

Universidade de São Paulo – USP



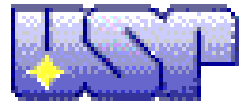
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq

Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - LAN

Açúcar e Álcool - LAN 1458

Fluxogramas Industriais
Matérias-primas para a indústria
Sucroenergética

Prof. Antonio Sampaio Baptista



Fluxogramas da indústria sucroalcooleira

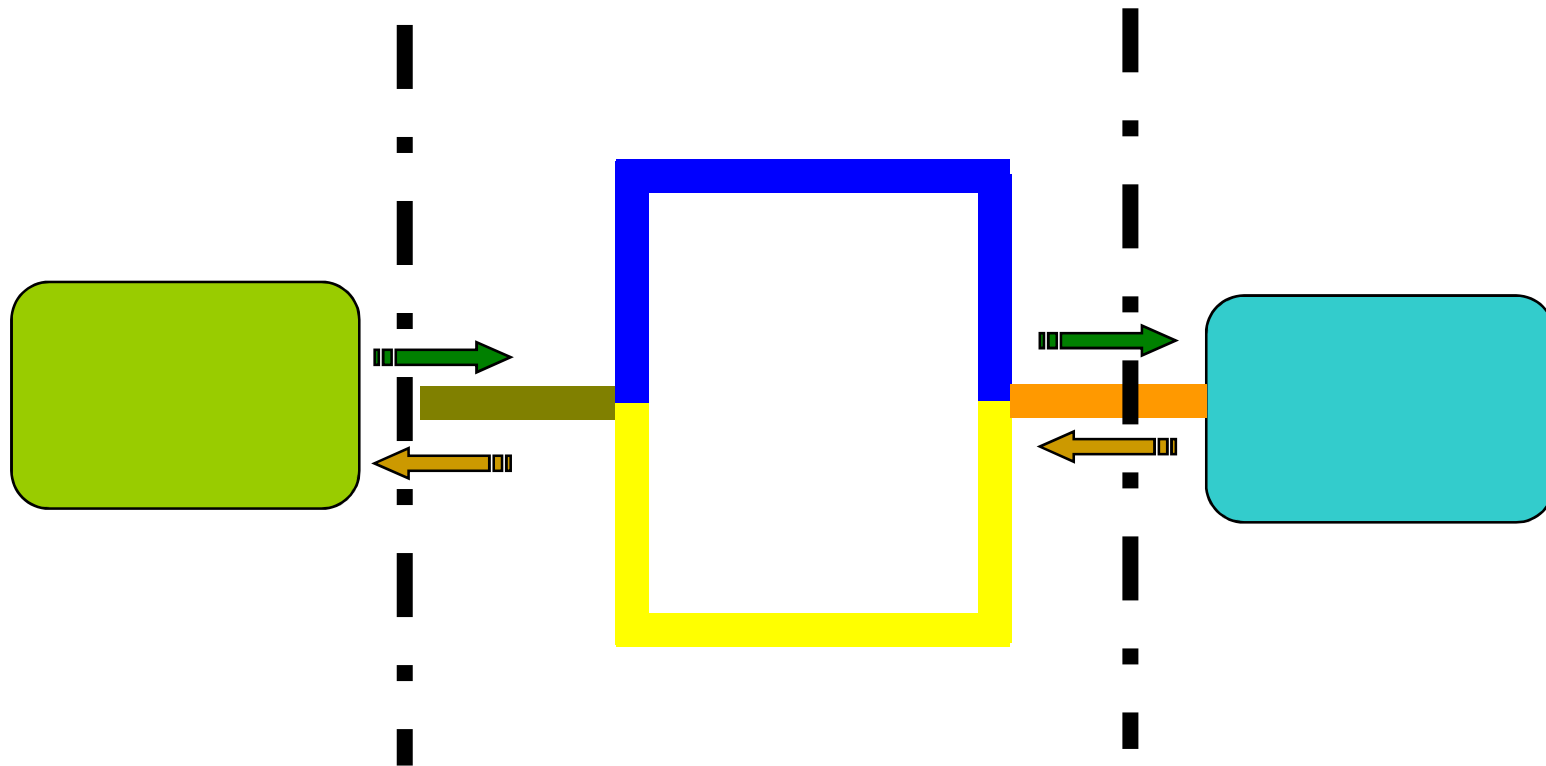
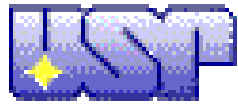


Figura 2 - A ilustração representa uma estrada com uma bifurcação. Será? O que você acha?



Fluxogramas da indústria sucroalcooleira

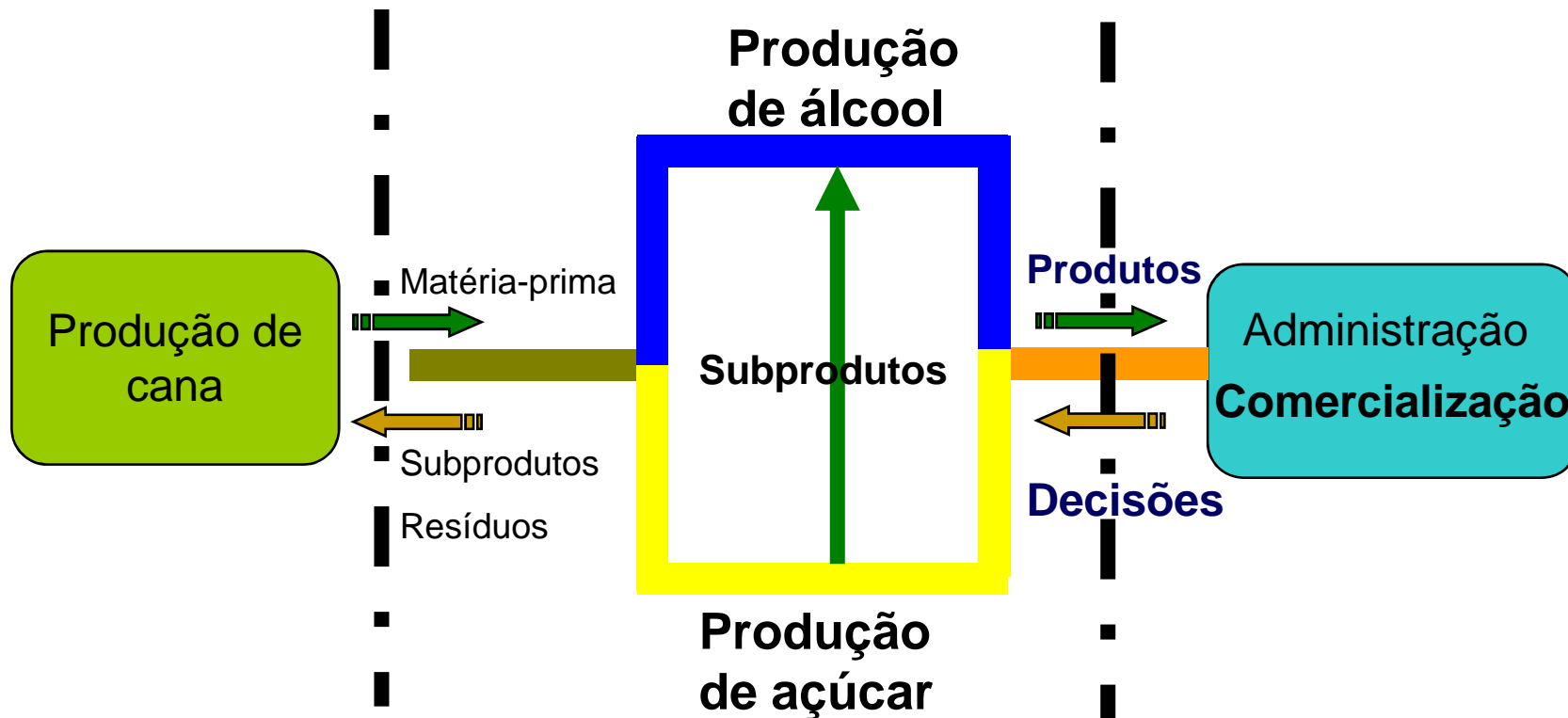
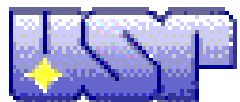


Figura 3 - Esquema simplificado do fluxograma de produção de cana-de-açúcar, açúcar e álcool



1 Fluxogramas da indústria sucroalcooleira

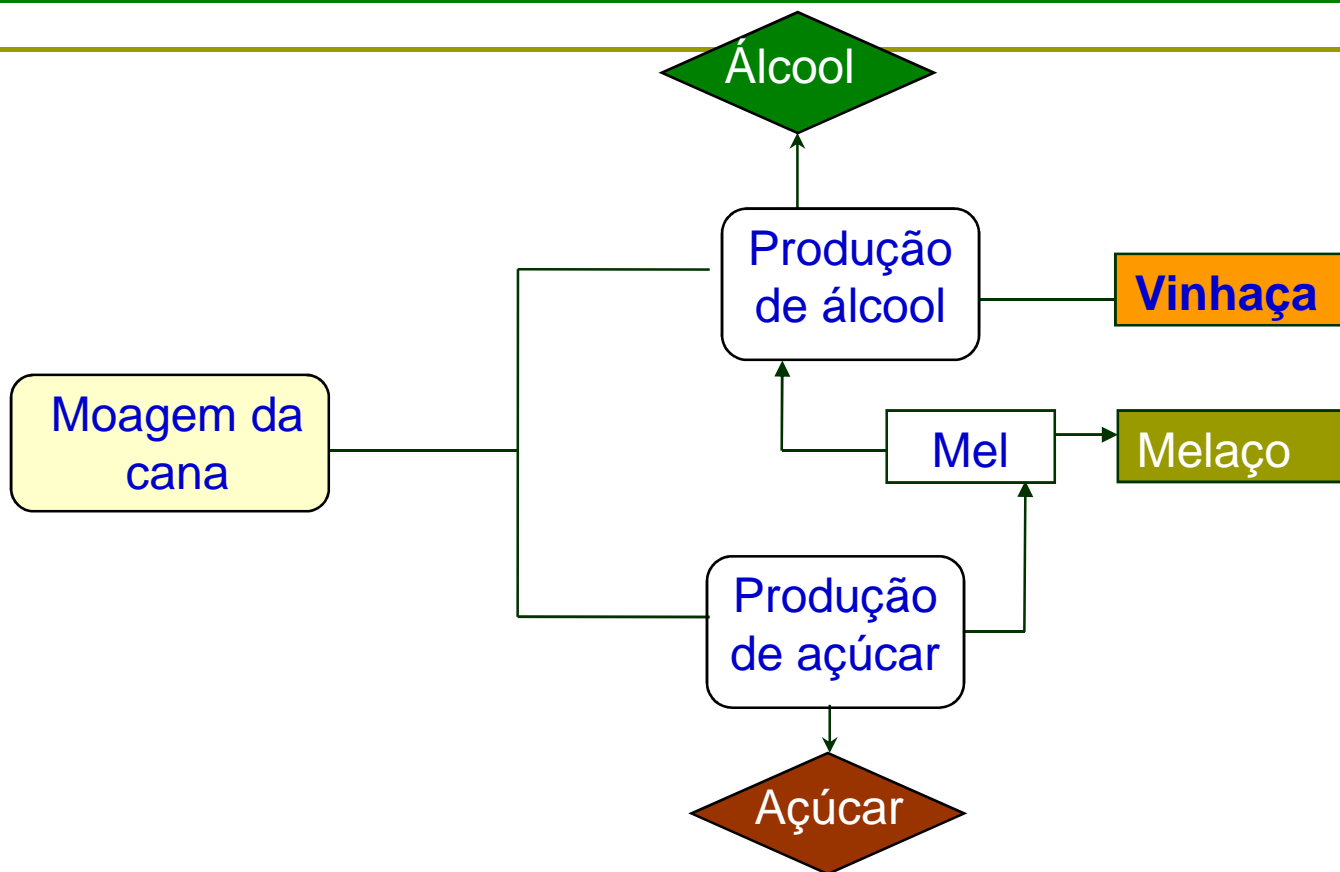
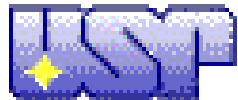
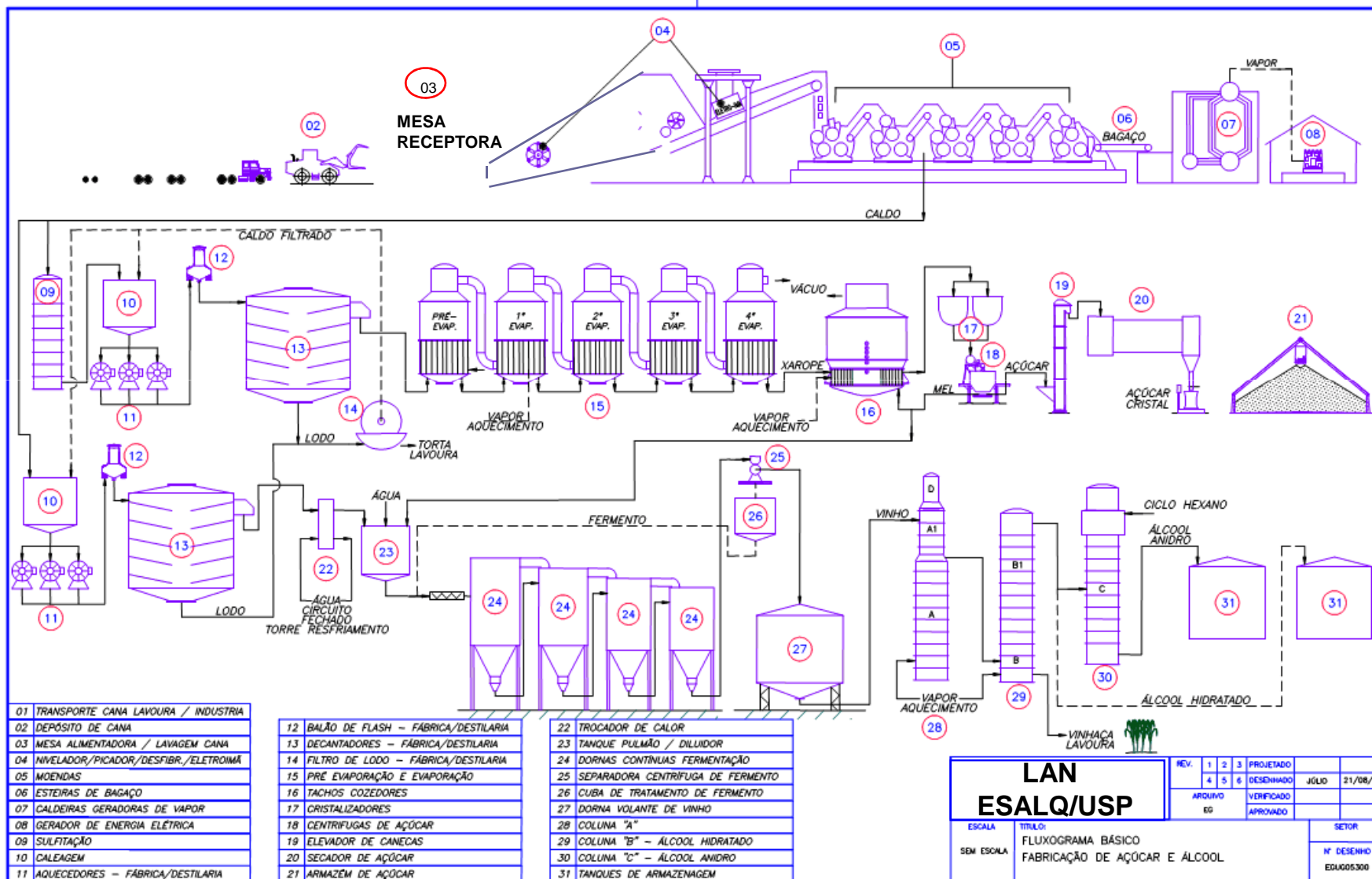


Figura 3 - Fluxograma simplificado de uma usina de açúcar e de álcool



Fluxograma da indústria sucroalcooleira



01	TRANSPORTE CANA LAVOURA / INDUSTRIA
02	DEPÓSITO DE CANA
03	MESA ALIMENTADORA / LAVAGEM CANA
04	NIVELADOR/PICADOR/DESFIBR./ELETRIMÁ
05	MOENDAS
06	ESTEIRAS DE BAGAÇO
07	CALDEIRAS GERADORAS DE VAPOR
08	GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA
09	SULFITAÇÃO
10	CALEAGEM
11	AQUECEDORES - FABRICA/DESTILARIA

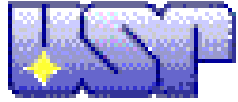
12	BALÃO DE FLASH - FABRICA/DESTILARIA
13	DECANTADORES - FABRICA/DESTILARIA
14	FILTRO DE LODO - FABRICA/DESTILARIA
15	PRE EVAPORAÇÃO E EVAPORAÇÃO
16	TACHOS COZEDORES
17	CRISTALIZADORES
18	CENTRIFUGAS DE AÇÚCAR
19	ELEVADOR DE CANECAS
20	SECADOR DE AÇÚCAR
21	ARMAZEM DE AÇÚCAR

22	TROCADOR DE CALOR
23	TANQUE PULMÃO / DILUIDOR
24	DORNAS CONTINUAS FERMENTAÇÃO
25	SEPARADORA CENTRIFUGA DE FERMENTO
26	CUBA DE TRATAMENTO DE FERMENTO
27	DORNA VOLANTE DE VINHO
28	COLUNA "A"
29	COLUNA "B" - ALCÓOL HIDRATADO
30	COLUNA "C" - ALCÓOL ANIDRO
31	TANQUES DE ARMAZENAGEM

LAN
ESALQ/USP

REV.	1	2	3	PROJETADO	
	4	5	6	DESENHADO	JÚLIO
ARQUIVO				VERIFICADO	
EG				APROVADO	

ESCALA	TÍTULO:	SETOR
SEM ESCALA	FLUXOGRAMA BÁSICO FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR E ALCÓOL	Nº DESENHO EQU05300



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).

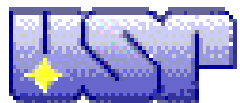
BIOCOMBUSTÍVEIS



Por que não?

A GANA foi a escolhida



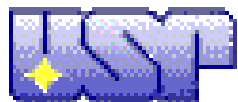


COMO MATÉRIA-PRIMA

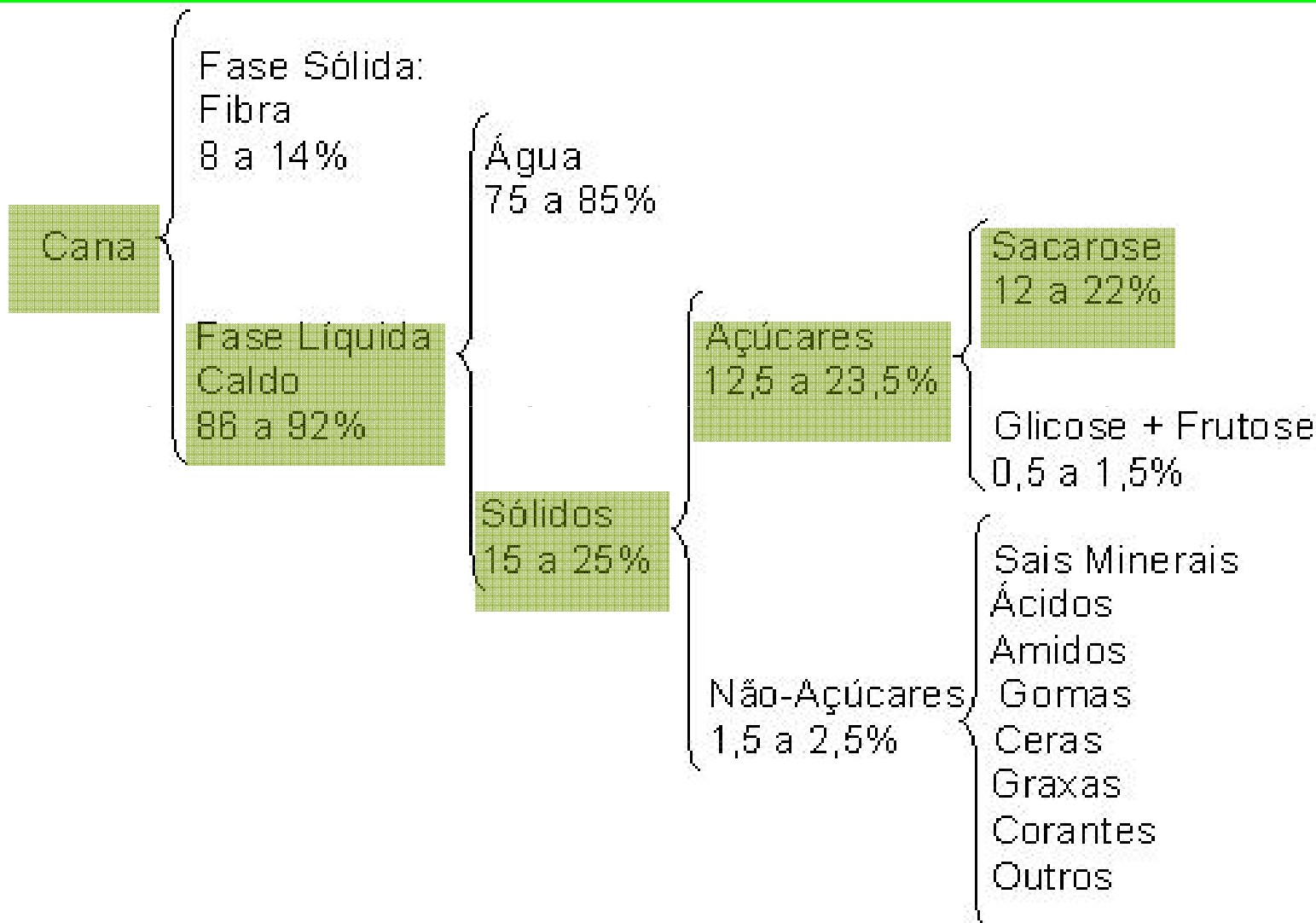


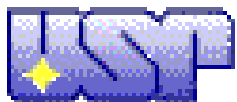
Porque a cana de açúcar foi a escolhida:

1. Alta produtividade: ≈ 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

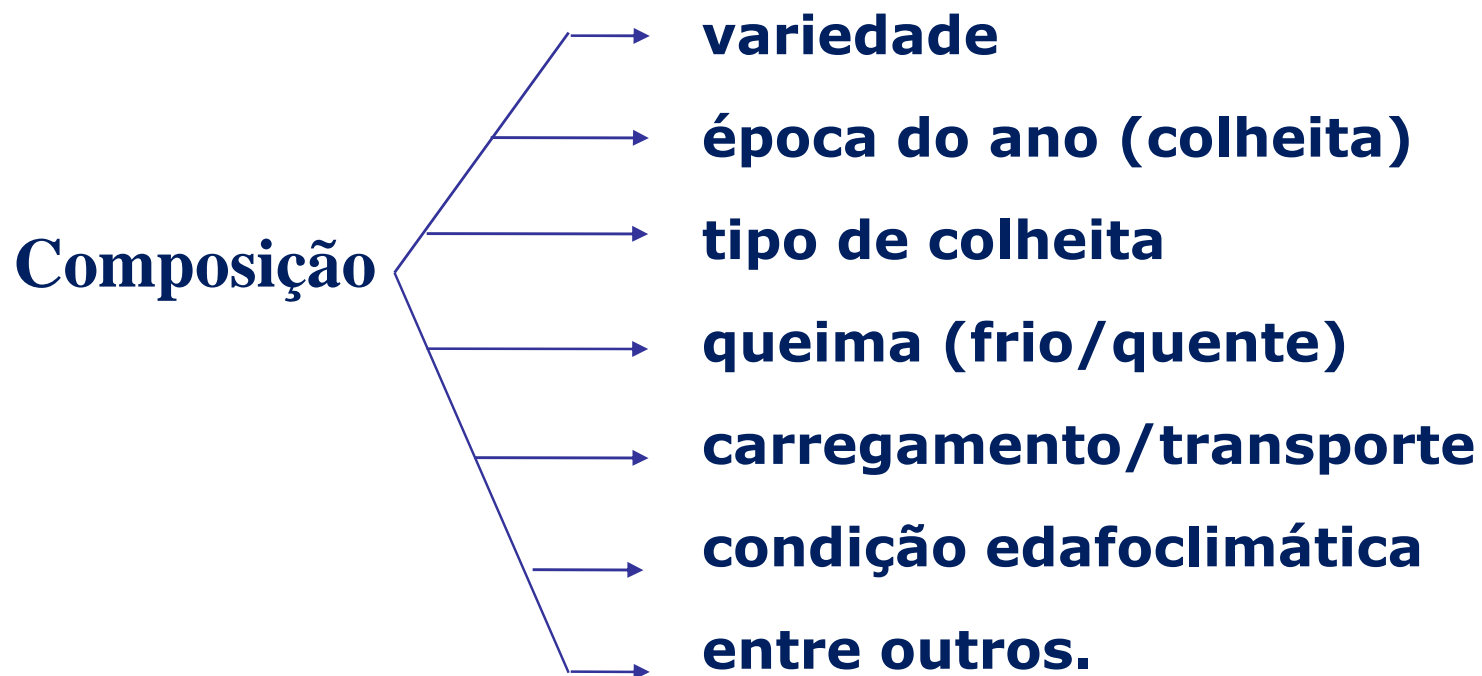


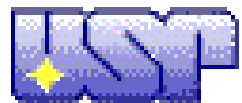


COMPOSIÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR



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.

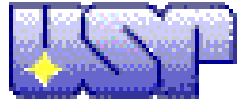
Composição química da cana-de-açúcar: é muito variável.

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.

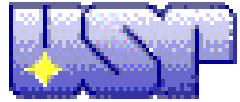
Na cana sacarose, o teor de fibra depende da variedade, da idade e de muitos outros fatores, variando de 10-16%. Na cana energia o teor de fibra varia de 18 a 30 %.

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

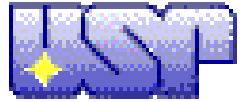
Bagaço:

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

* Densidade: ~130 a 150 kg/m³



CLA'13



QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA

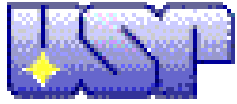


Baixos teores de fibra diminuem a quantidade de bagaço, ocasionando o desequilíbrio térmico da fábrica.

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

*~450 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 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**

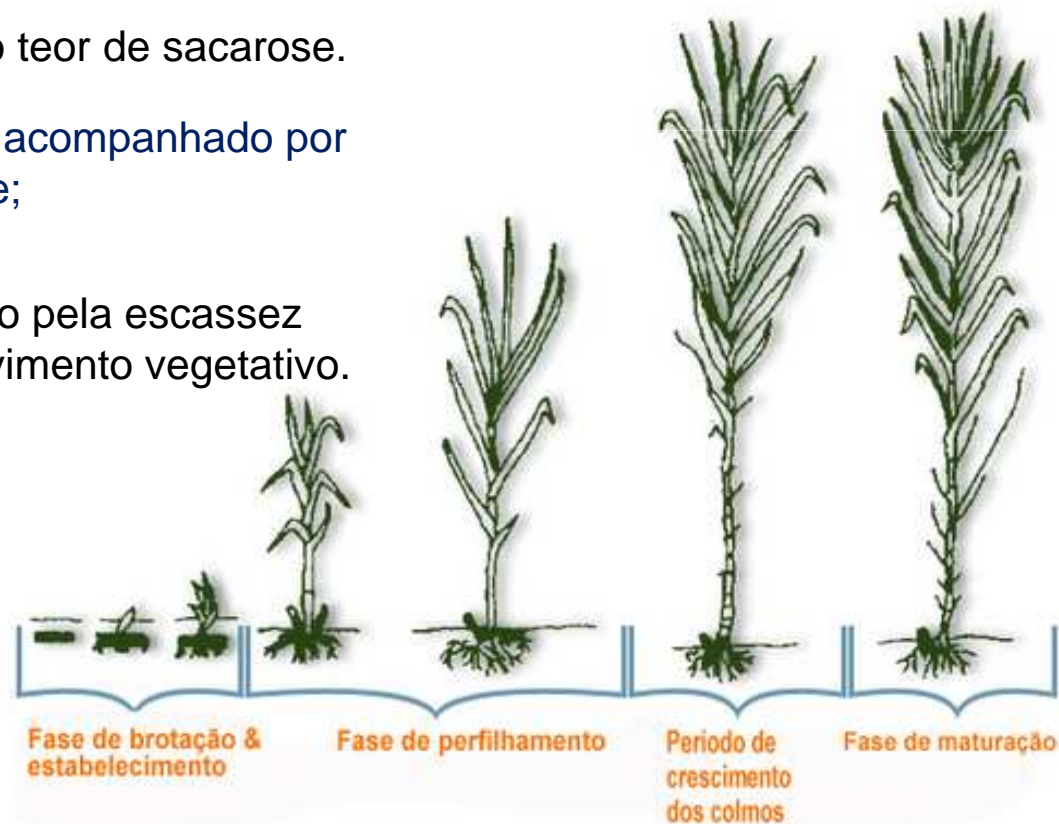
Determinação do estágio de maturação é importante dentre as operações preliminares de fabricação.

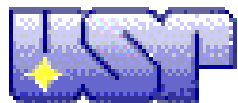
No decorrer do seu ciclo, a cana atravessa **dois**

estágios distintos com relação ao teor de sacarose.

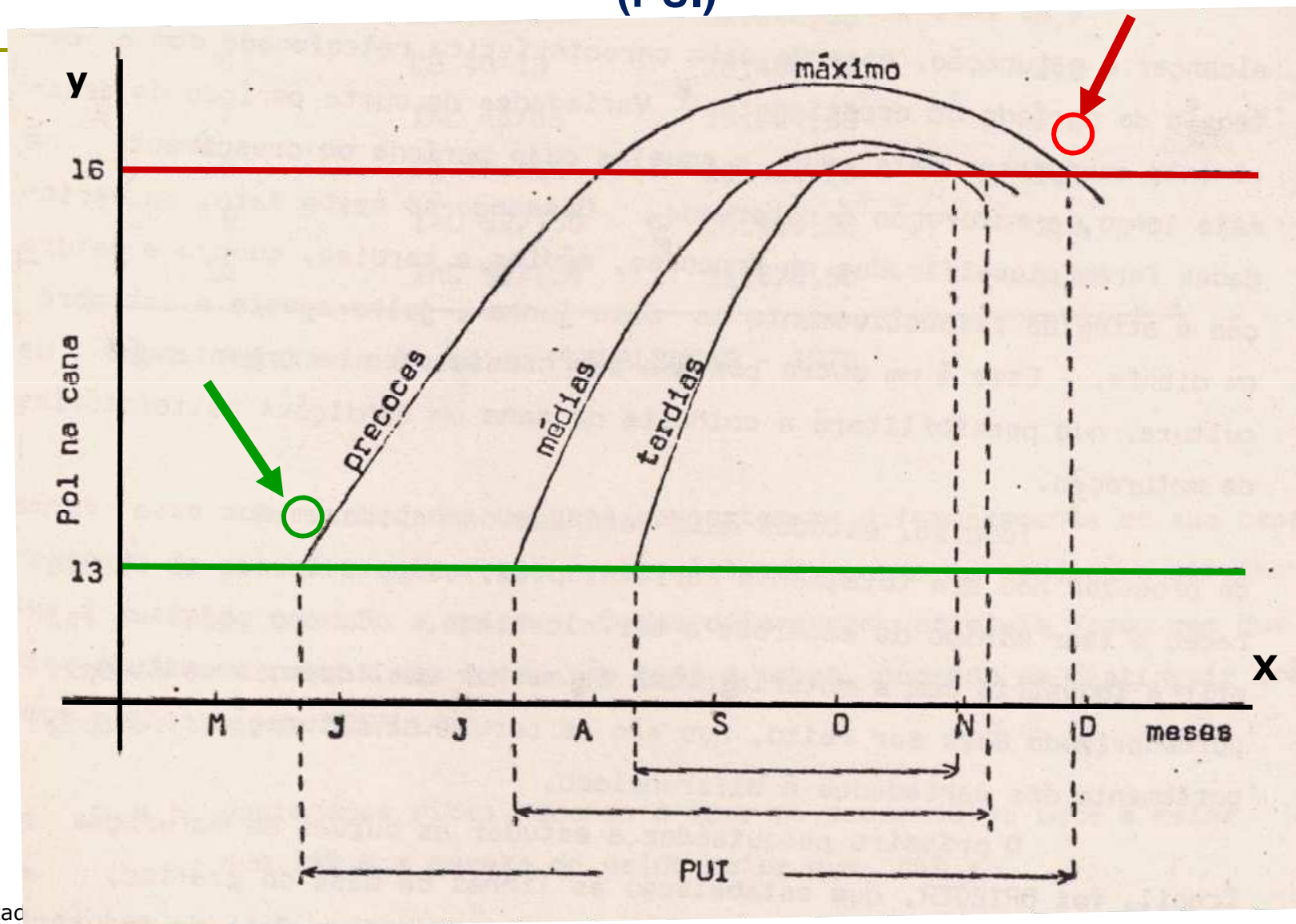
1°: intenso crescimento vegetativo acompanhado por uma gradual formação de sacarose;

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

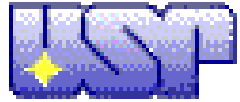




PERÍODO ÚTIL DE INDUSTRIALIZAÇÃO (PUI)



Adaptac



Fatores naturais do processo fisiológico da maturação

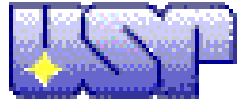


Fatores naturais:

- condições climáticas,
- tipo de solo,
- tratos culturais, e
- própria variedade.

As variedades comerciais de cana-de-açúcar:

- a) Comportamentos distintos, diferentes níveis de sacarose, conforme a variedade e o momento da colheita;
- b) Necessidade de planejamento agrícola, o que possibilita o processamento de matéria-prima de bom teor de sacarose no decorrer de toda a safra;



Período de utilização industrial (PUI)



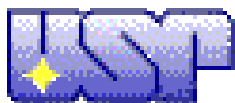
Período em que a cana pode ser processada: PUI

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: vai de agosto/setembro até março/abril.

Por isso, é necessário o cultivo de variedades que atinjam nível ideal de açúcar para industrialização 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

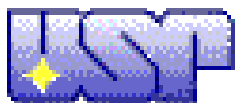


Matéria Estranha



Impurezas Minerais



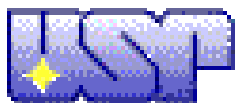


Deterioração e alteração de parâmetros tecnológicos e fisiológicos



COLMO:

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



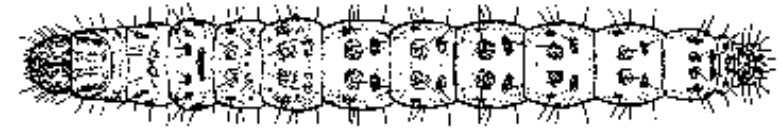
Sanidade da Cana-de-Açúcar



SANIDADE

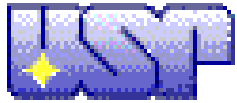
Complexo broca-podridão

Diatraea saccharalis



Fusarium moniliforme
Colletotrichum falcatum





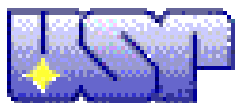
Diatraea saccharalis



Mahanarva fimbriolata (cigarrinha-da-raiz)

Ciclo biológico da cigarrinha (*Mahanarva fimbriolata*)





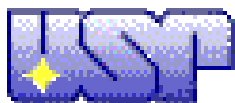
FLORESCIMENTO



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 (teor de sacarose)

Pico de de maturação resultará em maior rendimento industrial.

Critérios para determinação da maturação são:

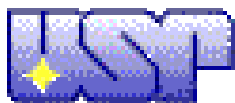
Empíricos: aparência e a idade do canavial

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.

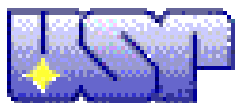
Determinações tecnológicas laboratoriais

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:

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

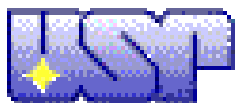
Nota: $P(\%) \geq \underline{85\%}$ cana madura.



Considerações finais



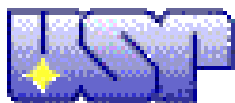
- 1 – Há um grande número de matérias-primas que podem ser utilizadas para suprir a indústria sucroenergética;
- 2- Há necessidade de se definir quais tipos de produtos se tem interesse, a fim de selecionar a melhor matéria-prima;
- 3- No Brasil, a cana-de-açúcar é adotada como a principal matéria-prima 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 e deve ser feita com o auxílio de instrumentos e equipamentos de laboratório, a fim de se ter mais sucesso.



Agradecimentos



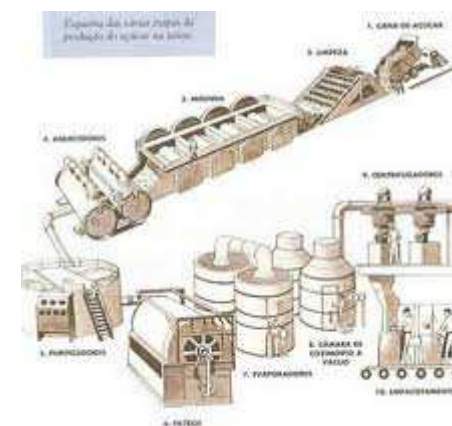
MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO!!

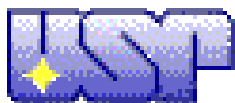
Prof. Antonio Sampaio Baptista

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, 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.