



Instituto Politécnico, Nova Friburgo  
August 30<sup>th</sup> - September 3<sup>rd</sup>, 2004

Paper CRE04 - TE01

## Estudo Comparativo da Queima de Óleo B.P.F. e de Lenha em Caldeiras – Estudo de Caso

**Laércio Caetano, Luis Antonio Duarte Junior**

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, FEIS, Universidade Estadual Paulista, UNESP  
CP 31, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil  
caetano@fqm.feis.unesp.br, duarte@dem.feis.unesp.br

Combustão é uma reação química na qual o oxigênio toma parte, ocorrendo, simultaneamente, uma intensa liberação de energia em forma de calor e luz, resultando, em especial, no despreendimento de calor. Denominam-se fumos os produtos resultantes da combustão. Os combustíveis são, geralmente, ricos em carbono e hidrogênio, podendo ocorrer também a presença de enxofre em pequena quantidade. A característica mais importante dos combustíveis é o poder calorífico, que é a quantidade de energia despreendida na combustão completa de uma unidade de massa ou volume, a pressão constante. O petróleo é uma das fontes combustíveis mais utilizadas atualmente, sendo o óleo combustível um de seus derivados. Outro combustível utilizado em escala industrial é a lenha, que apresenta em sua composição elementar carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e quantidade variável de água. Aqui consideramos a lenha como sendo a madeira de eucalipto seca ao ar com teor de umidade de 20%, por ser esta a utilizada pela empresa.

Este estudo, desenvolvido em parceria com a Recuperadora de Pneus Gigantes Ltda – REGIGANT da cidade de Ilha Solteira (SP), teve por finalidade realizar um estudo comparativo da queima do óleo e da lenha como combustíveis de caldeiras. Neste estudo foram levados em conta os diferentes aspectos relativos aos combustíveis: custos, qualidade dos fumos e agressão ao meio ambiente e produção de energia. Com relação aos equipamentos, os dados experimentais foram coletados nas duas caldeiras instaladas na Recuperadora, sendo a caldeira a óleo da marca APA e a caldeira à lenha da marca CHAMAS, ambas com capacidade de produção de vapor de 2500 kg/hora, regime de trabalho de 400 horas/mês e pressão de vapor de 150 libras. A opção pela utilização de uma ou outra caldeira é função de sua eficiência, característica, disponibilidade e custo do combustível, qualidade dos fumos produzidos e operacionalidade do equipamento.

Com base nas características físicas e químicas dos combustíveis e, através da utilização de equações matemáticas<sup>7</sup>, foi determinada a quantidade de energia embutida em cada um deles, bem como as características dos fumos produzidos durante os processos de combustão. Os valores calculados dos Poderes Caloríficos Superior e Inferior do óleo B.P.F. A1 foram: PCS = 10409,20 kcal/kg e PCI = 9880,00 kcal/kg e, para a madeira, o valor médio do Poder Calorífico Inferior calculado, com a utilização da devida equação matemática<sup>3</sup>, considerando-se um teor de umidade de 20%, foi: PCI = 3853,75 kcal/kg. Considerando queima completa, com ar seco estequiométrico, foi determinada a composição teórica dos fumos produzidos pela queima de cada um dos combustíveis. Para o óleo B.P.F. a fumaça teria: CO<sub>2</sub> – 22,06%, SO<sub>2</sub> – 0,29%, H<sub>2</sub>O – 6,15%, N<sub>2</sub> – 71,50%; e para a lenha (eucalipto): CO<sub>2</sub> – 21,89%, H<sub>2</sub>O – 6,51%, N<sub>2</sub> – 69,60%, cinzas – 2%.

Na fumaça produzida pelos equipamentos de queima, a presença de fuligem, formada de compostos parcialmente oxidados, foi mais intensa na queima do óleo combustível. A produção de ácidos derivados dos anidridos de enxofre aparece como sério problema, na queima do óleo B.P.F., uma vez que o teor deste elemento no óleo combustível é da ordem de 2%, em massa. Já a queima da lenha originou fuligem e também sílica no decantador de partículas no processo de exaustão.

Com relação ao consumo de combustível, a caldeira a óleo consome, em média, 76,50 kg/hora do óleo combustível B.P.F. e a caldeira a lenha, um m<sup>3</sup> de lenha/hora ou 620 kg de lenha/hora. O custo médio do óleo pago pela empresa no período do estudo foi de R\$ 0,895/kg, com um custo/hora de R\$ 68,46, implicando em uma despesa mensal de R\$ 27.384,00. Já o valor pago pela lenha (eucalipto) ficou em torno de R\$ 35,00/m<sup>3</sup>, com um custo hora de R\$ 35,00. Neste caso, o custo operacional adicional da empresa, relativo à mão-de-obra para transporte da lenha e alimentação da fornalha gira em torno de R\$ 1.500,00/mês, já incluídos todos os encargos, inferindo para a lenha, um custo mensal de R\$ 15.500,00.

Nota-se que, apesar de o óleo BPF ter um poder calorífico superior ao da lenha, o primeiro representa maior custo operacional para a empresa, tendo em vista o seu próprio custo e que sua utilização requer um sistema de lavagem da fumaça. Isso porque o óleo B.P.F. apresenta em sua composição 2,12% de enxofre que são responsáveis pela formação dos compostos de enxofre durante o processo de combustão. Estes, por sua vez, podem reagir com o vapor d'água e produzir H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, causando problemas de poluição atmosférica. Uma de suas vantagens é a de não formar resíduos sólidos, enquanto que a lenha produz, em média, de 1 a 2% de cinzas, que precisam ser removidas da fornalha a intervalos periódicos. De acordo com cálculos estequiométricos, a queima de uma tonelada do óleo produz cerca de 64,925 kg do ácido. Já a madeira agride menos o meio ambiente por ser isenta de enxofre, gerando durante sua queima uma fumaça com menor teor de fuligem e produtos sulfurados, sendo, portanto, menos agressiva. Outro aspecto a ser considerado, é que apesar da lenha exigir maior utilização de mão-de-obra, bem como maior espaço físico para armazenamento, é o combustível mais barato, tanto por tonelada quanto por unidade de energia gerada, representando uma economia da ordem de 76,67% em relação ao óleo BPF. A isto, ainda, soma-se o fato da lenha ser um recurso energético renovável.

Tendo em vista os dados aqui apresentados, pode-se concluir que a lenha representa, hoje, combustível de maior viabilidade que o óleo combustível, nas condições de operação dos equipamentos de queima instalados na Recuperadora de Pneus Gigantes LTDA.

## REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional do Petróleo (ANP), portaria 080/99, Brasília, Brasil (30/04/1999);
- [2] Campos, A.T.; Lacerda, A.F., Seminário de Química dos Combustíveis, Botucatu, Brasil (1994).
- [3] CNI, Coletânea de Trabalhos sobre Biomassa como Fonte de Energia, Brasília, Brasil (1988).
- [4] IBP, Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão, Rio de Janeiro, Brasil (1979).
- [5] Lima, Léo da Rocha, Elementos Básicos de Engenharia Química, Ed. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, Brasil (1974).
- [6] MEC, CAPES, ABEAS, Fontes Alternativas de Energia para a Agricultura, Brasília, Brasil (1981).
- [7] Munro, Lloyd A., Química en Ingenieria, Bilbao, Urmo, Espanha (1976).