

**INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**RIO GRANDE DO SUL**  
Câmpus Farroupilha

## **AJUSTE NA DIREÇÃO DO FLUXO DE AR GERADO POR UM PULVERIZADOR UTILIZADO NO CULTIVO DE VIDEIRAS**

**Edson Luiz Faccio, edsonfaccio@hotmail.com**  
**Sérgio Wortmann, sergio.wortmann@farroupilha.ifrs.edu.br**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Farroupilha, Avenida São Vicente, 785, Bairro Cinquentenário, CEP 95180-000, Farroupilha – RS,  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Farroupilha, Avenida São Vicente, 785, Bairro Cinquentenário, CEP 95180-000, Farroupilha – RS.

***Resumo:** Este trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade de implantação de um sistema diretor para corrigir a direção do fluxo de ar gerado pelo ventilador de um pulverizador utilizado no cultivo de videiras na serra gaúcha. Para determinar o ângulo correto das pás do sistema diretor foram feitas medições de velocidade do fluxo de ar, de rotação e do ângulo das pás da hélice. Aplicou-se a teoria das máquinas de fluxo para determinar a geometria das pás do sistema e com auxílio de um software CAD foi elaborado o desenho utilizado para confeccionar uma matriz. As pás foram moldadas sobre a matriz e construídas em compósito epóxi com reforço em fibra de vidro. Como resultado da adição deste sistema houve uma excelente reorientação do fluxo de ar tornando-o praticamente radial ao eixo da hélice, confirmando a viabilidade de implantação.*

***Palavras-chave:** sistema diretor, correção do fluxo de ar, pulverizador tratorizado, videiras.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país de extenso território, destacando-se pela grande produção agrícola. Nas últimas décadas, a tecnologia vem reinventando a cadeia produtiva do agronegócio. Equipamentos mais modernos possibilitaram o surgimento da agricultura de precisão, principalmente na produção de grãos.

A serra gaúcha destaca-se por sua produção frutícola e agroindustrial, especialmente da uva e seus derivados. O microclima, o relevo e o solo são propícios para o cultivo da videira. O uso da mão de obra familiar, que até pouco tempo era comum nas propriedades rurais de pequeno porte, vem diminuindo por causa do êxodo rural e da necessidade de aumento da área cultivada. Isso tem aberto espaço para o uso de equipamentos agrícolas, muitas vezes produzidos por pequenas empresas da região ou mesmo por produtores que tentam suprir suas próprias demandas.

Um dos fatores crítico para o sucesso da produção é a sanidade das plantas. Apesar dos esforços dos órgãos de pesquisa e das melhorias no manejo, há ainda uma forte dependência do uso de defensivos agrícolas. Nota-se, nesse aspecto, ao menos duas carências que devem ser supridas: é preciso um aporte no conhecimento do agricultor, para que ele possa determinar qual defensivo e quando aplicar, e também é necessária uma tecnologia capaz de fazer com que se tenha uma aplicação com qualidade, com o máximo de molhamento folhar e com o mínimo de perdas.

Por isso, um dos principais equipamentos empregado no cultivo é o pulverizador tratorizado. Composto de um reservatório para a calda, uma bomba de deslocamento positivo, geralmente de três pistões e um conjunto de bicos acoplados à saída de um bocal por onde passa um fluxo forçado de ar. A bomba eleva a pressão do líquido de pulverização para que, ao passar pelos bicos, possa ser pulverizado em pequenas gotículas, na ordem de 50 a 400 µm de diâmetro, dependendo da necessidade (Baesso *et al.* 2014). O fluxo de ar carrega essas minúsculas gotas e as ajuda a penetrar no dossel da planta.

Ocorre que, devido ao ângulo das pás da hélice, o fluxo de ar tende a girar no sentido da rotação do rotor, desviando o aspergido e reduzindo a eficácia da aplicação. Em aplicações onde o tamanho da gota é menor o problema é mais acentuado. Essa característica é comum a maioria dos pulverizadores nacionais. Uma solução possível, e presente em países da Europa, é a utilização de um sistema de geração de fluxo composto por duas hélices alinhadas sobre o mesmo eixo e que giram em sentidos opostos. Isso corrige a direção do fluido diminuindo as perdas por deriva.

Outra possibilidade é utilizar um sistema diretor de saída, capaz de corrigir a direção do fluxo de ar gerado pelo ventilador. Essa solução é mais interessante por ser mais barata e mais simples de construir, além de poder ser adaptada a pulverizadores usados, que estão em operação. Analisando o ventilador do pulverizador sob a ótica das máquinas de

fluxo é possível determinar qual o valor do ângulo de desvio e projetar um sistema que atue na saída, próximo as pás da hélice, corrigindo esse desvio, sem perda significativa de carga.

Este trabalho tem o objetivo de analisar a viabilidade do uso desse sistema tendo como modelo um pulverizador tratorizado da maraca Polvirama, com capacidade para 270 litros e 10 bicos. Inicia com a fundamentação teórica que contém a revisão do conceito de máquinas de fluxo e seus elementos e segue com a análise da teoria do triângulo de velocidades. Em material método, descreve os procedimentos de coleta de dados a campo e o processo de construção e montagem das pás do sistema diretor. Termina apresentando um comparativo do antes e depois do funcionamento do pulverizador e concluindo sobre o tema.

## 2. MÁQUINAS DE FLUIDO

Máquina de fluido é o equipamento que promove a troca de energia entre um sistema mecânico e um fluido transformando energia mecânica em energia de fluido ou energia de fluido em energia mecânica (Henn, 2006). Neste último caso, em que a energia mecânica é produzida a partir da redução do nível energético de um fluido, temos uma *máquina de fluido motriz ou motora*. No primeiro, onde há um aumento da energia do fluido pelo fornecimento de energia mecânica, dizemos tratar-se de uma *máquina de fluido geratriz ou geradora*.

As máquinas de fluidos podem ser divididas em dois grupos principais: *Máquinas de deslocamento positivo*, que trabalham confinando o fluido durante sua passagem e submetendo-o a troca de pressão através da variação do volume do recipiente que o contém, e *Máquinas de fluxo*, que promovem a troca de energia através de efeitos dinâmicos em um fluxo contínuo de fluido pela máquina.

É possível ainda, em função de uma propriedade do fluido, a massa específica ( $\rho$ ), subdividir as máquinas de fluidos em *Máquinas Hidráulicas* e *Máquinas térmicas*. Máquinas hidráulicas são aquelas em que a massa específica do fluido não varia sensivelmente em seu percurso pela máquina, sendo possível adotar a hipótese de  $\rho = \text{constante}$ . Máquinas térmicas são aquelas em que o fluido varia sua massa específica durante seu percurso, logo, a hipótese de  $\rho = \text{constante}$  não pode ser aplicada

Em uma perspectiva macroscópica, a descrição da matéria é simplificada quando se considera que ela é uniformemente distribuída ao longo de uma região (Moran, 2008). Isso significa que poderemos determinar seu comportamento para uma ampla classe de fenômenos de interesse em engenharia e verificar que ele está em conformidade com dados medidos.

Adotar a hipótese de  $\rho = \text{constante}$  é possível devido às características do equipamento e nos possibilita inferir, de maneira indireta, alguns valores baseados em dados reais coletados a campo.

No subitem 2.1 será descrito o subgrupo de máquinas de fluxo em que está classificado o ventilador. A razão principal desse aprofundamento é aprimorar a descrição do equipamento que estamos tratando.

### 2.1. Ventilador

Todas as máquinas de fluxo, teoricamente, funcionam sob os mesmos princípios, o que nos possibilita usar essa teoria para realizar os cálculos a seguir.

Uma máquina de fluxo pode ser entendida como um transformador de energia (sendo necessariamente o trabalho mecânico uma das formas de energia) no qual o meio operante é um fluido que, em sua passagem pela máquina, interage com um elemento rotativo, não se encontrando, em qualquer instante, confinado (Henn, 2006).

Neste caso, o ventilador do pulverizador pode ser classificado como uma máquina de fluido, hidráulica, de fluxo axial, geradora. O fluido de trabalho é o ar e será tratado, para o cálculo das características construtivas do sistema diretor, como um gás ideal.

### 2.2. Elementos Construtivos das Máquinas de Fluxo

Os elementos construtivos principais de uma máquina de fluxo são o rotor e o sistema diretor, também chamado de estator. Há casos, como o do ventilador doméstico, que o único elemento presente é o rotor. Outros componentes tais como corpo, mancais, elementos de vedação, sistema de lubrificação, etc. podem ou não ser encontrados, dependendo da máquina em questão.

O rotor é o órgão responsável por fazer a troca de energia mecânica em energia de fluido, ou de energia de fluido em energia mecânica. É composto por certo número de pás giratórias que tem a função de dividir o espaço ocupado em canais por onde circula o fluido. Por ser móvel, vem sempre acoplado a um eixo que atravessa o corpo da máquina.

O sistema diretor tem a finalidade de coletar e orientar o fluido em certa direção. Essa função, de dirigir o fluxo, é muitas vezes acompanhada por outra, de transformador de energia. Ele pode ser de muitos tipos, como um difusor por exemplo, elemento que transforma parte da energia cinética em pressão, comum na saída de bombas centrífugas. Outro, é o injetor, como os das turbinas Pelton, que transforma energia de pressão em velocidade.

Em máquinas motoras o sistema diretor interage com o fluido antes que este entre em contato com o rotor. Nas geradoras, ele vem frequentemente instalado após o rotor. Sua geometria depende de vários fatores mas o projetista procura sempre a forma que causa menor instabilidade e perda de carga.

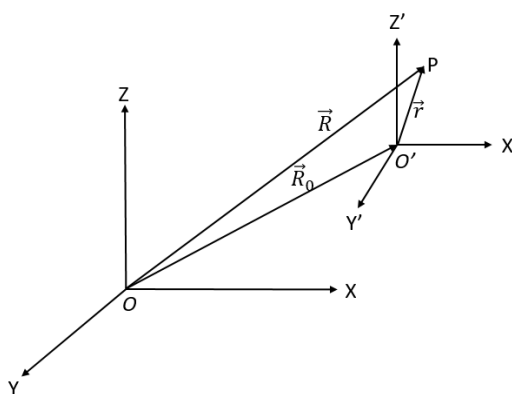
### 3. TRIÂNGULO DE VELOCIDADES

Triângulo de velocidades é uma forma geométrica de expressar a equação vetorial que relaciona o movimento absoluto com o relativo.

Mesmo que os escoamentos reais em máquinas de fluxo sejam muito complexos, isto é, tridimensionais e transitórios (Bran, 1908), os fenômenos essenciais podem ser analisados com um modelo adequado e com o triângulo de velocidades.

Denomina-se estacionário ou permanente o escoamento que não varia em relação ao tempo. Do contrário, é chamado não estacionário ou variável. Nas máquinas de fluxo, o escoamento que passa pelo rotor em movimento é variável se estiver relacionado a um sistema de coordenadas fixas, com origem em um ponto da carcaça, por exemplo. Para facilitar o estudo do fluxo de fluido é conveniente que se tenha um escoamento estacionário, conseguido utilizando-se um sistema de coordenadas que acompanhe o rotor.

Segundo Henn (2006), isso poderá levar a que o movimento de uma partícula fluida **P** seja referido a um sistema de coordenadas que, por sua vez, também esteja em movimento. Este sistema será, então, considerado como relativo ( $O', X', Y', Z'$ ) e terá, no caso geral, um movimento combinado de translação e rotação com relação a outro considerado fixo e chamado de sistema absoluto ( $O, X, Y, Z$ ). A Fig. 1 mostra o sistema de coordenadas absoluto e relativo.



**Figura 1. Sistema de coordenadas absoluto e relativo (Fonte: Adaptado de Henn, 2006).**

Vetorialmente, os sistemas relacionam-se pela Eq. (1):

$$\vec{R} = \vec{R}_0 + \vec{r} \quad (1)$$

Onde:

$\vec{R}$  = vetor posição da partícula fluida **P** com relação ao centro O do sistema absoluto;

$\vec{R}_0$  = vetor posição do centro O' do sistema relativo com relação ao centro O do sistema absoluto;

$\vec{r}$  = vetor posição da partícula fluida **P** com relação ao centro O' do sistema relativo.

Sendo  $\vec{i}', \vec{j}', \vec{k}'$  os vetores unitários do sistema relativo e  $x', y', z'$  as componentes do vetor posição  $\vec{r}$  pode-se, então, escrever, Eq. (2):

$$\vec{r} = x'\vec{i}' + y'\vec{j}' + z'\vec{k}' \quad (2)$$

Denominando de  $\vec{c}$  a derivada da Eq. (1) em relação ao tempo, temos a Eq. (3):

$$\vec{c} = \frac{d\vec{R}}{dt} = \frac{d\vec{R}_0}{dt} + \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (3)$$

Outra denominação é feita, conforme a Eq. (4):

$$\frac{\vec{R}_0}{dt} = c_0 \quad (4)$$

A velocidade  $c_0$  está relacionada com o deslocamento da máquina e nem sempre estará presente. É significativa em sistemas como hélices de aviões ou de navios.

Considerando que tanto as componentes escalares do vetor posição  $\vec{r}$  como os seus vetores unitários (podem girar) variam com o tempo, temos a Eq. (5):

$$\frac{d\vec{r}'}{dt} = \vec{i}' \frac{dx'}{dt} + \vec{j}' \frac{dy'}{dt} + \vec{k}' \frac{dz'}{dt} + x' \frac{d\vec{i}'}{dt} + y' \frac{d\vec{j}'}{dt} + z' \frac{d\vec{k}'}{dt} \quad (5)$$

A derivada com relação ao tempo de um vetor fixado a um corpo que gira a uma velocidade angular  $\vec{\omega}$  é igual ao produto vetorial de  $\vec{\omega}$  com o vetor considerado, como mostra a Eq. (6):

$$\frac{d\vec{i}'}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{i}'; \quad \frac{d\vec{j}'}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{j}'; \quad \frac{d\vec{k}'}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{k}' \quad (6)$$

Designando-se por  $\vec{w}$  a velocidade relativa da partícula fluida, temos a igualdade mostrada na Eq. (7):

$$\vec{w} = \frac{d\vec{x}'}{dt} \vec{i}' + \frac{d\vec{y}'}{dt} \vec{j}' + \frac{d\vec{z}'}{dt} \vec{k}' \quad (7)$$

Aplicando-se as Eq. (4), (5), (6) e (7) na Eq. (3), tem-se:

$$\vec{c} = \vec{c}_0 + \vec{w} + \vec{w} \times \vec{r} \quad (8)$$

O resultado do produto vetorial  $\vec{w} \times \vec{r}$  é um terceiro vetor, perpendicular ao plano desses, que será representado por  $\vec{u}$ . No caso dos ventiladores, podemos considerar  $\vec{c}_0 = 0$ , o que nos permite escrever a Eq. (9), que é a equação que rege a construção do chamado *triângulo de velocidades*.

$$\vec{c} = \vec{w} + \vec{u} \quad (9)$$

Para a aplicação do triângulo de velocidades consideremos o fluxo através do rotor de um ventilador como mostra a Fig. 2:

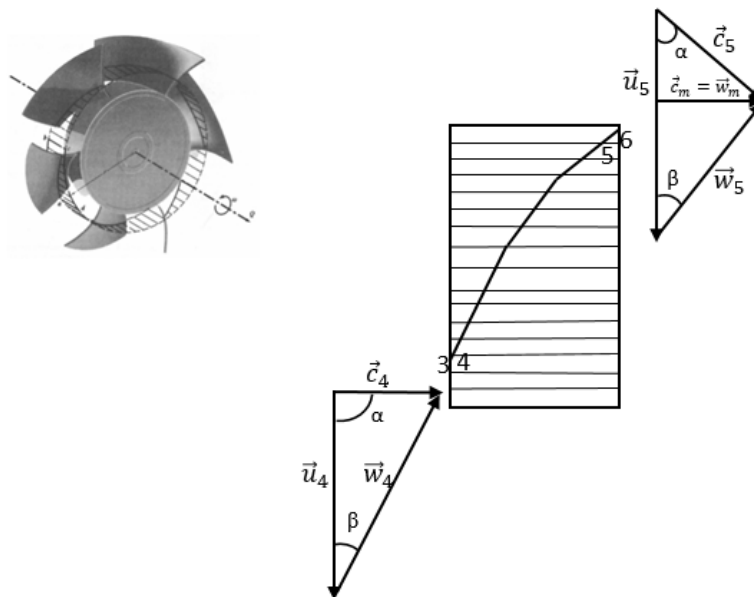


Figura 2. Diagrama das velocidades para uma partícula P (Fonte: Adaptado de Brasil, 2006).

Onde:

$\omega$  = velocidade angular;

$\vec{u}$  = velocidade tangencial do referido ponto do rotor;

$\vec{c}$  = velocidade absoluta da corrente fluida (vista por um observador estacionário);

$\vec{w}$  = velocidade relativa da corrente fluida (vista por um observador solidário às pás);

$\alpha$  = ângulo formado pelos vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{c}$ ;

$\beta$  = ângulo formado pelos vetores  $\vec{w}$  e  $-\vec{u}$ , chamado ângulo de inclinação das pás.

A estes vetores e suas componentes atribuem-se os seguintes índices:

3 = um ponto na corrente de entrada não perturbada, situado imediatamente antes da *entrada* do rotor;

4 = um ponto situado imediatamente depois da entrada do rotor, portanto, já no espaço entre as pás;

5 = um ponto situado imediatamente antes da *saída* do rotor, portanto, ainda no espaço entre as pás;

6 = um ponto na corrente de saída não perturbada, imediatamente após a saída do canal móvel.

A hipótese de pás infinitas implica na delimitação de canais infinitesimais por onde passa uma corrente fluida com movimento unidimensional, tangente a pá. Ou seja, as pás serão construídas de tal forma que não haja, na sua parte inicial, qualquer choque do fluido por mudança brusca de direção, com o conseqüente deslocamento da veia fluida e a formação de vórtices dissipadores de energia (Henn, 2006).

Um sistema diretor, colocado após o rotor, deverá possuir um ângulo de inclinação das pás coincidente com  $\alpha_5$ , para que possa captar as partículas que deixam o rotor sem nenhuma mudança brusca de direção.

A Fig. 3 representa um triângulo de velocidades genérico, destacando duas componentes do vetor velocidade absoluta da corrente fluida,  $\vec{c}$ , a componente na direção da velocidade tangencial,  $\vec{c}_u$ , e a componente medida num plano meridiano, perpendicularmente à direção da velocidade tangencial,  $\vec{c}_m$ .

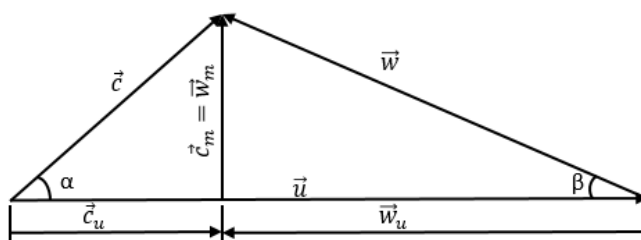


Figura 3. Triângulo de velocidades genérico.

### 3.1. Determinando o ângulo $\alpha$

Baseados na Fig. 3, podemos escrever a relação expressa pela Eq. (10):

$$\alpha = \arctg\left(\frac{c_m}{c_u}\right) \quad (10)$$

O vetor  $\vec{u}$  pode ser escrito como na Eq. (11):

$$\vec{u} = \vec{c}_u + \vec{w}_u \quad (11)$$

Portanto,  $\alpha$  é igual a, Eq. (12):

$$\alpha = \arctg\left(\frac{c_m \operatorname{tg} \beta}{u \operatorname{tg} \beta - c_m}\right) \quad (12)$$

A velocidade tangencial  $u$  é, Eq. (13):

$$u(r) = \frac{2\pi N}{60} r \quad (13)$$

Onde:

$N$  = rotação [RPM].

Logo, a Eq. (12) pode ser reescrita na forma da Eq. (14):

$$\alpha(r) = \arctg\left(\frac{60c_m t g \beta}{2\pi N r t g \beta - 60c_m}\right) \quad (14)$$

### 3.2. Determinando a velocidade do fluxo

A velocidade é obtida pela equação de Bernoulli, Eq. (15), que relaciona a pressão total com a pressão estática e dinâmica, obtidas por um tubo de Pitot. Esta equação está sujeita às seguintes restrições (Moran, 2008):

1. Escoamento em regime permanente;
2. Ausência de atrito;
3. Escoamento ao longo de uma linha de corrente;
4. Escoamento incompressível.

Embora nenhum escoamento real satisfaça todas as restrições, podemos aproximar o comportamento do escoamento do ventilador do pulverizador através dela (Henn, 2006 e Fox, 2011).

A dedução da velocidade parte da Eq. (15):

$$\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz \quad (15)$$

Aplicando a lei da conservação da energia a dois pontos, 1 e 2, de uma linha de corrente, temos a Eq. (16):

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \quad (16)$$

Como o valor da variação da pressão do ar é praticamente nulo para variações muito pequenas de altura, podemos afirmar que  $z_1 = z_2$ . Na posição 2, posição de estagnação, o valor da velocidade é zero. Assim, a Eq. (16) pode ser reescrita como, Eq. (17):

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}} \quad (17)$$

O termo  $P_2 - P_1$  corresponde à altura do fluido manométrico e pode ser dado por  $\rho_M g \Delta z$ . O subíndice M serve para diferenciar a massa específica do líquido manométrico da massa específica do fluido do escoamento. Como resultado, temos a Eq. (18), que será usada para determinar a velocidade do fluxo de ar gerado pelo ventilador. Consideraremos a massa específica da água  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  e do ar  $\rho_M = 1,22 \text{ kg/m}^3$ .

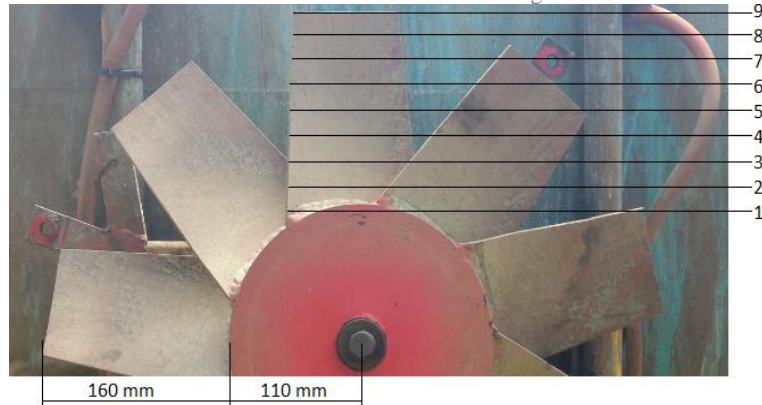
$$v_1 = \sqrt{\frac{2(\rho_M g \Delta z)}{\rho}} \quad (18)$$

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para construirmos as pás do sistema precisamos determinar o valor do ângulo  $\alpha$ . Isso será possível se determinarmos o valor dos vetores  $\vec{c}_m$  e  $\vec{u}$  e do ângulo  $\beta$ . É importante perceber que o valor do vetor  $\vec{u}$  e do ângulo  $\alpha$  são função do raio e rotação da hélice. Por se tratar de um sistema fixo, ou seja, as pás diretoras não são reguláveis, temos que estabelecer a rotação de trabalho e considera-la como constante. Assim,  $\vec{u}$  e  $\alpha$  tornam-se função apenas do raio.

O valor da rotação foi aferido levando em consideração um padrão de serviço e medido diretamente no eixo da hélice por meio de um tacômetro digital. O resultado obtido foi de  $N = 2400 \text{ rpm}$ .

A velocidade axial do fluxo,  $\vec{c}_m$ , foi determinada através da medição da pressão, com um tubo de Pitot, em 9 pontos equidistantes da hélice, como indicado na Fig. 4.



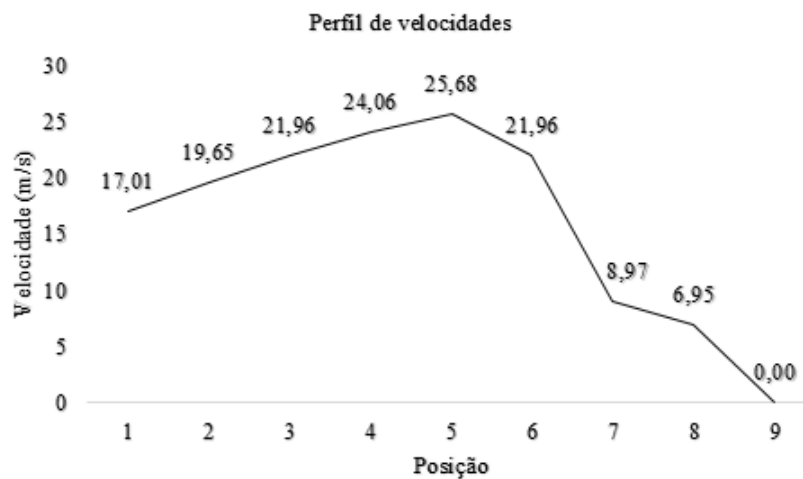
**Figura 4. Posição de tomada de pressão do fluxo.**

Os valores obtidos de diferença de altura,  $\Delta z$ , estão anotados na Tab. 1. A velocidade foi calculada através da Eq. (18).

**Tabela 1. Valores de  $\Delta z$  obtidos na medição de velocidade.**

Posição	$\Delta z$	Velocidade (m/s)
1	$18 \times 10^{-3}$ m	17,01
2	$24 \times 10^{-3}$ m	19,65
3	$30 \times 10^{-3}$ m	21,96
4	$36 \times 10^{-3}$ m	24,06
5	$41 \times 10^{-3}$ m	25,68
6	$30 \times 10^{-3}$ m	21,96
7	$5 \times 10^{-3}$ m	8,97
8	$3 \times 10^{-3}$ m	6,95
9	0 m	0,00

A Fig. 5 apresenta graficamente o perfil de velocidades obtido.



**Figura 5. Perfil de velocidades do fluxo.**

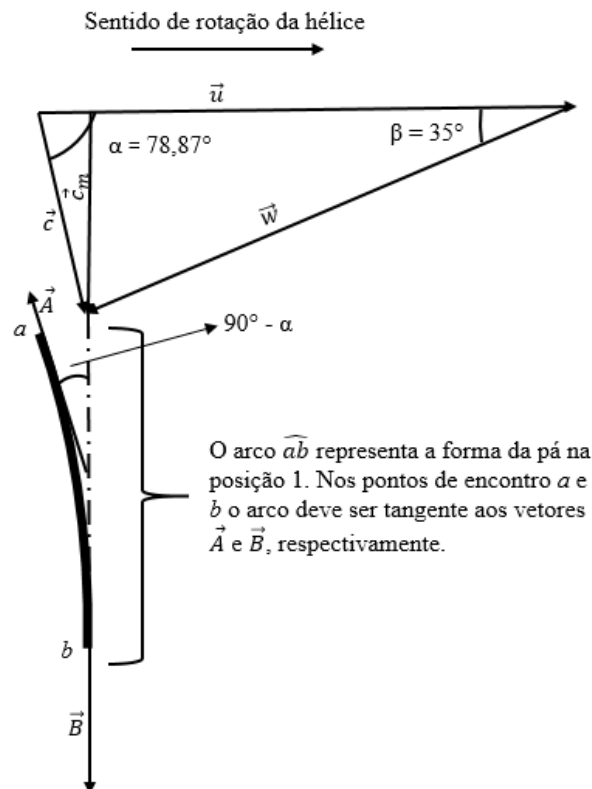
Aplicando os dados coletados na Eq. (14), conseguimos calcular o valor do ângulo  $\alpha$ . A partir de agora temos todas as informações necessárias para determinar a geometria da pá. Os valores apurados até aqui estão compilados na Tab. 2.

**Tabela 2. Compilação dos valores levantados e valor de  $\alpha$ .**

Posição	Raio (r) [m]	Ângulo $\beta$ [°]	Velocidade do fluxo [m/s]	Rotação (N) [rpm]	Ângulo $\alpha$ [°]
1	0,11	35	17,01	2400	78,87
2	0,13	33,75	19,65		80,55
3	0,15	32,5	21,96		81,66
4	0,17	31,25	24,06		82,72
5	0,19	30	25,68		82,73
6	0,21	28,75	21,96		59,88
7	0,23	27,5	8,97		12,46
8	0,25	26,25	6,95		8,11
9	0,27	25	0,00		0,00

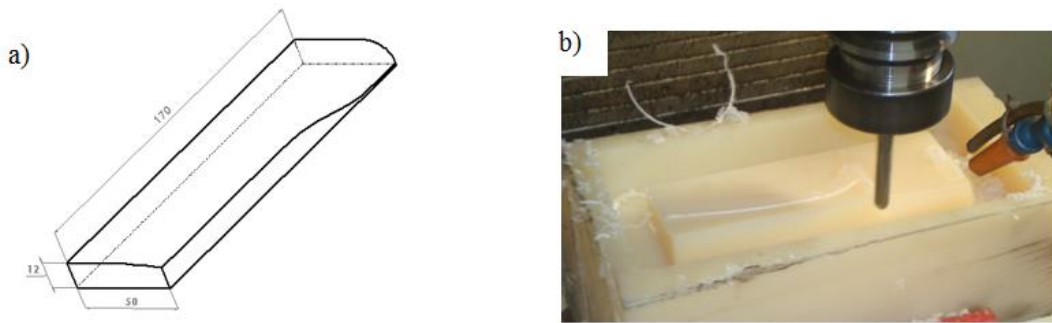
#### 4.1. Construção das pás

Iniciemos com um esboço que mostra a posição da pá do sistema diretor em relação à hélice do ventilador, conforme a Fig. 6, tomando como exemplo a posição 1, com  $\alpha = 78,87^\circ$ :



**Figura 6. Esboço esquemático da posição da pá do sistema diretor.**

Percebemos que os vetores  $\vec{A}$  e  $\vec{c}$  devem ser coplanares e paralelos e o vetor  $\vec{B}$  deve ser ortogonal ao vetor  $\vec{u}$ . Para que não haja choque da corrente de fluido com a pá diretora, o arco  $\widehat{ab}$  deve ser tangente ao vetor  $\vec{A}$  no ponto  $a$ , que é a entrada da pá. No ponto  $b$ , o arco  $\widehat{ab}$  deve ser tangente ao vetor  $\vec{B}$  para garantir que a corrente de fluido deixe a pá diretora perpendicularmente à hélice. Esta análise foi repetida para cada posição a fim de se determinar o melhor formato da pá. A configuração obtida está demonstrada na Fig. 7 e foi utilizada para usinagem da matriz sobre a qual foram moldadas as pás.



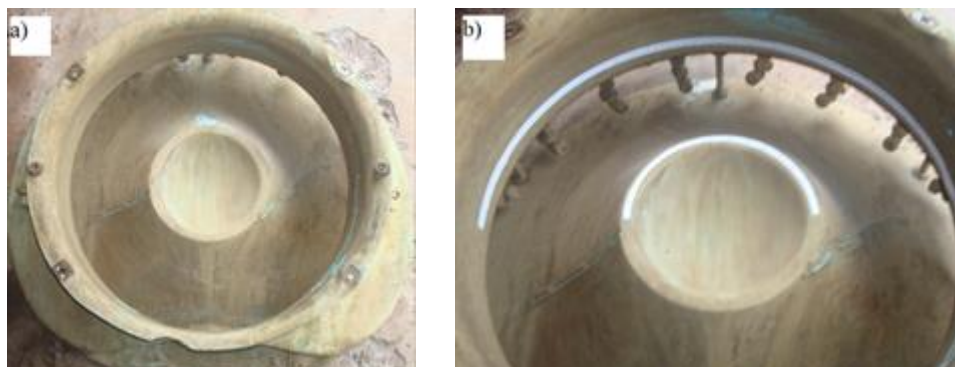
**Figura 7. Desenho gerador (a) e usinagem da matriz (b). Cotas em mm.**

Para manufacturing as pás utilizou-se compósito de fibra de vidro com resina epóxi. Apesar de o acabamento superficial não ser muito bom (irregular), este processo é fácil de executar, consegue copiar rigorosamente a forma da matriz, é de baixo custo e está adequado ao pulverizador já que o corpo do ventilador onde o sistema foi instalado é do mesmo material.

#### 4.2. Montagem do sistema

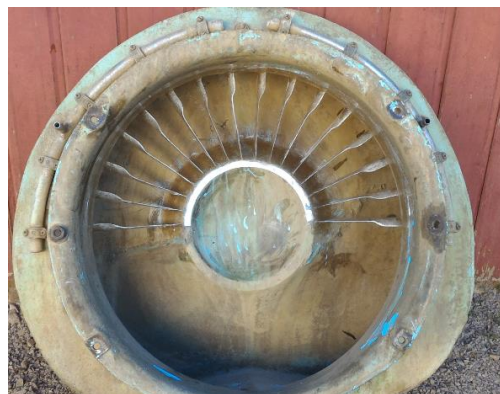
O primeiro passo para montagem do sistema foi determinar o número de pás necessárias. É difícil encontrar na literatura um parâmetro ou expressão que diga qual o valor adequado a se usar. Sendo assim, partiu-se da hipótese de pás infinitas e da observação de alguns modelos semelhantes já projetados para concluir que 16 pás seriam suficientes para esta aplicação.

Em seguida, procedeu-se a marcação da posição de cada peça. A Fig. 8 mostra em *a* o corpo do difusor e em *b* a marcação no centro e periferia.



**Figura 8. Marcação da posição das pás do sistema diretor.**

Por último, as pás foram fixadas ao corpo do difusor por meio de fibra de vidro e resina epóxi. O Resultado é apresentado na Fig. 9.



**Figura 9. Sistema diretor montado.**

## 5. RESULTADO

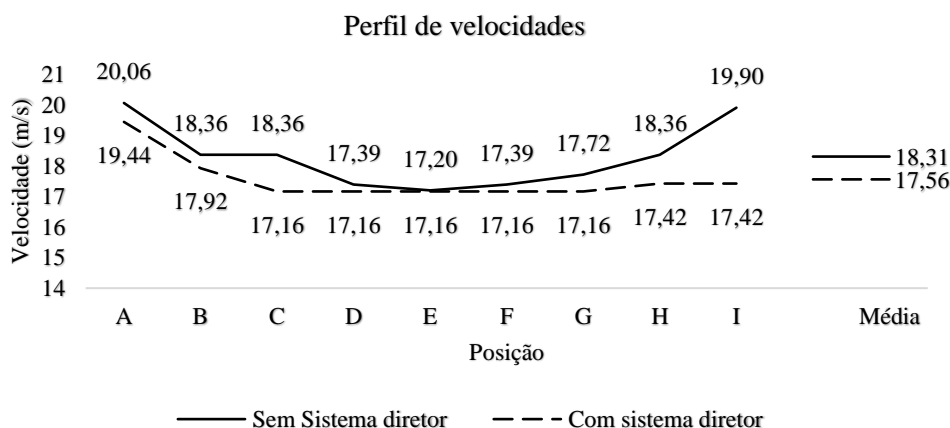
A avaliação do resultado foi feita comparando-se o funcionamento do pulverizador antes e depois da instalação do sistema diretor. Para revelar a orientação do fluxo que sai do ventilador foram utilizadas fitas de poliéster, muito leves e flexíveis, com comprimento aproximado de um metro. A Fig. 10 mostra as diferenças.



**Figura 10. Orientação do fluxo sem e com sistema diretor.**

Percebeu-se uma adequada orientação provocada pela inserção do sistema diretor. As fitas que antes denunciavam um acentuado desvio para a direita agora estão dispostas radialmente explicitando a correção e resultando no correto funcionamento do pulverizador.

Ademais, foi examinada a perda de carga provocada pelo conjunto instalado. A Fig. 11 apresenta os valores pontuais obtidos em 9 posições equidistantes de A até I (Ver Fig. 10) e o valor médio para cada série.



**Figura 11. Perfil de velocidades utilizados para verificar a perda de carga.**

A análise dos dados mostra que houve uma perda de 4,07 % na velocidade do fluxo de ar, que para critérios de engenharia, não é significativo. Mostra também que houve uma diminuição da variação da velocidade do fluxo ao longo dos pontos analisados. Os valores com maior discordância ficam justamente nas posições de transição entre o hemisfério superior, que recebeu o sistema, e inferior, que é livre, como mostra a Fig. 9.

## 6. CONCLUSÃO

A proposição de usar um sistema diretor para corrigir o problema direcional do fluxo do ventilador do pulverizador é viável. Percebeu-se que o desvio foi praticamente anulado embora tenha havido uma pequena perda de carga. A melhora na distribuição do fluxo vai colaborar para um uso mais racional de agrotóxicos, com diminuição no custo de produção. O sistema é relativamente simples de construir e instalar e o maior custo está em usar o molde das pás. Uma limitação é o fato de ser fixo, que na prática significa que ele tem a melhor eficiência configurada para uma determinada rotação e variações grandes na rotação do motor do trator podem prejudicar seu funcionamento.

Outras inferências foram feitas a respeito do projeto do pulverizador. A primeira diz respeito à hélice do ventilador que não é corretamente dimensionada e por isso causa o desvio do fluxo. Além disso, está colocada muito próxima ao

tanque o que perturba a corrente de entrada. Por fim, há uma perda de energia já que metade do fluxo de ar gerado (hemisfério inferior) é descartado.

## 7. AGRADECIMENTOS

O autor agradece a colaboração dos servidores do IFRS – Campus Farroupilha, Bruno Nonemacher e Gilmar da Luz Júnior, pelo auxílio no processo de usinagem da matriz.

## 8. REFERÊNCIAS

- Baesso, M. M., Teixeira, M. M., Ruas R. A. R., Baesso, R. C. E., 2014, Tecnologias de Aplicação de Agrotóxicos, Revista Ceres volume 61, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Henn, E. A. L., 2006, “Máquinas de Fluido”, Ed. UFSM, Rio grande do Sul, Brasil, 476 p.
- Bran, R. and Souza, Z., 1980, “Máquinas de fluxo: Turbinas, bombas, ventiladores”, Ed. Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, Brasil, 263 p.
- Moran, M. J. and Shapiro, H. N., 2008, “Princípios de Termodinâmica para Engenharia”, 6ª ed, Ed. LTC, Rio de Janeiro, Brasil, 800 p.
- Brasil, Alex N., Máquinas Termohidráulicas de Fluxo, disponível em <alexbrasil.com.br>, acessado em 10/11/2016.
- Fox, R.; Pritchard, P. J. e McDonald, A. T. Introdução a Mecânica dos Fluidos. 7ª ed. LTC, Rio de Janeiro, 2011.

## ABSTRACT

**Edson Luiz Faccio, edsonfaccio@hotmail.com**  
**Sérgio Wortmann, sergio.wortmann@farroupilha.ifrs.edu.br**

*Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul - Farroupilha Campus, São Vicente Avenue, 785, Bairro Cinquentenário, CEP 95180-000, Farroupilha - RS,*  
*Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul - Farroupilha Campus, São Vicente Avenue, 785, Bairro Cinquentenário, CEP 95180-000, Farroupilha - RS.*

**Abstract.** *The objective of this work is to evaluate the feasibility of implementing a stationary guide casing to correct the direction of the airflow generated by the fan of a sprayer of the Polvirama brand with a capacity of 270 liters and with 10 spray nozzles used for the cultivation of vines in Sierra Gaúcha In order to determine the correct angle of the stationary guide casing blades, air velocity, rotation and runner blade angle measurements were made. The theory of flow machines was applied to determine the geometry of the blades of the system and with the help of software the drawing used to make a matrix was elaborated. The blades were molded onto the matrix and constructed of epoxy composite with fiberglass reinforcement. As a result of the addition of this system there was an excellent reorientation of the air flow making it practically radial to the axis of the propeller, confirming the feasibility of implantation.*

**Keywords:** *Stationary guide casing, airflow correction, tractor spray, grape vines.*