

TÍTULO**VENTILADOR SEM PÁS: DESENVOLVIMENTO APLICADO MÁQUINA DE FLUXO**

Guilherme Pinto Ribeiro Bacelar¹ (IC), Jesús Antonio Garcia Sánchez (PQ)¹
Universidade Federal de Itajubá - UNIFEL.

Palavras-chave: Ventilador Sem Pás, Computacional Fluid Dynamics (CFD), Máquina de Fluxo.

Introdução

Ventiladores sem pás, popularizados pela Dyson [10], operam por meio do efeito Coanda e do fluxo de ar arrastado, induzindo e amplificando o ar. Um motor na base puxa o ar e o expelle por uma abertura estreita, gerando um fluxo contínuo. Apesar de mais seguros e eficientes que os modelos tradicionais, a otimização de seu desempenho ainda enfrenta desafios como a minimização de zonas mortas e a redução da turbulência, fatores que afetam diretamente a qualidade do fluxo. A Figura 1, extraída da patente original da Dyson [10], detalha a constituição do ventilador e suas seções de entrada e saída.

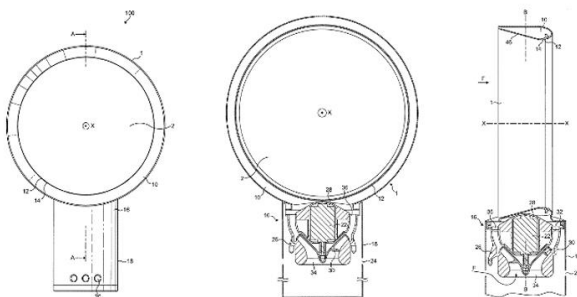


Figura 1- Patente Dyson [10]

O objetivo proposto nesta pesquisa se consiste no desenvolvimento e ensaio de um protótipo de um ventilador sem pás, tendo por base a continuação de referenciais anteriores [1]. Com isso, tem-se por objetivo principal fazer a análise fluidodinâmica de um ventilador sem pás incluindo o processo de validação, portanto, será realizada a modelagem da estrutura, desenvolvimento da máquina de fluxo a ser inserida no sistema e, por fim, a validação desse sistema.

Metodologia

Inicialmente foi realizada a análise do referencial teórico adotado [1][3][4][5] para o desenvolvimento do sistema,

com isso, foram selecionado parâmetros base como: altura do equipamento; dimensões do anel de sucção (diâmetro bordo de ataque, corda do perfil, ângulo de projeção do ar – bordo de fuga); dimensões da zona de *intake* da máquina de fluxo. Após definido esses parâmetros, partiu-se para o dimensionamento da máquina de fluxo que seria inserida no sistema, para isso, foi necessário definir: pressão do sistema; velocidade de rotação da máquina; vazão mássica do sistema. Com esses dados, foi encontrada a rotação específica da máquina para definir qual o tipo de máquina a ser inserida – radiais ou centrífugas, mistas ou axiais.

Para definição da pressão do sistema foi realizada uma análise fluido dinâmica computacional (CFD) com o perfil base, indicada pela figura 2 com um corte em $\frac{1}{4}$ da geometria, para entender qual seria a pressão do sistema para a determinada vazão indicada.

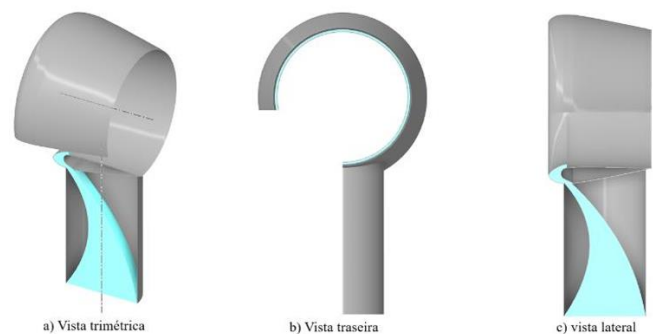


Figura 2- Vistas de geometria de base

Com os dados adquiridos, foi possível dimensionar a máquina de fluxo necessária para a vazão especificada, a tabela 1 indica os parâmetros utilizados para esse dimensionamento. Após isso, foi desenvolvida a máquina e realizada análises CFD para confirmar a capacidade da máquina dimensionada. Entretanto, a vazão volumétrica foi um parâmetro para o dimensionamento que não foi necessariamente atingido por conta da dimensão limitada do rotor e os encaixes para a máquina, dessa forma, foi estabelecido um padrão de vazão com base nos referenciais teóricos adotados – cerca de 10 L/s. Portanto,

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

o ventilador montado e ensaiado resultando uma vazão próxima do referencial estaria validado o sistema.

Tabela 2- Parâmetros de dimensionamento

Nome	Símbolo	Valor
Vazão Volumétrica	Qt	0,4 m ³ /s
Diferença Pressão Total	Δpt	500 Pa
Velocidade Específica	nq	136
Trabalho Específico	Y	420.1 m ³ /s ²
Potência Saída	PQ	0,2 kW
Vazão Mássica	ṁ	0,475 kg/s
Rotação	rpm	3600 /min

A figura 3 demonstra a correlação entre velocidade específica e o tipo de máquina de fluxo indicada. Com os parâmetros indicados o equipamento dimensionado se enquadra na relação de máquina de fluxo misto. Nas máquinas de fluxo radial, a trajetória do fluido é essencialmente radial, com mudanças significativas no raio, da entrada para a saída. (Tais máquinas são, às vezes, denominadas centrífugas.) Nas máquinas de fluxo axial, a trajetória do fluido é aproximadamente paralela à linha de centro da máquina, e o raio de percurso não varia significativamente. Nas máquinas de fluxo misto, o raio da trajetória de fluxo varia moderadamente. Para dimensionamento da máquina foi utilizado a extensão do software Cfturbo junto ao software ANSYS.

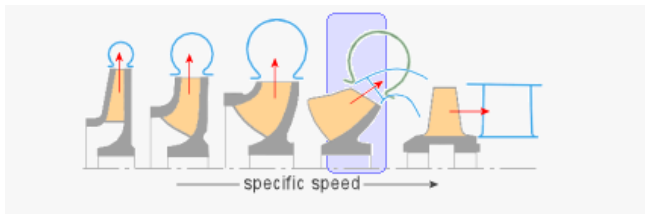


Figure 3- Máquinas de fluxo por velocidade específica

Dessa forma, prosseguiu-se para o desenvolvimento do rotor em si, conduzindo o desenvolvimento do perfil, número de pás, coeficiente de fluxo (φ), coeficiente de queda (ψ) e sistema diretor - o sistema diretor tem como finalidade coletar o fluido e dirigi-lo para um caminho determinado de modo a orientar o fluxo para minimizar impactos e choques. A figura 4 demonstra o plot correlacionado dos coeficientes φ e ψ.

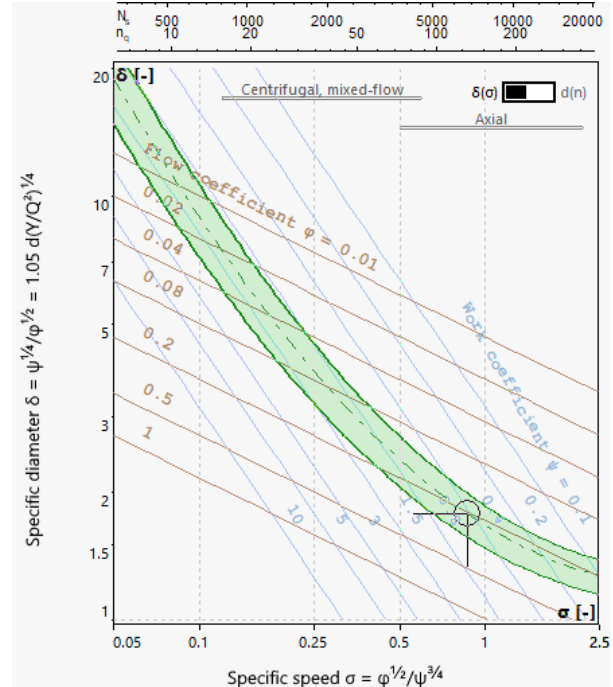


Figure 4- Coeficientes φ e ψ do rotor dimensionado

Com estas definições, foi possível chegar à máquina demonstrada pela figura 5, na qual “a)” indica o rotor com seu eixo que acopla ao motor de 12 volts corrente contínua e, em “b)”, se tem o rotor inserido ao seu estator. Foi inserida uma massa na região inferior da máquina para aumentar a resistência da peça no ponto de acoplamento assim como para aproximar o centro de massa do rotor para essa região, minimizando efeitos de batimento e vibração no eixo. Também, foi adicionada pás auxiliares para melhorar a eficiência e o controle de fluxo do ar, portanto, somando-se a quantidade de pás do rotor, teremos um total de 18 pás, sendo 9 auxiliares.

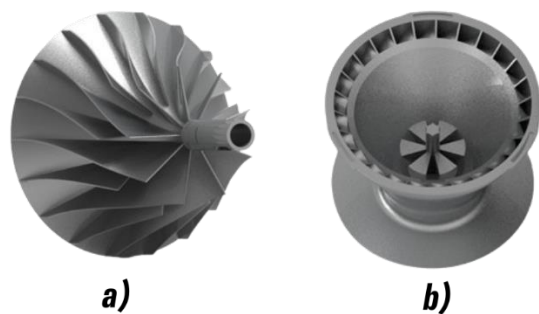


Figure 5- Máquina de fluxo desenvolvida

A figura 6 demonstra a máquina de fluxo inserida à geometria final com um corte de seção transversal. Em “a)” se tem o ventilador sem pás por completo, incluindo

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

o cilindro de base que suporta a máquina, o canal pós rotor e estator e o anel de sucção – dividido entre bordo de fuga e bordo de ataque. Em “b)” é possível ver como a máquina fica inserida e travada no cilindro de suporte.

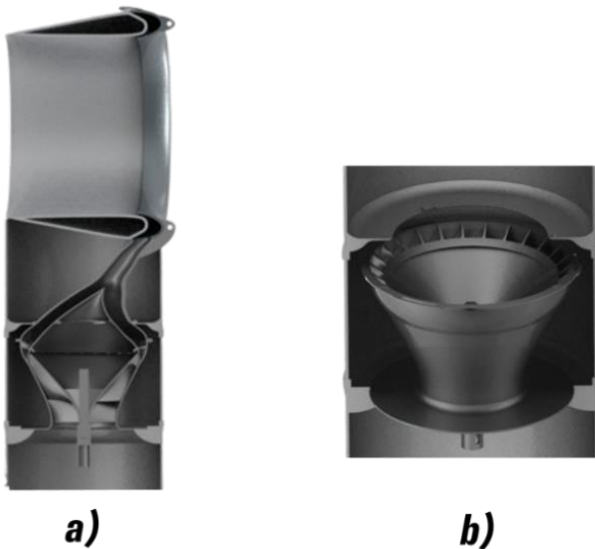


Figure 6- Ventilador sem Pás montado

Resultados e discussão

Este estudo demonstrou a viabilidade do desenvolvimento de um protótipo de ventilador sem pás, validando o projeto por meio de análises computacionais e dimensionamento de componentes. A metodologia empregada, que combinou a análise de referencial teórico [1] [3] [4] [5] [7] [8], dimensionamento de rotor [9] e a dinâmica dos fluidos computacional (CFD), se mostrou eficaz para desenvolvimento do ventilador sem pás (*bladeless fan*).

Os dados obtidos no dimensionamento do sistema, incluindo a vazão volumétrica, a diferença de pressão, a rotação e a velocidade específica, foram essenciais para determinar o tipo de máquina de fluxo mais adequado para o ventilador. A análise da relação entre a velocidade específica e o tipo de máquina de fluxo, conforme ilustrado na Figura 2, confirmou que a máquina de fluxo mista era a escolha ideal para o projeto. A adoção de um rotor de fluxo misto foi crucial, pois esta configuração equilibra as características de máquinas de fluxo radial (centrífugas) e axial, permitindo que o raio da trajetória de fluxo varie moderadamente e, assim, otimize o desempenho e a eficiência do dispositivo.

Já os resultados das análises de CFD corroboraram os dados de dimensionamento, confirmando a capacidade da máquina de fluxo desenvolvida para atender aos

requisitos de pressão e vazão estabelecidos. A inserção de uma massa na parte inferior do rotor também se mostrou uma estratégia eficaz para aumentar a resistência do acoplamento e minimizar os efeitos de vibração e batimento, garantindo maior estabilidade e durabilidade ao protótipo. A figura 7 demonstra a resposta da máquina de fluxo em CFD montada junto ao seu canal e anel de sucção, sendo que em “a)” se tem o perfil lateral da máquina com um corte seccionado ao centro, em “b)” o perfil transversal da máquina na saída do rotor e em “c)” um corte frontal na saída do equipamento. Esse *plot* demonstra o quão efetivo é o rotor em gerar o escoamento necessário para o funcionamento da máquina.

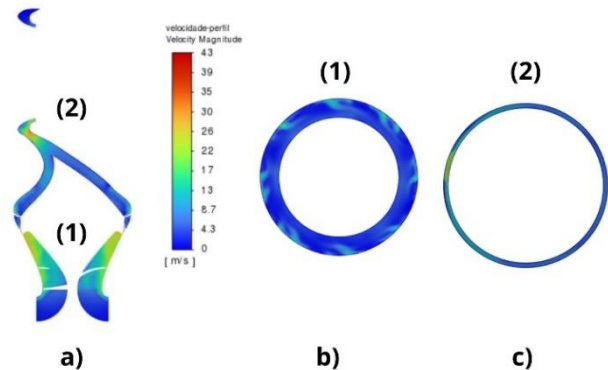


Figura 7 - Plotagem dos contornos de velocidade do equipamento

Em quanto isso, a figura 8 segue a mesma lógica de demonstração de resultados do equipamento, mas com os contornos de pressão. É importante observar o quão efetivo o canal é em manter o escoamento sobre a mesma pressão, para haver pouca dissipação de carga e manter o mesmo volume de saída relativa entre o rotor e o *outlet* do equipamento – neste caso foi observado uma vazão de 9,8585945 L/s na saída do rotor e 9,593753 L/s na saída do equipamento, portanto se tem uma diferença relativa percentual de 2,68% entre as vazões.

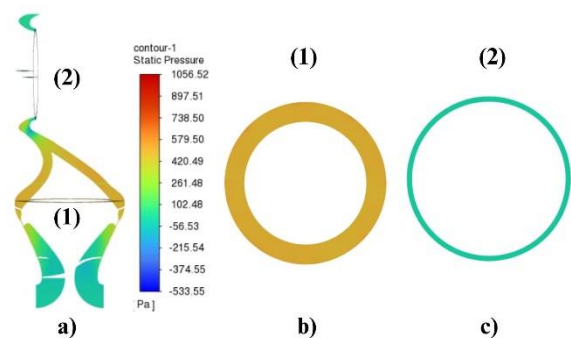


Figura 8 - Plotagem dos contornos de pressão do equipamento

Conclusões

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

Ao analisar os resultados obtidos neste estudo, é evidente que a máquina de fluxo dimensionada (rotor e estatores) e canal pós estator estão condizentes para o bom funcionamento do equipamento, dentro do que lhe é requisitado. A máquina conseguiu empregar uma vazão eficiente quando comparado a ventiladores usuais e pesquisas aplicadas à ventiladores sem pás, além de ter uma pequena perda de carga no sistema.

Em suma, a pesquisa não apenas atingiu o objetivo de desenvolver um protótipo funcional de ventilador sem pás, mas também validou a abordagem de engenharia utilizada. Portanto, é plausível de conclusão que este trabalho é uma base sólida para ensaios práticos e certificação de um ventilador sem pás.

Agradecimentos

Dirijo meus agradecimentos a todos que me auxiliaram no decorrer desta pesquisa, especialmente à CNPq pela bolsa prestada e à UNIFEI, também ao meu orientador, Dr. Jesús Antonio Garcia Sánchez, e ao meu colega de trabalho, Douglas de Almeida Leite Furtado, por seus auxílios e dedicação ao longo deste ano de trabalho. Por fim, ao grupo de pesquisa Metamaterial And Structures UNIFEI (MSU).

Referências

- [1] BACELAR, Guilherme Pinto Ribeiro. Ventilador sem pás: análise e otimização de parâmetros aerodinâmicos. 2024. Trabalho de Iniciação Científica (Engenharia Mecânica Aeronáutica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2024.
- [2] CAHYONO, Sukmaji Indro et al. Computational Fluid Dynamic Simulation on Bladeless Fan as Active Cooling Application. 2018 International Conference On Sustainable Energy Engineering And Application (Icseea), [S.L.], p. 1-5, nov. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icseea.2018.8627098>.
- [3] JAFARI, Mohammad et al. Numerical Aerodynamic Evaluation and Noise Investigation of a Bladeless Fan. Journal Of Applied Fluid Mechanics, [S.L.], v. 8, n. 01, p. 133-142, 1 jan. 2015. Academic World Research. <http://dx.doi.org/10.36884/jafm.8.01.21872>.
- [4] JAFARI, Mohammad et al. Experimental and Numerical Investigation of a 60cm Diameter Bladeless Fan. Journal Of Applied Fluid Mechanics, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 935-944, 1 mar. 2016a. Academic World Research. <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jafm.68.225.24081>.
- [5] JAFARI, Mohammad et al. Numerical investigation of geometric parameter effects on the aerodynamic performance of a Bladeless fan. Alexandria Engineering Journal, [S.L.], v. 55, n. 1, p. 223-233, mar. 2016b. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2015.11.001>.
- [6] LIPIAN, Michal et al. Fast Track Integration of Computational Methods with Experiments in Small Wind Turbine Development. Energies, [S.L.], v. 12, n. 9, p. 1625, 29 abr. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en12091625>.
- [7] MEHMOOD, Kashif et al. Numerical analysis of bladeless ceiling fan: an effective alternative to conventional ceiling fan. Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics, [S.L.], v. 221, p. 104905, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2022.104905>.
- [8] RAVI, Dineshkumar et al. 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, [S.L.], v. 15, p. 100174, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijft.2022.100174>.
- [9] SOUZA, Z. DE. Máquinas de fluxo. [s.l.: s.n.].
- [10] US7931449B2 – Fan - Google Patents. Google.com. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US7931449B2/en>. Acesso em: 6 abr. 2025.