

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

UNIDADE ACADÊMICA DE TRÊS RIOS

**A Força dos Ventos no Brasil e no Mundo – Uma Perspectiva da Energia
Eólica.**

Fabio Jones Silva de Medeiros

**Três Rios, RJ.
2009**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

UNIDADE ACADÊMICA DE TRÊS RIOS

**A Força dos Ventos no Brasil e no Mundo – Uma Perspectiva da Energia
Eólica.**

FABIO JONES SILVA DE MEDEIROS

Sob a Orientação do Professor
Herlei dos Santos Carvalho Júnior

Monografia submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de **Bacharel**
no curso de Ciências Econômicas da
UFRRJ, Unidade Acadêmica de Três
Rios.

Três Rios, RJ.
2009

Para minha mãe Juliet, meu pai Farghnésio e meu irmão Flaubert, família sem a qual nunca teria tido o ímpeto do estudo.

Para os professores que acreditaram em si e ajudaram a consolidação da minha formação acadêmica.

Em especial a todas as pessoas que acreditaram na implantação dessa unidade acadêmica em Três Rios, pois hoje sou um fruto dessa semente.

*Agradeço a Deus que me escolheu, capacitou e preparou.
Sem a Sua direção eu não daria nenhum passo certo.*

“Dá instrução ao sábio, e ele se fará mais sábio; ensina o justo e ele aumentará em doutrina”.

Provérbios 9,9

RESUMO

A energia eólica é uma promissora fonte de energia futura, pois é limpa, renovável e inesgotável. A busca por ela e seu consumo vem aumentando significativamente mundo afora. Enquanto teme-se o fim das tradicionais fontes de energia utilizadas atualmente pelo homem, a força dos ventos vem alcançando patamares de importância econômica, social e ambiental significativos, tornando-se a grande aposta para enfrentar possíveis crises de consumo de energia. Para atingir o propósito dessa monografia, buscou-se evidenciar a realidade da energia eólica nacional e mundialmente, estimar as possíveis perspectivas de crescimento, mostrar os efetivos impactos ambientais que podem ser causados com sua utilização e citar alguns exemplos positivos de onde esta fonte de energia tem apresentado resultados favoráveis. A energia eólica vem avançando anualmente em diversos países do mundo e os estudos e pesquisas que envolvem esse universo específico de energias demonstra toda uma expectativa favorável à manutenção de investimentos voltados para esse setor, pois os resultados alcançados de curto e médio prazo mostram-se extremamente competitivos frente a outras fontes de energia.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Usinas energéticas brasileiras em operação.....37

Quadro 2: Usinas energéticas brasileiras em construção.....37

Quadro 3: Usinas energéticas brasileiras outorgadas.....38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Moinho de vento Pitstone.....	16
Figura 2: Evolução da capacidade instalada de energia eólica no mundo.....	25
Figura 3: Evolução tecnológica das turbinas eólicas.....	25
Figura 4: Mapa de turbinas e centrais eólicas pelo Brasil.....	42
Figura 5: Parque eólico de Osório.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Os 10 maiores países em capacidade eólica instalada no mundo

+ o Brasil.....23

Tabela 2: Tabela de projetos eólicos em desenvolvimento pelo Brasil.....38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BNB - Banco do Nordeste do Brasil

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica

CEAL - Companhia Energética de Alagoas

CELPA - Companhia Energética do Pará

CELPE - Companhia Elétrica de Pernambuco

CEMIG - Companhia Elétrica de Minas Gerais

CEPEL - Centro de Estudos e Pesquisas da Eletrobrás

CNPq - Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COELBA - Companhia Energética do Estado da Bahia

COELCE - Companhia Energética do Ceará

CREA-SC - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Santa Catarina

EOL - Usina Eolielétrica de Energia

GEDAE - Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas

GW - Gigawatts

IDESP - Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

KWh - quilowatt-hora

MCT - Ministério de Ciências e Tecnologia

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MW - megawatt

ONU - Organização das Nações Unidas

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PROÁLCOOL - Programa Nacional do Álcool

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PTU - Programa do Trópico Úmido

PUC - RS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

SOL - Usina Solar Fotovoltaica

UFPA - Universidade Federal do Pará

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

UHE - Usina Hidrelétrica de Energia

USP - Universidade de São Paulo

UTE - Usina Termelétrica de Energia

UTN - Usina Termonuclear

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
LISTA DE QUADROS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	X
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 ENERGIA EÓLICA.....	15
3 ENERGIA EÓLICA PELO MUNDO.....	22
3.1 EXPERIÊNCIA EUROPÉIA.....	26
3.2 EXPERIÊNCIA ASIÁTICA.....	30
3.3 EXPERIÊNCIA AMERICANA.....	32
4 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	33
4.1 FONTES ENERGÉTICAS DO BRASIL.....	33
4.2 EXPERIÊNCIA BRASILEIRA.....	38
4.3 ALGUNS PROJETOS BRASILEIROS.....	43
4.4 CASO ESPECÍFICO DO PARQUE DE OSÓRIO.....	48
5 CONCLUSÃO.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	55

1 INTRODUÇÃO

Nesta monografia será abordada uma importante fonte de energia usada pelo homem, a energia eólica, que é uma fonte altamente promissora para a geração de eletricidade em curto prazo, considerando aspectos de energia, custos sócio-ambientais e a viabilidade econômica.

A energia eólica está em pleno desenvolvimento pelo mundo, está a cada dia ganhando mais espaço em diversas matrizes energéticas, gerando crescentes níveis de emprego e renda e imprimindo um maior dinamismo à economia mundial.

Serão abordadas também algumas experiências eólicas internacionais e nacionais, projetos bem sucedidos, estimativas a serem alcançadas e uma potencial e efetiva consolidação dessa fonte energética no cenário mundial.

A metodologia utilizada nesse trabalho buscou apresentar as principais características da energia eólica, ao combinar modalidades e métodos de pesquisa para se alcançar o fim proposto. Foi usada a metodologia documental ao analisar informações adquiridas de artigos e documentos específicos de que trata o assunto abordado, a metodologia bibliográfica ao se consultar livros e monografias voltadas para esse tema, artigos de revistas, meios televisivos e páginas da internet. Os métodos de pesquisa usados foram o objetivo, com dados centrados na realidade observada e o racional, pois com um raciocínio ordenado buscou-se compreender a importância da energia eólica no panorama energético mundial.

O objetivo dessa monografia é expor as principais particularidades da energia eólica, seus fatos históricos, seus dados técnicos e comerciais, seus meios de captação e conversão em energia elétrica, além das formas combinadas com outras fontes energéticas para se alcançar resultados mais satisfatórios.

Este estudo está organizado em quatro capítulos contados com a introdução. No capítulo dois estão expostos os principais dados referentes à energia eólica pelo mundo, sendo destinada uma atenção especial para os dez maiores países em capacidade instalada, citando

suas características particulares, históricas e comerciais. O capítulo três é destinado a falar da energia eólica no Brasil, apresentando sua origem, os primeiros passos, a integração com outras fontes energéticas, sua real importância, os principais projetos desenvolvidos e em vias de desenvolvimento, as perspectivas de crescimento, potenciais obstáculos e o caso específico do parque de Osório. No quarto e último capítulo apresentam-se as conclusões que este estudo conseguiu alcançar.

2 ENERGIA EÓLICA

Energia renovável é aquela que é obtida de fontes naturais que são capazes de se regenerar e, portanto são virtualmente inesgotáveis. São conhecidas pela imensa quantidade de energia que contêm. Um exemplo dessa forma de energia é a eólica, assunto abordado nesse estudo.

Energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento).

É uma abundante fonte de energia, renovável, limpa e disponível em todos os lugares e em diferentes intensidades, pois é inesgotável.

Seu aproveitamento ocorre com o emprego de turbinas eólicas (também denominadas aerogeradores) que são utilizadas para a geração de eletricidade ou os moinhos de ventos (também chamados de cata-ventos) para trabalhos mecânicos como bombeamento de água. A energia eólica tem sido aproveitada desde a antiguidade com algumas finalidades, tais como, mover os barcos impulsionados por velas, para fazer funcionar as engrenagens de moinhos de vento ao mover suas pás para moagem de grãos e outras aplicações que envolvessem formas de energia mecânica ^[1].

Os primeiros moinhos de vento foram inventados na Pérsia no século V, eles eram usados inicialmente para a irrigação. Os mecanismos básicos de um moinho de vento consistiam na ação do vento sobre uma hélice que ao movimentar-se gira um eixo que impulsiona uma bomba (o gerador de eletricidade).

Os ventos são gerados pela diferença de temperatura da terra e das águas, das planícies e das montanhas e a diferença entre as regiões equatoriais e os pólos da Terra.

A quantidade de energia disponível no vento varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. A topografia e a rugosidade encontradas no solo têm grande influência na frequência em que ocorrem os ventos e de sua velocidade em determinado local.

^[1] Wikipédia, a enciclopédia livre. 2008.

A quantidade de energia eólica extraível em um determinado local depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica já instalada.

FIGURA 1



Fonte: Foto cedida por GNU.org / Michael Reeve^[2].

Estudos para conversão da energia cinética dos ventos em eletricidade vêm sendo desenvolvidos a cerca de 150 anos e, atualmente, a energia eólica vem sendo apontada como a fonte de energia renovável mais promissora para a produção de eletricidade, em curto prazo, considerando aspectos de segurança energética, custo sócio-ambiental e viabilidade econômica.

As primeiras tentativas para a geração de eletricidade surgiram efetivamente no final do século XIX, mas somente um século depois com a crise internacional do petróleo, ocorrida na década de 1970 é que houve interesse e investimentos voltados para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial, como forma de se obter outra fonte de energia independente das tradicionais já em uso.

^[2] Moinho de vento Pitstone, que se acredita ser o mais antigo moinho de vento das Ilhas Britânicas.

A primeira turbina eólica comercial ligada à rede pública foi instalada na Dinamarca em 1976, tornando-se um marco. Atualmente, existem mais de 80 mil turbinas eólicas em funcionamento no mundo, com uma capacidade instalada superior a 80000 MW, considerando-se que 1 MW supra a demanda energética de 368 residências.

Na atualidade utiliza-se a energia eólica para mover aerogeradores (que são grandes turbinas instaladas em lugares com locais de incidência de muitos ventos). Para que a produção de energia eólica se torne rentável é necessário que haja uma concentração de aerogeradores nos chamados parques ou fazendas eólicas. Mas estas turbinas podem de igual modo ser utilizadas isoladamente, para alimentar localidades remotas e distantes das redes de transmissão.

Assim como as demais fontes de energia usadas pelo homem, a energia eólica apresenta vantagens e desvantagens. Mas o que faz dessa específica fonte de energia diferente das demais não é apenas um fator, mas um conjunto de fatores específicos.

Além de ser uma fonte de energia renovável, possui certas vantagens comparativas em relação às demais como o singelo fato de ter seu fornecimento voltado para pequenas populações onde não existe um acesso de energia direto e por dispensar vultosos investimentos para obtenção de energia, pois pode adaptar a força dos ventos para o uso em pequenas propriedades como em grandes projetos elétricos, utilizando essa energia com um aproveitamento rudimentar de tecnologia, ou através das moderníssimas e altamente desenvolvidas hélices rotoras de captação eólicas.

Assim como outras fontes de energia utilizadas, a energia eólica apresenta alguns problemas referentes à sua utilização. Tais como uma ocorrência irregular para alguns períodos, variando de uma estação do ano para outra. E apesar de não queimarem combustíveis fósseis e não emitirem poluentes, fazendas eólicas não são totalmente desprovidas de impactos ambientais. Algumas desvantagens que podem ser citadas são os

ruídos provocados pelas torres de hélices, que podem causar algum incômodo e interferência na transmissão do sinal de televisão, ainda que estes ruídos não sejam muito elevados, desde que os módulos de funcionamento passem por frequentes vistorias técnicas. Há também o fato das torres causarem desvio de rotas migratórias de determinadas espécies de pássaros, ainda que poucas vezes por ano e alterarem paisagens naturais devido à sua magnitude vertical.

Num contexto geral e mais abrangente as vantagens dessa riquíssima fonte de energia superam em muito alguns entraves para seu uso regular, embora alguns custos de instalação e funcionamento se apresentem elevados em alguns países, mas o desenvolvimento desta tecnologia tem aproximado os grandes países produtores de energia eólica dos países que ainda dão os primeiros passos em busca dessa integração energética.

Comparativamente com as demais fontes de energia utilizadas pelo homem, a energia eólica é privilegiada, pois é mais limpa, renovável, inesgotável, com riscos reduzidos de acidentes frente à energia nuclear, com baixos índices poluentes como as utilizadas a partir do carvão e do petróleo, tem uma relação custo-benefício mais positiva que as hidráulicas dentre outros aspectos positivos que a torna com um futuro cada vez mais promissor frente as demais fontes de energia.

A energia eólica apresenta também algumas características particulares que dificultam seu uso regular e abundante como a ocorrência irregular para pequenos períodos, podendo a quantidade de energia diária disponível variar muitas vezes de uma estação do ano para outra, em um mesmo local, o que acaba tornando impreciso e improvável qualquer cálculo de fornecimento e armazenamento favorável a determinado projeto de geração de energia, devido aos fatos das constantes irregularidades dos ventos em um determinado local.

Atualmente os sistemas mais comuns de fornecimento e armazenamento de energia utilizando sistemas eólicos são:

- Sistemas de Grande Porte Interligados a Rede Pública de Distribuição – Por dispensarem sistemas de armazenamento são bastante viáveis, representam atualmente a maior evolução em sistemas eólicos. Estes sistemas evoluíram ao patamar de já apresentarem alguns custos equiparáveis ao dos sistemas hidrelétricos. Podendo esse sistema eólico apresentar uma participação na ordem de 15% do fornecimento total de energia.

Exemplo: Edifício onde está localizado a sede do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Santa Catarina (CREA-SC). Este prédio conta com um sistema fotovoltaico ^[3] – eólico integrado a uma edificação urbana e interligado à rede pública de distribuição.

- Sistemas Híbridos Diesel / Eólico de Médio Porte – Esses sistemas híbridos de energia são sistemas autônomos de geração de energia elétrica, pois eles combinam fontes de energia renovável e geradores convencionais. Seu objetivo primordial é produzir o máximo possível de energia das fontes renováveis enquanto mantidas a qualidade da energia e a confiabilidade especificada para cada projeto abordado. Esses sistemas são adequados para atender as necessidades energéticas de locais isolados, de difícil acesso e com alto custo para eletrificação, podendo os geradores eólicos representar custos menores, pois, utilizam geradores a diesel, dispensando assim qualquer sistema de armazenamento de energia.

Exemplo: Sistema híbrido da Ilha de Fernando de Noronha. A geração diesel da Ilha tem uma capacidade instalada de aproximadamente 2 MW. Existem ainda vários grupos geradores de pequeno porte. Duas turbinas eólicas, uma de 75 KW e outra de 225 KW de potência nominal, estão conectadas diretamente à rede elétrica formando um sistema integrado de geração de energia.

^[3] É a energia da conversão direta da luz em eletricidade.

- Sistema Eólico Autônomo / Armazenamento – Esse tipo de sistema autônomo de fornecimento regular de eletricidade torna-se muito caro devido as complicações do sistema de armazenamento, uma vez que devem compensar não somente as variações diárias e instantâneas mas compensar a variação da disponibilidade de ventos nos períodos do ano. Sendo sua aplicação limitada a pequenos sistemas de recarga de baterias em regiões remotas, principalmente para fornecimento de energia de aparelhos de comunicação e eletrodomésticos ^[4].

Exemplo: áreas remotas no norte da Dinamarca.

Existe ainda uma outra forma de captação da força dos ventos, a captação de energia eólica nos oceanos, também conhecida como captação offshore, que caracteriza-se por uma grande geração de energia, com baixo impacto ao meio ambiente, custo de KWh para uma planta eólica ^[5] relativamente baixo e favorável confrontado com outras formas de captação de energia, grande disponibilidade e possibilidade real de ser instalada próxima aos grandes centros consumidores. E apesar dos altos custos para sua instalação, é economicamente viável, pois os benefícios compensam o seu investimento.

Os custos da captação offshore são mais elevados do que na terra, devido à sustentação das turbinas e à infra-estrutura elétrica. Os custos de manutenção e operação também são mais elevados do que se fossem na terra mas se comparado com outras formas de geração de energia elétrica mostra-se ainda muito competitivo.

Assim a captação offshore apresenta-se como uma viável matriz de energia, pois atende as necessidades da conjuntura atual da escassez dos recursos energéticos a longo prazo.

^[4] Aonde vamos. 2008.

^[5] O custo do KW/h para uma planta eólica é estimado, considerando todos os custos envolvidos para a sua instalação, mais os custos de operação e manutenção ao longo de sua vida, e dividindo esse custo total, por toda energia produzida pela planta, durante sua vida.

Atualmente, o total offshore instalado no mundo é de aproximadamente 1000 MW e está localizado no norte da Europa e apresenta a seguinte composição: Dinamarca 53%, Reino Unido 38%, Irlanda 3%, Suécia 3%, Holanda 2% e Alemanha 1%.

Estudos indicam que a captação offshore possui uma enorme disponibilidade, dados evidenciam que somente a disponibilidade dos Estados Unidos é suficiente para suprir a demanda de energia elétrica daquele país.

No Brasil ainda não existem prazos e estimativas concretas para utilização deste forma de captação, ainda estamos na fase dos primeiros estudos sobre o nosso potencial eólico offshore, descaracterizando uma futura instalação para os próximos anos.

No próximo capítulo serão vistos dados referentes à energia eólica nos países líderes em captação da força dos ventos.

3 ENERGIA EÓLICA PELO MUNDO

No cenário mundial, a tecnologia eólica atingiu um estágio de maturidade que a coloca como participante da matriz energética em vários países onde o recurso natural é disponível, com projeção para vir a ter uma participação maior na matriz mundial nas próximas décadas.

Após um início pouco animador nas décadas de 1970 e 1980, centrado em pesquisas acadêmicas e dependentes de programas governamentais, a geração eólico-elétrica adquiriu escala e eficácia com o surgimento de programas de incentivo ao mercado na década de 1990, podendo-se dizer que hoje ela tenha atingido limiares de competitividade comercial frente a fontes convencionais, em vários países do mundo e em diferentes realidades energéticas. Isto vem permitindo que o seu mercado venha alcançando um crescimento sustentado de 25-30% ao ano, o maior entre as formas de geração de energia concorrentes, de acordo com o artigo da Revista Espaço Energia ^[6].

Simultaneamente, o custo da energia gerada por usinas eólicas vem caindo também de forma contínua, da ordem de 15% a cada dois anos. Tal redução deve-se principalmente às economias de escala advindas do crescimento do mercado e ao avanço tecnológico. O resultado é que o custo da energia vem se situando na faixa aproximada de US\$ 40-60/MW/h, dependendo das condições de cada local e projeto. Novas reduções podem ser projetadas quando as inovações em curso atingirem escala industrial e consolidação tecnológica, aliadas a evolução de contexto dos mercados em estudo.

Na conjuntura energética atual, as perspectivas da utilização da energia eólica são cada vez maiores no panorama energético geral, pois apresentam um custo reduzido em relação a outras opções de energia.

^[6] Espaço Energia. 2005.

Embora o mercado de usinas eólicas esteja em crescimento no Brasil, ele já movimentava 6 bilhões de dólares no mundo e nacionalmente os valores são ainda pouco incipientes frente a outros países do mundo, apresentando ainda pouco valor agregado no produto interno bruto.

A energia eólica pode garantir 10% das necessidades mundiais de eletricidade até 2020, pode criar mais de 1,7 milhões de novos empregos e reduzir a emissão global de dióxido de carbono na atmosfera em mais de 10 bilhões de toneladas, de acordo com perspectivas recentes citadas em um artigo da Artigonal ^[7].

A tabela a seguir nos mostra um ranking dos 10 maiores produtores de energia eólica do mundo mais o Brasil, de acordo com a capacidade instalada no decorrer do ano de 2006 e suas capacidades instaladas totais no fim do referido ano. Sabendo-se que a capacidade instalada é uma referência a tecnologia empregada no projeto, o espaço físico e os equipamentos que são usados para a captação dos ventos, como os aerogeradores.

TABELA 1

OS 10 MAIORES PAÍSES EM CAPACIDADE EÓLICA INSTALADA NO
MUNDO NO FINAL DE 2006 + O BRASIL

RANKING	PAÍS	CAPACIDADE INSTALADA EM 2006 [MW]	CAPACIDADE INSTALADA TOTAL [MW]
1º	Alemanha	2194	20622
2º	Espanha	1587	11615
3º	Estados Unidos	2454	11603
4º	Índia	1840	6270
5º	Dinamarca	883	3136
6º	China	1145	2405
7º	Itália	405	2123
8º	Reino Unido	610	1963
9º	Portugal	628	1650
10º	França	810	1567
20º	Brasil	208	237

Fonte: Tabela realizada a partir de dados organizados pelo próprio aluno

^[7] Artigonal. Diretório de artigos gratuitos. 2009.

A tabela 1 se refere ao fim do ano de 2006, com dados relativos à capacidade instalada dos 10 maiores países geradores de energia eólica mais o Brasil no decorrer do citado ano e também as suas capacidades instaladas totais ao fim do ano de 2006.

Desde o início da década de 1990 o setor de energia eólica vem apresentando um crescimento acelerado em todo o mundo, resultado de uma busca cada vez mais intensa pelo desenvolvimento de tecnologias voltadas ao desenvolvimento dessa fonte energética. A capacidade instalada total mundial de aerogeradores voltados à produção de energia elétrica atingiu 74223 MW no final do ano de 2006, apresentando assim um crescimento de mais de 20% em relação a 2005. Segundo o *Global Wind Energy Council* ^[8], esse crescimento de capacidade instalada ao longo de 2006 representa o maior acréscimo observado ao longo de um ano. Ainda segundo o *Global Wind Energy Council* ^[8].

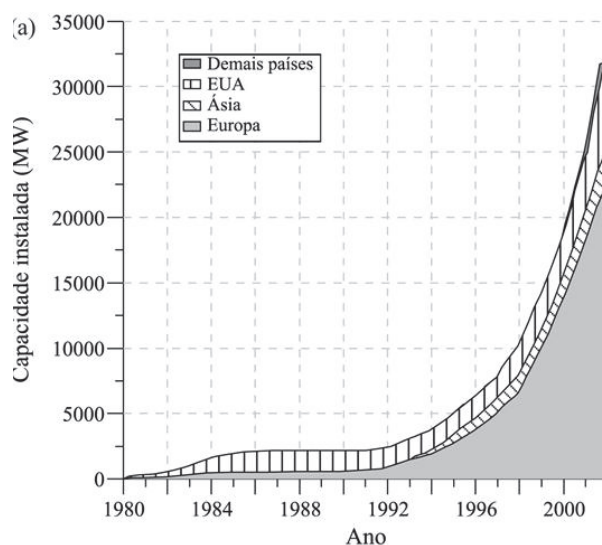
O Brasil totalizou o acréscimo de 208 MW ao longo do ano de 2006, fechando este ano com 237 MW de capacidade instalada. Esse acréscimo deve-se em grande parte a instalação dos parques eólicos de Osório (RS) que totalizam 150 MW e outros projetos pequenos desenvolvidos pelo interior do país.

A evolução da capacidade instalada de geração eólica convertida para eletricidade no mundo, os ganhos alcançados através dessa fonte energética e a evolução tecnológica dos aerogeradores no período compreendido entre 1980 e 2002 podem ser observadas nas Figuras 2 e 3, anexadas respectivamente na página seguinte, onde podem ser observados os avanços obtidos nos últimos anos, por grupos de países e pela tecnologia empregada na fabricação de grandes turbinas eólicas comerciais para se ter um aproveitamento maior dos ventos captados.

^[8] Global Wind Energy Council. 2008.

FIGURA 2

EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DE ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

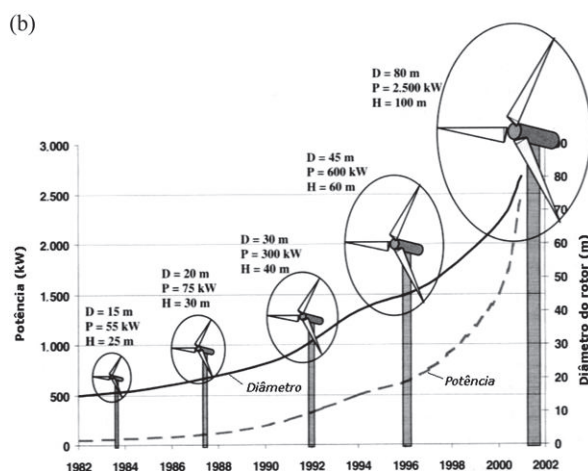


Fonte: R. Gasch and J. Tvele (eds), *Wind Power Plants. Design, Construction and Operation* (Solarpraxis AG, Alemanha. 2002).

A figura 2 indica o crescimento exponencial eólico no mundo ao longo o período compreendido entre 1982 e 2000. Nota-se um crescimento acelerado na Europa e nos Estados Unidos e um crescimento ainda superior em outros países do mundo.

FIGURA 3

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DAS TURBINAS EÓLICAS



Fonte: R. Gasch and J. Tvele (eds), *Wind Power Plants. Design, Construction and Operation* (Solarpraxis AG, Alemanha. 2002).

D = Diâmetro; P = Potência; H = Altura

A figura 3 mostra a evolução tecnológica das turbinas eólicas comerciais no decorrer dos anos compreendidos entre 1982 e 2002. Esta evolução é muito significativa, pois o diâmetro das hélices e sua potência foram multiplicados por quatro em duas décadas, evidenciando um avanço tecnológico positivo.

Veremos um pouco do aproveitamento eólico nos 10 maiores países em capacidade instalada no mundo de acordo com a Tabela 1 e alguns dados técnicos, funcionais e históricos.

Faremos isso dividindo esses países em grupos para uma melhor compreensão e organização.

2.1 EXPERIÊNCIA EUROPÉIA

Abordaremos sete países europeus que tem investido muitos recursos em energia eólica. A começar pela Alemanha, que é a principal produtora e consumidora de energia eólica no mundo. Esta fonte de energia representa cerca de 70% dos investimentos públicos em energia de fontes renováveis e já é a maior em produção e a maior em consumo no país, superando as hidrelétricas ^[9].

O país tem 16 mil estações geradoras de eletricidade a partir do vento. Nos últimos 4 anos, o número de estações eólicas duplicou na Alemanha. Hoje essas estações geram mais de 20.000 MW para o país por ano. E as empresas operadoras querem ainda quadruplicar este número. Até usinas eólicas em plataformas marítimas (captação offshore) já estão em construção.

Os produtores alemães de tecnologia eólica dominam hoje 50% do mercado mundial. Em 2007, as exportações alemãs nessa área subiram de 1,8 bilhões para 3 bilhões de euros, ampliando de 50% para 64% sua participação nas exportações como um todo, dando mostras do seu tamanho absoluto e o aporte de sua liderança no topo do ranking da energia eólica.

^[9] Associação Brasileira de Energia Nuclear. 2008.

A Alemanha tem dado grandes incentivos ao crescimento do setor, principalmente por meio de renúncia fiscal. A soma total dos impostos deduzidos passa de 1 bilhão de euros, e pode chegar a 7 bilhões de euros em 2019, segundo cálculos da própria indústria. A lei de fomento às energias renováveis aprovada em 2000 regula uma série de privilégios ao setor, como a garantia de compra e o preço fixo acima do de mercado.

Falaremos agora da Espanha, que é a segunda potência mundial, atrás da Alemanha, em produção de energia eólica. Possuindo em dezembro de 2006 uma capacidade instalada de 11.615 MW.

Cerca de 20% de toda a produção de energia espanhola é baseada em fontes naturais. Até 2012 a Espanha estima aumentar sua produção ao dobro das cifras disponibilizadas atualmente através de energia eólica, o que equivale a sete centrais nucleares.

O setor eólico na Espanha tem crescido tanto que nos últimos anos foram criados muitos postos de trabalho diretos em função do desenvolvimento dessa importantíssima fonte de energia, o que reflete positivamente no cenário econômico do país^[10].

A Espanha tem boas perspectivas de crescimento no campo eólico, pois seu programa tem gerado resultados positivos o que tem gerado grande entusiasmo quanto à continuidade da geração de emprego e renda, pois suas empresas eólicas estão conquistando maiores mercados internacionais.

Outro país europeu que merece destaque especial é a Dinamarca, que investiu nos últimos 15 anos, muitos recursos em energia elétrica e conseqüentemente em energia eólica o que impulsionou esse setor energético a níveis satisfatórios. Isto decorreu da longa tradição da utilização do vento como forma de energia, muito utilizado por esse país.

A Dinamarca tem buscado maiores níveis nesse segmento energético e conta com algumas empresas produtoras de turbinas que vem ganhando maiores mercados internacionais.

^[10] Fundação Verde. 2008

A primeira turbina a gerar eletricidade na Dinamarca foi construída em 1891. O programa energético dinamarquês de hoje tem como principal objetivo fazer a Dinamarca menos dependente de fatores energéticos importados ^[11].

A indústria espera que a produção total de energia gerada pelo vento alcance 3000 MW por ano já em 2009 e que essa fonte de energia alcance níveis cada vez maiores de utilização e que permitam que a Dinamarca continue a ser um tradicional usufruidor da energia eólica.

Outro país europeu que podemos citar como exemplo de captação da força dos ventos é a Itália. A exploração de energia eólica teve início expressivo na Itália no início da década de 1990, quando teve o aparecimento dos primeiros sistemas eólicos no país ^[12].

A capacidade geradora de energia eólica na Itália tem crescido a uma média de 450 MW por ano com dados de 2004-2007 alcançando o patamar de 2.123 MW de capacidade instalada no final de 2006, muito perto de uma meta estabelecida de 2.500 MW anteriormente para 2012. Com a capacidade eólica instalada, só em 2006 foi suficiente para evitar a emissão de 3,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), 15.000 toneladas de dióxido de enxofre e evitar a produção de 10 milhões de barris de petróleo, evidenciando pontos favoráveis a esse tipo de energia limpa e renovável.

A Itália vem apresentando ótimos resultados em projetos e pesquisas desenvolvidos internamente, o que faz desse país mais um caso positivo no setor eólico e com grande estimativa de crescimento sustentado nos próximos anos.

Será abordada agora a experiência eólica no Reino Unido, que atualmente possui oito parques eólicos costeiros em funcionamento, e outros quatro em construção, com uma capacidade instalada total de 1.963 MW no final de 2006.

^[11] FERREIRA, Ricardo; LEITE, Bruno Moreira da Costa. 2008.

^[12] Irecon Itália. 2008.

O governo do Reino Unido aprovou um plano preliminar para construir mais de mil turbinas eólicas na costa da Inglaterra, na mais ambiciosa tentativa já feita para extrair energia do vento. Espera-se que esse projeto, no valor de US\$ 12,4 bilhões, seja capaz de gerar energia para quatro milhões de residências em todo o território britânico

De acordo com o ministério britânico de Energia e Mudança Climática, o objetivo para 2009 é aumentar em um terço a produção de energia a partir de parques eólicos. A iniciativa é parte dos esforços do Reino Unido para alcançar metas de energias renováveis estipuladas.

O Reino Unido tem buscado uma maior integração entre as nações europeias para alcançar níveis maiores de satisfação eólica e diminuir a dependência energética de fontes nocivas e altamente prejudiciais ao meio ambiente^[13].

Outro caso de energia eólica que se pode citar é o de Portugal, que desde o século XII que faz uso da energia eólica através da utilização de moinhos de vento, para muitos fins, como a moagem de cereais e o bombeamento de água para a irrigação dos campos e para abastecimento das populações e serração de madeiras.

Portugal usufruiu dessa fonte de energia, mas de forma isolada e independente, sendo visto alguns moinhos em lugares afastados e remotos^[14].

Só na década de 1980 que foram iniciados os primeiros estudos e projetos para a utilização desta forma de energia como fonte de eletricidade, através de medições do potencial eólico e instalação de aerogeradores experimentais em várias serras portuguesas. A implantação com fins comerciais de parques eólicos iniciou-se em meados de 1996.

Portugal tem em construção alguns parques eólicos e tem desenvolvido inúmeros projetos de pesquisa sobre a captação eólica, o que impulsionará fortemente sua capacidade instalada

^[13] Instituto Akatu. 2008.

^[14] Naturlink. Pelo Consumo Consciente. 2008.

O último país europeu que será citado nesta monografia será a França, que enfrenta muitos empecilhos internos, fruto de uma falta de visão moderna e a continuidade de um programa energético atrasado.

A França possuía uma capacidade instalada de 1567 MW no final de 2006 em operação e tem em construção outros 135 MW já em fase de desenvolvimento.

Depois de uma significativa falta de energia durante a década de 1980, a França reinaugurou um pequeno projeto de implantar a utilização de energia eólica durante o começo dos anos 1990, a fim de equilibrar seus recursos energéticos. A mudança chegou a tempo, justamente quando a França enfrentava a constante pressão da Comunidade Européia para abrir o seu mercado de eletricidade para competição. O programa desenvolvido pela França estava concentrado no uso de pequenas turbinas geradas a diesel que se localizavam no além mar da costa francesa, em áreas remotas.

A França, que durante anos ignorou a energia eólica, anunciou em dezembro de 2000 que desenvolveria 5 mil MW, pois via que uma saída barata e muito rentável a prazos curtos era o investimento em energia eólica, um investimento com retorno garantido e satisfatório.

A França tem atualmente investido mais em projetos de energia atômica e destinando menores volumes de recurso à energia eólica, o que pode implicar um entrave ao desenvolvimento eólico francês^[15].

3.2 EXPERIÊNCIA ASIÁTICA

Serão abordados agora dois casos asiáticos de captação eólica. O primeiro caso é o da Índia, onde o projeto de desenvolvimento de energia eólica só teve início na década de 1980, mas só teve um impulso maior na década de 1990, mesmo que de uma forma incomum, através de um empresário, Tulsi Tanti, que procurava uma forma de baratear o custo de

^[15] FERREIRA, Ricardo; LEITE, Bruno Moreira da Costa. 2008.

utilização energética em sua fábrica apostando em energia eólica que foi o impulso primordial de todo o desenvolvimento eólico indiano. Tornando o país o quarto maior mercado de energia eólica do mundo, com uma capacidade instalada de 6.270 MW em 2006 e uma previsão de 10.500 MW instalados já em 2012.

O caso indiano teve um início incomum, mas a dimensão alcançada por esse início reflete nos resultados alcançados e dão um impulso muito significativo para a matriz energética.

Segundo fontes do governo indiano, o potencial de produção de energia eólica da Índia é estimado entre 65.000 MW e 100.000 MW ao ano, estimativa muito promissora, pois essa fonte de energia é responsável por apenas 6% da produção energética do país, mas a Índia apresenta perspectivas concretas de se tornar uma grande potência eólica em poucos anos ^[16].

Outro país que tem investido em energia eólica é a China, tanto que no fim do ano de 2006 possuía 2.405 MW de capacidade eólica instalada em seu território. A capacidade eólica global atualmente é superior a 80.000 MW e a China estima expandir sua capacidade eólica para 100.000 MW em 2020, um acréscimo ambicioso e difícil de mensurar a níveis atuais, sendo superior a capacidade instalada no mundo hoje.

A China espera possuir 15% de sua geração de eletricidade vindo de fontes renováveis em 2020. A maior parte dessa estimativa espera-se vir das energias hidráulicas e eólicas.

A China é o mercado de maior crescimento no setor de energia eólica, com incremento médio anual de 56% nos últimos sete anos, baseado em políticas preferenciais de seu setor energético, o que dá mostras que poderá se tornar a maior potência global eólica, de acordo com estimativas de seu governo ^[17].

^[16] Eletrosul. 2008.

^[17] Mongabay.com. 2008.

3.3 EXPERIÊNCIA AMERICANA

Vamos abordar agora a experiência eólica no continente americano, mas será citado apenas o caso dos Estados Unidos e em um capítulo próprio o do Brasil.

A energia eólica é também muito difundida nos Estados Unidos ^[18]. Eles têm grandes projetos a respeito dessa fonte de energia e tem investido muitos recursos nesse setor, um exemplo é o de Dakota do Norte, que sozinha, possui a capacidade de produzir 36 % de energia eólica do país.

A energia eólica originalmente estava restrita à Califórnia, porém ao longo dos últimos três anos, fazendas eólicas implantadas em Minnesota, Iowa, Texas, Colorado, Wyoming, Oregon e Pensilvânia totalizaram a capacidade norte-americana em 11.603 MW de capacidade instalada ao fim de 2006. Os 1.500MW a serem adicionados nos próximos anos estarão localizados em vários estados do país. Uma fazenda eólica de 300 megawatts, em construção na divisa dos estados de Oregon e Washington, será a maior do mundo, superando uma de 210 MW em funcionamento também nos Estados Unidos e que é hoje a maior do mundo.

Atualmente a energia eólica é responsável por apenas 1% de toda energia produzida no país. O Departamento de Energia espera um aumento de 600% na utilização de energia eólica nos próximos 25 anos. Espera-se que o vento possa ser responsável por 10% de toda energia norte-americana, o mesmo que a parcela produzida pela energia hidrelétrica.

No próximo capítulo será visto a captação de energia eólica no Brasil, com destaque para alguns projetos de sucesso como o parque de Osório no Estado do Rio Grande do Sul.

^[18] FERREIRA, Ricardo; LEITE, Bruno Moreira da Costa. 2008.

4 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Neste capítulo será abordado o caso brasileiro de produção e exploração de energia eólica e sua real importância para o desenvolvimento social, econômico e ambiental brasileiro. Mas serão citadas também outras fontes de energia que contribuem para o desenvolvimento do país.

4.1 FONTES ENERGÉTICAS DO BRASIL

No Brasil, 41% da matriz energética é renovável, enquanto a média mundial é de 14% e nos países desenvolvidos, de apenas 6%, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) edição 2007 ^[19], o que evidencia uma grande vantagem natural brasileira.

As principais fontes de energia usadas no Brasil atualmente são: petróleo, água, carvão mineral, lenha e carvão vegetal, álcool, xisto e a energia nuclear. A energia eólica ainda dá pequenos passos no Brasil, comparada a outros lugares do mundo, com uma participação irrisória na matriz energética nacional.

PETRÓLEO - A fonte de energia mais importante para o Brasil é o petróleo, que existe em quantidade insuficiente no país para consumo imediato – apesar de algumas descobertas recentes dessa riqueza mineral. Mais de 40% do total do petróleo que consumimos é importado. Esse combustível fóssil é responsável por aproximadamente 35% do consumo nacional de energia. A produção nacional de petróleo se concentra primordialmente nos estados do Rio de Janeiro, Bahia, Rio Grande do Norte e Sergipe. O gás natural, que normalmente surge associado ao petróleo em certos terrenos sedimentares é todo ele produzido internamente, o que diminui uma dependência externa dessa fonte energética, preservando assim nossos potenciais internos de energia.

^[19] Balanço Energético Nacional. 2008.

HIDRELÉTRICAS - A energia captada das águas que representa 32,5 % do consumo energético do país, ainda é muito subaproveitada, com apenas 35% do potencial hidroelétrico sendo aproveitado satisfatoriamente para a obtenção de energia elétrica. Restando 65% do potencial hidráulico dos rios brasileiros a serem aproveitados satisfatoriamente como fontes de energia.

Mas no tocante à produção de eletricidade, a fonte hidráulica está à frente das demais, pois, cerca de 93% da energia elétrica do país provém de usinas hidroelétricas e apenas 7% é fornecido por usinas termelétricas.

De toda energia gerada no mundo, cerca de 15% é de energia captada em hidrelétricas, e apenas no Brasil, essa quantidade, é de 90%, o que evidencia essa grande importância a nível nacional.

A energia das hidrelétricas tem algumas vantagens comparativas com as demais, porque é uma fonte limpa, não causa grandes impactos ambientais globais, é renovável e é muito barata comparada com as outras fontes. Também existem algumas desvantagens como a ocorrência de inundação de áreas habitadas que podem causar grandes deslocamentos de populações e destruição da flora e fauna locais.

CARVÃO - O carvão também é outra importante fonte de energia utilizada no Brasil. As maiores reservas nacionais de carvão mineral encontram-se no sul do país, em formações sedimentares e vão do estado do Rio Grande do Sul ao estado do Paraná. As jazidas de melhor qualidade encontram-se no estado de Santa Catarina, de onde se extrai a maior parte de carvão utilizado no país.

ÁLCOOL - O álcool tem grande destaque como fonte de energia desenvolvida e utilizada no Brasil. Sua produção tem sido muito apoiada pelo governo, um exemplo que podemos citar é o Programa Nacional do Alcool – Proálcool – foi criado em 1975 como uma tentativa

nacional de desenvolver outras fontes alternativas de energia que substituíssem pelo menos em parte, a grande dependência pelo petróleo.

Apesar de o Proálcool ter sido um dos elementos – juntamente com os sucessivos aumentos do preço do petróleo – que contribuiu para a desaceleração das importações de petróleo, ele apresenta uma série de aspectos negativos e em parte prejudiciais, um exemplo que podemos citar é a expansão do cultivo da cana-de-açúcar nos últimos anos, ocupando terras que produziam gêneros alimentícios e contribuiu para a elevação de preços dos gêneros agrícolas básicos, o que tornou essa aposta penosa para outros setores econômicos do país.

O desenvolvimento de energia nuclear foi uma outra aposta adotada pelo governo brasileiro para expandir a energia usada no país. No final da década de 1960, o governo brasileiro começou a definir o Programa Nuclear Brasileiro. Como forma de se obter outra fonte de energia aproveitável. Mas a realidade desse tipo de energia é muito custosa para os cofres públicos.

ENERGIA NUCLEAR - No Brasil, a energia nuclear também apresenta uma pequena porcentagem de utilização e consumo de apenas 2,6%. Devemos ressaltar ainda, que os custos de construção e operação das usinas nucleares são bastante altos, sendo cerca de 3 vezes mais caros do que os de uma usina hidrelétrica equivalente. Além disso, os riscos que a energia nuclear envolve são potencialmente altos.

Como a energia atômica não emite gases ela é considerada uma energia limpa, mas tem um lado ruim, gera lixo atômico, ou resíduos radioativos que são muito perigosos aos seres humanos. Por isso, quando se produz a energia nuclear, é preciso um desenvolvimento muito seguro, que se isole o material radioativo durante um bom tempo a fim de que se evitem graves acidentes de proporções incalculáveis.

LENHA - A lenha sempre desempenhou um papel importante para a industrialização brasileira, tendo sido fonte básica para um grande número de indústrias, principalmente

durante nosso processo de industrialização. Mas sua importância foi decaindo com o tempo e com o aperfeiçoamento de outras tecnologias. Seu uso implica um desmatamento muito grande, e o reflorestamento da área desmatada torna a exploração dessa fonte inviável economicamente.

ENERGIA SOLAR - A energia solar é uma fonte de energia que mostra um futuro promissor no país, porém a tecnologia para uso dessa fonte encontra-se ainda em estágio incipiente. Seu uso mais comum, no Brasil, é para aquecimento de água em residências e hotéis. Entretanto, a tecnologia existente, ainda rudimentar, aproveita pouco da enorme quantidade de energia proveniente dos raios solares.

A energia solar é uma energia abundante, porém, é muito difícil de usá-la diretamente. Como à noite e em dias chuvosos não tem incidência do sol, a desvantagem da energia solar, é que nesses casos ela não pode ser aproveitada em quantidade suficiente.

No Brasil, o setor que mais gasta energia é o industrial, com mais de 40% do total, seguido do setor de transportes com mais de 20%, depois aparecem, o setor residencial, o setor comercial e o setor público, respectivamente, como grandes consumidores energéticos.

Lembrando-se de que se faz necessária uma maior integração com outras fontes de energia disponíveis, para nos livrar de uma futura e possível escassez energética. Essa integração de energias qualificaria a nossa matriz energética a ponto de promover ganhos significativos e imprimir um maior dinamismo.

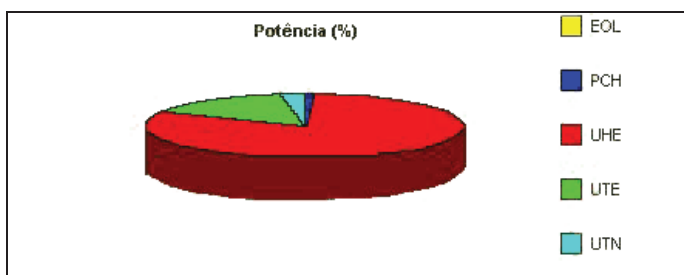
O Brasil possui 1.429 usinas no total, usinas classificadas em pequenas centrais hidrelétricas (PCH), usina solar fotovoltaica (SOL), usina hidrelétrica de energia (UHE), usina termelétrica de energia (UTE), usina termonuclear (UTN) e usina eólicoelétrica (EOL), onde 1.076 estão em operação, 110 usinas em construção e 243 com a construção prevista^[20].

^[20] Ambiente Brasil. 2008.

QUADROS DEMONSTRATIVOS DAS USINAS ENERGÉTICAS BRASILEIRAS

QUADRO1

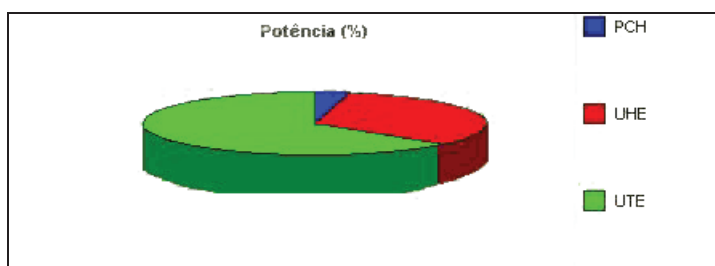
Usinas em Operação			
Tipo	Quantidade	Potência (kW)	%
EOL	7	21.200	0,03
PCH	314	864.151	1,14
UHE	135	62.069.692	81,52
UTE	618	11.174.321	14,68
UTN	2	2.007.000	2,64
TOTAL	1.076	76.136.364	100



Fonte: ANEEL. 2003.

QUADRO2

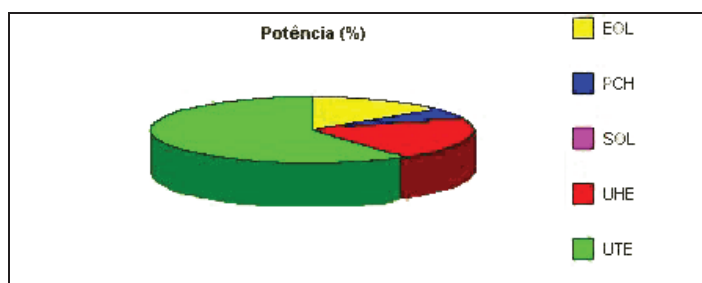
Usinas em Construção			
Tipo	Quantidade	Potência (kW)	%
PCH	39	463.643	3,54
UHE	19	4.402.100	33,56
UTE	52	8.249.837	62,90
TOTAL	110	13.115.580	100



Fonte: ANEEL. 2003.

QUADRO3

Usinas Outorgadas (1998/2001) (Usinas que não iniciaram construção)			
Tipo	Quantidade	Potência (kW)	%
EOL	47	3.757.000	13,98
PCH	84	1.088.161	4,05
SOL	1	20	0
UHE	29	6.114.300	22,75
UTE	82	15.920.825	59,23
TOTAL	243	26.880.306	100



Fonte: ANEEL. 2003.

Legenda	
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
SOL	Usina Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UTE	Usina Termelétrica de Energia
UTN	Usina Termonuclear
EOL	Usina Eolielétrica de Energia

Fonte: ANEEL. 2003.

4.2 EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

Será abordada agora a experiência brasileira de energia eólica, será citado o início, os casos de sucesso, projetos em andamento e suas perspectivas de crescimento.

A energia eólica como vimos acima, não aparece entre as principais fontes de energia do Brasil, representando menos de 1 % da oferta de energia elétrica oriunda da energia eólica, mas sua importância vem aumentando ano a ano. Vejamos o porquê de toda essa importância.

Durante a crise do petróleo na década de 1970, alguns países europeus, os norte-americanos e de igual forma até o Brasil, se interessaram pela energia originada dos ventos como forma de diminuição da dependência do carvão e do petróleo. O uso da energia eólica voltou a ser bastante cogitada, pois os avanços da aerodinâmica e o surgimento da eletrônica permitiram o aparecimento de aerogeradores muito eficientes e com o custo por KW equiparável ao das hidrelétricas, com isto, desde a década de 1980 tem sido cada vez mais comum à instalação de pequenos parques eólicos em muitos países do mundo.

O setor de energia eólica está em franca expansão mundial e dá ainda pequenos passos no Brasil. Embora ainda haja divergências entre especialistas e instituições na estimativa do potencial eólico brasileiro, vários estudos indicam valores extremamente consideráveis. Até poucos anos, as estimativas eram da ordem de 20.000 MW. Hoje a maioria dos estudos indica valores maiores que 143.000 MW ^[21] de potencial eólico. Essas divergências decorrem principalmente da falta de informações (dados de superfície) e das diferentes metodologias empregadas.

De qualquer forma, os diversos levantamentos e estudos realizados e em andamento (locais, regionais e nacionais) têm dado suporte e motivado a exploração comercial da energia eólica no país. Os primeiros estudos foram feitos na região Nordeste, contando com o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério de Ciência e Tecnologia.

No Brasil a capacidade instalada ainda é muito pequena se comparada aos países líderes em geração eólica. No entanto, políticas de incentivo estão começando a produzir os primeiros resultados e espera-se um crescimento de exploração desse recurso nos próximos anos. Para dar suporte a esse crescimento, torna-se necessária a formação de recursos humanos e o desenvolvimento de pesquisas científicas de âmbito nacional com o intuito de produzir e disponibilizar recursos eólicos no território brasileiro.

^[21] Power. Petróleo, Eletricidade e Energias Renováveis. 2009.

No âmbito nacional, o Estado do Ceará destaca-se por ter sido um dos primeiros locais a realizar um programa de levantamento do potencial eólico, que já é utilizado por cerca de 160 mil pessoas atualmente em diversos projetos. Vários outros estados brasileiros seguiram os passos do Ceará, iniciando programas similares de levantamento de dados sobre captação dos ventos, caso do Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, litoral do Rio de Janeiro e de Pernambuco e na ilha de Marajó. A capacidade instalada no Brasil no fim de 2006 era de 237 MW, com turbinas eólicas de médio e grande porte conectadas à rede elétrica.

Outro importante resultado de trabalho desenvolvido por pesquisadores brasileiro foi o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Que se tornou possível pelo desenvolvimento de um abrangente sistema de software de modelamento dos ventos de superfícies chamado Mesomap. Este sistema simula a dinâmica atmosférica dos regimes de vento e variáveis meteorológicas correlatas, a partir de amostragens representativas de dados validados de pressão atmosférica. O sistema inclui condicionantes geográficas como relevo, rugosidade induzida por classes de vegetação e uso do solo, interações térmicas entre a superfície terrestre e a atmosfera, incluindo os efeitos do vapor d'água. O resultado dessas simulações é apresentado em mapas temáticos por código e cores, representando os regimes de vento e fluxo de potência eólica. Espera-se que este Atlas facilite a expansão do uso da energia eólica no Brasil.

Apesar de vários trabalhos e pesquisas científicas realizadas nas décadas de 1970 e 1980 a geração de energia a partir de turbinas eólicas no Brasil teve início apenas em julho de 1992, com a instalação do primeiro aerogerador de grande porte, tratando-se de uma turbina de 75 KW na ilha de Fernando de Noronha, através de iniciativa pioneira do Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE), na época conhecido como Grupo de Energia Eólica da Universidade Federal de Pernambuco. Sendo essa mesma turbina integrada ao sistema de fornecimento de energia, formando um sistema híbrido com o gerador diesel já existente na ilha, promovendo

uma economia de aproximadamente 10% no consumo de diesel, além da redução da emissão de poluentes ^[22].

O Brasil tem uma grande vantagem competitiva no setor, por ter grande parte da população concentrada na faixa litorânea, onde nossos ventos, em média, têm velocidades altas e, em geral, são estáveis e bem comportados e nosso maior potencial está nos litorais do Sul e do Nordeste, exatamente nas extremidades do Sistema Interligado Nacional de Energia.

Quase todo o território nacional possui boas condições de vento para instalação de aerogeradores. A energia eólica brasileira teve um grande impulso com o programa do Governo Federal, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que possibilitará a instalação de novas usinas em diversas localidades brasileiras, principalmente no litoral nordestino e no litoral sul do país, que são as áreas mais bem servidas de ventos do país e que segundo especialistas uma das melhores do mundo.

O Brasil tem avançado muito na questão eólica, prova disto foi à instalação em janeiro de 1999 do primeiro parque eólico da Região Sul, em Palmas no Paraná, dando início a uma fase de inaugurações de parques eólicos no país. Desde 2000 foram instalados os parques de Mucuripe em Fortaleza (CE), o da Prainha (CE), o parque de Osório (RS) e o parque do Rio do Fogo (RN), dentre outros, como podemos ver na Figura 4 e existem inúmeros projetos em desenvolvimento pelo Brasil, como um parque em Cabo Frio no Estado do Rio de Janeiro (RJ), que está em fase de estudos e se prevê uma capacidade instalada de 140 MW ^[23].

Atualmente os maiores parques eólicos instalados são os de Osório no estado do Rio Grande do Sul (RS) com 150 MW, Taíba com 5 MW e Prainha com 10 MW, ambos no estado do Ceará (CE), o parque de Rio do Fogo, no estado do Rio Grande do Norte (RN) com

^[22] Centro Brasileiro de Energia Eólica. 2008.

^[23] Power. Petróleo, Eletricidade e Energias Renováveis. 2009.

49,3 MW, o de Palmas com 2,5 MW no estado do Paraná (PR) e no estado de Minas Gerais (MG) destaca-se o parque eólico de Gouveia com um importante incremento de 1 MW.

FIGURA 4

MAPA DE TURBINAS E CENTRAIS EÓLICAS PELO BRASIL



Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica. 2003.

O Brasil é o país da América Latina e Caribe com maior capacidade de produção de energia eólica. O que evidencia a real importância dessa energia para compor nossa matriz energética e nos fazer cada vez mais independentes e capazes de interagir com outras realidades comerciais, industriais e ambientais. Alcançando assim um equilíbrio competitivo nacional frente a outros países mais avançados tecnologicamente e menos dependentes de poucos recursos energéticos.

O país tem apostado nessa forma alternativa de energia, pois diversas iniciativas estão sendo tomadas em inúmeras universidades e centros de pesquisa para o setor, um exemplo é o Centro de Excelência em Energia Eólica, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC – RS), outro exemplo é o Centro Nacional de Energia Eólica, na Universidade

Federal de Pernambuco (UFPE) e também existe um departamento de pesquisas na Universidade de São Paulo (USP) e outras iniciativas e projetos sendo desenvolvidos em diversas partes do país.

A Universidade de São Paulo, por exemplo, está desenvolvendo um projeto de energia eólica offshore de capacidade de 10 mil MW no mar do Ceará, tendo este projeto um porte equivalente ao tamanho de Itaipu, onde se pretende instalar aerogeradores de 5 MW, com uma tecnologia altamente inovadora para níveis brasileiros, alcançando de vez nosso tão desejado desenvolvimento eólico.

No Brasil, a participação da energia eólica na geração de energia elétrica ainda é pequena. Em setembro de 2007 havia apenas 7 centrais eólicas em operação no país, perfazendo uma capacidade instalada que agregava ainda pouco valor à matriz energética nacional.

O principal obstáculo é o desenvolvimento tecnológico visando à competitividade, com redução de custos e implantação da fabricação dos equipamentos no Brasil. A tecnologia de inovação é o principal vetor para o desenvolvimento do setor eólico.

4.3 ALGUNS PROJETOS BRASILEIROS

Ao longo dos últimos 15 anos, alguns projetos pioneiros foram realizados pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica, através de convênios com instituições governamentais e privadas, para alcançar índices maiores de satisfação no tocante ao desenvolvimento de nossa energia eólica. Os projetos e convênios mais representativos são apresentados abaixo^[24].

* Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Projeto para promoção de energia eólica no setor rural do Brasil, elaboração de banco de dados, fornecimento de assistência a propriedades rurais no Brasil, análise técnica e econômica de casos típicos.

^[24] Centro Brasileiro de Energia Eólica. 2008.

* Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). Projeto de desenvolvimento da primeira turbina eólica de grande porte do Brasil, conectada à rede elétrica na Ilha de Fernando de Noronha, este é um projeto de grande porte que dará um maior impulso ao sistema híbrido que já se encontra em funcionamento na ilha.

* Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Projeto de locação e ajuste de medidas da primeira central eólica do Brasil, um projeto distante do litoral brasileiro, mas que comprova a força dos ventos em inúmeros locais do país, não apenas em áreas próximas ao litoral.

* Companhia Energética de Alagoas (CEAL). Análise do potencial eólico e procedimento a estudos de viabilidade econômica para diversos grupos do setor privado.

* Companhia Energética do Estado da Bahia (COELBA). Este projeto tem o intuito de analisar o potencial eólico e efetuar estudos de viabilidade econômica para diversos grupos do setor privado, com a finalidade de conceder linhas de financiamento para pequenos projetos e produtores independentes.

* Companhia Energética do Ceará (COELCE). Análise do potencial eólico e estudos de viabilidade econômica para diversos grupos do setor privado, também com a possibilidade de linhas de financiamento.

* Programa do Trópico Úmido (PTU). Projeto, instalação e instrumentação de sistema híbrido para eletrificação da Ilha de Tamaruteua, localizada no município de Marapanim, no estado do Pará em cooperação com a Universidade Federal do Pará (UFPA).

* Ministério de Meio Ambiente e Amazônia Legal (MMA). Projeto de instalação da turbina OWW-225 (225 KW) no Centro Brasileiro de Energia Eólica, com a finalidade de promover o desenvolvimento da energia eólica em áreas da Amazônia, projeto pioneiro na região Norte do país.

* Banco do Nordeste do Brasil (BNB). Projeto de sistemas híbridos de pequeno porte para eletrificação rural na região Nordeste com estudo da viabilidade de linhas de financiamento para pequenos produtores independentes e busca de eletrificação para comunidades mais afastadas dos centros urbanos.

Outras iniciativas também estão sendo desenvolvidas para dar um suporte maior ao setor eólico no Brasil, estudos, pesquisas e convênios assinados visam um maior crescimento desse setor, obtendo dados que permitam a criação de normas técnicas e a padronização dos componentes das turbinas eólicas para a utilização no Brasil.

Esses projetos e iniciativas têm buscado criar uma base mais sólida e incipiente de desenvolvimento e crescimento para a matriz energética brasileira, com a colaboração da energia eólica em níveis maiores e satisfatórios, visando à busca de um desenvolvimento futuro competitivo a níveis industriais e comerciais.

Logo na página seguinte analisaremos a Tabela 2, que nos mostra alguns dos principais projetos de captação de energia eólica em desenvolvimento por alguns estados do Brasil, além de outros projetos em fase de estudo técnicos e implantação, que aguardam a liberação dos projetos para iniciarem as obras. Todos esses projetos vêm com as suas devidas capacidades instaladas.

TABELA 2

TABELA DE PROJETOS EÓLICOS EM DESENVOLVIMENTO PELO BRASIL

Estado	Local	Capacidade Instalada	Estado Atual
Ceará	Taíba	5 MW	Operação
	Prainha	10 MW	Operação
	Mucuripe	1,2 MW	Operação
	Paracurú	30 MW	Estudo
	Camocim	30 MW	Estudo
	Beberibe	2,5 MW	Operação
Minas Gerais	Morro do Camelinho	1,0 MW	Operação
Pará	Vila Joanes	40 kW	Operação
	Costa NE	100 MW	Estudo
Paraná	Palmas I	2,5 MW	Operação
	Palmas II	9,5 MW	Estudo
	Palmas III	75 MW	Estudo
Pernambuco	F. Noronha	300 kW	Operação
	Olinda	225 kW	Operação
Rio de Janeiro	Cabo Frio	140 MW	Estudo
Rio Grande do Norte	Rio do Fogo	49,3 MW	Operação
	Macau	1,8 MW	Operação
Rio Grande do Sul	Osório	150 MW	Operação
Santa Catarina	Horizonte	4,8 MW	Operação
	Água Doce	9 MW	Operação
	Bom Jardim	600 kW	Operação
Paraíba	Mataraca	1,2 MW	Operação

Fonte: Tabela realizada a partir de dados organizados pelo próprio aluno

No Brasil, existem alguns sistemas híbridos em funcionamento, são mais de 400 sistemas isolados de grande porte e inúmeros sistemas pequenos que utilizam óleo diesel como fonte geradora de energia. Já foi demonstrado que sistemas híbridos de energia podem representar uma solução mais econômica para muitas aplicações e também proporcionar uma fonte mais

segura de eletricidade devido à combinação de diversas fontes de energia. Além do mais, o uso de energia renovável reduz a poluição ambiental causada pela queima de óleo diesel, transporte e armazenamento, facilitando a escolha por esse tipo de energia.

O maior sistema híbrido eólico/diesel de grande porte instalado no Brasil é o sistema da Ilha de Fernando de Noronha. A geração diesel da Ilha tem uma capacidade instalada de aproximadamente 2 MW com 2 grupos geradores de 350 kVA e 3 de 450 kVA. Existem ainda vários grupos geradores de pequeno porte. Duas turbinas eólicas, 75 KW e 225 KW de potência nominal, estão conectadas diretamente à rede elétrica formando um sistema integrado. Um sistema de supervisão central deverá ser instalado em breve para garantir o perfeito funcionamento do sistema de forma automatizada. A energia gerada pelas turbinas eólicas atualmente contribui com cerca de 25% da demanda da Ilha.

Vários projetos de sistemas híbridos eólico/solar/diesel de pequeno porte estão em desenvolvimento e outros já concluídos destinados para comunidades isoladas e outras aplicações. Como os citados a baixo ^[25].

* Em Recife, no Estado de Pernambuco, existe um sistema híbrido de testes do Centro Brasileiro de Energia Eólica, projeto este iniciado em agosto de 1995, com intuito de se desenvolver pesquisas e algumas demonstrações da energia eólica. Foi ali instalada uma turbina eólica de 1,5 KW de potência nominal e uma torre de 18m de altura, com um controlador central sendo o responsável pelo funcionamento automático do sistema;

* Em Marapanin, no Estado do Pará, está sendo implantado desde julho de 1999 um sistema híbrido, este batizado de Tamaruteua. E desenvolvido pelo Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) e Centro Brasileiro de Energia Eólica, com o apoio do Ministério de Ciências e Tecnologia – MCT / CNPq / PTU e em

^[25] Centro Brasileiro de Energia Eólica. 2008.

parcerias com a Companhia Energéticas do Pará (CELPA) e a Prefeitura de Marapanim. Também com o intuito de promover uma eletrificação rural para uma vila composta de 40 famílias. Esse sistema se compõe de um grupo gerador diesel, duas turbinas eólicas de 10KW e um sistema fotovoltaico;

* Outro projeto está sendo desenvolvido na Ilha de Marajó, também no Estado do Pará, é o sistema híbrido para a Praia Grande. E está sendo desenvolvido desde julho de 1999 pelo Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas com o apoio do Ministério de Ciências e Tecnologia - MCT/CNPq/PTU e em parcerias com a Companhia Energéticas do Pará e a Prefeitura de Ponta de Pedras também no Estado do Pará. Esse sistema visa à geração de energia para a estação terrena da Embratel na Ilha de Fernando de Noronha. O projeto é composto por dois geradores diesel de 7,5 KW cada e duas turbinas eólicas de 10 KW e outra de 15 KW;

* Outro projeto de sistema híbrido batizado de Joanes, também está sendo desenvolvido na Ilha de Marajó. Este projeto foi desenvolvido pelo Centro de Estudos e Pesquisas da Eletrobrás (CEPEL) com o apoio da Companhia Energética do Pará. Teve seu início em julho de 1997. O intuito desse projeto é fornecer uma eletrificação rural para uma área abrangida por 150 consumidores. O suporte técnico desse sistema é composto por 4 turbinas eólicas de 6KW e um composto fotovoltaico de 10,2 KW. Este sistema foi conectado à rede elétrica do sistema diesel de Salvaterra.

4.4 CASO ESPECÍFICO DO PARQUE DE OSÓRIO

O parque eólico de Osório é um projeto de produção de energia eólica, é composto por três complexos de parques, o de Osório, o de Sangradouro e o de Índio e está localizado na cidade de Osório, estado do Rio Grande do Sul. É composto por 75 torres de aerogeradores de 98 metros de altura e 810 toneladas de peso cada uma.

As 75 torres que compõe esse grandioso empreendimento figuram entre as de maior avanço tecnológico encontradas no mercado de aerogeradores. Todas são do modelo E-70, o mais eficiente na captação dos ventos em uso atualmente.

O parque tem uma capacidade instalada de 150 MW ou 425 milhões de KW/hora por ano (suficiente para atender a demanda energética de uma cidade de 700 mil habitantes), o parque está dividido em três complexos de 50 MW cada. É responsável pela produção de mais de 50% da capacidade eólica total instalada no Brasil e responsável por 0,2% da energia elétrica gerada no país ^[26].

È o maior parque eólico do Brasil e da América Latina. Está entre os cinco maiores do mundo, não ficando distante do maior do mundo em captação eólica, o parque eólico Meridian Way, localizado no estado do Kansas, nos Estados Unidos e que tem uma capacidade instalada de 210 MW.

O fator de capacidade média (que é a proporção entre a produção efetiva em um período de tempo e a capacidade total máxima que se pode produzir neste mesmo período de tempo) dos parques eólicos de Osório é de 34%, ou seja, ele produz, em média, 34% da capacidade total instalada. A média mundial deste fator é de 30%.

O Parque de Osório é um empreendimento da “Ventos do Sul Energia”, é uma composição comercial pertencente à espanhola “Enerfin/Enervento” com 90% de participação, à alemã “Wobben” com 9% e à brasileira “CIP Brasil”, com 1%. O empreendimento envolveu um grandioso aporte financeiro de R\$ 670 milhões, dos quais 69% financiados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Todavia, resultou em um retorno positivo direto, com a geração de 500 empregos diretos envolvidos no funcionamento do projeto e incontáveis indiretos.

^[26] Wikipédia. A enciclopédia livre. 2008.

O empreendimento proporcionou sólidos benefícios sociais e econômicos para a região, a transferência de tecnologia de ponta, o aumento da capacidade de geração de energia do Rio Grande do Sul, diminuindo a dependência de importação de energia, e a diversificação da matriz energética brasileira além de trazer significativos benefícios ambientais para a região e para o mundo.

A instalação do parque fomentou também o crescimento turístico da região, incrementando a infra-estrutura e acessibilidade à área rural do município e houve um aumento significativo na arrecadação de impostos do município e do Estado.

Ao inserir a energia gerada em Osório no Sistema Interligado Nacional, evita-se que a energia tenha de ser gerada em outro ponto do país, como em termoelétricas a carvão ou as que se utilizam de óleo diesel. Com isso, por ano, nada menos que 148.325 toneladas de gás carbônico deixam de ser despejadas na atmosfera graças às operações eólicas no parque de Osório. Isso rendeu a este projeto a inserção no artigo 12 do Protocolo de Kyoto, conhecido como “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”, o que significa receber um alto reconhecimento do Comitê Executivo de Mudanças Climáticas da Organização das Nações Unidas (ONU).

FIGURA 5
PARQUE EÓLICO DE OSÓRIO



Fonte: Viaje aqui. 2008.

5 CONCLUSÃO

Como foi visto neste trabalho, a grande maioria dos países do mundo utiliza o modelo energético baseado no consumo de combustíveis fósseis, ou seja, petróleo, gás natural e carvão. O principal problema desse modelo, é que os recursos não são renováveis e ainda ocasionam muitos danos ao meio ambiente, um exemplo que pode ser citado é a poluição atmosférica, causadora do efeito estufa.

A dependência de consumo de combustíveis fósseis para a produção de energia em muito afeta a vida no planeta e compromete a qualidade ambiental. Sendo assim, é necessário que o trabalho científico e tecnológico do mundo atual seja dirigido para produzir outros tipos de energias, que sejam alternativas viáveis a essas fontes altamente prejudiciais à vida do nosso planeta.

Em cima dessa sonora necessidade, que a energia eólica mostra-se perfeitamente indicada para ocupar esse lugar de destaque como fonte de energia alternativa às nocivas fontes utilizadas pelo homem em grande escala, pois é altamente pura, limpa e inesgotável. E os impactos causados sobre o meio ambiente são os menores obtidos em comparação com outras fontes de energia.

A demanda por energia no mundo tem aumentado continuamente, não só pela crescente produção industrial, mas também pelo aumento do consumo doméstico, uma vez que as pessoas têm utilizado os mais variados tipos de aparelhos elétricos e eletrônicos, fazendo com que o consumo energético mundial alcance níveis altíssimos, níveis antes impensados.

Um exemplo a ser citado pode ser o dos computadores, um bem de consumo cada vez mais presente no cotidiano diário do mundo contemporâneo, fatores iguais a esse criam uma necessidade cada vez maior de se gerar mais energia, não esquecendo que os impactos causados devem ser minimizados. Dessa forma, a busca por matrizes que tenham um impacto

mínimo ao meio ambiente e que sejam economicamente viáveis, ganham cada vez mais importância no contexto atual.

Então se pode afirmar que a força dos ventos constitui-se na grande aposta energética do futuro, pois a partir da energia eólica é possível produzir grandes quantidades de energia elétrica e está longe de ser uma causadora de problemas ambientais.

O interesse pela energia eólica aumentou muito nos últimos anos, principalmente depois da crise dos preços de petróleo, um problema que vem se repetindo há muitos anos.

A maioria das formas de geração de eletricidade requer altíssimos investimentos de capital e baixo custo de manutenção, isto também é verdade para a energia eólica, onde os custos com a fabricação de modernos aerogeradores ainda encontram-se muito elevados, embora os custos com manutenção vêm apresentando declínios significativos e o custo com combustíveis é zero, podendo ainda estes custos serem menores de uma determinada localidade para outra. Os custos de operação eólica vêm apresentando significativas quedas ano a ano, o que vem expandindo seu crescimento mundialmente, uma vez que as plantas eólicas apresentam retornos financeiros a curto e médio prazo.

Na atual conjuntura energética vivenciada, as perspectivas de crescimento eólico são cada vez maiores no contexto energético global, pois apresentam custos menores frente às demais fontes de energia. Alguns estudos estimam que a energia eólica possa garantir 10% das necessidades mundiais de eletricidade até 2020, podendo ainda criar mais de 1,5 milhões de novos empregos e reduzir a emissão global de dióxido de carbono emitidos na atmosfera em mais de 10 bilhões de toneladas até o referido ano.

No cenário mundial a tecnologia eólica atingiu níveis de maturidade que a coloca como participante na matriz energética em vários países, devido ao desenvolvimento tecnológico.

O Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer tecnologicamente, mas pode-se aproveitar muito de seu enorme potencial eólico distribuído por quase todo o território nacional, com destaque para as regiões litorâneas do Nordeste e Sul do país. As perspectivas de crescimento podem ser alcançadas desde que superadas algumas barreiras, como ausência de políticas de incentivos ao desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos eólicos, o que diminuiria nossa frágil dependência de importação e estimularia nossas relações comerciais via exportação, melhores condições de financiamentos, revisão dos licenciamentos ambientais, maior conexão com a rede internacional, similarizando os custos e a estrutura física e desenvolvendo uma complementaridade energética decorrente da sazonalidade dos ventos e da hidraulicidade abundante do país.

É necessária a criação de uma base industrial sólida para sustentar o mercado, com uma cadeia produtiva nacional consolidada através de estudos e pesquisas tecno-científicas desenvolvidos aqui no Brasil, o que estimularia uma real expansão da energia eólica e atrairia os investimentos necessários, ingressando assim o país em um estágio de desenvolvimento e maturidade sustentados.

Somando-se a esses fatores, é necessária uma maior participação do Governo Federal como regulamentador, planejador e parceiro da energia eólica, o que daria o impulso final e ampliaria nossa matriz energética através da manutenção e criação de novas plantas eólicas. Os ventos estão fortes, é hora de domá-los a nosso favor.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br> > Arquivo consultado em 2008.

ALDABÓ, Ricardo. **Energia Eólica**. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em < http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/resumo_energetico_do_brasil.html > Arquivo consultado em 2008.

AONDE VAMOS. Disponível em < <http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto01.htm> > Arquivo consultado em 2008.

ARAÚJO, TS. **Fontes alternativas de energia para a agricultura**. (Curso de especialização por tutoria à distância). [S.I.], 1985.

ARTIGONAL. Diretório de Artigos Gratuitos. Disponível em < <http://www.artigonal.com/biologia-artigos/energia-eolica-uma-solucao-inteligente-797443.html> > Arquivo consultado em 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Disponível em < <http://www.abee.org.br/> > Arquivo consultado em 2008.

ASOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR. Disponível em < <http://www.aben.com.br/html/publicacoes/n27/05.htm> > Arquivo consultado em 2008.

BRASIL. Secretaria de Energia, Ministério de Minas e Energia Brasileira. **Balanco Energético Nacional 2000**. Ano Base 1999 – DNDE, Brasília: 2000.

BRASIL. Secretaria de Energia, Ministério de Minas e Energia Brasileira. **Balanco Energético Nacional 2007**. Ano Base 2006 – DNDE, Brasília: 2007. Disponível em < https://ben.epe.gov.br/downloads/BEN2007_Cap06.pdf > Arquivo consultado em 2008.

CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA. Disponível em < http://www.eolica.org.br/index_por.html > Arquivo consultado em 2008.

CHESF-BRASCEP. **Fontes Energéticas Brasileiras, Inventário/Tecnologia. Energia Eólica.** V.1. De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento, Rio de Janeiro, 2002.

CUSTÓDIO, RS. **Parâmetros de Projeto de Fazendas Eólicas e Aplicação Específica no Rio Grande do Sul.** Tese de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – (Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica). Rio Grande do Sul, 2002.

DUTRA, Ricardo Marque. **Propostas de Políticas Específicas para a Energia Eólica após a primeira fase do Proinfa.** Tese de Doutorado – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

DUTRA, Ricardo Marque. **Viabilidade Técnico-Econômica da Energia Eólica face ao Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro.** 330 f. Dissertação de Mestrado. (Programa de Planejamento Energético), COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

ESPAÇO ENERGIA. Disponível em < <http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/3/003-02.pdf> > Arquivo consultado em 2008.

ELETROSUL. Disponível em < http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/index.php?pg=cl_abre&cd=ghnabh08/Tgic > Arquivo consultado em 2008.

FERREIRA, Ricardo; LEITE, Bruno Moreira da Costa. **Aproveitamento de Energia Eólica.** Disponível em < <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/eolica/eolica.htm> > Arquivo consultado em 2008.

FUNDAÇÃO VERDE. Disponível em < <http://funverde.wordpress.com/2008/08/24/espanha-lidera-no-setor-de-energia-eolica/> > Arquivo consultado em 2008.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. Disponível em < <http://www.gwec.net/index.php?id=8> > Arquivo consultado em 2008.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIAS RENOVÁVEIS. Disponível em < <http://www.ider.org.br/> > Arquivo consultado em 2008.

INSTITUTO AKATU. Pelo Consumo Consciente. Disponível em < <http://www.akatu.org.br/central/noticias/2003/12/244/> > Arquivo consultado em 2008.

IRECON ITÁLIA. Disponível em < <http://www.irecon-italia.it/> > Arquivo consultado em 2008.

MONGABAY.COM. Disponível em < http://pt.mongabay.com/news/2008/0515-080429-china_wind.html > Arquivo consultado em 2008.

MONTENEGRO, A.A. **Fontes não convencionais de energia. As tecnologias solar, eólica e de biomassa**. 2. ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 1999

NASCIMENTO, JB. **Energia Eólica no Brasil e no mundo - uma visão geral**. Tese de doutorado em andamento. [S.I.], 1996.

NATURLINK. A Ligação a Natureza. Disponível em < <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=4148&iCanal=1&iSubCanal=3813&iLingua=1> > Arquivo consultado em 2008.

PAVINATTO, Eduardo Fiorini. **Ferramenta para auxílio à análise de viabilidade técnica da conexão de parques eólicos à rede elétrica**. Dissertação de Mestrado. (Programa de Engenharia Elétrica), COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PORTELLA, José Rafael. **Viabilidade da Captação da Energia Eólica nos Oceanos (Captação Offshore)**. 20 f. Dissertação (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2007.

POWER. Petróleo, Eletricidade e Energias Renováveis. Disponível em <
<http://www.power.inf.br/pt/?p=8389>> Arquivo consultado em 2009.

SILVA, César Júnior; SASSON, Sezar; BEDAQUE, Paulo Sérgio. **Entendendo a natureza. O mundo em que vivemos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 1992.

STONER, Carol Hupping. **A produção de sua própria energia I**. - Manual prático de energias renováveis. São Paulo: Edições Cetop, 1976.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

WIKIPÉDIA, A Enciclopédia Livre. Disponível em <
http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica> Arquivo consultado em 2008.