



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - MG
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATU SENSU*
FORMAS ALTERNATIVAS DE ENERGIA - FAE

**VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA PARA
PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, EM
GRANDE ESCALA, NO NORDESTE
BRASILEIRO**

FERNANDO DELGADO MOREIRA JÚNIOR

LAVRAS/MINAS GERAIS
2009

FERNANDO DELGADO MOREIRA JÚNIOR

**VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA PARA
PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, EM
GRANDE ESCALA, NO NORDESTE
BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para obtenção do título de Especialista em Energia Eólica.

Orientador
Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS/MINAS GERAIS
2009

FERNANDO DELGADO MOREIRA JÚNIOR

**VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA PARA PRODUÇÃO DE
ENERGIA EÓLICA, EM GRANDE ESCALA, NO NORDESTE
BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras – UFLA – como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu, em Formas Alternativas de Energia – FAE – para a obtenção do título de Especialista em Energia Eólica.

Aprovada em ____ de _____ de 2009.

Prof. _____

Prof. _____

Prof. Carlos Alberto Alvarenga
Universidade Federal de Lavras – UFLA

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Agradeço a meus colegas de trabalho, que, sem sua ajuda e compreensão, seria impossível a conclusão deste curso.

Dedico este trabalho a meus familiares, um porto
seguro para meus empreendimentos.

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------|-----|
| LISTA DE FIGURAS..... | i |
| LISTA DE TABELAS..... | ii |
| LISTA DE MAPAS..... | iii |
| LISTA DE GRÁFICOS..... | iv |
| RESUMO..... | v |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 Informações Gerais..... | 3 |
| 2.2 Origem..... | 4 |
| 2.3 Aproveitamento..... | 5 |
| 2.3.1 Turbina - Eixo Horizontal..... | 5 |
| 2.3.2 Turbina - Eixo Vertical..... | 7 |
| 2.3.3 Gerador..... | 9 |
| 2.3.4 Caixa Multiplicadora..... | 9 |
| 2.3.5 Sistemas de Controle..... | 10 |
| 2.3.6 Torre..... | 11 |
| 2.4 Aplicação..... | 11 |
| 2.4.1 Sistemas Isolados..... | 12 |
| 2.4.2 Sistemas Híbridos..... | 12 |
| 2.4.3 Sistemas Integrados a Rede..... | 12 |

| | |
|--|----|
| 2.5 Armazenamento da Energia Eólica..... | 13 |
| 2.6 Custo | 14 |
| 2.7 Potencial | 15 |
| 2.7.1 Potencial – Brasil..... | 17 |
| 2.7.2 Potencial – Nordeste | 18 |
| 3 CONTEXTO ATUAL | 19 |
| 3.1 Região Nordeste..... | 27 |
| 3.2 Indústria | 31 |
| 3.3 Investimento..... | 33 |
| 3.4 Meio Ambiente | 35 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 36 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 40 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|---|
| Figura 1 - Moinho de Vento – Países Baixos | 3 |
| Figura 2 - Distribuição geral de Ventos | 4 |
| Figura 3 - Forças atuantes em uma pá de turbina elétrica..... | 6 |
| Figura 4 - Turbina Horizontal | 7 |
| Figura 5 - Turbina Darrieus | 8 |
| Figura 6 - Turbina Savonius | 8 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Potencial Mundial | 16 |
| Tabela 2 – Empreendimentos em operação | 19 |
| Tabela 3- Empreendimentos em operação – por região..... | 19 |
| Tabela 4 - Empreendimentos em operação – Nordeste – por tipo | 20 |
| Tabela 5- Empreendimentos em construção - Nordeste | 26 |
| Tabela 6- Empreendimentos outorgados – Nordeste | 26 |
| Tabela 7 – Energia eólica em operação no Nordeste – UF..... | 27 |
| Tabela 8 – Usinas eólicas em operação – Nordeste | 28 |
| Tabela 9 – Usinas eólicas em construção – Nordeste | 29 |
| Tabela 10 – Potencial - Usinas eólicas outorgadas do Nordeste – UF..... | 30 |
| Tabela 11 - Usinas eólicas outorgadas no Nordeste | 30 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|---|----|
| Mapa 1 - Potencial Eólico (geração, por região) – Brasil..... | 17 |
| Mapa 2 - Potencial Eólico - Nordeste..... | 18 |
| Mapa 3 - Potencial Eólico Trimestral - Brasil | 23 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Energia eólica – Mundo, 1996 – 2008..... | 20 |
| Gráfico 2 – Energia eólica – Capacidade, dez maiores..... | 21 |
| Gráfico 3 – Regime de precipitação/temperatura – Região Sudeste..... | 23 |
| Gráfico 4 – Regime de precipitação/temperatura – Região Norte | 24 |
| Gráfico 5 – Regime de precipitação/temperatura – Região Nordeste..... | 24 |
| Gráfico 6 – Regime de precipitação/temperatura – Região Centro-Oeste..... | 24 |
| Gráfico 7 – Regime de precipitação/temperatura – Região Sul..... | 25 |
| Gráfico 8 – Sazonalidade das Usinas Eólicas do PROINFA – Nordeste..... | 25 |
| Gráfico 9 – Aumento do tamanho dos rotores | 32 |

RESUMO

Trata, o presente trabalho de pesquisa, em caráter de revisão bibliográfica, a respeito da utilização da energia eólica como fonte alternativa para geração de energia elétrica. Após uma breve introdução ao tema, é apresentado o Referencial Teórico, onde são abordados os temas Energia Eólica – Captação e Conversão, Alternativas de Aproveitamento e Armazenamento. A seguir, são apresentadas as considerações finais, seguidas das Referências bibliográficas.

Palavras-Chave: Energia Eólica; Aproveitamento; Revisão bibliográfica.

1 INTRODUÇÃO

O homem necessita de fontes de energia para manter, prolongar e tornar mais confortável sua própria sobrevivência, manipulando-as, através do tempo.

Iniciando sua manipulação com a descoberta do fogo, o homem pré-histórico deu um salto nas suas rudes condições de vida, possibilitando o preparo dos alimentos, mantendo aquecidos e iluminados seus abrigos. Essa descoberta favoreceu a fixação do homem, que pôde deixar de ser nômade: um grande passo na evolução.

O homem conseguiu domar e usar a força animal, como única forma de produzir energia mecânica, utilizando-a no transporte de cargas, tração de veículos e para a movimentação de máquinas rudimentares.

Utilizando-se das fontes de energia disponíveis, continuou o homem a evoluir. O Sol, aquecendo o Planeta, favorecia-lhe as colheitas, na agricultura, e ele se utilizava dos ventos, como força motora. Inicialmente, nos barcos, para transporte nas águas, e posteriormente nos moinhos, para o processamento de grãos e irrigação das plantações.

A partir do século XVII e XVIII, com o desenvolvimento e utilização de máquinas movidas a vapor, e dos motores de combustão interna, é que notamos um grande avanço na utilização de energia para melhoria da produção. O desenvolvimento das máquinas a vapor e dos motores de combustão interna proporcionou um incremento significativo da potência e eficiência nas máquinas existentes, e que levaram à produção de novas unidades, com elevado aumento da produtividade.

O consumo de combustíveis, antes limitado às atividades domésticas e de subsistência, como aquecimento e preparação de alimentos, cresceu, exponencialmente.

Recentemente, com a evolução tecnológica, o homem necessita, cada vez mais, de energia, em todas as suas formas, com o crescimento, prepotentemente, da utilização de combustíveis fósseis, consubstanciando-se assim a matriz energética mundial.

A atual utilização de fontes energéticas fósseis responde por aproximadamente 97% da energia consumida no Planeta. Os hidrocarbonetos poderiam ser muito mais úteis e adequados na indústria química, em vez de serem simplesmente utilizados como combustíveis nos motores das máquinas. Já é de nosso conhecimento que as reservas dos combustíveis fósseis são finitas, e não renováveis. Diminuem as reservas conhecidas, na proporção inversa do crescimento do consumo.

Com as previsões de exaustão das fontes baseadas nos hidrocarbonetos, a Ciência procura alternativas energéticas, no rico manancial oferecido pela natureza: recursos abundantes, limpos e renováveis.

As fontes de energia renováveis mais conhecidas são: A energia eólica, a solar, a biomassa e a hidráulica.

A política das nações não-produtoras de petróleo, em relação às nações com rica ocorrência de bacias petrolíferas, e constatação das conseqüências de sua utilização, para o meio ambiente, forçaram a busca por fontes de energia renovável, com custos financeiros potencialmente mais baixos, no médio e longo prazos.

Tendo-se em vista o fenômeno conhecido como “aquecimento global”, bem como a necessidade de preservação ambiental, são empreendidos estudos que visam a verificar a viabilidade da substituição da matriz energética, baseada em hidrocarbonetos, por fontes outras, ecologicamente sustentáveis.

Este trabalho será referente à potência eólica, como forma de geração de energia elétrica, em grande escala, para o Nordeste Brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Informações Gerais

A energia eólica é aproveitada pela movimentação do ar, na forma de vento, abundante fonte de energia, renovável, limpa e disponível em todo o Globo.

Inicialmente aproveitado pelos Persas, no Séc. V, esse engenho consiste na utilização do vento que, ao atingir uma hélice, impulsiona uma bomba de sucção da água, para um reservatório, e depois utilizada na irrigação de plantações, aproveitando-se a força da gravidade. É o moinho se vento, cujo mecanismo básico não sofreu grandes modificações, no transcorrer dos tempos.

Os moinhos de vento foram disseminados na Europa, por volta do Século XI, durante as Cruzadas. Largamente utilizados na Holanda, para a drenagem de terras alagadas, na criação de áreas de plantio, sua utilização teve um declínio no Século XIX, quando da Revolução Industrial, em que foram substituídos por máquinas movidas a vapor (Figura 1).

Figura 1 - Moinho de Vento – Países Baixos



Fonte: CRESESB, 2009

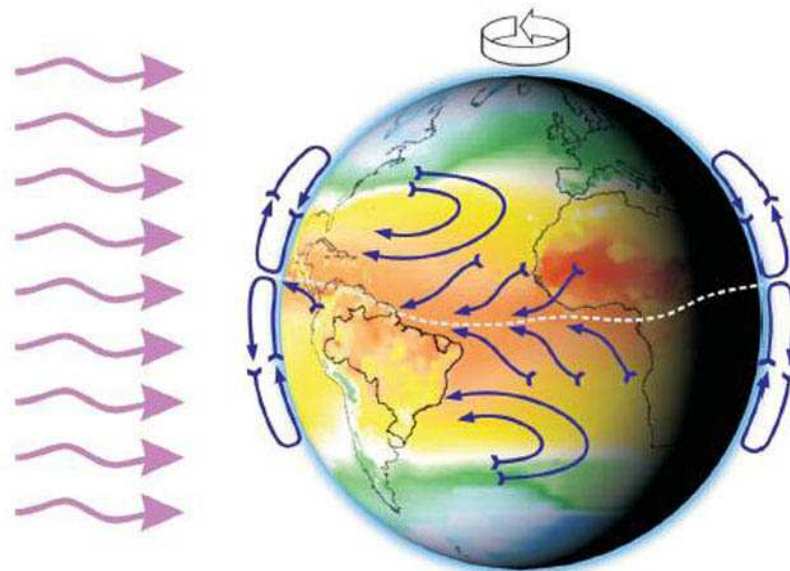
Atualmente, além da secular utilização para bombeamento de água e processamento de grãos, os moinhos geram energia elétrica para abastecimento de grandes centros urbanos, através da conversão da energia cinética, com utilização de turbinas eólicas (aerogeradores).

2.2 Origem

A movimentação do ar (vento) advém da diferença entre as temperaturas das regiões da terra (Figura 2), como:

- Grandes massas de água e os continentes,
- Planícies/Planaltos e montanhas,
- Do equador aos pólos.

Figura 2 - Distribuição geral de Ventos



Fonte: O Eco (2009)

A energia disponível varia conforme as estações e as horas do dia. O relevo influencia na distribuição e frequência dos ventos, bem com sua velocidade em um determinado local, dependendo, além disso, para o aproveitamento da energia eólica numa região, das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão. A avaliação do potencial de vento de uma região é fundamental e primeiro passo de análise para a utilização do recurso eólico.

2.3 Aproveitamento

O aproveitamento da força dos ventos é feito pela conversão da energia cinética, através do giro das pás de uma turbina eólica, em um sistema constituído por vários componentes. A mensuração das condições climáticas, localização e destinação, propiciam um melhor rendimento final. Para uma visão global da conversão da energia dos ventos em eletricidade, devemos considerar os principais componentes, a seguir:

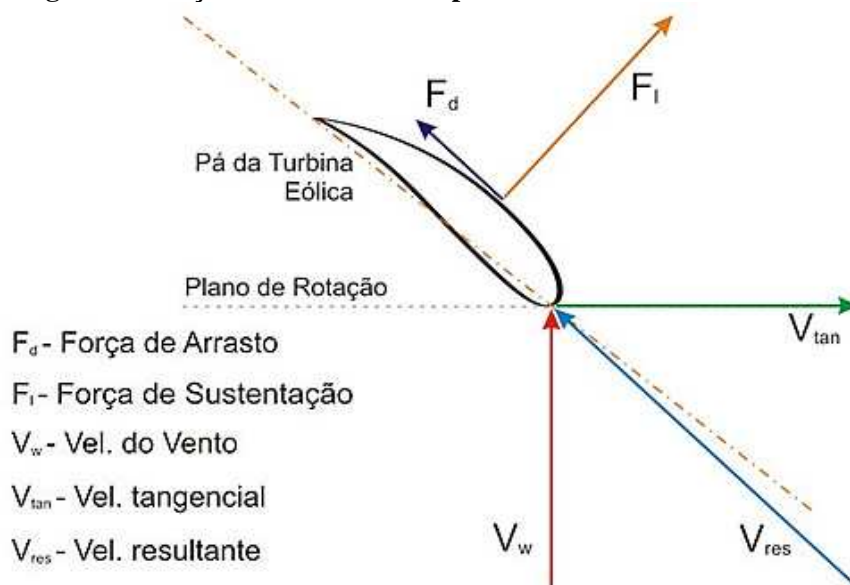
- Turbina
- Gerador
- Caixa Multiplicadora
- Sistemas de Controle
- Torre

2.3.1 Turbina - Eixo Horizontal

Mais comuns, de maior utilização e comercialização mundial, movidas por forças de sustentação (*lift*) e de arrasto (*drag*), ambas são proporcionais ao

quadrado da velocidade relativa do vento. A geometria do corpo e do ângulo de ataque (velocidade relativa do vento e o eixo do corpo) são componentes adicionais para o aproveitamento energético (Figura 3).

Figura 3 - Forças atuantes em uma pá de turbina elétrica



Fonte: CRESESB, 2009

Os rotores giram, principalmente, pelo efeito das forças de sustentação, que permitem aproveitamento maior da potência que as provenientes do arrasto, para uma mesma velocidade de vento. São necessários mecanismos para permitir que o disco, varrido pelas pás, mantenha sempre uma posição perpendicular ao vento. Esses rotores são constituídos: de uma pá e contrapeso; ou de duas pás, ou de três pás (Figura 4); ou, ainda, de múltiplas pás (*multivane fans*). As pás podem ter várias formas e serem de diversos materiais. As mais utilizadas são as pás rígidas: de madeira, alumínio ou fibra de vidro reforçada.

Figura 4 - Turbina Horizontal



Fonte: Colégio São Francisco

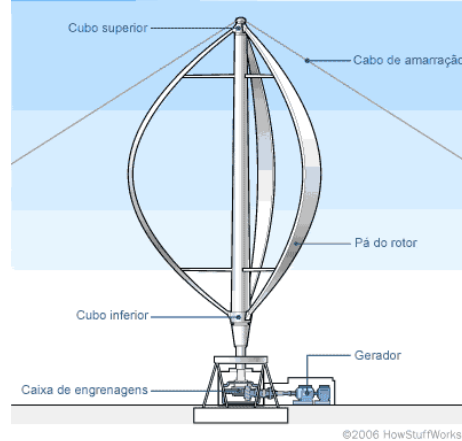
2.3.2 Turbina - Eixo Vertical

Tem a vantagem de não necessitar de mecanismos para acompanhar a variação da orientação do vento, reduzindo a complexidade do projeto e o estresse, devido às forças de *Coriolis*. Pode ser movida por sustentação (*lift*) e arrasto (*drag*). Essa turbina, em decorrência do movimento de rotação de suas pás, altera constantemente os ângulos de ataque e deslocamento em relação à direção dos ventos, o quê, além de limitar o rendimento, causa acentuada vibração em toda sua estrutura. Os principais tipos são:

- Darrieus - Tem curva de rendimento característica próxima à dos rotores de três pás de eixo vertical, sendo mais compatíveis com o uso em aerogeradores (Figura 5).

Figura 5 - Turbina Darrieus

Como funciona a energia eólica turbina de eixo vertical



Fonte: <http://ambientehsuol.com.br>

- Savonius - Tem curva de rendimento característica próxima à do rotor de múltipás, de eixo horizontal, mas em uma faixa mais estreita, e de menor amplitude. Seu uso é indicado para pequenos sistemas de bombeamento de água, onde o custo final, em decorrência da simplicidade do sistema de transmissão e construção do rotor, pode compensar seu menor rendimento (Figura 6).

Figura 6 - Turbina Savonius



Fonte: Colégio São Francisco

2.3.3 Gerador

A transformação da energia cinética em energia elétrica é efetuada através de equipamentos de conversão eletromecânica, sendo a integração de geradores para a conversão eólica um grande problema, envolvendo, principalmente:

- Variações na velocidade do vento (grande faixa de rotações por minuto, para a geração);
- Variações do torque de entrada (já que as variações na velocidade do vento induzem a variações de potência);
- Exigência de frequências e tensões constantes, na produção final de energia.

Atualmente, existem alternativas de conjuntos geradores, tendo cada um deles vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas, antes de sua incorporação ao sistema. Temos, entre el

es, geradores: de corrente contínua, síncronos, assíncronos e de comutador de corrente alternada.

2.3.4 Caixa Multiplicadora

Como a velocidade angular das turbinas, em regra, varia entre 20 e 150 RPM, e os geradores têm velocidade de trabalho entre 1200 e 1800 RPM, é necessário, comumente, um sistema de engrenagens para a multiplicação da velocidade entre a turbina e o gerador.

Existem geradores em que não há a presença desse componente. Nesse caso, o eixo do rotor é acoplado diretamente à carga.

2.3.5 Sistemas de Controle

Os sistemas de controle servem para o equilíbrio do sistema eólico, impedindo o colapso decorrente das forças envolvidas, e atuam na velocidade, passo, freio, posicionamento do rotor e controle da carga.

Como a turbina eólica converte a energia cinética do vento em energia mecânica rotacional (através do rotor), as forças aerodinâmicas, geradas nas pás da turbina, necessitam de configurações especificamente projetadas. Um aumento na velocidade do ar, modificando as forças de sustentação aerodinâmica, requer o controle de potência do rotor, rápido e efetivo, a fim de se evitar sobrecarga elétrica e mecânica no sistema.

Atualmente, são utilizados dois controles:

- Estol (*stall*): Sistema passivo que reage à velocidade do vento. As pás da Turbina são fixas, em seu ângulo de passo, não podendo girar em torno de seu eixo longitudinal. Esse ângulo é escolhido para velocidades de vento superiores à velocidade nominal. Dessa maneira, o escoamento em torno do perfil da pá descola dessa superfície (estol), aumentando o arrasto, reduzindo e diminuindo a sustentação.
- Passo (*pitch*): Sistema ativo que reage em obediência à informação do controlador do sistema. Ao detectar que a potência nominal do gerador é ultrapassada, as pás da Turbina mudam o seu ângulo de passo para reduzir o ângulo de ataque, diminuindo as forças atuantes e sua potência.

2.3.6 Torre

Item necessário para sustentar e posicionar o rotor em sua correta posição (altura), capaz de sustentar o grande peso das partes componentes do sistema de geração de energia (rotor, pás, etc..). É responsável por grande parte do custo final da instalação do sistema eólico.

Nos primeiros sistemas, foram utilizadas torres de metal treliçado. Porém, com geradores mais potentes e naceles de maior dimensão, ocorre o incremento no peso. Para maior mobilidade e segurança, passou-se a utilizar torres de metal tubular, ou de concreto, cuja sustentação pode ser auxiliada por cabos tensores.

2.4 Aplicação

O princípio eólico pode ser utilizado em sistemas isolados, sistemas híbridos e sistemas interligados à rede. Esses mecanismos devem ser dimensionados e instalados conforme as condições climáticas, geográficas e consoante as demandas existentes. Sua instalação poderá ser em terra ou no mar (OFF-SHORE).

OFF-SHORE: As instalações desse tipo, apesar do maior custo de transporte, instalação e manutenção, apresentam a vantagem de disporem de ventos mais velozes e de melhor regime. Sua utilização vem aumentando, consideravelmente, na Europa, que já não dispõe de áreas adequadas para esse fim (restrições ambientais sobre a utilização do solo). Tem havido grandes investimentos tecnológicos, destinados à adaptação das turbinas eólicas convencionais para uso no mar, ao mesmo tempo que se elaboram estudos referentes às condições ambientais favoráveis à sua instalação.

Quando da aplicação do sistema, é necessária a observação dos equipamentos destinados à utilização da energia fornecida. Em sistemas

autônomos isolados, de pequeno porte, utilizam-se aparelhos de baixa tensão e corrente contínua (CC). Para equipamentos que operam em corrente alternada (CA), como os eletrodomésticos convencionais, usa-se um inversor.

2.4.1 Sistemas Isolados

Em geral, esses sistemas apresentam uma forma de armazenamento de energia que pode ser feito através de baterias, ou por meio de energia potencial gravitacional, com elevação de água, até um reservatório, para utilização posterior. O armazenamento de energia não é utilizado no caso de irrigação direta, pois em tal caso a água é toda utilizada nessa atividade.

2.4.2 Sistemas Híbridos

Quando desconectados da rede convencional, esses sistemas utilizam fontes de geração de energia alternativa, como turbinas eólicas, movidas a diesel, módulos fotovoltaicos, etc. É um sistema de maior complexidade para a utilização e melhoria das várias fontes energéticas, o que exige um controle de todos os mananciais do sistema. Em geral, os sistemas híbridos são utilizados em usinas de médio e grande porte.

2.4.3 Sistemas Integrados à Rede

Apresentam aerogeradores em grande número, geralmente de grande potência individual, não necessitando de armazenamento de energia, tendo-se em vista que toda a geração será disponibilizada à rede elétrica.

2.5 Armazenamento da Energia Eólica

O armazenamento de energia se justifica por razões de economia: Nos momentos em que a demanda for maior que a capacidade geradora, utiliza-se uma parte da reserva; quando a produção for superior à demanda, armazena-se o excedente. Pode-se afirmar que, quando se utiliza a energia eólica, no sistema integrado, diminui-se a dependência de energias provenientes das fontes tradicionais, como a hidráulica e a térmica (a carvão ou óleo). Há, por conseguinte, uma preservação dos recursos utilizados por essas fontes, pelo armazenamento do potencial eólico.

A energia eólica pode ser armazenada diretamente em baterias e supercapacitores, mas também pode ser preservada através da conversão em outro tipo de energia armazenável, principalmente a mecânica. Dessa maneira, temos:

- Bomba (hidráulica): Armazena a energia eólica através da elevação de água para um reservatório, sob a forma de energia potencial. Quando necessário, com a queda da água, aciona-se uma turbina hidráulica, para a utilização da energia.
- Compressor (mecânica): Armazena, sob a forma de ar comprimido (50-100 atmosferas). Após a utilização do compressor, o ar comprimido é armazenado em recipientes próprios ou em estruturas geológicas. Nos Estados Unidos, uma empresa desenvolveu um novo método, em que armazena o próprio vento, para utilização, quando necessário, em rochas. Quando a demanda é fraca, a energia é utilizada para compressores de ar. A compressão é feita em um túnel, que conduz a uma camada de arenito com profundidade de aproximadamente 1 km. Uma vez que o arenito é extremamente

poroso, ficando encharcado de água, nessa profundidade, o ar enviado é armazenado nos poros, com a expulsão da água. A camada de arenito fica localizada entre camadas de argila, que lacram e não deixam o ar escapar.

- Calor (efeito *joule*): Armazena sob a forma de calor, através do movimento de “pás”, dentro de recipiente, isolado termicamente. O atrito ocasionado pelas pás e a resistência da água em movimento, eleva a temperatura, transformando, dessa maneira, a energia eólica em térmica.
- Volante (mecânica): Chamado de “*Flywheel*” ou “volante mecânico”. Baseia-se na conversão da energia mecânica em energia cinética, no movimento de rotação do volante.

Já ocorrem estudos para o aproveitamento do excedente de energia gerada pelas eólicas, para a eletrólise. Este método não tem sido utilizado, devido aos custos da eletricidade, no processo. No caso de os custos da geração eólica diminuírem, a eletrólise será uma opção também atrativa. Dessa forma, haveria o armazenamento, através da decomposição da água, para a geração de energia através de térmicas, tendo como subproduto a água, ou a utilização do hidrogênio em células combustíveis, ou para venda dos elementos ao mercado químico, como forma de viabilização da usina.

2.6 Custo

Os valores para a instalação, no mercado mundial, estão entre US\$ 1000 a US\$ 1400, o Kw de potência instalada. Esses valores podem ser alterados em função de:

- Tamanho

- Capacidade
- Distância
- Topografia – linhas de transmissão
- Terreno - custo e características,
- Transporte
- Montagem
- Mão de obra
- Incentivos fiscais.

Existe também o custo de geração, que varia em função da velocidade média dos ventos. Este valor está entre US\$ 35/MWh (ventos > 10m/s) e US\$ 90/MWh (ventos 5,5m/s).

Para fazer frente ao custo, a remuneração, em regra, é bem mais cara do que a gerada por hidrelétricas. Em um leilão do PROINFA - Programa de Incentivo à Geração de Eletricidade por Fontes Alternativas, a remuneração do MWh (megawatt-hora), para o parque Eólico de Osório, foi de R\$ 231,00, enquanto o MWh de fonte hídrica (PCHs) ficou entre R\$ 110,00 e R\$ 114,00.

A remuneração praticada no mercado internacional varia entre US\$ 40 e US\$ 110 por MWh, dependendo dos incentivos de cada país. Na Alemanha e na Espanha, com ventos anuais nas faixas de 5,5 a 7,0 m/s (interior e litoral respectivamente), pagam US\$ 93/MWh (Alemanha) e US\$ 110/MWh (Espanha).

2.7 Potencial

Para uma avaliação do potencial de uma determinada região, é necessário coletar e analisar os dados sobre as condições dos ventos. Nesse sentido, são feitos levantamentos específicos, podendo os dados disponíveis, em

aeroportos, estações meteorológicas, entre outras fontes, fornecer um perfil básico do potencial disponível de aproveitamento da energia eólica. É tecnicamente aproveitável uma densidade maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que remete a uma velocidade mínima de 7 a 8 m/s do vento. Em apenas 13%, segundo a Organização Mundial de Meteorologia, da superfície terrestre o vento apresenta velocidade mínima necessária, na altura estabelecida. A distribuição desse potencial não é uniforme (Tabela 1).

É estimado como viável um potencial na ordem de 500.000 TWh/ano. Contudo, levando-se em conta as restrições socioambientais, o potencial utilizável está em torno de 10% do total, correspondente a aproximadamente quatro vezes o consumo mundial de energia elétrica.

Tabela 1 - Potencial Mundial

| Região | % Terra ocupada* | Potencial Bruto (TWh/ano) | Potencial Líquido (TWh/ano) |
|-------------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|
| África | 24 | 106.000 | 10.600 |
| Austrália | 17 | 30.000 | 3.000 |
| America do Norte | 35 | 139.000 | 14.000 |
| America Latina | 18 | 54.000 | 5.400 |
| Europa Ocidental | 42 | 31.400 | 4.800 |
| Europa Oriental & Ex-URSS | 29 | 106.000 | 10.600 |
| Ásia (Excluindo-se a ex-URSS) | 9 | 32.000 | 4.900 |
| Mundo** | 23 | 498.400 | 53.000 |

*Em relação ao potencial bruto;

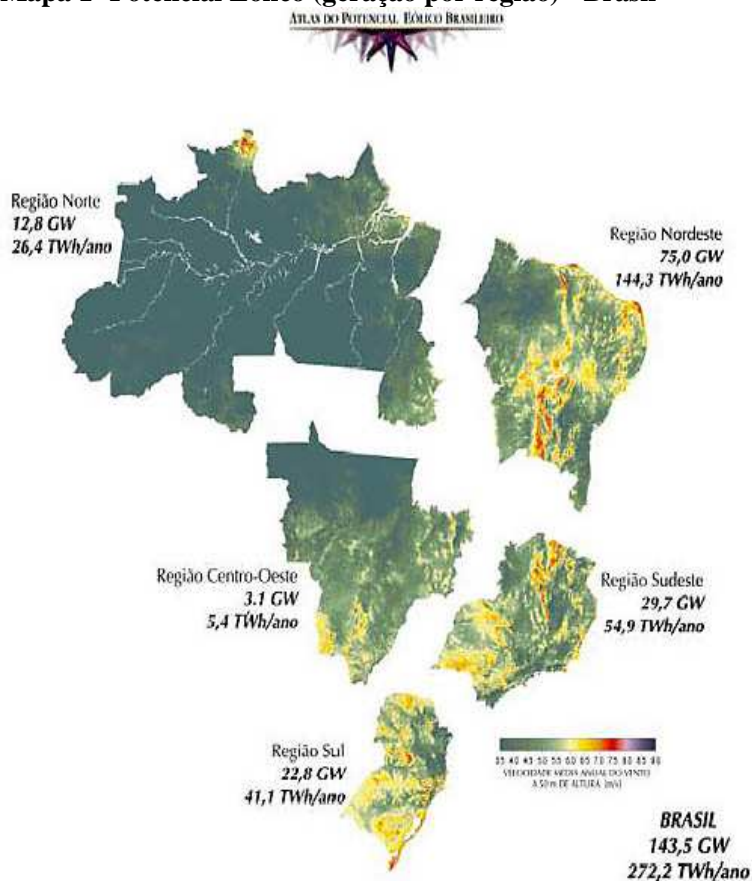
**Excluindo-se Groenlândia, Antártida, a maioria das ilhas e os recursos offshore.

Fonte: ANEEL

2.7.1 Potencial – Brasil

Os especialistas e instituições ainda divergem na estimativa do potencial brasileiro, devido à falta de dados e divergências metodológicas. Estudos efetuados na região Nordeste, principalmente no Ceará e em Pernambuco, possibilitaram a primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste, e estudos posteriores resultaram no Mapa do Potencial Eólico Brasileiro (Mapa 1), apresentando uma estimativa da ordem de 143 GW.

Mapa 1- Potencial Eólico (geração por região) - Brasil

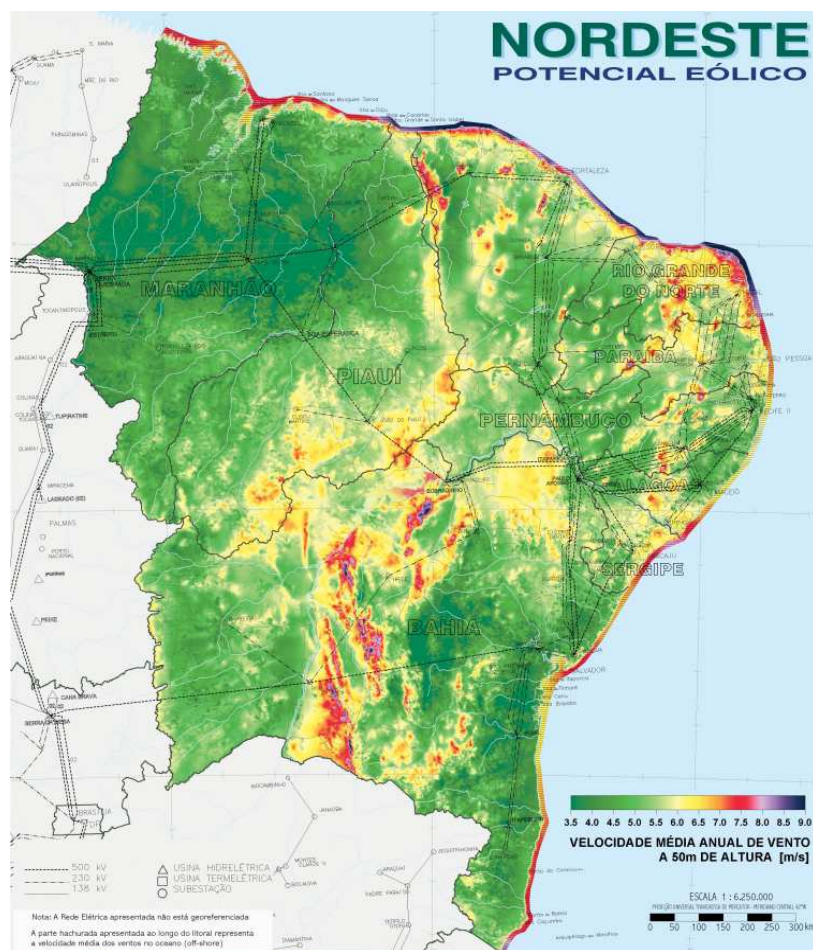


Fonte: CRESESB

2.7.2 Potencial – Nordeste

O Nordeste apresenta mais da metade do potencial eólico Brasileiro, com um total na ordem de 75 GW, disponível no Brasil, e que equivale a aproximadamente 4 Itaipus. Esse potencial está localizado tanto na faixa litorânea quanto no interior da região, o que possibilita uma melhor distribuição dos parques eólicos (Mapa 2).

Mapa 2 - Potencial Eólico - Nordeste



Fonte: CRESESB

3 CONTEXTO ATUAL

O Brasil apresenta um grande atraso em relação à distribuição das fontes de geração de energia, se considerarmos as fontes renováveis (Tabela 2), havendo uma concentração de mais de 50%, nos estados do Sul e Sudeste, dos empreendimentos de geração de energia (Tabela 3).

Tabela 2 – Empreendimentos em operação

| Tipo | Quantidade | Potência em (MW) | (%) |
|--|-------------------|-------------------------|----------------|
| Usina hidrelétrica – UHE* | 198 | 108.045.629 | 78,89% |
| Pequena central hidrelétrica – PCH e CGH | 646 | 2.950.400 | 2,15% |
| Usina termelétrica – UTE | 1.243 | 23.541.598 | 17,19% |
| Central geradora eólica – EOL | 33 | 414.480 | 0,30% |
| Central geradora fotovoltaica – SOL | 1 | 20 | 0,00% |
| Usina termonuclear – UTN | 2 | 2.007.000 | 1,47% |
| Total * | 2.123 | 136.959.127 | 100,00% |

Fonte: ANEEL/2009

Tabela 3- Empreendimentos em operação – por região

| Empreendimentos em Operação | | | |
|------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------|
| Região | Quantidade | Potência (kw) | % |
| Centro Oeste | 224 | 18.526.950 | 13,53% |
| Norte | 401 | 13.842.248 | 10,11% |
| Nordeste | 215 | 24.372.406 | 17,80% |
| Sul | 385 | 30.274.997 | 22,11% |
| Sudeste | 898 | 49.942.526 | 36,47% |
| Total | 2.123 | 136.959.127 | 100,00% |

Fonte: ANEEL/2009

Atualmente, os leilões para oferta de energia têm privilegiado a aquisição de termelétricas, em sua grande maioria a óleo, em descompasso com a realidade mundial. É necessária a mudança na legislação, que venha a

favorecer as fontes renováveis de energia elétrica, em especial a eólica, que tem grande capacidade de instalação a ser utilizada pelo sistema.

As usinas do Nordeste, em quantidade, são predominantemente térmicas (Tabela 4), o que representam um grande risco ambiental, estando a geração de energia eólica com representação insignificante, quase inexistente.

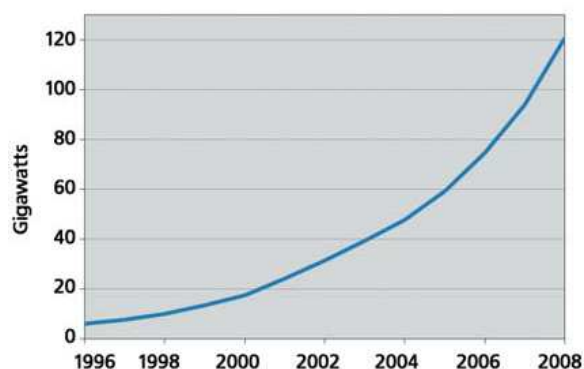
Tabela 4- Empreendimentos em operação – Nordeste - por tipo

| Empreendimentos em Operação | | | |
|--|------------|---------------|---------|
| Tipo | Quantidade | Potência (kw) | % |
| Central geradora eólica – EOL | 25 | 246.580 | 1,01% |
| Pequena central hidrelétrica – PCH e CGH | 27 | 88.791 | 0,37% |
| Usina hidrelétrica – UHE | 21 | 20.029.309 | 82,18% |
| Usina termelétrica – UTE | 142 | 4.007.726 | 16,44% |
| Total | 215 | 24.372.406 | 100,00% |

Fonte: ANEEL/2009

Devido à crise energética e os efeitos da utilização das fontes de energia não-renováveis diretamente sobre o clima, conforme conclusão da comunidade científica, a alternativa de utilização da energia eólica é cada vez maior, nos panoramas energéticos e no cenário mundial (Gráfico 1).

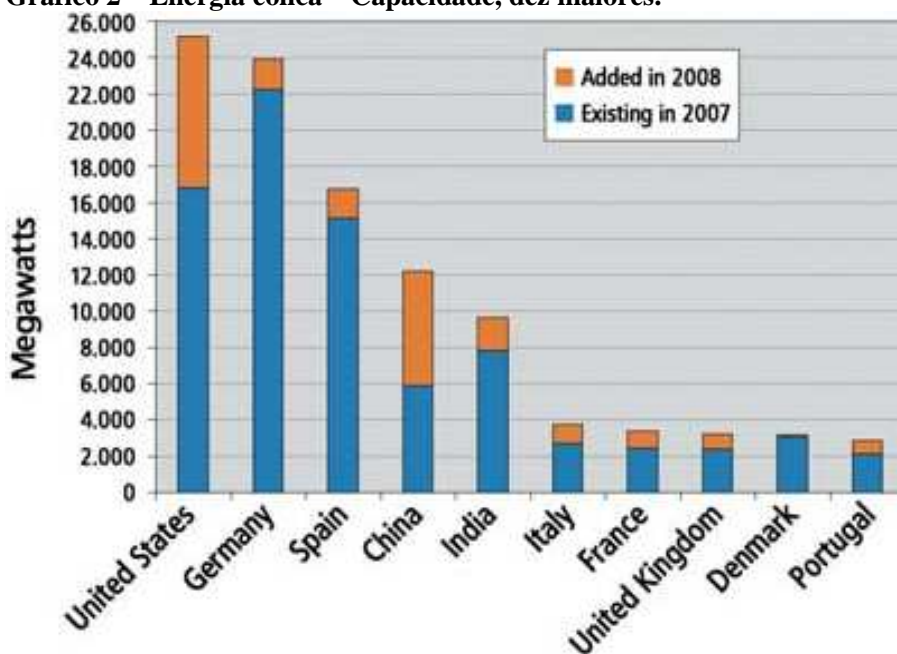
Gráfico 1 – Energia eólica – Mundo, 1996 - 2008



Fonte: www.ren21.net

A energia eólica apresenta um custo reduzido em relação a algumas opções de energia. Porém, embora a utilização de usinas eólicas esteja em crescimento no Brasil, o mercado mundial já movimentava 2 bilhões de dólares. Atualmente, os dez países, com maior aproveitamento do potencial eólico, instalado e em instalação, estão abaixo representados (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Energia eólica – Capacidade, dez maiores.



Fonte: www.ren21.net

A energia proveniente dos ventos pode garantir, até 2020, 12% das necessidades mundiais de eletricidade, gerando 1,7 milhões de empregos, tendo como efeito a redução da emissão de dióxido de carbono, em mais de 10 bilhões de toneladas. Na Dinamarca, a energia eólica representa 18% de toda a eletricidade gerada, e tem como meta atingir 50%, até 2030. A Alemanha tem, em número de máquinas instaladas, quase 20.000 aerogeradores, com

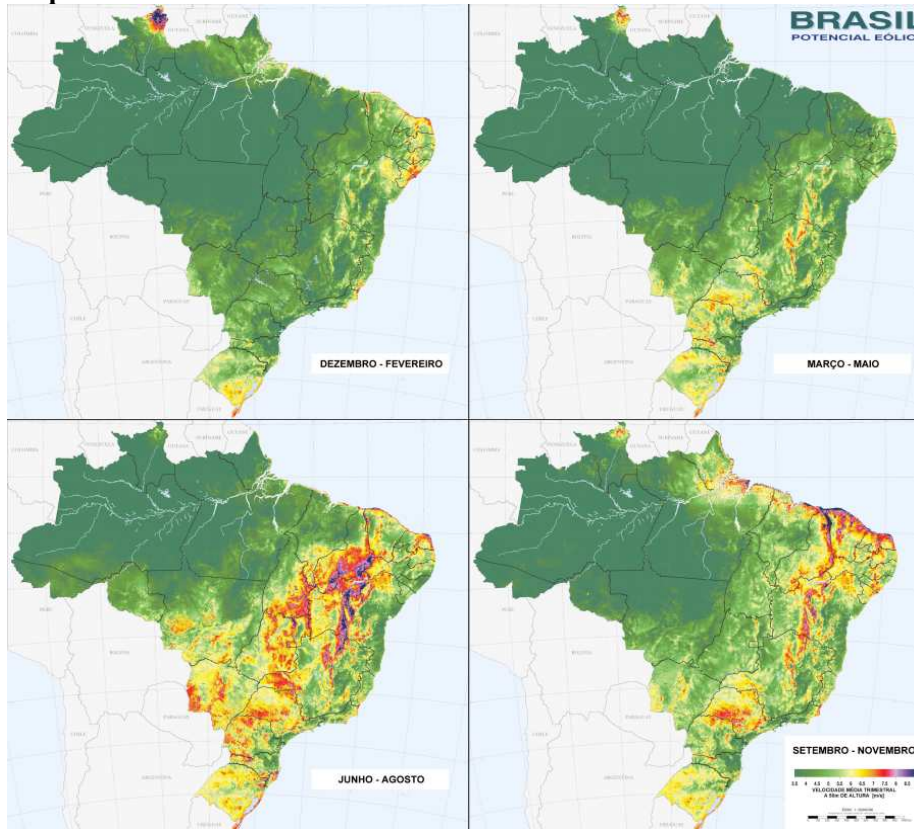
capacidade de 21.000 MW (megawatts). Espanha e EUA têm em torno de 10.000 e 9.000 MW, respectivamente.

No norte da China, na região da Mongólia, foi instalado um grande número de turbinas eólicas e, de acordo com o governo local, a capacidade instalada é de aproximadamente 3.000 megawatts (MW). Essa capacidade de geração será acrescida em 50%, em 2009. Esse ambicioso projeto obteve apoio do Governo Central Chinês, quando divulgou uma política destinada a promover o desenvolvimento de energias alternativas, em que serão utilizados recursos energéticos novos, limpos e harmônicos com o meio ambiente. Um dos objetivos do plano é o estímulo à demanda interna e manutenção do crescimento econômico.

No Brasil, o estado do Ceará foi o primeiro, na utilização da energia eólica, e vários outros estados brasileiros seguiram seus passos, iniciando programas de levantamento de dados (Mapa 3). Hoje, com a utilização de anemógrafos computadorizados, espalhados pelo território nacional, a partir de simulações computacionais, com modelos atmosféricos, é possível a determinação dos parques eólicos a serem instalados, possibilitando, assim, a produção de eletricidade a custos competitivos, em relação às termoeletricas, usinas nucleares e hidroelétricas.

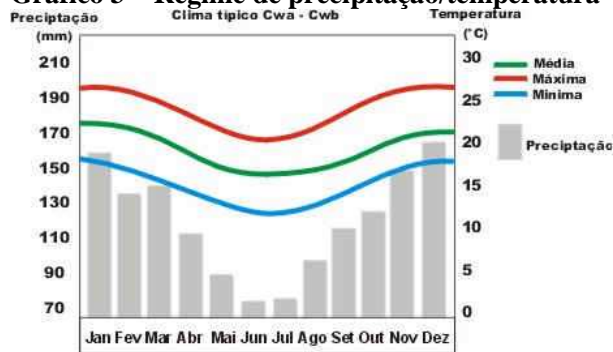
O Nordeste é a região com melhor complementaridade eólico-hídrico do Planeta, podendo ainda suprir as demais regiões, quando da diminuição do regime de chuvas (Gráficos 3 a 7). Entre os meses de junho e agosto, quando há menor vazão do Rio São Francisco, é a época em que o volume de ventos é abundante na região (Gráfico 8). O São Francisco abastece oito usinas, responsáveis por 90% da energia gerada no Nordeste. No Ceará, 98% da energia consumida vêm de fora. Segundo dados oficiais, a economia (utilizando-se fonte eólica) será de 2,1 bilhões de metros cúbicos de água por ano, com diminuição de um milhão de toneladas de dióxido de carbono.

Mapa 3 - Potencial Eólico Trimestral - Brasil



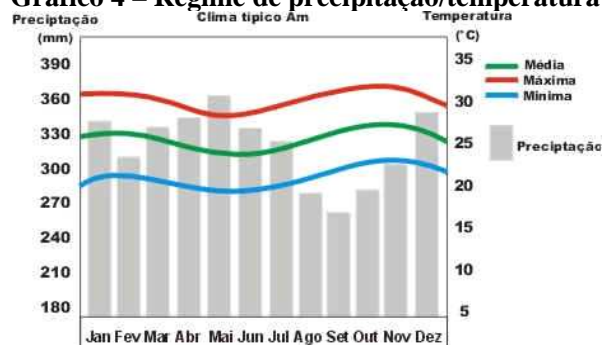
Fonte: CRESESB

Gráfico 3 – Regime de precipitação/temperatura – Região Sudeste



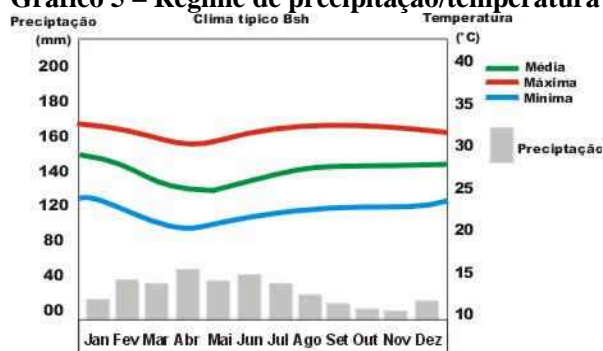
Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>

Gráfico 4 – Regime de precipitação/temperatura – Região Norte



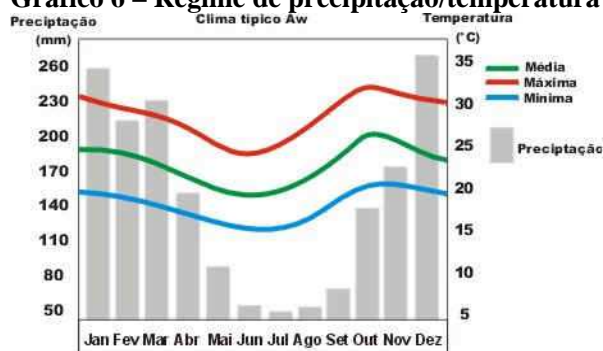
Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>

Gráfico 5 – Regime de precipitação/temperatura – Região Nordeste



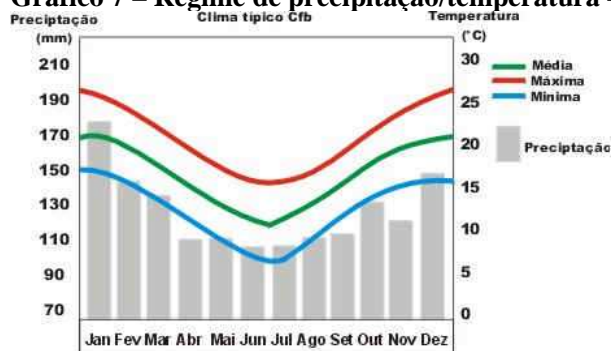
Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>

Gráfico 6 – Regime de precipitação/temperatura – Região Centro-Oeste



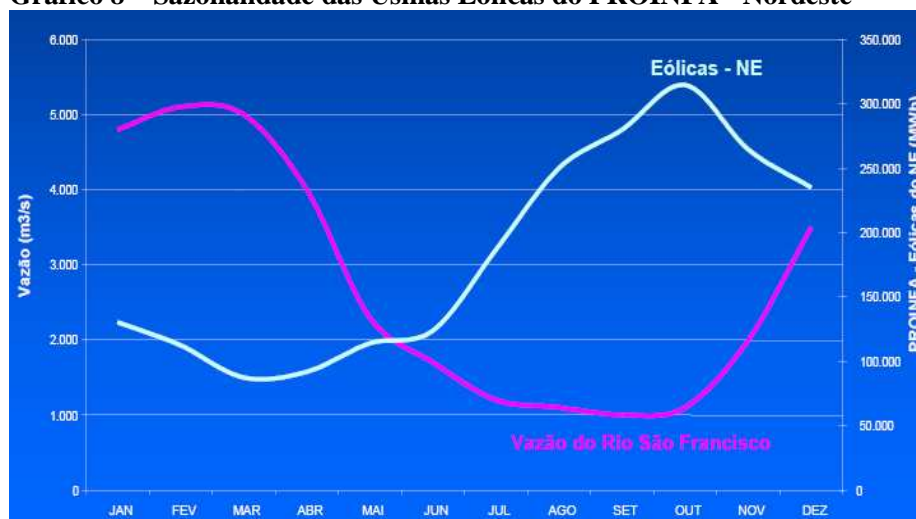
Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>

Gráfico 7 – Regime de precipitação/temperatura – Região Sul



Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>

Gráfico 8 – Sazonalidade das Usinas Eólicas do PROINFA - Nordeste



Fonte: Eletrobrás – fev/2008

Verifica-se, pois, que o Nordeste apresenta amplas condições de aproveitamento da energia eólica, como uma fonte viável e abundante, a complementar a energia hidroelétrica. O excedente da produção da energia eólica pode ser armazenado nos gigantescos reservatórios das usinas, para substituírem eventuais escassezes hídricas, ou mesmo permitindo o controle da vazão, necessária à preservação das atividades agrícolas. No entanto, também se verifica que a maioria dos projetos, em construção e outorgados, infelizmente,

em quantidade e potência, estão sendo direcionados para as térmicas, com queima de carvão e óleo, que poluem mais, e custam mais (Tabela 5 e 6). Essa opção de investimento do Governo Brasileiro, na produção de energia, através de uma matriz energética, poluente e não renovável, está no sentido contrário ao adotado pelas potências mundiais.

Tabela 5- Empreendimentos em construção - Nordeste

| Empreendimentos em Construção | | | |
|--|------------|---------------|------|
| Tipo | Quantidade | Potência (kw) | % |
| Central geradora eólica – EOL | 7 | 339.500 | 11% |
| Pequena central hidrelétrica – PCH e CGH | 1 | 25.000 | 1% |
| Usina hidrelétrica – UHE | 1 | 1.087.000 | 34% |
| Usina termelétrica – UTE | 11 | 1.712.986 | 54% |
| Total | 20 | 3.164.486 | 100% |

Fonte: ANEEL/2009

Tabela 6 - Empreendimentos outorgados - Nordeste

| Empreendimentos Outorgados entre 1998 e 2004 | | | |
|---|------------|---------------|------|
| Tipo | Quantidade | Potência (kw) | % |
| Central geradora eólica – EOL | 23 | 1.564.200 | 35% |
| Pequena central hidrelétrica – PCH e CGH | 18 | 62.772 | 1% |
| Central geradora fotovoltaica – SOL | 1 | 5.000 | 0% |
| Usina termelétrica – UTE | 27 | 2.799.368 | 63% |
| Total | 69 | 4.431.340 | 100% |

Fonte: ANEEL/2009

No litoral do Nordeste brasileiro, em especial no Ceará e no Rio Grande do Norte, as condições são excelentes, chegando a uma média anual de 8 metros por segundo. No Sul do Brasil, existem ventos para geração eólica, que atingem uma média anual de 6 metros por segundo.

A velocidade do vento, ao longo do ano, é fator importante, e deve apresentar-se relativamente uniforme, para permitir o funcionamento do

aerogerador, sem muita manutenção. Os modernos aerogeradores necessitam de proteção extra, quando a velocidade do vento está acima de 25 m/s. Essa proteção consiste em colocá-los na posição de não-rotação (parada). Posto que, em tal velocidade, poderia haver a quebra do aerogerador.

O parque de Osório tem as maiores máquinas já instaladas no Brasil, com aerogeradores de 2MW, com 71 metros de diâmetro, de rotor e eixo a 98 metros do solo. São máquinas maiores do que as instaladas em Santa Catarina (600 kW), no Ceará e no Rio Grande do Norte. Para avançarmos no conhecimento do funcionamento desses parques, precisaríamos dispor da instrumentação adequada, para o acompanhamento da produção, em cada parque, ao longo dos anos.

3.1 Região Nordeste

A utilização da energia eólica, na matriz energética nordestina, e sua inserção no sistema nacional, apesar de largamente favorável é, como demonstram os números, diminuta. Tais recursos são subutilizados, quase relegados, a despeito da propaganda alardeada pelo Governo Brasileiro.

Os parques eólicos, em operação, utilizam aerogeradores, em média, de 500 kW, o que representaria turbinas com rotores de diâmetro de 40 metros.

Dos oito estados integrantes da região, apenas cinco possuem alguma turbina em funcionamento, e quase metade do potencial outorgado está no estado do Ceará (Tabela 7), em parques cuja potencialidade é inferior a 26.000 kW (Tabela 8).

Tabela 7 – Energia eólica em operação no Nordeste - UF

| UF | Quantidade | Potência Outorgada (kW) | Potência Fiscalizada (kW) | Participação |
|----|------------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| CE | 9 | 121.830 | 121.830 | 48,81% |

| UF | Quantidade | Potência Outorgada (kW) | Potência Fiscalizada (kW) | Participação |
|--------------|------------|-------------------------|---------------------------|----------------|
| PB | 11 | 58.200 | 55.200 | 23,32% |
| PE | 2 | 450 | 450 | 0,18% |
| PI | 1 | 18.000 | 18.000 | 7,21% |
| RN | 2 | 51.100 | 51.100 | 20,47% |
| Total | 25 | 249.580 | 246.580 | 100,00% |

Fonte: ANEEL/2009

Tabela 8 – Usinas eólicas em operação - Nordeste

| USINAS do tipo EOL em Operação | | | | | |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| UF | Usina | Potência Outorgada (kW) | Potência Fiscalizada (kW) | Destino da Energia | Município |
| CE | Prainha | 10.000 | 10.000 | PIE | Aquiraz |
| CE | Taíba | 5.000 | 5.000 | PIE | São Gonçalo do Amarante |
| CE | Beberibe | 25.600 | 25.600 | PIE | Beberibe |
| CE | Mucuripe | 2.400 | 2.400 | REG | Fortaleza |
| CE | Foz do Rio Choró | 25.200 | 25.200 | PIE | Beberibe |
| CE | Canoa Quebrada | 10.500 | 10.500 | PIE | Aracati |
| CE | Lagoa do Mato | 3.230 | 3.230 | PIE | Aracati |
| CE | Paracuru | 23.400 | 23.400 | PIE | Paracuru |
| CE | Taíba Albatroz | 16.500 | 16.500 | PIE | São Gonçalo do Amarante |
| PB | Millennium | 10.200 | 10.200 | PIE | Mataraca |
| PB | Presidente | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Camurim | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Albatroz | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Coelhos I | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Coelhos III | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Atlântica | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Caravela | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Coelhos II | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Coelhos IV | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |
| PB | Mataraca | 4.800 | 4.500 | PIE | Mataraca |

| USINAS do tipo EOL em Operação | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|
| UF | Usina | Potência Outorgada (kW) | Potência Fiscalizada (kW) | Destino da Energia | Município |
| PE | Fernando de Noronha | 225 | 225 | REG | Fernando de Noronha |
| PE | Olinda | 225 | 225 | REG | Olinda |
| PI | Pedra do Sal | 18.000 | 18.000 | PIE | Parnaíba |
| RN | Rio do Fogo | 49.300 | 49.300 | PIE | Rio do Fogo |
| RN | Macau | 1.800 | 1.800 | REG | Macau |
| Total das 25 Usinas | | 249.580 | 246.580 | | |

| Legenda | |
|---------|----------------------------------|
| PIE | Produção Independente de Energia |
| REG | Registro |

Fonte: ANEEL/2009

O Estado do Ceará é o atual líder nordestino, na instalação e utilização da energia eólica. Já vislumbra as vantagens de ordem econômica, ambiental e industrial das usinas em construção, localizadas no Estado. Podemos também inferir que são parques onde a produção de energia será superior a 26.000 kW. (Tabela 9)

Tabela 9 – Usinas eólicas em construção - Nordeste

| USINAS do tipo EOL em Construção - Nordeste | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------|--------------------|-----------|
| UF | Usina | Potência Outorgada (kW) | Destino da Energia | Município |
| CE | Praia do Morgado | 28.800 | PIE | Acaraú |
| CE | Volta do Rio | 42.000 | PIE | Acaraú |
| CE | Praia Formosa | 104.400 | PIE | Camocim |
| CE | Eólica Icarazinho | 54.000 | PIE | Amontada |
| CE | Eólica Praias de Parajuru | 28.800 | PIE | Beberibe |
| CE | Parque Eólico Enacel | 31.500 | PIE | Aracati |
| CE | Bons Ventos | 50.000 | PIE | Aracati |
| Total: 7 Usina(s) | | 339.500 | | |

| Legenda | |
|----------------|----------------------------------|
| PIE | Produção Independente de Energia |

Fonte: ANEEL/2009

Apesar de existirem vários empreendimentos outorgados em seis estados nordestinos, entre 1998 e 2004, há uma grande concentração do potencial em dois deles: Ceará e Rio Grande do Norte detêm 84,48% do total (Tabela 10).

Representa um avanço na utilização da energia eólica, em que já aparecem parques com potência superior a 50.000 kW (Tabela 11). Porém, ainda não se iniciaram as obras.

Em 10 de março de 2009, foi anunciado, pelo Governo baiano, o licenciamento para o parque de Caetité, cidade do interior baiano. Trata-se de um evento singular, uma vez que a cidade abriga a mina de onde é extraído o urânio, usado pelas usinas de Angra.

Tabela 10 – Potencial – Usinas Eólicas outorgadas do Nordeste - UF

| UF | Quantidade | Potência Outorgada (kW) | Participação |
|--------------|------------|-------------------------|----------------|
| BA | 1 | 192.100 | 12,28% |
| CE | 7 | 645.900 | 41,29% |
| PB | 2 | 9.650 | 0,62% |
| PE | 5 | 21.250 | 1,36% |
| PI | 1 | 23.400 | 1,50% |
| RN | 7 | 671.900 | 42,95% |
| Total | 23 | 1.564.200 | 100,00% |

Fonte: ANEEL/2009

Tabela 11 - Usinas eólicas outorgadas no Nordeste

| USINAS do tipo EOL em Outorga - Nordeste | | | | |
|---|----------------|-------------------------|--------------------|-----------|
| UF | Usina | Potência Outorgada (kW) | Destino da Energia | Município |
| BA | BA 3 - Caetité | 192.100 | PIE | Caetité |
| CE | Canoa Quebrada | 57.000 | PIE | Aracati |
| CE | Maceió | 235.800 | PIE | Itapipoca |
| CE | Redonda | 300.600 | PIE | Icapuí |

| USINAS do tipo EOL em Outorga - Nordeste | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| UF | Usina | Potência Outorgada (kW) | Destino da Energia | Município |
| CE | Pecém | 31.200 | PIE | Caucaia |
| CE | Fábrica da Wobben Windpower no Pecém | 600 | REG | Caucaia |
| CE | Eólica Ariós | 16.200 | PIE | Beberibe |
| CE | Enerce Pindoretama | 4.500 | REG | Pindoretama |
| PB | Vitória | 4.250 | PIE | Mataraca |
| PB | Alhandra | 5.400 | PIE | Alhandra |
| PE | Pirauá | 4.250 | PIE | Macaparana |
| PE | Xavante | 4.250 | PIE | Pombos |
| PE | Mandacaru | 4.250 | PIE | Gravatá |
| PE | Santa Maria | 4.250 | PIE | Gravatá |
| PE | Gravatá Fruitrade | 4.250 | PIE | Gravatá |
| PI | Praia do Arrombado | 23.400 | PIE | Luís Correia |
| RN | Fazenda Nova | 180.000 | PIE | Porto do Mangue |
| RN | Alegria II | 100.800 | PIE | Guamaré |
| RN | Alegria I | 51.000 | PIE | Guamaré |
| RN | Parque Eólico Ponta do Mel | 50.400 | PIE | Areia Branca |
| RN | Vale da Esperança | 29.700 | PIE | Touros |
| RN | Salina Diamante Branco | 200.000 | PIE | Galinhos |
| RN | Eólio-Elétrica São Gonçalo | 60.000 | PIE | São Gonçalo do Amarante |
| Total: 23 Usina(s) | | 1.564.200 | | |

| Legenda | |
|----------------|----------------------------------|
| PIE | Produção Independente de Energia |
| REG | Registro |

Fonte: ANEEL/2009

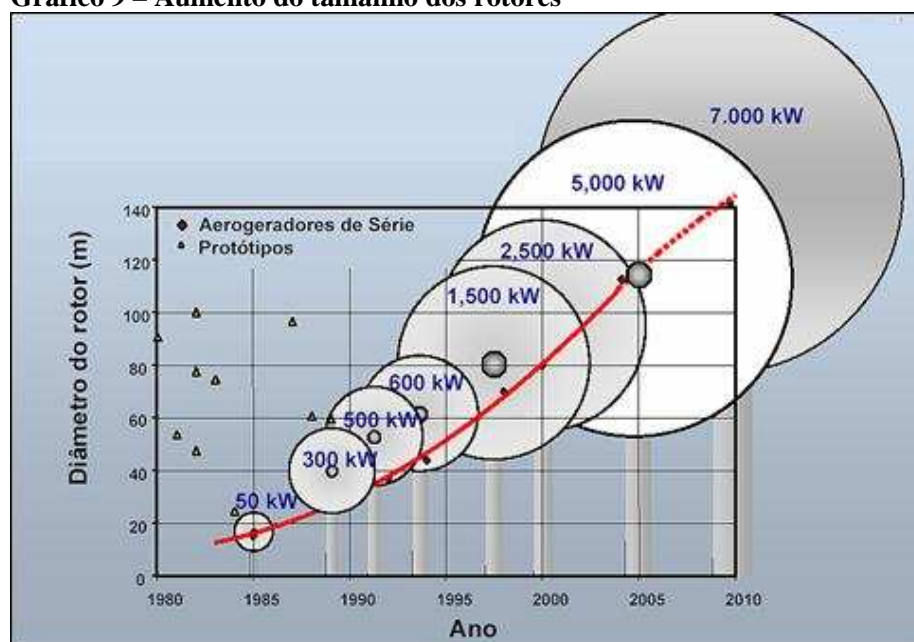
3.2 Indústria

Na Alemanha, a energia eólica é vista como indústria de alto valor agregado e de empregos especializados, o que permitiu a criação de várias pequenas empresas de fabricantes de componentes, freios, instrumentação, além

de desenvolver o segmento de empresas de serviços de montagem e reparos de aerogeradores.

Desafios surgem, para os fabricantes. E, com o aumento do tamanho médio dos aerogeradores (Gráfico 9), o custo por kW (quilowatt) instalado tem diminuído. Na Alemanha, o fabricante Enercon, desenvolveu um aerogerador em que não há caixa de transmissão, o que permitiu o acoplamento do eixo da turbina diretamente ao eixo do gerador elétrico.

Gráfico 9 – Aumento do tamanho dos rotores



Fonte: CRESESB

São necessários mais incentivos para pesquisa, não apenas para o desenvolvimento de um equipamento nacional, mas, também, para a questão do potencial eólico e previsão de ventos. Ainda não dispomos de dados do vento de longo prazo (mais de 10 anos), fundamental para se determinar o potencial eólico confiável em uma localidade.

Em decorrência do grande potencial eólico brasileiro, tendo-se em vista a localização dos possíveis parques de produção dessa energia, e observando o cenário atual, é possível e desejável o desenvolvimento de um modelo similar ao existente na Alemanha.

Somente será possível esse modelo, no caso de o Brasil optar por desenvolver tecnologias de energias renováveis para as indústrias.

3.3 Investimento

Apesar de o Brasil já ter dado início à utilização da energia eólica, na matriz energética nacional, ainda há entraves à execução dos planos. Damos o primeiro passo, com a aprovação de projetos, pelo PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Há, todavia, a exigência de um mínimo de 60% de nacionalização. Está prevista, inicialmente, a instalação de 1420MW (mega watts) de potência de aerogeradores. Estima-se, atualmente, em 230MW a nossa capacidade instalada.

No governo, a principal justificativa para a não utilização da energia eólica, e conseqüentemente a redução no interesse de investir, é o custo da geração. Nos leilões de energia de reserva, que permitem a concorrência de empresas que exploram várias formas de geração de energia, entre elas a térmica, biomassa e a eólica, essa última costuma perder, no preço.

Para a geração através da força do vento, para 1 MWh, o valor cotado gira em torno de 200 reais, e o preço para as térmicas é de 140 reais. A indústria eólica contesta o valor, afirmando que no valor pago, pelas térmicas, não está incluído o preço do combustível gasto para acionar os geradores, o que elevaria o custo para 600 reais. O Brasil gastou, aproximadamente, 1 Bilhão de reais para operar térmicas, de dezembro de 2007 até agosto daquele ano, segundo Lauro

Fiúza Júnior, presidente da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA).

Já existe, no Brasil, a fabricação de pás para grandes aerogeradores, e de máquinas que fabricam modernos e enormes aerogeradores. Porém, os incentivos do PROINFA têm demonstrado não serem suficientes para atrair um maior número de investidores. Por outro lado, a edição da Portaria 242/2009, em que persistem restrições à importação de aerogeradores com capacidade inferior a 1.500kW, cria-se um grande potencial de atendimento para as indústrias nacionais, no fornecimento de equipamentos para a instalação de parques eólicos.

Há ainda o problema do número de pesquisas, com participação de universidades, Governo e empresas nacionais, que é pequeno e de forma descontinuada, o que torna o país dependente de tecnologia externa. Potencial, mercado e investidores interessados existem. O crescimento, nos próximos anos, será definido pela garantia de compra e por tarifas atraentes. Trata-se de tecnologia bastante sofisticada, na qual o Brasil começa a dar os primeiros passos.

O Brasil, maior país do continente sul americano, atualmente, obtém 70% de sua energia de grandes hidrelétricas. O Governo Brasileiro estabeleceu meta de que 10% da eletricidade gerada no País, até 2022, será proveniente de fontes renováveis (vento, biomassa e pequenas hidrelétricas).

Se déssemos, à energia eólica, o mesmo tratamento dispensado aos biocombustíveis, certamente melhoraria a imagem ambiental do Brasil, no exterior. Bem como, incentivaria uma nova e promissora indústria. Para isso, basta que o Governo faça leilões, para adquirir 1.000 megawatts (MW) anuais, gerados a partir da energia eólica. A iniciativa induziria o setor privado a investir US\$2 bilhões, por ano, na economia.

3.4 Meio Ambiente

É do conhecimento geral que a queima de combustíveis fósseis produz dióxido de carbono (CO₂), contribuindo para o aquecimento global. A energia eólica é limpa, não advém da queima de fósseis, não emite poluentes. Constitui-se, portanto, numa alternativa complementar às outras fontes.

As fazendas eólicas, contudo, apresentam alguns impactos ambientais. Podem ameaçar pássaros, no caso de instalação em rotas de migração. Alteram paisagens, com suas torres e hélices. Mas podem se integrar e virarem atrações turísticas. Existe, bem assim, a possibilidade de causar interferência na transmissão de televisão. Emitem ruídos (de baixa frequência), que podem causar incômodo. Esses impactos, entretanto, podem ser facilmente minimizados, com o aperfeiçoamento tecnológico.

A usina eólica apresenta, ainda, a vantagem de não exigir a desapropriação de grandes áreas, com deslocamentos populacionais, além de preservar os espaços utilizados pela agricultura.

A energia eólica é, se não a solução definitiva para as ameaças de mudanças climáticas, um fator atenuante, conforme o relatório *Wind Force 12*, elaborado pelo Greenpeace e o Conselho Global de Energia Eólica (GWEC). Esse relatório demonstra que não há barreiras técnicas ou econômicas para o suprimento de 12% das necessidades globais de energia, a partir de uma matriz eólica, até o ano 2020. A utilização dessa alternativa é ferramenta apreciável, na corrida para diminuir, em 12%, o efeito estufa, causado pelas emissões de gás.

Austrália, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos, França, Índia, Itália, Japão, Filipinas, Polônia, Turquia, Reino Unido, são países-chave no papel de liderança, no crescimento de geração e utilização, em larga escala, da energia eólica. O Brasil, na América Latina, é apontado como o mercado mais promissor para o desenvolvimento dessa alternativa energética.

Em países como os Estados Unidos, a energia eólica pode suprir, em 20%, as necessidades de energia elétrica, até 2030, reduzindo as emissões de CO₂ em 7,6 bilhões de toneladas, conforme relatório do DOE, primeiro informe sobre a viabilidade técnica da energia eólica, para atender a um quinto do consumo americano. No estado da Califórnia, para viabilizar a redução da emissão de gases do efeito estufa, uma empresa geradora está analisando um plano de carregar baterias de carros elétricos com energia eólica, durante as noites, permitindo que os consumidores possam vender parte da energia acumulada, durante o dia. Além de reduzir a demanda por petróleo e emissões de gases poluentes, o plano pode estimular a produção de veículos híbridos, o que oferecerá, às empresas elétricas, mais capacidade de suprir a demanda, nos horários de pico.

4 Considerações Finais

Por sua posição e potencial eólico, é possível e desejável que a matriz energética nordestina tenha, como um de seus principais componentes, se não o principal, a produção de energia, através dos ventos.

A produção de energia elétrica, por intermédio de aerogeradores, pode suprir grande parte da demanda energética. Pequenas centrais podem atender as carências de locais afastados da rede de distribuição, sobretudo ampliando os limites de atendimento. Grandes centrais, com grandes potências, contribuiriam, com parcela significativa, para o aprimoramento do Sistema Interligado Nacional (SIN), a um só tempo em que reduziriam a emissão de gases do efeito estufa, a necessidade de grandes reservatórios e o risco de longas secas.

O desenvolvimento do agronegócio, de forma sustentável, e o incremento da produção industrial nordestina, passam, necessariamente, pelo estabelecimento de uma política energética, o que já é consenso mundial. O

Mundo clama por medidas capazes de promover o crescimento, mas sem agressões à Natureza. É o que se convencionou chamar de **desenvolvimento sustentável**.

A energia é essencial para o progresso econômico e social. E, para uma melhor qualidade de vida, deve haver a introdução de novas fontes de energia, no processo produtivo agrário. Que sejam fontes renováveis, tais como: solar, eólica, biomassa, hidroeletricidade, importantes para mudança da matriz energética brasileira.

A Argentina, na cidade de Pico Truncado, para uma alternativa menos poluente e mais barata que o petróleo, está construindo a primeira usina de produção de hidrogênio, através da energia eólica. A produção é incentivada, com subsídio.

A utilização do hidrogênio, como fonte de energia, requer a produção desse elemento em grandes quantidades. Para se tornar uma fonte de energia realmente sustentável, a partir de fontes renováveis, e não poluentes, a eletrólise se faz necessária, e pode ser obtida através da energia gerada pelas eólicas. O processo consiste na quebra da molécula de água (ligação entre hidrogênio e oxigênio). A tensão aplicada deve ser maior que 1,23 volts (uma pilha comum tem 1,5 volts).

Na usina eólica, o excesso de energia produzida é armazenado, sob a forma de hidrogênio, obtido a partir da eletrólise da água. Quando não se tem vento, utiliza-se um sistema de células combustíveis para gerar eletricidade, a partir desse elemento.

O Brasil, quando da formação de matriz energética, optou pela construção de hidrelétricas. A despeito de seus impactos ambientais, temos hoje uma produção de energia razoavelmente limpa, não obstante os desafios da sua manutenção. Não é, pois, compreensível, a opção do governo, estabelecida no Plano Decenal de Energia 2008/2017, de investir em termelétricas, com um

aumento de 0,9% para 5,7% da energia, a partir de óleo; e de 1,4% para 2,1%, a energia, gerada por térmicas a carvão, poluente e na contramão global.

O Brasil tem o equivalente, em energia eólica, a 10 Itaipus. O Nordeste, região carente de desenvolvimento e investimentos, detém metade desse potencial.

Sem dúvida, o Brasil é um paraíso para as energias renováveis. Possui um potencial hidrelétrico imenso, sol o ano todo, ótima quantidade de ventos, um litoral gigante que pode prover energias renováveis a partir de eólicas OFF-SHORE, marés e ondas. No entanto, estamos caminhando para a queima de carvão e óleo. Segundo dados do site da EPE(Empresa de Pesquisa Energética), a queima de óleo, até 2017, terá um acréscimo de 427%, passando de 1.984 MW para 10.463MW. Poluentes, em demasia, sem contar as térmicas a carvão.

Com o atual plano, a energia consumida no Brasil será ambientalmente mais suja, se mantidas as fontes poluentes e não-renováveis. A biomassa, entre as energias renováveis, registrará o maior aumento, devido ao etanol, e a eólica deve continuar representando menos de 1% da matriz energética brasileira.

Apesar dos ventos e dos terrenos em abundância, o Brasil tem índices tímidos, no que concerne ao aproveitamento da energia eólica. Os principais obstáculos para o seu desenvolvimento estão nos impostos que incidem sobre equipamentos, e os custos operacionais, a onerarem os projetos de exploração. Estimam-se investimentos da ordem de 45 milhões de reais, para a construção de um parque eólico, com potencia de 10 MW.

No cenário atual, quando as hidrelétricas não suprem a demanda, usinas termelétricas já contratadas são utilizadas para complementação da energia necessária. A utilização da energia do vento, se aproveitada, preservaria os recursos hídricos, já que os ventos sopram com mais força, quando o regime de chuvas é menor e os reservatórios estão vazios. O Governo, contudo, não parece convencido da solução.

A indústria eólica tem-se mostrado rentável, no Mundo. Não só para complementar a energia elétrica, mas também, como fonte de crescimento econômico e tecnológico. Investimentos bilionários, em equipamentos, manutenção e infra-estrutura são efetuados. Na Itália, em 2007, com a instalação de 2.756 MW, foram gerados 7.500 empregos, que tendem a crescer, para se atingir a meta de se instalarem 12.000 MW, até 2020.

Conforme a ABEEÓLICA (Associação Brasileira de Energia Eólica), cada MW de energia eólica gerada tem potencial de criar 200 novos postos de trabalho, o que representaria, para a região Nordeste, um aumento na renda e na sua distribuição.

A *WWEA*, (Associação Mundial de Energia Eólica) confirmou o crescimento de 30% da capacidade instalada de energia eólica mundial. Espera-se que chegue a 152.000 MW, em operação, ao final de 2009. Um incremento de 30.300 MW. Somente no primeiro trimestre deste ano, 5.374 MW de capacidade nova foram instalados, com alta de 23%, em relação ao mesmo período do ano anterior. Os números confirmam, segundo a *WWEA*, que o investimento em energia eólica se tornou estável, lucrativo e de baixo risco. A substancial desaceleração, em algumas regiões, se deve, segundo a *WWEA*, às novas regulamentações e a atrasos burocráticos que, para a entidade, "prejudicam mais o desenvolvimento de novos parques do que as dificuldades financeiras".

O argumento político de que o Brasil tem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, principalmente ante os desdobramentos climáticos e crise econômica que abatem o Planeta, não pode ser utilizado, pois, os projetos de usinas poluentes ainda são muitos, e contraditórios. Tal argumento gera pouca, ou nenhuma, credibilidade, para um país que almeja a liderança ecológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.agencia.fapesp.br/>
<http://ambiente.hsw.uol.com.br>
<http://ambientes.ambientebrasil.com.br>
<http://www.aneel.gov.br/>
<http://www.aondevamos.eng.br>
<http://www.canalenergia.com.br>
<http://www.cepa.if.usp.br>
<http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br>
<http://www.colegiosaofrancisco.com.br>
<http://www.cresesb.cepel.br>
<http://www.eolicario.com.br>
<http://www.exame.com.br>
<http://www.eletronbras.gov.br>
<http://www.infoescola.com>
<http://www.inovacaotecnologica.com.br>
<http://www.mme.gov.br>
<http://www.oeco.com.br/>
<http://oglobo.globo.com/>
<http://www.portalh2.com.br/>
<http://www.ren21.net>

<http://www.riosvivos.org.br>

<http://www.veja.com.br>