

PROBABILIDADE DA VELOCIDADE MÉDIA MENSAL DO VENTO NO PASSO DO LONTRA/PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE: UM ESTUDO PRELIMINAR.

PROBABILITY OF WIND SPEED MONTHLY AVERAGE AT PASSO DO LONTRA /PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE, BRAZIL: A PRELIMINARY STUDY.

Amaury de Souza¹, Luciana de Souza Soler¹ e Widinei Alves Fernandes¹

RESUMO

O trabalho teve por objetivo a determinação, em diversos níveis de probabilidades, dos valores esperados de velocidade de vento, em função das médias diárias registradas durante dois anos (1994-1995) para a região do Passo do Lontra, Pantanal sul-matogrossense. Baseando-se no teste Kolmogorov-Smirnov, verificou-se que a ocorrência deste evento meteorológico pode ser adequadamente representada pela função de distribuição de probabilidade beta. Valores de velocidade média de vento na ordem de 116,7km/dia demonstram a grande possibilidade para utilização desse elemento meteorológico como uma fonte alternativa de energia para a região.

Palavras-chave: vento, função de densidade beta.

SUMMARY

This paper objective to study the distribution of wind velocity to Passo do Lontra, Pantanal Sul-matogrossense, Brasil site, using beta density function. For this purpose, average monthly wind data collected during 2 years (1994-1995) was used. Using Kolmogorov-Smirnov test, it was observed that wind data showed good fitting with the beta distribution function. Average values close to 116.7km/day, showed there is a great potential to the use of this natural energy as a alternative power source.

Key words: wind data, beta distribution

INTRODUÇÃO

O conhecimento da variação e do comportamento cíclico anual das correntes eólicas, juntamente com suas magnitudes, é um meio de se estimar o possível aproveitamento de energia eólica, pois o vento como fonte de energia é largamente utilizado em vários países como Grécia, Índia e Estados Unidos. Atualmente existem em funcionamento sistemas de conversão que podem variar de menos de um quilowatt a alguns megawatts de potência, segundo a Organização Mundial de Meteorologia, para fornecer energia para diversas finalidades entre elas, a indústria, atividades agrícolas e uso doméstico. O dimensionamento e a escolha de tais sistemas requer, entretanto, o conhecimento do potencial eólico da região onde será instalado o equipamento. E, ainda, seu aproveitamento na conversão de energia eólica em energia elétrica ou mecânica é altamente recomendado em localidades de difícil acesso e cuja instalação de redes ou linhas elétricas, além de acarretar a perda de potência através do efeito Joule, pode tratar-se de uma prática razoavelmente dispendiosa.

O fator “energia” pode ser considerado como uma das necessidades básicas da vida humana. De maneira geral, observa-se que a maior quantidade utilizada no dia a dia é proveniente de combustíveis fósseis e carvão vegetal, sendo que estas fontes vêm sendo exauridas em uma velocidade acentuada nos últimos anos (MISHRA & SHARMA, 1992).

Nesta atuação, vêm à tona a necessidade de pesquisas envolvendo a possibilidade de utilização de energias alternativas, principalmente na agricultura, setor esse considerado como um dos maiores consumidores. Dentro desse contexto, a energia produzida pelos ventos não exaurível e aparentemente ilimitada, destaca-se como uma alternativa de grande potencialidade.

Sendo a velocidade do vento uma variável randômica, é importante salientar a ocorrência de variabilidade diária e mensal, nos valores médios estimados dentro de uma série de anos. Essa inevitável variação que ocorre nos eventos meteorológicos justifica a utilização de análises mais criteriosas para estimativa dos valores a serem assumidos como constantes para uma determinada região, análises estas relacionadas à distribuição de freqüência dos valores estimados (SAAD & SCALLOPI, 1988).

Fazendo uso destas informações e do fato de que não há estudos realizados em Mato Grosso do Sul neste aspecto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de determinar, a diversos níveis de probabilidade, os valores médios mensais assumidos pela velocidade do vento para a região do Passo do Lontra no Pantanal sul-matogrossense, estimativa esta obtida a partir da função de densidade beta.

MATERIAL E MÉTODOS

A função de densidade beta pode ser expressa da seguinte forma (FALLS, 1973; HAAN & BARFIELD, 1973):

$$B(x) = \frac{1}{(b-a)} \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p)\Gamma(q)} \left(\frac{x-a}{b-a}\right)^{p-1} \left(1 - \frac{x-a}{b-a}\right)^{q-1} \quad (1)$$

¹ Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, C.P. 549, CEP79070-900-Campo Grande-MS; e-mail: amaury@nin.ufms.br

onde a e b correspondem ao menor e ao maior valor da série de dados, respectivamente, Γ é o símbolo da função gama das respectivas variáveis, p e q são parâmetros da distribuição beta e x é um valor qualquer da variável em análise. A estimativa dos parâmetros p e q pode ser realizada a partir do método dos momentos (PEARSON, 1934):

$$p = \frac{\mu_1 \cdot (\mu_1 - \mu_2)}{[\mu_2 - (\mu_1)^2]} \quad (2)$$

$$q = \frac{(1 - \mu_1) \cdot (\mu_1 - \mu_2)}{[\mu_2 - (\mu_1)^2]} \quad (3)$$

onde (μ_1) corresponde ao momento de ordem 1 para a variável x e μ_2 ao momento de ordem 2 para a mesma variável, dentro de uma série de N dados. Estes termos podem ser estimados à partir das seguintes expressões:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^j x_i}{N} \quad (4)$$

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=1}^j x_i^2}{N} \quad (5)$$

onde x_i corresponde a cada valor da variável em estudo durante a série de dados.

Para a estimativa dos valores correspondentes e de ocorrência de probabilidade através da distribuição beta, a equação (1) deve ser adimensionalizada para um intervalo compreendido entre $[0 e 1]$. A variável adimensionalizada x toma então a seguinte forma:

$$x' = \frac{x - a}{b - a} \quad (6)$$

sugerindo que a função de densidade da distribuição beta assuma a seguinte forma:

$$B(x') = \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p)\Gamma(q)} \cdot (x')^{p-1} \cdot (1-x')^{q-1} \quad (7)$$

onde $0 < x' < 1$, para $p > 1$ e $q > 1$.

A integração numérica da equação (7) confere os valores de probabilidade de ocorrência para um valor de x qualquer dentro do intervalo considerado.

A estimativa dos valores médios mensais de velocidade de vento dentro de diversos níveis de probabilidade, utilizando-se os conceitos matemáticos apresentados na equação (7), foi realizada a partir de

dados referentes à uma série de dois anos, obtidos juntos à estação meteorológica, no Passo do Lontra/“Pantanal” , cujas coordenadas geográficas são: latitude: 19°34'S, longitude: 17°00'W e altitude: 81m.

Tabela 1. Valores mensais estimados de velocidade de vento (km/dia) à determinados níveis de probabilidade [p(x = X)] para a região do Passo do Lontra/Pantanal sul-matogrossense.

NÍVEIS DE PROB.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
5	88,5	82,0	91,0	82,5	96,2	106,2	116,7	83,0	82,6	79,4	86,4	68,3
10	88,6	82,7	91,1	82,9	96,3	106,3	116,7	83,8	83,2	79,8	86,5	69,3
15	88,8	83,0	91,1	83,2	96,4	106,4	116,7	84,2	83,5	80,0	86,6	69,8
20	88,9	83,2	91,2	83,4	96,5	106,5	116,7	84,5	83,7	80,2	86,7	70,2
25	89,0	83,4	91,3	83,5	96,6	106,5	116,7	84,7	83,9	80,3	86,8	70,5
30	89,1	83,6	91,4	83,7	96,6	106,6	116,7	84,9	84,0	80,5	86,9	70,7
35	89,2	83,7	91,5	83,8	96,7	106,6	116,7	85,0	84,1	80,6	87,0	70,9
40	89,3	83,8	91,6	84,0	96,8	106,6	116,7	85,1	84,3	80,7	87,1	71,1
45	89,4	84,0	91,7	84,1	96,9	106,7	116,7	85,3	84,4	80,8	87,2	71,3
50	89,5	84,1	91,8	84,2	97,0	106,7	116,7	85,4	84,5	80,9	87,3	71,5
55	89,6	84,2	91,8	84,4	97,0	106,8	116,7	85,5	84,6	81,0	87,3	71,6
60	89,7	84,3	91,9	84,5	97,1	106,8	116,7	85,6	84,7	81,1	87,4	71,8
65	89,8	84,4	92,0	84,6	97,2	106,9	116,7	85,7	84,8	81,2	87,5	71,9
70	89,9	84,6	92,1	84,7	97,2	106,9	116,7	85,8	84,9	81,3	87,6	72,1
75	89,9	84,7	92,1	84,8	97,3	106,9	116,7	85,9	85,0	81,4	87,7	72,2
80	90,0	84,8	92,2	84,9	97,4	107,0	116,7	86,0	85,1	81,5	87,8	72,3
85	90,1	84,9	92,3	85,0	97,4	107,0	116,7	86,1	85,2	81,6	87,9	72,5
90	90,2	85,0	92,4	85,2	97,5	107,0	116,7	86,2	85,3	81,7	88,0	72,6
95	90,3	85,1	92,4	85,3	97,6	107,1	116,7	86,3	85,4	81,8	88,0	72,7

A aferição do ajuste dos valores médios mensais de velocidade de vento à função densidade beta foi baseada no teste de Kolmogorov-Smirnov (CAMPOS, 1983). Este teste usa os valores estimados através de uma específica e conhecida distribuição teórica (ou real) do evento F(x), que no caso deste estudo corresponde aos valores determinados através da função de densidade beta, à dados provenientes de uma distribuição empírica estimada com os valores observados S(x).

Como forma de caracterização da área em estudo, no presente trabalho procurou-se estimar os valores de velocidade de vento nos seguintes níveis de probabilidade: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 e 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Tabela 1 e Figura 1 é possível verificar que a maior ocorrência de vento estabelece-se nos meses de junho e julho, e o menor valor no mês de dezembro. Este dado é relevante porque esta poderia ser a época do início da semeadura das culturas irrigadas na região através do processo de inundação, desta forma o presente estudo fornece subsídios para a utilização de forma mais criteriosa dessa energia disponível. Como exemplo, presuppõe-se a utilização de cataventos como fonte de potencial alternativa para o bombeamento de água para as culturas. MARTINS (1983) determinou o potencial eólico na região de

Botucatu, Estado de São Paulo, utilizando uma série de dados de velocidade média de ventos. Segundo o autor, as velocidades máximas encontradas para o local oscilaram em torno de 15km/h ou 360km/dia para o mês de setembro, época essa considerada de maior intensidade do elemento meteorológico. É interessante verificar que esse dado estimado, por se tratar de um valor máximo, teoricamente apresentaria uma pequena probabilidade de ocorrência. Esse fato é comprovado pelo presente estudo através da Tabela 1, onde pode-se verificar que a probabilidade de ocorrer um valor menor ou igual a esse evento seria maior do que 95% (ao nível de 95% de probabilidade estima-se o valor de 116,7km/dia), o que é plenamente aceitável. Nota-se na Tabela 1 que o mês que apresentou maiores índices de velocidade de vento para a referida região foi julho enquanto na pesquisa realizada por MARTINS (1983) foi em setembro.

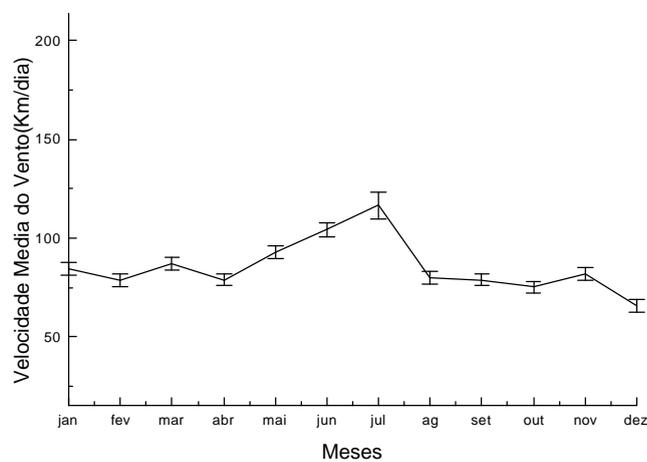


Figura 1. Valores médios mensais da velocidade dos ventos para a região do Passo do Lontra/Pantanal sul-matogrossense.

Os valores estimados das probabilidades teórica e calculada através da função beta, para os dados de velocidade de vento para o mês de julho, para o Passo do Lontra, foram: ordem 1, velocidade do vento = 116,7km/dia, probabilidade de ocorrência teórica (D) = 1,00; Função empírica (S) = 0,99; $|D-S| = 0,01$ e ordem 2, velocidade do vento = 114,6 km/dia, probabilidade de ocorrência teórica (D) = 0,95; Função empírica (S) = 0,83; $|D-S| = 0,12$, quando calculados para todos os meses os menores e maiores valores de $|D-S|$ foram 0,00 e 0,18. Ao nível de 5% de probabilidade o teste de Kolmogorov-Smirnov indica o valor de 0,243 para a diferença máxima $|D-S|$. Visto que as diferenças apresentadas não excederam este limite, pode-se concluir que o evento meteorológico discutido pode ser representado através da função de densidade beta, quando analisados períodos médios mensais.

É interessante verificar que o desvio médio dos valores da velocidade de vento encontrados para esta série foi de 50,8 com uma média de 84,5km/dia e com amplitude dos valores extremos indicando o valor de 382,5km/dia, valor este representativo para o evento meteorológico quando analisado dentro de uma série de anos, justificando assim a utilização de estimativa dos valores de velocidade de vento a determinados níveis de probabilidade, empregando-se funções de densidade. Essa mesma tendência pode ser observada

através de valores estimados das probabilidades teóricas e calculada através da função beta, para os dados de velocidade amostrados no mês de dezembro durante a série: velocidade do vento = 75,7km/dia, probabilidade de ocorrência teórica (D) = 1,00; Função empírica (S) = 0,99; $|D-S| = 0,01$ e ordem 2, velocidade do vento = 75,4km/dia, probabilidade de ocorrência teórica (D) = 0,95; Função empírica (S) = 0,98; $|D-S| = 0,03$. Nesta situação, verifica-se que o valor determinado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov não foi excedido, confirmando-se então a tendência de que o fenômeno de distribuição da velocidade do vento para os períodos médios mensais pode ser representado através da função densidade beta. Para este mês os desvios médios dos valores da velocidade do vento foi de 50,1 com uma média de 65,2km/dia e com uma amplitude de 213,7km/dia.

Utilizando-se então os procedimentos matemáticos, estimaram-se os valores de velocidade de vento em períodos mensais para a localidade do Passo do Lontra durante os diversos meses do ano apresentados na Tabela 1.

CONCLUSÕES

De posse dos resultados apresentados, conclui-se que:

- os valores médios mensais de velocidade de vento na região de Passo do Lontra/Pantanal sul-mato-grossense podem ser adequadamente estimados pela função de densidade Beta;
- por meio dos valores estimados, tem-se uma indicação de um potencial eólico apreciável para a região, que deveria ser avaliado por estudos complementares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, H. **Estatística Experimental Não Paramétrica**. 4. ed. Piracicaba : ESALQ, 1983. 343 p.
- FALLS, L.W. **The Beta distribution: a statistical model for word cloud cover**. Alabama : NASA, 1973. 6 p. (Technical Memorandum. TMX - 64714).
- HAAN, C.T., BARFIELD, B.J. Data stimulation from probability distributions. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v. 16, n. 2, p. 374-377, 1973.
- MARTINS, D. Determinação do potencial eólico na região de Botucatu-SP, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1993, Ilhéus, **Anais...**, Ilhéus : SBEA - CEPLAC, 1993. v. 2, 1413 p. p. 826-839.
- MISHRA, S.P., SHARMA K.N. Utility of windmill in Coastal Belt of Orissa. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin América**. Amsterdam, v. 23, n. 4, p. 47-49, 1992.
- PEARSON, K. **Tables of the incomplete Beta function**. London : University College, Biometriks Office, 1934. 494 p.

SAAD, J.C.C., SCALOPPI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis : ABID, 1988, v. 2, 747 p. p. 1037-1052.