

# MEDICÃO DO DESEMPENHO DE QUEIMADORES POROSOS

M.A. Laranjeira

Laboratório de Combustão e Engenharia de Sistemas Térmicos, Departamento de Engenharia mecânica, Bloco B, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Campus Universitário, cep:88040-900

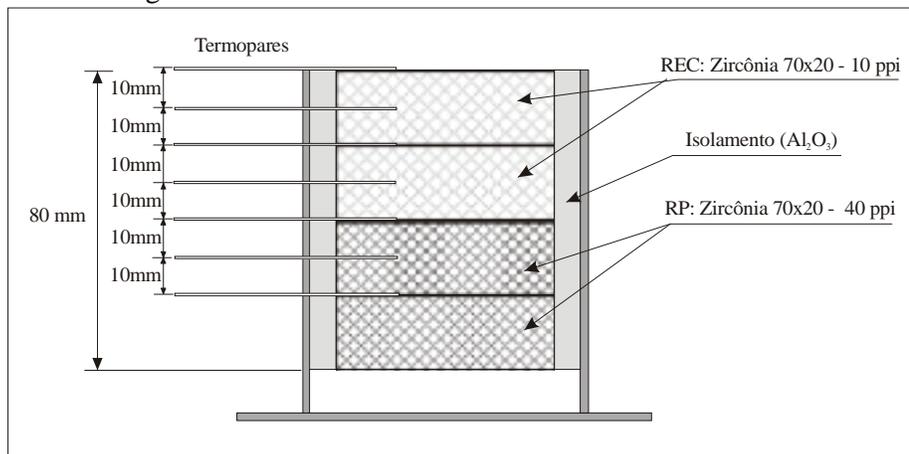
Palavras-chave: **combustão; queimadores porosos radiantes; estabilidade de chama**

## RESUMO

Nos queimadores porosos radiantes a reação de combustão se estabiliza dentro de uma matriz sólida com alta porosidade. O calor produzido pela combustão do gás aquece a região da matriz em contato com a chama que, por sua vez, transmite calor por condução e radiação para as regiões mais frias, pré-aquecendo o gás. Este fenômeno de recirculação resulta em altas temperaturas na região da frente de chama, em alguns casos maiores que a temperatura adiabática, obtendo-se assim grandes taxas de reação. Isto possibilita que o queimador poroso queime misturas mais pobres em combustível, aumente a sua eficiência na conversão de energia e reduza a emissão de poluentes provenientes da combustão incompleta. As altas temperaturas da matriz sólida, aliadas a alta porosidade, torna o queimador poroso uma alternativa interessante também em processos que utilizam a troca de calor por radiação.

O queimador é composto pela região de estabilização de chama (REC) e pela região de pré-aquecimento (RP), que contém poros menores do que a REC objetivando evitar a propagação da frente de chama em seu interior, forçando assim a estabilização na interface entre as duas regiões.

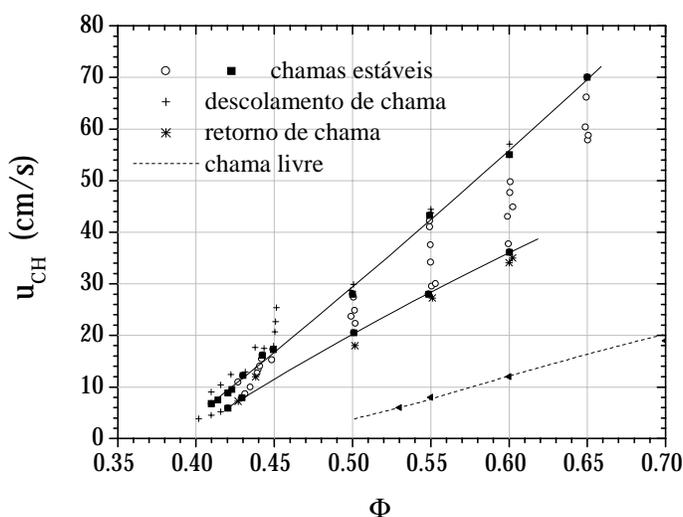
Para o levantamento do desempenho dos queimadores, uma bancada experimental foi projetada, construída e instrumentada. Esta bancada possui um sistema de alimentação de ar e gás, um sistema de monitoramento da temperatura no interior do queimador e um sistema de aquisição de dados. O queimador testado é composto por duas camadas de 10ppi (REC) e duas camadas de 40ppi (RP), todas feitas de zircônia, 80% de porosidade, 70mm de diâmetro e 20mm de espessura. O queimador foi instrumentado com três baterias de nove termopares, possibilitando a obtenção do perfil axial de temperatura dentro do queimador. O sistema de medição de temperatura possui também um pirômetro óptico que se encontra em fase de calibração e teste. Através do pirômetro será medida a radiação emitida pelo queimador. O combustível utilizado nos testes foi o metano, sua escolha é justificada pela existência de grande quantidade de dados sobre sua combustão e pelo fato deste ser o principal componente do gás natural. A configuração do queimador e uma das baterias de termopares está representada na figura 1.



**Figura 1:** Configuração do queimador poroso

O procedimento utilizado nos experimentos segue o método proposto por Hsu, *et al.* (1993), primeiramente escolhe-se uma relação de equivalência e uma vazão que permita a propagação da chama no interior do queimador, aquecendo assim a matriz sólida, em seguida a relação de equivalência é ajustada para o valor de teste e a vazão é variada de forma que se encontre a vazão máxima e mínima, entre as quais a chama se estabilize dentro da REC. Este procedimento é repetido para diversas relações de equivalência até que, para uma determinada relação, não seja possível a estabilização da chama, independente da sua vazão. A menor relação de equivalência em que é possível estabilizar uma chama é o limite inferior de inflamabilidade. A velocidade de chama é obtida dividindo-se a vazão pela área transversal do queimador. Com o prosseguimento dos trabalhos será levantada a eficiência radiativa do queimador através do pirômetro óptico, futuramente, pretende-se estudar a influência da configuração do queimador no seu desempenho, e assim, ter condições de otimizar, para cada aplicação específica, seu desempenho.

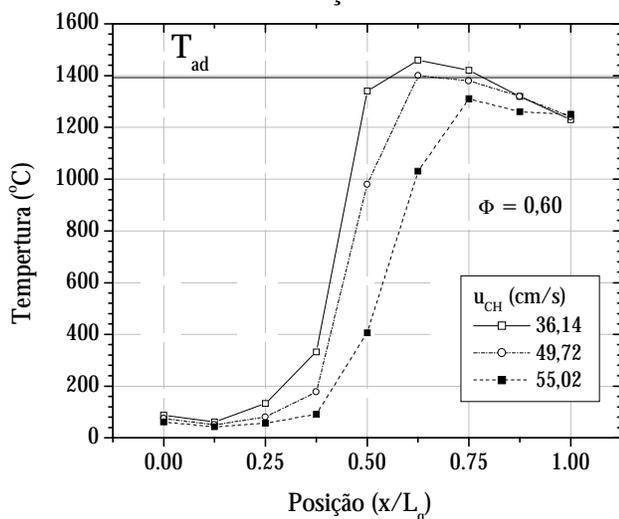
Para a configuração testada, o limite inferior de inflamabilidade obtido foi 0,41, enquanto que, de acordo com Kuo, K., K., (1986), o limite para chama livre está em torno de 0,50. A figura 2 representa a região de estabilização de chama da configuração testada comparada com a chama livre. Uma das características mais importantes do queimador poroso é o fato de que para cada relação de equivalência, existe uma faixa de velocidades em que é possível a estabilização da chama. Numa chama livre tem-se apenas uma velocidade correspondente a cada relação de equivalência. O limite superior de estabilidade é determinado pelo descolamento de chama, situação em que qualquer parte da chama sai da REC. O limite inferior é determinado pelo retorno de chama, que ocorre quando qualquer parte da chama entra na RP. As velocidades obtidas nos testes do queimador atingiram valores superiores as velocidades da chama livre, para uma relação de equivalência de 0,60, a velocidade foi 5 vezes maior do que a velocidade da chama livre. A potência máxima obtida foi de 1385 kw/m<sup>2</sup> e a mínima de 81,5 kw/m<sup>2</sup>, resultando em uma variação de potência de 1:17.



**Figura 2:** Comparação dos resultados obtidos e uma chama livre

Um detalhe interessante no comportamento do queimador poroso é o fato de que, para relações de equivalência muito baixas, o limite inferior de estabilidade também é controlado pelo descolamento de chama. Neste caso o descolamento ocorre como consequência do baixo calor gerado na queima, que não aquece suficientemente a matriz sólida, diminuindo a temperatura da chama, causando a sua propagação até a superfície e a consequente extinção.

Os resultados experimentais demonstram que a temperatura na região da frente de chama pode superar a temperatura adiabática, fato este que comprova a alta eficiência energética que pode ser atingida pelo queimador poroso. A figura 3 compara, para uma relação de equivalência de 0,60, o perfil de temperatura referentes a três chamas estáveis e a temperatura adiabática do combustível para a mesma relação de equivalência. A figura 3 mostra também que a temperatura máxima obtida no queimador decai com o acréscimo de velocidade, isso ocorre apesar do acréscimo de velocidade causar um aumento no calor gerado no interior do queimador, uma velocidade maior representa um maior fluxo de gases a serem pré-aquecidos e um menor tempo disponível para o pré-aquecimento, resultando em uma queda na eficiência de recirculação de calor.



**Figura 3:** Efeito da velocidade no perfil de temperatura

Os resultados obtidos comprovam a capacidade que o queimador poroso possui de estender o limite inferior de inflamabilidade dos combustíveis e a possibilidade da obtenção de diferentes velocidades de chama para uma mesma relação de equivalência. Obtendo altas temperaturas de chama, demonstra-se que os queimadores porosos alcançam altas taxas de reação e, conseqüentemente, possuem uma maior eficiência energética em relação aos queimadores convencionais.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hsu P. F. and Matthews R. D., The necessity of using detailed kinetics in models for premixed combustion within porous media, *Combustion and Flame* 93:457-466 (1993).
2. Borman, G. L. and Ragland, K. W., *Combustion Engineering*, WCB/McGraw-Hill, (1998).
3. Kuo, K., K., *Principles of Combustion*, Wiley Interscience, (1986).