

GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Bioeletricidade
A segunda revolução energética da cana-de-açúcar

Rio de Janeiro, 24 de novembro de 2005

Helcio M. Lamonica

Divulgação Livre – Divulgar a Fonte

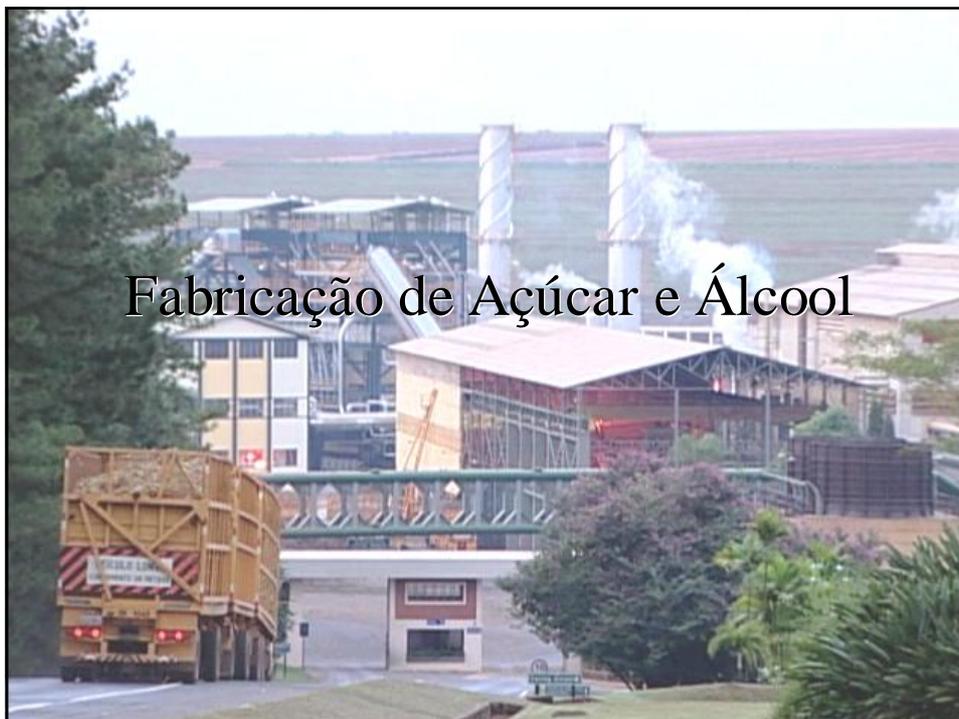


Centro de Tecnologia Canavieira

- Em 2004 a **Copersucar** abriu para o mercado nacional o seu Centro de Tecnologia, constituindo o Centro de Tecnologia Canavieira.
- O **Centro de Tecnologia Canavieira - CTC** é voltado a P&D de tecnologias para a produção e transformação da cana-de-açúcar.
- Atualmente mais de 114 associados compõem o novo **CTC**, representando 151 milhões t cana moída e $1,7 \cdot 10^6$ ha de área plantada, representando, respectivamente, 42% e 33% da produção total do Brasil.

Base: safra 2003/04 - Atualizado em out/2005





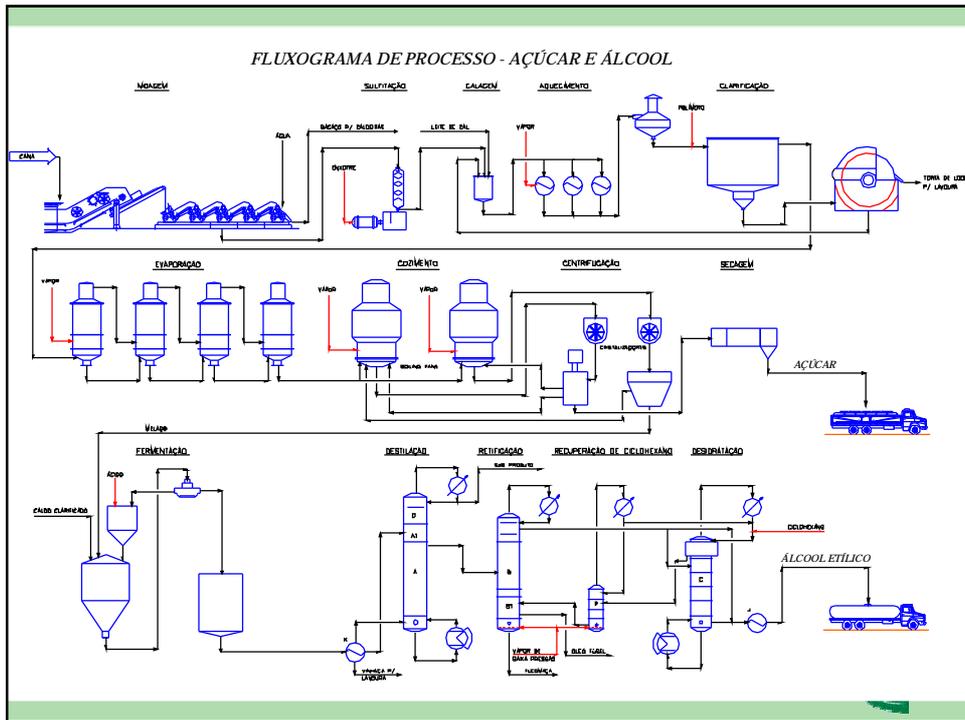
Matéria Prima

- Cana-de-açúcar

Tabela 1 - Composição média da cana-de-açúcar.

Composição	Teor (%)
Água	65 - 75
Açúcares	11 - 18
Fibras	8 - 14
Sólidos solúveis	12 - 23





Energia Consumida na Usina

- Usina necessita de duas formas básicas de energia:
 - Eletromecânica (acionamentos, iluminação, etc.)
 - Térmica (aquecimento, evaporação, cozimento, etc.)



Como esta energia é obtida ?

- Usina obtém toda energia térmica e eletromecânica a partir da combustão do bagaço.
- Como ?
 - Gera vapor a uma pressão superior a necessária no processo
 - Este vapor é expandido em turbinas a vapor sendo convertido em energia mecânica/elétrica
 - O calor rejeitado no escape das turbinas fornece a energia térmica necessária ao processo

É autosuficiente em energia J



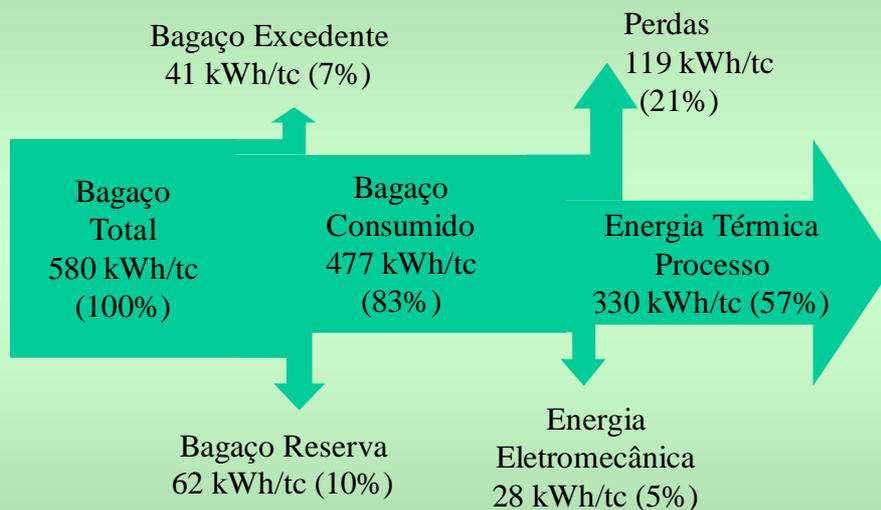
Portanto a Usina produz energia elétrica em COGERAÇÃO

Cenário Médio Atual (2001/02)

- Pressão de operação: 22 bar / 300 °C
- Auto-suficiente em energia térmica e elétrica
 - Consumo de energia elétrico-mecânica: 28 kWh/tc
 - Consumo de energia térmica: 330 kWh/tc
(equivalente a 500 kg vapor / tc)
 - Sobra de bagaço: 7 %
 - Não utiliza palha



Distribuição de Energia na Usina

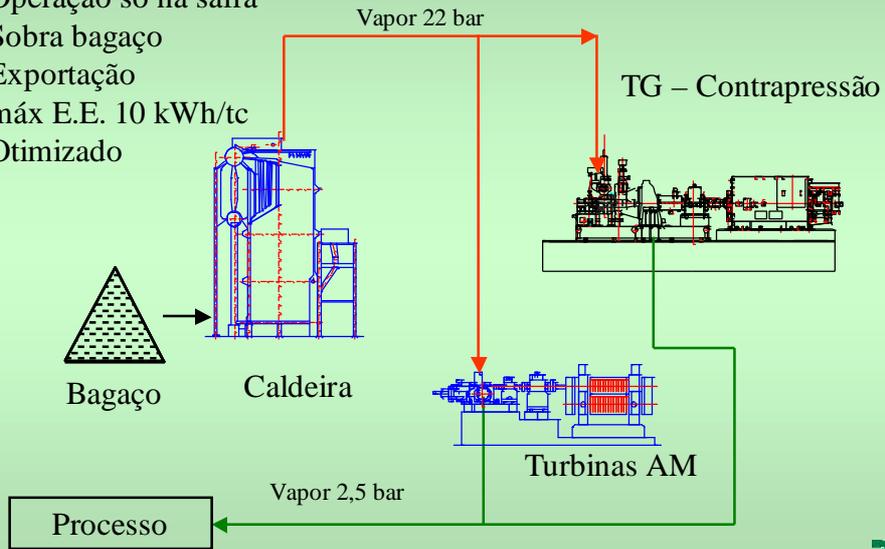


Relação Potência / Calor 0,085



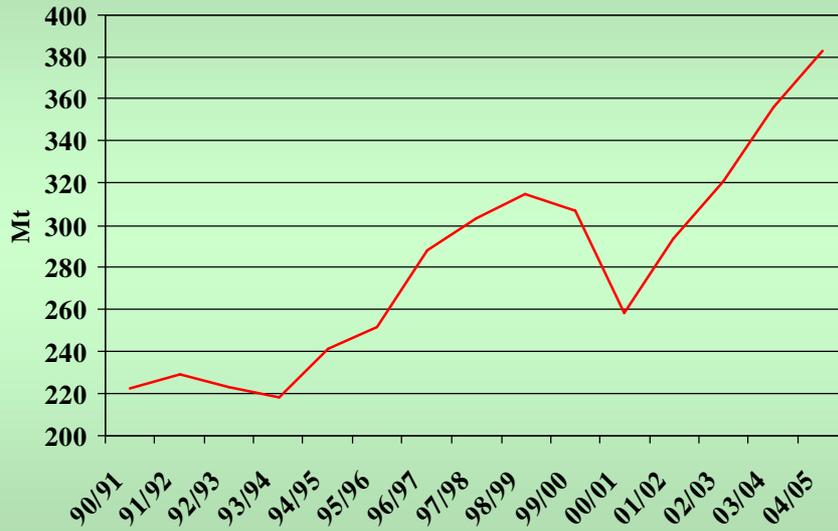
Fluxograma – Atual 22 bar

Operação só na safra
Sobra bagaço
Exportação
máx E.E. 10 kWh/tc
Otimizado



Potencial de Geração de Energia
Elétrica do Setor

Produção de Cana-de-açúcar - Brasil



Fonte: www.unica.com.br, 1/03/2005



Áreas Cultivadas – Cana-de-açúcar

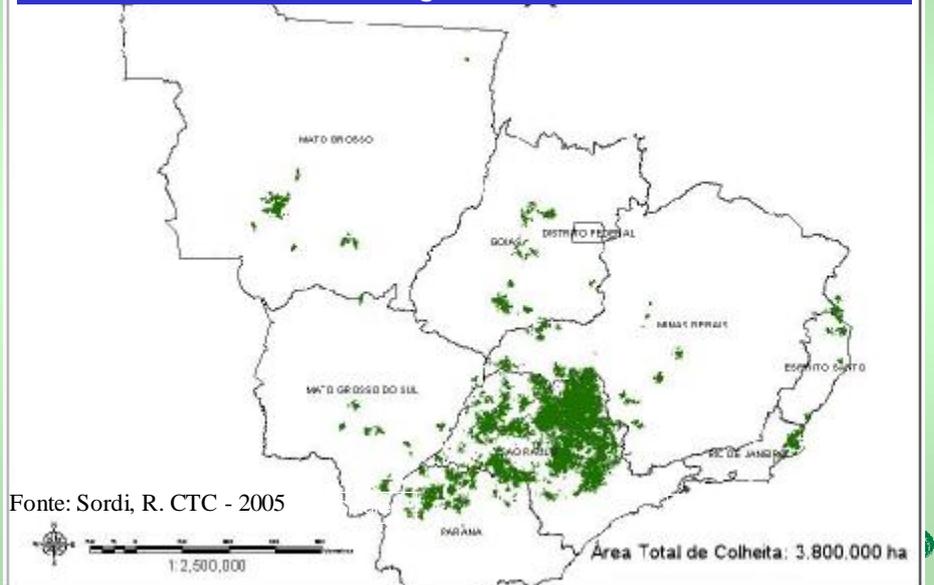


Fonte: Sordi, R. CTC - 2005



Cana-de-açúcar na Região Centro-sul

Sensoriamento remoto – imagens de satélite

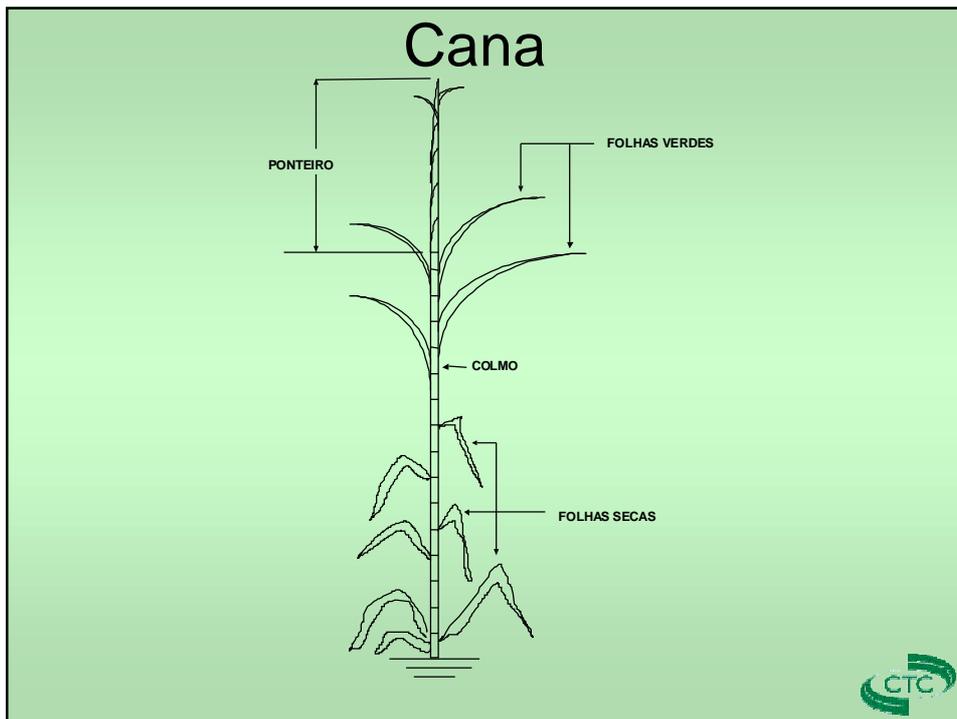


Produção Energia Primária BRASIL (%)

	1990	2003
Não Renovável:	38	53
Petróleo + GN	36	51
Outras NR	2	2
Renovável:	62	47
Hidráulica	16	14
Produtos da cana	17	16
Outras R	29	17
Total (milhões TEP)	108	184

Fonte: BEN 2004





Energia da Cana

1 TON DE CANA (COLMOS)	Energia (MJ)
• 140 kg de açúcar	2 300
• 280 kg de bagaço (50% umidade)	2 500
• 280 kg de palha (50% umidade)	2 500
TOTAL	7 300 (0.16 TEP)
360 milhões de toneladas de cana	58 milhões TEP
Nota: Consumo de energia primária no Brasil é de 200 10 ⁶ TEP/ano (BEN 2004)	

CTC

Potencial Energético - Resíduos de Cana

	Mundo (10 ⁶ t)	Brasil (10 ⁶ t)
Produção de cana (1)	1 320	360
Produção de bagaço (2)	370	101
Produção de palha (2)	370	101
Biomassa Total	740	202
TEP (3)	158	43

Consumo Energia Primária no Brasil 200 10⁶ TEP (BEN 2004)

- (1) Fonte: FAOSTAT 2004 p/ Mundo e UNICA p/ Brasil
- (2) 50% de umidade
- (3) base PCI – 2 130 kcal/kg (BEN 2004)



Alternativas de Aproveitamento Energético

- Açúcar → Álcool
- Fibra → Energia Elétrica e/ou Álcool



Balanço Energético da Produção e Processamento da Cana Fluxos Externos de Energia

	Valores Médios	
	Consumo MJ/tc	Produção MJ/tc
Agricultura	202	
Indústria	49	
Etanol produzido		1 919
Excedente de bagaço		168
Totais	251	2 087
Produção/Consumo	8,3	

Nota: Etanol de milho = 1,3 (USDA, 2002)

Atualização – outubro 2003



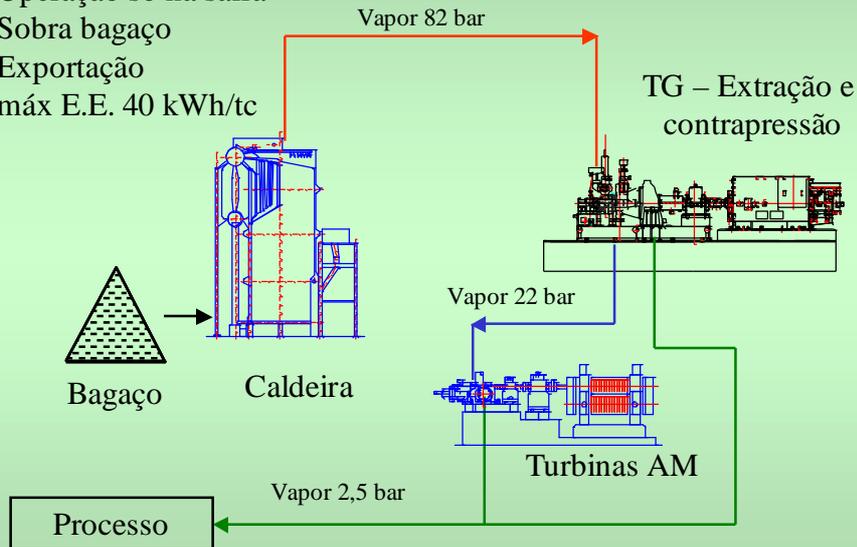
Como aumentar a Exportação de Energia Elétrica em Cogeração ?

- Aumentar a eficiência das turbinas a vapor
- Aumentar a pressão do vapor vivo
- Uso de turbinas de extração e contrapressão

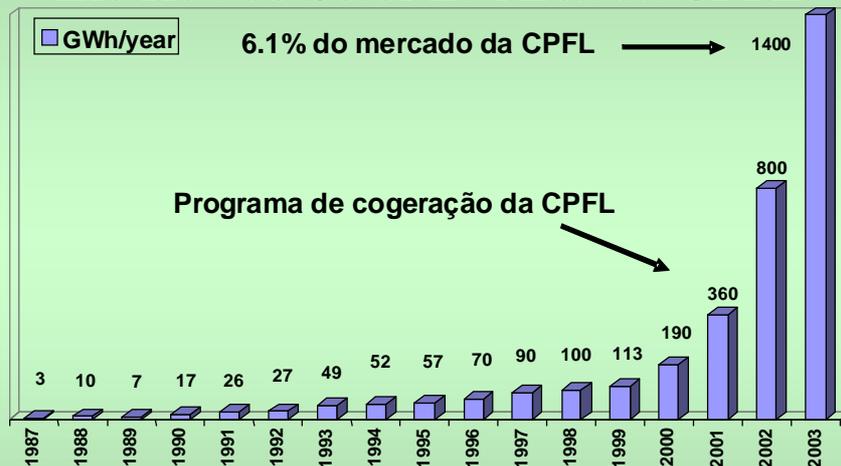


Convencional – Cogeração Safra

Operação só na safra
Sobra bagaço
Exportação
máx E.E. 40 kWh/tc



Evolução da Exportação de Energia Elétrica do Setor na Área da CPFL



~ 80% das Usinas do estado de São Paulo estão na área da CPFL; o estado de São Paulo produz ~ 60% da produção Brasileira de cana.

Fonte: Xavier, B. (2004). "Histórico da co-geração com biomassa na CPFL"



Geração de Grandes Excedentes

- Caldeiras de alta pressão
- Turbogeneradores de extração e condensação
- Exportação de E.E. ano todo (safra e entre-safra)
- Utilizar outros ciclos térmicos (gaseificação/ ciclo combinado)
- Reduzir consumo de vapor do processo
- Obter combustível complementar



Uso da Palha da Cana-de-açúcar



Disponibilidade de Palha

- Produtividade média da cana: 82,4 t/ha
- Palha disponível (base seca): 11,5 t/ha
- Palha % de cana (base seca): 14%

Obs.: Valores médios para as variedades plantadas no Brasil
Cana de ano e meio (média de 5 cortes)

Atualização – outubro 2003



Principais Características da Palha

- Umidade
 - No corte : 50%
 - Após uma semana no solo : $\leq 15\%$
- Poder calorífico inferior (PCI - kcal/kg)
 - No corte : 1.800
 - Com 15% umidade : 3.100
- Teor de cinzas : $\leq 5\%$ base úmida
- Eficiência de enfardamento : $\geq 70\%$
- Custo aproximado (US\$/t MS)
 - Processada no ponto de consumo : 18,49
(US\$ 1,28/MM BTU)

Obs.: do custo total US\$ 8,00 /t MS (impactos agrícolas)



Impactos Agrícolas do Colchão de Palha

Positivos

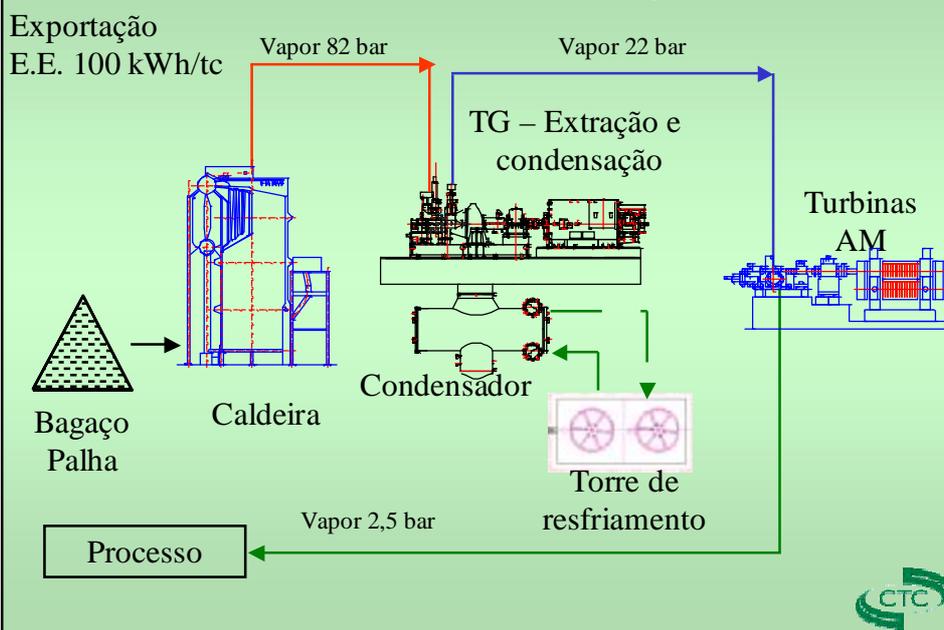
- Proteção do solo contra erosão
- Redução da amplitude da variação térmica
- Incentivo ao aumento da atividade biológica
- Aumento das taxas de infiltração de água no solo
- Redução da evaporação
- Controle de ervas daninhas

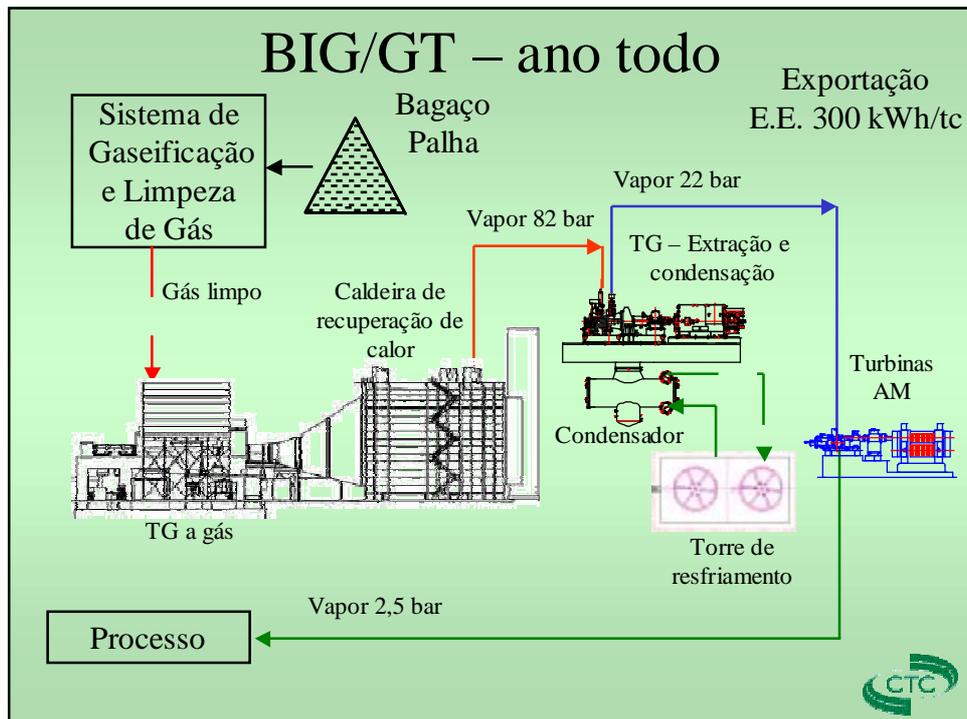
Negativos

- Riscos de incêndio
- Dificuldade para execução de algumas operações agrícolas
- Retardamento ou falha na brotação (redução produtividade)
- Aumento das populações de praga (cigarrinha)



Convencional – Condensação ano todo





Alternativas de Geração em Usinas

Tecnologia	Operação	Consumo Processo kgv/tc	Excedente Energia kWh/tc	Potencial Brasil		% Consumo Brasil
				GWh	MW	
22bar-300C TG Contrapressão	Safra	500	0 – 10	3 600	900	1
80bar-480C TG Contrapressão	Safra	500	40 – 60	22 000	5 500	6
80bar-480C TG Condensação	Ano todo	340	100 – 150	54 000	7 200	16
BIG/GT	Ano todo	< 340	200 - 300	110 000	14 500	32

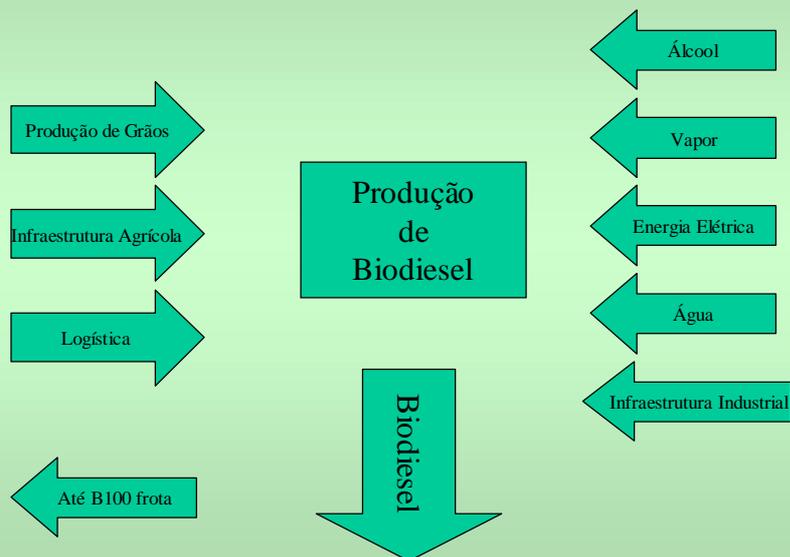
Obs.: Consumo residencial médio 150 kWh/mês
Consumo nacional de energia elétrica 342 10³ GWh/ano (BEN 2004)
Moagem anual de 360 milhões de toneladas de cana



Biodiesel - Integração com Usina Açúcar e Álcool



Integração Biodiesel x Usina



Aspectos Econômicos – 1 t de cana

	R\$
80 l álcool (R\$ 0,70 / l)	56
50 a 150 kWh (R\$ 100 / MWh)	5 a 15
25 a 75 kg CO ₂ evitado (R\$ 15 / t CO ₂)	0,40 a 1,20

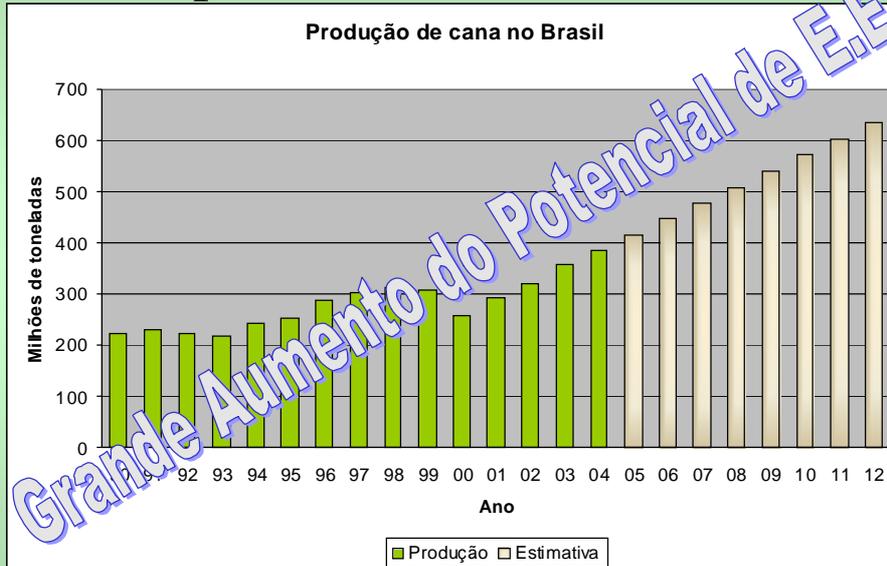


Usina Moderna

- Eletrificação de acionamentos
- Redução do consumo de vapor de processo
- Colheita de cana sem queimar com recolhimento de palha
- Uso do biogás
- Uso do gás natural
- Outros produtos



Expectativa de Crescimento



Comentários

Hoje no Brasil existem
~320 usinas



Menos de 10%
Exportam Energia Elétrica
600 MW (só safra)

Se 100% exportassem E.E. com a tecnologia comercial:
4.000 MW (só safra, em cogeração, só bagaço)

Potencial para 600 milhões de t de cana com a tecnologia comercial:
6.000 MW (só safra, em cogeração, só bagaço)

Como as novas usinas estão investindo na produção de E.E. ?

Por que ?



Obrigado !

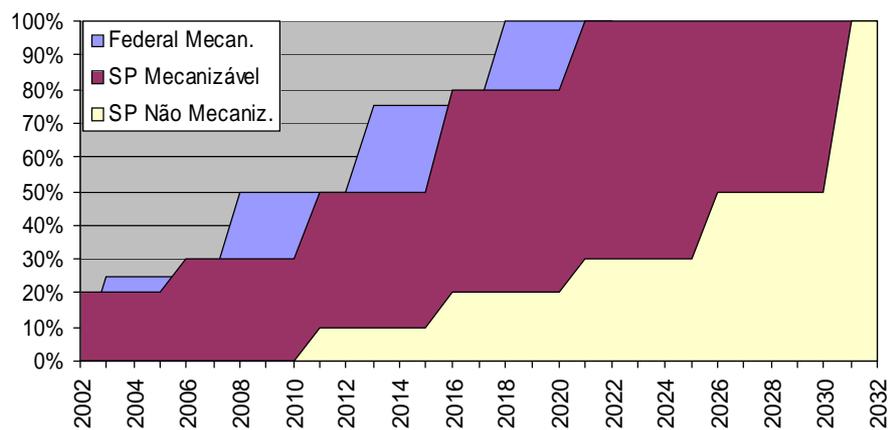
lamonica@ctc.com.br

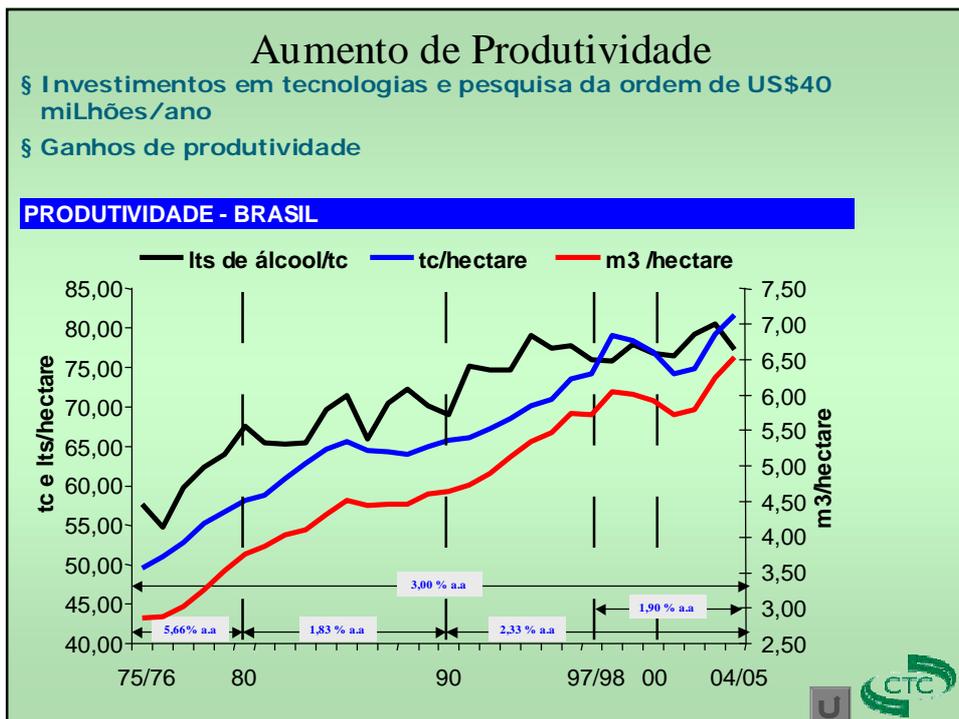
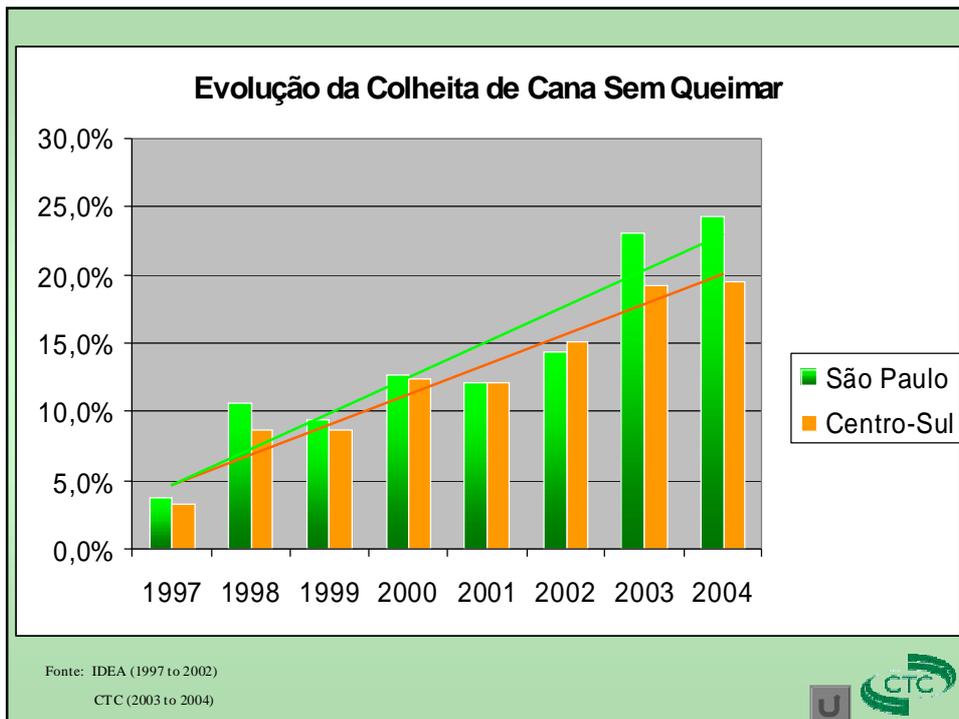
<http://www.ctc.com.br>

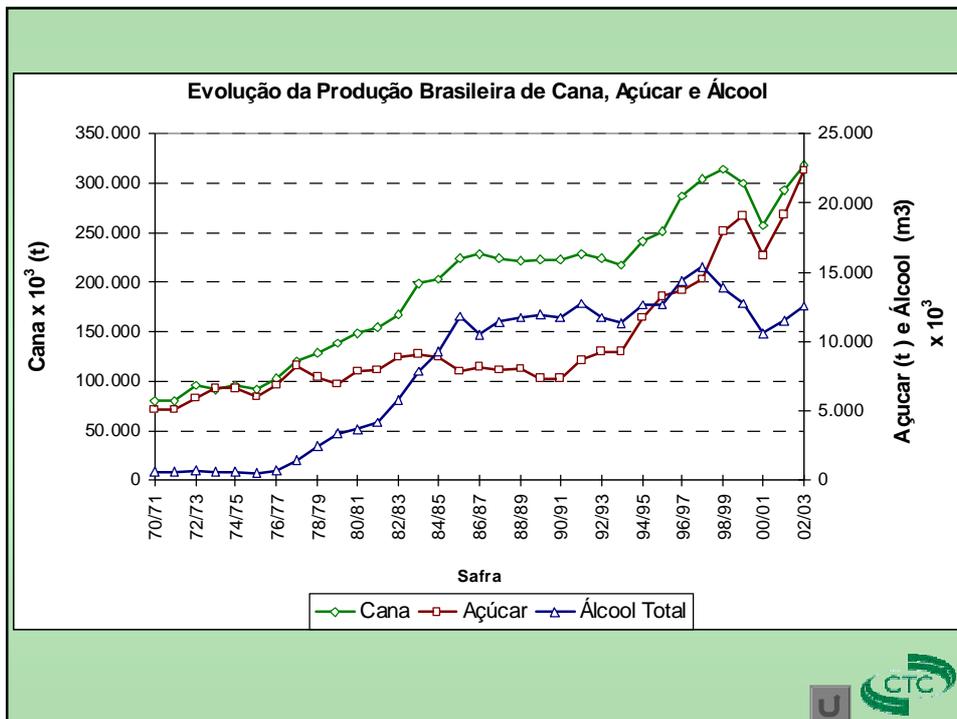
FIM



Cronograma de Redução da Queima
Decreto Federal 2.661 e Lei Estadual 11.241







Balanço Energético das Alternativas

Energia Útil (kWh/tc)				
Alternativa	Eletromecânica	Térmica	Total	EM/ETotal
22bar-300C TG Contrapressão	28	330	358	0,08
80bar-480C TG Contrapressão	90	330	420	0,21
80bar-480C TG Condensação	180	230	410	0,44
BIG/GT	333	184	517	0,64

Composição do Gás do BIG

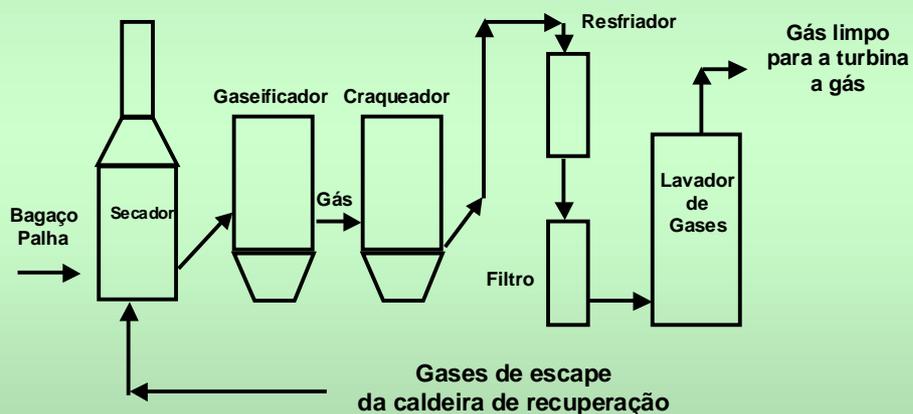
C ₂ H ₄	1 %
CH ₄	4 %
CO	15 %
CO ₂	14 %
H ₂	12 %
H ₂ O	6 %
N ₂	48 %

PCI – 5,1 MJ/Nm³

% em volume base seca



Fluxograma Básico Sistema de Gaseificação



BIG/GT - Integrado Usina

