

OTIMIZAÇÃO ACÚSTICA DE UM VENTILADOR SEM PÁS UTILIZANDO ANÁLISES NUMÉRICA

Caroline Alves Felicioni¹ (IC), Jesús Antonio García Sánchez (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Conforto Acústico, Controle de Ruído, Metamateriais Acústicos, Ressonador de Helmholtz

Introdução

Com o processo de urbanização se ampliaram os impactos ambientais, como por exemplo as poluições, levando a consequências sérias na saúde da população. Os avanços tecnológicos trouxeram o aumento gradativo de máquinas, automóveis e conseqüentemente a emissão de ruídos gerando assim uma elevada poluição sonora. A implementação da norma ABNT de Desempenho de edificações habitacionais tem trazido requisitos adicionais com relação ao conforto acústico nas construções civis, que visam solucionar esses problemas de poluição sonora.

Novos estudos encontraram potencial numa solução inovadora denominada metamateriais. Praticamente, a grande diferença ocasionada pelos metamateriais deve-se à possibilidade de controlar fenômenos que se propagam através de ondas quando a matéria tem sua distribuição geométrica controlada. Com isso, espera-se que os metamateriais liderem e modifiquem o desenvolvimento das cidades inteligentes. Dessa forma o presente estudo se desenvolveu na procura de trabalhos recentes relacionados a aplicação de metamateriais como solução para aumentar o conforto acústico. Especificamente, optou-se pelo uso de metamateriais baseados em ressonadores de Helmholtz. Este tipo de metamateriais foi aplicado para o controle de ruído de ventiladores sem pás, os quais são uma inovação tecnológica importante nos nossos dias.

Diferente dos ventiladores convencionais os ventiladores sem pás possuem uma multiplicação do fluxo de ar de entrada e a falta de um impulsor visível. Chamados ventiladores sem pás (bladeless fan) possuem faixa de frequência de até 2000Hz, aproximadamente, ou seja, um som que incomoda o ouvido humano (Rezaei, 2017). Portanto, precisa de uma solução acústica que torne mais agradável sua utilização.

Nas últimas duas décadas houve um crescimento de estudos relacionado aos metamateriais com grande potencial para aplicações acústicas na vida cotidiana. (Lu,

2009). No artigo publicado por Cho et al. É proposto um painel com ressonadores de Helmholtz para diminuir o ruído de eletrodomésticos comuns, e mostra resultados satisfatórios após a aplicação.

Os estudos com ventiladores sem pás têm se limitado a otimizar os perfis dos aerofólios (Ravi, 2022) e alguns outros controlando a aerodinâmica do impeller (Li, 2011). Sendo que ainda não há um estudo que utilize uma estrutura de metamateriais acústicos baseados em ressonadores de Helmholtz para o controle de ruído em ventiladores sem pás.

Alguns passos intermediários foram abordados para permitir fundar as bases conceituais do estudo. Assim, como objetivos secundários deste trabalho estavam:

- i) a realização de uma análise bibliométrica e bibliográfica dos metamateriais acústicos;
- ii) o domínio de simulações numéricas utilizando ressonadores de Helmholtz isolados; e
- iii) o entendimento do comportamento de ressonadores de Helmholtz, quando usados de forma periódica, ou seja, como estruturas de metamateriais.

Logo, o objetivo foi construir as bases do conhecimento dos princípios acústicos, e introduzir aos materiais e metamateriais acústicos que permitam um controle eficiente do ruído gerado por um ventilador sem pás.

Metodologia

A Figura 1 ilustra através de um fluxograma as etapas e a ordem em que as atividades foram desenvolvidas no estudo. As etapas descritas na figura estão basicamente divididas em teóricas e práticas, sendo que a parte teórica se inicia com a revisão bibliométrica utilizando o software VosViewer e na sequência a revisão bibliográfica dos estudos e autores mais relevantes para o embasamento teórico de todo o estudo. Já na parte prática dando início com o intuito de aprender e dominar as ferramentas utilizadas nas simulações numéricas buscou-se modelos de simulações fundamentais disponibilizados

pela própria plataforma do software COMSOL. Dessa forma, foi possível selecionar uma geometria na literatura científica que serviria como base para construção do modelo proposto, para realizar as análises numéricas.

Figura 1 – Fluxograma das atividades desenvolvidas



Fonte: Autoria própria, 2022

A seleção da geometria base foi feita através da leitura de artigos com aplicações de metamateriais acústicos e mais especificamente ressonador de Helmholtz. Portanto, tendo como base o estudo de KIM, et al. (2021) que propõe um ressonador de Helmholtz do tipo fenda para proporcionar atenuação do som de baixa frequência e passagem de ar para um painel à prova de som. Os autores realizaram uma análise completa com relação a possíveis modificações na geometria também para o caso de frequências de 1000 Hz como a emitida pelo ventilador sem pás.

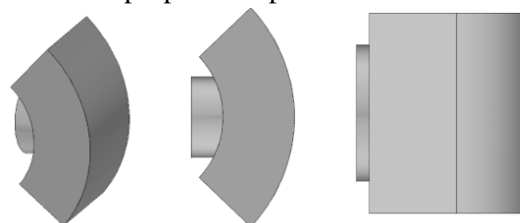
Como o ventilador deverá manter a passagem de ar houve certa inspiração nesta geometria, realizando alterações de formato e tamanho para encaixar a geometria no ventilador. Tentando aproximar do valor de referência do volume da cavidade do ressonador de Helmholtz do artigo, sendo de aproximadamente 503475 mm³.

Resultados e discussão

A geometria foi elaborada em software CAD e análise numérica em software de elementos finitos para verificar

a performance do problema proposto. Como mostrada na Figura 2, foi adaptada para ser implementada ao longo de um tubo proposto entre o motor e o círculo da saída de ar. Este tubo possui o mesmo diâmetro do restante do equipamento, 90 mm, e altura de 180 mm. Logo, o modelo proposto consiste em um ressonador de Helmholtz com pescoço circular com diâmetro aproximado de 51,15 mm e cavidade retangular (10 x 30) mm, ambos com rotação de 87,2° para envolver o tubo.

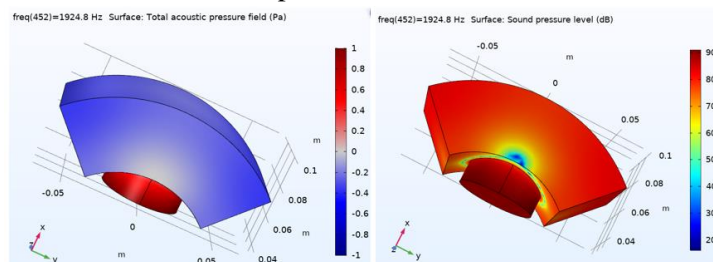
Figura 2 – Vista isométrica, lateral e superior do modelo proposto respectivamente



Fonte: Autoria própria, 2022

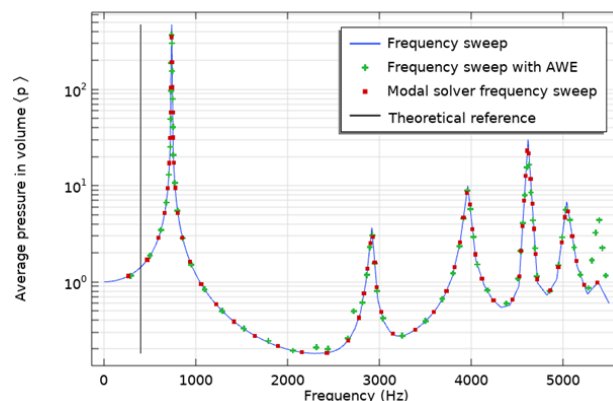
A geometria construída no software CAD foi importada para um software de elementos finitos. Através da análise numérica do modelo proposto, utilizando o software COMSOL, chegou-se nos seguintes resultados, representados pelas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Pressão acústica em Pascal e sonora em dB respectivamente



Fonte: Autoria própria, 2022

Figura 4 – Gráfico de frequência do modelo proposto



Fonte: Autoria própria, 2022

Observando a Figura 4 nota-se que a cada pico nas curvas há uma respectiva frequência de ressonância, determinando a caracterização do material e, portanto, dando indícios que resolveria o problema. O próximo passo seria construir o gráfico de perda de transmissão para possibilitar a verificação mais clara de qual a perda produzida pela geometria proposta.

Conclusões

Essa pesquisa teve o intuito primordial de buscar novos meios e materiais para solução de problemas acústicos de baixa frequência, através de recentes investigações publicadas na literatura científica. De modo especial, utilizando os conceitos de metamateriais acústicos que auxiliam no tratamento de ruídos de modo mais eficaz e seguro do que os métodos convencionais como as espumas, trazendo maior conforto acústico consequentemente um ambiente mais agradável.

Dentre os diversos tipos de metamateriais acústicos estudados foi escolhido os ressonadores de Helmholtz, que quando aplicados periodicamente em uma espécie de painel conseguem aumentar a eficácia para o fim determinado, funcionando como um metamaterial acústico. Esta aplicação consiste em diversas possibilidades de soluções com aplicabilidade no cenário da Engenharia Civil e do conforto acústico em edificações, assim como na utilização da geometria a qual foi inspirado o modelo final.

A geometria construída teve por finalidade manter os volumes estabelecidos na geometria base, para que pudesse da mesma forma solucionar a frequência de 1000 Hz emitida pelo ventilador sem pás. E para solucionar o ruído foi proposto um tubo entre o motor e a saída de ar do ventilador ao qual seria instalado tais ressonadores.

Com as análises numéricas obtidas pelo software COMSOL® pode-se notar algumas caracterizações do modelo proposto assim como as frequências de ressonância em que ele atua. Mostrando parcialmente a solução da aplicação na faixa de frequência esperada de 1000 Hz. Todavia, é necessário a busca de uma análise completa com relação ao fluxo de ar que passa pelo tubo, também com a aplicação de todos os ressonadores de Helmholtz pela estrutura, e um gráfico com a perda de transmissão (PT) em cada fluxo de ar.

Logo, entende-se que o estudo primário de tais estruturas de metamateriais foram de suma importância para o cenário de controle de ruído de ventiladores sem pás. Porém, destaca-se a necessidade da análise completa com

os equipamentos necessários para obter a viabilidade de construção de um modelo físico para futuras análises experimentais em laboratório.

Agradecimento

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus e aos professores pela oportunidade de realizar este estudo, os quais me disponibilizaram tempo e conhecimento para os avanços necessários. Aos meus pais, pelo constante apoio e motivação para continuar os estudos. Aos meus amigos que hoje celebram comigo mais essa conquista. E por fim agradeço todo o apoio proporcionado pela diretoria de pesquisa da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, e o fomento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq essenciais para o andamento do trabalho com o financiamento fornecido.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575 Desempenho de edificações habitacionais. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10152 Níveis de ruído para conforto acústico. 1987.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. Editora Blucher, 2018.
- CHO, Sung-Jin et al. **Honeycomb-shaped meta-structure for minimizing noise radiation and resistance to cooling fluid flow of home appliances**. *Composite Structures*, v. 155, p. 1-7, 2016.
- Comsol AB. **Comsol multiphysics, acoustic module**. Stockholm, Sweden: User's Guide and Model Library Documentation; 2020.
- DAIYA, Manish. **Design Study of a Bladeless Fan "Air Multiplier"**. *International Journal for Research Trends and Innovation*, [s. l.], 2018.
- JIE, L. I. **Air Multiplier—the Formal Designation of Bladeless Fan**. *China Terminology*, v. 16, n. zk1, p. 156, 2014.
- KIM, Byunghui et al. **Development of a Slit-Type Soundproof Panel for a Reduction in Wind Load and Low-Frequency Noise with Helmholtz Resonators**. *Applied Sciences*, v. 11, n. 18, p. 8678, 2021.
- LI, Chunxi, W.S. Ling, J. Yakui, **The performance of a centrifugal fan with enlarged impeller**, *Energy Convers. Manage.* 52 (2011) 2902–2910, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.02.026>.

LU, Ming-Hui; FENG, Liang; CHEN, Yan-Feng. **Phononic crystals and acoustic metamaterials**. *Materials today*, v. 12, n. 12, p. 34-42, 2009.

JAFARI, Mohammad; SOJOURI, Atta; HAFEZISEFAT, Parinaz. **Numerical study of aeroacoustic sound on performance of bladeless fan**. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, v. 30, n. 2, p. 483-494, 2017.

RAVI, Dineshkumar; RAJAGOPAL, Thundil Karuppa Raj. **Numerical investigation on the effect of geometric shape and outlet angle of a bladeless fan for flow optimization using CFD techniques**. *International Journal of Thermofluids*, v. 15, p. 100174, 2022.

REZAEI, S.; ESKANDARI-GHADI, M.; RAHIMIAN, M. **Development of an acoustic metamaterials for aero acoustic noise control**. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, v. 10, n. 2, p. 569-579, 2017.