

ESTIMATIVA DO POTENCIAL EÓLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – PARTE I

João Baptista da Silva¹, Diego Oliveira de Souza², Márcio Porto Basgalupp³, Nathalie Boiaski⁴, Marta Pereira Llopart⁵

¹Engº Agrônomo, Livre Docente, Doutor em Ciências, Bolsista do CNPq, Professor Titular (Aposentado) do Instituto de Física e Matemática (UFPEL) - Brasil.

jbsilva@ufpel.tche.br

²Meteorologista, curso de Pós-Graduação (Doutorado), INPE - Brasil.

grunge@pop.com.br

³Bacharel em Ciência da Computação, curso de Pós-Graduação (Doutorado), USP - Brasil.

marciopb@ufpel.edu.br

⁴Meteorologista, curso de Pós-Graduação (Doutorado), USP - Brasil.

nathalieboiaski@hotmail.com

⁶Meteorologista, curso de Pós-Graduação (Mestrado), USP – Brasil.

martallopert@bol.com.br

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, daí, determinou-se o potencial eólico esperado pela fórmula de Betz, para cinco localidades do Rio Grande do Sul: Cachoeirinha, Rio Grande, Santa Cruz do Sul, Santa Vitória do Palmar e São Gabriel. 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 cinco localidades. Constituem estas informações um subsídio valioso para estudos mais aprofundados quanto a 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.

ESTIMATE OF EOLIC POTENTIAL OF RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL – PART ONE

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 five locals of the Rio Grande do Sul State: Cachoeirinha, Rio Grande, Santa Cruz do Sul, Santa Vitória do Palmar e São Gabriel. 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 five 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.

1 INTRODUÇÃO

Os grandes impactos ambientais provenientes de fontes energéticas tradicionais (termoelétrica, biomassa, nuclear, etc) tem 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 é um incentivo às pessoas em busca de melhores condições econômicas, sociais e culturais migrarem para os centros urbanos mais desenvolvidos. O aporte energético dessas áreas, portanto, deve ser considerado como prioritário no processo de desenvolvimento, possibilitando a melhoria das condições de vida, aumentando a produtividade do trabalho e, conseqüentemente, fixando 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 porte¹ 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" (site: www.eolica.com.br).

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 (site: www.eolica.com.br).

No Rio Grande do Sul, desde 1999, o governo estadual tem dirigido sua atenção numa avaliação do potencial eólico do Estado, realizando seminários, apoiando projetos de pesquisa e elaborando o mapa do potencial eólico do RS disponível atualmente no site da Secretaria de Minas e Energia e Comunicação (www.sem.rs.gov.br).

1 Turbinas 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.

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 [2], [3].

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.

2 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 TMG², 18 TMG e 24 TMG, sendo que 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 pentadal³, que foram usados na construção das tabelas de probabilidade dessa variável climática, nas cinco localidades. A fundamentação teórica deste trabalho baseia-se na homogeneidade de variâncias e na aproximação dos dados à distribuição normal. A homogeneidade das

2 Tempo Médio de Greenwich, no Brasil temos menos 3 horas em relação as 00 hora de Greenwich.

3 Pêntada é o conjunto de cinco dias consecutivos. A primeira pêntada 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 pêntada de Fevereiro representa os cinco dias de 25 de fevereiro a 1º de março nos anos comuns e cinco dias médios domesmo período nos anos bissextos.

variâncias foi testada através do teste de Cochran, aplicável quando uma das variâncias é muito discrepante em relação às restantes [4].

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

Para a aproximação dos dados à distribuição normal, foram usados os testes de Fisher e de Shapiro & Wilk [5], [8]. O teste de Fisher, aplicado para cada uma das pêntadas, 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), [2].

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 pêntada, 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:

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

onde: \bar{Z} e S_z são a média e o desvio padrão dos dados transformados (ou originais) de cada pêntada 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 usa-se a fórmula de Betz [6] que permite uma avaliação do potencial máximo teórico do vento ($P_{\text{máx}}$, em kW):

$$P_{\text{máx}} = \left(\frac{16}{27}\right) \left(\frac{\rho}{2}\right) A v^3 \quad (2)$$

onde:

ρ = massa específica da unidade de volume de ar

A = área do rotor (m^2)

v = 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 [9]:

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right) = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{17} \quad (3)$$

Sendo:

v_i = velocidade do vento na altura a_i

a_i = 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.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para Cachoeirinha os desvios de normalidade pelo teste de Fisher ($\alpha=0,05$) foram significativos apenas em 11 (15%) pântadas dos dados originais.

O teste de Shapiro & Wilk, para o caso de amostras de tamanho $n=10$ e ao nível de significância de $\alpha = 0,05$, apresenta um valor de $W = 0,842$. Desta forma a hipótese de nulidade, 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 12 (16%) pântadas que não seguiam a normalidade nos dados originais.

O teste de Cochran resultou para os dados originais um valor de $C=0,0457$, não significativo a 5% ($C_{0,05;73,9}=0,0520$), indicando homogeneidade das variâncias.

Em Santa Cruz do Sul o teste de Fisher, aplicado aos dados originais, apenas 5 (7%) pêntadas não seguiram distribuição normal.

Também foi usado o teste de Shapiro & Wilk, para Santa Cruz do Sul, e foi significativo a 5% ($W_{0,05(10)}=0,842$) resultando em apenas 4 (5%) pêntadas nos dados originais, que não seguiam a distribuição normal.

Os desvios de normalidade pelo teste de Fisher, para Santa Vitória do Palmar, foram significativos em 11 pêntadas (15%) nos dados originais.

Pelo teste W de Shapiro e Wilk, também aplicado nos dados originais de Santa Vitória do Palmar, encontrou-se 9 (12%) pêntadas que não seguiram a distribuição normal.

O teste de Cochran resultou para os dados originais, de Santa Vitória do Palmar, em $C=0,0361$, não significativo a 5% ($C_{0,05;73,9}=0,0520$), indicando homogeneidade de variâncias.

Os desvios de normalidade, em São Gabriel, pelo teste de Fisher foram significativos em 14 (20%) pêntadas nos dados originais. Após a transformação, apenas 8 pêntadas (11%) não apresentaram normalidade.

Pelo teste W de Shapiro & Wilk, para São Gabriel, encontrou-se, nos dados originais, 17 (23%) pêntadas que não seguiram a distribuição normal e, nos dados transformados, somente 10 (14%) pêntadas não adquiriram esta propriedade.

O teste de Cochran resultou para os dados transformados em $C=0,0186$, não significativo a 5% ($C_{0,05;73,9}=0,0520$), indicando homogeneidade das variâncias.

Em Rio Grande os desvios de normalidade pelo teste de Fisher foram significativos em 17 (23%) pêntadas nos dados originais e 11 (15%) pêntadas nos dados transformados. Pelo teste W de Shapiro & Wilk, 19 (26%) pêntadas não seguiram a normal nos dados originais e 13 (18%) pêntadas nos dados transformados.

A transformação que foi usada para os dados de São Gabriel e Rio Grande e que se ajustou melhor aos dados foi:

$$Z = x^{0,2} \quad (5)$$

Uma amostra das tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal do vento, para as cinco localidades, a 7 metros do solo, para 10 anos de observações (1991/2000), para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75% são apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5.

Os potenciais eólicos do vento (kW) foram estimados para rotores de 1 m², na altura de 50 metros do solo, aos níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75% nas 73 pântadas do ano. Os resultados para Cachoeirinha, Santa Cruz do Sul, Santa Vitória do Palmar, São Gabriel e Rio Grande encontram-se nas figuras 1, 2, 3, 4 e 5, de acordo com as indicações da avaliação do vento como energia eólica, obtidos pela fórmula apresentada por MACINTYRE (1983), [6]. Embora problemas possam surgir na obtenção destas estimativas por simulação matemática, e não experimentalmente, visto que a fórmula de TUBELIS & NASCIMENTO (1980), [9], 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 obter-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.

Tabela 1: Valores estimados para as velocidades médias pentadais do vento (m/s), nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, para as 73 pênadas do ano, na localidade de Cachoeirinha, Rio Grande do Sul.

| PROBABILIDADE | P - 1 | P - 2 | P - 3 | P - 4 | P - 5 | P - 6 | P - 7 | P - 8 | P - 9 | P - 10 |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0,75 | 1,93 | 1,91 | 1,70 | 1,76 | 2,24 | 1,70 | 1,61 | 1,79 | 1,82 | 1,63 |
| 0,50 | 1,76 | 1,68 | 1,45 | 1,58 | 1,90 | 1,48 | 1,51 | 1,53 | 1,50 | 1,32 |
| 0,25 | 1,58 | 1,46 | 1,21 | 1,40 | 1,57 | 1,26 | 1,42 | 1,26 | 1,18 | 1,02 |
| PROBABILIDADE | P - 11 | P - 12 | P - 13 | P - 14 | P - 15 | P - 16 | P - 17 | P - 18 | P - 19 | P - 20 |
| 0,75 | 1,37 | 1,59 | 1,41 | 1,41 | 1,35 | 1,47 | 1,36 | 1,51 | 1,35 | 1,33 |
| 0,50 | 1,12 | 1,28 | 1,11 | 1,16 | 1,14 | 1,23 | 1,08 | 1,16 | 1,11 | 1,06 |
| 0,25 | 0,86 | 0,98 | 0,81 | 0,91 | 0,92 | 0,98 | 0,80 | 0,82 | 0,86 | 0,79 |
| PROBABILIDADE | P - 21 | P - 22 | P - 23 | P - 24 | P - 25 | P - 26 | P - 27 | P - 28 | P - 29 | P - 30 |
| 0,75 | 1,65 | 1,54 | 1,24 | 1,48 | 1,09 | 1,22 | 1,20 | 1,14 | 1,02 | 1,23 |
| 0,50 | 1,21 | 1,17 | 0,98 | 1,10 | 0,87 | 0,87 | 0,97 | 0,83 | 0,87 | 0,96 |
| 0,25 | 0,78 | 0,80 | 0,72 | 0,72 | 0,65 | 0,52 | 0,74 | 0,53 | 0,72 | 0,69 |
| PROBABILIDADE | P - 31 | P - 32 | P - 33 | P - 34 | P - 35 | P - 36 | P - 37 | P - 38 | P - 39 | P - 40 |
| 0,75 | 1,10 | 1,49 | 1,31 | 1,54 | 1,48 | 1,30 | 1,43 | 1,73 | 1,69 | 1,79 |
| 0,50 | 0,83 | 1,07 | 0,85 | 1,18 | 0,99 | 1,04 | 1,12 | 1,19 | 1,16 | 1,33 |
| 0,25 | 0,56 | 0,66 | 0,39 | 0,81 | 0,50 | 0,78 | 0,80 | 0,65 | 0,62 | 0,88 |
| PROBABILIDADE | P - 41 | P - 42 | P - 43 | P - 44 | P - 45 | P - 46 | P - 47 | P - 48 | P - 49 | P - 50 |
| 0,75 | 1,38 | 1,61 | 1,15 | 1,25 | 1,21 | 1,19 | 1,61 | 1,35 | 1,61 | 1,74 |
| 0,50 | 1,05 | 1,16 | 0,92 | 0,95 | 0,95 | 0,93 | 1,24 | 1,10 | 1,28 | 1,40 |
| 0,25 | 0,73 | 0,70 | 0,68 | 0,65 | 0,68 | 0,67 | 0,87 | 0,84 | 0,96 | 1,05 |
| PROBABILIDADE | P - 51 | P - 52 | P - 53 | P - 54 | P - 55 | P - 56 | P - 57 | P - 58 | P - 59 | P - 60 |
| 0,75 | 1,45 | 1,47 | 2,12 | 1,91 | 1,81 | 1,68 | 1,86 | 1,89 | 2,15 | 1,83 |
| 0,50 | 1,26 | 1,26 | 1,55 | 1,57 | 1,57 | 1,49 | 1,60 | 1,57 | 1,77 | 1,63 |
| 0,25 | 1,06 | 1,06 | 0,97 | 1,23 | 1,32 | 1,30 | 1,39 | 1,25 | 1,39 | 1,42 |
| PROBABILIDADE | P - 61 | P - 62 | P - 63 | P - 64 | P - 65 | P - 66 | P - 67 | P - 68 | P - 69 | P - 70 |
| 0,75 | 2,24 | 1,84 | 1,72 | 1,97 | 1,89 | 2,31 | 1,76 | 1,94 | 1,88 | 1,97 |
| 0,50 | 1,87 | 1,62 | 1,54 | 1,76 | 1,62 | 1,85 | 1,56 | 1,64 | 1,66 | 1,73 |
| 0,25 | 1,52 | 1,40 | 1,35 | 1,54 | 1,34 | 1,39 | 1,36 | 1,34 | 1,44 | 1,49 |
| PROBABILIDADE | P - 71 | P - 72 | P - 73 | | | | | | | |
| 0,75 | 1,84 | 2,11 | 2,15 | | | | | | | |
| 0,50 | 1,65 | 1,67 | 1,80 | | | | | | | |
| 0,25 | 1,45 | 1,23 | 1,45 | | | | | | | |

Tabela 2: Valores estimados para as velocidades médias pentadais do vento (m/s), nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, para as 73 pênadas do ano, na localidade de Rio Grande, Rio Grande do Sul.

| PROBABILIDADE | P - 1 | P - 2 | P - 3 | P - 4 | P - 5 | P - 6 | P - 7 | P - 8 | P - 9 | P - 10 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,75 | 2,46 | 2,53 | 2,61 | 2,72 | 2,72 | 2,65 | 2,24 | 2,59 | 2,79 | 2,46 |
| 0,50 | 2,23 | 2,38 | 2,14 | 2,29 | 2,37 | 2,34 | 2,09 | 2,16 | 2,39 | 2,21 |
| 0,25 | 2,03 | 2,25 | 1,74 | 1,92 | 2,05 | 2,06 | 1,95 | 1,79 | 2,04 | 1,99 |
| PROBABILIDADE | P - 11 | P - 12 | P - 13 | P - 14 | P - 15 | P - 16 | P - 17 | P - 18 | P - 19 | P - 20 |
| 0,75 | 2,27 | 2,34 | 2,46 | 2,63 | 2,54 | 2,51 | 2,93 | 2,43 | 2,26 | 2,71 |
| 0,50 | 2,08 | 2,14 | 2,20 | 2,23 | 2,21 | 2,06 | 2,57 | 2,06 | 2,11 | 2,26 |
| 0,25 | 1,90 | 1,95 | 1,97 | 1,88 | 1,92 | 1,67 | 2,24 | 1,73 | 1,96 | 1,87 |
| PROBABILIDADE | P - 21 | P - 22 | P - 23 | P - 24 | P - 25 | P - 26 | P - 27 | P - 28 | P - 29 | P - 30 |
| 0,75 | 2,44 | 2,43 | 2,33 | 2,45 | 2,18 | 2,21 | 2,36 | 2,23 | 2,19 | 2,16 |
| 0,50 | 2,17 | 2,14 | 2,19 | 2,23 | 2,02 | 2,02 | 2,03 | 2,09 | 1,99 | 2,01 |
| 0,25 | 1,91 | 1,88 | 2,07 | 2,02 | 1,86 | 1,84 | 1,73 | 1,95 | 1,81 | 1,86 |
| PROBABILIDADE | P - 31 | P - 32 | P - 33 | P - 34 | P - 35 | P - 36 | P - 37 | P - 38 | P - 39 | P - 40 |
| 0,75 | 2,53 | 2,19 | 2,02 | 2,17 | 2,13 | 2,40 | 2,51 | 2,34 | 2,48 | 2,58 |
| 0,50 | 2,31 | 2,02 | 1,86 | 1,99 | 1,97 | 2,16 | 2,23 | 2,15 | 2,20 | 2,33 |
| 0,25 | 2,11 | 1,87 | 1,70 | 1,82 | 1,81 | 1,93 | 1,98 | 1,98 | 1,94 | 2,10 |
| PROBABILIDADE | P - 41 | P - 42 | P - 43 | P - 44 | P - 45 | P - 46 | P - 47 | P - 48 | P - 49 | P - 50 |
| 0,75 | 2,58 | 2,50 | 2,52 | 2,64 | 2,62 | 2,26 | 2,75 | 2,51 | 2,54 | 2,21 |
| 0,50 | 2,38 | 2,07 | 2,19 | 2,33 | 2,23 | 1,95 | 2,31 | 2,29 | 2,28 | 2,11 |
| 0,25 | 2,19 | 1,70 | 1,91 | 2,05 | 1,89 | 1,67 | 1,92 | 2,09 | 2,03 | 2,01 |
| PROBABILIDADE | P - 51 | P - 52 | P - 53 | P - 54 | P - 55 | P - 56 | P - 57 | P - 58 | P - 59 | P - 60 |
| 0,75 | 2,64 | 2,76 | 2,62 | 2,77 | 2,60 | 2,57 | 2,56 | 2,50 | 2,61 | 2,61 |
| 0,50 | 2,39 | 2,46 | 2,33 | 2,50 | 2,18 | 2,24 | 2,25 | 2,18 | 2,37 | 2,37 |
| 0,25 | 2,15 | 2,18 | 2,06 | 2,24 | 1,81 | 1,95 | 1,97 | 1,90 | 2,15 | 2,14 |
| PROBABILIDADE | P - 61 | P - 62 | P - 63 | P - 64 | P - 65 | P - 66 | P - 67 | P - 68 | P - 69 | P - 70 |
| 0,75 | 2,54 | 2,40 | 2,84 | 3,16 | 2,76 | 2,45 | 2,74 | 2,46 | 2,33 | 2,99 |
| 0,50 | 2,32 | 2,14 | 2,30 | 2,34 | 2,28 | 2,13 | 2,28 | 2,19 | 2,03 | 2,47 |
| 0,25 | 2,11 | 1,90 | 1,85 | 1,70 | 1,87 | 1,85 | 1,88 | 1,95 | 1,76 | 2,03 |
| PROBABILIDADE | P - 71 | P - 72 | P - 73 | | | | | | | |
| 0,75 | 2,53 | 2,36 | 2,25 | | | | | | | |
| 0,50 | 2,32 | 2,12 | 2,05 | | | | | | | |
| 0,25 | 2,12 | 1,90 | 1,87 | | | | | | | |

Tabela 3: Valores estimados para as velocidades médias pentadais do vento (m/s), nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, para as 73 pênadas do ano, na localidade de Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul.

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| PROBABILIDADE | P - 1 | P - 2 | P - 3 | P - 4 | P - 5 | P - 6 | P - 7 | P - 8 | P - 9 | P - 10 |
| 0,75 | 1,93 | 1,86 | 1,82 | 1,50 | 1,80 | 1,65 | 1,56 | 1,74 | 2,25 | 2,01 |
| 0,50 | 1,49 | 1,50 | 1,47 | 1,27 | 1,57 | 1,40 | 1,40 | 1,46 | 1,84 | 1,62 |
| 0,25 | 1,06 | 1,15 | 1,11 | 1,03 | 1,34 | 1,15 | 1,25 | 1,18 | 1,43 | 1,23 |
| PROBABILIDADE | P - 11 | P - 12 | P - 13 | P - 14 | P - 15 | P - 16 | P - 17 | P - 18 | P - 19 | P - 20 |
| 0,75 | 1,80 | 2,05 | 2,33 | 1,82 | 1,82 | 1,70 | 1,78 | 1,98 | 2,07 | 2,21 |
| 0,50 | 1,48 | 1,67 | 1,81 | 1,52 | 1,48 | 1,47 | 1,52 | 1,66 | 1,65 | 1,77 |
| 0,25 | 1,16 | 1,29 | 1,30 | 1,22 | 1,14 | 1,25 | 1,27 | 1,34 | 1,22 | 1,33 |
| PROBABILIDADE | P - 21 | P - 22 | P - 23 | P - 24 | P - 25 | P - 26 | P - 27 | P - 28 | P - 29 | P - 30 |
| 0,75 | 1,69 | 1,82 | 1,95 | 1,98 | 1,75 | 1,64 | 2,00 | 1,56 | 1,83 | 2,24 |
| 0,50 | 1,48 | 1,49 | 1,63 | 1,59 | 1,45 | 1,39 | 1,59 | 1,34 | 1,55 | 1,80 |
| 0,25 | 1,26 | 1,17 | 1,30 | 1,20 | 1,16 | 1,14 | 1,19 | 1,11 | 1,27 | 1,37 |
| PROBABILIDADE | P - 31 | P - 32 | P - 33 | P - 34 | P - 35 | P - 36 | P - 37 | P - 38 | P - 39 | P - 40 |
| 0,75 | 1,51 | 2,07 | 1,88 | 2,06 | 1,94 | 2,45 | 2,03 | 2,05 | 2,11 | 2,15 |
| 0,50 | 1,34 | 1,73 | 1,53 | 1,64 | 1,51 | 2,00 | 1,70 | 1,76 | 1,78 | 1,70 |
| 0,25 | 1,18 | 1,39 | 1,18 | 1,23 | 1,08 | 1,55 | 1,36 | 1,48 | 1,45 | 1,24 |
| PROBABILIDADE | P - 41 | P - 42 | P - 43 | P - 44 | P - 45 | P - 46 | P - 47 | P - 48 | P - 49 | P - 50 |
| 0,75 | 2,39 | 2,02 | 1,83 | 1,92 | 2,07 | 2,48 | 2,48 | 1,84 | 2,22 | 2,35 |
| 0,50 | 2,00 | 1,67 | 1,61 | 1,64 | 1,69 | 1,95 | 1,91 | 1,53 | 2,00 | 2,00 |
| 0,25 | 1,61 | 1,33 | 1,40 | 1,36 | 1,31 | 1,41 | 1,33 | 1,21 | 1,77 | 1,66 |
| PROBABILIDADE | P - 51 | P - 52 | P - 53 | P - 54 | P - 55 | P - 56 | P - 57 | P - 58 | P - 59 | P - 60 |
| 0,75 | 2,44 | 2,62 | 2,63 | 2,59 | 2,17 | 2,30 | 2,32 | 2,59 | 1,92 | 2,28 |
| 0,50 | 2,08 | 1,94 | 2,13 | 2,26 | 1,87 | 2,01 | 1,91 | 2,05 | 1,67 | 1,94 |
| 0,25 | 1,73 | 1,26 | 1,63 | 1,94 | 1,57 | 1,71 | 1,51 | 1,52 | 1,41 | 1,61 |
| PROBABILIDADE | P - 61 | P - 62 | P - 63 | P - 64 | P - 65 | P - 66 | P - 67 | P - 68 | P - 69 | P - 70 |
| 0,75 | 2,81 | 1,99 | 2,17 | 1,89 | 2,43 | 2,13 | 2,29 | 1,99 | 2,19 | 1,95 |
| 0,50 | 2,45 | 1,67 | 1,82 | 1,63 | 2,04 | 1,97 | 2,09 | 1,65 | 1,86 | 1,68 |
| 0,25 | 2,09 | 1,35 | 1,47 | 1,37 | 1,65 | 1,80 | 1,89 | 1,31 | 1,53 | 1,41 |
| PROBABILIDADE | P - 71 | P - 72 | P - 73 | | | | | | | |
| 0,75 | 1,74 | 1,86 | 1,94 | | | | | | | |
| 0,50 | 1,50 | 1,63 | 1,65 | | | | | | | |
| 0,25 | 1,25 | 1,40 | 1,35 | | | | | | | |

Tabela 4: Valores estimados para as velocidades médias pentadais do vento (m/s), nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, para as 73 pênadas do ano, na localidade de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul.

| PROBABILIDADE | P - 1 | P - 2 | P - 3 | P - 4 | P - 5 | P - 6 | P - 7 | P - 8 | P - 9 | P - 10 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,75 | 6,23 | 5,83 | 5,24 | 5,34 | 6,11 | 5,39 | 5,15 | 5,67 | 5,55 | 5,83 |
| 0,50 | 5,32 | 4,99 | 4,59 | 4,63 | 5,05 | 4,79 | 4,71 | 5,02 | 4,87 | 4,79 |
| 0,25 | 4,41 | 4,15 | 3,93 | 3,89 | 4,00 | 4,19 | 4,26 | 4,37 | 4,19 | 3,75 |
| PROBABILIDADE | P - 11 | P - 12 | P - 13 | P - 14 | P - 15 | P - 16 | P - 17 | P - 18 | P - 19 | P - 20 |
| 0,75 | 5,11 | 5,69 | 5,78 | 4,59 | 5,19 | 5,20 | 5,06 | 4,95 | 5,98 | 5,58 |
| 0,50 | 4,57 | 4,91 | 4,60 | 3,89 | 4,51 | 4,51 | 4,29 | 4,06 | 4,85 | 4,62 |
| 0,25 | 4,03 | 4,13 | 3,42 | 3,19 | 3,83 | 3,82 | 3,53 | 3,17 | 3,73 | 3,66 |
| PROBABILIDADE | P - 21 | P - 22 | P - 23 | P - 24 | P - 25 | P - 26 | P - 27 | P - 28 | P - 29 | P - 30 |
| 0,75 | 5,92 | 5,37 | 4,85 | 5,09 | 5,13 | 4,13 | 4,67 | 4,61 | 3,99 | 5,07 |
| 0,50 | 4,69 | 4,56 | 4,03 | 4,32 | 3,79 | 3,48 | 3,90 | 3,61 | 3,28 | 4,01 |
| 0,25 | 3,47 | 3,75 | 3,22 | 3,55 | 2,45 | 2,83 | 3,12 | 2,62 | 2,57 | 2,95 |
| PROBABILIDADE | P - 31 | P - 32 | P - 33 | P - 34 | P - 35 | P - 36 | P - 37 | P - 38 | P - 39 | P - 40 |
| 0,75 | 4,05 | 5,03 | 5,05 | 4,57 | 5,25 | 4,52 | 4,13 | 5,09 | 4,99 | 5,07 |
| 0,50 | 3,31 | 4,05 | 4,19 | 3,86 | 4,10 | 3,77 | 3,75 | 4,26 | 4,09 | 4,43 |
| 0,25 | 2,58 | 3,08 | 3,32 | 3,14 | 2,95 | 3,01 | 3,37 | 3,43 | 3,20 | 3,78 |
| PROBABILIDADE | P - 41 | P - 42 | P - 43 | P - 44 | P - 45 | P - 46 | P - 47 | P - 48 | P - 49 | P - 50 |
| 0,75 | 5,45 | 4,47 | 4,40 | 4,90 | 4,36 | 4,61 | 5,07 | 4,97 | 5,35 | 5,52 |
| 0,50 | 4,38 | 3,62 | 3,54 | 4,13 | 3,70 | 3,84 | 4,11 | 4,60 | 4,73 | 4,48 |
| 0,25 | 3,31 | 2,77 | 2,68 | 3,35 | 3,04 | 3,07 | 3,16 | 4,23 | 4,12 | 3,44 |
| PROBABILIDADE | P - 51 | P - 52 | P - 53 | P - 54 | P - 55 | P - 56 | P - 57 | P - 58 | P - 59 | P - 60 |
| 0,75 | 5,79 | 5,37 | 5,50 | 6,30 | 5,97 | 5,86 | 5,72 | 6,51 | 5,36 | 5,98 |
| 0,50 | 4,94 | 4,96 | 4,95 | 5,21 | 5,05 | 5,00 | 4,89 | 5,71 | 4,80 | 5,50 |
| 0,25 | 4,10 | 4,54 | 4,41 | 4,12 | 4,14 | 4,14 | 4,06 | 4,92 | 4,24 | 5,02 |
| PROBABILIDADE | P - 61 | P - 62 | P - 63 | P - 64 | P - 65 | P - 66 | P - 67 | P - 68 | P - 69 | P - 70 |
| 0,75 | 6,55 | 9,10 | 6,26 | 7,34 | 5,80 | 6,71 | 6,01 | 5,63 | 5,61 | 6,55 |
| 0,50 | 5,70 | 6,13 | 5,63 | 6,14 | 5,15 | 5,77 | 5,07 | 5,01 | 5,05 | 5,77 |
| 0,25 | 4,86 | 3,17 | 5,00 | 4,94 | 4,49 | 4,83 | 4,12 | 4,38 | 4,48 | 4,98 |
| PROBABILIDADE | P - 71 | P - 72 | P - 73 | | | | | | | |
| 0,75 | 5,97 | 5,64 | 5,68 | | | | | | | |
| 0,50 | 5,02 | 4,98 | 4,89 | | | | | | | |
| 0,25 | 4,07 | 4,32 | 4,10 | | | | | | | |

Tabela 5: Valores estimados para as velocidades médias pentadais do vento (m/s), nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, para as 73 pântadas do ano, na localidade de São Gabriel, Rio Grande do Sul.

| PROBABILIDADE | P - 1 | P - 2 | P - 3 | P - 4 | P - 5 | P - 6 | P - 7 | P - 8 | P - 9 | P - 10 |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0,75 | 2,23 | 2,28 | 2,25 | 2,17 | 2,36 | 2,30 | 1,93 | 2,14 | 2,20 | 2,24 |
| 0,50 | 2,07 | 2,01 | 2,00 | 1,98 | 2,00 | 2,00 | 1,76 | 1,93 | 1,96 | 1,92 |
| 0,25 | 1,92 | 1,77 | 1,76 | 1,69 | 1,72 | 1,60 | 1,74 | 1,75 | 1,63 | 1,61 |
| PROBABILIDADE | P - 11 | P - 12 | P - 13 | P - 14 | P - 15 | P - 16 | P - 17 | P - 18 | P - 19 | P - 20 |
| 0,75 | 2,20 | 2,25 | 2,24 | 2,23 | 2,43 | 2,13 | 2,17 | 2,34 | 2,27 | 2,24 |
| 0,50 | 1,88 | 1,91 | 1,94 | 1,85 | 2,10 | 1,77 | 1,84 | 1,89 | 1,91 | 1,93 |
| 0,25 | 1,61 | 1,67 | 1,53 | 1,80 | 1,46 | 1,56 | 1,51 | 1,59 | 1,66 | 1,50 |
| PROBABILIDADE | P - 21 | P - 22 | P - 23 | P - 24 | P - 25 | P - 26 | P - 27 | P - 28 | P - 29 | P - 30 |
| 0,75 | 2,26 | 2,61 | 2,10 | 2,24 | 2,15 | 2,11 | 2,26 | 2,27 | 2,15 | 2,18 |
| 0,50 | 1,85 | 2,04 | 1,68 | 1,86 | 1,81 | 1,77 | 1,81 | 1,87 | 1,85 | 1,83 |
| 0,25 | 1,58 | 1,34 | 1,53 | 1,51 | 1,48 | 1,43 | 1,52 | 1,58 | 1,52 | 1,73 |
| PROBABILIDADE | P - 31 | P - 32 | P - 33 | P - 34 | P - 35 | P - 36 | P - 37 | P - 38 | P - 39 | P - 40 |
| 0,75 | 2,34 | 2,80 | 2,15 | 2,20 | 2,13 | 2,18 | 2,12 | 2,05 | 2,06 | 2,37 |
| 0,50 | 2,02 | 2,19 | 1,83 | 1,86 | 1,80 | 1,75 | 1,85 | 1,66 | 1,77 | 1,97 |
| 0,25 | 1,70 | 1,55 | 1,56 | 1,51 | 1,39 | 1,60 | 1,33 | 1,51 | 1,63 | 1,64 |
| PROBABILIDADE | P - 41 | P - 42 | P - 43 | P - 44 | P - 45 | P - 46 | P - 47 | P - 48 | P - 49 | P - 50 |
| 0,75 | 2,19 | 2,36 | 1,92 | 1,98 | 2,00 | 2,02 | 1,94 | 2,01 | 2,22 | 2,18 |
| 0,50 | 1,90 | 1,93 | 1,65 | 1,71 | 1,63 | 1,69 | 1,71 | 1,79 | 1,95 | 1,89 |
| 0,25 | 1,57 | 1,42 | 1,48 | 1,31 | 1,41 | 1,51 | 1,58 | 1,71 | 1,63 | 1,62 |
| PROBABILIDADE | P - 51 | P - 52 | P - 53 | P - 54 | P - 55 | P - 56 | P - 57 | P - 58 | P - 59 | P - 60 |
| 0,75 | 2,68 | 2,29 | 2,38 | 2,24 | 2,15 | 2,44 | 2,34 | 2,38 | 2,42 | 2,59 |
| 0,50 | 2,10 | 1,98 | 2,08 | 1,95 | 1,89 | 2,01 | 1,86 | 2,02 | 1,99 | 2,15 |
| 0,25 | 1,70 | 1,81 | 1,69 | 1,66 | 1,64 | 1,47 | 1,70 | 1,62 | 1,77 | 1,74 |
| PROBABILIDADE | P - 61 | P - 62 | P - 63 | P - 64 | P - 65 | P - 66 | P - 67 | P - 68 | P - 69 | P - 70 |
| 0,75 | 2,29 | 2,21 | 2,36 | 2,30 | 2,26 | 2,30 | 2,30 | 2,42 | 2,38 | 2,49 |
| 0,50 | 2,00 | 1,96 | 2,04 | 2,04 | 2,05 | 2,04 | 2,06 | 2,10 | 2,12 | 2,10 |
| 0,25 | 1,73 | 1,75 | 1,80 | 1,85 | 1,80 | 1,84 | 1,81 | 1,88 | 1,75 | 1,94 |
| PROBABILIDADE | P - 71 | P - 72 | P - 73 | | | | | | | |
| 0,75 | 2,46 | 2,46 | 2,54 | | | | | | | |
| 0,50 | 2,19 | 2,16 | 2,13 | | | | | | | |
| 0,25 | 1,89 | 1,78 | 1,78 | | | | | | | |

Os valores de maior representatividade estão nas pântadas 6 e 62 (primavera e verão) e na pântada 41 (segunda quinzena de julho) em Cachoeirinha. De modo geral, ocorre o mesmo comportamento também em Rio Grande, Santa Cruz do Sul e Santa Vitória do Palmar. Em São Gabriel destacam-se as pântadas 22 (abril), 32 e 51 (junho e setembro).

Em Pelotas, nas duas estações meteorológicas, campus da UFPel e Cascata (CPACT/EMBRAPA) encontram-se os potenciais eólicos mais expressivos nas pênadas da primavera (set-out).

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

Nas figuras 1, 2, 3, 4 e 5 estão representadas as estimativas do potencial eólico, a 50 metros do solo, para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%, nas 73 pênadas do ano.

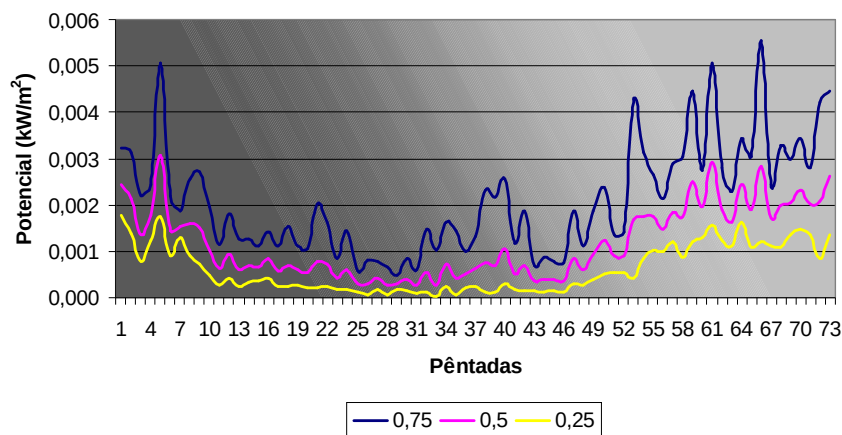


Figura 1: Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pênadas do ano, período de 1991 a 2000, em Cachoeirinha, RS.

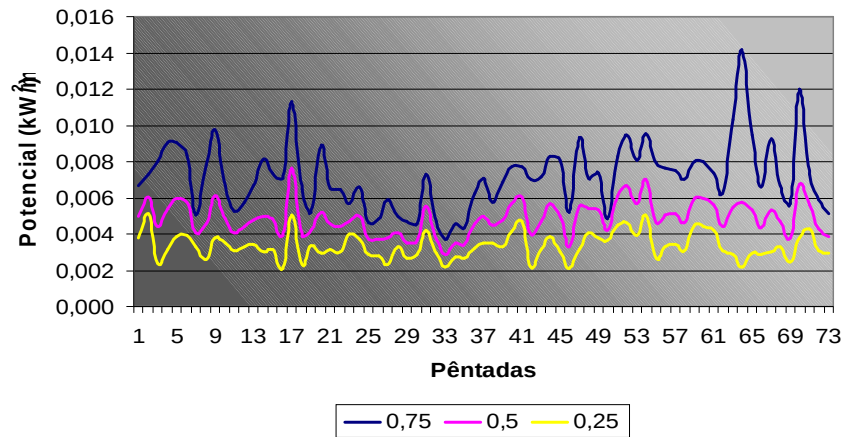


Figura 2: Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pênadas do ano, período de 1991 a 2000, em Rio Grande, RS.

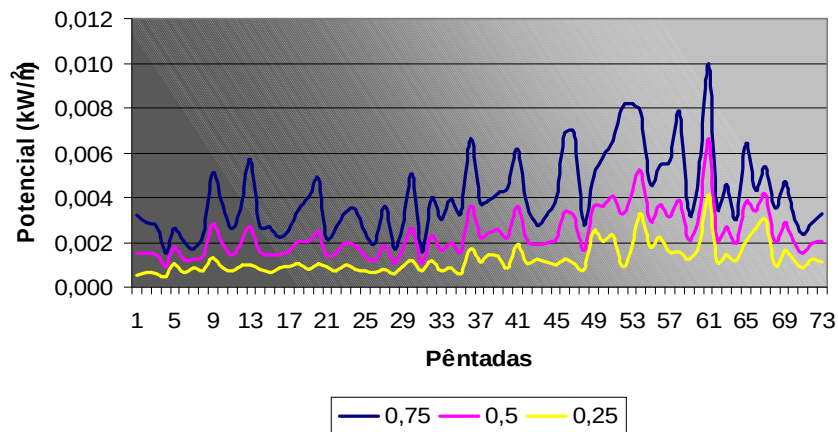


Figura 3: Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pênadas do ano, período de 1991 a 2000, em Santa Cruz do Sul, RS.

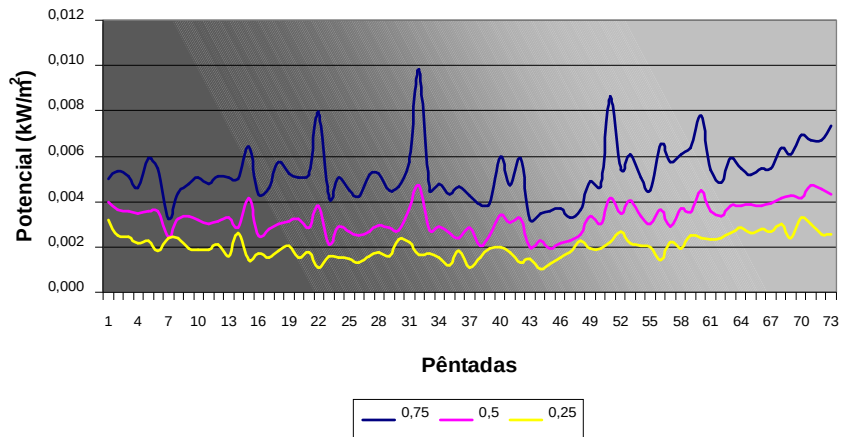


Figura 4: Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pêntadas do ano, período de 1991 a 2000, em São Gabriel, RS.

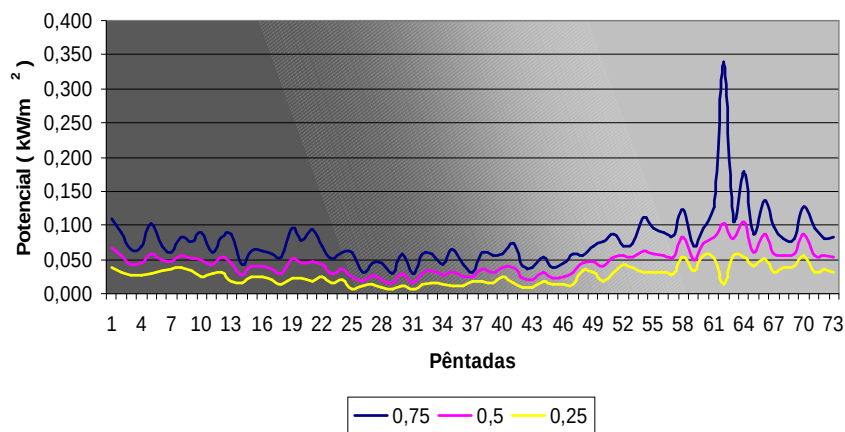


Figura 5: Estimativa do potencial eólico (kW), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade, nas 73 pêntadas do ano, período de 1991 a 2000, em Santa Vitória do Palmar, RS.

É importante salientar que a área do rotor dos motores eólicos é frequentemente muito superior a 1m^2 , o que aumenta consideravelmente os potenciais eólicos. O uso de um cata-vento da marca Kenya ($A=7,1\text{m}^2$) em Santa Vitória do Palmar, com velocidade média anual de 4,6 m/s, geraria uma potência de cerca de 0,3105 kW; o aerogerador Ipuã 2200 ($A=22,06\text{m}^2$) produziria uma potência de cerca de 0,9649 kW, e os aerogeradores do tipo usados nos EUA ($A=38,5\text{m}^2$) ocasionariam potenciais de 1,684 kW.

MARQUES JÚNIOR et al. (1995), [7], 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 1,31 m/s para Cachoeirinha, 2,23 m/s para Rio Grande, 1,71 m/s para Santa Cruz do Sul, 1,97 m/s para São Gabriel e 4,6 m/s para Santa Vitória do Palmar. Pelo menos, comparativamente, as cinco localidades apresentam boas perspectivas para o aproveitamento da energia do vento.

Tomando-se por base as velocidades médias anuais nas cinco localidades, medidas a 7 metros do solo, pode-se estimar os potenciais eólicos disponíveis para geradores com área de rotor entre 5 e 200m^2 , para as alturas de 10, 30 e 50 metros. Essas estimativas estão apresentadas nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10. 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 8º 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.

Tabela 6: Potenciais eólicos (kW/m²) estimados para diversas áreas de rotores à diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Cachoeirinha de 1,31 m/s, registrada a 7 metros do solo.

| Área do rotor (m ²) | Altura do solo (m) | | |
|---------------------------------|--------------------|----------|----------|
| | 10 | 30 | 50 |
| 5 | 0,002534 | 0,004058 | 0,005051 |
| 10 | 0,005068 | 0,008116 | 0,010103 |
| 15 | 0,007603 | 0,012174 | 0,015154 |
| 20 | 0,010137 | 0,016233 | 0,020205 |
| 30 | 0,015205 | 0,024349 | 0,030308 |
| 40 | 0,020274 | 0,032465 | 0,040411 |
| 50 | 0,025342 | 0,040581 | 0,050513 |
| 100 | 0,050685 | 0,081163 | 0,101026 |
| 150 | 0,076027 | 0,121744 | 0,151540 |
| 200 | 0,101369 | 0,162326 | 0,202053 |

Tabela 7: Potenciais eólicos (kW/m²) estimados para diversas áreas de rotores à diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Rio Grande de 2,23 m/s, registrada a 7 metros do solo.

| Área do rotor (m ²) | Altura do solo (m) | | |
|---------------------------------|--------------------|----------|----------|
| | 10 | 30 | 50 |
| 5 | 0,012501 | 0,020018 | 0,024918 |
| 10 | 0,025002 | 0,040037 | 0,049835 |
| 15 | 0,037503 | 0,060055 | 0,074753 |
| 20 | 0,050004 | 0,080073 | 0,099670 |
| 30 | 0,075006 | 0,120110 | 0,149505 |
| 40 | 0,100009 | 0,160147 | 0,199341 |
| 50 | 0,125011 | 0,200183 | 0,249176 |
| 100 | 0,250021 | 0,400366 | 0,498351 |
| 150 | 0,375032 | 0,600549 | 0,747527 |
| 200 | 0,500043 | 0,800733 | 0,996703 |

Tabela 8: Potenciais eólicos (kW/m²) estimados para diversas áreas de rotores à diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Santa Cruz do Sul de 1,71 m/s, registrada a 7 metros do solo.

| Área do rotor (m ²) | Altura do solo (m) | | |
|---------------------------------|--------------------|----------|----------|
| | 10 | 30 | 50 |
| 5 | 0,005637 | 0,009026 | 0,011235 |
| 10 | 0,011273 | 0,018052 | 0,022470 |
| 15 | 0,016910 | 0,027078 | 0,033705 |
| 20 | 0,022547 | 0,036104 | 0,044941 |
| 30 | 0,033820 | 0,054157 | 0,067411 |
| 40 | 0,045093 | 0,072209 | 0,089881 |
| 50 | 0,056366 | 0,090261 | 0,112352 |
| 100 | 0,112733 | 0,180522 | 0,224703 |
| 150 | 0,169099 | 0,270784 | 0,337055 |
| 200 | 0,225466 | 0,361045 | 0,449406 |

Tabela 9: Potenciais eólicos (kW/m²) estimados para diversas áreas de rotores à diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de São Gabriel de 1,97 m/s, registrada a 7 metros do solo.

| Área do rotor (m ²) | Altura do solo (m) | | |
|---------------------------------|--------------------|----------|----------|
| | 10 | 30 | 50 |
| 5 | 0,008618 | 0,013801 | 0,017179 |
| 10 | 0,017237 | 0,027602 | 0,034357 |
| 15 | 0,025855 | 0,041403 | 0,051536 |
| 20 | 0,034474 | 0,055204 | 0,068715 |
| 30 | 0,051711 | 0,082806 | 0,103072 |
| 40 | 0,068948 | 0,110408 | 0,137429 |
| 50 | 0,086185 | 0,138010 | 0,171787 |
| 100 | 0,172370 | 0,276021 | 0,343573 |
| 150 | 0,258555 | 0,414031 | 0,515360 |
| 200 | 0,344740 | 0,552041 | 0,687147 |

Tabela 10: Potenciais eólicos (kW/m^2) estimados para diversas áreas de rotores à diferentes alturas do solo, considerando a velocidade média anual do vento de Santa Vitória do Palmar de 4,6 m/s, registrada a 7 metros do solo.

| Área do rotor (m^2) | Altura do solo (m) | | |
|--------------------------------|--------------------|----------|----------|
| | 10 | 30 | 50 |
| 5 | 0,109725 | 0,175706 | 0,218708 |
| 10 | 0,219450 | 0,351412 | 0,437416 |
| 15 | 0,329175 | 0,527118 | 0,656124 |
| 20 | 0,438900 | 0,702824 | 0,874832 |
| 30 | 0,658350 | 1,054236 | 1,312247 |
| 40 | 0,877801 | 1,405648 | 1,749663 |
| 50 | 1,097251 | 1,757059 | 2,187079 |
| 100 | 2,194502 | 3,514119 | 4,374158 |
| 150 | 3,291752 | 5,271178 | 6,561237 |
| 200 | 4,389003 | 7,028238 | 8,748316 |

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 levado 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 [1].

4 CONCLUSÕES

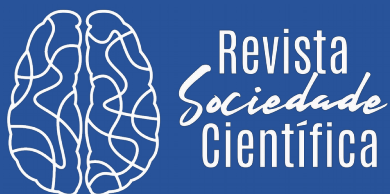
As estimativas iniciais obtidas, do potencial eólico, mostram que os valores estimados para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%, da velocidade média pentadal, apresentam-se como adequados para diversas atividades agrícolas e turísticas em todas as cinco localidades.

A maioria das localidades avaliadas comprovaram as indicações de regiões favoráveis ao uso de energia eólica, expressadas 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 localizam-se as estações citadas neste trabalho.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAPTISTA DA SILVA, J.; et al. **Probabilidades de ocorrência de rajadas máximas de vento em Pelotas, RS.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 237-240, 1997.
- [2] 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.
- [3] 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 Agrometeorologia, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 333-338, 2001.
- [4] DIXON, W. J.; MASSEY JR., F. J. **Introducion to statistical analysis.** Tokio: McGraw-Hill Kogakusha Ltda. 1969, 639 p.
- [5] FISHER, R. A. **Statistical methods for research workers.** 8. ed. London: Oliver and Boyd, 1941, 35p.
- [6] MACINTYRE, A.J. **Máquinas motrizes hidráulicas.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1983, 53 p.
- [7] 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, p. 129-132, 1995.



VOLUME 3, NÚMERO 1, JANEIRO DE 2020

- [8] SHAPIRO, S.S. **How to test normally and other distributional assumptions.** 2² ed. American Society for Quality Control, Wisconsin, 92 p. 1990 (v.3)
- [9] TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras.** Editora Nobel, São Paulo, 1980, 374 p.