

ESTUDO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA INSERÇÃO DE UM RESSONADOR DE HELMHOLTZ NA SEÇÃO DE TESTES DE UM TÚNEL DE VENTO E NO ESCOAMENTO AO REDOR DE UM CILINDRO

G.L.F. Vasconcellos, guivasconcellos@hotmail.com^{1,2}

M.D. Queiróz, matheusphysik@yahoo.com.br¹

S.M. Hanriot, hanriot@pucminas.br¹

C.B. Maia, cristiana@pucminas.br¹

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas MG, Brasil

²Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, MG, Brasil

Resumo: O escoamento ao redor de cilindros circulares é de suma importância pois a análise e a compreensão mais aprofundadas desse tipo de escoamentos têm sido essenciais para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia em várias áreas do conhecimento nas últimas décadas. Dessa maneira, torna-se de suma importância o conhecimento deste tipo de escoamento e de seus efeitos na pressão acústica que existe no escoamento. Este trabalho propôs avaliar os efeitos na pressão acústica do escoamento da inserção de um ressonador de Helmholtz inserido na seção de testes de um túnel de vento. O ressonador foi projetado para uma frequência de 417 hertz. Os resultados demonstraram que apesar de obter uma redução na pressão acústica do escoamento, mesmo quando adicionadas as incertezas, essa redução é de 1,4 decibéis, sendo sugerido, para essas situações utilizar ressonadores de volumes variáveis.

Palavras-chave: túnel de vento, ressonador de Helmholtz, cilindro

1. INTRODUÇÃO

O estudo do escoamento ao redor de superfícies cilíndricas e a utilização correta de técnicas de Dinâmica dos Fluidos Computacional para a predição de gradientes de pressão e estudo do descolamento da camada limite tem sido um grande desafio para os pesquisadores [1].

A acústica pode ser definida como o estudo das vibrações e ondas mecânicas nos meios materiais [2]. Ela é uma área da engenharia que estuda a propagação do som causado pelo movimento turbulento de um fluido [3]. A análise de ruídos provenientes do escoamento ao redor de corpos rombudos é um tópico de muitos estudos na área de engenharia. Segundo [4] exemplos desse tipo de análise podem ser encontrados no design de rotores para turbinas eólicas, cabos, torres e construções. [5] estudou o comportamento de vibrações induzidas por vórtices em um cilindro circular para escoamentos laminares e turbulentos na seção de testes de um túnel de vento. Os experimentos foram feitos variando-se a velocidade do escoamento e a rugosidade do cilindro. O túnel de vento utilizado para os testes experimentais possuía uma seção de testes de 2,4 m de comprimento e 1,6 m de altura. O cilindro estudado era feito de fibra de carbono e possuía 155 mm de diâmetro e 2,3 m de comprimento. Para os testes experimentais foram utilizados anemômetros de fio quente. O autor concluiu que o número de Reynolds (Re) é um importante parâmetro na avaliação de vórtices e com atuação preponderante na força de arrasto, que sofre uma brusca queda devido ao desprendimento de vórtices. Segundo [6] os ressonadores de Helmholtz são dispositivos normalmente utilizados visando diminuição do nível de ruído sonoro no interior de condutos. A inserção de ressonadores em condutos muda a forma da onda de pressão relacionada ao escoamento e diminui sua amplitude [7]. Por isso muitos estudos têm sido realizados nessa área do conhecimento visando a redução da pressão acústica e, ou, da intensidade turbulenta de escoamentos. Este artigo tem como objetivo avaliar a influência da inserção de um ressonador de Helmholtz no escoamento ao redor de um cilindro circular inserido na seção de testes de um túnel de vento para baixas velocidades.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Técnicas experimentais foram utilizadas a fim de se avaliar a influência de um cilindro e de um atenuador passivo (ressonador de Helmholtz) no escoamento, instalados em um túnel de vento para baixas velocidades. Elas foram aplicadas para as condições que podem ser vistas na Figura 1. É importante ressaltar que a Figura 1 não se encontra em escala. Os testes com microfones foram realizados de acordo com os pontos e posicionamentos utilizados por [8]. Os

microfones foram posicionados na entrada e na saída da seção de testes, Figura 2, visando a obtenção da amplitude da pressão sonora e suas respectivas frequências.

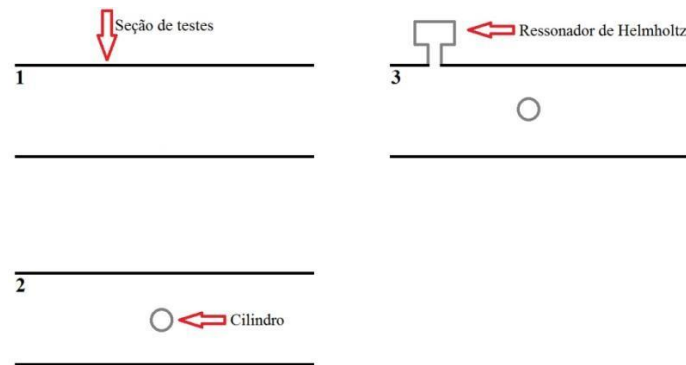


Figura 1. Esquema das montagens que foram realizadas.

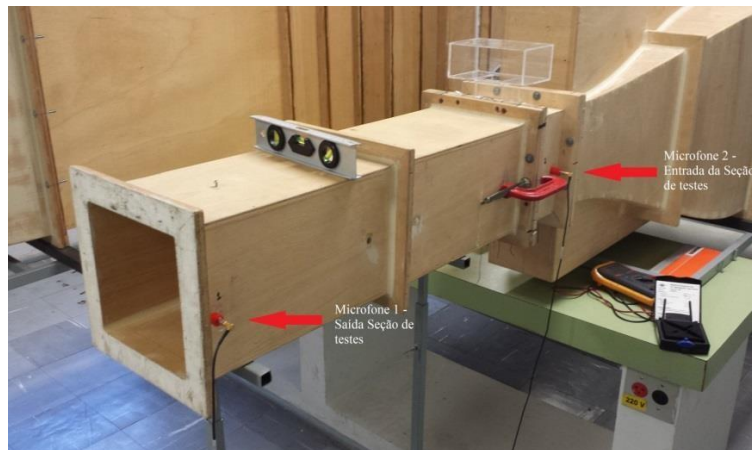


Figura 2. Posicionamento dos microfones no túnel de vento.

Na Figura 1, 1 representa o túnel de vento simples, 2 o túnel de vento com a inserção apenas do cilindro e 3 o túnel de vento com a inserção do ressonador e do cilindro ao mesmo tempo. Os resultados obtidos nos testes da montagem 1 representam um padrão com o qual os demais testes foram comparados.

Nos testes experimentais no túnel de vento foram utilizados microfones utilizados para a realização dos testes experimentais, Figura 3, são do tipo pressão com pré-amplificador, modelo 4944-A da fabricante Brüel & Kjær, com sensibilidade de 0,9 mV/Pa e incerteza associada de 0,3 dB. Os microfones atuam na frequência de 16 a 70.000 Hz e possuem uma faixa dinâmica de 48 a 169 dB, mas segundo a carta de calibração os resultados são melhores na faixa entre 100 e 10.000 Hz.



Figura 3. Microfone utilizado para os testes experimentais.

Fonte: Soares, 2013.

Segundo [7] a pressão sonora em um determinado ponto é tida como a diferença entre o valor instantâneo de pressão e é dada pela equação (1):

$$L_p = 20 \cdot \log (P_s / P_{sref}) \quad (1)$$

Onde L_p representa o nível de pressão sonora (dB), P_s a pressão sonora (dB), P_{sref} a pressão de referência (20 μ Pa).

A Figura 4 contém detalhes da construção do atenuador passivo do tipo ressonador de Helmholtz que foi utilizado nos testes experimentais, esse ressonador foi projetado para atenuar frequências de até 417 Hz. A Figura 5 possibilita a visualização de seu posicionamento na entrada da seção de testes do túnel de vento para baixas velocidades.

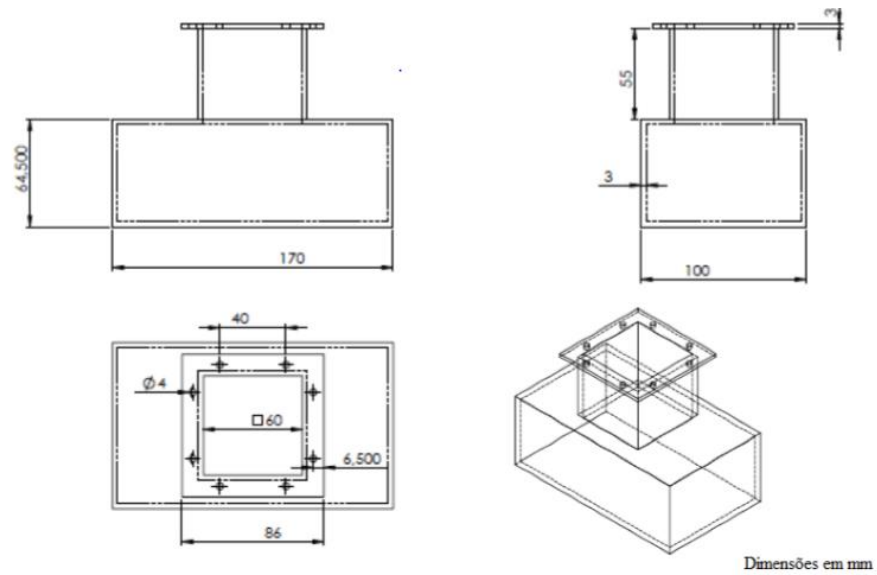


Figura 4. Detalhes construtivos do atenuador passivo.
Fonte: Adaptada de Soares, 2013.

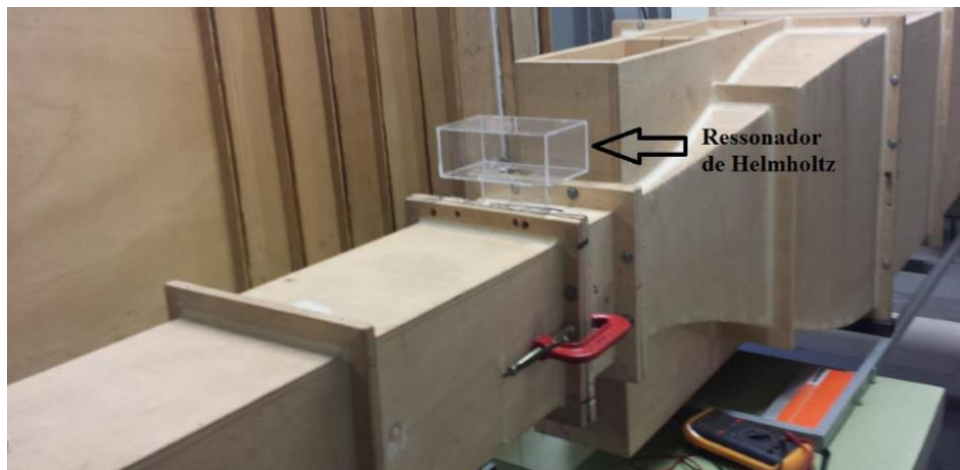


Figura 5. Detalhes de seu posicionamento na seção de testes do túnel de vento.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os picos de pressão para os resultados com microfone foram avaliados. Eles visaram encontrar alguma redução da pressão acústica dos testes. A Figura 6 mostra o espectro de pressão sonora encontrado para a média de 15 testes realizados para a entrada (a) e a saída (b) da seção de testes do túnel de vento. É possível perceber que os resultados não se alteraram da maneira esperada, tendo os gráficos, demonstrado características muito semelhantes.

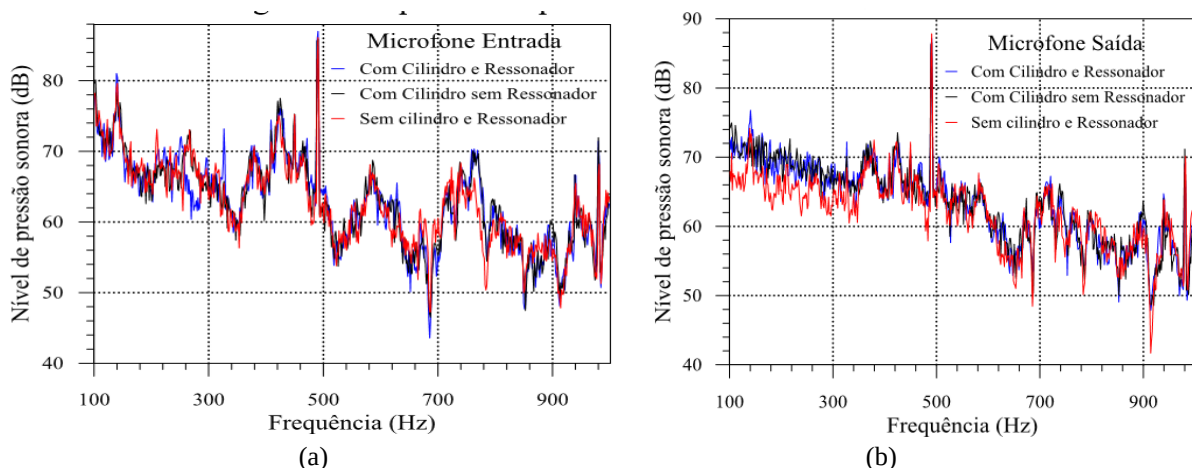


Figura 6. Detalhes de seu posicionamento na seção de testes do túnel de vento.

A Tabela 1 mostra as frequências de pressão sonora encontradas para o ressonador de Helmholtz, para as três montagens experimentais avaliadas neste trabalho, túnel de vento sem ressonador e sem cilindro (montagem 1), com cilindro e sem ressonador (montagem 2) e com cilindro e com ressonador (montagem 3). Foram avaliados os picos de pressão sonora, situados na frequência de 490 Hz, que é a frequência gerada pelas pás do soprador de ar instalado à entrada da seção de testes do túnel de vento para baixas velocidades, bem como as pressões de 417 Hz e 416 Hz, frequências mais aproximadas da frequência para qual o ressonador de Helmholtz foi proposto.

Tabela 1. Níveis de pressão sonora média para o ressonador de Helmholtz.

	Montagem 1	Montagem 2	Montagem 3
Média Microfone 1	87.9±0,3	86.7±0,3	87.2±0,3
Média microfone 2	86.2±0,3	86.2±0,3	87.2±0,3
Frequência	490	490	490
Média Microfone 1	67.4±0,3	69.4±0,3	68.2±0,3
Média microfone 2	71.1±0,3	71.8±0,3	70.8±0,3
Frequência	417	417	417
Média Microfone 1	64.0±0,3	67.8±0,3	66.7±0,3
Média microfone 2	68.4±0,3	71.7±0,3	70.5±0,3
Frequência	416	416	416

Através da análise da tabela apresentada, pôde-se perceber que para a frequência natural do escoamento, as amplitudes de pressão não foram atenuadas pela ação do ressonador e nem alteradas pela presença do cilindro tanto na entrada quanto na saída da seção de testes. Já para a frequência de 417 Hz, ao qual o ressonador de Helmholtz foi projetado, a presença do cilindro amplificou a pressão sonora encontrada, aumentando-a em cerca de 0,1 dB para o microfone 1 (saída da seção de testes) e 1,4 dB para o microfone 2 (entrada da seção de testes). Após a inserção do ressonador no escoamento essas pressões foram atenuadas em cerca de 0,6 dB para ambos os microfones. Já para a frequência de 416 Hz foram percebidos o mesmo comportamento do escoamento para a frequência de 417 Hz, com uma amplificação da pressão sonora da montagem 1 em relação a montagem 2 de cerca de 3,2 dB para a saída e 2,7 dB para a entrada da seção de testes, com uma redução de 0,6 dB para a entrada da seção de testes e 0,5 dB para a saída.

4. CONCLUSÃO

Para os testes utilizando o ressonador de Helmholtz não foram verificados resultados significativos de redução da pressão acústica entretanto, como, ainda sim, houve uma redução de cerca de 1,4 dB, a utilização de ressonadores de Helmholtz para reduzir a pressão acústica gerada por escoamentos com desprendimentos de vórtices é uma alternativa viável que deve ser levada em conta. A baixa diminuição da intensidade turbulenta sugere que a utilização de ressonadores de Helmholtz de volume variável, quando utilizados como atenuadores passivos em escoamentos ao redor de corpos rombundos podem ter uma maior eficácia nos efeitos de diminuição da pressão acústica e da intensidade turbulenta do escoamento que passa ao redor de um cilindro circular.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela PUC Minas, CAPES, CNPq e FAPEMIG.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Dong-Lai Gao, Wen-Li Chen, Hui Li, Hui Hu, Flow around a circular cylinder with slit, In Experimental Thermal and Fluid Science, Volume 82, 2017, Pages 287-301, ISSN 0894-1777, <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016>.
- [2] NEPOMUCENO, Lauxo X. Acústica Técnica 1ª Ed. São Paulo, ETEGIL, 1968.
- [3] VANUCCI, Paulo Sérgio Torcato. Ensaio em túnel de vento de dispositivos para redução de ruído em ponta de flape em um modelo 30P30N. 2013. 215f. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, São Carlos.
- [4] OGUMA, Y.; YAGAMATA, T.; FUJISAWA, N.; Measurement of sound source distribution around a circular cylinder in a uniform flow by combined particle image velocimetry and microphone technique. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v.118, pp. 1-11, 2013.
- [5] PASTÖ, S. Vortex-induced vibrations of a circular cylinder in laminar and turbulent flows Journal of Fluids and Structures, v. 24, pp.977-993, 2008.

- [6] QUEIROZ, Jaqueline Mendes. Influência de um ressonador de volume variável na vazão mássica em um motor de combustão interna. 2011. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de PósGraduação em Engenharia Mecânica, Belo Horizonte.
- [7] SELAMET, A.; KOTHAMASU, V.; NOVAK, J. M.; Insertion loss of a Helmholtz resonator in the intake system of internal combustion engines: an experimental and computational investigation. *Applied Acoustics*, v. 62, pp. 381-409, 2001.
- [8] SOARES, Cleide Barbosa. Efeitos de atenuadores passivos em flutuações de velocidades em túnel de vento. 2013. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Belo Horizonte.

7. RESPONSABILIDADE AUTORMAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF THE INSERTION OF A HELMHOLTZ RESONATOR IN THE SECTION OF A WIND TUNNEL TESTS AND FLOW AROUND A CYLINDER

G.L.F. Vasconcellos, guivasconcellos@hotmail.com^{1,2}

M.D. Queiróz, matheusphysik@yahoo.com.br¹

S.M. Hanriot, hanriot@pucminas.br¹

C.B. Maia, cristiana@pucminas.br¹

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas MG, Brasil

²Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, MG, Brasil

Abstract. *The flow around circular cylinders is one of the most important parameters in fluid mechanics since the more detailed analysis and understanding of these types of flows have been essential for the development of science and technology in several areas of knowledge in the last decades. In this way, the knowledge of this type of flow and the effects of the acoustic pressure in it become of a great interest for aerodynamics industry. This work proposes to evaluate the effects on the acoustic pressure when a Helmholtz resonator is inserted in the test section of a wind tunnel for low speeds. The resonator was designed for a frequency of 417 hertz. The results showed that despite the reduction of the acoustic pressure of the flow, even when the uncertainties are added, this reduction is 1.4 decibels, and it is suggested, for these situations, to use resonators of variable volumes.*

Keywords: wind tunnel, Helmholtz Resonator