

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



- ❑ **A matéria-prima é definida em função dos produtos d interesse.**
- ❑ **Produtos de interesse na indústria sucroenergética são:**

- ❑ A) Açúcar;
- ❑ B) Etanol;
- ❑ C) Energia (vapor e eletricidade).



BIOCOMBUSTÍVEIS

BIOCOMBUSTÍVEIS



Beterraba



Sorgo



Cana-de-Açúcar

Por que PPP

A CANA foi a escolhida



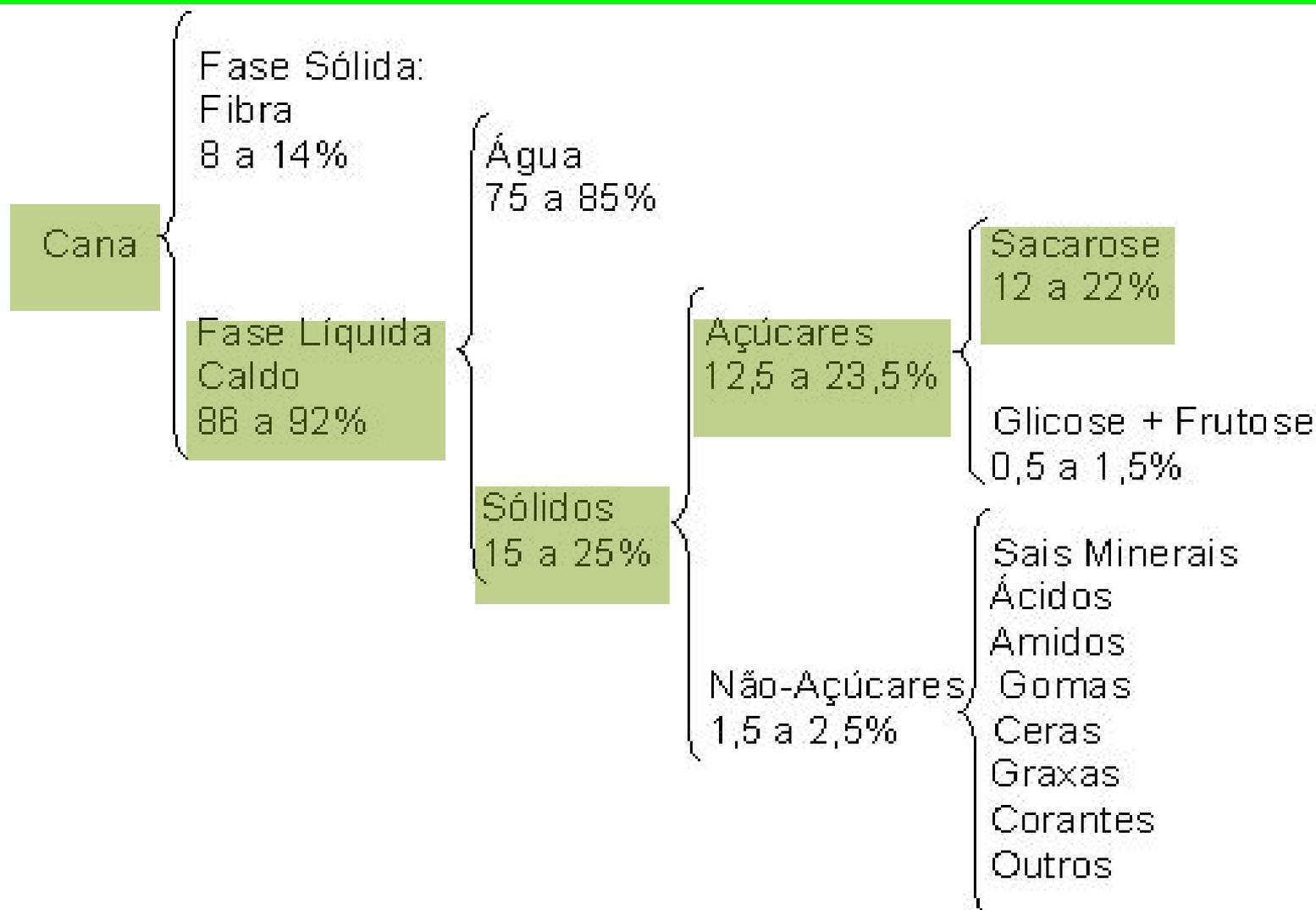


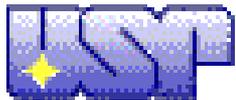
COMO MATÉRIA-PRIMA



Porque a cana de açúcar foi a escolhida:

1. Alta produtividade: ≈ 80 ton/ha
2. Composição 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.

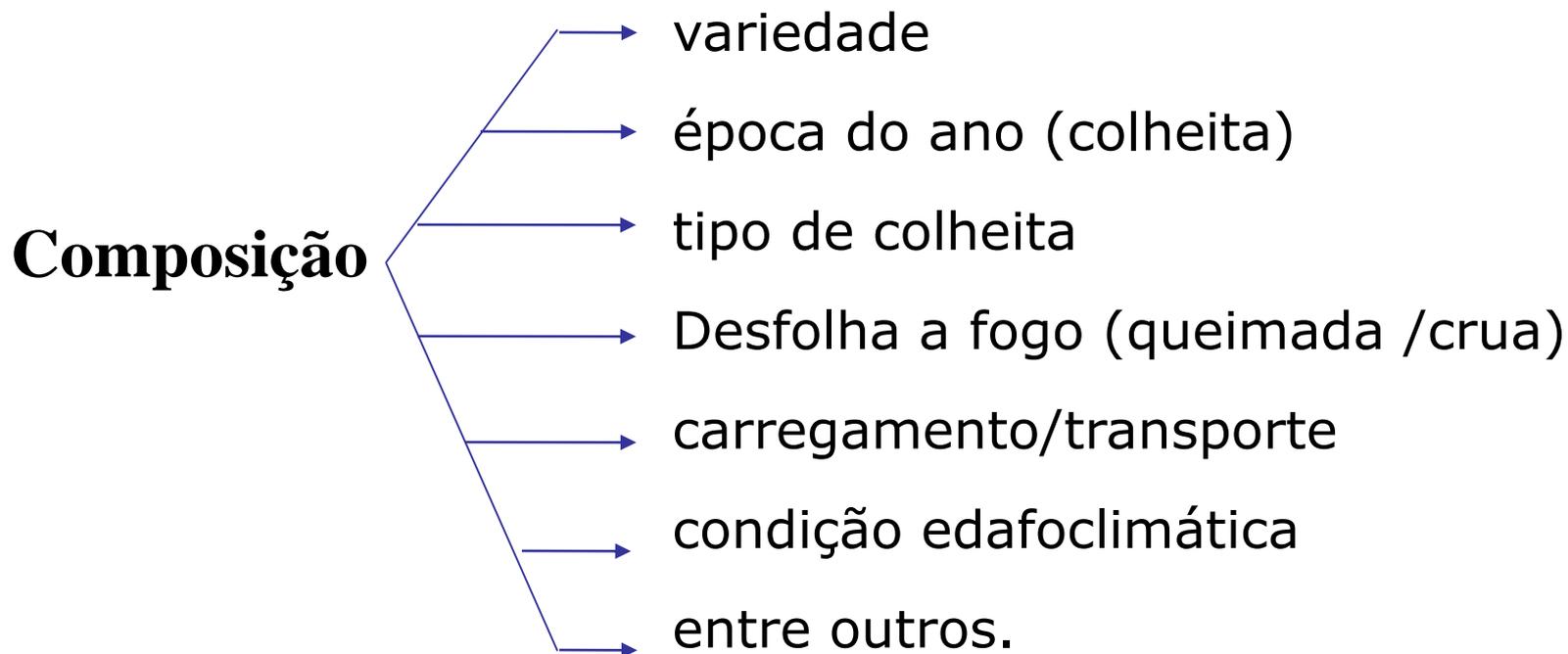




COMPOSIÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR



VARIA EM FUNÇÃO DE :





CONSTITUIÇÃO DO CALDO



- ✓ O cristal de sacarose (“cristal de **açúcar**”), 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 %.

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

PONTO DE VISTA INDUSTRIAL

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;

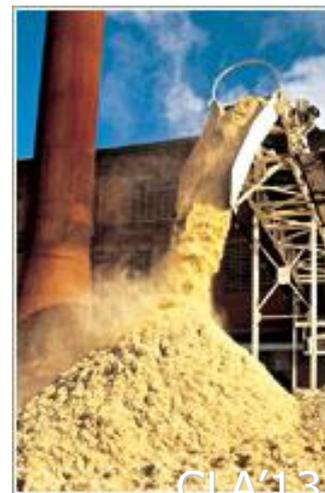
Bagaço – queimado em caldeiras, com isso fornece toda a energia utilizada na produção do açúcar ou álcool (vapor e energia elétrica).

• Energia liberada

Bagaço:

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

* Densidade: ~130 a 150 kg/m³





QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA



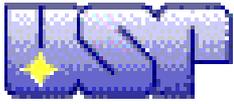
• Indicadores de produção de Energia

- 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 2,12 kg de vapor por kg de bagaço.*

Usando caldeira de alta pressão: 65 kgf cm^{-2} , dependendo do modelo de turbina, pode produzir cerca de 120 kWh/TC de energia elétrica;

- Utiliza cerca de 35 kWh/TC na forma de energia elétrica;
- Pode exportar cerca de 85 kWh/TC.



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**

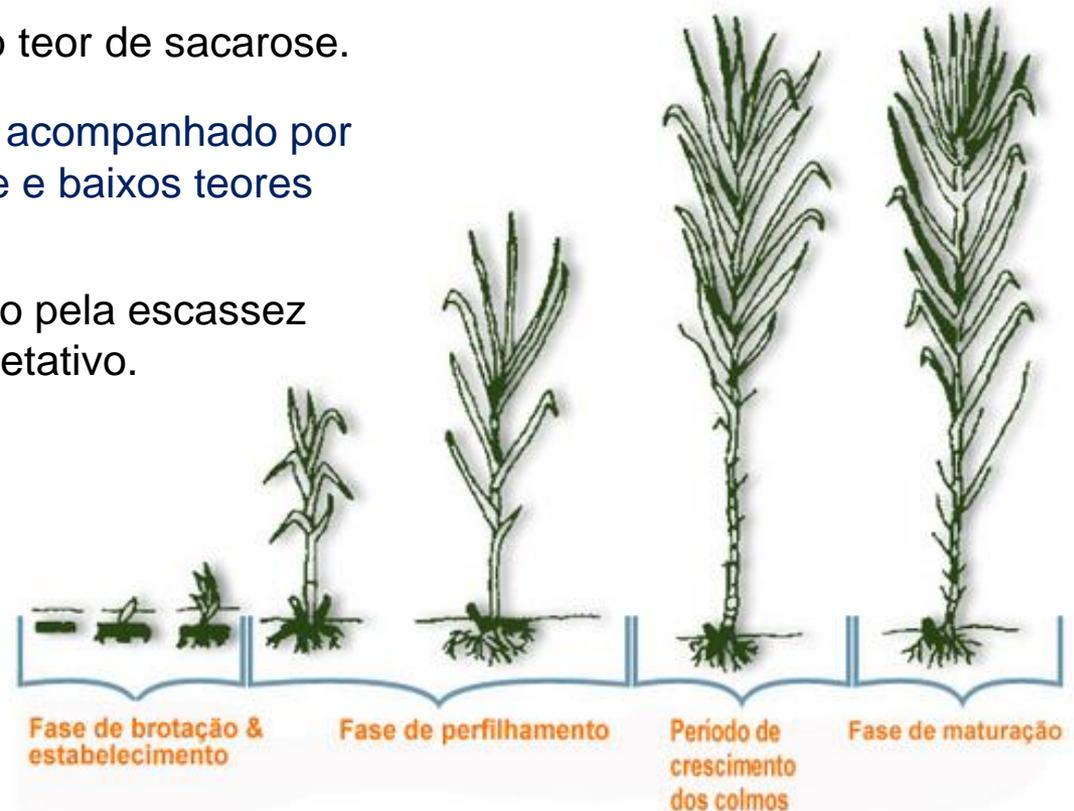
Determinação do estágio de maturação é importante dentre as operações preliminares de fabricação.

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

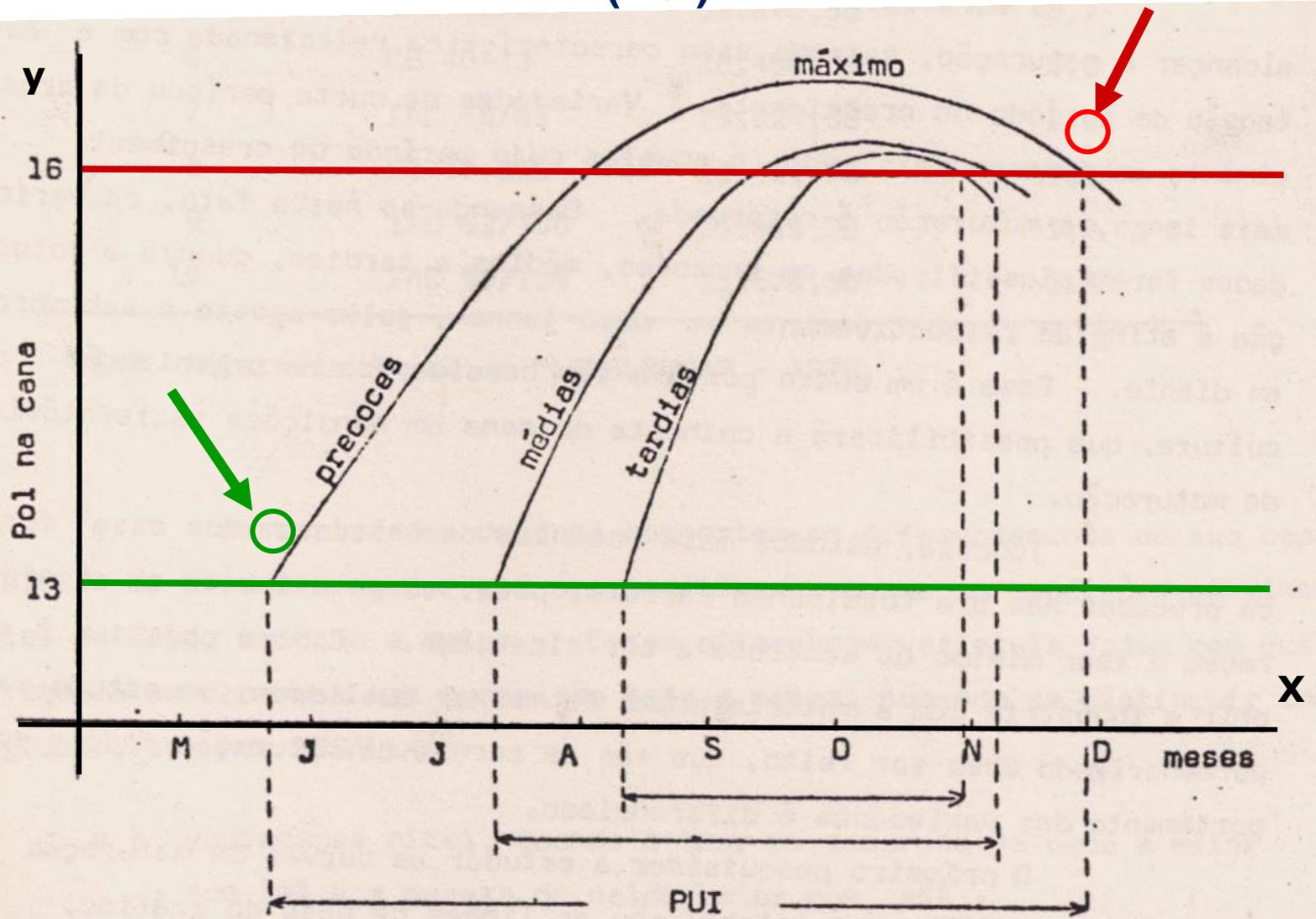
estágios distintos com relação ao teor de sacarose.

1º) Intenso crescimento vegetativo acompanhado por uma gradual formação de sacarose e baixos teores no caldo;

2º) Acúmulo de sacarose, motivado pela escassez de água, que desenvolvimento vegetativo.



PERÍODO ÚTIL DE INDUSTRIALIZAÇÃO (PUI)





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.

- ✓ 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.**



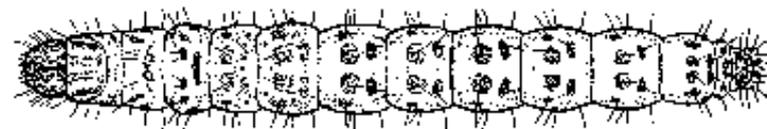
Sanidade da Cana-de-Açúcar



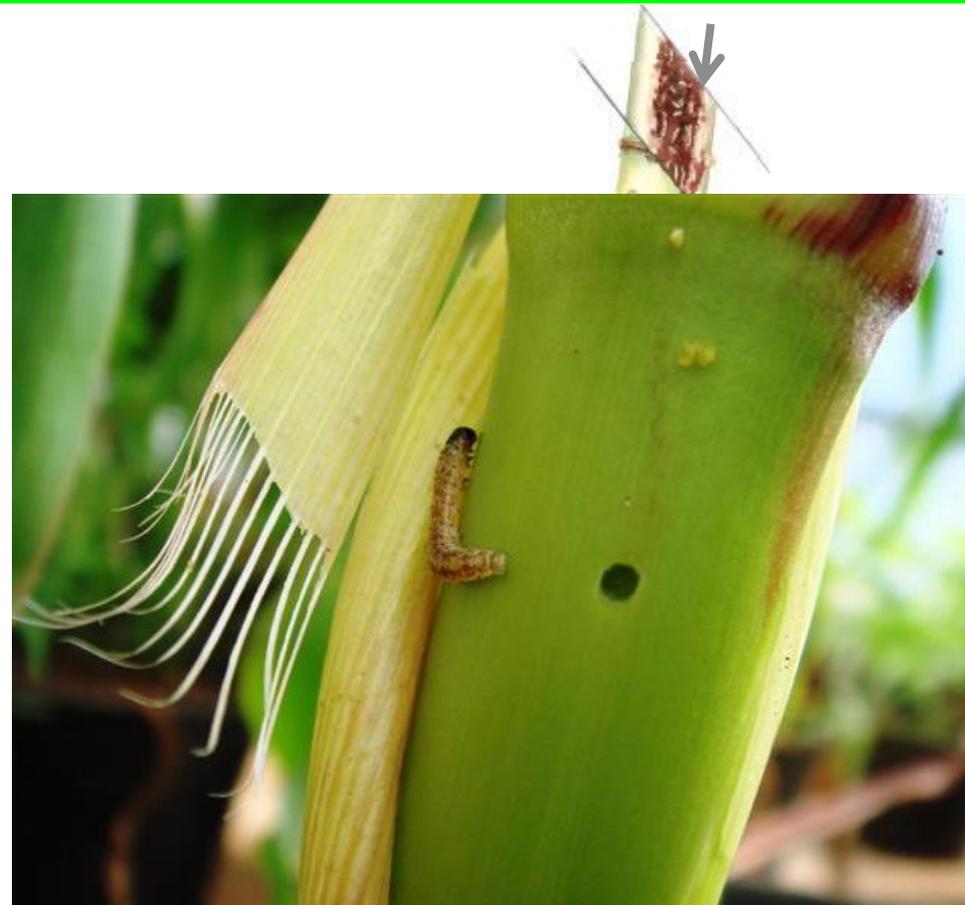
SANIDADE

Complexo broca-podridão

Diatraea saccharalis



Fusarium moniliforme
Colletotrichum falcatum



Diatraea saccharalis



Mahanarva fimbriolata (cigarrinha-da-raiz)

Ciclo biológico da cigarrinha (*Mahanarva fimbriolata*)



De 3 a 4 gerações por ano



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.



Aparelhos tradicionalmente utilizados para a avaliação tecnológica da cana-de- açúcar:

Refratômetros:

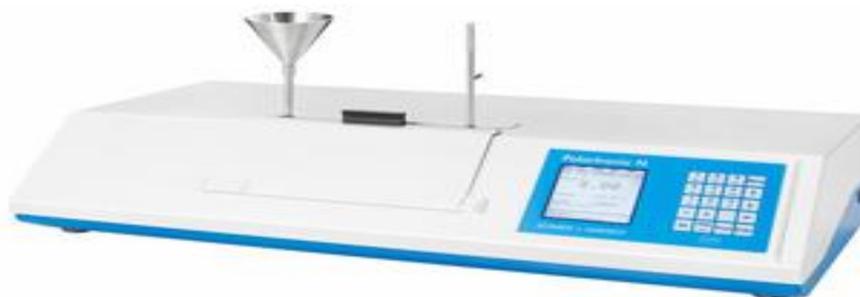


Refratômetro de campo



Refratômetros de bancada

Sacarímetros/Polarímetros:



Sacarímetro – Laboratório PCTS



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 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.
- 7 - 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 refratômetro (brix) e o sacarímetro (Pol).

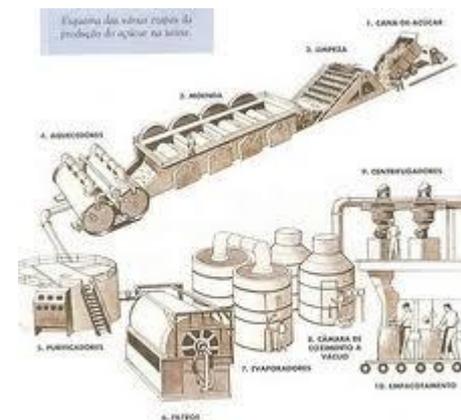
MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO!!

Prof. Antonio Sampaio Baptista

e-mail: 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, CONSECANA-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.