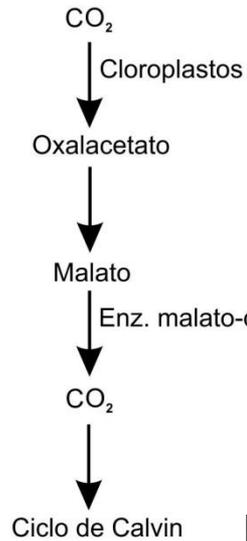
Maturação = processo fisiológico



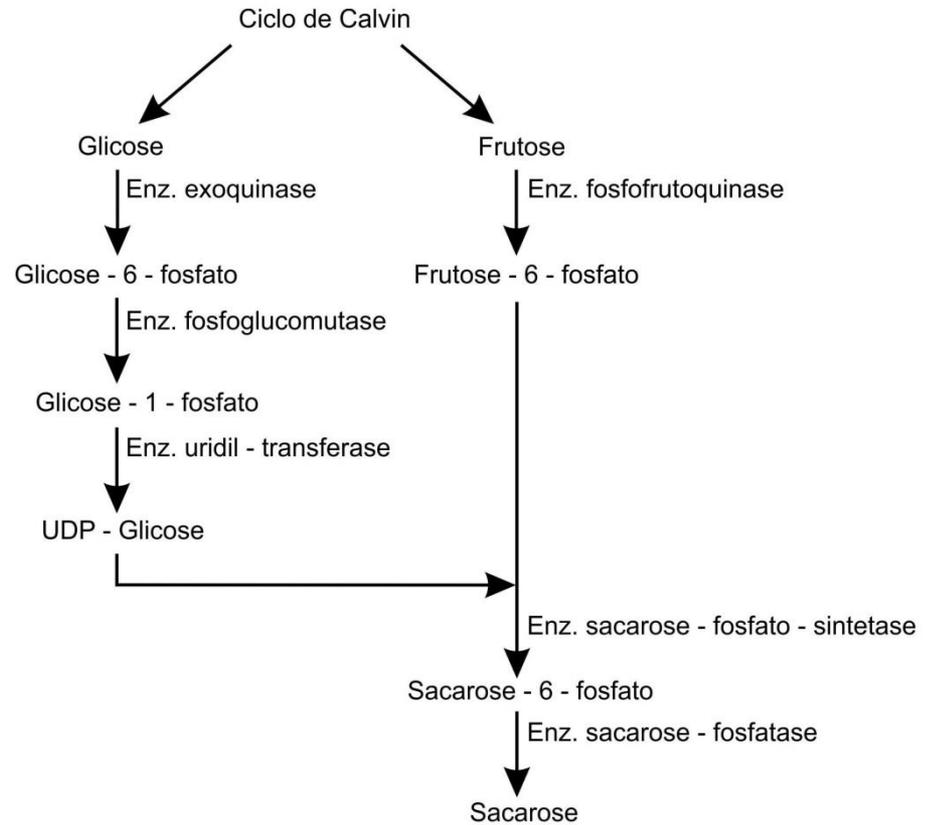
Maturação = processo fisiológico



Maturação = processo fisiológico



Melvin Calvin



SISTEMAS DE DETERMINAÇÃO DA MATURAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Sistemas

Empíricos:

- Aparência do canavial (altura, folhas secas);
- Idade do canavial: $f(\text{variedade plantada})$.

Técnicos:

- Levantamento preliminar em campo: **Brix** médio e **IM** (Índice de Maturação);
- Coleta e análises laboratoriais:
 - a) Amostragem;
 - b) Análises tecnológicas.

Levantamento preliminar



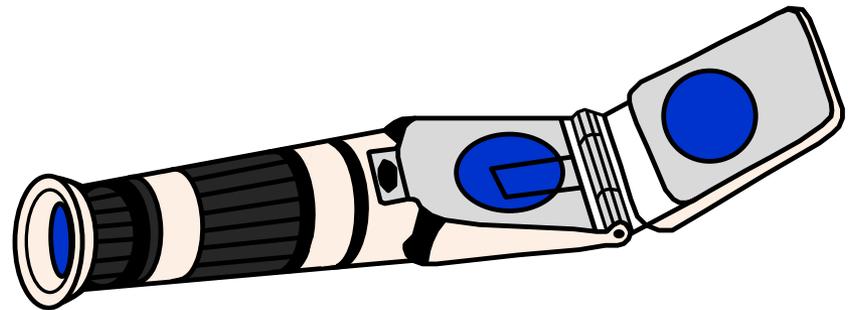
Refratômetro de campo

Amostragem:

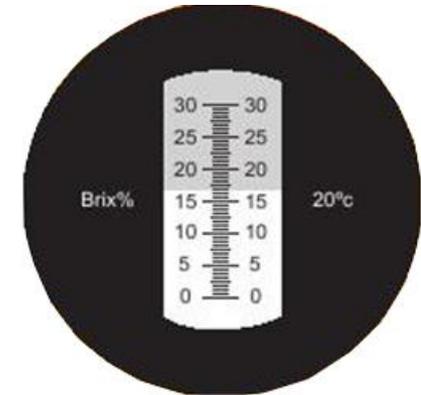
O caldo para a determinação é coletado entre o 3º e 4º entrenó da base e do último entrenó desenvolvido da ponta, em 12-15 colmos representativos do talhão.

$$\text{IM} = \text{°Brix ponta} / \text{°Brix base}$$

Refratômetro de Campo e Acessório

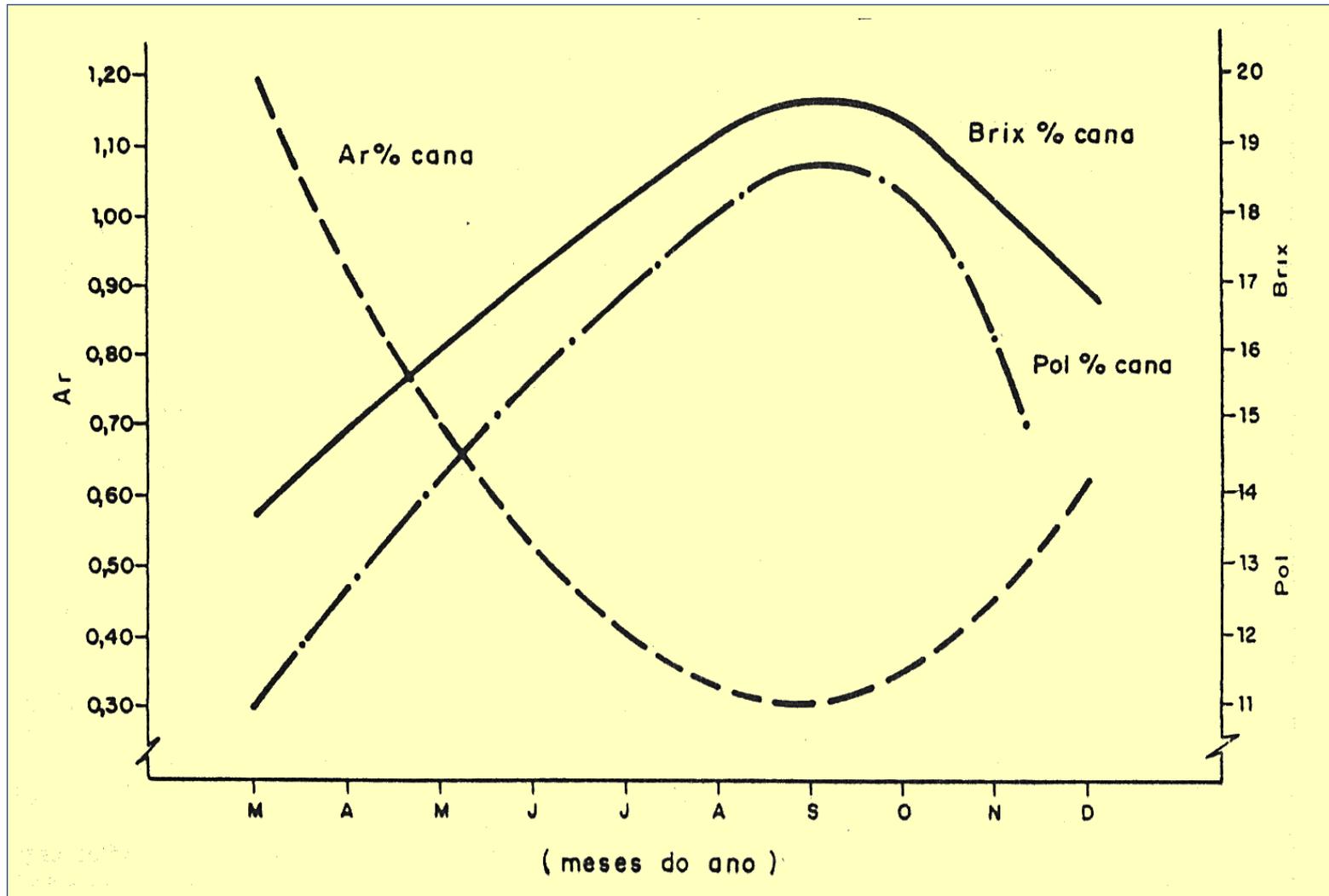


Interpretação dos Resultados



Resultado de IM	Interpretação
$< 0,6$	Imatura (verde)
$0,6 - 0,7$	Maturação baixa
$0,7 - 0,85$	Maturação média
$0,85 - 1,0$	Maturação ótima
$> 1,0$	Maturação ultrapassada

Comportamento tecnológico da cana na maturação



Produção Sucroalcooleira

Aula 4 – Qualidade da matéria-prima e operações preliminares da fabricação do açúcar:

- Qualidade da matéria-prima entregue nas Usinas;
- Queima;
- Colheita;
- Transporte;
- Armazenamento da Cana.



Qualidade da matéria-prima

❑ A matéria-prima desejável para a indústria pode ser definida como colmos em estágio adiantado de maturação, sadios, recém-cortados, normalmente despontados e livres de matéria estranha (impurezas) (STUPIELLO, 1987).

Qualidade da matéria-prima

Impurezas

❑ São elementos indesejáveis ao processo de origem **mineral** ou **vegetal**.

Mineral (Pedra ou pedrisco)

✓ Causa prejuízos a indústria por provocarem desgastes em equipamentos (Bombas, tubulações, desgaste de moendas).

✓ Geralmente removida na mesa de Alimentação (lavagem de cana).

Vegetal

São fibras que não contém sacarose. Geralmente palha resultante de mal queima da cana devido umidade do canavial ou do desponte alto.

Aumenta o volume de cana reduzindo o rendimento da extração.

Consome potencia desnecessária das turbinas e motores.

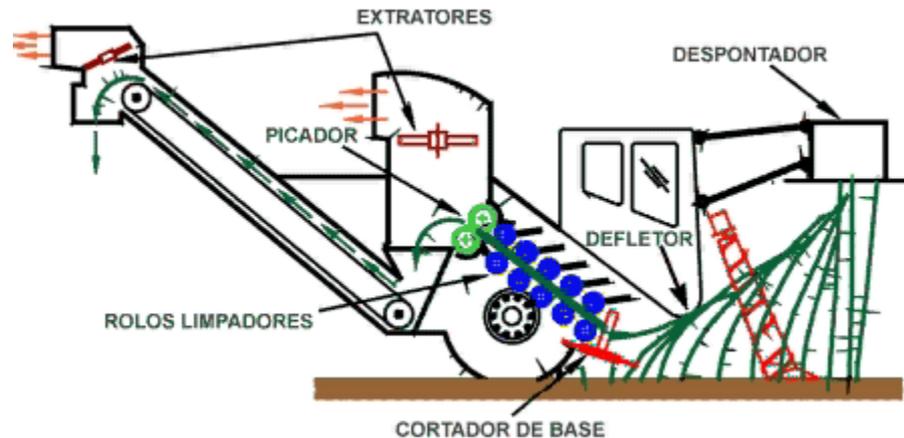
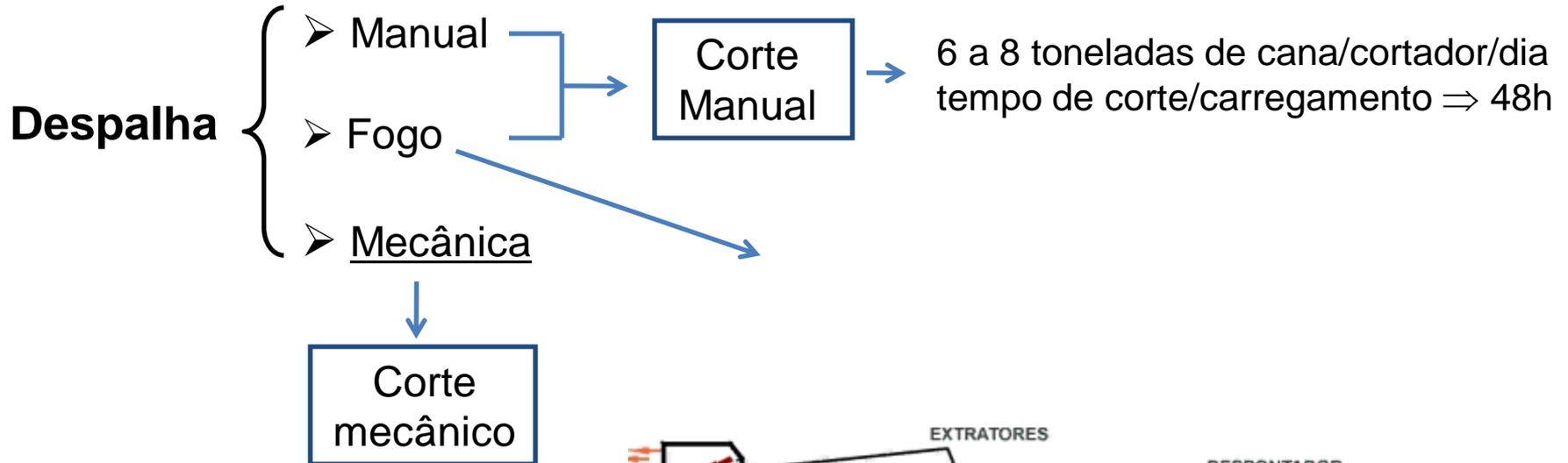
Operações preliminares da fabricação do açúcar:

Operações
Preliminares

Antecedem a entrada da
MP na indústria

- Queima;
- Colheita de cana;
- Carregamento;
- Transporte;
- Pesagem;
- Pagamento (item a parte);
- Descarregamento;
- Armazenamento;
- Lavagem.

Operações preliminares da fabricação do açúcar:



Corte Manual



Figura – Corte manual de cana crua.



Figura – Corte manual de cana queimada.

Fogo !!!

☐ Causa injúrias à cana e sua extensão depende da intensidade deste;

➤ Perda de açúcar per exsudação na superfície cana.



➤ Destruição térmica da sacarose;

Queima

❑ Do ponto de vista agronômico, a queima ocasiona:

- Eliminação da palhaça que se decomporia e seria incorporada ao solo;
- Destruição de pequena quantidade de matéria orgânica do solo;
- Eliminação de pragas, como broca, cigarrinha, etc.;
- Eliminação do mato invasor.

❑ Do ponto de vista ambiental:

- Emissão de contaminantes atmosféricos;
- Menor gasto de herbicidas;
- Menor retenção de umidade do solo;
- Maior susceptibilidade à erosão;
- Menor conservação de inimigos naturais;
- Perdas de N, C e S (volatilização).



Queima

Do ponto de vista do trabalhador - “queima”:

- Elimina animais peçonhentos;
- Reduz o número de acidentes;
- Melhora as condições de trabalho;
- Aumenta o rendimento de corte.



Exsudação

Queima

Lei estadual nº 11.241 proíbe gradativamente a queima das culturas de cana-de-açúcar no estado. De modo gradativo, a previsão inicial era de que a proibição total fosse efetiva em 2031. Posteriormente, acordo entre governo do estado e a União da Indústria de Cana-de-açúcar (Unica), estabeleceu redução do prazo para 2014 em áreas mecanizáveis e 2017 em áreas mais íngremes não mecanizáveis (Unica, 2009).



Figura – Fuligem sobre o solo após queima de área de cana-de-açúcar.

Colheita mecanizada

- ❑ A colheita mecanizada implica maior eficiência econômica;
- ❑ A máquina tem a possibilidade de colher mais de 800 toneladas/dia;
- ❑ O custo de produção é 20% a 25% maior em usinas que colhem a cana manualmente.



Figura – Área com cana-de-açúcar sendo colhida mecanicamente, sem queima.

- ❑ Na colheita mecânica de cana crua, os índices de perdas e impurezas tendem a aumentar devido à maior massa vegetal que será processada pela colhedora.

Colheita – impurezas vegetais



Figura – Colheita mecanizada sem utilização do despontador. Foto: Daniel Nassif.

O corte mecanizado pode reduzir a longevidade da cana-de-açúcar, pois algumas máquinas não possuem o corte eficiente, podendo chegar a cortar próximo a 50 centímetros acima da superfície do solo (geralmente o corte eficiente está por volta dos 20 centímetros).

Frentes de cana picada

□ A colhedora realiza seqüencialmente o corte, a picação e a limpeza da cana, conduzindo-a para os transbordos.



Figura – Carregamento de cana picada.
Foto: Patrícia Lopes.



Figura – Transferência de cana picada para o caminhão. Foto: Patrícia Lopes.

❑ Cana picada propicia aumento da exposição do colmo, ao ataque de **microorganismos**, que aceleram o seu processo de deterioração (KROES & HARRIS, 1994);

❑ Estes agentes transformam o açúcar em ácidos (lático e acético) e em gomas (dextrana); os quais interferem no processo industrial;

❑ Os **ácidos** são inibidores do processo de **fermentação na matéria-prima** e as **gomas** acarretam problemas nas operações de **clarificação, cristalização e centrifugação**, comprometendo a qualidade e a estocagem do açúcar.

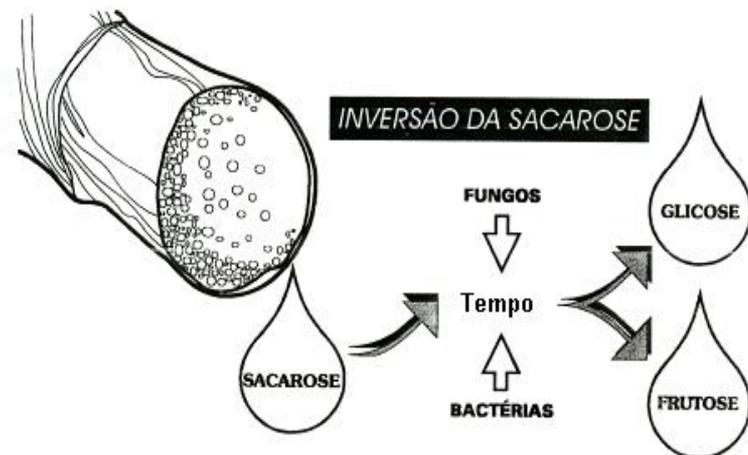


Figura – Inversão da sacarose.

✓ **Fator determinante: Tempo entre corte e processamento (24h).**

✓ Ocorre inversão de Sacarose para Glicose e Frutose.

✓ Causada pela ação de Fungos e Bactérias.

Transporte

Estradas - rodoviário (principal)

Estradas vicinais/ carreadores (transbordo)



Responsável por 95% do transporte de cana no Brasil.

Composição	Esquema	Descrição
Truck/Toco/Caminhão		Caminhão plataforma.
Romeu e Julieta/Biminhão		Caminhão plataforma com uma carreta acoplada.
Treminhão		Caminhão plataforma com duas carretas acopladas.
Rodotrem		Cavalo mecânico com dois semi-reboque acoplados.

Figura - Descrição das composições mais comuns do transporte de cana. Fonte: Silva (2006).

Conclusões

- ❑ A cana crua apresenta matéria prima de melhor qualidade.
- ❑ O fogo utilizado para limpeza causa perdas de massa, de qualidade, e do ATR.
- ❑ A colheita mecanizada de cana-de-açúcar causa acréscimo dos índices de impurezas vegetais e minerais.
- ❑ A redução dos níveis de impurezas (minerais e vegetais) hoje praticados causa aumento das perdas de matéria prima, pois estão diretamente relacionadas com as características tecnológicas disponíveis nas colhedoras.

Produção Sucroalcooleira

Aula 5 – Recepção e Limpeza:

- Descarregamento de cana;
- Mesas laterais;
- Limpeza;



Armazenamento em Pátio??



Pesagem e descarregamento da cana

Pesagem (objetivos):

- Controle agrícola;
- Controle industrial;
- Pagamento de fornecedor;



Tomadores de amostras



Horizontais

✓ Necessidade de três amostragem por caminhão;



Oblíquos

- ✓ Necessidade de uma única amostragem;
- ✓ Amostra mais representativa da carga;
- ✓ Atualmente substituiu o tomador horizontal.

Descarregamento mecânico – equipamentos:

Basculamento lateral de carroceria.



Cana colhida sem queima

Descarregamento mecânico – equipamentos:

Tombador Lateral - Hilo:

❑ Efetua o descarregamento da carga de cana geralmente em uma rampa de descarregamento, ou nas mesas alimentadoras.



Cana picada



Cana inteira



Guincho Hylo



Receptores da cana-de-açúcar – Mesa alimentadora:

Equipamentos destinados a receber e conduzir matéria-prima para a esteira de alimentação das moendas.



Mesa lateral de forro fixo com correntes individuais móveis ou interligadas com taliscas - mesas duplas:

- Vantagens
- Melhor lavagem da cana.
 - Melhor uniformidade de alimentação.
 - Reduz o risco de sobrecarga de alimentação.



Figura - Esteiras laterais duplas 15° e 45°

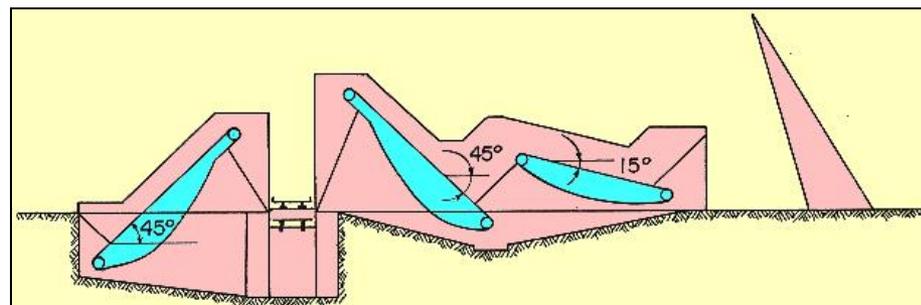


Figura - Associação de mesas - lateral de 45°

Recepção da cana – Mesa alimentadora



Figura - Mesa Alimentadora para a Unidade de Pedro Afonso do Grupo Bunge. Fonte: <http://www.brumazi.com.br/>

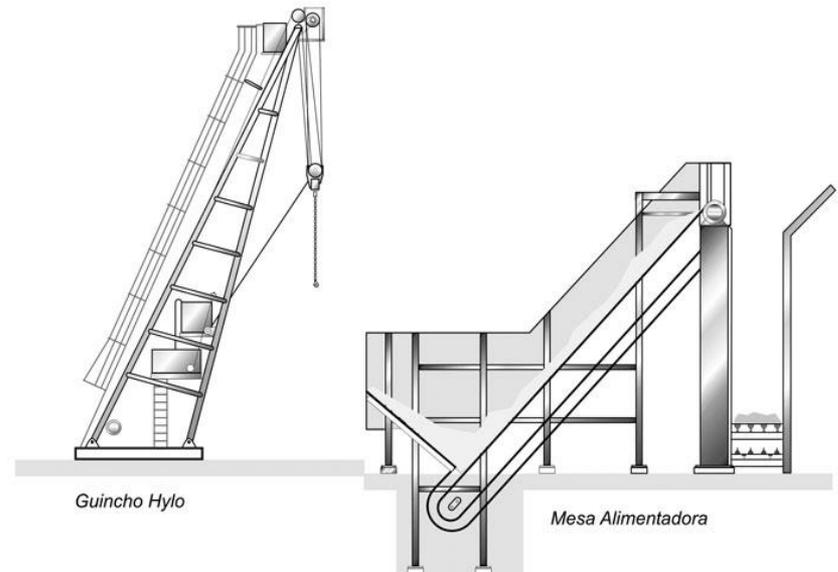


Figura – Conjunto Guincho Hylo, Mesa Alimentadora. Fonte: <http://www.brumazi.com.br/>

LAVAGEM (LIMPEZA) DA CANA

Limpeza da cana

☐ Visa a remoção de terra, areia e outros materiais estranhos.

❖ Sistema de limpeza {
➤ Via seca.
➤ Via úmida.

Via Úmida (Lavagem da cana).

☐ Conservação de água - leite de cal - pH 9-11

☐ Açúcar arrastado {
➤ Normal $\leq 2,0\%$.
➤ Excesso até 5%.



Figura - Lavagem de cana em mesa de 45°.

Tubulação de lavagem de cana com bicos.



Sistema de lavagem por calha.



Via Seca (Exaustor).

Vantagens:

- ❑ Evita perdas de açúcar na lavagem
- ❑ Menor investimento com sistema de tratamento da água.

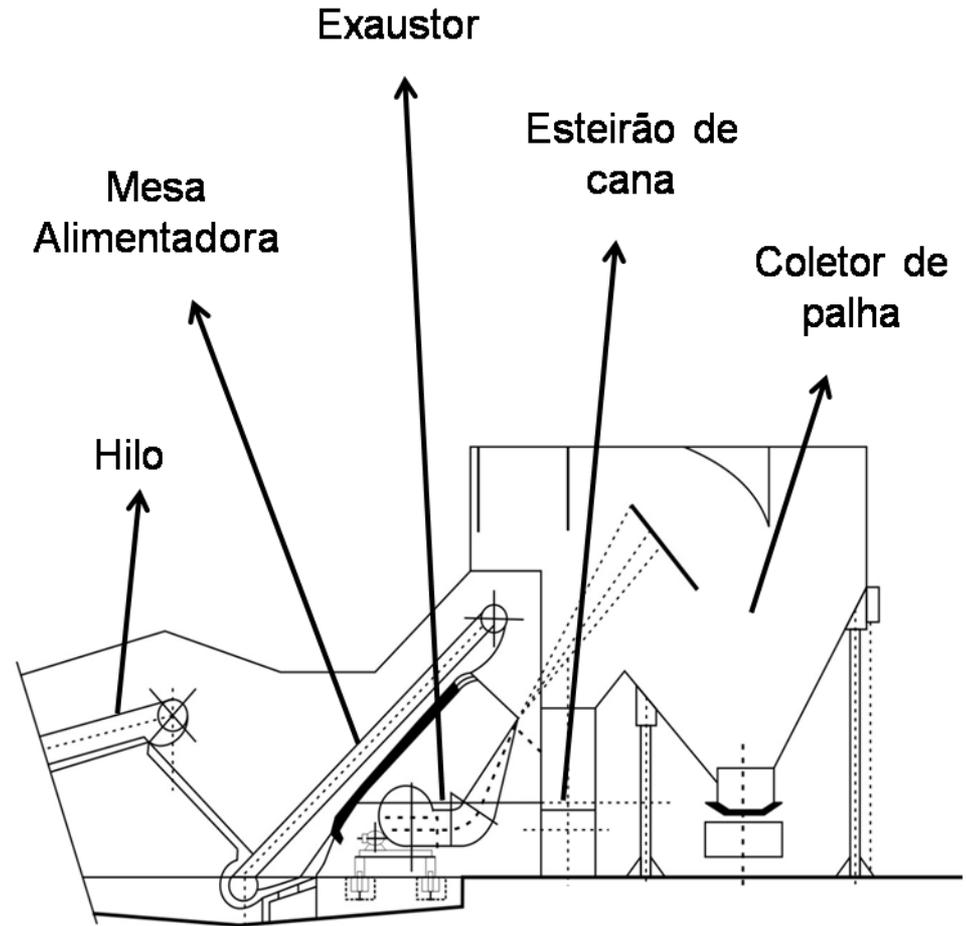


Figura - Sistema de limpeza a seco da cana-de-açúcar por insuflação de ar em alta velocidade.

Condução

PREPARO DA CANA

□ Após a limpeza, as canas são conduzidas para a esteira principal, sofrendo intensa desintegração por aparelhos preparadores até chegar a moagem em alta velocidade.



Esteirão de cana inteira.



Esteirão de cana picada.

Produção Sucroalcooleira

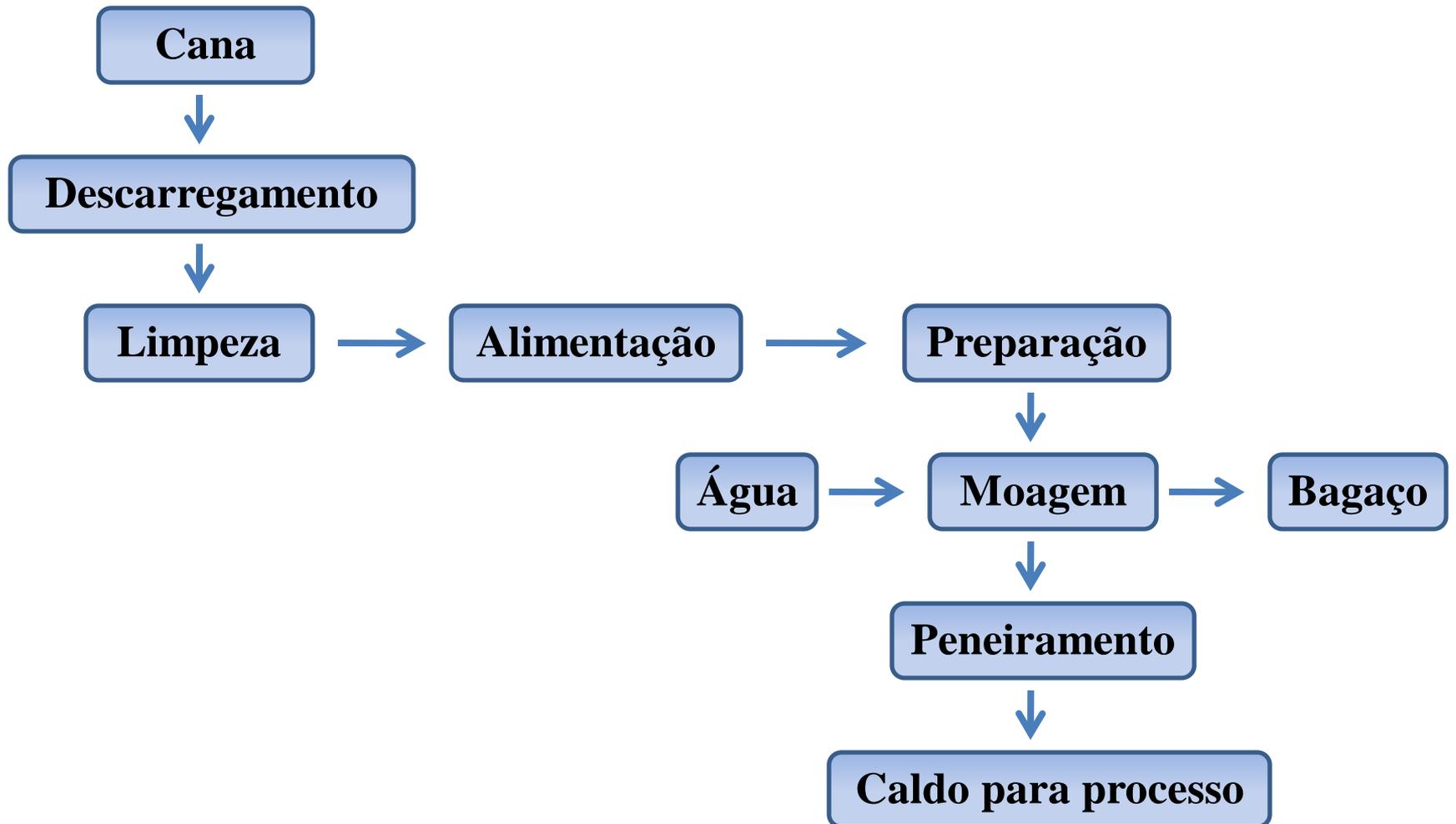
Aula 6 – Preparo da cana e moagem:

- ❑ Preparo;
- ❑ Extração do caldo com moendas;
- ❑ Embebição;



Preparo da cana e extração do caldo

Descrição Resumida do processo



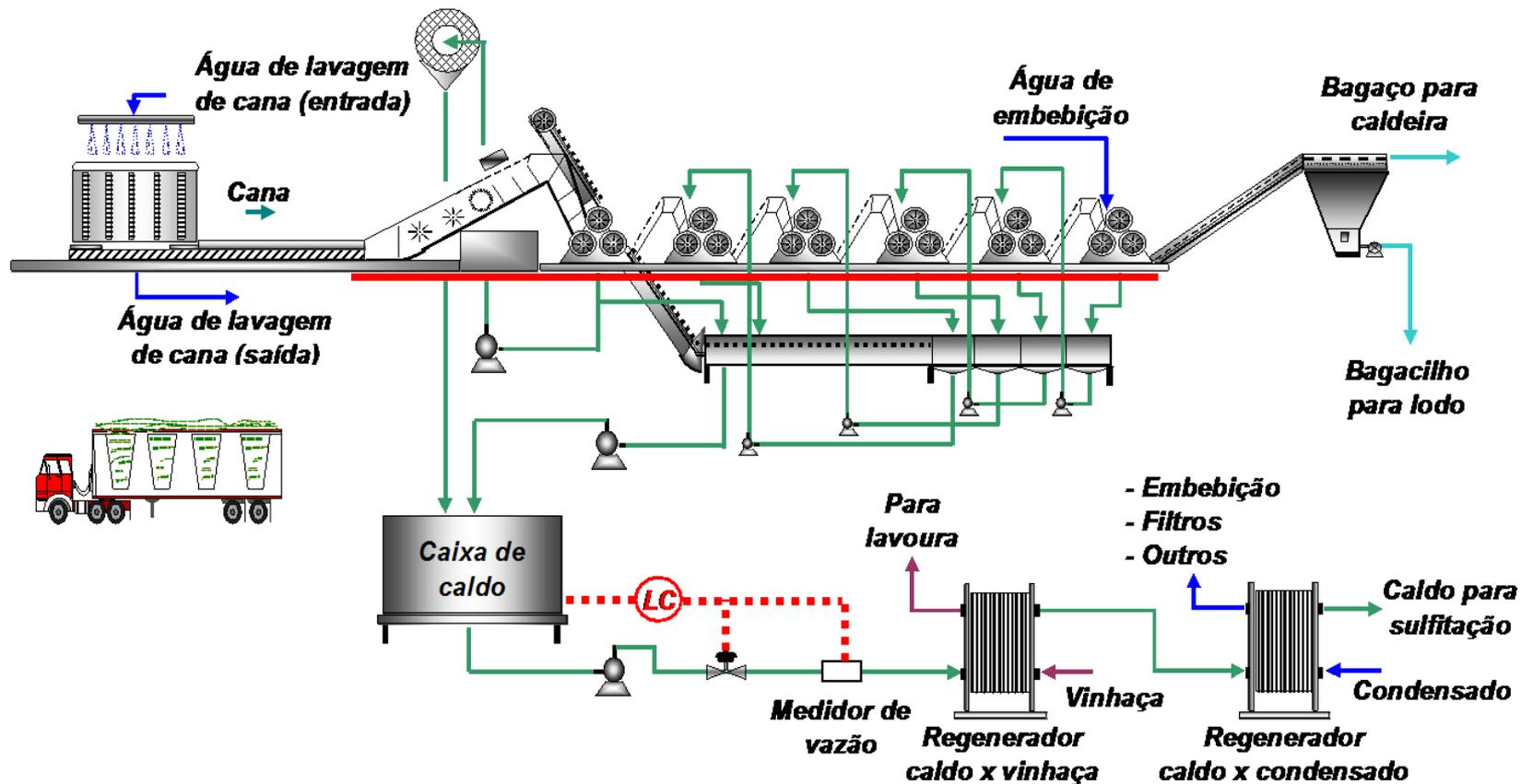


Figura – Fluxograma do processo de extração do caldo por moagem.

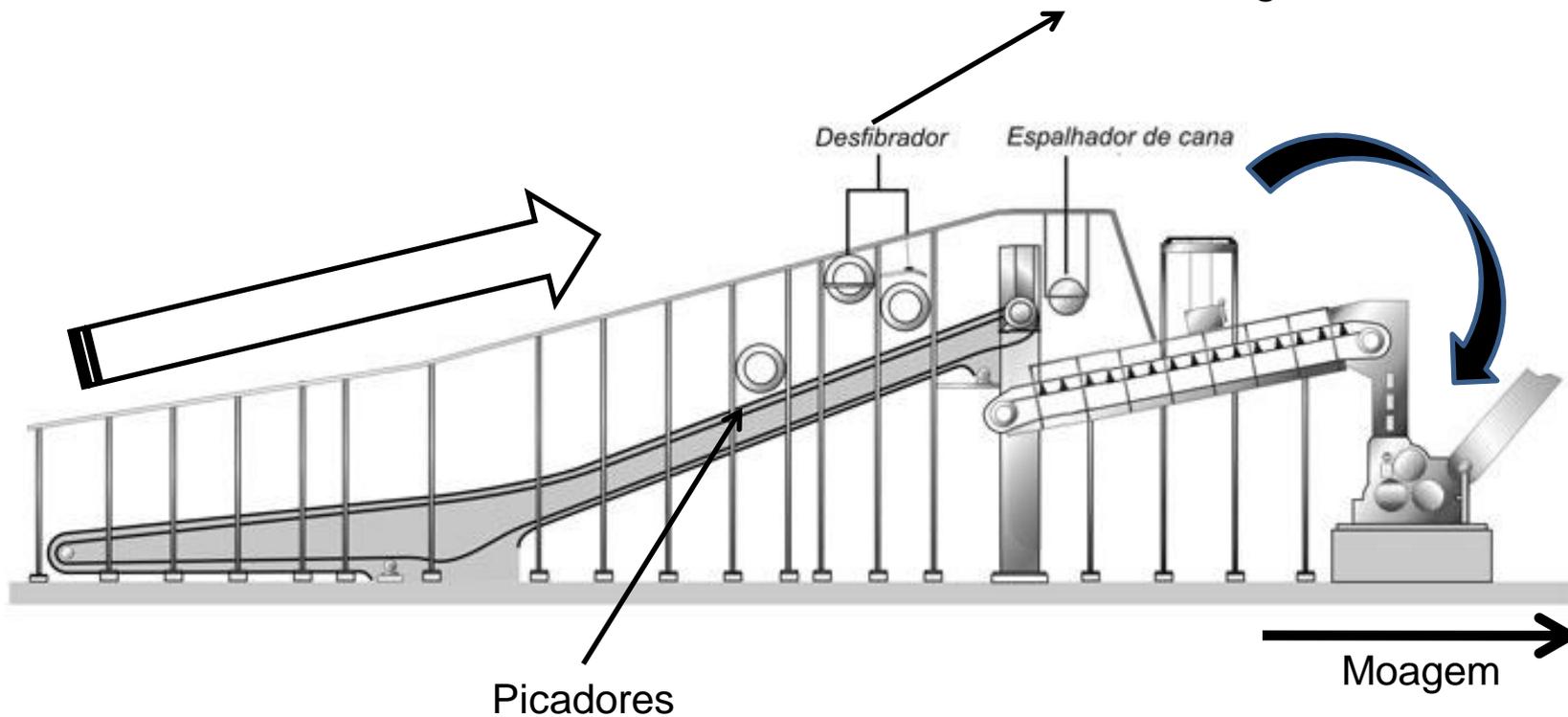
Preparo da cana para moagem ou difusão:

Objetivos: Aumentar a densidade da cana/capacidade de moagem e realizar o máximo rompimento das células.

- ❑ **Jogo de Facas Niveladoras:** nivelar o colchão de cana.
- ❑ **Jogo de Facas Cortadoras:** produz uma semi preparação da cana para alimentar o Desfibrador.
- ❑ **Desfibrador de Cana:** confer à cana um índice de células abertas de 85% a 93%.

Preparo da cana

- Aparelhos do preparo
- Facas rotativas ou picadores.
 - Desfibradores ou desintegradores



Picadores

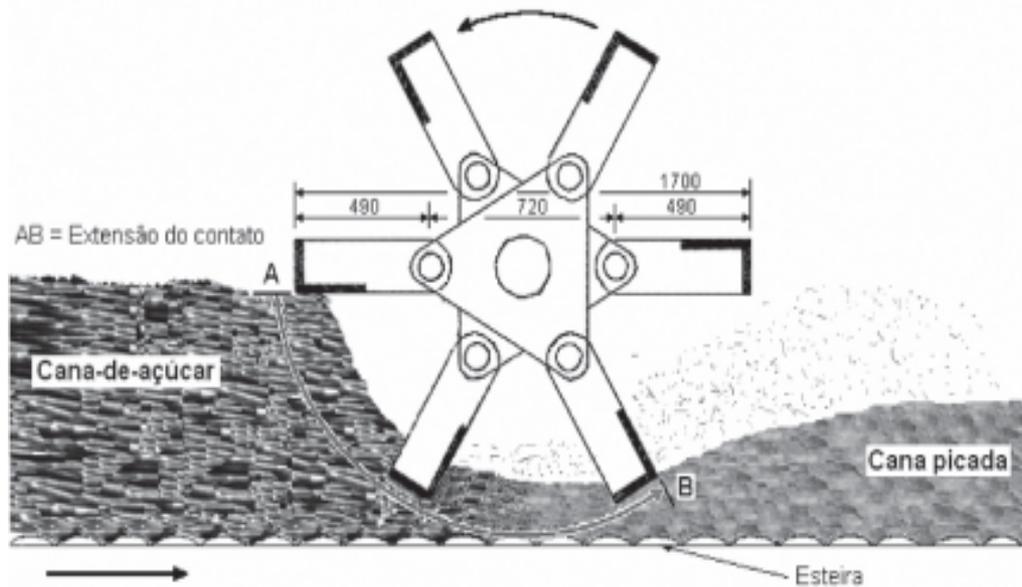


Figura – Esquema do picador mostrando a extensão do contato das facas com a cana (unidade mm).



Figura – Picador de cana.

Desfibrador

GENERALIDADES:

❑ Destruir por completo a estrutura da cana.

➤ Realiza o desfibramento da cana picada ao esfrega-lá contra uma placa desfibradora.

➤ Maior extração com aumento na abertura de células e melhor embebição;

➤ Completa o preparo de cana rompendo a maior quantidade possível de células, desfibrando a cana.

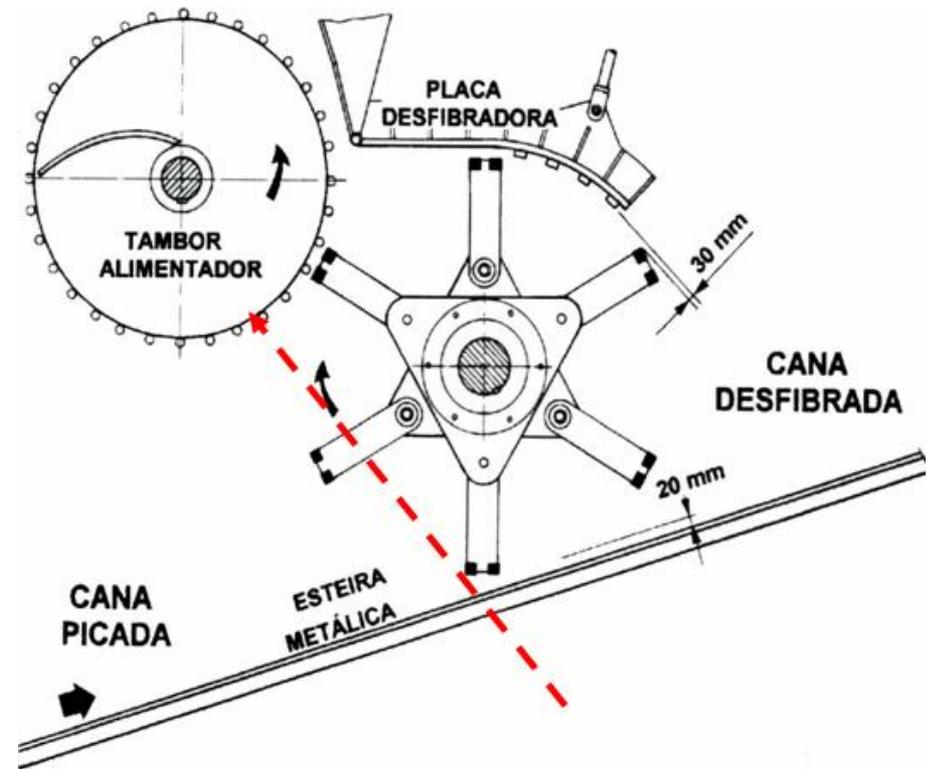
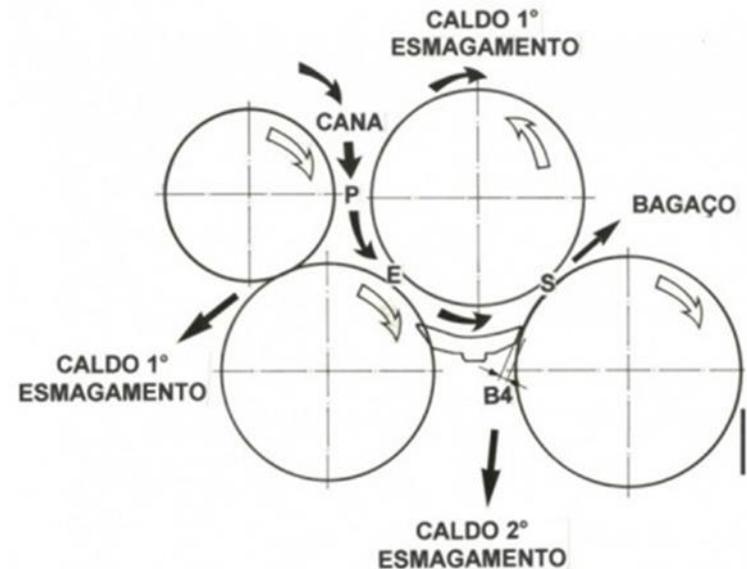
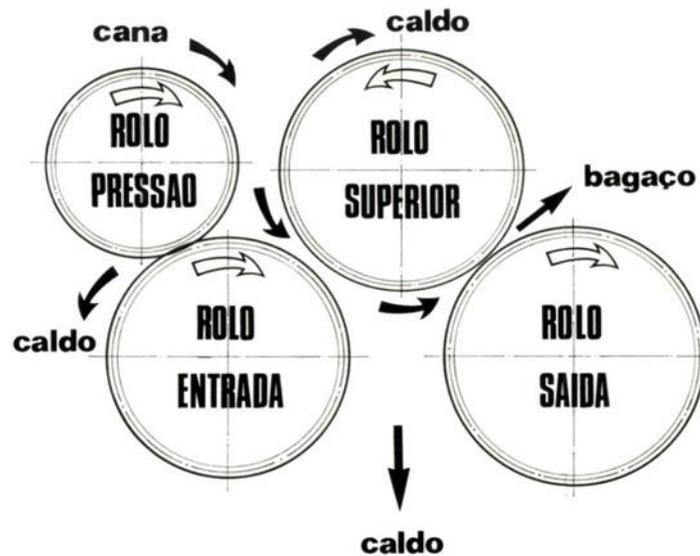


Figura – Desfibrador.

Moendas

- ❑ Equipamentos de baixa velocidade e alta pressão;
- ❑ Extraem o caldo por compressão.

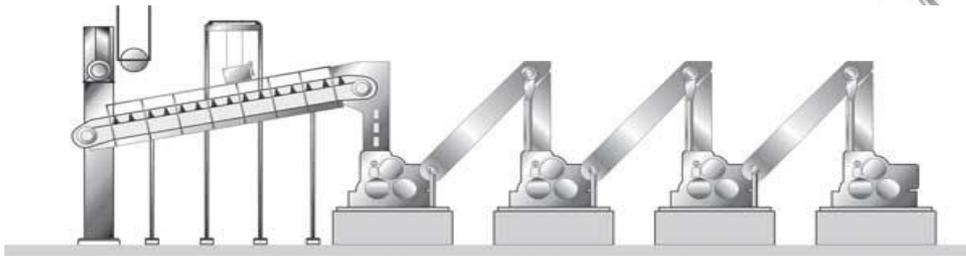
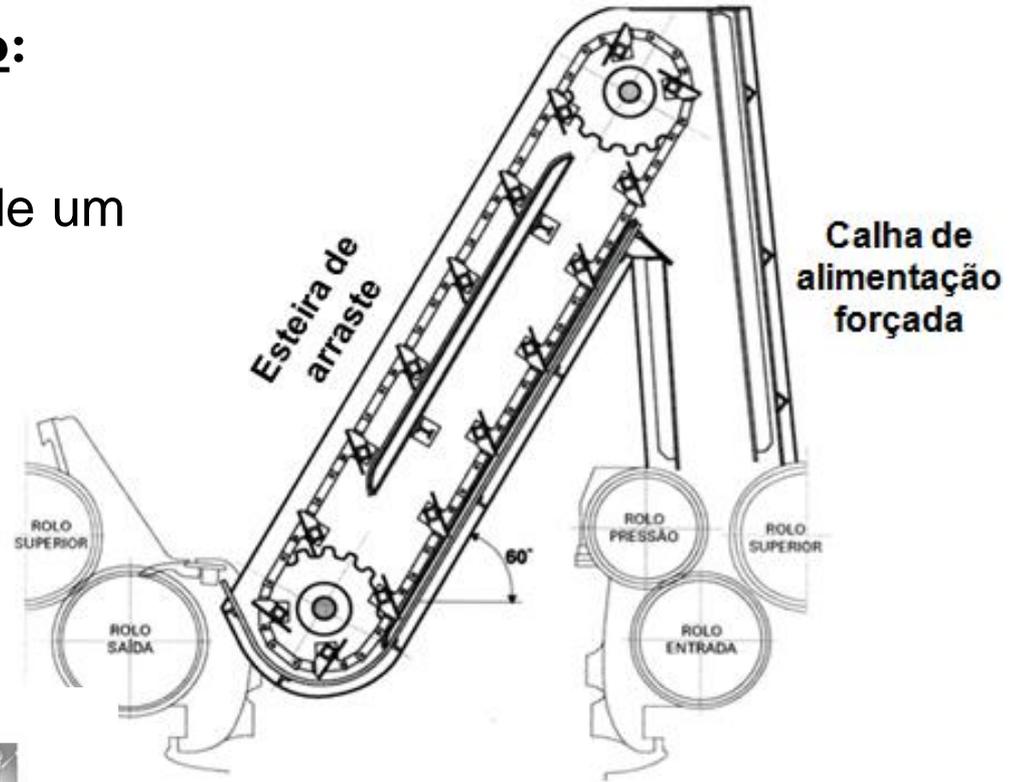
TERNOS DE MOENDA



Extração do caldo por moagem:

Esteira de Arraste Intermediário:

- ❑ Serve para transportar bagaço de um terno para outro.



Esteira de arraste entre moendas

Moagem:



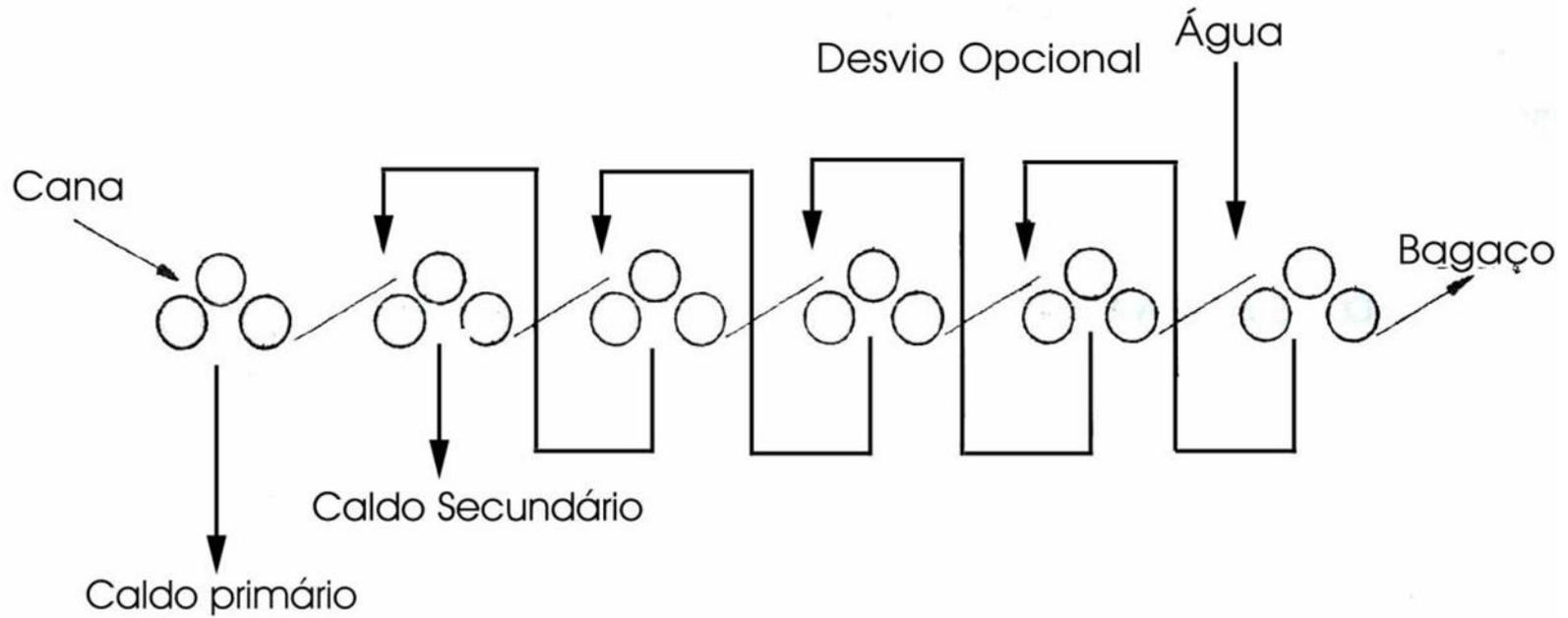
EMBEBIÇÃO:

Embebição



É a adição de água ou caldo diluído ao bagaço entre um termo e outro (aumento da extração de sacarose).

Moagem:



Produção Sucroalcooleira

Aula 7 – Extração do caldo por difusão:

- ❑ Princípios da difusão;
- ❑ Tecnologia e condução dos difusores;



Extração por “difusão”

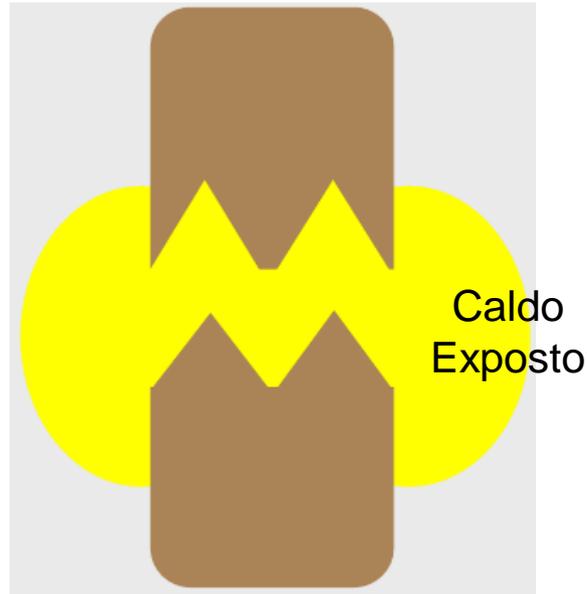
Preparo da cana:



❑ Cana preparada com jogo de facas e desfibrador pesado.

IMPORTANTE:

➤ Alto índice de células abertas



Célula aberta pelo preparo.

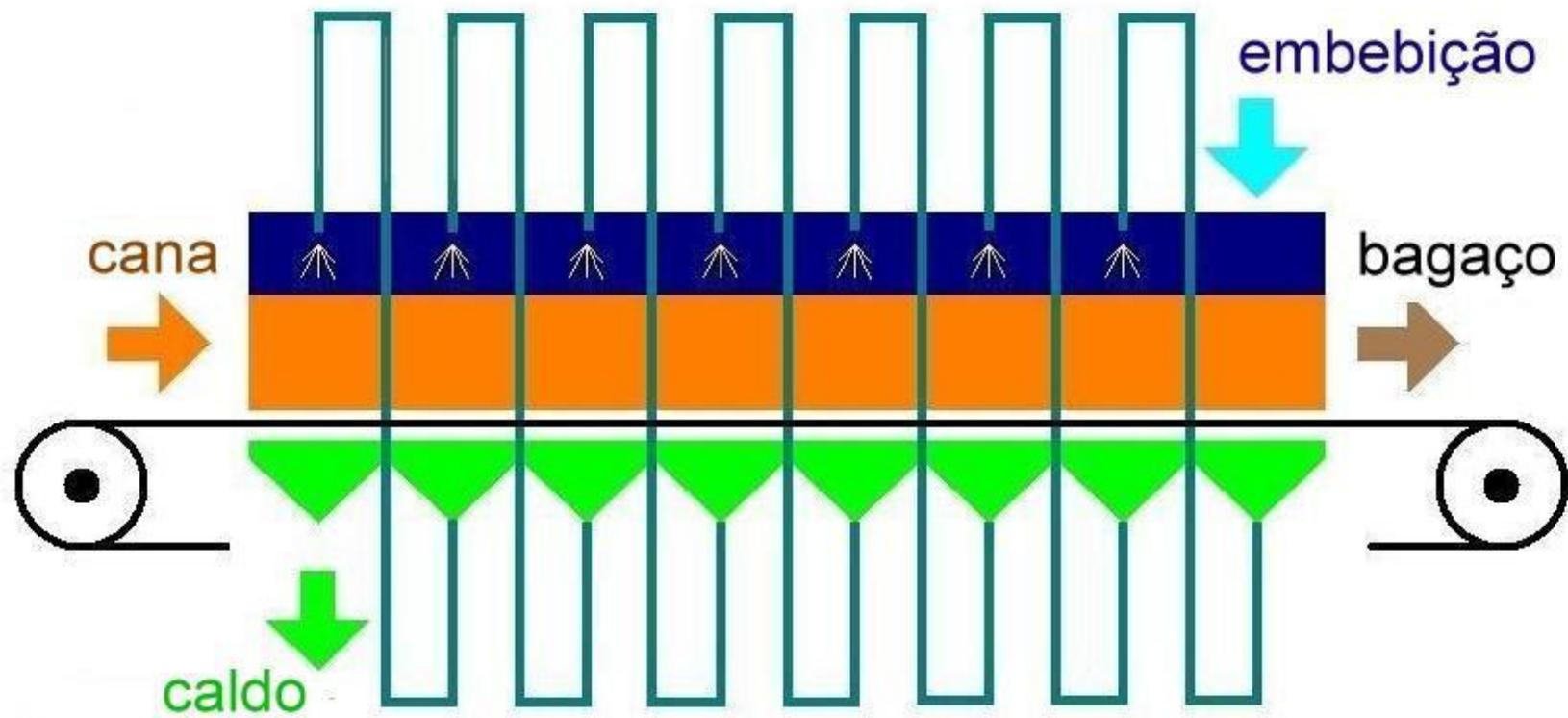


Célula não aberta pelo preparo.

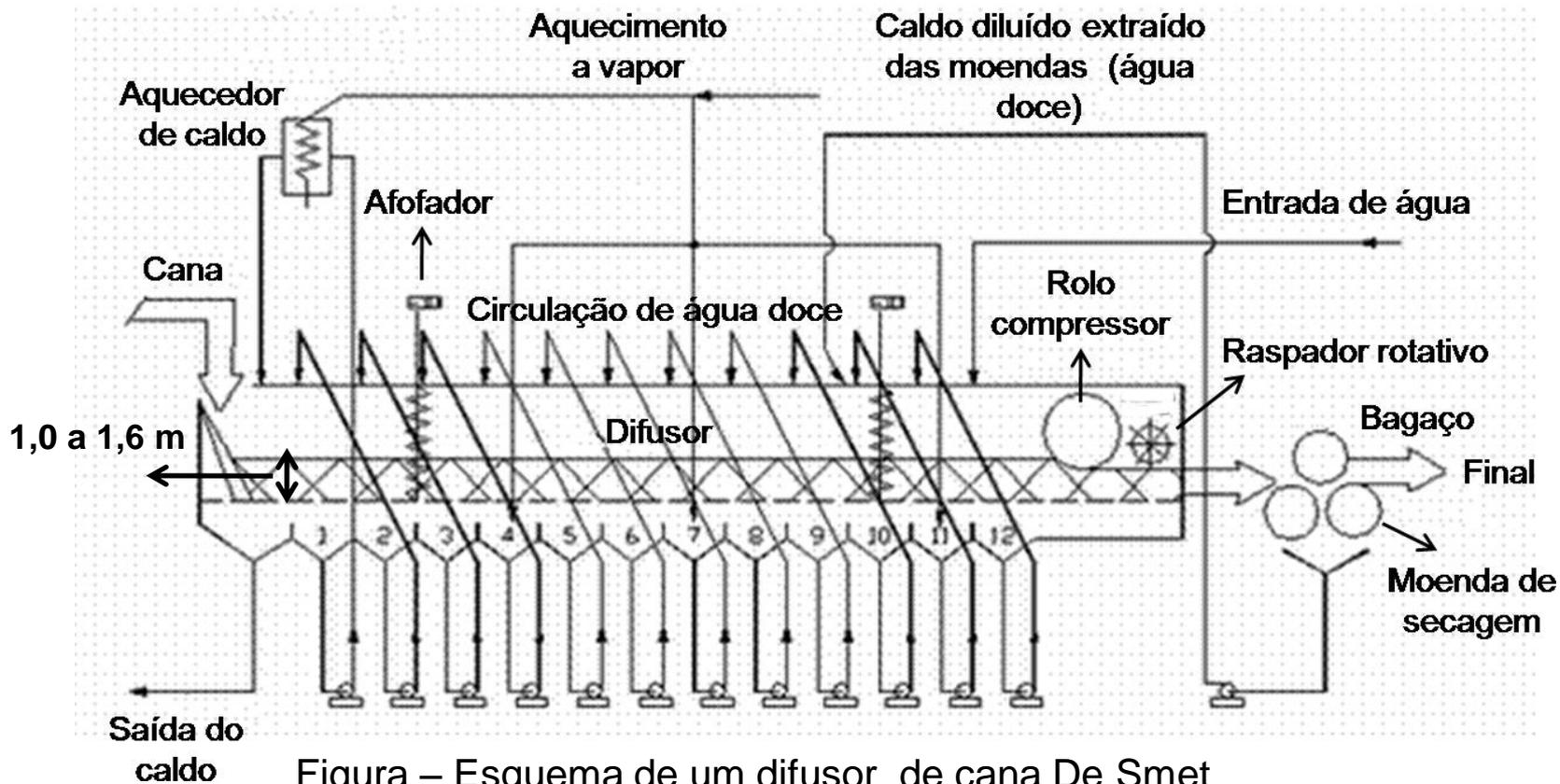
Extração por difusão

PRINCÍPIOS DE DIFUSÃO:

- ❑ Cana com um índice de células abertas (open cell) superior a 90%, passam por uma série de lavagens (12 a 18 vezes).
- ❑ Lixiviação: arraste sucessivo pela água da sacarose e das impurezas contidas nas células abertas.
- ❑ Nas células não abertas (aproximadamente 3%), a extração da sacarose se dá por osmose.
- ❑ Processo capaz de extrair até 98% da sacarose.
- ❑ A remoção de água ou desaguamento do bagaço após a etapa de difusão é realizada através de rolos, como no processo de moagem.



Representação esquemática de um difusor



Tempo	20 a 30 minutos
Temperatura	75 a 90 oC
Inversão de sacarose	< 0,05%

Concentração de açúcares

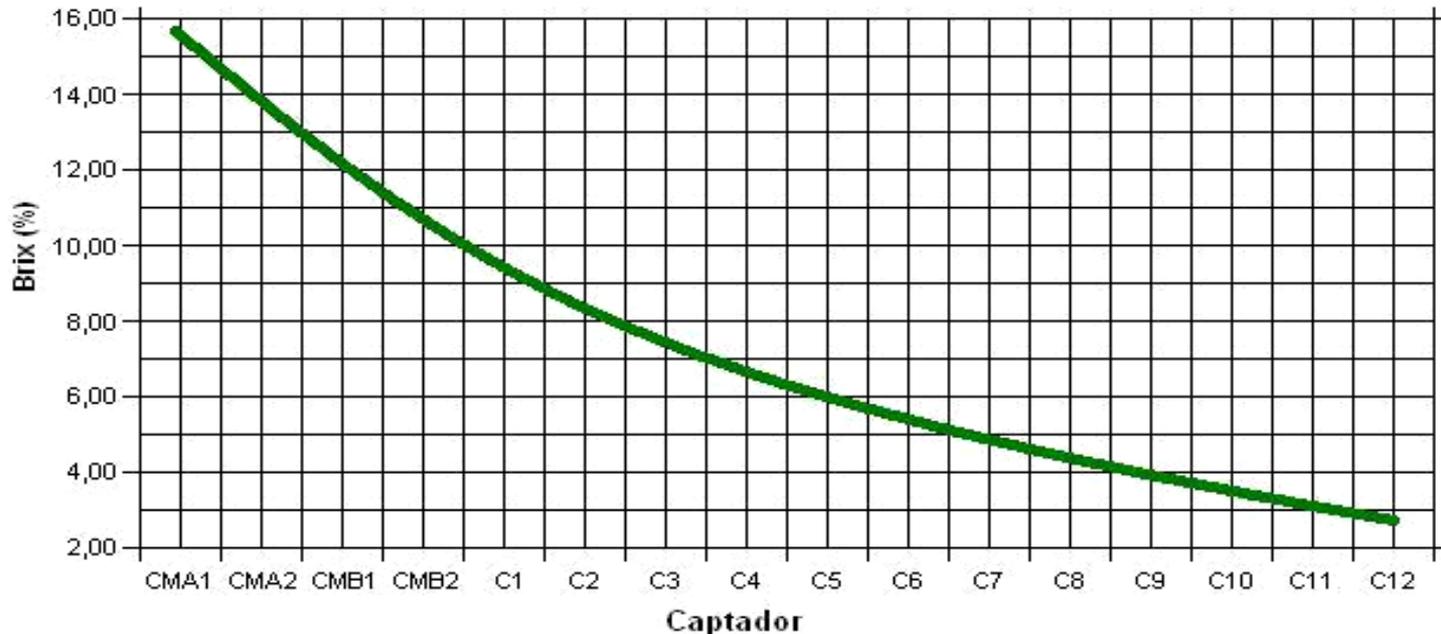


Figura – Curva típica de concentração de açúcares no bagaço, ao longo do difusor
Fonte: BASTOS NETO, 2010, p. 2.

- ❑ A concentração do caldo aumenta sua concentração gradualmente até atingir seu máximo no captador situado junto à entrada da cana no difusor, de onde é bombeado para peneiramento e daí para o processo.
- ❑ Analogamente, o bagaço que segue em direção à parte final do difusor tem sua concentração de sacarose diminuída gradualmente.

Principais vantagens do difusor comparado à moenda

- ❑ Índices de extração acima de 98%.
- ❑ Só necessita 3% da energia mecânica da moagem.
- ❑ Menos custo de instalação (80%) e de manutenção (30%).
- ❑ Caldo de melhor qualidade química e microbiológica.

