

INSTRUMENTO DE MENSURAR A VELOCIDADE DO VENTO

YURI FERRUZZI;

Mestrando em Engenharia Agrícola UNIOESTE/Cascavel/PR, Prof. FAG –
Cascavel/PR. E-mail: yuriferruzzi@uol.com.br

ESTOR GNOATTO;

Mestre em Engenharia Agrícola UNIOESTE/Cascavel/PR, Prof. CEFET –
Medianeira/PR. E-mail: estor@unioeste.br

REINALDO P. RICIERI;

Prof. Dr. do Curso de Mestrado e Graduação em Eng. Agrícola da
UNIOESTE/Cascavel/PR, Cascavel/PR E-mail: ricieri@unioeste.br

MIGUEL M. JUNIOR;

Mestrando em Engenharia Agrícola UNIOESTE/Cascavel/PR, Prof. FAG –
Cascavel/PR. E-mail: miguel@faq.edu.br

ADRIANA T.E. DE OLIVEIRA

Licenciada em Matemática UNIOESTE/Cascavel/Pr, --Cascavel/PR. E-mail:
atoliveira@unioeste.Br

RESUMO: A análise das características do vento é de grande importância para os estudos do aproveitamento de energia, pois a mesma está relacionada com as características intrínsecas da meteorologia, bem como sua aplicação como fonte alternativa de energia, e o estudo da dispersão de contaminantes na atmosfera, sendo desta forma de grande valia seu estudo, para tanto se desenvolverá um instrumento que possa ser tanto de baixo custo como preciso, que medirá a posição e a direção do vento, e a rajada, tal dispositivo se baseará no uso de um sistema mecânico acoplado a fotointerruptores e ligados a um computador que realizara uma coleta de dados automática através de um programa elaborado para interpretar os dados enviados via canal de entrada paralela, agrupando estes índices em arquivos de extensão usual para outros aplicativos de análise de dados. Visando a precisão do aparelho serão realizados os seguintes ensaios, túnel de vento, uso de um anemômetro para calibração, determinação do norte como ponto de referência para a posição, e a conferência da precisão de escala com disco transferidor.

THE INSTRUMENT OF MEASURING THE SPEED OF THE WIND

SUMMARY: The analysis of the characteristics of the wind is of great importance for the studies of the use of energy, because the same is related with the intrinsic characteristics of the meteorology, as well as her application as alternative source of energy, and the study of the dispersion of pollutants in the atmosphere, being this grating way was worth her study, for so much he will grow an instrument to be as much of low cost as necessary, that it will measure the position and the direction of the wind, and the burst, such device will be based in the use of a coupled mechanical system the photointerrupter sand linked to a computer that had accomplished an automatic data collection through a program elaborated to interpret the data correspondents saw parallel input channel, containing these indexes in files of usual extension for other applications of it analyzes of data. Seeking the precision of the apparel the following rehearsals will be accomplished, wind tunnel, use of an anemometer for calibration, determination of the north as point of reference for to powder

1 Introdução:

Os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre CRESESB, (2000), seu deslocamento da origem a diversos efeitos, na atmosfera, na geração de energia, no meio ambiente, no dimensionamento de estruturas urbanas industriais e rurais, bem como na produção agroindustrial. A estimativa dos índices de velocidade média, direção e efeito de rajadas, permitem estimar o potencial eólico de uma dada região, bem como melhor dimensionar estruturas do meio

Urbano e Rural, evitando que acidentes causados pelos ventos causem perdas econômicas em plantações e construções. Tem-se ainda que, o vento é responsável por várias interrupções no fornecimento de energia elétrica, e por conseguinte prejuízos para o setor de distribuição de energia elétrica. Embora o vento seja uma quantidade vetorial, pode-se considerar em geral a velocidade (a magnitude do vetor) e endereço (a orientação do um vetor) eles são considerados variáveis independentes. Os dois tipos principais de instrumentos medem a velocidade do vento são o anemômetro rotativo e o anemômetro de hélice (KRISTENSEN, 1993). Ambos os tipos de anemômetros consistem em dois subconjuntos; o sensor e o transdutor. O Desenvolvimento de um anemômetro de forma econômica e que seja capaz de realizar medidas de velocidade e posição de forma automática, facilita a interpretação e manutenção de um sistema meteorológico e beneficia os sistemas para o estudo de fontes alternativas de energia.

2 Material E Métodos

2.1 Localização Do Experimento

O presente trabalho está sendo realizado na Estação Experimental Agrometeorológica da UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus Cascavel, a uma latitude 24° 59' Sul, longitude de 53°26' Oeste com altitude de 682 metros, no período de 01 de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2002.

2.2 Anemômetro Rotativo

O anemômetro rotativo, geralmente consiste em três copos semi esféricos montado em um eixo vertical de rotação (BLACKADAR, 1985). A taxa de rotação do conjunto é geralmente linear no alcance normal de medidas, com uma velocidade linear do vento de aproximadamente 2 a 3 vezes a velocidade linear de um ponto no centro do eixo, de acordo com KRISTENSEN (1994), o anemômetro de concha se mostra o melhor instrumento para medir a rajada, velocidade, a velocidade média e a intensidade de turbulência. O anemômetro de xícara foi inventado em 1846 pelo astrônomo irlandês Thomas R. Robinson. Uma investigação completa do anemômetro de conchas por (Patterson 1926) citado por KRISTENSEN (2002) mostrou que a linearidade é melhor quanto maior o maior a relação do raio da concha para o comprimento de braço

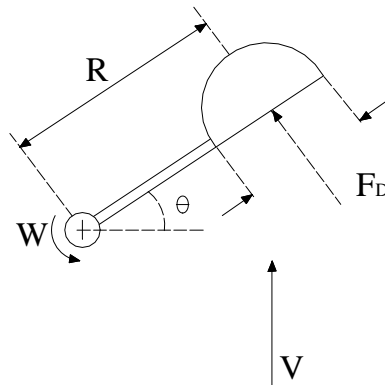
2.3 Aspectos Construtivos, Velocidade

Para (PEREIRA, 2002) a velocidades do vento é medida em uma variedade larga de modos, desde os mais simples aos sistemas eletrônicos mais sofisticados. A variabilidade do vento torna difícil realizar medidas precisas, e equipamentos bastante caros são requeridos freqüentemente. Direção de vento também é um artigo importante de informação, como também a correlação entre velocidade e direção. É concebível que o vento mais econômico para uma turbina eólica para algumas localizações será um que a direção é predominante. Se produção de energia não é reduzida substancialmente eliminando mudanças em orientação de turbina, então a viabilidade econômica daquela turbina de vento é melhorada. Mas nós temos que ter dados bons de direção do vento antes que tal escolha possa ser feita.

2.4 Equacionamento.

A velocidade de rotação como função do vento, está relacionada a velocidade angular do anemômetro. A Figura 03 descreva as características mecânicas do anemômetro de concha, permitindo avaliar equações de torque e uma relação com a velocidade medida.

FIGURA 03 - FORMATO DESCRITIVO DO ANEMOMETRO UM BRAÇO



Equacionamento:

$$\text{Torque } T = R \cdot F_D = R \cdot C_D \cdot A \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_n^2$$

Forma geométrica incidência do vento

$$V_n = V \cdot \cos(\theta) - \omega \cdot R$$

$$T_{AV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T d\theta$$

Sendo:

T = torque

R = Raio ao centro da concha

V = Velocidade do vento

ω = velocidade angular do rotor

A = Área da concha frontal.

θ = ângulo de incidência.

ρ = Pressão dinâmica

O coeficiente de arrasto para todos os objetos com bordas agudas é essencialmente independente do número de Reynolds (para $Re \geq 1000$) porque os pontos de separação são ligados pela geometria do objeto. Coeficientes de arrasto para as conchas selecionadas são apresentados na Tabela 9.3. Focalizamos dois casos especiais de escoamento em que ou o arrasto de atrito ou o de pressão era a única forma de arrasto presente. (XXXXXXXX)

TABELA 1 COEFICIENTE DE ARRASTO PARA OBJETOS PARA AS CONCHAS ($Re \geq 1000$)

Objeto	Diagrama	Cd ($Re \geq 1000$)
Hemisfério (extremidade aberta de face para o fluxo)		1,42
Hemisfério (extremidade aberta de faceando a jusante)		0,38

$C_{D,C}=1.42$, $C_{D,V}=0.38$ (Tabela 1)
 Coeficiente de arrasto : C_{DV} Área a jusante
 Coeficiente de arrasto: C_{DC} Área frontal
 Coeficiente de arrasto para o anemômetro ($\alpha = C_{DC}/C_{DV}$).
 $\alpha = 1.933$
 $C_{D,C} (V-Rw)^2 = C_{D,V} (V+Rw)^2$
 $(\alpha-1)V = w R(\alpha+1)$
 $w = \frac{(\alpha-1)V}{R(\alpha+1)}$

2.5 Medida Da Direção Do Vento

Basicamente, um cata-vento é um corpo montado sobre um eixo vertical, o qual vira livremente. A maior resistência para o vento vai para o barlavento ou para o sotavento. O anemômetro requer uma normal mínima ou velocidade de vento perpendicular para iniciar uma volta. Este mínimo é chamado o umbral de início, e está tipicamente entre 0.5 e 1 m/s. (PATTERSON, 1926).

2.6 Descritivo Do Instrumento

O sistema consiste de dois instrumentos em separado, um para a determinar a velocidade do vento, e outro para determinar a direção, fabricados em estrutura de alumínio e corpo em nylon. O anemômetro de velocidade possui 3 conchas, ligadas a um eixo, que por seguinte faz rotacionar um eixo, que associado a um disco perfurado e um sensor envia um sinal que depois de analisado indica as rpm's do anemômetro e pelo período do disco tem-se a relação da velocidade do vento que atingiu o aparelho. Essa estrutura pode ser melhor visualizado na Figura 1 abaixo.

FIGURA 1– ANEMÔMETRO DE CONCHA



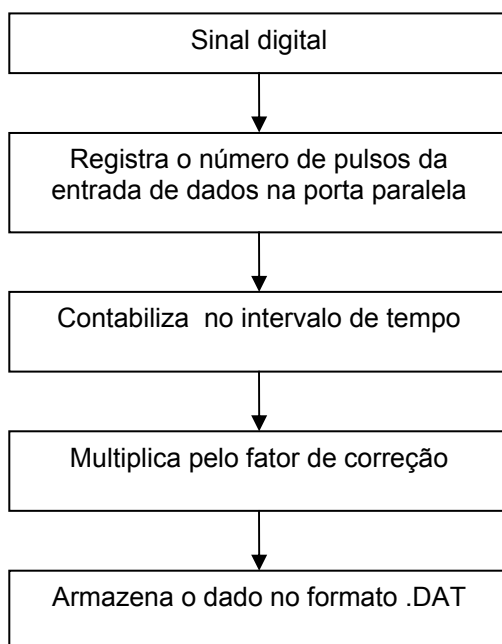
O vento é representado pelo seu vetor velocidade, que, como tal, possui um módulo (ou intensidade), uma direção e um sentido, sua medição deverá fornecer, portanto três elementos.

A intensidade do vento, no SI, é dada em m/s. A direção e o sentido do vento são normalmente e expressos conjuntamente, tendo-se como referência o ponto cardinal de onde o vento Origina-se, ou então em graus, tendo-se como referência o ponto cardinal norte, girando-se no sentido horário. Assim, um vento soprando de norte para sul é denominado vento norte ou vento de 0° ; o vento de 90° corresponde ao vento LESTE, o de 180° ao vento SUL e 270° ao vento OESTE. Os pontos colaterais e subcolaterais são igualmente usados, correspondendo aos graus interpolados. (PEREIRA, 2002) A velocidade é dada por um conjunto de três canecas (ou de hélices). O número de giros das canecas (ou hélices), sendo proporcional à velocidade, é trans-

formado em *deslocamento* (espaço percorrido) por um sistema tipo *odômetro*, nos equipamentos mecânicos. O espaço percorrido dividido pelo tempo fornece a *velocidade média*. Nos equipamentos digitais, cada rotação gera um pulso elétrico, que é captado por um sistema eletrônico de aquisição de dados. Como cada pulso corresponde à distância de um giro, contando-se o número de pulsos em um intervalo de tempo tem-se a distância supostamente percorrida pelo ar. Com a distância e o tempo de medida calcula-se a velocidade média.

O fluxograma da Figura 2 descreve o funcionamento de como se interpretará os sinais de entrada no computador, para a velocidade tem-se uma interação de contabilizar os pulsos registrados durante um dado intervalo de tempo e ajusta-os ao perímetro do disco.

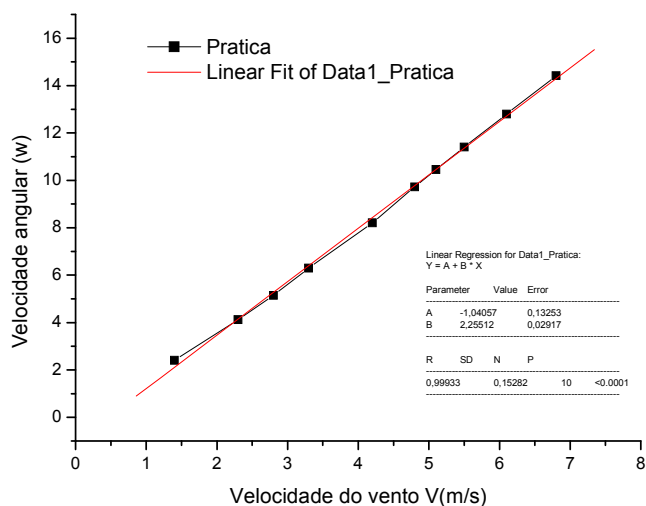
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DA AQUISIÇÃO DE DADOS PARA A VELOCIDADE.



3 Resultados E Discussão:

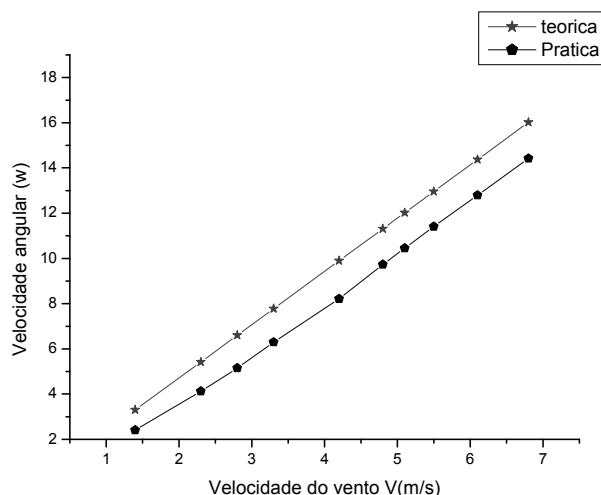
O anemômetro foi ensaiado sob vento constante, tendo como elemento de referência outro anemômetro calibrado para determinar o fator de correção do instrumento, no gráfico 01, pode-se visualizar os valores obtidos e a respectiva curva do instrumento que demonstra uma função linear.

GRÁFICO 01 – VELOCIDADE ANGULAR EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO



Para valores de velocidade do vento menores nota-se um comportamento diferente em relação a velocidade de grandeza maior, isso se deve a própria inércia do instrumento, no entanto isto não representa um problema, pois a faixa de valores mais desejados são os que representam as velocidade médias e máximas, que são de grande interesse na estimativa do potencial eólico, e da força do vento. O gráfico 2 demonstra um comparativo da função matemática em relação aos dados obtidos no ensaio do instrumento.

GRÁFICO 01 – VELOCIDADE ANGULAR EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO, TEÓRICO E PRÁTICO.



4 Conclusões

O anemômetro com três conchas responde prontamente as mudanças na velocidade de vento, a curva de calibração tem comportamento linear permitindo o emprego de uma rotina simples para o programa de aquisição de dados, o uso de fotointerruptores permite uma frequência de coleta de pulsos para velocidades de rotação elevada, não gera atrito com o disco coletor, e fornece um pulso adequado ao formato digital minimizando a necessidade de muitos componentes na interface com o computador

PALAVRAS-CHAVE: características do vento, anemômetro de copo, transdutor de velocidade

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPEL, Energia eólica princípios e aplicações, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, último acesso em 05/02/2003 <http://www.cepel.br/crese/cresesb.htm>

KRISTENSEN, L. (1993), **The cup anemometer and other exciting instruments**, Technical Report R-615(EN), Risø National Laboratory.

KRISTENSEN, L. (1994), **Cups, props and vanes**, Technical Report R-766(EN), Risø National Laboratory.

KRISTENSEN, L. & Hansen, O. F. (2002), **Distance constant of the Risø cup anemometer**, Technical Report R-1320(EN), Risø National Laboratory.

PATTERSON, J. (1926), **'The cup anemometer'**, *Trans. Roy. Soc. Canada, Ser. III* **20**, 1–54.

vento, 3ed, Porto Alegre : Ed Universitária/UFRGS,.

PEREIRA, A. Roberto, **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações** – Guaíba : agropecuária, 2002.

BLACKADAR, A. F., 1985,: **Almanaque para uma estação meteorológica**. Publicações de Heldref, Washington, DC 20016, U. S. Proteção do ambiente Agência, 1995,: **Qualidade Manual de garantia para Medida de Poluição de Ar Sistemas**, Volume IV: Medidas meteorológicas. EPA-600/R-94/038d, Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento, Parque de Triângulo de Pesquisa, NC.

