

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

RODRIGO ALVES BARTELES

MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E A ENERGIA EÓLICA

São Paulo

2015

RODRIGO ALVES BARTELES

MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E A ENERGIA EÓLICA

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientador: Dr. Demetrio C. Zachariadis

São Paulo

2015

A Minha mãe Vânia por todo carinho e ensinamento, à minha esposa Alessandra pela paciência e compreensão, a Deus por tudo!

RESUMO

BARTELES, R. A. **Matriz energética brasileira e a energia eólica.** 2015. Monografia – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética da Universidade de São Paulo.

Para o desenvolvimento de uma nação, a capacidade de produzir energia elétrica é de grande importância. Com o passar dos séculos, muitas foram as formas desenvolvidas para se obter essa energia cada vez mais indispensável para o funcionamento das fábricas, transporte, lazer e conforto. Cada nação gera sua energia com os recursos disponíveis e que melhor dominam, de maneira a serem autossuficientes, proporcionando o crescimento econômico. Muitos dos recursos disponíveis, devido a grande utilização e mudanças climáticas passam a se tornar escassos e outras vezes não confiáveis pela grande variação de disponibilidade, afetando o crescimento econômico e não proporcionando segurança no fornecimento. Devido a esses fatores, a necessidade pela busca de novas alternativas para a produção de energia se faz necessária. A energia eólica torna-se uma excelente saída para complementar a matriz energética brasileira por causa da grande disponibilidade no território nacional, baixo impacto ambiental e por ser renovável.

Palavras-chaves: Energia eólica, Aerogeradores, Desenvolvimento sustentável, Energia Renovável.

ABSTRACT

BARTELES, R. A. **Brazilian energy matrix and wind power**. 2015. Monograph - Program Graduate Renewable Energy, Distributed Generation and Energy Efficiency at the University of São Paulo.

For the development of a nation, the ability to produce electrical energy is of great importance. Over the centuries, many have developed the ways to obtain this energy increasingly indispensable for the functioning of factories, transport, leisure and comfort. Each nation generates its energy with the available resources and what better dominate, so as to be self-sufficient, providing economic growth. Many of the available resources due to great use and climate change are now becoming scarce and sometimes unreliable by the wide range of availability, affecting economic growth and not providing security of supply. Due to these factors, the need for seeking new alternatives for energy production is needed. Wind power makes it an excellent outlet to complement the Brazilian energy matrix because of the wide availability in the country, low environmental impact and renewable.

Keywords: Wind energy, wind turbines, Sustainable Development, Renewable Energy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	12
3 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	12
3.1 HIDRÁULICA.....	13
3.1.2 TERMOELÉTRICAS.....	15
3.2 CONSUMO ENERGÉTICO E O DESENVOLVIMENTO ECONOMICO.....	17
3.3 FATORES QUE CONTRIBUIRAM PARA CRISE DO SETOR ELÉTRICO.....	19
4 ENERGIA EÓLICA.....	21
4.1 CONSIDERAÇÕES.....	21
4.2 HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO DOS VENTOS.....	22
4.3 DESENVOLVIMENTOS GERAÇÃO EÓLICA.....	25
4.4 AEROGERADORES.....	28
4.4.1 SISTEMA ONSHORE.....	35
4.4.2 SISTEMA OFFSHORE.....	36
4.5 COMPONENTES DE UM AEROGERADOR DE EIXO HORIZONTAL.....	37
5 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	43
5.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS EÓLICO NO PAÍS.....	43
5.2 PROINFA E OUTROS INCENTIVOS.....	44
5.3 ESTAGIO ATUAL DA GERAÇÃO EÓLICA NO BRASIL.....	47
5.4 PROCESSOS DE IMPLEMENTAÇÃO E CUSTOS.....	50
5.5 FORNECEDORES E FABRICANTES.....	53

5.6 ENTRAVES PARA EXPANSÃO DA GERAÇÃO EÓLICA.....	54
5.6.1 Transporte rodoviário.....	54
5.6.2 Portos.....	57
5.6.3 Licenças ambientais e atrasos jurídicos.....	57
5.6.4 Falta de linhas de transmissão.....	58
5.7 DESENVOLVIMENTOS SUSTENTÁVEIS.....	58
5.8 IMPACTOS DA GERAÇÃO EÓLICA.....	59
5.9 PRINCIPAIS PAISES NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA.....	60
5.10 IMPORTANCIA DA GERAÇÃO EÓLICA PARA O BRASIL.....	62
6 CONCLUSÃO.....	64
7 BIBLIOGRAFIA.....	66

1 INTRODUÇÃO

As novas tecnologias buscam aprimorar a utilização da energia para um melhor rendimento dos equipamentos, sejam eles usados como base para o transporte, produção industrial, lazer, comunicação dentre outros tipos de atividades. A produção energética tornou-se indispensável para o desenvolvimento das nações.

Desde a antiguidade, o homem busca formas de energia. Na idade da pedra, a descoberta e domínio do fogo foram importantes para produção de energia térmica para amenizar o frio e cozinhar os alimentos. Após essa época, milhares de anos depois o vapor foi desenvolvido para produzir trabalho, movimentar máquinas. A descoberta do petróleo e a utilização dos combustíveis fósseis forneceu ao homem o poder de inventar e produzir equipamentos cada vez maiores e mais fortes, facilitando as atividades do dia a dia, reduzindo tempo de trabalho e realizando atividades cada vez maiores.

A produção energética, até hoje, continua fazendo a diferença, pois essa garante o desenvolvimento econômico, aumenta a produção, oferece recursos as diferentes atividades. O Brasil, nos últimos anos, vem usando novas tecnologias para o fornecimento de energia, diversificando a matriz energética.

Não só em nosso país, mas no mundo, o consumo de energia elétrica tem crescido de forma exponencial em todos os setores e classes sociais. Isso se deve a facilidade do crédito, concorrência entre fabricantes de produtos eletroeletrônicos, incentivo dos governos para um maior consumo, aquecendo a economia e o comércio.

Equipamentos com melhor eficiência energética vêm sendo desenvolvidos, como por exemplo, lâmpadas de led, compressores de geladeiras mais eficientes, ar-condicionado com melhor rendimento, televisores com baixo consumo, entre outras tantas reduções na demanda energética dos equipamentos.

Devido a esses fatores de crescimento no consumo, torna-se necessário também que os investimentos na construção e desenvolvimento de novas fontes geradoras cresçam na mesma proporção, paralelamente também aos investimentos

em linhas de transmissão e distribuição da energia. Tais ações de melhoria na infraestrutura dependem de planejamento, investimentos adequados por parte do governo, em parcerias ou não, com a iniciativa privada.

Quando esses investimentos não ocorrem, a produção de energia é superada pelo consumo, ocorrendo cortes temporários no fornecimento, sendo esses planejados quando o sistema é desligado para preservar equipamentos ou mesmo que simplesmente desligam devido à sobrecarga. Em casos mais extremos, para reduzir o consumo, aumento nas tarifas de energia e aplicação de multas são recursos usados para tentar reduzir o consumo e, caso as alternativas aplicadas não tenham os resultados esperados, o racionamento é colocado em prática.

O Brasil tem grande potencial em energias renováveis, onde destaca-se a geração eólica, que de forma gratuita, através dos ventos, possibilita o complemento e reforço na matriz energética nacional, que tem a geração hidráulica responsável por aproximadamente 70% da energia gerada no país. Com o passar dos anos, a geração eólica tem se tornado viável devido às políticas de incentivos econômicos e regulatórios do governo, aliados ao desenvolvimento tecnológico.

Este trabalho tem como objetivo mostrar a importância da geração eólica para o cenário energético nacional.

O trabalho está estruturado em sete capítulos. Começando no capítulo um com a introdução. No segundo capítulo, os objetivos propostos para o desenvolvimento. No capítulo três, são descritas as principais fontes de geração de energia do país. No quarto capítulo, demonstra o princípio de utilização dos ventos para realização de trabalho e o desenvolvimento da técnica de aproveitamento do mesmo para geração de energia. No capítulo cinco, é falado da geração eólica no Brasil, mostrando a atual situação desse tipo de geração, entraves para expansão do setor. Também é informado quais os principais países geradores de energia eólica. O sexto capítulo, trás as conclusões com o desenvolvimento desse trabalho. No sétimo capítulo, as referências bibliográficas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Mostrar a importância da geração de energia eólica para solução do problema de fornecimento de energia no Brasil.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Demonstrar os benefícios da geração eólica na matriz energética brasileira, demonstrando as principais regiões para instalação dos parques eólicos, mostrando as vantagens e desvantagens desse tipo de geração.

3 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A geração de energia elétrica no Brasil é predominantemente renovável, com destaque para a geração hídrica que é responsável quase 3/4 da geração de energia elétrica. Em um contexto global, o Brasil utiliza quase que quatro vezes mais recursos renováveis para a geração de energia que a média mundial. Para complementar esse quadro, o país apresenta outras fontes importantes para se produzir energias renováveis como, por exemplo, a exploração dos potenciais eólicos e solar.

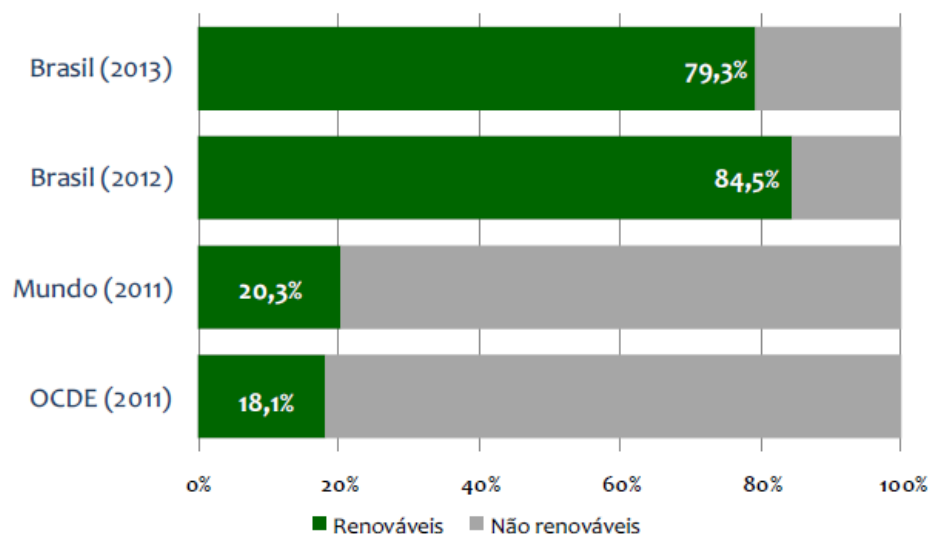


Figura 1 - Participação de renováveis na matriz energética (BEN, 2014).

3.1 HIDRÁULICA

A geração hidráulica é de grande importância para o cenário energético do país. Esse recurso, sozinho, correspondeu a mais de 70% da energia gerada no país no ano de 2013. Em números, esses 70% correspondem a 430,9 TWh de um total gerado no país de 609,0 TWh (BEM, 2014). De certa forma, o país torna-se dependente de um sistema de geração elétrica vulnerável as incertezas e variações climáticas, podendo reduzir a produção energética oferecida, dependendo do regime das chuvas, com variações dos níveis dos reservatórios.

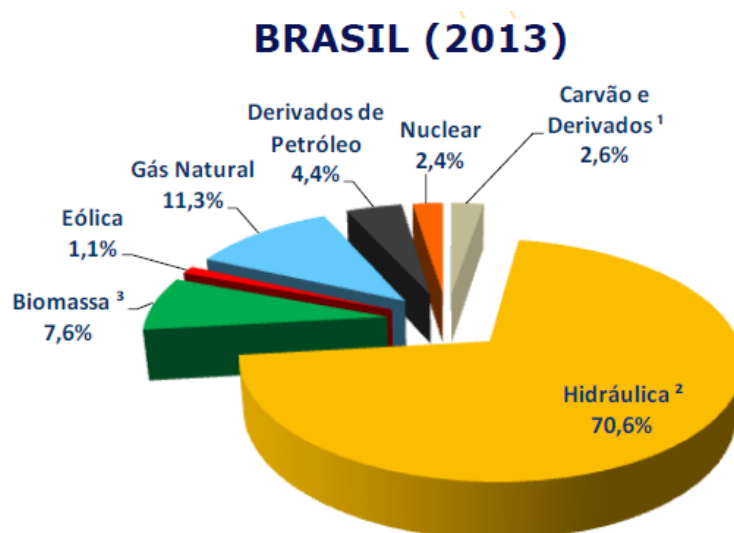


Figura 2 – Matriz energética brasileira (BEN, 2014).

Nos últimos dois anos, as chuvas foram insuficientes para manter um bom volume nos reservatórios. Nesse primeiro trimestre de 2015, dos 28 principais reservatórios, 17 estão com níveis inferiores aos de março de 2014, estando dez localizados na região sudeste. Em nove a água não ocupa nem 20% do volume máximo das represas, sendo que no reservatório da usina de Furnas, o maior da região sudeste/centro-oeste, no mês de março desse ano estava com 13,96% de sua capacidade. Esse é um dos reservatórios que preocupam o governo, que tem feito a redistribuição de energia usando recursos gerados no Norte e Sul para minimizar o impacto da seca (TOLEDO, 2015).

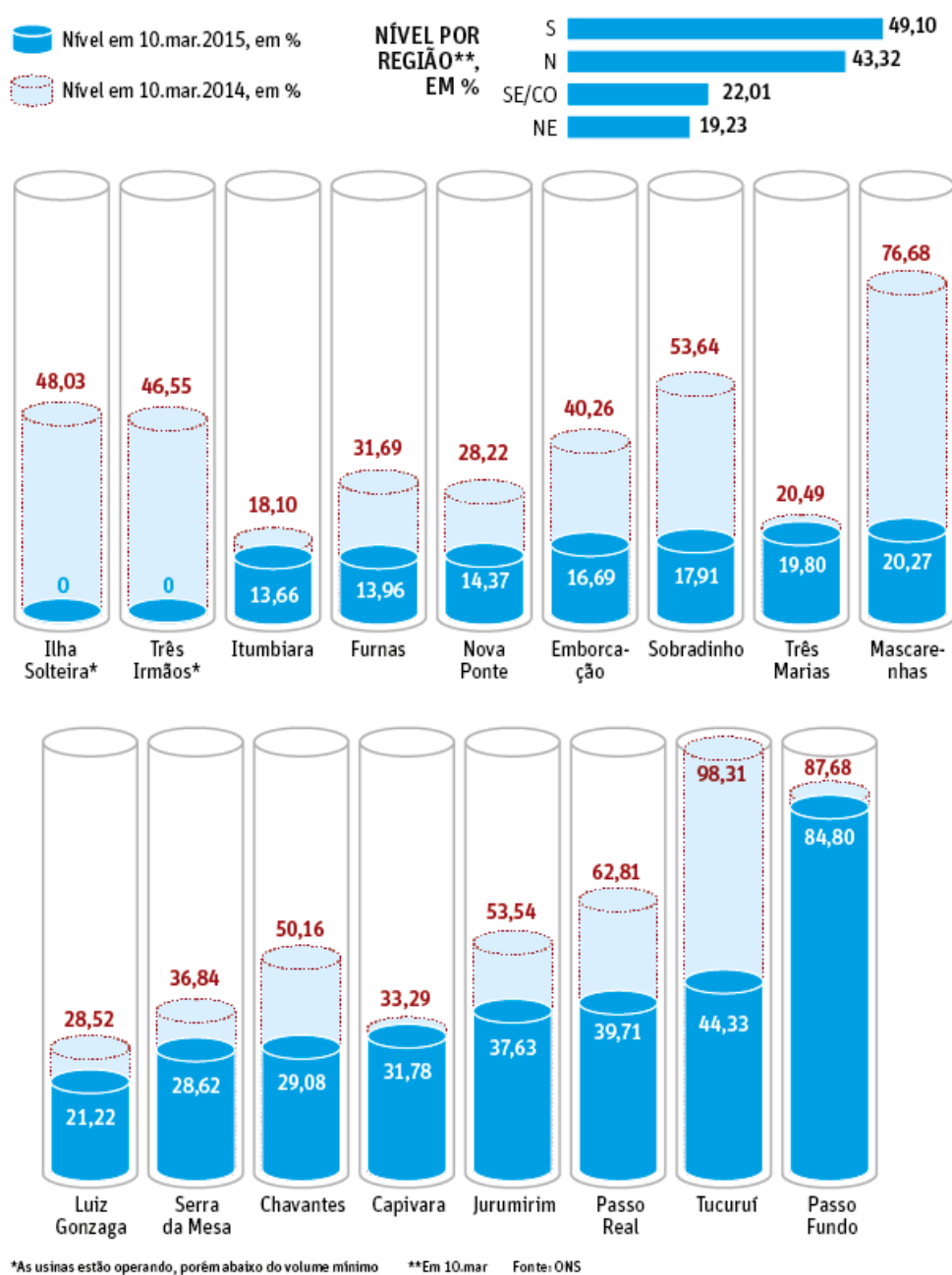


Figura 3 – Situação dos principais reservatórios do país (TOLEDO, 2015).

Pelo segundo ano consecutivo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis observadas ao longo do período, houve redução da oferta de energia hidráulica. Em 2013 o decréscimo foi de 5,4%. A menor oferta hídrica explica o recuo da participação de renováveis na matriz elétrica, passando de 84,5% em 2012 para 79,3% em 2013, apesar do incremento de 1.724 MW na potência instalada do parque hídrico (BEN, 2014).

Tabela 1 - Geração Elétrica GWh (BEN, 2014).

Fonte	2013	2012	Δ 13 / 12
Hidrelétrica	390.992	415.342	-5,9%
Gás Natural	69.017	46.760	47,6%
Biomassa ¹	39.679	34.662	14,5%
Derivados do Petróleo ²	22.090	16.214	36,2%
Nuclear	14.640	16.038	-8,7%
Carvão Vapor	14.801	8.422	75,7%
Eólica	6.579	5.050	30,3%
Outras ³	12.241	10.010	22,3%
Geração Total	570.025	552.498	3,2%

Todo esse cenário poderia ser ainda pior se a indústria nacional tivesse crescendo de forma satisfatória, com uma demanda alta de energia elétrica. Mas ao contrário, o cenário atual é de indústrias reduzindo a produção, férias coletivas, queda nas vendas. Sendo o consumo energético dos grandes consumidores abaixo da média, os reservatórios são preservados um pouco mais.

3.1.2 TERMOELÉTRICAS

Outra forma usada no Brasil e com maior expansão em outros países para obter energia elétrica, é através das Usinas termoeletricas. Nessas usinas se obtém vapores através da queima de combustíveis fósseis como, por exemplo, óleo combustível, gás natural, carvão e madeira. Os vapores gerados por essa queima são responsáveis pela rotação de turbinas conectadas a geradores elétricos. A grande desvantagem desse tipo de geração é a liberação de poluentes que são lançados na atmosfera, contribuindo para o agravamento do efeito estufa e consequentemente o aquecimento global.

Os custos para obter energia através das termoeletricas são elevados se comparado com a geração hidrelétrica. No Brasil, essas usinas são usadas de forma estratégica, isso é, quando os reservatórios das usinas hidrelétricas estão baixos, devido a períodos de estiagem, as térmicas são ligadas.

Se não fosse a disponibilidade das termoeletricas, o Brasil estaria com sérios problemas para atender à demanda dos consumidores de eletricidade nesses últimos três anos. No ano de 2013 o uso de termelétricas teve um crescimento de 31% em nosso país, se comparado ao ano anterior (BEN 2014).

Esse tipo de geração foi responsável, no mês de novembro de 2014, pela contribuição de 17.068 MW de energia elétrica. Tendo em vista que a capacidade disponível é de 17.295 MW, fica claro que a utilização das térmicas está no limite, fornecendo em média 32% da energia elétrica consumida no Brasil (JARDIM, 2014).

Em 2013, a participação de renováveis na matriz energética brasileira caiu para 79,3% devido às condições hidrológicas desfavoráveis e ao aumento da geração térmica.

Tabela 2 - Geração térmica (BEN, 2014).

2013	2012
30,3%	23,9%

Tabela 3 - Participação de cada fonte térmica (BEN, 2014).

Biomassa ²	26,9%
Gás Natural	40,0%
Nuclear	8,5%
Derivados de Petróleo	15,4%
Carvão e Derivados	9,2%

Notas:

¹ Não inclui importação (hidráulica) no total de geração de energia elétrica

² Inclui bagaço de cana-de-açúcar, lixívia, lenha, e outras recuperações

3.2 CONSUMO ENERGÉTICO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Uma das mais importantes formas de energia no mundo é a energia elétrica. Ela é um dos combustíveis para o crescimento econômico. O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Ela está relacionada de forma direta, tanto ao ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto à capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis, eletrodomésticos e eletroeletrônicos (ANEEL, 2008).

A Figura 4 mostra que a variação do PIB nos anos medidos ficou relacionada à variação do consumo energético. O Brasil vinha crescendo de forma excepcional até o ano de 2000, quando em 2001 ocorreu racionamento de energia devido ao baixo nível dos reservatórios e impossibilidade de uma geração satisfatória de energia elétrica, nesse mesmo período o PIB brasileiro despencou, pois o governo limitou ou até mesmo suspendeu o consumo elétrico das indústrias, aplicando multas aos consumidores que não reduzissem o consumo em suas residências.

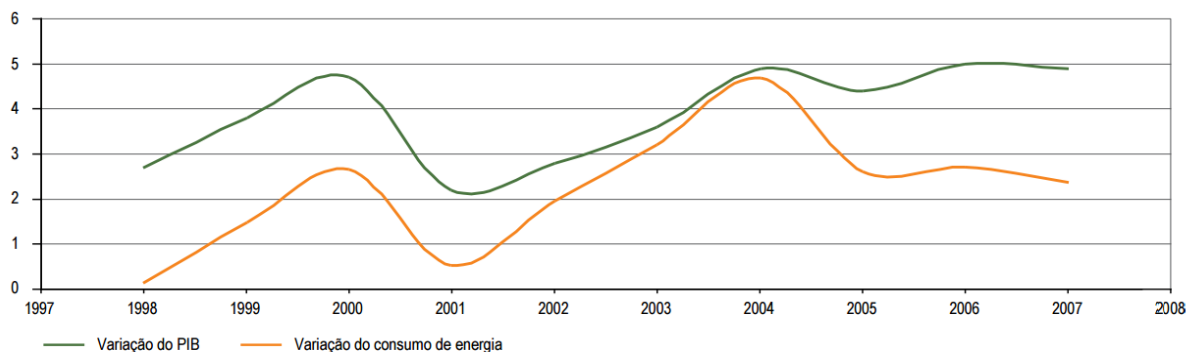


Figura 4 – Variação do PIB (%) e variação do consumo de energia (%) - (ANEEL, 2008).

Outra situação ocorre a partir de 2011 a 2014 (figura 5), onde observamos que o consumo de energia será pouco afetado pela desaceleração da economia no período, não aliviando o sistema de geração elétrica do país. A demanda no ano de 2015 seguirá alta em comparação ao PIB. Poderá nesse ano de 2015 haver alguma redução com relação aos 3,7% de 2014 devido ao aumento nas faturas de energia e criação das bandeiras tarifárias (ANACE).

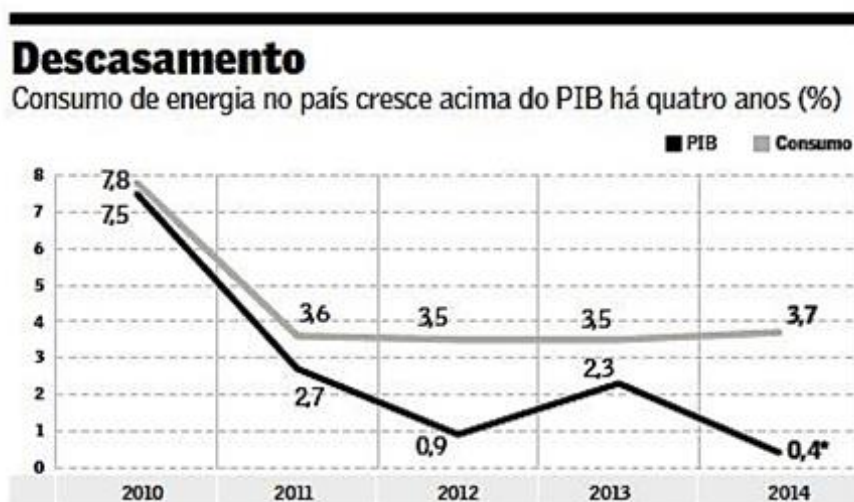


Figura 5 – Variação do PIB e variação do consumo de energia - *Medida mercado boletim Focus - (ANACE).

Essa alteração na conjuntura PIB e Consumo de energia se caracteriza pelo consumo das residências, comércio e o setor de serviços, que estão utilizando maior número de equipamentos eletroeletrônicos devido ao crescimento da renda e da economia nos últimos anos. Na divisão por setores, no ano de 2014 a demanda das residências cresceu 5,9% ante os doze meses anteriores, a do comércio aumentou 7,6%, e a de serviços foi de 5,2%. Nos últimos anos, o consumo de energia não acompanha mais o aumento da atividade, tendo o PIB crescendo 0,4% e o consumo de energia aumentando 3,7% (ANACE).

Na contramão do consumo, a indústria é o único setor que tem dado uma folga ao sistema, já que em 2014, ocorreu uma redução de 2,9% na demanda de energia. A sobrecarga que estamos assistindo, que culminou no blecaute, foi causada basicamente por comércio e residência.

Além do desenvolvimento econômico, outra variável que determina o consumo de energia é o crescimento da população – indicador obtido tanto pela comparação entre as taxas de natalidade e mortalidade quanto pela medição de fluxos migratórios (ANEEL, 2008).

3.3 FATORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA CRISE DO SETOR ELÉTRICO

De acordo com BARROSO e outros, o setor elétrico brasileiro vive, atualmente, seu momento mais delicado desde a implantação do novo modelo setorial em 2004, com perdas financeiras e problemas graves em todos os segmentos. Os principais fatores que levaram o setor a esta situação de insegurança de acordo com os mesmos são:

- Descontratação das distribuidoras;

A causa da descontratação das distribuidoras foi a não realização do leilão de renovação de contratos de energia que expiraram no final de 2012. Como consequência, as distribuidoras tiveram que comprar uma quantidade recorde de energia, resultante da diferença entre o consumo e os montantes contratados em 2013 e 2014 no mercado de curto prazo, cujos preços foram também um recorde no período. Esta “hemorragia” financeira demandou aportes bilionários do Tesouro e de bancos públicos e privados, cujo pagamento resultará em aumentos tarifários – além dos que ocorreriam normalmente – muito elevados neste e nos próximos anos.

- Os problemas estruturais de desempenho do sistema de geração e transmissão;

Por sua vez, os problemas estruturais de desempenho do sistema geração-transmissão se devem a uma combinação de restrições operativas e fatores de eficiência reduzidos de alguns geradores. Estes problemas existem na vida real, porém, não são capturados pelos estudos de planejamento, o que leva a uma discrepância significativa entre as projeções do governo e a realidade da operação diária do ONS. Desde 2010, este problema estrutural de desempenho tem provocado esvaziamentos acentuados dos reservatórios e, a partir do final de 2012, acionamento contínuo de todo o parque termoeletrico, mesmo em situações hidrológicas favoráveis. Em 2013, por exemplo, a hidrologia foi muito próxima da média histórica (96% da MLT) e, mesmo com as térmicas acionadas o ano inteiro, a um custo de 25 bilhões de reais, os reservatórios esvaziaram significativamente. A seca de 2014 (que, apesar de severa, está longe de ser a pior já vista – em termos da aflluência de janeiro a junho, é a nona pior do histórico de 84 anos) apenas agravou uma situação cuja causa como visto, é estrutural. A combinação de

esvaziamento acelerado dos reservatórios e acionamento contínuo das térmicas resultou nos preços recorde do mercado de curto prazo, pressionou financeiramente os geradores térmicos (devido à necessidade de comprar energia a preços elevados no mercado spot durante manutenções muitas vezes postergadas) e os geradores hidroelétricos (que, devido à produção reduzida das usinas, têm despesas bilionárias no mercado de curto prazo para honrar seus compromissos contratuais).

- O processo de implementação da MP 579.

A MP nº 579, que implementou um conjunto de ações, visando reduzir em 20% as tarifas de energia elétrica, não tem nenhuma relação *direta* com a hemorrhagia financeira atual. No entanto, esta MP teve impactos significativos na parte institucional e na situação de judicialização do setor. Por exemplo, a pressão de tempo no período que antecedeu a edição da MP nº 579 contribuiu para a falha de gestão que resultou na não realização do leilão A-1 em 2012. Adicionalmente, ela contribuiu para que não se avaliasse plenamente o efeito da alocação integral das cotas de garantia física ao ACR, na forma de contratos por disponibilidade, que tornaram os consumidores cativos responsáveis pelo seu risco hidrológico, o qual por sua vez foi mitigado através da definição de um “hedge” fixo de 5% na contratação da energia. Tampouco foi devidamente avaliado o fato de que as cotas não possuem a flexibilidade de redução de volume contratual que tinham os contratos de energia existente substituídos por elas, o que tornou necessária a elevação do limite de sobre contratação das distribuidoras de 103% para 105%, o que por sua vez contribuiu para reduzir a liquidez contratual para o ACL.

4 ENERGIA EÓLICA

4.1 CONSIDERAÇÕES

Energia eólica é a energia contida nos ventos. Seu aproveitamento é através da conversão da cinética de translação em energia cinética de rotação. Através desse movimento, utiliza-se turbinas eólicas ou também conhecidos como aerogeradores para geração de energia elétrica (MORELLI, 2012).

Em todo o planeta existem correntes de ventos. Alguns lugares são mais fortes do que em outros, devido a vários fatores, como incidência solar e relevo do terreno. O Vento é um recurso natural e renovável, que não polui o meio ambiente.

A formação dos ventos se dá pelo aquecimento do ar, dessa forma as regiões tropicais, onde a incidência solar é maior, o ar está mais aquecido e esse tende a elevar em altitude, sendo substituído por ar frio proveniente dos polos, originando assim os ventos.

De acordo com CRESEB (2008), em algumas regiões do nosso planeta, praticamente os ventos tem uma maior regularidade, onde podem ser chamados de planetários ou constantes e se classificam em:

Alísios: Ventos que sopram dos trópicos para o Equador, em baixas altitudes.

Contra Alísios: Ventos que sopram do Equador para os polos, em altas altitudes.

Ventos do Oeste: Ventos que sopram dos trópicos para os polos.

Polares: Ventos frios que sopram dos polos para zonas temperadas.

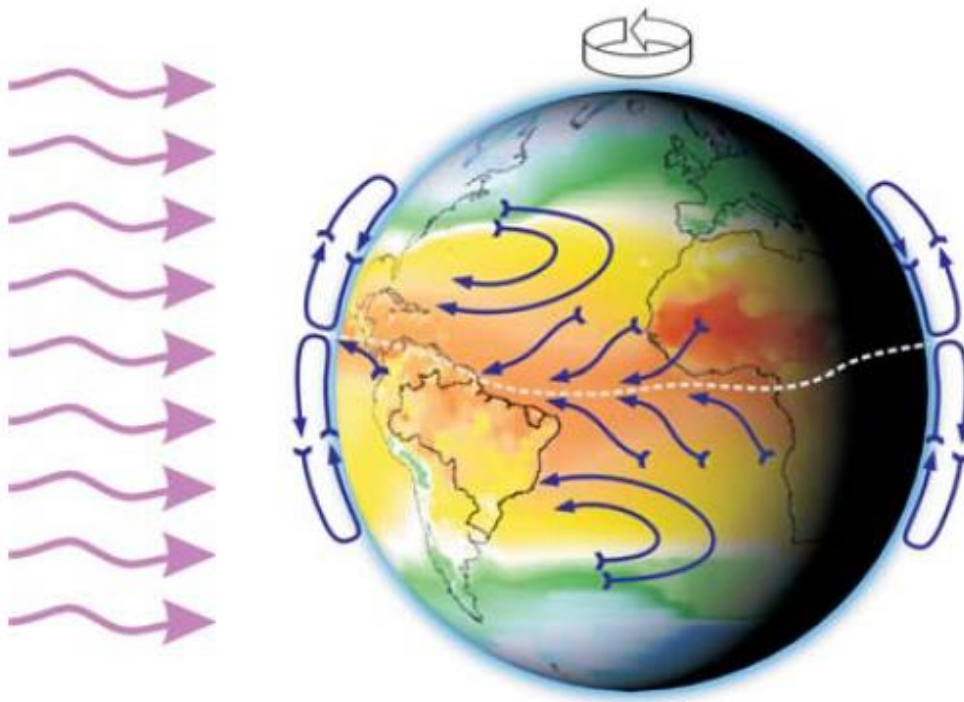


Figura 6 - Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar (CRESESB, 2008).

Antes da construção de um parque eólico, estudos são realizados para verificar a viabilidade do empreendimento. A densidade dos ventos deve ser maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s. Um dos problemas deste sistema de produção elétrica é que o vento não sopra com intensidade todo o ano, ele é mais intenso no verão quando o ar se movimenta do interior quente para o litoral mais fresco (SOUZA, A; NASCIMENTO, A; 2004).

4.2 HISTÓRICOS DA UTILIZAÇÃO DOS VENTOS

Os primeiros registros da utilização da energia dos ventos pelo homem remontam a milhares de anos no Oriente, sobretudo na forma de força aerodinâmica de arrasto, para movimentar placas e velas. Com o avanço da agricultura, o uso desse recurso aumentou devido à crescente necessidade do homem de novas ferramentas que o auxiliassem na realização de tarefas que

exigiam uma força motriz (humana ou animal) cada vez maior, como a moagem de grãos e o bombeamento de água. Acredita-se que os cata-ventos mais rústicos de que se tem notícia na história surgiram na China por volta de 2000 a. C. e eram usados para irrigação (CEMIG, 2012).

Os cata-ventos chegaram à Europa no século XI, mas só começaram a ser usadas de forma aprimorada para moagem dos grãos por volta do século XII. Esses moinhos tinham eixo Horizontal e estavam presentes em países como Inglaterra, França, Holanda, entre outros. Durante a idade média, no regimento das leis feudais, a maioria impunha a utilização exclusiva dos moinhos de ventos dos senhores do feudo, impedindo a construção dessas máquinas pelos camponeses. Devido ao conhecimento na época, também se proibiam a plantação de árvores próximas aos moinhos, assegurando o “direito ao vento”. Essa tecnologia possibilitou à Europa uma grande influência na economia agrícola por vários séculos. Com o passar dos anos o sistema desenvolveu-se, tendo melhoras nas pás, sistema de controle, eixos, entre outros componentes, aproveitando-se ao máximo a força motriz dos ventos nas atividades (CRESESB, 2008).

Entre os Séculos XVII e XIX, os Holandeses utilizaram em grande escala os moinhos para drenagem das terras cobertas pelas águas. Muitas regiões como, por exemplo, Beemster Polder, com uma média de 3 metros abaixo do nível do mar, passou por uma drenagem que durou 4 anos, com início em 1608, sendo utilizados para a atividade 26 moinhos de vento.

Devido ao crescente domínio dos moinhos de vento, muitas outras atividades foram desenvolvidas com a utilização destes. Em 1582, se utilizou moinhos de vento para produção de óleo vegetal, já em 1586, com o surgimento da imprensa, os moinhos foram usados na fabricação de papel. Estima-se que em meados do século XIX na Europa, estavam em atividades cerca de 22.650 moinhos de ventos, espalhados por países como Holanda, Bélgica, Inglaterra e França (CRESESB, 2008).



Figura 7 - Moinho típico Holandês (maisturismo.org)

Com o surgimento da máquina a vapor, no período da revolução industrial, os moinhos de vento foram perdendo espaço. Aproximadamente 2.500 moinhos estavam em funcionamento na Holanda, passando para menos de 1.000 no ano de 1960 (CRESESB, 2008).

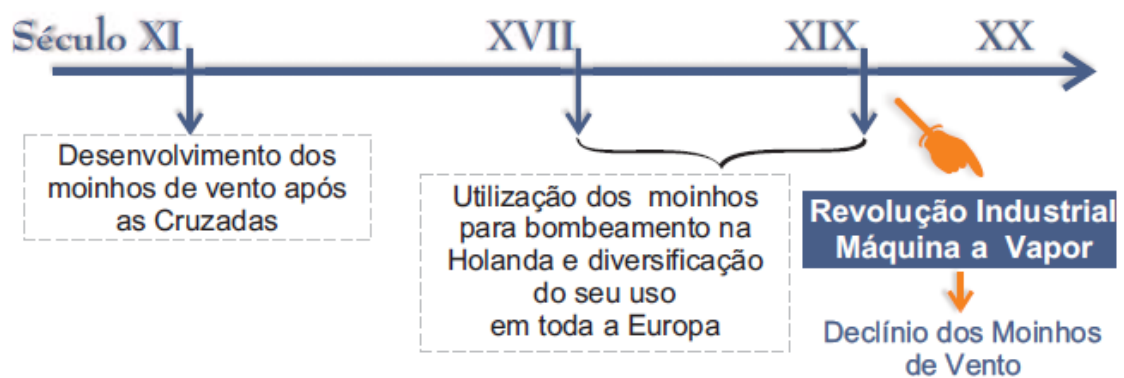


Figura 8 - Desenvolvimento da Energia Eólica (CRESESB, 2008).

4.3 DESENVOLVIMENTOS GERAÇÃO EÓLICA

O primeiro moinho de vento utilizado para a produção de energia elétrica foi construído na Escócia, em 1887, pelo professor James Blyth, do Colégio de Anderson, Glasgow, numa torre de 10 m de altura, instalado no jardim de sua casa, em Marykirk. A geração carregava acumuladores, que alimentavam a iluminação da casa de campo. O povo de Marykirk recusou a oferta de excedentes de Blyth, por pensarem que a eletricidade era "obra do diabo". Apesar de outra experiência de Blyth para fornecer energia de emergência para o Lunatic Asylum local, o invento não evoluiu, por não ser economicamente viável.

Do outro lado do Atlântico, em Cleveland, Ohio (USA), outro moinho de vento foi projetado e construído, entre 1887 e 1888, por Charles F. Brush. Foi construído por sua empresa de engenharia, em sua casa. Constava de um rotor de 17 m de diâmetro, com 144 lâminas, sobre uma torre de 18 m de altura, para uma potência de 12 kW. O dínamo, ligado, carregava um banco de baterias, que alimentava lâmpadas incandescentes e motores, no laboratório de Brush. A máquina caiu em desuso em 1900, quando a eletricidade tornou-se disponível a partir de estações centrais de Cleveland, e foi abandonada em 1908.

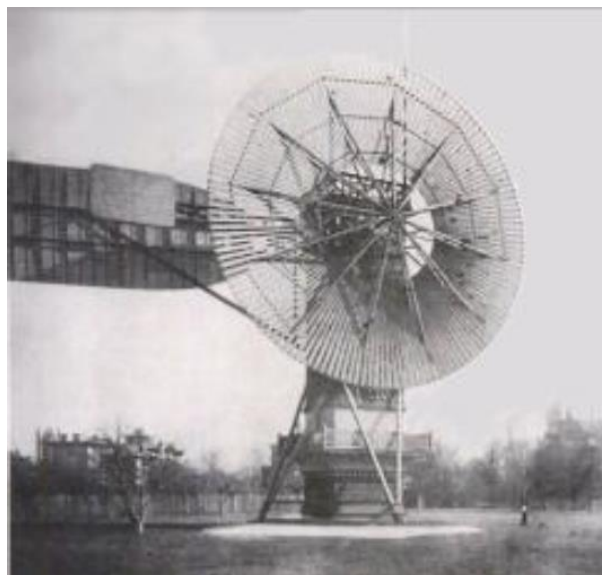


Figura 9 - Gerador eólico de Charles F. Brush, USA 1887/88, de 12kw (MME, 2014).

Em 1891, o cientista dinamarquês Poul la Cour também construiu um aerogerador, que foi usado para produzir hidrogênio por eletrólise, para ser armazenado e usado em experimentos, e para iluminar o High School Askov. Já em 1900, a Dinamarca contava com cerca de 2.500 moinhos de vento, usados para bombear água e moer grãos, produzindo um pico de potência combinada estimada em 30 MW.

No centro-oeste americano, até 1900, um grande número de pequenos moinhos de vento estava instalado em fazendas para operar bombas de irrigação. Empresas como a Star, Eclipse e Fairbanks-Morse tornaram-se famosas fornecedoras de aeromotores para a América do Norte e do Sul.

Em termos de aerogeradores de grande potência, somente em 1941 ocorreu a primeira experiência acima de 1 MW, conectado à rede de Vermont – USA (1.000 residências atendidas). O projeto de Palmer Cosslett Putnam foi fabricado pela S. Morgan Smith Company. Com turbina de 1,25 MW, movida por um sistema de duas pás, operou por pouco tempo devido a problemas de manutenção em tempo de guerra (Segunda Guerra Mundial). Outras experiências com aerogeradores de maior potência ocorreram nas décadas de 50 e 60, como mostra a figura 10 (na França), contemplando três pás com rotor horizontal, característica das atuais turbinas eólicas.



Figura 10 - Turbina eólica experimental em Nogent-le-Roi, França. 1958/62 (800kw) (MME, 2014).

O grande desenvolvimento da aplicação da energia eólica para geração de eletricidade iniciou-se na Dinamarca em 1980 quando as primeiras turbinas foram fabricadas por pequenas companhias de equipamentos agrícolas. Estas turbinas possuíam capacidade de geração (30-55 kW) bastante reduzida quando comparada com valores atuais. Políticas internas favoreceram o crescimento do setor, de maneira que, atualmente, a Dinamarca é o país que apresenta a maior contribuição de energia eólica em sua matriz energética e é o maior fabricante mundial de turbinas eólicas (Martins, F e outros, 2007).

Desde o início da década de 1990 o setor de energia eólica vem apresentando um crescimento acelerado em todo o mundo. A capacidade instalada total mundial de aerogeradores voltados à produção de energia elétrica atingiu 74223 MW ao final de 2006, apresentando um crescimento de mais de 20% em relação a 2005. Nesse mesmo período, o Brasil totalizou a inserção de 208 MW, fechando o ano com 237 MW de capacidade instalada. Esse acréscimo deve-se, em grande parte, a instalação dos parques eólicos de Osório (RS) que totalizam 150

MW. Este complexo eólico conta com 75 aerogeradores de 2 MW cada um, instalados em três parques eólicos, com capacidade de produzir 417 GWh por ano (Martins, F; Guarnieri, R; Pereira, E; 2007).



Figura 11 - Evolução Histórica dos aerogeradores (GANNOUM, 2014).

4.4 AEROGERADORES

Os aerogeradores ou turbinas eólicas são equipamentos formados por diferentes componentes responsáveis pela transformação da energia dos ventos em eletricidade através de um rotor aerodinâmico conectado a um gerador elétrico. As turbinas podem ser de eixo Vertical ou Eixo Horizontal.

As primeiras turbinas eólicas desenvolvidas em escala comercial tinham potências nominais entre 10 kW e 50 kW. No início dos anos 90 as turbinas eólicas já produziam energia até 300 kW. No Final dos anos 90 as turbinas eólicas estavam gerando com capacidade de 2 MW (ANEEL, 2008).

As turbinas de eixo vertical não são usadas para produção de energia elétrica em grande escala, como por exemplo, nos parques eólicos, devido ao seu baixo desempenho, torres de sustentação baixas e os projetos aerodinâmicos são complexos. Esse modelo de turbina é muito usado para pequenas gerações em residências localizadas nas regiões urbanas e semiurbanas. Uma grande vantagem desse modelo é a capacidade de captação dos ventos sem precisar alterar a posição do rotor, pois capta os ventos vindos de todas as direções devido à orientação de seu eixo. Outra característica é ter um melhor comportamento em ventos turbulentos.

Os principais modelos de turbinas eólicas de eixo vertical são:

Darrieus: Turbinas com uma aerodinâmica que lembra asas de avião, um dos modelos mais usados.

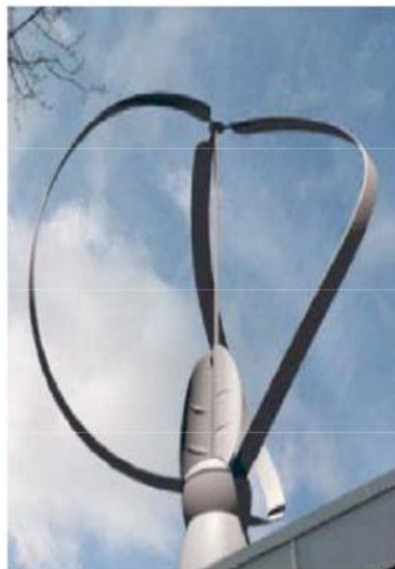


Figura 12 - Turbina eólica vertical modelo Darrieus (MACHADO, 2014).

Savonius: Pás formadas por semicilindros, a turbina sai do repouso através da pressão dos ventos sobre ela. Um tipo menos eficiente para a geração de energia, atingindo baixa velocidade e um torque elevado, com rendimento em torno de 30%.



Figura 13 - Turina eólica vertical modelo Savonius (MACHADO, 2014).

Os aerogeradores com eixo horizontal são os mais usados para a geração de energia nos parques eólicos devido a sua melhor eficiência se comparado com os de eixo vertical. Seu rotor encontra-se na horizontal e devido a essa característica torna-se necessário um sistema para controlar o posicionamento do rotor para mantê-lo sempre perpendicular ao vento. Os rotores mais utilizados são os de tipo hélice, contendo três pás, mas também existem rotores com multipás, duas pás e uma pá.

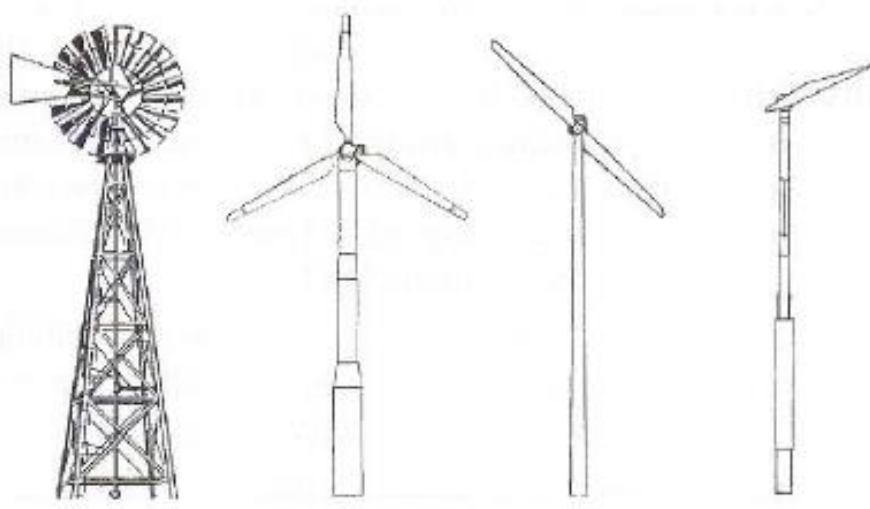


Figura 14 - Aerogeradores de eixo horizontal (a) multipás, (b) três pás (c) duas pás e (d) uma pá (ELETRONORTE).

Nesse modelo horizontal, os rotores instalados em cima de torres, giram devido ao efeito das forças de sustentação, fazendo com que muito mais potência seja liberada em comparação aos que se movimentam devido às forças de arrasto.

As pás do rotor podem ter as mais variadas formas e tamanhos que dependerá do diâmetro do rotor, definição da geometria do perfil aerodinâmico entre outras características.

De acordo com MACHADO (2014), os rotores de uma turbina eólica de eixo horizontal podem ser classificados de acordo com a orientação do rotor em relação ao vento, podendo ser chamado de down wind (figura a) , ou up wind (figura b).

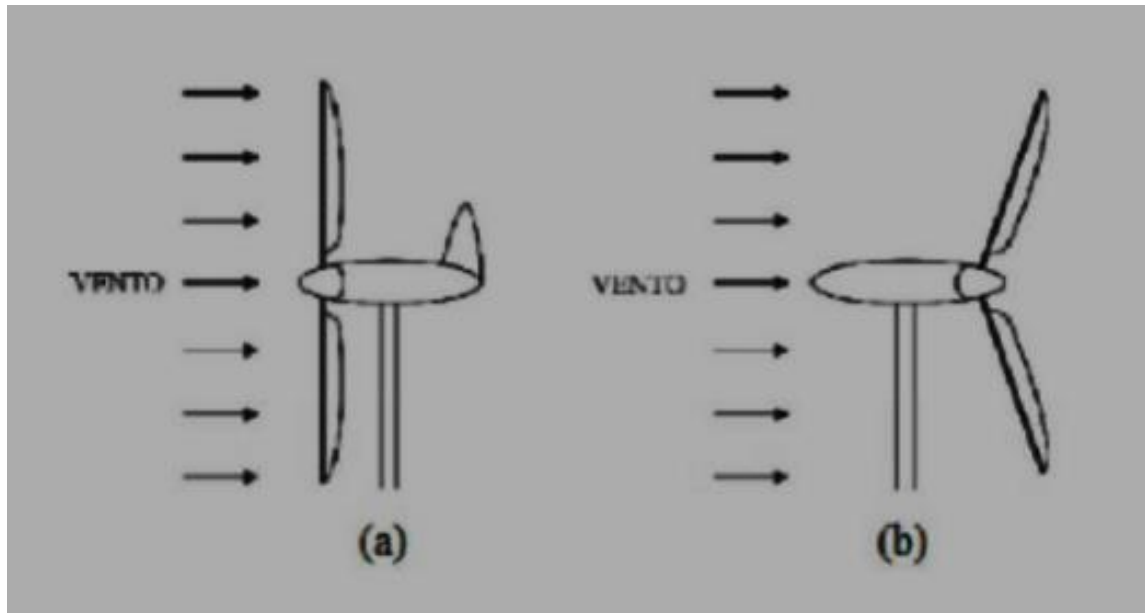


Figura 15 - Classificação dos rotores quanto à sua orientação: (a) Upwind e (b)Downwind (MACHADO, 2014).

A configuração do sistema do tipo Upwind, quando o vento passa pelas pás, um esforço vibratório na torre é provocado, dessa forma esse sistema necessita de um mecanismo de orientação do rotor com o fluxo de vento. Na configuração do tipo Downwind, quando o vento passa pela torre, vibrações nas pás são provocadas. Nesse tipo de sistema a orientação do rotor ocorre de forma automática (CRESESB, 2008).

As turbinas eólicas podem ser usadas para gerar energia elétrica para atender a diferentes demandas. Turbina de pequeno porte (Figura 16), com geração menor ou igual a 10kW são muito utilizadas em residências, principalmente propriedades rurais. Turbinas intermediárias (Figura 17) produzem de 10 a 250kW, são usadas em sistemas híbridos e geração distribuída. As de grande porte (Figura18), acima de 250 kW são instaladas em parques eólicos e também geração distribuída.



Figura 16 - Turbina eólica pequeno porte (CEPEL, 2010).



Figura 17 - Turbina eólica intermediária (CEPEL, 2010).



Figura 18 - Turbinas eólicas de grande porte (CEPEL, 2010).

Como toda tecnologia mecânica, elétrica, eletrônica, os aerogeradores com o passar do tempo foram sendo aperfeiçoados, ficando maiores e mais eficientes. Esse rápido desenvolvimento aumentou a capacidade de geração das turbinas eólicas comerciais em todo mundo durante as últimas duas décadas. Com relação à potência, a evolução foi de 300kW no início dos anos 90 para aproximadamente 600kW nos últimos anos. Quanto às dimensões, o diâmetro das pás do rotor atinge hoje mais de 120m. A figura 19 exemplifica todo esse desenvolvimento.

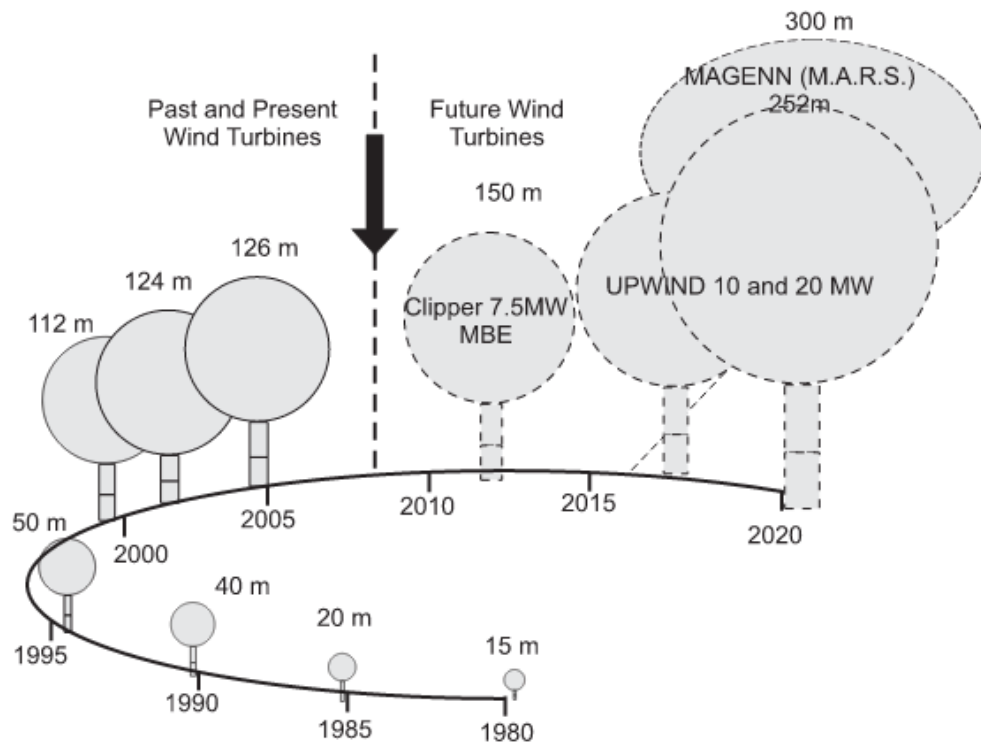


Figura 19 - Evolução da altura das torres (BNDS SETORIAL, 2008).

4.4.1 SISTEMA ONSHORE

Os aerogeradores podem ser chamados de onshore, quando estão instalados na terra e offshore quando são instalados no mar. Para a instalação dos aerogeradores, uma distância entre eles deve ser mantida, para evitar que a corrente de ar ao passar por um equipamento não gere perturbação no outro, interferindo na geração de energia. Uma densidade comum para instalação dos equipamentos é 10MW/km^2 com todos aerogeradores fornecendo energia diretamente na rede elétrica (MORELLI, 2012).



Figura 20 - Exemplo de parque eólico onshore. (CEPEL, 2010)

4.4.2 SISTEMA OFFSHORE

Os sistemas offshore apresentam a vantagem de aproveitarem os ventos mais favoráveis que estão presentes no mar. Se comparado a um sistema onshore, a velocidade média no sistema offshore é aproximadamente 40% maior. Entretanto, esse tipo de instalação é mais caro devido as grandes estruturas de sustentação para os aerogeradores que são maiores, passagem submersa dos cabos para interligação na linha de transmissão além das dificuldades na construção e manutenção, pois torna-se necessário utilização de barcos para acesso as torres.

No nordeste europeu, onde a maioria dos países estão perto de águas rasas, a construção de fazendas eólicas offshore é considerada uma promissora opção. As vantagens desses projetos são a redução da visibilidade dos aerogeradores e ruídos e um aproveitamento maior dos ventos, que são em média 30% mais velozes. (PEREIRA, 2004).

No Brasil esse tipo de implantação não é utilizado devido aos custos (construção e manutenção) serem mais elevados.



Figura 21 - Exemplos de parque eólico offshore (ANEEL, 2008).

4.5 COMPONENTES DE UM AEROGERADOR DE EIXO HORIZONTAL

Como todo equipamento eletromecânico, os aerogeradores são compostos por muitos componentes. Cada um com sua importância, seja ela para sustentação, geração ou controle. As configurações variam de acordo com projeto. Podendo alguns modelos ser projetados sem a caixa multiplicadora, outros com variação no comprimento do eixo e diferenças no tamanho e potência do gerador.

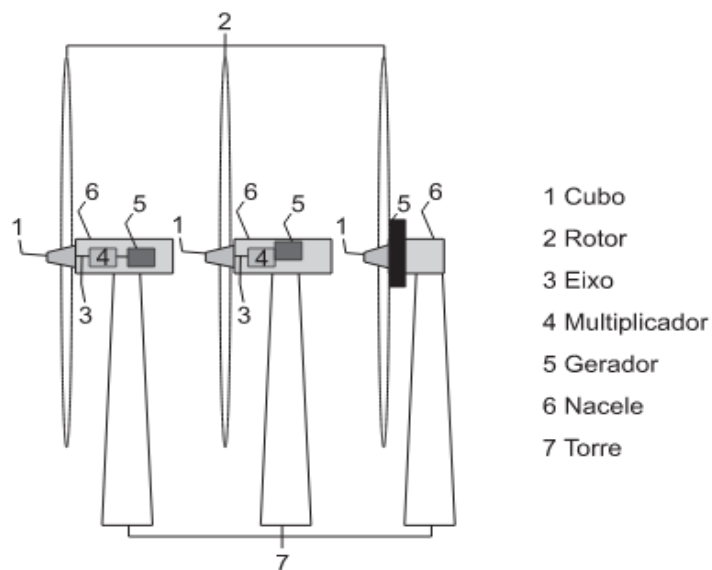


Figura 22 - Componentes de um aerogerador (BNDS SETORIAL, 2008).

Nascele: Carenagem responsável pela proteção de toda parte eletromecânica do Aerogerador. O seu tamanho varia de acordo com a potência e configurações do equipamento. Na figura 23 esta representada uma nascele de um aerogerador convencional com todos os componentes e na figura 24 vemos uma nascele e no seu interior um gerador multipolos, com todos os principais componentes.

- | | |
|---|--|
| 1. Controlador do Cubo | 11. Transformador de alta tensão |
| 2. Controle pitch | 12. Pás |
| 3. Fixação das pás no cubo | 13. Rolamento das pás |
| 4. Eixo principal | 14. Sistema de trava do rotor |
| 5. Aquecedor de óleo | 15. Sistema hidráulico |
| 6. Caixa multiplicadora | 16. Plataforma da nascele |
| 7. Sistema de freios | 17. Motores de posicionamento da nascele |
| 8. Plataforma de serviços | 18. Luva de acoplamento |
| 9. Controladores e Inversores | 19. Gerador |
| 10. Sensores de direção e velocidade do vento | 20. Aquecimento de ar |

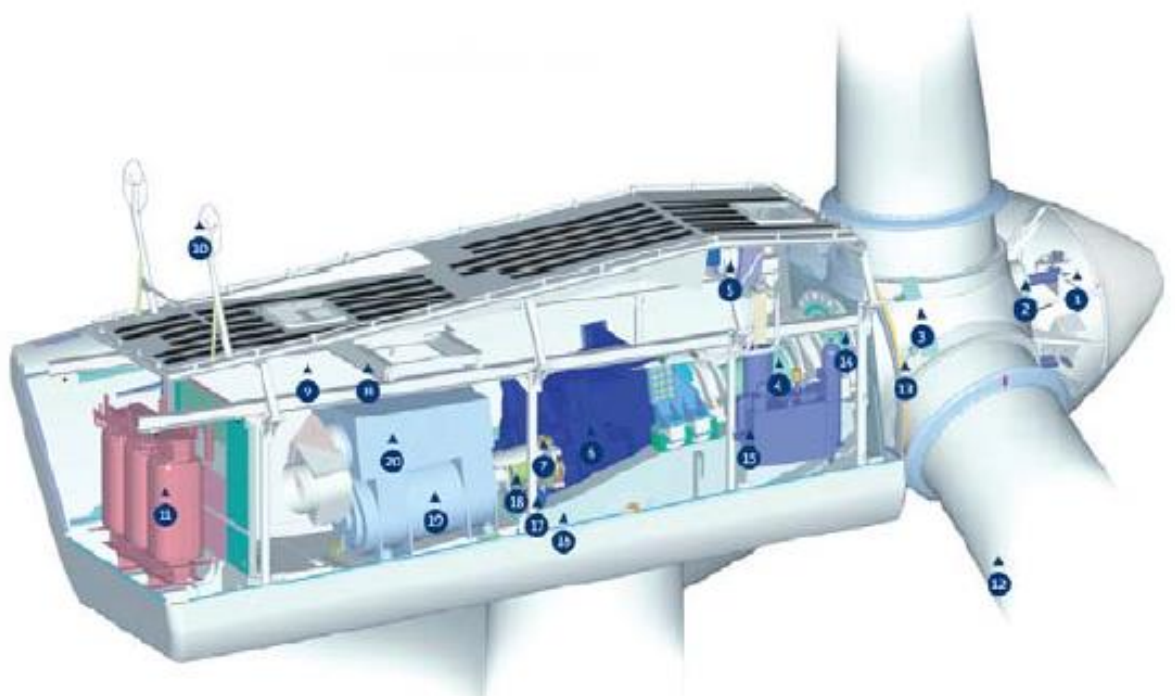


Figura 23 - Vista do interior da nascele de uma turbina eólica utilizando um gerador convencional (CRESESB, 2008).

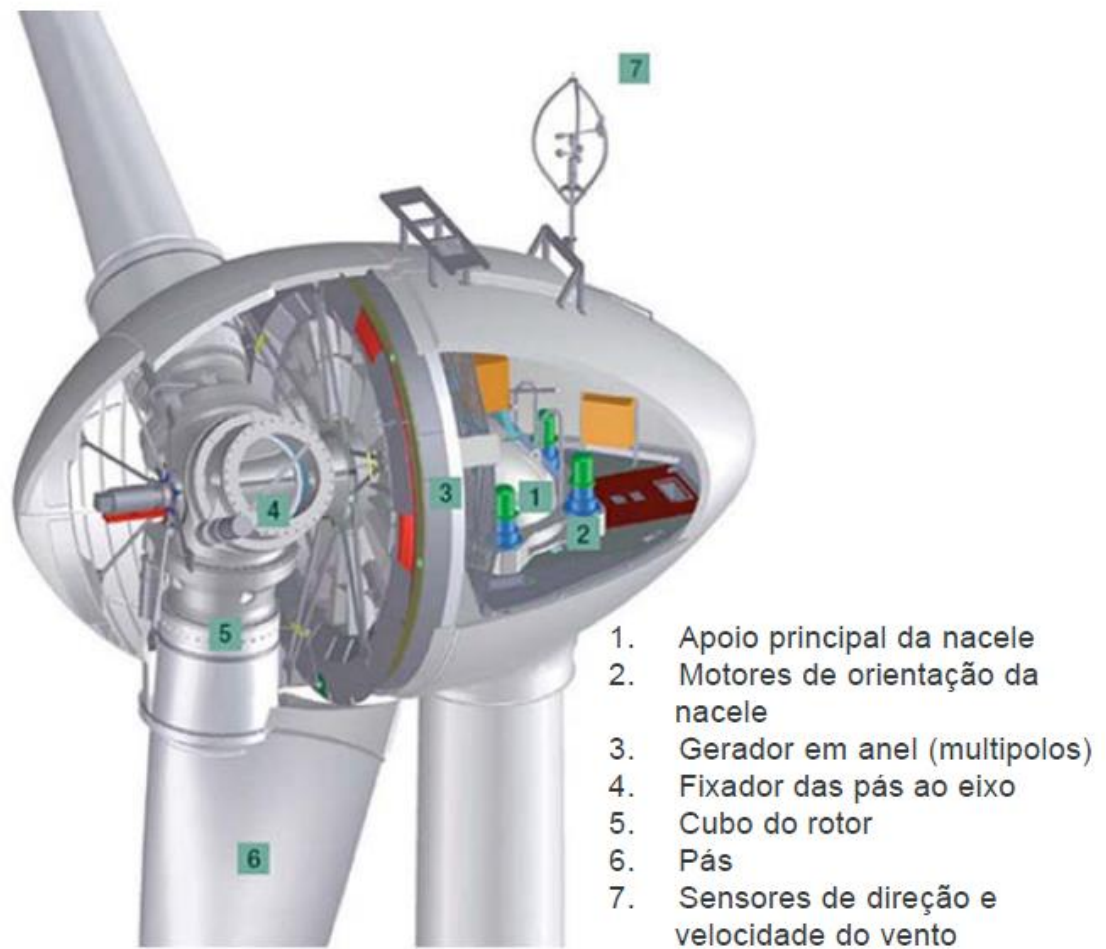


Figura 24 - Vista do interior da nacelle de uma turbina eólica utilizando um gerador multipolos (CRESESB, 2008).

Sensores de vento: Responsável pela medição da velocidade e direção dos ventos orientando o equipamento.

Pás do rotor: Componente do Aerogerador em contato com o vento realiza o giro do rotor.

Cone do roto: Onde as pás do sistema são ligadas, esse cone está ligado ao eixo de baixa velocidade da turbina eólica.

Freio a disco: Usado para parar o Aerogerador, quando há falhas no freio aerodinâmico.

Eixo de alta velocidade: Esse eixo está conectado no gerador elétrico, após a caixa multiplicadora.

Acoplamento elástico: Realiza a conexão entre o rotor de alta velocidade e o gerador.



Figura 25 - Acoplamento elástico (CEPEL, 2010).

Caixa multiplicadora: O sistema de multiplicação de velocidade tem como função básica a elevação da velocidade de rotação do rotor a valores adequados para uma produção de energia eficiente do gerador. A caixa de multiplicação está conectada ao rotor através do eixo principal, também chamado de eixo de baixa velocidade, e ao gerador através do eixo secundário, ou de alta velocidade.



Figura 26 - Caixa multiplicadora (CEPEL, 2010).

Gerador elétrico: Responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica. Alguns geradores chegam à potência de 7.580KW. Para isso, em média com um diâmetro do rotor de 127metros e altura do cubo de 135 metros (ENERCON).



Figura 27 - Geradores para turbinas eólicas (WEG)

Controle de Giro: Responsável pela movimentação do Aerogerador para realizar correções devido à orientação dos ventos.

Sistema de controle: Todo sistema é monitorado por um computador e ao sinal de

alguma anomalia, o Aerogerador é freado de forma automática para preservar o sistema até que a manutenção seja concluída.

5 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

De acordo com CERNE (2013) entre os países da América do Sul, o Brasil emergiu como o mercado mais promissor para o desenvolvimento da energia eólica. Adicionalmente às usuais considerações de ordem ambiental benéfica, um fator importante que impulsionou a busca por novas fontes de energia foi à crise energética enfrentada pelo Brasil após um período de chuvas escassas e consequentemente um mau desempenho das grandes usinas hidrelétricas do País, resultando em acionamento de energia entre 2001 e 2002.

5.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS EÓLICO NO PAÍS

A energia eólica é uma fonte de grande interesse para a produção de energia elétrica no Brasil, devido à abundância deste recurso natural. Em 2001, foi elaborado um atlas eólico nacional; considerando velocidades médias anuais de vento iguais ou superiores a 7,0 m/s, o Atlas1 estimou um potencial bruto de 143 GW de potência eólica no Brasil, e apontou o litoral e algumas regiões elevadas no interior como as melhores áreas para a energia eólica (CEMIG, 2010). Com a expansão do setor e considerando-se a tecnologia atual, com torres de 100 m ou mais, os estados brasileiros estão revendo o potencial eólico e estima-se que o potencial brasileiro de geração eólica esteja próximo a 350GW (MME, 2014). Esse alto potencial eólico, desperta o interesse dos principais fabricantes dessa tecnologia e de investidores internacionais, que trazem para o país suas indústrias, mantêm torres de medição e elaboram estudos de infraestrutura para instalação e operação de parques eólicos. O potencial é elevado no Nordeste e no Sul, que se encontram próximo às extremidades do sistema de transmissão e distantes dos principais centros de geração elétrica. No caso do Nordeste, há ainda a vantagem da complementaridade sazonal entre a geração eólica e a hidráulica, pois o período de chuvas é inverso ao de ventos (CEMIG, 2010).

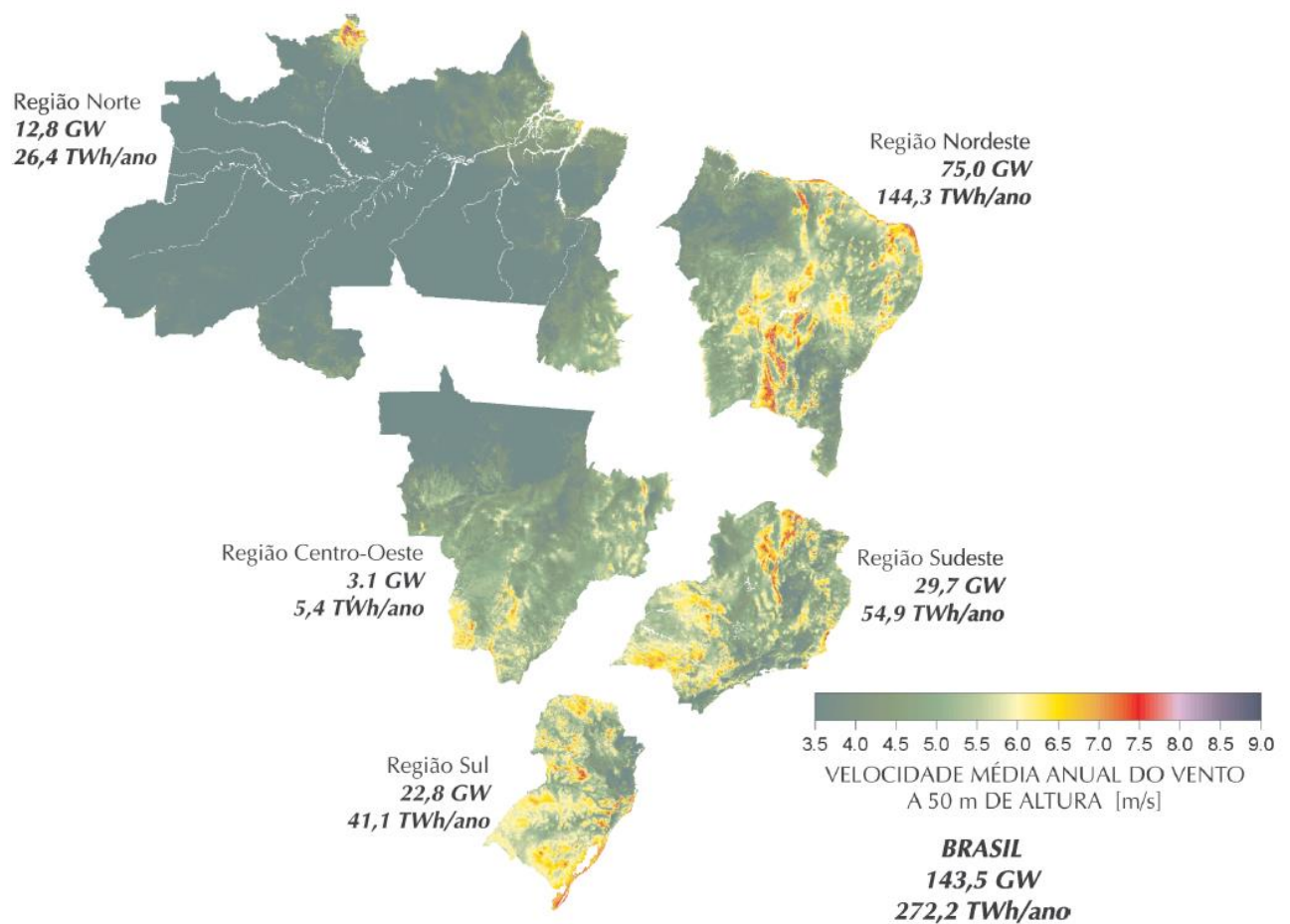


Figura 28 - Mapa do potencial eólico brasileiro (APEB, 2001).

5.2 PROINFA E OUTROS INCENTIVOS

Iniciado em 2002, o PROINFA colocou em marcha as políticas públicas destinadas a diversificar a matriz energética do país a partir de novas fontes de energia. Foram alocados 3.300 MW de capacidade instalada divididos entre as fontes eólicas, biomassa e PCH. Neste período, foram contratados 1.423 MW de projetos de empreendimentos eólicos. A aquisição se fez por meio de contratos de 20 anos firmados com a ELETROBRÁS e preço definido pelo Poder Executivo e corrigidos pelo Índice Geral De Preços Do Mercado (IGP-M), associado a um programa de financiamento do BNDES que determina a obrigatoriedade de um índice mínimo de nacionalização das peças e componentes eólicos a serem utilizados nestes projetos. A preços atuais, a fonte eólica foi contratada por pouco mais de R\$ 370,00/MWh, enquanto para as demais fontes (PCH e Biomassa), foram

pagos preços em torno de R\$ 200,00/MWh, em contraste com a hidrelétrica convencional que foi contratada com o preço de R\$ 100,00/MWh, naquele período. (GANNOUM, 2014).

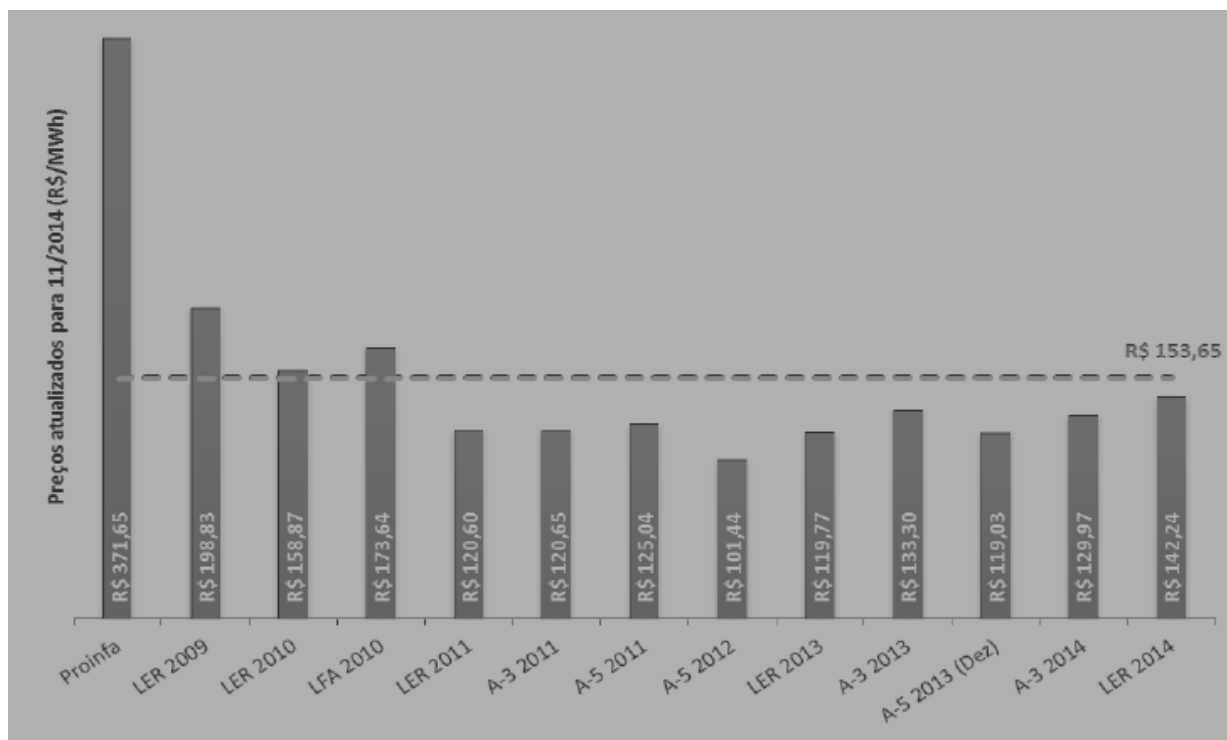


Figura 29 - Preços médios PROINFA e leilões (GANNOUM, 2014).

O mercado para a energia eólica precisava ser fomentado e foi: inicialmente pelos incentivos do PROINFA (2002 - 2008) e finalmente pela inclusão desta fonte nos leilões federais de compra de energia após 2009. No processo de desenvolvimento do setor inclui-se também o capítulo das linhas de transmissão, que são as vias de escoamento da energia até o consumidor. Regiões antes eminentemente importadoras de energia, como o Rio Grande do Norte, o Ceará, e o Rio Grande do Sul tornaram-se potenciais provedores regionais, exportando megawatts para seus vizinhos, além de ganhar segurança em seus mercados locais (CERNE, 2013).

Entretanto, o recente sucesso da inserção da energia eólica na matriz elétrica no Brasil ocorreu na fase Competitiva. Esta fase vem se sustentando desde o Leilão de Energia de Reserva (LER) de 2009, que foi o primeiro leilão de comercialização

de energia voltado exclusivamente para a fonte eólica. Foram contratados por meio do Leilão 1.806 MW de potência eólica. Nos anos subsequentes, de 2010 a 2014, foram realizados mais 12 leilões e contratados mais de 12 GW, tendo sido contratos desde 2009 o total de 14 GW, com a média de contratação de 2,3 GW por ano. Durante este período a fonte eólica vem apresentando uma forte redução nos custos de produção, o que contribui em grande grau para a manutenção de sua competitividade (GANNOUN, 2014).

Em maio de 2013, a EPE (Empresa de Pesquisa Energética) encaminhou ao MME (Ministério de Minas e Energia) estudos de expansão da rede básica (linhas de transmissão a partir de 230 kV) que permitirão a contratação de parques eólicos nos próximos leilões de energia elétrica. Os estados que receberão as obras de reforço são o CE, RN, BA e RS. Tais estudos contemplam cerca de R\$ 2,5 bilhões em novos investimentos. A previsão é que sejam construídos 1.765 Km de linhas de transmissão em 500 kV e quatro subestações, o que viabilizará a contratação de aproximadamente 6 GW de parques eólicos nestes quatro estados, podendo entrar em operação a partir de 2016, caso as linhas sejam licitadas ainda em 2013, conforme esperado (CERNE, 2013).

Medidas de estímulo ao conteúdo nacional têm começado a surgir, a partir da existência de uma massa crítica de encomendas potenciais geradas pela série de leilões federais envolvendo eólicas, desde 2009. Por exemplo, para acessar o financiamento do Banco Nacional de desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) com juros atraentes, os empreendedores do setor eólico precisam assegurar a aquisição de no mínimo 60% em equipamentos, peças e acessórios fabricados no Brasil (CERNE, 2013).

O Ministério de ciência, tecnologia e inovação, através do centro de gestão e estudos estratégicos, estuda a construção de um centro de pesquisa em fontes alternativas para o desenvolvimento e testes de equipamentos voltados para a eólica.

Nas tarifas de transmissão e distribuição, a lei 10.762/2003 regulamentada pela resolução normativa 77/2004 da ANEEL, permite desconto de 50% para empreendimentos de geração eólica e demais renováveis.

O Incentivo Confaz 101/97, isenta do ICMS as operações com equipamentos e componentes de aproveitamento da energia solar e eólica, vigente até 2021.

5.3 ESTÁGIO ATUAL DA GERAÇÃO EÓLICA NO BRASIL

No ano de 2014, em que se comemorou o aniversário de 10 anos do PROINFA, a fonte eólica já alcança algo em torno de 6 GW de capacidade instalada com mais 10 GW contratada para os próximos cinco anos. Demonstrando um salto significativo na participação da fonte na matriz elétrica, de 4% atualmente para cerca de 10% em 2019. A capacidade instalada atual possibilita o fornecimento de energia a mais de dez milhões de residências (GANNOUM 2014).

O Estado do Ceará é o que contribui com a maior geração de energia eólica para o país, seguido por Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul.

Tabela 4 - Geração e potencia instalada por estado (MME, 2014).

Estado	Geração (GWh)	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Estrutura da Geração (%)
CE	2.223	644	39,4	33,8
RN	1.297	423	35,0	19,7
RS	1.280	499	29,3	19,5
BA	766	218	40,1	11,6
SC	550	236	26,6	8,4
PB	170	69	28,2	2,6
SE	75	35	24,9	1,1
PE	69	27	29,6	1,1
RJ	66	28	26,7	1,0
PI	65	18	41,2	1,0
PR	9	3	40,0	0,1
MA	7	3	30,0	0,1
Brasil	6.578	2.202	36,2	100,0

A evolução da potência eólica instalada no mercado nacional é nítida, entre os anos de 2012 a 2013 foram instalados 310 MW que é uma quantidade considerável para uma potência total em torno 2200 MW.

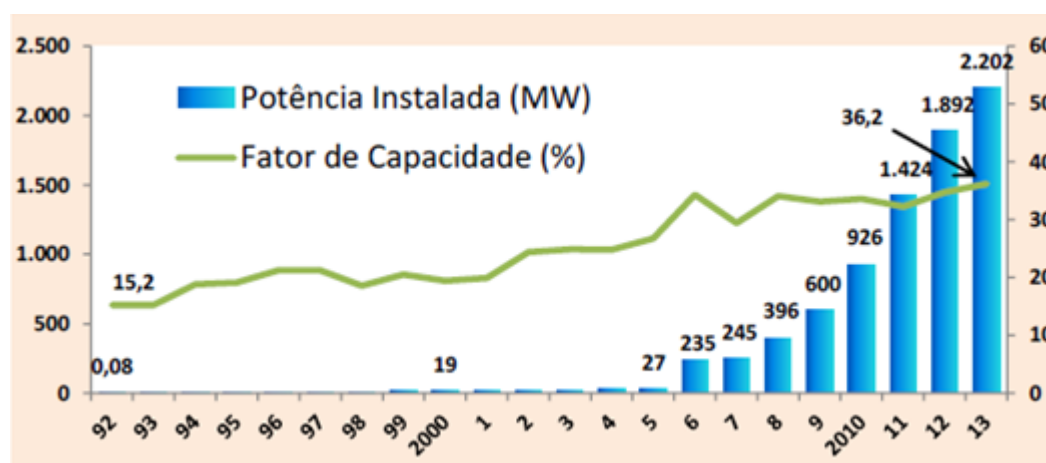


Figura 30 - Capacidade instalada eólica – Brasil (MME, 2014).

É verdade que apesar do bom crescimento de 30%, essa fonte de geração cresceu menos que a potência gerada pelos derivados do petróleo, com crescimento de 36%, gás natural com quase 48% e o carvão vapor com incríveis 75,7% de crescimento na participação.

Tabela 5 – Evolução geração eólica de 2012 a 2013 (BEN, 2014).

Fonte	2013	2012	Δ 13 / 12
Hidrelétrica	390.992	415.342	-5,9%
Gás Natural	69.017	46.760	47,6%
Biomassa ¹	39.679	34.662	14,5%
Derivados do Petróleo ²	22.090	16.214	36,2%
Nuclear	14.640	16.038	-8,7%
Carvão Vapor	14.801	8.422	75,7%
Eólica	6.579	5.050	30,3%
Outras ³	12.241	10.010	22,3%
Geração Total	570.025	552.498	3,2%

Atualmente estão em operação no país cerca de 96 parques eólicos espalhados pelo território nacional com previsão de expansão para mais 96 parques fornecendo aproximadamente mais 2.346 MW aos 2.000 MW atuais. O futuro se mostra bem promissor com a eólica, pois já estão contratados mais de 267 parques eólicos que ao final de implantação irão contribuir com quase 7.000 MW, com certeza um dos maiores crescimentos no mundo em potência instalada.

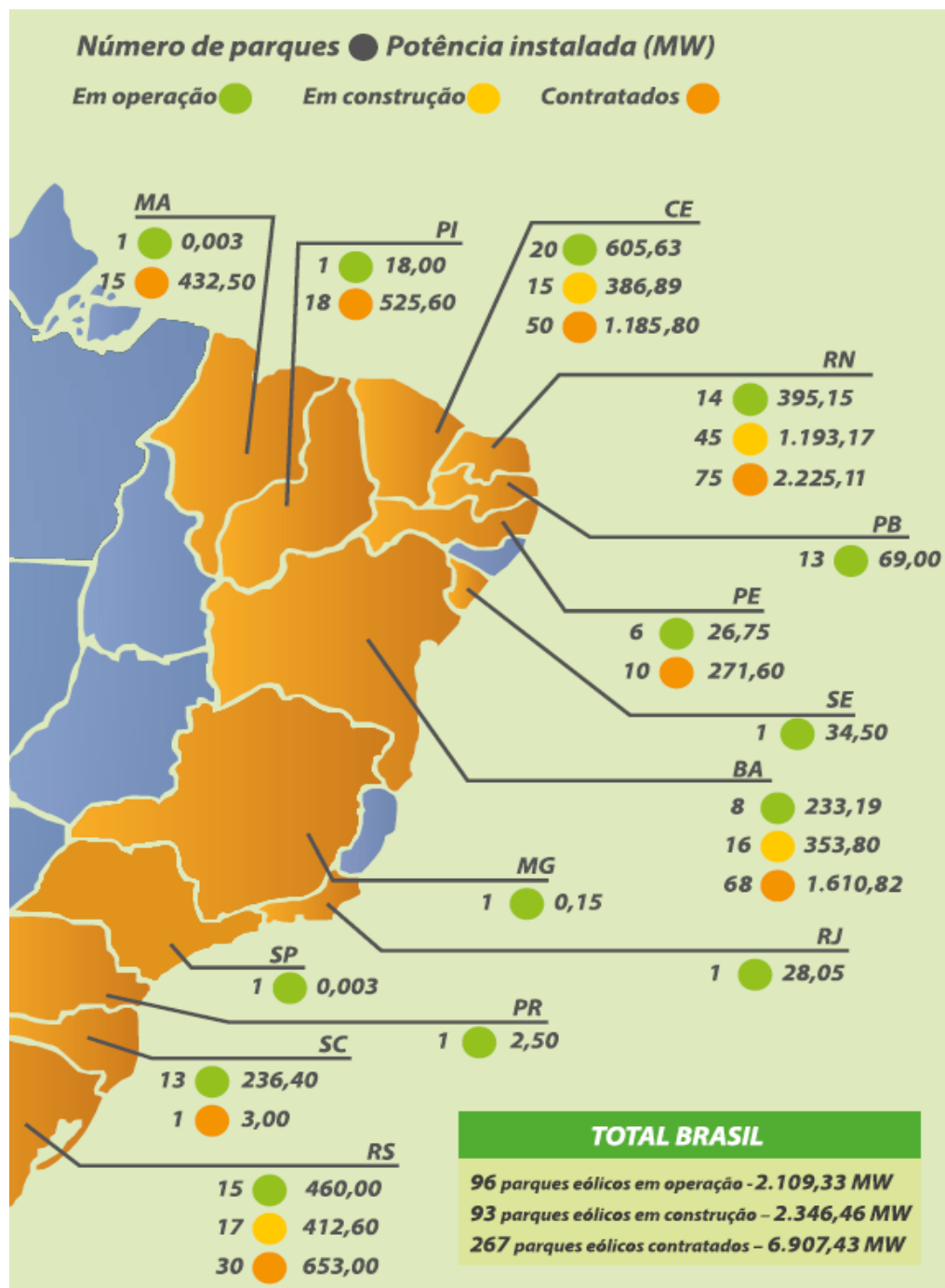


Figura 31 – Mapa parques eólicos brasileiros (CERNE, 2013).

5.4 PROCESSOS DE IMPLANTAÇÃO E CUSTOS

Em uma década, o custo para implantação de um parque eólico teve uma significativa redução nos custos. Em termos comparativos, no final dos anos 90 as eólicas possuíam um custo estimado em torno de R\$8.000.000,00/MW instalado. Por volta do ano de 2010, este custo caiu para aproximadamente R\$3.000.000,00/MW instalado (GOMES; HENKES, 2014).

Os principais fatores que contribuíram para a queda dos custos no processo de implantação destacam-se: à crise na Europa, ocasionando a queda de preço dos equipamentos importados; política do governo brasileiro de incentivo a energias renováveis (PROINFA); Desenvolvimento de tecnologia nacional e ganho na escala de fabricação de aerogeradores.

De acordo com BRACIANI (2011) a principal barreira econômica inerente às usinas eólicas é referente ao seu regime operacional constante e com a dificuldade de acumulação na produção, uma vez que esse tipo de sistema é baseado na conservação energética dos ventos. Essa característica de regime aleatório dessas usinas eólicas leva a produção de energia elétrica a fatores de capacidade menores do que os obtidos para outras plantas elétricas, como exemplo as usinas hidrelétricas. O investimento para construção de um parque eólico está principalmente composto com o custo de projeto, infraestrutura, equipamentos, financeiros e linhas de transmissão, que incidem no empreendimento. De forma simplificada, tendo como exemplo um empreendimento onde o custo total do kW instalado for de R\$4.313,00 a decomposição desse preço total segue conforme figura 35.

Tabela 6 – Decomposição dos custos – Parque Eólico (BRACIANI, 2011).

Custos	Participação no Custo Total - %	Custo em R\$/kW instalado
Projeto	5,0	216,0
Infraestrutura	15,0	646,00
Equipamentos	60,0	2.588,00
Financeiros	13,0	561,00
Linhas de Transmissão	7,0	302,00
TOTAL	100,0	4.313,00

Os custos de implantação dos parques eólicos de acordo com BRACIANI (2011) são divididos em cinco principais etapas:

- Custos de projeto

São necessárias análises de parâmetros para verificar a viabilidade econômica e suas qualidades operacionais. Os parâmetros a verificar são:

- Estudo do terreno e sua influência no comportamento do vento;
- Estudo do vento;
- Estudo da disposição dos aerogeradores no parque eólico;
- Estudo da conexão do parque eólico na rede elétrica;

Na fase de projeto, esses itens são indispensáveis para garantir a qualidade e diminuição dos custos do empreendimento.

- Custos com Infraestrutura

As montagens dos aerogeradores são realizadas em locais muitas das vezes isolados, sem estradas adequadas para o transito de veículos pesados (para transporte dos equipamentos), sendo necessárias melhorias no acesso, também visando o fácil acesso de equipes responsáveis para manutenções futuras. Nessa parte do projeto também abrange as obras civis para bases dos aerogeradores, sendo os custos dimensionados em função dos parâmetros

definidos na fase de projeto, levando em conta o tamanho e tipo do terreno a serem instalados os equipamentos.

- Custos com equipamentos

Essa parte do projeto é responsável pelo consumo de mais da metade de toda verba do empreendimento.

- Custos financeiros

Como nos demais investimentos de grande porte, os custos durante a fase de construção modificam dependendo da procedência dos recursos financeiros. Um dos principais financiadores de grandes empreendimentos no Brasil é o BNDS, que oferece taxas de juros à longo prazo com média de 6,5% ao ano, além de uma carência de 12 meses após início das operações do empreendimento.

- Custos com linhas de transmissão

A conexão do parque eólico a rede elétrica pode representar um custo muito alto no final do projeto devido à quantidade de torres, cabos e subestações a serem instaladas. O Ideal é que os parques eólicos estejam próximos às redes elétricas para redução de custos, quando isso não ocorre, o projeto pode tornar-se pouco atrativo. Em geral, para um destino de 7% do valor do empreendimento para as linhas de transmissão, calcula-se que essa distância deve ser em média de 30 km.

- Custos operacionais

A manutenção dos aerogeradores é elevada se comparada às demais formas de geração. Para evitar paradas súbitas e perda na geração, programações preventivas são realizadas em períodos com menor geração, isso é, quando os ventos são mais fracos.

Para um investimento desse porte, todo processo deve estar embasado à análise financeira de risco, onde dados do atual capital da empresa são analisados e a tomada de decisões frente a um negócio. Vários projetos passam pela tomada de decisões, onde são feitas análises de viabilidade econômica e financeira, prevendo lucros futuros e também possíveis custos no investimento do projeto. Para gerar esses dados, o método VLP (Valor Presente Líquido) é usado enquanto o payback complementa as informações para avaliação de decisão e investimento (ROSSETTO, 2013).

O cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) tem como função medir o impacto que diversas situações futuras relacionadas ao investimento proposto podem causar no valor presente levando em consideração a vida útil do projeto. Essa análise é realizada pelo cálculo da diferença do fluxo de caixa de entrada e saída, verificando ao final se o investimento proposto é viável. Já o Payback, pode ser calculado de duas formas. A primeira é o chamado *Payback* simples, o qual desconsidera o valor do dinheiro em um determinado período de tempo, pois ele apenas soma os valores de fluxo de caixa negativos com os valores de fluxo de caixa positivos até encontrar um resultado igual ou maior que zero. O segundo é chamado de *Payback* descontado, onde um valor do dinheiro ao longo do tempo é considerado através de uma taxa mínima. Este período de tempo é encontrado quando o fluxo de caixa acumulado é zerado, apresentando o período de recuperação de um investimento. VPL e payback não são os únicos parâmetros a determinarem se o projeto será viável, mas a partir da determinação dos principais parâmetros e da probabilidade de ocorrência dos mesmos, os gestores poderão decidir se os riscos apresentados são aceitos pela política da empresa (ROSSETTO, 2013).

5.5 FORNECEDORES E FABRICANTES

A participação nacional e local na fabricação e desenvolvimento tecnológico dos aerogeradores e demais equipamentos como analisadores, torres, conversores, transformadores entre outros necessários à geração de energia a partir de fonte eólica têm sido um desafio valioso que empresas e governos procuram enfrentar com racionalidade.

O Brasil conta com nove fabricantes de turbinas eólicas, com capacidade anual de produção de aproximadamente 4.200 MW. Essas fábricas estão localizadas nos estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Santa Catarina e São Paulo. Existem também quatro fabricantes de pás, com capacidade anual de produção de algo em torno de 10.400 unidades, localizadas no Ceará, Pernambuco e São Paulo. Quanto às torres de sustentação, existem 12 fábricas no território nacional, localizadas nos três estados referidos anteriormente mais Rio Grande do Norte, Bahia, Paraná e Rio Grande do Sul (MME, 2014).

O custo dos equipamentos e dos projetos eólicos teve uma redução significativa nos últimos anos. Um número maior de fabricantes de aerogeradores aumenta a concorrência do setor, além do uso de tecnologias mais modernas somadas ao menor desperdício de materiais nos processos que permite melhor aproveitamento do equipamento (BNDS SETORIAL, 2008).

Muitas dessas tecnologias usadas são adaptadas ao mercado brasileiro, muitas das vezes tornando-se subdimensionadas para o clima brasileiro, que não tem variações bruscas como na Europa onde são desenvolvidas. Durante a montagem dos primeiros parques eólicos, estimava-se que o rendimento das turbinas seria algo em torno de 30%, mas após instalação do equipamento, observou-se que o rendimento estava em 45% devido às características aplicadas nesses equipamentos não estarem projetadas para as características climáticas do país (MORELLI, 2012).

5.6 ENTRAVES PARA EXPANSÃO DA GERAÇÃO EÓLICA

5.6.1 Transporte rodoviário

A indústria eólica nacional apresentou nos últimos anos um grande crescimento com a construção de dezenas de parques eólicos, em cada empreendimento são dezenas ou até mesmo centenas de aerogeradores. Todos esses equipamentos, na maioria das vezes, são fabricados a centenas de quilômetros do local de instalação e para transportá-los uma verdadeira “batalha” necessita ser travada.

Para o transporte desses equipamentos são usados grandes caminhões, muitos com mais de 50m de comprimento, principalmente os que transportam as pás e torres dos aerogeradores, que são levadas individualmente devido ao tamanho e fragilidade.

Algumas estradas não possuem pistas extras, são esburacadas, curvas muito fechadas, piso desnivelado, elevando o risco de acidentes no percurso conforme figura 31. Essa falha em infraestrutura rodoviária poderá causar danos aos caminhos que transportam os equipamentos, atrasando a viagem ou até mesmo danificar os equipamentos transportados, colocando em risco os outros motoristas e fazendo com que o equipamento leve dias para chegar ao destino, ou simplesmente tenha que voltar a fábrica para reparos.

Em alguns trechos rodoviários, existe a dificuldade para circulação no período do dia, devido a restrições impostas pelas concessionárias que administram as rodovias ou até mesmo pela polícia rodoviária estadual. Em dias de grande movimentação, as atividades são suspensas.



Figura 32 - Carreta tombada próxima a Mossoró (V&C, 2011).



Figura 33 – Carreta com pá eólica acidentada (Brumadonoticias)



Figura 34 - Transporte de pá eólica (PASTRE, 2014).

5.6.2 Portos

Segundo ABEEÓLICA, muitos dos equipamentos para montagem dos empreendimentos chegam através dos portos, principalmente da região nordeste. O porto de Natal, por estar localizado em um bairro de ruas estreitas na Zona Leste da capital, exige uma logística mais complexa para o transporte dos equipamentos. A falta de espaço também impede o desenvolvimento da cadeia produtiva no entorno, como acontece nos portos de Pecém, no Ceará, e Suape, em Pernambuco, constantemente escolhidos como pontos de transporte de carga dos parques eólicos instalados no RN. O Investimento na melhoria portuária é fundamental e indispensável para melhorar a logística, proporcionando segurança e agilidade no processo de recebimento e transporte dos equipamentos.



Figura 35 – Movimentação de equipamentos eólicos nos portos do nordeste (Bahia Econômica).

5.6.3 Licenças ambientais e atrasos jurídicos

Além dos atrasos referentes à logística para uma melhor expansão do setor eólico, outro ponto que também contribui são as demoras em obtenção de licenças ambientais para construção dos parques e linhas de transmissão. Existem os atrasos judiciais, quando proprietários de terras discordam da ocupação ou simplesmente não concordam com os valores pagos pelas indenizações (ABEEÓLICA).

5.6.4 Falta de linhas de transmissão

Depois de ser gerada nos campos eólicos, a energia depende de linhas de transmissão para chegar aos consumidores. O que, na prática, parece lógico, na teoria não é tão claro assim. Atualmente, essas redes não são de responsabilidade das mesmas empresas que mantêm os parques em si. E isso vem gerando uma falta de sincronia nos prazos de entrega (BARBA, 2013).

Muitos parques eólicos no Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia estão prontos para produzir energia, mas ela não é distribuída por falta de linhas de transmissão. Devido ao não sincronismo dessas obras (Geração e transmissão) o governo federal é obrigado a pagar às empresas responsáveis pelos parques eólicos valores que giram em torno dos R\$ 263 milhões nos últimos cinco anos referentes à geração, mesmo sem os parques eólicos estarem gerando energia (ABEEÓLICA).

5.7 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Para um desenvolvimento sustentável, três pequenas frases devem estar juntas formando o tripé de sustentação: desenvolvimento econômico, a equidade social e a proteção ambiental (ONU, 2010).

O desenvolvimento econômico deve ocorrer de maneira a minimizar ao máximo os impactos ao meio ambiente e o desenvolvimento social, preservando os recursos naturais para as próximas gerações.

No que se refere à geração de energia elétrica, o modelo eólico apresenta um baixo impacto ambiental, contribui com a redução das emissões de gases na atmosfera, devido a não queima de combustíveis fósseis.

No âmbito social, a expansão do setor eólico vem beneficiando muitas comunidades. Devido às áreas de construção dos parques ficarem em regiões remotas, com níveis de desenvolvimento humano (IDH) baixo, como no caso dos semiáridos baiano e litoral cearense, potiguar e outros estados do nordeste. A entrada de grupos empresariais nesses locais beneficia as comunidades com as

políticas de responsabilidade social.

Esses grupos empresariais atendem medidas compensatórias que estão nas licenças de trabalho com a responsabilidade de uma ajuda no desenvolvimento sócio econômico das comunidades próximas aos empreendimentos. No ato do financiamento do empreendimento com o BDNS, as empresas precisam reservar 1% para investimento nessas comunidades. Através dessa parceria, muitos moradores são contemplados com cursos profissionalizantes, prática esportiva, reforma de casas, melhoramento genético de pastagens, perfuração de poços e impermeabilização de açudes, cursos de educação ambiental, tratamentos médicos e odontológicos, oficinas de artes e música, dentre outras atividades típicas e que se fazem mais necessárias para cada região (MME, 2014).

Outra característica desse sistema, os aerogeradores constituem uma forma de geração de energia alternativa que atende, devido a suas características, a diferentes tipos de demanda. Pode-se dizer que as pequenas centrais podem atender a regiões remotas de forma distribuída, sem a instalação de linhas de transmissão até essas comunidades mais afastadas, levando o progresso e integração.

5.8 IMPACTOS DA GERAÇÃO EÓLICA

O Processo de geração de energia elétrica através dos parques eólicos proporciona um baixo impacto ambiental, pois não é necessário o alagamento de áreas (o que ocorre na geração hidráulica), não existe a emissão de gases poluentes (térmicas) e não há necessidade do deslocamento de comunidades próximas aos empreendimentos.

A área ocupada pelo parque eólico não precisa, necessariamente, ficar isolada. Nos terrenos pode haver a continuidade de outras atividades como, por exemplo, agricultura e pecuária. Tais atividades são importantes, mas podem ser consideradas como obstáculos no terreno, que tem como consequência a redução do fluxo dos ventos, reduzindo de certa forma a produção de energia.

Mesmo sendo uma fonte limpa, renovável, o sistema de geração através de aerogeradores possuem alguns pontos negativos, poucos é verdade, se comparado a outras formas de obtenção da energia elétrica.

A implantação de um parque eólico pode gerar, de forma direta e indireta, danos sobre as aves, como colisão contra os aerogeradores, principalmente as pás, mudanças nos padrões de migração.

Outro ponto a ser considerado é a emissão de ruído, devido aos sistemas mecânicos e ruídos aerodinâmicos das pás.

Há possibilidade do sistema eólico provocar interferências eletromagnéticas, principalmente em sistemas de telecomunicações, como por exemplo rádio e televisão.

5.9 PRINCIPAIS PAÍSES NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

No mundo, a produção de energia eólica vem crescendo de forma significativa, alcançando quase 10% no ano de 2012, com acúmulo na capacidade instalada de 19%. Como referência no mercado mundial, podemos citar os seguintes países: Estados Unidos, China, Espanha, Alemanha, Índia e Inglaterra (SPIRANDELLI, 2013).

O alto custo da produção de energia, juntamente com as vantagens da energia eólica como uma fonte de energia renovável e amplamente disponível, tem levado vários países a estabelecer incentivos regulamentando e dirigindo investimentos financeiros para estimular a geração de energia eólica. Em todo mundo, 86 países já utilizam essa fonte renovável para a produção de energia elétrica. Entre eles, destaca-se a China, que se tornou o país com maior potência instalada, 91.460 MW (ENERGIA EÓLICA).

No final do ano de 2010, se somássemos todas as turbinas eólicas instaladas, a capacidade mundial seria de 430 TWh anuais, mais que o total da demanda de eletricidade do Reino Unido, 6º economia do mundo. Em termos de comparação, em 2007 a capacidade mundial foi de 59 GW, em 2008 cerca de 120 GW e em 2009, 158 GW. Em 2013, a capacidade mundial de geração já estava em 628,2 TWh.

Alguns fatores contribuíram para o aumento da participação da energia eólica na matriz energética mundial, onde se destacam: A Necessidade de fontes seguras, o baixo custo de geração, por ser energia limpa de baixos impactos ambientais (ENERGIA EÓLICA).

O Brasil não pertence ao grupo dos 10 maiores produtores de energia eólica do mundo, mas com relação ao crescimento das instalações, o país ocupou a oitava posição do ranking que mediu o crescimento das potências instaladas em 2012, com acréscimo de 1.077 MW, o que elevou sua capacidade total instalada para 2,5 GW. Em termos regionais, o Brasil é líder na América do sul, tanto na geração quanto na produção de componentes eólicos (SPIRANDELLI, 2013).

Tabela 7 - Potência instalada e geração nos principais países (MME, 2014).

País	Geração (TWh)	% do total Gerado	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Estrutura da Geração (%)
EUA	169,4	4,0	61.292	32	27,0
China	131,9	2,4	91.460	18	21,0
Espanha	55,8	8,9	22.898	28	8,9
Alemanha	53,4	19,0	34.316	19	8,5
Índia	34,8	2,9	20.226	21	5,5
Inglaterra	27,4	4,8	10.976	29	4,4
França	15,2	5,3	8.120	22	2,4
Itália	15,0	4,2	8.448	21	2,4
Portugal	11,8	23,3	4.557	30	1,9
Canadá	11,5	1,8	7.813	18	1,8
Dinamarca	11,2	32,5	4.747	29	1,8
Suécia	9,9	6,5	4.474	27	1,6
Austrália	9,2	3,7	3.489	32	1,5
Turquia	7,5	3,1	2.760	33	1,2
Brasil	6,6	1,1	2.202	36	1,0
Polônia	6,0	3,7	3.441	22	1,0
Holanda	5,6	5,6	2.714	24	0,9
Japão	5,1	0,5	2.722	22	0,8
Romenia	4,7	8,0	2.608	22	0,7
Irlanda	4,5	17,7	2.100	27	0,7
Outros	31,8	0,5	18.545	21	5,1
Total	628,2	2,7	319.907	23,7	100,0
%/total*	2,7		5,5		

* % da eólica sobre os totais mundiais

5.10 IMPORTÂNCIA DA GERAÇÃO EÓLICA PARA O BRASIL

Uma fonte de energia gratuita, renovável com grande potencial no território brasileiro. A importância do uso dessa fonte energética e de seu crescimento proporcionará ao país redução na emissão de gases e partículas na atmosfera.

Devido ao crescimento desse tipo de geração, torna-se necessário investimento paralelo dos governos estaduais e federal em infraestrutura de portos e estradas para transporte dos equipamentos. Outra vantagem seria o incentivo da geração distribuída devido à facilidade de instalação das turbinas eólicas em residências nas regiões mais remotas, promovendo a integração social.

As comunidades próximas aos parques eólicos podem continuar usando o terreno para pequenas atividades agrícolas e criação de gado. Projetos sociais das empresas responsáveis pelos empreendimentos eólicos são colocados em prática beneficiando toda comunidade no entorno das torres eólicas.

Em complemento a possível escassez do sistema hídrico, a geração eólica é uma saída interessante, pois existe a complementaridade entre essas duas formas de geração. Devido às condições climáticas do Brasil, os períodos de baixas nos reservatórios das hidrelétricas coincidem com os períodos de maior intensidade dos ventos. O Gráfico da figura 33 nos mostra os valores de medições referentes à velocidade dos ventos no estado do Ceará e também dados da vazão do rio São Francisco. Observa-se que no período em que o rio tem a vazão mais alta, os ventos estão com menor velocidade e no período com vazão mais baixa, os ventos sopram mais forte.

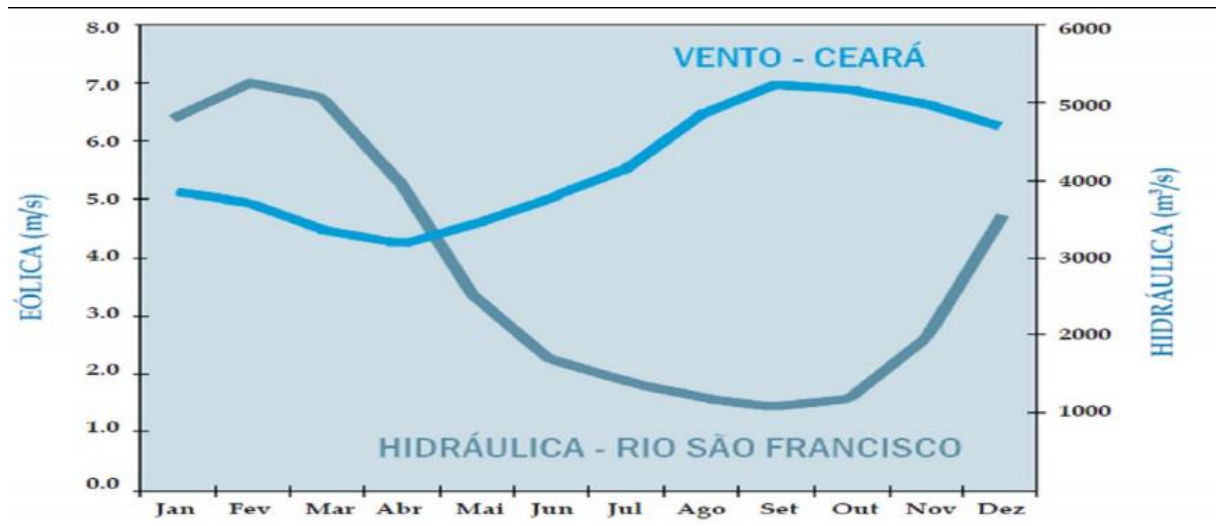


Figura 36 - Complementaridade entre a geração hidrelétrica e eólica (GESEL, 2012).

Com a expansão da matriz eólica, e essa complementaridade com o sistema de geração através das hidrelétricas, a geração através das termoeletricas seriam menos utilizadas, ocorrendo grande economia financeira devido à redução na compra de combustíveis fósseis e também beneficiando o meio ambiente com menos gases poluentes emitidos na atmosfera.

6 CONCLUSÃO

O Brasil possui uma matriz energética diversificada, onde são usados para geração de energia, combustíveis fósseis, renováveis e nucleares. A capacidade em produzir energia elétrica é de grande importância para que um país consiga buscar o crescimento econômico e o desenvolvimento humano.

A geração hídrica sempre foi uma característica do Brasil. Esse tipo de geração é responsável por aproximadamente 70% da energia produzida, criando uma dependência perigosa se tratando de segurança energética. Existem variações nos períodos de chuva, podendo a média de chuvas de um ano, não ser igual no ano seguinte. A crise energética de 2001, onde o governo ordenou o racionamento de energia devido à incapacidade da produção elétrica em atender a demanda foi um exemplo do perigo quando não se tem uma opção confiável e viável economicamente para auxílio ao sistema de geração.

Atualmente o país passa por problema parecido, barragens das usinas hidrelétricas do sudeste estão em média com a capacidade em 22%. Para preservar os reservatórios, o governo reduz a geração através da força das águas e aciona as termoeletricas que produzem energia através da queima de combustíveis fósseis ou biomassa. Esse tipo de geração contribui para o aumento da poluição atmosférica devido à emissão de gases oriundos da queima desses combustíveis.

Uma das alternativas encontradas pelo governo brasileiro para solucionar o problema da insegurança energética foi abrir espaço para a energia gerada através da força dos ventos, eólica. Estudos foram feitos para saber o potencial nacional com relação à velocidade dos ventos, determinando as regiões para instalação dos parques eólicos. A região nordeste é a que tem o maior potencial com mais de 75 GW de potencial estimado.

O Governo tem liberado financiamentos através do BNDS para investimentos nesse setor, leilões de energia são realizados e com toda abertura, o crescimento desse tipo de geração é de aproximadamente 30% ao ano.

Para favorecer o crescimento desse tipo de geração, os governos federais e estaduais precisam investir em infraestrutura das rodovias, portos e ferrovias para facilitar o transporte dos componentes dos aerogeradores. Também desburocratizar

os tramites com relação às licenças ambientais para montagem dos parque eólicos e linhas de transmissão, incentivar a indústria nacional para produção dos equipamentos eólicos e capacitação de mão de obra qualificada.

A tendência é que o país continue a investir nesse tipo de geração. A potência instalada atualmente está em torno de 6GW para um potencial total estimado no país de 350GW.

7 BIBLIOGRAFIA

ABEEÓLICA. RN tenta superar obstáculos para explorar potencial da energia eólica. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/2895-rn-tenta-superar-obst%C3%A1culos-para-explorar-potencial-da-energia-e%C3%B3lica.html>>. Acessado em Mai 2015

ABEEÓLICA. Energia eólica é desperdiçada por falta de linhas de transmissão no NE. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/559-energia-e%C3%B3lica-%C3%A9-desperdi%C3%A7ada-por-falta-de-linhas-de-transmiss%C3%A3o-no-ne.html>>. Acessado em: Mai 2015

APEB, 2001. Atlas do potencial eólico Brasileiro (2001). Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>>. Acessado Abr 2015

ANACE. Associação nacional dos consumidores de energia. Disponível em: <<http://www.anacebrasil.org.br/portal/index.php/component/k2/item/2739-consumo-cresce-acima-do-pib-desde-2010-e-tend%C3%A2ncia-persiste>>. Acessado em Jun 2015

ANEEL 2008. ENERGIA EÓLICA. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acessado em: Fev 2015

ANEEL-PIB, 2008. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf. Acessado em: Jan 2015

BAHIAECONOMICA. Foto. Disponível em: <<http://www.bahiaeconomica.com.br/noticia/111898,tecon-salvador-opera-volume-recorde-de-carga-eolica.html>>. Acessado em Abr 2015

BEN 2014. Balanço Energético nacional 2014. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2014&anoFimColeta=2013>. Acessado em: Mai 2015

BNDS SETORIA, 2008. COSTA, R; CASOTTI, BRUNA; AZEVEDO, R; Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. Disponível em: <http://www.bn-des.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bn-des_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/Set2907.pdf>. Acessado em Jun 2015

BARBA, 2013. Série de entraves limita uso da energia eólica no Brasil. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/06/130604_energia_eolica_mdb>. Acessado em Abr 2015

BARROSO, ROSENBLATT, VEIGA, Situação atual do setor elétrico brasileiro, sugestões e causas. 2015. Disponível em: <<http://visoesdosetoreletrico.com.br/setor-eletrico-brasileiro-estado-atual-e-sugestoesluiz-augusto-barroso-jose-rosenblatt-e-mario-veiga/>>. Acessado em: Fev 2015

BRACIANI, U. 2011. Estrutura de Custos para Implementação das Usinas de Geração de Energia Elétrica no Brasil. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia303023.pdf>>. Acessado em: Mai 2015

BRUMADONOTICIAS. Foto. Disponível em: <<http://www.brumadonoticias.com.br/noticias/11401-2015/05/11/rio-do-antonio-carreta-com-torre-eolica-tomba-e-interdita-trecho-da-br-030-no-distrito-de-ibitira>>. Acessado em Junh 2015

CEMIG. Alternativas energéticas, visão da CEMIG. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/ptr/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Alternativas%20Energ%C3%A9ticas%20-%20Uma%20Visao%20Cemig.pdf>. Acessado em: Abr 2015

CERNE 2013. A Indústria dos ventos e o RN. Disponível em: <<http://www.cerne.org.br/pt-BR/noticias/cerne-lanca-cartilha-atualizada-a-industria-dos-ventos-e-o-rio-grande-do-norte-2013>>. Acessado em: Abr 2015

CRESESB, 2008 – Energia eólica, princípios e tecnologia. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf>. Acessado em: Abr 2015

CEPEL 2010. Energia Eólica. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/apresentacoes/20100705_Tecnologia_Eolica_%282010_updates%29.pdf>. Acessado em: Jan 2015

ENERCON. Disponível em: <<http://www.enercon.de/pt-pt/66.htm>>. Acessado em Mar 2015

ENERGIA EÓLICA. Energia eólica no mundo. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-mundo/>>. Acessado em Jun 2015

FERNANDES, 2011. Projecção e teste de uma turbina eólica de eixo vertical. Disponível em: <<http://nhambiu.uem.mz/wp-content/uploads/2011/05/brito.pdf>>. Acessado Fev 2015

FRANCELINO; ARRAES. Déficit de Energia Elétrica ante Cenários de Crescimento Econômico e o Potencial de Energia Eólica no Ceará. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/economia-do-ceara-em-debate/vi-encontro/trabalhos/Deficit_de_energia.pdf>. Acessado em: Jan 2015

GADELHA. Consumo de eletricidade e crescimento econômico no Brasil. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/ConsEletric-rescEcon_conident.pdf>. Acessado em: Abr 2015

GANNOUN 2014. O Desenvolvimento da Indústria de Energia Eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade. Disponível em: <<http://www.kas.de/wf/doc/15613-1442-5-30.pdf>>. Acessado em: Abr 2015

GESEL, 2012. UFRJ. Expansão do sistema elétrico brasileiro e o potencial hidroelétrico da região amazônica. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/53_TDSE50.pdf>. Acessado em Jun 2015

GOMES; HENKES, 2014. Análise da Energia Eólica no Cenário Elétrico: Aspectos Gerais e Indicadores de Viabilidade Econômica. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2536>. Acessado em: Abr 2015

HOLANDA, A. Biodiesel: “combustível para cidadania”. – Brasília: Câmara dos deputados, 2006.

JARDIN, 2014. No Limite do Limite. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/blog/radar-online/tag/termoeletricas/>>. Acessado em: Mar 2015

MACHADO, 2014. Projeto de uma turbina eólica de eixo horizontal UFRJ. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012359.pdf>>. Acessado em: Abr 2015

MORELLI, F. S. Panorama geral da energia eólica no Brasil. 2012. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia elétrica) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MME 2014. Eólica Brasil e mundo. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256600/Folder+Energia+Eolica.pdf/b1a3e78c-7920-4ae5-b6e8-7ba1798c5961>>. Acessado em Jun 2015

Moinho Holandes (FOTO). Disponível em: <<http://maisturismo.org/moinhos-de-kinderdijk/>>. Acessado em Mar 2015

PASTRE, 2014. Inovações para o transporte. Disponível em: <<http://www.pastre.com.br/pastrinho/category/especiais/>> Acessado em: Mai 2015

ROSSETTO, 2013. Avaliação Econômica da Implantação de turbinas Eólicas por meio de análise de riscos. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&uact=8&ved=0CFMQFjAH&url=http%3A%2F%2Frevistaseletronicas.pucrs.br%2Ffojs%2Findex.php%2Fgraduacao%2Farticle%2Fdownload%2F17830%2F11460&ei=Cc-HVbjQJZH9ggSy84DoDQ&usg=AFQjCNHLVe0lshCZjJoww8lzbz8kUToRPw&bvm=bv.96339352,d.eX> Y. Acessado em: Abri 2015.

SALES, A.F.;GIAMBIAGI, F. ;PIRES, J. C. L. As perspectivas do setor elétrico após o racionamento. (Textos para discussão) BNDES. Rio de Janeiro, 2002.

LEITE, A. D. A energia do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira,1997

SPIRANDELLI, 2013. Setor eólico brasileiro espera atrair investimentos de mais de US\$ 16 bilhões até 2017. Disponível em: <<http://sustentabilidade.allianz.com.br/energia/?2065/setor-eolico-brasileiro-espera-atrair-investimentos-de-16-bilhoes>>. Acessado em Jun 2015

SIMAS, M; PACCA, S. Energia eólica, geração de emprego e desenvolvimento sustentável. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v27n77/v27n77a08.pdf>>. Acessado em: Jun 2015

TESOURO 2013. Consumo de eletricidade e desenvolvimento econômico. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/documents/10180/210570/TD16_2013.pdf>. Acessado em: Mai 2015

V&C, 2011. V&C Artigos e Notícias. Disponível em: <<http://www.vcartigosenoticias.com/2011/08/carreta-com-helices-para-turbina-eolica.html#.VXN-HFKur6U>>. Acessado em Mai 2015

TOLEDO 2015. Nível dos reservatórios de usinas hidrelétricas ainda preocupa. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/03/1601604-nivel-dos-reservatorios-de-usinas-hidreletricas-ainda-preocupa.shtml>>. Acessado em Mai 2015.

WEG Soluções para energia eólica. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-solucoes-para-energia-eolica-50036044-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acessado em: Mai 2015

_____. Promotion of new and renewable sources of energy - Report of the Secretary-General. ONU, 2011a.