COGERAÇÃO

Texto: *Celso Xavier e Sérgio Costa* *

as várias alternativas

A consciencialização ecológica crescente e a certeza de que as reservas de energia primária de origem fóssil são limitadas, bem como a necessidade de diminuir os custos de produção como forma de aumento da competitividade empresarial, levou ao crescente aparecimento de centrais de cogeração.

TENDO COMO objectivo a **redução da dependência externa de energia primária e as emissões gasosas para a atmosfera,** a cogeração tem vindo a ser promovida pelos vários organismos Nacionais e Europeus.

Trata-se de uma tecnologia já amplamente divulgada no resto da Europa e no nosso país ao nível das centrais com turbinas a vapor, mais recentemente ao nível das centrais com motores Diesel funcionando com fuelóleo e, com a chegada do gás natural, realizaram-se já várias centrais com motores e com turbinas a gás.

O que é a cogeração?

COGERAÇÃO é a produção combinada de calor e electricidade, utilizando uma fonte de energia primária. Complementarmente a partir do calor poderá ainda produzir-se frio, por absorção, passando o processo a designar-se de trigeração.

O calor libertado no motor ou turbina, será recuperado com a utilização de permutadores de calor e utilizado em vários processos de aquecimento.

Tipos de cogeração

OS PROCESSOS de cogeração podem ser classificados, de acordo com a ordem em que a energia térmica e eléctrica é produzida e consumida.

É todavia mais comum a classificação tendo em conta os equipamentos usados para produzir as duas formas de energia. Assim, temos as seguintes formas de cogeração:

1. Turbinas a gás;
2. Turbinas a vapor;
3. Motores alternativos;
4. Ciclo combinado.

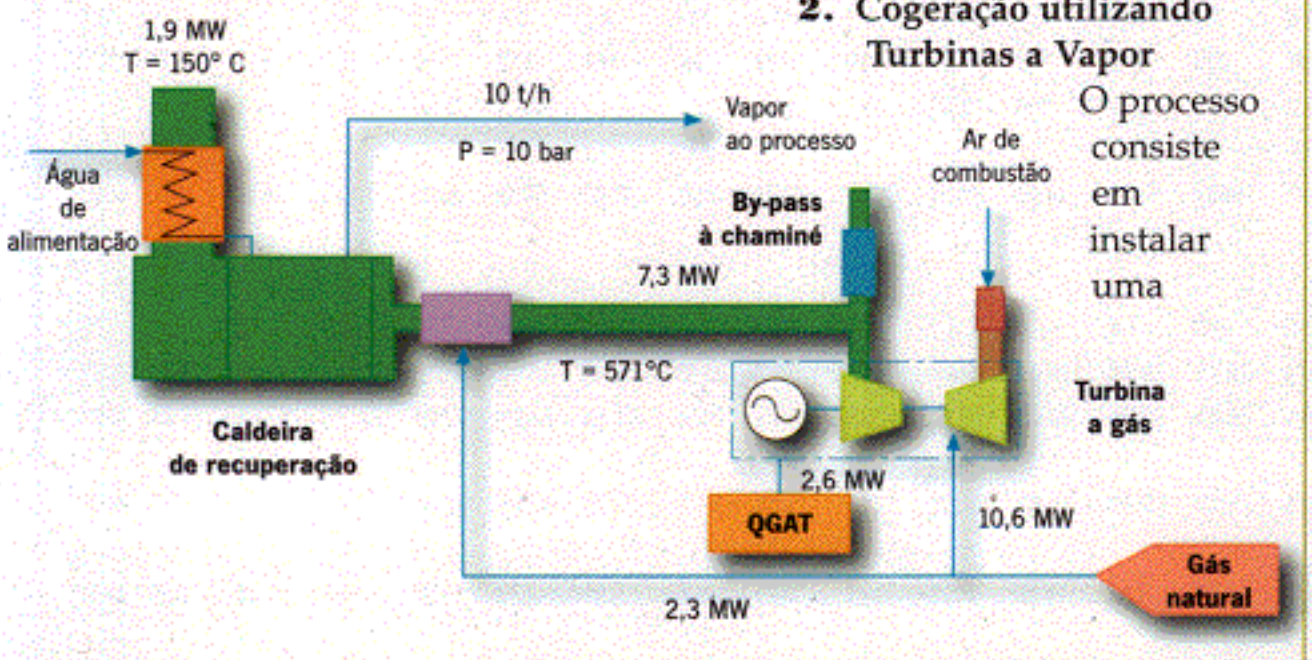
1. Cogeração utilizando Turbinas a Gás

Neste processo o combustível é queimado numa câmara de combustão. Os gases produzidos são introduzidos numa turbina, onde a sua energia é convertida em energia mecânica que, através de um alternador, produz energia eléctrica.

A energia residual produzida sob a forma de gases a alta temperatura pode ser utilizada para cobrir, total ou parcialmente, as necessidades térmicas do processo produtivo. Esta energia pode ser usada directamente ou através de uma caldeira de recuperação.

COGERAÇÃO CICLO OTTO

CENTRAL DE COGERAÇÃO COM TURBINA A GÁS (Figura 1)



2. Cogeração utilizando Turbinas a Vapor

O processo consiste em instalar uma caldeira de alta pressão para produzir vapor que posteriormente será turbinado e enviado a baixa pressão ao processo produtivo (sob a forma de vapor ou de água quente). Desta forma consegue-se produzir energia eléctrica por contrapressão a um preço marginal.

A energia mecânica é convertida em electricidade utilizando um alternador.

Trata-se de um processo adequado a consumidores médios (a partir de 8 a 10 t/h) e grandes de energia a temperaturas moderadas (normalmente abaixo de 150 °C), com utilizações médias anuais superiores a 5 000 horas.

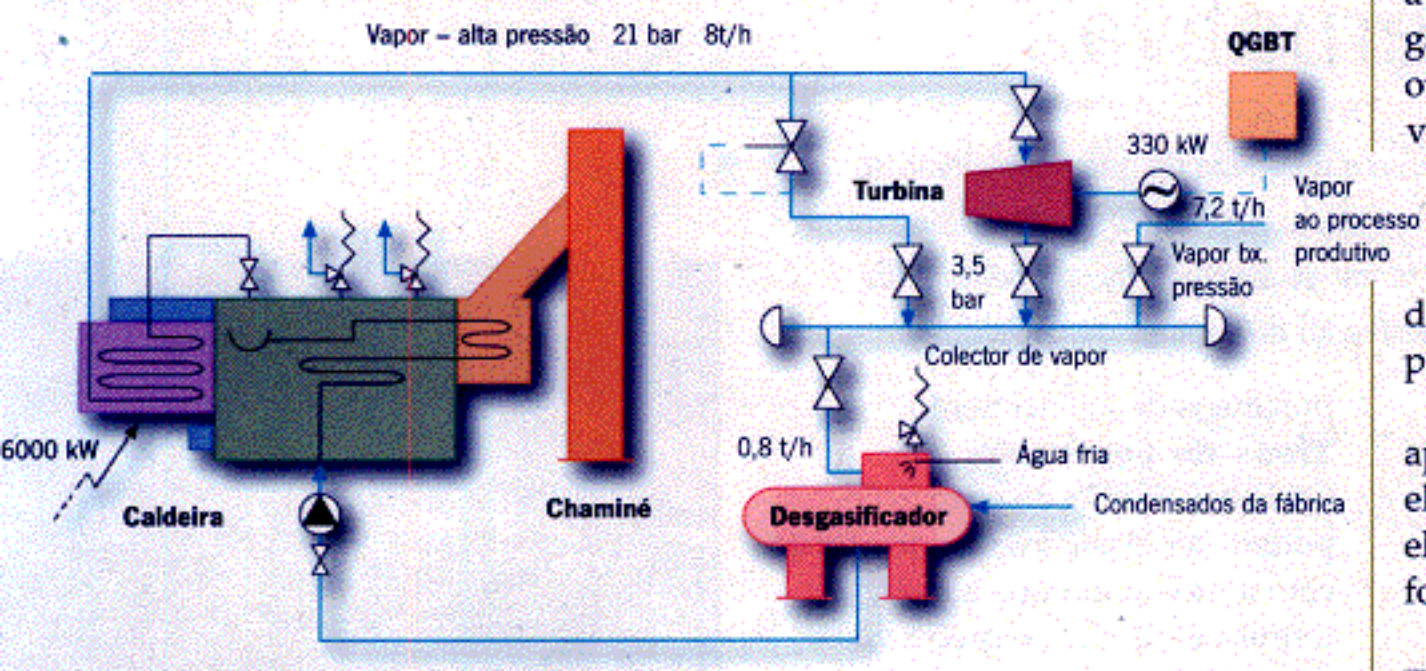
Nos casos em que o combustível é um desperdício (biogás, resíduos sólidos, cascas, licores, etc.), poderá e deverá ainda ser analisada a alternativa de produzir energia eléctrica, mesmo que seja necessário completar o ciclo com um andar de condensação.

3. Cogeração utilizando Motores Alternativos

Quer funcionando segundo o ciclo Diesel, quer funcionando segundo o ciclo Otto, os motores alternativos são também muito utilizados para cogeração.

Neste caso, utiliza-se um gerador acoplado a um motor térmico para a produção de electricidade. A energia térmica é

COGERAÇÃO EM CONTRA PRESSÃO (Figura 2)



Características das turbinas a gás e dos motores alternativos (Quadro 1)

	Turbinas a gás	Motores alternativos
Eléctrica	Rendimento eléctrico 28 – 35 %	Rendimento eléctrico 35 – 44 %
Calor	Calor sob a forma de gases de escape Mais elevada temp. gases (450-500°C) Melhor aplicabilidade para relações calor/electricidade elevadas	Calor sob a forma de gases de escape e água quente Mais baixa temp. gases (300-450°C) Melhor aplicabilidade para relações calor/electricidade baixas
Carga parcial	Maior perda de eficiência a carga parcial	Menor perda de eficiência a carga parcial
Manutenção	Menos paragens manutenção	Mais paragens manutenção
	Boa adaptação em processos contínuos	Boa adaptação em processos com paragens frequentes
Combustíveis	Menos combustíveis aptos	Maior flexibilidade para a utilização de diferentes combustíveis

recuperada a partir dos gases de escape para a produção de vapor, bem como a partir dos circuitos de refrigeração do motor para produção de água quente a 85-90°C.

De referir ainda que em certos processos (p. ex. secagem) é possível utilizar directamente os gases de escape do motor.

4. Cogeração em Ciclo Combinado

Este processo consiste na utilização conjunta de uma turbina a gás ou motor e uma turbina a vapor para a produção de energia eléctrica. Os gases de escape da turbina a gás ou motor são usados para produzir vapor a alta pressão numa caldeira de recuperação com ou sem pós-combustão, que irá alimentar a turbina a vapor. O vapor à saída da turbina vai (a baixa pressão) para o processo produtivo.

Os ciclos combinados são apropriados em processos com elevado consumo de energia eléctrica e energia térmica sob a forma de vapor a baixa pressão.

Turbina versus motor

AS PRINCIPAIS diferenças entre os motores e as turbinas a gás são:

- **Características** físicas dos equipamentos com toda a sua influência no "lay-out" das instalações;
- **Eficiência** eléctrica;
- **Combustíveis** utilizáveis;
- **Manutenção** requerida.

No quadro 1 estão sumariadas as principais características de cada equipamento.

Vantagens da cogeração

AS VANTAGENS da cogeração podem ser vistas segundo duas perspectivas:

- Ao nível **nacional**;
- Ao nível do **cogerador**.

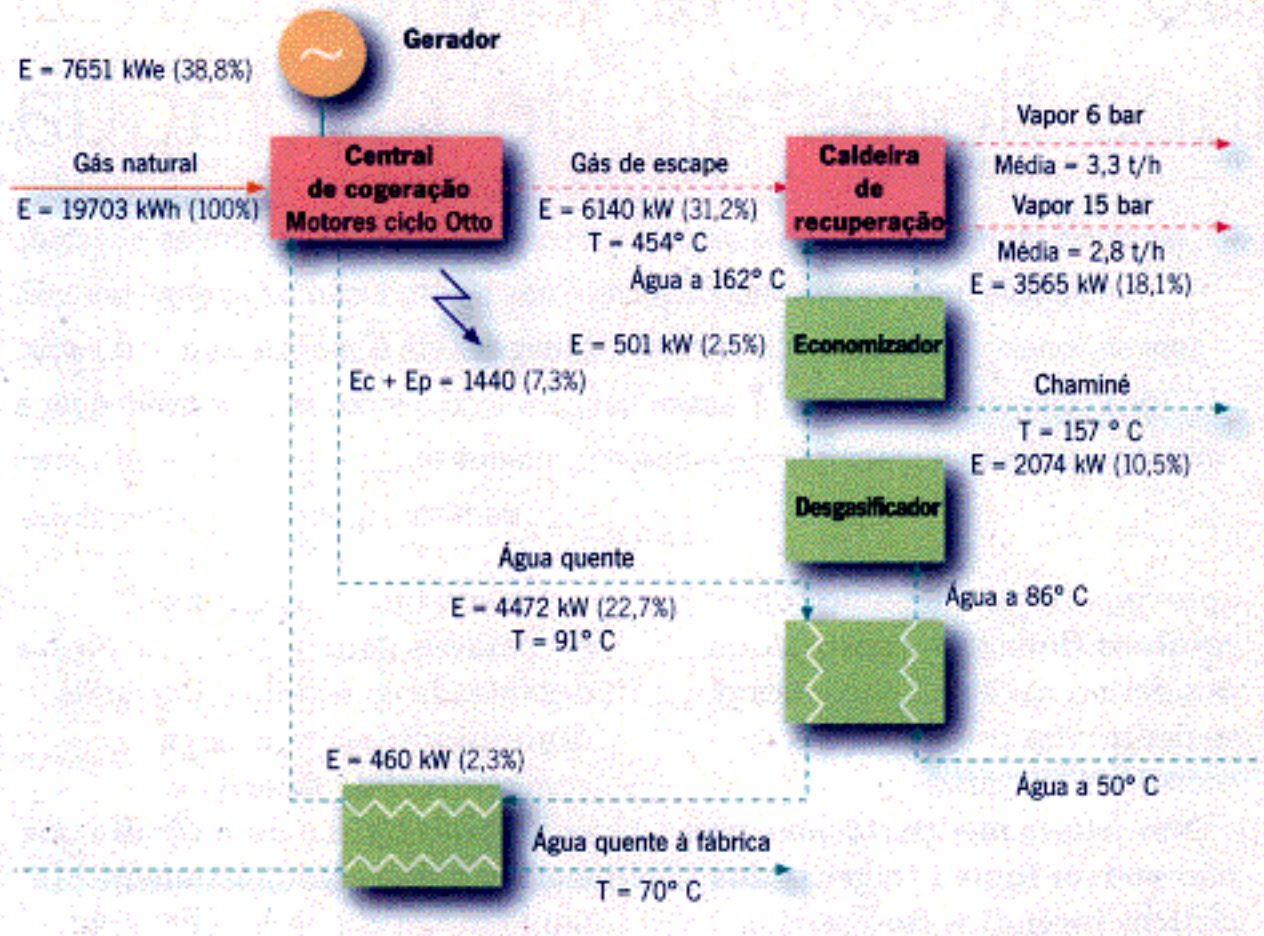
A nível nacional as vantagens foram já apresentadas, entretanto ao nível do empresário destacamos os seguintes aspectos:

- **O preço** do kWh produzido por

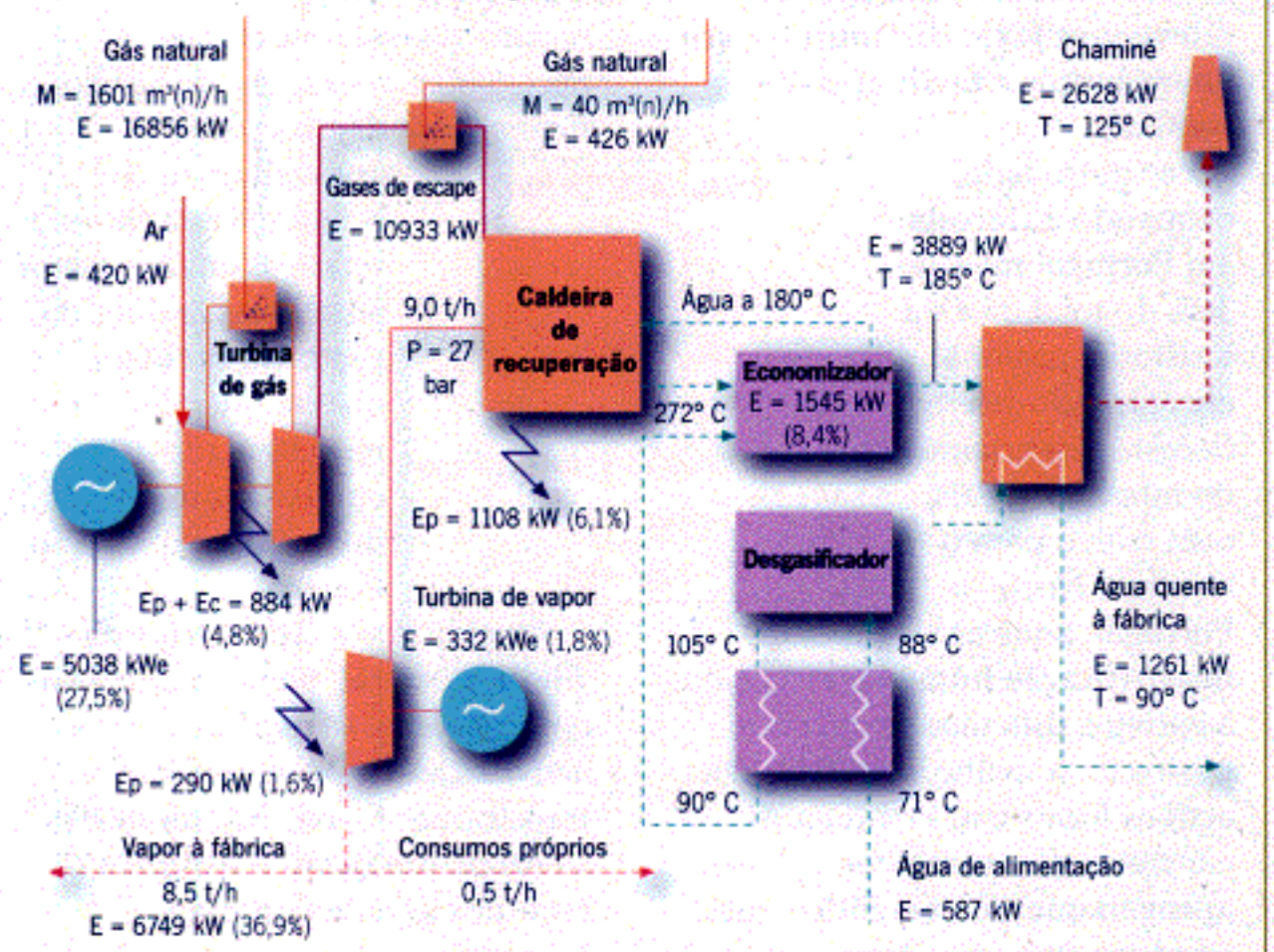
Análise económica comparativa – casos retidos (Quadro 2)

		Até 2Mwe					2 a 3 Mwe				3 a 5 Mwe						Mais 5 MWe	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Motor Gás	Motor Gás	Motor Gás	Motor Gás	Turb. Gás	Turb. Gás	Motor Gás	Motor Gás	Motor Gás	Motor Diesel	Motor Diesel	Motor Gás	Cic. c. Gás	Cic. c. Gás	Motor Gás	Motor Diesel	Motor Diesel
Nº Unidades		1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	3	1	2
Potência	MWe	0.9	0.9	1.9	1.9	2.6	2.6	3.4	3.9	4.3	4.6	4.3	5.6	5.5	5.6	5.8	5.6	8.4
Investimento	Contos/KWe	140	137	141	105	143	143	128	119	127	187	161	137	152	131	111	154	142
Combustível	Contos/1000 Nm³	27.1	25.7	26.2	27.1	25.9	25.9	25.9	27.1	25.1			26.3	26.1	25.7	27.1		
	Contos/t										21.7	27.1					19.2	18.8
Regime de trabalho	h/ano	5860	4813	5885	5647	5120	5425	7724	7661	6875	7580	7580	6838	8293	8108	7661	7580	6021
Conclusões																		
Retorno simples s/subsídio	anos	4.5	4.5	4.6	4.0	4.6	4.4	3.7	3.9	3.8	4.3	4.3	4.5	4.9	4.6	3.8	3.5	3.2
Tir-preços fixos	%	16.1%	15.7%	13.9%	16.1%	18.3%	16.0%	15.2%	15.5%	16.9%	13.0%	16.9%	14.1%	17.1%	19.7%	16.4%	22.2%	25.3%
Tir-capitais próprios	%	26.4%	22.0%	20.8%	26.6%	30.9%	25.6%	24.1%	24.9%	28.6%	15.9%	22.3%	22.2%	27.7%	23.3%	27.3%	39.8%	47.1%
Energia eléctrica vendida/produzida	%	50.8%	25.5%	47.2%	75.8%	50.2%	39.6%	69.9%	57.9%	75.3%	97.3%	87.9%	43.8%	32.3%	5.7%	50.5%	60.5%	36.0%
Energia térmica recuperada/potência	t fuel/KWe	0.44	0.30	0.29	0.21	1.12	1.05	0.50	0.45	0.26	0.37	0.31	0.33	0.90	0.82	0.40	0.16	0.41

COGERAÇÃO COM GÁS NATURAL - CICLO OTTO (Figura 3)
Ep = Energia perdida; Ec = Autoconsumos.



COGERAÇÃO COM GÁS NATURAL - CICLO COMBINADO (Figura 4)
Ep = Energia perdida; Ec = Autoconsumos.



cogeração é inferior ao comprado à rede pública nomeadamente em períodos de cheia e ponta;

- **A produção** de energia térmica a um custo marginal;
- **A possibilidade** de venda à rede pública dos excedentes de energia eléctrica;
- **Menor dependência** da rede eléctrica pública (com vantagens ao nível processual).

Entretanto o potencial de cogeração de uma empresa, depende dos seus consumos térmicos e eléctricos. Identificados estes últimos, haverá que determinar qual a tecnologia mais adequada no caso concreto.

A seguir apresenta-se um quadro resumo, de várias análises económicas efectuadas para vários tipos de equipamentos e vários escalões de potências.

Conclusões

AS PRINCIPAIS conclusões a extrair do quadro apresentado e da experiência entretanto adquirida são as seguintes:

- **As opções** de cogeração com turbinas a vapor só são possíveis para consumidores médios e estáveis de energia térmica;
- **Os grupos** de ciclo Otto têm boa rentabilidade para potências na casa de algumas centenas de KW;
- **Os grupos** Diesel não são economicamente viáveis abaixo dos 4 MWe, melhorando de rentabilidade com o aumento da potência;
- **As turbinas** a gás são dimensionadas em função das necessidades térmicas da empresa. São bastante sensíveis ao sobredimensionamento eléctrico e vêem por isso a sua rentabilidade depender totalmente do nível da eficiência térmica conseguida;
- **Poder-se-á afirmar**, em sentido figurado que, enquanto para os motores, a cogeração é prioritariamente de electricidade com um subproduto de calor, no caso das turbinas a gás acontece exactamente o contrário;
- **Em todos os casos**, a redução da energia térmica recuperada e o aumento da energia exportada para a REN (rede eléctrica nacional), conduzem a uma diminuição de rentabilidade da instalação, podendo inviabilizar o seu interesse económico;
- **Em igualdade** de potência mecânica, os motores de ciclo Otto a gás natural, têm sensivelmente mais disponibilidade térmica que os motores Diesel. Tal facto, advém da ausência de enxofre no combustível o que permite uma maior recuperação do calor dos gases de escape (permitem mesmo condensar o vapor de água dos gases – utilizando materiais especiais).

Em termos de racios económicos a reter temos os seguintes:

- **O investimento** médio ronda os 120 contos/kW para uma instalação completa;
- **Os custos** de exploração aparecem abaixo dos 8$50/kWhe;
- **Para a disponibilidade** a experiência tem demostrado um valor acima das 8.000 h/ano;
- **O tempo** de retorno dos investimentos ronda os 4 anos;
- **A rentabilidade** dos projectos é muito variável todavia para potências na casa do 1 MW instalado esta poderá rondar os 15 %.

** **Celso Xavier** e **Sérgio Costa** são colaboradores na Protermia - Projectos Térmicos Industriais e de Ambiente, Lda.*