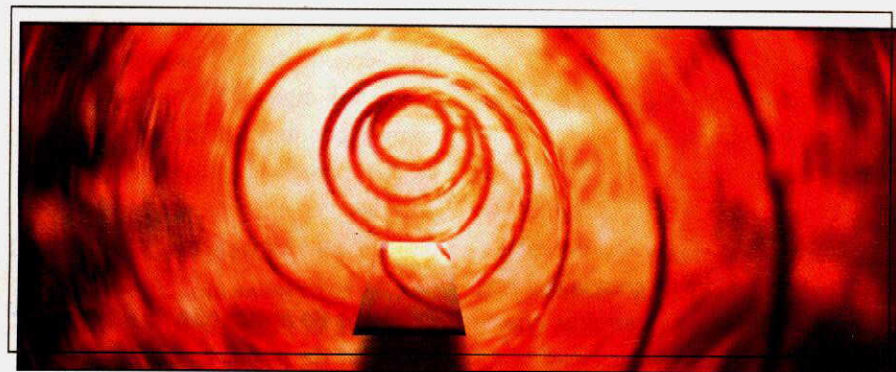


Aplicações da Cogeração no Setor de Papel e Celulose

Cogeneration Applications in the Pulp and Paper sector
Aplicaciones de Cogeneración en el Sector de Papel y Celulosa



*Alejandro López
*Javier de la Calle
*Mario Fontes

Palavras-chave: cogeração, eficiência energética, projetos de energia

Resumo

Este artigo mostra uma visão geral da cogeração como opção de fornecimento de energia com muito boa eficiência e significativa redução de custos de produção. A cogeração pode ser considerada um investimento de alta rentabilidade e garantia de fornecimento de energia de alta qualidade. A indústria do papel, com sua grande demanda de energia, apresenta importante potencial para este tipo de instalação. A seguir são analisados dois projetos de cogeração respectivamente em duas plantas deste setor.

Conceitos básicos da cogeração

A cogeração é um processo em que se pretende a produção de energias elé-

trica e térmica de forma simultânea para satisfazer às necessidades de uma indústria no próprio centro de consumo e a partir de um único combustível.

Esta tecnologia permite atender às necessidades energéticas (elétrica e térmica) da unidade industrial a partir de uma única fonte; reduzir custos energéticos; otimizar o balanço energético da indústria, diminuindo perdas; a independência parcial (só em horas-ponta, por exemplo) ou mesmo total do fornecimento elétrico externo; maior segurança no fornecimento elétrico ao dispor de duas fontes independentes (a rede externa e a unidade de cogeração); e, como consequência, aumenta a competitividade por parte do usuário.

Abstract

This article shows a basic view of cogeneration as an energy supply option with a very good efficiency and the consistent reduction of production costs. Cogeneration could be considered as a high profitability investment and guarantees a high quality electric supply. Paper Industry, due to the large energy demands presents an important potential for this kind of installations. Next are shown two cogeneration projects corresponding to two plants in this sector.

Key words: cogeneration, energy efficiency, energy projects

* IBERESE, S.A.

A cogeração constitui-se, portanto, em uma alternativa muito interessante para as indústrias, grandes consumidoras de energia, dado que, partindo de um combustível convencional (gás natural, óleo Diesel etc.) obtém-se as energias elétrica e térmica consumidas pela empresa. Desta maneira, o custo energético total (elétrico e térmico) é significativamente menor que o, no caso, gerado pela aquisição separadamente das energias das companhias distribuidoras de eletricidade e os combustíveis, o que faz com que os investimentos em cogeração sejam de alta rentabilidade. Além do que, a eletricidade é produzida nos próprios centros de consumo, evitando-se desta maneira os custos e as perdas de transporte desde as centrais convencionais.

Portanto, tanto em nível de economia particular como da economia nacional, a cogeração é uma alternativa de grande interesse para a geração energética.

A cogeração pode ser considerada um investimento necessário para diminuir custos energéticos e garantir o fornecimento de energia elétrica. Os cortes elétricos supõem para as empresas perdas por paradas do processo de produção, mas igualmente, pela deterioração de certos equipamentos específicos, que, diante da falta não-programada de eletricidade, sofrem graves problemas de manutenção.

Os setores industriais mais aptos à implantação de sistemas de cogeração são os que apresentam características, como necessidade simultânea de consumo térmico e elétrico; altas demandas energéticas; e regime de trabalho maior que 8 mil horas/ano (3 turnos de trabalho).

Os sistemas de cogeração, utilizando turbinas de vapor vêm sendo empregados pelas indústrias de papel e açúcar. A novidade que se produziu nos últimos 20 anos é o emprego de turbinas de gás e motores alternativos - a diesel ou gás - e sua aplicação a outros tipos de indústrias muito diversas.

Os fatores que favorecem a instalação de unidades de cogeração são, principalmente, os seguintes:

- disponibilidade de gás natural;
- estrutura dos custos energéticos, ou seja, diferencial entre o custo elétrico e térmico (quanto mais cara é a eletricidade frente ao combustível empregado tanto mais rentável será a unidade de cogeração);
- disponibilidade de equipamentos confiáveis e testados;
- existência de um dispositivo legal definido que regule fundamentalmente as relações entre o cogrador e a companhia distribuidora de energia elétrica.

Entre as principais barreiras que se opõem à implantação de sistemas de cogeração por parte de potenciais usuários estão as seguintes:

- insuficiente regulamentação;
- falta de um compromisso claro de compra dos excedentes elétricos por parte das companhias distribuidoras de eletricidade;
- necessidade de se firmar contratos a longo prazo, que regulem os preços do combustível e a compra e venda de eletricidade;
- exigência de necessidades financeiras importantes para fazer frente aos investimentos;
- incerteza dos preços energéticos;
- necessidade de dedicar recursos humanos e econômicos a atividades distintas às do próprio negócio.

Existe uma série de elementos comuns a todos os sistemas de cogeração, como as fontes de energia primária, que podem ser gás natural, GLP, óleo diesel etc., dependendo de critérios de disponibilidade e de custos. O elemento motriz pode ser uma turbina de gás, um motor de combustão interna ou uma turbina de vapor.

O elemento que transforma a energia mecânica do motor ou turbina em energia elétrica é um alternador acoplado ao seu eixo.

A cogeração, por sua própria definição, implica também no aproveitamento do calor produzido pelo elemento motriz. Esta energia térmica se obtém na forma de gases de escapamento quentes no caso de turbina de gás e na forma de gases e também de água quente no caso dos motores.

A maneira de aproveitar o calor obtido depende do processo industrial em que se vai implantar a cogeração, sendo as mais comuns a utilização direta dos gases em processos de secagem ou a produção de vapor de água para substituir o das caldeiras convencionais.

Critérios de aplicação da cogeração no setor de papel e celulose

As indústrias do setor de papel e celulose são grandes consumidoras de energia térmica para a geração de vapor. A cogeração mediante ciclo simples com turbinas ou motores de combustão interna resulta particularmente interessante neste tipo de indústria, dado que se pode utilizar da energia térmica procedente destes equipamentos.

A aplicação típica da cogeração neste tipo de indústria ocorre mediante o aproveitamento dos gases de escapamento de motores ou turbinas de gás (principalmente estas últimas) em caldeiras de recuperação de vapor. Em alguns casos, a instalação com turbina de gás se otimiza com o apoio de queimadores de pós-combustão.

No estudo de uma instalação de cogeração é necessário definir com a maior precisão a forma em que se vai aproveitar o calor dos gases de escapamento dos grupos geradores, assim como o destino dos excedentes elétricos. Efetivamente, se uma instalação de cogeração é dimensionada para produzir a totalidade do vapor necessário de uma unidade de tamanho médio ou grande, a potência elétrica gerada será muito superior à demandada pela fábrica. As

sim, existirão grandes excedentes elétricos que poderão ser postos à disposição da companhia distribuidora.

Se o preço de compra dos excedentes elétricos não é suficientemente alto para que resulte rentável a sua venda, a unidade de cogeração será dimensionada para produzir só a energia elétrica para autoconsumo, sem que se produzam praticamente excedentes. Neste caso, haveria que se adicionar mais calor para a geração de vapor que o produzido pela turbina ou motor.

Cogeração com motores

A cogeração com motores (de gás natural ou óleo diesel) tem sua principal aplicação, na indústria de papel e celulose, em unidades de baixo consumo elétrico, em que o que importa é um bom rendimento elétrico do equipamento. Neste tipo de instalações, prioriza-se a produção de energia elétrica, sendo a geração do vapor pelo motor por si só insuficiente para a fábrica. Para tanto, utiliza-se o apoio das caldeiras atuais.

A energia térmica produzida por um motor encontra-se na forma de gases de escapamento, de água quente procedente da refrigeração da água dos cilindros e do óleo lubrificante e do ar, no caso de

motores turbo-alimentados. As energias tecnicamente aproveitáveis são as dos gases de escapamento e a da água de refrigeração dos cilindros, pois as outras são em pequena quantidade e a temperaturas relativamente baixas.

A energia contida na água de refrigeração recupera-se através de água quente em um trocador de calor água-água. Esta água quente permite, por exemplo, pré-aquecer a água de alimentação da caldeira. Isto é possível quando a temperatura desta água for menor que 80 °C.

As características que diferenciam os motores das turbinas são os rendimentos elétricos superiores (à ordem de 40%); vazão de gases de escapamento inferior (é possível gerar em torno de 0,8 t/h de vapor por MWe); e possibilidade de aproveitamento energético da água quente (90 °C) do circuito de refrigeração de alta temperatura.

A continuação, na figura 1, apresenta-se em um esquema básico de uma unidade real que está sendo estudada para o Brasil.

Os gases de escapamento dos motores são conduzidos a uma caldeira de recuperação de energia contida nos referidos gases, onde se produz vapor. As condições do vapor serão as mesmas que as

atualmente requeridas. Quando os gases de escapamento não gerarem a totalidade da demanda de vapor necessária, será a atual caldeira de vapor de gás natural a que produzirá o restante do vapor.

Não se desenvolve o estudo devido a este tipo de instalação não ser representativo neste setor. Realiza-se o desenvolvimento para uma instalação com turbinas de gás, que são as que predominam nestas indústrias.

Cogeração com turbinas de gás

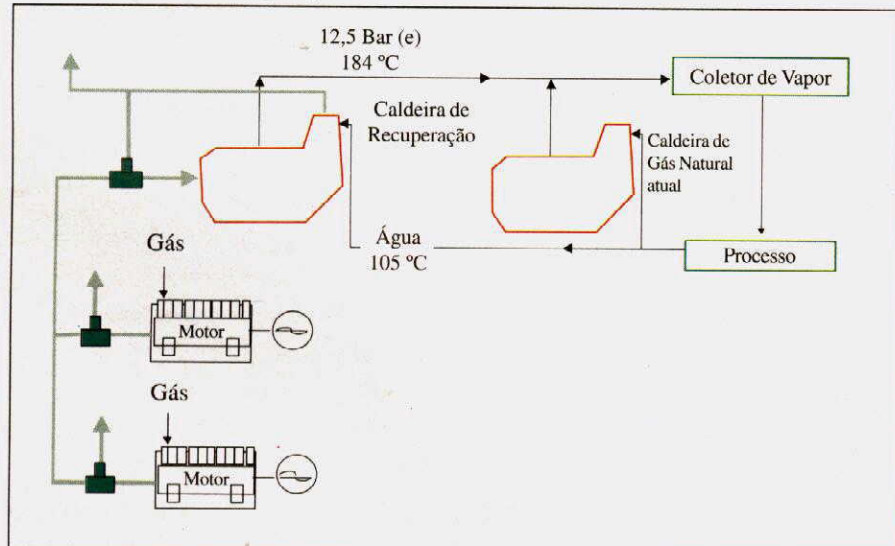
As turbinas de gás para cogeração apresentam uma série de características, tais como rendimento elétrico menor que os motores (à ordem de 30%); geração de grandes quantidades de gases quentes (obtem-se algo da ordem de 2 t/h por MWe), a temperaturas relativamente altas (entre 450° e 550° C); e possibilidade de utilização dos gases de escapamento como ar de pós-combustão até esgotar o conteúdo de oxigênio dos mesmos (à ordem de 15%) e elevar assim ainda mais a sua temperatura.

Estas características fazem com que as turbinas de gás sejam especialmente adequadas às indústrias de papel e celulose, para sua utilização em caldeiras de recuperação através dos gases de escapamento. Com o apoio de queimadores de pós-combustão no conduto de ar, a produção de vapor pode aumentar consideravelmente. Na seqüência, segue um exemplo concreto de cogeração com turbina de gás e com a geração de vapor com pós-combustão.

A instalação que vamos apresentar consiste em uma unidade com os seguintes dados:

- Regime de funcionamento 8.760h/ano;
- Potência média consumida 9.500kWe;
- Vazão de vapor médio 37,4 t/h;
- Pressão do vapor saturado: 12 kg/cm².

Figura 1: unidade de cogeração com motores de combustão interna



Considera-se a instalação de duas turbinas de gás, com aproveitamento dos gases de escapamento em duas caldeiras de recuperação. Cada turbina pode gerar em torno de 10,6 t/h de vapor. Este é um claro exemplo no qual o apoio com queimadores de pós-combustão nos condutos de gases de escapamento otimizam a unidade de cogeração. Estes queimadores consomem gás natural, aproveitando o oxigênio existente nos gases de escapamento da turbina, e elevam a temperatura para gerar a totalidade do vapor necessário.

Prevê-se que o alternador a ser instalado seja interconectado em paralelo com a rede de fornecimento elétrico pública, onde se poderão realizar intercâmbios de energia em ambos os sentidos, sem que a potência produzida pelo alternador seja limitada pela potência consumida na unidade.

A potência elétrica produzida pelo grupo turbo-alternador diminui de acordo com as elevações da altitude do local; da temperatura ambiente; e das perdas de carga na admissão e no escapamento.

O consumo de combustível do grupo turbo-alternador diminui a mesma maneira que a energia elétrica produzida, só que este não depende das perdas de carga na admissão e escapamento.

Uma vez calculadas ou estimadas as perdas de carga, e considerando a altitude e a temperatura média do local, obtém-se os seguintes parâmetros de funcionamento:

- Potência elétrica 4.622 kW;
- Consumo de combustível: 53,2 MMBtu = 15.593 kW;
- Vazão dos gases: 71.955 kg/h;
- Temperatura dos gases: 490°C;
- Rendimento elétrico: 29,6%;
- Rendimento térmico: 45,7%;
- Rendimento total: 73,9%.

Dado que a finalidade de todo equipamento de cogeração é o aproveitamento máximo da energia de escapamento

dos gases, devemos comparar o conteúdo entálpico dos mesmos com o consumo térmico necessário à geração do vapor. Para isto, faz-se um balanço de energias e obtém-se a energia que se há de incrementar com os queimadores de pós-combustão. Nesta unidade, o balanço reflete os seguintes valores:

- Potência térmica para a geração do vapor: 84,7 MMBtu;
- Potência térmica de turbinas de gás: 48,8 MMBtu;
- Potência térmica de queimadores de pós-combustão: 35,9 MMBtu.

A regulagem da vazão de vapor, diante de variações na demanda, realiza-se através de um sistema de controle que atua sobre um distribuidor de gases e sobre a potência do queimador de pós-combustão. O distribuidor de gases consiste em uma válvula de três vias que regula a vazão que vai à caldeira de recuperação, sendo o restante emitido à atmosfera. Neste sentido, o impacto ambiental é mínimo, posto que a

combustão do gás natural, combustível isento de enxofre, é muito limpa, sendo os gases de escapamento, quase em sua totalidade, CO_2 e O_2 .

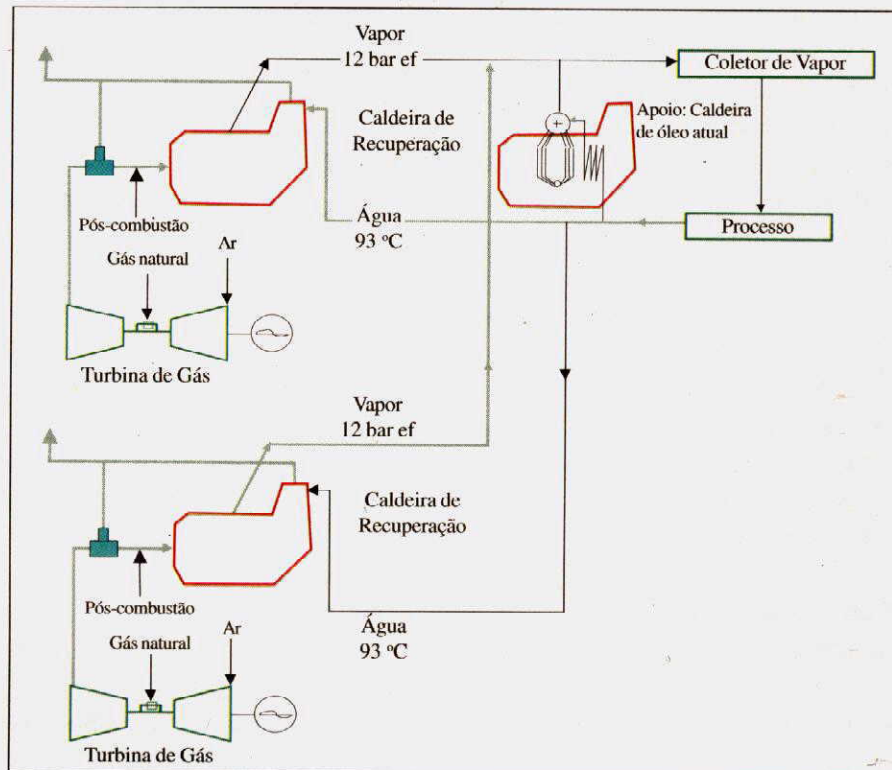
Quando uma das turbinas estiver em manutenção, serão as atuais caldeiras as responsáveis pela geração do vapor. A continuação, na figura 2, mostra-se no esquema básico da unidade.

Os resultados previstos de funcionamento anual da cogeração são os seguintes:

- Consumo térmico sem cogeração: 1.060.035 MMBtu;
- Consumo de gás natural em turbinas: 885.72 MMBtu;
- Consumo de gás natural em pós-combustão: 298.808 MMBtu;
- Consumo nas caldeiras atuais: 53.001 MMBtu;
- Energia elétrica consumida sem cogeração: 83.220.000 kWh;
- Energia elétrica produzida: 76.935.839 kWh.

A unidade estará conectada à rede

Figura 2: unidade de cogeração com turbinas de gás



elétrica, podendo tanto importar energia como exportá-la quando necessário. Nesta unidade, sempre existirá um contrato de compra com a companhia distribuidora de energia elétrica, e igualmente um contrato de venda dos excedentes. Quando a fábrica diminui a sua produção e, portanto, seu consumo elétrico, existirão excedentes que serão vendidos.

Uma vez comprovada a viabilidade técnica e legal da instalação estudada, passa-se a calcular a economia a ser obtida com a instalação da cogeração. Esta economia é gerada conseqüentemente a partir do importante diferencial existente entre as tarifas de compra de gás e de eletricidade. No caso da cogeração com turbinas de gás, a economia apareceria na fatura elétrica, tanto pela não compra da energia como pela venda dos excedentes em relação ao consumo adicional de gás.

Considerando-se ainda custos adicionais, como o de manutenção, a recuperação do investimento (*pay-back* simples) está em torno dos três anos e meio.

Uma questão que costuma se apresentar na hora de decidir o investimento em uma unidade de cogeração é conhecer a variação da rentabilidade com os distintos fatores que intervêm na mesma, principalmente, tarifa de gás, de compra de energia elétrica e de venda de energia elétrica; além do total de horas de funcionamento anual.

As hipóteses que influirão desfavoravelmente na rentabilidade da instalação serão o aumento nas tarifas do gás e a diminuição nas tarifas de compra e venda de eletricidade.

Financiamento das unidades de cogeração

Existem várias fórmulas para se financiar uma unidade de cogeração. Entre elas:

- TK (*Turn-Key*) ou 'Chave-na-Mão': o próprio cliente dedica parte de seus recursos econômicos para instalar a unidade. Esta fórmula está sendo adotada no Brasil, em alguns poucos grupos industriais, que dispõem de capital para este tipo de investimento;

- BOT (*Build, Operate and Transfer*): neste caso, uma empresa externa à fábrica, realiza o investimento e faz a gestão da energia elétrica e térmica ao cliente industrial. Ao final de um período determinado, a unidade passa a ser propriedade do cliente, que passará então a efetuar sua própria gestão na unidade de cogeração. Esta é a fórmula que mais está sendo adotada no Brasil para unidades de cogeração de pequenas potências (< 50 MWe). Nesta fórmula surgem muitos projetos que apresentam interesse para o industrial (não realiza o investimento e assegura o fornecimento energético com economias apreciáveis), assim como para a empresa financiadora e gestora da unidade;

- BOOT (*Build, Operate, Own and Transfer*): é similar à fórmula BOT, só que ao final do período estipulado, a unidade não é transferida em sua totalidade ao industrial. Uma porcentagem é conservada pela empresa financiadora. Nesta fórmula, o industrial consegue que a gestão da unidade seja compartilhada e se aproveita da experiência da outra empresa.

Conclusões

As instalações de cogeração aplicadas a empresas do setor de papel e celulose apresentam rendimentos energéticos elevados (>70%), economias importantes nos custos energéticos e segurança no fornecimento de energia elétrica.

Por outro lado, estas instalações constituem um investimento com taxas de rentabilidade elevadas e com um grau de confiança de que as variações das condições externas de preços não influam de

forma importante nesta rentabilidade.

Assim, pode-se concluir que as indústrias deste setor dispõem de um grande potencial como receptoras de instalações de cogeração. ▲

NOTAS DE ÚLTIMA HORA



Interpack 2002: prazo para inscrições

O prazo para inscrições na *Interpack 2002* termina em 28 de fevereiro/2001. A *Interpack* ocorre entre os dias 24 e 30 de abril/2002, em Düsseldorf, Alemanha, e deve reunir expositores de diversas áreas do setor de embalagem. Mais informações podem ser obtidas pelo tel.: +49 (0) 211 456-0464 ou e-mail SpamerS@messe-duesseldorf.de

Direto da Fonte

Indústria papelera

A Universidade Politécnica de Catalunya promoverá, entre os dias 23 e 26 de janeiro, o curso *Introducción a la Industria Papelera, Iniciación al Conocimiento del Papel*. O curso visa à atualização tecnológica da fabricação de celulose e papel, bem como ao conhecimento das propriedades gerais do papel, em vista de sua utilização. Mais informações podem ser obtidas pelo tel.: 93 739-8172 ou e-mail colom@etp.upc.es

Direto da Fonte

Taxa ambiental entra em vigor

Está valendo desde o início deste ano a cobrança da Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental, a partir da lei sancionada em 27 de dezembro último pelo presidente da República, Fernando Henrique Cardoso (FHC). Porém, dois vetos foram feitos por FHC. O primeiro excluiu o dispositivo que previa a cobrança da taxa de projetos agrícolas e de criação intensiva de animais, e o outro foi sobre a cobrança para construir rodovias, ferrovias e hidrovias. Este item previa ainda a incidência da taxa sobre distrito e pólo industrial.

Fonte: *Jornal O Estado de S.Paulo*