

A decorative graphic on the left side of the page consists of overlapping circles in shades of blue and green, set against a background of light gray, curved, overlapping shapes.

# COGERAÇÃO



## ÍNDICE

<b>1. CONCEITO E BENEFÍCIOS DA COGERAÇÃO</b>	<b>PÁG. 1</b>
PRODUÇÃO SEPARADA DE ENERGIA ELÉCTRICA E TÉRMICA	2
PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA E TÉRMICA EM COGERAÇÃO	3
BENEFÍCIO AMBIENTAL DA COGERAÇÃO	6
A REALIDADE ECONÓMICA DA COGERAÇÃO	9
APLICAÇÕES	13
COGERAÇÃO NA UE E NOS EUA	14
<b>2. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO ASSOCIADO À COGERAÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>3. CÁLCULO DAS POUPANÇAS DE ENERGIA</b>	<b>18</b>
EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	20
<b>4. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE ESQUEMAS DE COGERAÇÃO</b>	<b>26</b>
CENTRAL DE COGERAÇÃO DO CARRIÇO	26
CENTRAL DE TRIGERAÇÃO DO PARQUE DAS NAÇÕES (CLIMAESPAÇO)	27
<b>5. REFERÊNCIAS</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 3</b>	<b>32</b>

The background is a solid blue color with several overlapping, semi-transparent, curved shapes in a darker shade of blue. These shapes create a sense of depth and movement, resembling stylized waves or flowing fabric. The word "COGERAÇÃO" is centered in the middle of the image.

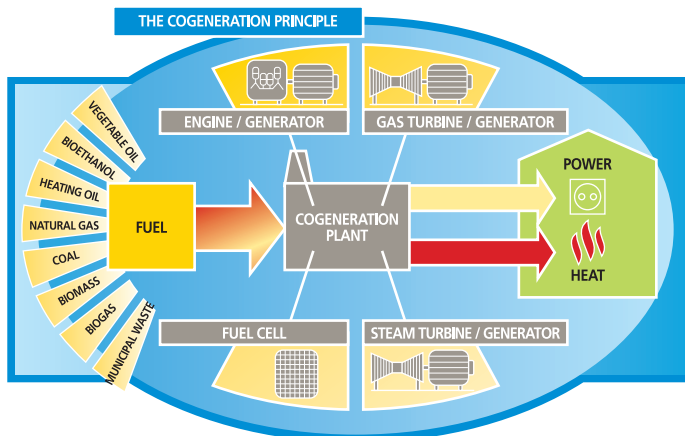
# COGERAÇÃO

## 1. CONCEITO E BENEFÍCIOS DA COGERAÇÃO

Começando pela necessidade de entender o conceito, poder-se-á dizer que a cogeração é a solução técnica disponível no mercado para produzir energia eléctrica com a melhor eficiência possível, mediante a queima de um combustível, seja ele de origem fóssil ou de natureza renovável, como é o caso da biomassa. Esta melhor eficiência resulta, apenas, do facto de se associar ao projecto de cogeração um consumidor que possa utilizar a energia térmica proveniente da combustão que não é transformada em electricidade.

Aqui chegados, convém realçar que esta energia térmica só não é também aproveitada nas grandes centrais convencionais que queimam combustíveis, porque é praticamente impossível encontrar consumidores que absorvam essas quantidades enormes de energia térmica aí desaproveitadas e que esta, por sua vez, não pode ser transportada para locais relativamente afastados do ponto em que é produzida.

Com base no que aqui é referido, é fácil de entender que as centrais de cogeração, para terem a melhor eficiência possível, deverão ser dimensionadas para a potência que permita fazer o melhor ajustamento entre a energia térmica gerada na combustão que não é transformada em electricidade e a quantidade que é possível ser consumida por um qualquer utilizador que esteja suficientemente próximo. É por esta lógica que a cogeração implica, normalmente, a instalação de centrais de pequena e média potência e configura um sistema descentralizado de produção de energia eléctrica.



*FIG.1 Conceito de cogeração (fonte: Cogen Europe)*

Em termos ambientais é também fácil compreender que o aproveitamento do calor útil recuperado durante um processo de cogeração evita que se consuma adicionalmente um combustível para produzir essa mesma

energia térmica, pelo que se reduzem as emissões de gases com efeito de estufa associados à produção das duas formas de energia útil em causa – electricidade e calor. A cogeração tem assim um impacto relevante na mitigação da emissão de gases com efeito de estufa, sendo a forma menos poluente de produzir, simultaneamente, energia eléctrica e térmica a partir de uma mesma fonte de energia primária de origem fóssil.

Em termos económicos a melhor eficiência da conversão energética traduz-se em menores consumos que criam, em consequência, condições para a redução dos custos associados à utilização de fontes de energia primária, seja ela de origem fóssil, renovável, resultante de aproveitamento de resíduos ou de combustíveis obtidos por outro tipo de transformação energética (e.g. hidrogénio).

Pretende-se ilustrar de uma forma simples os aspectos acima relevados o que permitirá ao leitor interiorizar as vantagens da aplicação de unidades de cogeração.

## PRODUÇÃO SEPARADA DE ENERGIA ELÉCTRICA E TÉRMICA

De forma a quantificar a vantagem de um esquema de cogeração em relação a uma produção separada de energia eléctrica e térmica é interessante ter em conta as seguintes realidades:

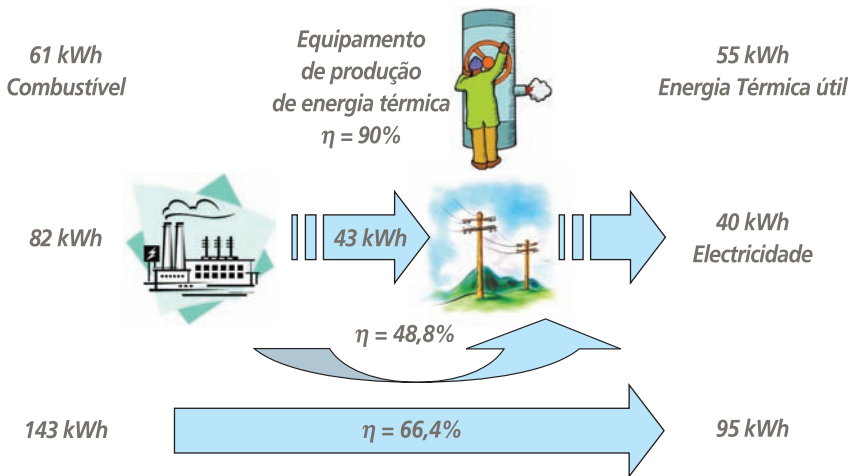
- A produção de energia eléctrica em centrais de ciclo combinado que utilizam um ciclo com turbina de gás (ciclo de *Joule-Brayton*) e um ciclo com turbina de vapor (ciclo de *Rankine*) realiza-se, actualmente, com um rendimento típico da ordem dos 55%, sendo possível considerar como realista o valor de 52,5% no parque electroprodutor nacional deste tipo de centrais;
- Se a produção de electricidade se fizer em centrais convencionais em ciclo simples, tal como ainda acontece em parte do parque electroprodutor nacional, os rendimentos de conversão são substancialmente mais baixos do que aqueles referidos anteriormente, chegando a valores que podem variar entre 25% e 35%, em função do combustível utilizado;
- A produção de energia térmica com recurso à produção de vapor, água quente ou outro fluido que promova o transporte de calor utiliza geradores de vapor, água quente ou outros com um rendimento térmico da ordem dos 85 – 93%.

Ressalta destas realidades que a conversão de energia primária do combustível em energia final se faz de forma muito mais eficiente quando se pretende, apenas, obter energia térmica do que no caso em que o objectivo é a produção de energia eléctrica. Neste último caso existe uma rejeição importante de calor para a fonte fria (atmosfera, água de um rio ou mar) em centrais termoeléctricas, nunca inferior a 45 – 47,5%. Saliente-se que o rendimento médio do parque electroprodutor (térmico) nacional ronda os 40% o que significa que se desperdiça, aproximadamente 60%, da energia contida no combustível (e.g. carvão, gás natural, biomassa).

## 2. COGERAÇÃO

Face ao exposto é fácil concluir que a cogeração pode fornecer um contributo muito válido em termos de balanço energético nacional quando o objectivo é a geração de energia eléctrica, uma vez que a pode produzir com rendimentos superiores aos anteriormente referidos para as soluções convencionais, fruto do aproveitamento da energia térmica recuperada em processos de aquecimento ou arrefecimento.

Em termos exclusivos de produção de energia térmica os equipamentos existentes (geradores de calor / caldeiras) fazem-no com um alto rendimento, pelo que a instalação de uma cogeração não pode, obviamente, ser justificada com o argumento de se estar a melhorar a eficiência da produção de calor útil. A Figura 2 ilustra o balanço energético numa situação de produção separada de energia eléctrica e térmica utilizando equipamentos convencionais.



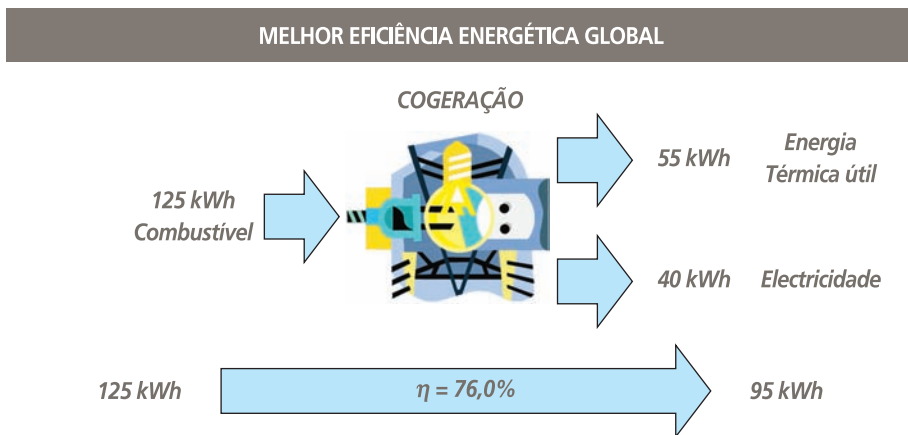
**FIG.2 Produção separada de energia eléctrica e térmica** (fonte: Cogen Portugal)

No exemplo ilustrado assume-se que as perdas na rede de transporte e distribuição são da ordem dos 7,5%.

### PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA E TÉRMICA EM COGERAÇÃO

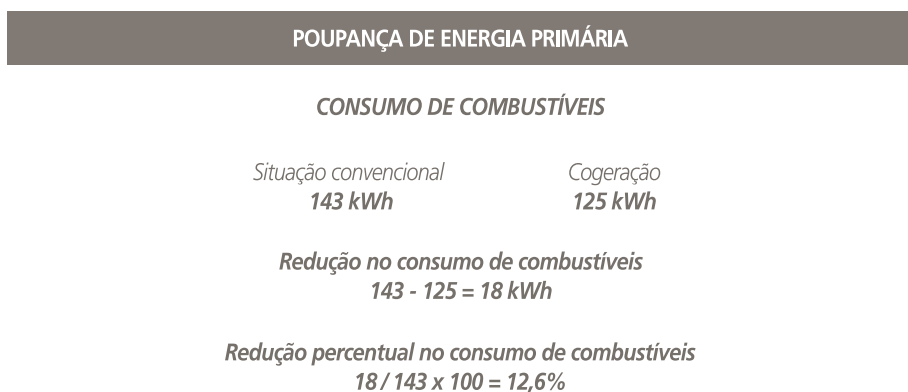
Para produzir a mesma energia térmica (i.e. 55 kWh) e a mesma energia eléctrica (i.e. 40 kWh) através de uma instalação de cogeração que possa ser considerada de alta eficiência de acordo com a legislação comunitária e nacional (cf §2) esta deverá ter um rendimento de pelo menos 75%. Nesta situação toda a energia eléctrica produzida é considerada energia eléctrica de cogeração.

A Figura 3 ilustra o balanço energético numa situação de produção de energia eléctrica e térmica em cogeração.



**FIG.3 Produção de energia eléctrica e térmica em cogeração** (fonte: Cogen Portugal)

A produção em cogeração permite obter poupanças de energia primária comparativamente à produção convencional, como ilustrado na Figura 4.



**FIG.4 Poupança de energia primária resultante de uma instalação de cogeração em relação à situação convencional**



É possível demonstrar ainda que a cogeração melhora, basicamente, a eficiência da produção de electricidade. Para chegar a essa conclusão basta seguir o raciocínio subjacente à Figura 5 que recupera, mais uma vez, o exemplo que tem vindo a ser utilizado.

## PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE COM MELHOR EFICIÊNCIA

O consumidor de energia térmica já consumia **61 kWh**...



...para produzir os **55 kWh** de energia térmica útil que necessitava

Com a central de Cogeração, o combustível utilizado na produção de electricidade é apenas de:

$$125 - 61 = 64 \text{ kWh}$$



A eficiência equivalente de produção de electricidade é assim, de:

$$40/64 \times 100 = 62,5\%$$

$$REE [\%] = 40/(125 - 55/0,9) \times 100 = 62,5\%$$

**FIG.5 Aumento da eficiência na produção de electricidade** (fonte: Cogen Portugal)

Com base no raciocínio apresentado é possível concluir que a cogeração permite produzir energia eléctrica com um rendimento de 62,5%, valor manifestamente superior ao rendimento eléctrico de 48,8%, considerado no exemplo para a componente da energia eléctrica consumida.

Assim, o parâmetro que mede o incremento na eficiência da produção de electricidade proporcionado pela cogeração é o Rendimento Eléctrico Equivalente (REE).

O REE permite, na prática, comparar o rendimento de um processo de cogeração com um rendimento eléctrico de uma central que produza, exclusivamente, energia eléctrica. De acordo com o antigo enquadramento legal da cogeração (*Decreto-Lei 538/99 de 13 de Dezembro e Decreto-Lei 313/2001 de 10 de Dezembro*) o REE deveria ser superior ou igual a 55% que correspondia, à época, ao rendimento mais elevado de produção de energia eléctrica numa central termoeléctrica em Portugal (i.e. central de ciclo combinado da Tapada do Outeiro).

No âmbito desse Quadro Legal de 2001, a expressão que definia o valor de REE aparece com um formato mais elaborado, nomeadamente para ter em conta o consumo de combustíveis de origem renovável. Esse formato é o que a seguir se apresenta:

$$REE = \frac{E}{C - \frac{T}{0,9 - 0,2 \times \frac{CR}{C}}} \geq 0,55$$

Em que:

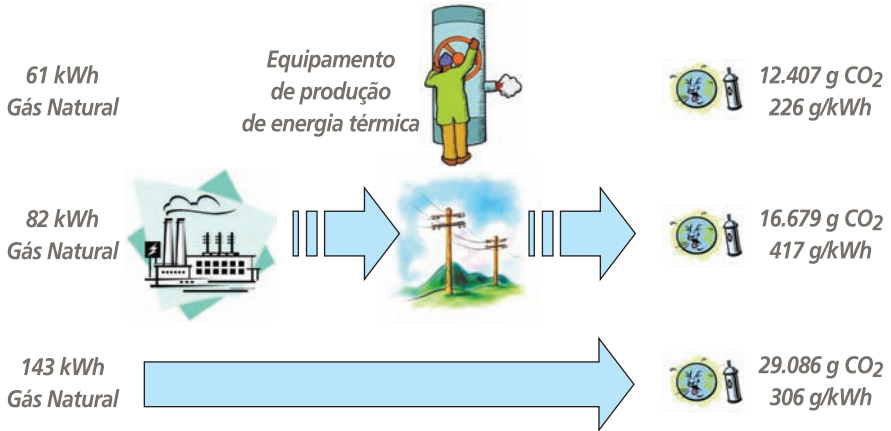
- **E** - Energia eléctrica produzida pelo co-gerador, excluindo o consumo nos sistemas auxiliares internos de produção energética;
- **T** - Energia térmica útil consumida anualmente a partir da energia térmica produzida em cogeração, excluindo o consumo nos sistemas auxiliares internos de produção energética;
- **C** - Energia primária consumida anualmente na instalação de cogeração avaliada a partir do poder calorífico inferior (pci) dos combustíveis e outros recursos utilizados;
- **CR** - Equivalente energético de recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos consumidos anualmente na instalação de cogeração.

## BENEFÍCIO AMBIENTAL DA COGERAÇÃO

A produção combinada de calor e electricidade tem um enorme benefício ambiental porque permite reduzir as emissões de gases poluentes e partículas a nível nacional devido ao melhor aproveitamento da energia primária do combustível. A Figura 6 ilustra as emissões de CO<sub>2</sub> que resultam da produção de energia eléctrica e térmica numa situação de produção convencional no âmbito dos mesmos pressupostos que têm vindo a ser utilizados ao longo deste documento. Assume-se um factor de emissão para o gás natural de 203,4g CO<sub>2</sub>e/kWh<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Os factores de emissão para combustíveis encontram-se publicados no Despacho 17313/2008 de 26 de Junho da DGEG – Direcção Geral de Geologia e Energia



**FIG.6 Emissões de CO<sub>2</sub> resultantes da produção separada de energia eléctrica e térmica** (fonte: Cogen Portugal)

Repetindo o mesmo exercício para a central de cogeração anteriormente considerada é possível determinar a redução de emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera e contabilizar a sua redução percentual com respeito à produção separada de energia eléctrica e térmica como se ilustra na Figura 7.

### REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> PARA A ATMOSFERA



Redução do valor das emissões -  $29.086 - 25.425 = 3.661 \text{ g CO}_2$

Redução percentual do valor das emissões -  $3.661 / 29.086 \times 100 = 12,6\%$

**FIG.7 Emissões de CO<sub>2</sub> resultantes da produção de energia eléctrica e térmica em cogeração** (fonte: Cogen Portugal)

Este efeito de redução de emissões de CO<sub>2</sub> é ainda realçado quando se considera o benefício da cogeração em termos de redução de emissões ao nível da produção exclusiva de electricidade como é documentado na Figura 8.

## REDUÇÃO DE EMISSÕES NA PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE



O consumidor de energia térmica já emitia **12.407g CO<sub>2</sub>**...

Com a central de Cogeração, a emissão de CO<sub>2</sub> correspondente apenas à produção de electricidade é de:  
**25.425 - 12.407 = 13.018g CO<sub>2</sub>**



...para produzir os **55 kWh** de energia térmica útil que necessitava



A emissão específica da produção de electricidade é então de:  
**13.018/40 = 325g CO<sub>2</sub>/kWh**

Redução face à solução convencional: **417 - 325 = 92 g/kWh**  
**92/417 x 100 = 22,1%**

**FIG.8 Redução de emissões de CO<sub>2</sub> proporcionada pela cogeração no que respeita à produção de electricidade** (fonte: Cogen Portugal)

Em termos de emissões locais irá ocorrer em princípio um aumento. Considere-se uma instalação industrial que compra energia eléctrica da rede e produz energia térmica internamente (por exemplo vapor) com recurso à queima de gás natural numa caldeira. Nesta situação as emissões de CO<sub>2</sub> são essencialmente devidas aos efluentes gasosos do gerador de vapor.

Se esta empresa optar por instalar uma central de cogeração que permita suprir as necessidades térmicas anuais do processo irá emitir mais dióxido de carbono porque ao mesmo tempo que produz energia térmica está a produzir energia eléctrica. Em termos de balanço energético será necessário consumir mais energia primária (e.g. gás natural) em relação à situação inicial (só produção térmica). No entanto, em termos nacionais, irá ser produzida energia eléctrica com um REE superior ao rendimento eléctrico das melhores centrais termoelectricas do país e, conseqüentemente, a emissão global de CO<sub>2</sub> será reduzida, apesar de ocorrer um incremento local de emissões de CO<sub>2</sub>.

## A REALIDADE ECONÓMICA DA COGERAÇÃO

Para analisar a realidade económica aplicável à cogeração importa começar por reafirmar que a cogeração é, efectivamente, a solução que permite produzir electricidade com menor consumo de energia primária.

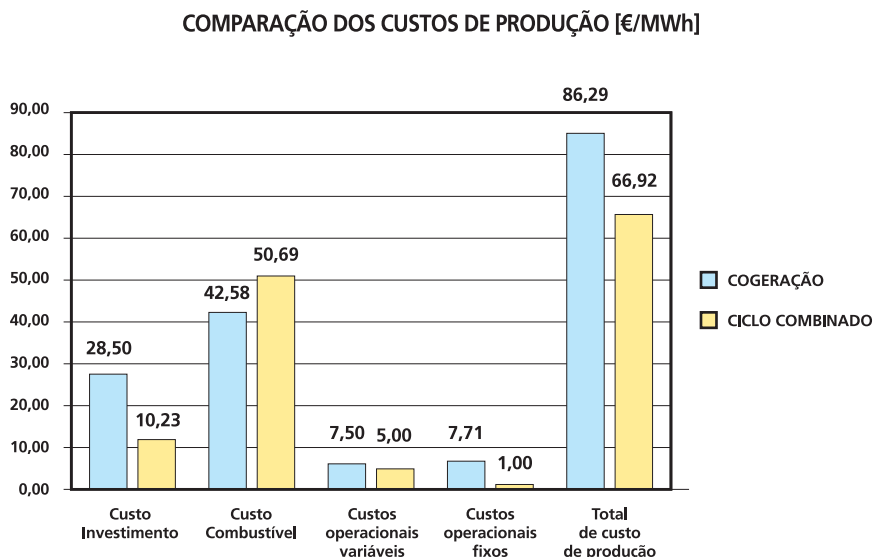
Neste âmbito, deve-se começar por salientar que a menor dimensão destes projectos, quando comparados com a maior capacidade das soluções convencionais de produção de electricidade, penalizam, naturalmente, o investimento específico por unidade de potência instalada. Ao nível dos custos fixos necessários à operação e manutenção das unidades de cogeração faz-se sentir, novamente, o efeito penalizador da sua escala mais reduzida. Apenas nos custos associados ao consumo de combustível as unidades de cogeração apresentam vantagens competitivas relativamente às grandes centrais de produção de electricidade, em consequência, obviamente, da sua melhor eficiência energética. Porém, mais uma vez em consequência da sua menor dimensão, que induz níveis de consumo mais baixos que as centrais de grande potência, os projectos de cogeração podem ver esta eficácia de redução do custo de produção, por via da melhor eficiência, penalizada por preços de aquisição de combustíveis menos competitivos do que aqueles que as unidades convencionais conseguem negociar.

Com o objectivo de confirmar as conclusões explicitadas no parágrafo anterior comparam-se a seguir, de forma objectiva, os custos de produção de energia eléctrica entre estes dois tipos de centrais, considerando-se os dados base que mostram a Tabela 1.

DADOS DE BASE - CICLO COMBINADO A GN			DADOS DE BASE - COGERAÇÃO A GN		
Potência média de referência	[MW]	300	Potência média de referência	[MW]	5
Rentabilidade depois Impostos	[%]	8,5	Rentabilidade depois Impostos	[%]	9
Anos de análise / amortização	[anos]	15	Anos de análise / amortização	[anos]	12
Horas func. anuais	[h/ano]	7.884	Horas func. anuais	[h/ano]	4.753
RE da Central	[%]	52,5	REE da Central	[%]	62,5
Custo Especifico Investimento	[€/MW]	560.000	Custo Especifico Investimento	[€/MW]	850.000
Preço do GN	[€/Nm <sup>3</sup> ]	0,280	Preço do GN	[€/Nm <sup>3</sup> ]	0,280

**Tabela 1. Dados base para comparação entre a tecnologia de ciclo combinado e a de cogeração**

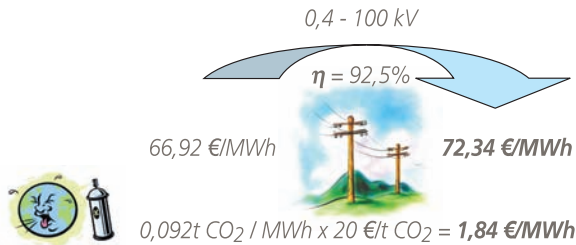
O que permite obter a seguinte comparação de custos de produção ilustrada na Figura 9.



**FIG. 9 Custos de produção para uma central de cogeração e uma central de ciclo combinado** (fonte: Cogen Portugal)

Este exemplo demonstra que para a mesma rentabilidade o custo de produção de energia eléctrica é mais elevado para a central de cogeração quando comparada com a central de ciclo combinado.

No entanto, convém salientar que os custos quantificados anteriormente para as duas soluções alternativas de produção de electricidade não podem ser directamente comparáveis, uma vez que estamos na presença de energia eléctrica em situações de fornecimento completamente distintas, para além de não se estarem a internalizar todos os custos efectivamente associados a cada uma das tecnologias em causa. Relativamente à internalização de outros custos não contemplados nos cálculos atrás apresentados, pode-se referir que a contabilização das emissões de CO<sub>2</sub> adicionais resultantes da central de ciclo combinado, valorizadas a um preço marginal de 20 €/t CO<sub>2</sub> permite atenuar a diferença de custos de produção entre as duas tecnologias como se demonstra na Figura 10.



**A internacionalização de custos associados a cada tecnologia, aproxima os custos de produção 74,18 vs 86,29 (-8,6%)**

**FIG. 10 Efeito económico das perdas na rede e da redução de emissões (fonte: Cogen Portugal)**

No que diz respeito às características do fornecimento de energia eléctrica em cada uma das duas situações, importa salientar que a electricidade proveniente da cogeração está a ser fornecida junto ao local de consumo, enquanto a proveniente da central convencional necessita de percorrer os sistemas de transporte e distribuição para chegar ao mesmo ponto de entrega, o que acarreta, necessariamente, a ocorrência de perdas. Para além disso, a central de cogeração analisada está a fornecer energia apenas em horas de ponta e cheia, enquanto o custo de produção calculado para a central convencional pressupõe um diagrama plano de produção ao longo do ano. Como é sabido, o valor média da energia eléctrica nas horas de ponta e cheia é superior ao valor médio que resulta de um fornecimento praticamente uniforme ao longo da quase totalidade das horas do ano.

Contabilizando adequadamente os aspectos aqui referenciados é possível reformular a comparação inicial de acordo com o que se apresenta na Figura 11.

**A Cogeração analisada funciona 4.753 h/ano**

*Produz fundamentalmente electricidade em horas de ponta e cheia*

**O ciclo combinado apresentado funciona 7.884 h/ano**

*Produz fundamentalmente electricidade em horas de ponta, cheia e vazio*

**O tarifário define valores diferenciados consoante a hora**

**$Th_{p,c,v} < Th_{p,c}$  em aproximadamente 12 a 13%**

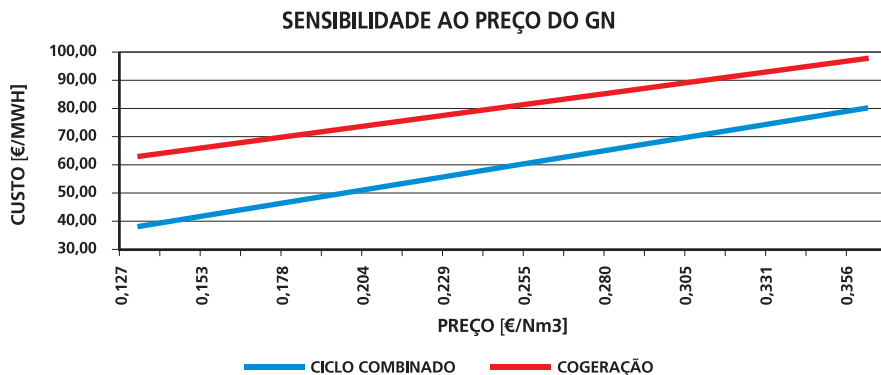
**Uma comparação justa dos custos da cogeração deve contemplar todos os factores que qualificam, efectivamente, o produto que é entregue**

**FIG. 11 Efeito da internalização dos custos associados a cada tecnologia (fonte: Cogen Portugal)**

Em resumo, pode-se concluir que quando a comparação é feita de forma correcta, internalizando todos os custos e comparando energia eléctrica nas mesmas condições de fornecimento, o custo da electricidade produzida em centrais de cogeração pode ser competitivo face às soluções convencionais.

Porém, mais importante do que as regras de comportamento económico dos projectos de cogeração atrás referidas, é o facto de o custo de produção do calor e da electricidade nestas unidades ser directamente afectado, em cada momento, pelo custo do combustível consumido. Ora, se um consumidor de calor já está habituado a viver com essa indexação permanente no lado da produção de energia térmica, a aquisição de electricidade no mercado, seja ele regulado ou liberalizado, não incorpora essa actualização imediata. Mas aqui chegados, importa realçar a incongruência de ter um projecto que melhora a eficiência energética na produção de electricidade, mas que transfere riscos económicos significativos para a entidade que realizou o investimento, mesmo que ela seja totalmente alheia ao sector eléctrico, não tenha qualquer responsabilidade pelo défice de eficiência aí existente e seja totalmente estranha às regras de fixação de preço da electricidade, as quais até poderia aproveitar em seu benefício, não fosse ter feito entretanto um projecto de cogeração. Por estas razões, aqui genericamente referidas, é que uma política de promoção da cogeração não pode dispensar a existência de uma remuneração da electricidade de cogeração, que incorpore, em cada momento, um mecanismo de indexação aos preços dos combustíveis, que seja justo e eficaz.

Não obstante o acima referido, a melhor eficiência energética torna a cogeração menos sensível ao preço do gás natural quando comparada com uma central de ciclo combinado para os mesmos dados base considerados, como se documenta na Figura 12.



**FIG. 12 Sensibilidade ao preço do gás natural da cogeração vs. ciclo combinado (fonte: Cogen Portugal)**

A questão que subsiste é se a cogeração apresenta benefícios a todos os níveis (energético, ambiental e económico) porque é que a sua implementação tem estagnado no passado recente?



Os projectos de cogeração são altamente capital intensivos o que requer uma solidez financeira ou elevada capacidade de obtenção de crédito por parte das empresas. As restrições conjunturais actuais a nível financeiro têm agravado, ainda mais, a promoção de projectos de cogeração. A perspectiva imediatista actual de que um investimento deverá ter um retorno muito rápido constitui, também, uma barreira à promoção de projectos de cogeração que devem ser encarados como projectos a médio / longo prazo.

Para além deste aspecto de natureza exclusivamente económico-financeira, a promoção da cogeração não tem sido feita em Portugal da forma mais adequada por indefinição prolongada no tempo do quadro legal aplicável ao sector e ainda por inexistência continuada de capacidade de interligação à rede eléctrica de novos projectos. A resolução atempada destes dois aspectos, em especial o relativo à estabilidade e segurança de um quadro legal aplicável à cogeração é fundamental para recuperar a confiança dos agentes económicos neste sector tão importante para a eficiência energética em Portugal.

## APLICAÇÕES

A utilização de um processo de cogeração está patente em qualquer veículo automóvel de passageiros em que o sistema de aquecimento do habitáculo recorre à energia térmica recuperada do sistema de arrefecimento do motor para produzir ar quente através de um pequeno permutador de calor água - ar. Simultaneamente, o motor térmico produz energia mecânica utilizada na propulsão do veículo e acciona um pequeno gerador (alternador) que integra o sistema eléctrico do automóvel.

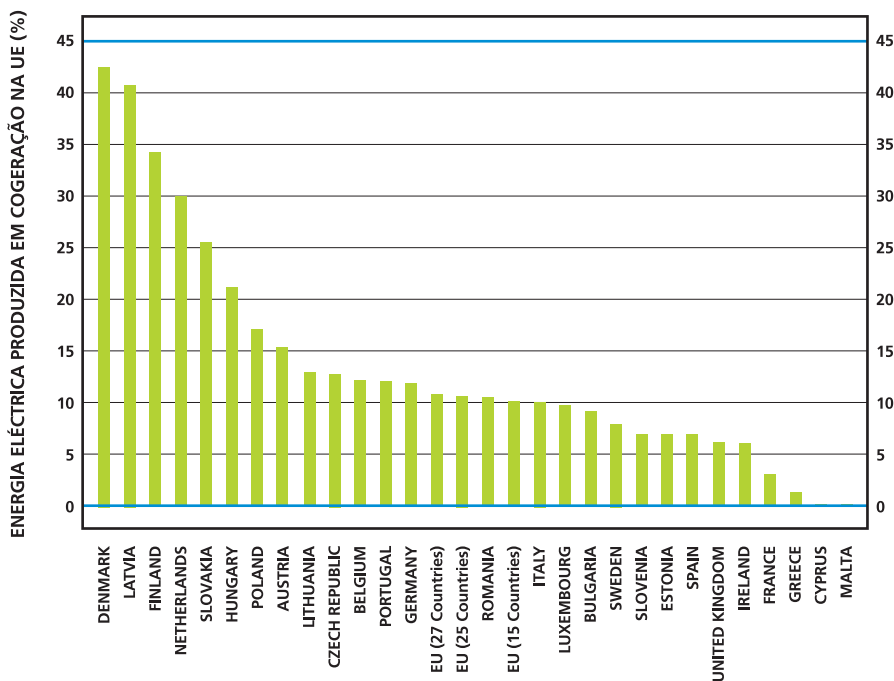
A nível de redes urbanas de energia (DHC - *District Heating & Cooling*) é vulgar a produção de energia térmica com recurso a esquemas de cogeração. Muitas das vezes produz-se, simultaneamente, água quente, água arrefecida (água "gelada") e electricidade designando-se este sistema de cogeração como *trigeração*. Existem ainda pequenas unidades de cogeração (micro-cogeração) com base num pequeno motor térmico que permitem suprir as necessidades térmicas e eléctricas de uma residência uni-familiar ou de pequeno comércio como ilustrado na Figura 13.



**FIG.13 Unidade de micro-cogeração** (fonte: Senertec – Dachsh)

## COGERAÇÃO NA UE E NOS EUA

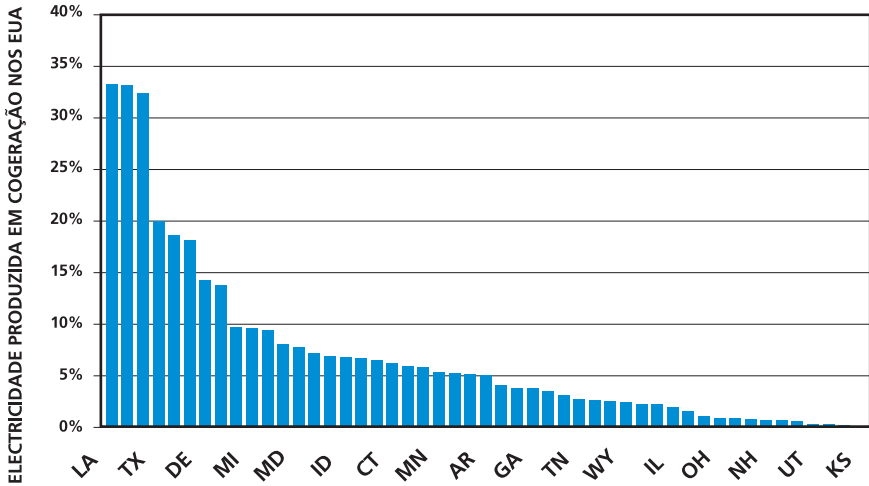
A União Europeia conta um número importante de sistemas de cogeração com um peso significativo na produção de energia eléctrica a nível comunitário. Alguns países escandinavos (e.g. Finlândia, Dinamarca) devido aos sistemas de aquecimento urbano revelam uma forte percentagem de energia eléctrica produzida em cogeração como patente nos dados estatísticos recolhidos pelo Eurostat (Figura 14).



**FIG.14** Percentagem de energia eléctrica produzida em cogeração na UE em 2007 (fonte: Eurostat)

O Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (DOE) através da *Energy Information Administration* (EIA) mantém uma base de dados com informação relevante de centrais termoeléctricas e de cogeração

em todos os estados norte americanos o que permitiu determinar a percentagem de energia eléctrica produzida em cogeração (Figura 15).



**FIG.15 Percentagem de energia eléctrica produzida em cogeração nos EUA em 2007** (fonte: US DOE – EIA 906/920/923)

A energia eléctrica produzida em cogeração nos Estados Unidos ascendeu em 2007 a 319,2 TWh (mais de seis vezes a produção de energia eléctrica anual em Portugal) num total 4 150,5 TWh produzidos, o que corresponde a 7,69% da produção líquida.

## 2. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO ASSOCIADO À COGERAÇÃO

A Directiva 2004/8/CE de 11 de Fevereiro do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à *promoção da cogeração com base na procura de calor útil no mercado interno de energia* constitui o instrumento legal comunitário que visa promover a cogeração nos diversos estados membros. Esta directiva foi recentemente transposta para o quadro jurídico nacional através do Decreto-Lei nº 23/2010 de 25 de Março, aguardando-se a publicação de legislação complementar no âmbito do regime remuneratório da entrega de energia eléctrica à rede.

O Decreto-Lei nº 23/2010 encontra-se orientado para a promoção da cogeração de elevada eficiência que deverá apresentar uma poupança de energia primária (PEP) superior a 10% em relação à produção separada de electricidade e calor. As centrais de cogeração que não atinjam este limiar de poupança são apenas consideradas eficientes.

Prevê-se a criação de uma *Entidade Emissora de Garantias de Origem* (EEGO) que terá a incumbência de certificar a PEP de cada instalação, emitindo as respectivas garantias de origem (no caso de cogerações de elevada eficiência) ou certificados de origem (no caso de cogerações eficientes).

Em traços gerais o presente Decreto-Lei permite ao cogrador optar por duas modalidades acessíveis a cogerações eficientes ou de elevada eficiência. Na *modalidade geral* a remuneração da energia eléctrica e térmica faz-se, primordialmente, no âmbito das regras de mercado, sem limitação de capacidade instalada, não obstante um prémio temporário de participação no mercado para instalações com capacidade instalada inferior a 100 MW. O cogrador que opte pela *modalidade geral* pode ainda:

- Celebrar contratos bilaterais com o cliente ou clientes que consomem a energia térmica produzida;
- Celebrar contratos bilaterais de fornecimento de energia eléctrica a cliente ou clientes directamente ligados à instalação de cogeração;

Na *modalidade especial* apenas as cogerações com capacidade instalada inferior a 100 MW podem entregar a energia eléctrica à rede para que esta seja comercializada pelo comercializador de último recurso (CUR) em contrapartida de uma tarifa de referência temporária (a definir em Portaria) a qual é complementada com o pagamento de prémios de eficiência. Além deste tipo de relacionamento comercial previsto na *modalidade especial*, o cogrador pode:

- Celebrar contratos bilaterais com o cliente ou clientes que consomem a energia térmica produzida;
- Celebrar contratos bilaterais de fornecimento de energia eléctrica a cliente ou clientes directamente ligados à instalação de cogeração ou comercializadores;

O cogedorador que se encontre abrangido pelo regime remuneratório da *modalidade especial* pode optar pela *modalidade geral*, sendo no entanto obrigado a permanecer neste regime durante os seguintes períodos (Lei 19/2010 de 23 de Agosto que altera o Decreto-Lei 23/2010 de 25 de Março):

- Um (1) ano para instalações de cogeração com uma potência eléctrica instalada inferior ou igual a 20 MW;
- Três (3) anos para instalações de cogeração com uma potência eléctrica instalada superior a 20 MW e inferior ou igual a 100 MW.

A Portaria (ainda não publicada) que regulamenta a remuneração do fornecimento de energia eléctrica ao comercializador de último recurso (CUR) utiliza uma tarifa de referência que é função da tecnologia da instalação de cogeração, da sua potência eléctrica instalada e do tipo de combustível utilizado. Esta tarifa de referência será ainda actualizada trimestralmente em função da variação do preço do combustível, variação da taxa de câmbio euro/dólar, variação do preço da tarifa de acesso e evolução do Índice de Preços no Consumidor.

*A Decisão da Comissão Europeia 2007/74/CE de 21 de Dezembro de 2006 estabelece os valores de referência harmonizados em matéria de eficiência para a produção separada de electricidade e calor em conformidade com a Directiva 2004/8/CE.*

As eficiências (rendimentos) são listadas em função da forma de energia primária utilizada e do ano de construção da infraestrutura de produção de energia eléctrica de forma a acomodar a evolução tecnológica que se verificou no período em análise. Esta discriminação temporal não se faz no caso dos equipamentos de produção de energia térmica (e.g. caldeiras) uma vez que não se registaram progressos assinaláveis, a nível do seu rendimento, durante o período em análise.

Os valores de referência obtidos são com base no poder calorífico inferior (pci) dos combustíveis utilizados e nas condições normalizadas ISO (i.e. temperatura ambiente 15 °C, pressão atmosférica 1,013 bar e humidade relativa 60%) e são apresentados nos Anexos 1 e 2.

### 3. CÁLCULO DAS POUPANÇAS DE ENERGIA

As centrais de cogeração induzem poupanças de energia primária resultantes do seu funcionamento. A metodologia de cálculo destas poupanças de energia primária (PEP) foi estabelecida pela Directiva 2004/8/CE entretanto transposta para o quadro jurídico nacional através do Decreto-Lei nº 23/2010 de 25 de Março.

A poupança de energia primária da actividade de cogeração relativamente à produção separada de calor e electricidade é determinada pela seguinte expressão:

$$PEP = \left[ 1 - \frac{1}{\frac{CHP H_{\eta}}{Ref H_{\eta}} + \frac{CHP E_{\eta}}{Ref E_{\eta}}} \right] \times 100\%$$

Em que:

- **CHP  $H_{\eta}$**  é o rendimento térmico do processo, definido como a produção anual de calor útil dividido pelo combustível utilizado na produção total de calor e electricidade;
- **Ref  $H_{\eta}$**  é o valor de referência do rendimento para a produção separada de calor;
- **CHP  $E_{\eta}$**  é o rendimento eléctrico, definido como a produção total anual de electricidade dividida pelo combustível utilizado na produção total de calor útil e de electricidade num processo de cogeração;
- **Ref  $E_{\eta}$**  é o valor de referência do rendimento para a produção separada de electricidade.

A legislação prevê que a electricidade produzida, anualmente, medida à saída dos geradores principais dos seguintes tipos de unidades de cogeração:

- Turbinas a vapor de contrapressão;
- Turbinas de gás com recuperação de calor;
- Motores de combustão interna;
- Microturbinas;
- Motores *Stirling*;
- Células de combustível.

seja considerada electricidade produzida em cogeração desde que o rendimento anual global seja, pelo menos, 75%.

Em contrapartida, para que a electricidade produzida nos geradores acoplados a:

- Turbinas de gás em ciclo combinado com recuperação de calor;
- Turbinas de condensação com extracção de vapor.

seja considerada electricidade produzida em cogeração, o rendimento anual global destas unidades tem de atingir, pelo menos, 80%.

Se o rendimento global da instalação de cogeração no período de referência for inferior ao que foi especificado acima implica que existe produção de energia eléctrica que não é de cogeração. Nestas situações a energia eléctrica de cogeração é calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$E_{CHP} = C \times H_{CHP}$$

O cálculo da energia eléctrica de cogeração deve ser realizado com base no rácio efectivo de electricidade/calor (C) que é determinado com base em dados operacionais da instalação ou, tratando-se de novas instalações, nos elementos considerados no licenciamento da instalação, os quais deverão ser, posteriormente, confirmados em auditoria.

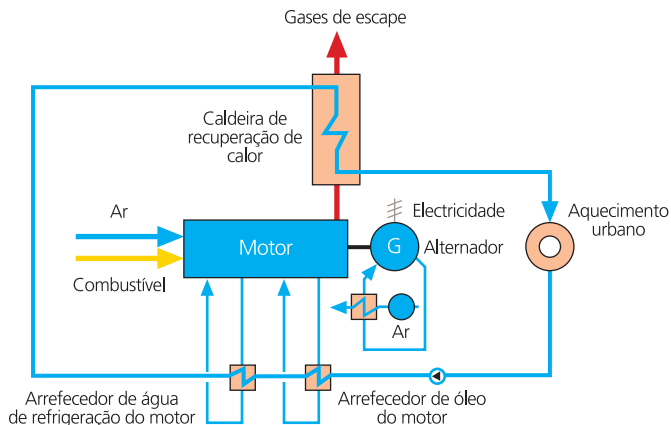
Se o rácio efectivo electricidade/calor de uma unidade de cogeração não for conhecido, podem ser utilizados, nomeadamente para fins estatísticos, os seguintes valores para as unidades de cogeração que se enumeram (*“desde que a electricidade produzida em cogeração assim calculada seja igual ou inferior à produção total de electricidade da unidade”*):

TIPO DE UNIDADE	C
Turbinas de gás em ciclo combinado com recup. de calor	0,95
Turbinas a vapor de contrapressão	0,45
Turbinas de condensação com extracção de vapor	0,45
Turbinas de gás com recuperação de calor	0,55
Motores de combustão interna	0,75

**Tabela 2. Valores de referência para o rácio electricidade / calor**

## EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

### MOTOR A GÁS



**FIG.16 Esquema de cogeração baseado em motor a gás (Ciclo Otto)**  
 (fonte: Manual de Apoio ao Cogedor – COGEN Portugal)

MOTOR A GÁS	ESPECIFICAÇÕES
Potência nominal	1100 kW
Combustível	Gás natural
Tensão de interligação	0,380 kV
Temperatura ambiente média anual	19 °C
Ano de construção	2006
CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO	
Número de horas de funcionamento anual	8000 h
Consumo combustível (F <sub>CHP</sub> ) – base pci	25 150 MWh
Calor útil recuperado (H <sub>CHP</sub> )	10 560 MWh
Energia eléctrica produzida (E <sub>CHP</sub> )	8 800 MWh
Energia eléctrica consumida em auxiliares (EAUX)	176 MWh



De acordo com o Decreto Lei nº 23/2010 de 25 de Março o rendimento global (eficiência) da instalação de cogeração corresponde ao total anual da produção de energia eléctrica e mecânica e da produção de calor útil dividido pelo consumo de combustível utilizado na produção de calor num processo de cogeração e na produção bruta de energia eléctrica e mecânica, sendo a eficiência calculada com base no poder calorífico inferior.

Neste caso tem-se então:

$$\eta_{GLOBAL} = \frac{E_{CHP} + H_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{8800 + 10560}{25150} = 0,769 \rightarrow 76,9\%$$

Como o rendimento global é superior a 75% toda a energia eléctrica é considerada energia eléctrica de cogeração.

A poupança de energia primária é calculada a partir dos valores de referência para a produção separada de energia eléctrica e térmica, publicados na Decisão da Comissão 2007/74/CE de 21 de Dezembro de 2006 (ver anexos 1 e 2).

$$Ref E_{\eta_{ISO}} = 52,5\%$$

$$Ref H_{\eta} = 90\%$$

O valor de referência para a produção separada de electricidade a partir de gás natural e para o ano de fabrico de 2006 tem de ser corrigido tanto para a temperatura média no local como para as perdas na rede de acordo com:

$$Ref E_{\eta_{Temp}} = 52,5\% + 0,1\% \times (15^{\circ}C - 19^{\circ}C) = 52,1\%$$

A percentagem de energia eléctrica exportada para a rede é:

$$E.E._{exp} = (8\ 800 - 176) / 8\ 800 = 0,98 \rightarrow 98\%$$

Corrigindo para as perdas na rede e consumo no local de acordo com a Decisão da Comissão 2007/74/CE de 21 de Dezembro de 2006 (ver anexo 3) virá:

$\Theta_{Exp.Rede} = 0,925$	$\Theta_{cons.no local} = 0,860$
-----------------------------	----------------------------------

$Ref E_{\eta} = 52,1\% \times (0,925 \times 98\% + 0,860 \times 2\%) = 48,12\%$
---

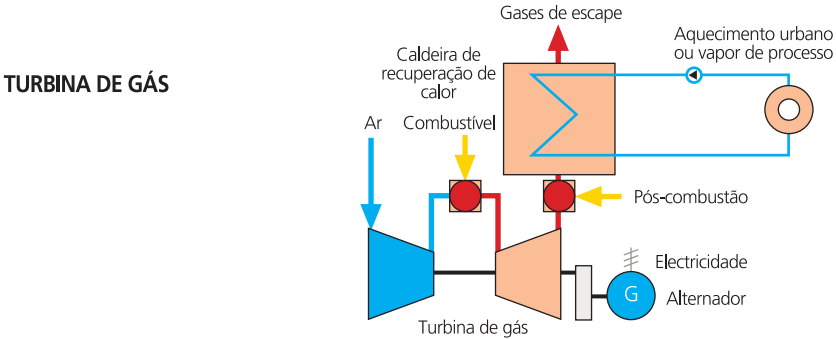
Os rendimentos  $CHPH_{\eta}$  e  $CHPE_{\eta}$  são calculados de acordo com as expressões:

$CHPH_{\eta} = \frac{H_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{10\ 560}{25\ 150} = 0,42 \rightarrow 42\%$	$CHPE_{\eta} = \frac{E_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{8\ 800}{25\ 150} = 0,35 \rightarrow 35\%$
---	--

A poupança de energia primária virá, finalmente:

$PEP = \left[ 1 - \frac{1}{\frac{CHPH_{\eta}}{Ref H_{\eta}} + \frac{CHPE_{\eta}}{Ref E_{\eta}}} \right] \times 100\% = \left[ 1 - \frac{1}{\frac{0,42}{0,90} + \frac{0,35}{0,4812}} \right] \times 100\% = 16,2\%$
--

Conclui-se que esta instalação de cogeração pode ser considerada de elevada eficiência em virtude da poupança de energia primária estar acima do limiar de 10% de acordo com o que é requerido no Decreto-Lei 23/2010.



**FIG.17 Esquema de cogeração baseado em turbina de gás (Ciclo de Joule-Brayton)**  
(fonte: Manual de Apoio ao Cogedor – COGEN Portugal)

TURBINA DE GÁS	ESPECIFICAÇÕES
Potência nominal	8000 kW
Combustível	Gás natural
Tensão de interligação	15 kV
Temperatura ambiente média anual	18 °C
Ano de construção	2004
CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO	
Número de horas de funcionamento anual	8000 h
Consumo combustível em cogeração ( $F_{CHP}$ ) – base pci	206 450 MWh
Consumo de combustível (pós combustão – $F_{\bar{n}CHP}$ )	3 509 MWh
Calor entregue (cogeração - $H_{CHP}$ )	85 000 MWh
Calor entregue (não cogeração – $H_{\bar{n}CHP}$ )	3 158 MWh
Energia eléctrica produzida ( $E_{CHP}$ )	63 200 MWh
Energia eléctrica consumida em auxiliares ( $E_{AUX}$ )	950 MWh

De acordo com o Decreto Lei nº 23/2010 de 25 de Março o rendimento global (eficiência) da instalação de cogeração corresponde ao total anual da produção de energia eléctrica e mecânica e da produção de calor útil dividido pelo consumo de combustível utilizado na produção de calor num processo de cogeração e na produção bruta de energia eléctrica e mecânica, sendo a eficiência calculada com base no poder calorífico inferior:

Neste caso tem-se então:

$$\eta_{GLOBAL} = \frac{E_{CHP} + H_{CHP}}{F_{Total}} = \frac{E_{CHP} + H_{CHP}}{F_{CHP} + F_{\bar{n}CHP}} = \frac{63\,200 + 85\,000}{206\,450 + 3\,509} = 0,706 \rightarrow 70,6\%$$

Como o rendimento global é inferior a 75% nem toda a energia eléctrica é considerada energia eléctrica de cogeração. Não dispondo do rácio efectivo electricidade / calor da central (i.e.  $C = E_{CHP} / H_{CHP}$ ) pode utilizar-se o valor de referência fornecido na tabela 2 para turbinas de gás com recuperação de calor (i.e.  $C = 0,55$ ) o que permite obter o seguinte valor para a electricidade de cogeração:

$$E_{CHP} = C \times H_{CHP} = 0,55 \times 85\,000 = 46\,750 \text{ MWh}$$

A poupança de energia primária é calculada a partir dos valores de referência para a produção separada de energia eléctrica e térmica, publicados na Decisão da Comissão 2007/74/CE de 21 de Dezembro de 2006 (ver anexos 1 e 2),

$$\mathbf{Ref E_{\eta_{ISO}} = 52,3\%}$$

$$\mathbf{Ref H_{\eta} = 90\%}$$

O valor de referência para a produção separada de electricidade a partir de gás natural e para o ano de fabrico de 2004 tem de ser corrigido tanto para a temperatura média no local como para as perdas na rede de acordo com:

$$\mathbf{Ref E_{\eta_{Temp}} = 52,3\% + 0,1\% \times (15^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}) = 52,0\%}$$

A percentagem de energia eléctrica exportada para a rede é:

$$\mathbf{E.E._{exp} = (63\,200 - 950) / 63\,200 = 0,985 \rightarrow 98,5\%}$$

Corrigindo para as perdas na rede e consumo no local de acordo com a Decisão da Comissão 2007/74/CE de 21 de Dezembro de 2006 (ver anexo 3) virá:

$$\mathbf{\Theta_{Exp.Red} = 0,945}$$

$$\mathbf{\Theta_{cons.no local} = 0,925}$$

$$\mathbf{Ref E_{\eta} = 52,0\% \times (0,945 \times 98,5\% + 0,925 \times 1,5\%) = 49,12\%}$$

O combustível consumido em modo de cogeração virá dado por:

$$F_{CHP} = F_{Total} - \frac{E_{Total} - E_{CHP}}{\frac{E_{Total}}{F_{Total}}} = 209\,959 - \frac{63\,200 - 46\,750}{\frac{63\,200}{209\,959}} = 155\,310 \text{ MWh}$$

Os rendimentos  $CHPH_{\eta}$  e  $CHPE_{\eta}$  são calculados de acordo com as expressões:

$$CHPH_{\eta} = \frac{H_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{85\,000}{155\,310} = 0,547 \rightarrow 54,7\%$$

$$CHPE_{\eta} = \frac{E_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{46\,750}{155\,310} = 0,301 \rightarrow 30,1\%$$

A poupança de energia primária virá, finalmente:

$$PEP = \left[ 1 - \frac{1}{\frac{CHPH_{\eta}}{Ref\ H_{\eta}} + \frac{CHPE_{\eta}}{Ref\ E_{\eta}}} \right] \times 100\% = \left[ 1 - \frac{1}{\frac{0,547}{0,90} + \frac{0,301}{0,4912}} \right] \times 100\% = 18,07\%$$

Conclui-se que esta instalação de cogeração pode ser considerada de elevada eficiência em virtude da poupança de energia primária estar acima do limiar de 10% de acordo com o que é requerido no Decreto-Lei 23/2010.

## 4. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE ESQUEMAS DE COGERAÇÃO

### CENTRAL DE COGERAÇÃO DO CARRIÇO



**FIG.18 Central de cogeração do Carrico** (fonte: PROFICO Ambiente; GALP Energia)

A central de cogeração do Carrico é detida a 65% pela GALP Energia, sendo os restantes 35% detidos pela EDP – Electricidade de Portugal. A unidade industrial cliente da central de cogeração é a RENOESTE que se dedica ao processamento de sal. A central encontra-se situada no concelho de Pombal a 20 km a sul da Figueira da Foz na área de concessão da RENOESTE.

A electricidade produzida alimenta a unidade industrial sendo a restante exportada para a rede do sistema eléctrico público (SEP). A central de cogeração utiliza uma turbina de gás, produzindo calor sob a forma de água quente com recurso a uma caldeira de recuperação. A água quente destina-se à fábrica de sal da RENOESTE para o aquecimento da salmoura proveniente das cavernas de armazenamento de gás natural da REN Gasodutos e que se encontra depositada nas salinas.

O sal produzido com elevada qualidade destina-se à produção de cloro na fábrica da UNITECA em Estarreja. Sem a unidade de cogeração a produção de sal seria realizada com recurso a salinas tradicionais que ocupariam uma grande área com um impacte ambiental muito superior ao que se verifica. Este projecto permitiu aproveitar a salmoura produzida pela construção da armazenagem subterrânea de gás natural que, de outro modo, seria rejeitada na íntegra para o mar.

As principais características da instalação estão detalhadas na seguinte tabela:

<b>CENTRAL DE COGERAÇÃO DO CARRIÇO</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES</b>
Tecnologia	Turbina de gás
Combustível	Gás natural
Potência eléctrica	32 MW
Potência térmica	43 MW
Ano de arranque da instalação	2004
<b>CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO</b>	
Número de horas de funcionamento anual	N.A.
Energia eléctrica produzida anualmente (média)	222 000 MWh
Energia térmica produzida anualmente (média)	314 000 MWh
Consumo de gás natural	59 X 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (n)
Energia do combustível (base pci = 38,4 MJ/m <sup>3</sup> (n))	629 333 MWh

### **CENTRAL DE TRIGERAÇÃO DO PARQUE DAS NAÇÕES (CLIMAESPAÇO)**



**FIG.19 Central de trigeriação da Climaespaço e detalhe da turbina de gás (fonte: Climaespaço)**

A central de trigeraco do Parque das Naoes, detida pela Climaespao, S.A., iniciou a sua explorao em 1998 durante a Exposio Universal de Lisboa e envolveu um investimento da ordem dos 65 M€. Fornece energia térmica a um sistema de distribuo urbana de energia (calor e frio) através de um sistema a quatro tubos montado em galeria técnica a partir do qual so abastecidos os diversos consumidores, dos quais se destacam grandes superfcias, pavilhões de exposioes, oceanrio, edifícios institucionais, de servios e de habitao. A energia eléctrica produzida destina-se a consumos internos da central sendo a remanescente injectada na rede eléctrica.

O grupo turbo-alternador  constituído por uma turbina *TUMA Turbomach* e por um alternador *ABB* com uma potência eléctrica nominal de 4,7 MWe. A caldeira de recuperao com ps-combusto pode produzir até 18 t/h de vapor saturado a 10 barg. O vapor produzido é utilizado em dois *chillers* de absoro de duplo efeito com uma soluo de brometo de lítio (Br-Li) e dois permutadores de calor tubulares que se destinam  produo de gua quente.

A instalao compreende uma caldeira auxiliar com uma potência nominal de 15 MWt (i.e. 23 t/h de vapor saturado a 10 barg) que entra em funcionamento sempre que a turbina de gs está em manuteno ou quando a produo de vapor pela caldeira de recuperao no é suficiente para garantir a procura. A central de trigeraco é alimentada por gs natural a 16 bar após contagem.

<b>CENTRAL DE TRIGERAO DA CLIMAESPAO</b>	<b>ESPECIFICAOES</b>
Tecnologia	Turbina de gs
Combustível	Gs natural
Potência eléctrica	4,7 MW
Potência térmica (gua quente)	22 MW
Potência térmica (gua gelada)	26 MW
Ano de arranque da instalao	1998
<b>CONDIOES DE FUNCIONAMENTO</b>	
Número de horas de funcionamento anual	8 500
Energia eléctrica produzida anualmente (média)	40 GWh
Energia térmica produzida anualmente (média)	66 GWh
Consumo de gs natural	12 X 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (n)
Energia do combustível (base pci = 38,4 MJ/m <sup>3</sup> (n))	128 GWh
Reduo de emissões de GEE	40%



## 5. REFERÊNCIAS

- **The Energy Information Administration (EIA)**  
*U.S. Department of Energy, "EIA-906/920/923 Monthly Time Series File", 2007*
- **A. B. Pinto**  
**"O Futuro da Cogeração"**  
*Palestra FEUP, Maio 2004*
- **A. B. Pinto**  
**"A competitividade e a eficiência da Cogeração"**  
*10ª Conferência COGEN Portugal, 2010*
- **Midwest CHP Application Centre**  
**"Combined Heat and Power (CHP) Resource Guide"**  
*2nd Edition September 2005*
- **Manual de Apoio ao Cogedor**  
**COGEN Portugal**  
*Outubro 2009*
- *Directiva 2004/8/CE de 11 de Fevereiro*
- *Decreto Lei nº 23/2010 de 25 de Março*
- [www.galpenenergia.com](http://www.galpenenergia.com)
- [www.cogenportugal.com](http://www.cogenportugal.com)
- [www.climaespaco.pt](http://www.climaespaco.pt)
- [www.cogeneurope.eu](http://www.cogeneurope.eu)

## ANEXO 1

Valores de referência harmonizados em matéria de eficiência para a produção separada de electricidade.

Ano de Construção Tipo de Combustível:		1996 e anter.	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006- -2011
Sólidos	Carvão de pedra/coque	39,7%	40,5%	41,2%	41,8%	42,3%	42,7%	43,1%	43,5%	43,8%	44,0%	44,2%
	Lignite/briquetes de lignite	37,3%	38,1%	38,8%	39,4%	39,9%	40,3%	40,7%	41,1%	41,4%	41,6%	41,8%
	Turfa/briquetes de turfa	36,5%	36,9%	37,2%	37,5%	37,8%	38,1%	38,4%	38,6%	38,8%	38,9%	39,0%
	Lenha	25,0%	26,3%	27,5%	28,5%	29,6%	30,4%	31,1%	31,7%	32,2%	32,6%	33,0%
	Biomassa agrícola	20,0%	21,0%	21,6%	22,1%	22,6%	23,1%	23,5%	24,0%	24,4%	24,7%	25,0%
	Resíduos biodegradáveis (municipais)	20,0%	21,0%	21,6%	22,1%	22,6%	23,1%	23,5%	24,0%	24,4%	24,7%	25,0%
	Resíduos não renováveis (municipais e industriais)	20,0%	21,0%	21,6%	22,1%	22,6%	23,1%	23,5%	24,0%	24,4%	24,7%	25,0%
	Xisto betuminoso	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	39,0%
Líquidos	Petróleo (gasóleo + fuelóleo residual), GPL	39,7%	40,5%	41,2%	41,8%	42,3%	42,7%	43,1%	43,5%	43,8%	44,0%	44,2%
	Biocombustíveis	39,7%	40,5%	41,2%	41,8%	42,3%	42,7%	43,1%	43,5%	43,8%	44,0%	44,2%
	Resíduos biodegradáveis	20,0%	21,0%	21,6%	22,1%	22,6%	23,1%	23,5%	24,0%	24,4%	24,7%	25,0%
	Resíduos não renováveis	20,0%	21,0%	21,6%	22,1%	22,6%	23,1%	23,5%	24,0%	24,4%	24,7%	25,0%
Gases	Gás natural	50,0%	50,4%	50,8%	51,1%	51,4%	51,7%	51,9%	52,1%	52,3%	52,4%	52,5%
	Gás de refinaria/hidrogénio	39,7%	40,5%	41,2%	41,8%	42,3%	42,7%	43,1%	43,5%	43,8%	44,0%	44,2%
	Biogás	36,7%	37,5%	38,3%	39,0%	39,6%	40,1%	40,6%	41,0%	41,4%	41,7%	42,0%
	Gases de fornos de coque, gases de altos fornos, outros gases residuais, calor residual recuperado	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%

## ANEXO 2

Valores de referência harmonizados em matéria de eficiência para a produção separada de calor.

Tipo de Combustível:		Vapor(*) / água quente	Utilização directa de gases de escape (**)
Sólidos	Carvão de pedra/coque	88%	80%
	Lignite/briquetes de lignite	86%	78%
	Turfa/briquetes de turfa	86%	78%
	Lenha	86%	78%
	Biomassa agrícola	80%	72%
	Resíduos biodegradáveis (municipais)	80%	72%
	Resíduos não renováveis (municipais e industriais)	80%	72%
	Xisto betuminoso	86%	78%
Líquidos	Petróleo (gasóleo + fuelóleo residual), GPL	89%	81%
	Biocombustíveis	89%	81%
	Resíduos biodegradáveis	80%	72%
	Resíduos não renováveis	80%	72%
Gases	Gás natural	90%	82%
	Gás de refinaria/hidrogénio	89%	81%
	Biogás	70%	62%
	Gases de fornos de coque, gases de altos fornos + outros gases residuais	80%	72%

(\*) No caso dos Estados-Membros que aplicam o n.º 2 do artigo 12.º da Directiva 2004/87CE, caso seja incluído o retorno de condensados nos cálculos de uma unidade de cogeração, subtrair 5 pontos percentuais absolutos à eficiência do vapor.

(\*\*) Se a temperatura for igual ou superior a 250°C, devem ser utilizados os valores relativos ao calor directo.

## ANEXO 3

Factores de correcção relativos às perdas da rede evitadas para aplicação de valores de referência harmonizados em matéria de eficiência para a produção separada de electricidade.

Tensão	Para a electricidade exportada para a rede	Para a electricidade consumida no local
> 200 kV	1	0,985
100 - 200 kV	0,985	0,965
50 - 100 kV	0,965	0,945
0,4 - 50 kV	0,945	0,925
< 0,4 kV	0,925	0,860



## ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PROMOÇÃO DA COGERAÇÃO

Rua de Salazares, 842 • 4149-002 Porto  
Tel. +351 226 153 310 • Fax +351 226 153 319  
cogen.portugal@cogenportugal.com  
www.cogenportugal.com

NOVEMBRO 2011





**C O G E N**  
P O R T U G A L

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
E PROMOÇÃO DA COGERAÇÃO

[www.cogenportugal.com](http://www.cogenportugal.com)