

CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE ANEMÔMETROS DE BAIXO CUSTO

CÉLIO O. CARDOSO¹, CARLOS A. P. SAMPAIO², ANTÔNIO O. BIANCO³, DENIS PIAZZOLI³

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Depto. de Engenharia Rural (ENR), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC - Lages SC, Fone: (49) 2101 9133, a2coc@cav.udesc.br; ² Eng. Agrícola, Prof. Dr. Depto. de Engenharia Rural (ENR), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV – UDESC - Lages SC; ³ Acadêmico de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV – UDESC - Lages SC.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: O objetivo foi construir e calibrar anemômetros de baixo custo para a caracterização do vento na Estação Agrometeorológica do CAV. Foram construídos dois anemômetros do tipo Robinsom (com 3 e 4 conchas) e um micro-anemômetro (de 4 conchas). A construção seguiu os critérios técnicos quanto às dimensões e funcionamento, porém com o emprego de materiais de baixo custo e uso de mão de obra artesanal que contemplou os serviços de moldagem e ajustagem em geral. O projeto foi desenvolvido nos setores de Meteorologia e Mecanização do CAV/UDESC em Lages. Para a calibração dos medidores foi construído um túnel de vento segundo normas técnicas da National Association of Fan Manufactures. Foram testados os anemômetros anteriormente citados bem como um anemômetro de fábrica (tipo Robinson), obtendo-se os seguintes resultados em relação ao medidor padrão: $V_p = 1,04.V_m + 1,89$ ($R^2 = 0,93$), $V_p = 1,09.V_m + 4,06$ ($R^2 = 0,91$), $V_p = 0,97.V_m + 9,54$ ($R^2=0,95$) e $V_p = 1,31.V_m + 1,08$ ($R^2=0,93$), onde, V_p é a leitura do medidor padrão ($Km\ h^{-1}$) e V_m a leitura do anemômetro testado ($Km\ h^{-1}$), sendo, anemômetro de 4 conchas, de 3 conchas, micro-anemômetro e anemômetro de fábrica, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Vento, medidor de vento, cata-vento, anemômetro.

CONSTRUCTION AND CALIBRATION OF LOW CUST ANEMOMETERS

ABSTRACT: The objective was build and calibrates low cost anemometers for the characterization of the wind in the Agrometeorological of CAV station. Were building two anemometers of the type Robinsom (with 3 and 4 shells) and one little anemometer (with 4 shells) for the mensuration of the wind speed. The construction followed the technical approaches with relationship to the dimensions and operation, even so with the employment of materials of low cost and use of manufacture work. The project was developed in the sections of Meteorology and Mechanization of the CAV/UDESC in Lages. For the calibration of the meters, a wind tunnel was built according to technical norms of National Association of Fan you Manufacture. Were tested previously mentioned anemometers and one factory anemometer (Robinson type), being obtained the following results in relation to the standard meter: $V_p = 1,04.V_m + 1,89$ ($R^2 = 0,93$), $V_p = 1,09.V_m + 4,06$ ($R^2 = 0,91$), $V_p = 0,97.V_m + 9,54$ ($R^2=0,95$) and $V_p = 1,31.V_m + 1,08$ ($R^2=0,93$), where, V_p is the reading of the standard meter ($Km\ h^{-1}$) and V_m is the reading of the tested anemometer ($Km\ h^{-1}$), being anemometer of 4 shells, of 3 shells, little anemometer of 4 shells and factory anemometer, respectively.

WORD-KEY: Wind, wind meter, weather vane, anemometer

INTRODUÇÃO: O vento é das variáveis atmosféricas mais instáveis, mudando em pequenos intervalos de tempo sua direção e velocidade, atingindo valores extremos e em seguida podendo ocorrer uma prolongada calmaria, e por isso torna-se de extrema importância em vários segmentos das atividades humanas, em especial na agricultura. Na agricultura, o vento tem grande influência no desenvolvimento e crescimento das plantas, basicamente sob três aspectos: transpiração, absorção de CO₂ e efeitos mecânicos nas folhas, galhos e caule. Segundo Tubelis & Nascimento (1987), o vento pode ser definido como “o movimento de massas de ar seco e úmido em relação à superfície da Terra” (movimento horizontal do ar), que são provocados por diferença de potencial de pressão atmosférica entre duas regiões, devido ao aquecimento diferencial de locais próximos ou distantes da superfície da Terra, mas também sofrem influências modificadoras do movimento de rotação da Terra, da força centrífuga ao seu movimento e do atrito com a superfície terrestre. Os parâmetros medidos para a caracterização do vento são: velocidade, direção e sentido, e força do vento. A medida do vento é realizada a partir de um efeito físico originado a partir do movimento do ar, como a pressão e a energia cinética do fluido ou a troca de calor entre o fluido e um corpo quente, gerando no aparelho algum efeito físico, como movimento de conchas, deflexão de um metal, resfriamento de um corpo, etc (Ower & Pankhurst, 1977; Rosenberg et al., 1983). O trabalho tem como objetivos a construção e calibração de medidores de vento de baixo custo, que serão posteriormente instalados na Estação Agrometeorológica do CAV para o monitoramento e caracterização do vento em nossa região.

MATERIAL E MÉTODOS: Os trabalhos foram conduzidos nos laboratórios de agrometeorologia e mecanização agrícola do Depto de Engenharia Rural do CAV/UDESC. Foram construídos dois anemômetros em PVC, com 3 e 4 conchas que são dispostas horizontalmente e fixadas radialmente no cabeçote moldado com massa “Epoxi”, constituindo o mecanismo de detecção da velocidade do vento, e um micro-anemômetro de 4 conchas, além disso efetuou-se a calibração de um anemômetro de fábrica do tipo Robinson.



Figura 1. Anemômetros de baixo custo e anemômetro de Fábrica.

O material utilizado no processo de construção dos anemômetros foi massa epóxi, pedaços de tubos de PVC e conexões (caps), pedaços de ferro circular de ½”, roscado (eixo), rolamentos, conchas de cozinha com formato hemisférico, bolinhas plásticas e ciclo computer com sensor magnético. Para a construção dos anemômetros foram necessárias às tarefas de modelagem de massa Epoxi, ajustagem dos eixos e braços das conchas, lixamento e soldagem dos canos de PVC e fixação do medidor digital ao corpo do aparelho. O medidor digital de velocidade (ciclo computer) é um velocímetro compacto (para ciclismo), com visor de cristal líquido e sensor eletromagnético. Segundo SAMPAIO (1998) seu princípio de funcionamento baseia-se nas Leis de Faraday e de Lens do eletromagnetismo, que diz: toda vez que houver uma variação do campo magnético e próximo deste campo existir um condutor elétrico, aparecerá, no condutor, uma força de natureza elétrica. Assim, ao passar próximo ao sensor, o ímã ocasionará a formação de um sinal de natureza elétrica no interior do medidor, que será reconhecida por um conjunto de transistores (circuito integrado), sendo este sinal convertido em velocidade no velocímetro. Para a calibração dos anemômetros foi usado um túnel de vento, construído segundo as normas da National Associação of Fan Manufactures – NAFM (1952). As leituras padrões das velocidades médias e instantâneas foram efetuadas utilizando um termo-anemômetro digital, marca ALNOR, modelo GCA-65, cujos sensores são, uma resistência de níquel de 10 Ω e um termistor aquecido, respectivamente, alimentados com corrente contínua de 200 mA, tensão de 3,6 VDC e que foi denominado de anemômetro padrão. Foram realizados os ensaios no túnel de vento submetendo o anemômetro digital (medidor padrão calibrado) e os anemômetros a calibrar a distintas condições de velocidade do vento. Coletou-se as medidas de velocidade média em períodos de 60 segundos para cada velocidade ensaiada. Foram obtidas também as velocidades instantâneas no instante 30 segundos de cada velocidade ensaiada. Testou-se os anemômetros para diferentes valores de número gerador do ciclo computer (denominado de constante do aparelho) o qual depende do perímetro formado pela circunferência imaginária definida pelo giro das conchas. Obteve-se as equações que relacionam a leitura dos anemômetros de conchas com a medida da velocidade do vento no medidor padrão, bem como o valor adequado da constante do aparelho para o melhor ajuste estatístico (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para a construção dos anemômetros (tipo Robinson) com 3 e 4 conchas e do micro-anemômetro de 4 conchas foram usados os seguintes materiais com respectivos custos, apresentados na tabela 1. O uso de massa epóxi, em substituição ao metal, dispensou a necessidade dos trabalhos de tornearia e furação, tarefas que resultariam em custos adicionais. Para medir a velocidade usou-se em todos os anemômetros um medidor digital de velocidade (ciclo computer) que é um velocímetro compacto (para ciclismo), com visor de cristal líquido e sensor eletromagnético. O custo total dos anemômetros (em torno de R\$ 100,00, não considerando o valor da mão de obra) foi bastante inferior ao valor do anemômetro de fábrica (em torno de R\$ 1800,00) correspondendo aproximadamente a 5,56%. Os gráficos a seguir (Figura 2) ilustram as relações obtidas com as velocidades médias em 60 segundos, seus coeficientes de correlação e a comparação com a reta de inclinação 1:1. Quanto as velocidades médias dos anemômetros, obteve-se os seguintes resultados em relação ao medidor padrão: $V_p = 1,01.V_m + 2,09$ ($R^2 = 0,96$), $V_p = 1,09.V_m + 5,32$ ($R^2 = 0,84$), $V_p = 0,98.V_m + 1,36$ ($R^2 = 0,92$) e $V_p = 1,17.V_m + 1,81$ ($R^2 = 0,95$), onde, V_p é a leitura do medidor padrão ($Km\ h^{-1}$) e V_m a leitura do anemômetro testado ($Km\ h^{-1}$), sendo, anemômetro de 4 conchas, de 3 conchas, micro-anemômetro e anemômetro de fábrica, respectivamente. Quanto as velocidades instantâneas dos anemômetros, obteve-se os seguintes resultados em relação ao medidor padrão: $V_p = 1,02.V_m + 2,00$ ($R^2 = 0,98$), $V_p = 1,07.V_m + 5,30$ ($R^2 = 0,83$), $V_p = 0,99.V_m + 0,94$ ($R^2 = 0,86$) e $V_p = 1,16.V_m + 1,84$ ($R^2 = 0,93$), onde, V_p é a leitura do medidor padrão ($Km\ h^{-1}$) e V_m a leitura do anemômetro testado ($Km\ h^{-1}$),

Tabela 1. Relação de material e respectivo custo (agosto de 2004, em R\$) para a construção dos anemômetros de 3 conchas, de 4 conchas e do micro-anemômetro.

Medidor	Material	Unidade	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Anemômetro de 3 conchas	Conchas de sopa	Peça	2,00	3	6,00
	Barra roscada 1/4"	Peça	1,60	¼ barra = 20 cm	0,40
	Rolamento universal-607	Peça	12,00	2	24,00
	Tubo PVC DN 20 mm	Barra	6,60	20 cm	0,25
	Tubo PVC DN 100 mm	Barra	30,00	20 cm	1,00
	Cap PVC DN 100 mm	Peça	3,15	2	6,30
	Chapa de zinco	m ²	20,00	0,0225	0,45
	Barra roscada ½"	Peça	7,80	¼ barra = 20 cm	1,95
	Porca ½"	Peça	0,30	32	9,60
	Arruelas	Peça	0,05	32	1,60
	Rebites	Peça	0,05	5	0,25
	Massa epóxi	Kg	30,00	0,1	3,00
	Ciclo computer	Peça	50,00	1	50,00
	Total				
Anemômetro de 4 conchas	Conchas de sopa	Peça	2,00	4	8,00
	Barra roscada 1/4"	Peça	1,60	¼ barra = 20 cm	0,40
	Rolamento universal-607	Peça	12,00	2	24,00
	Tubo PVC DN 25 mm	Barra	6,60	20 cm	0,25
	Tubo PVC DN 100 mm	Barra	30,00	20 cm	1,00
	Cap PVC DN 100 mm	Peça	3,15	2	6,30
	Chapa de zinco	cm ²	20,00	225	0,45
	Barra roscada ½"	Peça	7,80	¼ barra = 20 cm	1,95
	Porca ½"	Peça	0,30	32	9,60
	Arruelas	Peça	0,05	32	1,60
	Arrebites	Peça	0,05	5	0,25
	Massa epóxi	Kg	30,00	0,1	3,00
	Ciclo computer	Peça	50,00	1	50,00
	Total				
Micro-anemômetro de 4 conchas	Bolinhas plásticas	Peça	0,50	4	2,00
	Barra roscada 1/4"	Peça	1,60	¼ barra = 20 cm	0,40
	Rolamento universal-607	Peça	12,00	2	24,00
	Tubo PVC DN 20 mm	Barra	6,60	20 cm	0,25
	Tubo PVC DN 50 mm	Barra	20,00	20 cm	0,70
	Cap PVC DN 50 mm	Peça	1,40	2	2,80
	Chapa de zinco	m ²	20,00	0,0144	0,30
	Barra roscada ½"	Peça	7,80	¼ barra = 20 cm	1,95
	Porca ½"	Peça	0,30	32	9,60
	Arruelas	Peça	0,05	32	1,60
	Arrebites	Peça	0,05	5	0,25
	Massa epóxi	Kg	30,00	0,1	3,00
	Ciclo computer	Peça	50,00	1	50,00
	Total				
Anemômetro de fábrica com 3 conchas			Custo total		1800,00

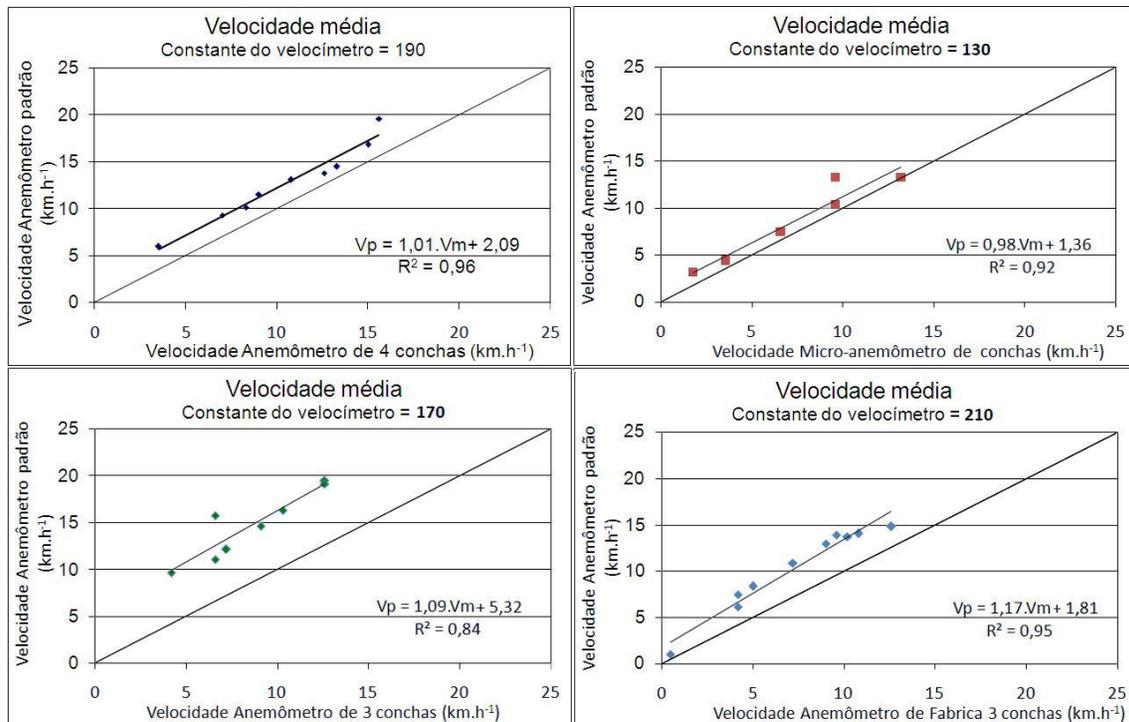


Figura 2. Relações das velocidades médias (60 segundos) obtidas na calibração dos anemômetros de 4 conchas, 3 conchas, micro-anemômetro e anemômetro de fábrica com 3 conchas.

sendo anemômetro de 4 conchas, de 3 conchas, micro-anemômetro e anemômetro de fábrica, respectivamente. Em geral a leitura direta dos anemômetros testados subestimaram os valores de velocidade média e instantânea do vento, necessitando de correções, para a correta medição desta variável meteorológica na Estação Agrometeorológica do CAV/UESC.

CONCLUSÃO: O uso do PVC nas estruturas dos medidores resultou em um menor custo final dos mesmos. A troca da cruzeta metálica, que acarretaria em serviços de tornearia, pela cruzeta modelada com massa epóxi também resultou em redução de custos. Os medidores de velocidade de vento de baixo custo construídos segundo Robinson (conchas ou canecas) quando submetidos a calibração apresentaram resultados satisfatórios que permitem sua aplicação como medidores do vento na Estação Agrometeorológica do CAV/UESC em Lages.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NAFM - National Association of Fan Manufacturers. Standarts, definitions, terms and test codes for centrifugal, axial and propeller fans. 2 ed. Detroit, 1952. (Bulletin, 110).
- OWER, E. & PANKHURST, R. C. The measurement of air flow. 5 ed. New York, Pergamon Press, 1977. 374p.
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. Microclimate; the biological enviroment. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1983. 495p.
- SAMPAIO, C.A.P. Desenvolvimento e Avaliação de um anemômetro totalizador de conchas com leitura digital. Resumos. VII Seminário Catarinense de Iniciação Científica. CAV/UESC. Lages, 1998. 1p.
- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F. J. L. do. 1987. Meteorologia Descritiva - Fundamentos e Aplicações Brasileiras. Livraria Nobel S.A. São Paulo, S.P.