

2

Energia Eólica

2.1

Breve Histórico da Energia Eólica

Desde a antiguidade, a energia gerada pelos ventos vem sendo utilizada pela humanidade em atividades como: navegação marítima, moagem de grãos e bombeamento de água. Acredita-se que a energia eólica tenha sido utilizada pela primeira vez na Pérsia, por volta do ano 200 A.C. na moagem dos grãos. Também existem relatos de que países como China e Oriente Médio já usavam essa tecnologia. Porém, somente a partir do século XII, esse tipo de energia foi disseminado para a Inglaterra, França e Holanda e, logo depois, espalhado por toda a Europa.

No ano de 1888, Charles F. Brush montou o primeiro catavento destinado à geração de energia elétrica. Esse mecanismo fornecia 12 KW de corrente contínua para carregamento de baterias destinadas ao fornecimento de energia elétrica. Com o surgimento da Revolução Industrial, no fim do século XIX, essa fonte de energia foi substituída por máquinas a vapor, pela eletricidade e pelos combustíveis fósseis. Entretanto, em meados desse mesmo século, a utilização da energia eólica ressurge na agricultura.

Segundo Silva (2006), em 1904, a energia eólica atendia 11% da demanda energética da indústria holandesa e, no território alemão, havia mais de 18.000 unidades de conversão eólica em contínua operação. Durante a Primeira Guerra Mundial, o desenvolvimento dessa energia foi estimulado devido à escassez de combustíveis fósseis, em especial na Europa. Nessa mesma época, os aerogeradores com uma potência de 30 e 35 KW foram destinados principalmente ao bombeamento da água nos campos rurais da Dinamarca. Porém, após a guerra, com a retomada do crescimento da economia mundial, a energia eólica foi deixada em segundo plano por não ser economicamente competitiva e não gerar impactos na cadeia produtiva se comparada com os combustíveis fósseis.

No entanto, as pesquisas para a geração de energia eólica continuaram mesmo durante a Segunda Guerra Mundial¹ e após a crise do petróleo em 1970. A falta de combustíveis fósseis incentivava a utilização de uma fonte de energia alternativa. Assim, através de pesquisas, surgiram vários aerogeradores eólicos de diferentes potências e formas². De acordo com Silva (1999), o desenvolvimento tecnológico fez com que a capacidade da energia eólica fosse ampliada de alguns KW para bombeamento de água, aquecimento e iluminação doméstica até vários MW para irrigação em grande escala e geração de eletricidade para injeção na rede elétrica. Porém, as dificuldades de comercialização dos aerogeradores fizeram com que a utilização da energia eólica não fosse adiante na década de 70.

Um importante fator que contribuiu para o desenvolvimento de tecnologias para a geração de energia eólica foi o *Public Utility Regulatory Policies Act* (PURPA). Em 1978, o congresso americano aprovou a lei que incentivava a redução do consumo de petróleo importado no país. Através de uma estrutura de créditos tributários, viabilizou a primeira grande onda eólica da história, de acordo com Silva (2006). Com o avanço da tecnologia e o aumento do consumo de energia, foi impulsionada a produção de novos aerogeradores, reduzindo gradativamente os custos da geração de energia elétrica proveniente dos ventos.

2.2

Aspectos Técnicos

2.2.1

O Comportamento dos Ventos

A formação dos ventos acontece devido ao aquecimento desigual da terra pelo sol. Segundo Silva (1999), aproximadamente 2% da energia irradiada pelo sol são absorvidos pela Terra e convertidos em energia cinética dos ventos.

¹ Johannes Juul, engenheiro dinamarquês, construiu uma turbina eólica de 200 KW que gerou cerca de 2,2 GWh. (Silva, 2006)

² Nessa mesma época, a Europa desenvolveu rotores tipo “hélice (2 a 4 pás), enquanto os Estados Unidos apresentaram aerogeradores com um único rotor de eixo horizontal com duas pás”.

O deslocamento de massas de ar determina a formação dos ventos, os quais são conduzidos das regiões onde a pressão é maior para as de menor pressão. De acordo com Custódio (2010), o eixo de rotação da terra está inclinado em $23^{\circ} 45'$ em relação ao plano de órbita em torno do sol, fazendo com que as regiões próximas ao Equador recebam mais calor do que as regiões polares. O movimento do ar abranda as altas temperaturas. O ar quente que se encontra nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir, sendo substituído por uma massa de ar mais frio que se desloca das regiões polares. (CRESESB, 2008)

De acordo com Leite (2005), as massas de ar presentes no solo são aquecidas mais rapidamente pelo Sol do que as massas de ar presentes no mar. Essa diferença de temperatura faz com que o vento se desloque no sentido do mar para a terra, em um movimento conhecido como brisa marinha. Durante a noite, a temperatura da terra cai mais rapidamente que a do oceano, provocando um deslocamento do vento no sentido contrário, chamado de brisa terrestre.

A velocidade do vento pode variar ao longo dos anos, dos meses e dos dias, porém apresenta o mesmo comportamento para períodos iguais em anos diferentes, chamada de variação sazonal. Ela também pode ser influenciada pelas condições do clima e possíveis obstáculos naturais ou geográficos. Portanto, para que o vento seja aproveitado, é necessário conhecer e estudar o seu comportamento no tempo e no espaço.

De acordo com Custódio (2010), o vento tem uma característica aleatória e seu estudo é feito por meio de uma análise probabilística geralmente pela distribuição de sua frequência. Assim, existem várias pesquisas para determinar um modelo estatístico mais adequado para descrever o comportamento dos ventos. A função de distribuição mais utilizada às ocorrências da velocidade é a Distribuição Weibull. Sua expressão matemática é:

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (2.1)$$

Onde:

v = velocidade do vento (m/s);

c = fator de escala (m/s);

K = fator de forma (adimensional).

O fator c está relacionado à velocidade média do local e o fator K refere-se a variância da velocidade do vento³. O parâmetro K serve para calibrar a distribuição. Por exemplo, quando K é igual a dois, a função Weibull se aproxima de uma função Rayleigh. Essa última distribuição é usada quando o regime dos ventos possui velocidade moderada. Nesse caso, é preciso conhecer apenas a velocidade média dos ventos para determinar a frequência da distribuição. A distribuição Rayleigh é dada através da seguinte equação:

$$f(v) = \frac{\pi}{2} \frac{v}{V^2} e^{-\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{v}{V}\right)^2} \quad (2.2)$$

Onde:

v = velocidade do vento (m/s);

V = velocidade média do vento (m/s).

O ganho obtido pela simplicidade da formulação implica em uma considerável limitação do seu uso, uma vez que para uma série de observações, em especial aquelas em que se têm velocidades médias mais elevadas, a mesma não pode ser utilizada. (Dutra, 2001)

2.2.2

Aerogeradores

Os aerogeradores convertem a energia eólica em energia elétrica. Eles foram originados no século XII para trabalhos agrícolas e atualmente são utilizados para produção de energia elétrica. Basicamente, os aerogeradores se diferenciam quanto à configuração do eixo do rotor, o qual pode ser vertical ou horizontal.

³A intensidade do vento pode ser fraca, moderada, fresca, forte e violenta, podendo variar a velocidade em até 4 m/s, 7 m/s, 11 m/s, 17 m/s e 28 m/s respectivamente.

2.2.2.1

Rotor de Eixo Vertical

Os aerogeradores de eixo vertical são capazes de gerar energia em condições de vento reduzido, isto é, com uma velocidade de arranque mais baixa, não necessitam de mecanismo de direcionamento, aproveitando o regime do vento em qualquer direção. Também são mais seguros e fáceis de construir, pois o sistema de controle pode ser montado no solo.

Eles podem ser divididos de acordo com os diferentes rotores: *Darrieus e Savonius*. Os rotores de eixo vertical *Savonius* são indicados para sistema de bombeamento de água, devido ao menor rendimento e custo reduzido. Já os rotores de eixo vertical, *Darrieus*, apresentam um alto rendimento, porém o sistema de transmissão é complexo. Apesar de serem mais vantajosos do que os aerogeradores de eixo horizontal, o eixo vertical perde em rentabilidade quando as condições de vento são altas, sendo usados em moagem de grãos, recarga de bateria e irrigação.

2.2.2.2

Rotor de Eixo Horizontal

A estrutura do Rotor de Eixo Horizontal é similar à estrutura de helicópteros. Ele possui um custo maior, porém um rotor mais eficiente. Esse aerogerador pode ser dividido em multipás ou com uma ou duas pás, tipo hélice.

Os rotores⁴ de multipás apresentam um torque de partida alto, possuem força de arrasto e de sustentação, com maior eficiência em ventos fracos. Já os rotores de três pás possuem força apenas de sustentação e são mais utilizados para a geração de energia elétrica. Além de serem mais estáveis e menos propensos às turbulências, podem atingir uma capacidade de geração de energia de 5MW.

⁴Um Rotor é tudo aquilo que gira em volta do seu próprio eixo. Neste caso, pode-se chamar de turbina.

2.2.3

A Potência do Vento

Um dos componentes mais importantes na análise de um Parque Eólico consiste no conhecimento da potência do vento. Caso essa etapa não seja realizada corretamente, além do investimento tornar-se inviável do ponto de vista econômico e financeiro, pode colaborar para erros na previsão da geração de energia.

Segundo Salles (2004), o potencial de energia elétrica produzida pela geração eólica é obtido através da energia cinética dos ventos, isto é, o vento é convertido em energia mecânica a partir de um processo que transforma sua força em um torque que age sobre as pás do rotor.

Os aerogeradores não são capacitados para gerar energia de forma integral, ou seja, existem perdas tanto na redução do rendimento quanto nas frequentes variações na velocidade do vento, reduzindo a produção de energia. A potência de uma turbina eólica é dada pela seguinte equação que leva em consideração as perdas de um aerogerador:

$$P_t = \frac{1}{2} \rho v^3 A \eta C_p \quad (2.3)$$

Onde:

P_t = potência da turbina eólica no instante t ;

ρ = massa específica do ar (Kg/m^3);

v = velocidade do vento que incide na turbina eólica (m/s);

A = área varrida pelo rotor da turbina eólica (m^2);

η = eficiências mecânicas e elétricas do sistema;

C_p = coeficiente de potência.

Segundo Custódio (2010), o coeficiente de potência de uma turbina eólica varia de acordo com a velocidade do vento. Essa variação é decorrente do fato de as pás do rotor da turbina eólica alterarem suas eficiências de acordo com a

velocidade do vento. Assim, conforme aumenta a velocidade do vento, cresce a potência da turbina eólica até alcançar a potência nominal máxima.

No entanto, para acionar uma turbina eólica, é preciso uma velocidade de vento mínima estipulada para cada aerogerador. Na presença de velocidades de vento muito altas, a turbina retrai sua operação, diminuindo sua eficiência.

De acordo com a Lei de Betz⁵, a turbina eólica poderá extrair apenas 59,3% da potência do vento, devido a perdas mecânicas e elétricas.

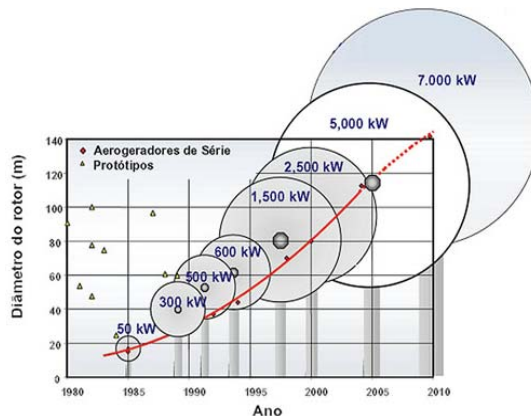
2.2.4

Custo da Energia

No mercado, os aerogeradores são escolhidos de acordo com a velocidade de vento disponível na região onde deseja-se instalar um Parque Eólico. Caso não seja averiguada corretamente a velocidade de vento do local, é provável que os aerogeradores disponíveis não sejam condizentes, levando a uma perda financeira do investimento realizado.

A altura do rotor do aerogerador contribui para maior eficácia e produtividade, isto é, o aumento do tamanho das torres permite que os ventos mais fortes sejam captados, fazendo com que esses equipamentos sejam mais aproveitados inclusive em terrenos que possuem algum obstáculo à construção de parques eólicos. Além do aumento das torres, os aerogeradores ganharam novos formatos das pás e melhor controle das turbinas e maior potência. A Figura 2.2 mostra a evolução dos aerogeradores desde 1985 até 2005.

⁵Entre dois extremos existe um valor para o qual é melhor a conversão da energia do vento em energia mecânica: um aerogerador irá frear até cerca de 2/3 da sua velocidade inicial. Esse valor é referente a uma formulação de 1919, realizada pelo físico Albert Betz, conhecida como Lei de Betz.



Fonte: Tutorial de Energia Eólica- Princípios e Tecnologias - CRESESB

Figura 2.1 – Evolução dos Aerogeradores desde 1985 até 2005

Além dos avanços na tecnologia, a energia eólica é comparada a outras fontes de energia. A participação da energia eólica ganha cada vez mais espaço no cenário mundial: seja pela abundância, pela necessidade de novas fontes de energia ou principalmente por não utilizar outros combustíveis. Entretanto o custo ainda é alto se comparado às outras fontes de energia.

Segundo Salles (2004), um aspecto importante que contribui para elevar o custo da energia eólica é o fator de capacidade de sua geração. Em geral, esse fator gira em torno de 30%, atingindo o máximo de 40%, enquanto o das plantas convencionais pode variar entre 40 e 80%.

O custo de qualquer fonte de energia é influenciado pelo incentivo que o governo concede, ou seja, se existe um subsídio estatal, o preço é mascarado e o valor real da energia se torna mais baixo, tornando-a mais atraente. No caso brasileiro, o custo da energia eólica vem caindo gradativamente, seja pela evolução tecnológica, pelos subsídios governamentais ou pela necessidade de combustíveis para gerar energia.

Atualmente, a energia eólica é menor do que a energia elétrica proveniente de termelétricas a gás natural, tornando-se uma fonte cada vez mais atrativa e desejada pelos investidores.

2.3

Vantagens e Desvantagens da Energia Eólica

Dentre as fontes energéticas “limpas” (fontes de energia que não acarretam a emissão de gases do efeito estufa), a energia mecânica contida no vento vem se sobressaindo e comprova potencial para fornecer expressivamente o atendimento dos requisitos necessários quanto aos custos de produção, segurança de fornecimento e sustentabilidade ambiental. (GWEC, 2006)

Sendo assim, a energia eólica possui várias vantagens em comparação às energias convencionais:

- É inesgotável;
- Não emite gases poluentes;
- Não consome combustível para gerar energia elétrica;
- O prazo de construção de um Parque Eólico gira em torno de um ano;
- Os aerogeradores passam por ajustes somente a cada seis meses, diminuindo o custo com a manutenção do equipamento;
- Tem vida útil em média de 20 anos;
- Também pode ser usada como uma fonte complementar a fonte de energia hídrica⁶ (em épocas de pouca chuva, os ventos são mais fortes);

Outra vantagem que deve ser considerada é em relação a sua utilização na agricultura. A energia eólica pode ser usada em plantações, no bombeamento da água ou até mesmo em lugares de difícil acesso para a energia elétrica.

Apesar das inúmeras vantagens, também existem desvantagens:

- Os parques eólicos podem mudar a paisagem da região onde são instalados;
- O impacto sonoro também é outra restrição, causando incômodo à comunidade que vive ao redor;
- As aves que se encontram no local podem sofrer com o choque das pás.

⁶No Brasil, a energia eólica funciona como uma integrante de hidrelétricas.

2.4

Mercado Mundial de Energia Eólica

O crescimento da demanda de energia, o esgotamento das reservas de petróleo nas últimas décadas, a elevação dos preços dos combustíveis fósseis e fatores sócio ambientais, fazem com que o mundo busque novas alternativas para geração de energia. Nesse contexto, as inserções de energias renováveis ganham espaço na matriz energética mundial, principalmente nas décadas de 1980 e 1990. A consolidação do tema veio com a assinatura do Protocolo de Kyoto, em 1997. De acordo com esse documento, os países devem apresentar uma meta de redução de emissão de gases poluentes que agravam o efeito estufa.

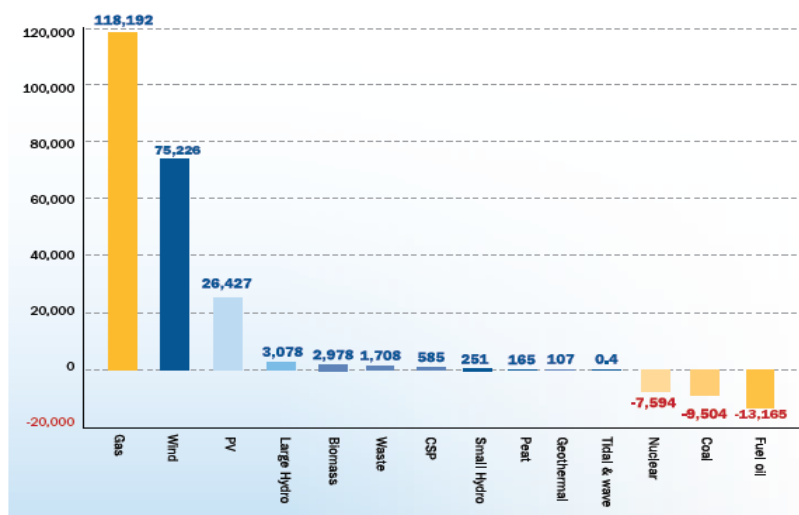
Desde então, os governos de diversos países vêm traçando estratégias alternativas para a substituição das energias tradicionais por fontes de energia que não poluam o ambiente e que sejam abundantes na natureza. Entretanto o custo ainda é alto e o retorno do capital investido é a longo prazo, por isso a participação do governo em conjunto com o setor privado é de fundamental importância na implementação de parques renováveis, tornando-os viáveis. Neste contexto, as políticas de incentivos utilizadas em diversos países são: o sistema *Feed-in*, que determina um preço mínimo da energia elétrica que a concessionária irá pagar ao produtor; o sistema de leilões, que é o processo mais competitivo, em que o regulador organiza um processo de competição entre os produtores para fornecimento da *commodity* - energia renovável - previamente reservada e, por fim, o sistema de Cotas com Certificados Verdes, que consiste na obrigação de as empresas fornecedoras de energia elétrica produzirem ou comprarem cotas de energia de geração renovável.

No período de 1990 a 2002, os principais países que mais investiram em fontes renováveis de energia foram: Estados Unidos -US\$ 236,9 milhões/ano, Japão - US\$ 110,9 milhões/ano e Alemanha -US\$ 82,8 milhões/ano. (Dutra, 2007)

Entre o período de 1971 a 2010, o consumo de energia na Europa aumentou 41%, passando de 248 TW para 608 TW. Isso quer dizer que, ao longo desses anos, vem ocorrendo uma crescente substituição da energia baseada no combustível, no carvão e na usina nuclear pela tecnologia moderna do gás natural, da energia eólica e da energia solar.

Hoje, a Europa recebe cerca de 20% de sua eletricidade de energia renovável, sendo 5,3% de energia eólica. (EWEA, 2010)

De acordo com o Gráfico 2.1, pode-se constatar que a energia eólica cresceu 75,2 GW de 2000 a 2010, perdendo apenas para o gás natural. (EWEA, 2010)



Fonte: EWEA (2010)

Gráfico 2.1 – Crescimento da Energia Eólica

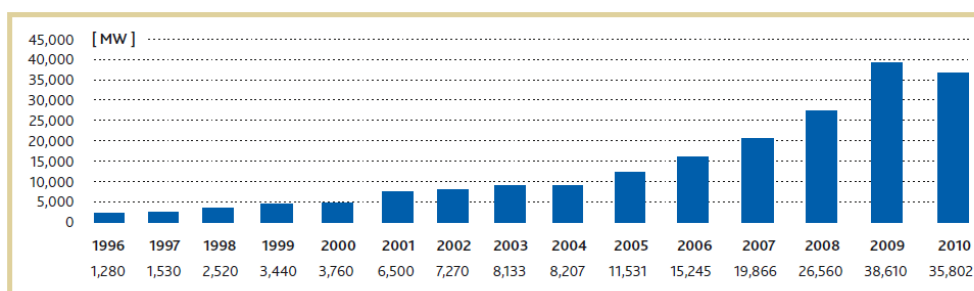
A crise financeira em 2008 fez com que países desenvolvidos desacelerassem projetos de crescimento nesse tipo de energia. A falta de recursos tanto para financiamento quanto para subsídios governamentais fez com que projetos de energia renovável ficassem estagnados⁷. O investimento total em energia limpa caiu apenas 6,5%, se comparado ao ano de 2008, de US\$ 155 bilhões para US\$ 145 bilhões em 2009. Apesar disso, a energia eólica não deixou de crescer nesse período. Enquanto os investimentos em outros tipos de energia renovável ficaram abaixo do esperado quando comparados a 2005 a 2008, a energia eólica cresceu 31,7% em 2009, chegando à capacidade instalada de 158,7 GW. (GWEC, 2009)

⁷A Espanha, a Grã Bretanha, os Estados Unidos, a França, a Alemanha e a Itália são os exemplos de países que sofreram com a crise e foram obrigados a reduzir os incentivos para a energia de fonte limpa.

Alguns fatores podem explicar esse crescimento em meio à crise financeira. Por exemplo, a diminuição dos custos de energia e a necessidade de redução da emissão de gás carbono. Mesmo com a falta de recursos financeiros, os países possuem metas a seguir, ou seja, a crise financeira desestabilizou o setor de energia renovável, mas não o paralisou. Um exemplo é o Programa das Nações Unidas para o meio ambiente, que visa transformar 1% do PIB mundial em tecnologia verde. Outro exemplo é o caso da Europa, em 2009, que adotou o *Renewable Energy Directiva*, que incluiu uma meta de 20% de energia renovável até 2020 em que 14% serão provenientes de energia eólica. (EWEA, 2010)

O Gráfico 2.2 apresenta a evolução da capacidade instalada da energia eólica global ao longo dos anos.

GLOBAL ANNUAL INSTALLED WIND CAPACITY 1996-2010



Fonte: GWEC (2010)

Gráfico 2.2 – Evolução da Capacidade instalada da Energia Global

Apesar da queda na capacidade instalada no ano de 2010, houve um aumento na capacidade de geração da energia eólica em 22,5% no mesmo ano. Com 16,5 GW de energia eólica nova, a China, com 42,2 GW de energia eólica, tornou-se líder mundial. Já os Estados Unidos e a Europa diminuíram sua capacidade em quase 50% e 7,5%, respectivamente. Se comparados ao ano de 2009, países como a Dinamarca, o Reino Unido e a Bélgica tiveram crescimento de 50% no mercado de eólicas *offshore* nesse mesmo ano, segundo o GWEC (2010).

Hoje, além do crescimento em parques eólicos novos, a China também é o maior produtor no mundo de equipamentos de energia eólica.

A Índia também aparece em ascensão nesse setor. Com o crescimento da economia indiana, o país criou meta de 78.7 GW de capacidade de geração de

2007 a 2012, em que 13,34% serão de fontes eólicas até o final do ano de 2010. Esse país já possui 13,1 GW de capacidade eólica instalada. (GWEC, 2010)

Na África alguns países aumentaram sua capacidade instalada no ano de 2010. Muitos países do continente africano também sofrem com a escassez de recursos hídricos impedindo a geração de energia pela água, o que acaba beneficiando o uso da energia advinda de fonte eólica. Dentre os países que mais cresceram em geração de energia eólica, destacam-se: Egito, Marrocos e Tunísia, com 120 MW, 33 MW e 60 MW respectivamente, somando 213 MW de capacidade instalada no ano de 2010.

Na América Latina, o destaque ficou por conta do Brasil e do México. Em 2010, esses países foram responsáveis pelo acréscimo de 326 e 316 MW de capacidade instalada.

2.5

Mercado Brasileiro de Energia Eólica

Atualmente, o território brasileiro possui o maior número de Parques Eólicos instalados na América Latina. De 2005 a 2010, a capacidade instalada no Brasil passou de 29 MW para 929 MW, porém o mercado brasileiro ainda é considerado pequeno diante do mercado internacional. De acordo com a Empresa de Pesquisa em Energia - EPE (2011), o potencial de geração de energia eólica do Brasil passa de 143 GW para 300 GW, superando o potencial hidrelétrico estimado em 261 GW.

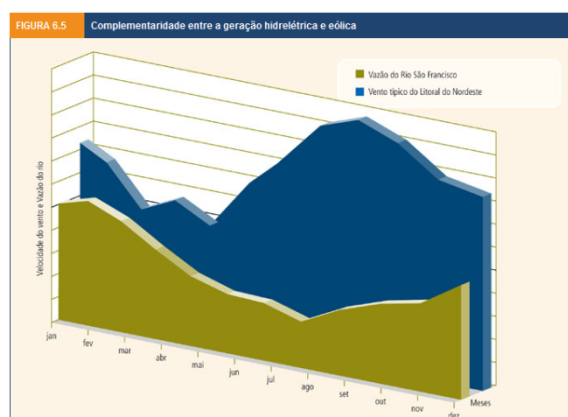
Mesmo com o país possuindo uma matriz energética predominantemente hídrica, apenas a partir de 2008 a energia eólica ganhou um novo impulso gerando uma grande perspectiva de crescimento. Os leilões ocorridos nos anos de 2008, 2009 e 2010 mostraram que a energia eólica vem se tornando cada vez mais competitiva. A redução da demanda por aerogeradores no mundo fazendo com que os preços desses equipamentos busquem novos mercados, com preços inferiores e a valorização do real mediante o dólar, incentiva a entrada de produtos importados, como a presença de aerogeradores para a instalação de parques eólicos no Brasil. Desta forma, a combinação desses fatores contribui para dissolver o maior problema sobre a implantação de eólicas: os altos custos dos

equipamentos. Atualmente, cerca de 70 a 80% dos custos de um parque eólico são provenientes de aerogeradores, o que pode inviabilizar o investimento.

No Brasil, os ventos possuem características constantes durante todo o ano, o que proporciona um melhor aproveitamento dos aerogeradores. O fator de capacidade brasileiro gira em torno de 40%, enquanto na Europa o regime dos ventos gera 20% da capacidade instalada, o que significa que o Brasil gera mais energia e aproveita melhor o potencial. Além disso, os ventos brasileiros possuem ainda o fator de complementariedade e substituição.

De acordo com a ANEEL (2001), existe a possibilidade de complementariedade entre a geração de energia hidrelétrica e a geração eólica. O maior potencial eólico, na região Nordeste, ocorre durante o período de menor disponibilidade hídrica.

Conforme a Figura 2.3, identifica-se que, em períodos de menor volume de água no Rio São Francisco, os ventos são maiores em determinadas épocas do ano.



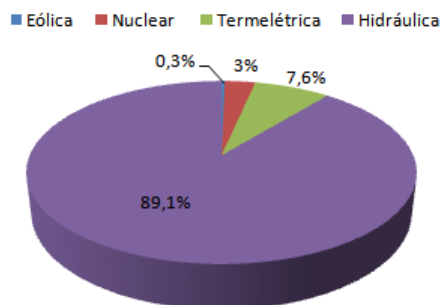
Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica - CBEE / UFPE. 2000.

Figura 2.2 – Complementariedade entre a geração hidrelétrica e eólica

O Nordeste é a maior região brasileira com o maior potencial eólico, segundo estudos da ANEEL. Com 52% da capacidade instalada no Brasil, os ventos na região Nordeste, constantes ao longo do ano, possuem velocidades entre 6 m/s e 9 m/s.

O enorme potencial eólico brasileiro complementa a abundância nas fontes hídricas. A energia elétrica gerada através de Hidrelétricas tem preços bastante

competitivos e, portanto, é a principal fonte da matriz energética, segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).



Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 2.3 – Energias mais utilizadas na Matriz Energética Brasileira

A partir de 2002, o governo brasileiro iniciou sua política de incentivo às fontes de energias alternativas através da concessão de benefícios fiscais para um prazo de duração de 20 anos. Até o momento, foram realizados apenas quatro leilões, o que não reflete totalmente o comportamento do preço desse tipo de energia. Os preços da energia eólica se tornaram competitivos em função das sucessivas crises mundiais, da desvalorização da moeda americana e com o corte de custos governamental dos países desenvolvidos. Então, para a iniciativa privada surgem alguns questionamentos, como: será que o Brasil terá preços competitivos para esse tipo de energia, com a estabilidade da economia mundial? Existe uma grande incerteza sobre o que acontecerá ao final do benefício. O governo brasileiro continuará com essa política ou será que o interesse nesse tipo de energia acabará? O país está na fase inicial e, portanto, ainda é cedo para determinar as condições de sobrevivência da fonte eólica na matriz energética brasileira.

2.5.1

Sucessos e Fracassos do Incentivo à Energia Eólica

Devido à crise do racionamento, o cenário brasileiro passou por grandes mudanças. A partir de 2001, os rumos da energia elétrica foram questionados e, desde então, surgiram novas propostas para o setor elétrico no país. Nos anos de

2001 e 2002, a matriz energética, essencialmente formada por fontes hidrelétricas, deparou-se com a escassez na oferta e um crescimento demasiado na demanda por energia. Devido à falta de chuvas e, principalmente, à falta de planejamento de investimento em outras fontes de geração de energia, o país sofreu com a chamada “Crise do Apagão”. Diante desse cenário, o governo brasileiro implantou um programa emergencial de redução de consumo de energia elétrica. A solução encontrada foi contratar usinas termoelétricas movidas a gás, carvão e óleo combustível. Elas desempenhariam o papel de complementar as usinas hidrelétricas, nos períodos de seca. Entretanto, apesar da eficiência em geração de energia, essas usinas apresentam elevados gastos no consumo de combustível e na manutenção.

Diante desse novo cenário, fontes alternativas de energia, como eólica, solar e biomassa, ganham espaço na matriz energética no Brasil. Para incentivar a utilização de fontes alternativas, o Governo brasileiro criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA. Esse programa foi criado em 2002 pela Lei nº 10.438 e revisado em 2003, pela Lei nº 10.762, coordenado pelo Ministério de Minas de Energia (MME) e administrado pela Eletrobrás. Sua instalação foi um instrumento importante na diversificação da matriz energética brasileira.

O objetivo do programa é financiar projetos de geração de energias alternativas tais, como: eólica, pequenas centrais hidrelétricas e geração de energia a partir do bagaço da cana, casca de arroz, cavaco de madeira e biogás de lixo, chamados de biomassa.

Em uma primeira fase do PROINFA, o governo brasileiro estimou a geração de 150 mil empregos ligados aos empreendimentos. Além disso, o programa tinha como objetivo, através do Sistema Interligado Nacional (SIN), estabelecer a contratação de 3.300 MW de energia. A partir dessa contratação, o governo garantia a compra de energia produzida por 20 anos a partir da data de operação do empreendimento. A Eletrobrás garante a compra de 70% da receita para os empreendimentos vencedores durante o contrato preestabelecido. Além disso, o BNDES cobre o financiamento de 70% do investimento realizado no empreendimento, porém exige um nível de 60% de nacionalização dos equipamentos utilizados na construção dos projetos.

As tarifas de compra de energia eram reajustadas através do sistema *Feed-in*, utilizados na Europa.

Apesar do sucesso do PROINFA num primeiro instante, os empreendimentos vencedores da licitação não foram adiante. As principais justificativas decorreram de que muitos dos empreendimentos selecionados não possuíam uma situação financeira favorável, desprotegendo e postergando sua construção.

A falta de equipamentos para atender à demanda dos projetos e a falta de uma melhor avaliação dos empreendimentos também foram motivos da falha do programa. Na segunda fase do PROINFA, as fontes de energias alternativas foram obrigadas a prover 10% da energia do consumo de energia no Brasil, durante o contrato de 20 anos. Segundo Dutra (2007), o preço pago pela energia terá como base o custo médio ponderado dado pela combinação da geração de novos aproveitamentos hidráulicos com potência superior a 30.000 KW e das centrais térmicas a gás natural e um crédito complementar proveniente do fundo denominado Conta de Desenvolvimento Energético – CDE. A operação dos empreendimentos vencedores se iniciaria em dezembro de 2006, com finalização em dezembro de 2030.

Por outro lado, nessa segunda fase do programa, houve um aumento da nacionalização dos equipamentos utilizados na construção dos empreendimentos vencedores. Com o intuito de aumentar a participação de equipamentos brasileiros na geração de energia, o BNDES aumentou a exigência de 60% para 90% de nacionalização dos aerogeradores para o financiamento dos investimentos. A substituição dos equipamentos importados diminuiu as compras, levando ao aumento nos custos dos parques eólicos.

A postergação dos empreendimentos selecionados na primeira fase do PROINFA e as incertezas mediante a aprovação desse projeto fizeram com que a segunda fase do programa também não fosse adiante.

2.5.2

Novo Modelo do Setor Elétrico

O novo modelo do setor elétrico criado pela Lei nº 10.848/2004, vem com o propósito de que a energia elétrica contratada pelo espaço regulado deverá ser vendida através de leilões públicos.

O aparecimento desse novo modelo no setor elétrico garantia segurança e a modicidade tarifária⁸, e permitiu oferecer ao consumidor o menor preço e maior confiabilidade no serviço.

De acordo com o novo modelo, a energia pode ser contratada através de dois modelos: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL).

No Ambiente de Contratação Regulada, a comercialização da energia elétrica é feita através de leilões públicos pela CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica). A finalidade é garantir a modicidade tarifária. Os contratos são realizados entre agentes vendedores e os distribuidores, também chamados de consumidores cativos. Os contratos devem suprir 100% da demanda dos distribuidores, em que a energia contratada deve ter um lastro físico.

Já no Ambiente de Contratação Livre, a contratação se deve entre geradores, comercializadores e consumidores com demanda igual ou maior do que 3.000 KW, (também chamados de consumidores livres). Nesse ambiente, a contratação da energia é feita livremente através de contratos bilaterais.

Esse novo modelo conduz satisfação para ambos os lados: tanto do lado do contratante de energia, que visa segurança, quanto do lado do governo, que visa um melhor controle do mercado de energia elétrica. Além disso, o governo, para promover a participação de fontes alternativas renováveis na matriz energética brasileira, definiu que uma parcela da energia contratada no processo de licitação seria destinada a fontes de energia eólica, biomassa, solar e PCH⁹.

⁸É uma tarifa acessível a todos os cidadãos.

⁹Pequenas Centrais Hidrelétricas.

2.6

Leilões e Proinfa

Devido ao atraso no cronograma, as usinas eólicas contratadas pelo PROINFA sofreram para serem implantadas. Tal fato se deve, principalmente, aos empecilhos vivenciados pelas usinas ao financiar o investimento através do BNDES. Grande parte da energia contratada pelo programa advinha de produtores autônomos independentes, que não dispunham de capital suficiente para iniciar o projeto.

Em contrapartida, os fabricantes de aerogeradores instalados no Brasil não conseguiram suprir a demanda de equipamentos dos empreendimentos ganhadores do PROINFA.

Além desses problemas existe o questionamento sobre os preços pagos pela energia contratada pelo PROINFA. Os investidores compreendiam que o valor ofertado pelo governo era baixo e insuficiente para viabilizar os projetos. Já o governo brasileiro respondia dizendo que o preço era compatível com o mercado de energia no Brasil.

A combinação entre as dificuldades da primeira fase do PROINFA e o aparecimento de um novo modelo do setor elétrico fez com que a energia eólica fosse vendida em leilões públicos. Na segunda etapa do PROINFA, as energias de fontes alternativas renováveis, inclusive a fonte eólica, tiveram sua participação em leilões exclusivos, porém, de 2005 a 2008, nenhuma energia advinda de fontes eólicas foi vendida. Apenas em 2009, através de um leilão específico para essa fonte, esse tipo de energia alcançou um espaço.

De acordo com informações do MME (Ministério de Minas de Energia), a contratação da energia eólica em 2009 foi de 1.805,7 MW por um preço médio de R\$148,39MW. No 2º Leilão de Reserva, viabilizou-se a construção de 71 empreendimentos localizados em cinco cidades da Região Sul e Sudeste, sendo que 85% da energia contratada se concentravam na Região Sudeste. Além desse leilão, foram cumpridos mais três leilões que ocorreram nos anos de 2010 e 2011. Em 2010, foram realizados o 3º Leilão de Energia de Reserva e o 2º Leilão de Fontes Alternativas, em que foram contratados 20 Parques Eólicos com um preço médio de R\$ 122,69 e 50 Parques Eólicos com um preço médio de R\$ 134,46.

Vale ressaltar que os preços oriundos de leilões são mais baixos do que os preços praticados através de licitações na primeira fase do PROINFA (R\$ 270,32 MW).

Além dos preços mais competitivos no mercado de energia, os parques eólicos que foram contratados nos leilões poderão vender seu crédito de carbono, ao contrário do que acontecia na primeira etapa do PROINFA; os créditos gerados seriam depositados em uma conta administrada pela Eletrobrás. O Fator de Capacidade dos parques eólicos contratados foi estipulado acima do consolidado para os parques geradores do PROINFA. De acordo com o plano anual do PROINFA, alguns empreendimentos eólicos não conseguiram gerar a energia contratada, ocasionando um déficit positivo. O problema pode estar na falta de dados anemométricos confiáveis superestimando o fator de capacidade.

Apesar dos erros passados, a energia eólica vem ganhando experiência e demonstrando sua inserção na matriz energética brasileira.