

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

A VIABILIDADE DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: 2003 – 2009

SÉRGIO LUIZ DA SILVA
matrícula nº: 104040972
selupe_sls@yahoo.com.br

ORIENTADOR: Prof. Nivalde J. de Castro
nivalde@yahoo.com

AGOSTO 2010

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor

Dedico este trabalho a minha mãe que sempre esteve verdadeiramente ao meu lado em todos os momentos difíceis em que passei no Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar. Depois agradeço a Fabiana Pereira, João Paulo Malerba, Magno Klein, Julianna Malerba, Rafael Rangel, amigos que me concederam estímulo emocional ao longo da minha vida acadêmica. Agradeço também a Guilherme Dantas pela ajuda e atenção dadas nos momentos finais de conclusão do trabalho e por fim, agradeço ao meu orientador e professor, Dr. Nivalde J. de Castro, que desde o começo da minha vida acadêmica acreditou na minha capacidade e no meu esforço.

RESUMO

Este trabalho analisa a energia eólica como uma fonte alternativa de geração de energia para o caso brasileiro. O aumento do consumo de energia no mundo, em decorrência do aumento populacional e desenvolvimento econômico, remete a uma importante preocupação em relação à oferta de energia disponível no planeta. O Brasil em especial apresenta uma característica favorável neste contexto devido a sua preponderância no uso das usinas hidrelétricas. O sistema elétrico brasileiro apresenta uma grande capacidade de geração de energia e mesmo com sua dependência hídrica, apresenta outra peculiaridade, a inserção de formas alternativas de geração de energia no sistema, como a energia eólica. O trabalho apresenta as vantagens e as dificuldades do setor demonstrando que é preciso mais investimentos para a implementação de novas tecnologias na área. Além disso, coloca a necessidade de medidas de governo que levem a diminuição do preço da energia eólica tornando-a viável, complementando assim, a matriz energética nacional.

Palavras-Chave: Matriz energética. Energia. Energia renovável. Energia eólica

ABSTRACT

This academic work analyzes wind power as an alternative source of electrical energy production to the Brazilian system. The increase on the world energy consumption due to the increase of population and economic development takes an important concern about the energy available. Brazil, specifically, presents a favorable feature in this issue due to the preponderance of hydroelectric plants on its energy supply. The Brazilian electric system has a great capacity of energy generation and beyond its hydroelectric dependency has other potential: the new use of alternative forms of energy generation, such as wind power. It will be presented pros and cons of the sector and the current need of more investments in order to implement new technologies. Moreover it will be considered the need of governmental acts that leads to the reduction of the wind power pricing, making it viable, and complementing the national electricity generation scope.

Keywords: Energy matrix; Energy; Renewable energy; Wind Power.

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS

Figura 1 – Potencial Eólico Brasileiro.....	33
Gráfico 1 – Consumo mundial de energia (milhões de tep): 1983 – 2008.....	14
Gráfico 2 – Consumo regional de energia, em %, no ano de 2008.....	15
Gráfico 3 – Demanda mundial de energia primária, por combustível.....	16
Gráfico 4 – Evolução mundial das emissões de CO ₂ : 1971-2007, em Mt de CO ₂	17
Gráfico 5 – Geração mundial de energia elétrica, por combustível.....	19
Gráfico 6 – PIB e PIB per capita. Taxa (%) de crescimento econômico: 2003 – 2009.....	20
Gráfico 7 – Capacidade instalada, em %, até 31/12/2010.....	23
Gráfico 8 – Evolução da capacidade instalada em MW entre os anos de 2001 e 2003.....	23
Gráfico 9 – Energia eólica – Capacidade mundial instalada, em MW: 2003 – 2009.....	28
Gráfico 10 – Proinfa – Incremento da capacidade instalada em MW: 2007 a 2009.....	36
Gráfico 11 – Evolução da produção de gás natural (bcm) 1971-2008.....	44
Gráfico 12 – Produção de gás natural, por região, em 2008 (%)......	44
Gráfico 13 – Variação, em %, da oferta de energia elétrica das principais fontes de geração do ano de 2008 em relação ao ano de 2007.....	45
Gráfico 14 – Evolução, em Mt, da produção do carvão mineral no mundo: 1971 – 2008.....	47
Gráfico 15 – Produção regional, em %, de carvão mineral no mundo em 2008.....	47
Gráfico 16 – Evolução da produção, em TWh, de energia nuclear no mundo: 1971 – 2007.....	49
Gráfico 17 – Produção regional, em %, de energia nuclear no mundo em 2007.....	49
Gráfico 18 – Comparação da ENA e Moagem de Cana no Sudeste em 2008.....	52
Tabela 1 – Capacidade instalada até 31/12/2010.....	21
Tabela 2 – Previsão para a capacidade instalada: 2010 a 2014.....	21
Tabela 3 – Empreendimentos em operação até o ano de 2010.....	22
Tabela 4 – Empreendimentos em construção até o ano de 2010.....	22
Tabela 5 – Empreendimentos outorgados entre 1998 e 2010.....	22

Tabela 6 – Energia eólica – Distribuição da capacidade acumulada e instalada no mundo em 2009.....	28
Tabela 7 – Capacidade instalada, em MW, de energia eólica no mundo.....	30
Tabela 8 – Projetos no Âmbito do Proinfa de 2006 a 2008.....	35
Tabela 9 – Custo médio por fonte e do programa em 2010 (R\$/MWh).....	37
Tabela 10 – Leilão de Energia de Reserva (Eólica) no ano de 2009.....	39
Tabela 11 – Participação das principais fontes na oferta de energia elétrica no Brasil.....	42

LISTA DE SIGLAS, SIMBOLOS e UNIDADES DE MEDIDA

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social e Econômico

BEN – Balanço Energético Nacional

bcm – Milhões de metros cúbicos

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CCVE – Contrato de Compra e Venda de Energia

CGH – Central Geradora Hidrelétrica

CGH – Central Geradora Hidrelétrica

CO₂ – Dióxido de Carbono

EOL – Central Geradora Eolielétrica

UE – União Européia

EUA – Estados Unidos da América

G – Giga (10⁹)

GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico

GWEC – Global Wind Energy Council

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – International Energy Agency

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

LEE – Leilão de Energia Existente

LEN – Leilão de Energia Nova

M – Mega (10⁶)

m – Metro

m² – Metro Quadrado

mbp – Milhões de Barris de Petróleo

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MME – Ministério das Minas e Energia

Mt – milhões de toneladas

MW – Megawatt

OCDE – Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento Econômico

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

ONU – Organização das Nações Unidas

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PAP – Plano Anual do PROINFA

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PPT – Programa Prioritário de Termelétricidade

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia

SI – Sistema Isolado

SIN – Sistema Interligado Nacional

SOL – Central Geradora Solar Fotovoltaica

tEP – Tonelada Equivalente de Petróleo

TWh – Terawatt Hora

UHE – Usina Hidrelétrica de Energia

UTE – Usina Termelétrica de Energia

UTE – Usinas Termelétricas

UTN – Usina Termonuclear

UTN – Usinas Termonucleares

W – watt

Wh – watt-hora

Wp – watt pico

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO I – MATRIZ DE ENERGIA.....	14
I.1. A MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL.....	14
I.2. A MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL.....	18
I.3. A MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA.....	20
CAPÍTULO II – A ENERGIA EÓLICA.....	25
II.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	25
II.2. ENERGIA EÓLICA NO MUNDO.....	27
II.3. ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	32
<i>II.3.1. Proinfa.....</i>	<i>34</i>
<i>II.3.2. Leilão de Energia Eólica de 2009.....</i>	<i>38</i>
CAPÍTULO III – A ENERGIA EÓLICA ENTRE AS ALTERNATIVAS NO CASO BRASILEIRO.....	41
III.1. A ELETRICIDADE A PARTIR DAS HÍDRELÉTRICAS E DE OUTRAS FONTES QUE COMPÕEM A MATRIZ.....	42
<i>III.1.1. Geração de energia com o gás natural.....</i>	<i>43</i>
<i>III.1.2. Geração de energia com o carvão mineral.....</i>	<i>46</i>
<i>III.1.3. Geração de energia nuclear.....</i>	<i>48</i>
<i>III.1.4. A bioeletricidade sucroenergética.....</i>	<i>50</i>
III.2. ENTRAVES AO USO DA ENERGIA EÓLICA.....	53
III.3. POSSIBILIDADES DO USO DA ENERGIA EÓLICA.....	54
CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

INTRODUÇÃO

O crescimento mundial da demanda de energia primária foi de 19,88 % no período que compreende 2007 – 2000 (IEA, 2009 e 2008). No período que compreende os anos de 2006 e 2000, o crescimento do consumo por energia elétrica mundial foi de 23,92% (IEA, 2008).

O consumo de energia elétrica no Brasil, em 2009, subiu cerca de 10,4% em relação ao ano anterior, foram 53.014 MW médios a mais de energia elétrica demandados. Essa variação positiva também é percebida nos anos anteriores.

Com a volta do crescimento da economia, o consumo de energia elétrica também voltou a aumentar. O grande desafio é, portanto, garantir a oferta necessária para suprir este crescimento.

Existe assim a necessidade da expansão anual da capacidade de produção energia no Sistema Interligado Nacional (SIN). Devido a sua grande capacidade de geração de energia elétrica, continentalidade e dependência da energia renovável hídrica, o sistema elétrico brasileiro é peculiar e apresenta um forte potencial de inserção de outras formas de energia renovável. A energia eólica, inserida na matriz elétrica brasileira apresenta vantagens de caráter ambientais e econômicas em longo prazo, que veremos ao longo deste trabalho e a principal delas é o preço. As fontes alternativas e renováveis de obtenção de energia é uma das maneiras de garantir o suprimento seguro, rápido e ambientalmente correto para o Brasil nos próximos anos.

Será apresentada no primeiro capítulo uma contextualização da matriz energética mundial e em seguida, um panorama da matriz energética brasileira. Em ambos os itens, o que se espera é mostrar como os principais recursos disponíveis de obtenção de energia, renováveis ou não, são utilizados e qual a preocupação que se têm com a preservação do planeta Terra em decorrência dos altos índices de emissão de gases, principalmente o CO₂, produzidos pelo setor energético, que causam o aquecimento global. Finalizando o primeiro capítulo, será feita um estudo da matriz elétrica brasileira analisando a importância do uso das energias renováveis, descrevendo sua finalidade, limitações e vantagens sob o ponto de vista da disponibilidade, preço e sustentabilidade ambiental a partir da análise especial da geração de energia eólica no Brasil que será feito no segundo capítulo. Neste, verificar-se-á de que maneira a inserção da energia eólica pode contribuir para a diversificação da matriz elétrica brasileira, sendo

complementar a matriz predominantemente hídrica no período seco. O terceiro capítulo retomará novamente a questão da matriz elétrica nacional descrevendo a importância das principais fontes de geração de energia para o setor elétrico e, por fim, como a energia eólica se comporta, quais suas principais limitações, possibilidades e contribuições em meio a este cenário.

Esta análise compreenderá o período que vai desde o início dos programas de incentivo do governo brasileiro à utilização de energias renováveis (PROINFA, 2003) até o final de 2009, data em que aconteceu o leilão de energia eólica no Brasil.

A hipótese levantada é que a energia eólica agrega valor para a matriz elétrica por dois motivos: complementaridade, por gerar energia, no período seco e, por ser renovável e contribuir para manter a matriz limpa e renovável. É um tipo de diversificação que soma novas técnicas de geração de energia à matriz elétrica, e devido a um elevado custo em comparação com as fontes convencionais de geração de energia elétrica é incompatível com a busca pela modicidade tarifária.

Para a elaboração do primeiro capítulo foi feita uma revisão e resumos das bibliografias referentes ao tema e consultas a *sites* ligados ao estudo da energia elétrica (GESEL) e dados do IEA, BEN e *BP Statistical Review*.

No segundo capítulo que trata de início sobre a técnica da energia eólica para se entender como as turbinas eólicas funcionam e produzem energia elétrica, será mostrado como esta opção de geração tem sido um exemplo de sucesso em muitos países. Por fim, o uso dela para o caso brasileiro, consistirá na análise de dados empíricos e estruturais levando em conta revisões bibliográficas e utilização de dados institucionais, também usados no primeiro capítulo.

O terceiro capítulo começa com uma análise descritiva das principais fontes de geração de energia elétrica que compõem a matriz elétrica nacional e a importância de cada uma delas para o setor elétrico. O objetivo desta análise é conhecer um pouco das opções preponderantes de geração de energia que compõem a matriz elétrica brasileira e entender porque a energia eólica apresenta possibilidades reais de ser inserida nesta matriz. Em um segundo momento serão apresentadas as principais dificuldades do uso da energia eólica no Brasil, levando em consideração aspectos econômicos e também ambientais. O terceiro item deste capítulo apresenta as reais possibilidades do uso da energia eólica. Será feita uma análise levando em conta o investimento no setor, preço e intervenção de políticas de governo. Para isso, foi feita a leitura de artigos, textos e

anúários sobre a energia eólica no país. As considerações finais ponderam que, mesmo com os avanços ocorridos no setor até hoje, existe a necessidade de mais investimento em Pesquisa e Desenvolvimento, a fim de tornar o preço final da energia eólica competitiva e viável economicamente.

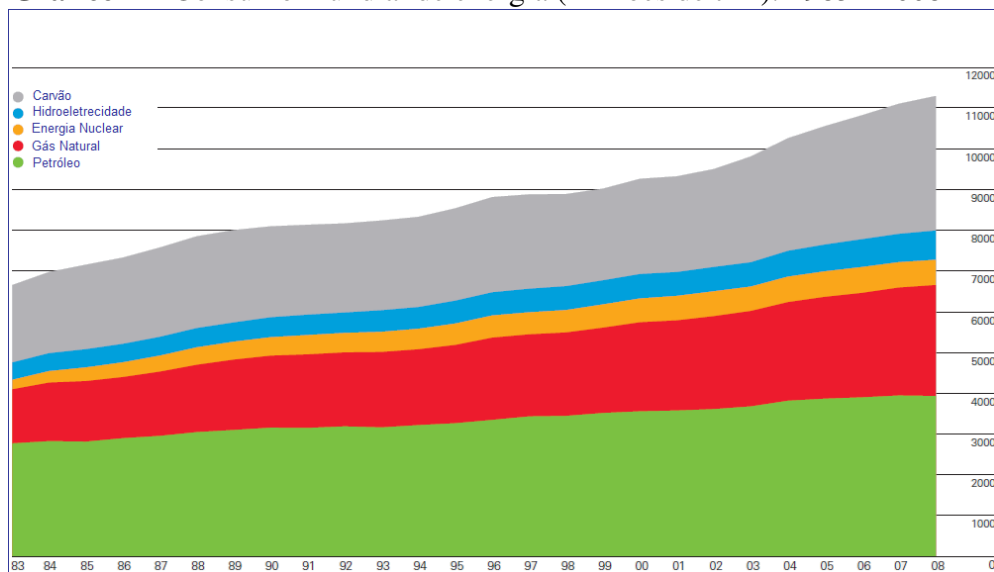
CAPITULO I – A MATRIZ DE ENERGIA

Para dar início ao trabalho uma análise da matriz energética mundial será feita. A finalidade é a de fazer uma contextualização das reservas de combustíveis fósseis disponíveis e mostrar como o uso preponderante destes tipos de fontes contribui para o efeito estufa, afetando na preservação do planeta. A matriz elétrica mundial será abordada logo em seguida. Finalizando este capítulo, o foco será direcionado para o caso brasileiro, analisando a matriz elétrica nacional. A intenção é perceber como a produção e o consumo de energia elétrica, nas suas diversas formas vêm aumentando.

1.1- A matriz energética mundial

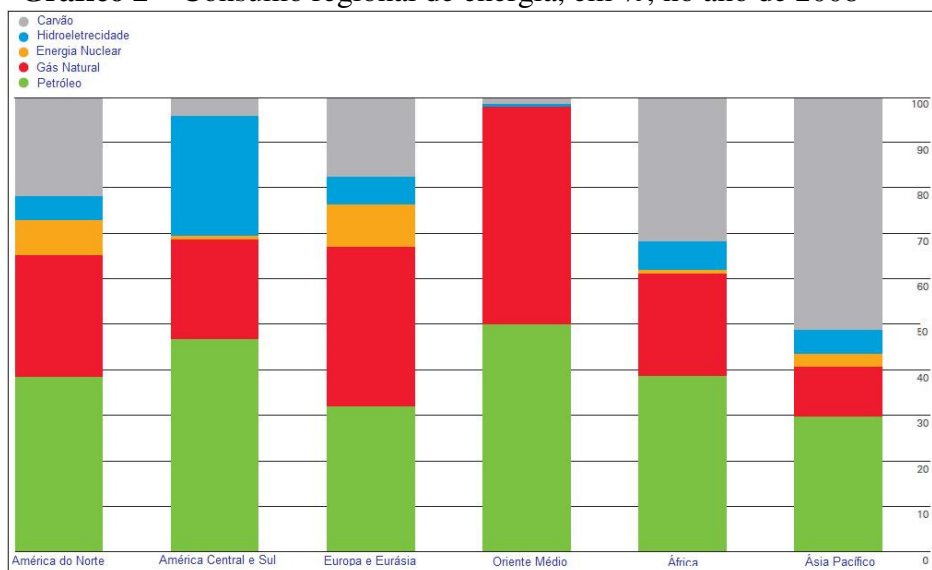
O consumo de energia primária vem aumentando nas ultimas décadas. O gráfico 1 mostra como esta evolução aconteceu entre 1983 e 2008 para as principais fontes geradoras que compõem a matriz energética mundial. A seguir no gráfico 2, têm-se os dados do consumo de energia primária, por região, no ano de 2008. Percebe-se que o consumo do petróleo e seus derivados é ainda o mais recorrente para a obtenção de energia e os países desenvolvidos, principalmente os EUA, são os maiores consumidores.

Gráfico 1 – Consumo mundial de energia (milhões de tEP): 1983 - 2008



Fonte: BP, 2009

Gráfico 2 – Consumo regional de energia, em %, no ano de 2008



Fonte: BP, 2009

Segundo Leite (1997), em termos de evolução econômica, o crescimento econômico sempre esteve correlacionado ao consumo de energia e há uma grande concentração de recursos não-renováveis pelo mundo. “O quadro das energias não-renováveis apresenta também forte concentração de recursos em poucos países ou regiões” (LEITE, 1997, p.19).

Ainda de acordo com o autor, cinco nações ou grupamentos de nações detêm 87% das reservas de petróleo e 80% das reservas de gás e urânio, além de 76% do carvão. Este tipo de observação é mais sutil para o caso das energias renováveis, na qual essas mesmas regiões detêm 60% das florestas e 50% da energia hidráulica.

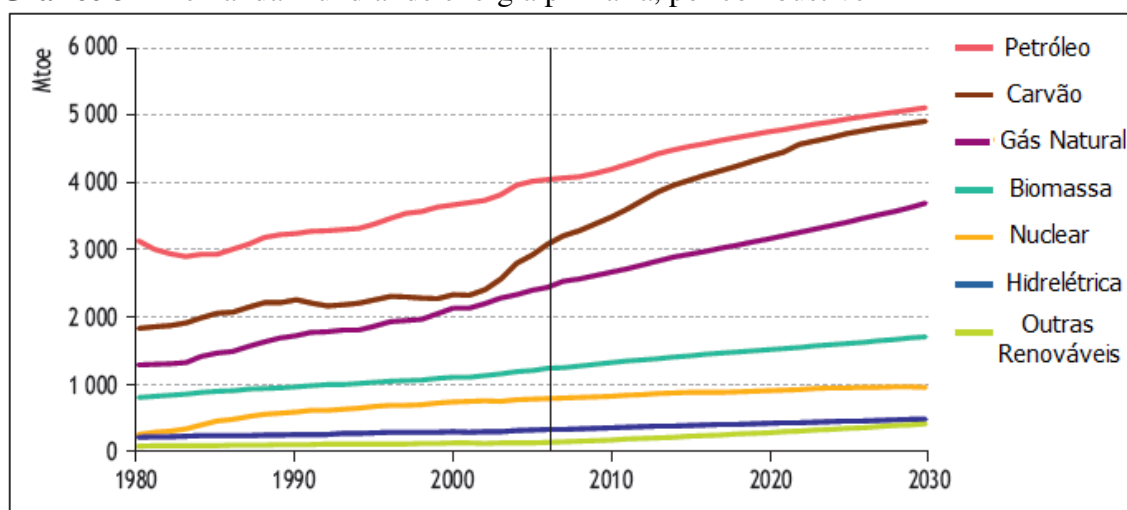
A disparidade entre grupos de maiores consumidores de energia e de maiores detentores de reserva traz, entre outras, duas importantes consequências: a preocupação das nações deficitárias com a segurança do respectivo abastecimento, e a grande participação dos energéticos no comércio internacional. (LEITE, 1997, p.27).

Manter o desenvolvimento de forma sustentável se constitui em um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade atual. A demanda de energia global é crescente devido ao desenvolvimento econômico e é necessário atender a esta demanda de forma ambientalmente sustentável.

Para que exista geração de energia no futuro de forma que esta seja dada de maneira financeiramente acessível e também confiável, tem que existir diversificação das fontes de energia que compõem a matriz energética.

Fatores como a crescente urbanização, a expansão do setor de transportes e o forte crescimento econômico acabam por caracterizar grandes nações como sendo grandes dependentes de energia. Devido à falta de um significativo crescimento da oferta de energias renováveis e também de tecnologias energéticas, o consumo de petróleo, carvão e gás natural tende a crescer o que impõe grandes desafios ambientais. O gráfico 3 mostra algumas evidências e projeções para os próximos anos.

Gráfico 3 – Demanda mundial de energia primária, por combustível



Fonte: IEA, 2008

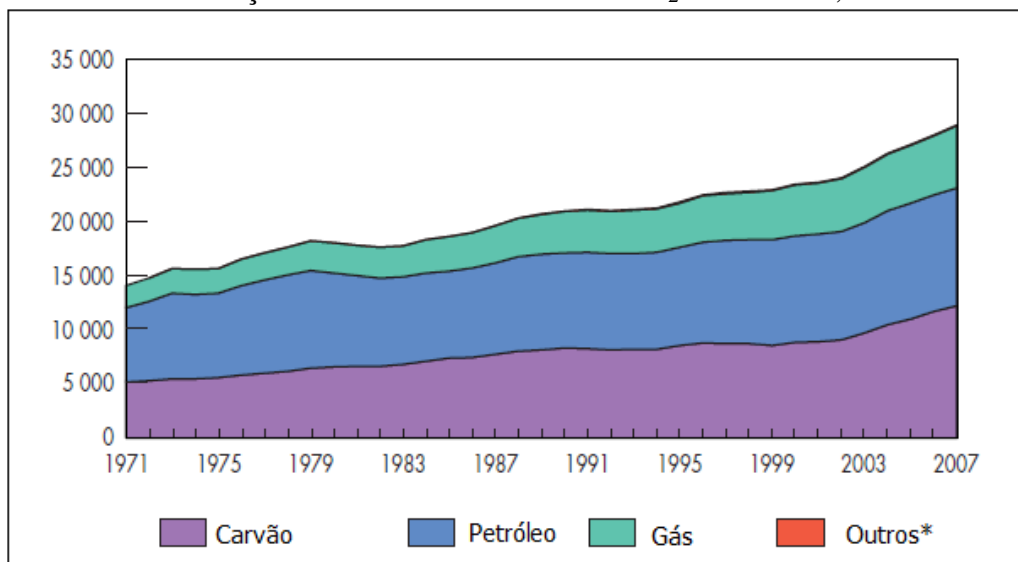
Segundo dados do IEA (2009), o setor de transportes foi responsável pelo consumo de 22,72% da produção total de energia produzida no ano de 2008. A indústria, que tem conseguido estabilizar o seu consumo em resposta aos investimentos realizados em diversificação e eficiência energética, consumiu 27,45% e outros setores em conjunto como a aviação e navegação representaram 35,54% da absorção da energia mundial produzida naquele ano. O mercado europeu é o segundo maior consumidor de energia, com mais de 450 milhões de consumidores e o primeiro mercado importador.

O consumo crescente de energia acabou alertando o mundo para outros dois problemas. Um deles é o aquecimento global. O aquecimento global é evidenciado quando existe aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto da superfície da Terra. Este fato tem se verificado nas décadas mais recentes e é certa a sua continuação para as próximas décadas. O efeito estufa é a maneira natural pela qual a Terra mantém

a sua temperatura de forma a garantir a vida no planeta. O problema é a sua intensificação causada pelo uso de combustíveis fósseis e outros processos em nível industrial que levam à emissão e acumulação, na atmosfera, de gases propícios ao efeito estufa. O CO₂ é o principal responsável pela existência natural do efeito estufa. Também existem outros gases (metano, clorofluorcarbonetos e óxidos de azoto), porém, o mais importante é o CO₂ que, em níveis naturais, funciona como uma capa protetora da superfície terrestre. Porém, a acumulação deste gás na atmosfera agrava um efeito originalmente benéfico à Terra causando o aquecimento global. Assim, percebe-se que o há uma relação direta entre o nível de produção de energia e a emissão de CO₂.

O gráfico 4 mostra o aumento das emissões de CO₂, do setor energético, no mundo entre 1971 e 2007. Segundo dados do IEA (2009), em 1973 o petróleo era responsável por 50,6% das emissões de CO₂, enquanto o carvão e o gás natural representavam 34,9% e 14,4% das emissões, respectivamente. Em 2007 o carvão já representava o primeiro lugar nas emissões de CO₂ sendo responsável por 42,2% enquanto o petróleo era responsável por 37,6% e o gás natural por 19,8% das emissões deste gás.

Gráfico 4 – Evolução mundial das emissões de CO₂: 1971-2007, em Mt de CO₂



FONTE: IEA (2009) *Emissões urbanas e resíduos domésticos

De acordo com o IEA, (2009), em 1973 as emissões totais de CO₂ foram de 15.640 Mt. Em 2007 esse volume chegou a 28.962 Mt. Com o aumento deste e dos outros gases, a taxa natural da radiação que fica retida aumenta, causando o aquecimento global.

Outro ponto ligado ao aumento da demanda por energia diz respeito à busca pela segurança energética dos países. Segurança Energética é um termo usado para definir um conjunto de preocupações ligadas à energia, crescimento econômico e poder político que podem se resumir em garantir o suprimento de energia. Assim, existem neste contexto, preocupações relacionadas à segurança de infra-estrutura, preços, regimes de investimentos, riscos de terrorismo e de guerras, preocupações ligadas à segurança nacional, diversidade de fornecimento e abastecimento interno e acesso a novas reservas de energia disponíveis no planeta. Por isso, é uma das questões que mais aflige a indústria e mercado mundial de petróleo, criando novas preocupações com a energia disponível nos países.

Choques de preços de petróleo, acidentes em usinas nucleares, intensidade crescente da poluição atmosférica pela queima de combustíveis fósseis e continuidade do crescimento rápido da população nos países pobres criaram, em conjunto, nova conjuntura mundial. Vivemos uma era de análise, revisão e debate quanto à exaustão de recursos naturais e energéticos em particular, a sua relação com a deterioração do meio ambiente em escala mundial e o estilo de desenvolvimento possível dos países pobres. (LEITE, 1997, p.334 e 335).

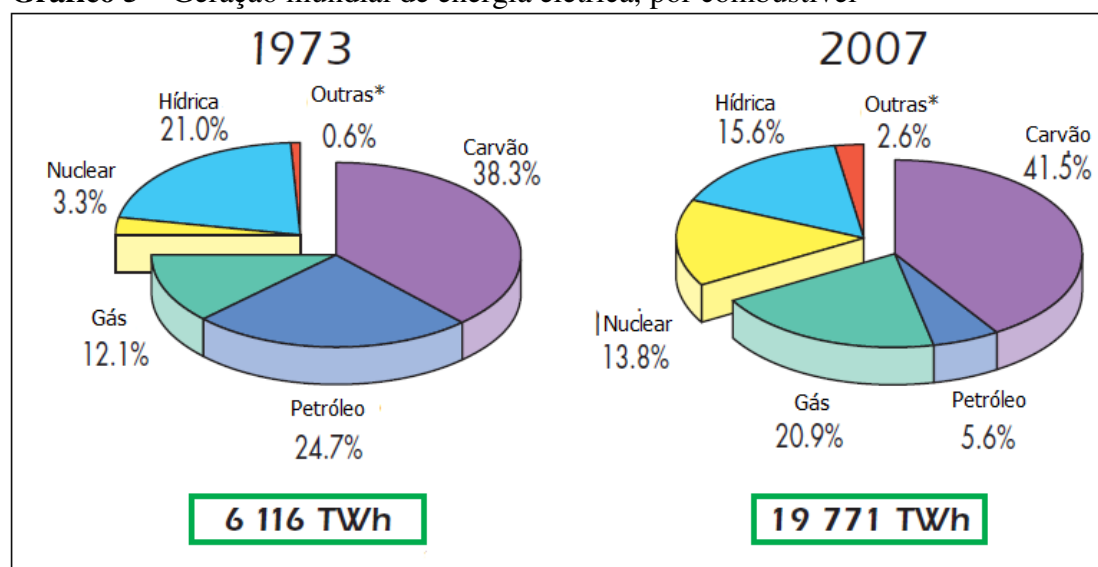
As preocupações com o meio ambiente poderiam exacerbar os temores com relação à segurança energética. Neste sentido, a cooperação multilateral entre ocidente e o mundo em desenvolvimento para a criação de soluções conjuntas para os desafios da oferta de energia e proteção do meio ambiente seria benéfica para todos.

1.1- A matriz elétrica mundial

A energia, nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência humana e a energia elétrica, em especial, se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia sendo um recurso indispensável para o desenvolvimento socioeconômico dos países.

Nesta parte do trabalho, será realizada uma breve abordagem da matriz elétrica mundial. Como a matriz elétrica está inserida na matriz energética, aquela acaba por expressar pontos semelhantes de análise e preocupação observados na matriz energética primária. O gráfico 5 mostra como a matriz elétrica mundial era composta no ano de 1973 e 2007. Percebe-se a grande evolução no uso do gás natural e das usinas nucleares. O petróleo, por sua vez, tem sua participação reduzida representando apenas 5,6% da matriz elétrica mundial em 2007.

Gráfico 5 – Geração mundial de energia elétrica, por combustível



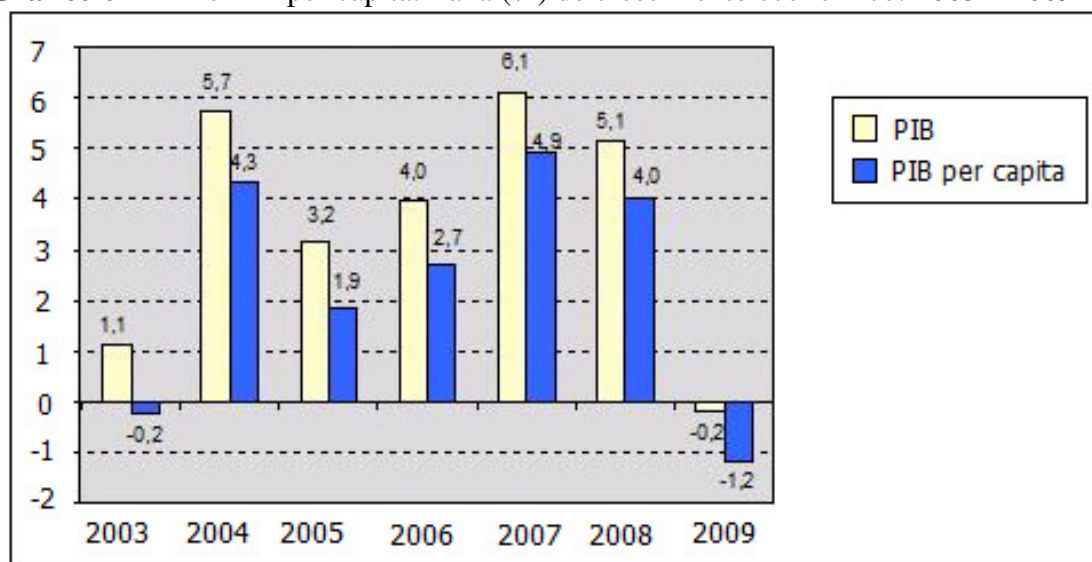
Fonte: IEA, 2009

De acordo com o IEA (2009), os maiores produtores de energia elétrica, no mundo são os Estados Unidos, China e Japão. Eles representam juntos 44,2% da produção mundial de energia elétrica mundial. O Brasil, em 2007, produziu 445 TWh o que representou naquele ano 2,3% da produção mundial de energia elétrica. Como no caso da matriz energética, existe uma preocupação ambiental do efeito estufa na produção de energia elétrica já que a matriz elétrica é majoritariamente formada por fontes não renováveis de energia que emitem CO₂ durante o processo de geração de energia elétrica. De acordo com Castro et al. (2009) as emissões deste gás, por tep, da matriz energética mundial é de 2,36. As emissões da matriz elétrica brasileira são de 1,57, sendo a hidroeletricidade, em conjunto com as outras fontes renováveis que compõem a matriz energética brasileira, responsáveis pela reduzida intensidade de carbono da matriz nacional.

1.2 – A matriz elétrica brasileira

O Brasil, com um território de 8.514.876 quilômetros quadrados vem experimentando uma grande transformação no ritmo de crescimento e na distribuição de sua população que hoje é de 193.733.795 de habitantes (IBGE, 2010). Nos últimos sete anos, a população do Brasil cresceu em média 1,21% ano (IBGE 2008). Em 2000, a população brasileira era de 169.799.170 milhões de habitantes. Porém, mais importante do que a questão do crescimento populacional, o crescimento econômico é o que de fato remete a questão pela expansão da geração de energia elétrica no país.

Gráfico 6 – PIB e PIB per capita. Taxa (%) de crescimento econômico: 2003 – 2009



Fonte: IBGE, 2010

O gráfico 6 mostra a evolução do crescimento econômico entre 2003 e 2009. Percebe-se um mal resultado com a queda de 0,2% do PIB no ultimo ano, porém, nos anos anteriores o que se verifica é uma taxa de crescimento positiva.

Do ponto de vista conceitual, a elasticidade renda da demanda de energia elétrica mostra, grosso modo, quanto de energia elétrica é necessária para suportar cada 1% a mais de PIB. Isto porque a oferta de energia elétrica é uma variável dependente, função do PIB, ou seja, é o crescimento do PIB que determina uma maior ou menor demanda de energia elétrica. Assim quanto maior o crescimento do PIB, mais energia elétrica é consumida e, conseqüentemente, maior será a necessidade de capacidade instalada para atender a demanda. (CASTRO e ROSENTHAL, 2009)

Outra verificação importante somada a esta do comportamento da demanda é de como garantir uma oferta que atenda a necessidade que se cria a cada processo de desenvolvimento, olhando as possibilidades reais de geração, interligação dos sistemas e distribuição da nova energia criada. O Sistema Interligado Nacional (SIN) é um sistema de coordenação e controle que congrega o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil. Ele é de grande porte na qual as usinas hidrelétricas e proprietários múltiplos, estatais e privados são predominantes. É formado pelas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 2% da capacidade de produção de eletricidade do país encontram-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica. (ONS, 2009).

A tabela 1 mostra os números da capacidade instalada de energia elétrica, no Brasil, até o ano de 2010, por fonte de energia. Os números evidenciam mais uma vez a preponderância hídrica na matriz elétrica nacional.

Tabela 1 – Capacidade instalada até 31/12/2010

TIPO	Quantidade	Potência (MW)	%
UHE	165	75.484,2	71,01
UTE	1313	25.081,4	23,59
PCH	356	2.952,8	2,78
CGH	307	173,4	0,16
UTN	2	2.007,0	1,89
EOL	36	602,3	0,57
SOL	1	0,02	0,00
SUBTOTAL	2.180	106.301,0	100,0

Fonte: ANEEL, 2010

A tabela 2 mostra uma projeção para a capacidade instalada entre 2010 e 2014.

Tabela 2 – Previsão para a capacidade instalada: 2010 a 2014¹

Ano	Conservadora	Otimista
2010	113.600,62	114.971,00
2011	116.990,26	121.222,27
2012	118.006,74	124.377,39
2013	120.296,08	132.282,49
2014	120.468,33	132.454,74

Fonte: ANEEL, 2010

O Brasil possui no total 2.233 empreendimentos em operação, gerando 108.591.818 kW de potência. Está prevista para os próximos anos uma adição de 37.845.157 kW na capacidade de geração do país, proveniente dos 139

¹ Importações (8.930 MW) não foram consideradas

empreendimentos atualmente em construção e mais 434 outorgadas (ANEEL, 2010).
Veja as tabelas a seguir:

Tabela 3 – Empreendimentos em operação² até o ano de 2010

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	315	181.301	179.700	0,17
EOL	44	769.130	765.534	0,70
PCH	367	3.169.060	3.125.987	2,88
SOL	1	20	20	0
UHE	167	75.559.377	75.803.799	69,81
UTE	1.337	29.158.097	26.709.778	24,60
UTN	2	2.007.000	2.007.000	1,85
Total	2.233	110.843.985	108.591.818	100

Fonte: ANEEL, 2010

Tabela 4 – Empreendimentos em construção até o ano de 2010

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	1	848	0
EOL	3	98.850	0,56
PCH	65	879.791	4,95
UHE	17	10.244.500	57,62
UTE	52	5.204.271	29,27
UTN	1	1.350.000	7,59
Total	139	17.778.260	100

Fonte: ANEEL, 2010

Tabela 5 – Empreendimentos outorgados entre 1998 e 2010

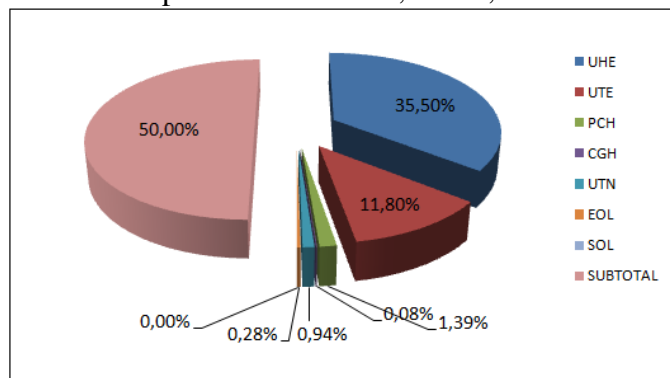
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	71	47.630	0,24
CGU	1	50	0
EOL	35	1.906.281	9,50
PCH	149	2.080.367	10,37
SOL	1	5.000	0,02
UHE	11	2.190.000	10,91
UTE	166	13.837.569	68,96
Total	434	20.066.897	100

Fonte: ANEEL, 2010

A seguir, uma representação gráfica dos resultados apresentados na tabela 1:

² Os valores de porcentagem são referentes à potência fiscalizada. A potência outorgada (não iniciaram sua construção) é igual à considerada no ato de outorga. A potência fiscalizada é igual à considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

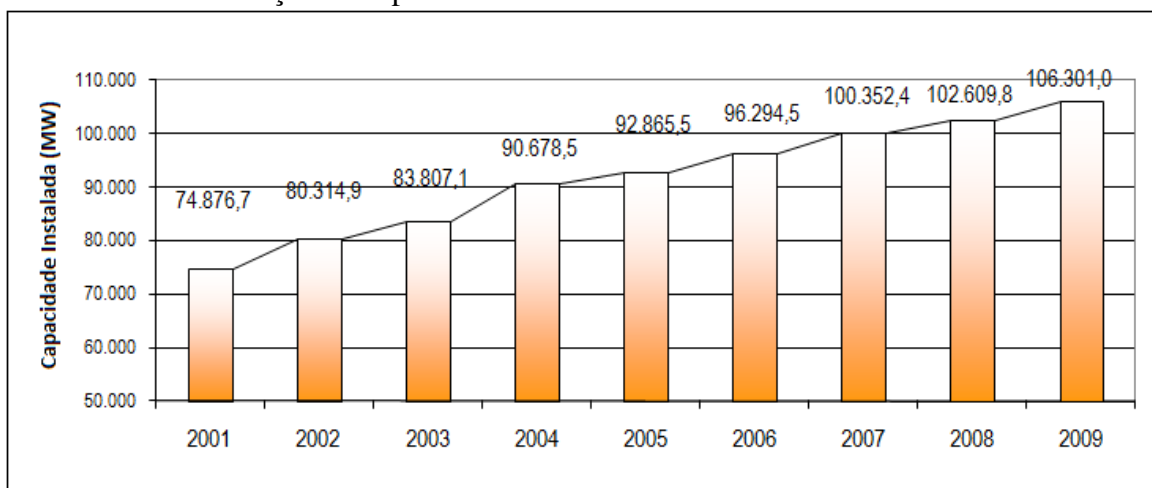
Gráfico 7 – Capacidade instalada, em %, até 31/12/2010



Fonte: ANEEL, 2010

O gráfico 8 mostra a evolução da capacidade instalada no Brasil ao longo dos anos.

Gráfico 8 – Evolução da capacidade instalada em MW entre os anos de 2001 e 2008



Fonte: ANEEL, 2010

A participação das energias renováveis na oferta interna de energia no Brasil em 2008 foi de 45,3%, em 2000 era de 41,0% (BEN, 2009).

A média mundial da participação deste tipo de energia é de 13,3%. Para os países membros da OCDE, países desenvolvidos na sua grande maioria, a média é de 6% na oferta interna de energia. Este dado coloca o Brasil em posição favorável em relação à emissão de gases de efeito estufa. Porém, a manutenção deste perfil na matriz energética depende de variáveis sócio-econômicas, institucionais e das alternativas tecnológicas disponíveis.

Os países desenvolvidos têm sua matriz elétrica centrada em combustíveis fósseis. Desta maneira eles ficam expostos aos preços do petróleo, carvão e gás e a possível

dificuldade de acesso a estas fontes. Neste contexto percebe-se que a energia eólica vem crescendo a taxas exponenciais nestes países. O papel de complementariedade da energia eólica para o caso brasileiro é peculiar porque a energia eólica é complementar nos períodos mais secos do ano, que são os que mais ventam.

Importante ter em mente que há grandes oportunidades para o Brasil. Dentre elas, o de capturar incentivos econômicos e a liderança política da transição para uma economia de baixo carbono que irá ser requerida dos países classificados maiores emissores. O Brasil fez o mais difícil que foi construir uma matriz energética sustentável e uma matriz elétrica de alta qualidade ambiental. Porém, é importante ter em mente a preocupação em evitar as práticas predatórias e ineficientes no trato dos recursos naturais.

CAPÍTULO 2 – A ENERGIA EÓLICA

II.1. Características técnicas

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores para a geração de eletricidade. (ANEEL, 2010).

As turbinas eólicas têm como função transformar a energia cinética do vento em energia mecânica e conseqüentemente em energia elétrica. De acordo com Clemente (2001) e CEEETA (2001), uma turbina eólica compõe-se dos seguintes elementos:

- ✓ Uma torre, que permite elevar a turbina eólica e o rotor até ventos mais regulares. Aerogeradores modernos podem chegar a mais de 100m de altura;
- ✓ Um rotor, que é um conjunto formado pelas pás e pelo eixo que transforma a energia cinética em energia mecânica;
- ✓ Uma *nacele*, que contém os diversos sistemas de dispositivos que transformam a energia mecânica em energia elétrica;
- ✓ Um gerador elétrico, que permite a rotação das pás e transmite a energia mecânica ao gerador elétrico;
- ✓ As pás, que permitem “absorver” a energia cinética do vento;
- ✓ Uma caixa multiplicadora que multiplica a rotação do rotor para o nível de rotação do gerador elétrico;
- ✓ Sistema de controle, que tem a função de controlar continuamente, através de um computador, as condições de funcionamento do aerogerador, mediante a análise dos sinais captados pelos múltiplos sensores que medem a temperatura, pressão, velocidade e direção do vento, tensão e intensidade elétrica, vibrações etc;
- ✓ Os sistemas de freio, que permitem o acionamento do freio do rotor e do freio aerodinâmico das pás, com o objetivo de reduzir ou parar a

velocidade do rotor, quando ultrapassada determinada velocidade, a fim de não danificar a estrutura;

- ✓ Sistema de orientação: com a ajuda da informação dada pelos sensores de vento, coloca sempre o rotor de forma perpendicular ao vento.

Os avanços da aerodinâmica e surgimento da eletrônica permitiram o aparecimento de aerogeradores muito eficientes. Com isto, desde a década de 80, tem sido cada vez mais comum a instalação de parques eólicos em vários países, principalmente da Europa e nos Estados Unidos. Atualmente podem ser encontrados, em nível comercial, aerogeradores com potências nominais de até 7,5MW e alturas de até 112m.

A energia eólica ainda é uma fonte cara de obtenção de energia elétrica e apresenta algumas características que dificultam seu uso como fonte regular. Além de sua ocorrência ser irregular para pequenos períodos, a quantidade de energia diária disponível pode variar em muitas vezes de uma estação do ano para outra, em um mesmo local.

Atualmente os sistemas mais comuns de fornecimento de energia utilizando sistemas eólicos são aqueles de grande porte interligados a rede. Por dispensarem sistemas de armazenamento são bastante viáveis representando atualmente a maior evolução em sistemas eólicos, porém, seu custo ainda é mais alto se comparado ao das hidrelétricas. Os sistemas híbridos diesel-eólico de médio porte podem representar fator de economia de combustível com custos bem atraentes para locais onde não se dispõe da rede de distribuição interligada e dependem de geradores a diesel para fornecimento de energia elétrica. Como o motor diesel garante a regularidade e estabilidade no fornecimento de energia, dispensando sistemas de armazenamento, e o transporte do diesel representa um custo adicional, o uso de aerogeradores é neste caso bastante compensador e recomendado.

Existem também sistemas de energia eólica autônomos para fornecimento regular de eletricidade. Estes se tornaram bastantes custosos devido às complicações dos sistemas de armazenamento, que devem compensar não só as variações instantâneas e diárias, mas também compensar a variação da disponibilidade nos períodos do ano. Sua aplicação é limitada a pequenos sistemas para recarga de baterias, em regiões remotas,

principalmente para fornecimento de eletricidade para equipamentos de comunicação e eletrodomésticos, onde o benefício e conforto compensam o alto custo por watt obtido.

II.2. Energia eólica no mundo

A energia eólica é uma tecnologia para geração de energia que pode contribuir para a diminuição da emissão de dióxido de carbono e por consequência mitiga o efeito estufa. Além do baixo impacto ambiental, a geração eólica apresenta as vantagens da abundância, da inesgotabilidade, da gratuidade do combustível (vento) e a não emissão de gases nocivos à atmosfera. A possibilidade de uma instalação modular e a ocupação mínima da área pelas turbinas eólicas possibilitam a coexistência da atividade agrícola ou pastoril no local de implantação além de ser opção de diversificação viável aumentando a independência dos países em relação à importação de energia.

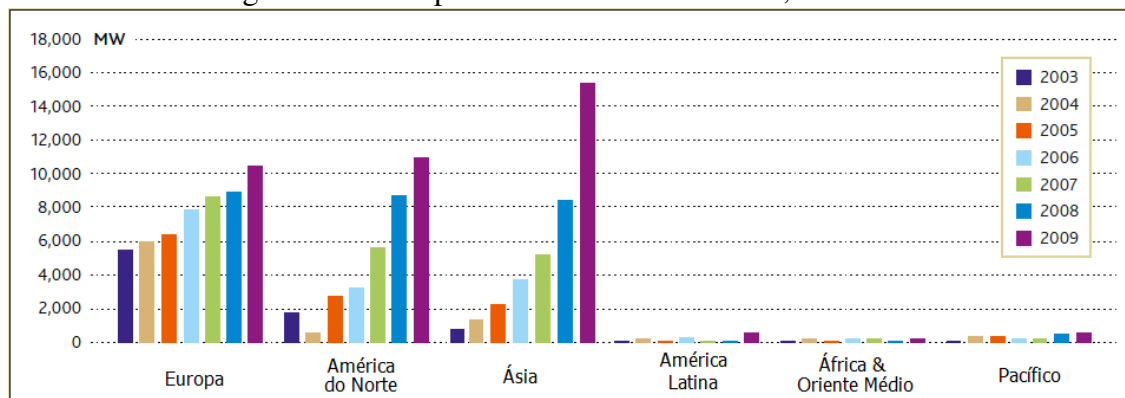
A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental. Mesmo assim, estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja da ordem de 500.000 TWh por ano. Devido, porém, a restrições socioambientais, apenas 53.000 TWh (cerca de 10%) são considerados tecnicamente aproveitáveis. Ainda assim, esse potencial líquido corresponde a cerca de três vezes o consumo mundial de eletricidade. (ANEEL, 2010)

Segundo dados da ANEEL (2010) , em 1990, a capacidade instalada no mundo era inferior a 2.000 MW. Quatro anos mais tarde, chegou a 10.000 MW e no final de 2002 a capacidade total instalada no mundo ultrapassou 32.000 MW. No final de 2010 a capacidade instalada é de 158,51 GW. O mercado tem crescido substancialmente nos últimos anos, principalmente na EUA, China, Alemanha, e Espanha, onde a potência adicionada anualmente superou 5,6 GW/médios segundos os dados do GWEC, 2009.

O gráfico 9 apresenta a evolução recente da capacidade instalada da energia eólica nas diferentes regiões do mundo.

Gráfico 9 – Energia eólica – Capacidade mundial instalada, em MW: 2003 – 2009



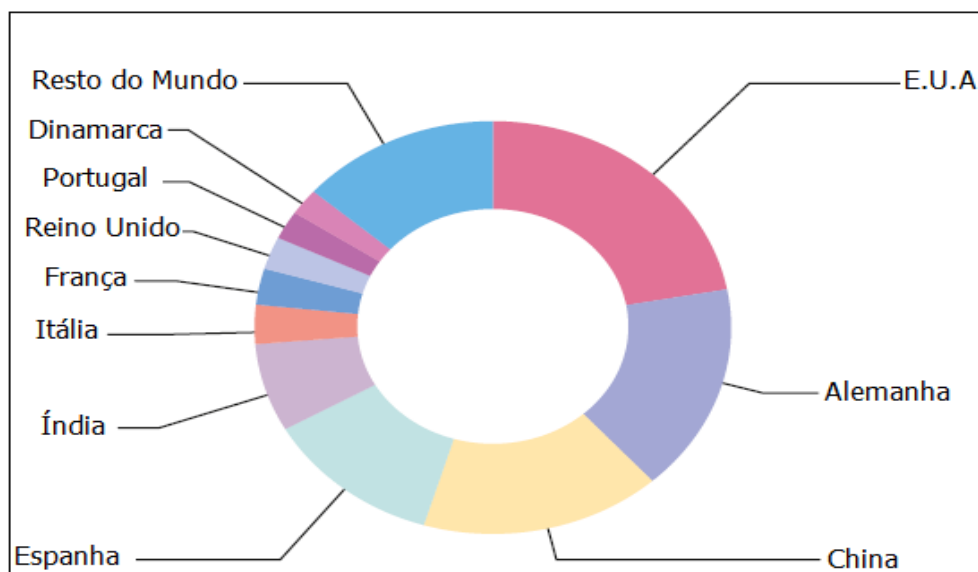
Fonte: GWEC Global Wind, 2010

Os EUA, China, Alemanha e Espanha são responsáveis por quase 67% da capacidade instalada de energia eólica no mundo (tabela 6).

Tabela 6 – Energia eólica – Distribuição da capacidade acumulada e instalada no mundo em 2009

País	MW	%
E.U.A.	35,064	22.1
China	25,805	16.3
Alemanha	25,777	16.3
Espanha	19,149	12.1
Índia	10,926	6.9
Itália	4,85	3.1
França	4,492	2.8
Reino Unido	4,051	2.6
Portugal	3,535	2.2
Dinamarca	3,465	2.2
Resto do Mundo	21,391	13.5
Total dos 10+	137,11	86.5
Total Mundial	158,51	100.0

Fonte: GWEC Global Wind, 2010



Fonte: GWEC Global Wind, 2010

Atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo. Em 1991, a Associação Européia de Energia Eólica estabeleceu como metas a instalação de 4.000 MW de energia eólica na Europa até o ano 2000 e 11.500 MW até o ano 2005. Essas e outras metas foram cumpridas muito antes do esperado (4.000 MW em 1996, 11.500 MW em 2001). Em 2009 a capacidade de energia eólica instalada na Europa foi de 76,15 GW.

Em termos relativos, a Dinamarca, nos últimos 15 anos, foi o país que mais investiu em energia eólica que qualquer outro país europeu. Isto é decorrente da longa tradição da utilização do vento como forma de energia. O programa energético dinamarquês de hoje ainda faz parte do estabelecido em 1976, no qual o principal objetivo dele é fazer da Dinamarca um país menos dependente de suprimento de energia importada. Segundo dados da ANEEL (2010) na Dinamarca, por exemplo, a energia eólica representa hoje 18% de toda a eletricidade gerada e a meta é aumentar essa parcela para 50% até 2030.

A energia eólica tem seu sucesso, na Espanha, resultado de uma combinação de um plano nacional de apoio e a aprovação de uma legislação estatal favorável às energias renováveis e à atração de grandes investidores (Clemente, 2006).

A primeira normativa legal, introduzida em 1994, obrigava todas as companhias distribuidoras de eletricidade a pagar um bônus sobre o preço da eletricidade disponibilizada na rede, quando esta fosse gerada a partir de fonte renovável. A nova Lei do Setor Elétrico, estabelecida em 1997, reafirmou o direito dos produtores de eletricidade "limpa" de receber um prêmio de incentivo pelo KW vendido, além do

preço de mercado. Assim, a remuneração total deve situar-se, segundo a lei, entre os 80% a 90% do preço médio de venda da eletricidade no sistema (EWEA, 2002).

No modelo espanhol de desenvolvimento eólico, a maioria dos parques eólicos construídos é de grande dimensão, com investimento realizado através de consórcios, nos quais participam promotores independentes, companhias elétricas, fabricantes de turbinas, bancos e governos autônomos. Uma das características importantes do setor eólico espanhol é o apoio das instituições financeiras, que concede crédito à taxa de juros atrativa.

De acordo com os dados da tabela 7, os Estados Unidos e China registraram os maiores crescimentos na produção de energia eólica, ao final de 2009, ano em que a capacidade mundial de geração de eletricidade dessa fonte subiu para 158,51 GW. Os EUA foram responsáveis por um acréscimo na capacidade de 10 GW, elevando sua capacidade em 40%.

A China mais que duplicou sua capacidade instalada no ano de 2009 em relação ao ano anterior. Foram 25,81 GW no ano de 2009 contra 12,02 GW de 2008, superando a Alemanha e a Espanha e tornou-se o segundo país em termos de capacidade de produção eólica.

Tabela 7 – Capacidade instalada, em MW, de energia eólica no mundo

		Final de 2008	Novos em 2009	Final de 2009
ÁFRICA & ORIENTE MÉDIO	Egito	365	65	430
	Marrocos	134	119	253
	Irã	85	7	91
	Tunísia	20	34	54
	Cabo Verde	12	0	12
	África do Sul	8	0	8
	Israel	8	0	8
	Kênia	0	5	5
	Outros	4	0	4
	Total	635	230	865
ÁSIA	China	12,02	13,803	25,805
	Índia	9,655	1,271	10,926
	Japão	1,88	178	2,056
	Taiwan	358	78	436
	Coréia do Sul	236	112	348
	Filipinas	33	0	33
	Outros	6	0	6

	Total	24,188	15,442	39,61
EUROPA	Alemanha	23,903	1,917	25,777
	Espanha	16,689	2,459	19,149
	Itália	3,736	1,114	4,85
	França	3,404	1,088	4,492
	Reino Unido	2,974	1,077	4,051
	Portugal	2,862	673	3,535
	Dinamarca	3,163	334	3,465
	Holanda	2,225	39	2,229
	Suécia	1,048	512	1,56
	Irlanda	1,027	233	1,26
	Grécia	985	102	1,087
	Áustria	995	0	995
	Turquia	458	343	801
	Polônia	544	181	725
	Bélgica	415	149	563
	Resto da Europa	1,313	304	1,614
	Total da Europa	65,741	10,526	76,152
	Apenas a UE	64,719	10,163	74,767
AMÉRICA LATINA & CARIBE	Brasil	341	264	606
	México	85	117	202
	Chile	20	148	168
	Costa Rica	74	50	123
	Nicarágua	0	40	40
	Caribe	35	0	35
	Argentina	29	2	31
	Uruguai	20	0	20
	Jamaica	22	1	23
	Colômbia	20	0	20
	Outros	6	0	6
	Total	653	622	1,274
AMÉRICA DO NORTE	USA	25,068	9,996	35,064
	Canadá	2,369	950	3,319
	Total	27,437	10,946	38,383
REGIÃO DO PACÍFICO	Austrália	1,306	406	1,712
	Nova Zelândia	325	171	497
	Ilhas do Pacífico	12	0	12
	Total	1,643	577	0,221
TOTAL MUNDIAL		120,297	38,343	158,505

Fonte: GWEC Global Wind, 2010

II.3. Energia eólica no Brasil

É reconhecida a condição vantajosa, singular do Brasil no que se refere aos recursos energéticos renováveis, os quais podem vir a se tornar fatores importantes para o desenvolvimento e melhor qualidade de vida para a população.

A energia eólica é uma alternativa para a geração de energia com caráter complementar à fonte principal de geração do Brasil, a hídrica. Isso porque no período seco os ventos são mais intensos e regulares.

No Brasil o primeiro aerogerador de grande porte foi instalado no arquipélago de Fernando de Noronha, em 1992, tratando-se de uma turbina de 75kW, com rotor tri-pá de 17 metros de diâmetro, tendo o mesmo sido integrado ao sistema de fornecimento de energia, formando um sistema híbrido com o gerador diesel já existente na ilha, patrocinando uma economia de aproximadamente 10% no consumo de diesel, além da redução de emissão de poluentes.

De acordo com os dados do GWEC (2010) e ANEEL (2010), o país possui um potencial eólico *onshore* estimado em 143.000 MW, dos quais 606 MW, isto é, apenas 0,42%, estão efetivamente instalados. O potencial eólico brasileiro de 143 GW é estimado para ventos a 50m de altura. Esta mesma estimativa para medições a 100m ainda apresenta divergências entre especialistas e instituições. Essas divergências decorrem principalmente da falta de informações (dados de superfície) e das diferentes metodologias empregadas. (ANEEL, 2010).

O Nordeste brasileiro é uma das regiões brasileiras que mais se destaca em projetos de energia eólica. Essa região é uma das mais bem servidas de ventos. Os ventos nesta região apresentam comportamento uniforme com velocidade entre 6m/s e 9m/s (COSTA et al., 2009, p.261).

O Sudeste, apesar de ser a segunda região com maior potencial eólico *onshore* (comercializável) no Brasil, não representa nem a metade do potencial do Nordeste. Isso devido à presença de montanhas em algumas regiões que bloqueiam os ventos. A faixa litorânea mais privilegiada desta região é a faixa que compreende do sul do litoral do Espírito Santo até o nordeste do estado do Rio de Janeiro com ventos de 7,5m/s.

Em terceiro lugar vem a região Sul do país. Os ventos nesta região têm média de 5,5m/s e 6,5m/s em algumas áreas como Campos de Palmas, no Paraná, com destaque

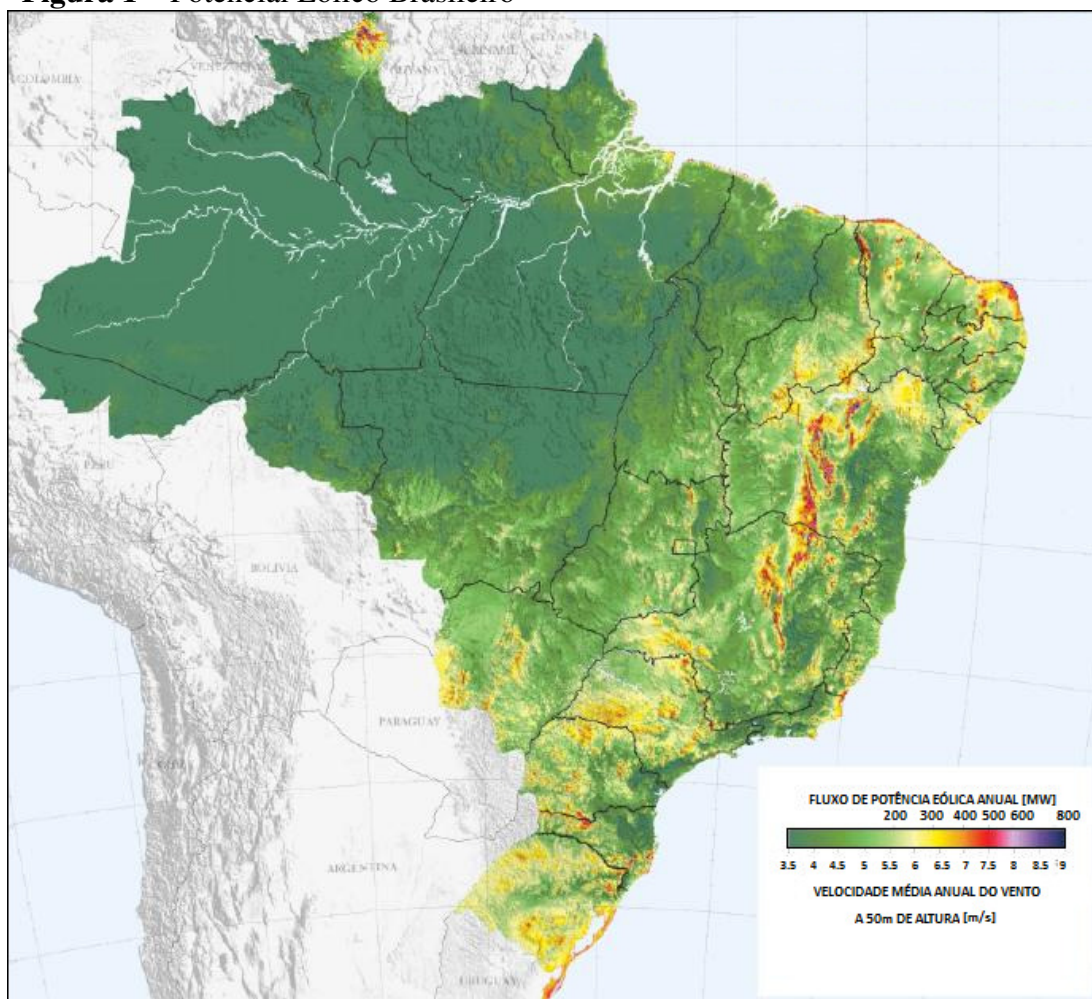
também para a região litorânea da região onde seus ventos sopram predominantemente na direção leste-oeste e são acentuados pelas brisas marinhas durante o dia.

A região com o menor potencial eólico do país é a região Norte, sendo Roraima o estado que destaca pelo potencial disponível.

A região Norte é uma das que têm menor potencial eólico do país. O escoamento atmosférico é dificultado pelo atrito da superfície, que tem alta rugosidade, associado à longa trajetória sobre florestas densas. Os gradientes fracos, combinados à zona difusa de baixas pressões centrada na região [Cresesb e Cepel (2001)], também contribuem para que a velocidade média dos ventos fique abaixo de 3,5 m/s. (COSTA et al., 2009, p.262 e 263)

A região Centro-oeste é a que apresenta a menor extensão favorável por ser uma região com poucos ventos. Isso melhora à medida que vamos em direção a região Sul.

Figura 1 – Potencial Eólico Brasileiro



Fonte: Cresesb e Cepel (2001) – Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.

A figura 1 mostra a média da velocidade do vento nas cinco regiões brasileiras. É notável o grande potencial da região Nordeste, passando pelo Sudeste até a região Sul do país altamente privilegiada pelos ventos que vem do norte da Argentina.

Percebendo a necessidade do aumento da participação da energia elétrica renovável no Sistema Interligado Nacional, o governo, em virtude desta necessidade criou políticas com o propósito de estabelecer uma metodologia que incentivasse, organizasse, financiasse e colocasse regras para a exploração e utilização das energias renováveis. Nos dois próximos tópicos finais deste capítulo será feita uma abordagem do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas criado pelo governo e o Leilão de Energia que tiveram como objetivo inicial cumprir com este papel.

II.3.1. O PROINFA

O “Programa de Incentivo às Fontes Alternativas”, o PROINFA, foi criado pelo Ministério das Minas e Energia (MME) através da Lei Nº 10.438, de 26 de abril de 2002 o qual posteriormente foi revisado pela Lei Nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, que assegurou a participação de um numero maior de estados no Programa, o incentivo a indústria nacional e a exclusão dos consumidores de baixa renda no rateio da compra da nova energia.

Estes projetos teriam suporte do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Social e Econômico) e além da geração de energia a partir dos ventos (eólica), projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCH's), bagaço da cana, casca de arroz, cavaco de madeira e biogás de aterro sanitário (biomassa), também fariam parte das alternativas existentes para a diversificação da matriz energética brasileira.

Além de ser visto como um importante instrumento para a diversificação da matriz energética do país, o PROINFA quer garantir maior confiabilidade e segurança ao abastecimento, principalmente após a crise do setor e o racionamento de 2001. Uma das exigências da legislação é a obrigatoriedade um índice de nacionalização de 60% do custo total de construção dos projetos. O programa permite, também, maior inserção do pequeno produtor de energia elétrica diversificando o número de agentes do setor. (BERMANN, 2007, p.90).

Segundo Costa et all. (2009), estes projetos seriam instalados em duas fases, sendo que a primeira acabou sendo estendida até 2008. A segunda só teria início após a conclusão e a avaliação da primeira. O programa garantiria a compra, pela Eletrobrás,

da energia produzida, por meio de um Contrato de Compra e Venda de Energia (CCVE), com prazo de duração de vinte anos contados a partir da data de operação definida no contrato. A Eletrobrás seria a responsável pela realização das chamadas públicas. Como na primeira fase a quantidade de projetos de biomassa apresentados foi pequena, a fonte eólica recebeu mais que um terço das encomendas, sendo contratados, no total 1.423 MW, correspondentes a 54 usinas eólicas, como se pode observar na Tabela 8.

Tabela 8 – Projetos no Âmbito do Proinfa de 2006 a 2008

PROINFA 1ª FASE	TOTAL SELECIONADO		TOTAL EM OPERAÇÃO	
Fonte	Número de Projetos	Potência Total (MW)	Número de Projetos	Potência Total (MW)
Biomassa	27	700,90	20	563,23
Eólica	54	1.422,96	15	324,53
PCH	63	1.191,40	39	775,20
Total	144	3.315,26	74	1.662,96

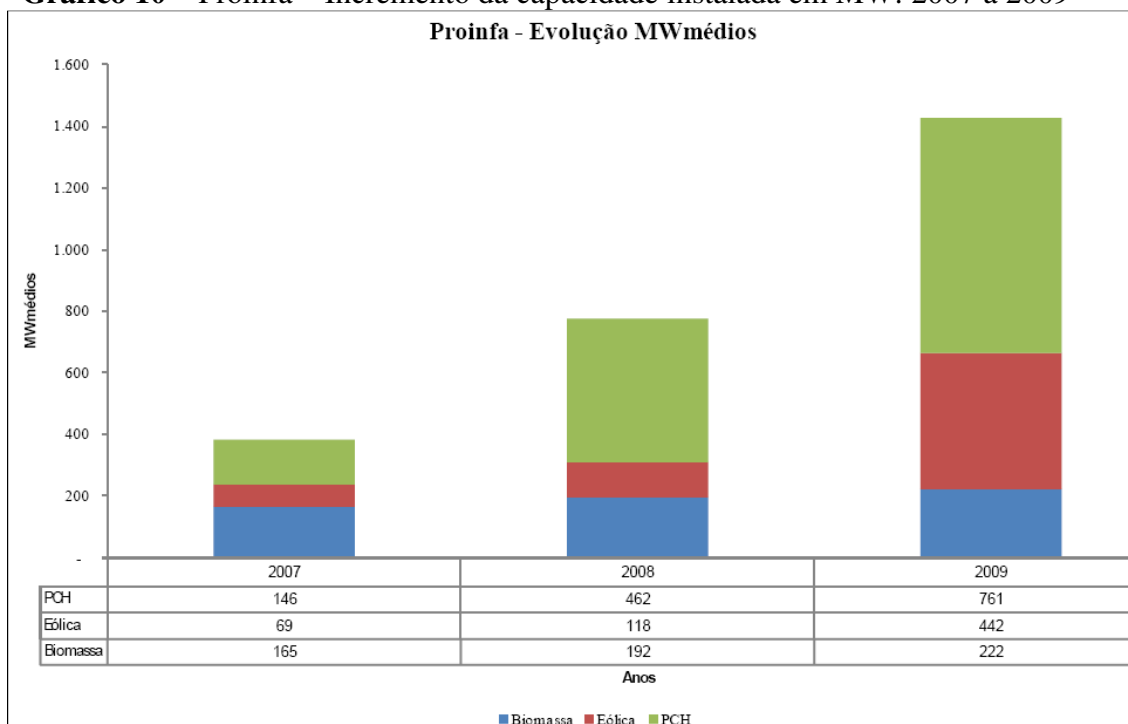
Fonte: Aneel, 2009

Segundo Marcondes et al. (2006), a energia originada dos projetos do PROINFA é rateada entre todos os consumidores de energia do Sistema Interligado Nacional que participam com uma quota de custeio cobrada na conta de energia elétrica.

A energia produzida pelas usinas do Proinfa, o que corresponde a aproximadamente 12.013,12 GWh/ano, ou seja, 3,6% do consumo total anual do país, será adquirida, por 20 anos, pela Eletrobrás. Dos 3.299,40 MW contratados pela Eletrobrás, a divisão corresponde a 1.191,24 MW, cuja origem são 63 PCHs; 1.422,92 MW são de 54 usinas eólicas; e 685,24 MW são de 27 usinas a base de biomassa. (MARCONDES et al., 2006, p.4)

O Gráfico 10 apresenta o cronograma de incremento da capacidade instalada das fontes alternativas de geração de energia originadas dos projetos do Proinfa. Um dos empecilhos para a massificação do uso das energias renováveis é ainda a restrição provocada pelos altos custos de investimento e consequentemente de repasse para os consumidores finais.

Gráfico 10 – Proinfa – Incremento da capacidade instalada em MW: 2007 a 2009



Fonte: Eletrobrás, 2010

Atualmente, estima-se que até o final de 2010, 68 empreendimentos entrarão em operação, o que representa a inserção de mais 1.591,77 MW no Sistema. Serão mais 23 PCH – 414,30MW – 02 usinas de biomassa – 66,50MW – e 43 usinas eólicas – 1.110,97MW. (MME, 2010)

De acordo com a Lei n.º 11.943, de 28 de maio de 2009, o prazo para o início de funcionamento depois empreendimentos do Proinfa encerra em 30 de dezembro de 2010.

Porém, de acordo com Porto (2008), percebem-se, na implantação deste programa, algumas dificuldades. Dentre elas o aporte de capital próprio pelo pequeno empreendedor; alteração da titularidade ou de estrutura acionária dos projetos; a necessidade de revisão de alguns projetos, pelo novo sócio, visando minimizar riscos; prazo incompatível com a capacidade de atendimento pelo parque industrial (2005-2006), em especial para a biomassa; novas exigências na renovação das Licenças Ambientais PROINFA; dificuldades na Declaração de Utilidade Pública para PCH se direito de dispor terra para a eólica; entraves na conexão à rede, em especial na região Centro Oeste; disponibilidade de atendimento da demanda de aerogeradores, pelo mercado nacional, face ao aquecimento do mercado mundial e ao cumprimento do

índice de nacionalização e por fim, o pouco conhecimento de alguns agentes quanto à fonte eólica.

O custo total previsto pela Eletrobrás para o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia será de R\$1.816 bilhão em 2010, segundo Plano Anual do Proinfa (PAP). Do total, as distribuidoras pagarão 1.640 bilhão de reais, as transmissoras pagarão 174.046 milhões e as permissionárias cooperativas 1.960 milhão de reais.

As quotas de custeio representam um custo unitário do Proinfa de R\$5,26/MWh, a ser considerado nas tarifas das distribuidoras. Em 2009, o custo era de R\$4,43/MWh, o que representa um aumento de 18,6%. O aumento pode ser explicado pelo aumento da disponibilidade da energia do programa e atualização dos preços, mas também pela redução do mercado de rateio após a exclusão integral da subclasse residencial baixa renda.

O número de empreendimentos previstos para operar em 2010 dentro do Proinfa, segundo a Eletrobrás, representam um total de 3.137 MW de potência instalada e uma geração prevista de 10.601.823,59/MWh. O PAP também indica a previsão de custos para 2010 associadas a atividades que visam à obtenção de benefícios financeiros proveniente do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). As áreas técnicas da Aneel recomendaram a aprovação de cobertura específica para o desenvolvimento das atividades voltadas à obtenção de créditos de carbono, no valor de R\$ 20,660 milhões.

A tabela 9 apresenta o custo médio da energia a ser faturada por fonte e o custo médio da energia disponibilizada pelo PROINFA em 2010, incluídos no cálculo as parcelas de ajuste, os custos associados ao MDL e o saldo negativo da conta.

Tabela 9 – Custo médio por fonte e do programa em 2010 (R\$/MWh)

Fonte	PAP -2010
PCH	161,21
Eólica	258,62
Biomassa	128,70
Custo Médio Fontes	185,09
Parcela Ajuste	1,01
Custo MDL	1,95
Saldo	-16,76
Custo Programa	171,29

Fonte: Aneel, 2010

Tavares (2008) conclui em seu trabalho que em termos de eólica o Proinfa não atingiu seus objetivos por duas razões. Uma delas seria porque o programa não trouxe mais fábricas para o Brasil e a outra razão, já ultrapassada, pelo fato do PROINFA não ter conseguido completar a cota de energia eólica. As razões para este insucesso estão no fato do sistema ser baseado em cotas e não em preços. Ainda, houve também uma descontinuidade e falta de transparência no programa e por fim, a exclusão de grandes investidores

Em meio a este contexto, era importante que um regulamento estabelecesse que as concessionárias, as autorizadas do serviço público de distribuição de energia do SIN e as permissionárias garantissem, por meio de licitação, o atendimento do mercado nacional. Assim foram criados os leilões de energia. Os leilões de energia ocorrem com periodicidade anual e são subdivididos em duas categorias. Os Leilões de Energia Existente (LEE), que têm por objetivo a venda de energia de empreendimentos existentes cujo investimento inicial em sua construção já tenha sido plenamente amortizado e os leilões de energia nova. Os Leilões de Energia Nova (LEN) se destinam ao atendimento das necessidades de mercado das distribuidoras mediante a venda de energia elétrica proveniente de empreendimentos que, em geral, ainda não iniciaram sua etapa de construção. No próximo tópico que conclui este capítulo serão mostrados os principais resultados do ultimo leilão que aconteceu no final do ano de 2009.

II.3.1. Leilão de energia eólica de 2009

O primeiro leilão de comercialização de energia, realizado na modalidade de reserva, voltado exclusivamente para fonte eólica foi realizado em 14 de dezembro de 2009 pelo Governo Federal. A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) foi o organismo responsável pela realização do leilão. Este resultou na contratação de 1.805,7 MW, a um preço médio de venda de R\$ 148,39/MWh (CCEE, 2010). Foi viabilizada a construção de um total de 71 empreendimentos de geração eólica em cinco estados das regiões Nordeste e Sul. O montante financeiro transacionado em decorrência do leilão alcançará R\$ 19,59 bilhões ao final do período de vigência dos contratos, que é de 20 anos. O preço inicial do leilão foi de R\$ 131/MWh e o preço médio final foi de R\$ 148,39/MWh, o que representou um acréscimo de 13,27%.

A modalidade de reserva se caracteriza pela contratação de um volume de energia além do que seria necessário para atender à demanda do mercado total do país. Os 71 empreendimentos que venderam no leilão assinaram contratos de compra e venda de energia com 20 anos de duração, válidos a partir de 1º de julho de 2012. Um total de 773 aerogeradores serão utilizados nestes 71 empreendimentos (CCEE, 2010).

Tabela 10 – Leilão de Energia de Reserva (Eólica) no ano de 2009

ESTADO	PROJETOS		POTÊNCIA (MW)	
	QUANTIDADE	%	QUANTIDADE	%
Bahia	18	25,4	390	21,6
Ceará	21	29,5	542,7	30
Rio Grande do Norte	23	32,4	657	36,4
Rio Grande do Sul	8	11,3	186	10,3
Sergipe	1	1,4	30	1,7
Total Brasil	71	100	1.805,7	100

Fonte: EPE, 2010

A tabela 10 mostra o destaque da região nordeste para os projetos licitados, com destaque para o estado do Rio Grande do Norte. Até agora existem no Brasil 36 usinas geradoras de energia eólica em operação que somam 602 MW (CRESESB e CEPEL, 2010).

Os resultados do leilão sinalizam que a energia eólica tem excelentes oportunidades no Brasil quando se têm preços competitivos e com melhores preços, consequentemente, novos leilões.

A matriz elétrica brasileira está passando por um processo acelerado de transição, de evolução, onde se faz cada vez mais necessário selecionar criteriosamente os empreendimentos futuros. Assim, o mecanismo de contratação via leilões, devem ajustar-se às necessidades correntes da matriz, como foi aqui argumentado, se adequando às mudanças em curso e às especificidades técnico-econômicas do sistema como um todo. (CASTRO et al., 2009, p.29)

Castro et al. (2010), apresentam uma perspectiva para o custo da energia eólica comparando o Brasil a outros países. Segundo os autores, até o leilão de dezembro de 2009, os fatores que determinavam o custo da energia eólica no Brasil tinham como

resultados valores em que os custos dos investimentos na implementação de um parque eólico no Brasil eram superiores a investimentos de mesma natureza em países como EUA, China e Alemanha. Os autores concluem que os valores apresentados para os MWs provenientes das usinas eólicas foram muito bons graças a quatro variáveis a partir leilão. Em primeiro lugar coube apenas ao empregador definir os sítios para a construção dos parques eólicos, cabendo a eles a escolha das regiões geográficas mais eficientes. Em segundo, algumas vantagens tributárias de âmbito federal, estadual e municipal foram obtidas. A terceira variante foi a conquista de novas linhas de financiamento que, somadas as linhas de crédito oferecidas pelo BNDES promoveram a redução do custo dos financiamentos. Por fim, a quarta variante foi a consolidação do marco regulatório e institucional do setor elétrico, expressa em regras consistentes, transparentes e duradouras.

Até antes do leilão de dezembro de 2009, cálculos realizados pelo GESEL, estimavam uma tarifa minimamente competitiva em torno dos US\$ 119,00 por MW, enquanto que tarifa média era de US\$ 80,00 nos EUA e de US\$ 137,00 na China. (CASTRO et al., 2009, p.39).

CAPÍTULO III – A ENERGIA EÓLICA ENTRE AS ALTERNATIVAS NO CASO BRASILEIRO

A característica que faz com que o sistema elétrico brasileiro atenda a toda demanda anual por eletricidade através de sua base hídrica é a construção de um sistema elétrico baseado em grandes reservatórios. Assim, toda a água que é anteriormente reservada na época de cheia dos rios, no período seco do ano é disponibilizada para as turbinas que geram energia elétrica disponibilizando-a no SIN. Porém, dois fatores funcionam como entraves para a expansão deste recurso. Um deles é a limitação geográfica uma vez que as regiões de planalto já foram quase que totalmente exploradas e as regiões ainda disponíveis estão em lugares baixos e planos, o que não é recomendado para a construção de uma usina hidrelétrica. Outro fator é o ambiental que restringe a construção de novas usinas e até mesmo limita a expansão da capacidade das usinas já em operação. A matriz elétrica brasileira passa por uma transição na qual a nova configuração exigirá do sistema novas fontes de geração que operem na base do sistema no período seco. Neste contexto, a questão que se coloca é quais as fontes terão caráter prioritário neste papel de complementariedade na base. Essas fontes ainda devem ter flexibilidade limitada em termos técnicos e reduzido custo variável e a energia eólica cumpre com este papel.

Nesta parte do trabalho, serão apresentadas as principais fontes de geração de energia elétrica que compõem a matriz brasileira. Desta maneira, será mostrado como cada fonte de energia participa da matriz elétrica. Será discutido o motivo que faz a geração hídrica ser a mais vantajosa para o Brasil. Ainda rapidamente, será feita uma breve análise das fontes convencionais de obtenção de energia elétrica, como a energia gerada a partir do gás natural, da utilização do carvão, das usinas nucleares, da biomassa e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). A energia eólica será o destaque desta análise no qual os dois itens finais do capítulo são dedicados a discussão dos seus entraves e possibilidades.

III.1. A eletricidade a partir das hidrelétricas e das outras fontes que compõem a matriz

Segundo dados da ONS (2010), os recursos hídricos foram responsáveis, em média, por 90% da geração de energia elétrica entre os anos de 2003 e 2008. Não é difícil justificar esta preponderância no caso brasileiro.

Por conta da sua hidrografia e relevo, o Brasil possui uma das maiores capacidades de produzir hidroeletricidade do mundo. Segundo o IEA (2009) o Brasil ocupa o segundo lugar com a produção de 374 TWh, o que representa 11,7% da produção mundial de energia hidroelétrica. A China ocupa o primeiro lugar com 15,3%. A capacidade instalada nacional também é uma das maiores do mundo – 73 GW, ficando atrás apenas da China e Estados Unidos. Porém, apesar dessa preponderância, o que se tem percebido é que a produção relativa de energia elétrica com esta fonte geradora vem diminuindo.

Refletindo as condições hidrológicas observadas no início de 2008, que impuseram esquemas operativos orientados a manter níveis estratégicos de armazenamento nos reservatórios do país, a energia hidráulica teve sua participação na matriz energética reduzida em mais de um ponto percentual. No acumulado do ano, a participação desta fonte caiu para 13,8%. (BEN, 2009, p.9)

No Brasil, um exemplo de geração de energia dentro do parque hídrico que difere das Usinas Hidrelétricas de grande porte que causam fortes impactos ambientais, são as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). São usinas de pequeno porte cuja capacidade instalada opera entre 1MW e 30 MW e seu reservatório de operação compreende uma área de até três quilômetros quadrados. São mais comumente instaladas em rios de pequenos e médios portes que possuam desníveis significativos ao longo de todo o seu percurso, gerando potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas. Geralmente são instalações que causam impactos ambientais menores em comparação à construção das usinas hidrelétricas de grande porte. Como não há controle e regulação do nível e fluxo de água, a principal desvantagem das PCH's é a ociosidade das turbinas em períodos de seca e o não aproveitamento do fluxo total de águas que passam pela turbina em épocas de cheia. Em uma Usina Hidrelétrica de Energia (UHE) este tipo de problema não acontece uma vez que o nível de água nos reservatórios pode ser controlado de forma a diminuir a ociosidade ou os desperdícios de água. Isto faz com

que o custo da energia produzida por uma PCH seja mais alto do que a energia produzida por um UHE.

Segundo dados da ANEEL (2010), o que faz esta opção ser vantajosa é que a energia gerada nas PCH's entra no sistema de eletrificação, sem que o empreendedor pague as taxas pelo uso da rede de transmissão e distribuição. E ainda, elas são isentas de recompensar o Estado e os municípios pelo uso dos recursos hídricos. A tabela 11 mostra a variação percentual do uso das principais fontes que compõem a matriz elétrica nacional.

Tabela 11 – Participação das principais fontes na oferta de energia elétrica no Brasil

FONTES	2008	2007
TOTAL	454,5	445,0
Energia Não Renovável	14,6%	10,8%
Gás Natural	6,6%	3,5%
Derivados de Petróleo	3,3%	3,0%
Nuclear	3,1%	2,8%
Carvão e Derivados ¹	1,6%	1,5%
Energia Renovável	85,4%	89,2%
Hidráulica	80,0%	84,0%
Biomassa ²	5,3%	5,1%
Eólica	0,1%	0,1%

¹ Inclui gás de coqueria
² Inclui lenha, bagaço de cana, lixo e outras recuperações

Fonte: BEN, 2009.

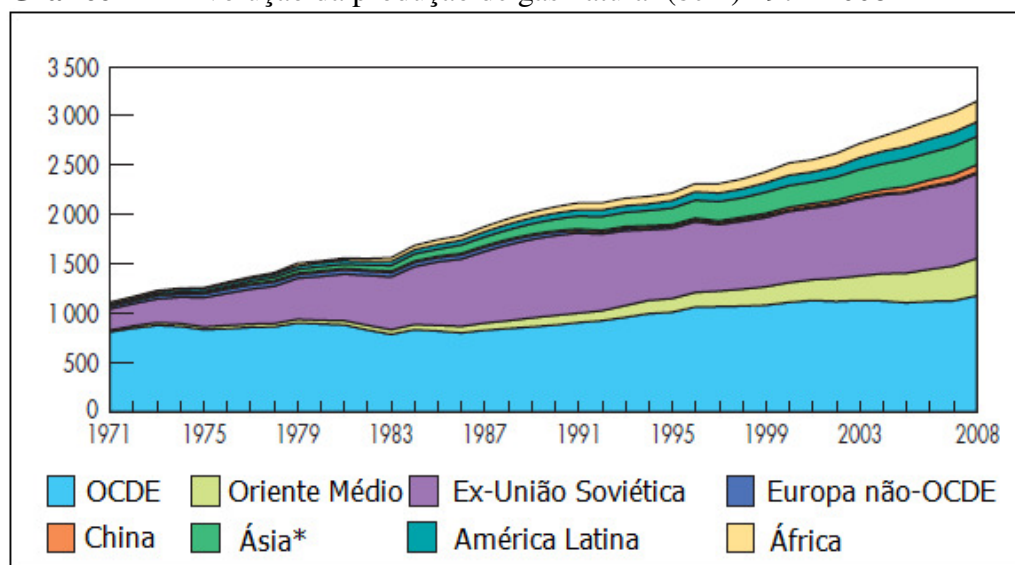
III.1.1. Geração de energia com o gás natural

O gás natural é um combustível fóssil e não renovável. Porém, ele possui algumas barreiras como o alto investimento em transporte, principalmente na viabilização de gasodutos para longas distancias. As usinas termelétricas, as grandes indústrias e também setores de comércio, serviços e domicílios são os grandes usuários do gás natural.

No mundo, o gás natural apresenta grandes variações no preço devido a questões ligadas ao fornecimento e infra-estrutura. Uma questão importante é dimensionar a demanda por esta fonte não renovável de energia. O gráfico 11 mostra a evolução da produção de gás natural no mundo. Segundo dados do IEA (2009), em 1971 a produção

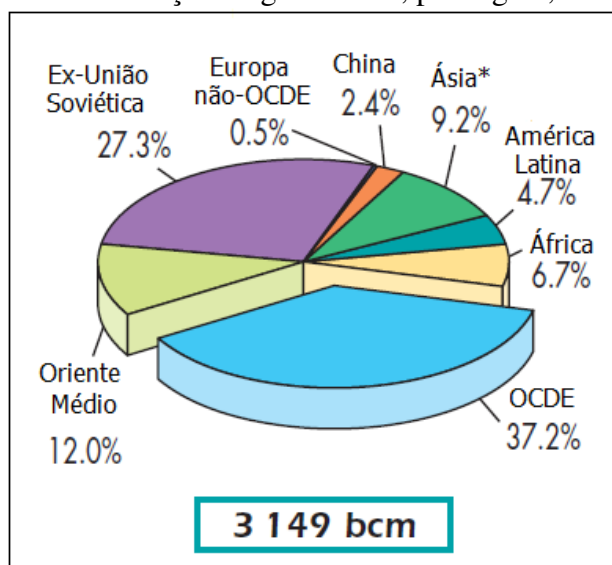
de gás natural era de 1126 milhões de metros cúbicos de gás. Em 2008 essa produção foi de 3149 milhões de metros cúbicos. A Federação Russa, os Estados Unidos e o Canadá são os maiores produtores de gás natural do mundo sendo suas produções de 20,9%, 18,5% e 5,5%, do total da produção mundial, respectivamente. A Federação Russa também é a maior exportadora (196 bcm); em segundo e terceiro lugares estão a Noruega (96 bcm) e o Canadá (88 bcm). Já os três maiores importadores de gás natural são: Japão (95 bcm), Estados Unidos (84 bcm) e Alemanha (79 bcm).

Gráfico 11 – Evolução da produção de gás natural (bcm) 1971-2008



FONTE: IEA (2009) *Exceto a China

Gráfico 12 – Produção de gás natural, por região, em 2008 (%)

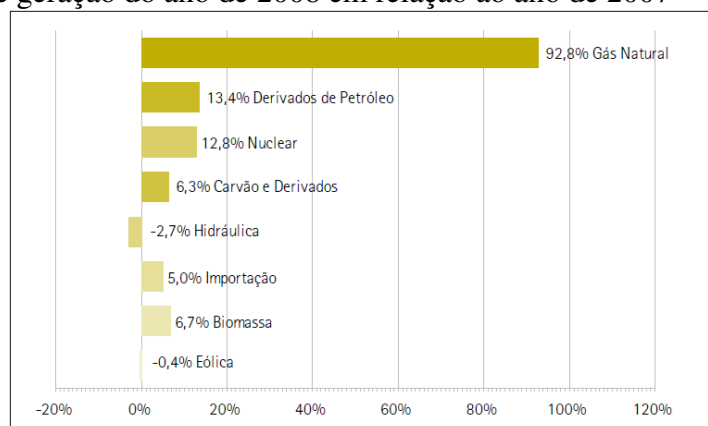


FONTE: IEA (2009) *Exceto a China

A história do gás natural no Brasil começou por volta dos anos 40 com as descobertas de óleo e gás na Bahia. No período de 1980-1995 as reservas provadas praticamente quadruplicaram com a descoberta da bacia de Campos, no estado do Rio de Janeiro. O gasoduto Brasil-Bolívia entrou em operação no ano de 1999. Houve em decorrência deste fato um expressivo aumento da oferta de gás natural no país que somados aos baixos preços praticados resultaram em um aumento do uso do gás natural. Naquela época em questão o gás natural chegou a representar 10% da composição da matriz energética nacional. Hoje a participação do gás natural, na matriz energética, também tem aumentado: “O crescimento na participação do gás natural na matriz energética nacional, em um ponto percentual, atingindo 10,3%, é um dos destaques entre os resultados apurados em 2008”. (BEN, 2009, p.9)

Em relação à matriz elétrica nacional, Castro e Timponi (2009) afirmam que a Petrobrás é obrigada pela ANEEL a manter condições e posições de oferta garantida para geração térmica a um volume próximo do que é importado da Bolívia, 28,4Mmcd. Porém, devido às condições favoráveis da bacia hidrográfica brasileira aquele volume não é totalmente consumido. Assim, ter este volume apenas como reserva seria muito conveniente para o setor elétrico. Este é, portanto, um dos principais entraves para a ampliação do uso do gás natural na matriz elétrica nacional. A indústria de gás trabalha com prazos e quantidades. Desta maneira eles afirmam que, devido à transição de uma matriz hidro para uma matriz hidrotérmica, o gás natural só poderia ter sua participação ampliada na matriz elétrica caso houvesse uma reavaliação do atual formato de contratação que exige a contratação de grandes volumes para *stand by*. O gráfico 13 mostra como foi a variação, no último ano, no incremento de energia elétrica por fonte de geração.

Gráfico 13 – Variação, em %, da oferta de energia elétrica das principais fontes de geração do ano de 2008 em relação ao ano de 2007



Fonte: BEN, 2009.

No ano de 2007 a produção de energia elétrica a partir do gás natural foi 15,5 TWh. Em 2008 essa produção quase que dobrou chegando a 29,9 TWh produzidos e a sua participação na matriz elétrica nacional passou de 3,5%, no ano de 2007, para 6,0% no ano de 2008.

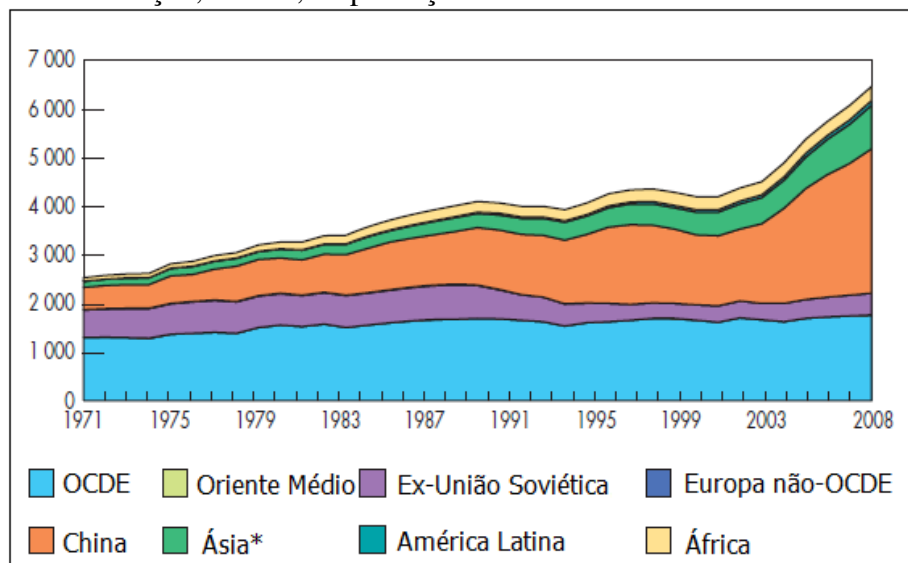
O aumento da oferta de gás natural oriunda do pré-sal também é um ponto importante. Localizado nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santos estima-se, de acordo com estudos da PETROBRÁS, que a camada do pré-sal contenha o equivalente a cerca de 1,6 trilhão de metros cúbicos de gás e óleo. O número supera em mais de cinco vezes as reservas atuais do país. Só no campo de Tupi (porção fluminense da Bacia de Santos), haveria cerca de 10 bilhões de barris de petróleo, o suficiente para elevar as reservas de petróleo e gás da Petrobras em até 60%. A grande polêmica está justamente na tecnologia que será necessária para a extração.

Em relação aos resultados dos leilões de gás natural que já foram acordados, o governo anunciou que serão garantidos. Porém, não haverá mais concessão de novos blocos à iniciativa privada ou à Petrobrás na área do pré-sal. Ao invés disso, será adotado o regime de partilha de produção, com a criação de uma empresa estatal, mas não operacional, para gerir os contratos de exploração. Acredita-se que, somente por volta de 2016, estas reservas estejam sendo exploradas em larga escala. Enquanto isso, o governo brasileiro começa a discutir o modelo de exploração que será aplicado.

III.1.2. Geração de energia com o carvão mineral

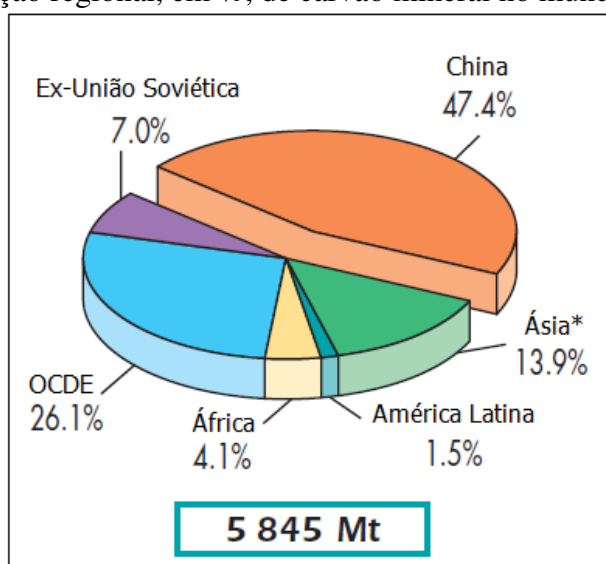
A produção mundial de carvão mais que dobrou nos últimos 35 anos. Em 1973 a produção de carvão mineral era de 2235 milhões de toneladas/ano. Neste mesmo espaço de tempo percebeu-se também que a participação, em porcentagem, de carvão mineral na matriz energética permaneceu quase que a mesma. A China é o maior produtor mundial de carvão mineral. Em 2008 a sua produção foi de 2761 milhões de toneladas. O gráfico 14 mostra a evolução mundial da produção de carvão mineral.

Gráfico 14 – Evolução, em Mt, da produção do carvão mineral no mundo: 1971 - 2008



FONTE: IEA (2009) *Exceto a China

Gráfico 15 – Produção regional, em %, de carvão mineral no mundo em 2008



FONTE: IEA (2009) *Exceto a China

O carvão mineral forneceu, em 2007, 41,5% da eletricidade do mundo (IEA, 2009). Os primeiros aproveitamentos do carvão mineral para a geração de energia elétrica no Brasil datam de fins dos anos 1950, em decorrência da sua substituição por óleo diesel e eletricidade no setor do transporte ferroviário. As maiores reservas conhecidas estão concentradas nos três estados da região sul do país que juntas somam 99,97% dos recursos deste fósil no Brasil.

No âmbito mundial, apesar dos graves impactos sobre o meio ambiente, o carvão ainda é uma importante fonte de energia. As principais razões para isso são as seguintes: i) abundância das reservas; ii) distribuição geográfica das reservas; iii) baixos custos e estabilidade nos preços, relativamente a outros combustíveis. (ANEEL, 2010)

A abundância das reservas de carvão e o desenvolvimento de tecnologias de “limpeza” e combustão eficiente, conjugados à necessidade de expansão dos sistemas elétricos e restrições ao uso de outras fontes, indicam que o carvão mineral continuará sendo uma fonte de geração de energia elétrica no Brasil.

III.1.3. Geração de energia nuclear

Percebe-se até aqui que não se deve vincular a matriz energética de um país a apenas uma única fonte de geração de energia. Este é um conceito moderno de planejamento energético em longo prazo.

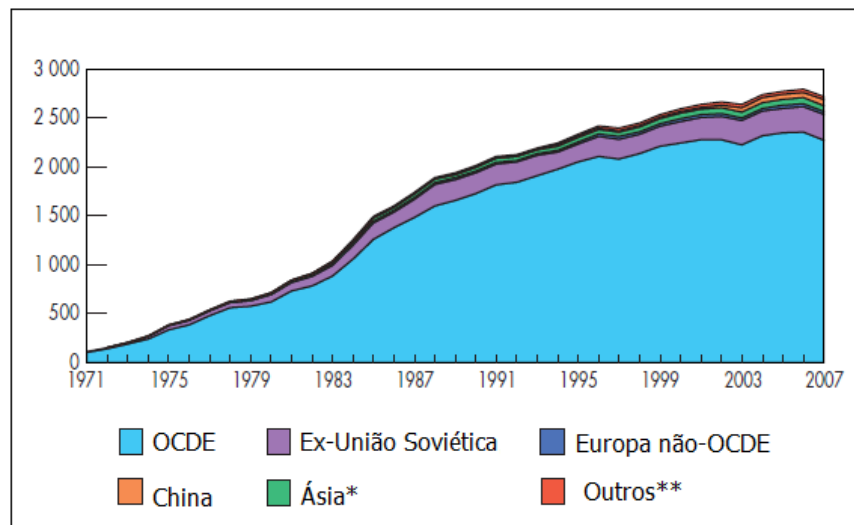
A fissão nuclear é considerada como uma energia não-renovável porque ela utiliza o urânio, que é um recurso não renovável, como combustível. No caso brasileiro, este urânio é enriquecido e para isso é necessário tecnologia. Uma das vantagens das usinas nucleares é que elas não emitem gases poluentes. Outra vantagem é que as usinas podem ser instaladas mais próximas dos centros consumidores. Dessa forma diminui-se a extensão das linhas de transmissão, minimizando conseqüentemente as perdas ao longo dessas linhas.

A evolução da matriz elétrica brasileira passa, obrigatoriamente, pela necessidade de construção de novas usinas nucleares, em razão de duas questões fundamentais na agenda de hoje em dia, tanto do país quanto de âmbito global: (a) uma questão decorrente das características operativas das centrais nucleares, basicamente em função de operar de forma inflexível, contribuindo decisivamente para mitigar o risco hidrológico estrutural que o sistema elétrico brasileiro detém. Entenda-se aqui o termo “operar de forma inflexível” como uma usina que opera “na base” da curva de carga da demanda no Sistema Interligado Nacional (SIN). Ou seja, as usinas nucleares não são feitas para “perseguir” a modulação diária da curva de carga (papel que cabe às hidrelétricas); (b) outra questão decorrente da contribuição formidável para a mitigação do aquecimento global, pois centrais nucleares emitem zero de gases de efeito estufa. (THOMÉ et al., 2009)

Porém, este tipo de obtenção de energia apresenta algumas desvantagens, como por exemplo, o alto investimento para a construção de uma usina eletrônica. Outra desvantagem é a estocagem dos rejeitos dos combustíveis utilizados nas usinas, que embora em pequenas quantidades, apresentam um alto grau de radiação. No Brasil, os rejeitos das usinas nucleares são estocados em áreas específicas, junto às usinas. Esta estocagem é feita em tambores especiais.

Abaixo, o gráfico 16 mostra a evolução do uso deste tipo de geração:

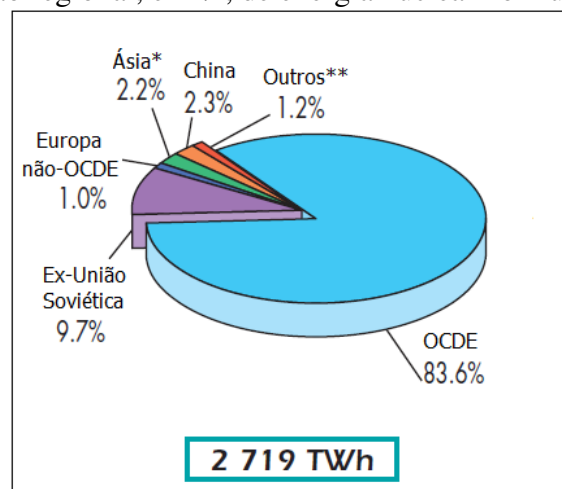
Gráfico 16 – Evolução da produção, em TWh, de energia nuclear no mundo: 1971 – 2007



FONTE: IEA (2009) *Exceto a China

Em 1973 a produção mundial de energia nuclear era de apenas 203 TWh, em 2007 a produção foi de 2719 TWh, de acordo com os dados obtidos no IEA (2009).

Gráfico 17 – Produção regional, em %, de energia nuclear no mundo em 2007



FONTE: IEA (2009) *Exceto a China

Para muitos estudiosos haverá uma redução na capacidade de expansão das usinas nucleares em longo prazo causadas por pressões políticas, sociais e econômicas. Porém, houve uma reforma nos programas nucleares em alguns países como os EUA e alguns países da Europa. Isso na medida em que os combustíveis fósseis ficam mais caros e também fatores ligados ao aquecimento global e poluição.

Levando em conta aspectos de segurança econômica e energética, a energia nuclear é uma das alternativas para o Brasil dentro do quadro de geração elétrica. O Brasil é dotado de cerca de 6% das reservas mundiais de urânio, o que coloca o país em uma posição favorável para o desenvolvimento da energia nuclear. E é o que está acontecendo.

III.1.4. A bioeletricidade sucroenergética

A inserção da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira justifica-se basicamente pela soma de dois fatores. Uma é por ela ser uma energia renovável, outra por oferecer externalidades sócio-econômicas positivas. Desta forma, trata-se de uma energia renovável, sustentável ambientalmente e que poderá contribuir ainda mais para a segurança do suprimento a custos competitivos.

Devido à predominância da hidroeletricidade, a principal razão para a promoção de fontes de energia alternativas e renováveis na matriz elétrica brasileira é nitidamente distinta daquelas verificadas nos países ricos e emergentes como China e Índia. No Brasil a bioeletricidade sucroenergética e a energia eólica devem ser contratadas essencialmente por serem complementares à geração hídrica ao longo do ciclo anual úmido e seco e, desta forma, tendendo a desempenhar uma função estratégica e relevante na garantia do suprimento de energia elétrica, notadamente no período seco do ano (CASTRO et al., 2010).

A bioeletricidade sucroenergética é produzida através de co-geração, utilizando como insumo o bagaço da cana, indicando assim que o custo variável para a produção da bioeletricidade é zero. A utilização da biomassa residual da produção de etanol e de açúcar como combustível para produção de energia térmica, mecânica e elétrica permite suprir 98% da energia requerida para o funcionamento da usina. Este fato indica e determina uma vocação intrínseca para a produção de energia elétrica para auto-consumo e com grande potencial para “exportação”. Desde a origem da indústria sucroenergética, grande parte do potencial energético do bagaço de cana não foi

aproveitado, na medida em que não havia um marco institucional que viabilizasse a comercialização da energia excedente. Esta restrição institucional não estimulou investimentos em tecnologias que estimulassem a geração de energia elétrica acima das necessidades do consumo para o funcionamento da usina.

Produtos da cana de açúcar (etanol, bagaço, caldo e melaço para fins energéticos) também ampliaram sua fatia na matriz, para 16,4%, crescendo meio ponto percentual em relação a 2007. Com isso, a cana-de-açúcar consolidou a segunda posição entre as principais fontes de energia primária no Brasil, atrás apenas do petróleo e seus derivados. (BEN, 2009, p.9)

As tecnologias de conversão de biomassa para a energia elétrica têm sofrido grande investimento em P&D para se tornarem competitivas com as usinas convencionais movidas aos derivados de petróleo, gás natural e carvão. Desta forma, muitos sistemas de co-geração utilizam resíduos de biomassa como combustível e vendem os excedentes de energia.

O Proinfa, Leilões de Energia Nova, de Fontes Alternativas, e, sobretudo o de Energia de Reserva contrataram bioeletricidade, na maior parte pertencente a novas usinas sucroenergéticas, que são projetadas com unidades de co-geração integradas. No entanto, ainda há um grande potencial de geração de bioeletricidade nas usinas de cana mais antigas, chamadas *retrofits*, que ainda não foram devidamente exploradas, representando uma reserva de energia elétrica à disposição do Sistema Energético Brasileiro (CASTRO et al., 2010).

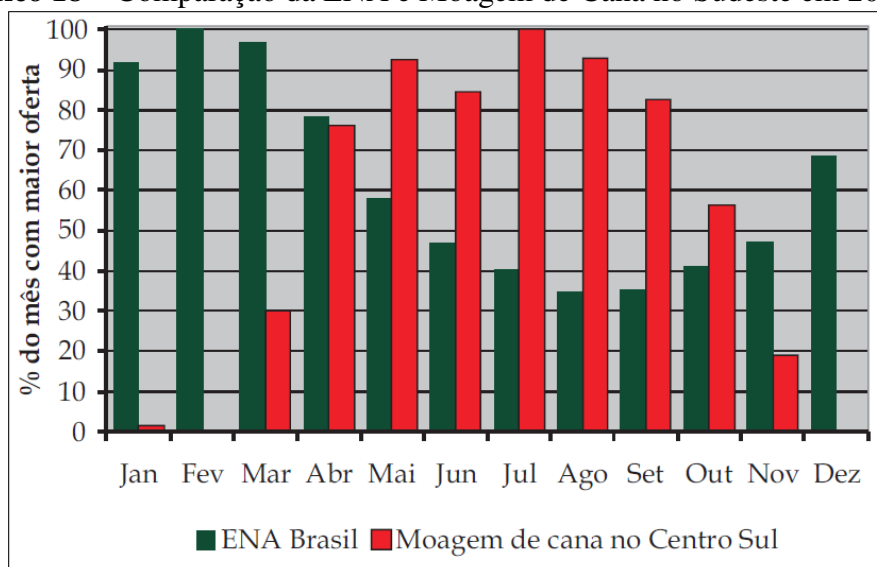
Segundo Castro et al. (2010) há uma oferta substancial deste tipo de energia que pode se materializar em poucos anos, dependendo de várias condicionantes, sendo os mais relevantes o preço teto praticado nos leilões e ações que possam reduzir os custos da modernização e produção da energia elétrica.

Dados da União da Indústria de Cana de Açúcar e da Associação Paulista de Co-geração de Energia, mostram que em 2009 o potencial de mercado da bioeletricidade tiveram garantidos 1.800 MW médios, com uma capacidade instalada de 3600 MW, já descontadas limitações de ordem técnico-econômica e ambiental a que estão sujeitos alguns empreendimentos sucroalcooleiros.

A bioeletricidade é complementar ao parque hídrico pelo fato da safra sucroenergética ocorrer entre os meses de Maio e Novembro, período seco na Região Centro Sul onde estão localizados 70% da capacidade dos reservatórios brasileiros. O

gráfico 18 mostra um comparativo entre a Energia Natural Afluyente (ENA), que é conceituada pela energia hídrica que corre pelos rios e têm aproveitamento energético, e a produção de energia sucroenergética da região centro Sudeste do Brasil. As duas séries de dados foram colocadas na mesma escala e o gráfico evidencia a complementaridade das duas fontes de energia. Percebe-se que amoagem de cana se concentra nos meses de baixas afluições. Esta irregularidade atinge valor superior a 89 mil MWmed no mês de Fevereiro em contraste com os reduzidos 30 mil MWmed no mês de Setembro.

Gráfico 18 – Comparação da ENA e Moagem de Cana no Sudeste em 2008



Fonte: Única e ONS, 2009³

O principal empecilho para a massificação do uso das energias renováveis é ainda a restrição provocada pelos altos custos de investimento e, conseqüentemente, de repasse para os consumidores finais. Porém, percebe-se que houve aumento significativo da participação da energia eólica entre as opções disponíveis e viáveis economicamente.

Na seção a seguir serão discutidas as principais dificuldades da implantação da energia eólica no Brasil.

³ Retirado do texto de discussão de Castro et all. Oportunidades de Comercialização de Bioeletricidade no Sistema Elétrico Brasileiro.

III.2. Entraves ao uso da energia eólica

O custo da energia eólica no Brasil é a principal questão que se coloca como problema para a opção da inserção desta fonte de geração na matriz elétrica nacional no período seco. Além do preço, existem outros fatores a serem observados que o antecedem. Deve-se observar a metodologia usada para a obtenção de energia nova. É necessário analisar a cadeia produtiva da indústria de bens de capital, principalmente a indústria de aerogeradores, criando novas condições para a inserção da energia eólica na matriz energética condizente com o potencial nacional.

Os benefícios da inserção da energia eólica para a segurança da matriz elétrica brasileira, devido à sua complementariedade com o regime hídrico, e para a manutenção do caráter limpo e renovável da matriz energética brasileira são indiscutíveis. Contudo, não se pode ignorar nesta análise o eventual impacto que a contratação de grandes montantes de energia eólica pode ocasionar no nível tarifário brasileiro, o que é conflitante com a necessidade de modicidade tarifária (DANTAS e LEITE, 2009).

O problema logístico de implementação de projetos para esta natureza também é um dos fatores que freiam as possibilidades. No Nordeste, por exemplo, região com o maior potencial eólico do país, as estradas são precárias, falta infraestrutura. Há ainda problemas ligados a indústria de aerogeradores. Há um número restrito de ofertantes nacionais e existem restrições a importação deste tipo de equipamento.

O Nordeste brasileiro é uma das regiões mais ricas em ventos do país:

Há um aspecto estratégico relevante em favor da energia eólica no Nordeste: os períodos de seca, quando os reservatórios das barragens estão em seu nível mais baixo, coincidem com o período de maior incidência e intensidade de ventos. Com isso, há uma complementaridade quase perfeita entre as fontes eólica e hidrelétrica, garantindo o suprimento de energia contínuo e confiável na região durante o ano inteiro. (COSTA et al., 2009, p.261)

Problema maior, portanto, não está apenas construção física do parque eólico. Este se caracteriza por ser um custo direto. Existem custos relacionados à localização dos sítios e a intermitência de ventos nessas regiões. Estes são classificados como custos indiretos da produção e junto a estes estão também custos da mesma natureza relacionados à geração, transmissão e distribuição da energia. O que diminuiria estes custos indiretos seria um planejamento melhor elaborado e dedicado a energia eólica.

Como existem barreiras à entrada de turbinas eólicas no Brasil, as empresas acabam cobrando preços além daqueles que seriam competitivos. A solução para este problema seria o incentivo à concorrência neste setor. Esta é uma das explicações do porque o preço da energia eólica ainda é tão cara no Brasil em comparação com outros países na qual ela já é competitiva com outras formas de energia.

Castro et al (2010) citam em seu trabalho expressivos desafios para que o Brasil tenha um parque eólico minimamente compatível com o potencial desta fonte de energia elétrica e também que seja complementar na matriz. O primeiro desafio é que a ampliação da série histórica do Brasil seja aumentada. O Brasil tem sua medição de ventos iniciadas só a partir da década de 1970, é um período curto e é necessário um intervalo de tempo maior para que os resultados sejam confiáveis. O segundo desafio é a revisão do Atlas Eólico Brasileiro existente hoje, validado para o período de 1983 a 1999, na qual neste constam medições em torres de 50m. Os aerogeradores mais recentes têm um potencial eólico superior a 300GW e o funcionam num regime de ventos a 100m de altura. O terceiro desafio é falta de experiência dos empreendedores brasileiros, uma vez que o aprendizado implica na redução de custos e incertezas. Castro et al (2010) faz perceber em sua análise que os ganhos de escala e as economias de aprendizado que tem origem na expansão de geração eólica no mundo nos últimos anos faz diminuir o custo médio por kW instalado. Por último, é importante evitar leilões de energias genéricos e optar por leilões específicos para energia eólica.

III.3. Possibilidades do uso da energia eólica

Mesmo com um grande volume de ventos, o Brasil ainda apresenta uma evolução discreta na utilização do seu potencial de geração. Este fato demonstra que o planejamento energético nacional de longo prazo tem sido um desafio na pauta dos governos. É necessário que existam novas fontes para o suprimento de energia devido a uma crescente demanda de insumo energético.

A concorrência mundial na indústria de aerogeradores é a solução para a viabilização da energia eólica. É um fator necessário para que não exista abuso na cobrança de tarifas feitas pelas firmas, sendo necessário, portanto, analisar as condições de oferta de aerogeradores no Brasil.

A indústria mundial de aerogeradores se caracteriza por uma estrutura oligopolizada, com os quatro maiores grupos – Vestas, GE Wind, Gamesa e Enercon possuindo uma participação de mercado acima de 70%. O mais relevante é que estes grupos possuem, de fato, poder de mercado baseado nas economias de escala da indústria, nas vantagens absolutas de custo e na diferenciação de produto em uma indústria onde as economias de aprendizado são de grande relevância (CASTRO et al., 2010, p.34).

De acordo com os estudos de Dantas e Leite (2009), a concorrência na indústria de bens de capital de fabricantes que estabelecem suas fábricas em território nacional é o principal viabilizador para garantir a baixa do preço do repasse do valor da energia eólica aos consumidores finais. A questão levantada pelos autores é a maneira correta que essa competição deveria acontecer. Isto pelo fato de sermos um país em desenvolvimento necessitado de preços competitivos para todo o tipo de geração de energia. A resposta dada por eles é que deve existir uma política de desoneração tributária sobre a cadeia produtiva de aerogeradores nacionais. Isto garantiria, entre outras coisas, uma concorrência onde o preço de equilíbrio seria mais condizente com a modicidade tarifária, além de ser um mecanismo de atração de outros fabricantes de turbinas eólicas.

Outro ponto de vista defendido pelos autores é que políticas públicas de concessão de crédito a projetos inovadores sejam revistos. Segundo eles, numa visão schumpeteriana, a inovação tecnológica pode transformar a estrutura de barreiras à entrada em mola propulsora de mudanças ou até mesmo na extinção a essas barreiras.

De fato, o incentivo governamental é a forma mais adequada e eficiente para o aumento da inserção da energia eólica, e de outras novas renováveis, na matriz elétrica brasileira. Em verdade, ao contrário da agenda neoliberal de 1990, a agenda atual é direcionada pelo aumento da participação das fontes de energia renováveis da matriz energética. E este aumento é condicionado por maior participação do Estado na definição dos rumos do setor energético como um todo. Neste sentido, uma complexa rede de subsídios, programas e políticas encontra-se em curso (DANTAS & LEITE, 2009, pág. 3).

Esta percepção também é discutida por Castro et al (2010), na qual os autores citam algumas medidas adotadas com sucesso por alguns países e que se encaixariam como lição para o modelo brasileiro. Dentre elas: o estabelecimento de metas para a contratação de energia eólica; a adoção de uma política *feed in* sendo esta mais eficiente quando associada a um instrumento competitivo de contratação, a políticas de atração

de firmas estrangeiras de maneira que estas políticas não limitem o acesso a novas tecnologias ou causem impactos abusivos nas tarifas praticadas ao consumidor final; por último, o emprego dos recursos arrecadados com a tributação de equipamentos importados em P&D de aerogeradores eólicos.

Os métodos *feed in* são essenciais para promoção de fontes alternativas e renováveis de energia porque garantem a criação de mercado para estas fontes, enquanto que políticas exclusivas pelo lado da oferta podem não se mostrar suficientemente eficazes na ausência de uma demanda que garanta a comercialização da energia gerada a partir destas fontes (CASTRO et all., 2010, pág.44).

Uma possibilidade para que os investimentos em P&D tivessem uma maior promoção seria a parceria entre os investidores, empresas estrangeiras e centros universitários.

A opção por políticas públicas baseadas na desoneração tributária dos produtores locais é outra alternativa compatível com um dos fundamentos do setor elétrico brasileiro implementado a partir de 2004, a busca pela modicidade tarifária. Em Castro et all. (2010), os autores explicam que esta é uma maneira pela qual se garantiria a competição com base no menor custo de fatores. O principal objetivo é atrair novas fábricas para o Brasil, mas com a certeza da contratação contínua de energia eólica para os próximos anos. Essa preocupação da contratação de energia ficou clara a partir do Leilão de Energia Eólica de 2009 quando algumas empresas estabeleceram seus planos.

Uma grande vantagem do Brasil em relação aos demais países, principalmente os sul-americanos, na decisão das empresas estrangeiras em instalarem suas fábricas de aerogeradores ou parques eólicos é a existência de linhas de financiamento de longo prazo oferecidas pelo BNDES. De acordo com Costa et all (2009), o BNDES pode atuar de diversas formas e o apoio as exportações seria a meta-chave da política de desenvolvimento produtivo. Isso decorre da percepção de que a demanda doméstica de aerogeradores e componentes é ainda baixa e inconstante. Além da exportação, dois outros produtos são disponibilizados visando o estímulo da produção de bens de capital. O FINEM tem o objetivo de apoiar os investimentos para o aumento da capacidade e construção de novas plantas de maneira que a participação de fornecedores nacionais de equipamentos, materiais e serviços vinculados seja ampliada. E o FINAME tem o objetivo de financiar a venda de máquinas e equipamentos produzidos. Outro produto atende as empresas responsáveis pela geração, transmissão e distribuição de energia

elétrica. São linhas de créditos especiais que apóiam a instalação de 300MW, já contratadas, aprovadas e enquadradas, em capacidade eólica no país.

O BNDES cumpre um importante papel de fortalecimento da demanda interna por aerogeradores e adensamento da cadeia do setor eólico, contribuindo ativamente para a geração de emprego e renda no país (COSTA et al., 2009, pág. 274).

Desta maneira, políticas que promovam a redução do custo de aerogeradores são essenciais para diminuição do preço da energia eólica, principalmente em um país como o Brasil, onde políticas de longo prazo que busquem reduzir o custo final de repasse aos consumidores tornando-a tão competitiva quanto às outras opções existentes na matriz energética brasileira contribuindo, assim, para um desenvolvimento sustentável.

CONCLUSÃO

As análises demonstram que o mundo caminha em direção ao aumento da demanda por energia e diminuição dos seus recursos naturais disponíveis em decorrência do processo evolutivo do desenvolvimento, da economia e da ciência. Neste contexto a oferta de energia ganha um importante destaque porque sem energia não há crescimento e muito menos desenvolvimento. A necessidade de buscar alternativas que apresentem importantes vantagens do ponto de vista ambiental já é um dos maiores problemas no mundo hoje por conta do descontrole da emissão de gases que causam o efeito estufa. Desta maneira, viu-se que existe uma forte pressão ambiental a favor da redução do uso de fontes de energia poluentes. A energia, a questão ambiental e o desenvolvimento econômico são componentes essenciais para o crescimento e melhoria na qualidade de vida de todas as pessoas.

Para o caso do Brasil percebeu-se que as possibilidades de ampliar a geração de energia elétrica a partir da ampliação do número das grandes usinas hidrelétricas vêm diminuindo, o que gera a necessidade de fontes alternativas de energia, principalmente para sanar deficiências da oferta de energia em períodos secos. Apesar de diferentes dos países do Norte, os motivos que fazem com que a busca por geração de fontes alternativas no Brasil não são menos importantes. As preocupações dos países do Norte são, além de ambientais, relativas à garantia de alternativas de suprimento interno que levem a um equilíbrio da matriz elétrica. A questão da sustentabilidade ambiental fez com que o caráter econômico das decisões não seja mais o único fator para orientar estratégias de geração de energia. A preocupação com a emissão dos gases do efeito estufa alerta o mundo para decisões mais imediatistas. É importante dimensionar e valorar corretamente essas energias de modo que elas se tornem competitivas com as fontes convencionais de geração de energia. A energia eólica cumpre com grande satisfação esse papel de complementariedade do regime hídrico no período seco do ano, que é quando são observados ventos mais fortes e regulares. Porém, seu maior obstáculo ainda é o preço. As pequenas, porém, não menos importantes evoluções da energia eólica no Brasil foram percebidas graças à adoção de políticas específicas para a contratação deste tipo de energia, mas há muito ainda o que fazer. O Proinfa tem um papel importantíssimo neste sentido e o uso de leilões de energias específicos possibilita a execução de um planejamento energético mais eficiente.

Há a preocupação da busca de escolhas eficientes para o futuro usando mecanismos que se ajustem às necessidades de hoje da matriz energética, já que esta passa por um período de adaptação e transição. As linhas de financiamento específicas do BNDES para energia eólica constituem uma vantagem do Brasil em relação aos demais países, principalmente os latino-americanos na hora da decisão de investir das empresas estrangeiras. Desta maneira, é necessário que mais investimento em pesquisa e desenvolvimento. A redução do preço dar-se-á na medida em que o mercado de bens de capital, principalmente o mercado de turbinas eólicas, for dotado de mais conhecimento em decorrência do investimento neste setor. É necessário, portanto, que haja modicidade tarifária a fim de atrair novos investidores tendo em mente que a demanda por energia eólica irá crescer no futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 3ª Edição, 2008.

ANEEL. **Banco de informações de geração**. Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>. Acesso em:
04/09/2009.

ANEEL. **Capacidade de geração do Brasil**. Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>. Acesso em:
15/09/2009.

ANEEL. **Energia eólica**. Disponível em:
http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/energia_eolica/energia_eolica.htm.
Acesso em: 25/01/2010.

BERMANN, Célio. **Energia no Brasil: para quê? para quem? - Crise e alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Editora Livraria da Física/FASE, 2002. v. 01. 139 p.

BP STATISTICAL REVIEW. **BP statistical review of world energy 2009**.
Disponível em:
http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2009_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2009.pdf. Acesso em: 20/09/2009.

CASTRO, Nivalde José de; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. **Considerações sobre a ampliação da geração complementar ao parque hídrico brasileiro**. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009

CASTRO, Nivalde José de; TIMPONI, Raul. **O gás natural no setor elétrico brasileiro: a superação de entraves contratuais**. IFES/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

CASTRO, Nivalde José de; ROSENTAL, Rubens. **Nova tendência para a elasticidade-renda da demanda de energia elétrica no Brasil**. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

CASTRO, Nivalde José de; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. **Oportunidades de Comercialização de Bioeletricidade no Sistema Elétrico Brasileiro**. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO, Nivalde José de; DANTAS, Guilherme; LEITE, André Luis da Silva; GOODWARD, Jenna. **Perspectivas para a energia eólica no Brasil**. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO, Nivalde José de; MARTINI, Sidnei; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme; TIMPONI, Raul. **A importância das fontes alternativas e renováveis na evolução da matriz elétrica brasileira**. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

CATELIN, Milton. World Coal Institute. Disponível em:
www.worldcoal.org/assets_cm/files/Microsoft/milton_catelin_arpec_meeting.doc.
Acesso em 10/01/2010.

CEEETA. **Tecnologias de micro-geração e sistemas periféricos**. ____: CEEETA – Centro de Estudos em Economia da Energia, dos Transportes e do Ambiente, 2001.

CLEMENTE, Alvarez. **Energia Eólica**. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madri, 2006. Disponível em: <http://aeolica.org/varios/Manual-Energia-Eolica-IDAE-sep06.pdf>. Acesso em: 26/01/2010.

COSTA, Rafael; CASOTTI, Bruna; AZEVEDO, Rodrigo. **Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica**. Rio de Janeiro, BNDES 2009.

CRESESB. **Atlas eólico do Brasil**. Disponível em:
http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/mapas_1a.pdf. Acesso em 21/02/2010

DANTAS, Guilherme; LEITE, André Luis da Silva. **Os custos da energia eólica brasileira**. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

EPE. **Balanco energético nacional**. Disponível em:
<https://ben.epe.gov.br/default2009.aspx>. Acesso em: 10/ 02/ 2010.

EPE. **Leilão de energia de reserva - eólica**. Disponível em:
http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20091214_1.pdf. Acesso em: 17/01/2010.

EWEA. Disponível em: <http://www.ewea.org>. Acesso em 01/08/2007.

FERREIRA, Ricardo; LEITE, Breno Moreira da Costa. **Aproveitamento de energia eólica**. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/eolica/eolica.htm>. Acesso em: 26/01/2010.

GWEC. **Global wind 2009 report**. Belgica, 2009.

GRUBB, Michael; MEYER, Niels. **Wind energy: resources, systems and regional strategies**. Washington, D.C.: Island Press, 1993.

IBGE. <http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>. Acesso em: 19/01/2010

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy outlook 2008**. Paris: IEA, 2008

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key world energy statistics**. Paris: IEA, 2008

LEITE, Antonio Dias. **A energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528 p.

- MARCONDES, Mônica; SAIDEL, Marco Antônio; BREDARIOL, Armindo. **Panorama dos investimentos em energia eólica no Brasil e no mundo.** Artigo científico, 2006. Disponível em: http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/eventos/seminariointernacional/2008/arquivos/P_ArminoMonica_EnergiaEolica.pdf. Acesso em: 20/01/2010.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **O Proinfa.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa>. Acesso em 22/02/2010.
- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O que é SIN?** Disponível em: http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx. Acesso em 15/01/2010.
- PORTAL PCH. **O que é uma PCH?** _____. Portal PCH, _____. Disponível em: http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=702. Acesso em: 29/04/2010.
- PORTO, Laura. **PROINFA – Diagnósticos e Perspectivas.** Brasília: MME, 2008. 30p.
- REIS, Lineu Belico. **Geração de energia elétrica.** São Paulo: Manole, 2003.
- RODRIGUES, Rômulo R. **A Energia eólica – A energia dos ventos.** Disponível em: <http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto01.htm>. Acesso em 22/01/2010.
- TAVARES, Geraldo. **Oportunidades na área de energia eólica no Brasil.** Niterói: UFF, 2008. 15p.
- THOMÉ, Zíeli D.; CASTRO, José Nivalde de; FERNANDES, Paulo. **O setor nuclear brasileiro: a autonomia tecnológica e a inovação associada.** GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.
- TOLMASQUIM, Mauricio; GUERREIRO, Amílcar; GORINI, Ricardo. **Matriz energética brasileira - uma prospectiva.** Novos estudos, CEBRAP, 2007.
- VERDEM, Ricardo. **Integração, usina hidroelétrica e impactos socioambientais.** Brasília: INESC, 2007. 199p.
- WORLD ECONOMIC FORUM & CAMBRIDGE ENERGY RESEARCH ASSOCIATES. **The new energy security paradigm.** Genebra – Suíça, 2006. Disponível em: <http://www.weforum.org/pdf/ip/energy/Spring06.pdf>. Acesso em: 04/10/2009.