



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO OCEANOGRÁFIA**



***Relatório de Investigação***

***Energia Eléctrica***

***Docente: Dr. Cuamba***

***Estudante:  
Jamisse, Nelson Simão***

***Maputo, Setembro de 2004***







### **Dedicatória**

O presente trabalho dedicado aos meus pais: Nunes Simião e Virginia Isabel Comé, por me terem posto neste mundo e que me deram a possibilidade de fazer este curso, aos meus irmãos: Iva, Helder e Steella, os meus sobrinhos. Nilton e Ana Larissa. A minha Namorada Odete.

### **Agradecimentos**

Agradeço aos meus professores deste curso em particular os professores dr Cuamba, dr Narran; por terem me dado uma visão ampla, como realizar e apresentar um relatório científico.

Aos meu colegas: Sérgio Mogulufo, Afonso Guta, Zé da Cruz, Nangura Muceliwa estes que ajudaram me na investigação deste tema.

### **Epigrafe**

“As metas não são somente necessárias para a nossa motivação, são fundamentais para nos manterem vivos.”

*Roberi Seuller*

**Índice**

Introdução .....	7
Objectivos .....	7
Geral.....	7
Específico.....	7
Metodologia .....	8
Origem .....	8
Vento e Energia.....	8
Impacto Ambiental.....	13
Utilização do terreno .....	13
Impacto visual.....	15
Balanco Energético .....	15
Aves .....	15
Interferências electromagnéticas.....	16
O uso da energia eólica.....	16
Bibliografia .....	18

## **Abstrat**

Deve ter sido a vela a mais primitiva utilização da energia dos ventos (eólica de Eolos: Deus do Vento). Depois apareceram os moinhos de vento para moer cereais e produzir farinha, que até hoje ainda são muito utilizados na Europa.

Uma grande alternativa aos combustíveis fósseis é, cada vez mais, a energia eólica, ou seja a energia produzida pelo vento e captada com a ajuda de moinhos. O vento ao soprar faz girar as hélices de um moinho, o que por sua vez vai produzir electricidade.

Neste século foram feitas diversas tentativas de montar equipamentos capazes de gerar energia eléctrica a partir do vento. Esta forma de energia é inesgotável, pois o vento não se acaba, e não polui a atmosfera. Claro, que os moinhos de vento têm de ser construídos em zonas ventosas.

As centrais eólicas têm um impacto ambiental quase nulo, por isso esta pode ser a forma mais racional de produção de energia eléctrica. Estas centrais não contribuem para o aumento da emissão de gases para a atmosfera, causadores do efeito de estufa como acontece com a produção de energia eléctrica a partir da queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, o carvão, ou mesmo o gás natural

## **Prefácio**

A energia eólica é uma eficiente fonte de produção de electricidade tendo ainda como vantagem os factos de estar livre de perigos , de ser limpa e de ser abundante e barata. Estas inquestionáveis vantagens da energia eólica não impedem que se tenham feito estudos, muito aprofundados, sobre todo o tipo de impactos que ela possa constituir.

Apesar de ter sido descoberta a muitos anos atrás, hoje o seu uso voltou a ser explorado, visto que os sistemas eólicos estão entre os sistemas de produção de energia eléctrica mais seguros, tendo sido registados apenas casos raros de pessoas feridas por pedaços partidos das pás ou por pedaços soltos de gelo.

## **Introdução**

Um dos grandes tormentos do Mundo de hoje é a questão relativa à energia, o aproveitamento desta ainda não atingiu um nível satisfatório, visto que a imensa maioria da energia utilizada no planeta é de origem não renovável, seja de fonte mineral, atômica, térmica ou das águas. A energia pode ser utilizada de forma mais civilizada e menos dispendiosa, por meios de fontes renováveis como a energia eólica, solar, das marés, geotérmica e de outras mais.

O sol é a fonte de energia que controla a circulação da atmosfera. O sol emite energia em forma de radiação solar electromagnética da qual uma parte é interceptada pelo sistema Terra-Atmosfera e convertida em outras formas de energia por exemplo calor cinético da circulação da atmosfera.

As enormes qualidades de energias recebidas pelo sol são responsáveis pela maior parte das alterações e processos físicos que ocorrem na Terra.

A energia solar não é distribuída uniformemente na Terra. A distribuição desigual da energia solar provoca a deslocação do ar atmosférico. O movimento do ar atmosférico designa-se por **Vento**.

Tudo que tem movimento possui energia; a energia obtida pelo movimento do ar (vento), designa-se por **Energia Eólica**.

## **Objectivos**

### **Geral**

- Análise do aproveitamento da energia eólica.

### **Específico**

- Vantagens e desvantagens da energia eólica,
- Diferença desta energia com as outras

## **Metodologia**

O presente trabalho foi feito com base em referências bibliográficas, dados disponíveis em web's na internet, consulta de alguns trabalhos de licenciatura.

## **Origem**

Não se tem um registo exacto da descoberta dessa energia mas estima-se que foi a milhares de anos atrás.

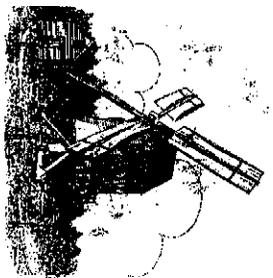
Por volta de 3.500 a.c os persas, usavam barcos a vela. Os egípcios, por volta de 700 a.c, usavam moinhos de vento para bombear a água para as terras áridas e usavam os seus barcos de papiro movidos pelo vento.

Há também indícios que os Vikings vieram para o continente Americano em embarcações a vela. O uso de cataventos horizontais, cujas velas giravam em torno de um eixo horizontal, difundiu-se pelo mundo islâmico após a conquista do Irão pelos Árabes. No século 17, a Holanda, tornou-se a nação industrializada com o uso mais extensivo potencial eólico nos moinhos e navios.

Por volta de 1890, La Cour desenvolveu na Dinamarca um tipo de moinho que foi utilizado pela primeira vez para produzir electricidade.

## **Vento e Energia**

Para medir a velocidade do vento, utiliza-se instrumentos que podem ser de leitura directa chamados *anemómetros* {do grego *anemos* (vento), *metros* (medidor)} e registadores chamados *anemógrafos* {do grego *anemos* (vento), *grafos* (registo)}. As turbinas podem ser de uma, duas, três, quatro ou múltiplas pás.



O movimento das massa de ar possuem energia cinética expressa pela equação:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Onde:

*v* é a velocidade do vento;

*M* é a massa do ar (vento);

A variação da energia cinética ( ou qualidade de movimento ) do vento resulta o movimento do catavento, aplicando a teoria da hidrodinâmica, pode-se calcular a potencia máxima extraída de um catavento de eixo horizontal, que é:

$$P_{max} = \frac{8}{27}\pi r^2 \rho v^3 \quad (2)$$

Onde:

*r* é o raio do catavento;

*p* é a densidade do ar;

*v* é a velocidade do vento antes de incidir sobre as pás;

Se o catavento não causar turbulência no fluxo do ar incidente, a energia cinética (K), do ar incidente sobre a área varida pelas pás será:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \rho V v^2 \quad (3)$$

Onde:

*K é a energia cinética do ar incidente sobre a área varrida pelas pás do catavento;*

*V é o volume incidente;*

*v é a velocidade do vento antes de incidir sobre as pás;*

Para um volume cilíndrico de secção igual a área do catavento e comprimento 'x', tem-se:

$$K = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 x v^2 \quad (4)$$

A potência contida no vento é a variação infinitesimal  $dK$  no intervalo de tempo infinitesimal  $dt$ , isto é:

$$P_{\text{contido}} = \frac{\partial K}{\partial t} = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 \frac{\partial x}{\partial t} v^2 \quad (5)$$

Onde:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = v$$

$dx$  é a variação infinitesimal do deslocamento do ar num intervalo de tempo  $dt$ .

Logo

$$P_{\text{contido}} = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3 \quad (6)$$

Esta fórmula é válida mesmo que a velocidade do vento varie. Com os valores obtidos de  $P_{\max}$  e  $P_{\text{contida}}$ , dá-nos a eficiência ou rendimento de um catavento.

$$\Pi = \frac{\text{potenciaextraída}}{\text{potenciacontida}} = \frac{P_{\text{ext}}}{P_{\text{cont}}} = \frac{8/27 \pi^2 \rho v^3}{1/2 \pi^2 \rho v^3} = \frac{16}{27} = 0.593 = 59.3\% \quad (7)$$

Na realidade, as eficiências são na ordem da metade do valor teórico máximo. Assim, a potência mecânica real máxima também será a metade da teoria, isto é:

$$P_{\text{real}} = \frac{1}{2} P_{\max} = \frac{4}{27} \pi^2 \rho v^3 \quad (9)$$

### Potencial Eólico num país ou numa determinada região.

Num País ou região, diz-se que possui um potencial eólico quando se confirma a existencia de ventos tipo comercial (Trade wind). Para a afectivação desse estudo usa-se instrumentos de medição do vento, a colecta-se os dados do vento e no fim faz-se o mapeamento desses dados.

O vento comercial deve possuir as seguintes características:

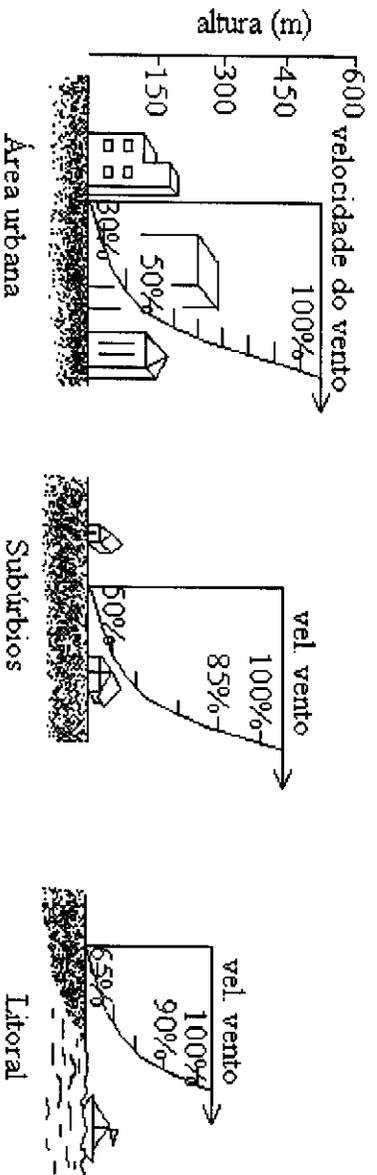
- Possuir velocidade média alta;
- Possuir poucas variações de direcção,
- Possuir poucas turbulências durante o ano, ou durante o dia.

As zonas montanhosas, marítimas, costeiras, em climas quentes e secos também possuem o potencial eólico elevado.

### Relação entre velocidade do vento e Altura.

A velocidade do vento em um determinado local aumenta drasticamente com a altura e as componentes horizontais são significativamente grandes que as componentes verticais. A extensão pela qual a velocidade do vento aumenta com a altura é governada por um fenômeno chamado "wind shear". Fricção entre ar mais lentos e mais rápidos conduz ao aquecimento, velocidade do vento mais baixa e muito menos energia de vento disponível perto do solo.

Apresentamos abaixo uma figura que ilustra as diferentes áreas (urbana, subúrbios, ou ao nível do mar) e a relação entre suas alturas e velocidades de ventos.



Com este esquema, podemos perceber que regiões que possuem construções elevadas como prédios, só atingem velocidades razoáveis de vento após uma elevada altura. Já nas áreas em que só existem casas e pequenas construções, esta taxa diminui e assim, em alturas um pouco menores já temos ventos satisfatórios; no último caso mostrado, ao nível do mar, se vê que os ventos já são muito mais rápidos em altitudes menos elevadas que nos exemplos anteriores.

Como comoo dito acima, a potência teórica gerada pelas "máquinas de vento" varia com o cubo da velocidade do vento local. Isto, mais uma vez evidencia o quanto é necessário uma análise prévia do lugar onde se pretende estalar os equipamentos, para que se tenha um aproveitamento melhor da potencialidade da energia eólica.

Assim, a conversão de energia eólica em regiões com muitos obstáculos fica prejudicada. Porém, mesmo nestas regiões é possível o aproveitamento, mesmo que já em escalas menores. O que é preciso saber é se nestas regiões onde há um aproveitamento mais restrito é ainda viável economicamente se construir tais equipamentos para se converter a energia eólica para eletricidade, por exemplo.

Existe uma regra prática que permite a utilização de cata-ventos em regiões que possuem construções e/ou obstáculos naturais, tais como árvores muito grandes ou elevações (morros) no solo. Esta regra diz que o cata-vento nestas regiões tem que ficar a uma distância mínima de 7 vezes a altura que o obstáculo tem, ou seja, se numa casa de 5 metros de altura, por exemplo, se desejar implantar um sistema de captação e conversão da energia eólica, este sistema deverá estar a uma distância de 35 metros para que haja um aproveitamento melhor dos geradores e que as turbulências causada pela uniformidade do chão, das construções e dos obstáculos naturais sejam minimizadas, não interferindo muito no aproveitamento do sistema.

### **Impacto Ambiental**

Qualquer que seja um processo possui suas vantagens e desvantagens. No aspecto negativo, as estações que funcionam através dessa energia, a sua construção altera a paisagem natural da zona uma vez que para melhor renderem precisam de ser instaladas num local aberto (sem árvores). As suas turbinas provocam ruído que pode incomodar as pessoas, animais etc. Na algumas vezes essas turbinas provocam interferência do sinal da televisão.

Sendo os mais importantes referidos e analisados em seguida.

### **Utilização do terreno**

Os parques eólicos tem a vantagem de permitirem que o terreno ocupado seja utilizado para outros fins, agrícolas por exemplo, no entanto não devemos esquecer que a implantação de obstáculos ou o aumentos da rugosidade do terreno implica uma

diminuição da produção do parque. De uma forma geral a instalação de parques eólicos não afecta significativamente o habitat natural.

A área ocupada por um parque eólico não é excessiva quando comparada com outros tipos de aproveitamentos (hídricos por exemplo). A relação entre a área varrida pelas pás e a potência dos aerogeradores é de aproximadamente 3 m<sup>2</sup>/kW. Como exemplo, podemos observar que um aerogerador de 500 kW terá um comprimento de pás de aproximadamente 21 m. Estudos aerodinâmicos comprovam que os aerogeradores devem estar distribuídos pelo terreno de forma que o funcionamento de cada aerogerador não seja afectado pelas perturbações aerodinâmicas dos aerogeradores vizinhos. Estes factos implicam que a disposição dos aerogeradores respeite uma distância mínima entre eles de 5 vezes o comprimentos das pás. Assim, como regra prática podemos admitir que a área requerida por um parque eólico é de 0.08 a 0.13 km<sup>2</sup>/MW (8-13 MW/km<sup>2</sup>).

### **Emissão de ruídos.**

A emissão de ruídos nos aerogeradores é devida ao funcionamento mecânico e ao efeito aerodinâmico. Para aerogeradores com diâmetro do rotor superior a 20 m os efeitos aerodinâmicos são os que mais contribuem para a emissão de ruídos.

Os ruídos emitidos pelos aerogeradores decresce entre os 50dB junto ao aerogerador e os 35dB a uma distância de 450m. Os efeitos fisiológicos, sobre o sistema auditivo, e a afectação de diferentes funções orgânicas apenas é sentida a partir dos 65dB.

No entanto, valores mais altos que 30 dB podem provocar efeitos psíquicos sobre o homem sendo o nível de ruído recomendável inferior a 40 dB. O ruído de 40 dB corresponde a uma distância dos aerogeradores de 200 m. Sendo esta a distância entre aerogeradores e habitações respeitada na Europa.

### **Impacto visual**

Os modernos aerogeradores, com alturas das torres de 40 m e comprimento das pás de 20 m, constituem obviamente uma alteração visual da paisagem. O impacto visual é muito difícil de avaliar. No entanto, existem alguns efeitos incómodativos que podem

ser contabilizados tais como: o efeito de sombras em movimento e reflexões intermitentes.

O primeiro pode ser evitado com uma correcta planificação do parque. O efeito das reflexões intermitentes, devidas à incidência do sol sobre as pás em movimento, pode ser evitado utilizando pinturas opacas. Pintar os aerogeradores com as cores da paisagem é uma boa solução para minimizar o impacto visual. Por vezes nas proximidades de instalações militares é sugerida uma pintura de camuflagem para evitar que os aerogerados constituam pontos de referência.

### **Balanco Energético**

A energia gasta para produzir, instalar e para operação e manutenção de um aerogerador típico é produzida por esse mesmo aerogerador em menos de meio ano. Este facto torna a energia eólica numa das energias mais atractivas em termos de planeamento energético mundial.

### **Aves**

Em alguns casos de parques localizados em zonas de migração de aves, tais como Tarifa no sul de Espanha, tem-se observado um elevado numero de aves mortas pelo movimento de rotação das pás. No entanto, estes incidentes não constituem um caso sério na grande maioria dos parques. A forma de evitar estes incidentes é uma correcta planificação na localização dos parques evitando as rotas de migração.

### **Interferências electromagnéticas**

Os aerogeradores, em alguns casos podem reflectir as ondas electromagnéticas. Isto implica que podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Estas interferências não são significativas. No entanto, é necessário efectuar estudos mais detalhados quando o parque se situa junto de aeroportos ou de sistemas de retransmissão.

***As vantagens são muitas a destacar :***

- *Essa energia é limpa e renovável,*
- *Não precisa queimar combustíveis fósseis para o seu funcionamento,*
- *Não é poluente na atmosfera,*
- *Proporciona estabilidade de preços uma vez que há súbitos aumentos de preço como ocorre o petróleo.*

### **O uso da energia eólica**

Hoje, a energia eólica pode ser direcionada para prover algumas ou muitas tarefas úteis tais como: bombeamento de água, geração de eletricidade, aquecimento, etc.

Vamos examinar algumas dessas tarefas mais detalhadamente .

**Bombear água** é um uso primário de energia eólica. Daniel Halliday e outros começaram fabricar cata-ventos multi-lâminas com este propósito na metade do século XIX. O trabalho de Halliday coincidiu com os avanços nas indústrias de bombas de água de ferro. Brevemente a combinação de máquina de vento e bombas de água fez possível bombear poços profundos e prover água para locomotivas a vapor, por exemplo.

O vento também tem sido direcionado para prover energia mecânica para moagem de grãos, operações de serrarias, etc.

**A electricidade** pode energizar quase tudo e desta forma sua produção através da força do vento será substancialmente maior que as outras formas de conversão. Nós podemos bombear água, aquecer ambientes, ligar máquinas diversas, moer grãos, e realizar muitas outras tarefas, apenas usando a energia na forma de electricidade, o que mostra ser a electricidade, uma forma muito cômoda de distribuição de energia.

**Conclusão:**

A energia eólica, contitue uma imensa fonte de energia natural e renovável a partir do qua se pode utilizar para varios fins (indústria, agrícola, etc). Ela é limpa inessgotável, barata, e não causa poluição atmosférica, e esta disponível em todos lugares.

A implantação do uso de energia eólica depende unicamente do crescimento tecnológico da humanidade com o objetivo de diminuir os custos relativos à manutenção, diminuir o efeito sonoro e aumentar o rendimento das turbinas eólicas.

O rendimento, a manutenção e o efeito sonoro de uma turbina são dependentes do avanço tecnológico de outros sectores da indústria. Como no caso da fabricação de materiais mais leves, baratos e resistentes e na produção de máquinas com maiores taxas de rendimento e aproveitamento de energia.

Os custos relativos à implantação de fontes de energia eólica estão em um declínio gradativo, visto que um em curto espaço de tempo podem ser implantadas em todas populações de pequeno porte, suprindo as necessidades de condomínios e pequenos lugarejos onde a demanda de energia não seja muito acessível.

O aproveitamento da energia eólica será de vital importância em um futuro próximo pois suprirá as necessidades de populações de pequeno porte, deixando a demanda maior de energia recair sobre as fontes convencionais de energia, pois como se sabe uma indústria necessita de uma demanda muito maior de energia que uma população, entretanto espera-se que com o avanço da tecnologia a implantação de fontes de energia alternativas será suficiente para todas a demanda de energia do planeta.

**Recomendações:**

Devemos fazer mais estudos aprofundados sobre o potencial eólico para que esta evolução seja possível e para que a energia eólica passe a ser uma energia competitiva com as energia fóssil e nuclear, sem que para tal seja necessário considerar custos sociais e outros custos externos, será necessário que as organizações responsáveis e as entidades governamentais tomem as medidas de incentivo necessárias para que a tecnologia de sistemas eólicos atinja a maturidade e a total viabilidade

**Bibliografia**

- Angell, J.K. (1981) Comparison of variants in atmospheric quantities with surface wind.
- Departamento de Energia dos EUA - <http://www.eren.doc.gov/wind/>;
- Bureau of Noval Personal - Washington, DC. April, 1965;
- Energia nuclear bo Brazil GOLDMERG Hucitec, 1978;
- Energy for, man, from Windmills to nuclear Power. Usa, Harper & Roe, 1976
- Física para Ciências Biológicas e Bioquímicas,
- Ferreira, H. Amorim-Meteorologia Física. Univ. De Lisboa, 1948
- Guide to Meteorological Instruments (measurent of wind) sixth edition – WMO – nº 8
- Tatiela; Alberto Matuquela, Estudo do comportamento da Energia Eólica na cidade de Maputo, Trabalho de Licenciatura, Departamento de Física, U.E.M, Maio de 2004