

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS-MG

ENGENHARIA MECÂNICA

PHELIPPE SALOMÃO NETO

IMPLEMENTAÇÃO DA QUEIMA DE BIOGÁS EM CALDEIRAS

**Varginha - MG
2011**

PHELIPPE SALOMÃO NETO

IMPLEMENTAÇÃO DA QUEIMA DE BIOGÁS EM CALDEIRAS

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG apresentado como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes, Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes e do Prof. Esp. Eduardo Henrique Ferroni.

**Varginha - MG
2011**

PHELIPPE SALOMÃO NETO

IMPLEMENTAÇÃO DA QUEIMA DE BIOGÁS EM CALDEIRAS

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG realizado como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Avaliado em: / /

Prof. Ms. Luiz Carlos de Vieira Guedes

Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes

Prof. Esp. Eduardo Henrique Ferroni

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que acreditaram em meu potencial, aos professores e colegas de classe e em especial a minha família e à minha esposa e filha por toda compreensão comigo neste momento.

“Temos o destino que merecemos. O nosso destino está de acordo com nossos méritos”.

Albert Einstein.

RESUMO

Em um processo industrial, o principal objetivo é a redução de custos para um aumento na lucratividade e maior competitividade de um produto. Dentre as principais demandas de recurso de um processo produtivo, a obtenção de energia, em todas as suas formas, sendo ela elétrica, térmica, mecânica são as maiores. Outra preocupação real das indústrias hoje em dia é com o conceito de desenvolvimento sustentável. Ou seja, desenvolver e satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer o desenvolvimento das gerações futuras. Uma maneira de atender estas duas necessidades é a utilização de combustíveis alternativos em um determinado processo industrial de forma a garantir um custo menor de produção e um impacto ambiental reduzido. Para isto, uma alternativa é a utilização de biogás, um combustível derivado dos efluentes tratados nas estações de tratamento das empresas e que até então não possuía finalidade alguma, sendo descartado na atmosfera. A sua queima em caldeira de unidades geradoras de vapor, é a aplicação que será tratada a seguir.

Palavras-chave: Biogás; Gás Natural; Caldeira; Energia

ABSTRACT

In an industrial process, the main objective is to reduction costs to increase profitability and competitiveness of a product. Among the leading resource demands of a production process, obtaining energy, in all its forms, it is thermal, electrical, mechanical, are the largest. Another real concern of the industries today, is the concept of sustainable development. In other words, develop and meet the needs of the present generation, without compromising the development of the future generations. A way to meet these two requirements is the use of alternative fuels in a given industrial process to ensure a lower cost of production and a reduction in environmental impact. For this, an alternative is the biogas, a fuel derived from the treated effluents in sewage treatment companies that previously, didn't have any application, being discharged into the atmosphere. The burning in boilers steam generators is the application that will be addressed below.

Keywords: *Biogas. Natural Gas. Boiler. Alternative Energy.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 Biogás	10
2.1.1 Obtenção do biogás	11
2.1.2 Utilização do biogás	13
2.1.3 Desvantagens do biogás	14
2.2 Caldeiras	14
2.2.1 Tipos fundamentais de caldeiras	14
2.2.2 Queimadores	17
2.2.2.1 Controle automático de queimadores	18
3 ESTUDO DE CASO	21
3.1 O biogás produzido	22
3.2 Controle de combustão na caldeira	22
3.3 Custos de implantação do projeto	23
3.4 Consumo de gás natural	24
3.5 Relação de queima gás natural x biogás	25
3.6 Custos para queima de gás natural	26
3.7 Impacto da utilização do biogás nos custos	27
3.8 Retorno do investimento	28
3.9 Manutenção	29
4 CONCLUSÃO	31
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	32

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de energia dentro de uma indústria é uma das maiores fontes de despesa de uma empresa. Qualquer redução possível neste ponto é bastante significativa para o fluxo de caixa destas.

Com a constante preocupação de minimizar estes custos que comprometem a lucratividade e conseqüentemente competitividade da empresa, surge à necessidade de buscar novas fontes de energia que possibilitem esta redução, sem prejudicar a produtividade.

As empresas buscam também diversas formas de reduzir o impacto ambiental durante seu processo de fabricação. Unindo as duas necessidades, seria o ideal a possibilidade de utilização dos dejetos do processo como um todo para geração de energia para a linha de produção.

Nas estações de tratamento de efluentes das empresas, a liberação do biogás, um combustível que quando liberado na atmosfera além de poluente é nocivo para a saúde, é uma preocupação constante, uma vez que por legislação, é de responsabilidade da empresa o devido descarte deste material. Como uma alternativa era a queima na atmosfera, pensou-se então na possibilidade de gerar energia com este combustível.

As aplicações possíveis para este combustíveis são muitas dentro de uma indústria, desde a adequação de empilhadeiras movidas a GLP para queimar biogás, movimentação de geradores de energia elétrica, aquecimento de processos até geração de vapor em caldeiras.

Descrevendo as alterações na planta, instalações e modificações necessárias no equipamento, trataremos esta última aplicação citada no documento a seguir.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Biogás

Atribui-se o nome de Biogás (também conhecido como gás dos pântanos) à mistura gasosa, combustível, resultante da fermentação anaeróbica da matéria orgânica (decomposição de matérias orgânicas, em meio anaeróbio, por bactérias denominadas metanogênicas). A proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digester e o substrato a digerir. De qualquer forma, esta mistura é essencialmente constituída por metano (CH_4), com valores médios na ordem de 55 a 65%, e por dióxido de carbono (CO_2) com aproximadamente 35 a 45% de sua composição. Estando o seu poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura gasosa. Devido justamente à presença do Metano, o Biogás é considerado um gás combustível. É geralmente incolor e em grau de pureza elevado, inodoro. Possui PCI (poder calorífico inferior) em torno de 5550 Kcal/h

GÁS	%
Metano (CH_4)	50 a 75%
Dióxido de Carbono (CO_2)	25 a 40%
Hidrogênio (H)	1 a 3%
Azoto (N_2)	0,5 a 2,5%
Oxigênio	0,1 a 1%
Gás Sulfídrico (H_2S)	0,1 a 0,5%
Amoníaco (NH_3)	0,1 a 0,5%
Monóxido de Carbono (CO)	0 a 0,1%
Água (H_2O)	Variável

Tabela 1: composição do Biogás

Fonte: IANICELLI, André Luiz. Reaproveitamento energético do biogás numa indústria cervejeira. Taubaté: Universidade de Taubaté. Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de Taubaté. 2008

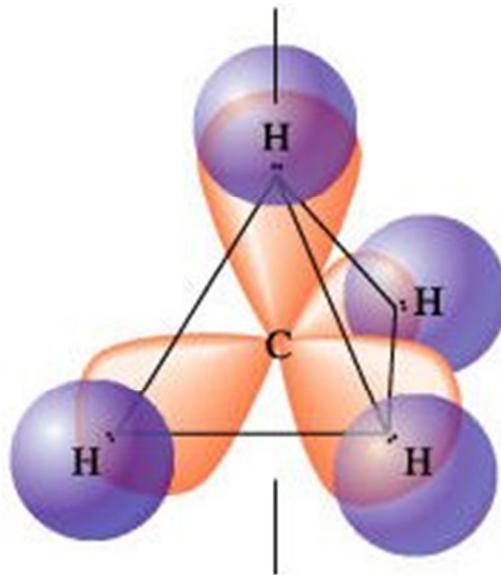


Figura 1: Molécula de Metano, principal componente do biogás

Fonte: http://www.fisicanet.com.ar/biologia/introduccion_biologia/ap01_introduccion_a_la_biologia.php Acessado em 28/09/11

GÁS	PCI Kcal/Nm³
Metano	8500
Propano	22000
Butano	28000
Gás de cidade	4000
Gás Natural	7600
Biogás	5500

Tabela 2: Comparação do PCI do biogás com outros gases combustíveis

Fonte: IANICELLI, André Luiz. Reaproveitamento energético do biogás numa indústria cervejeira. Taubaté: Universidade de Taubaté. Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de Taubaté. 2008

2.1.1 – Obtenção do Biogás

Toda matéria viva, após a morte é decomposta por bactérias microscópicas. Durante este processo as bactérias retiram da biomassa parte das substâncias necessárias para manutenção de suas próprias vidas, liberando como resultado disto gás e calor. Este é o Biogás, fonte barata, abundante e ecologicamente correta de energia. Ao contrário de outros biocombustíveis, como biodiesel e etanol, o biogás não necessita de espaços em que poderiam ser produzidos alimentos para a produção de sua matéria prima.

Toda matéria orgânica, como restos agrícolas, esterco, lixo, efluentes de indústria pode ser utilizada como matéria prima para obtenção do mesmo. O processo consiste em se colocar todo material orgânico em uma câmara onde as bactérias processem a massa. Em seguida esta câmara é fechada deixando apenas uma saída para os gases, que será o resultado do processo executado pelas bactérias. Esta tubulação deve ser lançada por encanamentos até um ponto de compressão ou consumo deste gás.

A câmara em questão é denominada biodigestor. Local onde a matéria orgânica é misturada à água em quantidade necessária para a digestão anaeróbia por parte das bactérias.

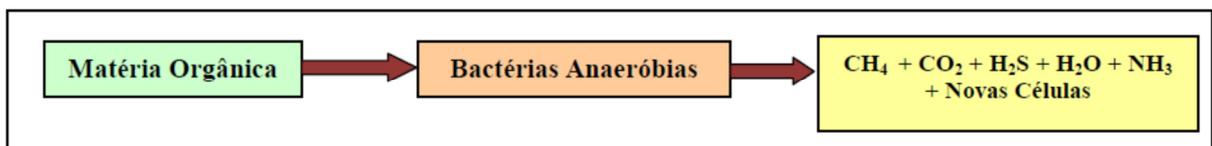


Figura 2: Fluxo de obtenção de biogás através da digestão anaeróbia de matéria orgânica.

Fonte: IANICELLI, André Luiz. Reaproveitamento energético do biogás numa indústria cervejeira. Taubaté: Universidade de Taubaté. Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de Taubaté. 2008

Como resultado do processo de obtenção do Biogás, temos que é chamado de biofertilizante. Este composto pode ser utilizado em áreas rurais como adubo orgânico devido ao seu alto nível de nutrientes. Ao passar pelo biodigestor, o efluente perde carbono na forma de CH₄ e CO₂, diminuindo a relação carbono/nitrogênio da matéria orgânica, o que melhora as condições do material para aplicação agrícola em função do aumento da solubilidade de alguns nutrientes. Pode ser aplicado no cultivo na forma sólida ou líquida.



Fotografia 1: Exemplo de biodigestor utilizado em área rural

Fonte: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/28766.htm> acessado em 07/10/11

2.1.2 – Utilização do Biogás

O biogás pode ser usado para gerar energia de várias formas: energia térmica, mecânica ou elétrica.

Para geração de calor pode-se usar o biogás em fogões a gás ou queimadores que necessitam apenas de uma adaptação no diâmetro dos orifícios de descarga do gás uma vez que a pressão pode ser menor. O biogás é usado para aquecimento também em aviários onde substitui o GLP, e pode ser usado como combustível em secadores de grãos, além de outras aplicações rurais.

Para geração de energia mecânica o biogás é usado em motores de combustão interna substituindo os combustíveis convencionais que serão necessários apenas para dar a partida uma vez que a mistura de ar e biogás, usada nos motores, não é auto incandescente. Como o custo de liquefazê-lo é alto, sua aplicação é no estado gasoso, em altas pressões. Para tal, é necessário realizar a purificação do gás retirando o CO_2 e o H_2S , uma vez que o último é corrosivo e pode trazer sérios danos aos componentes internos do motor. Já o gás carbônico deve ser retirado de forma a aumentar o PCI do biogás, gerando maior autonomia ao veículo. Indústrias, como por exemplo, as cervejeiras, que produzem uma grande quantidade de efluentes e tem uma dependência muito grande do vapor em seus processos, tendem a utilizar cada vez mais o biogás gerado nas ETE para queima nas caldeiras geradoras de vapor, descentralizando o fornecimento de combustível, reduzindo consideravelmente o custo de geração de vapor.

O biogás produzido nos biodigestores pode ser utilizado como fonte de energia primária para a obtenção de energia elétrica. Esta eletricidade gerada pode ser aproveitada diretamente pela indústria ou revendida às concessionárias locais caso haja excedente na produção e viabilidade de comercializá-la. Com 1 Nm^3 de biogás, é possível gerar 6,5 KW/h de energia elétrica.

O biogás pode ser utilizado também como matéria prima para indústria na síntese de uma série de compostos orgânicos, como na conversão de Metano em Metanol. Para isto, é necessário o controle do nível de CO_2 existente no Biogás.

2.1.3 – Desvantagens do biogás

Apesar dos pontos positivos citados anteriormente, a utilização do biogás possui alguns pontos negativos relevantes. Como principal, podemos citar o fato do mesmo gerar gás sulfídrico (H_2S) que corrói entre outros metais, o aço, latão e o cobre. E em concentrações acima de 1%, torna-se tóxico e mortal.

Outro ponto relevante é a instabilidade na geração de energia devido às variações de pressão do combustível em sua geração devido a variações de temperatura ambiente. O biogás também possui uma eficiência menor do que comparada a outros combustíveis e dependendo da aplicabilidade, o retorno do investimento é demorado.

A dificuldade de liquefação do biogás também é um agravante de sua aplicação, uma vez que dificulta o transporte e logística do mesmo.

2.2 - Caldeira

Caldeira é um equipamento englobado no grupo dos geradores de vapor.

“Gerador de vapor é um trocador de calor complexo que produz vapor a partir da energia térmica (combustível), ar e fluido vaporizante, constituído por diversos equipamentos associados perfeitamente integrados, para permitir a obtenção do maior rendimento térmico possível.” (HILDO PERA, 1990, 1-1)

Essencialmente, uma caldeira geradora de vapor é um vaso fechado à pressão, com tubos, no qual se introduz água que, pela adição externa de energia, produz vapor continuamente.

2.2.1 – Tipos fundamentais de caldeira

- a. **Caldeiras Fogotubulares:** Os gases provenientes da combustão da fonte de energia passam no interior dos tubos, trocando calor com a água que os envolve.



Fotografia 2: Caldeira Fogotubular

Fonte: Steammaster Equipamentos Térmicos LTDA.

- b. Caldeiras Aquatubulares:** Os gases de combustão atravessam todo o equipamento externamente aos tubos, onde circula água no seu interior.



Fotografia 3: Caldeira Aquatubular para co-geração de energia

Fonte: http://www.caldema.com.br/Caldeiras_modelo_APU_1024.html , acessado em 12/10/11

- c. **Caldeira Mista:** Este tipo de caldeira engloba as duas definições. Utiliza-se uma ante-fornalha aquatubular e o corpo fogotubular.



Fotografia 4: Caldeira mista (fornalha aquatubular, corpo fogotubular)

Fonte: Steammaster Equipamentos Térmicos LTDA.

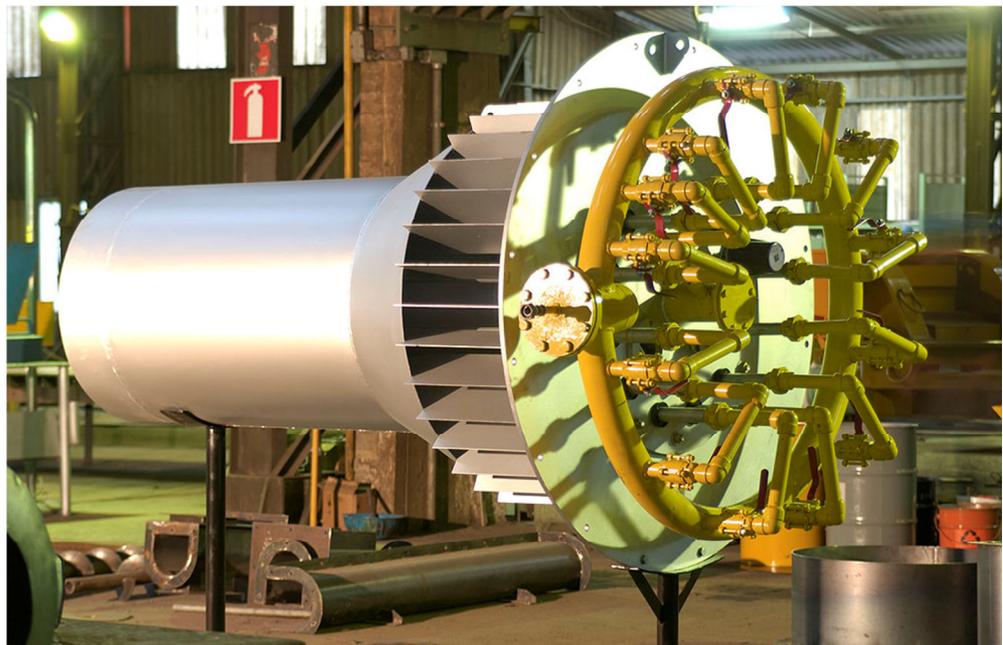
Para a seleção do tipo de caldeira, são levados em conta os seguintes fatores:

- a. Disponibilidade energética;
- b. Características da energia;
- c. PMTA e temperatura do vapor;
- d. Variação da demanda do vapor;
- e. Eficiência térmica desejável;
- f. Custo de instalação, operação e manutenção;
- g. Espaço disponível;
- h. Amortização do investimento. (HILDO PERA, 1990, 1-7)

2.2.2 - Queimadores

As caldeiras que utilizam de combustíveis líquidos ou gasosos para obtenção de energia, necessitam de queimadores para a queima dos mesmos. Estes queimadores são encarregados de processar a queima destes combustíveis na fornalha de uma caldeira. As principais funções do queimador são:

- a. Promover uma mistura ar x combustível de forma que a chama seja estável e bem conformada;
- b. Dosar o ar e o combustível em proporções que estejam dentro dos limites de flamabilidade para ignição e uma queima estável;
- c. Garantir que não haverá retorno de chama ou deslocamento da mesma;
- d. Permitir que o combustível e o oxidante permaneçam tempo suficiente em contato para que ocorra uma reação de combustão completa.



Fotografia 5: Queimador para combustível gasoso

Fonte: Steammaster Equipamentos Térmicos LTDA.

2.2.2.1 - Controle automático de queimadores

Para a operação segura de caldeiras que possuem queimadores a combustíveis líquidos ou gasosos, utilizamos de controladores automáticos para estes fins. Em geral, utilizam-se CLP's ou controladores dedicados. Especificamente para caldeiras com combustíveis líquidos e gasosos que utilizam-se de queimadores, utilizamos de malhas de controle de combustão:

a. Controle de combustão por limites paralelos

Nesta configuração, são utilizadas duas malhas de controle de vazão independentes, sendo uma para o ar de combustão e outra para o combustível. Neste sistema de controle, o ponto de ajuste dos dois controladores de vazão é variado simultaneamente pelo controlador de pressão do sistema (PRC). Neste caso, utiliza-se de servo motores independentes que atuam com um sinal analógico do controlador. Um deles, atuará diretamente no damper de regulação da vazão de ar e o outro atuará na válvula proporcionadora de combustível do sistema.

Em caldeiras que possuem sistema de controle de NO_x , ou trabalham com a queima de mais de um combustível na queima, utiliza-se outro servo motor para a modulação de chama.

Nas malhas de combustão por limites paralelos, os pontos de ajuste das malhas de controle de vazão do ar de combustão e do combustível, são alterados simultaneamente; por isto, poderão ocorrer problemas de combustão durante a modulação, uma vez que as malhas não possuem a mesma velocidade de resposta. Em geral neste tipo de caldeira, a regulação da combustão é feita com um maior excesso de ar, de forma a garantir que a queima não fique com excesso de combustível e consequente queima incompleta do mesmo.

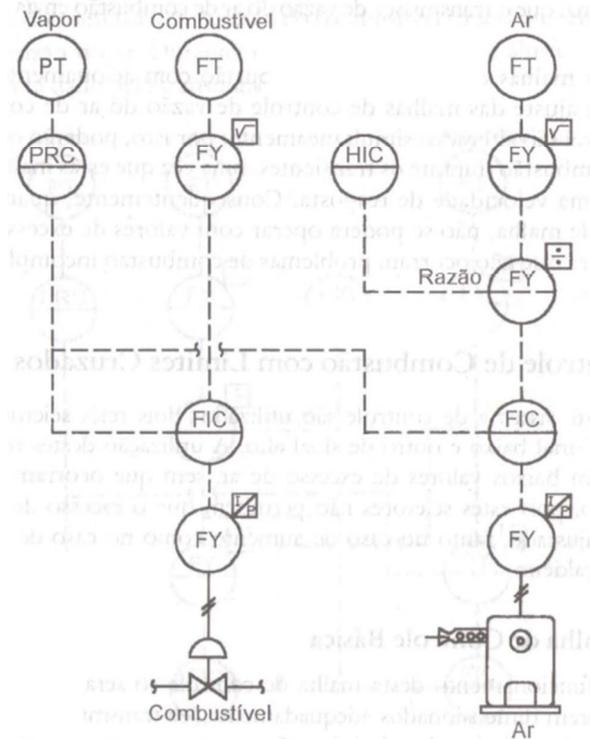


Figura 3: Malha de controle combustão por limites paralelos

Fonte: BEGA, Egídio Alberto. Instrumentação aplicada ao controle de caldeiras. Pág. 73

b. Controle de combustão por limites cruzados:

Neste tipo de controle de combustão, utiliza-se em um CLP o sinal de entrada de um transmissor de pressão manométrica da caldeira que irá monitorar a pressão interna do vaso, gerando a modulação do queimador. Para a definição da curva de combustão, utilizamos da vazão de ar, informada por um transmissor de pressão diferencial e da vazão de combustível, informada por outro transmissor independente. Para cada ponto da curva, é então definida uma relação ar x combustível (RATIO) e então, o CLP envia um sinal para um servo atuador da válvula de combustível e para um servo atuador ou para um inversor de frequência de acionamento de um ventilador de ar para que seja obedecida esta proporção. É possível, neste controle, se trabalhar com valores mais reduzidos de excesso de ar, uma vez que definida a proporção de queima (RATIO) o controlador lógico (CLP) irá efetuar uma segurança de monitoração da mesma, bloqueando o sistema, caso se perca a proporção. Vale ressaltar que a modulação ocorre da seguinte forma: quando o transmissor de pressão manométrica da caldeira identifica pressão baixa no vaso, ele envia um sinal ao CLP para que a carga do queimador seja aumentada para que seja suprida a demanda de vapor. Com isto, temos uma aceleração primeiramente da vazão de ar do sistema e após, a aceleração da vazão de

combustível. Da mesma forma, quando o transmissor de pressão manométrica identifica pressão alta no vaso, é enviado sinal ao CLP que determina a redução da carga do queimador. Porém, desta vez, ocorre primeiramente a redução da vazão de combustível, posteriormente a de ar, garantindo assim que não haja problemas de excesso de combustão na modulação do equipamento.

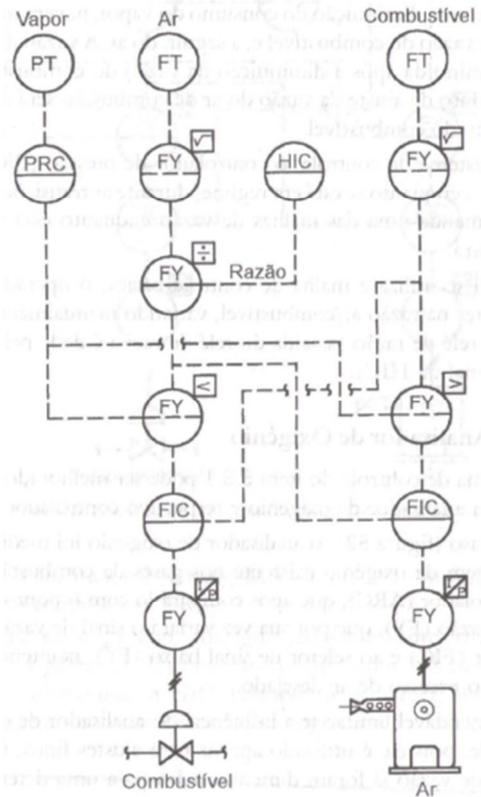


Figura 4: Malha de controle combustão por limites cruzados

Fonte: BEGA, Egídio Alberto. Instrumentação aplicada ao controle de caldeiras. Pág. 75

3. ESTUDO DE CASO

A empresa em que será realizado o estudo de caso é uma cervejaria instalada na cidade de Jaguariúna-SP. Nesta planta, foi implantada no ano de 2006 uma caldeira fogotubular, com capacidade de geração de 15 toneladas de vapor por hora utilizando como combustível o Gás Natural. Posteriormente, no ano de 2008, a empresa optou pela implantação de outro gerador de vapor de mesma capacidade e mesmo combustível. Após levantamento da possibilidade de utilização do biogás gerado na planta, a empresa adquiriu do fabricante da caldeira do ano de 2006 a instalação de uma rampa de biogás na mesma, para que assim, fosse possível utilizar o combustível gerado na ETE da empresa para geração de energia.



Fotografia 6: Caldeira antes da implantação do projeto

Fonte: Steammaster Equipamentos Térmicos LTDA

3.1 - Biogás produzido

Inicialmente, foi efetuado um estudo pela empresa para levantamento da quantidade de biogás produzido na ETE da empresa. Sabe-se, por definição, que a cerveja é um extrato de malte de cevada, fervido, lupulado, resfriado e fermentado, que contém uma pequena quantidade de álcool, gás carbônico e açúcares não-fermentescíveis. Durante seu processo de fabricação, são liberados efluentes que variam de acordo com o processo adotado pela cervejaria, porém, sua composição é basicamente de material orgânico facilmente biodegradável, como açúcares, amido solúvel, etanol, ácidos voláteis, etc. De acordo com estes efluentes gerados, o estudo mostrou um valor médio de 220000 Nm³/mês na cervejaria.

3.2 – Controle de combustão da caldeira

Como a produção de biogás na planta da cervejaria não iria suprir a demanda de combustível da caldeira foi necessário o fabricante do equipamento elaborar um estudo para implementar a queima de dois combustíveis simultaneamente, porém, com a necessidade de se queimar a maior quantidade possível de biogás.

Neste caso, a malha de controle utilizada é a de controle por limites cruzados, porém, com a correção da vazão de combustível, pelo PCI do combustível preferencial. Isto ocorre através de uma função implementada em um CLP que utiliza como variável, o sinal de entrada de dois transmissores de vazão, um para cada combustível. Sabendo-se da carga térmica necessária para atendimento à demanda de vapor da caldeira e sabendo-se o PCI dos dois combustíveis, o CLP envia sinal aos servo-atuadores das válvulas de combustível para que seja utilizada a maior quantidade possível do combustível preferencial, complementando, na medida correta, com o combustível não preferencial.

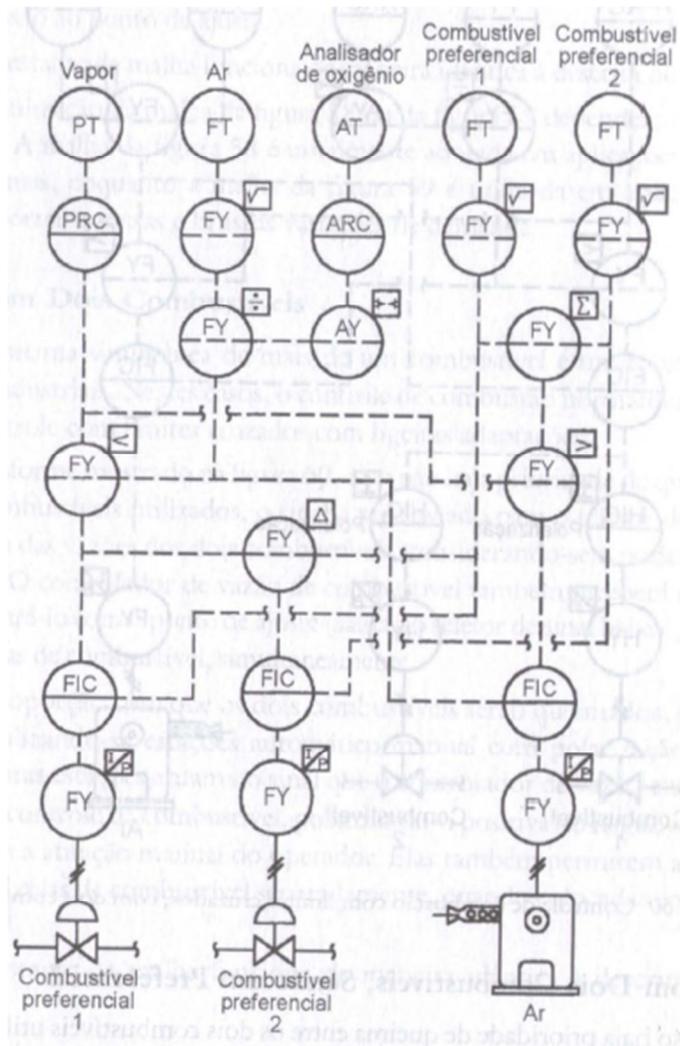


Figura 4: Malha de controle combustão por limites cruzados, dois combustíveis, sendo um preferencial

Fonte: BEGA, Egídio Alberto. Instrumentação aplicada ao controle de caldeiras. Pág. 90

3.3 – Custos da implantação do projeto

Conforme a empresa estudada, para a implantação do biogás na planta, foi necessária a instalação de um trocador de calor para refrigeração do biogás, filtros na linha, compressores de média pressão para transporte do biogás até a casa de caldeira (aproximadamente 4 Kgf/cm²), bombas de água para a refrigeração, torre de separação de CO₂, reservatório para armazenamento de gás, analisadores dos teores de CH₄, O₂ e CO₂ no ambiente, bases de alvenaria necessárias, tubulações completas dentro dos limites determinados em projeto, e instalação elétrica de comando do sistema de geração e purificação do biogás.

Foi então realizada uma modificação no queimador do equipamento, sendo montada uma rampa de gás independente para cada combustível, obedecendo aos requisitos da norma NBR 12.313 que rege a utilização de gases combustíveis. Foi implementada toda instrumentação necessária para controle do biogás, assim como elaborar toda lógica de automação do controle dos dois combustíveis.

A composição dos custos do projeto segue abaixo:

Sistema de purificação completo	R\$ 1.500.000,00
Adaptação da caldeira para queima do biogás	R\$ 200.000,00
TOTAL	R\$ 1.700.000,00

Fonte: O Autor/Companhia de Bebidas das Américas – AmBev.

3.4 – Consumo de gás natural da caldeira.

De acordo com a concessionária que fornece GN à empresa estudada, o PCI médio do combustível é 9090 Kcal/Nm³. Considerando-se que a caldeira trabalha com economizador, um trocador de calor que utiliza o calor dos gases de combustão para pré-aquecer a água de alimentação da caldeira de forma a economizar energia para geração de vapor, temos o seguinte consumo nominal de GN.

E_I = energia de entrada (fornecida pelo combustível)

E_O = energia de saída (na forma de vapor)

Q_c = vazão de vapor nominal da caldeira = 15.000 Kg/h

h = entalpia do vapor na pressão de trabalho de 12 Kgf/cm² = 663 Kcal/Kg

T_{H_2O} = temperatura da água de alimentação = 100°C (com economizador)

η = eficiência térmica da caldeira (dados do fabricante calculado pelo método das entradas e saídas) = 92%

Q_{GN} = consumo de gás natural

$$E_o = Q_c \times (h - T_{H_2O})$$

$$E_o = 15000 \times (663 - 100)$$

$$E_o = 8445000 \text{ Kcal}$$

$$\eta = \frac{E_o}{E_i}$$

$$0,92 = \frac{8445000}{E_i}$$

$$E_i = 9179347 \text{ Kcal}$$

$$Q_{gn} = \frac{E_i}{PCI}$$

$$Q_{gn} = \frac{9179347}{9090}$$

$$\mathbf{Q_{gn} = 1010 \text{ Nm}^3/\text{h}}$$

3.5 – Relação de queima biogás x gás natural

Para que possa ser elaborado o controle automático da combustão da caldeira, é necessário saber a relação biogás x GN. Para tal, realiza-se o cálculo anterior, considerando o PCI do Biogás igual a 5500 Kcal/Nm³.

$$Q_{bg} = \frac{9179347}{5500}$$

$$\mathbf{Q_{bg} = 1669 \text{ Nm}^3/\text{h}}$$

Teremos, então, uma relação de queima onde será necessário 1,65 Nm³/h de biogás para suprir a queima de 1 Nm³/h de gás natural.

3.6 – Custos para a queima de Gás Natural

Considerando os dados da concessionária que fornece gás natural à empresa e tempo de operação da caldeira de 24h/dia, temos os seguintes valores de custos com combustível:

Tarifas do Gás Natural Canalizado
Área de Concessão da Comgás
Deliberação ARSESP nº 234, de 27/05/2011, com vigência a partir de 31/05/2011

Segmento Industrial

Classes	Volume m ³ /mês	Valores sem ICMS		Valores com ICMS	
		Fixo - R\$/mês	Variável - R\$/m ³	Fixo - R\$/mês	Variável - R\$/m ³
1	Até 50.000,00 m ³	144,86	1,328588	164,38	1,507486
2	50.000,01 a 300.000,00 m ³	22.632,68	0,876808	25.718,83	0,986374
3	300.000,01 a 500.000,00 m ³	37.721,11	0,828470	42.884,90	0,939170
4	500.000,01 a 1.000.000,00 m ³	42.349,38	0,817214	48.124,31	0,928852
5	1.000.000,01 a 2.000.000,00 m ³	61.266,95	0,798296	69.621,53	0,907155
6	> 2.000.000,00 m ³	94.650,87	0,781804	107.557,81	0,888188

Nota do Faturamento: Cada classe é independente. Aplica-se a cada uma delas um encargo variável e um encargo fixo.

Figura 5: valores de fornecimento de gás natural, conforme demanda e impostos.

Fonte: <http://www.comgas.com.br/tarifas.asp> acessado em 13/11/11

Consumo mensal de GN:

$$C_{gn} = 1010 \times 24 \times 30$$

$$C_{gn} = 727200 \text{ Nm}^3/\text{mês}$$

Logo, a empresa se engloba na classe 4 de fornecimento, conforme figura 3. Considerando-se tarifa com ICMS, temos:

CT = Custo total do combustível no mês
 VF = Valor Fixo
 C_{gn} = Consumo medido de combustível
 VV = Valor Variável

$$CT = VF + (C_{gn} \times VV)^*$$

$$CT = 48124,31 + (727200 \times 0,928652)$$

$$CT = R\$ 723.440,04$$

*Fórmula fornecida pela concessionária

3.7 – Impacto da utilização do biogás nos custos da empresa

Depois de calculados os valores de relação de queima entre os dois combustíveis em estudo e calcular os custos mensais de queima do gás natural, podemos, então, calcular o impacto gerado no custo de operação da caldeira após a implementação da queima do biogás.

Q_{bg} = Produção mensal de biogás na planta = 220000 Nm³/mês

R = relação de queima = 60%

Eq = equivalência do consumo de biogás sobre o consumo de GN

$$Eq = Q_{bg} \times R$$

$$Eq = 220000 \times 0,6$$

$$Eq = 132000 \text{ Nm}^3/\text{mês}$$

Isto significa que sobre o consumo total de 727200 Nm³/mês de GN, com a implementação do biogás, teremos uma redução de 132000 Nm³/mês de consumo do gás da concessionária. Financeiramente falando, a redução na conta final mensal de GN seria de R\$ 122.582,00.

3.8 – Retorno do investimento

Considerando o valor total de investimento da empresa para implantação do projeto biogás como R\$ 1.700.000,00, a economia mensal gerada pela utilização de biogás de R\$ 122.582,00, um custo anual de manutenção da caldeira em aproximadamente R\$ 50.000,00, temos o seguinte cálculo de retorno:

Rt = Receita anual referente à utilização do biogás, considerando-se gastos com manutenção.

$$Rt = (122582,00 * 12) - 50000,00$$

$$Rt = 1.420.984,00$$

Logo, o “Payback do investimento será:

$$Pb = \frac{1700000}{1420984}$$

$$Pb = 1,19 \text{ anos ou } \approx 1 \text{ ano e 3 meses}$$



Fotografia 7: Caldeira após a instalação da rampa independente de biogás (tubulação amarela abaixo).

Fonte: Steammaster Equipamentos Térmicos LTDA.

3.9 – Manutenção

Apesar das vantagens econômicas de sua utilização, o biogás traz uma preocupação maior com a manutenção da caldeira. Mesmo possuindo filtros em toda linha de transporte do biogás da ETE até a casa de caldeiras, o combustível ainda possui uma contaminação maior de impurezas do que o GN.



Fotografia 8: Filtro da rampa de biogás com contaminantes

Fonte: Steammaster equipamentos térmicos LTDA.

Além da presença de contaminantes que podem danificar válvulas, queimador, etc. a presença de água no biogás em quantidade variável, porém, significativa, é outra preocupação constante para a equipe de manutenção para a vida útil de instrumentos e tubulações.



Fotografia 9: indícios de água na tubulação da rampa de biogás da caldeira

Fonte: Steammaster Equipamentos Térmicos LTDA.

Em caldeiras, encontramos os três tipos de troca térmica: radiação, condução e convecção. As principais trocas ocorrem por radiação e convecção. Combustíveis gasosos como o GN e o biogás, possuem emissividade menor do que combustíveis líquidos como o óleo BPF. Com isto, a troca térmica por radiação que ocorre na fornalha da caldeira é menor. Conseqüentemente, a temperatura de chama na primeira reversão dos gases é mais alta, causando precocemente a carbonetação dos tubos e a eventual necessidade de substituí-los.



Fotografia 10: Tubo danificado por superaquecimento
Fonte: Steammaster Equipamentos Térmicos LTDA.

Além destes cuidados citados, é de extrema importância que seja efetuada periodicamente uma verificação da regulagem de chama do equipamento.

4. - CONCLUSÃO

Todas as formas de reaproveitamento energético podem ser consideradas nobres e significativas tendo em vista a atual necessidade de preservar recursos naturais e reduzir o impacto gerado pelos processos industriais.

Neste ponto de vista, o projeto de utilização do biogás em caldeiras geradoras de vapor é altamente sustentável, uma vez que a geração do combustível é consequência do processo de fabricação do produto final.

Financeiramente falando, não existe muito a comentar, uma vez que os resultados obtidos falam por si. O investimento do projeto é relativamente alto. Porém, o retorno do valor investido pode ser obtido de maneira bem rápida, em torno de um ano e quatro meses. A economia gerada pode se reverter em novos investimentos na planta, aumentando a produtividade. Conseqüentemente, a geração de efluentes passa a ser maior, gerando uma quantidade maior de biogás, causando uma redução ainda maior no consumo de gás natural de concessionárias.

Sendo esta uma tecnologia ainda não muito difundida, o projeto desta unidade ainda serve como start para a implantação do mesmo projeto em outras empresas, ressaltando que este combustível alternativo pode ser usado não somente em caldeiras, mas também em motogeradores de energia elétrica, movimentação de empilhadeiras entre outras alternativas.

5. – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 12313:2000; Sistemas de Combustão – Controle e segurança para utilização de gases combustíveis em processos de baixa e alta temperatura.

BEGA, Egídio Alberto. Instrumentação aplicada ao controle de caldeiras. Rio de Janeiro: Ed. Interciência – 2003

Biogás disponível em <http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/gasosos/biogas/> acessado em junho de 2011

Biogás disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgiYAI/biogas> acessado em junho de 2011.

IANICELLI, André Luiz. Reaproveitamento energético do biogás numa indústria cervejeira. Taubaté: Universidade de Taubaté. Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de Taubaté. 2008

PERA, Hildo. Geradores de Vapor – Um compêndio sobre conversão de Energia com vistas à preservação da Ecologia. São Paulo: Ed. Fama – 1990.

Produção de Biogás disponível em www.producaodebiogas.blogspot.com acessado em junho de 2011

Queimadores disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAHDwAL/queimadores-combustiveis-gasosos> acessado em novembro/2011

SÃO PAULO (Estado). Biogás: Pesquisas e Projetos no Brasil. São Paulo – SP, 2006.