

# POTENCIAL EÓLICO NA COSTA LITORAL DE AVEIRO UM ESTUDO DE CASO

Mário Talaia<sup>(1)</sup> e André Sartori<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, mart@ua.pt

## 1. Introdução

O ar a temperaturas mais altas provoca maior evaporação da água do mar, mais nuvens e aumento geral das chuvas. Mas, como o regime de ventos também é alterado, as chuvas poderão ser mais intensas em áreas hoje desérticas. Por outro lado, acredita-se que lugares hoje férteis sofrerão com a falta de água. Se uma parte das calotes polares derretesse por efeito do calor, o nível do mar poderá subir pelo menos 1000 mm, inundando ilhas e áreas costeiras consideradas como baixas, são exemplo a Holanda, o Bangladesh, bem como cidades como Miami, Rio de Janeiro ou parte de Nova York.

Hoje uma área temática de grande estudo tem a ver com as alterações climáticas. Pode-se afirmar que, de um modo geral, “estamos a alterar o meio ambiente muito mais depressa do que podemos prever as consequências”. Há ecossistemas que estão a mudar (a extinção de espécies de plantas e animais é uma realidade, assim como o aparecimento de novas pragas).

Há, por isso, consequências do efeito de estufa sobre a vida vegetal e animal. Poderá levar cinquenta, cem ou mais anos, porém, aproxima-se a época em que os combustíveis fósseis – como o petróleo, o carvão e o gás natural – terão de ser definitivamente substituídos por outras formas de energia que não contribuam para o efeito de estufa. O homem procura dinamizar a utilização de fontes renováveis de energia.

Daí que já algum tempo que o ser Humano detectou que seria possível obter energia com recurso a fontes naturais, as chamadas fontes renováveis de energia.

A problemática crise petrolífera, tornou quase obrigatório o investimento em fontes alternativas de energia.

O ambiente é beneficiado com o uso de energias “verdes”, as provenientes das fontes renováveis de energia e a qualidade de vida do ser Humano deverá melhorar no futuro próximo.

Os custos de instalação têm, de algum modo, tornado as energias “verdes” pouco interessantes do ponto de vista económico, mas com o aumento do preço do petróleo e da consciência Humana para as questões ambientais, tornaram-se uma opção válida. A energia eólica é um destes casos, no entanto, à parte da aquisição do material e infra-estruturas a usar, é necessário avaliar a rentabilidade do

investimento para determinar a viabilidade de implantação de um parque eólico.

O conhecimento climatológico da região por um período suficientemente longo permite conhecer o regime de ventos. No caso da Península Ibérica e devido à localização semi-permanente do anticiclone dos Açores pode-se afirmar que o regime de ventos seria predominantemente na direcção Norte-Sul. O Índice de NAO (North Atlantic Oscillation) é um bom indicador para se determinar qual a tendência anual do regimes de ventos na Península Ibérica.

Na Figura 1 é mostrado o “potencial eólico” para a região em estudo, que se localiza na zona litoral da península ibérica de cor “amarela”, de acordo com Troen and Petersen (1989).

As brisas podem influenciar o potencial eólico de uma região.

Considerou-se, também, o cenário em que se pretende instalar geradores eólicos cuja distância da base da torre até ao eixo do gerador é de 60 metros, cujas pás possuem 40 metros de comprimento e cuja eficiência média é de 20%. Tais valores podem ser considerados típicos para os actuais geradores de médio/grande porte.

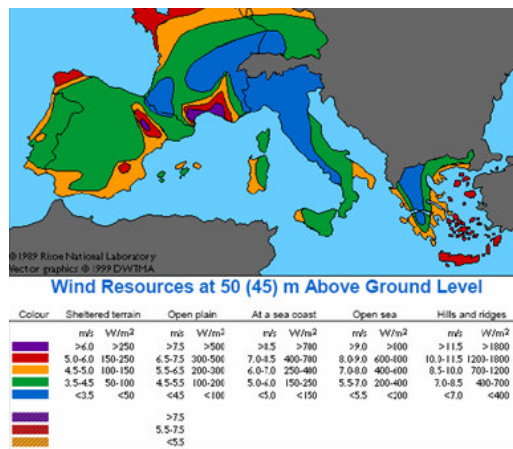


Fig. 1. – Mapa de intensidade do vento

## 2. Colecção de dados

Os dados foram registados num posto de observação com coordenadas geográficas de 40° 38' de latitude, 8° 40' de longitude e foram tratados para conhecer o comportamento dos ventos e de parâmetros que indiquem a viabilidade de uma instalação eólica.

Foram utilizados dados de temperatura média do ar ao nível de 1,5 m, rumo médio do vento e intensidade média do vento ao nível de 10 m. Considerou-se uma série de dados de três anos de 2004 a 2006.

### 3. Resultados e discussão

Inicialmente o ficheiro de dados foi filtrado. Os dados sem significado físico (por exemplo, ausência de registo pelo sensor) foram eliminados. Os registos de ângulo de 360° foram convertidos para 0°.

Os dados atmosféricos registados, para cada mês do ano e para os três anos de estudo, foram tratados com o auxílio de um programa desenvolvido em Matlab.

Foi considerado o comportamento dos ventos e o cálculo de parâmetros que indicam uma viabilidade da instalação de geradores eólicos para a produção de energia eléctrica.

Como na zona de recolha de dados não está instalado nenhum parque eólico, considerou-se um cenário hipotético da viabilidade de instalar geradores eólicos cuja altitude de rotação das pás é de 60 m.

De notar que não faz parte deste estudo a análise de geradores nem previsões de produção de energia eléctrica com base num modelo particular de turbina. Assim sendo, basicamente pretende-se conhecer a distribuição dos ventos, a distribuição das velocidades do vento e o potencial eólico.

A frequência dos ventos na região foi investigada, num intervalo de 10°, iniciada a 0°.

A Figura 2 mostra o histograma dos ângulos obtido da distribuição do vento durante os três anos, em que está representada a probabilidade de ocorrência de vento segundo uma dada direcção (intervalo de 10°).

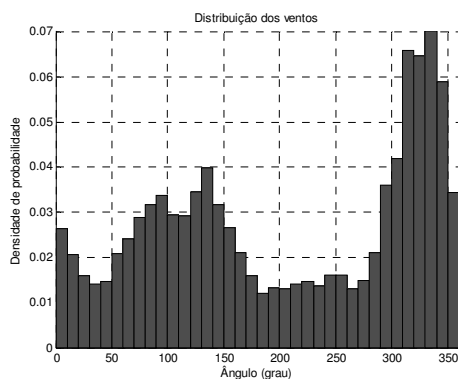


Fig. 2. – Densidade de probabilidade em função do ângulo

A Figura 3 mostra o resultado obtido em coordenadas polares (equivalente à rosa-dos-ventos). A velocidade do vento foi projectada para um nível de 60 m usando a lei da potência (Verdecia, 1997), dada por

$$v_z = v_{z_0} \left( \frac{z}{z_0} \right)^\alpha \quad (1)$$

em que  $v_z$  é a velocidade do vento ao nível  $z$ ,  $v_{z_0}$  a velocidade registada ao nível  $z_0$  e  $\alpha$  um coeficiente que depende tanto da rugosidade da superfície terrestre quanto da estabilidade atmosférica. Utilizou-se o valor  $\alpha = 0,15$  tendo-se em conta que a região de estudo é plana, não somente do ponto de vista topográfico, mas também pela presença da Ria e pela proximidade com o mar, factores que reproduzem condições de vento semelhantes às de uma região desértica.

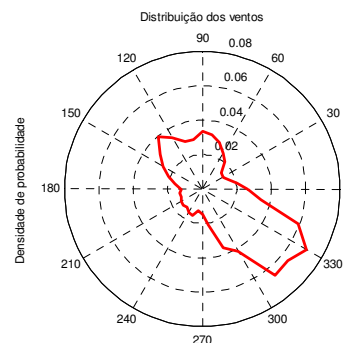


Fig. 3. – Distribuição dos ventos

A frequência de ocorrência de vento com uma dada velocidade foi investigada.

É sabido e aceite que a distribuição das velocidades segue o modelo da distribuição de Weibull [Henessey (1977); Justus et al. (1978) e Gupta (1986)], dada pela expressão,

$$f(x, k, \lambda) = \frac{k}{\lambda} \left( \frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (2)$$

em que  $x$  representa a velocidade do vento,  $k$  o parâmetro de forma e  $\lambda$  o parâmetro de escala, sendo valores positivos.

Na Figura 4 é mostrada a frequência dos ventos (histograma das velocidades médias) em intervalos de  $1 \text{ ms}^{-1}$ , ajustada à escala das frequências em densidade de probabilidade, por recurso à função wblfit do Matlab.

O valor da velocidade para o qual ocorre o máximo da curva foi avaliado de acordo com a aplicação da expressão,

$$v_{\max} = \lambda \left( \frac{k-1}{k} \right)^{1/k} \quad k > 1 \quad (3)$$

e o valor da velocidade do vento para onde ocorre a média da função foi calculado a partir de

$$v_{\text{med}} = \lambda \Gamma \left( 1 + \frac{1}{k} \right) \quad (4)$$

com  $\Gamma(a) = (a-1)!$

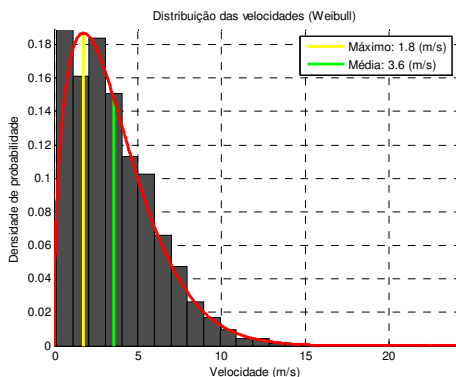


Fig. 4. – Distribuição das velocidades do vento

A velocidade média do vento calculada foi de  $3,6 \text{ ms}^{-1}$  e a velocidade mais provável de  $1,8 \text{ ms}^{-1}$ .

O potencial eólico sendo uma das informações mais importantes num projecto de viabilidade, foi também avaliado.

A energia por unidade de tempo e por unidade de área, ou a potência por unidade de área, produzida pelo vento é dada por

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (5)$$

em que  $\rho$  é a massa volúmica do ar e  $v$  é a velocidade do vento.

Multiplicando-se a potência gerada por cada velocidade do vento pela probabilidade de cada velocidade na distribuição das velocidades de Weibull, obteve-se a distribuição da energia do vento para as diferentes velocidades, que é a chamada densidade de potência.

Para estimar a pressão atmosférica, recorreu-se à fórmula barométrica, dada por

$$p = p_0 e^{-\frac{g_0 z}{R_a T_0}} \quad (6)$$

em que  $p_0$  é a pressão atmosférica ao nível do mar,  $g_0$  a aceleração gravítica,  $z$  a altura de projecção,  $R_a$  a constante particular para o ar seco e  $T_0$  a temperatura padrão.

Os valores da temperatura do ar e da pressão projectadas ao nível de 60 m permitiu calcular a massa volúmica média do ar e a densidade de potência.

A Figura 5 mostra a distribuição de energia para a série de anos investigada.

A área sob a curva “cinzento” representa a quantidade de potência por metro quadrado do fluxo de vento que é esperado, enquanto que a área sob a curva a “azul” representa o máximo de potência do vento que se pode extrair, de acordo com a Lei de Betz (não se pode converter em energia mecânica mais de 59,32% da energia total do vento).

Nestes termos, a potência utilizável é dada pela expressão

$$P = c_p \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (7)$$

com  $c_p \cong 0,59$ .

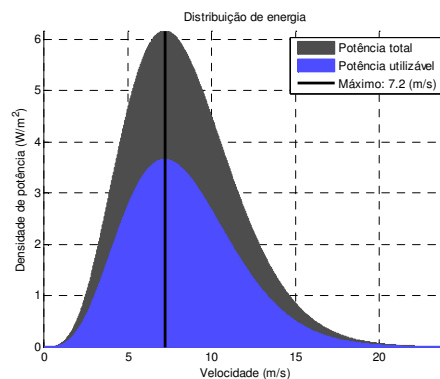


Fig. 5. – Distribuição de energia

A potência eólica total determinada foi  $49,3 \text{ Wm}^{-2}$  e a potência eólica utilizável  $29,2 \text{ Wm}^{-2}$ , sendo a potência máxima obtida para uma velocidade correspondente ao valor de  $7,2 \text{ ms}^{-1}$ .

Quanto maior o comprimento das pás do gerador eólico, maior a área que este abrange e, conseqüentemente mais energia mecânica pode ser extraída do vento.

Mas, há que se ter em conta dois factores: normalmente as turbinas só actuam quando a velocidade do vento se encontra acima dos  $3$  a  $5 \text{ ms}^{-1}$  e abaixo dos  $25 \text{ ms}^{-1}$  e os geradores eólicos possuem um rendimento médio em torno dos 20%.

O valor estimado para a quantidade de energia eléctrica produzida por um gerador cujas pás medem 40 m de comprimento foi de  $41,9 \text{ kW}$  e a energia eléctrica estimada de  $0,37 \text{ GWh.ano}^{-1}$ .

Adicionalmente a Figura 6 mostra a distribuição da velocidade média do vento em cada ângulo, quando se aplica a distribuição de Weibull.

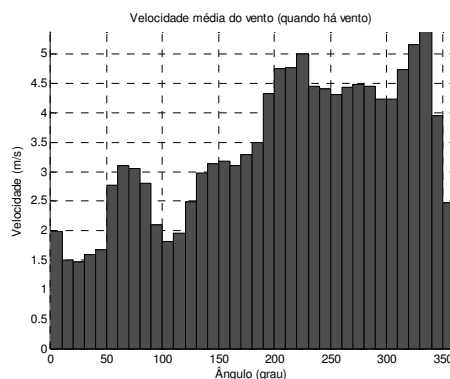


Fig. 6. – Distribuição da velocidade média do vento em cada ângulo

O resultado em coordenadas polares correspondente é mostrado na Figura 7.

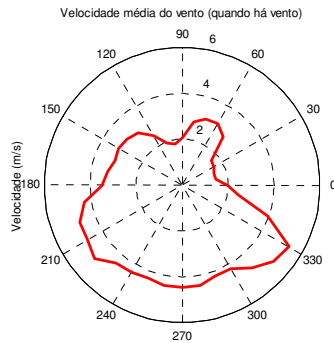


Fig. 7. – Velocidade média do vento

Estas velocidades médias não contabilizam períodos em que não há vento sob uma certa direcção. Assim, calcularam-se as velocidades médias ponderadas pela frequência. A Figura 8 indica a velocidade média ponderada do vento em função do ângulo.

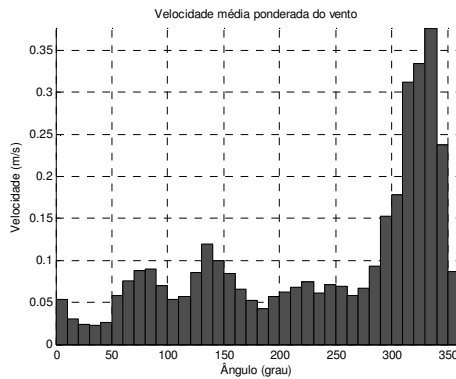


Fig. 8. – Velocidade média ponderada do vento

A Figura 9 mostra a distribuição para valores da velocidade média ponderada do vento na forma de rosa-dos-ventos.

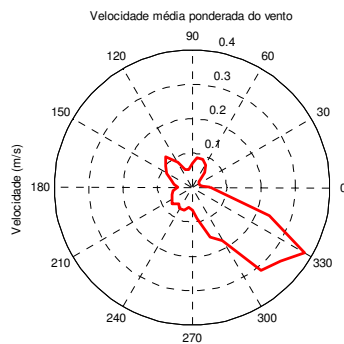


Fig. 9. – Distribuição para valores da média ponderada

#### 4. Considerações finais

O método de análise adoptado, embora de natureza simplista, proporciona uma compreensão acerca do comportamento dos ventos na região litoral da região de Aveiro.

Foi avaliado o potencial eólico para a região investigada.

Os resultados parecem indiciar *alguma prudência* de instalação. De facto, existe *alguma reserva* acerca da viabilidade económica de instalação de geradores.

#### Referência

- Henessey, J.P. (1977). Some aspects of wind power statistics. *Journal Applied Meteorology*, **16** (2), 119-128.
- Gupta, B.K. (1986). Weibull parameters for annual and monthly wind speed distributions for five locations in India. *Solar Energy*, **37** (6), 469-671.
- Justus, C.G., Hargraves, W.R. and Mikael, A. (1978). Methods for estimating wind speed frequency distributions. *Journal Applied Meteorology*, **17** (3), 350-353.
- Troen and E.L. Petersen (1989). *European Wind Atlas*. Published for the Commission of the European Communities by Risø National Laboratory. ISBN 87-550-1482-8. Roskilde, Denmark. 656 pages.
- Verdecia, P.F. (1997). *Sistemas aislados de la red eléctrica*. Principios de conversión de la energía eólica. Madrid: CIEMAT, 2.13-2.37.