

ISSN 0104-1347

Análise do potencial eólico de algumas localidades do Estado do Rio Grande do Sul¹

Analysis of the eolic potential of some locations in the Rio Grande do Sul State, Brazil

João Baptista da Silva², Diego Oliveira de Souza³ e Gisele dos Santos Zepka⁴

Resumo - A opção por modelos generalizados e ecologicamente viáveis de geração de energia tem sido a grande preocupação dos governos da maioria dos países do mundo. Com esta finalidade destaca-se a força dos ventos como uma abundante e inesgotável fonte de energia renovável e disponível em todos os lugares. No presente trabalho, avaliou-se o potencial eólico de algumas localidades do Estado do Rio Grande do Sul. Velocidades médias pentadais do vento foram estimadas, pela aproximação da distribuição normal, para as probabilidades de 1% a 99% e, a partir desses dados, determinou-se o potencial eólico esperado pela fórmula de Betz, para quatro localidades do Rio Grande do Sul: Caxias do Sul, Campo Bom, Santa Rosa e Taquari. Com potenciais razoáveis, as três primeiras localidades comprovaram as indicações de regiões favoráveis ao uso de energia eólica, destacadas no mapa eólico do Rio Grande do Sul. As estimativas iniciais dos potenciais eólicos, para os níveis de probabilidade de 25, 50 e 75% da velocidade média pentadal, apresentaram-se como adequadas para diversas atividades agrícolas e turísticas nas quatro localidades. Constituem estas informações um subsídio valioso para estudos mais aprofundados à possibilidade de instalação de usinas geradoras de energia elétrica nas vizinhanças dos locais de origem dos dados observados.

Palavras-chave: ventos, transformação de dados, distribuição normal.

Abstract - The option for generalized and ecologically feasible models for generating energy has been a concern of the government of most countries. Particularly, the wind power constitutes a copious and inexhaustible source of renewable energy that is available in many locations. This paper presents the results of an evaluation of the eolic potential of some locations of the State of Rio Grande do Sul. The average pentad speed of wind were estimated by approximation to the normal distribution for the probabilities of 1% to 99%. The expected eolic potential was determined by the Betz's formula for four locations of the Rio Grande do Sul State: Caxias do Sul, Campo Bom, Santa Rosa and Taquari. The former three locations revealed reasonable potential for the use of eolic energy, distinguished in the eolic map of Rio Grande do Sul. The initial estimates of the eolic potential for the probability levels of 25%, 50% and 75% of the pentad average speed revealed adequate for the various agricultural and tourist activities in the four locations. This is valuable information for electric generating plants projects in the neighborhood of the locations that originated the observed data.

Key words: winds, data transformation, normal distribution.

¹Trabalho realizado com o apoio do CNPq e FAPERGS.

²Eng^o Agrônomo, Livre Docente, Doutor em Ciências, Bolsista do CNPq, Professor Titular (Aposentado) do Instituto de Física e Matemática (UFPEL), e-mail: jbsilva@ufpel.tche.br

³Aluno do Curso de Graduação em Meteorologia da UFPEL, Bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS, e-mail: grumge@pop.com.br

⁴Meteorologista, Aluna do Curso de Pós-Graduação (FURG), Ex-bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS.

Introdução

Os grandes impactos ambientais provenientes de fontes energéticas tradicionais (termoelétrica, biomassa, nuclear, etc) têm levado muitos países a investirem cada vez mais no desenvolvimento de tecnologias para o uso de fontes renováveis de energia. A opção por um modelo descentralizado e ecologicamente viável de geração de energia possibilitará suprir as necessidades de grande parte da população, principalmente nas zonas rurais e comunidades isoladas que, sem energia, permanecem condenadas ao subdesenvolvimento, o que incentiva as pessoas a buscarem melhores condições econômicas, sociais e culturais e a migrarem para os centros urbanos mais desenvolvidos. O aporte energético dessas áreas, portanto, deve ser considerado como prioritário no processo de desenvolvimento, para possibilitar a melhoria das condições de vida, aumentar a produtividade do trabalho e, conseqüentemente, fixar significativas parcelas da população em seus locais de origem. Sob estes aspectos, a força do vento é uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em quase todos os lugares.

Existem, atualmente, mais de 30.000 turbinas eólicas de grande porte⁵ em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 13.500 MW. No âmbito do Comitê Internacional de Mudanças Climáticas, está sendo projetada a instalação de 30.000 MW, por volta do ano 2030, podendo tal projeção ser estendida em função da perspectiva de venda dos "Certificados de Carbono" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2003).

A geração de energia a partir de turbinas eólicas no Brasil iniciou em julho de 1992, contando hoje com uma capacidade de 20,3 MW, com turbinas de médio a grande portes conectadas à rede elétrica. Além disso, existem dezenas de turbinas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para aplicações diversas, como bombeamento, carregamento de baterias, telecomunicações e eletrificação rural. A previsão do Brasil para a geração de energia é de 1000 MW até 2005 " (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2003).

No Rio Grande do Sul, desde 1999, o governo estadual tem dirigido sua atenção numa avaliação do potencial eólico do Estado, ao realizar seminários, apoiar projetos de pesquisa e elaborar o mapa do potencial eólico do RS disponível atualmente no site da Secretaria de Minas e Energia e Comunicação (SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E COMUNICAÇÕES, 2003).

A partir dos dados da Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada no Campus da Universidade Federal de Pelotas e dos dados da Estação Agroclimatológica da Cascata, localizada no Centro de Pesquisas Agropecuárias de Clima Temperado da EMBRAPA, foram construídas tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal dos ventos incidentes nestas localidades e estimados os respectivos potenciais eólicos (BAPTISTA DA SILVA *et al.*, 2000; BAPTISTA DA SILVA & BURGUEÑO, 2001).

As diferentes metodologias de avaliação do potencial eólico (por exemplo, baseadas nas tabelas de probabilidades da velocidade média do vento sob a hipótese de normalidade dos dados), e a característica pontual do vento justificam o presente trabalho. O objetivo é uma estimativa do potencial eólico de algumas localidades do Estado do Rio Grande do Sul, seguindo critérios distintos daqueles que permitiram a elaboração do mapa eólico do Estado, acima referido.

Material e métodos

A velocidade do vento é medida com anemômetro ou com cata-vento tipo Wild, ambos localizados a 7 metros do solo. Os dados são geralmente registrados em três observações diárias, 12 TMG⁶, 18 TMG e 24 TMG, mas em outros locais as observações são registradas em médias diárias (km/dia).

Os arquivos de dados da velocidade média diária, criados para um período de 10 anos (1991 a 2000), possibilitaram gerar os arquivos da velocidade média pentadal⁷, que foram usados na construção das tabelas de probabilidade dessa variável climática, nas quatro localidades. A fundamentação teórica deste trabalho baseia-se na homogeneidade de

⁵Turbinas com capacidade de 1500 a 25000 kW com diâmetro do rotor de 65 a 80 metros e altura de torre de 65 a 80 metros. Existem turbinas de maior capacidade mas ainda são poucas em operação.

⁶Tempo Médio de Greenwich, no Brasil, temos menos 3 horas em relação às zero hora de Greenwich.

⁷Pentada é o conjunto de cinco dias consecutivos. A primeira pentada do ano compreende o período de 1 a 5 de janeiro, a segunda de 6 a 10 de janeiro, ..., até a última de 26 a 31 de dezembro. A última pentada de fevereiro representa os cinco dias de 25 de fevereiro a 1º de março nos anos comuns e cinco dias médios do mesmo período nos anos bissextos.

variâncias e na aproximação dos dados à distribuição normal. A homogeneidade das variâncias foi testada através do teste de Cochran, aplicável quando uma das variâncias é muito discrepante em relação às restantes (DIXON & MASSEY Jr., 1969).

No teste de Cochran, compara-se a pântada com variância mais discrepante com a soma das variâncias de todas as pântadas, no nível de significância de 5%. Quando a homogeneidade das variâncias não se verifica, pode buscar-se uma transformação adequada dos dados.

Para a aproximação dos dados à distribuição normal, foram usados os testes de Fisher e de Shapiro & Wilk (FISHER, 1941; SHAPIRO, 1990). O teste de Fisher, aplicado para cada uma das pântadas, fundamenta-se nas medidas de assimetria e curtose. A significância dos desvios de normalidade foi testada pelo teste t bilateral (pequenas amostras), ao nível de significância de 5%.

Detalhes sobre os testes de normalidade e de homogeneidade de variâncias (fórmulas, hipóteses, etc) encontram-se em BAPTISTA DA SILVA et al. (2000).

Na construção das tabelas de probabilidades, foi utilizada a distribuição de t, para os níveis de probabilidade de 1% a 99%, atendida a pressuposição da normalidade dos dados. Para cada pântada, calculou-se a média \bar{Z} e o desvio padrão s_z dos valores transformados, quando necessária a transformação de dados.

As probabilidades foram estimadas pela expressão:

$$\bar{Z}_p = \bar{Z} + t_{p,(n-1)} s_z \quad (1)$$

em que \bar{Z} e s_z são a média e o desvio padrão dos dados transformados (ou originais) de cada pântada e $t_{p,(n-1)}$ é obtido da tabela de t unilateral para $p=1\%$ a 99% com (n-1) graus de liberdade.

No caso de os dados terem sido transformados na construção das tabelas, volta-se aos dados originais pela transformação inversa correspondente.

Construídas as tabelas, procedeu-se a determinação do potencial eólico do vento, utilizando as estimativas da velocidade média pentadal para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%. Para tal

usou-se a fórmula de Betz (MACINTYRE, 1983) que permite uma avaliação do potencial máximo teórico do vento ($P_{m\acute{a}x}$, em kW):

$$P_{m\acute{a}x} = \left(\frac{16}{27} \right) \left(\frac{r}{2} \right) A v^3 \quad (2)$$

em que ρ é a massa específica da unidade de volume de ar; A a área do rotor (m^2); v a velocidade média do vento (m/s)

As estimativas iniciais da velocidade do vento, obtidas para as alturas de 7 metros do solo, foram convertidas para as alturas de 10, 30 e 50 metros, visto serem estas as alturas usuais de captação do vento para geração de energia elétrica. Para tal, usa-se a lei do potencial (TUBELIS & NASCIMENTO, 1980):

$$\left(\frac{v_2}{v_1} \right) = \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^{1/7} \quad (3)$$

sendo v_i a velocidade do vento na altura a_i ; a_i a altura de medição, $i = 1, 2$.

Foram estimados também os potenciais eólicos para rotores com áreas variáveis de 5 a 200 m^2 , nas alturas de 10, 30 e 50 metros do solo, em função da velocidade média anual, registrada em cada uma das quatro localidades.

Resultados e discussão

Para Caxias do Sul os desvios de normalidade pelo teste de Fisher ($\alpha=0,05$) foram significativos apenas em 4 pântadas dos dados originais.

O teste de Shapiro & Wilk, para o caso de amostras de tamanho $n=10$ e em nível de significância de $\alpha = 0,05$, apresenta um valor de $W = 0,842$. Desta forma a hipótese de nulidade, em que os dados podem ser estudados pela distribuição normal, é rejeitada quando a estatística W é igual ou menor que 0,842 (teste unilateral à esquerda). Por este teste, encontrou-se 8 pântadas (11%) que não seguiam a normalidade nos dados originais.

O teste de Cochran resultou para os dados originais um valor de $C=0,0375$, não significativo a 5% ($C_{0,05;73,9}=0,0520$), indicando homogeneidade das variâncias.

Em Campo Bom o, teste de Fisher foi aplicado aos dados originais e apenas quatro pêntadas não seguiram distribuição normal.

Também foi usado o teste de Shapiro & Wilk, para Campo Bom, e foi significativo a 5% ($W_{0,05(10)}=0,842$) resultando em apenas cinco pêntadas (7%) nos dados originais, que não seguiam a distribuição normal.

Os desvios de normalidade pelo teste de Fisher, para Santa Rosa, foram significativos em 11 pêntadas (15%) nos dados originais. A transformação que permitiu atingir a melhor aproximação à distribuição normal foi

$$Z = 10x^{0,333} \quad (4)$$

Após a transformação, 8 pêntadas (11%) não apresentaram normalidade.

Pelo teste W de Shapiro e Wilk, também aplicado nos dados originais de Santa Rosa, encontraram-se 14 pêntadas (19%) que não seguiram a distribuição normal e, nos dados transformados, apenas nove pêntadas (12%) não adquiriram esta propriedade.

O teste de Cochran resultou para os dados transformados, de Santa Rosa, em $C=0,0444$, não significativo a 5% ($C_{0,05;73,9}=0,0520$), indicando homogeneidade de variâncias.

Os desvios de normalidade, em Taquari, pelo teste de Fisher foram significativos em 24 pêntadas (33%) nos dados originais. A transformação que permitiu a melhor aproximação à distribuição normal foi

$$Z = \ln x \quad (5)$$

Após a transformação, apenas 4 pêntadas (5%) não apresentaram normalidade.

Pelo teste W de Shapiro & Wilk, para Taquari, encontraram-se, nos dados originais, 34 pêntadas (47%) que não seguiram a distribuição normal e, nos dados transformados, somente seis pêntadas (8%) não adquiriram esta propriedade.

O teste de Cochran resultou para os dados transformados em $C=0,0455$, não significativo a 5% ($C_{0,05;73,9}=0,0520$), indicando homogeneidade das variâncias.

Uma amostra das tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal do vento, a 7 metros do solo, para 10 anos de observações (1991/2000),

para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75% é apresentada na Tabela 1.

Os potenciais eólicos do vento (kW) foram estimados para rotores de 1 m², na altura de 50 metros do solo, em níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75% nas 73 pêntadas do ano. Os resultados para Caxias do Sul, Campo Bom, Santa Rosa e Taquari encontram-se nas Figuras 1, 2, 3 e 4, de acordo com as indicações da avaliação do vento como energia eólica, obtidos pela fórmula apresentada por MACINTYRE (1983). Embora problemas possam surgir na obtenção destas estimativas por simulação matemática, e não experimentalmente, visto que a fórmula de TUBELIS & NASCIMENTO (1980) é válida em situações muito especiais como terrenos planos, sem rugosidade e, principalmente, com séries de medições captadas por longos períodos (maiores que 30 anos), espera-se que as pressuposições tenham, em parte, sido atendidas no presente caso, visto não se conhecerem as reais condições de instalação dos postos meteorológicos. Além disso, acredita-se que, sendo o objetivo a obtenção de estimativas preliminares do potencial eólico da região, o estudo reveste-se de plena validade. O ideal seria obterem-

Tabela 1. Valores estimados para as velocidades médias pentadais do vento (m/s), nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, para as quatro primeiras pêntadas do ano, nas localidades de Caxias do Sul, Santa Rosa, Campo Bom e Taquari.

Probabilidade	Pêntadas			
	P-1	P-2	P-3	P-4
Caxias do Sul				
0,75	1,93	2,28	2,20	2,04
0,50	1,61	1,77	1,57	1,60
0,25	1,29	1,26	1,26	1,16
Santa Rosa				
0,75	1,03	1,01	1,00	0,99
0,50	0,98	0,96	0,94	0,01
0,25	0,03	0,92	0,88	0,84
Campo Bom				
0,75	1,90	2,47	1,89	1,88
0,50	1,57	1,89	1,62	1,73
0,25	1,24	1,31	1,35	1,57
Taquari				
0,75	1,09	1,30	0,91	0,98
0,50	0,84	0,92	0,70	0,79
0,25	0,64	0,65	0,55	0,64

se estimativas a partir de uma série adequada de registros, tomados a 50 metros do solo. Todavia esta série não está disponível e, se fosse iniciada esta captação hoje, ter-se-ia que esperar alguns anos para iniciar este trabalho.

Os valores de maior representatividade estão nas pântadas 43 e 61 (final do outono e início da primavera) e na pântada 10 (segunda quinzena de fevereiro) em Caxias do Sul. De modo geral, ocorre o mesmo comportamento também em Santa Rosa e Taquari. Em Campo Bom destacam-se potenciais máximos nas pântadas 12 (segunda quinzena de abril) e na pântada 40 (segunda quinzena de julho), além daquelas que se localizam na primavera (set-out). Em Pelotas, nas duas estações meteorológicas, campus da UFPel e Cascata (CPACT/EMBRAPA) encontram-se os potenciais eólicos mais expressivos nas pântadas da primavera (set-out).

É importante lembrar de que, tendo em vista as características pontuais dos ventos, os resultados apresentados têm validade para os locais em que se encontram as estações meteorológicas e suas vizinhanças (locais próximos e de mesma topografia).

No mapa eólico do Rio Grande do Sul, estão indicadas as áreas mais favoráveis para o aproveitamento do vento como fonte de energia. Santa Rosa (27°00'S, 54°25'W) encontra-se no Planalto das Missões uma das regiões destacadas; Caxias do Sul (29°10'S, 51°12'W) é a principal cidade da Serra Gaúcha, uma região também em destaque; Campo Bom (29°41'S, 51°03'W), próxima a Costa ao Longo da Laguna dos Patos, é outra região favorável. Apenas Taquari (29°48'S, 51°49'W) não se encontra em alguma região favorável destacada no mapa do potencial.

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 estão representadas as estimativas do potencial eólico, a 50 metros do solo, para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%, nas 73 pântadas do ano, para as quatro localidades.

É importante salientar que a área do rotor dos motores eólicos é freqüentemente muito superior a 1m², o que aumenta consideravelmente os potenciais eólicos. O uso de um cata-vento da marca Kenya (A=7,1m²) em Caxias do Sul, na primeira pântada de janeiro (P=0,001875, figura 1), geraria uma potência de cerca de 0,005688 kW; o aerogerador Ipuã 2200 (A=22,06m²) produziria uma potência de cerca de 0,01767 kW, e os aerogeradores do tipo usados nos

EUA (A=38,5m²) ocasionariam potenciais de 0,03084kW.

MARQUES JÚNIOR et al. (1995) analisaram dados mensais da velocidade do vento para Botucatu, SP, usando a distribuição Beta. Eles encontraram uma velocidade média de 150 km/dia (1,74 m/s), indicando uma grande possibilidade de uso do vento como fonte alternativa de energia para a região. No presente trabalho, a velocidade média anual é de 1,526 m/s para Caxias do Sul, 1,577 m/s para Campo Bom, 1,046 m/s para Santa Rosa e 0,852 m/s para Taquari. Pelo menos, comparativamente, as duas primeiras localidades apresentam boas perspectivas para o aproveitamento da energia do vento.

Tomando-se por base as velocidades médias anuais das quatro localidades, medidas a 7 metros do solo, podem estimar-se os potenciais eólicos disponíveis para geradores com área de rotor entre 5 e 200 m², para as alturas de 10, 30 e 50 metros. Essas estimativas estão apresentadas nas Tabelas 2, 3, 4 e 5. Esses valores indicam a disponibilidade eólica de energia em 50% dos dias do ano, para as diversas alturas de captação e para as áreas específicas dos rotores. Esta informação é importante em qualquer projeto de uso do vento como energia alternativa.

É importante salientar que as análises estão sendo feitas sobre os dados disponibilizados pela FEPAGRO e pelo 8° DISME. A qualidade destes dados quanto aos aspectos de precisão, localização das estações, condições dos instrumentos, etc, são relevantes, sem dúvida, mas da responsabilidade dos respectivos órgãos. Acredita-se que apesar dos erros contidos nos dados, o que é comum em quase todas as estações meteorológicas, os mesmos tenham validade para atender aos objetivos do trabalho.

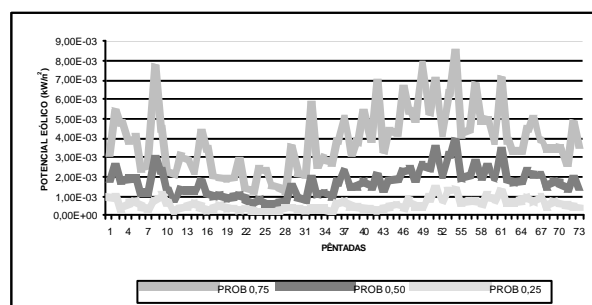


Figura 1. Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pântadas do ano, período de 1991 a 2000, em Caxias do Sul, RS.

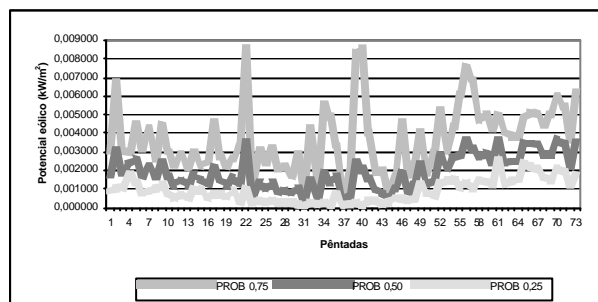


Figura 2. Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pên-tadas do ano, período de 1991 a 2000, em Campo Bom, RS.

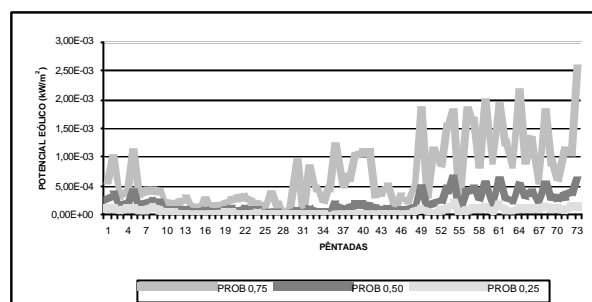


Figura 4. Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pên-tadas do ano, período de 1991 a 2000, em Taquari, RS.

Para o aproveitamento do potencial eólico disponível, em cada uma das localidades, é importante o conhecimento da direção predominante do vento, principalmente no dimensionamento e localização das torres. Equipamentos modernos possuem um sistema de modificação de posicionamento, permitindo um melhor aproveitamento do vento. Na aquisição dos equipamentos também deverá ser levada em conta a existência de proteção contra danos causados por possíveis rajadas de vento. Em Pelotas, nos campus da UFPel, BAPTISTA DA SILVA *et al.* (1997) encontraram uma apreciável probabilidade (superior a 60%) de ocorrência de rajadas de vento, de agosto a dezembro, com velocidades superiores a 60 km/h, principalmente no mês de outubro.

dade média pentadal, apresentam-se como adequados para diversas atividades agrícolas e turísticas em todas as quatro localidades.

A maioria das localidades avaliadas comprovaram as indicações de regiões favoráveis ao uso de energia eólica, expressas no mapa do potencial eólico do Rio Grande do Sul.

As informações obtidas pelo trabalho constituem um subsídio para estudo mais aprofundado sobre a possibilidade de implantação de uma usina geradora de energia elétrica nas regiões onde se localizam as estações citadas neste trabalho.

Conclusões

As estimativas iniciais obtidas, do potencial eólico, mostram que os valores estimados para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%, da veloci-

Referências bibliográficas

BAPTISTA DA SILVA, J. *et al.* Probabilidades de ocorrência de rajadas máximas de vento em Pelotas, RS.

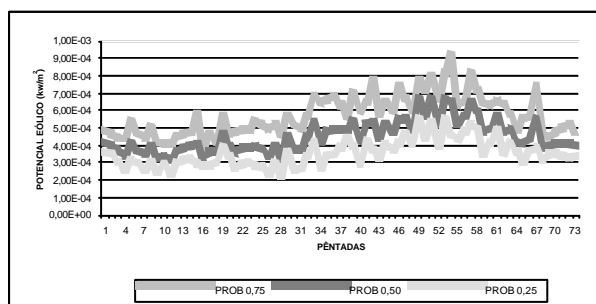


Figura 3. Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pên-tadas do ano, período de 1991 a 2000, em Santa Rosa, RS.

Tabela 2. Potenciais eólicos (kW) estimados para diversas áreas de rotores à diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Caxias do Sul de 1,526 m s⁻¹, registrada a 7 metros do solo.

Área do rotor (m ²)	Altura do solo (m)		
	10	30	50
5	0,004006	0,006415	0,007985
10	0,008012	0,012829	0,015969
15	0,012018	0,019244	0,023954
20	0,016023	0,025659	0,031939
30	0,024035	0,038488	0,047908
40	0,032047	0,051318	0,063877
50	0,040059	0,064147	0,079846
100	0,080117	0,128294	0,159693
150	0,120176	0,192441	0,239539
200	0,160234	0,256588	0,319385

Tabela 3. Potenciais eólicos (kW) estimados para diversas áreas de rotores a diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Campo Bom de $1,577 \text{ m s}^{-1}$, registrada a 7 metros do solo.

Área do rotor (m^2)	Altura do solo (m)		
	10	30	50
5	0,004425	0,007086	0,008820
10	0,008850	0,014172	0,017640
15	0,013275	0,021257	0,026460
20	0,017700	0,028343	0,035280
30	0,026550	0,042515	0,052920
40	0,035400	0,056687	0,070560
50	0,044250	0,070858	0,088200
100	0,088499	0,141717	0,176400
150	0,132749	0,212575	0,264600
200	0,176999	0,283433	0,352800

Tabela 4. Potenciais eólicos (kW) estimados para diversas áreas de rotores a diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Santa Rosa de $1,046 \text{ m s}^{-1}$, registrada a 7 metros do solo.

Área do rotor (m^2)	Altura do solo (m)		
	10	30	50
5	0,001293	0,002070	0,002577
10	0,002586	0,004141	0,005154
15	0,003879	0,006211	0,007732
20	0,005172	0,008282	0,010309
30	0,007758	0,012423	0,015463
40	0,010344	0,016564	0,020618
50	0,012930	0,020705	0,025772
100	0,025859	0,041409	0,051544
150	0,038789	0,062114	0,077316
200	0,051719	0,082819	0,103088

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 237-240, 1997.

BAPTISTA DA SILVA, J.; LARROZA, E.G.; BURGUEÑO, L.E.T. Estimativa do potencial eólico no Campus da Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 111-119, 2000.

BAPTISTA DA SILVA, J.; BURGUEÑO, L.E.T. Estimativa do potencial eólico a partir de tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal do vento, na Cascata, em Pelotas – RS. **Revista Brasileira de**

Tabela 5. Potenciais eólicos (kW) estimados para diversas áreas de rotores à diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Taquari de $0,852 \text{ ms}^{-1}$, registrada a 7 metros do solo.

Área do rotor (m^2)	Altura do solo (m)		
	10	30	50
5	0,000699	0,001120	0,001394
10	0,001399	0,002240	0,002788
15	0,002098	0,003360	0,004183
20	0,002798	0,004480	0,005577
30	0,004197	0,006720	0,008365
40	0,005596	0,008961	0,011153
50	0,006995	0,011201	0,013942
100	0,013989	0,022401	0,027884
150	0,020984	0,033602	0,041826
200	0,027978	0,044803	0,055767

Agrometeorologia, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 333-338, 2001.

DIXON, W. J.; MASSEY JR., F. J. **Introducion to statistical analysis**. Tokio: McGraw-Hill Kogakusha Ltda. 1969, 639 p.

FISHER, R. A. **Statistical methods for research workers**. 8. ed., London: Oliver and Boyd, 1941, 35 p.

MACINTYRE, A.J. **Máquinas motrizes hidráulicas**, Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1983, 53 p.

MARQUES JUNIOR, S. et al. Análise dos dados de vento para a região de Botucatu, SP, utilizando a distribuição Beta. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 129-132, 1995.

SHAPIRO, S.S. **How to test normaly and other distributional assumptions**. 2. ed., American Society for Quality Control, Wisconsin, 92 p. 1990 (v.3)

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Editora Nobel, 1980, 374p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA. **Disponível em:** www.eolica.com.br, acessado em: 2003.

SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E COMUNICAÇÕES. **Disponível em:** www.semc.rs.gov.br, acessado em: 2003.