

P106, Inventário de emissões e eficiência térmica de equipamentos operando com gás natural instalados na RMSP e estudo de medidas de otimização. Ciclo 2010/2011.

Renato Vergnhanini Filho

COMGÁS - Companhia de Gás de São Paulo
IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica – Laboratório de Engenharia Térmica

Resumo – O rendimento térmico e a emissão de poluentes atmosféricos de caldeiras e aquecedores de fluido térmico instalados em empresas clientes da Comgás foram levantados experimentalmente utilizando o Laboratório Móvel do IPT. Os equipamentos monitorados apresentaram, em sua maioria, rendimento relativamente baixo devido, principalmente, à ausência de controle do excesso de ar operacional e de aproveitamento energético dos gases de combustão. Apresentaram, também, emissões de CO próximas de zero e emissões de NO_x bastante variáveis com o porte e condição operacional do equipamento, porém sempre abaixo do valor limite estabelecido pela legislação nacional.

Palavras-chave: combustão de gás natural; caldeira; aquecedor de fluido térmico; emissão de poluentes atmosféricos, rendimento térmico.

Introdução - Objetivo do projeto

O objetivo do projeto foi levantar o rendimento térmico e a emissão de poluentes atmosféricos de caldeiras, principalmente fogotubulares (Figura 1) e aquecedores de fluido térmico (Figura 2), operando com gás natural (GN), instalados em empresas clientes da Comgás situadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e propor medidas de otimização desses parâmetros.

A seleção das empresas monitoradas foi realizada pela Comgás, buscando contemplar distintos setores industriais e equipamentos de diferentes concepções, potências, estados de conservação e níveis de automação.

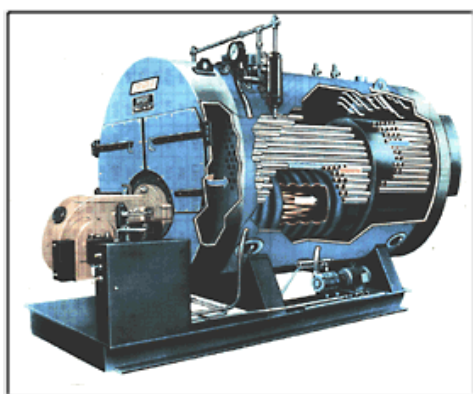


Figura 1 – Caldeira fogotubular

Decidiu-se não incluir os geradores de água quente entre os equipamentos monitorados porque, segundo a equipe técnica da Comgás, os instalados na área de abrangência do trabalho

são de pequeno porte, compactos e sem recursos para a aplicação de melhorias.

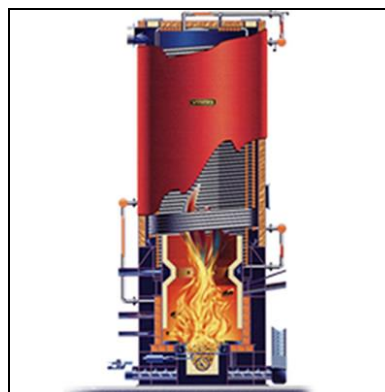


Figura 2 – Aquecedor de fluido térmico

Desenvolvimento

A. Metodologia empregada

O monitoramento constou, basicamente, de medições contínuas da composição dos gases de combustão (teores de O₂, CO₂, CO e NO_x - óxidos de nitrogênio) e das temperaturas dos gases, ar de combustão e água de alimentação dos equipamentos.

No monitoramento, acordou-se com os responsáveis pelos equipamentos que fossem feitas alterações operacionais de forma que a influência de fatores como excesso de ar de combustão e potência de operação do(s) queimador(es) nos valores medidos pudesse ser verificada.

Os dados obtidos no levantamento permitiram o cálculo do rendimento térmico e das taxas de

emissão de poluentes dos equipamentos. Nos cálculos de rendimento foram considerados os “volumes de controle” mostrados nos fluxogramas apresentados nas Figuras 3 e 4.

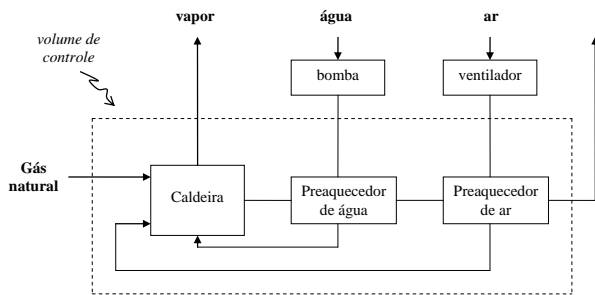


Figura 3 – Fluxograma simplificado da caldeira

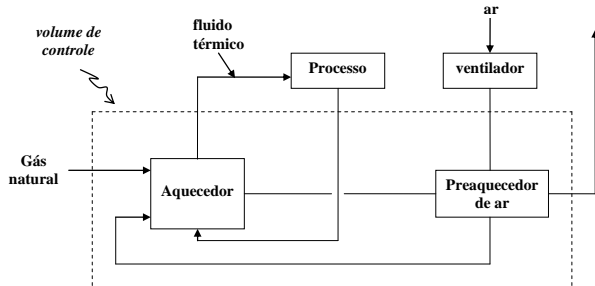


Figura 4 – Fluxograma simplificado do aquecedor de fluido térmico

Realizado o levantamento, foram apresentados seminários nas indústrias participantes com o objetivo de apresentar e debater os resultados obtidos, e as técnicas possíveis de serem aplicadas para reduzir as emissões de poluentes atmosféricos e o consumo de GN dos equipamentos. Foram apontadas desde estratégias de custo zero e aplicação imediata, como modificações nos procedimentos operacionais do equipamento até medidas de médio prazo, envolvendo troca e aquisição de equipamentos e instrumentos.

O monitoramento abrangeu 22 caldeiras e quatro aquecedores de fluido térmico instalados em doze empresas. A Figura 5 mostra o monitoramento sendo realizado em uma das instalações.

B. Instrumentação utilizada

Nas medições foram utilizados termopares, sondas de amostragem e, instalados no Laboratório Móvel do IPT (Figura 6), analisadores contínuos de gases, cilindros contendo gases de composição conhecida para a calibração dos instrumentos, sistema de bombeamento e condicionamento (refrigeração, remoção de compostos condensáveis e de partículas sólidas) de amostra de gases e

instrumentação de aquisição e visualização de dados.



Figura 5 – Monitoramento sendo realizado



Figura 6 – Laboratório Móvel do IPT

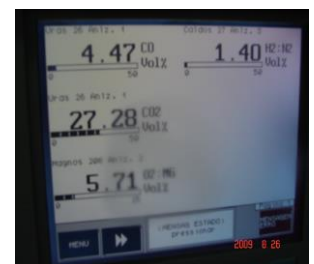
A especificação dos analisadores contínuos de gases utilizados é mostrada na Tabela 1.

Constituinte	Instrumento	Princípio de medição
CO, CO ₂ , NO _x	ABB, modelo URAS 26	absorção não dispersiva da radiação infravermelha
O ₂	ABB, modelo MAGNOS 206	susceptibilidade magnética
Precisão: 0,5 % do fundo de escala		

Tabela 1 – Analisadores contínuos de gases



sistema de aquisição e visualização de dados



painel de um dos analisadores de gases

Figura 7 – Instrumentação utilizada

Resultados obtidos e conclusões

Rendimento térmico

O monitoramento das vinte e duas caldeiras mostrou que, aquelas que possuem economizador ou, menos comum, preaquecedor de ar instalado (cerca de metade delas), o rendimento térmico é satisfatório - entre 91 e 94 %, base PCI, sendo as de maior rendimento aquelas que operam com excesso de ar reduzido, ou seja, teor de O_2 dos gases próximo de 1,5 %. Nas demais caldeiras, o rendimento se situou entre 84 e 91 %.

O monitoramento dos quatro aquecedores de fluido térmico mostrou que possuem baixo rendimento - 84, 86, 72 e 83 %, respectivamente, explicado pela ausência de sistema de recuperação da entalpia dos gases de combustão e operação com excesso de ar elevado.

A maioria dos equipamentos monitorados pode operar com menor excesso de ar, conforme foi comprovado naqueles em que, durante as medições, foi feito "ajuste" na relação ar-combustível. O ganho no rendimento obtido na redução do teor de O_2 dos gases é bastante variável - depende da relação ar-combustível ajustada para cada potência do queimador e do regime de operação do equipamento.

Os equipamentos sem recuperação da entalpia dos gases e operando com elevado excesso de ar podem, potencialmente, atingir um rendimento adequado, da ordem de 94 a 95 %, com a instalação de preaquecedores de água (Figura 8) ou ar na chaminé e operação com teor de O_2 dos gases de combustão em torno de 1,5 %. O investimento no preaquecedor se recupera, geralmente, em poucos meses. Já o tempo de retorno do investimento necessário para a operação com baixo excesso de ar irá depender da situação atual do equipamento - poderá ser requerida apenas a mudança de procedimentos operacionais até a substituição de componentes e periféricos do queimador, e do próprio queimador.

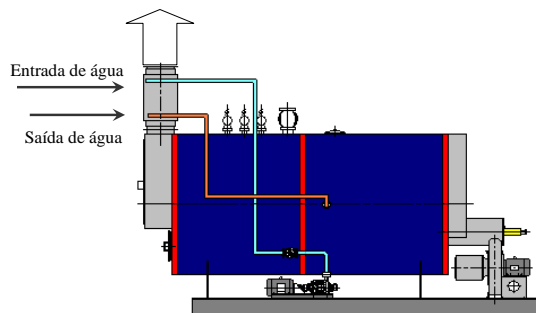


Figura 8 – Preaquecedor água (economizador)

Não existem analisadores contínuos de O_2 na chaminé dos equipamentos, embora o conhecimento do teor de O_2 dos gases seja fundamental no cálculo do seu rendimento.

Emissão de poluentes atmosféricos

O teor de CO dos gases se mostrou baixo, próximo de zero, em praticamente todos os equipamentos monitorados, exceto em transitórios do queimador (alterações de potência de operação). A curva da Figura 9 ilustra o efeito do excesso de ar nas emissões de CO.

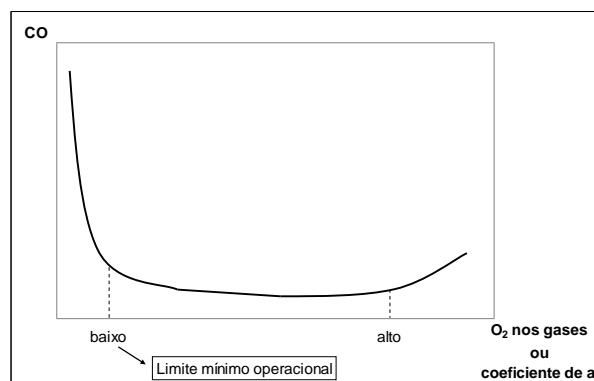


Figura 9 – Curva excesso de ar CO versus CO

Os equipamentos monitorados tendo potências, configurações e parâmetros operacionais bastante diferentes apresentaram emissões de NO_x igualmente distintas, embora todos utilizem o mesmo combustível. Além disso, em cada equipamento, as emissões de NO_x se mostraram variáveis com a carga e com o excesso de ar. Considerando todas as medições realizadas, o teor de NO_x dos gases não ultrapassou a 110 ppm (vol. b.s., referido a 3 % de O_2), abaixo do valor limite estabelecido pela legislação nacional.

Não existem analisadores contínuos de CO e NO_x instalados na chaminé dos equipamentos monitorados, embora o conhecimento dos teores de CO e NO_x dos gases sejam importantes no controle da poluição ambiental.

Referências

- ASME - American Society of Mechanical Engineers. ASME PTC 4-1998: Fired Steam Generators. New York, 1999. (revision of ASME PTC 4.1 - 1964)
- DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. DIN 1994-02: Acceptance Testing of Steam Generators. Berlin, 1996 (updated version of the DIN 1942)
- VERGNHANINI FILHO, R.; BUENO, P.R.B. e Rorato, M.A. Metodologia de cálculo e de acompanhamento on-line do rendimento térmico de caldeiras multicomcombustível. XVIII COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Foz do Iguaçu-PR, 19-22/09/2010