



# AUTOTERM

A TECNOLOGIA DA TERMODINÂMICA

## PCI (Poder Calorífico Inferior) dos biocombustíveis

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI (Kcal/kg)	Combustível	PCI (Kcal/kg)
Poda de cajueiro	2500	C. de babaçu	5000
C.C.C.	4300	C. de arroz	4000
L.C.C.	9000	Bag.de cana	1800
C. de coco	4000	Briq. Oiticica	5000

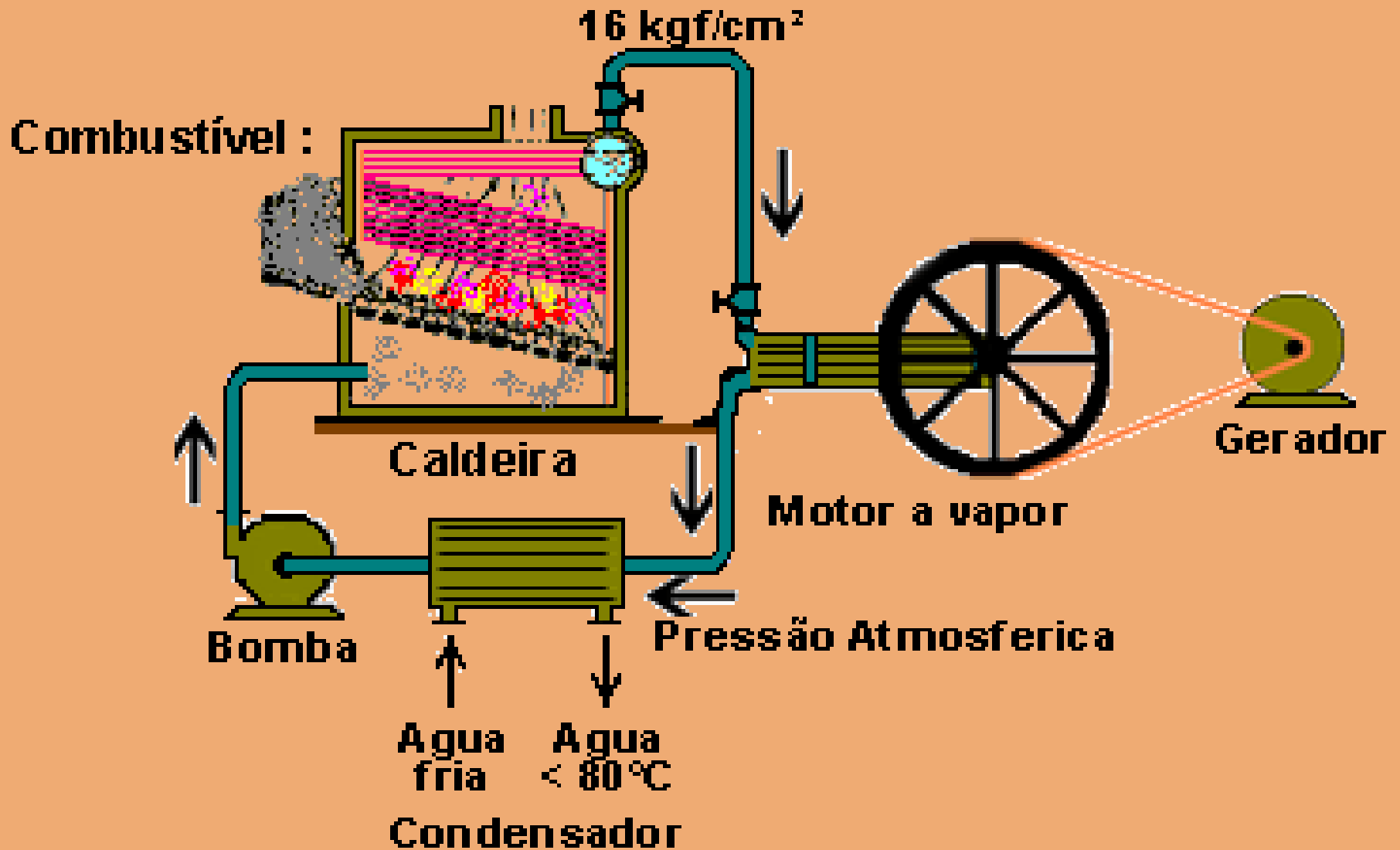
COMBUSTÍVEL GASOSO	PCI (Kcal/m <sup>3</sup> )
GN	8800
Biogás	~ 5500

## COMPARAÇÕES REAIS ENTRE OS COMBUSTÍVEIS (27/09/2011)

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	V. MERCADO R\$/kg	VALOR da Kcal R\$ x 10 <sup>-5</sup>	Relatividade com o GLP	Relatividade com o GN
<b>Poda in-natura</b>	2500	0,0650	2,6000	0,13	0,23
<b>Poda picotada</b>	2500	0,1300	5,2000	0,27	0,45
<b>CCC</b>	4300	0,3000	6,9767	0,36	0,61
<b>CCC</b>	4300	0,4000	9,3023	0,48	0,81
<b>CCC</b>	4300	0,8000	18,6047	0,95	1,62
<b>LCC</b>	9000	0,1800	2,0000	0,10	0,17
<b>Bag. de cana</b>	1800	0,0400	2,2222	0,09	0,19
<b>GLP (R=360 km)</b>	11000	2,6900	24,4545	1,00	1,70

COMBUSTÍVEL GASOSO	PCI Kcal/m <sup>3</sup>	V. MERCADO R\$/m <sup>3</sup>	VALOR da Kcal R\$ x 10 <sup>-5</sup>	Relatividade	
				com o GLP	com o GN
<b>GN</b>	8800	1,265	14,3750	0,59	1,00

# ESQUEMA DE PRINCÍPIO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM MOTOR A VAPOR



# MOTOR A VAPOR



## MOTOR A VAPOR INSTALADO



## ANÁLISE PARA QUEM COMPRA

**SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 16,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) ⇒ 12.000 Kg/h de vapor saturado seco.  
(Com motor a vapor)**

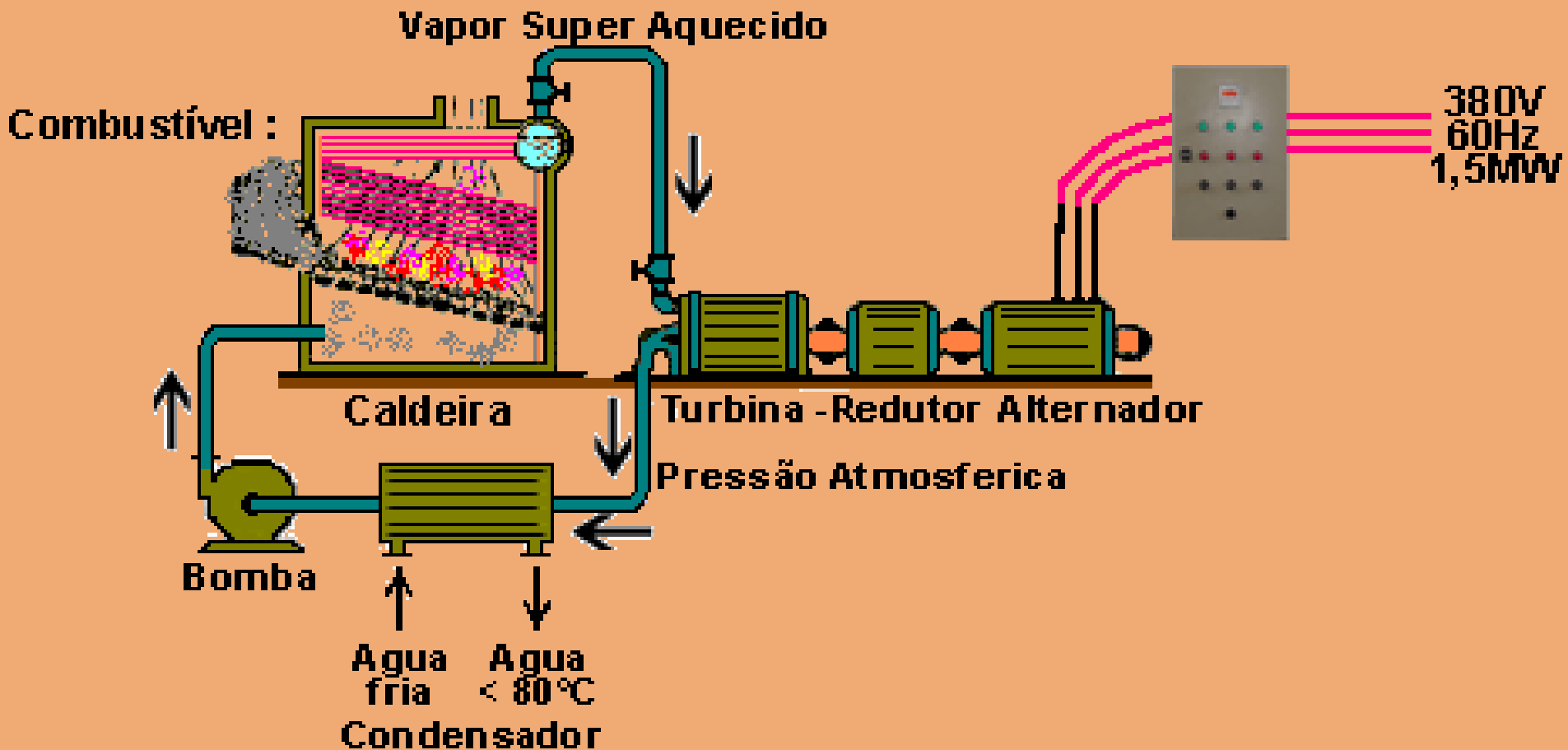
COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	3.546,16	0,0650	230,5004	150,00
Poda picotada	2500	3.546,16	0,1300	461,0010	
CCC	4300	2.061,72	0,3000	618,5166	
CCC	4300	2.061,72	0,4000	824,6888	
LCC	9000	985,04	0,1800	177,3081	

## ANÁLISE PARA QUEM PRODUZ

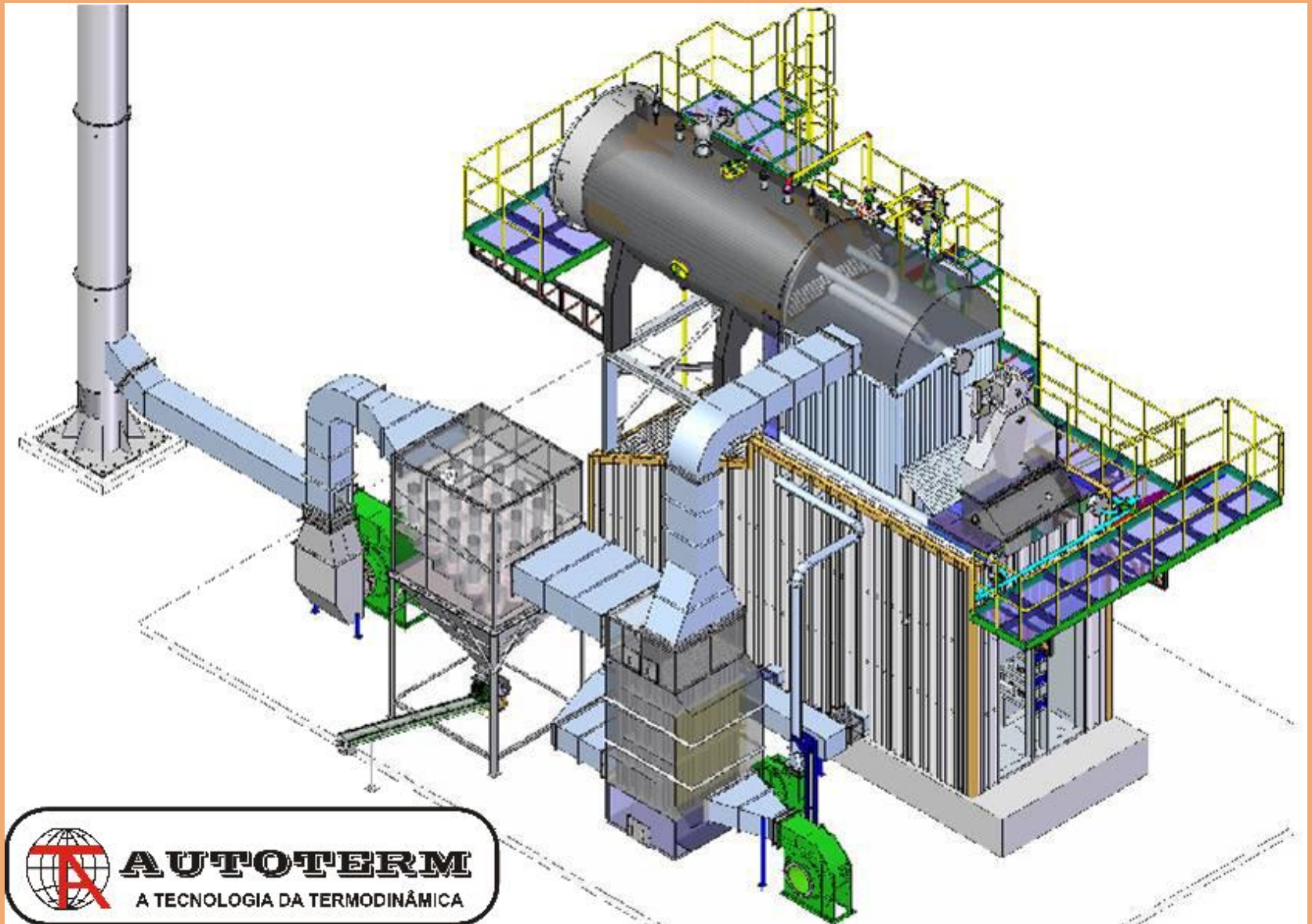
**SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 16,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) ⇒ 12.000 Kg/h de vapor saturado seco.  
(Com motor a vapor)**

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	3.546,16	0,0330	117,0233	150,00
Poda picotada	2500	3.546,16	0,0650	230,5005	
CCC	4300	2.061,72	0,0400	82,4689	
LCC	9000	985,04	0,0400	39,4018	
Bag. de cana	1800	4.925,22	0,0400	197,0090	

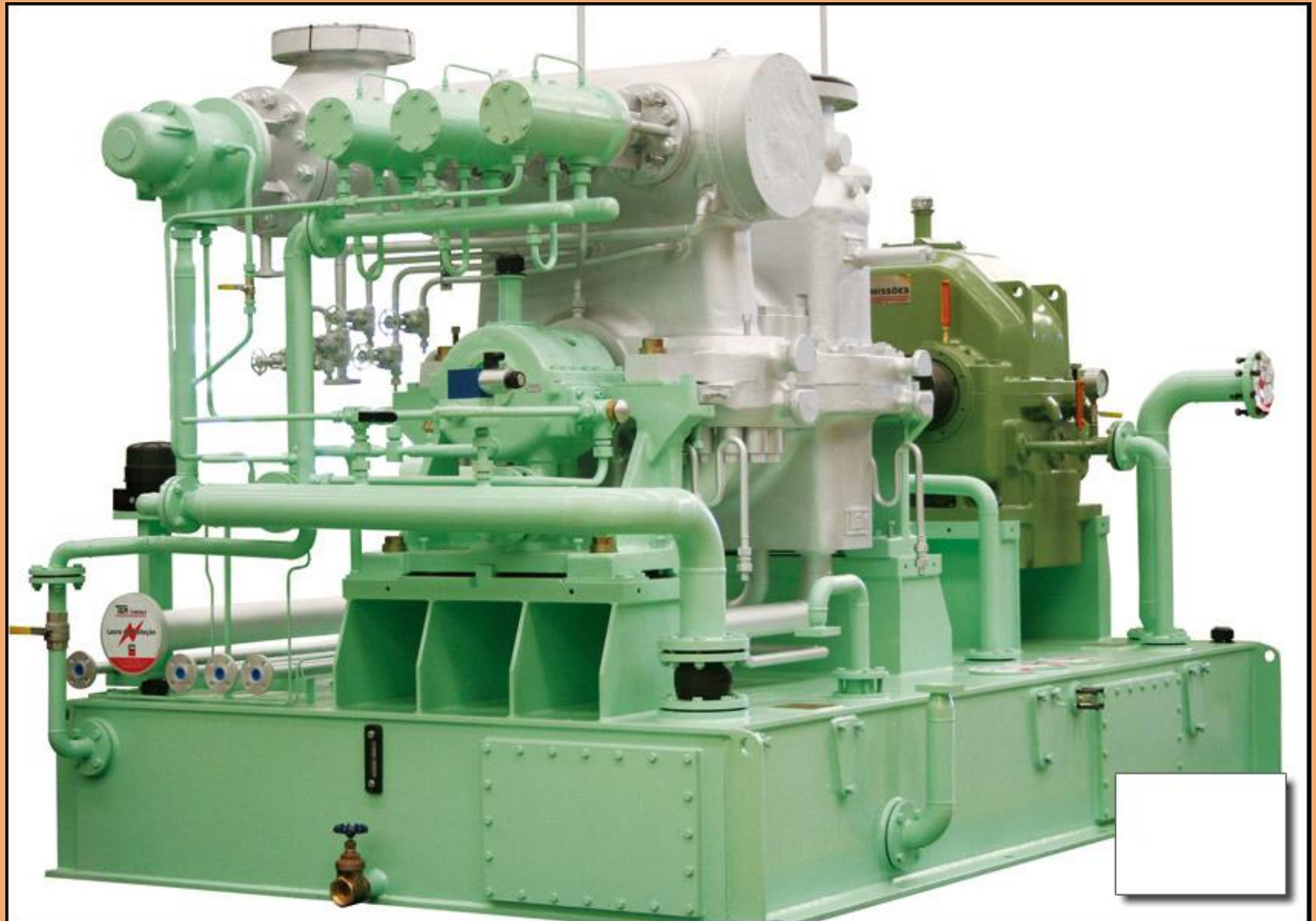
# ESQUEMA DE PRINCIPIO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM TURBINA



# CALDEIRA AUTOTERM DE VAPOR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



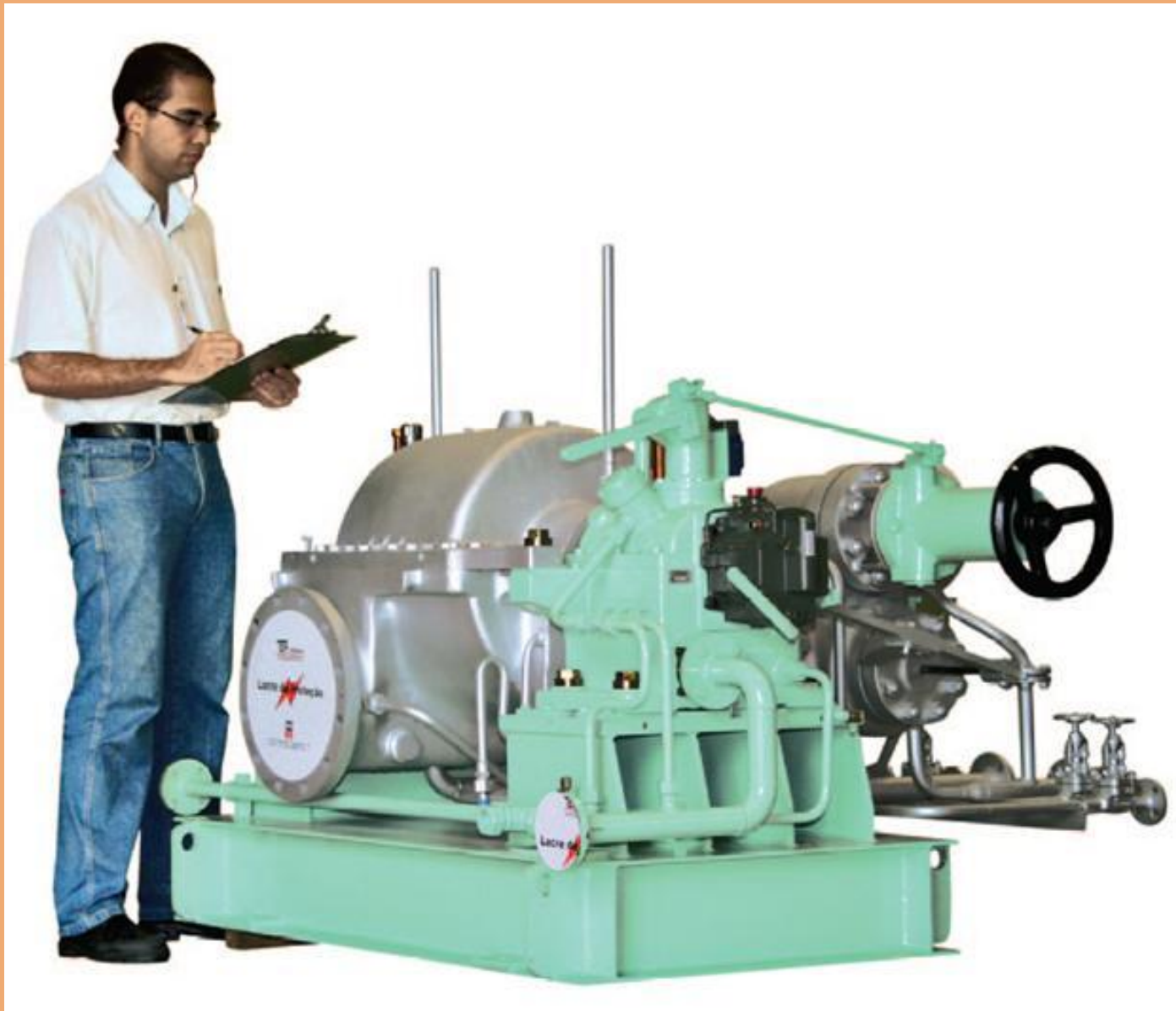
# TURBINA DE VAPOR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



# TURBINA DE VAPOR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



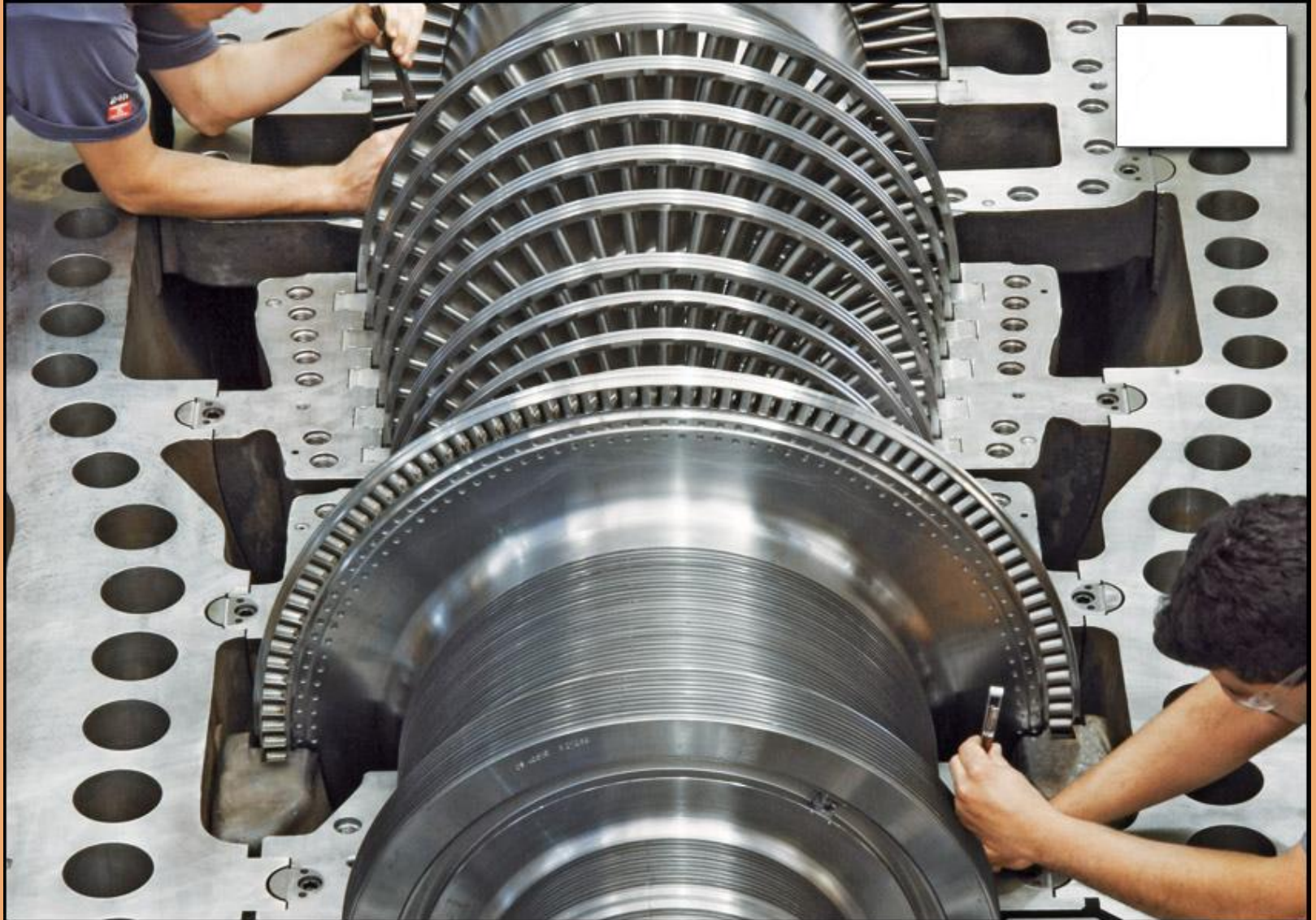
# TURBINA DE VAPOR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



## PEÇAS INTERNAS DA TURBINA DE VAPOR



## PEÇAS INTERNAS DA TURBINA DE VAPOR



## GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA



## ANÁLISE PARA QUEM COMPRA

**SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 21,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 9.200 Kg/h de vapor S.A. (400 °C)  
(Com turbina de condensação)**

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	2.866,68	0,065	186,3342	150,00
Poda picotada	2500	2.866,68	0,1300	372,6687	
CCC	4300	1.666,68	0,3000	500,0027	
CCC	4300	1.666,68	0,4000	666,6703	
LCC	9000	796,30	0,1800	143,3341	

## ANÁLISE PARA QUEM PRODUZ

**SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 21,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 9.200 Kg/h de vapor S.A. (400 °C)  
(Com turbina de condensação)**

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	2.866,68	0,033	94,6005	150,00
Poda picotada	2500	2.866,68	0,0650	186,3342	
CCC	4300	1.666,68	0,0400	66,6672	
LCC	9000	796,30	0,0400	31,8520	
Bag. de cana	1800	3.981,50	0,0400	159,2601	

## ANÁLISE PARA QUEM COMPRA

**SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 42,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 8.200 Kg/h de vapor S.A. (400 °C)  
(Com turbina de condensação)**

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
<b>Poda in-natura</b>	2500	2.473,40	0,0650	23,7366	150,00
<b>Poda picotada</b>	2500	2.473,40	0,1300	321,5420	
<b>CCC</b>	4300	1.438,02	0,3000	431,4069	
<b>CCC</b>	4300	1.438,02	0,4000	575,2092	
<b>LCC</b>	9000	687,06	0,1800	123,6700	

## ANÁLISE PARA QUEM PRODUZ

**SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 42,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 8.200 Kg/h de vapor S.A. (400 °C)  
(Com turbina de condensação)**

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
<b>Poda in-natura</b>	2500	2.473,40	0,033	81,6222	150,00
<b>Poda picotada</b>	2500	2.473,40	0,0650	160,771	
<b>CCC</b>	4300	1.438,02	0,0400	57,5208	
<b>LCC</b>	9000	687,06	0,0400	27,4824	
<b>Bag. de cana</b>	1800	3.435,28	0,0400	137,4112	

## ANÁLISE PARA QUEM COMPRA

SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 120,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 530 °C ⇒ 6.000 Kg/h de vapor S.A.  
(ΔT=206 °C) (Com turbina de condensação)

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	1.750,57	0,0665	116,4128	150,00
Poda picotada	2500	1.750,57	0,1300	227,5739	
CCC	4300	1.017,77	0,3000	305,3317	
CCC	4300	1.017,77	0,4000	407,1089	
LCC	9000	486,27	0,1800	87,5284	

## ANÁLISE PARA QUEM PRODUZ

SOMENTE GERAÇÃO 1,0 MW a 120,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 530 °C ⇒ 6.000 Kg/h de vapor S.A.  
(ΔT=206 °C) (Com turbina de condensação)

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA À CONCESSIONÁRIA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	1.750,57	0,033	57,7688	150,00
Poda picotada	2500	1.750,57	0,0665	116,4128	
CCC	4300	1.017,77	0,0400	40,7109	
LCC	9000	486,27	0,0400	19,4508	
Bag. de cana	1800	2.431,34	0,0400	97,2538	

# Cogeração

## Conceitos e definições

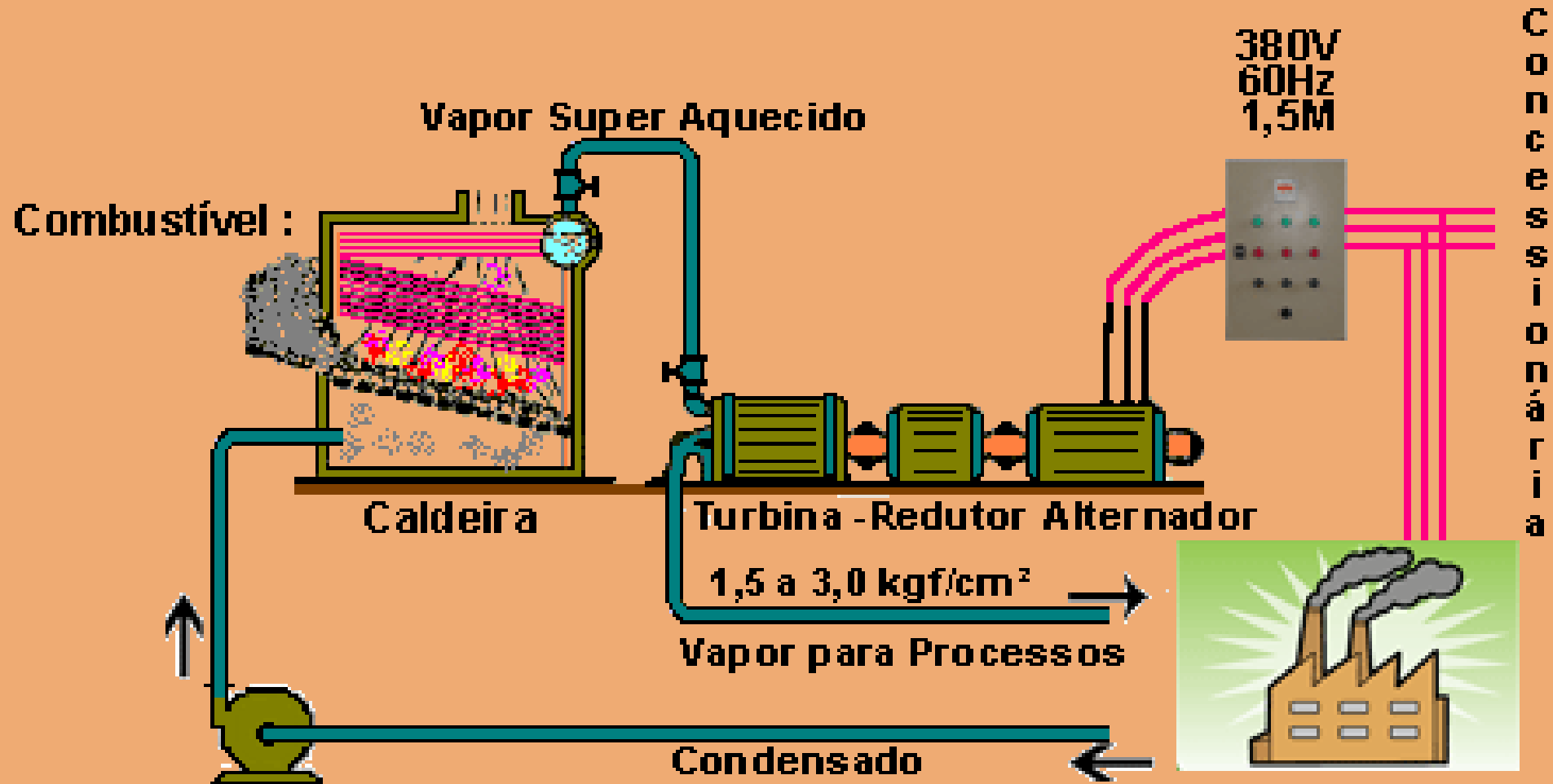
- ❑ **Cogeração (Combined Heat and Power - CHP): tecnologia de produção combinada de calor e potência, qualquer que seja o ciclo termodinâmico e qualquer que seja a fonte de energia.**
- ❑ **Tecnologia conhecida desde o fim do século XIX, mas que tem sido valorizada após os anos 1980.**
- ❑ **Tecnologia de uso eficiente de energia.**
- ❑ **Tecnologia de geração distribuída de energia elétrica, térmica e mecânica.**
- ❑ **De acordo com o decreto-lei n.º 186/95, a cogeração é definida como: *O processo de produção combinada de energia elétrica e térmica, destinando-se ambas a consumo próprio ou de terceiros, com respeito pelas condições previstas na lei.***

# Cogeração

## Aplicações da cogeração

- ❑ Nos edifícios as potências são baixas a médias (100kW – 10MW) sendo exemplos hotéis, hospitais, centros comerciais, pavilhões desportivos, piscinas, etc.
- ❑ Existe ainda o conceito de micro-cogeração a implementar a nível de residências familiares utilizando pilhas de combustível (~5kW).
- ❑ As aplicações industriais são de média escala (~5-10MW) (papel, têxteis, alimentação, madeiras) ou grande escala (10-50MW) (celulose, refinarias, química).
- ❑ A cogeração também pode usar os biocombustíveis sólidos (Lenha de reflorestamento, Lenha de poda, C.C.C, L.C.C, C. de coco, C. de babaçu, C. de arroz, Bag.de cana, Briquetes.) e gasosos (Biogás) como fontes de energia.
- ❑ Nas instalações de cogeração de maior escala utilizam-se combustíveis próprios (subprodutos) das indústrias.
- ❑ A cogeração também é considerada energia limpa, uma vez que é uma só combustão para todos os processos.

# ESQUEMA DE PRINCIPIO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM CO-GERAÇÃO



## ANÁLISE PARA QUEM COMPRA

PARA 1,0 MW a 21,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 12.100 kgv/h – COM CO-GERAÇÃO DE PROCESSO a 1,5 Kgf/cm<sup>2</sup>(M)

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO a 21 kg de comb./h	CONSUMO a 1,5 kg de comb./h	ACRÉSCIMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA-A R\$/MWh	AUTOVENDA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	4.063,55	3.207,91	855,64	0,0650	55,6166	150,00	210,00 (Na baixa)
Poda picotada	2500	4.063,55	3.207,91	855,64	0,1300	111,2332		
CCC	4300	2.362,53	1.865,06	497,46	0,3000	149,2395		
CCC	4300	2.362,53	1.865,06	497,46	0,4000	198,9860		
LCC	9000	1.128,76	891,09	237,68	0,1800	42,7820		

## ANÁLISE PARA QUEM PRODUZ

PARA 1,0 MW a 21,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 12.100 kgv/h – COM CO-GERAÇÃO DE PROCESSO a 1,5 Kgf/cm<sup>2</sup>(M)

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO a 21 kg de comb./h	CONSUMO a 1,5 kg de comb./h	ACRÉSCIMO kg de comb./h	V. MERCADO R\$/kg	Custo gera. R\$/MWh	VENDA-A R\$/MWh	AUTOVENDA R\$/MWh
Poda in-natura	2500	4.063,55	3.207,91	855,64	0,0330	28,2362	150,00	210,00 (Na baixa)
Poda picotada	2500	4.063,55	3.207,91	855,64	0,0650	55,6166		
CCC	4300	2.362,53	1.865,06	497,46	0,0400	19,8984		
LCC	9000	1.128,76	891,09	237,68	0,0400	9,5072		
Bag. de cana	1800	5.643,81	4.455,43	1.188,39	0,0400	47,5356		

## ANÁLISE PARA QUEM COMPRA

PARA 1,0 MW a 42,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 10.000 kgv/h – COM CO-GERAÇÃO DE PROCESSO a 1,5 Kgf/cm<sup>2</sup>(M)

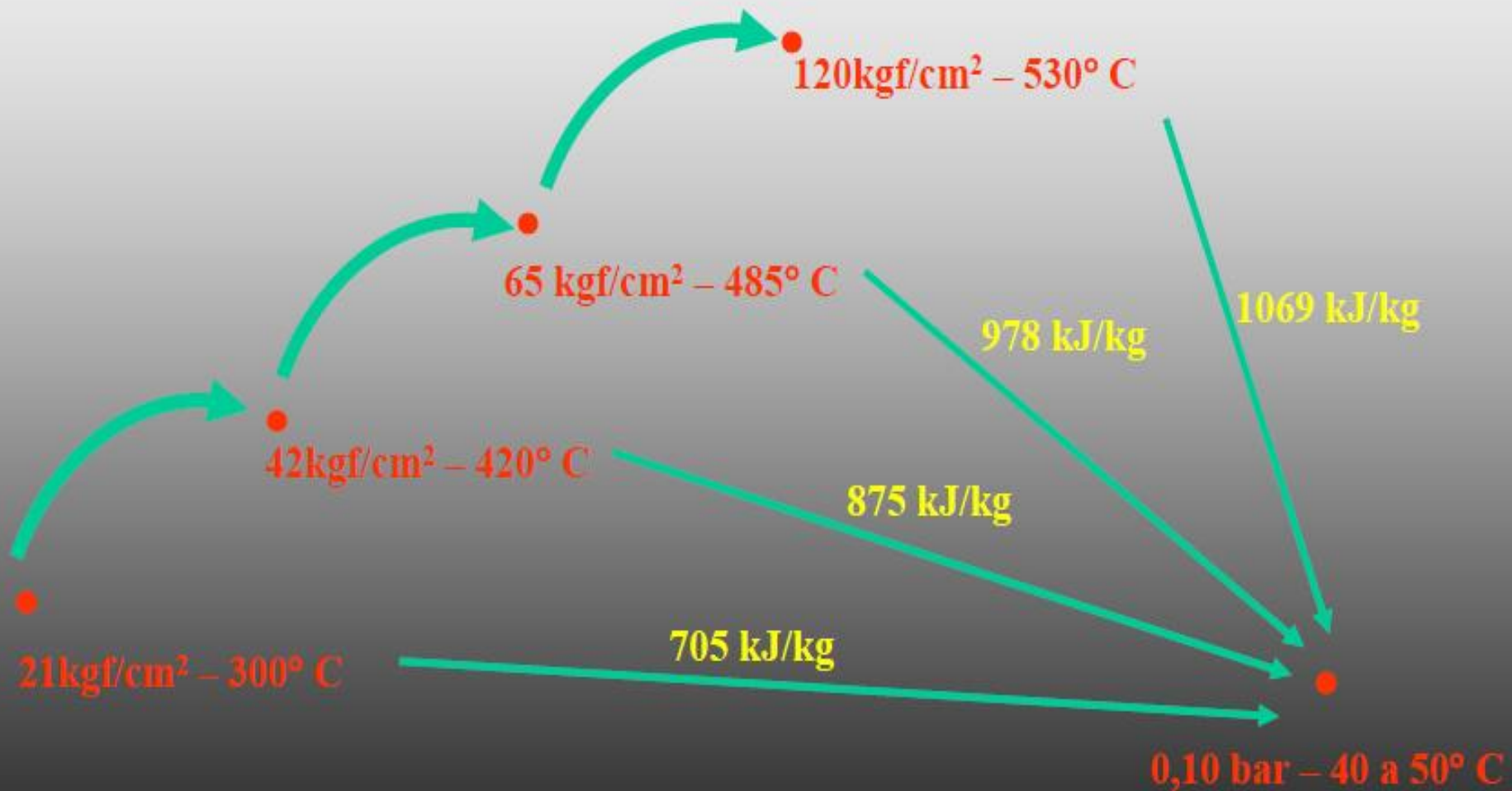
COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI	CONSUMO a 42	CONSUMO a 1,5	ACRÉSCIMO	V. MERCADO	Custo gera.	VENDA-A	AUTOVENDA
	Kcal/kg	kg de comb./h	kg de comb./h	kg de comb./h	R\$/kg	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh
Poda in-natura	2500	3.016,34	2.651,16	365,18	0,0650	23,7367	150,00	210,00 (Na baixa)
Poda picotada	2500	3.016,34	2.651,16	365,18	0,1300	47,4732		
CCC	4300	1.753,69	1.541,37	212,31	0,3000	63,6939		
CCC	4300	1.753,69	1.541,37	212,31	0,4000	84,9252		
LCC	9000	837,87	736,43	101,44	0,1800	18,2589		

## ANÁLISE PARA QUEM PRODUZ

PARA 1,0 MW a 42,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 12.100 kgv/h – COM CO-GERAÇÃO DE PROCESSO a 1,5 Kgf/cm<sup>2</sup>(M)

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI	CONSUMO a 42	CONSUMO a 1,5	ACRÉSCIMO	V. MERCADO	Custo gera.	VENDA-A	AUTOVENDA
	Kcal/kg	kg de comb./h	kg de comb./h	kg de comb./h	R\$/kg	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh
Poda in-natura	2500	3.016,34	2.651,16	365,18	0,0330	12,0509	150,00	210,00 (Na baixa)
Poda picotada	2500	3.016,34	2.651,16	365,18	0,0650	23,7367		
CCC	4300	1.753,69	1.541,37	212,31	0,0400	8,4924		
LCC	9000	837,87	736,43	101,44	0,0400	4,0576		
Bag. de cana	1800	4.189,36	3.682,17	507,19	0,0400	20,2876		

# Ganho Energético com o aumento da Pressão e Temperatura do vapor de operação de Turbinas a Vapor



# ANALISES FINANCEIRAS

**PARA CO-GERAÇÃO a 42,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 400 °C ⇒ 10.000 kgv/h . MW – COM PROCESSO a 1,5 Kgf/cm<sup>2</sup>(M)**

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO \ MWh kg de comb./M W	PRODUÇÃO ANUAL kg de comb. X 106	GERAÇÃO ANUAL MWh	V. P. CONCES. R\$	Custo da gera.a 42 bar R\$	PERDA DE FATURAM. (Som. venda à concession.)
							R\$/2011
<b>Poda picotada</b>	2500	365,18	4.500	12.322.690,18	1.848.403.527,03	292.498.767,73	1.555.904.759,30
<b>CCC</b>	4300	212,31	104,00	489.849,75	73.477.462,20	4.160.048,98	69.317.413,22
<b>LCC</b>	9000	101,44	17,42	171.727,13	25.759.069,40	696.782,83	25.062.286,57
						<b>TOTAL ⇒</b>	<b>R\$ 1.650.284.459,09</b>

**PARA SOMENTE GERAÇÃO a 120,0 kgf/cm<sup>2</sup>(M) e 530 °C ⇒ 6.000 kgv / MWh**

COMBUSTÍVEL SÓLIDO	PCI Kcal/kg	CONSUMO \ MWh kg de comb.	PRODUCAO ANUAL kg de comb. X 106	GERACAO ANUAL MWh	V. P. CONCES. R\$	Custo da gera.a 120 bar R\$	PERDA DE FATURAM. (Som. venda à concession.)
							R\$/2011
Poda in-natura	2500	1.750,57	4.500	2.570.593,68	385.589.052,56	148.500.112,40	237.088.940,16
Poda picotada	2500	1.750,57	4.500	2.570.593,68	385.589.052,56	299.250.008,39	86.339.044,17
CCC	4300	1.017,77	104,00	102.183,96	15.327.593,27	4.160.000,78	11.167.592,49
LCC	9000	486,27	17,42	35.823,79	5.373.569,04	696.801,44	4.676.767,59
						<b>TOTAL ⇒</b>	<b>R\$ 339.272.344,42</b>

## **COMÉRCIO NO CEARÁ EM 2011**

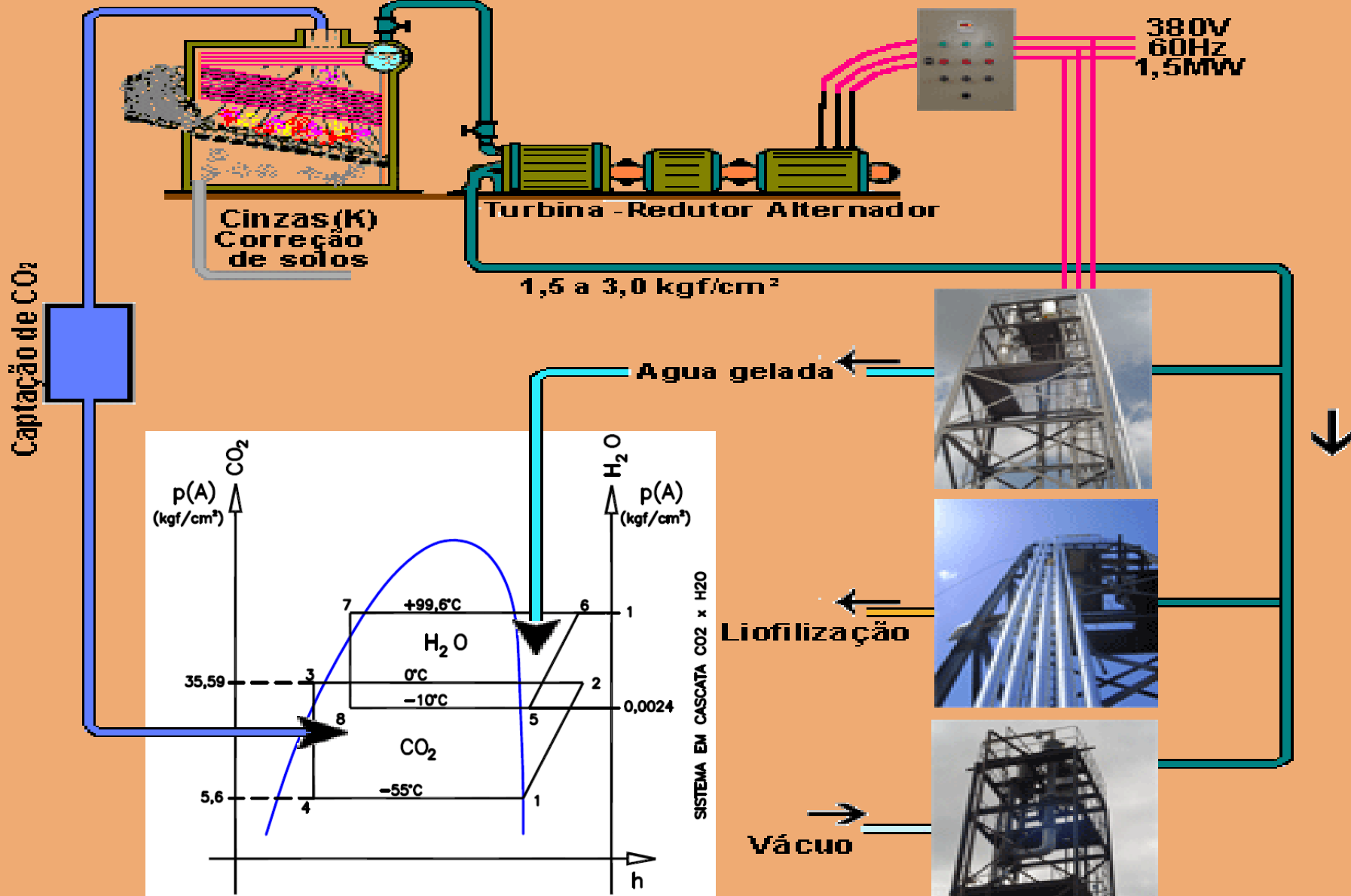
- 1) O produtor rural vende a castanha in-natura a R\$1,50/kg**
- 2) Previsão de venda de castanha do produtor rural este ano: R\$150.000.000,00**
- 3) Estima-se que o comércio da indústria venha a ser de R\$300.000.000,00**
- 4) O prod. rural hoje fatura aprox.:  $R\$0,0333/\text{kg} \times 4.500.000.000 \text{ kg} = R\$150.000.000,00$**
- 5) A ind. vende a amêndoa a R\$20,00/kg no mercado interno.**

## **VANTAGENS DA CO-GERAÇÃO**

- 1) Maior liquidez para o empreendedor**
- 2) Aumento na arrecadação do estado**
- 3) Geração de emprego para mão de obra de todas as qualificações**
- 4) Tecnologia totalmente Brasileira-Cearense**
- 5) Revitalização e evolução da indústria da castanha de cajú**
- 6) Motivação para o aumento da eficiência na indústria de castanha**
- 7) Aumento da competitividade da indústria de castanha**

# SISTEMA DE CO-GERAÇÃO AUTOTERM

Vapor Super Aquecido





**AUTOTERM**

**A TECNOLOGIA DA TERMODINÂMICA**

**Eng<sup>o</sup> Roberto Maciel Campos**

**Rua Belos Portos, 665 - Bairro Passaré**

**CEP 60.862-280 - Fortaleza - CE - Brasil**

**Fone/Fax: (085) 3295-4000 / (85) 9996-4797**

**Email: [autoterm@autoterm.com.br](mailto:autoterm@autoterm.com.br)**

**[www.autoterm.com.br](http://www.autoterm.com.br)**