



## DIMENSIONAMENTO DE UM VENTILADOR AXIAL

### **Anderson R. Seitenfus**

Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNIJUI  
andersonricardoseitenfus@gmail.com

### **Anderson Sörensen**

Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNIJUI  
anderson.sorensen@live.com

### **Giancarlo V. Schollmeier**

Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNIJUI  
gianvieira@gmail.com

### **Leonardo Dessbesell**

Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNIJUI  
leo.dessbesell@hotmail.com

### **Ramom T. Kuntz**

Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNIJUI  
ramom\_kuntz@yahoo.com.br

### **Roger S. Hoffmann**

Professor do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNIJUI  
roger.hoffmann@unijui.edu.br

**Resumo.** *O trabalho consiste no dimensionamento, fabricação e montagem, e testes de um protótipo de ventilador axial. Foram realizados os cálculos das velocidades de entrada e saída do ar utilizando o triângulo de velocidades, sendo projetados dois modelos de hélices, um com 4 pás e outro com 6 pás. Após os cálculos realizados, foi feito um desenho em CAD, e posteriormente montado um protótipo. Também foram realizadas medições com o ventilador em funcionamento, e realizados comparativos com os cálculos iniciais, verificando-se que o protótipo proporcionou a vazão de ar calculada, e operando de acordo com os cálculos. O trabalho foi realizado como atividade da disciplina de Máquinas de Fluxo.*

**Palavras-chave:** Ventilador axial. Projeto. Protótipo.

## 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho foram realizados os cálculos de dimensionamento de dois modelos de ventiladores axiais, um com 6 pás e outro com 4 pás. Após foi feito o projeto em *software* de CAD e feita a fabricação dos dois modelos. Depois foram realizados testes e medições da velocidade do ar para comparativo com os cálculos de dimensionamento.

## 2. CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO

### 2.1 Triângulo de velocidades

Os cálculos de dimensionamento foram realizados utilizando-se o triângulo de velocidades mostrado na Fig. 1. As equações e metodologia de cálculo foram baseadas em Henn [1], Souza [2] e Bleyer [3].

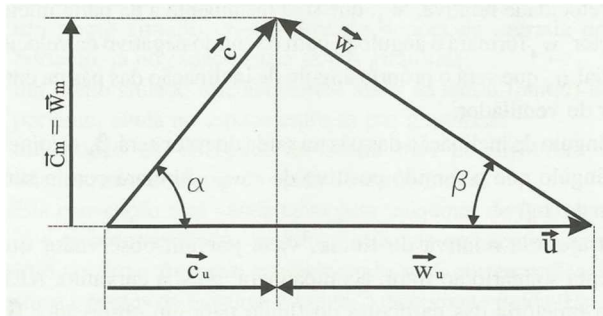


Figura 1. Triângulos de velocidades. Henn [1]

As variáveis indicadas na Fig. 1 são:

- $c$ : velocidade absoluta [m/s] do escoamento;
- $u$ : velocidade tangencial [m/s] do escoamento;
- $w$ : velocidade relativa [m/s] do escoamento;
- $\alpha$ : ângulo formado pelas velocidades absoluta e tangencial, também chamado ângulo do escoamento absoluto;
- $\beta$ : ângulo formado pelas velocidades relativa e tangencial, também chamado ângulo do escoamento relativo ou ângulo construtivo da pá.

As velocidades com índice  $m$ , como  $c_m$  e  $w_m$  significam a projeção na direção meridiana dessas velocidades. Similarmente as velocidades com índice  $u$ , como  $c_u$  e  $w_u$ , significam a projeção na direção tangencial. Os índices 4 e 5 indicam respectivamente seção de entrada e seção de saída da pá.

Os triângulos aplicados para o caso do ventilador axial é mostrado na Figura 2, onde tem-se ângulo  $\alpha_4 = 90^\circ$ , e velocidades meridianas iguais,  $c_{m4} = c_{m5}$ .

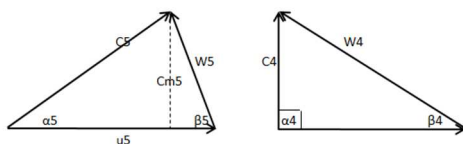


Figura 2. Triângulos de velocidades de ventilador axial.

## 2.2 Dados de entrada

Para realizar os cálculos, foi estabelecido um conjunto de dados iniciais, a partir do qual foi feito o dimensionamento do ventilador. Estes dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de entrada do dimensionamento

DADOS DE ENTRADA			
$D_e$	0,195	m	Diâmetro Externo
$D_i$	0,07	m	Diâmetro Interno
$\alpha_4$	90,00	°	Ângulo de entrada
$\beta_5$	20,00	°	Ângulo de saída
$N$	750,00	rpm	Rotação
$\rho$	1,20	kg/m <sup>3</sup>	Volume específico do Ar

## 2.3 Dimensionamento

Inicialmente será calculado o diâmetro médio conforme mostra a Eq. (1).

$$D_m = \left( \frac{D_i + D_e}{2} \right) = \left( \frac{0,195 + 0,07}{2} \right) = 0,1325 \text{ m} \quad (1)$$

A partir do diâmetro médio calculado, encontra-se a velocidade tangencial  $u_4$ , conforme mostra a Eq. (2).

$$u_4 = \pi \cdot D_m \cdot n = 5,2032 \text{ m/s} \quad (2)$$

A velocidade na saída da pá,  $u_5$  será igual à  $u_4$ , pois trata-se de um rotor axial. Usando a Eq. (3), calcula-se a velocidade absoluta  $c_5 = 1,7796 \text{ m/s}$ .

$$\text{sen} \beta_5 = \left( \frac{c_5}{u_5} \right) \quad (3)$$

Com a Eq. (4), calcula-se a velocidade relativa  $w_5 = 4,8894 \text{ m/s}$ .

$$u_5^2 = c_5^2 + w_5^2 \quad (4)$$

Considerando-se as velocidades meridianas  $c_{m4}$  e  $c_{m5}$  iguais e utilizando-se a Eq. (5), obtêm-se o valor de  $c_{m4} = c_{m5} = 1,6723 \text{ m/s}$ .

$$\text{sen} \beta_5 = \left( \frac{c_{m5}}{w_5} \right) \quad (5)$$

O valor da velocidade relativa  $w_4$ , é calculado com a Eq. (6), resultando em  $w_4 = 5,4653$  m/s.

$$w_4^2 = u_4^2 + c_4^2 \quad (6)$$

O ângulo  $\alpha_5$  é calculado conforme a Eq. (7), resultando em  $\alpha_5 = 70^\circ$ .

$$\text{sen } \alpha_5 = \left( \frac{c_{m5}}{c_5} \right) \quad (7)$$

A partir do ângulo  $\alpha_5$ , calcula-se a componente de velocidade com a Eq. (8), sendo  $c_{u5} = 0,6087$  m/s.

$$c_{u5} = (\cos \alpha_5 \cdot c_5) \quad (8)$$

Então é calculado o ângulo construtivo da pá, utilizando-se a Eq. (9), obtendo-se  $\beta_4 = 17,8173^\circ$ .

$$\tan \beta_4 = \left( \frac{c_4}{u_4} \right) \quad (9)$$

Para as máquinas axiais (Ventiladores axiais, Bombas axiais, Turbinas hidráulicas do tipo Hélice e Kaplan), a área (A) é a superfície da coroa circular, calculada utilizando-se a Eq. (10).

$$A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - D_i^2) = \frac{\pi}{4} (0,195^2 - 0,07^2) = 0,0260 \text{ m}^2 \quad (10)$$

A componente meridional  $c_m$  está ligada diretamente à vazão da máquina através da equação da continuidade, onde Q é a vazão de fluido que passa pelo rotor e A é a área de passagem, conforme Eq. (11).

$$Q = c_m \cdot A = 1,6723 \cdot 0,0260 = 0,0435 \text{ m}^3/\text{s} \quad (11)$$

A pressão total desenvolvida pelo ventilador ( $\Delta p_t$ ) é calculada pela Eq. (12)

$$\Delta p_t = \rho \cdot u_5 \cdot c_{u5} = (1,25 \cdot 5,2032 \cdot 0,6087) = 3,8006 \text{ Pa} \quad (12)$$

A potência é calculada pela Eq. (13), onde  $\dot{m}$  é a vazão mássica,  $Y_{pá}$  é o trabalho específico.

$$P = \dot{m} \cdot Y_{pá} = \rho \cdot Q \cdot \frac{\Delta p_t}{\rho} =$$

$$Q \cdot \Delta p_t = 0,0435 \cdot 3,8006 = 1,652 \text{ W} \quad (13)$$

## 2.4 Resultados finais

A Tabela 2 apresenta todos os valores e resultados obtidos por meio do cálculo.

Tabela 2. Resultados finais

RESULTADOS FINAIS			
<b>De</b>	0,1950	m	Diâmetro Externo
<b>Di</b>	0,0700	m	Diâmetro Interno
<b><math>\alpha_4</math></b>	90,0000	°	Ângulo da pá
<b><math>\beta_5</math></b>	20,0000	°	Ângulo da pá
<b>P</b>	1,2000	kg/m <sup>3</sup>	Volume específico do Ar
<b>D<sub>m</sub></b>	0,1325	m	Diâmetro médio
<b>u<sub>4</sub></b>	5,2032	m/s	Velocidade tangencial
<b>c<sub>5</sub></b>	1,7796	m/s	Velocidade absoluta
<b>w<sub>5</sub></b>	4,8895	m/s	Velocidade relativa
<b>c<sub>m5</sub></b>	1,6723	m/s	Velocidade meridional
<b>c<sub>4</sub></b>	1,6723	m/s	Velocidade absoluta
<b>w<sub>4</sub></b>	5,4654	m/s	Velocidade relativa
<b><math>\alpha_5</math></b>	70,0000	°	Ângulo da pá
<b>c<sub>u5</sub></b>	0,6087	m/s	
<b><math>\beta_4</math></b>	17,8171	°	Ângulo da pá
<b>N</b>	750	RPM	Rotação
<b><math>\Delta p_t</math></b>	3,8006	Pa	Diferencial de pressão total
<b>A</b>	0,0260	m <sup>2</sup>	Área
<b>Q</b>	0,0435	m <sup>3</sup> /s	Vazão do ar
<b>P</b>	1,1652	w	Potência

## 2.5 Projeto dos ventiladores

Com uso de *software* de CAD, foi desenvolvido o projeto dos ventiladores de 4 e 6 pás, utilizando os dados da Tabela 2 para ambos os modelos de ventiladores.

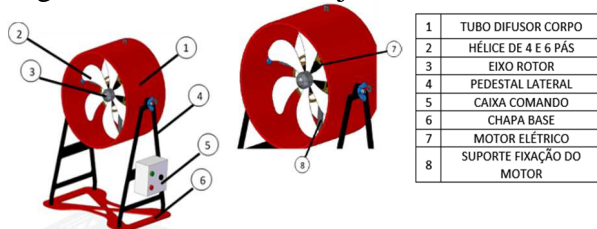
A Figura 3 apresenta o desenho 3D das pás.

Figura 3. Desenho das pás



A seguir foi desenvolvido um desenho de conjunto dos ventiladores, bem como sua listagem de peças, conforme mostrado na Fig. 4.

Figura 4. Desenho de conjunto do ventilador



## 2.6 Fabricação, montagem e testes

Após o projeto, foi realizada a fabricação e montagem dos ventiladores, sendo o protótipo mostrado na Fig. 5, montado com a hélice de 6 pás.

Figura 5. Protótipo do ventilador de 6 pás.



Os testes consistiram basicamente de ligar o ventilador e medir a velocidade do ar com anemômetro de pás.

A Tabela 3 mostra os resultados medidos, e um cálculo do erro da medição em função do valor de velocidade calculado. O erro foi calculado conforme a Eq. 14.

Tabela 3. Comparativo entre velocidade calculada e medida.

Valor calculado ( $c_m$ )	1,6723 m/s	Erro
Medição 4 pás	1,5556 m/s	-7,5%
Medição 6 pás	1,6667 m/s	-0,33%

$$Erro \% = \frac{\text{calculado} - \text{medido}}{\text{calculado}} \cdot 100\% \quad (14)$$

## 3. REFERÊNCIAS

- [1] E. A. L. Henn. “Máquinas de Fluido”, 2. Ed, Ed. da UFSM, 2006.
- [2] Z. Souza. “Projeto de Máquinas de Fluxo”. Interciência, 2011.
- [3] F. P. Bleier. “Fan Handbook: selection application and design”, McGraw-Hill, 1997.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando-se os resultados da comparação observa-se que alterando somente o modelo de hélice (aumentando a quantidade de pás) obteve-se aumento na velocidade do ar de 7%. Também se percebe que os dados calculados estão coerentes com os dados coletados através do instrumento de medição, o que valida as teorias utilizadas para dimensionamento de ventiladores.

Este trabalho também apresenta-se como um excelente método para aprendizado em sala de aula, pois foram aplicadas diretamente as teorias aprendidas, em uma aplicação, realizando os cálculos, projeto, montagem e testes do protótipo, dessa forma fixando os conhecimentos e comprovando aos alunos a utilidade da metodologia de cálculo.