

# ANÁLISE EXPERIMENTAL EM CHAMAS DIFUSIVAS PULSADAS DE GÁS NATURAL

**Ana Maura Araujo Rocha**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, Departamento de Energia,  
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá – SP, CEP: 12500-000, maura@lcp.inpe.br

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Combustão e Propulsão,  
Rod. Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista – SP, CEP 12700-000

**Pedro Teixeira Lacava**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Propulsão, Pça Mal. Eduardo Gomes, 50,  
São José dos Campos – SP, CEP 12228-900, placava@ita.br

**João Andrade de Carvalho Jr.**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, Departamento de Energia,  
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá – SP, CEP: 12500-000, joão@feg.unesp.br

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Combustão e Propulsão,  
Rod. Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista – SP, CEP 12700-000

**Resumo.** Apesar das pesquisas já realizadas em combustão pulsante e das vantagens já estabelecidas do processo pulsado sobre o não pulsado, nem todos os parâmetros que controlam esse processo são conhecidos para que ele seja utilizado em grande escala, sobretudo para conciliar as emissões de CO e NO<sub>x</sub>. Neste contexto, este trabalho apresenta um estudo sobre a influência das pulsações acústicas sobre o processo de combustão, através da queima difusiva de gás natural e ar, mediante a comparação entre os poluentes emitidos com e sem atuação acústica, tendo como meta principal a obtenção das condições de operação adequadas, ou seja, uma combinação de freqüências, amplitudes de pressão e razões de equivalência que permitam obter a emissão de baixas concentrações de compostos de oxidação parcial como o CO, associadas à redução nas emissões de NO<sub>x</sub>. Os resultados encontrados mostram que a conciliação da emissão de poluentes é possível para alguns regimes específicos de atuação acústica e razão combustível/oxidante.

**Palavras-chave:** Combustão Pulsante, Baixa Emissão de Poluentes, Gás Natural, Chamas Difusivas.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido a problemas ambientais como a destruição da camada de ozônio, a chuva ácida e o efeito estufa, aliado à necessidade de economia de combustível e à escassez de energia elétrica, tornou-se fundamental nos dias atuais, a utilização de novas tecnologias que minimizem a emissão de poluentes e os custos de investimento. Dentro desse cenário, a combustão pulsante tem se mostrado uma possibilidade para conciliar tais fatores em dispositivos que utilizam a combustão como fonte de energia térmica.

Combustão pulsante pode ser definida como o processo de queima onde temperatura, pressão ou outras variáveis de estado variam com o tempo (Zinn, 1986). Ela tem se mostrado uma interessante ferramenta na geração de energia, pois oferece algumas vantagens sobre o processo de combustão convencional devido a uma maior taxa de mistura entre o combustível e o oxidante, aumentando a turbulência na região de chama, o que gera uma queima mais eficiente e, consequentemente, uma redução na quantidade de combustível utilizada. Ocorre ainda uma redução nas emissões de poluentes gasosos de oxidação parcial e fuligem, aumento da transferência de calor convectiva no

combustor e há necessidade de um menor investimento de capital para esse processo, se comparado aos processos convencionais (Carvalho et al., 1987).

Apesar de todos os estudos realizados em combustão pulsante, não se conhecem todos os parâmetros que envolvem a otimização deste processo, sendo necessário conciliar com essa técnica a emissão de compostos de oxidação parcial como o CO, com a emissão de NO<sub>x</sub>, pois, quando se varia a razão de equivalência com intuito de se diminuir as emissões de CO pode-se obter um aumento nas emissões de NO<sub>x</sub>, isso porque o NO térmico depende da relação entre a temperatura e a razão de equivalência. Assim se torna necessário combater essas emissões juntamente.

O objetivo deste trabalho foi, através da queima difusiva de gás natural e ar, estudar a influência do processo de atuação acústica, através da comparação entre os poluentes emitidos na condição de pulsação e sem pulsação, tendo por meta principal obter as condições de trabalho adequadas que conciliem a emissão de baixas concentrações de CO com a redução nas emissões de NO<sub>x</sub>.

## 2. ARRANJO EXPERIMENTAL

### 2.1. Combustor, Queimador, Injetor de Gás e Sistema de Atuação Acústica.

O arranjo experimental é constituído por: 1) combustor de aço inoxidável de 25 cm de diâmetro interno e 100 cm de comprimento, com paredes refrigeradas por camisa d'água e uma janela de borossilicato para visualização da chama; 2) queimador 50 cm de comprimento e 7,2 cm de diâmetro interno, onde em sua extremidade é acoplado o injetor de gás natural, todos em aço inoxidável; 3)sistema de atuação acústica. A Figura (1 a) apresenta um esquema geral da montagem enquanto a Fig. (1b) um detalhe do injetor de gás.

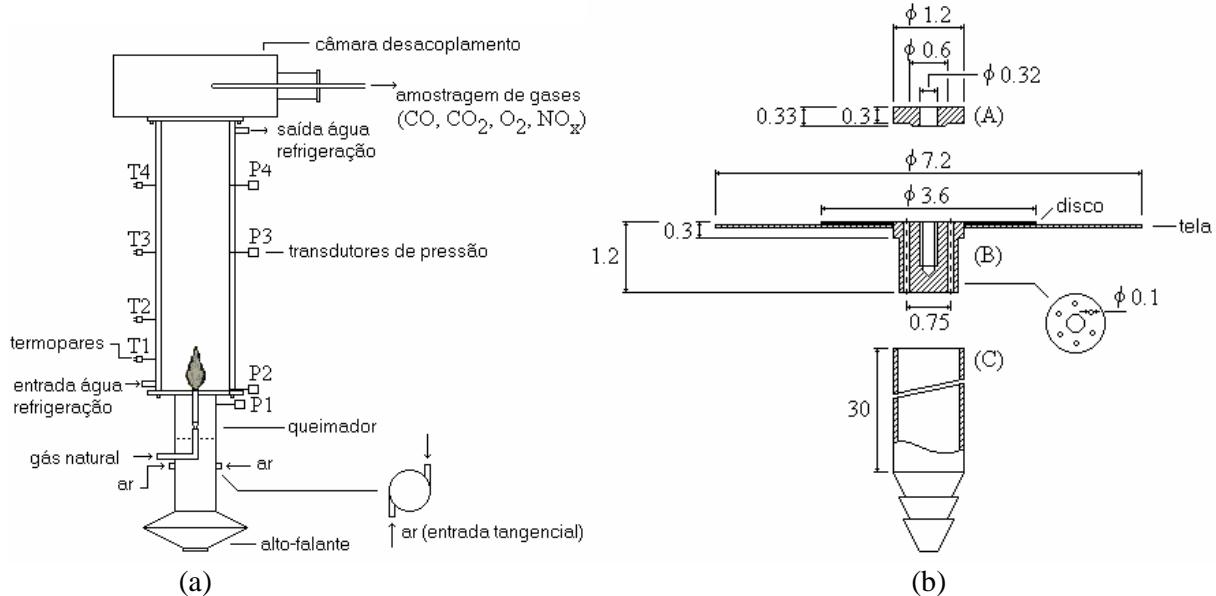


Figura 1. Esquema da câmara de combustão com o queimador e o sistema de atuação acústica (a) e detalhe do injetor de gás (b).

Na parte superior do combustor foi adaptada uma câmara de desacoplamento com 60 cm diâmetro interno e 23 cm de altura para coleta dos gases da combustão, sendo esta necessária para que não ocorresse infiltração do ar ambiente e, consequentemente, alterações composição dos gases de combustão. Em razão do seu maior diâmetro em comparação com o do combustor, a condição acústica do combustor de um tubo aberto-fechado nas extremidades continua existindo.

O injetor de gás, pode ser dividido em três partes para análise, como visto na Fig.(1b). Na extremidade superior foi soldado um cilindro maciço com 6 furos de 0,1 cm de diâmetro,

igualmente espaçados para a passagem do combustível (parte B na Fig. (1b)). Nesta peça foi feito um furo cego com rosca central, que permitia o acoplamento de um cilindro (parte A na Fig.(1)), para desviar radialmente o jato axial de combustível gasoso. Um ressalto na parte A do injetor permite o escoamento do gás pelos orifícios de 0,1 cm e o desvio radial do fluxo. Para estabilizar a chama foi posicionada uma tela metálica e um disco em aço inoxidável na extremidade superior do queimador, como pode ser visto na Fig.(1b).

O sistema de atuação acústica, responsável pela oscilação da chama é constituído de um gerador de funções, um amplificador, um alto falante, transdutores de pressão, amplificadores de carga e osciloscópio. O sinal senoidal obtido no gerador de funções foi ajustado para tensão de 1,55 V RMS, e na freqüência desejada; posteriormente esse sinal é amplificado até o valor desejado por um amplificador, sendo finalmente alimentado o alto falante de 12", responsável pela excitação acústica do ar de combustão.

## 2.2. Medições, Gases da exaustão e Sistema de aquisição de dados.

Para medição da amplitude da flutuação de pressão, ou pressão acústica, foram colocados ao longo do sistema combustor-queimador quatro transdutores de pressão piezelétricos, responsáveis pela conversão do sinal de pressão acústica em sinal elétrico, sendo o transdutor denominado P1 colocado próximo à entrada de ar, utilizado como referência para a freqüência e amplitude de pressão imposta ao escoamento de ar; os demais transdutores colocados ao longo da câmara, são denominados respectivamente P2, P3 e P4. As posições dos quatro transdutores podem ser identificadas na Fig. (1a). Os sinais provenientes dos transdutores, passam por amplificadores de carga e são lidos pelo sistema de aquisição de dados, descrito adiante.

As vazões do ar de combustão e a do combustível foram medidas através de placa de orifício. A vazão da camisa d'água do combustor foi medida por rotâmetro e mantida constante.

As temperaturas ao longo do combustor no seu eixo de centro foram medidas através de termopares tipo "K", denominados T1, T2, T3 e T4, cujas posições também podem ser identificadas na Fig. (1a), lidos em indicadores digitais e seus sinais enviados para o sistema de aquisição de dados.

As emissões de  $\text{NO}_x$  foram obtidas através de um analisador do tipo quimiluminescente, com erro de  $\pm 0,5\%$ , no qual é possível obter as concentrações de NO e  $\text{NO}_x$  em separado. Para as análises de CO fundo de escala 5%, CO fundo de escala 1% e  $\text{CO}_2$ , utilizaram-se analisadores do tipo infravermelho, com erros de medida de  $\pm 0,05\%$ ,  $\pm 0,01$  e  $\pm 0,1\%$ , respectivamente. Para o  $\text{O}_2$  foi utilizado um analisador do tipo termomagnético com erro de  $\pm 0,2\%$ . A coleta dos gases da exaustão é realizada na câmara de desacoplamento, os gases são captados por uma sonda em aço inoxidável refrigerada com camisa d'água, necessária para proteção do material da sonda e também para que as reações químicas não se propaguem no seu interior, o que tornaria a amostra não representativa. A partir da sonda, os gases são succionados por uma bomba de vácuo e resfriados em um banho de água gelada. Há a retenção de água e material particulado do fluxo antes deste atingir os analisadores. Os sinais de tensão correspondentes às medidas obtidas nos analisadores são enviados ao sistema de aquisição de dados.

Para aquisição dos dados de pressão acústica, temperatura e análise de gases utilizou-se um sistema formado por uma placa de aquisição de dados de 1,25 MS, com dezesseis canais de entrada analógicos e dois canais de saída analógicos, podendo ser multiplexados para 32 entradas cada um deles; conta ainda com um sistema de condicionamento de sinais para aquisição dos sinais de termopares, denominado SCXI1000 da National Instruments. Os números apresentados neste trabalho são o resultado da média dos dados obtidos por cinco minutos de testes para cada condição. A cada dois segundos era impressa em uma planilha a leitura das medições de pressão, temperatura e concentração, sendo que cada leitura impressa é na verdade uma média de várias leituras; por exemplo, cada leitura de temperatura é uma média de 20 temperaturas, enquanto a de pressão é uma média de 100 medidas, e a dos analisadores é uma média de 50 medições.

## 2.3 - Combustível, Oxidante e Condições de Trabalho

O combustível utilizado foi o gás natural, proveniente de cilindros de estocagem, oriundo da Bacia de Campos/RJ, (COMGAS/BR), com vazão de 0,30 g/s, queimando difusivamente com ar estequiométrico, ou em excesso. O ar foi suprido através de dois compressores radiais e a máxima vazão durante os experimentos foi 16,9 g/s, correspondendo à razão de equivalência  $\phi$  igual a 0,30, sendo razão de equivalência definida como a razão entre número total de oxigênio se a reação fosse estequiométrica e o número total de oxigênio disponível na operação. O valor 0,30 corresponde ao limite de excesso de ar que pode para não ocorrência do descolamento da chama (“lift” na língua inglesa) queimando-se 0,30 g/s de gás natural.

Testes preliminares com e sem combustão foram realizados para diversas razões de equivalência entre 0,3 e 1,0 e obtiveram-se as freqüências correspondentes às máximas amplitudes de pressão acústica no interior do queimador (transdutor P1) que se mantiveram razoáveis no combustor (transdutor P2). Foram escolhidas então as freqüências 154, 338, 394, 665, e 1230 Hz.

## 3 – RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Tanto a injeção de combustível como a de ar podem ser considerados escoamentos turbulentos, pois para o gás natural foi obtido o número de Reynolds em 9434, enquanto para o ar o número de Reynolds difere para cada valor de  $\phi$ , variando de 5395 ( $\phi=1,0$ ) até 17412 ( $\phi=0,3$ ), sendo esses valores obtidos, ao se levar em consideração a área equivalente para a realização dos cálculos. Com a presença da combustão, para algumas razões de equivalência, como para  $\phi$  entre 1,00 e 0,59, não foi possível aplicar o máximo de tensão permitido pelo alto-falante (30V) nas freqüências de 338 e 394 Hz, devido à extinção da chama em tensões inferiores a esse valor máximo de tensão. Entretanto, para  $\phi$  inferiores a 0,59, sempre foi possível atingir os 30V, devido a uma maior vazão de ar que intensifica a recirculação do escoamento depois do disco de ancoramento da chama.

Através da análise dos gases da exaustão é possível verificar a eficiência do processo de combustão pulsada sobre a não pulsada, mediante a análise dessas emissões. A Figura (2) apresenta os resultados da concentração de CO e NO<sub>x</sub> na condição de combustão estequiométrica para diversas freqüências, em função da amplitude de pressão acústica no queimador (P1). Por uma questão de bom senso, as concentrações para o CO e o NO<sub>x</sub> são apresentadas, respectivamente em % volumétrica e em ppm, devido à grande diferença entre a grandeza de seus valores, sendo a concentração de NO<sub>x</sub> muito pequena com relação à do CO.

Nota-se que há uma grande emissão de CO para situação sem atuação acústica. Para as freqüências 154Hz, 338Hz e 394Hz, inicialmente houve uma redução na emissão de CO com o aumento da amplitude, que provavelmente intensificou a mistura reagente. Contudo, quando a amplitude se aproxima do valor limite para a presença de uma chama estabilizada à jusante do queimador, há uma tendência em aumentar a emissão desse poluente; no entanto, ainda em um nível inferior ao da situação não pulsada. Provavelmente, o problema da estabilidade de chama nessas situações limites de amplitude, afeta de forma negativa o processo de mistura entre os reagentes. Para essas mesmas freqüências (154Hz, 338Hz e 394Hz) há um comportamento inverso ao da emissão de CO para o NO<sub>x</sub>, o que é de se esperar de acordo com conhecimentos prévios na literatura (Lefebvre, 1983), visto a resposta antagônica no processo de formação desses poluentes com a intensidade de mistura. Segundo Lyons (1982), há o incremento da intensidade da mistura entre reagentes nas proximidades da introdução desses, em proporção estequiométrica. Este fato está relacionado com a distribuição de temperatura mais uniforme nas regiões de chama e pós chama em torno de um valor mais alto, quando a taxa de mistura aumenta. Para a estequiometria, notou-se que o comportamento observado para o NO<sub>x</sub> na Fig. (2) segue o da temperatura (Fig. (2c)) para qualquer freqüência, sendo este comportamento análogo para as demais razões de equivalência, indicando a forte dependência dos mecanismos reacionais que levam à formação desse poluente com a temperatura.

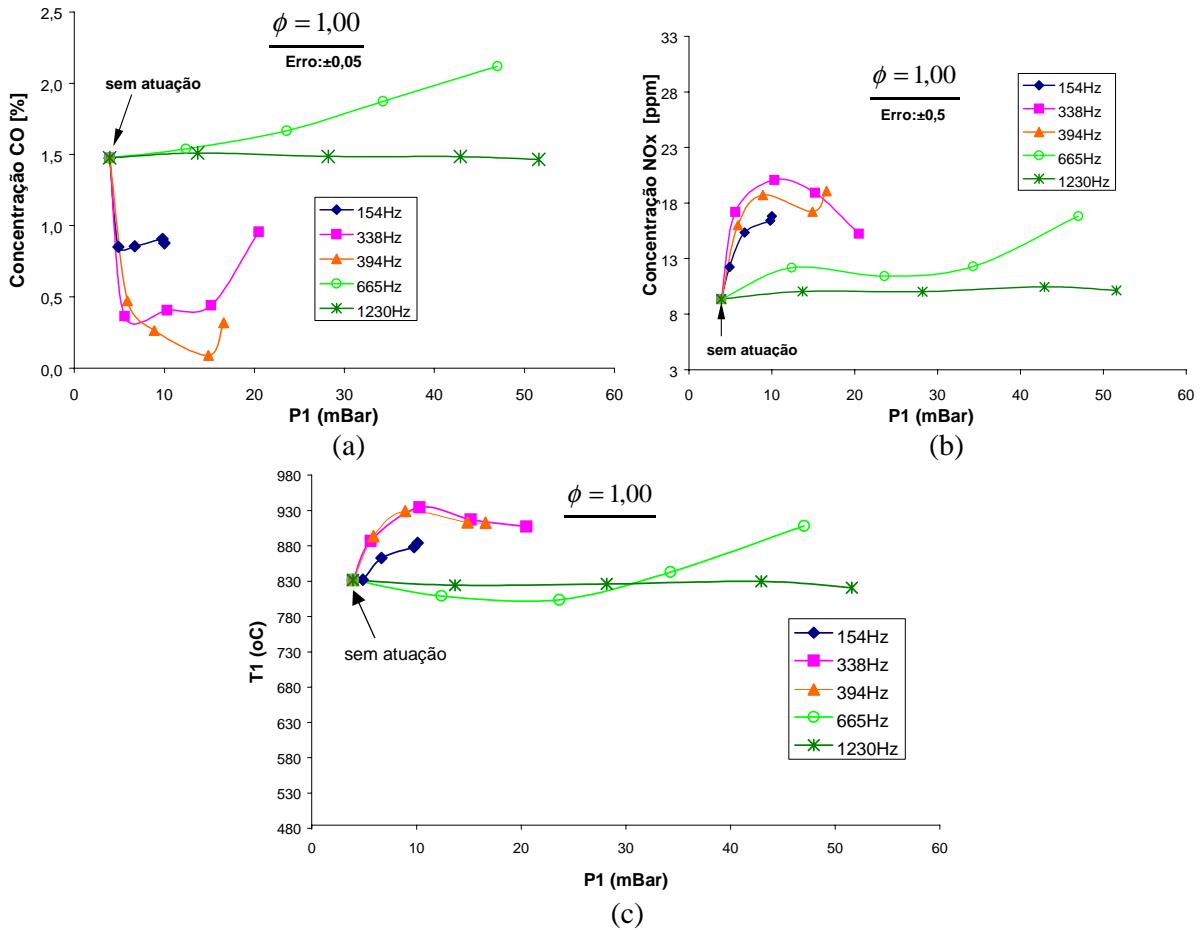


Figura 2. Emissões de CO e NO<sub>x</sub> para  $\phi=1,0$ , (a) e (b), respectivamente, e temperatura medida a 10cm do queimador para  $\phi=1,0$ , (c).

Em 665Hz houve aumento na emissão de NO<sub>x</sub> e CO, provavelmente por criar uma estrutura na região de queima ocasionando situações extremas. É possível que parte da queima tenha se dado em condições de combustão rica, em razão de uma hipotética deficiência de mistura entre os reagentes. Quando os produtos da combustão de oxidação parcial, formados nessas regiões, como o CO, se misturam com o oxidante remanescente, não encontram condição para propagação do mecanismo reacional em função da queda acentuada de temperatura ao longo da câmara devido a parede resfriada. Por outro lado, o aumento do NO<sub>x</sub> indica que parte da zona de queima ocorre sobre intensa mistura entre os reagentes, provavelmente com razões de equivalência e temperaturas favoráveis ao mecanismo de formação desse poluente. Contudo, estas supostas explicações são apenas hipóteses, não sendo possível comprová-las apenas com os resultados aqui obtidos; para tal seriam necessários diagnósticos feitos na região de combustão, o que não foi previsto no presente trabalho. Em 1230 Hz não há alteração significativa no processo de combustão, o que foi observado por Ferreira (2001), que utilizando a mesma câmara de combustão deste trabalho, através de tomografia de chama, notou que para freqüências acima de 900Hz em chamas de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) predominantemente difusivas e próximas à condição estequiométrica, a presença do campo acústico pouco alterava a geometria da chama.

As Figuras (3) e (4) apresentam as emissões de CO e NO<sub>x</sub> para  $\phi$  igual 0,89 e 0,59, respectivamente. O comportamento qualitativo das emissões de CO e NO<sub>x</sub> seguem os mesmos padrões da situação estequiométrica, com redução de CO, mesmo sem atuação acústica, chegando-se a valores inferiores ao erro de leitura do analisador em alguns casos. Em algumas condições de atuação para  $\phi = 0,59$ , obteve-se menores emissões de NO<sub>x</sub> que na situação sem atuação acústica,

provavelmente devido à uma melhor distribuição da temperatura em torno de um valor médio mais baixo (Lyons, 1982).

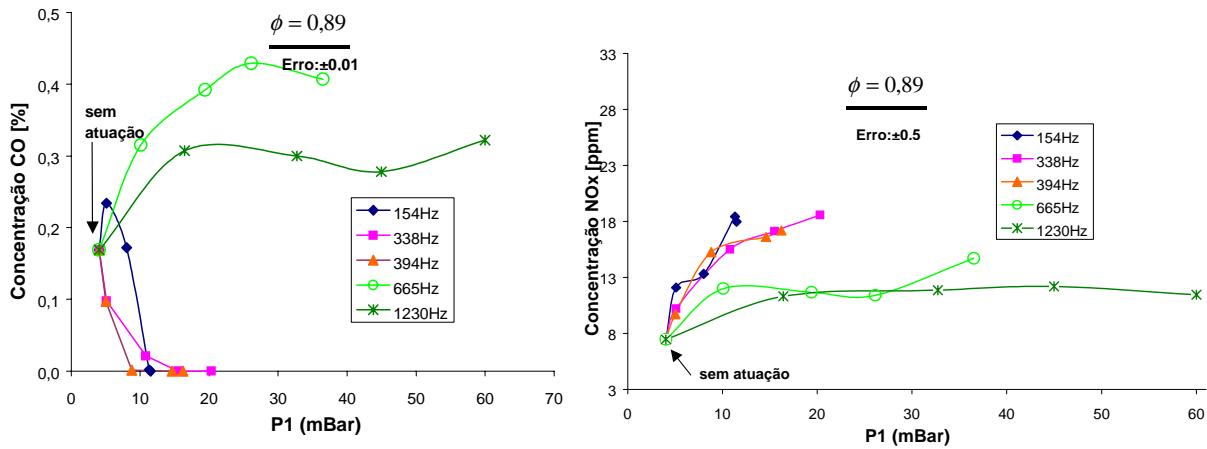


Figura 3 - Emissões de CO e NO<sub>x</sub> para  $\phi=0,89$ .

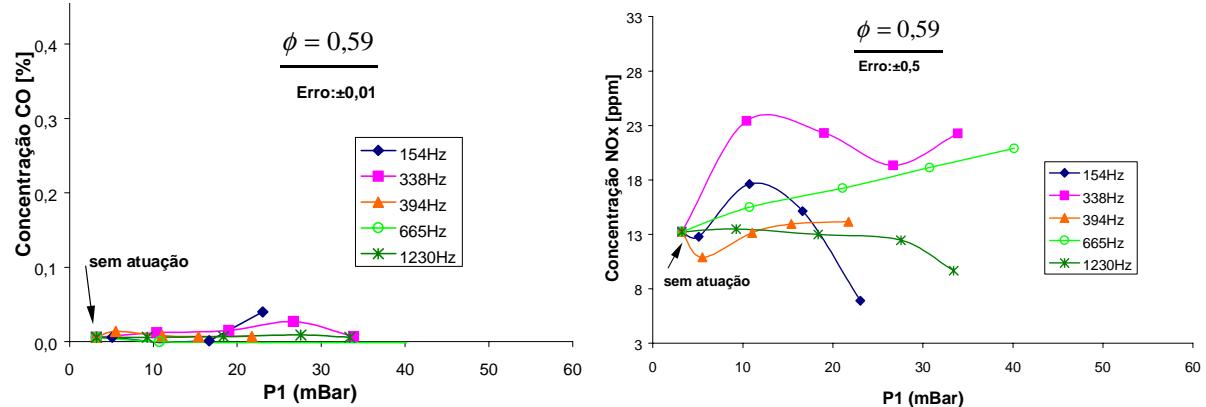


Figura 4 - Emissões de CO e NO<sub>x</sub> para  $\phi=0,59$ .

As Figuras (5) e (6) mostram as emissões de CO e NO<sub>x</sub> em função de P1 para  $\phi=0,49$  e  $0,30$ , respectivamente. Nota-se que para excessos elevados de ar, há uma mudança radical no comportamento das emissões dos gases, se comparado às razões de equivalência anteriormente apresentadas, há um aumento na emissão de CO em comparação a  $\phi=0,59$ .

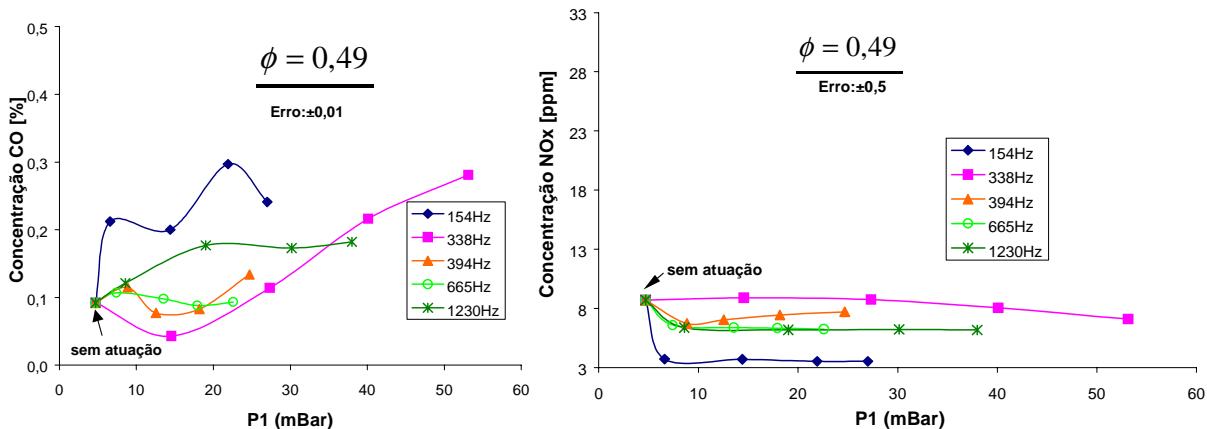


Figura 5 - Emissões de CO e NO<sub>x</sub> para  $\phi=0,49$ .

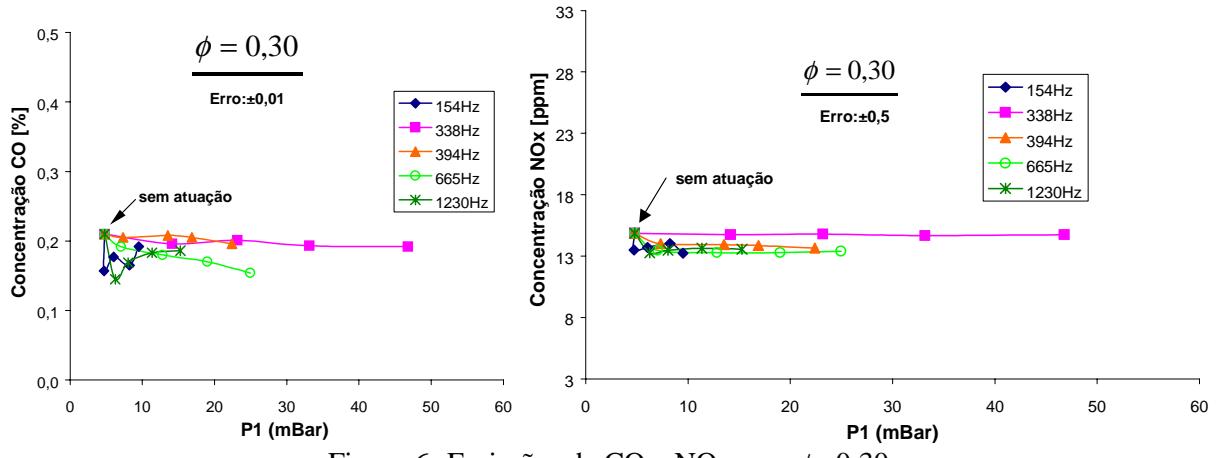


Figura 6 -Emissões de CO e NO<sub>x</sub> para  $\phi=0,30$

Esse comportamento pode estar ligado ao fato de não haver combustão em algumas regiões da chama, pois há um intenso aumento da vazão de ar com a redução de  $\phi$ ; desta forma, com a velocidade mais alta, o jato de oxidante pode estar carregando parte do combustível das imediações do queimador e, mesmo que à jusante tenham se misturado, é provável que não haja mais na câmara uma distribuição de temperatura favorável para que se tenha oxidação completa.

Em  $\phi=0,49$ , houve diminuição na emissão de NO<sub>x</sub>, conforme pode ser visto na Fig.(5), como era de se esperar, pois, com a deficiência do processo de mistura, as condições favoráveis de temperatura e razão de equivalência para os mecanismos de formação de NO<sub>x</sub>, deixam de acontecer na região de chama. Em  $\phi=0,30$  o aumento do excesso de ar, confirma o que foi observado para  $\phi=0,49$ . Através da Fig.(6), verifica-se a ineficiência do processo de atuação acústica, ou seja, praticamente não há alteração das emissões com a imposição do campo acústico

Os resultados das Fig.'s (2) a (6) mostram que uma combinação freqüência-amplitude pode alterar de forma significativa a emissão de NO<sub>x</sub> em determinada razão de equivalência, podendo o efeito ser negativo ou positivo em termos de redução das emissões. Para esclarecer esse comentário, a Fig. (7) apresenta a emissão de NO<sub>x</sub> em função da razão de equivalência para combustão sem atuação acústica, para o mínimo de emissão com atuação acústica e para o máximo de emissão com atuação acústica. É importante que ponto das curvas de máximo e mínimo possuem uma condição de atuação diferente.

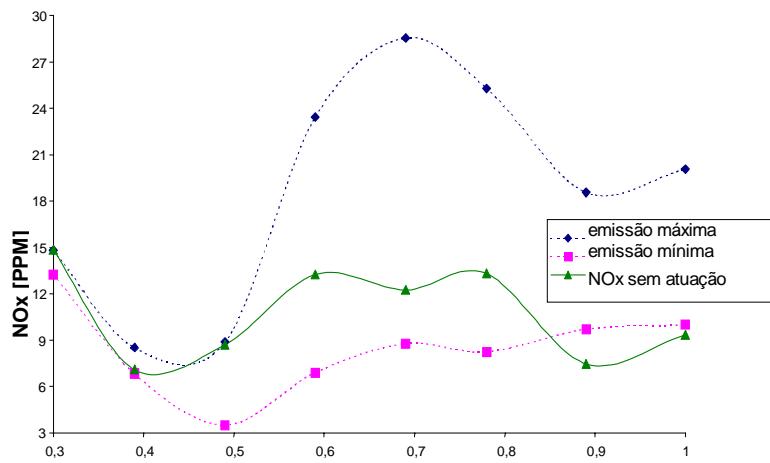


Figura 7 – Máximas e mínimas emissões de NO<sub>x</sub> para combustão pulsada e não pulsada em função de  $\phi$ .

Nota-se que nas proximidades da combustão estequiométrica ( $\phi=1,0$  e  $0,89$ ) a presença do campo acústico sempre aumentou a emissão de  $\text{NO}_x$ . Com o aumento do excesso de ar, surgem, algumas combinações de freqüência e amplitude que reduzem a emissão de  $\text{NO}_x$  para um nível inferior ao da condição não pulsada. A Figura (8) compara as emissões de CO para as situações de máxima e mínima emissão de  $\text{NO}_x$  com atuação acústica e sem atuação. É importante destacar que entre  $\phi = 0,59$  e  $0,78$  foi possível obter emissões de  $\text{NO}_x$  inferiores às da situação não pulsada, como observado na Fig.(7); sendo que nestas mesmas condições a emissão de CO esteve no mesmo nível da situação não pulsante, conforme Fig.(8). O resultado no intervalo  $\phi = 0,59$  a  $0,78$  é importante para se demonstrar a possibilidade de utilizar a combustão pulsante como tecnologia capaz de conciliar a emissão de produtos de combustão de oxidação parcial, como o CO, com a emissão de  $\text{NO}_x$ , o que é uma dificuldade em diversos dispositivos que utilizam a combustão como fonte de energia.

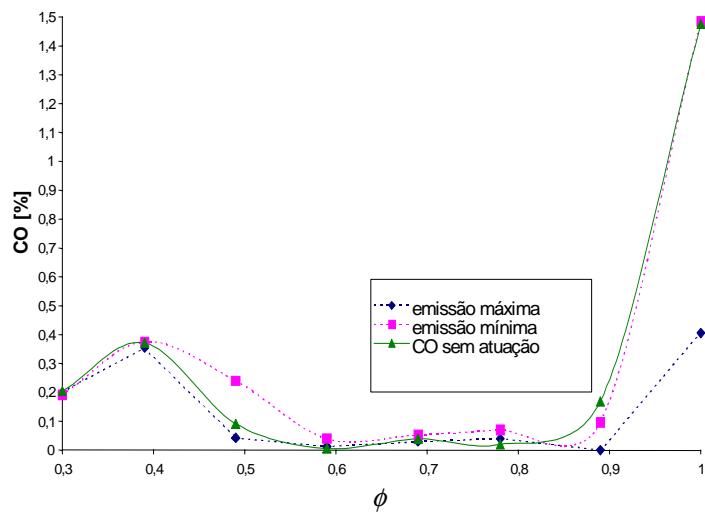


Figura 8 – Emissões de CO em função de  $\phi$  para situações de máximas e mínimas emissões de  $\text{NO}_x$  para combustão pulsada e emissão de CO para combustão não pulsada.

#### 4 – CONCLUSÕES

O trabalho realizado teve como objetivo estudar os efeitos de um campo acústico sobre a combustão do gás natural com ar, sobretudo na emissão de poluentes. Fez-se aqui uma comparação entre as concentrações obtidas com e sem atuação acústica, variando-se as razões de equivalência, as freqüências e as amplitudes de pressão. A meta principal foi obter condições de operação adequadas, onde se obtivesse baixas emissões de produtos de combustão parcial, como o CO, aliado à redução das emissões de  $\text{NO}_x$ .

Apesar dos resultados terem mostrado que em determinadas condições seja possível conciliar a emissão de compostos de oxidação parcial com as de  $\text{NO}_x$ , isto ocorre para combinações específicas entre o excesso de oxidante, freqüência e amplitude, modificando-se acentuadamente quando qualquer um desses três parâmetros é alterado. De modo que, por hora, não se pode formular um raciocínio direto ou simples sobre o efeito das condições de oscilação no combate à emissão de poluentes. Para que tal técnica seja empregada, é preciso determinar experimentalmente como o sistema queimador/câmara de combustão/atuador acústico responde, e assim fazer uma programação de qual condição de atuação deve ser imposta a uma determinada situação de queima.

Como continuação o estudo aqui apresentado pretende estudar a presença do campo acústico em chamas com geometria menos complexas, como por exemplo, em uma chama difusiva originada

por um jato de gás turbulento emergindo de um orifício. Além disso, seriam adequadas a realização de medidas de concentração, velocidade e temperatura nas proximidades do queimador. Uma geometria menos complexa e a instrumentação proposta facilitarão um diagnóstico mais preciso das condições de oscilação que alteram o processo de mistura entre os reagentes e, como consequência, a emissão de poluentes.

Por fim, o presente trabalho procurou contribuir para um melhor entendimento sobre o complexo processo de combustão com a presença de um campo acústico, tendo em mente que para a ampla utilização dessa técnica ainda se faz necessário muitos desenvolvimentos científicos e tecnológicos.

## 5 – REFERÊNCIAS

- Carvalho Jr., J.A.; Miller, N.; Daniel B.R.; Zinn B.T, 1987. “Combustion characteristics of unpulverized coal under pulsating and non pulsating conditions”. *Fuel*, 66(1): 4-8.
- Ferreira, D.S, 2001 “Queimadores Pulsantes para Baixas Emissões de Poluentes”. Dissertação (Mestrado em Transmissão e Conversão de Energia), UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, SP.
- Lefebvre, A.H., 1983 “Gas Turbine Combustion”, Taylor & Francis.
- Lyons, V.J., 1982 “Fuel/Air Nonuniformity – Effect on Nitric Oxide Emissions”, *AIAA Journal*, 20(5): 660-665.
- Zinn, B.T., 1986 “Pulsating combustion”. In: Weinberg, F.J., ed. Advanced combustion methods. London: Academic Press, p. 113-181.

## EXPERIMENTAL ANALYSIS IN PULSATING DIFFUSION FLAMES OF NATURAL GAS

### Ana Maura Araújo Rocha

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, Departamento de Energia,  
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá – SP, CEP: 12500-000, maura@lcp.inpe.br  
<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Combustão e Propulsão,  
Rod. Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista – SP, CEP 12700-000

### Pedro Teixeira Lacava

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Propulsão, Pça Mal. Eduardo Gomes, 50,  
São José dos Campos – SP, CEP 12228-900, placava@ita.br

### João Andrade de Carvalho Jr.

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá, Departamento de Energia,  
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá – SP, CEP: 12500-000, joão@feg.unesp.br  
<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Laboratório Associado de Combustão e Propulsão,  
Rod. Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista – SP, CEP 12700-000

**Abstract.** *In spite of the amount of research already conducted in pulse combustion, not all parameters involving its optimisation process are fully known for utilisation in large scale, in applications that utilize the process with low CO and NO<sub>x</sub> emissions. The present work shows a study on the efficiency of acoustic pulsations in the combustion process of natural gas with air, by comparing the pollutants emission with and without acoustic actuation. The main goal was to obtain adequate work conditions regarding frequencies, pressure amplitudes and equivalence ratios that result in low CO and NO<sub>x</sub> concentrations. It was found that low pollutants emission is possible in some specific regimes of acoustic actuation and fuel air ratios.*

**Keywords:** *Pulsating Combustion, Low Pollutants Emissions, Natural Gas, Diffusion Flames.*