

MERCOFRIO 2000 - CONGRESSO DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL

CONTROLE DA EMISSÃO DE POLUENTES UTILIZANDO COMBUSTÃO PULSANTE

Pedro Teixeira Lacava – lacava@aer.ita.cta.br

Cristiane Aparecida Martins - manfredi@cptec.inpe.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Divisão de Engenharia Aeronáutica

Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, São José dos Campos, SP, Brasil

CEP: 12228-900

João Andrade de Carvalho Jr. – joao@feg.unesp.br

Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, Depto. de Energia

Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá –SP, Brasil, CEP: 12500-000

Marco Aurélio Ferreira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Combustão e Propulsão

Rod. Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP, Brasil, CEP: 12700-000

***Resumo.** A preocupação com a emissão de poluentes em processos industriais cada dia adquire proporções maiores devido às exigências ambientais. Não fugindo desse contexto estão os equipamentos que se utilizam da combustão para aquecimento, como é o caso das caldeiras e fornos. Basicamente, há duas maneiras de se controlar a emissão de poluentes nesses processos: intervindo diretamente na combustão ou tratando os gases fora da câmara. Uma das recentes técnicas de intervenção direta é a combustão em condição de chama pulsada, ou seja, com a pressão e a temperatura variando periodicamente com o tempo na região de queima. Tais condições promovem uma intensificação na taxa de mistura entre combustível e oxidante, devido ao incremento do nível de turbulência na chama. A emissão de poluentes como CO, hidrocarbonetos não queimados, fuligem e particulados está intimamente relacionada com a qualidade da mistura entre os reagentes. Assim, com a intensificação do nível de turbulência, espera-se que a emissão desses poluentes diminua. Desta forma, o presente trabalho apresenta uma coletânea de resultados experimentais realizados no Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do INPE de Cachoeira Paulista –SP, sobre a emissão de poluentes em câmaras de combustão pulsadas. Os resultados apontam que há uma drástica redução na emissão dos poluentes citados anteriormente e que, em determinadas condições, pode-se também minimizar as emissões de NO_x com o uso da combustão pulsante.*

***Palavras-chave:** Combustão, Combustão Pulsante, Emissão de Poluentes*

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os processos industriais estão em constante busca do aumento da produtividade, devido ao mercado consumidor ser cada vez mais amplo e exigente. No entanto, em função da crise energética e exigências ambientais, o aumento da produtividade está cada vez mais atrelado a baixos consumos de energia e baixas emissões de poluentes.

Desta forma, a busca de novas tecnologias que atentam à essas necessidades é uma realidade, visto que em processos convencionais a conciliação de tais fatores é quase impossível.

Atualmente, na maioria das plantas industriais está presente algum processo que dependa da energia térmica liberada pelas reações de combustão, que vão desde fornos de fusão, incineradores de resíduos industriais, até caldeiras para geração de vapor. Os processos de combustão não fogem às exigências citadas no parágrafo anterior, pois, em geral, são processos caros, passíveis de emissão de poluentes e importantes para o funcionamento da indústria.

Entre as técnicas que procuram atender essas exigências, destaca-se a combustão pulsante, que apresenta como vantagens sobre o processo de combustão convencional a economia de combustível, maior produtividade, redução da emissão de poluentes, aumento das taxas de transferência de calor convectiva e investimento de capital reduzido para sua implementação (Ferreira e Carvalho, 1988).

Alguns combustores podem ser especialmente construídos de tal forma que o próprio processo de combustão é o responsável pelo surgimento das oscilações acústicas, como é o caso dos combustores pulsantes tipo tubo de Rijke e Helmholtz (Carvalho et al., 1989). Ou pode-se utilizar projetos convencionais de câmaras de combustão com atuadores externos para induzir as oscilações, como por exemplo o uso de alto-falantes estrategicamente posicionados na câmara ou no queimador.

Em 1879 Rayleigh (citado por Momma, 1993) investigou o princípio básico que determina as condições nas quais as oscilações acústicas existentes em processos de combustão são amplificadas e estabeleceu que se uma quantidade de calor é fornecida periodicamente para uma massa de gás oscilatória durante a fase de compressão da onda acústica, a amplitude de oscilação será amplificada, ocorrendo o mesmo se calor for removido durante a fase de rarefação. A oscilação de pressão será atenuada quando o inverso ocorrer, ou seja, quando uma quantidade de calor é fornecida na fase de rarefação ou removida na fase de compressão.

Apesar do critério de Rayleigh ter sido observado experimentalmente, sua formulação matemática só veio a ocorrer com Putnam e Dennis em 1956 (citado por Couto, 1989). De acordo com esta formulação a amplitude das oscilações crescerá quando

$$\oint Q' p' dt > 0 , \quad (1.1)$$

onde Q é a taxa de calor instantânea transferida ao escoamento, p' a diferença entre a pressão instantânea e a pressão média (pressão acústica), t o tempo e \oint a integração sobre o ciclo de oscilação. Esta expressão é proveniente das equações de conservação e a integral representa o acréscimo de energia da perturbação acústica por ciclo fornecida por uma fonte de calor. É importante observar que o critério de Rayleigh é uma condição necessária mas não suficiente para a ocorrência das oscilações acústicas, visto não explicar as origens das mesmas (Couto, 1989). As observações experimentais mostram que as vibrações parecem surgir somente a partir de alguma interação das condições do escoamento gasoso e das propriedades aerodinâmicas dos corpos no interior da câmara, com a fonte de aquecimento (Ferreira, 1989).

Assim, com intuito de melhor compreender os fenômenos envolvidos em sistemas de combustão pulsados, além do interesse de se pesquisar novos métodos econômicos para extrair energia de combustíveis de diversas naturezas e com baixa emissão de poluentes, o Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE de Cachoeira Paulista, a partir de 1985 iniciou um programa de pesquisas na área da combustão pulsante, contando hoje com um grupo de pesquisa formado por pesquisadores do próprio INPE, da UNESP de Guaratinguetá e do ITA de São José dos

Campos. Desta forma, o objetivo do presente trabalho é relatar as pesquisas mais relevantes obtidas por esse grupo, principalmente em relação à emissão de poluentes.

2. ESTRUTURA DA CHAMA

Para compreender como a combustão pulsante pode contribuir para redução da emissão de alguns poluentes, é preciso identificar como a presença do campo acústico afeta a estrutura da chama e a taxa de mistura entre o combustível e o oxidante. Lacava et al. (1999) analisaram o efeito da frequência e da amplitude de oscilação no formato de chamas pré-misturadas pulsadas de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) com ar, através de imagens obtidas por câmeras CCD. Os gases foram misturados instantes antes de entrarem no queimador e, através de um alto-falante estrategicamente posicionado na base do mesmo, a mistura foi excitada acusticamente. A Fig. 1 mostra o comportamento do comprimento da chama em função da amplitude, para a frequência mantida em 100Hz.

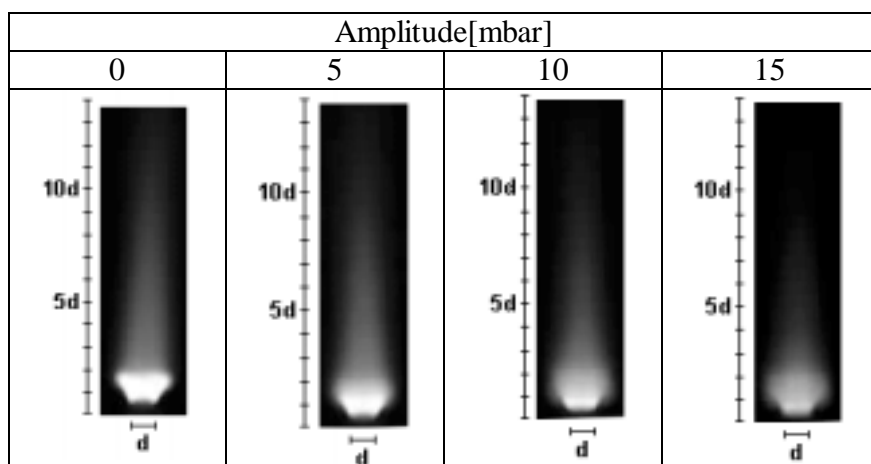


Figura 1 – Imagens das projeções integradas da chama inteira para a frequência de 100Hz e amplitudes de 5, 10 e 15mbar e sem atuação acústica (Lacava et al., 1999).

Os resultados apontaram que com aumento da amplitude a chama sofre uma compactação, fazendo com que em 15mbar a região de reação química restrinja-se a uma “nuvem” a jusante da saída do queimador. Por outro lado, os resultados de Lacava et al. mostraram que a frequência pouco contribui para redução do comprimento de chama. No entanto, ela influencia ativamente o comportamento da zona de recirculação formada na saída do queimador. A Fig.2 compara reconstituição tomográfica desta região, para a situação sem atuação acústica e para as frequências de oscilação de 100 e 200Hz e amplitude de 15mbar. Nota-se, que quando não há atuação acústica, as reações químicas (caracterizadas pela intensidade luminosa) concentram-se em uma estreita faixa da região da recirculação. A medida que a atuação acústica é imposta, vai ocorrendo uma dispersão da região luminosa mostrando que as reações químicas passam a se desenvolver ao longo de toda região de recirculação, e não somente em uma estreita faixa.

Pode-se dizer que estrutura da chama é bastante sensível às condições de oscilação e que, de uma forma geral, elas intensificam a taxa de mistura entre o combustível e o oxidante. A emissão de poluentes decorrentes de oxidação parcial, como CO, hidrocarbonetos não queimados e fuligem, são extremamente dependentes da qualidade da mistura entre os reagentes. Sendo assim, a presença de oscilações acústicas acaba por minimizar a emissão desses poluentes. Por outro lado, deve-se atentar para emissões de NO_x, visto que o

comportamento da sua emissão em função da qualidade da mistura, depende da razão de equivalência global do processo de combustão (Lyons, 1981).

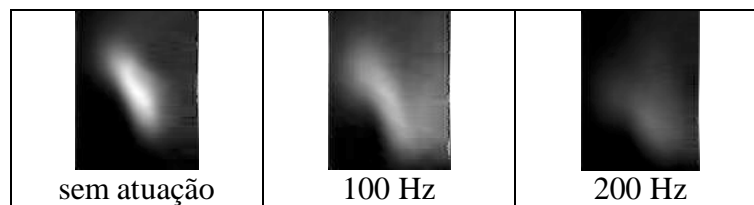


Figura 2 – Reconstituição tomográfica da região recirculação a jusante do queimador, as imagens são para a metade esquerda da chama. Resultados para situação sem atuação acústica e para as frequências de 100 e 200Hz, com amplitude de 15mbar (Lacava et al., 1999).

3. COMBUSTOR TIPO TUBO DE RIJKE

Rijke, em 1859, notou que fortes oscilações acústicas eram obtidas quando uma tela metálica aquecida era colocada na metade inferior de um tubo vertical aberto em ambas as extremidades. A Fig. 3 apresenta o tubo de Rijke original e sua estrutura de onda acústica.

Carvalho et al. (1989) realizaram uma análise teórica mostrando que a localização do aquecedor plano para produzir a máxima intensificação das oscilações do primeiro harmônico é $L/4$, onde L é o comprimento do tubo. No entanto, se observarmos o critério de Rayleigh, as oscilações serão intensificadas se calor for adicionado na parte inferior do tubo, ou atenuadas se este for adicionado na parte superior.

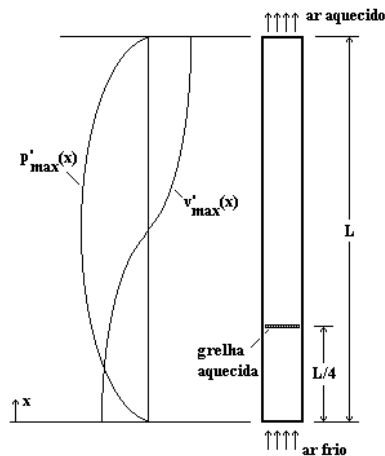


Figura 3 – Tubo de Rijke original.

No caso de combustores pulsantes tipo tubo de Rijke, a grade metálica original é substituída por um leito de combustão, no caso de combustíveis sólidos, por um atomizador, no caso de combustíveis líquidos, e por um distribuidor de gás, no caso de combustíveis gasosos. A facilidade de construção e a possibilidade de operar com diversos tipos de combustíveis, tornam esse tipo de combustor bastante versátil para pesquisas na área de combustão pulsante.

A partir de 1985, uma série de pesquisas foram realizadas no INPE utilizando um combustor tipo Rijke com 0,20m de diâmetro interno, construído de forma modular, o que permite montagens de 2,4, 2,8 e 3,2m de altura (designado como combustor 1). A base do

tubo está montada sobre uma câmara de desacoplamento, cuja função é permitir o controle de ar que entra no combustor e garantir a condição de tubo aberto em ambas extremidades, visto que seu diâmetro é bem maior que o do tubo. Também foi previsto uma camisa d'água para refrigeração dos módulos do combustor e para avaliar a eficiência do processo de transferência de calor para a parede. Em função de suas dimensões esse combustor permitiu a realização de ensaios com combustíveis de diversas naturezas.

Com os mesmos conceitos do combustor 1, em 1994 foi construída uma nova versão, com 7,2cm de diâmetro interno e 2,80m de altura, para queima de combustíveis gasosos (designado como combustor 2). As dimensões deste segundo combustor são mais adequadas para as pesquisas de escala laboratorial, sobretudo para as emissões de poluentes. A Fig. 4 apresenta um esquema dos combustores e a Tab. 1 apresenta um resumo das pesquisas realizadas.

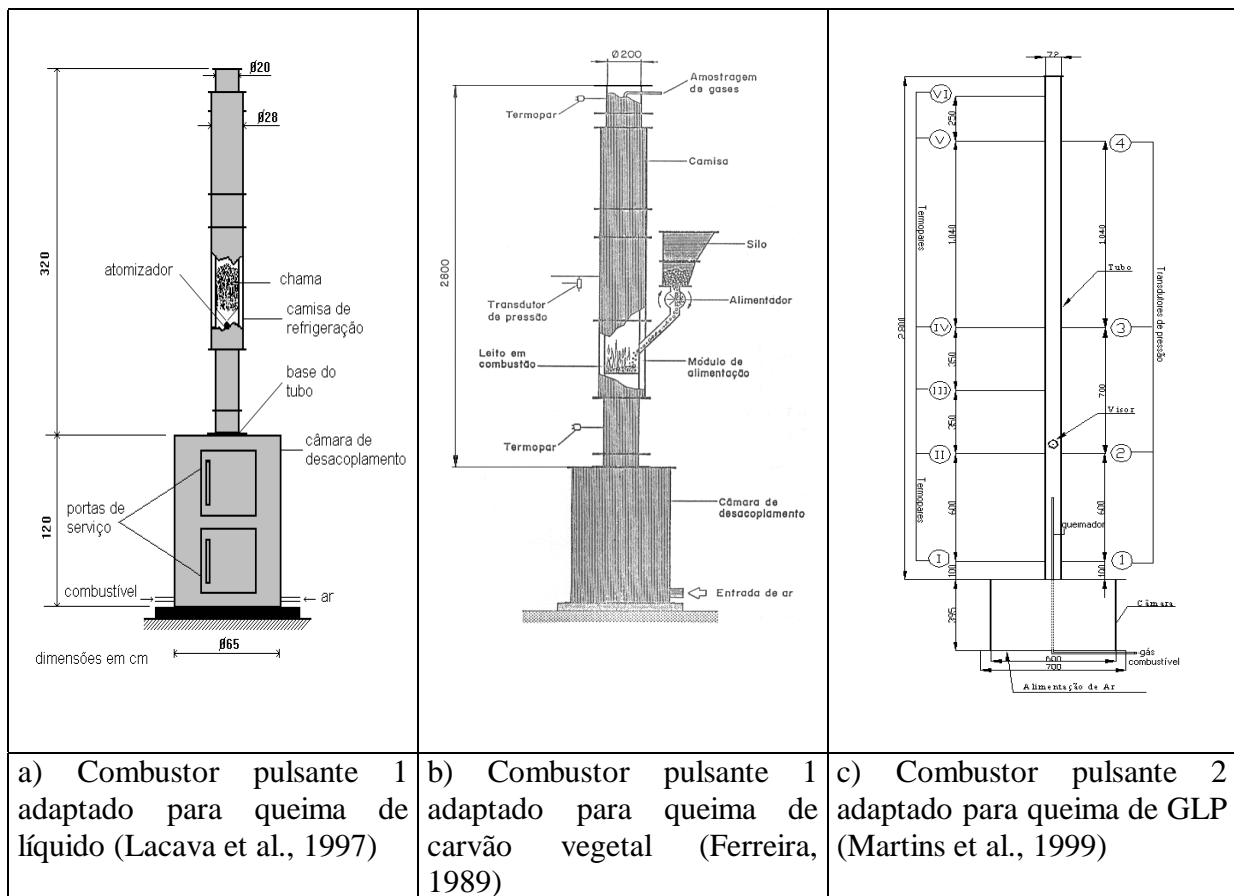


Figura 4- Combustores utilizados para as pesquisas desenvolvidas no INPE.

As pesquisas realizadas no combustor 1 sempre estiveram direcionadas para obter as condições que levam a geração de oscilações acústicas na câmara e os parâmetros relacionados a sua operação. De uma forma geral, os resultados indicam que as oscilações surgem de interações entre a fonte de energia (necessidade de uma potência mínima), o escoamento de ar e corpos introduzidos no tubo, como por exemplo estabilizadores de chama.

Os resultados também apontaram que as melhores eficiências de combustão são alcançadas com excessos de ar superior a 10% (em comparação com a condição de combustão não pulsada), em função de maiores amplitudes serem obtidas quando aumenta-se a vazão do escoamento de ar. Conforme discutido na seção anterior, o aumento da amplitude intensifica a qualidade da mistura, aumentando a eficiência de combustão.

Tabela 1- Resumo dos trabalhos com combustores tipo tubo de Rijke no INPE.

Autores	Combustível	Combustor	Parâmetros medidos
Carvalho et al. (1987)	Carvão vegeta	*	Pressão acústica, frequência e eficiência de combustão
Ferreira e Carvalho (1988)	madeira e carvão vegetal	1	Pressão acústica, frequência e eficiência de combustão
Carvalho et al. (1989)	madeira	1	Pressão acústica e frequência
Ferreira (1989)	carvão vegetal	1	Pressão acústica e frequência
Couto (1989)	álcool etílico	1	Pressão acústica, frequência e coeficiente de troca de calor
Ferreira e Carvalho (1990)	Carvão vegetal	1	Pressão acústica, frequência e emissão de particulados
Torres et. Al (1992)	casca de dendê	1	Eficiência de combustão
Momma (1993)	GLP	1	Pressão acústica e frequência
Lacava et al. (1997)	álcool etílico	1	Pressão acústica e frequência
Ferreira (1997)	GLP	2	Pressão acústica, frequência e concentrações de CO
Martins et al. (1999)	GLP	2	Pressão acústica, frequência e concentrações de CO, NO _x e O ₂

* Combustor da *Georgia Institute of Technology*

4. EMISSÃO DE POLUENTES

Monóxido de carbono (CO) e os demais compostos de oxidação parcial, como os hidrocarbonetos não queimados e a fuligem, estão entre as principais espécies de poluentes atmosféricos emitidas por fontes de combustão. A emissão destes poluentes está altamente relacionada com a qualidade da mistura entre o combustível e o oxidante. Conforme apresentado na seção sobre a estrutura da chama, as oscilações acústicas propiciam uma melhor qualidade entre os reagentes, como consequência espera-se uma menor emissão destes poluentes, quando a combustão se desenvolve em regime pulsado. A Fig. 5 compara os resultados de Martins et al. (1999) para emissão de CO em função da razão de equivalência (ϕ), queimando GLP nas potências de 6.9 e 13,8kW, no combustor 2 e em regime pulsado ou não.

Nota-se que a emissão de CO é drasticamente reduzida para ambas potências quando opera-se o combustor em regime pulsado, até mesmo para as condições onde o excesso de ar é baixo e na estequiometria ($\phi = 1$). Este comportamento para emissão de CO, também foi observado por Carvalho et al. (1987) e Ferreira e Carvalho (1990) para queima de carvão vegetal não pulverizado.

Outra contribuição importante da combustão pulsante é na redução da emissão de particulados. A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados obtidos por Carvalho et al. (1987) para queima de carvão não pulverizado. Basicamente, nota-se que a emissão de particulados depende da condição de operação (pulsada ou não), da amplitude e do excesso de ar. Comparando as condições 3 e 4, verifica-se que a combustão pulsante reduz efetivamente a emissão de particulado. No entanto, a eficiência dessa redução vai depender da amplitude de oscilação, ao compararmos as condições 1 e 5, verificamos que a maior amplitude é mais eficaz. Este resultado está de acordo com as observações anteriores de que o aumento da amplitude intensifica a qualidade da mistura entre os reagentes.

O outro fator importante, é o excesso de oxidante. As comparações entre as condições 2 e 4 e as condições 3 e 5, indicam que a tanto para o regime pulsado como para o não pulsado, o excesso de ar diminui a emissão de particulados, possivelmente pelo aumento da concentração de oxigênio na região de chama.

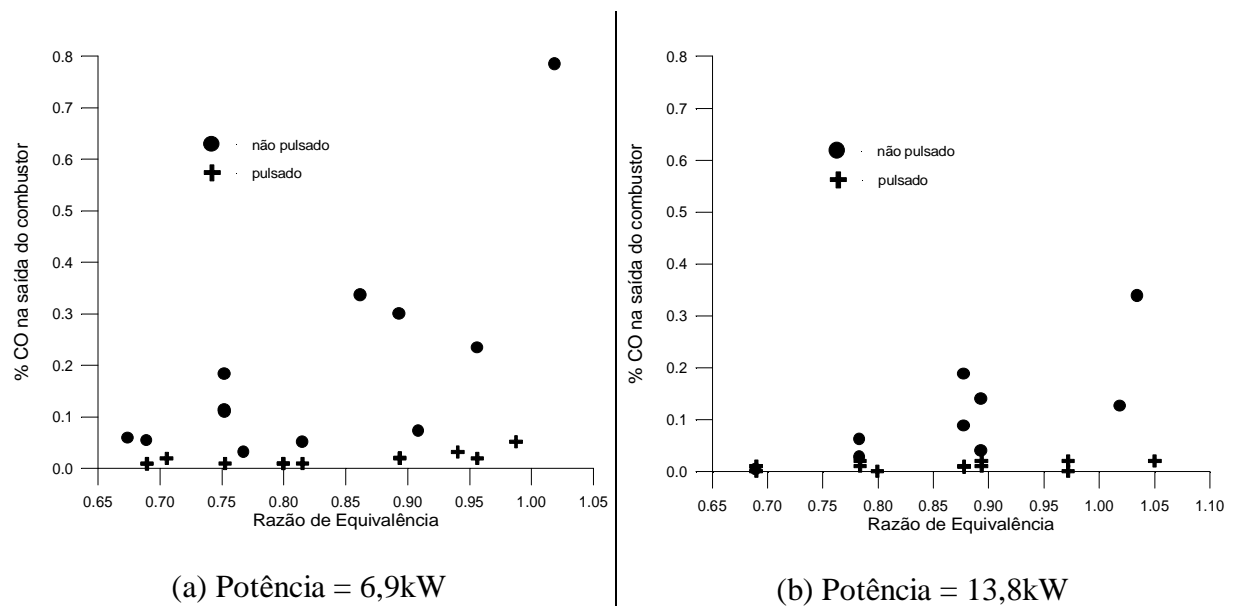


Figura 5 – Emissão de CO para queima de GLP no combustor 2 em regimes pulsados e não-pulsados (análise dos gases em base seca) (Martins et al., 1999).

Tabela 2 – Resultados da emissão de particulados para combustão de carvão não pulverizado (Carvalho et al., 1987)

condição	tipo	α	amplitude dB	m_p/m_c
1	pulsada	0,943	157	0,17
2	não pulsada	0,893	-	1,31
3	pulsada	0,901	153,5	0,55
4	não pulsada	0,901	-	1,34
5	pulsada	0,935	154,5	0,98

onde: α = razão de equivalência, m_p = massa de particulado e m_c = massa de carbono suprido.

É importante observar que sobre condições pulsadas a velocidade das partículas no escoamento de gases na câmara aumenta, com isso partículas com tamanho menor adquirem condições suficientes para serem arrastadas para fora do combustor. Assim, pode-se dizer que a presença do campo acústico reduz a formação de particulados, mas ao mesmo tempo propicia condições de velocidade para emissão de partículas menores. No entanto, conforme observado na Tabela 1, o balanço desses efeitos resulta em uma menor emissão de particulados quando se está operando no regime pulsado. Uma maneira de minimizar o efeito da velocidade é aumentar o tempo de residência da câmara. Baseado nos resultados de Ferreira e Carvalho (1990) para queima de carvão vegetal não pulverizado no combustor pulsante 1 com diversos comprimento, pode-se dizer que há uma relação quase que linear entre a emissão de particulados e tempo de residência da câmara de combustão pulsada. A Fig 6 apresenta tal resultado.

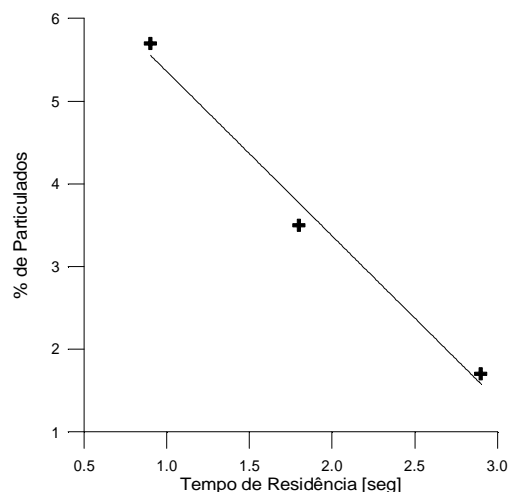


Figura 6 – Porcentagem em massa de particulados em relação a massa total de carvão queimado, variando-se o tempo de residência do combustor pulsante 1 através de seu comprimento (Ferreira e Carvalho 1990).

Outro poluente formado em ambientes de combustão, cuja a importância vem recebendo destaque nas últimas décadas, é NO_x (óxidos de nitrogênio : $\text{NO} + \text{NO}_2$). Basicamente há três mecanismos para sua formação: Térmico (ou de Zel'dovich), “Prompt” (ou de Fenimore) e NO do combustível. O mecanismo Térmico, descrito por Zel'dovich em 1943, possui dependência exponencial com a temperatura e, em função das reações envolvidas necessitarem de elevada energia de ativação, torna-se importante apenas quando a chama, ou regiões dela, atingem 1800K. O mecanismo Prompt foi descoberto por Fenimore em 1970 e sua principal diferença em relação ao Térmico, baseia-se no fato das reações serem mais rápidas, envolvendo radicais dos hidrocarbonetos e necessitando de temperaturas mais baixas. O mecanismo NO do combustível só torna-se importante quando há compostos nitrogenados no próprio combustível. Independente o do mecanismo de formação, a emissão de NO_x depende da concentração local de oxigênio e da distribuição de temperatura na chama (Lyons, 1981), que são completamente alterados quando a combustão acontece na presença de um campo acústico. A Fig.7 apresenta os resultados de Martins et al. (1999) para emissão de NO_x nas mesmas condições da emissão de CO na Fig. 5.

Os resultados mostram que para ambas potências as menores emissões, ou pelo menos no mesmo nível da situação não pulsada, são obtidas para as condições de queima extremamente pobre. A medida que se caminha para estequiometria, a emissão de NO_x aumenta na presença do campo acústico. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da qualidade da mistura influenciar de forma diferente a formação de NO , dependendo da razão de equivalência. Quando a queima é pobre e com a presença do campo acústico, a melhor qualidade da mistura propicia uma distribuição de temperatura uniforme e relativamente baixa na chama, o que reduz a formação de NO . Para essa mesma condição, mas sem a presença do campo acústico, a qualidade da mistura é piorada e passa a existir regiões na chama onde as reações ocorrem próximas à condição estequiométrica, acentuando a formação de NO . Por outro lado, quando a combustão ocorre próxima da estequiometria, a ação da qualidade da mistura é totalmente inversa, ou seja, quando temos uma elevada qualidade da mistura a distribuição de temperatura continua sendo homogênea, mas com valor elevado, favorecendo a formação de NO . Neste caso, deseja-se que a mistura não seja homogênea, como é o caso da combustão não pulsada, pois diminui as regiões com temperatura mais elevada na chama.

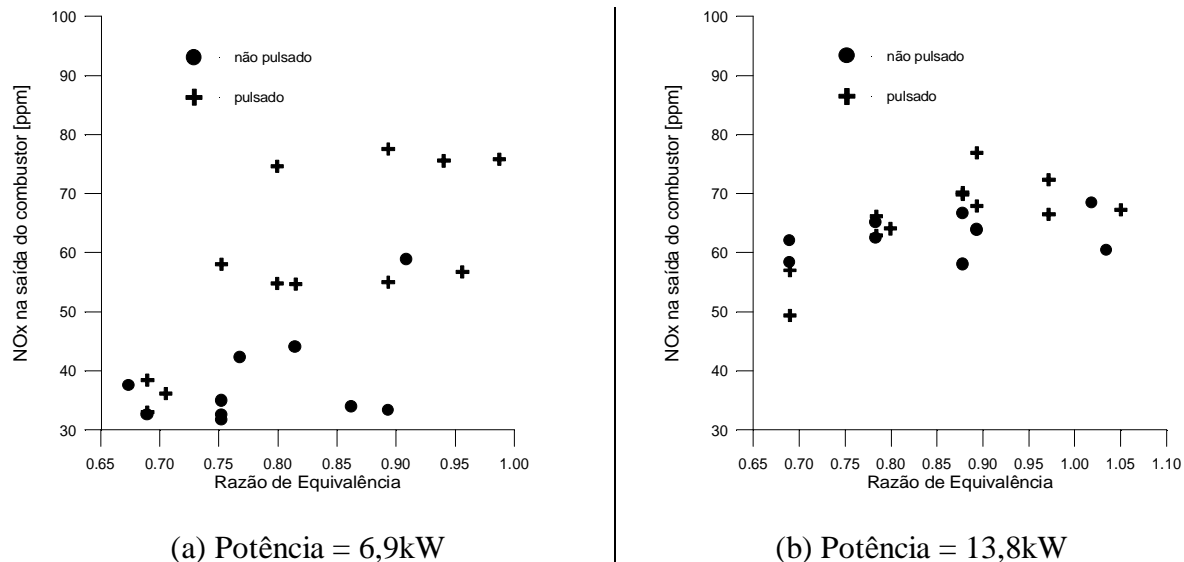


Figura 7 – Emissão de NO_x para queima de GLP no combustor 2 em regimes pulsados e não-pulsados (análise dos gases em base seca)(Martins et al.).

5. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

O presente trabalho teve como objetivo relatar algumas das pesquisas realizadas no Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do INPE de Cachoeira Paulista sobre combustão pulsante, enfocando sobre como tal tecnologia pode contribuir para minimizar a emissão de poluentes decorrentes das condições de combustão.

Os combustores tipo tubo de Rijke se mostraram bastante versáteis para realização de pesquisas nessa área, pois permitiram a sua adaptação para utilização de combustíveis de diversas natureza. De uma maneira geral, os ensaios realizados nesses combustores mostraram que maiores eficiências e maiores taxas de transferência de calor são obtidas quando a combustão ocorre sobre a condição pulsada. As tomografias de imagens de chamas submetidas a campos acústicos mostraram que dependendo das condições de frequência e amplitude desse campo, a mistura entre os reagentes é intensificada. Esta qualidade da combustão pulsante pode ser então utilizada para minimizar a emissão de poluentes, sobretudo os de oxidação parcial.

Os resultados selecionados para apresentação neste trabalho mostrara que reduções significativas são alcançados para as emissões de CO e particulados, quando a combustão ocorre sobre condições pulsadas. Estes resultados são extensivos às emissões de hidrocarbonetos não queimados e fuligem. Por outro lado, a combustão pulsante apresenta resultados satisfatórios para redução da emissão de NO_x, somente em condições pobres de operação, acima de 40% de excesso de ar. Diversas aplicações industriais estão nessa faixa de operação, como por exemplo os incineradores. No entanto, mesmo para os condições onde o NO_x foi superior à situação não pulsada, não se atingiu valores demasiadamente elevados, permanecendo na faixa onde algumas técnicas convencionais podem ser aplicadas para reduzir seu valor.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, através do projeto 96/10310-0.

REFERÊNCIAS

- Carvalho Jr. J.A, Miller N., Daniel B.R., and Zinn B.T., 1987, Combustion characteristics of unpulverized coal under pulsating and non pulsating conditions. *Fuel*, **66**(1):4-8.
- Carvalho, J.A. Jr., Ferreira, M.A., Bressan C., Ferreira, J.L.G., 1989, Definition of heater location to drive maximum amplitude acoustic oscillations in a Rijke tube, *Combustion and Flame*, **76**:17-27.
- Couto H.S., 1989, Queima de combustíveis líquidos em combustores pulsante tipo tubo de Rijke (Tese de doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Ferreira M.A, Carvalho Jr, J.A, 1988, Combustor pulsante para sólidos não pulverizados, Brasil – Europa / Seminário de Energia de Biomassa e Resíduos, Belo Horizonte, p.p. 1-24.
- Ferreira M.A., 1989, Combustão pulsante de carvão vegetal em tubo de Rijke (Dissertação de Mestrado) - UNESP, Campus de Guaratinguetá.
- Ferreira M.A, Carvalho Jr, J.A, 1990, Performance characteristics of na experimental Rijke type pulsating combustor, *Fuel*, vol 69, p.p. 684-689.
- Ferreira M.A., Abordagem teórica e experimental de combustores do tipo Rijke (Tese de Doutorado) - UNESP, Campus de Guaratinguetá, 1997.
- Lacava P.T., Carvalho Jr. J.A., and McQuay M.Q., 1997, Pulsating combustion characteristics of a spray flame in a Rijke tube with two different atomizers, *Fuel*, **76**(9): 845-851.
- Lacava, P.T., Ferreira, D.S., Carvalho Jr., J.A., Caldeira Pires, A.A., 1999, Efeito da frequência e da amplitude de oscilação no formato de chamas pré-misturadas pulsadas, XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, anais – cd, área de combustão.
- Martins C. A., Jr. Carvalho J. A., Ferreira M. A. e Veras C.A.G., 1999, An Experimental Investigation of NO_x Formation in a Rijke Type Pulse Combustor", Fifth International Conference on Technologies and Combustion for a Clean Environment, Lisbon, 12-15.
- Lyons V.J., 1981, Fuel/air nonuniformity-effect on nitric oxide emissions. *AIAA Journal*, **20**, N° 5, 660.
- Momma L.J., 1993, Estudo da frequência e amplitude de pressão acústica em combustores pulsantes tipo tubo de Rijke (Dissertação de Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Torres E.A., Victório J.R.S., Ferreira M.A., and Carvalho Jr. J.A., 1992, Pulsating combustion of palm oil fruit bark, *Fuel*, **71**:257-261.

Summary. *On the account of the increased environment demands, which are more and more strict, there is increasing preoccupation to conduct industrial combustion processes with minimum pollutants emission pollution. Basically there are two ways for emission control: directly, where changes are made in the combustion process itself, and through cleaning of flue gases. Oscillatory combustion is one of the up-to-date techniques utilised in emission control. In oscillatory conditions there is mixture intensification of fuel and oxidant due to intensified turbulence. The present work shows the results of pollutants emissions on pulsed combustion experiments carried out at the Combustion and Propulsion Laboratory of INPE, Brazil. The pollutants which have direct relationship with mixture quality, as CO, unburned hydrocarbons, soot and particulate, decreased during oscillation operation. NO_x emissions, however, decreases only on fuel lean pulse combustion. For this pollutant, special attention is necessary.*

Key-words: *Combustion, Pulsating Combustion, Pollutants Emissions.*