



## CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO EM SEROPÉDICA (RJ)

Dione Galvão da Silva<sup>1</sup>, Roberto Precci Lopes<sup>2</sup> & Daniel Fonseca de Carvalho<sup>3</sup>

**RESUMO:** Propriedades rurais com limitação de energia elétrica podem se beneficiar da energia eólica para atividades que demandam baixos potenciais na agricultura familiar. No entanto, requer estudos preliminares sobre o potencial eólico da região. A existência de uma série temporal de observações da velocidade e direção do vento a uma altura adequada é um requisito básico e indispensável para avaliação desse potencial. O objetivo do trabalho foi caracterizar o comportamento dos ventos e o potencial eólico para Seropédica-RJ, baseados em dados de velocidade média diária dos ventos no período de 1961 a 1994, e em dados de direção de ventos entre o período de 2005 a 2009, coletados a 10 m de altura. Os quadrantes de direção eólica Oeste-Sudoeste e Leste-Sudeste apresentam maior predominância dos ventos, sendo preferenciais para o funcionamento de aerogeradores de pequeno porte. A velocidade média dos ventos foi de 2,94 m.s-1, enquanto a densidade de potencial foi de 29,3 W m-2, os quais são considerados baixos para o aproveitamento comercial da energia eólica, porém é viável para aplicações práticas como bombeamento de água e geração de energia elétrica para sistemas que demandam pequena potência.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia eólica, aerogerador, weibull.

### CHARACTERIZATION OF THE POWER WIND POTENTIAL IN SEROPÉDICA (RJ) REGION

**ABSTRACT:** Family farming with limited electricity can benefit from wind energy for activities that require low potencies. However, the implantation of wind power plants requires preliminary studies on the wind potential in the region. The existence of a series of observations of wind speed and direction at a suitable height is a basic requirement to evaluate this potential. The objective of this study was to characterize the behavior of the winds and the wind potential in the city of Seropédica (RJ), based on data from the daily average wind speed from the period 1961 to 1994, and wind direction data from the period 2005 to 2009, collected at 10 meters in height. The winds coming from west-southwest and east-southeast have higher prevalence, being preferred for the operation of small wind turbines. The wind average speed was 2.94 m s-1, while the potential density was 29.3 W m-2, which is low for commercial exploitation of wind energy, but it is feasible for practical applications such as pumping water and electricity generation for systems that require low power.

**KEYWORDS:** wind energy, aerogenerator, weibull.

---

<sup>1</sup> Embrapa Agrobiologia. E-mail: dione.galvao@embrapa.br

<sup>2</sup> Professor Associado II, UFV/Departamento de Engenharia Agrícola. Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus Universitário. CEP: 36.570-000. Viçosa-MG. E-mail: roberto.precci@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Associado IV, UFRRJ/IT/Departamento de Engenharia. BR 465, km 7. CEP: 23897-000. Seropédica-RJ. E-mail: carvalho@ufrj.br

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia tem aumentado consideravelmente em virtude do rápido crescimento econômico em países como a China, Índia e Brasil. Face ao aumento do consumo de bens e serviços pela sociedade contemporânea e do risco iminente de crise energética, estudos tem sido realizados visando a melhor utilização de fontes alternativas para produção de energia elétrica (MATHEW et al., 2002). Fontes não renováveis como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural são os componentes principais da matriz energética de muitos países apesar da poluição ambiental gerada pelos seus usos (BAYRAKCI & KOÇAR, 2012). Além disso, com a diminuição das reservas dos combustíveis fósseis, motivando o aumento do preço para o consumidor, novas formas de energia devem ser adotadas a fim de viabilizar o desenvolvimento sustentável (LIU & WANG, 2009).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2012), no Brasil 57,3% da energia utilizada no setor rural é oriunda de combustíveis fósseis, especialmente óleo diesel. A dependência de combustíveis fósseis nas operações agrícolas torna a agricultura brasileira altamente vulnerável, uma vez que conflitos internacionais que levam à instabilidade dos preços do petróleo, sempre tiveram reflexos negativos na agricultura por elevarem os preços dos produtos agrícolas.

A fim de reduzir a emissão global dos gases de efeito estufa, a geração de energia a partir de fontes alternativas está começando a ganhar força em todo o mundo, inclusive na América Latina (ZULUAGA & DINER, 2007). Pela sua posição geográfica e extensão, o Brasil é um dos países com maior potencial para produção de energia renovável (GELLER et al., 2004). Em 2010 a biomassa contribuiu com 4,7% da oferta interna de energia elétrica, boa parte oriunda do bagaço de cana (BRASIL, 2011). Os resíduos madeireiros também ocupam lugar de destaque, uma vez que 38 termoeletricas no país funcionam com esses resíduos. Pode-se citar ainda como potencial para geração de energia elétrica o biogás, cuja participação na produção de energia elétrica tende a aumentar devido ao volume de resíduos sólidos gerados nos grandes centros urbanos. Além das fontes citadas, destacam-se também as energias solar e a eólica (AL SULEIMANI & RAO, 2000), consideradas renováveis, não poluentes e de fácil aquisição e instalação, principalmente em áreas litorâneas e agrícolas, onde tem se tornado viável o bombeamento de água para irrigação (PUROHIT & KANDPAL, 2005; PUROHIT, 2007; KUMAR & KANDPAL, 2007). Os benefícios ambientais associados ao uso dessas fontes de energia são evidentes, como menor emissão de gases atmosféricos e menor consumo hídrico, além de permitir o desenvolvimento social, uma vez que aumenta a geração de empregos e assegura abastecimento à população. No entanto, a adoção destas tecnologias requer projeção

econômica uma vez que o custo inicial é elevado e os recursos são intermitentes, o que resultam em incertezas por parte de investidores (WALTER, 2003).

Liu & Wang (2009) comentam que o uso de energias renováveis tem aumentado de forma substancial e com o uso de sistemas híbridos solar-eólico é possível obter maior capacidade e confiabilidade na geração de energia a partir do uso combinado de turbinas eólicas e geradores fotovoltaicos, superando as flutuações na geração em diferentes condições climáticas.

Em muitos países a adoção da energia eólica promove a diversificação do setor de produção de energia elétrica compatível com a conservação ambiental. Assim, face aos debates sobre as questões ambientais, o aproveitamento da energia eólica se insere como uma alternativa para promover tanto o desenvolvimento econômico como a redução de impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis.

Propriedades rurais com limitação de energia elétrica podem-se beneficiar dessa tecnologia, que requer, no entanto, estudos preliminares sobre o potencial eólico da região e da viabilidade técnica e econômica deste aproveitamento. Assim, um requisito básico e indispensável para avaliação desse potencial seria a existência de uma série temporal de observações da velocidade e direção do vento a uma altura adequada (SILVA et al., 2002; CANCINO-SOLO RZANO & XIBERTA-BERNAT, 2009; AHIN, 2004). Apesar de serem desejáveis velocidades superiores a 7,0 m s<sup>-1</sup> visando a exploração comercial da energia eólica, ventos com velocidades inferiores podem ser aproveitados para aplicações práticas que demandam baixos potenciais na agricultura familiar, como bombeamento de água e acionamento de pequenos aerogeradores. Kumar & Kandpal (2007) comentam que muitos aerogeradores comerciais são projetados para funcionar com uma velocidade média mínima de 10 km h<sup>-1</sup>.

De posse de séries temporais de velocidade do vento, é possível estudar a sua distribuição de frequência por meio de funções de probabilidade, sendo a distribuição de Weibull a dois parâmetros uma das mais utilizadas (SEGURO & LAMBERT, 2000), por ser a função contínua que melhor se ajusta a uma distribuição discreta representada nos histogramas de velocidade dos ventos. Além disso, Justus et al. (1978) afirmam que essa distribuição apresenta simplicidade de aplicação quando comparada a modelos mais complexos como o Método dos Momentos e da Máxima Verossimilhança.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo caracterizar o comportamento dos ventos e o potencial eólico para Seropédica-RJ, como fonte de potência para uso na agricultura familiar.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado com dados de orientação e velocidade de ventos obtidos, respectivamente, em uma estação meteorológica automática instalada no SIPA (Fazendinha Agroecológica Km 47), e na estação convencional Ecologia Agrícola (83741), pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ambas localizadas no município de Seropédica (RJ), sob as coordenadas 22°45'13''S e 43°40'23''W, a uma altitude de 34,0 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Aw, com chuvas concentradas no período novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5°C (CARVALHO et al., 2006). Embora o município apresente regiões de serra, o relevo do município é classificado como de baixa e média declividade, adequado a agricultura e pecuária (PEREIRA et al, 2012).

Utilizaram-se dados da estação automática do período de 2005 a 2009, mensurados em um anemômetro modelo 033001-L RMYOUNG e registrados diariamente a cada 30 minutos. Conforme Silva et al.(2002) foram considerados oito intervalos correspondentes a cada direção de vento (N, NE, L, SE, S, SO, O e NO), representando, cada uma, um intervalo de ±22,5°. Assim, a direção Leste (E), por exemplo, correspondeu a um intervalo com direções de ventos entre 67,5 a 112,5°.

Os dados foram avaliados por meio de análise de frequência das observações diárias (equação 1), as quais foram agrupadas mensalmente e plotadas em gráficos do tipo rosa dos ventos.

$$f(x) = \left( \frac{n}{N} \right) \cdot 100$$

em que:

f(x) – frequência de ocorrência do vento em uma determinada direção;

n – número de ocorrências em uma determinada direção;

e

N – número total de observações.

Para estudo do potencial eólico da região utilizaram-se dados de velocidade do vento da estação convencional do período de 1961 a 1994, medidos por anemógrafo universal instalado a 10 m acima da superfície do solo. Os dados foram tabulados em classes de velocidade com intervalos de 1,0 m.s<sup>-1</sup> e com o número de ocorrência dentro de cada classe, possibilitando a obtenção do histograma de frequência relativa da velocidade do vento (Figura 1).

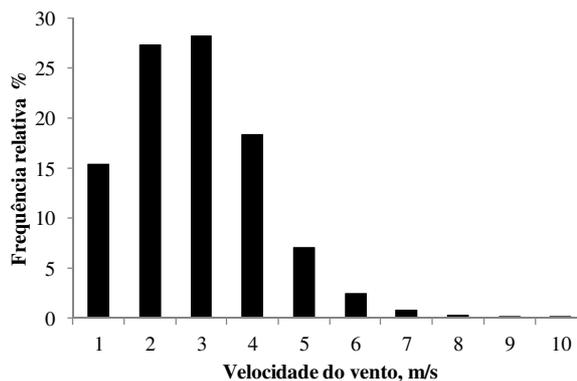


Figura 1: Frequência relativa de ocorrência de ventos no período de 1961 a 1994, medidos a 10 m do solo em Seropédica-RJ.

Para caracterizar o perfil de ocorrência das velocidades apresentadas na Figura 1 foi aplicada a distribuição de Weibull a dois parâmetros (equação 2).

$$f(u) = \frac{k}{c} \left( \frac{u}{c} \right)^{(k-1)} \exp \left[ - \left( \frac{u}{c} \right)^k \right]$$

em que:

u - velocidade média do vento;

k - fator de forma;

c - fator de escala.

Para a determinação dos fatores de forma e de escala utilizou-se o método dos mínimos quadrado, que consiste na obtenção de uma equação de regressão a partir da função de probabilidade acumulada da distribuição de Weibull dada pela equação 3 (GABRIEL FILHO et al., 2008).

$$F(u) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{u}{c} \right)^k \right] \tag{3}$$

A equação 3 foi linearizada para a obtenção da equação 4.

$$\ln \{ - \ln [1 - F(u)] \} = k \cdot \ln u - k \ln c \tag{4}$$

A equação acima foi representada na forma Y = A.x + B, onde Y = ln{-ln[1 - F(u)]}, A = k, x = ln u, B = -k.ln c. Desta forma, conhecendo-se os coeficientes A e B da equação da reta é possível determinar os fatores c e k

fazendo-se  $c = e^{\frac{B}{k}}$ , onde k = A.

O valor da função F(u) para cada valor de velocidade representativa de cada classe foi calculado utilizando-se o método de integração trapezoidal.

Para a determinação do ajuste do modelo de Weibull aos valores observados da série determinou-se o erro residual pela equação 5.

$$E^2 = \sum_{n=1}^n [F_{obs}(u_i) - F_{calc}(u_i)]^2 \tag{5}$$

em que

F<sub>obs</sub> – probabilidade acumulada observada para u < u<sub>i</sub>;

$F_{calc}$  – probabilidade acumulada calculada pelo modelo para  $u < u_i$ ;

A variância foi calculada pela equação 6

$$\sigma^2 = c^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \left[ \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]^2 \right\} \quad (6)$$

Ainda adotando-se a metodologia apresentada por Gabriel Filho et al (2008), determinou-se a velocidade média anual dos ventos ( $u_{ma}$ ) pela equação 7.

$$u_{ma} = C\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

em que  $C\Gamma$  representa a função densidade de probabilidade Gama dada pela equação 8, na qual  $t$  representa o intervalo de tempo.

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt$$

A densidade média da potência eólica, expressa em  $W.m^{-2}$  foi obtida pela Equação 9, em que  $\rho$  representa a massa específica do ar.

$$P_{ot} = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right)$$

Adotou-se como massa específica do ar o valor padrão de  $1,225 \text{ kg m}^{-3}$  a  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  ao nível do mar, em função da posição geográfica de Seropédica.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Direção

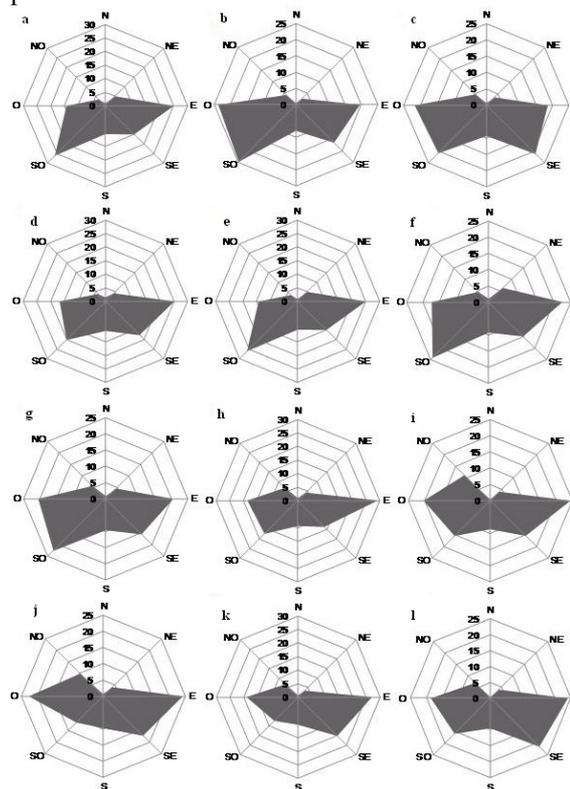
A Figura 2 apresenta a direção média do vento em porcentagem para os doze meses do ano, durante o período de 2005 a 2009. Analisando-se a Figura, percebe-se que a direção Leste (E) predominou na maior parte do ano, com exceção do período de maio, junho e julho, cujas frequências apresentaram-se maiores na direção Sudoeste (SO). A direção de vento Norte (N) foi a que apresentou menor predominância ao longo do ano, com valores de frequência inferiores a 1,48%.

A direção Leste (E) apresentou valores de frequência variando de 20% a 29%, aos meses de fevereiro e agosto, enquanto a direção Sudoeste (SO) apresentou valores de frequência variando de 11 a 26%, correspondendo, respectivamente, aos meses de outubro e maio.

As direções sudeste (SE) e oeste (O), esta última ocorrendo com maior frequência no mês de fevereiro, demonstraram também ser representativas para a região de Seropédica (RJ), com frequências variando de 14 a 24% e 14 a 23%, respectivamente, para cada direção.

O conhecimento da direção mais provável de ventos é fundamental para o aproveitamento eólico para geração de eletricidade, possibilitando adequar a distribuição de aerogeradores em um parque eólico para maior produção de eletricidade (CANCINO-SOLÓRZONO & XIBERTA-BERNAT, 2009). Assim, para a região de Seropédica os quadrantes O-SO e E-SE são preferenciais

para o funcionamento de aerogeradores de pequeno porte.



**Figura 2:** Frequência média da direção do vento para a Região de Seropédica, RJ, nos doze meses de a) Janeiro; b) Fevereiro; c) Março; d) Abril; e) Maio; f) Junho; g) Julho; h) Agosto; i) Setembro; j) Outubro; k) Novembro; l) Dezembro, no período de 2005 a 2009. As siglas N, NE, E, SE, S, SO, O, significam, respectivamente: norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste e oeste.

Um estudo para a região metropolitana do Rio de Janeiro identificou o direção sudoeste como a mais predominante no período da tarde em Seropédica (JOURDAN et al., 2006). Os mesmos autores verificaram forte influência do Oceano Atlântico, incluindo as Baías de Guanabara e Sepetiba, na distribuição horizontal dos ventos na região. Embora o quadrante Norte é predominante para a região Metropolitana, mecanismo de brisas e características do terreno impõem que a circulação seja diferenciada para Seropédica (JOURDAN et al., 2006).

#### Velocidade e Potência Estimada

A velocidade média dos ventos é apresentada na Figura 3, na qual se observa que a 10 m de altura, o maior valor encontrado é  $2,81 \text{ m s}^{-1}$ , em setembro. Enquanto que, no mês de maio encontrou-se o menor valor, de  $1,96 \text{ m s}^{-1}$ .

O período chuvoso (de outubro a março) apresentou média de  $2,54 \text{ m s}^{-1}$  e o período seco (maio a setembro) de  $2,35 \text{ m s}^{-1}$ .

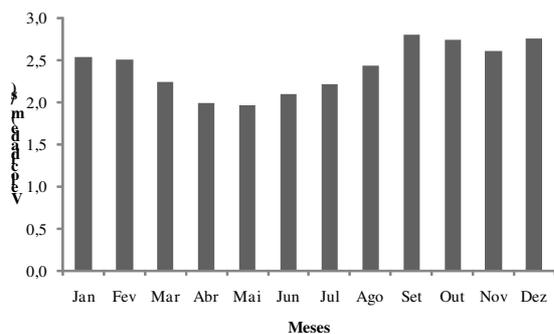


Figura 3: Dados mensais de velocidade dos ventos, no período de 1961 a 1994.

A função linearizada  $Y = Ax + B$  encontra-se representada na Figura 4, com os coeficientes  $A = 2,025$  e  $B = -2,429$ . O coeficiente de determinação foi de 99,47%.

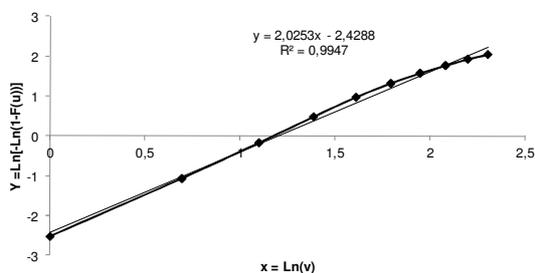


Figura 4: Função linearizada para obtenção dos parâmetros A e B.

Os parâmetros de forma e de escala foram de, respectivamente, 2,025 e 3,317, e a função densidade de probabilidade encontrada de:

$$f(u) = 0,1785 \cdot u^{1,0253} \cdot e^{(-0,0881 \cdot u^{2,0253})} \tag{10}$$

A Figura 5 representa graficamente a função densidade de probabilidade de Weibull para os dados de Seropédica (equação 10). A curva apresentou o formato da curva de Rayleigh, concordando plenamente com o valor  $k = 2,025$  obtido para dados de ventos. Observa-se que a velocidade de  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  apresentou a maior probabilidade de ocorrência (26%).

Com relação à frequência de ocorrência ao longo do ano, contata-se na Figura 6 que a frequência de ventos na classe de 2 a  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  foi predominante nos meses de setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, enquanto que a classe de 1 a  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  foi predominante nos meses de maio, junho, julho e agosto. As velocidades são consideradas baixas para o aproveitamento comercial da energia eólica na altura em que foram obtidas, porém é possível suas aplicações para bombeamento de água e geração de energia elétrica para sistemas que demandam pequena potência. Um exemplo disso é o sistema instalado em Seropédica, com capacidade de 1.000 W. Visando o fornecimento de

energia para um sistema de irrigação por gotejamento, SANTOS et al. (2011) concluíram que ao gerar 536 W de potência, o aerogerador (Enersud) atendeu satisfatoriamente o sistema de irrigação na cultura do feijão-caupi, no período de agosto a novembro de 2010. Os autores afirmam que o sistema é suficiente para atender a irrigação em pequenas áreas bem como o funcionamento de outros aparelhos elétricos.

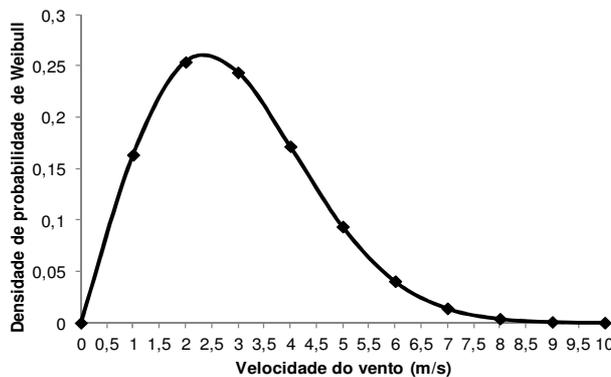
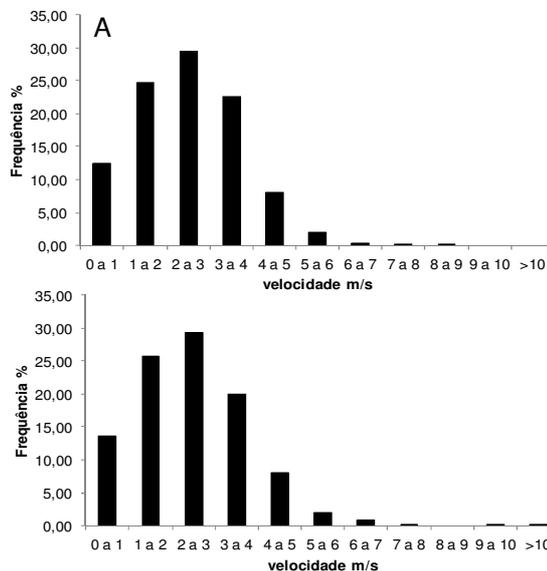
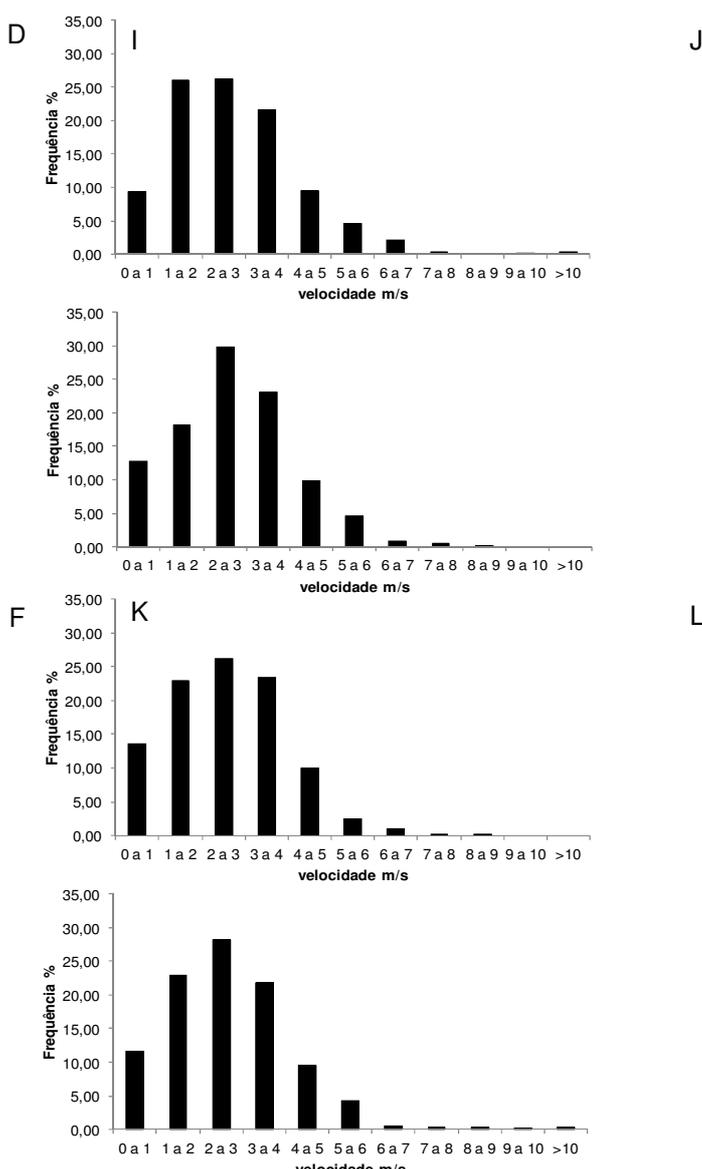
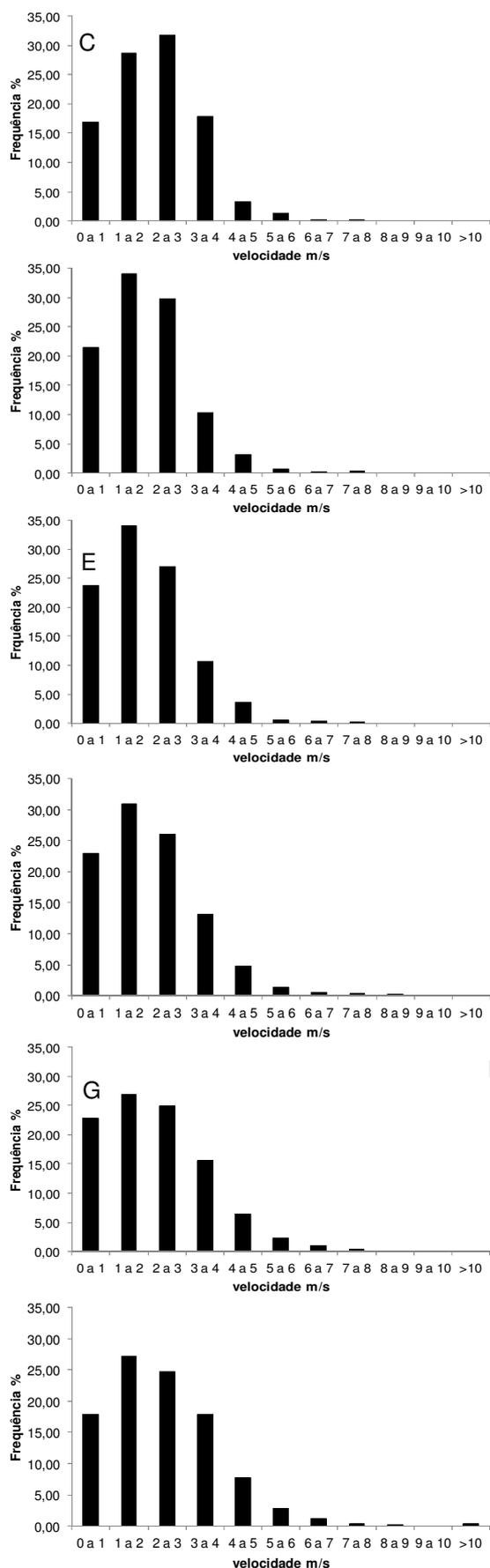


Figura 5: Representação gráfica da função densidade de probabilidade de Weibull para a velocidade do vento em Seropédica (RJ) no período de 1961 a 1994.



B



**Figura 6:** Frequência de classes de velocidade em Seropédica (RJ), no período de 1961 a 1994. A) Janeiro; B) Fevereiro; C) Março; D) Abril; E) Maio; F) Junho; G) Julho; H) Agosto; I) Setembro; J) Outubro; K) Novembro; L) Dezembro.

Para estudos visando o aproveitamento comercial deve-se analisar dados de ventos em alturas maiores. Segundo Marques et al. (2010), torres anemométricas instaladas a alturas superiores a 10 metros são necessárias para que não ocorra subestimação do potencial eólica da região.

Utilizando a mesma metodologia deste estudo, Gabriel Filho *et al.* (2008) encontraram, para Botucatu-SP, parâmetros de forma (k) e de escala (c) próximos aos de Seropédica. De acordo com a Tabela 1, os ventos de ambas regiões apresentam o mesmo comportamento, com densidade de potência de  $29,3 \text{ W m}^{-2}$  e  $24,6 \text{ W m}^{-2}$ , respectivamente, para Seropédica (RJ) e Botucatu (SP). Isto confirma ser a velocidade média anual de ambas as regiões muito parecidas, sendo, respectivamente, de 2,94

m.s<sup>-1</sup> e de 2,77 m.s<sup>-1</sup>. Outra evidência do comportamento semelhante do vento das duas regiões foi a velocidade com maior probabilidade de ocorrência apresentarem valores muito próximos (2,4 e 2,3 m.s<sup>-1</sup>, para Seropédica e Botucatu, respectivamente).

**Tabela 1:** Comparação entre parâmetros eólicos de Seropédica – RJ e Botucatu - SP.

Parâmetros	Seropédica-RJ	Botucatu- SP
Parâmetro de forma (k)	2,025	2,053
Parâmetro de escala (c)	3,317	3,132
Densidade de potência, W.m <sup>-2</sup>	29,3	24,6
Velocidade média anual, m.s <sup>-1</sup>	2,94	2,77
Velocidade com maior probabilidade	2,4	2,3

Ao comparar os valores do fator de escala (c) observou-se que este apresentou maior valor para Seropédica (3,317) que para Botucatu (3,132), indicando, portanto, ser a velocidade média do vento em Seropédica maior do que a de Botucatu. Estes dados mostram ainda que o potencial eólico é menor para o interior quando comparado com os encontrados em localidades situadas próximas do litoral, conforme os dados disponíveis no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (AMARANTE, 2001).

O erro residual entre os dados observados e os obtidos pelo modelo de Weibull foi inferior a 4,9%. O desvio padrão foi de 1,5 e o coeficiente de variação de 51,7%. Estes valores são elevados, o que demonstra grande dispersão dos dados em relação à média, pela qual também pode ser explicado pelo baixo valor do fator de forma k.

#### 4 CONCLUSÃO

O modelo de Weibull ajustou-se bem aos dados de distribuição de frequência de ventos de Seropédica, podendo ser utilizado para estudar o comportamento dos ventos desta localidade;

A velocidade média anual e a densidade de potência do vento não permitem o aproveitamento comercial da energia eólica nos níveis de medição a 10 m de altura, porém para aplicações práticas como bombeamento de água e geração de energia elétrica para sistemas que demanda pequena potência é possível;

Para o município de Seropédica os quadrantes O-SO e E-SE são os que apresentam maior predominância dos ventos;

O fator de escala apresentou valor característico de ventos de baixa velocidade e o fator de forma de uma curva de distribuição típica de Rayleigh.

#### 5 REFERÊNCIAS

- AHIN, A. D. S. Progress and recent trends in wind energy. **Progress in Energy and Combustion Science**, Pittsburgh, v. 30, n.5 , p. 501-543, 2004.
- AL SULEIMANI, Z.; RAO, N. R. Wind-powered electric water-pumping system installed in a remote location. **Applied Energy**, Västerås, v. 65, n. 1-4 , p. 339-347, 2000.
- AMARANTE, O. A. C; ZACK, M. B.; J.; SÁ, A. L. Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília, DF: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESEB), 2001. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasil%20eiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasil%20eiro.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2013.
- BAYRAKCI, A. G.; KOÇAR, G. Utilization of renewable energies in Turkey's agriculture. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Golden, v.16, n.1 , p. 618-633, 2012.
- CANCINO-SOLO RZANO, Y.; XIBERTA-BERNAT, J. Statistical analysis of wind power in the region of Veracruz (Mexico). **Renewable Energy**, Brighton, v. 34, n.6 , p. 1628-1634, 2009.
- CARVALHO, D. F. et al. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 14, n.2 , p.108-116, 2006.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro, 2012. 282 p.
- GABRIEL FILHO, L. R. A. et al. Caracterização do comportamento eólico da região de Botucatu-SP através da distribuição de Weibull. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 7., 2008, Fortaleza. **Anais... Fortaleza**: Nipenergia, 2008. p. 1-9.
- GELLER, H. et al. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. **Energy Policy**, Chattanooga, v. 32, n. 12 , p.1437-1450, 2004.
- JOURDAN, P; MARTON, E.; PIMENTEL, L. C. Caracterização do regime de vento próximo à superfície na região metropolitana do Rio de Janeiro no período 2002-2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBMET, 2006. p.1-6.

JUSTUS, C. G. et al. Methods for estimating wind speed frequency distributions. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 17, n. 3, p. 350-353, 1978.

KUMAR, A.; KANDPAL, T. C. Renewable energy technologies for irrigation water pumping in India: A preliminary attempt towards potential estimation. **Energy**, Aalborg, v. 32, n.5 , p. 861-870. 2007.

LIU, L. Q.; WANG, Z. X. The development and application practice of wind-solar energy hybrid generation systems in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Golden, v. 13, n. 6-7, p. 1504-1512, 2009.

MARQUES, V. S. et al. Determinação de potencial eólico no estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais...** Belém: SBMET, 2010. p.583-587.

MATHEW S.; PANDEY, K. P.; KUMAR, A. Analysis of wind regimes for energy estimation. **Renewable Energy**, Brighton, v. 25, n. 3, p. 381-399, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço energético nacional 2011: ano base 2010. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)>. Acesso em: 22 fev. 2013.

PEREIRA, J. A. R. et al . **Plano diretor agrícola municipal de Seropédica -PDAM Seropédica**. Cidade: Editora, data de publicação. Disponível em: <<http://www.portalseropedica.com/agricultura/plano%20diretor%20agricola%20de%20seropedica.swf>> Acesso em: 11 out. 2012.

PUROHIT, P. Financial evaluation of renewable energy technologies for irrigation water pumping in India. **Energy Policy**, Chattanooga, v. 35, n.6 , p. 3134-3144, 2007.

PUROHIT, P.; KANDPAL, T. C. Renewable energy technologies for irrigation water pumping in India: projected levels of dissemination, energy delivery and investment requirements using available diffusion models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Golden, v. 9, n.6 , p. 592-607, 2005.

SANTOS, H. T. et al. Utilização de energias renováveis no cultivo de feijão caupi, em Seropédica-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Anais...**, Guarapari: SBMET, 2011. 5 p.

SEGURO, J. V.; LAMBERT, T. W. Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, Montréal, v. 85, n.1 , p. 75-84. 2000.

SILVA, B. B. et al. Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 431-439, 2002.

WALTER, A. Fomento à geração elétrica com fontes renováveis de energia no meio rural brasileiro: barreiras, ações e perspectivas. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2003, Campinas. **Anais... Campinas: Unicamp**, 2003. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022000000100028&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000100028&lng=en&nrm=abn)> Acesso em: 30 mar. 2010.

ZULUAGA, M. M.; DYNER, I. Incentives for renewable energy in reformed Latin-American electricity markets: the Colombian case. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 15, n.2 , p.153-162, 2007.