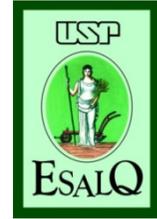




Universidade de São Paulo – USP



Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq

Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - LAN

# Açúcar e Álcool - LAN 1458

Fluxogramas Industriais  
Matérias-primas para a indústria  
Sucroenergética



Prof. Antonio Sampaio Baptista





# MATÉRIAS-PRIMAS

- **A matéria-prima é definida em função dos produtos d interesse.**
- **PRODUTOS DE INTERESSE NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA:**
  - A) Açúcar;
  - B) Etanol;
  - C) Energia (vapor e eletricidade).



# BIOCOMBUSTÍVEIS



**Por que PPP**

A CANA foi a escolhida





# COMO MATÉRIA-PRIMA

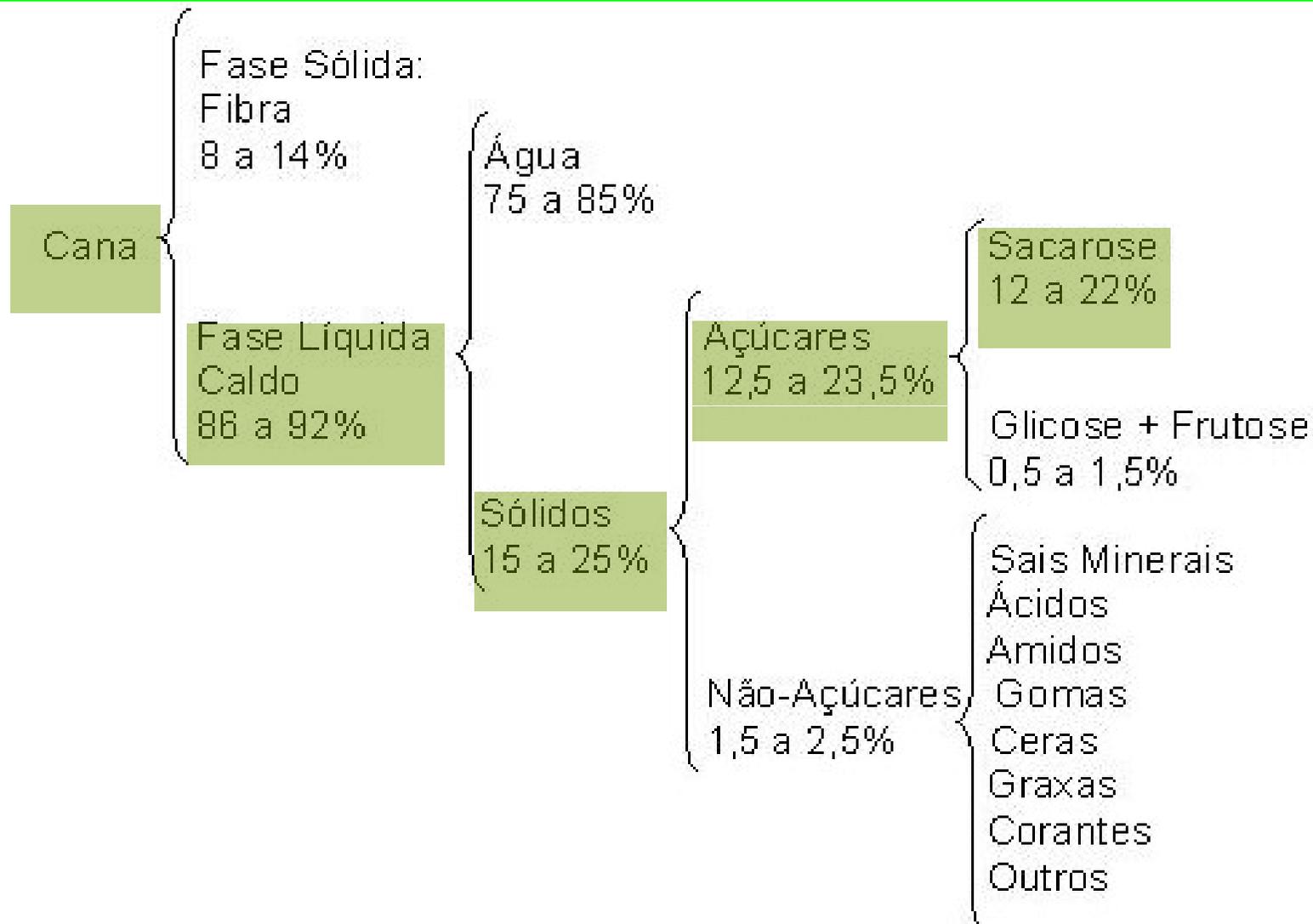


Porque a cana de açúcar foi a escolhida:

1. Alta produtividade:  $\approx 80$  ton/ha
2. Constituição do caldo:  $\approx 17\%$  (p/p) sacarose
3. Geração de bagaço:  $\approx 12,5\%$  de fibra (BALANÇO ENERGÉTICO POSITIVO)
4. **Custo de produção dos carboidratos:**
5. **Custo de transformação do carboidratos**
6. Facilidade de colheita e transporte: rapidez de corte e carregamento
7. Tradição com a cultura: mais de 4 séculos.



## Características tecnológica e químicas da cana-de-açúcar

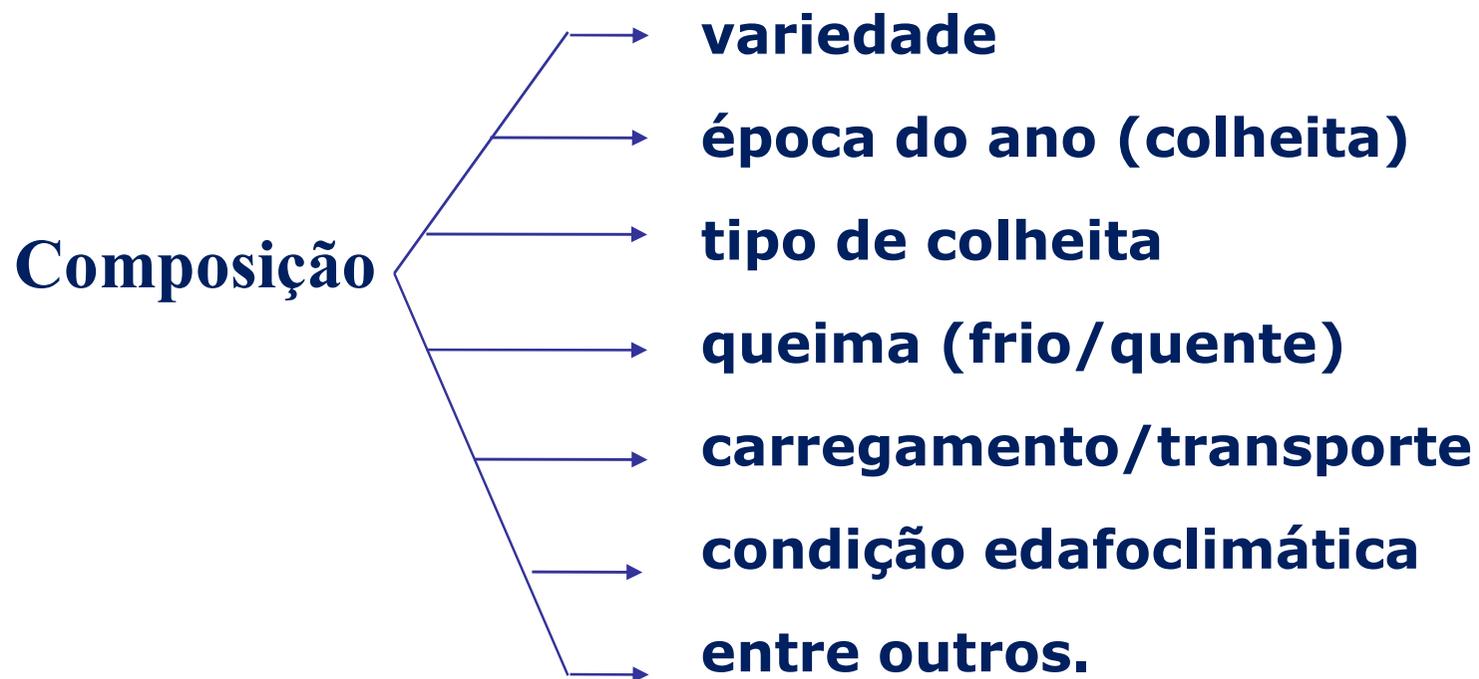




# COMPOSIÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR



## VARIA EM FUNÇÃO DE





# CONSTITUIÇÃO DO CALDO



- ✓ O **açúcar** (sacarose), entretanto, só pode ser produzido a partir de **matérias-primas sacarinas**.
- **No Brasil:** o **açúcar** é produzido a partir da cana-de-açúcar.

**Composição química da cana-de-açúcar:** é muito variável.

**CANA:** 74,5% de água, 25% de matéria orgânica e 0,5% em matéria mineral.



**diferentes  
proporções no  
colmo**





# CANA



## PONTO DE VISTA INDUSTRIAL

**FIBRA:** todo material insolúvel em água

Celulose, lignina e hemicelulose.

Na cana sacarose, o teor de fibra depende da variedade, da idade e de muitos outros fatores, variando de 10-14%. Na cana energia o teor de fibra varia de 18 a 30 %.

**CALDO:** é composto de água e de todos os sólidos solúveis (açúcares, cinzas, materiais nitrogenados e outros)

Água (70-80%) e de sólidos solúveis – **Brix** - (20-30%).



Açúcares e não-açúcares orgânicos e inorgânicos.



# GERAÇÃO DE BAGAÇO



1 Tonelada de cana: **240 a 280 kg de bagaço, com 50 % de umidade;**

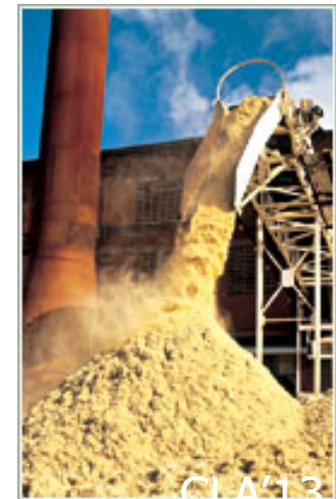
**Bagaço** – queimado em caldeiras, com isso fornece toda a energia utilizada na produção do açúcar ou álcool (vapor e energia elétrica).

## • Energia liberada

**Bagaço:**

- Poder calorífico superior 2275 kcal/kg (50 % de umidade)
- poder calorífico inferior 1780 kcal/kg (b.u.)

\* Densidade: ~130 a 150 kg/m<sup>3</sup>



CLA'13



# QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA



**Baixos teores de fibra** diminuem a quantidade de bagaço, ocasionando o desequilíbrio térmico da fábrica.

- Usina pouco eficiente consome 550 *kg* de *vapor* por *tonelada* de cana
- Usina muito eficiente consome 350 *kg* de vapor por tonelada de cana

*~472 Kg de bagaço a 50% de umidade, são necessários para gerar 1 ton de vapor,  
ou seja, se produz em média 2,2 kg de vapor por kg de bagaço.*

Usando caldeira de alta pressão: 65  $\text{kgf cm}^{-2}$   
1 *tonelada* de *bagaço* gera 85,6 kWh para exportação !!!



# Fatores que interferem na qualidade da matéria-prima



1. **Maturação**
2. **Matéria estranha**
3. **Deterioração e alteração de parâmetros tecnológicos e fisiológicos**
4. **Sanidade**
5. **Florescimento**



# Maturação



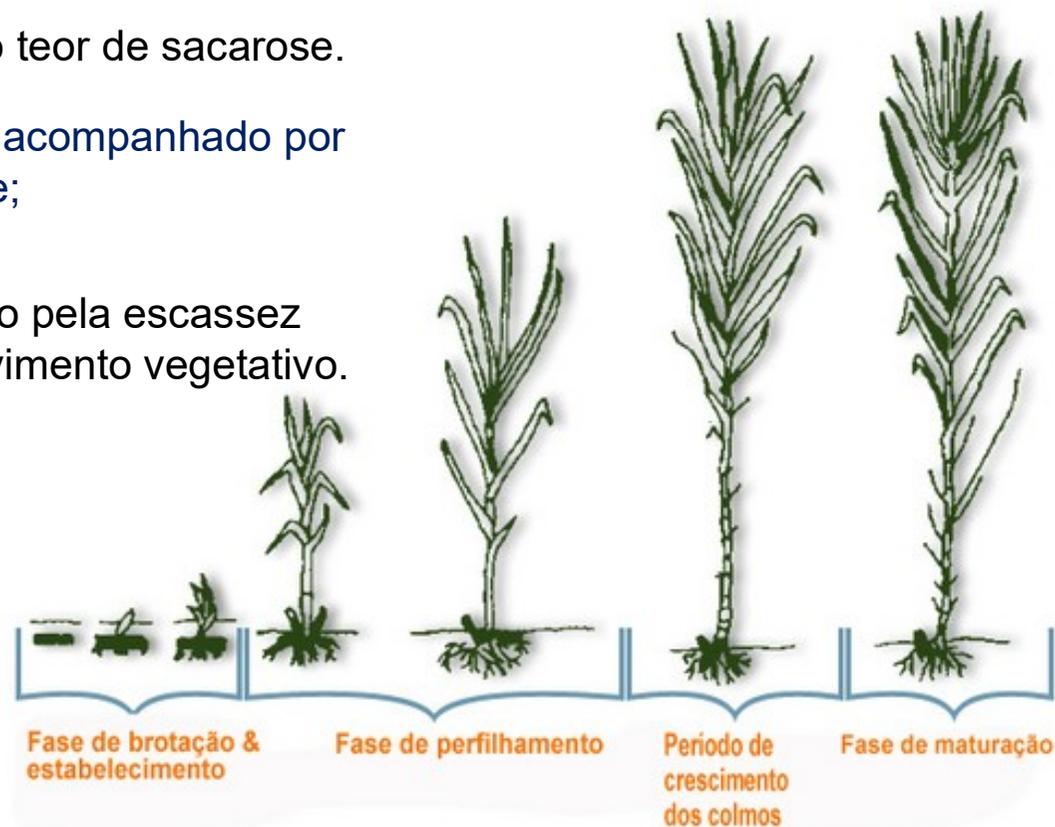
Determinação do estágio de maturação é importante dentre as operações preliminares de fabricação.

No decorrer do seu ciclo, a cana atravessa **dois**

**estágios distintos** com relação ao teor de sacarose.

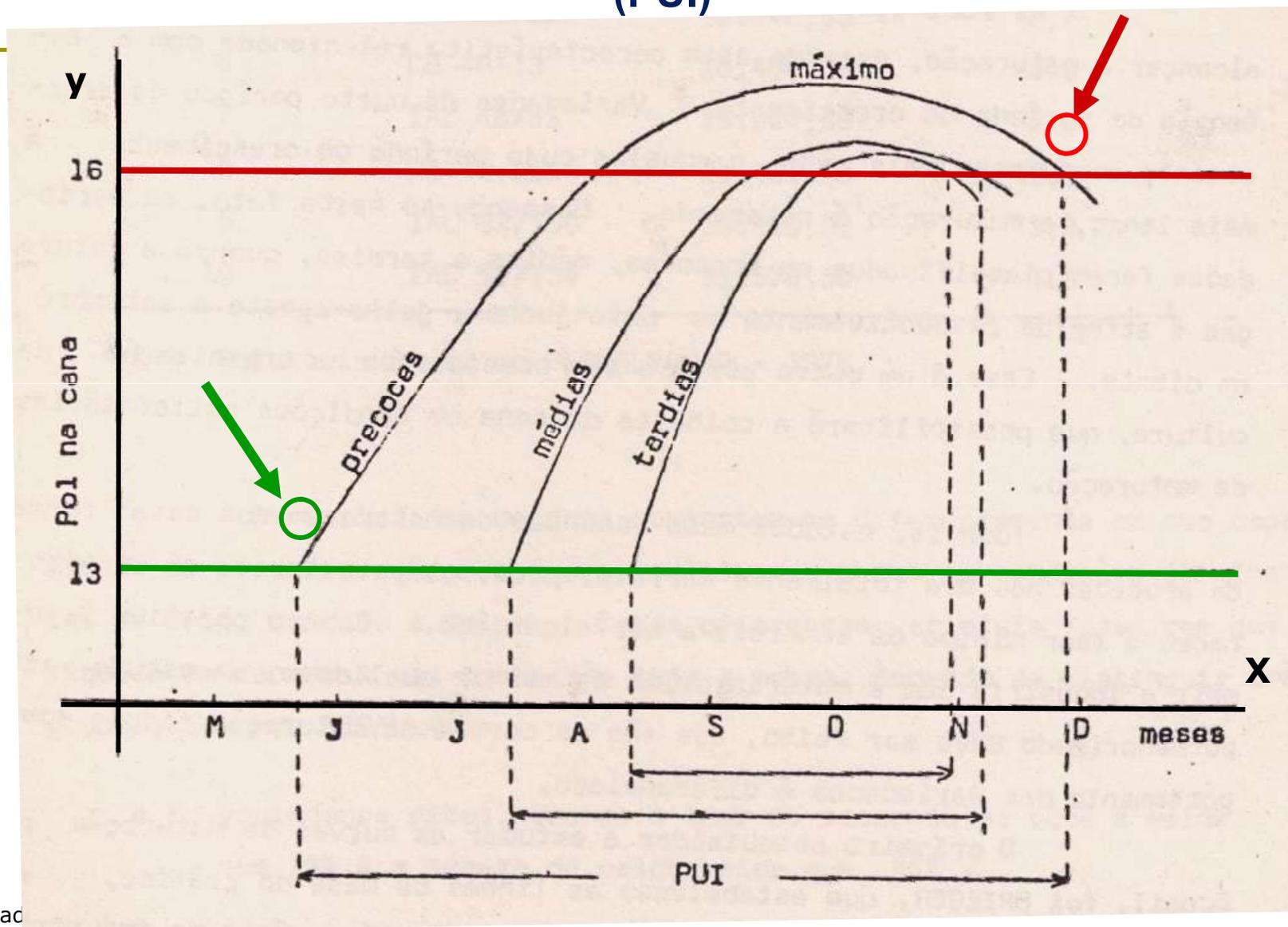
**1°:** intenso crescimento vegetativo acompanhado por uma gradual formação de sacarose;

**2°:** acúmulo de sacarose, motivado pela escassez dos principais fatores de desenvolvimento vegetativo.





# PERÍODO ÚTIL DE INDUSTRIALIZAÇÃO (PUI)



Adaptac



# Fatores que interferem na maturação da cana



## Fatores naturais:

- Condições climáticas;
- Tipo de solo;
- Tratos culturais;
- Variedade.



## Período de utilização industrial (PUI)



### Período em que a cana pode ser processada: PUI

Estabelece-se o **mínimo de 13% para Pol da cana**, como sendo satisfatório para a industrialização de diferentes variedades.

**Região Centro-Sul:** a safra inicia-se em abril-maio e termina em novembro-dezembro;

**Região Nordeste:** : a safra inicia-se em agosto/setembro até março/abril.

Por isso, é necessário o cultivo de variedades que atinjam maturação em diferentes épocas.



# MATÉRIA ESTRANHA



- ✓ A quantidade de impurezas carregadas nas fases de corte-carregamento compromete a qualidade da cana.



- ✓ É afetada pelas **condições edafo-climáticas**, aumentando em **períodos chuvosos** pelas condições deficientes da colheita.



# Impurezas Vegetais



Matéria Estranha



# Impurezas Minerais





# Deterioração e alteração de parâmetros tecnológicos e fisiológicos



## COLMO:

- ✓ **Respiração:**
- ✓ **Transpiração:**
- ✓ **Deterioração Microbiológica:**
  - **Tempo da colheita ao processamento;**
  - **Temperatura;**
  - **Umidade.**



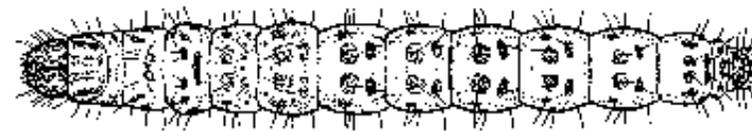
# Sanidade da Cana-de-Açúcar



# SANIDADE

## Complexo broca-podridão

*Diatraea saccharalis*



*Fusarium moniliforme*  
*Colletotrichum falcatum*





# *Diatraea saccharalis*



# *Mahanarva fimbriolata* (cigarrinha-da-raiz)

Ciclo biológico da cigarrinha (*Mahanarva fimbriolata*)





# FLORESCIMENTO



Apontado como um **defeito varietal** e, sendo assim, a área de plantio das **variedades floríferas deveria ser reduzida**.

Pode trazer como consequência o “**chochamento/isoporização**”.





# DETERMINAÇÃO DA MATURAÇÃO DA CANA



Rendimento Industrial = f (açúcares; teor de sacarose)

Pico de de maturação resultará em maior rendimento industrial.

**Critérios para determinação da maturação são:**

**Empíricos:** aparência e a idade do canavial

São falhos.

**Técnicos:** mais empregados nas análises de cana no campo e no laboratório.

**Cana no campo: Determinação do Brix (teor de sólidos solúveis. Base e topo do colmo. Análise pré-laboratorial.**





# Determinação da maturação da cana



Maturação: comportamento da sacarose no colmo;

Admite-se que a cana está madura quando o teor de brix da base e do meio são praticamente iguais e o da ponta ligeiramente inferior.

## Determinações tecnológicas laboratoriais

Dados precisos do estágio de maturação;

✓ Determinações do Brix, da Pol (porcentagem de sacarose aparente em massa), dos **açúcares redutores** (expresso em % de açúcar invertido em massa por volume) e calculada a **pureza – P (%)**, segundo a fórmula:

$$P(\%) = \frac{Pol}{Brix} \times 100$$

Nota:  $P(\%) \geq \underline{85 \%}$  cana madura.



# Considerações finais



- 1 – Há um grande número de matérias-primas que podem ser utilizadas para suprir a indústria sucroenergética;
- 2- Há necessidade de se definir quais tipos de produtos se tem interesse, a fim de selecionar a melhor matéria-prima;
- 3- No Brasil, a cana-de-açúcar é adotada como a principal matéria-prima para o setor sucroenergético;



# Considerações finais



- 4 - Os cultivares de cana-de-açúcar apresentam comportamentos distintos entre eles e conforme a época do ano;
- 5 - É necessário que se tenha cana de boa qualidade durante toda a safra e que o fornecimento seja contínuo e uniforme;
- 6 - A maturação da cana define o melhor momento de se proceder a colheita. A determinação da maturação deve ser feita com o auxílio de instrumentos e equipamentos de laboratório. Os equipamentos mais utilizados para essa finalidade são o refratometro (brix) e o sacarímetro (Pol).



# Agradecimentos



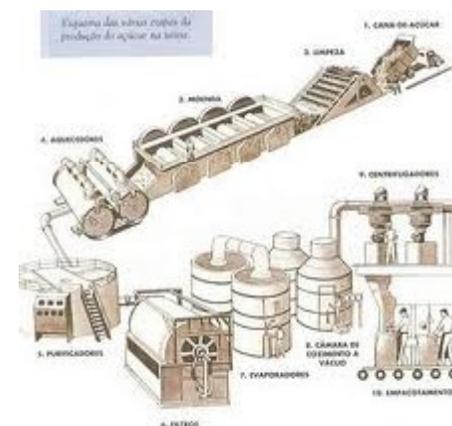
MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO!!

Prof. Antonio Sampaio Baptista

e-mail: [asbaptis@usp.br](mailto:asbaptis@usp.br)

Setor de Açúcar e Álcool

LAN/ESALQ/USP





## Referências



- 1 - CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Instruções. 5ª Edição, CONSECAN-SP, Piracicaba-SP, 2006. 111p.
- 2 - CAMARGO, C.A. CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL. IPT: SÃO PAULO, 1990.
- 3 - MARQUES, M.O; MUTTON, M.A.; NOGUEIRA, T.A.R.; TASSO JUNIOR, L.C.; NOGUEIRA, G.A.; BERNADI, J.H. Tecnologia na Agroindústria Canavieira. Jaboticabal: FCAV, 2008. 399p;
- 4 – RIBEIRO, C. A. F.; BLUMER, S. A.G.; HORII, J. Apostila de Tecnologia de Açúcar. ESALQ/USP – Piracicaba/SP, 1999.