

PRODUÇÃO DE VAPOR E ELETRICIDADE – A EVOLUÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

II GERA: Workshop de Gestão de Energia e
Resíduos na Agroindústria Sucroalcooleira

FZEA - USP

Pirassununga, 12 de junho de 2007

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 159 associados compõem o novo **CTC**, representando 50% da produção total do Brasil.

Fabricação de Açúcar e Álcool



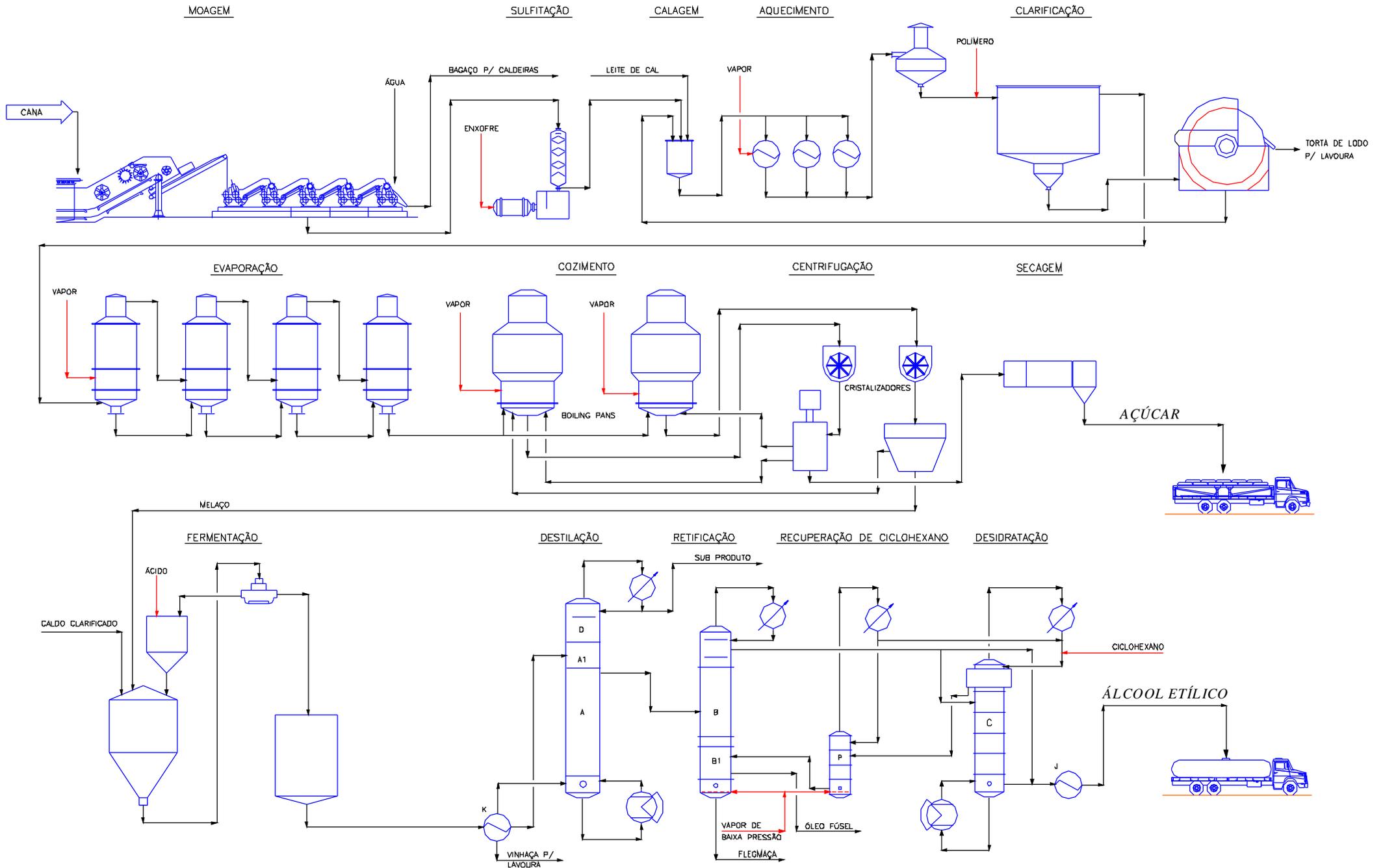
Matéria Prima

- 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

FLUXOGRAMA DE PROCESSO - AÇÚCAR E ÁLCOOL



Uso da Energia na Usina



Energia Consumida na Usina

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

Como obter esta energia ?



No Passado (antes 1980)

- Energia eletromecânica obtida comprando-se energia elétrica da rede pública
- Energia térmica obtida com a combustão de combustível fóssil ou lenha para geração de vapor d'água a baixa pressão

Portanto a usina tinha que comprar a energia necessária ao seu processo ☹

Avaliação Caldeiras – CTC - 1981

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
P bar, T °C	10 a 19, SAT	22, SAT	22, 280
Eficiência %	66	70	78
% total	33	24	43

Atualmente (após 1980)

- 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

Portanto é auto-suficiente em energia ☺



Isto é COGERAÇÃO de energia !

- Cogeração é a obtenção, integrada, de mais de uma forma de energia a partir de um único combustível

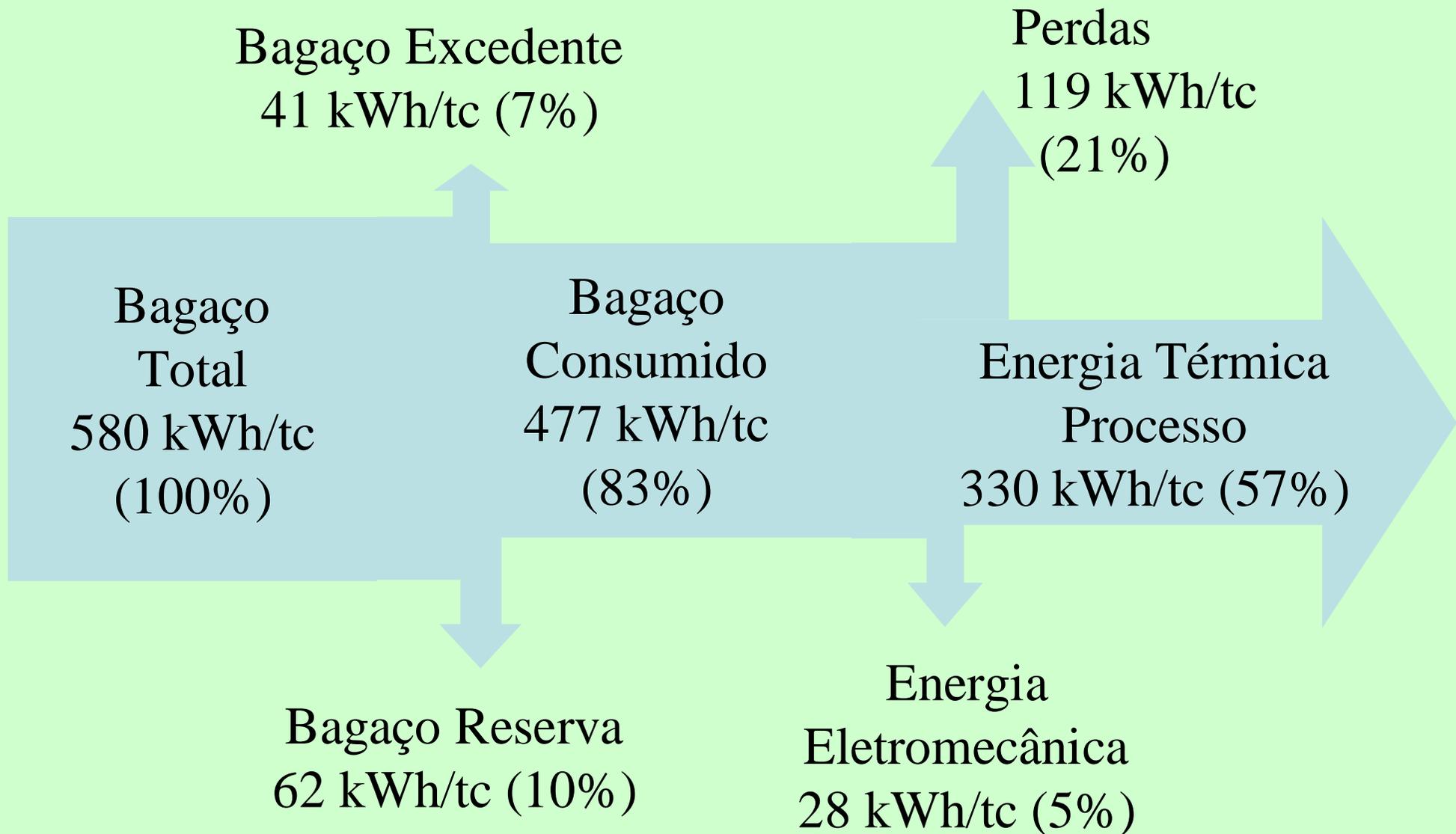
Portanto a Usina já é um COGERADOR de energia



Cenário Médio (22 bar)

- Pressão de operação: 22 bar / 300 °C
- Auto-suficiente em energia térmica e elétrica
 - Consumo de energia eletromecânica: 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 22 bar

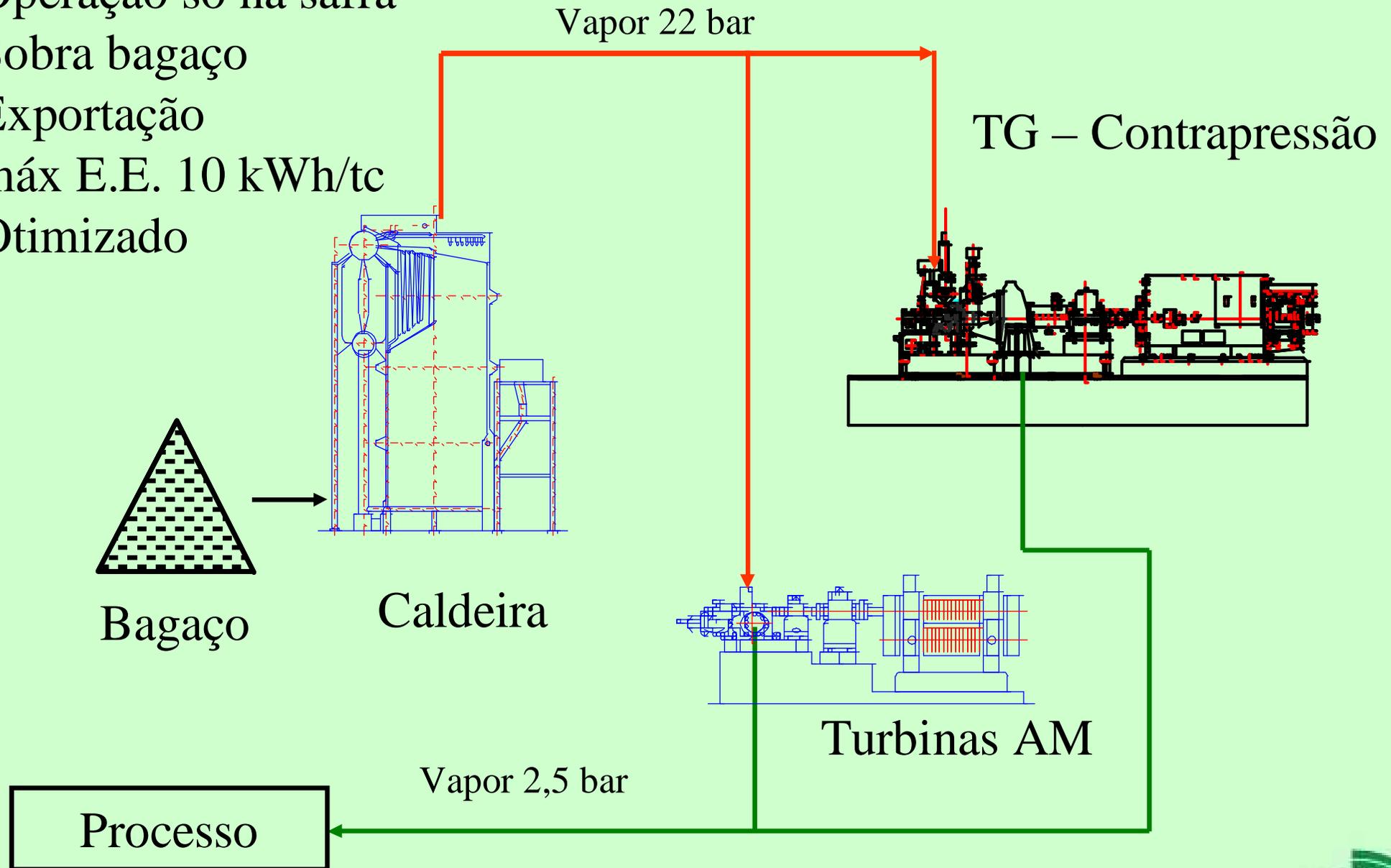


Relação Potência / Calor 0,085



Fluxograma -22 bar

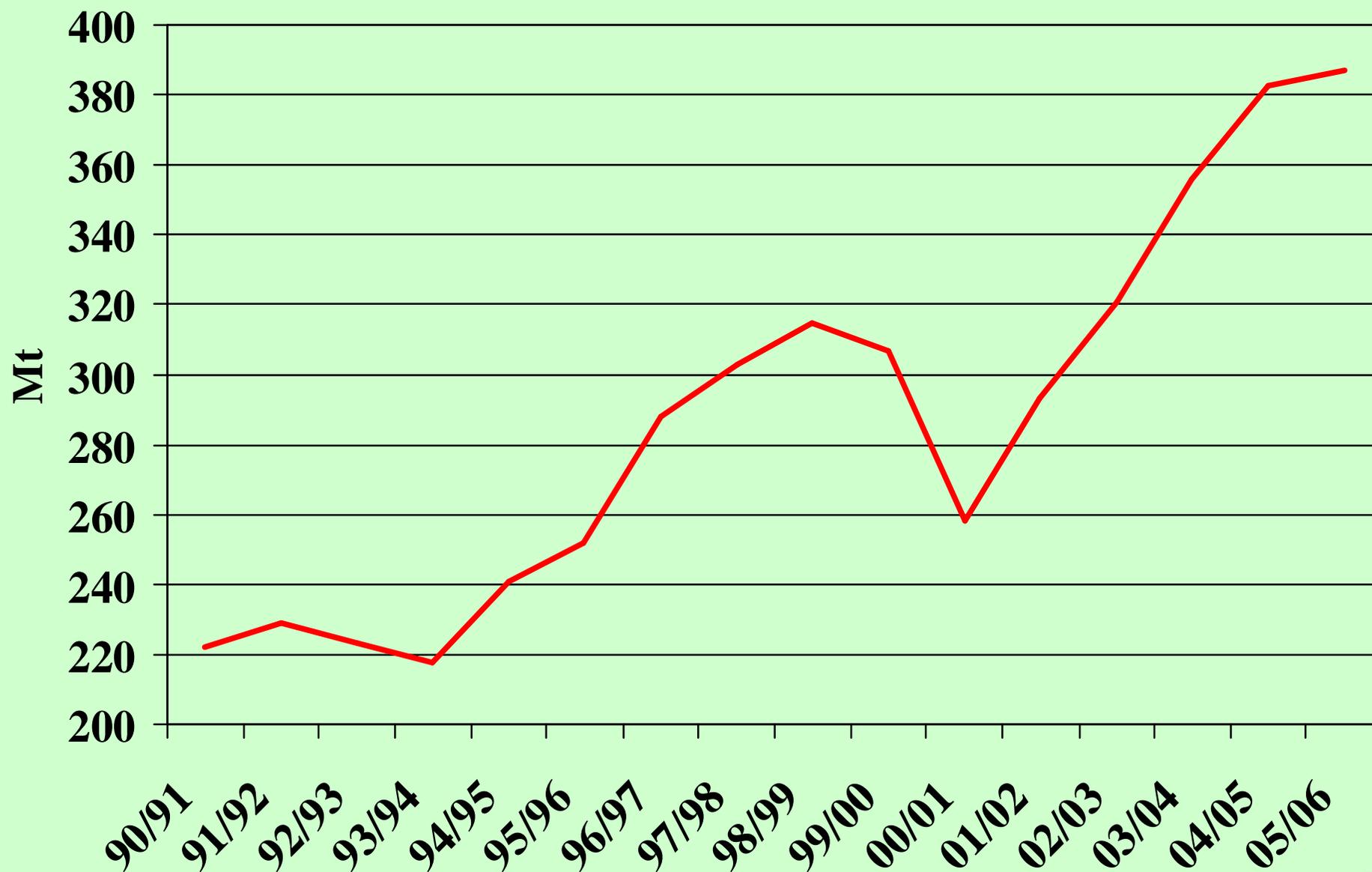
Operação só na safra
Sobra bagaço
Exportação
máx E.E. 10 kWh/tc
Otimizado



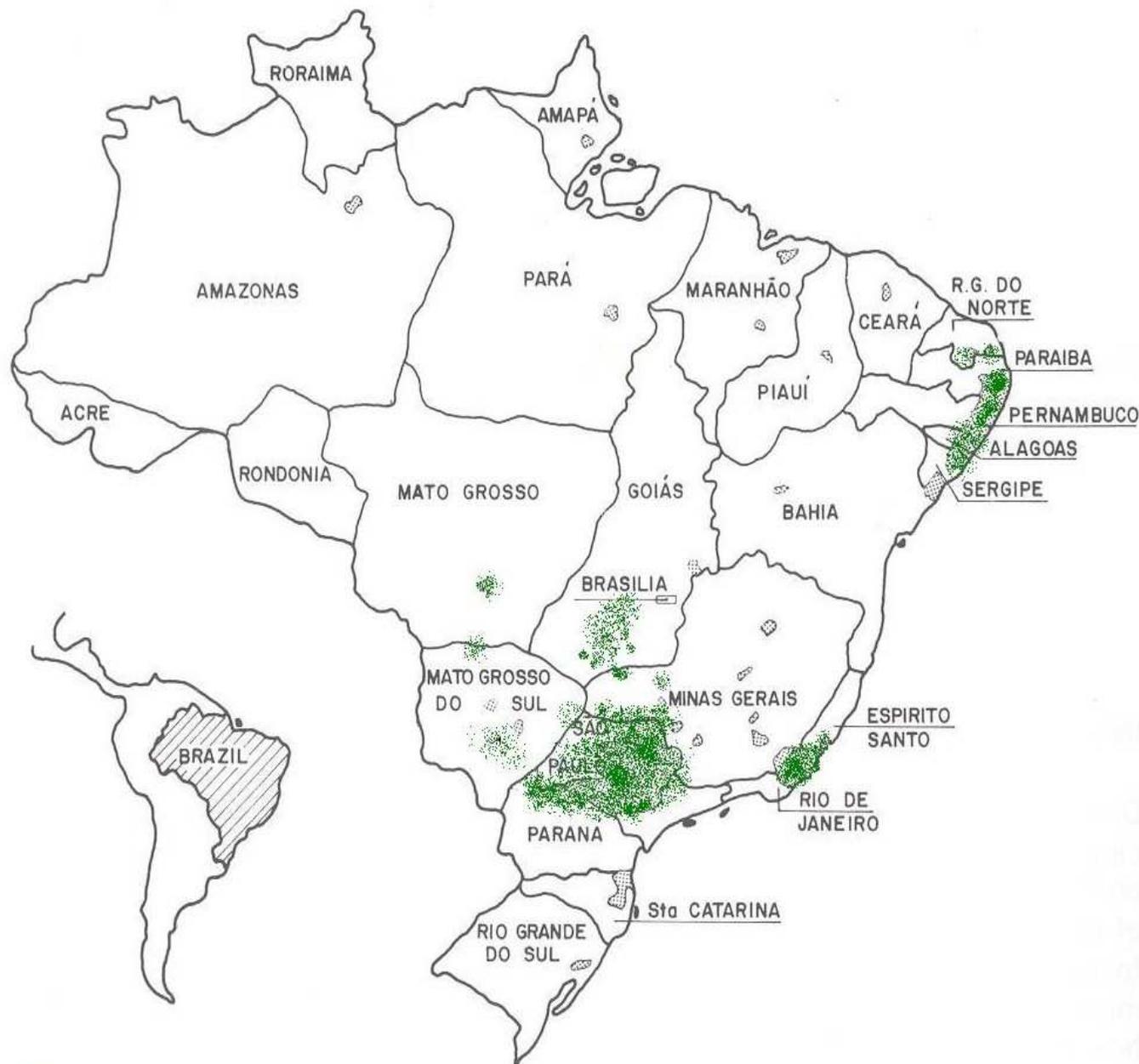


Potencial de Geração de Energia Elétrica do Setor

Produção de Cana-de-açúcar - Brasil



Áreas Cultivadas – Cana-de-açúcar

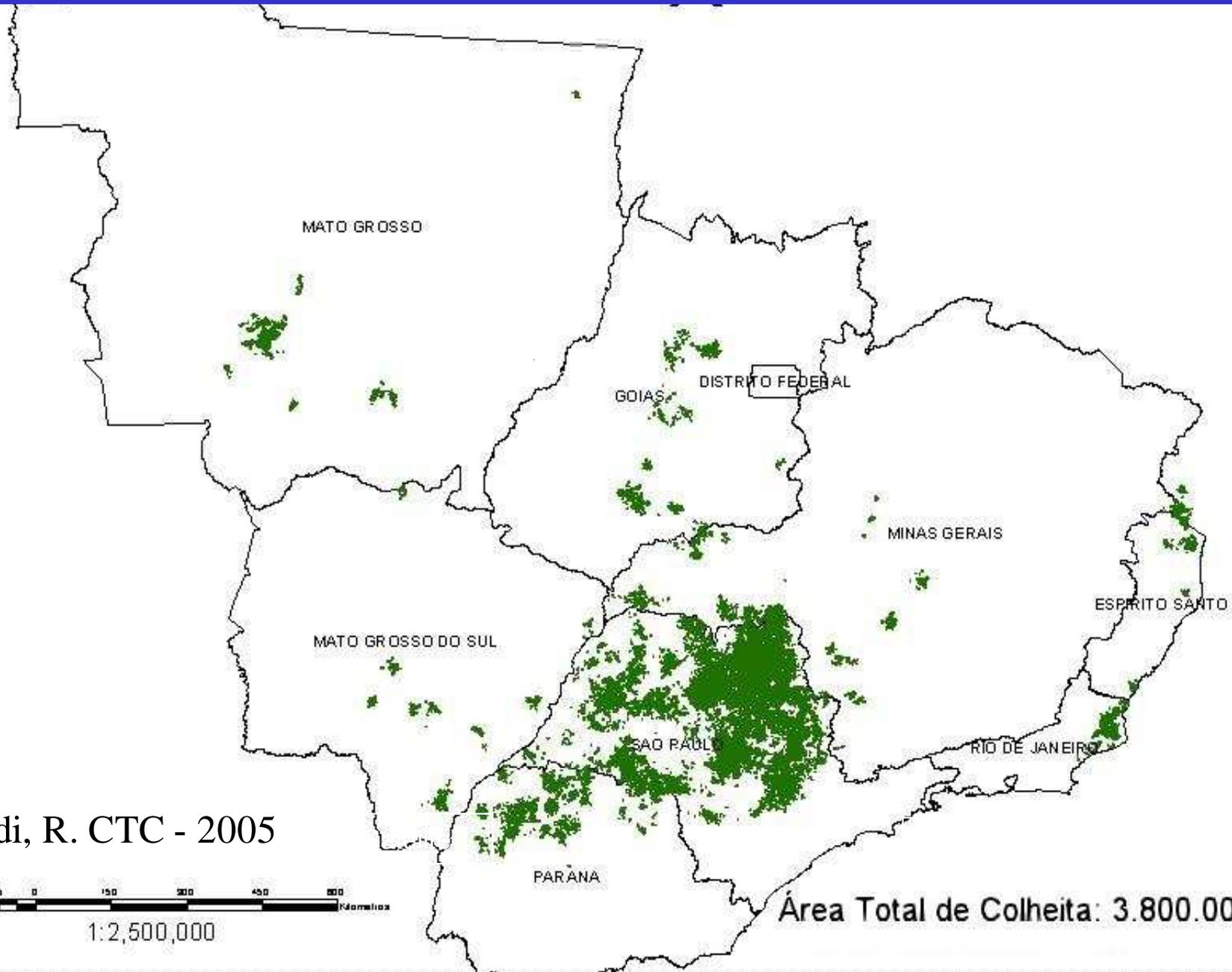


Fonte: Sordi, R. CTC - 2005



Cana-de-açúcar na Região Centro-sul

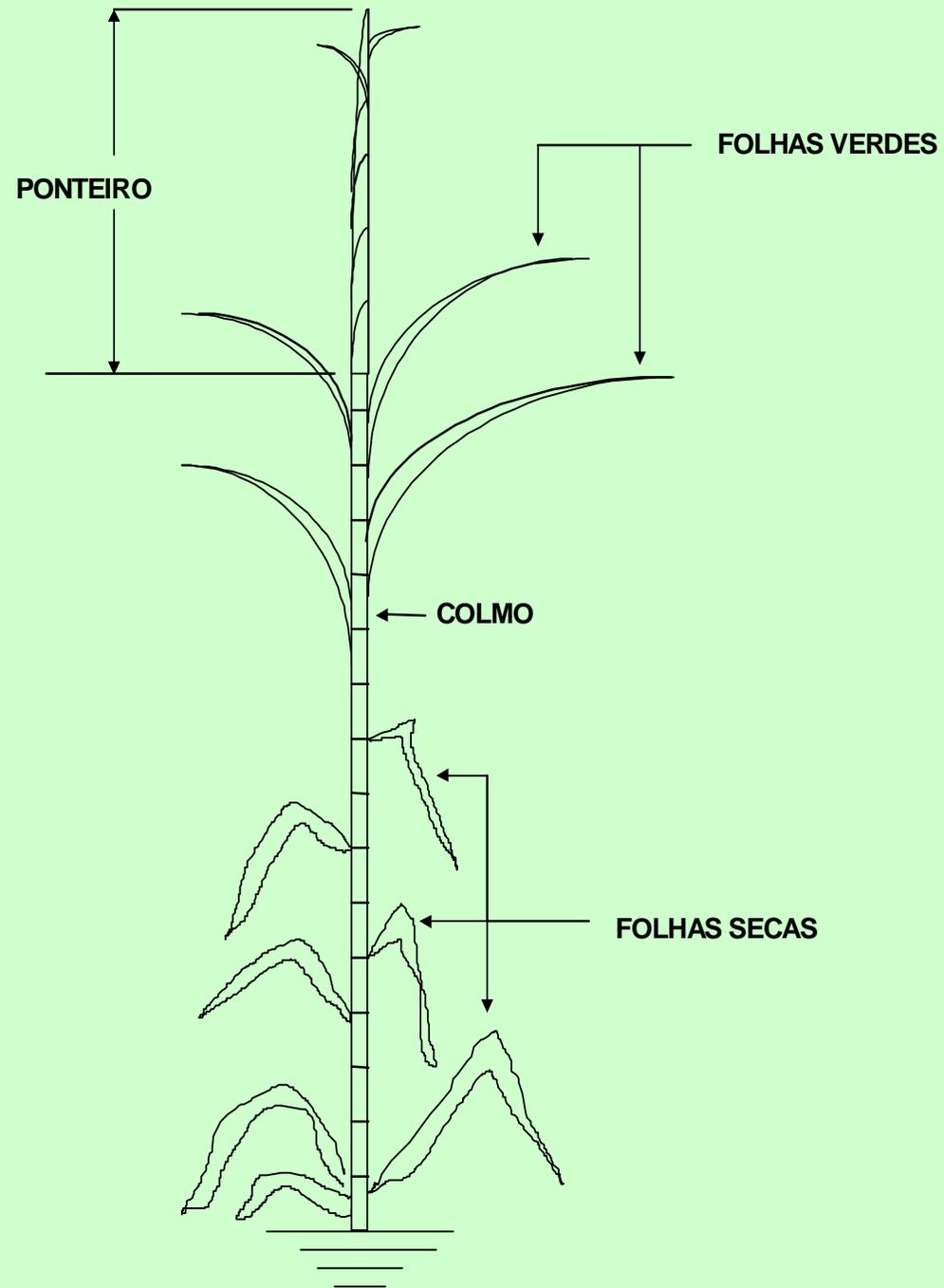
Sensoriamento remoto – imagens de satélite



Fonte: Sordi, R. CTC - 2005

Área Total de Colheita: 3.800.000 ha

Cana



Energia da Cana

1 TON DE CANA (COLMOS)	Energia (MJ)
<ul style="list-style-type: none">• 140 kg de açúcar• 280 kg de bagaço (50% umidade)• 280 kg de palha (50% umidade)	2 300 2 500 2 500
TOTAL	7 300 (0.174 tep)

386,6 milhões de toneladas de cana (05/06) 67 10⁶ tep/ano

Produção de energia primária no Brasil: 200 10⁶ tep/ano

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)

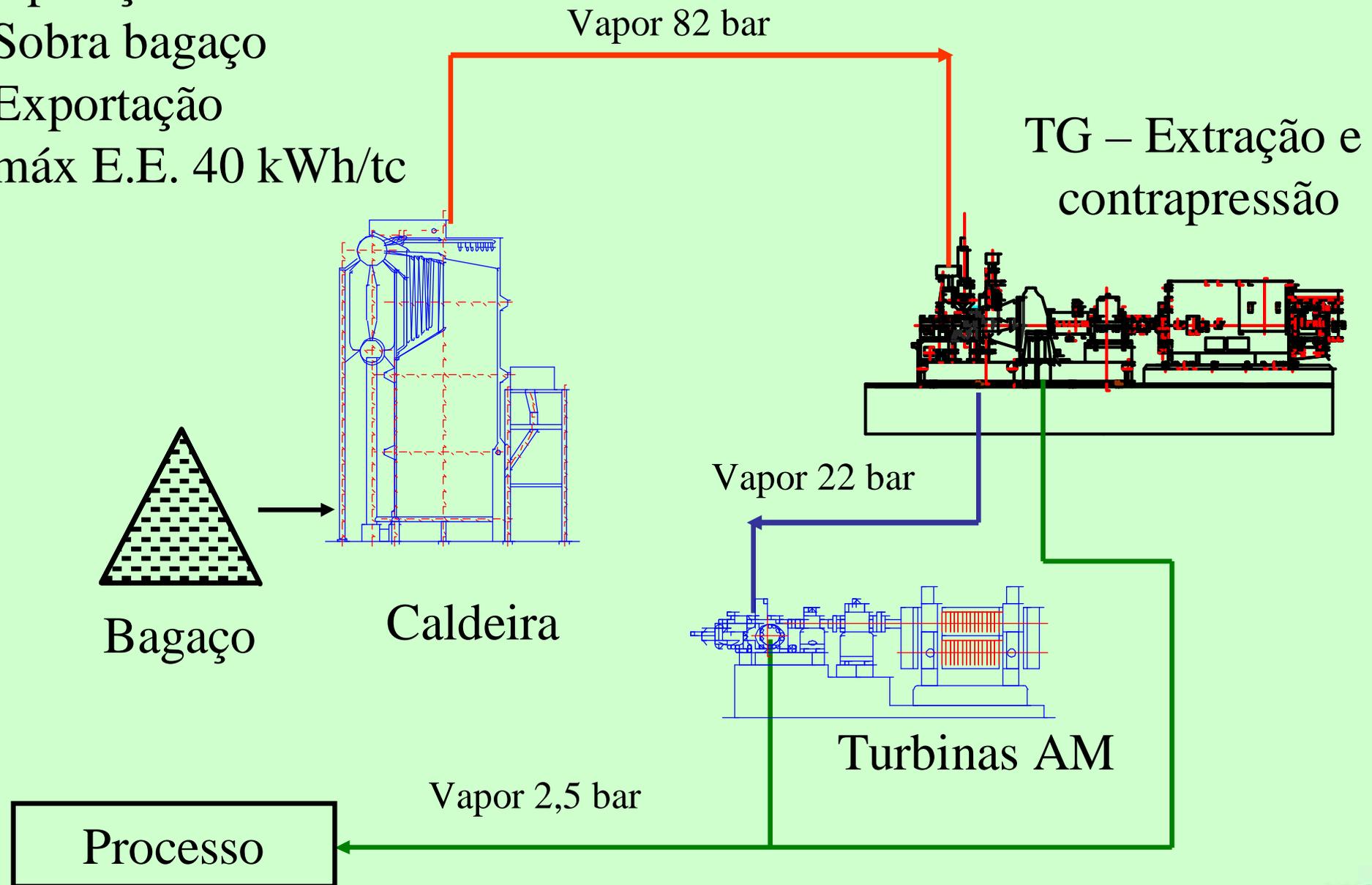


Como aumentar a Exportação de Energia Elétrica em Cogeração ?

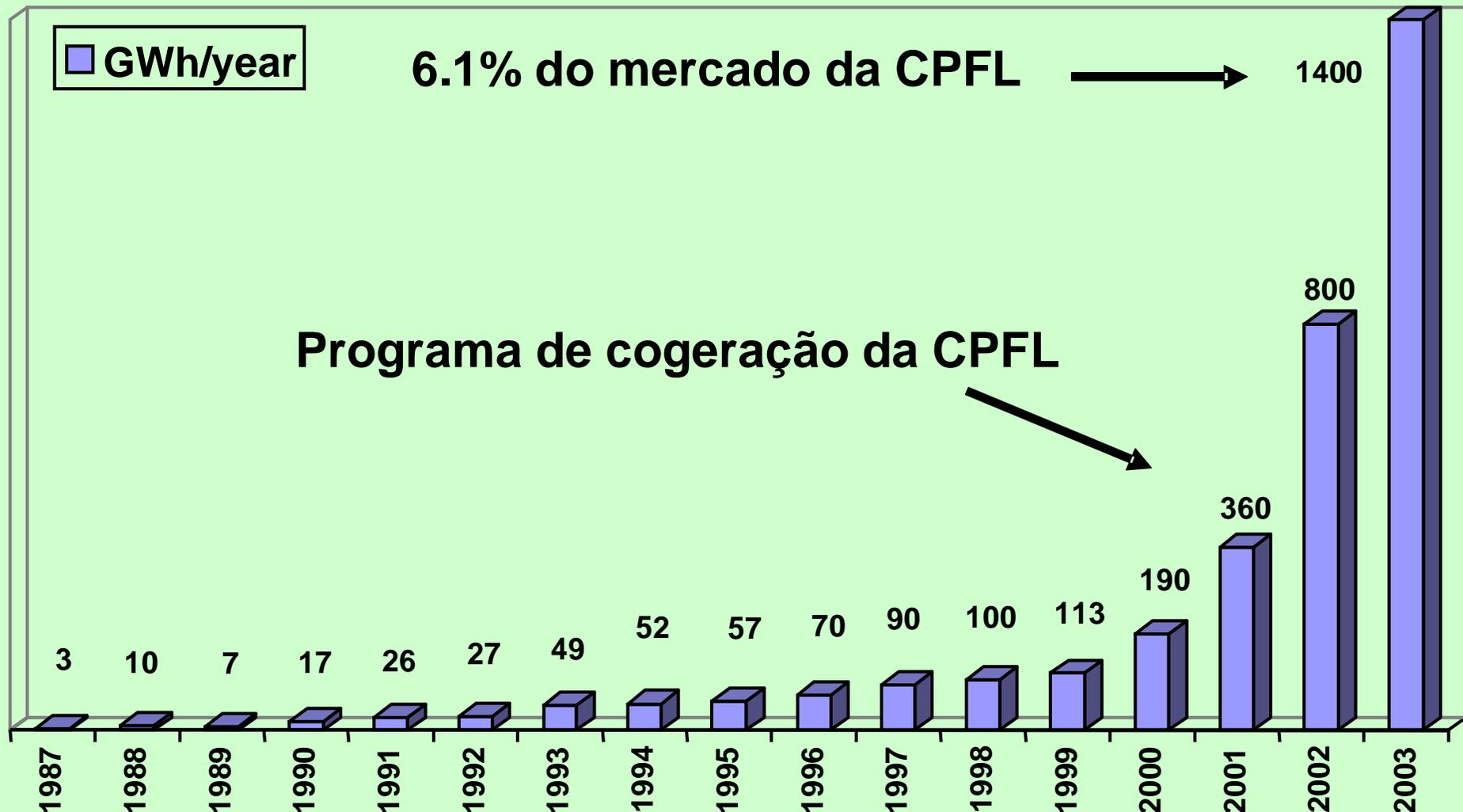
- Aumentar a eficiência das turbinas a vapor
- Substituir turbinas a vapor por motores elétricos
- Aumentar a pressão do vapor vivo
- Uso de turbinas de extração e contrapressão

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



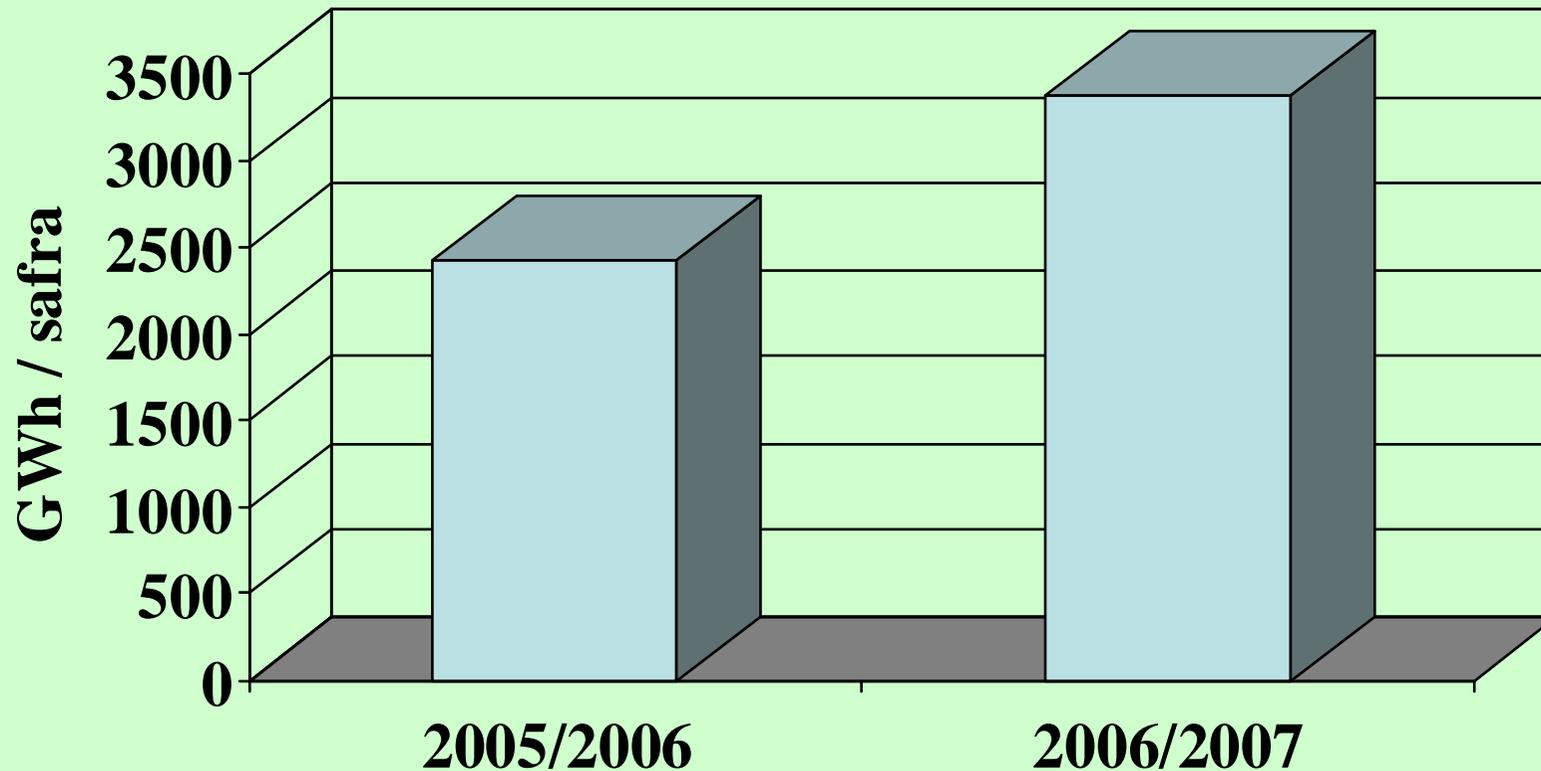
~ 80% das Usinas do estado de São Paulo estão na área da CPFL; o estado de São Paulo produz ~ 60% da produção Brasileira de cana.

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



Exportação E.E. Centro-Sul – 2006/07

**Excedente de Energia Gerado por 37%
das usinas**

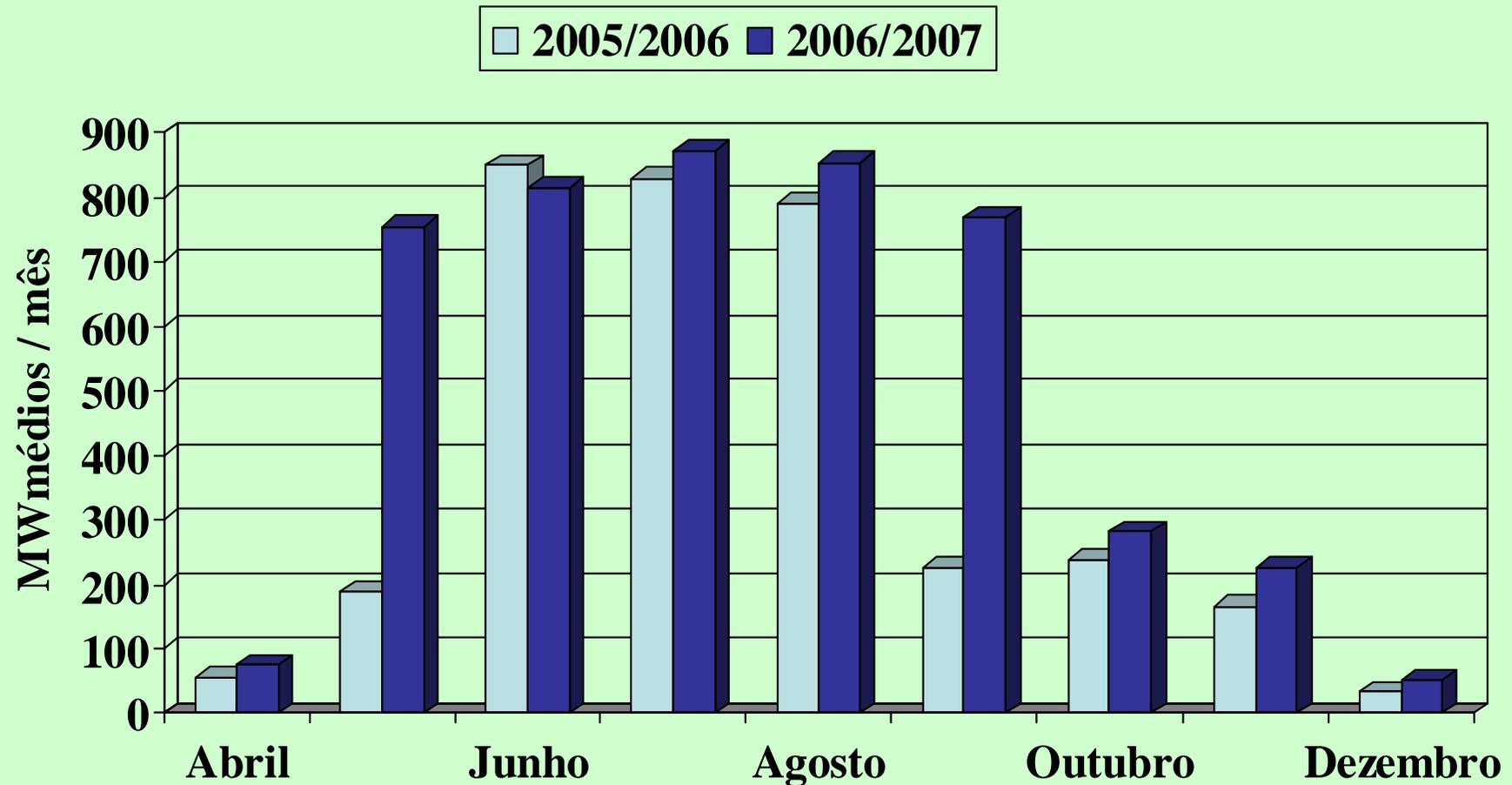


Fonte: CMAI – CTC, 2007



Exportação E.E. Centro-Sul – 2006/07

Excedente de Energia Gerado por 37% das usinas



Fonte: CMAI – CTC, 2007



Geração de Grandes Excedentes

- Caldeiras de alta pressão
- Turbogeneradores de extração e condensação
- Exportação de E.E. ano todo (safra e entresafra)
- 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%

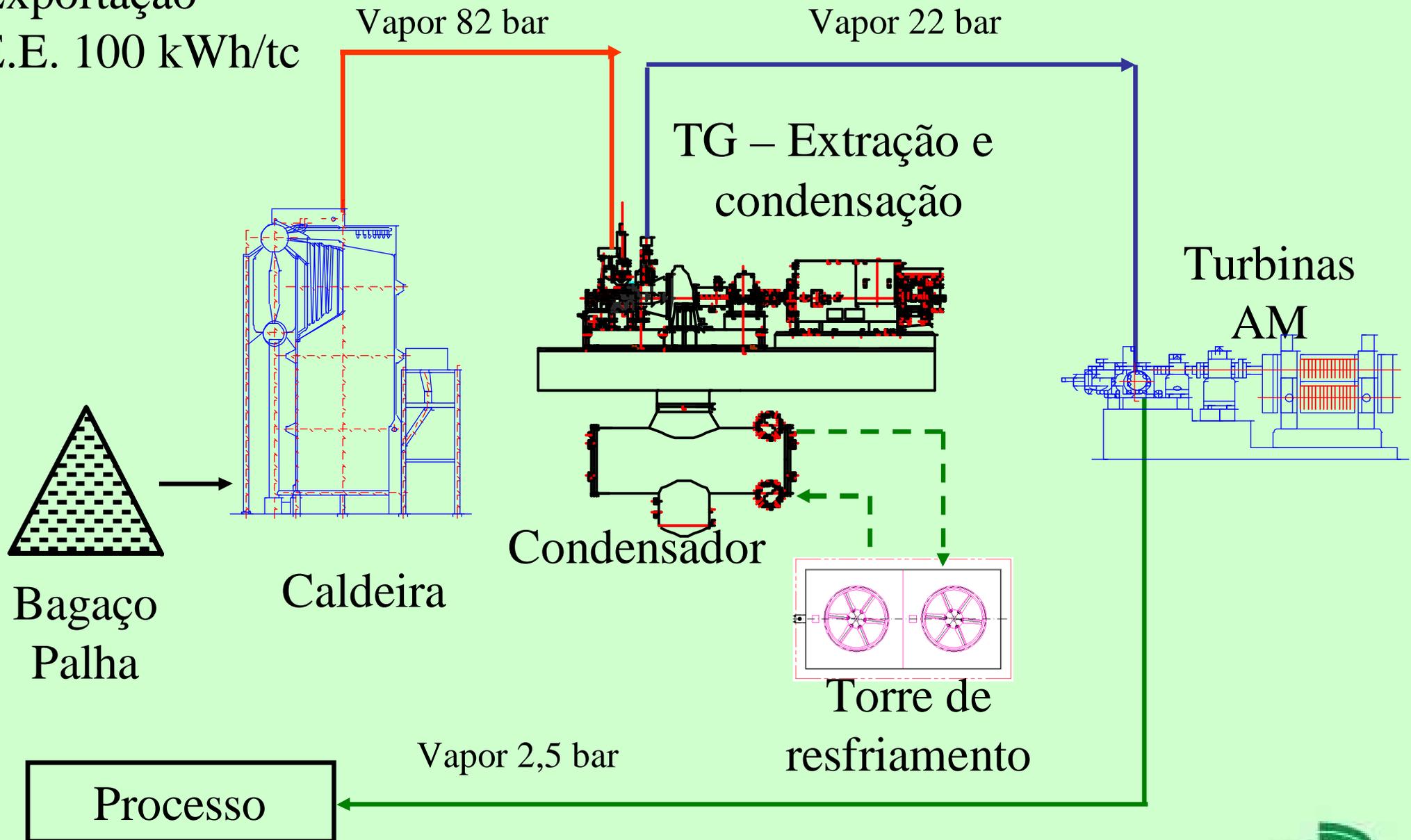
Obs.: Valores médios para as variedades plantadas no Brasil
Cana de ano e meio (média de 5 cortes)



Convencional – Condensação

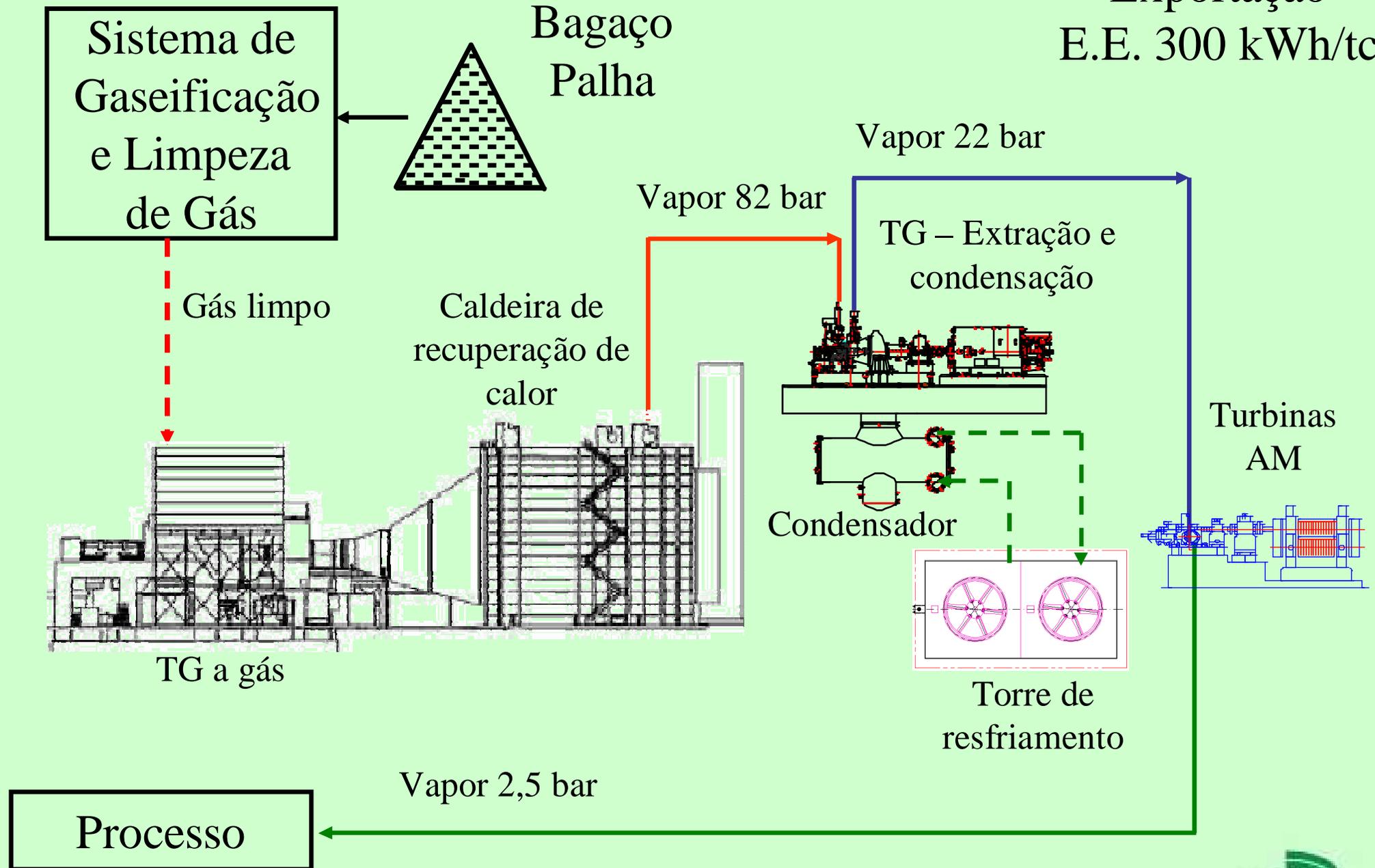
Exportação

E.E. 100 kWh/tc



BIG/GT – ano todo

Exportação
E.E. 300 kWh/tc



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 $342 \cdot 10^3$ GWh/ano (BEN 2004)
 Moagem anual de 360 milhões de toneladas de cana



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 CO₂ evitado (R\$ 15 / t CO₂)

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
- Produção de biodiesel
- Uso do biogás
- Uso do gás natural
- Outros produtos



Obrigado !

lamonica@ctc.com.br

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

