

CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO SANTOS, SP. A COMPARATIVE STUDY OF WIND DIRECTION AND SPEED IN SANTOS, SP, BRAZIL.

EMERSON GALVANI¹

¹ Prof. Dr. Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, e-mail: egalvani@usp.br

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

RESUMO: Realizou-se uma caracterização da direção e velocidade predominante do vento em Santos, SP, com base em oito observações diárias para o período de 2000 a 2005 obtidos em estação meteorológica automática. Os resultados indicam que a velocidade média do vento na área de estudo é de 3,5 m.s⁻¹. A direção predominante do vento é de leste (E) com 26,0% das observações. Em seguida a direção sul (S) e sudeste (SE) com 25,0 e 16,7%, respectivamente. A presença de calmarias na área de estudo compreende 36,2% das observações realizadas entre os anos de 2000 a 2005.

PALAVRAS-CHAVE: frequência de ocorrência, direção do vento, velocidade do vento.

INTRODUÇÃO: A direção do vento expressa a direção de onde o *vento vem* transportando consigo determinadas propriedades atmosféricas (vapor d'água, materiais em suspensão, calor sensível e latente, etc) e sua velocidade à distância percorrida por esta parcela de ar num intervalo de tempo. No SI a velocidade média do vento é expressa em m.s⁻¹ (metros por segundo). Estudos de direção e velocidade predominante do vento contribuem para inúmeras atividades, a destacar: a) Instalação de quebra-ventos: tendo como finalidade a proteção de objetos (culturas, casas de vegetação, residências, etc.), situados a barlavento dos efeitos danosos do vento. b) Instalação de indústrias: em áreas urbanas, o conhecimento da direção predominante do vento, justifica se pela necessidade da dispersão de poluentes lançados na atmosfera por indústrias das mais diversas, de modo a não afetar áreas residenciais. Talvez aqui se identifique a principal justificativa para esse estudo. c) Conforto térmico: estudos aplicados à arquitetura ou engenharia civil para projetos de construções mais ou menos ventiladas, com portas ou janelas voltadas ou não para a direção predominante do vento. d) Aproveitamento eólico: necessário se faz caracterizar o vento predominante, principalmente quando se utiliza aeromotores de eixo horizontal, que não apresentam dispositivos capazes de alterar a direção da área de captação em relação aos fluxos de vento. Esse tipo de máquina deve ser instalado preferencialmente, com área de captação do vento perpendicular à direção predominante do vento (SOUZA, 1993). Bastos *et al.* (1996) destacam que em estudos de potencial eólico e vento predominante, deve-se atentar para o tipo de instrumento utilizado e o intervalo de tempo em que a média da velocidade ou direção é computada. Estudos e testes de engenharia em turbinas eólicas indicam que estas se mostram como um método promissor para geração econômica de eletricidade utilizando o potencial eólico de determinada região (MARTNER; MARWITZ, 1982). Destaca-se ainda, a importância do vento como agente no processo de polinização das flores e nos aspectos ligados à economia de água, dada a sua influência na evapotranspiração e na transferência de calor e vapor d'água mediante processos advectivos. Segundo Wagner *et al.* (1989), a direção predominante dos ventos no estado do Paraná encontra-se entre os quadrantes NE, E e SE. Este fato relaciona-se com os centros de

alta pressão dos oceanos Atlântico e Pacífico, que originam ventos de NE, E e SE (TUBELIS; NASCIMENTO, 1992). Silva et al. (1997) realizaram estudos sobre direção e velocidade do vento em Pelotas-RS e concluíram que a direção predominante do vento varia com a estação do ano; na primavera e no verão a direção predominante é leste (E); no outono a direção é sudeste (SE) e de nordeste (NE) no inverno. Ainda estes autores, destacam para o local em estudo, e em todas as estações do ano, uma grande incidência de ventos de direção nordeste (NE). Galvani et. al. (1999) estudando direção do vento em Maringá, Pr, concluíram que a média das três observações (09h, 15h e 21h local) diárias mostra predominância de ventos de direção nordeste (NE), independente da sazonalidade. A direção do vento é bastante variável no tempo e no espaço, em função da situação geográfica do local, da rugosidade da superfície, do relevo, da vegetação, do clima e da época do ano (VENDRAMINI,1986). Pesquisadores em ciências atmosféricas, utilizam estudos estatísticos do vento para descrever as condições de ambiente durante experimentos e no cálculo de parâmetros adicionais, como dados de entrada para análise de processos atmosféricos (ACKERMAN, 1983). Segundo Martins (1993), o conhecimento da direção predominante dos ventos, velocidades médias e possíveis fenômenos eólicos cíclicos que ocorrem num local, fornecem informações importantes para o posicionamento de quebra-ventos, orientações na construção de estábulos, distribuição das diferentes culturas no campo e principalmente, no posicionamento e dimensionamento das torres para utilização desta fonte de energia natural. O objetivo do presente trabalho é caracterizar a direção e a velocidade do vento a partir de dados de uma estação meteorológica automática instalada na base aérea de Santos, SP ao longo dos anos de 2000 a 2005.

MATERIAL DE MÉTODOS: A base de dados utilizado neste trabalho consiste em uma série de 2000 a 2005 de uma estação meteorológica automática instalada no Município de Santos, SP. As coordenadas da estação são: Latitude: 23,93° S, longitude de 46,3° W a altitude acima do nível do mar médio de 3,0 metros. Os registros dessa série foram obtidos as 08h, 09h, 10h, 12h, 13h, 16h, 18h e 22h, totalizando oito leituras diárias. Ao todo foram analisados 17.520 registros direção e velocidade do vento. Considera-se, portanto, que embora a série não seja suficientemente longa (seis anos), a amostragem temporal em escala próximo da horária comporá um quadro bastante fidedigno da climatologia da área. Procedeu-se o cálculo da direção do vento mediante a contagem do número de ocorrências de determinada direção para cada mês, utilizando-se da seguinte expressão:

$$f(x) = \frac{n}{N} * 100$$

em que: $f(x)$ é a frequência de ocorrência do vento em determinada direção (x); “n” o número de ocorrências de uma determinada direção; “N” o numero total de observações. Para efeito de cálculo de percentagem de direção predominante, foram consideradas as observações de calmaria e aquelas sem registro, visto que as mesmas influenciam no resultado final. Como os valores de direção do vento foram obtidos em graus contados a partir do norte geográfico (Azimute) padronizou-se que os ventos com ângulo entre 22,5 a 67,5° foram de direção Nordeste (NE), de 67,6 a 112,5° de direção Leste (E) e assim sucessivamente até completar todos os pontos cardeais e colaterais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A velocidade média do vento na área de estudo é de 3,5 m.s⁻¹. Os valores médios mais elevados ocorrem entre os meses de novembro a janeiro com média de 3,9 m.s⁻¹. O valor máximo médio ocorre no mês de novembro com 12,1 m.s⁻¹. A média anual dos valores máximos do vento é de 9,3 m.s⁻¹.

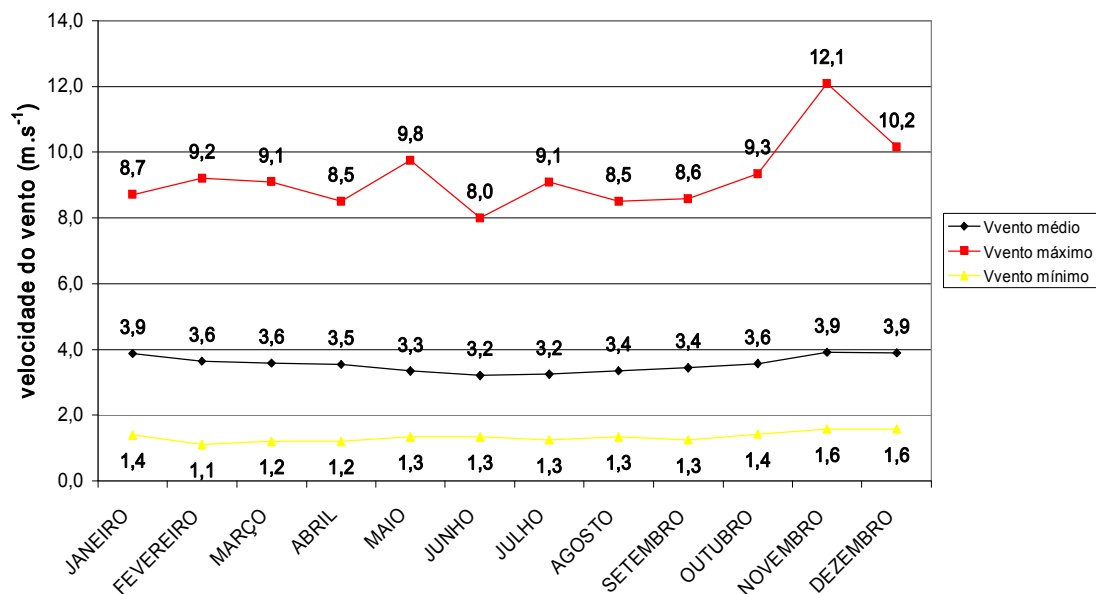


Figura 1: Variação da velocidade do vento (máximo, médio e mínimo) média mensal para os anos de 2000 a 2005. Estação: Santos-SP, Lat.: -23,93°S, Long.: -46,3° W e alt.: 3m.

Tabela 1: Variação da velocidade do vento (máximo, médio e mínimo) média mensal para os anos de 2000 a 2005. Estação: Santos-SP, Lat.: -23,93°S, Long.: -46,3° W e alt.: 3m.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Médio	3,9	3,6	3,6	3,5	3,3	3,2	3,2	3,4	3,4	3,6	3,9	3,9	3,5
Máximo	8,7	9,2	9,1	8,5	9,8	8,0	9,1	8,5	8,6	9,3	12,1	10,2	9,3
Mínimo	1,4	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,6	1,3

A direção predominante do vento na área de estudo é de leste (E) com 26,0% das observações. Em seguida a direção sul (S) e sudeste (SE) com 25,0 e 16,7%, respectivamente. Harari *et al* (2001) trabalhando com dados de janeiro e julho de 1997 obtiveram direções predominantes do quadrante sudeste e sul, respectivamente. A CETESB (1976) em seu trabalho intitulado “Baixada Santista – Carta do meio ambiente e sua dinâmica” apresentando resultados do clima da área de estudo afirmam que foi “impossível definir, com detalhes, o regime de ventos para toda a região devido ao número reduzido de estações meteorológicas equipadas de anemógrafos e a alta irregularidade topográfica”. Este cenário trinta anos depois não se diferencia muito daquele anterior. Os autores destacam um possível ciclo diário no regime dos ventos influenciados pela brisa terrestre (período noturno) e marítima (período diurno). Observaram que no período noturno a direção predominante é de Norte e Nordeste com baixas velocidades e no período diurno de quadrante sul e oeste entre 08 e 19h com velocidades moderadas. A presença de calmaria na área de estudo compreende 36,2% das observações realizadas entre os anos de 2000 a 2005.

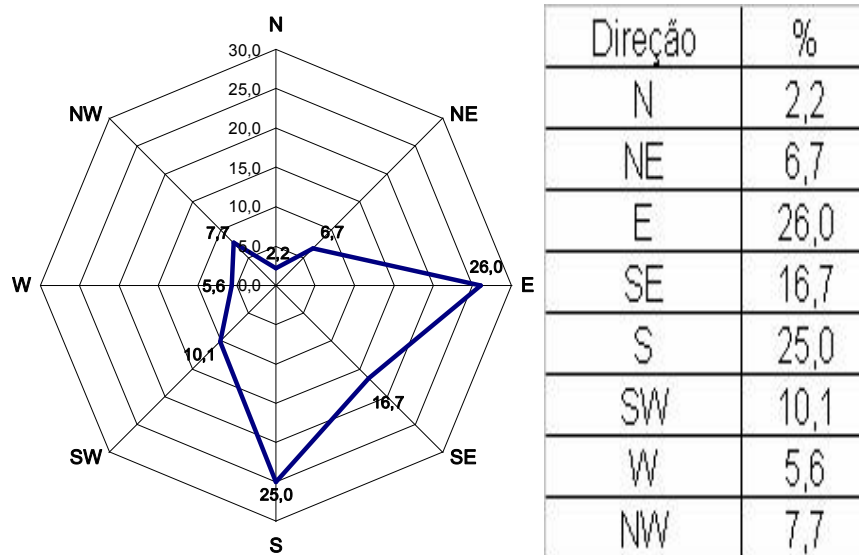


Figura 2 e tabela 2: Direção predominante do vento média mensal para os anos de 2000 a 2005. Estação: Santos-SP, Lat.: -23,93°S, Long.: -46,3° W e alt.: 3m.

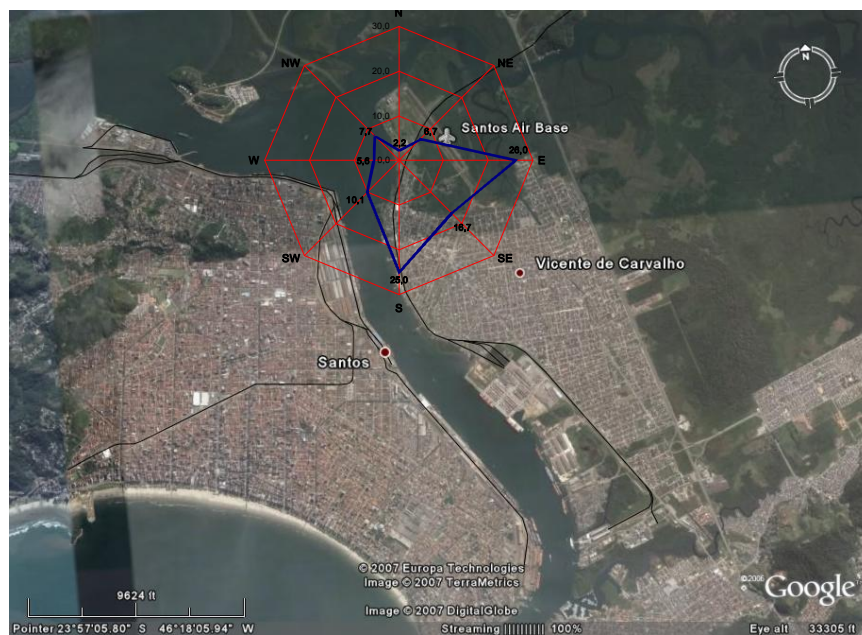


Figura 3: Imagen do satélite Íkonos com destaque para área de estudo e localização das frequências de ventos predominantes. Fonte: Google Earth, 2006

A figura 3 representa a imagem do satélite Íkonos englobando a área de estudo. Observa-se que o alinhamento, predominante do canal do porto de Santos, SP, é de sudeste-noroeste tendendo a norte-sul nas proximidades da estação meteorológica. Ao observar o hodógrafo da direção predominante dos ventos inserido na área de estudo, observa-se que a direção do vento sul com 25,0% das observações pode estar associado, em parte a canalização do vento pelo canal do porto.

CONCLUSÕES: A velocidade média do vento na área de estudo é de $3,5 \text{ m.s}^{-1}$. Os valores médios mais elevados ocorrem entre os meses de novembro a janeiro com média de $3,9 \text{ m.s}^{-1}$. O valor máximo médio ocorre no mês de novembro com $12,1 \text{ m.s}^{-1}$. A média anual dos

valores máximos do vento é de $9,3 \text{ m.s}^{-1}$. A direção predominante do vento na área de estudo é de leste (E) com 26,0% das observações. Em seguida a direção sul (S) e sudeste (SE) com 25,0 e 16,7%, respectivamente. A presença de calmaria na área de estudo compreende 36,2% das observações realizadas entre os anos de 2000 a 2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ACKERMAN, G.R. Means and standard deviations of horizontal wind components. *Journal of climate and applied meteorology*, Lancaster, v.22 , n. 5, pp. 959-61, 1983.
- BASTOS, T.X.; SILVA, M.M.; SANTOS, A.R. et al. Energia eólica no estado do Pará (resultados preliminares). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9, 1996, Campos do Jordão, SP. Anais..., Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro, 1996. p.1122-5.
- BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXII, 1993, Ilhéus, Ba. Anais...Ilhéus: CETESB. Baixada Santista: carta do meio ambiente e sua dinâmica. CETESB, 1976, São Paulo, 33p + anexos.
- GALVANI, E., KLOSOWSKI, E.S., CUNHA, A. R., MARTINS, D. Caracterização da direção predominante do vento em Maringá-Pr. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 81-90, 1999.
- HARARI, J.; CAMARGO, RICARDO DE; CACCIARI, P. L. . Análise de medições oceanográficas e meteorológicas no Canal do Porto de Santos (SP). In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, SBMET. Rio de Janeiro, 2000. v. 1. p. 2670-2675.
- MARTINS, D. O comportamento dos ventos na região de Botucatu – SP. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXII, 1993, Ilhéus, Ba. Anais...Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola / CEPLAC, 1993. 1413 p. p.815-24.
- MARTNER, B.G. & MARWITZ, JD. Wind characteristics in southern Wyoming, . *Journal applied meteorology*, Lancaster, v. 21, n. 12, pp. 1815-27, 1982.
- PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. de.; MACEDO, A. L. Guia para observador de postos agrometeorológicos do Instituto Agrônomo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1987. 59. (Boletim Técnico, 116).
- SILVA, J.B.; ZANUSSO, J.T.; SILVEIRA, D.L.M. et al. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, no 2, p.227-5, 1997.
- SOUSA, A de., GRANJA, S.C. Estimativas dos parâmetros “c” e “k” do modelo de WEIBULL e da direção dos ventos para Campo Grande e Dourados / MS, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, no 1, p.109-14, 1997.
- SOUSA, J.W. Análise climatológica do potencial eólico no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1993, 107p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. L. do. *Meteorologia descritiva – Fundamentos e aplicações brasileiras*. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1992. 374 p.
- VENDRAMINI, E.Z. Distribuições probabilísticas de velocidades do vento para avaliação do potencial energético eólico. Botucatu: UNESP, 1986. 110p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1986.
- WAGNER, C.S.; BERNARDES, L.R.M.; CORREA, A.R.; et al. Velocidade e direção predominante dos ventos no Estado do Paraná. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1989. 56 p. (Boletim técnico, 26).