



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

## DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA TÉRMICA EM QUEIMADOR RESIDENCIAL À GLP

**Leandro dos Santos Azevedo<sup>1</sup>; Robson Leal da Silva<sup>2</sup>**

UFGD/Faculdade de Engenharia, Cx. Postal 364, 79804-970, Dourados-MS, e-mail: leoazevedo2008@hotmail.com

<sup>1</sup> Iniciação Científica UFGD – PIBIC / CNPq, Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica / FAEN.

<sup>2</sup> Orientador, Docente/Pesquisador FAEN, atua nos cursos Engenharia Mecânica e Engenharia de Energia

Grupo de Pesquisa ARENA – Aproveitamento de Recursos Energéticos

### RESUMO

Neste trabalho foram realizados ensaios experimentais em queimadores de mesa (fogão residencial). Foi utilizada a instrumentação adequada disponível nos laboratórios de Engenharia de Energia para a realização de medidas, adquiridos com recursos de projetos de pesquisa anteriores e/ou em andamento. A metodologia de referência é baseada em regulamentação INMETRO (eficiência energética de fornos e fogões) e normas técnicas ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica (ensaios em máquinas e equipamentos térmicos industriais). Os resultados obtidos dizem respeito a parâmetros tais como consumo de combustível (vazão em massa ou volume, kg/s), quantidade de calor fornecido durante o ensaio (J/s) e eficiência (%).

**Palavras-chave:** Combustão, Energia térmica, Instrumentação para engenharia.

### INTRODUÇÃO

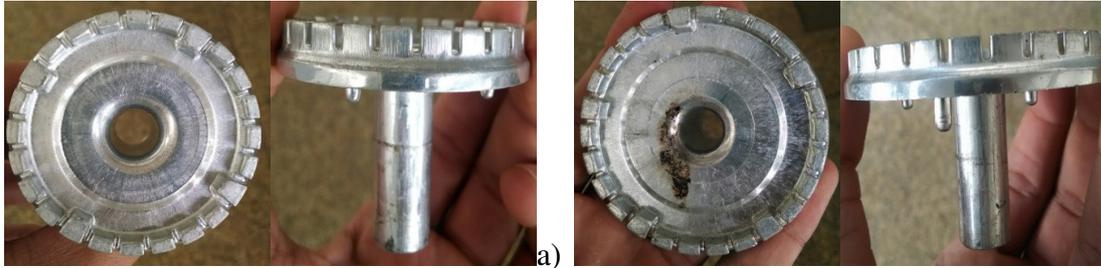
Em razão do grande número de queimadores residenciais em funcionamento pelo mundo, até mesmo um pequeno aprimoramento no desempenho térmico irá gerar significantes reduções de consumo de energia tanto doméstica quanto comercial, além de reduzir o nível de poluição gerado pelos mesmos. Este trabalho consiste na avaliação experimental de dois queimadores do mesmo aparelho de cocção (marca Atlas e do modelo Tropical) que usam como combustível o gás GLP, quanto ao rendimento de cada um.



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS



**Figura 1.** Visão superior e frontal – Queimador 1 (a, Diâmetro = 64,570 mm) e Queimador 2 (b, Diâmetro = 77,340 mm)

Ao final do trabalho, busca-se conhecer o comportamento da eficiência de ambos os queimadores analisados. Os ensaios foram realizados nos laboratório de Engenharia de Energia da Universidade Federal da Grande Dourados.

## METODOLOGIA

- **Condições laboratoriais**

Utilizou-se um Termo-Higro-Anemômetro-Barômetro para a aquisição da pressão local, a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente foram verificadas de acordo com o aparelho que se encontra no laboratório da marca HIGHMED, modelo HM-02. As medidas foram visualizadas e anotadas manualmente no início e no término do ensaio, sendo os valores apresentados na Tabela (1).

**Tabela 1.** Parâmetros ambientais do laboratório.

| Pressão (hPa = $10^2$ Pa)      | URA <sup>1</sup> (%)     | Temperatura (°C)             |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Inicial - 963,6; Final - 962,5 | Inicial - 59; Final - 58 | Inicial - 21,9; Final - 22,7 |

<sup>1</sup>Umidade Relativa do Ar.

A temperatura ambiente do ensaio está de acordo com a recomendada pela ABNT, haja vista que na questão da temperatura, ou seja, entre 15 a 25°C.

- **Instrumentação e especificações técnicas**

O ensaio foi realizado com embasamento nas normas técnicas (ABNT, 1999) para desempenho e segurança de aparelho doméstico de cocção a gás e uso racional de energia e as normas do INMETRO para requisitos de avaliação da conformidade para fogões e fornos a gás de uso doméstico e outros.

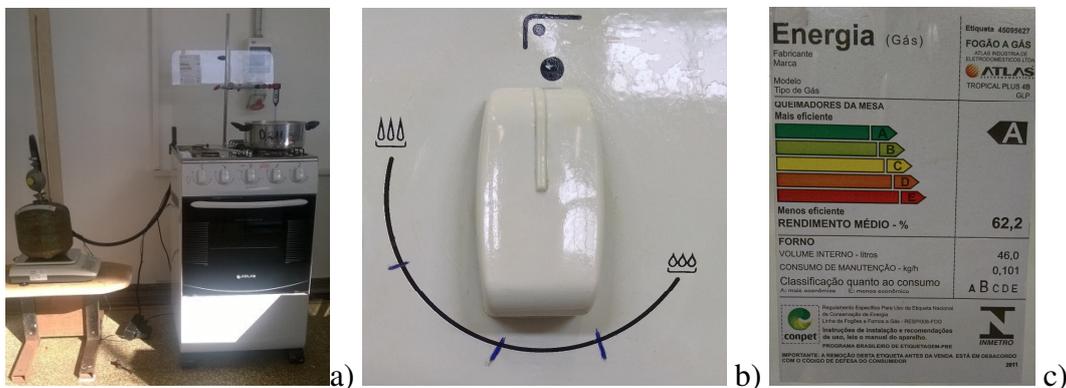


# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

Para analisarmos o rendimento montamos um sistema de modo a conseguir aferir a variação da massa do botijão e a variação de temperatura da água contida no recipiente, isto é, o sistema ficou conforme mostra a Fig. (2a). Ensaios foram realizados para cinco (PT1 a PT5) diferentes potências (ou vazão de gás GLP), Fig. (2b). Na Fig. (2c), imagem da ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, para Queimador de mesa (fornos e fogões) que usam combustível gasoso (CONPET).



**Figura 2.** (a) Arranjo experimental; (b) Botão de acionamento; (c) ENCE/INMETRO.

**Tabela 2.** Instrumentos de medição com suas especificações técnicas e demais aparatos.

| Equipamento  | Medição             | Escala                     | Resolução               | Precisão |
|--|---------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| Dois recipientes de alumínio                                       | -                   | -                          | -                       | -        |
| Balança (GEHAKA, Modelo: BK8000 Classe II/2011)                    | Massa               | (5 – 8100)g                | 0,1g                    | 1 g      |
| Termômetro (Highmed, modelo: HM-600)                               | Temperatura         | -50 ~ +300°C               | 0,1 °C                  | -        |
| Cronômetro (Cronobio, modelo: SW2018)                              | Tempo               | 23h59'59"                  | 1/100"                  | -        |
| Termo-Higro-Anemômetro-Barômetro (instrutherm, modelo: THAB-500)   | Pressão Atmosférica | 10,0 a 999,9 hPa           | 0,1 hPa                 | 1,5 hPa  |
| Botijão a gás GLP P-2  | -                   | -                          | -                       | -        |
| Aparelho de cocção a gás (marca:Atlas,modelo:Tropical Plus,4bocas) | -                   | -                          | -                       | -        |
| Manômetro (Famabras)   | Pressão             | (0-20) kgf/cm <sup>2</sup> | 0,5 kgf/cm <sup>2</sup> | -        |

### • Procedimento experimental

Antes de dar início ao ensaio abrem-se janelas e portas e liga-se o sistema de exaustão para a circulação dos gases. Aferem-se as condições climáticas (pressão atmosférica, temperatura ambiente e umidade relativa do ar) ao início e ao final do



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

ensaio, para que pudéssemos posteriormente compará-las com o que é recomendado na literatura. Foi necessário medir a pressão interna do botijão e verificar se houve alguma variação significativa durante o procedimento. Primeiramente posicionou-se o recipiente ao centro da balança, aguardando a indicação digital estabilizar, tarar a balança e então colocar 2 kg de água em seu interior (com a mínima variação possível) e aferir sua temperatura inicial.

Para a aquisição de dados foi montada a balança ao lado do fogão Fig. 2, e antes de usá-la certificou-se que se encontrava em equilíbrio na bancada e só então foi colocado o botijão, tomando o cuidado de posicioná-lo ao centro da balança fazendo assim com que sua massa ficasse bem distribuída. O recipiente é colocado ao centro do queimador e aciona-se a chama. É mantida por dez minutos e então a água é transferida para o outro recipiente e colocando de volta ao centro do queimador, porém agora acompanhado do termômetro que é posicionado no centro geométrico do recipiente (apenas imerso na água, sem tocar o recipiente) com o intuito de monitorar a temperatura da água e interromper a chama assim que alcançar 90°C, e aferir a temperatura máxima obtida após a chama ser interrompida. Obs: \*tanto a balança quanto o aparelho de cocção permaneceram ligados 5 minutos antes que fosse realizada a aquisição de dados.

- **Equacionamentos**

A quantidade de calor cedido pelo gás, Eq. (1), e o calor absorvido pela água, Eq. (2), e eficiência na conversão da energia química do combustível gasoso em energia térmica (calor), pelo queimador de mesa para cada potência ensaiada, com a Eq. (3).

$$C_c = m \cdot PCS \quad (1)$$

$$C_{ab} = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T \quad (2)$$

$$\eta(\%) = C_{ab} / C_c \quad (3)$$

Onde,  $C_c$ : Calor cedido pela queima do gás [kJ];  $m$ : Massa consumida de combustível [kg];  $PCS$ : Poder Calorífico Superior [49.767,08 kJ/kg];  $C_{ab}$ : Calor absorvido pela água [kJ];  $\eta$ : eficiência na conversão da energia química em energia térmica [%];  $m_{H_2O}$ : Massa de água [kg];  $c_{H_2O}$ : Calor específico da água [4,19 kJ/kg.K], (HOLMAN, 1996)



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

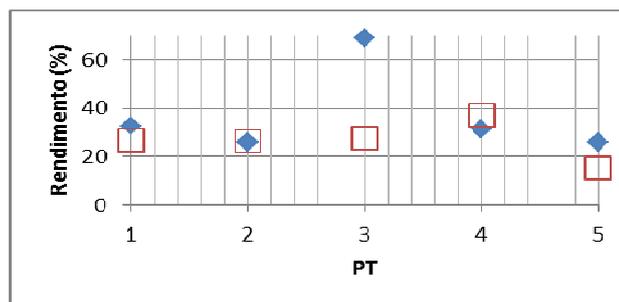
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 é possível visualizar os rendimentos de cada queimador de acordo com a potência indicada. Pode-se perceber que em geral o rendimento do queimador 1 é maior que o do queimador 2, enquanto o primeiro possui  $\eta_{Q1} \approx 36,8\%$ , o outro possui  $\eta_{Q2} \approx 26,52\%$ , sendo que geometricamente,  $D1 < D2$ . (PT: potência).

**Tabela 3.** Rendimento de cada queimador (1 e 2), para cada potência indicada.

| Queimador                      | PT 1    |         | PT 2    |         | PT 3   |         | PT 4    |        | PT 5    |        |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|
|                                | 1       | 2       | 1       | 2       | 1      | 2       | 1       | 2      | 1       | 2      |
| Massa de água (kg)             | 2,0002  | 2,0004  | 2,0001  | 2,0011  | 2,0001 | 2,0000  | 2,0002  | 2,0000 | 2,0003  | 2,0004 |
| Massa consumida de gás (kg)    | 0,0397  | 0,0483  | 0,0433  | 0,0450  | 0,0167 | 0,0414  | 0,0368  | 0,0304 | 0,0417  | 0,0709 |
| T. inicial (°C)                | 13,2    | 13,8    | 23,4    | 19,9    | 22,6   | 21,9    | 23,2    | 23,5   | 26,7    | 26,2   |
| T. final (°C)                  | 90,0    | 90,2    | 90,0    | 90,0    | 91,1   | 90,5    | 91,3    | 90,6   | 90,5    | 90,0   |
| Calor cedido pelo gás (kJ)     | 1975,75 | 2403,75 | 2154,91 | 2239,51 | 831,11 | 2060,35 | 1831,42 | 1512,9 | 2075,28 | 3528,5 |
| Calor absorvido pela água (kJ) | 643,6   | 640,4   | 558,1   | 587,7   | 574,0  | 574,9   | 570,7   | 562,3  | 534,7   | 534,8  |
| Rendimento (%)                 | 32,6    | 26,6    | 25,9    | 26,2    | 69,0   | 27,9    | 31,2    | 37,2   | 25,8    | 15,2   |

Na Fig. 3, visualiza-se o comportamento da eficiência para as diversas potências.



**Figura 3.** Rendimento(%) versus Potência (posição) - Queimador 1(azul), 2 (vermelho).

Percebe-se na Fig. 4, na posição PT3, eficiência distinta dos demais, diretamente relacionada à massa de gás consumida e medida com a balança. Possivelmente trata-se de falha no momento da aquisição de dados ou algum agente externo que tenha afetado a precisão da balança (choques mecânicos ou uma corrente de ar que tenha afetado seu estado de equilíbrio). Desconsiderando a discrepância pontual, a eficiência do queimador 1 é mais estável do que queimador 2, nas diferentes potências.



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

## CONCLUSÕES

A eficiência energética térmica de ambos os queimadores ensaiados é entre 26-36%. Para os cinco níveis de potência ensaiados (PT1 a PT5), existe uma tendência, embora pequena, de aumento da eficiência para aumento de potência (ou vazão) entre PT1 e PT4, com decaimento da eficiência entre PT4 e PT5. Eficiência é superior para o queimador 1, que é o de menor diâmetro externo.

A etiqueta de eficiência energética do fabricante do fogão indica rendimento médio de 62,2% para o queimador de mesa, e classificação “A” (“A”-melhor, “E”-pior). No entanto, cabe ressaltar que utiliza metodologia diferente daquela aqui utilizada.

Mudanças na geometria e demais parâmetros operacionais do queimador residencial acoplado ao fogão residencial podem alterar a eficiência de conversão da energia. Quaisquer melhorias, por mínimas que sejam, representa uma quantidade de energia considerável, devido à quantidade de aparelhos de cocção a gás e seus diferentes tipos de queimadores existentes no mercado. Pesquisa mais avançada pode indicar como obter aumento na eficiência e redução no consumo em queimadores residenciais.

## AGRADECIMENTOS

À bolsa PIBIC/UFGD através do programa de Iniciação Científica UFGD, ao orientador e aos laboratórios de Engenharia de Energia / FAEN. À PROPP/COPq da UFGD, pela concessão de apoio financeiro ao projeto de pesquisa “Combustão industrial em fornos cerâmicos: eficiência energética de equipamentos e do sistema operando com diferentes combustíveis”, N° 2012/0031.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13723-1: Aparelho doméstico de cocção a gás parte 1: Desempenho e segurança**. 58p. 2003
- [2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13723-2: Aparelho doméstico de cocção a gás parte 2: Uso racional de energia**. 3p. 1999
- [3] INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. 2012. “**Portaria n. 400/2012 - Requisitos de avaliação da conformidade para fogões e fornos a gás de uso doméstico**”. 3p.
- [4] HOLMAN, J.P. **Experimental Methods for Engineers**, Mcgraw-Hill 469p. 1996.