

Mapeamento eólico do campus Florianópolis do instituto federal de Santa Catarina

Wind mapping of federal institute of Santa Catarina - campus Florianopolis

Tuanny Steffane Rodrigues, Mário Francisco Leal de Quadro, Márcia Fuentes Vetromilla

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

tuannysr@gmail.com

Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

marciaf@ifsc.edu.br, mquadro95@gmail.com

RESUMO

O uso de energia limpa e renovável, a partir de recursos eólicos, é um desafio do mundo moderno. A atuação de sistemas meteorológicos de escala sinótica podem provocar diferentes condições locais de tempo e circulação dependendo das características de terreno, comprometendo o potencial eólico do sítio desejado. O presente estudo tem como objetivo a avaliação preliminar da climatologia do vento na estação do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), a qual está situada em área urbana da cidade de Florianópolis, e também realizar uma comparação entre medidas de vento em alturas distintas no Campus. Foram analisados dados horários da estação automática no período de 2004 a 2012. As estatísticas descritivas de média e desvio padrão da velocidade do vento foram calculadas, e identificaram-se os máximos e mínimos absolutos dessa variável. Além disso, obtiveram-se as frequências de ocorrência das direções dos ventos em octantes. Os resultados mostram que os ventos neste sítio são, em geral, fracos. As maiores velocidades ocorreram de setembro a dezembro e as menores entre abril e julho. A predominância do vento foi de norte (N), seguida da direção sul (S). Na comparação entre dois anemômetros em alturas distintas, identificou-se dois padrões de vento, um em velocidades mais baixas (até 2 m/s) com predominância de ventos de N, e outro em velocidades mais altas (acima de 2 m/s) com ventos de S.

Palavras Chave: Climatologia. Vento. Energia eólica.

ABSTRACT

This study aims to review the preliminary climatology of the wind in the Federal Institute of Santa Catarina (IFSC), which is situated in an urban area of Florianópolis. The study also intends to compare measurements of wind (speed and direction) at different heights on Campus. Hourly data from automatic weather station were analyzed during a period of 8 years (from 2004 to 2012). Statistics of mean and standard deviation were calculated and have identified the absolute maximum and minimum of this variable. In addition, we obtained the frequencies of occurrence of the wind direction in octants. The results show that the winds in this site is generally weak. The highest speed occurred from September to December; the lowest between April and July. The predominant wind was the north (N) direction, followed by the south (S). In comparison to the two anemometers at different heights, we identified two wind patterns: one at lower speeds (below 2m/s) and the other at higher speeds (above 2 m/s).

Keywords: Climatology. Wind. Wind energy.

1 Introdução

O vento é o deslocamento do ar que ocorre devido ao gradiente de pressão atmosférica. O que gera estas diferenças bárias é a distribuição diferencial da radiação solar pelo globo, e outros fatores, tais como, continentalidade, altitude e latitude, que influenciam diretamente os processos de aquecimento das massas de ar atmosférico (COSTA e LYRA, 2011). 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).

A preocupação com o meio ambiente aumentou muito nos últimos anos, com isso a energia eólica vem ocupando lugar de destaque na matriz energética de muitos países. Os ventos são fontes de energia limpa, renovável e menos agressora ao meio ambiente. No Brasil, a capacidade instalada ainda é muito pequena quando comparada aos países líderes em geração de energia eólica. No entanto, políticas de incentivos estão começando a produzir os primeiros resultados, e espera-se um crescimento da exploração deste recurso nos próximos anos (COSTA e LYRA, 2011).

A geração eólica isolada é bastante abrangente, pois turbinas eólicas pequenas são capazes de atender muitas demandas mesmo com velocidades menores de vento. No Brasil, com exceção da Floresta Amazônica, há diversas áreas para esse tipo de aproveitamento, como pode ser observado na figura 1 (Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001).

A velocidade do vento pode aumentar com a altura. A extensão pela qual a velocidade do vento aumenta com a altura é governada por um fenômeno chamado "wind shear" (Figura 2). Fricção entre ar mais lento e mais rápido conduz ao aquecimento, à velocidade do vento mais baixa e muito menos energia de vento disponível perto do solo (FERREIRA & LEITE, 2006).

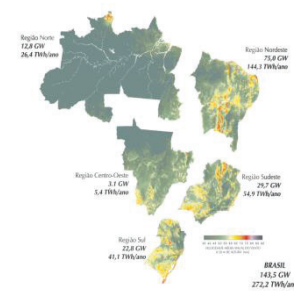


Figura 1 - Velocidades médias anuais do vento à 50 m de altura e potencial eólico
Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001

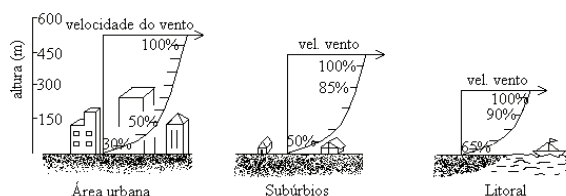


Figura 2 - Variação do vento com a altura
Fonte: FERREIRA & LEITE, 2006

Na região sul do Brasil, encontram-se os Planaltos do Sul, os quais estendem-se de São Paulo até os limites do Rio Grande do Sul. A Depressão do Nordeste da Argentina é quem controla o escoamento atmosférico geral nessa área. O gradiente de pressão entre a Depressão do Nordeste da Argentina e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul induz um escoamento persistente de nordeste ao longo desta área, conforme ilustra a figura 3 (Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001).



Figura 3 - Direções do vento predominantes no Brasil. Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001

O presente estudo tem como objetivo principal definir a climatologia do vento na região central do Campus de Florianópolis, a partir de 8 anos de coleta de dados, visando contribuir para identificação do potencial eólico em uma área urbana do centro de cidade. Os objetivos específicos referem-se à: (i) Determinar da variabilidade sazonal da velocidade do vento e suas direções predominantes e (ii) realizar uma comparação entre medidas de vento em alturas distintas.

2 Metodologia

No estudo climático, o período de dados utilizados foi de maio de 2004 a abril de 2012, que integram a série de dados histórica da estação meteorológica do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Para a análise sazonal das variáveis, foram utilizados os dados horários da estação automática instalada a 10 m de altura, como mostrado na figura 4a. Para complementação do estudo, foi instalado um anemômetro, durante o período de 03 de dezembro de 2013 à 14 de fevereiro de 2014, há 20 m de altura (Fig. 4b), visando encontrar uma relação estatística com as medidas do anemômetro da estação automática do IFSC.



(a) (b)

Figura 4 – Imagem dos 2 anemômetros instalados a 10 m (a) e 20 m (b) utilizados no estudo.

Para a análise sazonal das variáveis foram utilizados os dados horários de direção e velocidade do vento da estação automática. O cálculo da frequência do vento considerou

oito direções predominantes, cada uma com 45°, como ilustrado na tabela 1.

Tabela 1 – Divisão das direções em octantes com intervalos de 45°

Direção inicial (°)	Direção final (°)	Octante
0	22,5	Norte (N)
22,51	67,5	Nordeste (NE)
67,51	112,5	Leste (E)
112,51	157,5	Sudeste (SE)
157,51	202,5	Sul (S)
202,51	247,5	Sudoeste (SO)
247,51	292,5	Oeste (O)
292,51	337,5	Noroeste (NO)
337,51	360	Norte (N)

A expressão utilizada para o cálculo da frequência mensal é apresentada através da equação 1.

$$f(x) = \frac{n}{N} * 100 \tag{1}$$

na qual, f(x) é a frequência de ocorrência do vento em uma direção, n é o número de ocorrências de uma direção e N é o número total de observações. A equação 2 calcula a média das direções do vento por estação do ano.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \tag{2}$$

onde \bar{x} é a média aritmética de cada direção, x_i são os valores das direções e n é o número de valores de direção para cada octante.

Para a velocidade do vento, calculou-se a média aritmética para cada mês, utilizando a equação 2. O desvio padrão foi calculado utilizando a equação 3.

$$s = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n} \quad (3)$$

Na segunda etapa do estudo instalou-se um anemômetro em um prédio localizado no vão central do Campus Florianópolis do IFSC, a 20 m de altura, com objetivo de realizar uma relação estatística com o anemômetro já instalado a 10 m na estação meteorológica do Campus.

3 Resultados

Na estação meteorológica do IFSC, durante todo o período analisado, os ventos com maiores frequências são de direção norte, sudoeste, nordeste e sul, respectivamente. Os ventos de norte prevalecem na estação do IFSC com uma média de 22% ao ano (figura 2). Os ventos menos frequentes na estação meteorológica são os ventos de Oeste e Noroeste que juntos somam aproximadamente 4% de todas as direções. Na análise sazonal do vento é possível observar a frequência das direções do vento na estação meteorológica do IFSC (figura 2). Durante a estação mais quente do ano, o verão, os ventos mais frequentes na estação do IFSC são os ventos de Norte, como mostra a figura 5a. Percebe-se no gráfico uma intensidade maior das direções Norte, Sudoeste e Nordeste que representam respectivamente 22%, 19% e 18%. A figura 5b mostra que no outono, os ventos vindos de Sul se intensificam logo no primeiro mês do outono, estes que, durante a estação de verão eram menos significativos, passam a ser os principais. Os ventos de Sudoeste e Nordeste permanecem constantes em relação à estação anterior. No inverno (figura 5c), estação mais fria do ano, os ventos perdem totalmente a característica predominante do Outono e voltam a ter a característica do verão, ou seja, os ventos do quadrante Norte voltam a predominar com uma média de 26% de todas as direções. A primavera se caracteriza por ventos principalmente de Norte e de Sudoeste, com frequência de aproximadamente 25%

e 23% respectivamente (figura 5d). Essas direções são bastante significativas durante todos os meses desta estação.

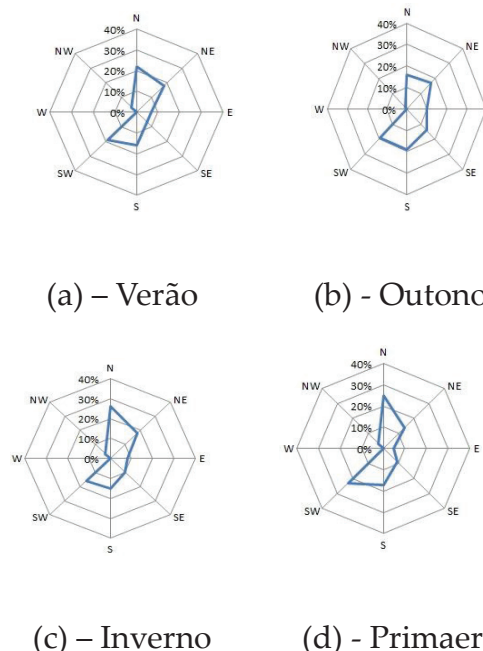


Figura 5 – Distribuição sazonal de frequência das direções predominantes do vento na estação automática do IFSC, no período de 2004 a 2012

A velocidade máxima dos ventos atingida na estação durante o período de estudo foi de aproximadamente 8 m/s (28,8 km/h). Em uma análise climatológica, a velocidade média mensal oscila entre 1,5 e 2 m/s durante o ano (figura 6), entretanto, é perceptível o aumento de intensidade do vento nos meses setembro a janeiro quando ocorre um maior aquecimento com a proximidade da estação de verão do Hemisfério Sul. O desvio padrão da velocidade é relativamente baixo, ficando entre 1 e 1,5 m/s durante todos os meses, indicando a baixa variabilidade da série de dados.

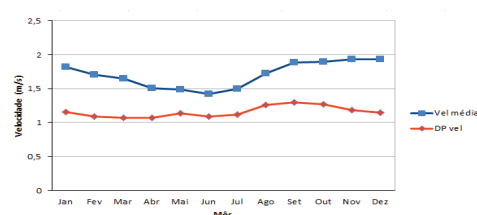


Figura 6 - Velocidade média mensal e desvio padrão (DP) da velocidade do vento no período de 2004 a 2012.

Através da figura 7 observou-se que os ventos mais fracos (velocidades entre 0 e 4 m/s) são mais frequentes que os ventos mais intensos. Esta maior frequência de ventos fracos pode estar associada à localização da estação meteorológica do IFSC, que está posicionada em uma área urbana de Florianópolis e cercada por prédios e morros.

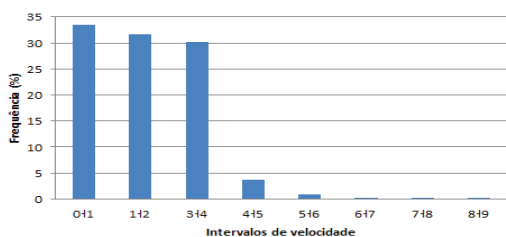


Figura 7 – Distribuição de frequência da velocidade de 1 em 1 m/s, no período de 2004 a 2012.

Na figura 8, observa-se um padrão de oscilação da intensidade do vento. Durante as primeiras horas do dia o vento é menos intenso e inicia uma elevação a partir das 8 horas da manhã, com um pico máximo de aproximadamente 2,5 m/s entre 15 e 16 horas. A partir desse horário verifica-se uma redução da intensidade média horária do vento. Assim como na figura 6, o aumento da velocidade está diretamente relacionado com o maior aquecimento diurno, em função da maior incidência de radiação solar.

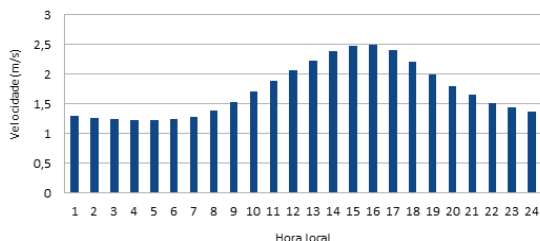


Figura 8 - Ciclo diurno da velocidade do vento (m/s), no período de 2004 a 2012

O ciclo diurno da direção do vento é apresentado na figura 9. Nota-se que, quando a velocidade inicia o aumento de sua intensidade (entre 8 e 9 horas da manhã) os ventos de N e SW passam a predominar. No final do dia, quando a

velocidade do vento se torna menos intensa, essas direções passam a ter uma frequência reduzida e o vento fica com predomínio de S e NE. A maior frequência de ventos de N e SW no período de maior aquecimento diurno está associada à localização da estação, devido à existência de um corredor norte/sul sem a presença de obstáculos próximos. Além disso, a leste há encontra-se o maciço morro da cruz e a oeste o prédio central do campus Florianópolis.

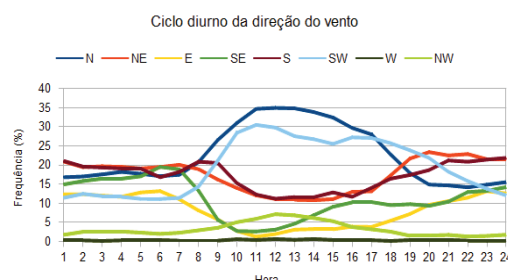


Figura 9 – Ciclo diurno da direção do vento, no período de 2004 a 2012.

A figura 10 apresenta o gráfico de dispersão entre os dois sensores de vento instalados em alturas distintas. É possível observar dois possíveis padrões de regressão entre os anemômetros caracterizados nas velocidades mais baixas (até 2,5 m/s) da estação automática instalada a 10 m (padrão 1) e acima de 2,5 m/s (padrão 2). Em ambos os casos a relação é linear, porém no padrão 1 a velocidade a 20 m chega a ser o dobro da velocidade a 10 m. Já no padrão 2, quase não se observa diferença entre os valores observados acima (20 m) e abaixo (10 m).

A figura 11 mostra a razão entre as velocidades do sensor a 20 m e a 10 m. Quando a razão entre os anemômetros é menor que 1, ou seja, a velocidade pode diminuir com a altura, o vento predominante é o NE (figura 11a). Com isso, pode-se afirmar que um vento predominante do quadrante N não necessariamente aumenta a sua velocidade com a altura. Quando a razão é maior que 1, o vento passa a ser mais intenso em 20 m e não tem direção predominante (figura 11b).

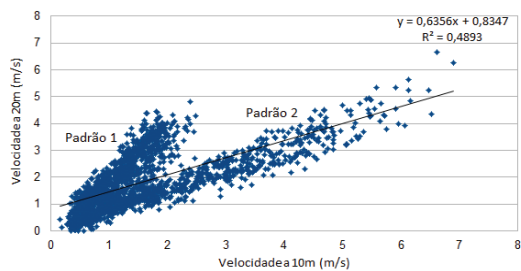


Figura 10 – Correlação horária entre o anemômetro da estação convencional a 10 m e o anemômetro instalado no prédio do vão central a 20 m

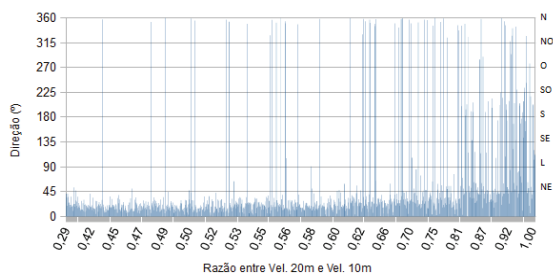


Figura 11 (a) – Razão entre a velocidade a 20 m e a velocidade a 10 m

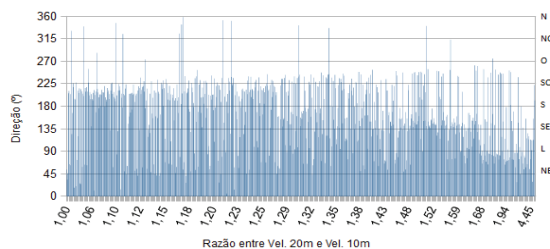


Figura 11 (b) – Razão entre a velocidade a 20 m e a velocidade a 10 m

4 Conclusão

Constatou-se, durante todo o período analisado, que os ventos com maiores frequências são do quadrante N e S, respectivamente. A intensidade média mensal dos ventos na estação automática do IFSC não ultrapassa os 2 m/s. Com isso, os ventos mais fracos (velocidades entre 0 e 4 m/s) são mais frequentes que os ventos mais intensos. Essas constatações estão diretamente associadas à localização da estação meteorológica do IFSC, que está cercada por prédios e morros. A

velocidade apresenta um padrão de elevação durante o dia e também nos meses de verão. Isso se deve ao fato de estar relacionado com o aquecimento atmosférico devido a maior incidência de radiação solar. Na segunda etapa do trabalho, observaram-se dois padrões de regressão entre os anemômetros. Um padrão, o qual ocorre nas velocidades mais baixas, em que a velocidade aumenta o dobro e outro padrão que ocorre nas velocidades mais altas, em que neste quase não se observa aumento da velocidade.

Segundo Costa e Lyra (2012), a geração de energia se inicia com velocidades da ordem de 3,0 m/s, logo o potencial da estação a 10 m da superfície fica abaixo desta estimativa. Com isso, sugere-se para trabalhos futuros a realização da climatologia sintética de 8 anos a partir dos dados observados a 20 metros de altura, e assim analisar o potencial em uma altura com menos obstáculos.

Referências

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf Acesso em: 17/09/2014

COSTA, G.B.; LYRA, R. F. F. Análise dos padrões do vento no estado de Alagoas. Revista Brasileira de Meteorologia, 2011.

FERREIRA, R.; LEITE, B. M. da C. Aproveitamento da Energia Eólica. Disponível em <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/eolica/eolica.htm>, Acesso em 2014.

VENDRAMINI, E.Z. Distribuições probabilísticas de velocidades do vento para avaliação do potencial energético eólico. Botucatu:UNESP, 1986. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1986.