

## Classificação dos Ventiladores

São geralmente classificados em centrífugos, hélico-centrífugos e axiais

Tipo	referido como:	# estágios	características	referido como:
Radial	<i>vent. centrífugo</i>	1	baixa pressão: até 150 mmH <sub>2</sub> O, $r_2/r_1 = 1,1 \sim 1,3$ ;	<i>vent. centrífugo</i>
			média pressão: até 250 mmH <sub>2</sub> O, $r_2/r_1 = 1,3 \sim 1,6$ ;	<i>vent. centrífugo</i>
			alta pressão: Até 250 ~ 750 mmH <sub>2</sub> O, $r_2/r_1 = 1,6 \sim 2,8$ .	<i>soprador</i>
		>1	$\Delta p$ até 10 kgf/cm <sup>2</sup> (100mH <sub>2</sub> O), até 12 rotores em série, $r_2/r_1$ até 4.	<i>compressor ou turbocompressor</i>
Axial	vent. axial	1	hélice simples p/ movimentação de ar ambiente, ventilador de teto, vent. de coluna.	<i>vent. helicoidal</i>
			carcaça tubular envolve rotor único.	<i>tubo-axial</i>
		>1	$\Delta p$ até 3 kgf/cm <sup>2</sup> (30mH <sub>2</sub> O)	<i>turbocompressor</i>

## Quanto ao nível energético de pressão:

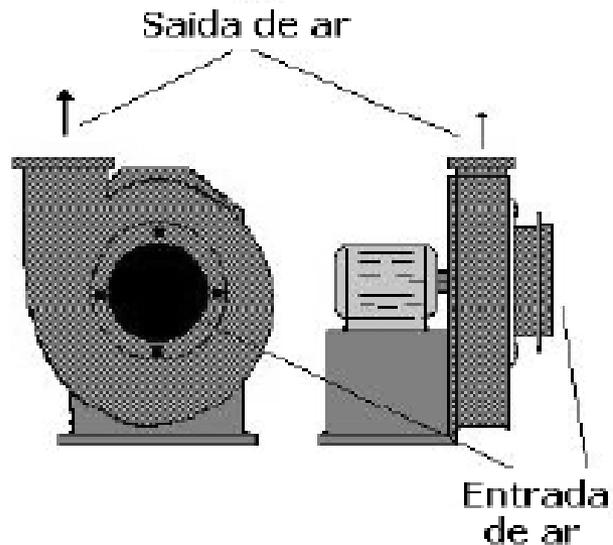
Baixa pressão: até  $0,02 \text{ kgf/cm}^2$  (200 mmca)

Média pressão: de  $0,02$  a  $0,08 \text{ kgf/cm}^2$  (200 a 800 mmca)

Alta pressão: entre  $0,08$  a  $0,25 \text{ kgf/cm}^2$  (800 a 2.500 mmca)

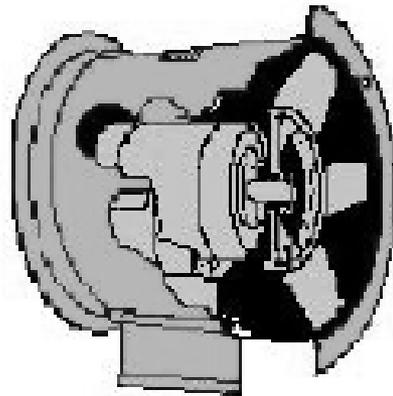
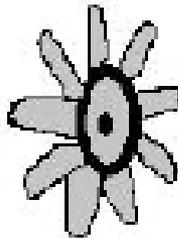
Turbo compressores: acima de  $0,25 \text{ kgf/cm}^2$  (2.500 mmca)

**Centrífugos:** Consiste de um rotor que gira em alta rotação no interior de uma carcaça em formato espiral. O ar entra no ventilador na direção axial ao eixo de rotação e, então é movido do centro para a periferia do rotor por ação da força centrífuga, saindo perpendicular ao mesmo eixo.

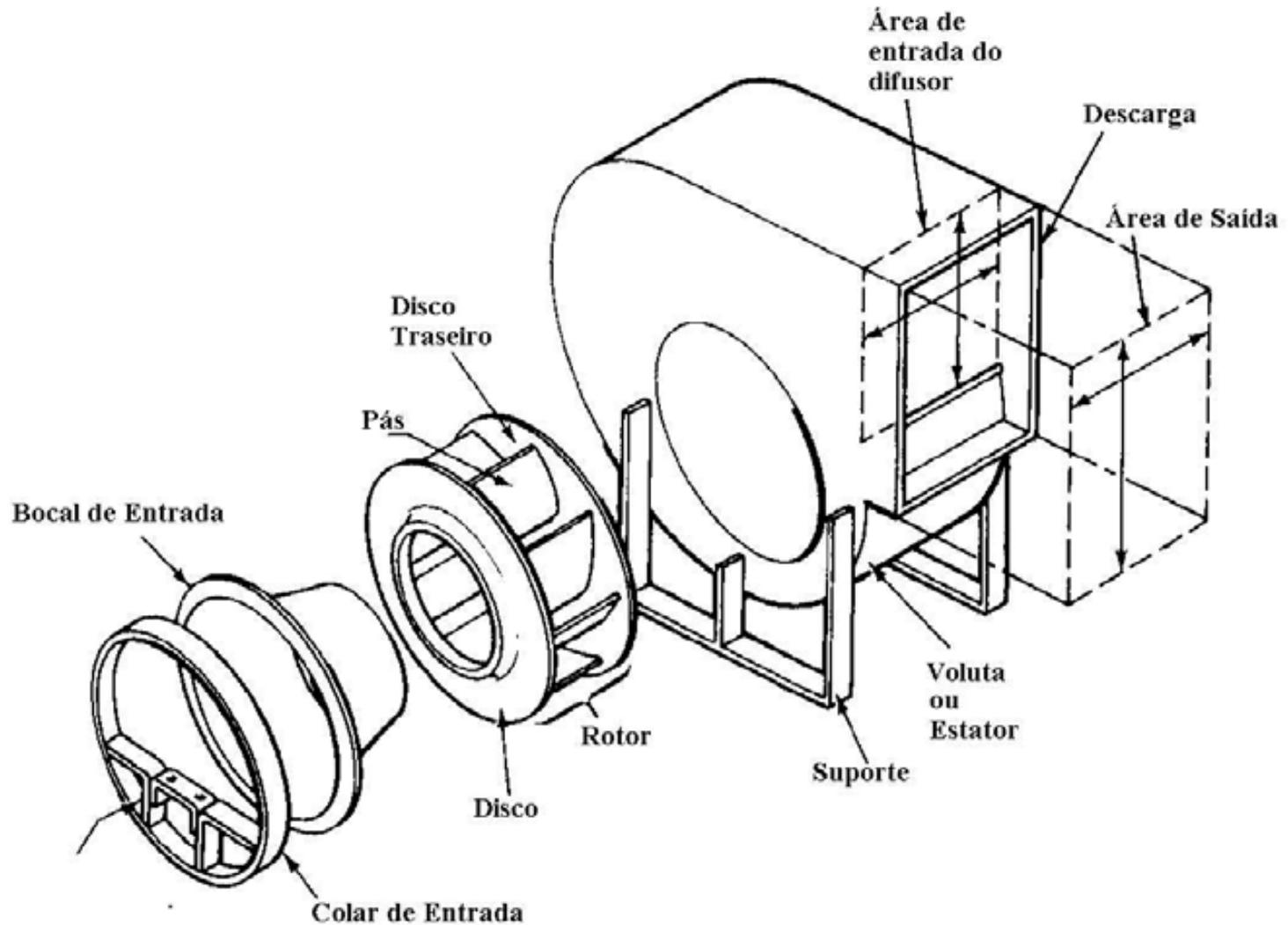


**Axial:** Quando o ar entra e sai paralelamente ao eixo do rotor.

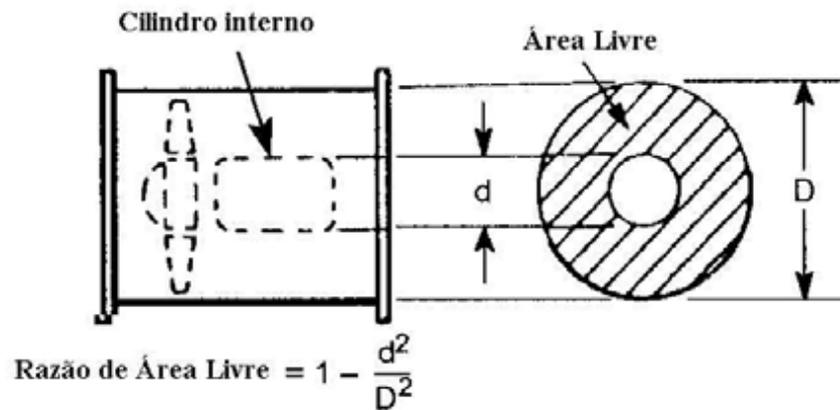
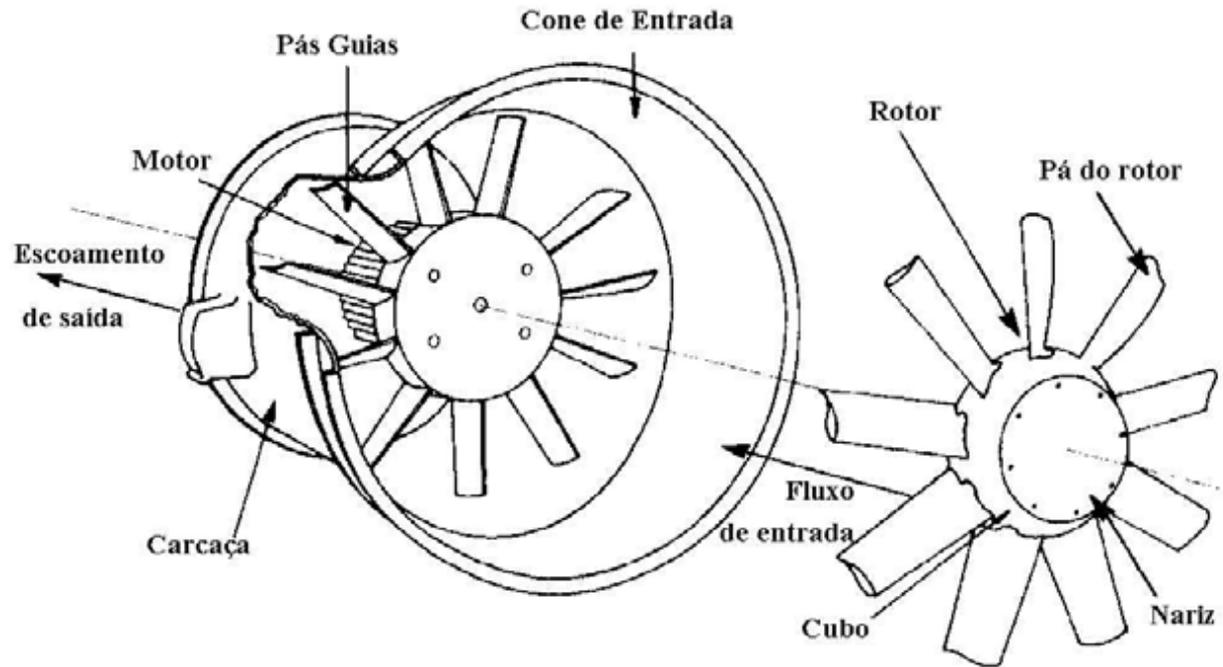
Rotor axial



## Partes componentes de um ventilador centrífugo



## Partes componentes de um ventilador Axial



Os rotores dos ventiladores centrifugos podem ter várias configurações de pás:

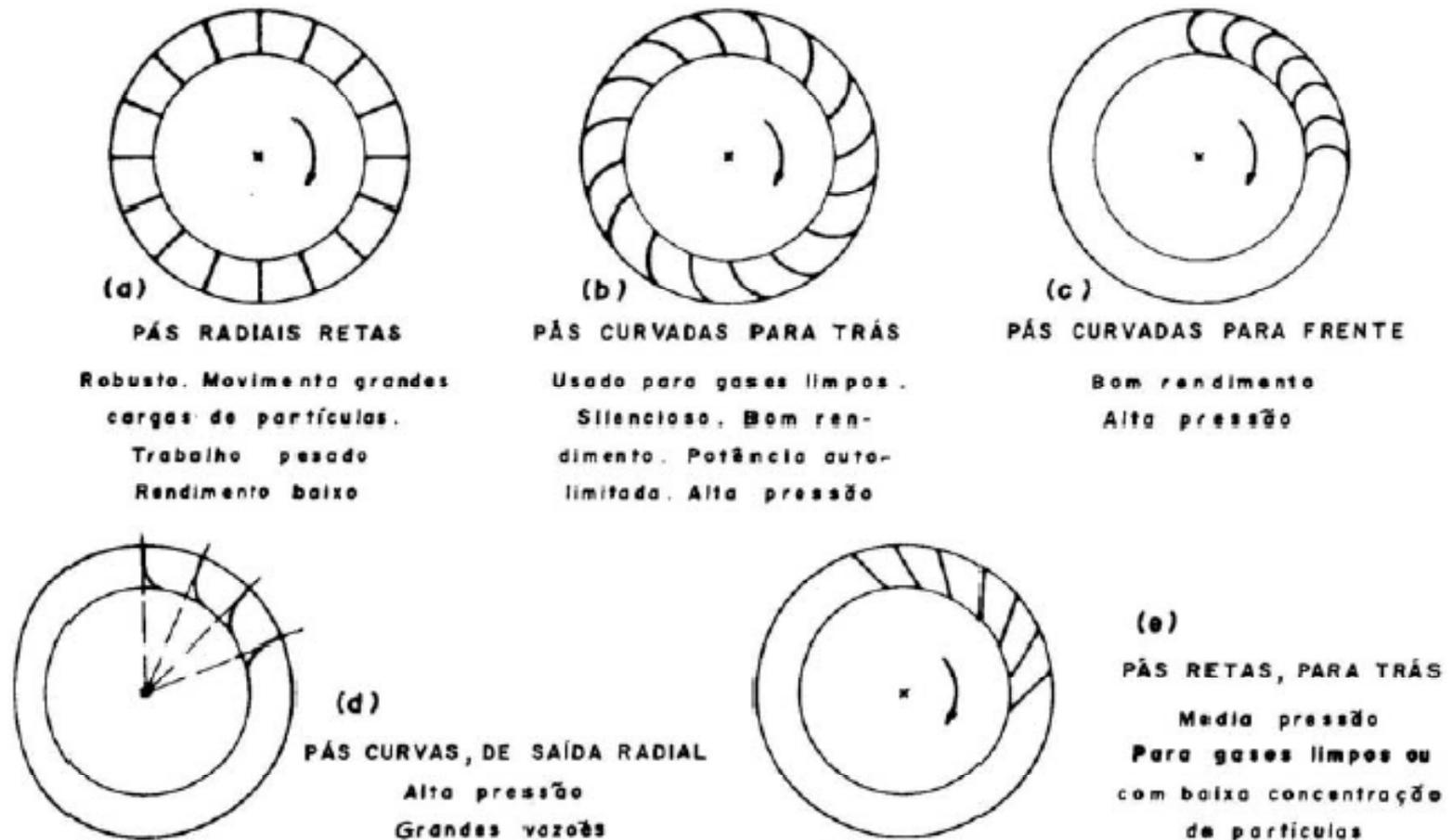


Figura 6.5 – Configurações comuns de pás

## Ventilador centrífugo de pás radiais retas

São constituídos de 6 a 20 pás radiais retas. São barulhentos, com características de baixa eficiência e de rotação, com alta pressão.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Trabalham com ar ou gases contaminados
Atingem vazões de 500 a 150.000 m <sup>3</sup> /h
Atingem pressões estáticas de 30 a 600 mmca
Níveis de velocidade de vibração, em operação, inferiores a 6 mm/s
<b>APLICAÇÕES</b>
São equipamentos usados em sistemas de exaustão de detritos de máquinas, exaustão de pó, gases, fumaças, vapores, odores industriais, etc.



### Ventilador centrífugo de pás curvadas para frente. (Sirocco)

Possuem mais de 60 pás curvadas para frente, cujas características são a movimentação de grande volume de ar em baixa pressão.

O emprego é limitado à movimentação de ar ausente de impurezas. Operação silenciosa em instalações de ventilação e exaustão.

CARACTERÍSTICAS	
Vazão de ar:	200 a 200.000 m <sup>3</sup> /h
Pressão Estática:	5 a 80 mmca
APLICAÇÕES	
Ar condicionado, câmaras frigoríficas, condensadores evaporativos, coifas e torres de resfriamento.	



## **Ventilador centrífugo de pás curvadas para trás (Limit Load)**

Possuem normalmente 12 pás curvadas para trás, no sentido contrário à rotação do rotor. Apresentam baixo nível de ruído, com movimentações de médio a elevados volumes de ar, com pressões de média a elevada e com alta eficiência energética.

São bastante utilizados em situações onde há grandes variações de fluxo de ar, como em sistemas de aeração. Possui bocais de aspiração repuxados, conferindo excelente característica aerodinâmica.

Movimentam-se a aproximadamente 2 vezes a rotação dos ventiladores Sirocco. Rendimento estático máximo cerca de 80%.



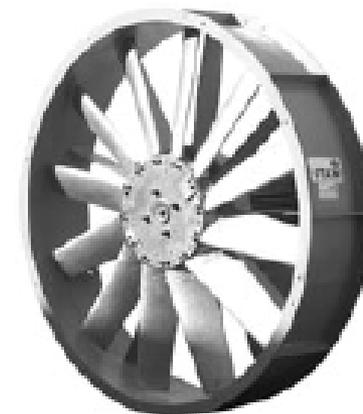
<b>CARACTERÍSTICAS RFS - simples aspiração</b>	
Vazão de ar:	700 a 350.000 m <sup>3</sup> /h
Pressão Estática:	10 a 450 mmca
<b>APLICAÇÕES</b>	
Ar condicionado; ventilação e exaustão industrial, comercial e doméstica; estufas e secadores.	

**Os rotores axiais normalmente são de três tipos :**

Os rotores axiais normalmente são de três tipos : do tipo propulsor cujas aplicações são limitadas a baixas pressões; do tipo tubo-axial que é constituído de um rotor axial com pás tipo aerofólio ou retas e uma carcaça tubular, possuindo melhor eficiência do que os do tipo propulsor; e os do tipo palhetas-axiais, que possuem pás do tipo aerofólio que podem ser fixas, de passo ajustável ou de passo controlável, sendo possível obter médias e altas pressões.

### **Ventilador axial propulsor**

É o ventilador mais utilizado, sendo usado na circulação de ar ambiente, movendo grandes volumes de ar a baixa pressão estática. Possui as versões de parede e com pedestal para ventilação em fábricas. A foto ao lado apresenta a versão aplicada no resfriamento de radiadores de transformadores de energia, com acabamento galvanizado à fogo. Vazão de ar: 6.000 m<sup>3</sup>/h



<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Vazão de ar:	600 a 200.000 m <sup>3</sup> /h
Pressão Estática:	2 a 100 mmca

### Ventilador tubo-axial

O rotor do ventilador é colocado no interior de um tubo, permitindo a conexão direta com o duto de aeração. O motor elétrico pode ser instalado diretamente ao eixo do rotor ou instalado sobre o tubo. Têm como características mover médios volumes de ar a baixa pressão estática. Tem características de carga limitada. Possuem hélice em alumínio fundido com pás fixas em perfil aerofólio, projetadas de modo a obter um elevado rendimento aliado a excelentes características de desempenho.

CARACTERÍSTICAS	
Vazão de ar:	1.000 a 80.000 m <sup>3</sup> /h
Pressão Estática:	2 a 90 mmca



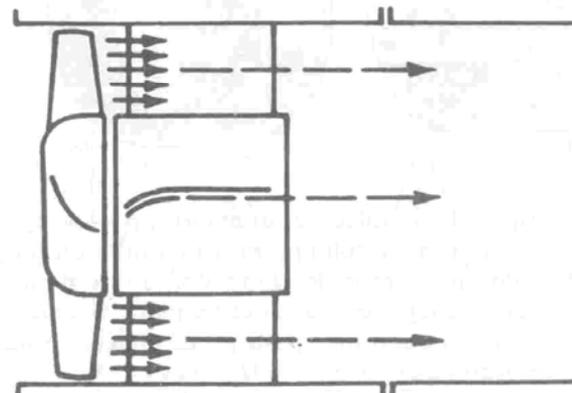
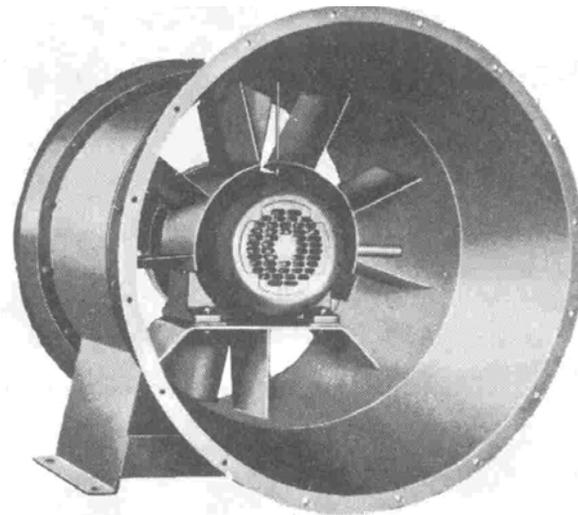
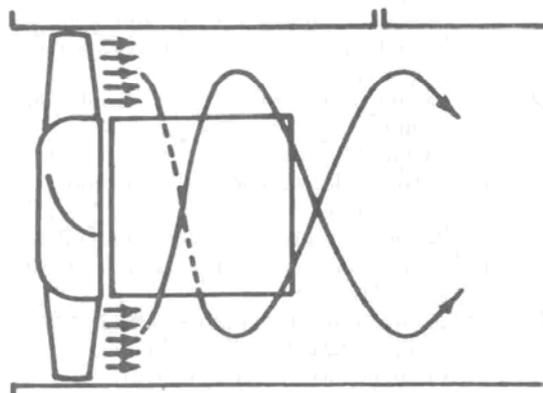
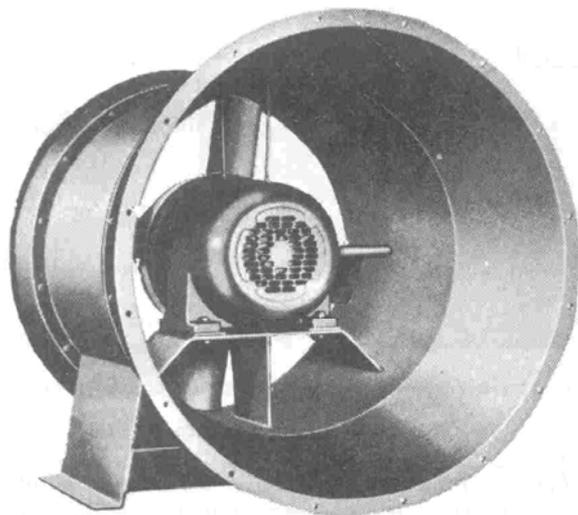
## Ventilador vanaxial

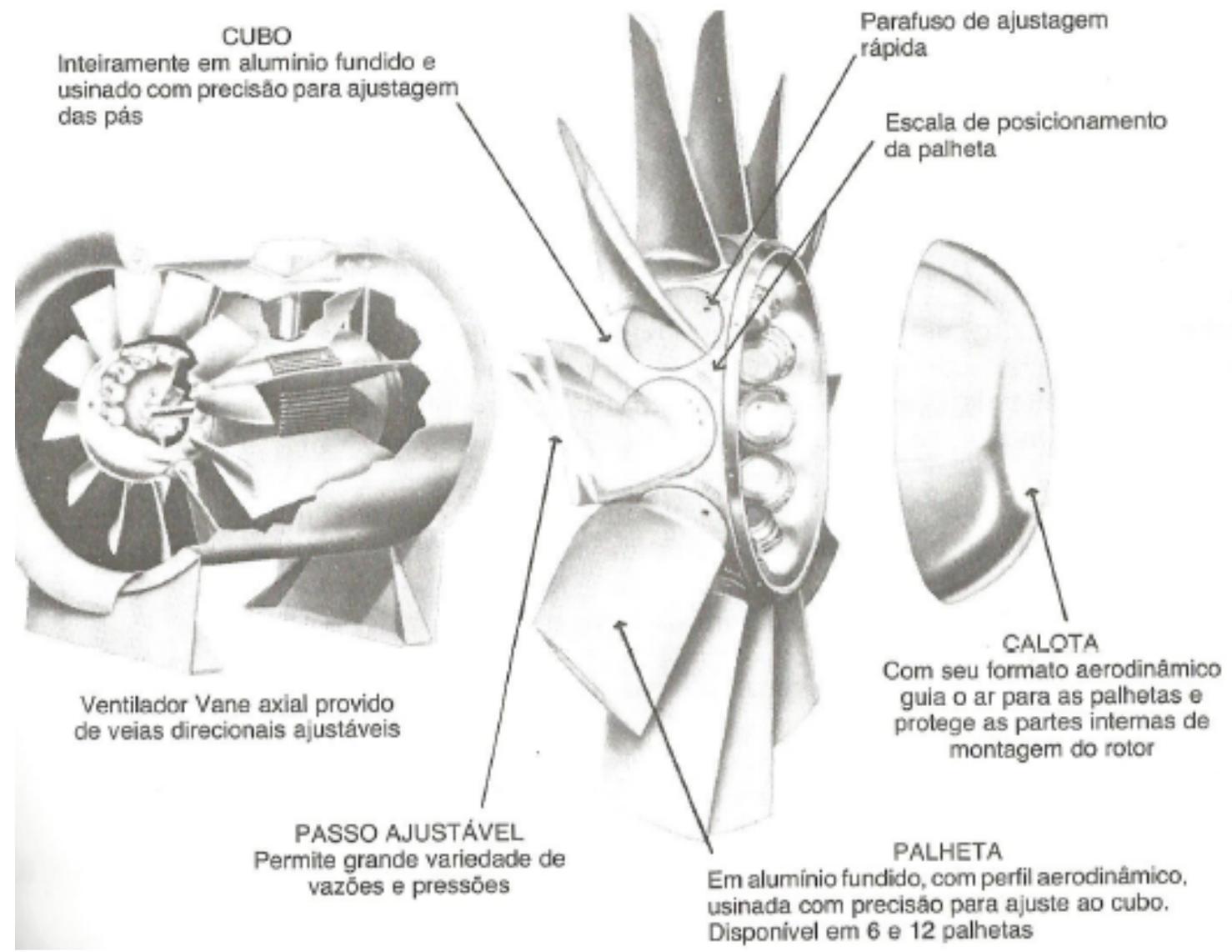
Difere do ventilador tubo-axial pela presença de um aerofólio instalado após o rotor, com lâminas guias que retificam o fluxo de ar, reduzindo as turbulências e as perdas de energia. Possibilita o emprego em situações que requerem pressões mais elevadas, com alta vazão de ar.

possuem hélice em alumínio fundido com pás de passo variável em perfil aerofólio. O ângulo de ataque das pás da hélice é ajustável em repouso, possibilitando a seleção do ventilador no melhor ponto de operação. Versáteis e compactos, seu peso é pequeno em comparação aos ventiladores centrífugos de características semelhantes.



CARACTERÍSTICAS	
Vazão de ar:	1.000 a 80.000 m <sup>3</sup> /h
Pressão Estática:	2 a 90 mmca





**CUBO**  
Inteiramente em alumínio fundido e usinado com precisão para ajustagem das pás

Parafuso de ajustagem rápida

Escala de posicionamento da palheta

Ventilador Vane axial provido de veias direcionais ajustáveis

**PASSO AJUSTÁVEL**  
Permite grande variedade de vazões e pressões

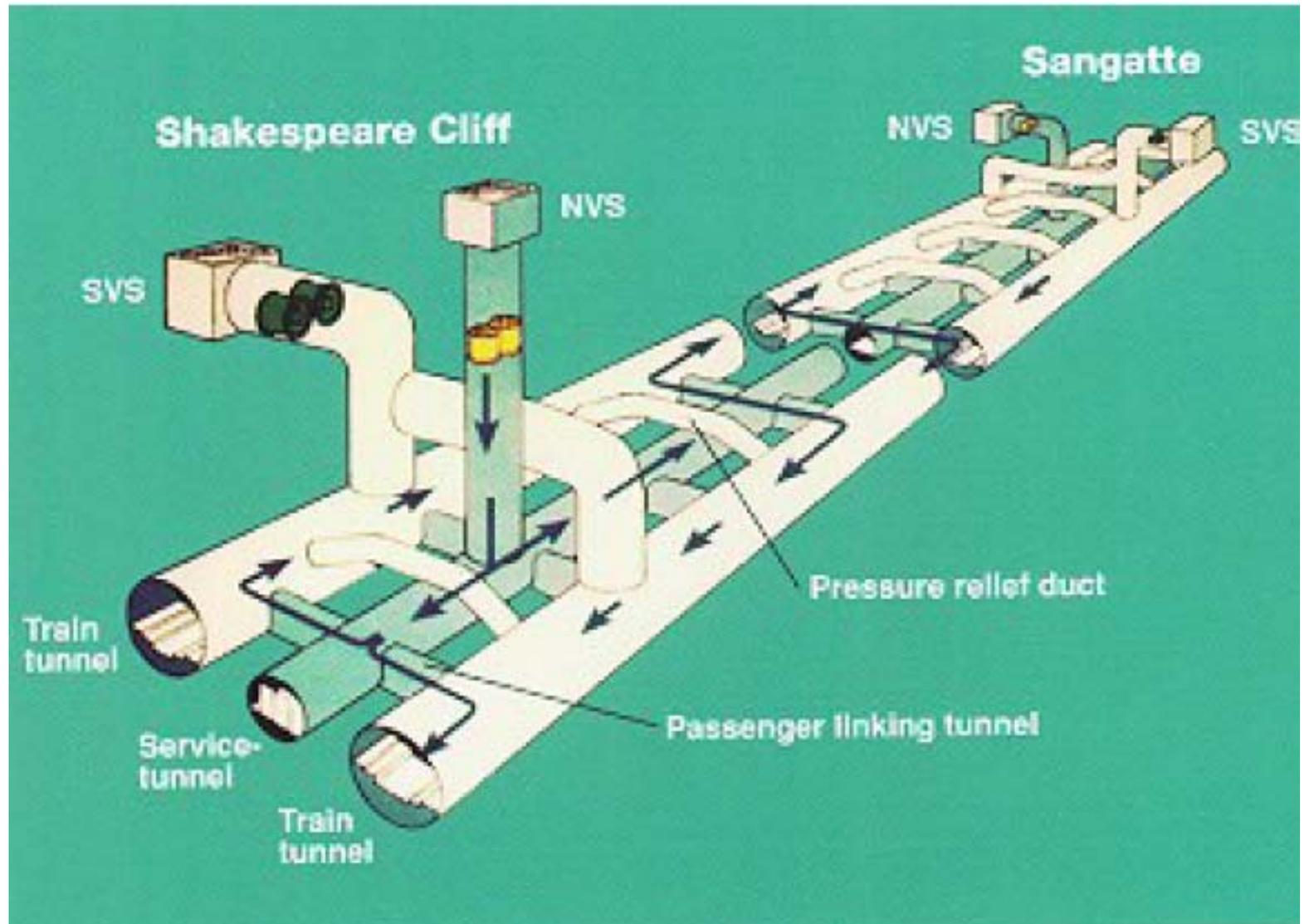
**CALOTA**  
Com seu formato aerodinâmico guia o ar para as palhetas e protege as partes internas de montagem do rotor

**PALHETA**  
Em alumínio fundido, com perfil aerodinâmico, usinada com precisão para ajuste ao cubo. Disponível em 6 e 12 palhetas

## SISTEMAS FLUIDOMECÂNICOS



Sistema de ventilação do túnel sob o Canal da Mancha



## FUNDAMENTOS DA TEORIA DOS VENTILADORES

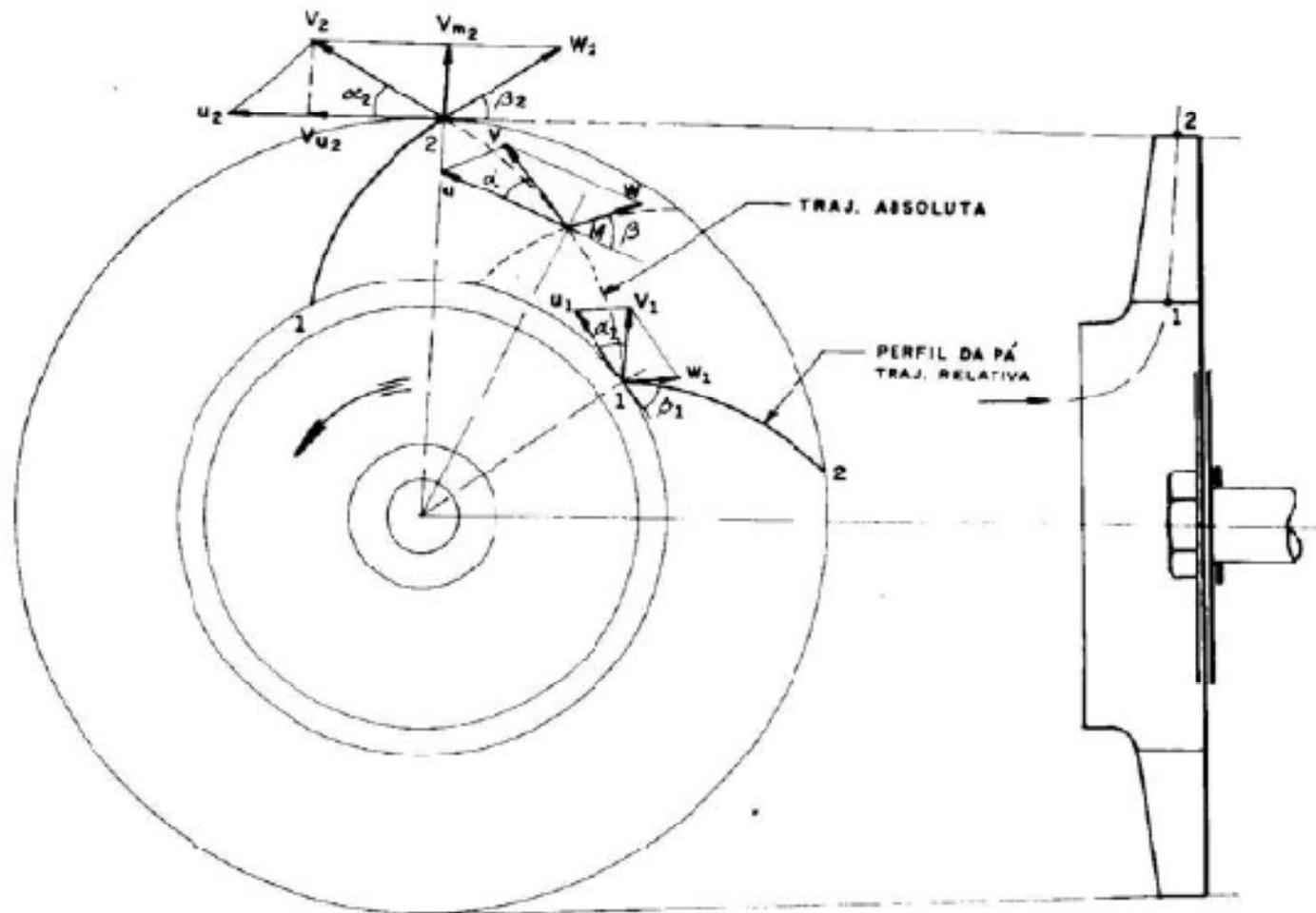


Figura 6.9 – Triângulos de velocidade

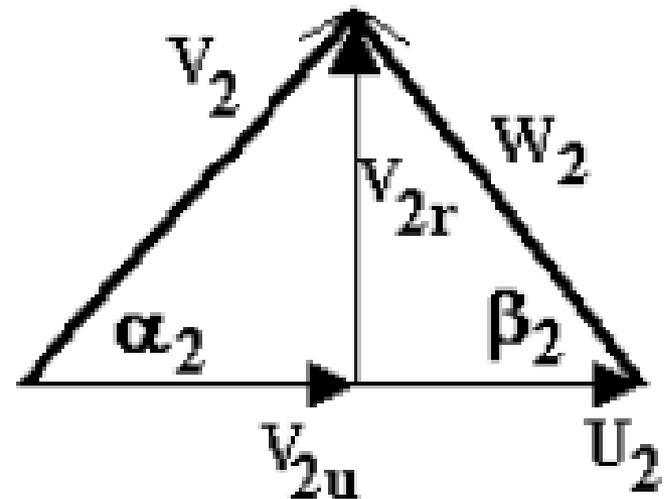
As equações básicas para um ventilador são basicamente as mesmas desenvolvidas para as turbobombas. Assim, a energia cedida pelo rotor por unidade de peso do fluido é calculada por :

$$H = \frac{U_2 V_{2u} - U_1 V_{1u}}{g}$$

Da mesma forma que nas bombas, projeta-se o rotor de forma a se ter um ângulo  $\alpha_1=90^\circ$ , ou seja, de forma que o fluido entre radialmente no rotor, eliminando-se assim o termo negativo da equação e obtendo:

$$H = \frac{U_2 V_{2u}}{g}$$

triângulo de velocidades na saída da pás



## COEFICIENTE ADIMENSIONAIS

Segundo o valor da rotação específica  $n_s$  podemos saber o tipo de ventilador mais apropriado para uma determinada condição. O uso de coeficientes adimensionais de pressão e de vazão permitem conhecidos  $H$ ,  $Q$  e  $n$  estimar por exemplo qual o diâmetro externo do ventilador e qual será a velocidade periférica.

Coefficiente de Pressão ou Altura Especifica  $\psi = \frac{gH}{U_2^2}$

Coefficiente de vazão ou Capacidade Especifica  $\varphi = \frac{Q}{U_2 * r_2^2}$

**(Coeficientes de Rateu)**

Coeficiente	Vent. Centrífugo	Helicocentrífugo	Vent. Axial
Vazão- $\varphi$	0,1 – 0,6	0,2 – 0,4	0,4 – 1,0
Pressão- $\psi$	0,3 – 0,7	0,3 - 0,6	0,1 – 0,3

## ROTAÇÃO ESPECÍFICA

$$n_s = 16,6 \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

onde  $n_s$  é dado em rpm

$n$ : rotações por minuto do ventilador (rpm)

$Q$ : vazão ou descarga (litros/segundo)

$H$ : Altura útil (mmH<sub>2</sub>O) que representa a pressão total.

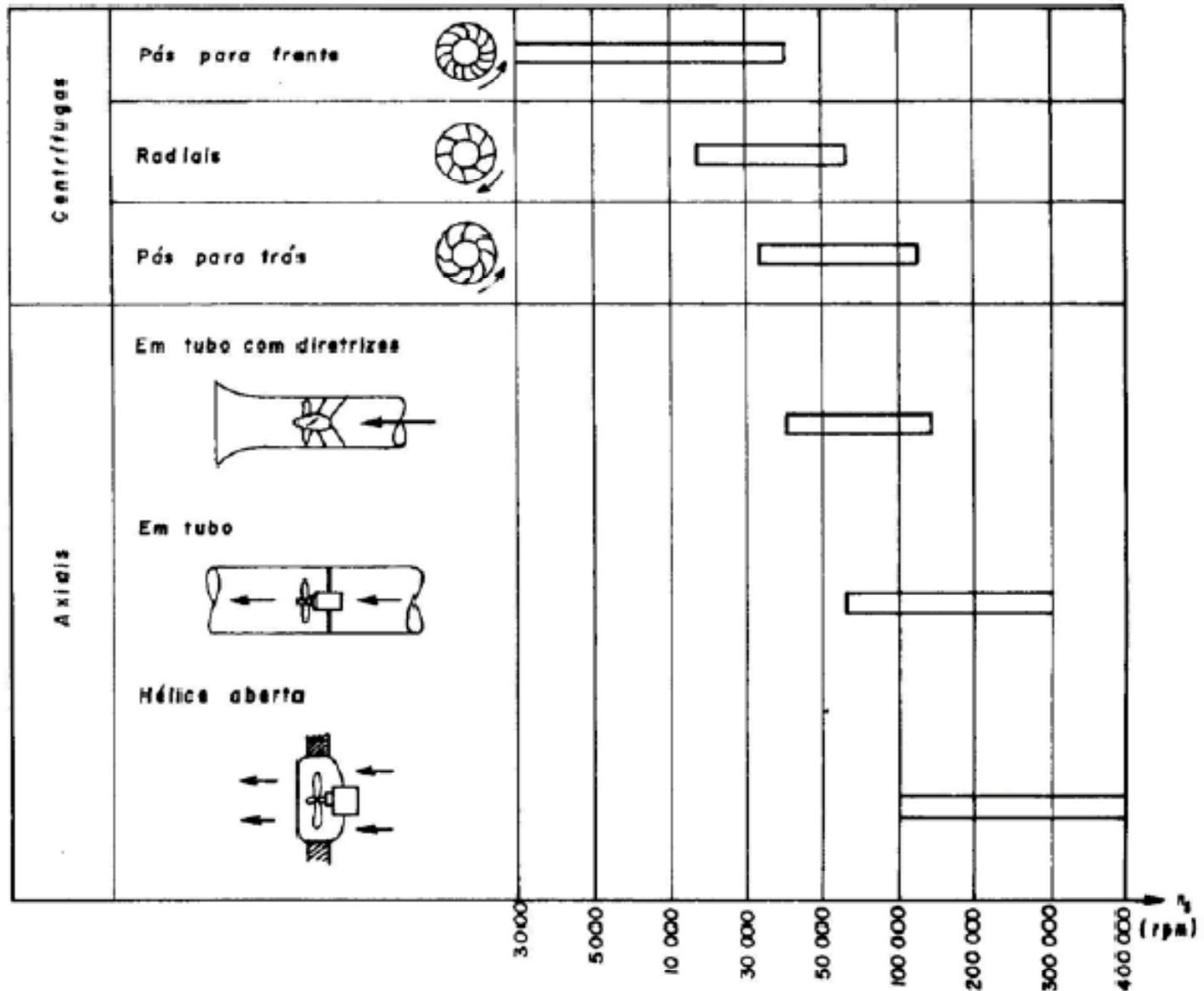


Figura 6.19 – Valores de  $n_s$  para diversos rotores

$$N_s = \frac{2877 \cdot N \cdot Q^{0,5}}{P^{0,75}}$$

onde:

$N$  = rotação do ventilador, rpm

$Q$  = vazão do ar, m<sup>3</sup>/h

$P$  = pressão estática, Pa

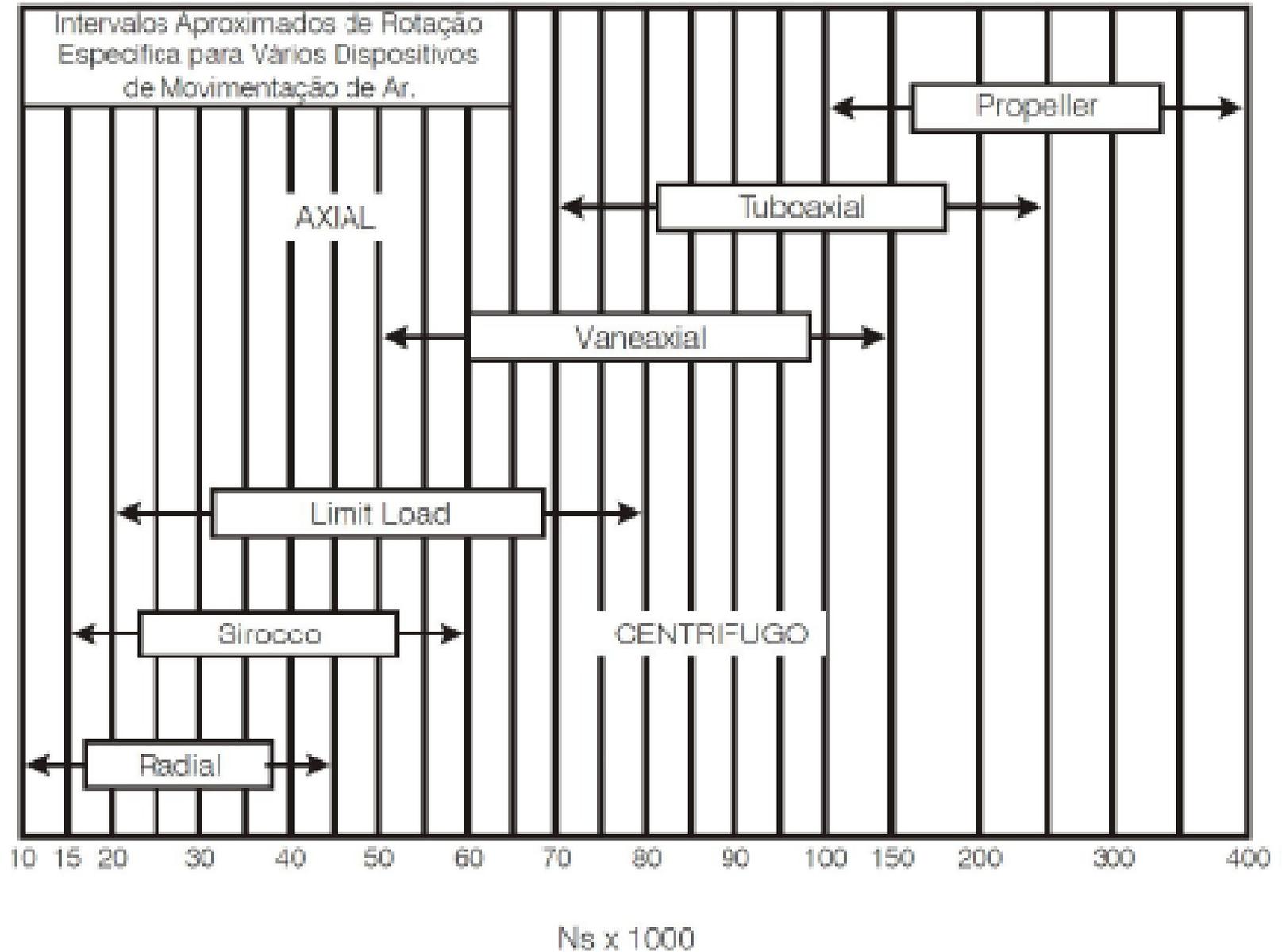


Tabela 6.4 – Velocidade máximas

$p_3 / \gamma$ mmca	$U_2$ m/min		$V_3$ m/min
	Pás para frente	Pás para trás	
6,34	457	1036	305
9,52	533	1173	335
12,69	610	1280	366
15,87	686	1463	412
19,04	762	1615	457
22,22	838	1768	503
25,39	914	1890	549
31,73	991	2073	610
38,05	1067	2286	671
44,43	1143	2499	732
50,78	1219	2743	793

## LEIS DOS VENTILADORES

Na prática, não é possível testar o desempenho de ventiladores para: cada tamanho de ventilador de uma linha de um fabricante todas as velocidades às quais eles podem ser aplicados cada densidade do ar de aspiração que pode ser encontrada.

Quando o tamanho, velocidade ou densidade do gás aspirado são alteradas, as Leis dos Ventiladores são usada para determinar as alterações na:

Vazão

Pressão

Potência

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^5 \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} \right)$$

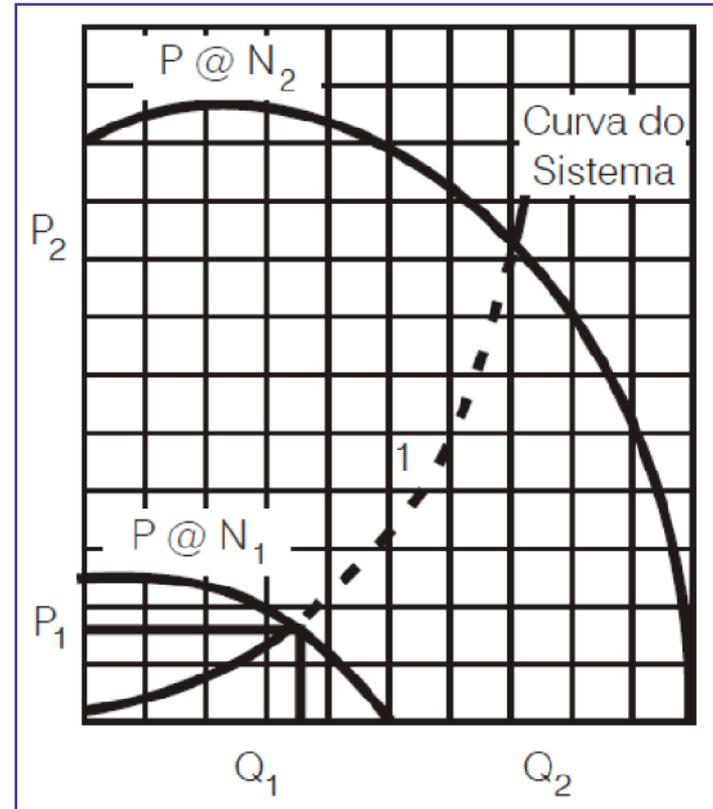
## 1ª lei dos ventiladores

MUDANÇAS NA ROTAÇÃO DO VENTILADOR

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left( \frac{N_2}{N_1} \right)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$W_2 = W_1 \cdot \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^3$$



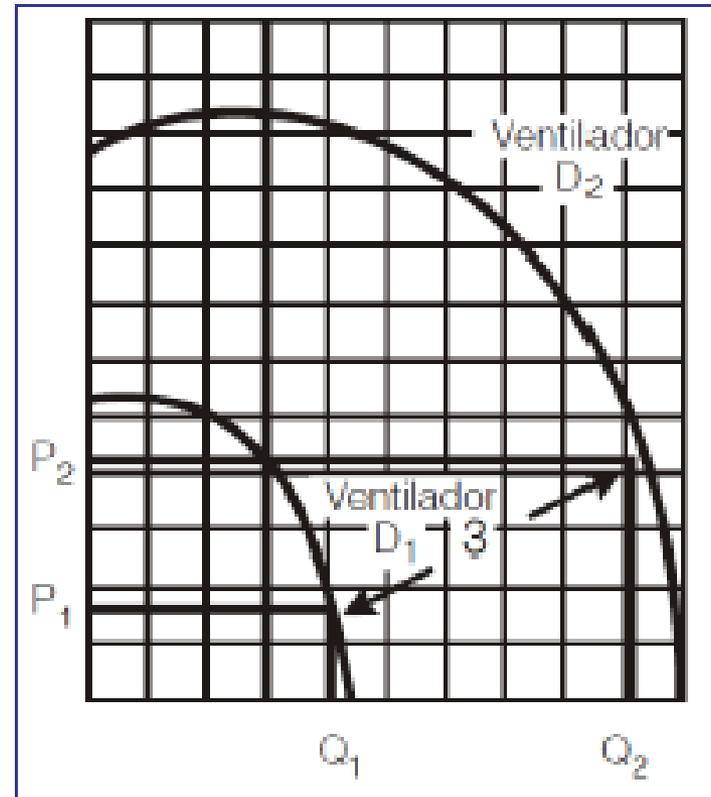
## 2a Lei dos Ventiladores

### MUDANÇAS NO DIÂMETRO DO VENTILADOR

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

$$P_2 = P_1 \cdot \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

$$W_2 = W_1 \cdot \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^5$$



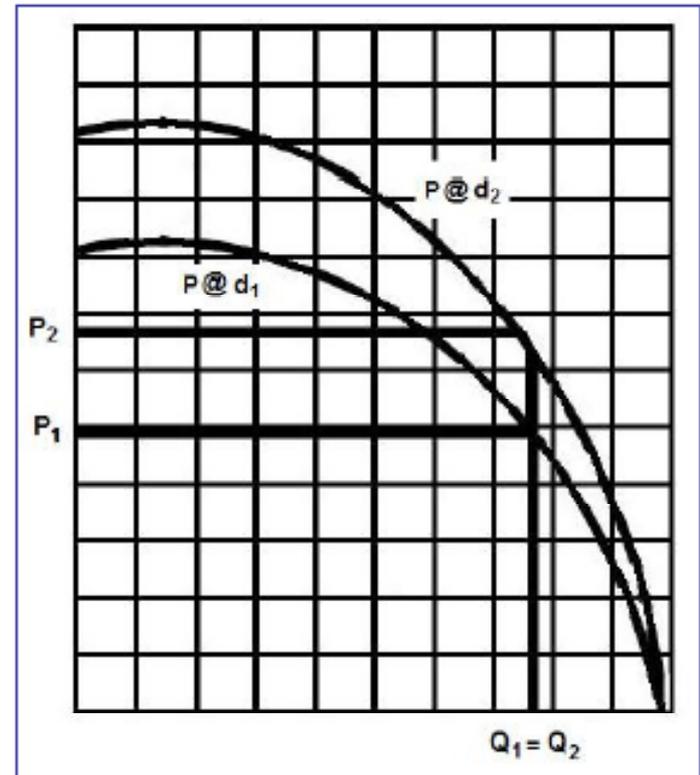
### 3a Lei dos Ventiladores

#### MUDANÇAS NA DENSIDADE DO AR

$$Q_2 = Q_1$$

$$P_2 = P_1 \cdot \left( \frac{d_2}{d_1} \right)$$

$$W_2 = W_1 \cdot \left( \frac{d_2}{d_1} \right)$$



## Efeito da Temperatura e Altitude no Ponto de Operação dos Ventiladores

As curvas características dos ventiladores são dadas para as condições padrão de pressão e temperatura ( $P_0 = 101,325 \text{ kPa}$  e  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ). Nestas condições a massa específica do ar é igual a  $\rho_0 = 1,2 \text{ kg/m}^3$ . Se o ventilador deve operar num local onde condições são diferentes das condições padrão isto afetará a massa específica do ar mudando as condições de operação do mesmo. O fluxo de massa, a pressão total e potência do ventilador serão diferentes. As equações a seguir permitem fazer a correção do ponto de operação nas condições padrão dadas pelos fabricantes ( $m_0, H_0, W_0$ ), para as novas condições ( $m, H, W$ ), quando muda a massa específica em função da temperatura e/ou da altitude do local.

$$\frac{Q}{Q_0} = \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) \quad \frac{H}{H_0} = \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) \quad \frac{W}{W_0} = \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) = f_c$$

Para pressão barométrica em kPa e temperatura em  $^\circ\text{C}$ , tem-se:

$$f_c = \frac{P}{(t + 273)} \frac{293}{101,325}$$