

## CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DA VELOCIDADE MÉDIA HORÁRIA DO VENTO A DOIS METROS DE ALTURA EM BOTUCATU-SP

**Alexandre N. Schubert<sup>1</sup>, Alexandre Dal Pai<sup>2</sup>, Sergio A. Rodrigues<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Aluno Esp Pós Graduação, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP Botucatu, an.schubert@ig.com.br.

<sup>2</sup>Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP Botucatu, adalpai@fca.unesp.br.

<sup>3</sup>Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP Botucatu, sergioar@fca.unesp.br.

### 1 INTRODUÇÃO

Desde o início de sua existência o homem tem observado as forças da natureza que tem grande influência na sua vida cotidiana de tal forma que muitos povos, culturas e civilizações as associaram a divindades. Da mitologia grega, Éolo era o deus supremo dos ventos, e subordinados a ele, existiam divindades para cada ponto cardinal. Dessa forma, dependendo da direção do vento, diferentes divindades eram associados a diferentes estações e condições climáticas.

O Vento é uma fonte de energia motriz movendo moinhos, veleiros, bombas de água e geradores de energia elétrica. Interfere no bem estar pessoal, aliviando a sensação de calor ou intensificando a sensação de frio. Da mesma forma que pode dispersar poluentes, pode carregar poeira, terra, areia, fumaça, propagar o fogo. Impulsiona as ondas, modifica a topografia movendo dunas, esculpindo arenitos. Nas suas formas mais poderosas, furacões e ciclones causam grandes destruições.

A energia fornecida pelo Sol a Terra e, conseqüentemente ao sistema atmosférico, gera, através do aquecimento, o movimento dos gases presentes na atmosfera o que é designado genericamente como vento (VIANELLO;ALVES, 2014).

Devido ao movimento de rotação da Terra, o vento é desviado da direção perpendicular às isóbaras, seu caminho teórico. O desvio é para a direita no hemisfério norte (HN) e para a esquerda no hemisfério sul (HS), qualquer que seja a direção inicial de deslocamento da massa de ar. Esse desvio é causado pela ação da força defletora de rotação da Terra ou força de Coriolis (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Até aproximadamente 500 metros de altura, dependendo das condições topográficas e meteorológicas locais, o efeito do atrito com a superfície é mais pronunciado. A resultante da força de atrito é oposta ao deslocamento do vento (OLIVERA, 2014).

Na agricultura, o vento atua na propagação de sementes, grãos de pólen e patógenos, intensifica a transferência de água para a atmosfera, promove a polinização

das plantas (polinização anemófila) e interfere na eficiência de sistemas de irrigação por aspersão, além de causar danos mecânicos às plantas. Nas plantas, sabe-se que o vento afeta o crescimento destas de três maneiras: transpiração, absorção de CO<sub>2</sub> e efeito mecânico sobre as folhas e ramos, sendo que o resultado desta interação depende da espécie (OLIVERA, 2014; MUNHOZ; GARCIA, 2008).

Junto ao solo, os efeitos do vento são de caráter normalmente turbulento e a extrema variabilidade na natureza da superfície faz com que as camadas de ar em contato com o solo frequentemente mostrem consideráveis trocas diurnas no gradiente da massa específica, afetando de maneira complexa as globais características do fluxo (DANTAS; SILVA, 2008).

O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento dos ventos junto ao solo (a dois metros de altura) no município de Botucatu-SP, verificando como se distribui ao longo de 24 horas em diferentes estações climáticas. Assim, pretende-se fornecer subsídios para novos trabalhos visando um melhor aproveitamento dos ventos na agricultura.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados da velocidade do vento medidos a dois metros de altura, utilizados neste trabalho, foram coletados na estação meteorológica do departamento de Engenharia Rural, UNESP-Câmpus de Botucatu, com as coordenadas geográficas: latitude 22 50' sul, longitude 48 45' Oeste e altitude 786 m. Os dados correspondem à média horária das medições realizadas a cada 5 minutos no período de 01 de janeiro a 08 de dezembro de 2016.

A estação meteorológica atende a recomendação da Organização Mundial de Meteorologia (OMM). O equipamento utilizado foi um anemômetro instalado a dois metros de altura; modelo “MET One 034B Wind Set”; Fabricante Campbell Scientific, INC; com as especificações técnicas: Acurácia:  $\pm 1,12$  m/s para velocidades do vento abaixo de 10,1 m/s  $\pm 1,1\%$  da leitura para velocidades acima de 10,1 m/s; Intervalo de operação, 0 a 75 m/s.

Os dados são coletados a partir de um aparelho automatizado de coletas conhecido como Datalogger ou Sistema de Aquisição de Dados e armazenados em um computador no Laboratório de Radiometria Solar de Botucatu, localizado junto ao departamento de Engenharia Rural, UNESP-Câmpus de Botucatu,

Para atender os objetivos propostos foram utilizados somente os dados de médias horárias de cada dia do primeiro mês subsequentemente ao início da cada estação climática, sendo no verão utilizado o mês de janeiro, no outono o mês de abril, inverno o mês de julho e na primavera o mês de outubro.

Para cada mês foram obtidas medidas resumo, tais como a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para cada horário (0 às 23 horas), a partir das médias a cada cinco minutos de todos os dias do mês.

Para isso, velocidade média horária mensal ( $\bar{x}$ ) pode ser obtida por:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

sendo  $x_i$  é a média horária (medida a cada 5 minutos) de um determinado dia ( $i = 1 \dots n$ ), com  $n$  representando o número de dias do mês avaliado.

Já a variação da velocidade dos ventos entre os dias da cada mês foi avaliada a partir do desvio ( $S$ ) padrão, dado por:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

E, conseqüentemente o coeficiente de variação foi obtido por:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

Assim, foi possível determinar em cada mês a velocidade média dos ventos, bem como seu comportamento de variação entre os dias em cada horário.

Todas as análises foram realizadas utilizando o ambiente R-GUI, versão 3.3.1 (R CORE TEAM, 2014) e Microsoft® Excel® (2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

É importante verificar o comportamento da velocidade dos ventos durante 24 horas e comparar com diferentes estações do ano, pois o conhecimento deste comportamento pode ajudar a entender o seu impacto na agricultura. Cada estação do ano tem sua influência na agricultura, para isso, procurou-se estudar como o vento se comporta durante o dia no início de cada mês das quatro estações.

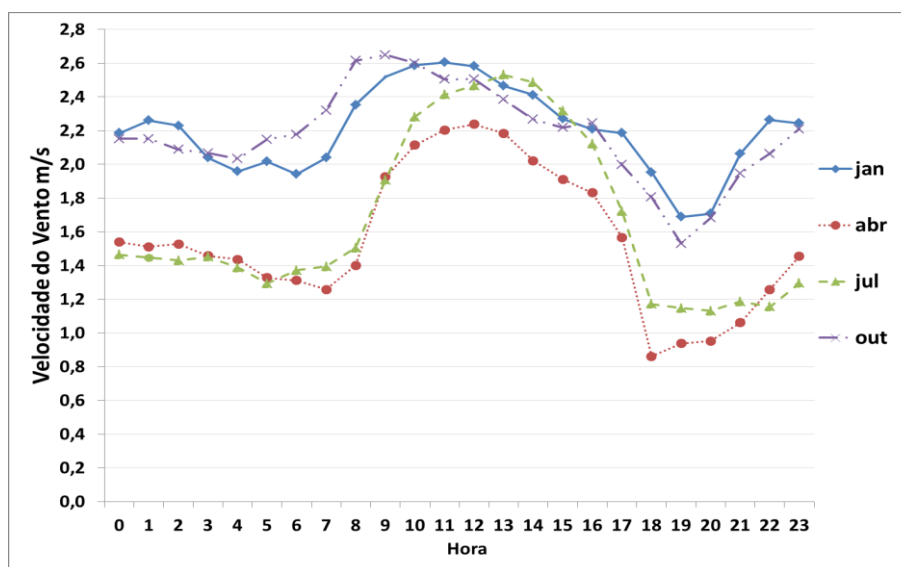
Observou-se que a velocidade média do vento em 24 horas no mês de janeiro foi de 2,2 m/s, enquanto a maior velocidade média foi observada às 11 horas da manhã (2,6 m/s) e a menor às 19 horas (1,69m/s), conforme Figura 1. Já no mês de abril a

velocidade média em 24 horas foi de 1,55 m/s, enquanto a maior velocidade média foi observada às 12 horas da manhã (2,24 m/s) e a menor às 18 horas (0,86 m/s), como pode ser observado na Figura 1. No mês de julho observou-se uma velocidade média de 1,67 m/s, com a maior velocidade às 13 horas da manhã (2,53 m/s) e a menor (1,13 m/s) às 20 horas (Figura 1). No mês de outubro foi de 2,2 m/s, enquanto a maior velocidade média foi observada às 9 horas da manhã (2,65 m/s) e a menor às 19 horas (1,53 m/s), conforme Figura 1.

Nos meses de janeiro e outubro (início do verão e primavera) o perfil em 24 horas da velocidade média dos ventos foi maior do que o perfil médio observado nos meses de abril e julho (início do outono e inverno), ou seja, na primavera/verão a velocidade média dos ventos ficou em torno de 2,2 m/s e outono/inverno 1,6 m/s.

Comportamentos semelhantes foram observados em diferentes horários dos dias nas estações (conforme Figura 1). No período das 0h às 6h a velocidade média dos ventos mante-se com poucas variações, já no período 06h às 12h a velocidade média dos ventos apresentou elevação em todos os meses culminando por volta das 12h, com exceção do mês de outubro que a culminação se deu às 9h. A partir das 12h até às 18h há o decréscimo da velocidade média, atingido o menor valor entre às 18h e 20h em todo início das estações. No período compreendido entre às 18h e 23h nota-se uma tendência de elevação da velocidade média.

Figura 1 - Velocidade média do Vento a 2 metros de altura para 2016

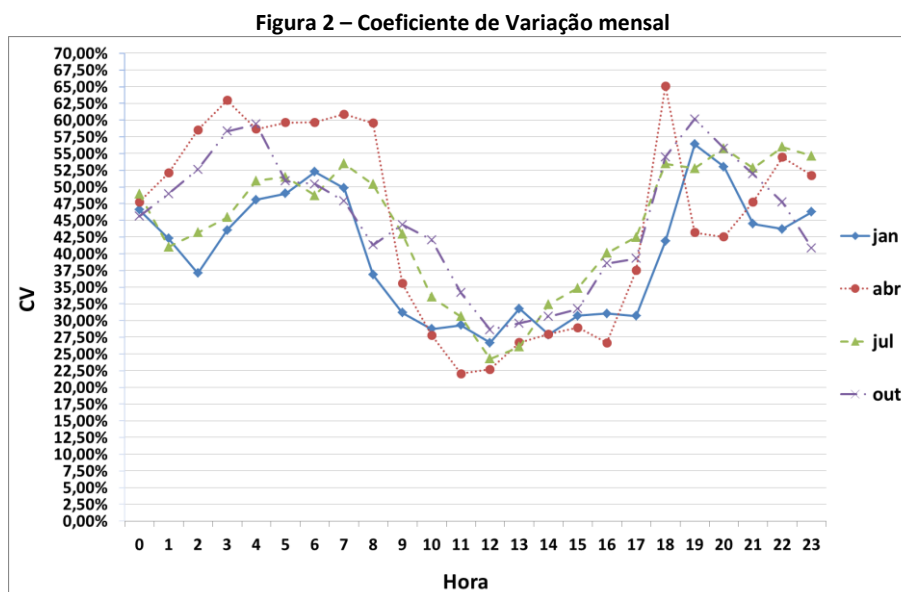


Percebe-se também que nos meses de janeiro e outubro (início do verão e

primavera) a curva do perfil em 24 horas apresentou um comportamento de crescimento ou queda mais suave em relação aos meses de abril e julho (início do outono e inverno).

Em geral, apesar de uma velocidade média superior nos meses de janeiro e outubro, pode-se dizer que em todos os quatro meses o perfil do comportamento da velocidade em 24 horas foi semelhante.

Conforme Figura 2, pode-se observar que o coeficiente de variação da velocidade média entre as horas do dia às 0h é semelhante nos quatro meses analisados, variando de 46% a 49%, ou seja, nas quatro estações do ano a velocidade média dos ventos neste horário apresentou uma variação semelhante entre os dias. Os meses de janeiro e julho o CV tem comportamento semelhante até às 12h, partir deste horário, o mês de outubro apresenta-se também de forma semelhante a janeiro e julho em relação a variação entre os dias do mês. O mês de abril possui variação entre (50% e 63%) a partir da 1h até 8h e um pico de variação às 18h (65%). Também se pode observar que em todos os meses o menor CV ocorre às 12h com exceção de abril que ocorre às 11h.



#### 4 CONCLUSÕES

Os meses de cada estação climática avaliados possuem comportamento semelhante na evolução dos ventos durante o dia, sendo os de janeiro e outubro (início do verão e primavera) de maior velocidade média. Em relação aos valores máximos de velocidade média do vento, verificou-se que estes ocorreram por volta das 12h para

todos os meses analisados. Verificou-se também, para este horário, os menores valores do coeficiente de variação em relação às demais horas do dia.

## 5 REFERÊNCIAS

DANTAS, R. T.; SILVA, V.P. R. **ESTUDO DA VELOCIDADE DO VENTO EM BOTUCATU ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO GAMA INCOMPLETA**. in: ENCONTRO LATINOAMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2004, São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos, SP: UNIVAP, 2004. p.8-11.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. (1987), **Estatística Básica**, 4a Edição, Atual Editora: São Paulo.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. **Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava-SP**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.1, 30-34, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v23n1/03.pdf>> Acesso em: 27 ago 2017

OLIVERA. S. **FUNDAMENTOS DE METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA**. Capítulo 8 – Movimentos Atmosféricos . Disponível em: <<https://www.ufrb.edu.br/neas/documento/category/8-cca-035-meteorologia-e-climatologia-agricola?download=45:cap-9-vento>> Acesso em: 15 mai 2017.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. Disponível em <URL <http://www.R-project.org/>>.

SATO, M. **Avaliação do potencial eólico em microescala de Cascavel e região**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura. Cascavel, 2015. 90 p.. Disponível em: <<http://www4.unioeste.br/portalpos/index.php/dissertacoes-ener-agri>> Acesso em: 23 jul 2017.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. L. do. **Meteorologia descritiva. Fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo, Nobel, 1984. 374p.

VAREJÃO-SILVA, M, A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2. Recife, Pernambuco: 2006, 449p. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/Meteorologia\\_e\\_Climatologia\\_VD2\\_Mar\\_006.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/Meteorologia_e_Climatologia_VD2_Mar_006.pdf)>. Acesso em: 10 ago 2017.

Vianello, R. L, Alves, A. R. **Meteorologia básica e Aplicações**. 2ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012, 460p.

VIDAL, Lúcio Ângelo. **Caracterização dos Ventos em Várzea Grande, Mato Grosso, no Período de Cinco Anos**. Proficiência, [S.l.], n. 9, nov. 2015. ISSN 1806-0285. Disponível em: <>. Acesso em: 26 jun 2017.

WMO, World Meteorological Organization **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. No. 8, 5th edition, Geneva, Switzerland, 1983 Disponível em: <[https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO\\_Guide-7th\\_Edition-2008.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf)> Acesso em: 17 jul 2017.