

# Estudo das Tecnologias de Cogeração e Trigeração para Aplicação na Indústria de Serração de Madeira e Mobiliário

H.E.F.S. Bicho\*, V.M.F. Mendes\*\* e J.P.S. Catalão\*\*\*

\* Production Planning & Material Control

TemaHome

Zona Industrial – Tomar

Telf: +351 249 380 020; fax: +351 249 380 029; e-mail: [Hugo.Bicho@temahome.com](mailto:Hugo.Bicho@temahome.com)

\*\* Departamento de Engenharia Electrotécnica e Automação

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Rua Conselheiro Emídio Navarro – Lisboa

Telf: +351 218 317 038; fax: +351 218 317 009; e-mail: [vfmendes@isel.pt](mailto:vfmendes@isel.pt)

\*\*\* Departamento de Engenharia Electromecânica

Universidade da Beira Interior

Calçada Fonte do Lameiro – Covilhã

Telf: +351 275 329 914; fax: +351 275 329 972; e-mail: [catalao@ubi.pt](mailto:catalao@ubi.pt)

**Resumo** — Nesta comunicação é abordado o problema da utilização racional de energia na indústria de serração de madeira e mobiliário. É possível hoje em dia reduzir os consumos energéticos mantendo a produtividade das actividades dependentes de energia, nomeadamente através das tecnologias de cogeração/trigeração. As transformações no sector energético apontam para novos investimentos em sistemas de cogeração e trigeração, originando assim novos agentes de capital privado. Os sistemas de cogeração e trigeração permitem hoje em dia importantes reduções no consumo energético, através da melhoria da eficiência energética, beneficiando simultaneamente o meio ambiente.

## 1. Introdução

Alguns dos grandes desafios que a humanidade tem de ultrapassar, nomeadamente a problemática das alterações climáticas e a degradação do meio ambiente, estão intimamente relacionados com o consumo actual de energia e a formas de obter essa energia. Assim, quanto maior for o consumo energético, mais rapidamente se levará à extinção de várias matérias-primas e consequente degradação do meio ambiente.

De forma a ser possível um desenvolvimento sustentável, o aumento contínuo no consumo energético não se pode manter. Uma das formas de reduzir este consumo energético é a utilização de soluções construtivas projectadas de forma a tirar partido das condições ambientais e, assim, reduzir as necessidades de utilização de sistemas de aquecimento e arrefecimento. Os sistemas de cogeração e trigeração permitem hoje em dia importantes reduções no consumo energético, através da melhoria da eficiência energética, beneficiando simultaneamente o meio ambiente [1].

Face a um enquadramento favorável, aos elevados custos da electricidade e à inexistência de alternativas de abastecimento, levou a que, a partir de 1990, tivessem sido instaladas em Portugal 64 novas centrais de cogeração com motores Diesel, consumindo fuelóleo e totalizando uma potência adicional de aproximadamente 350 MW.

Os sistemas de cogeração são sistemas complexos e de alta tecnologia, mas capazes de tornar as indústrias mais competitivas e mais amigas do ambiente [2]. A actividade da cogeração, em Portugal, passou a ter um enquadramento legal adequado, com uma estrutura transparente de remuneração e que reconhece inequivocamente os benefícios energéticos e ambientais para toda a produção de cogeração [3].

## 2. Cogeração e Trigeração

A cogeração é a geração simultânea de múltiplas formas de energia útil, nomeadamente energia eléctrica e energia térmica, num sistema integrado, a partir de uma única fonte primária [4].

O acentuado desenvolvimento da cogeração durante os últimos anos deveu-se sobretudo aos méritos desta tecnologia ao nível da racionalidade de utilização de energia, da integração da produção de energia eléctrica e energia térmica, junto do local de consumo final, traduzindo-se tipicamente numa poupança de energia primária próxima dos 35%, com reflexos naturais ao nível da factura energética dos utilizadores [5].

Tipicamente, as indústrias necessitam para os seus processos industriais de energia eléctrica e de energia térmica.

Estas indústrias recebem a energia eléctrica da rede nacional e utilizam o fuelóleo, a biomassa, o gás de petróleo liquefeito e, mais recentemente em Portugal, o gás natural, como fonte de energia térmica [5].

Na Fig.1 podemos ver a potência total instalada na União Europeia.

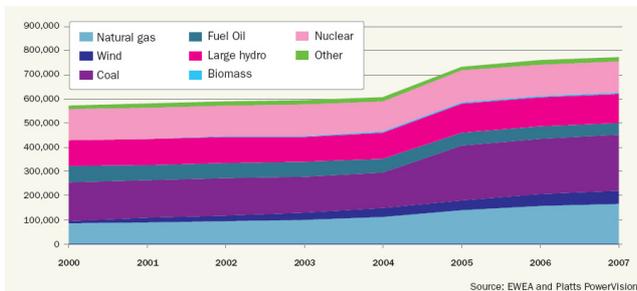


Fig .1. Potência total instalada na União Europeia em 2000-2007 em MW (imagem extraída de [6]).

Estas formas de energia são utilizadas para a produção de ar quente, de água quente, de vapor, sendo posteriormente efectuada a respectiva distribuição interna e utilização em recuperadores de calor, para a transferência de energia. Esta utilização das fontes energéticas por vezes não é a mais eficiente, quer devido à forma como é processada a combustão, quer devido às enormes perdas provocadas pela própria distribuição.

Para muitos dos actuais processos produtivos, existem novas formas de utilização mais eficiente da energia, eliminando diversos factores intermédios, como é o caso da substituição de fluídos intermédios por queima directa, entre outras. De uma eficiente utilização da energia depende em muito a redução dos custos de exploração e das emissões poluentes para o meio ambiente [7].

A cogeração surge, assim, como uma tecnologia interessante ao garantir economias de energia e competitividade acrescida às empresas. A produção combinada de energia térmica e eléctrica num mesmo equipamento destina-se ao consumo da própria empresa ou de terceiros, evitando ou atenuando a utilização de equipamentos próprios de produção de calor e aquisição de energia eléctrica à rede.

Na Fig.2 podemos ver um esquema típico de cogeração/trigeração.



Fig .2. Esquema típico de representação – cogeração/trigeração (imagem extraída de [8]).

A energia térmica proveniente de uma instalação de cogeração pode, neste caso, ser utilizada para produzir frio, através de um ciclo de absorção. Este processo “alargado” de cogeração é conhecido por trigeração ou produção combinada de electricidade, calor e frio.

No sector terciário dos países com climas temperados, como é o caso de Portugal, as necessidades de calor confinam-se aos meses de Inverno. Contudo, nos meses de Verão, o calor pode ser aproveitado para produção de frio, usando um equipamento dedicado à conversão de calor em frio, chamado *chiller* de absorção [4].

A cogeração/trigeração é um processo de produção de energia muito eficiente, possibilitando uma série de benefícios. A nível local, pode reduzir significativamente a factura energética do utilizador, enquanto que a nível global, reduz o consumo das reservas de combustíveis fósseis, conduzindo a uma redução significativa do impacto ambiental do uso destes mesmos combustíveis.

Substituindo o combustível fóssil pelo calor que normalmente é dissipado no processo de geração de energia, este sistema tem uma eficiência três, ou até mesmo quatro vezes superior ao convencional. Pode aplicar-se à indústria e aos edifícios onde há necessidades de energia eléctrica e energia térmica e, usualmente, em situações em que o número de horas anuais de operação seja superior a 4500 horas [4, 8].

### 3. Avaliação Técnico-Económica

A escolha da tecnologia mais adequada a cada aplicação, do conjunto de opções apresentadas, é um procedimento que deve ser realizado de forma cuidadosa e criteriosa, atendendo a diversos aspectos [9].

Um aspecto importante a ser analisado é a relação entre potência e calor, que caracteriza cada tecnologia de cogeração. Uma vez que, de forma geral, essas relações não são coincidentes com relações de procura de potência eléctrica e calor em unidades industriais, a escolha de uma tecnologia em detrimento de outra implica sempre na escolha pelo atendimento pleno de uma das duas formas de procura energética.

A primeira fase deste processo diz respeito à determinação das necessidades energéticas da instalação.

Todas as medidas de economia de energia deverão já ter sido aprovadas, antes de se enveredar por um projecto de um sistema de cogeração. Isto deve incluir a análise de consumos de energia eléctrica e energia térmica, e particularmente de energia para arrefecimento, e da sua distribuição, bem como dos custos correspondentes aos sistemas existentes.

As necessidades de combustíveis, de água quente ou vapor, bem como de frio, durante um período correspondente aos 2-3 anos anteriores, devem estar cuidadosamente registadas.

Os perfis de consumo diário, durante dias típicos, fornecem indicação sobre a utilização potencial da instalação. Previsões sobre consumos e utilizações futuras deverão ser realizadas. A partir das análises anteriores, a razão calor/electricidade é calculada, que é um dos principais critérios pelo qual a máquina é seleccionada [5].

Também deve ser realizado um estudo detalhado sobre possíveis acréscimos de procura. Uma vez determinada a situação actual, é necessário tomar uma decisão sobre a instalação mais adequada para o caso particular, tal como: turbinas de gás, motores alternativos, etc. A estrutura de consumos eléctricos e térmicos e também outros factores, tais como tempos de operação e combustíveis disponíveis, têm que ser tidos em consideração em todas estas avaliações [5]. Uma vez seleccionado este componente principal, será necessário escolher o correspondente equipamento auxiliar e configurar o sistema de cogeração para satisfazer as necessidades energéticas do consumidor.

A fase seguinte consiste na avaliação técnica do sistema, determinando-se os consumos de electricidade e de combustíveis e calculando-se as economias de energia. Sempre que exista legislação regendo estas matérias, esta é uma área em que podem ser impostos limites. À decisão referente à máquina principal segue-se a escolha da unidade de produção de frio. Deve ser elaborada uma lista de máquinas de frio disponíveis com base nas suas características de energia de alimentação que têm que condizer com as características da energia térmica à saída da máquina de base.

A análise económica é que irá provar se a cogeração é aceitável e qual a tecnologia a ser implantada. Para uma instalação de cogeração há três regimes operatórios principais: a unidade funciona de modo a fornecer a energia eléctrica correspondente à base do diagrama de carga eléctrico e a energia térmica produzida; qualquer défice será complementado com electricidade adquirida à rede pública e energia térmica produzida nas caldeiras de apoio ou em aquecedores de reforço; a unidade funciona para produzir electricidade em excesso comparativamente às necessidades do edifício, sendo o excedente vendido à rede, enquanto toda a produção de calor é utilizada no edifício; a unidade funciona de modo a abastecer de electricidade o edifício, com ou sem venda de excedentes à rede, e a energia térmica produzida é utilizada em parte no edifício e a restante vendida a clientes externos.

Usualmente as unidades de cogeração fornecem a energia eléctrica correspondente à base do diagrama de carga eléctrico, sendo o restante consumos eléctrico adquirido às empresas eléctricas distribuidoras. Deve haver algum cuidado de forma a utilizar-se todo o calor produzido pelo sistema.

Como resultados da análise económica são obtidos parâmetros de rentabilidade, geralmente o período de retorno simples do investimento, o VAL – Valor Actual Líquido e a TIR – Taxa Interna de Rentabilidade, permitindo que uma decisão seja tomada sobre a viabilidade do sistema seleccionado [5].

## 4. Aplicação na Indústria

No actual período de incertezas na produção e transmissão de energia eléctrica, a utilização dos sistemas de cogeração tornou-se uma grande oportunidade económica, estratégica e tecnológica, para as pequenas e médias empresas, considerando a extensão e perspectivas de expansão da rede de distribuição de energia.

O aumento das taxas, associada à perspectiva de retoma do crescimento económico e à incerteza quanto a expansão da oferta de electricidade, faz com que a cogeração comece a ser avaliada como uma solução economicamente viável para o fornecimento de energia e garantia de operação das empresas [5]. Nesse sentido, será estudada a viabilidade das tecnologias de cogeração/trigeração para aplicação na indústria de serração de madeira e mobiliário.

Em instalações industriais, o projecto de uma central de cogeração é dimensionado em função das necessidades de calor, sendo a produção de energia eléctrica resultante da anterior condição.

Pretende-se executar um projecto de economia energética visando a produção combinada de vapor e energia eléctrica, utilizando subprodutos de madeira próprios, casca de pinho, serrim, pó de lixadeiras e desperdícios.

A instalação compreenderá basicamente a substituição de parte da actual rede de tubagens e da substituição da caldeira de baixa pressão de água sobreaquecida de 1000 Mcal / h existente, por um gerador de vapor de alta pressão a 20 bar, com a capacidade nominal de 5.5 Ton/h. O Vapor produzido pela caldeira passará por uma turbina de contra-pressão e o escape desta alimentará os dois secadores de madeira existentes e os dois novos secadores/aero-arrefecedores a instalar.

Nestas condições conseguir-se-ão além dos benefícios da autoprodução de energia eléctrica, eliminar-se todos os resíduos de madeira existentes e sem qualquer outra utilização, obtendo-se assim uma melhoria do rendimento global da instalação.

Prevê-se ainda a instalação de um desgaseificador térmico, em substituição do tanque de alimentação e expansão de água existente, de forma a permitir um funcionamento a 105 °C, utilizando para o aquecimento o vapor de escape da turbina com a vantagem de reduzir significativamente o teor de oxigénio na água de alimentação da caldeira, permitindo ao mesmo tempo reciclar uma parte do vapor da turbina com a vantagem de aumentar a energia eléctrica produzida.

O novo equipamento de produção irá ser instalado num edifício próprio, em alvenaria, insonorizado para o efeito. De acordo com o PIP – Pedido de Informação Prévio, não há inconveniente numa potência instalada de 325 kVA, para uma Scc mínima de 27 MVA. Assim, e conforme o disposto no artigo 11 do D.L. 189/88, de 27 de Maio, com a redacção do DL. Nº 313/95, de 24 de Novembro, o valor da potência aparente a instalar é inferior ao limite legal.

### A. Regime de Funcionamento

Dado o elevado grau de automatização dos equipamentos a instalar, associado ao facto de quer a caldeira, quer a turbina, serem equipamentos de grande fiabilidade, prevê-se um regime de funcionamento de 8000 horas/ano.

Este novo grupo de produção de energia eléctrica não irá ter qualquer influência nos consumos da fábrica, visto que, irá aproveitar um subproduto pobre da madeira, casca, podendo-se eventualmente vender a melhor preço os resíduos secos agora utilizados, raspa de madeira, na caldeira de água quente, que entretanto será desactivada.

### B. Produções e Rendimentos

A quantidade de combustível disponível anualmente é de cerca de 9200 Ton de casca de pinheiro com um PCI médio de 9,3 MJ/Kg. Com esta quantidade de combustível serão produzidos 2100 MWh/ano de energia eléctrica.

A energia térmica produzida pelos geradores de vapor, além da produção de energia eléctrica, é utilizada nos secadores de madeira e aquecimento ambiente, indispensável numa indústria de madeiras.

### C. Balanço Económico

Para a instalação da nova unidade de produção de energia eléctrica está previsto um investimento total cerca de 500000 €. Dado que se prevê a venda total de energia eléctrica ao Sistema Eléctrico Público (SEP), o retorno deste investimento está na quantidade de energia eléctrica fornecida ao SEP.

Assim, a poupança económica é de 2100 MWh/ano de energia eléctrica, produzidos pelo novo gerador, que, vendida ao SEP a preços médios de 2005 (0,085€/kWh), corresponde a 178500 €/ano, estimando-se assim o período de retorno de investimento em 60 meses.

### D. Impacto Ambiental (Ruído) e Segurança

O equipamento de produção irá ser instalado no edifício fabril, devendo cumprir com o estabelecido por Lei (Regulamento Geral Sobre o Ruído Decreto-Lei nº 251/87, de 24 de Junho).

A nível de segurança, foram contemplados os seguintes aspectos:

1) *Protecção contra incêndios*: a instalação obedecerá às normas de segurança em vigor, dispondo de diversos equipamentos contra incêndio, nomeadamente, de detecção e de combate.

2) *Protecção contra contactos acidentais com peças em movimento ou a altas temperaturas*: as diversas tubagens e condutas quentes e peças em movimento estarão protegidas, as primeiras com isolamento térmico e protecção mecânica, e, as segundas, através de dispositivos adequados.

3) *Protecção contra contactos directos*: serão escolhidos materiais com índice de protecção adequado e por afastamento.

4) *Protecção contra contactos indirectos*: será estabelecida ligação das massas metálicas a rede de terras.

5) *Informação de segurança*: serão afixados quadros com instruções de primeiros socorros, para vítimas de electrocussão, bem como luvas e tapete isolante, no posto de transformação.

A instalação eléctrica cumpre assim com o disposto no Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento, e com o disposto no Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica.

## 5. Conclusões

Nesta comunicação são abordados os sistemas de cogeração e trigeração, que visam a produção combinada de energia eléctrica, calor e frio. A cogeração/trigeração é uma alternativa que pode viabilizar economicamente a autoprodução, sendo no entanto necessário analisar previamente os condicionantes técnicos e económicos. A implementação destes sistemas permite que uma empresa possa beneficiar de um incremento na eficiência energética e uma diminuição no impacte ambiental. No caso da empresa em estudo nesta comunicação, no âmbito da indústria de serração de madeira e mobiliário, a instalação de um sistema de cogeração permitiu, para além dos benefícios de autoprodução de energia eléctrica, eliminar todos os resíduos de madeira existentes, obtendo-se assim uma melhoria global no rendimento da instalação.

## Referências

- [1] J.C. Creyts e V.P. Carey, "Use of extended energy analysis as a tool for assessment of the environmental impact of industrial processes," *Advanced Energy Systems Division*, Vol. 37, pp. 129-137, 1997.
- [2] GPG227, *How to Appraise CHP*, Good Practice Guide no. 227, Energy Efficiency in UK – Best Practice Program, United Kingdom Department for the Environment, Transport and the Regions, 1999.
- [3] [www.cogenportugal.com](http://www.cogenportugal.com)
- [4] R.M.G. Castro, *Introdução à Cogeração*, Energias renováveis e produção descentralizada, Instituto Superior Técnico, 2007.
- [5] S.S. Brandão, *Cogeração*, Universidade de Coimbra, 2004.
- [6] [www.ewea.org](http://www.ewea.org)
- [7] J.P.S. Catalão, S.J.P.S. Mariano, V.M.F. Mendes, e L.A.F.M. Ferreira, "Short-term scheduling of thermal units: emission constraints and trade-off curves," *European Transactions on Electrical Power*, Vol. 18, pp. 1-14, 2008.
- [8] C. Fortunato e L. Neves, *Optimização de uma Central de Cogeração e Trigeração*, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2007.
- [9] E. Ghisi. *Estudo da Viabilidade Técnica e Económica em Sistemas de Cogeração*, Centro de Ciências e Tecnologias, 2006.