

ENERGIA EÓLICA: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS E APLICAÇÃO PRÁTICA

* Êudyce Pontes da Silva

O objetivo deste trabalho é tecer algumas considerações teóricas sobre a energia eólica e mostrar uma aplicação prática.

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento da energia eólica através de moinhos de vento, foi uma prática bastante usada na Antiguidade tanto na Pérsia como na China, objetivando não só a irrigação mas também a moagem de grãos.

No século 19, com o advento da máquina a vapor, os moinhos de vento que até então tinham seu uso generalizado, passaram a ter aplicação mais reduzida proveniente da chegada de uma tecnologia de característica mais consistente, pois não dependia dos ventos.

O surgimento dos motores a combustão no século 20, se por um lado proporcionou a erradicação dos moinhos de vento do cenário das tecnologias de aproveitamento energético, por outro introduziu o petróleo, uma fonte finita de energia, como vetor energético de bastante significação no setor produtivo.

Na década de 70 o Brasil e o mundo viveram os efeitos da crise do petróleo, o que serviu para alertar da necessidade da busca de outras alternativas energéticas, face a vulnerabilidade do ponto de vista físico e econômico da dependência do seu uso.

A energia eólica, portanto, desponta como uma das modalidades de energia de aproveitamento factível no atual contexto energético brasileiro, uma vez que se trata de um tipo de energia não poluente, abundante, e em algumas regiões do país já apresenta viabilidade técnica e econômica.

2. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Energia eólica é aquela presente nos ventos. Ela é uma das formas através da qual a energia solar se manifesta, visto que os ventos são originados pelo aquecimento da atmosfera de maneira não uniforme.

Se considerarmos que um determinado volume de ar de massa m movimenta-se a uma velocidade v , a energia cinética desse volume de ar é dada pela expressão $E = \frac{1}{2} m v^2$. O que nos interessa no entanto é a relação energia-tempo, ou seja, a potência que se pode dispor teoricamente pelo movimento da massa de ar, quando ela passa por uma área de captação de forma circular S , essa potência é $P_D = \frac{m}{t} \times \frac{v^2}{2}$.

Como $\frac{m}{t} = \rho S v$, sendo ρ a massa específica do ar (1.2kg/m³), e v a velocidade do vento, teremos $P_D = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^3$. Esta fórmula nos permite visualizar, a relação existente entre a potência teoricamente disponível P_D e a velocidade do vento.

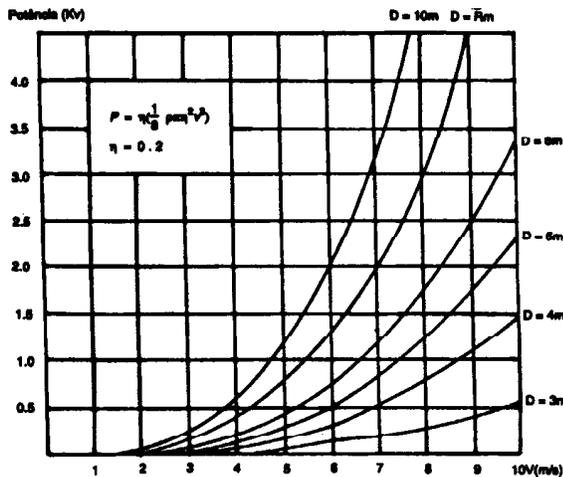
Betz mostrou que a potência máxima teórica que pode ser captada por um sistema eólico (catavento ou aerogerador) é $P_M = \eta_B P_D$, onde $\eta_B = 0,592$ é chamada eficiência de Betz. Na prática a potência gerada por um sistema eólico é $P_G = \eta P_D$, onde η é o produto das eficiências de Betz, do gerador, mecânica e aerodinâmica.

O produto da eficiência de Betz η_B , vezes a eficiência aerodinâmica η_A nos dá a eficiência do rotor η_R , também chamada de coeficiente de potência C_p , possibilitando-nos escrever a potência captada pelo rotor eólico da seguinte maneira:

$$P_r = \eta_r \cdot P_d \text{ ou } P_r = C_p \cdot P_d$$

* MSc - COPPE/UFRJ; Professor da UNIFOR.

O gráfico a seguir mostra a relação potência, diâmetro da área de captação do vento, e velocidade, para $\eta = 20\%$.



As medidas de velocidade dos ventos são feitas em função da altura, e da rugosidade do terreno onde se processa a medição. Usam-se duas fórmulas para cálculo de velocidade a uma altura H do solo, são elas: $V_H = V_{10} (0,234 + 0,656 \log_{10} (H + 4,75))$ para baixa rugosidade específica e, $V_H = V_{10} (H / 10)^\eta$, onde V_H é a velocidade do vento à altura H do solo; V_{10} é a velocidade do vento a 10 metros de altura, e η é um fator que depende da rugosidade do solo.

O quadro abaixo mostra os valores de η para os três níveis de rugosidade existentes.

Rugosidade do solo	η
Alta rugosidade	1/7
Média rugosidade	1/11
Baixa rugosidade	1/15

2.1 Coeficiente de utilização a partir da velocidade média, instantânea e nominal

Um sistema eólico funciona dentro de uma gama de velocidades estatisticamente determinadas, indo desde um mínimo, quando o sistema entra em operação, até um máximo quando a integridade da estrutura física do sistema entra em risco, momento em que um dispositivo de controle automático o desliga.

A energia recuperável de um sistema eólico é calculada, quando de posse dos valores das diversas

velocidades estatísticas, determina-se um coeficiente de utilização.

A equação a seguir nos permite calcular o coeficiente de utilização K_u , quando são conhecidas as velocidades instantânea v , média V e nominal V_n .

$$K_u = \frac{V_n^3 (T_2 - T_1) + \int_{T_2}^{T_3} v^3 dt}{V^3}$$

As variáveis T_1 , T_2 e T_3 , referem-se respectivamente ao tempo em que a velocidade do vento ultrapassa a velocidade de projeto do sistema; o tempo em que a velocidade do vento supera a velocidade nominal; o tempo em que a velocidade do vento é compatível para a produção de energia.

3. APLICAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA

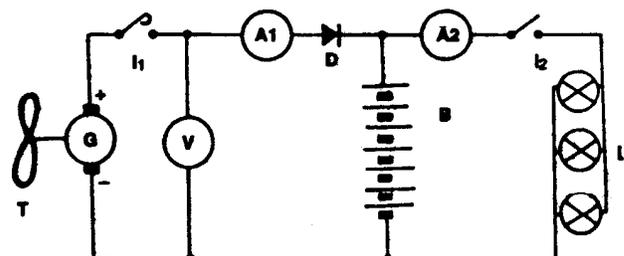
A energia eólica pode ser utilizada através de aerogeradores para geração de eletricidade, como também por meio de cataventos para produção de energia mecânica.

A geração elétrica a partir de aerogeradores, tem aplicação importante no acionamento de aparelhos elétricos e na iluminação de comunidades que fiquem distantes dos centros de distribuição de energia elétrica, já a conversão da energia eólica via cataventos, produz energia mecânica necessária para bombeamento de água, moagem de grãos, irrigação, etc.

A seguir daremos um exemplo prático da utilização da energia eólica, para produção de eletricidade através de um aerogerador. Trata-se de um aerogerador KENYA fabricado pela indústria nacional, e atualmente instalado na Unidade de Demonstração de Energia Alternativa da COELCE.

O referido sistema consta de uma turbina eólica de duas pás abrangendo uma área de captação de 3,14m², com coeficiente de potência $C_p = 0,40$ e eficiência de transmissão $\eta = 0,70$, achando-se o mesmo instalado a 10 metros de altura do solo. A turbina é ligada a um gerador CC, cuja potência nominal é de 180W operando entre 700 e 1000 rpm.

O funcionamento do sistema ocorre segundo o esquema abaixo.



O gerador de corrente contínua G é acionado pela turbina eólica T (que converte a energia eólica em energia de rotação). A partir daí o gerador produz eletricidade e a mesma é armazenada pela bateria B, para produzir luz e calor através das lâmpadas L. O voltímetro V mede a tensão CC produzida pelo gerador G e os amperímetros A₁ e A₂ medem as correntes de carga da bateria B e de descarga das lâmpadas, respectivamente. O diodo D serve para evitar a descarga da bateria pelo gerador. O disjuntor termo-magnético I₁, tem como função ligar e desligar o gerador a bateria, e o interruptor I₂ serve para conectar e desconectar a bateria às lâmpadas.

Fica, portanto, evidente, através do sistema descrito pela Coelce, a possibilidade da utilização da

energia eólica para produção de eletricidade, o que faz da energia eólica uma das alternativas que poderá contribuir para um maior suprimento energético do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HACK, L. P. - "Dados sobre o vento" - I WORKSHOP sobre energia eólica - PEM-COPPE/UFRJ, 1982.
2. HIRATA, M. H. and MANSOUR, W. M. - "Potentials and limitations of wind energy", Publicação COPPE, 1977.
3. HUNT, V. D. - "WINDPOWER" - Van Nostrand Reinhold Company, 1981.