

## SISTEMA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA

**Antoni Pilon<sup>1</sup>, Gillian Da Luz<sup>1</sup>, Logan Pillon Dias<sup>1</sup>, Thaís Marques Madeira<sup>1</sup>, William Rampinelli<sup>1</sup>, Reginaldo Tassi<sup>1, 2</sup>, Tales Alfredo Cittadin<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Maximiliano Gaidzinski/Colégio Maximiliano Gaidzinski

<sup>2</sup>Instituto Maximiliano Gaidzinski/Departamento Técnico/Colégio Maximiliano Gaidzinski/tales.cittadin@satc.edu.br

**Resumo:** Tendo em vista que a necessidade das empresas usarem a cogeração de energia elétrica vinha desde a década de 40, tornando-se assim um processo muito comum, pois não havia as grandes centrais hidroelétricas ou outras fontes centralizadas de energia. A cogeração de energia se traduz na produção simultânea de duas ou mais utilidades, calor de processo e energia eletromecânica, a partir de uma mesma fonte energética. Isto pode resultar no benefício econômico da redução de custos de combustíveis, quando comparada à produção das utilidades separadamente, e também em benefícios ambientais como a redução de emissão de poluentes como o CO<sub>2</sub> para a atmosfera, decorrentes da queima de combustíveis. Entretanto a viabilidade de um empreendimento de cogeração depende também de outros fatores, tais como o preço da eletricidade, do combustível, etc. Por isso a decisão do investidor deverá ser amparada em uma análise que envolve tecnologia empregada, o benefício econômico e a estratégia de atuação no mercado de eletricidade. Pretende-se com este trabalho fazer uma abordagem sistêmica dos aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais, de forma a consolidar a visão atual do empreendimento de cogeração como parte intrínseca do sistema elétrico nacional, em suas várias vertentes.

**Palavras-Chave:** Viabilidade, energia, cogeração, economia.

### 1 INTRODUÇÃO

A cogeração é definida como o processo de produção combinada de energia elétrica e térmica, destinando-se ambas ao consumo próprio ou de terceiros. Há informações que no Brasil, aproximadamente 87,5% da energia elétrica fornecida provém de usinas hidrelétricas (BASQUEROTTO, 2010). No entanto, sabe-se que tal fonte de energia tem um custo muito alto de implantação e, geralmente, está distante dos consumidores e causam expressivos impactos sócios ambientais. Com isso a cogeração surge como uma alternativa interessante de garantir economia de energia e competitividade acrescida às empresas.

Consequentemente com o grande aumento das indústrias e o interesse pela cogeração, observou-se uma possível evolução na utilização de novas formas de combustíveis que até então eram descartados. Entretanto para compreender todo este vasto ramo da cogeração de energia elétrica dentro de suas varas aplicações é necessário ter um conhecimento abrangente sobre a sua origem, suas vantagens e desvantagens, podendo observar se a mesma causa benefícios ou malefícios para a seu fins.

Este trabalho tem como objetivo descrever e analisar todo o processo da cogeração de energia elétrica, conhecendo e explorando gradativamente este campo que

vêm tomando gradativamente seu espaço no mercado. Junto com seus prós e contras, e todo o desenvolvimento para um maior conhecimento desta área em questão.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Cogeração de energia

Segundo Oddone, “Co-geração é definida como o processo de transformação de uma forma de energia em mais de uma forma de energia útil.” A cogeração apresenta alta eficiência energética, pois não há o desperdício de energia térmica (como ocorre nas termelétricas puras), pois essa energia é utilizada em processos industriais, como secagem, aquecimento, cozimento, destilação.

Possibilita melhor aproveitamento do gás, com mais eficiência e custos atrativos para o usuário devido a grande produção de energia e calor de serviço com o combustível que seria utilizado apenas para que realizasse um serviço. Devido a grande produção de energia com um sistema de cogeração, a indústria pode ter uma independência parcial ou até total da concessionária da energia devido ao fato de grande produção de energia.

Na Figura 1, temos um único combustível que será utilizado como fonte de energia térmica e energia mecânica no qual a energia térmica será utilizada no processo e a mecânica irá posteriormente gerar a energia mecânica na ponta do eixo de um gerador.

**Figura 1:** Processo de Cogeração de energia.



## 2.2 Vantagens

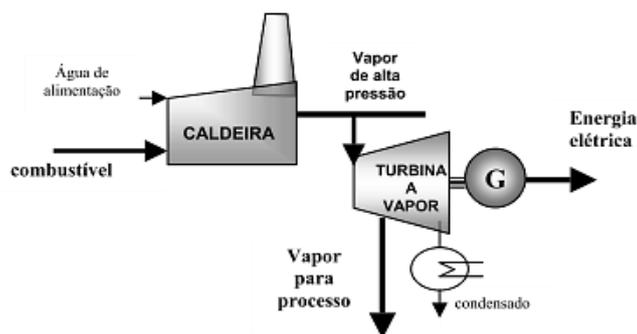
A cogeração representa uma alternativa de elevada eficiência energética, que permite reduzir a fatura energética dos consumidores com necessidades simultâneas de calor e eletricidade. Além disso, a cogeração apresenta a grande vantagem de reduzir o consumo de energia primária, podendo reduzi-la de 15 a 30 % (ODDONE, 2009).

Outra vantagem da cogeração é a redução do impacto ambiental causado pela transformação de energia, pois com a utilização de combustíveis fósseis resulta numa diminuição significativa das emissões de gases poluentes. Ao produzir a eletricidade e o calor no local da sua utilização, a cogeração permite ainda reduzir os custos de transporte e distribuição da energia elétrica.

## 2.3 Sistema de cogeração a vapor

A grande vantagem deste sistema é a possibilidade da utilização de qualquer tipo de combustível, o que o torna como única opção em diversos casos, a queima de carvão e a utilização do gás natural. A potência destes ciclos geralmente é encontrada em valores de 0,5 a 100 MW, podendo chegar até a 1.350 MW (BASQUEROTTO, 2010).

Como mostra a Figura 2, a queima do combustível é realizada na caldeira, desta maneira, a energia térmica liberada é transferida como fluido de trabalho, que atinge temperaturas desde alguns graus de superaquecimento até acima de 500°C, após este processo o vapor chega a turbina, onde o mesmo a alta pressão e temperatura são expandidos, convertida em cinética durante sua expansão, e em seguida a quantidade de movimento do fluxo de vapor é transferida às palhetas fixas e móveis do rotor transformando-se em trabalho do eixo no qual após criar esta energia chega ao condensador, onde são retirados o calor da pressão saturada que sai da turbina para que haja a condensação da água.

**Figura 2:** Sistema de cogeração a vapor.

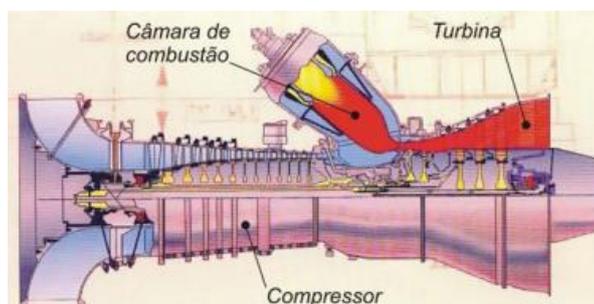
**Fonte:** Adaptado de Newton Paterman Brasil.

## 2.4 Sistema de cogeração a gás

Os sistemas de cogeração de gás natural são ambientalmente sustentáveis, pois produzem baixo nível de CO<sub>2</sub> para a atmosfera possibilitando assim uma redução dos impactos ambientais atingindo o patamar de 1.200 MW de potencia.

No sistema de cogeração a gás natural, envolvera uma turbina que consiste em uma máquina de combustão interna de construção compacta podendo utilizar uma diversidade de combustíveis tanto líquidos quanto gasosos.

A Figura 3 representa o funcionamento de uma turbina a gás onde na parte superior da câmara de combustão tem-se a entrada de combustível e ar para que ocorra a combustão. Após este processo o ar em alta temperatura é expandido para a turbina onde irá haver a criação da energia mecânica através do movimento giratório das aletas do eixo da turbina.

**Figura 3:** Funcionamento de uma turbina a gás.

**Fonte:** Adaptado de JESUS, Marcelo.

## 2.5 Tipos de Cogeração

As centrais de cogeração são compostas por: motor alternativo ou turbina a vapor, turbina a gás e outras possíveis combinações. A aplicação da cogeração é convencionalizada de duas formas: energia eletromecânica topping e energia térmica bottoming.

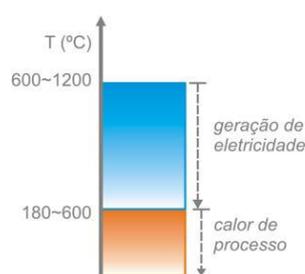
### 2.5.1 Cogeração Topping

Através da energia disponibilizada pelo combustível o primeiro aproveitamento se dá para a geração de energia eletromecânica (altas temperaturas), e em seguida para o aproveitamento de calor útil, sendo o rejeito da geração elétrica no qual este calor poderá ser usado como uma fonte de energia para secadores situados dentro das empresas, principalmente das empresas cerâmicas.

Esta é a tecnologia empregada na maioria das indústrias, considerando que grande parte dos processos industriais demanda calor a baixas temperaturas.

A Figura do gráfico 4 mostra que o objetivo principal da cogeração topping é a obtenção da energia elétrica no final de seu processo. No início é gerado o calor, que é chamado de calor de processo, logo após esse calor é transformado em energia mecânica, tendo-se então na segunda parte do processo a geração de energia elétrica.

**Figura 4:** Cogeração Topping.



**Fonte:** Adaptado de JESUS, Marcelo.

### 2.5.2 Cogeração Bottoming

Este tipo de cogeração é de utilização restritamente, uma vez que o calor rejeitado pelos processos industriais se encontra em níveis de temperatura geralmente insuficientes para o seu emprego na produção de energia eletromecânica. Alguns processos industriais (siderúrgicas, fornos cerâmicos, cimenteiras, refinarias de petróleo)

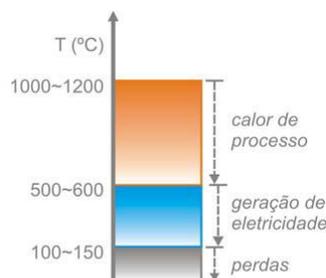
operam em altas temperaturas, entre 1000~1200°C. Após o processo, os gases de exaustão ainda encontram-se a temperaturas elevadas (500~600°C).

Ao invés de descartá-lo diretamente na atmosfera, este calor residual pode ser direcionado a um trocador de calor, para produção de vapor que alimentará uma turbina a vapor. Desta forma, a energia contida no combustível pode ser mais bem aproveitada, com o uso inicial em uma carga térmica e na seqüência a produção de eletricidade num ciclo do tipo *bottoming*.

Este tipo de cogeração apresenta, em geral, rendimentos eletromecânicos inferiores aos encontrados no tipo *topping*, que trabalham com temperaturas mais elevadas obtidas da queima direta de combustíveis.

A Figura do gráfico 5 demonstra que o objetivo principal da cogeração Bottoming é obter energia térmica (calor de processo) ao final do ciclo. Esse processo apresenta algumas perdas que são praticamente desconsideradas, pois as mesmas são geradas logo no início do processo, não interferindo no objetivo final.

**Figura 5:** Cogeração Bottoming.



**Fonte:** Adaptado de JESUS, Marcelo.

## 2.6 Viabilidade

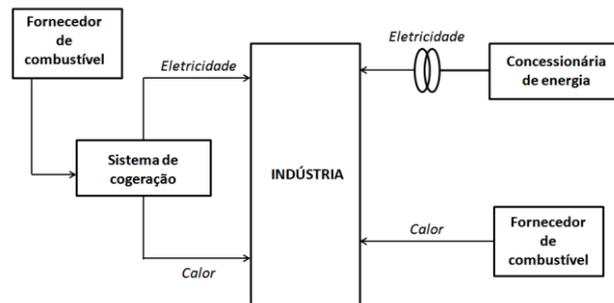
Em princípio, a cogitação é aplicável a qualquer instalação na qual se necessita duas formas de energia, ou seja, energia elétrica e térmica. A demanda térmica pode ser calor direto “sopro quente”, vapor ou água quente. Pode-se dizer então que a cogeração é uma alternativa de auto produção em instalações nas quais existe grande demanda térmica em relação à demanda elétrica.

Para a alternativa de cogeração encontrar aspectos que a viabilizem tecnicamente é conveniente que o cliente tenha demanda de energia térmica pelo menos duas vezes maior do que a equivalente de energia elétrica.

Conforme a Figura 6, pode-se dizer que é muito vantajoso a utilização do processo de cogeração, pois com apenas um fornecedor de combustível será criado duas

formas de energia: mecânica, que posteriormente será transformada em energia elétrica e a energia térmica que será utilizada no sistema.

**Figura 6:** Viabilidade da utilização do sistema de cogeração.



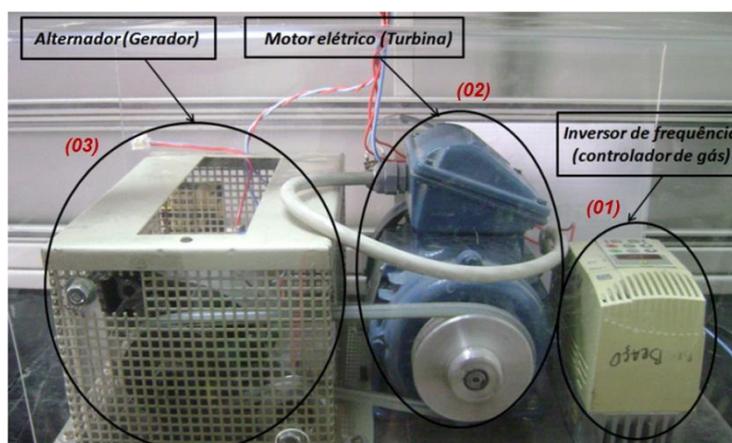
**Fonte:** Adaptado de Egon Antônio e Luiz Augusto.

### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Após uma pesquisa bibliográfica, buscou-se a construção de um protótipo experimental com os seguintes materiais: (01) inversor de frequência, que tem como objetivo demonstrar um controlador de gás, (02) motor WEG que demonstra uma turbina a gás, e posteriormente, (03) alternador de carro que demonstra no sistema de cogeração um gerador de energia.

O protótipo da Figura 7 tem como objetivo demonstrar o funcionamento de alguns elementos que fazem parte de um sistema de cogeração.

**Figura 7:** Protótipo experimental.



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o término do trabalho pode-se observar que a cogeração é um processo de produção de energia de grande eficiência. Neste é utilizado a maior quantidade de energia útil com o mínimo de energia residual, significando assim um maior rendimento global e menor custo de energia.

Além de fortalecer a empresa, do ponto de vista econômico e financeiro, agrega valor a um subproduto normalmente desprezado e estimula o desenvolvimento sustentável da indústria. Desta forma, trata-se de um processo de geração de energia mais eficiente do que simplesmente a geração de energia elétrica, pois a partir da cogeração, geram-se dois tipos de energia (elétrica e térmica). Em consequência imediata desta maior eficiência e geração descentralizada, tem-se a menor emissão de poluentes, desde que seja utilizado o mesmo combustível, obtendo assim uma maior sustentabilidade não só econômica, mas socioambiental.

Este processo de cogeração permite com que a empresa obtenha um certo grau de independência, tornando-a, total ou parcialmente, independente da energia fornecida pela concessionária. No entanto, traz consigo um alto custo de investimento para que possa ser instalada dentro da empresa em questão.

Através da realização do protótipo experimental, pode-se visualizar um maior entendimento do funcionamento de um sistema de cogeração, desde a chegada do combustível em questão, até a sua transformação, podendo ser utilizada tanto como um calor útil ou trabalho, como a energia elétrica.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos orientadores Tales Alfredo Cittadin e Reginaldo Tassi que nos proporcionaram seu tempo para retirar dúvidas e aprimorar nosso trabalho. Agradecemos também ao mecânico Frank Willian Bernadino e aos eletricitas Luiz Perego e Anderson Rosso Leal da Eliane Revestimentos Cerâmicos III que nos auxiliaram para a construção do protótipo e aos nossos companheiros de equipe, que dedicaram-se, para podermos obter bons resultados.

## REFERÊNCIAS

GEANINI, André Vinícios: **Cogeração nas indústrias**. Ed. Única. Vol. I. Pg. 587, 589. 2003.

TORRES BERG, Egon Antônio; HORTA NOGUEIRA, Luiz Augusto. **Cogeração na Indústria Cerâmica**. 1996. Departamento de Engenharia de Materiais, Campus Uvaranas.

ILLNESS, Antonio Meucci's. **Cogeração**. Disponível em: <<http://www.brcorporação.com.br>>. Acesso em: 08 de março de 2012.

NOGUEIRA, Laureano: **Estudo Energético e Econômico de Sistemas de Cogeração com Turbinas a Gás**. Ed. Única. 2005.

ODDONE: **Co-Geração de energia – Processamento do álcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com>>. Acesso em: 06 de abril de 2012.

JESUS, Marcelo: **Sistema de cogeração de energia**. Ed. Única. 2003.

BASQUEROTTO, Cláudio Henrique Cerqueira Costa: **Cogeração de energia elétrica com bagaço de cana-de-açúcar comprimido**. Trabalho de graduação da Faculdade de Tecnologia de Araçatuba.

BRASIL, Newton Paterman. **Curso de Engenharia de Equipamentos**. Ed. Única. 2005.