

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Kleiton Vinicius Paulino

PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Taubaté – SP

2017

Kleiton Vinicius Paulino

PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização no Curso de MBA em Gerência Empresarial do Departamento de Gestão e Negócios da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Edson Aparecida de Araujo Querido Oliveira

Taubaté – SP

2017

KLEITON VINICIUS PAULINO

PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização no Curso de MBA em Gerência Empresarial do Departamento de Gestão e Negócios da Universidade de Taubaté.

Data: 28/11/2017

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Edson Aparecida de Araujo Querido Oliveira Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Luis Gomes da Silva Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof.^a Dr.^a Marcela Barbosa de Moraes Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. Glauco Henrique Marini Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

A toda minha família e amigos, por todo apoio que me deram ao longo de dois anos de estudo, que certamente foram fundamentais para este sucesso.

“Hay que endurecerse, pero sin perder la ternura jamás.”

Che Guevara

RESUMO

A geração de energia eólica vem, nas últimas décadas, mostrando-se fundamental para a sustentabilidade da segurança e qualidade da matriz energética brasileira. Essa situação que se deve à boa qualidade e disponibilidade dos ventos, que estão entre os melhores do mundo; ao forte investimento das empresas envolvidas nesse mercado, que nos últimos anos construíram uma cadeia produtiva nacional para sustentar os compromissos assumidos; e ao governo que incentiva a produção de energias renováveis, alinhado com os compromissos assumidos nos acordos globais. Todos esses fatores conjuntos e estruturados garantem sustentabilidade em vista do enorme potencial de crescimento dessa fonte de energia. Diante do cenário promissor da energia eólica, que se mostra consolidado com projeções otimistas em longo prazo, o presente trabalho tem o objetivo de analisar e centralizar as informações econômicas e comerciais disponíveis no mercado da energia eólica, num formato objetivo e estruturado, para servir como base aos envolvidos e interessados nesse assunto e a análise da capacidade produtiva da indústria de aerogeradores no Brasil diante da demanda de energia eólica projetada, realizando-se o levantamento da oferta atual e futura de energia eólica no país *versus* a capacidade produtiva de aerogeradores no mercado. Para tanto, realizou-se pesquisa na literatura, boletins e publicações de forma a elucidar o cenário das energias renováveis em âmbito global, traçando um paralelo com a realidade brasileira, que já garante uma posição de destaque em todo o mundo, com ênfase na fonte de energia eólica. Pode-se concluir que atualmente a cadeia produtiva de aerogeradores tem uma capacidade produtiva acima da demanda de energia eólica disponibilizada pelo mercado brasileiro e que novos planos estratégicos devem ser adotados em vista da sustentabilidade desse mercado no Brasil, tais como exportação de componentes, ou até mesmo a venda privada de aerogeradores para empresas e instituições que buscam geração de energia renovável.

Palavras-chave: Gestão. Desenvolvimento Regional. Energia Eólica. Aerogeradores.

ABSTRACT

The generation of wind energy in recent decades has proved to be fundamental for the sustainability of the safety and quality of the Brazilian energy matrix. This situation is due to the good quality and availability of the winds, which are among the best in the world; to the strong investment of the companies involved in this market, which in recent years have built a national productive chain to support the commitments assumed; and the government that encourages the production of renewable energy, in line with the commitments made in the global agreements. All these topics and structured factors ensure sustainability in view of the big growth potential of this energy source. In view of the promising scenario of wind energy, which is consolidated with long-term optimistic projections, the present work has the objective of analyze and centralize the economic and commercial information available in the wind energy market, in an objective and structured format, to serve as base on those involved and interested in this subject and the analysis of the productive capacity of the wind turbine industry in Brazil in the face of the projected wind energy demand, making a survey of the current and future supply of wind energy in the country versus the productive capacity of wind turbines in the market . In order to do so, research was carried out in the literature, bulletins and publications in order to elucidate the scenario of renewable energies in a global scope, drawing a parallel with the Brazilian reality, which already guarantees a prominent position throughout the world, with an emphasis on the source of wind energy. It can be concluded that currently the productive chain of aerogenerators has a productive capacity above the demand of wind energy available by the Brazilian market and that new strategic plans must be adopted in view of the sustainability of this market in Brazil, such as, component exports, or even the private sale of wind turbines to companies and institutions that seek to generate renewable energy.

Keywords: Management. Regional Development. Wind Energy. Wind Generator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de fontes de energia.....	16
Figura 2 – Repartição da oferta interna de energia em 2016	17
Figura 3 – Energia de Biomassa	18
Figura 4 – Perfil esquemático de usina hidrelétrica.....	19
Figura 5 – Sistema de aquecimento solar	22
Figura 6 - Energia Solar Fotovoltaica	23
Figura 7 – Ciclo Heliotérmico com Armazenamento	24
Figura 8 – Como funciona o aerogerador.....	25
Figura 9 – Benefícios da energia eólica	26
Figura 10 – Potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s	28
Figura 11 – Número de parques eólicos por estado brasileiro	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Matriz Elétrica Brasileira em 2016	17
Gráfico 2 – Capacidade adicionada de energias não renováveis x energias renováveis	29
Gráfico 3 – Capacidade de energias renováveis e taxa de crescimento anual 2000-2015	30
Gráfico 4 – Capacidade eólica global acumulada 2001-2016	31
Gráfico 5 – TOP 10 Capacidade acumulada em energia eólica em 2016	31
Gráfico 6 – Média dos fatores de capacidade de 2000 e 2014	33
Gráfico 7 – Custos nivelados de eletricidade por países e regiões 2014-2015	34
Gráfico 8 – Evolução da Capacidade Instalada	35
Gráfico 9 – Potência (MW) e Número de aerogeradores	36
Gráfico 10 – Reduções de custo por componentes (2015-2025)	37
Gráfico 11 – Capacidade de produção anual de aerogeradores por fabricante	41
Gráfico 12 - Projeção de expansão de geração de energia eólica	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade de Geração do Brasil. BIG - Banco de Informações de Geração.....	28
Tabela 2 – Tipo de contratação dos Leilões de Energia	40
Tabela 3 – Evolução da capacidade instalada por fonte de geração para a expansão de referência	41

LISTA DE SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balanço Energético Nacional
BIG	Banco de Informações de Geração
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
COP 21	Conferência do Clima de Paris
CSP	Concentrating Solar Power
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GWEC	Global Wind Energy Council (Conselho Mundial de Energia Eólica)
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IRENA	Agência Internacional para as Energias Renováveis
LFA	Leilões de Fontes Alternativas
LER	Leilões De Energia Reserva
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Mega Walts
SIN	Sistema Interligado Nacional
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE QUADROS	9
LISTA DE SIGLAS	10
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos do Estudo	14
1.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Delimitação do Estudo	14
1.4 Metodologia.....	14
1.5 Justificativa.....	15
1.6 Estrutura do Trabalho.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Energias Renováveis	16
2.1.1 Biomassa.....	18
2.1.2 Hidráulica	19
2.1.3 Solar	20
2.1.4 Energia Eólica	25
3 ANÁLISE DO PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA	29
3.1 Panorama Mundial da Energia Eólica	29
3.2 Panorama Nacional da Energia Eólica.....	32
3.3 Fabricantes de aerogeradores	35
3.4 Regulamentação do Setor Eólico	38
3.5 Leilões de Energia Elétrica.....	39
3.5 Capacidade anual de produção de Energia Eólica no Brasil.....	40
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução das necessidades mundiais na redução da emissão de gases do efeito estufa, fontes alternativas de energia surgem como um horizonte promissor visando à mudança necessária para o futuro do planeta.

As chamadas novas fontes renováveis de energia, formadas por usinas eólicas, solares e de biomassa, foram as que mais cresceram nos últimos anos no Brasil. Entre 2005 e 2014 a produção desse tipo de energia aumentou 146%, enquanto as hídricas avançaram 10%; o petróleo 38%; e o gás natural 80%, segundo o BEN - Balanço Energético Nacional 2017 - Relatório Síntese, ano base 2016 (2017).

Em curto espaço de tempo, os preços de comercialização da energia eólica caíram. Os principais fatores que levaram a esse barateamento foram a livre concorrência e seus efeitos positivos.

Novas medições dos ventos trouxeram dados mais apurados; foi possível identificar correntes de vento mais constantes e potentes, que associadas a equipamentos mais eficientes aumentaram a geração de energia; a engenharia financeira dos projetos foi aprimorada, reduzindo os riscos para os investidores e aumentando as margens de lucro; a legislação, clara e objetiva, com pouca interferência do governo, passou a oferecer mais segurança em longo prazo, atraindo um número maior de investidores. Além disso, os custos de manutenção dos equipamentos são relativamente baixos (REVISTA MEIO AMBIENTE, INDÚSTRIA E SUSTENTABILIDADE, 2016).

O cenário energético atual brasileiro, dominado pelas grandes usinas hidrelétricas, encara limitantes devido às condições hidrológicas. Logo, novos setores, tais como as fontes de energias alternativas, em especial a eólica, surgem como alternativas promissoras para investimentos.

O setor da energia eólica cresceu cerca de 40% em 2016, segundo a Associação Brasileira da Energia Eólica (Abeeólica), para o futuro as perspectivas são melhores ainda, porém mesmo com esse grande potencial o Brasil ainda aproveita menos de 10% do potencial eólico, mesmo com as usinas operando com fator de competitividade de 50% a 60%, bem acima da média mundial, e com impactos ambientais mais baixos do que as hidrelétricas.

Gannoum, 2016 cita a trajetória de crescimento do Brasil neste setor:

O Brasil vem seguindo essa trajetória de crescimento e também se beneficia das condições naturais favoráveis. “Além de a tecnologia estar contribuindo, o Brasil possui o melhor vento do mundo para geração de energia eólica”. A energia eólica no Brasil é a segunda fonte de energia mais barata, só perde para as grandes hidrelétricas. O setor de energia renovável foi menos afetado pela crise econômica do que outros, segundo especialistas. Algumas áreas, como as de geração de energia eólica e solar, continuam mostrando dinamismo e projetam grande crescimento. Com a expectativa de retomada do crescimento, elas devem ser favorecidas e já atraem investidores, pelo custo relativamente baixo e facilidade de implantação (GANNOUN, 2016, p.1).

O Brasil está entre os 10 maiores produtores de energia eólica do mundo, com 10,74 GW de capacidade instalada em dezembro de 2016, e é o quinto país que mais cresceu em produção de energia eólica do mundo de janeiro a dezembro de 2016.

Diante do exposto, este estudo expõe a seguinte questão: como os tomadores de decisão da cadeia produtiva de aerogeradores podem traçar novos planos estratégicos nos investimentos no cenário eólico nacional?

1.1 Objetivos do Estudo

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar e centralizar as informações disponíveis no mercado de forma a balizar a decisão estratégica empresarial nas tomadas de decisão para investimentos no segmento do setor eólico, principalmente relacionados aos aerogeradores.

1.1. Objetivos Específicos

Apresentar o panorama geral da energia eólica no Brasil.

Analisar as potencialidades do mercado e a possível expansão de investimentos na área.

1.3 Delimitação do Estudo

O estudo está limitado ao levantamento de dados relacionados ao setor eólico, demonstrando sua evolução no Brasil ao longo dos últimos 10 anos, aplicando-se a análise de diversas fontes de informações, muitas delas internacionais, num único documento claro e objetivo, com projeções futuras.

1.4 Metodologia do Estudo

Para elaboração desta monografia realizou-se uma pesquisa descritiva, documental com aplicação de tratamento estatístico básico.

A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987).

Para Triviños (1987, p. 112), os estudos descritivos podem ser criticados porque pode existir uma descrição exata dos fenômenos e dos fatos. Estes fogem da possibilidade de verificação através da observação. Ainda para o autor, às vezes não existe por parte do investigador um exame crítico das informações, e os resultados podem ser equivocados; e as técnicas de coleta de dados, como

questionários, escalas e entrevistas, podem ser subjetivas, apenas quantificáveis, gerando imprecisão.

1.5 Justificativa do Estudo

Muitas das fontes de informações econômicas e comerciais relacionadas ao mercado eólico encontram-se pulverizadas em boletins e publicações de órgãos específicos do setor.

Diante da necessidade de centralizar e organizar tais dados, o presente trabalho se justifica essencial para consolidação, num formato objetivo e estruturado.

1.6 Estrutura do Trabalho

Este estudo está estruturado em quatro seções, descritas da seguinte forma: na primeira seção encontra-se a introdução, os objetivos, a delimitação, a relevância do trabalho, a metodologia e a sua estrutura. Na segunda, há a revisão de literatura, que descreve sobre o tema pesquisado. Na terceira seção apresenta-se a análise de caso, com um panorama da energia eólica, e a quarta seção encerra o estudo com as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção serão apresentados conceitos relacionados às energias renováveis, com detalhamento específico da energia eólica, objetivo principal do estudo.

2.1 Energias Renováveis

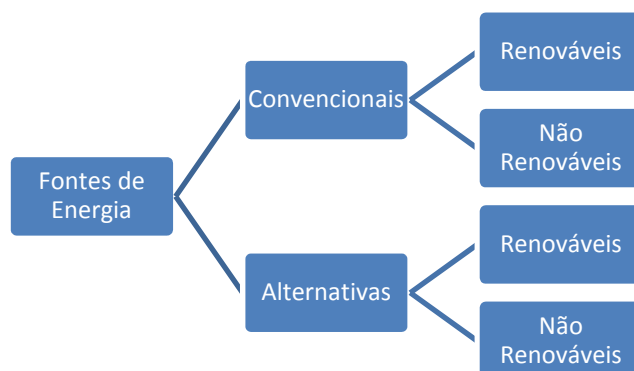
De acordo com Giz (2016), as fontes de energia podem ser divididas em dois grupos principais: renováveis e não renováveis. Energia renovável é aquela que vem de recursos que são naturalmente reabastecidos, como sol, vento, chuva, rios e resíduos orgânicos resultantes de atividades domésticas e industriais.

Já os recursos das fontes de energias não renováveis são retirados da natureza e jamais serão reabastecidos em curto prazo ou mesmo em longo prazo, tais como petróleo, carvão, etc. As energias renováveis são sustentáveis ao planeta, pois o seu uso não acarreta danos maiores e a sua disponibilidade é garantida, atenuando o impacto ambiental.

Há uma diferença no conceito de energia renovável e energia alternativa. As energias alternativas são as energias que têm a intenção de complementar ou até mesmo substituir as fontes convencionais de energia, como petróleo, hídrica etc.

A partir do momento que as fontes alternativas se tornam comercialmente viáveis passam a ser enquadradas como fontes de energias convencionais, como a evolução das fontes solares e eólicas, conforme Figura 1.

Figura 1 – Tipos de fontes de energia



Fonte: Figura adaptada de Giz (2016)

Segundo o BEN - Balanço Energético Nacional de 2017, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com base em dados de 2016, cerca de 43,5% da energia gerada no país vêm de fontes renováveis. Esse indicador é quase três vezes superior à média mundial de 13,8%, de acordo com a Figura 2.

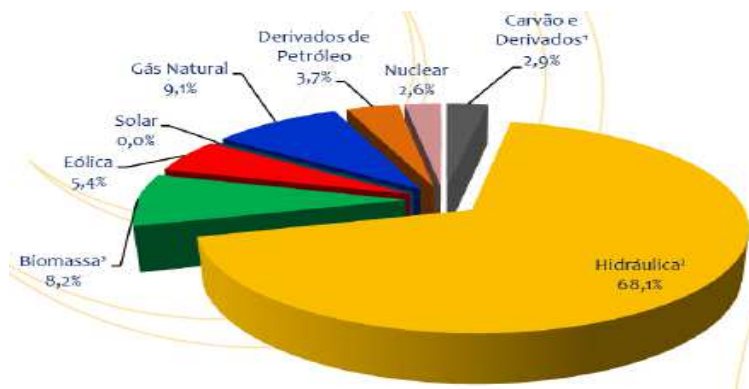
Figura 2 – Repartição da oferta interna de energia em 2016



Fonte: Balanço Energético Nacional (2017)

Em termos de geração de energia elétrica, o Brasil tem uma participação ainda maior nas energias renováveis, como mostra o Gráfico 1:

Gráfico 1 – Matriz Elétrica Brasileira em 2016



Fonte: Balanço Energético Nacional (2017)

Diante da interpretação do Gráfico 1, verifica-se que mais de 80% da matriz energética brasileira é composta por energias renováveis: biomassa, hidráulica, solar e eólica. Para se traçar um paralelo, a média mundial desse indicador é de apenas 24,1%.

2.1.1 Biomassa

A biomassa é o recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada para a produção de energia. Ela pode ser proveniente de produtos e resíduos agropecuários, da floresta (madeira e folhas), da cana-de-açúcar, de dejetos animais e do lixo orgânico produzido nas cidades, bem como da fração biodegradável dos resíduos e efluentes industriais e esgotos urbanos.

A produção de energia a partir da biomassa tem como vantagem ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser menos poluente que outras formas de energia, como aquela obtida de combustíveis fósseis (GIZ, 2016).

Segundo o Portal Energia (2016), para a definição de biomassa no contexto da geração de energia não são contabilizados os tradicionais combustíveis fósseis, apesar de estes serem também derivados do ramo vegetal e mineral. São exemplos de combustíveis fósseis o carvão mineral, do ramo vegetal, e o petróleo e gás natural, do ramo mineral.

Esses combustíveis são resultado de várias transformações, que precisam de vários milhões de anos para acontecer, enquanto a biomassa pode ser considerada um recurso natural renovável, contrariamente aos combustíveis fósseis. A Figura 3 esquematiza o processo de produção da energia de biomassa:

Figura 3 – Energia de Biomassa



Fonte: Portal Energia (2016)

O funcionamento da produção de energia elétrica utilizando a biomassa procede da seguinte maneira: a biomassa é armazenada; o produto é queimado em caldeiras; o vapor gerado pela queima movimenta turbinas ligadas ao gerador

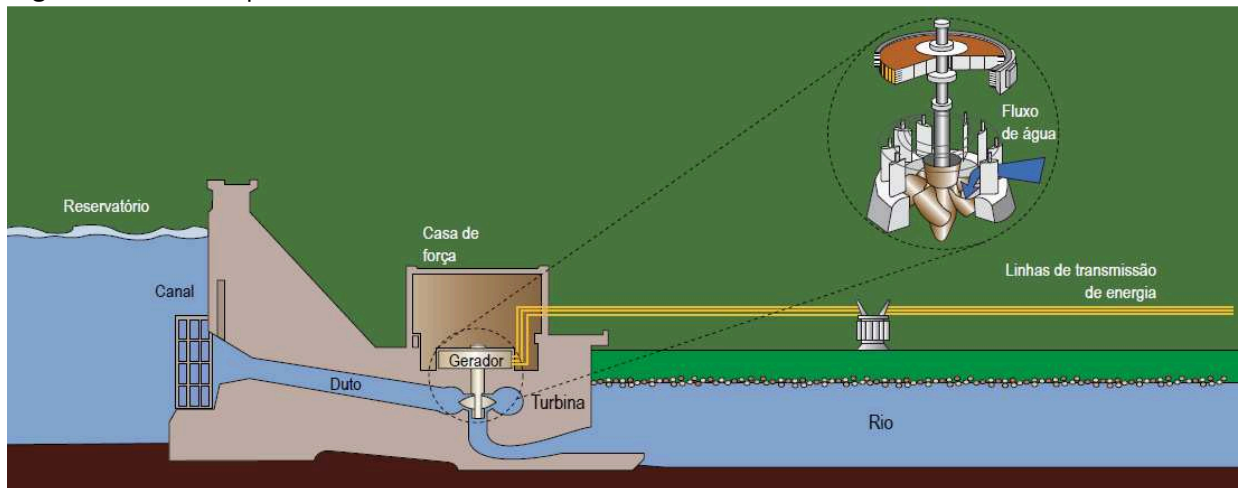
elétrico; a energia é processada pelas usinas; há um sistema de resfriamento para reaproveitamento do calor de processo para utilização nas caldeiras (cogeração).

Como todo processo de combustão, a queima de biomassa libera dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera; porém, como esse composto é previamente absorvido pelas plantas e pelos animais que deram origem ao combustível, o balanço de emissões de CO₂ é reduzido, podendo chegar a ser nulo (SMART ENERGY, 2017).

2.1.2 Hidráulica

A energia hidrelétrica é proveniente dos rios através do fluxo da água dada a diferença de altura dos relevos, no sentido de movimentação dos rios. A conversão de energia ocorre como esquematiza a Figura 4:

Figura 4 – Perfil esquemático de usina hidrelétrica



Fonte: Aneel (2016)

A estrutura da usina é composta, basicamente, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e vertedouro, que funcionam em conjunto e de maneira integrada (ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016).

Segundo a definição do Giz (2016), os componentes de uma usina hidráulica se resumem em:

- Barragem: desvia ou interrompe o ciclo natural do rio e pode criar um reservatório.
- Reservatório: estoca água e cria o desnível necessário para a produção de energia. É importante para captar o volume adequado para a produção de energia, além de regular a vazão da água em períodos de chuva ou estiagem.

- Sistema de captação e adução: é composto por túneis, canais e condutos metálicos que levam a água até a casa de força.
- Casa de força: é onde se encontram as turbinas, que são formadas por uma série de pás ligadas a um eixo conectado a um ou mais geradores. O movimento das turbinas converte a energia cinética da água em energia elétrica por meio dos geradores.
- Canal de fuga: é o canal pelo qual a água retorna ao leito natural do rio, depois de passar pelas turbinas.
- Vertedouro: permite a saída da água sempre que o nível do reservatório ultrapassa os limites recomendáveis para a produção de energia, o que pode acontecer em períodos chuvosos.

O vertedouro é aberto quando a produção de energia é prejudicada pelo elevado nível de água ou quando há riscos de transbordamento da represa e alagamento no entorno da usina.

Ainda segundo Giz (2016), a energia hidrelétrica é obtida com menor impacto ambiental em pequenas centrais elétricas ou centrais geradoras hidrelétricas. Ambas utilizam o sistema de usinas 'fio d'água', que não forma grandes reservatórios para acumulação hídrica e gera energia com a velocidade da água do rio. A desvantagem é que em períodos de seca a produção de energia é reduzida ou nula.

2.1.3 Solar

A energia solar é proveniente da luz e do calor do sol. Os métodos para geração de energia solar são diversos e empregam distintas tecnologias.

As principais vantagens atribuídas aos sistemas fotovoltaicos são:

- facilidade de manutenção, pois apenas é necessário proceder periodicamente a sua limpeza;
- possibilidade de armazenar a eletricidade gerada em baterias;
- impactos relativamente reduzidos, principalmente na fase de operação; e
- contribuição para a redução da dependência externa em termos de importação de combustíveis fósseis.

De acordo com o Portal da Energia (2009) as desvantagens desse sistema são:

- custos de implementação;
- condicionantes inerentes à natureza da energia solar, como as alterações de luz ao longo das 24 horas; a presença de condições climáticas desfavoráveis (chuva, nuvens); e o sombreamento causado por árvores ou edifícios que reduzem o *output* do sistema;
- necessidade de manutenção e substituição de baterias; e
- impactos negativos durante as fases de produção, construção e desmantelamento.

Dentre as formas de geração de energia solar mais comuns destacam-se: aquecimento solar para a geração de energia térmica, geração fotovoltaica, e geração heliotérmica.

2.1.3.1 Aquecimento Solar

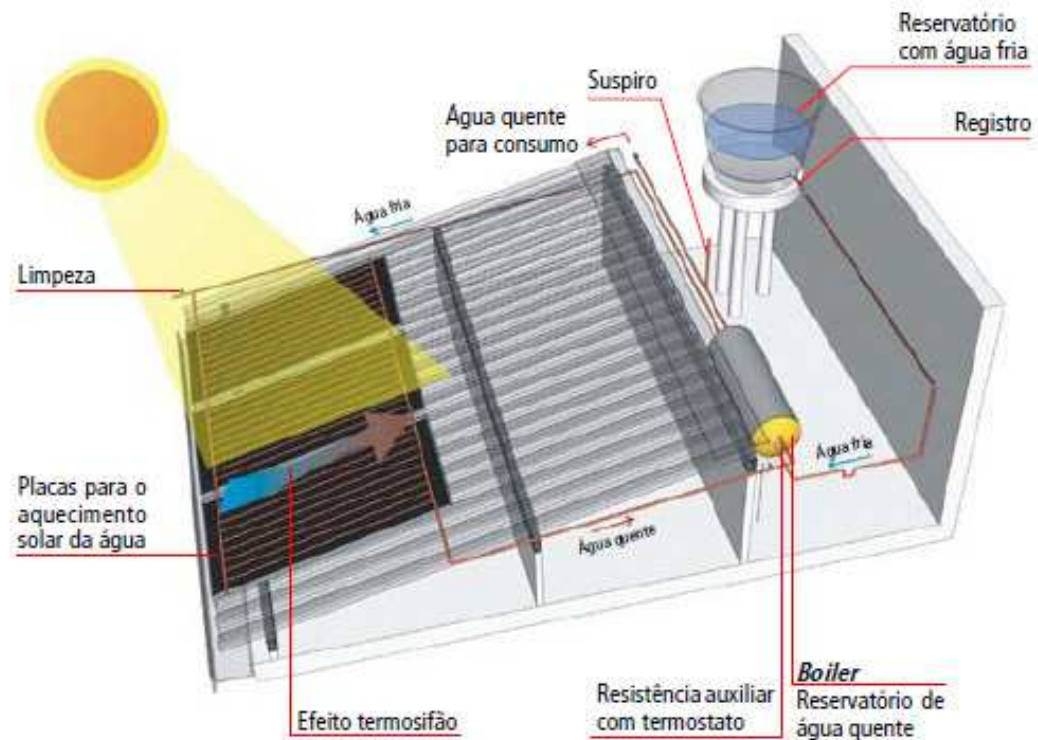
O aquecimento solar é uma das formas mais comuns de aproveitamento da energia do sol. Ele consiste no aproveitamento da radiação solar para o aquecimento pela absorção da luz. É composto de coletores solares (placas) e um reservatório térmico, uma espécie de caixa d'água.

O aquecimento solar é uma das formas mais comuns de aproveitamento da energia do sol. Ele consiste no aproveitamento da radiação solar para o aquecimento por meio da absorção da luz. É composto de coletores solares (placas) e um reservatório térmico, uma espécie de caixa d'água. Nesse sistema, os coletores absorvem a radiação solar, que é transferida para a água que circula em tubulações.

Depois de aquecida, a água é armazenada em um reservatório isolado termicamente, a até 80 graus Celsius, para consumo posterior. Esse sistema pode ser utilizado tanto em residências individuais quanto em locais com maior demanda, como hotéis, servindo para o aquecimento da água de chuveiros, torneiras e piscinas, por exemplo (GIZ, 2016).

Conforme Green Solar (2017), nesse sistema, as placas coletoras absorvem o calor do sol e aquecem a água que circula em seu interior; a água aquecida é armazenada em um reservatório térmico chamado de *boiler*; e nos dias nublados o *boiler* aquece a água usando outra fonte de energia. A Figura 5 mostra esse processo:

Figura 5 – Sistema de aquecimento solar



Fonte: Portal Metálica Construção Civil (2017)

A capacidade do reservatório térmico deve considerar o consumo médio do local onde é instalado: número de pessoas, rotinas e quantidade de pontos de fornecimento de água.

O sistema de aquecimento solar pode ser comprado em lojas de material de construção e instalado com facilidade. Existem ainda projetos que permitem que o consumidor faça seu próprio aquecedor solar em casa. A manutenção é simples e requer apenas limpeza, que pode ser feita quando se higieniza a caixa d'água (GIZ: 2016).

2.1.3.2 Energia Solar Fotovoltaica

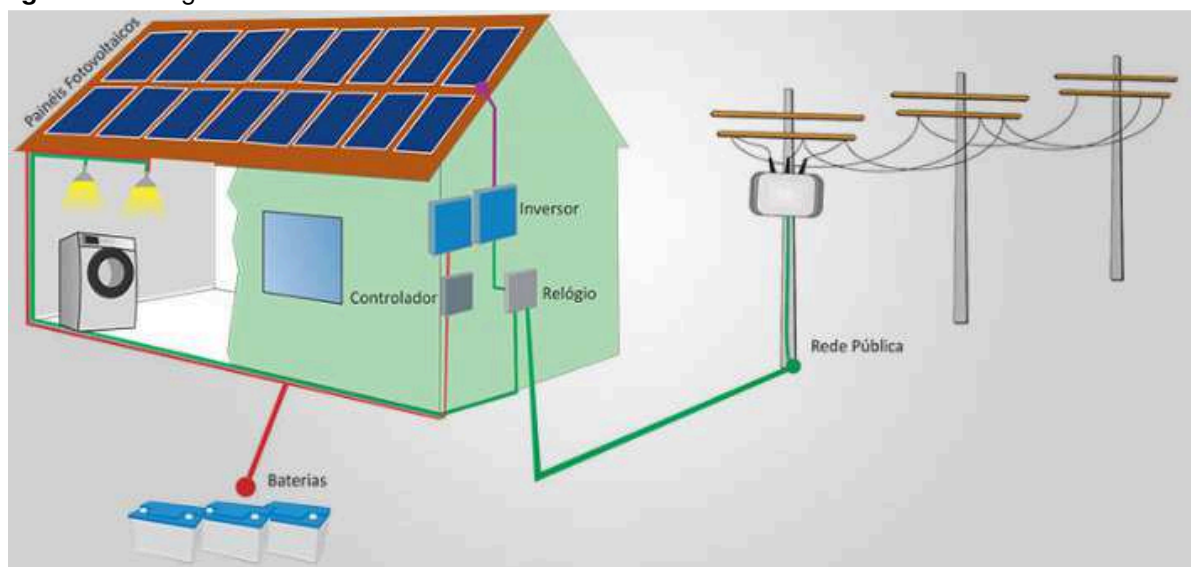
De acordo com o Portal Solar (2016), o processo de conversão da energia solar utiliza células fotovoltaicas, normalmente feitas de silício ou outro material semicondutor. Quando a luz solar incide sobre uma célula fotovoltaica, os elétrons do material semicondutor são postos em movimento, gerando eletricidade.

A corrente elétrica contínua pode ser utilizada para atender às necessidades elétricas da população. Para tanto, deve-se criar um sistema que a converta na corrente que é efetivamente empregada nas residências, no comércio e na indústria, a corrente alternada.

Segundo Green Solar (2016), os módulos fotovoltaicos podem ser instalados em residências, comércios, indústrias, condomínios etc. Quando instalados em locais ligados à rede de distribuição de energia, o excesso de eletricidade produzido volta para a rede, podendo virar créditos por um sistema de compensação de energia elétrica. Nesse caso, a instalação tem que ser registrada na concessionária local.

A Figura 6, a seguir, mostra a energia solar fotovoltaica.

Figura 6 - Energia Solar Fotovoltaica



Fonte: Green Solar (2016)

Nesse processo os módulos captam a luz do sol e a transformam em corrente contínua; a corrente passa por um inversor onde é transformada em corrente alternada; e o excesso de eletricidade produzido pode voltar para a rede.

Assim como outras fontes renováveis, que podem propiciar a geração distribuída, a geração fotovoltaica tem como vantagens o fato de a energia ser consumida onde é produzida, evitando perdas em sua transmissão; a redução de investimentos em linhas de transmissão e distribuição; e a não exigência de área física dedicada, já que os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados nos telhados de residências e empresas (SMART ENERGY, 2017).

2.1.3.3 Energia Heliotérmica

O aproveitamento heliotérmico, em inglês *concentrating solar power* (CSP), é o uso da energia solar concentrada por meio de espelhos. Os espelhos são utilizados para refletir a luz solar e concentrá-la num único ponto. Nesse ponto, há um receptor que acumula o calor e permite sua utilização tanto em processos industriais que demandem temperaturas elevadas quanto na geração de eletricidade (GIZ, 2016).

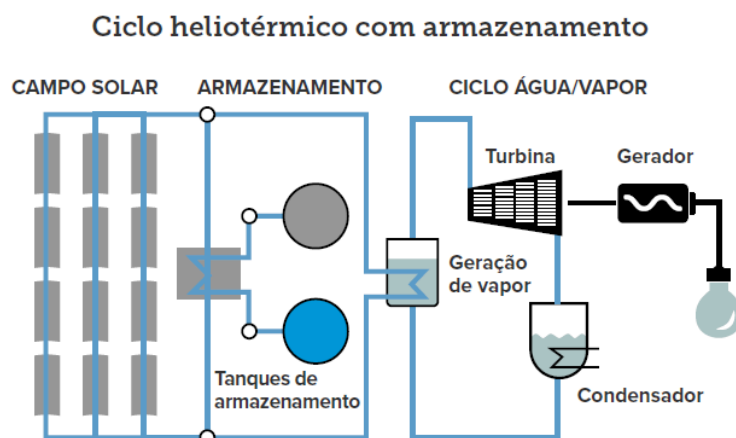
A plataforma *on-line* de energia heliotérmica, organizada pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), explica que a geração elétrica heliotérmica ocorre em um sistema denominado 'usina heliotérmica'.

Nesse sistema, o calor captado é utilizado para aquecer um líquido que circula pelo receptor, o fluido térmico. Esse fluido armazena o calor e ao circular próximo da água na usina heliotérmica transforma-a em vapor.

A partir daí, a usina heliotérmica segue o mesmo processo de uma usina termoelétrica: o vapor gerado movimentava uma turbina e aciona um gerador, produzindo, assim, a energia elétrica.

A Figura 7 traz esse ciclo.

Figura 7 – Ciclo Heliotérmico com Armazenamento



Fonte: Plataforma Online de Energia Heliotérmica (2015)

Mais cara na sua implantação e operação quando comparada a outros processos, até mesmo por se tratar de tecnologia recente, a energia heliotérmica está longe de ser considerada competitiva como já ocorre com a energia eólica. A exemplo da energia eólica, a heliotermia chega relativamente tarde no Brasil e não há sequer uma planta de demonstração operando (GIZ, 2016).

2.1.4 Energia Eólica

Na definição da Casa dos Ventos (2017), a energia eólica é produzida a partir da força dos ventos e é gerada por meio de aerogeradores. Neles, a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. É uma energia abundante, renovável e limpa. Embora pareça nova, a energia eólica é usada há mais de três mil anos.

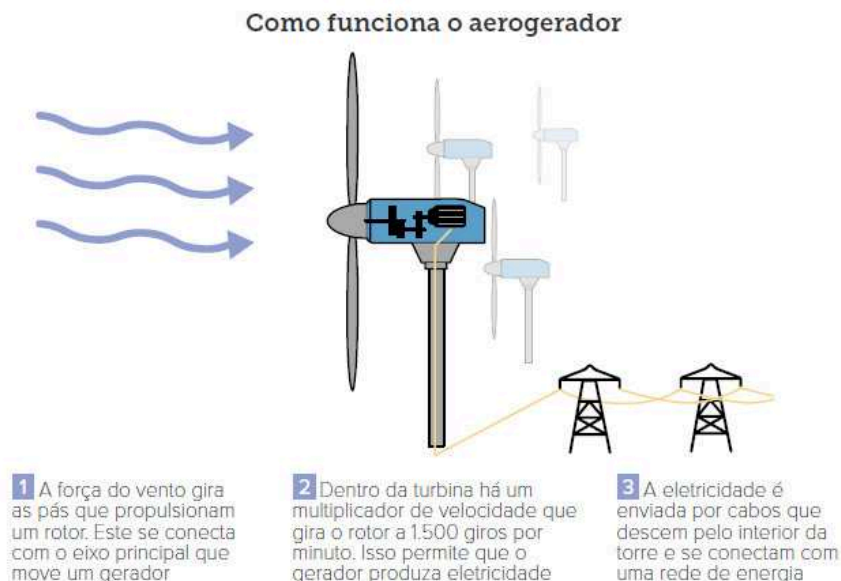
Antigamente ela era utilizada nos moinhos, que serviam para bombear ou drenar água, moer grãos e outras atividades que dependiam de força mecânica. Ao longo do tempo passou-se a utilizar a força dos ventos não só para gerar força mecânica, mas também energia elétrica. Com o avanço tecnológico, os aerogeradores se tornaram aptos a gerar uma quantidade maior de energia, até que surgiram as primeiras usinas eólicas.

Um aerogerador, que é a turbina eólica ou sistema de geração eólica, é um equipamento que utiliza a energia cinética do vento, convertendo-a em energia elétrica. Como no processo é utilizada uma fonte de energia sem fim, denomina-se essa energia resultante de energia renovável e também de energia eólica, por ser utilizado o vento nesse processo.

Os aerogeradores têm se tornado populares rapidamente por ser uma fonte de energia renovável e não poluente (Portal Energia, 2016).

A Figura 8 mostra como funciona o aerogerador:

Figura 8 – Como funciona o aerogerador



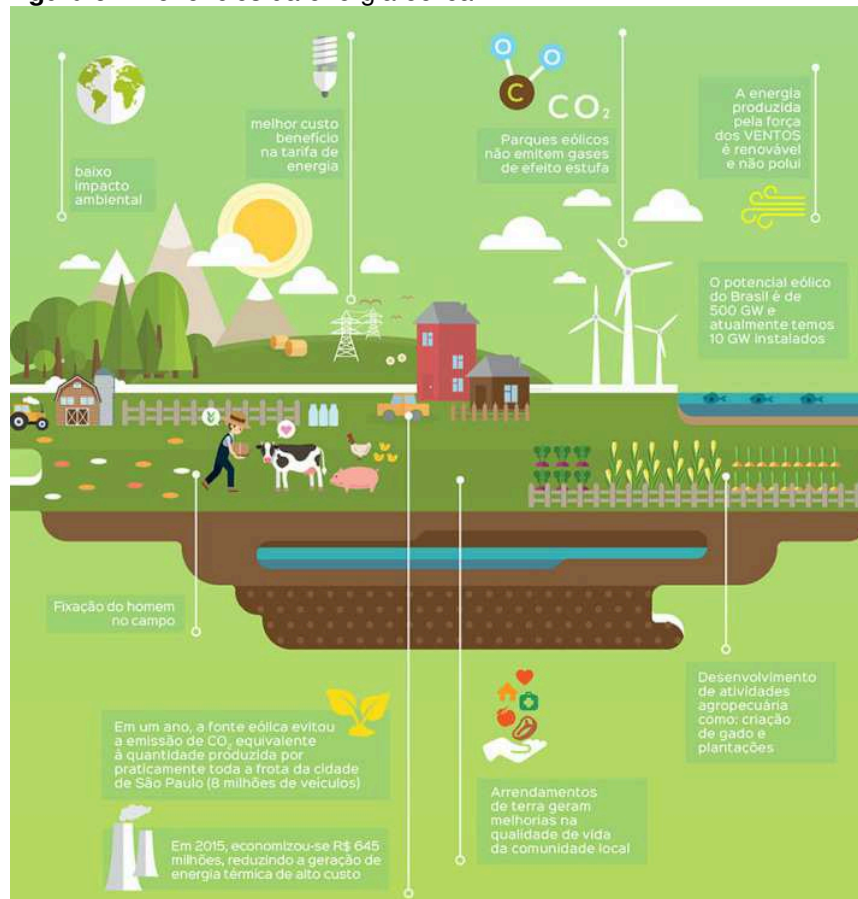
Fonte: Smart Energy (2017)

A energia eólica vem sendo amplamente utilizada pelas matrizes energéticas de vários países do mundo, pois o custo de produção desse tipo de energia está decrescendo exponencialmente. Além disso, podem-se destacar como vantagens os seguintes aspectos, conforme Abeeólica (2016):

- é uma fonte de energia inesgotável;
- a poluição resultante da geração de energia é nula;
- não emite gases do efeito estufa;
- gera renda no arrendamento das terras para construção dos parques eólicos, além da terra poder ser utilizada juntamente para outros fins, tais como, agricultura e criações de animais;
- criação de empregos para população, diretamente e indiretamente;
- zonas desfavorecidas do país recebem investimentos; e
- as manutenções em parques eólicos são baixas e não necessitam do abastecimento de combustíveis.

A Figura 9, a seguir, traz os benefícios da energia eólica.

Figura 9 – Benefícios da energia eólica



Fonte: Abeeólica (2016)

Segundo dados da ABEEólica (2017), em 2016 a energia eólica abasteceu, em média, 17,27 milhões de residências por mês, o equivalente a cerca de 52 milhões de habitantes, ou seja, foi capaz de fornecer energia elétrica equivalente a quase todo o consumo residencial do estado de São Paulo.

Apesar de todos dos benefícios listados a energia eólica, como todas as tecnologias, tem algumas desvantagens dentre as quais se destacam:

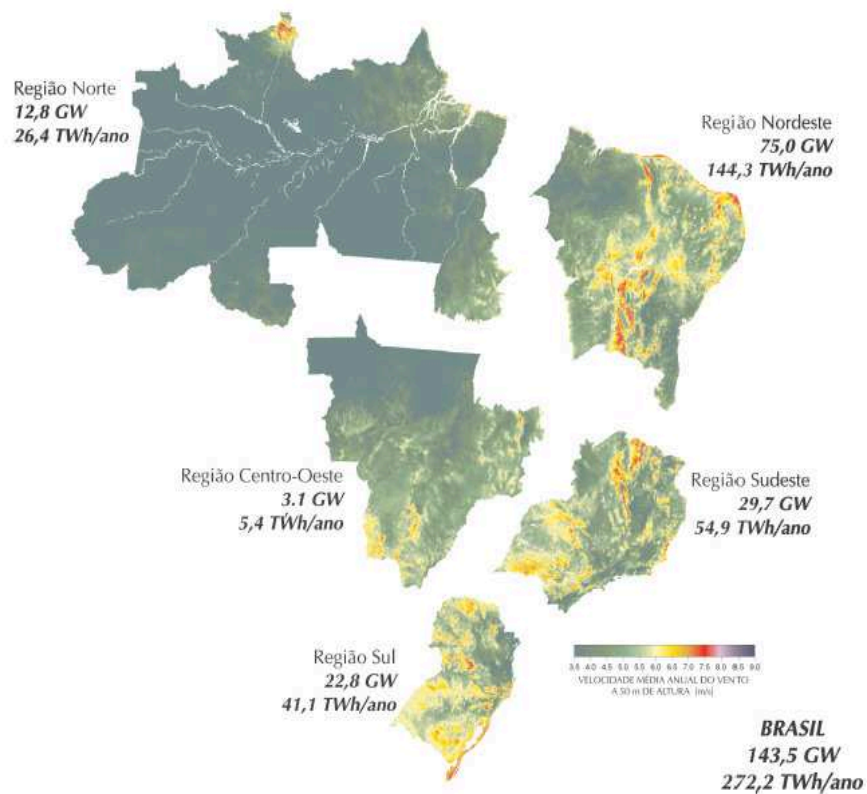
- variação do vento ao longo do ano;
- poluição visual para alguns lugares que são explorados turisticamente, principalmente no litoral brasileiro, onde há maior incidência de ventos;
- pesquisas indicam que a velocidade de rotação das pás dos aerogeradores influenciam no comportamento das aves, afetando os comportamento de migração e em alguns casos matando os pássaros que passam por entre as pás; e
- emissão de ruídos baixos pelos aerogeradores, o que está sendo contornado por novas tecnologias e em estudos do local de residência próxima às fazendas eólicas.

2.1.4.1 Potencial Eólico Nacional

Em 2001 foi lançado o primeiro Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, que estimou em 143 GW o potencial nacional, considerando torres de até 50 m de altura. Com a expansão do setor boa parte dos estados brasileiros está revendo o seu potencial, agora para torres de 120 m ou mais. Há a previsão de que o potencial chegue a 350 GW (MME – Ministério de Minas e Energia, 2014).

A Figura 10 mostra o potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s, baseando-se nos estudos deste primeiro Atlas do Potencial Eólico Brasileiro:

Figura 10 – Potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s



Fonte: Amarante *et al.* 2001.

Para traçar um paralelo, atualmente o Brasil tem uma potência instalada de energia somando-se todas as suas fontes de 154GW, conforme podemos analisar através da Tabela 1:

Tabela 1 – Capacidade de Geração do Brasil. BIG - Banco de Informações de Geração.

Tipo	Quantidade	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	617	561.000	0,36
EOL	465	11.366.443	7,38
PCH	431	4.955.175	3,22
UFV	59	298.184	0,19
UHE	219	93.858.334	60,9
UTE	2.930	41.085.157	26,66
UTN	2	1.990.000	1,29
Total	4.723	154.114.293	100

Legenda	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-elétrica
EOL	Central Geradora Eólica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear

Fonte: Aneel (2017)

Com o potencial eólico disponível, o Brasil seria capaz de suprir toda a sua demanda de energia atual, com possibilidades de atendimento futuro por um longo período de tempo.

Diante desse contexto, verificam-se as possibilidades de suprimento de energias renováveis no Brasil, destacando-se a energia eólica com a consolidação demonstrada ao longo dos anos.

3 ANÁLISE DO PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA

As informações econômicas e comerciais relacionadas ao mercado eólico estão dispersas em várias publicações, artigos e boletins. A análise do panorama da energia eólica baseia-se principalmente nas seguintes publicações internacionais: IRENA (Agência Internacional para as Energias Renováveis), uma organização intergovernamental que apoia os países na suas transições para um futuro sustentável em energia; GWEC Global Wind Energy Council (Conselho Mundial de Energia Eólica), para prover um fórum creditado e representativo para todo o setor de energia eólica em um nível internacional (GWEC, 2016).

Além do mais utiliza-se as publicações nacionais da ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica, que é uma instituição sem fins lucrativos, que congrega e representa a indústria de energia eólica no País, incluindo empresas de toda a cadeia produtiva (ABEEólica, 2017).

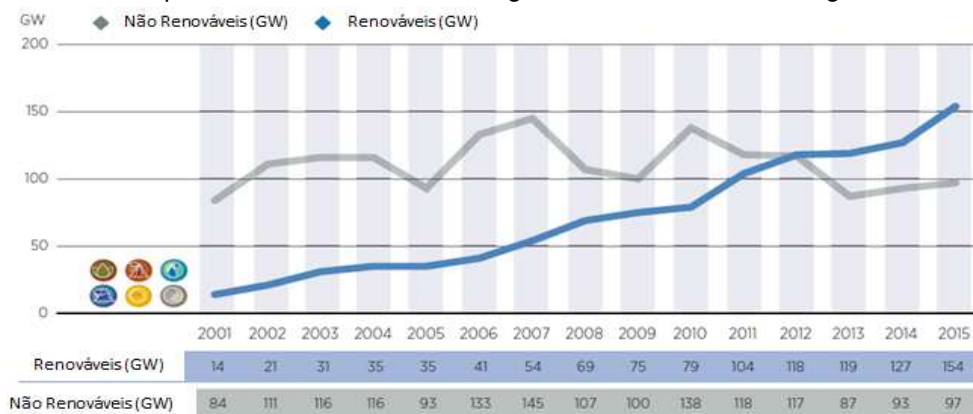
As fontes citadas são referências em publicações no segmento de energia eólica e contemplam as abordagens e análises pretendidas no presente trabalho.

3.1 Panorama Mundial da Energia Eólica

Com a constante necessidade de energias mais limpas para diminuir os impactos das mudanças climáticas no planeta Terra, os países vêm investindo cada vez mais em fontes de energias renováveis na matriz de produção de energia.

O Gráfico 2 mostra a capacidade adicionada de energias não renováveis e de energias renováveis no mundo:

Gráfico 2 – Capacidade adicionada de energias não renováveis x energias renováveis

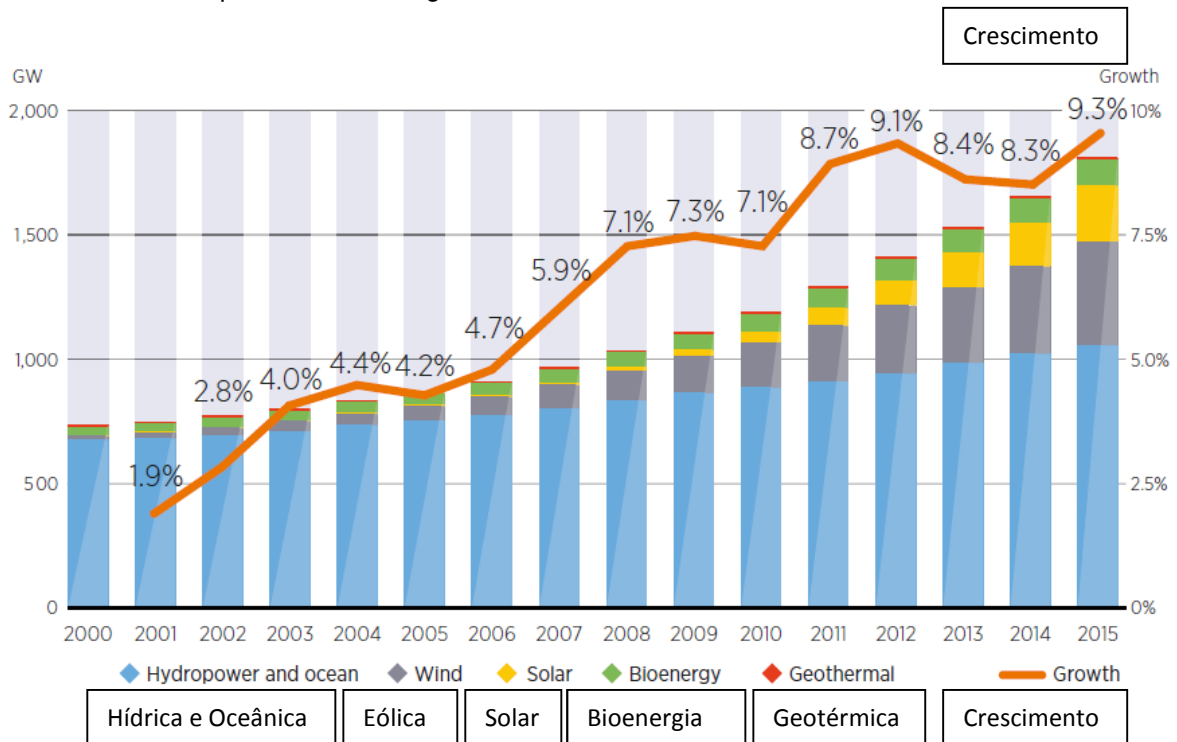


Fonte: Figura adaptada de IRENA (2016b)

Verifica-se no Gráfico 2, um acentuado crescimento na capacidade adicionada de energia renovável em todo o mundo (linha azul) e uma constância na capacidade adicionada de energia não-renovável (linha cinza), demonstrando a preocupação global na utilização de energias que não agridam o meio ambiente e que são renovadas naturalmente.

A análise em detalhes das fontes de energias renováveis dentro de todas as suas fontes pode ser verificada no Gráfico 3, mostra a capacidade de energias renováveis e taxa de crescimento anual 2000-2015.

Gráfico 3 – Capacidade de energias renováveis e taxa de crescimento anual 2000-2015

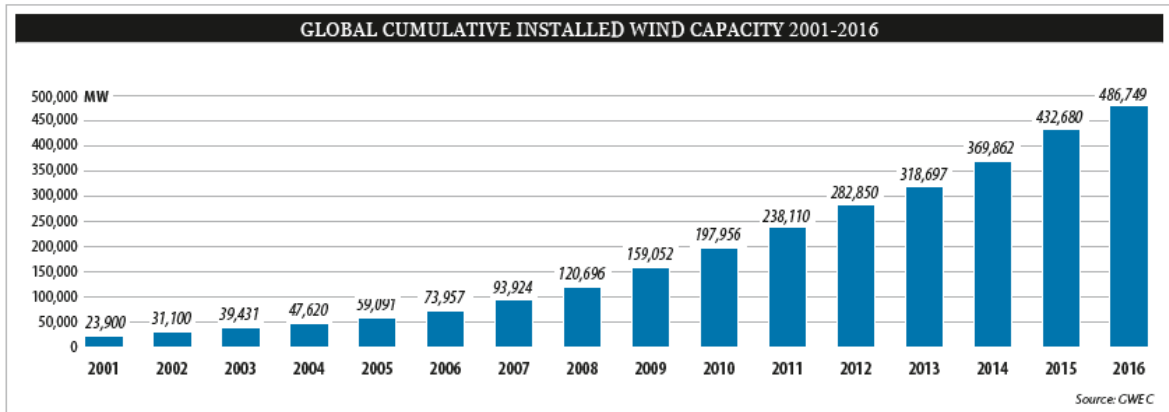


Fonte: Figura adaptada de IRENA (2016b)

Dentre o crescimento das energias renováveis no mundo, demonstrado no Gráfico 3, a energia eólica (gráfico cinza) desponta como a fonte de energia renovável que mais teve a capacidade adicionada nas matrizes energéticas, reforçando a importância dessa fonte.

Verificado o crescimento da utilização da energia eólica, que é o objetivo deste estudo, encontra-se uma grande evolução ao longo dos anos na sua utilização, conforme Gráfico 4.

Gráfico 4 – Capacidade eólica global acumulada 2001-2016

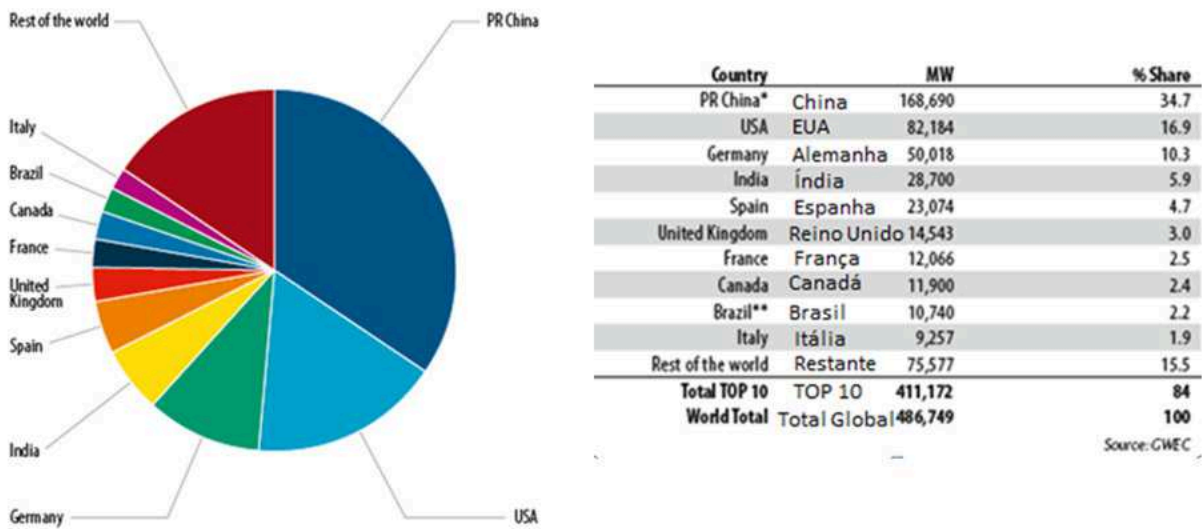


Fonte: Figura adaptada de IRENA (2016)

Há um acentuado crescimento ao longo dos anos a partir do ano de 2001 na geração de energia eólica em nível global. Nesse cenário o Brasil se destaca e assume o nono lugar entre os países com maior capacidade acumulada de geração de energia eólica em todo o mundo.

O Gráfico 5 traz o mapeamento da energia eólica no mundo:

Gráfico 5 – TOP 10 Capacidade acumulada em energia eólica em 2016



Fonte: Gráfico adaptado de GWEC (2016)

A evolução do cenário global ao longo dos anos aponta para uma evolução constante na utilização de fontes de energias que não agridam o meio ambiente, em especial a energia eólica.

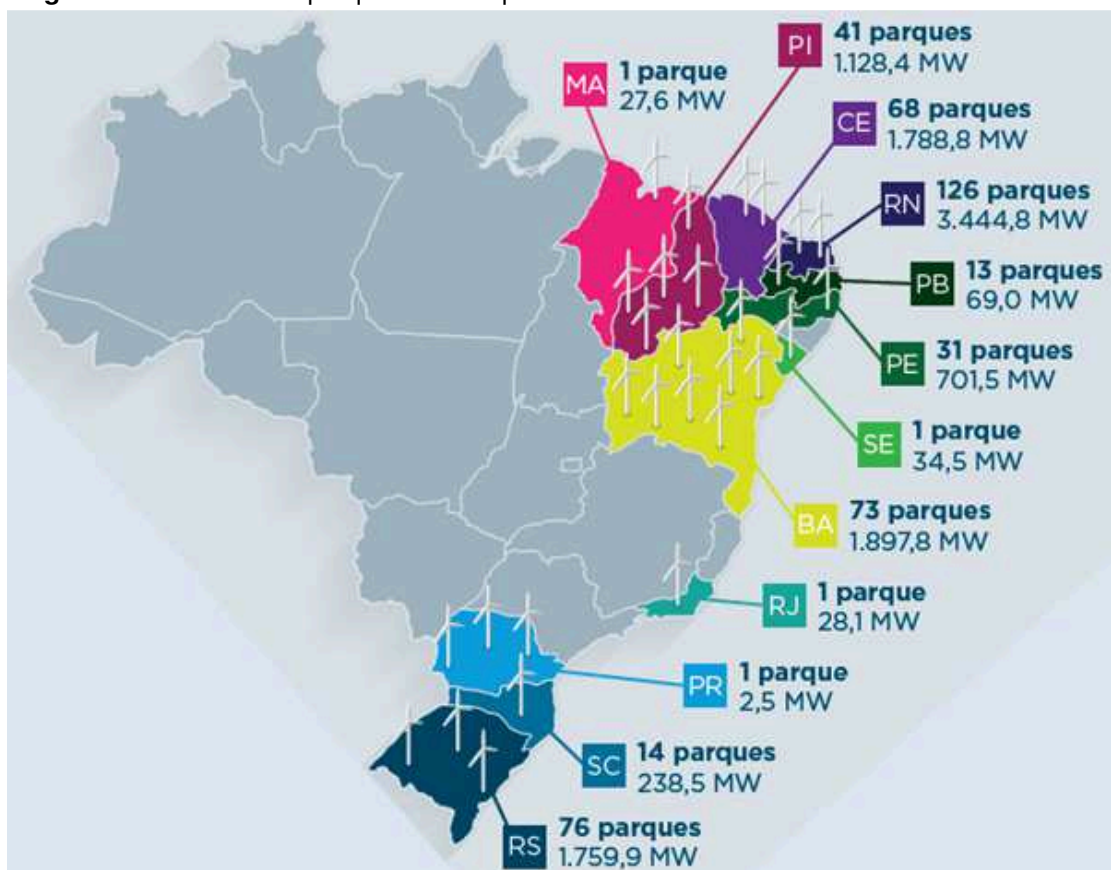
3.2 Panorama Nacional da Energia Eólica

Segundo a ABEEólica (2016), O Brasil, destacando-se como a nona maior capacidade instalada de energia eólica, desponta em inovações e investimentos nesse segmento, a energia eólica corresponde a 7% da matriz elétrica brasileira, com mais de 400 parques eólicos instalados. Além de essa fonte ser renovável e limpa, em todos os MW instalado geram 15 postos de trabalho.

Estima-se que em 2016 a fonte eólica tenha gerado 40 mil novas vagas de emprego. Cerca de 60 bilhões de reais já foram investidos de 1998 até hoje na energia eólica.

A Figura 11 a seguir, traz o número de parques eólicos por estado:

Figura 11 – Número de parques eólicos por estado brasileiro



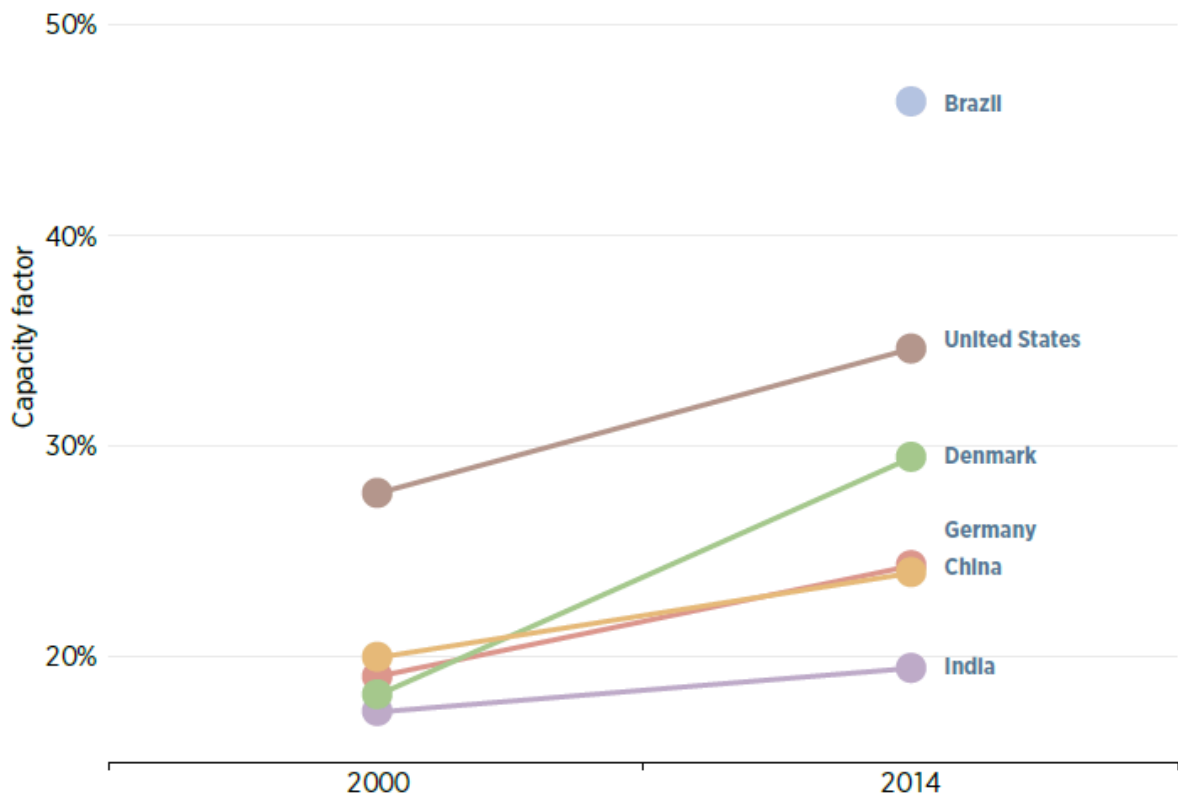
Fonte: Figura adaptada de ABEEólica InfoVento nº1 (2017).

Além do baixo impacto ambiental, pois a energia produzida pela força dos ventos é renovável e não polui por não emitir gases do efeito estufa, a energia eólica apresenta o melhor custo benefício na tarifa de energia.

A energia elétrica pode ser gerada tanto por parques eólicos como por turbinas eólicas isoladas. No caso dos parques eólicos, a energia produzida geralmente é transportada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) até as empresas distribuidoras de energia para, então, ser comercializada aos diversos tipos de consumidores: comerciais, residenciais e industriais (SMART ENERGY, 2017).

Já a geração por sistemas isolados atende consumidores específicos sem a necessidade de passar por uma distribuidora. O Brasil é o líder no mundo em relação ao fator de capacidade, que apresenta o aproveitamento do vento para gerar energia, como demonstra o Gráfico 6.

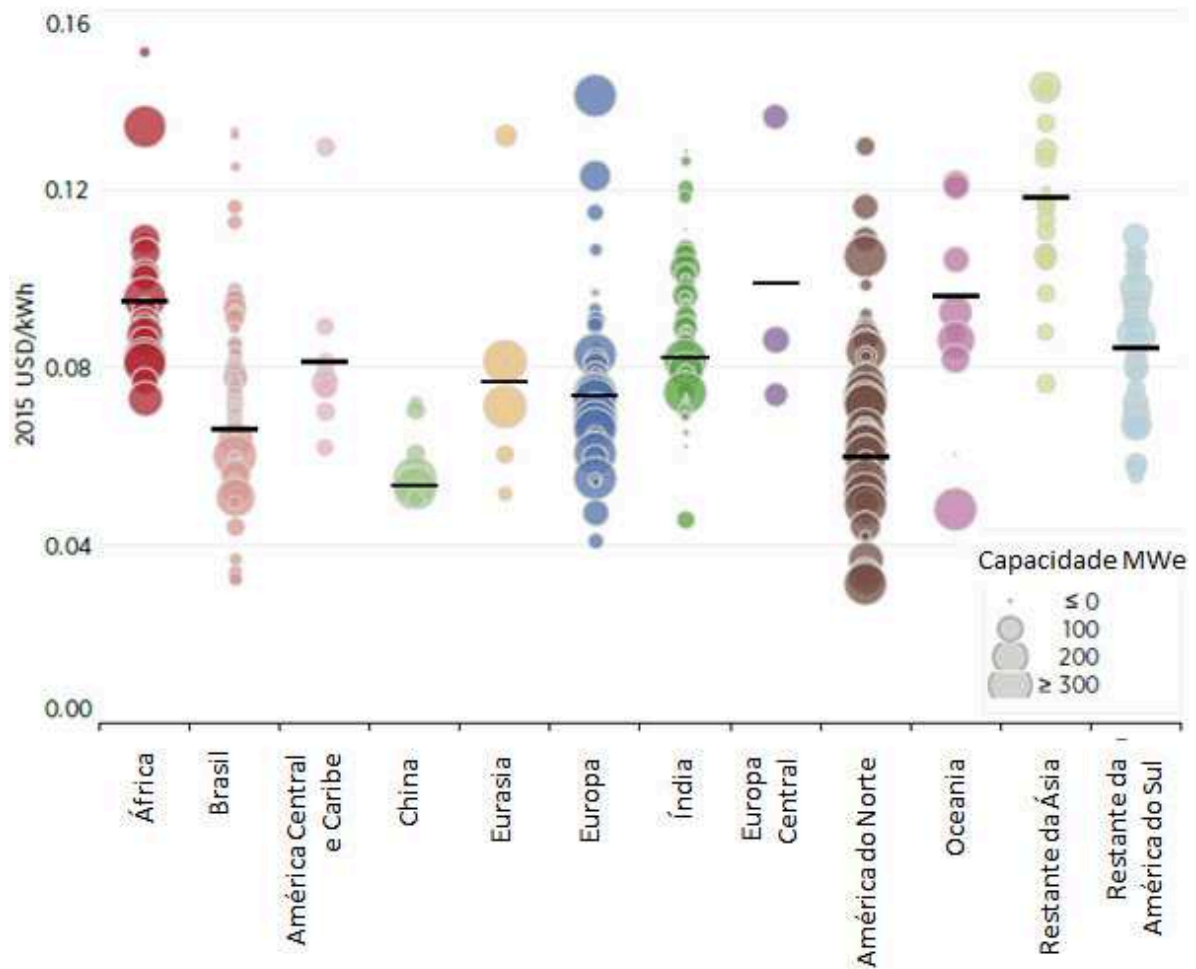
Gráfico 6 – Média dos fatores de capacidade de 2000 e 2014



Fonte: Figura adaptada de IRENA (2016)

O fator de capacidade do Brasil em 2014 está acima de 45%, bem superior à países com grande investimento em fontes eólicas, tais como China, Estados Unidos e Alemanha. Por todas essas condições favoráveis, o Brasil possuiu um dos melhores custos de produção de eletricidade utilizando a fonte eólica, o Gráfico 7 expressa o custos nivelados de produção de energia eólica por kwh por regiões do globo:

Gráfico 7 – Custos nivelados de eletricidade por países e regiões 2014-2015

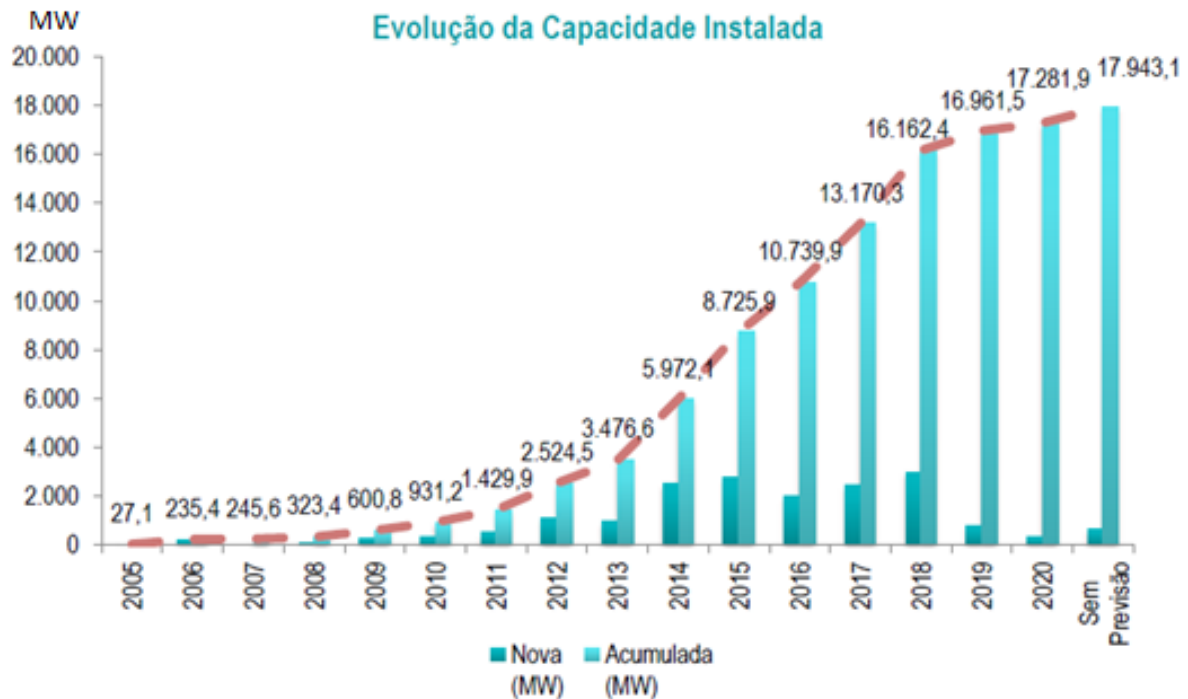


Fonte: Figura adaptada de IRENA (2016).

O custo expresso por dólares por quilowatt x hora de produção de eletricidade pela fonte eólica do Brasil, identificado pela média (traço preto) no Gráfico 7, está abaixo somente das grandes potências mundiais China e Estados Unidos.

O Brasil beneficiando-se das condições naturais favoráveis e seguindo a tecnologia e evolução dos aerogeradores tem a energia eólica como segunda fonte de energia mais barata, perdendo somente para as grandes hidrelétricas em questão de custos.

Em relação aos impactos ambientais, já se demonstrou a degradação que as grandes hidrelétricas ao longo do tempo causam, ao meio ambiente e à população como um todo. Diante desse cenário favorável, a evolução da geração de energia eólica cresce exponencialmente ao longo dos anos, conforme mostra o Gráfico 8.

Gráfico 8 – Evolução da Capacidade Instalada

Fonte: ABEEólica (2017)

Em 2016 o Brasil contava com 10,74 GW instalados de energia eólica e a tendência dos números é a de aumentar. As projeções para instalação de energia eólica no Brasil é de mais de 17 GW em 2020, ano em que finalizam as energias contratadas nos leilões até o ano de 2016.

3.3 Fabricantes de aerogeradores

Pelas condições dos ventos favoráveis no Brasil, diversos fabricantes de aerogeradores têm interesse no investimento de seus produtos. Atualmente há os seguintes fabricantes de aerogeradores instalados no Brasil: GE-Alstom, Siemens-Gamesa, Wobben-Enercon, Vestas, Acciona-Nordex, WEG.

Dada à geografia brasileira, as regiões litorâneas são mais propícias para a instalação de parques eólicos. Os fabricantes de aerogeradores atuam com diversos fornecedores de componentes, para que sejam montados e enviados aos parques.

As cadeias de suprimentos dos componentes ficam localizadas em diversas regiões do Brasil. O fabricante do aerogerador é o detentor da tecnologia e desenvolvimento, escolhendo as empresas subcontratadas de acordo com suas necessidades.

Os fabricantes de aerogeradores são empresas globais, que adaptaram a tecnologia aplicada em todas as fábricas do mundo às condições brasileiras. Somente a WEG é uma empresa brasileira localizada em Jaraguá do Sul/SC, porém utiliza tecnologia desenvolvida em conjunto com uma empresa norte-americana recém-adquirida por ela.

A distribuição da energia eólica brasileira de acordo com os fabricantes segue conforme Gráfico 9.

Gráfico 9 – Potência (MW) e Número de aerogeradores

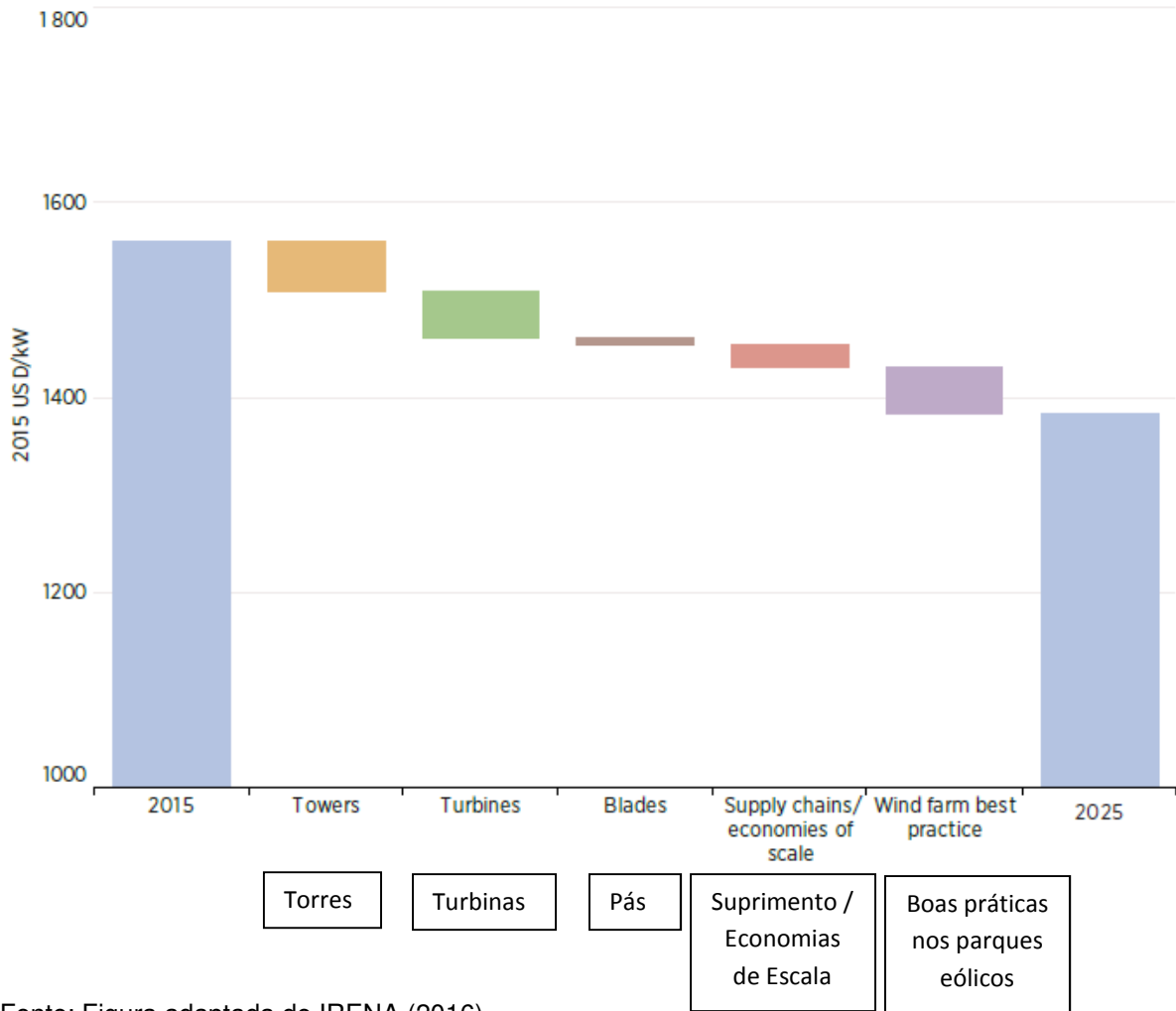


Fonte: Revista Cenários da Energia Eólica (2016/2017)

Verifica-se a fusão de grandes empresas fabricantes de aerogeradores e uma distribuição da capacidade eólica significativa dentre essas empresas. Diante dessas estratégias globais das empresas, é importante ressaltar que toda a tecnologia e desenvolvimento em componentes seguem a tendência global de inovação, portanto toda geração de energia eólica no país é otimizada em nível global.

Como exemplo dessas inovações pode-se avaliar a projeção de redução de custos na fabricação. O Gráfico 10 traz essa projeção:

Gráfico 10 – Reduções de custo por componentes (2015-2025)



Fonte: Figura adaptada de IRENA (2016)

Com as potencialidades do mercado eólico nacional, conforme demonstrado ao longo deste estudo, e as reduções do custo de fabricação dos aerogeradores, constantes ao longo dos anos, projetadas em mais de 10% entre os anos de 2015 e 2025, a continuidade e a manutenção no desenvolvimento dessa fonte de energia mostra-se fortemente garantida.

3.4 Regulamentação do Setor Eólico

Segundo G1 (2016), a COP 21 – Conferência do Clima de Paris é o primeiro acordo de âmbito universal para frear as emissões de gases do efeito estufa e lidar com os impactos da mudança climática. Esse acordo foi estabelecido em 12 de dezembro de 2016.

É preciso reduzir a emissão de gases do efeito estufa, como o CO₂, para tanto, os países precisam parar de queimar combustíveis fósseis, como petróleo e carvão, e adotar fontes de energia renováveis, como solar, eólica, hidráulica e biocombustíveis. Processos industriais e agrícolas precisam mudar e o desmatamento tem de ser reduzido.

O Brasil assumiu o compromisso perante o mundo, na COP 21, de elevar 23% até 2030 a participação das fontes renováveis em sua matriz, além da fonte hídrica. Conta também para esse prognóstico o papel extremamente importante que a geração eólica assumiu na operação do sistema, aliviando a carga das usinas hidrelétricas, cujos reservatórios atingiram níveis baixíssimos entre 2012 e 2015.

De acordo com o BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento (2016), para incentivar a produção local de componentes o banco aprovou, em dezembro de 2012, uma metodologia específica para credenciamento e apuração do conteúdo local para aerogeradores, estabelecendo metas físicas divididas em etapas, que deverão ser cumpridas pelos fabricantes de acordo com um cronograma previamente estabelecido.

A metodologia aprovada tem por objetivo aumentar gradativamente o conteúdo local dos aerogeradores com a fabricação, no país, de componentes com alto conteúdo tecnológico e uso intensivo de mão de obra.

A nova metodologia também permite a simplificação dos processos de financiamento pelo BNDES, uma vez que elimina a necessidade de apresentação, por ocasião de cada operação de financiamento, de informações adicionais referentes ao cálculo do índice de nacionalização dos respectivos aerogeradores.

Ao aderirem às metas do marco inicial, os fabricantes se comprometeram a ampliar de maneira progressiva os componentes locais de seu processo produtivo, com cumprimento de todas as etapas até janeiro de 2016. O transcurso de todo o processo será acompanhado por técnicos do BNDES, que farão visitas técnicas

periódicas às instalações fabris para verificar o andamento do cronograma (BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento, 2012).

Dessa forma, alinhado com os acordos globais, conforme demonstrado na participação do COP 21, e fomentando a indústria local para produção dos aerogeradores, o Brasil se mostra a par das tendências ambientais em vista de construir um futuro sustentável.

3.5 Leilões de Energia Elétrica

As vendas de energias no mercado brasileiro são reguladas pelo MME em leilões de energia, que são “processos licitatórios realizados com o objetivo de contratar a energia elétrica necessária para assegurar o pleno atendimento da demanda futura no Ambiente de Contratação Regulada-ACR (MME, 2016, p.1)

As distribuidoras vencedoras do leilão contratam as empresas construtoras de parques eólicos, que programam toda a estrutura para a geração de energia eólica.

Segundo o MME (2016), o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi criado para incentivar a participação das energias renováveis na matriz de energia elétrica brasileira.

Os leilões de fontes alternativas (LFA) destinam-se à contratação exclusivamente de energias renováveis. Os leilões de energia nova destinam-se à contratação de energias em projeto ou em construção, podendo fornecer a energia contratada em três anos (A-3) ou cinco anos (A-5).

Caso haja necessidade de contratação de energia adicional em vista de aumentar a segurança do fornecimento de energia, o governo pode realizar os leilões de energia reserva (LER). Há ainda o Ambiente de Contratação Livre (ACL), em que os geradores e consumidores podem negociar a energia elétrica conforme regras e procedimentos estabelecidos.

A Tabela 2, a seguir, traz o resumo de toda a energia eólica contratada até o momento no Brasil.

Tabela 2 – Tipo de contratação dos Leilões de Energia

Leilão	PROINFA	LER 2009	LER 2010	LFA 2010	LER 2011	A-3 2011	A-5 2011	A-5 2012	LER 2013	A-3 2013
Potência (MW)	1.303,1	1.915,9	545,2	1.293,4	797,8	1.056,3	822,1	48,9	1.403,8	791,7
Nº de Parques	53	71	20	48	31	44	33	2	62	39

Leilão	A-5 Dez/2013	A-3 2014	LER 2014	A-5 Nov/2014	LFA 2015	A-3 2015	LER Nov/2015	ACL	P&D
Potência (MW)	2.276,6	553,1	760,9	934,0	90,0	518,2	545,8	2.284,2	2,1
Nº de Parques	97	21	31	36	3	19	20	109	1

Fonte: ABEEólica (2017)

Dado o cenário promissor do mercado eólico brasileiro e a fim de regulamentar e apoiar seu desenvolvimento, o BNDES criou diretivas para a nacionalização de componentes para aerogeradores e financiar o investimento da cadeia dos fabricantes de componentes para energia eólica.

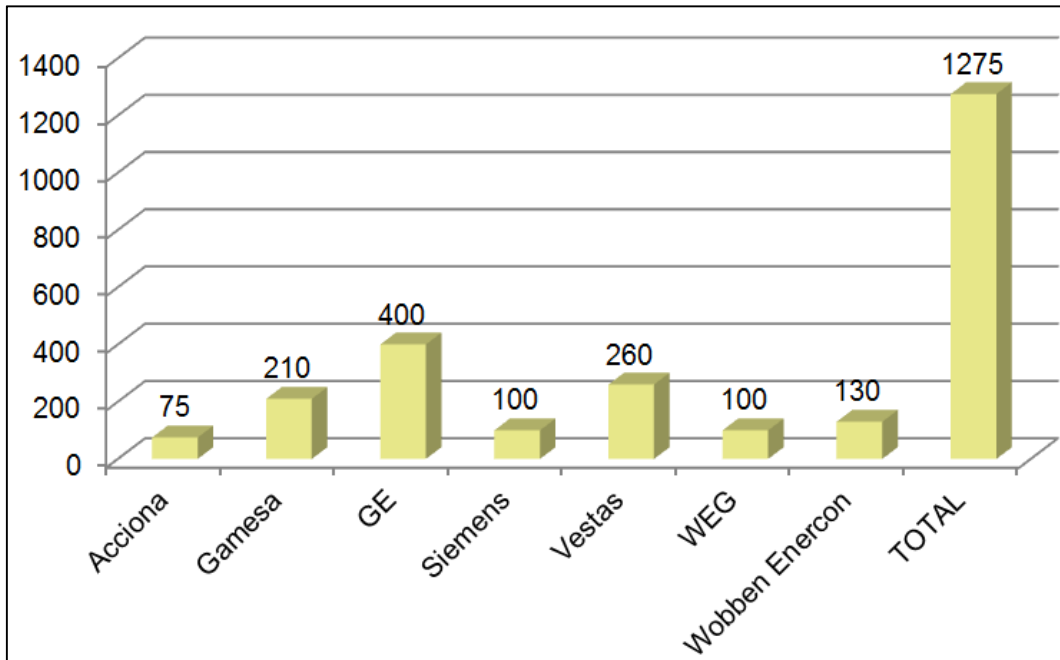
O enquadramento do fabricante de aerogeradores nas diretivas do BNDES é avaliado pela regulamentação vigente e feito em etapas, de acordo com as suas exigências (MME, 2016).

3.5 Capacidade anual de produção de Energia Eólica no Brasil

Conforme explicado na subseção 3.4 do presente trabalho, a oferta de demanda de energia eólica no Brasil é dependente da liberação do governo de leilões de contratação de energia.

E conforme demonstrado na subseção 3.3 do presente trabalho, os fabricantes globais de aerogeradores detêm as tecnologias para fabricação das máquinas a serem aplicadas nos parques eólicos contratados nos leilões de energia eólica.

Sendo assim, para expressar em números a capacidade de produção de aerogeradores e a oferta contratada de energia nos leilões, segue Gráfico 11 com o resumo:

Gráfico 11 – Capacidade de produção anual de aerogeradores por fabricante

Fonte: Figura elaborada pelo autor (2017)

Os modelos de aerogeradores produzidos pelos fabricantes listados no Gráfico 11 produzem em média 2.5MW de energia, portanto, no total do mercado brasileiro a capacidade produtiva anual é de $2,5 \times 1275 = 3187,5$ MW de geração de energia eólica pelos aerogeradores.

A Tabela 3, a seguir, mostra a capacidade instalada por fonte de geração para a expansão de referência.

Tabela 3 – Evolução da capacidade instalada por fonte de geração para a expansão de referência

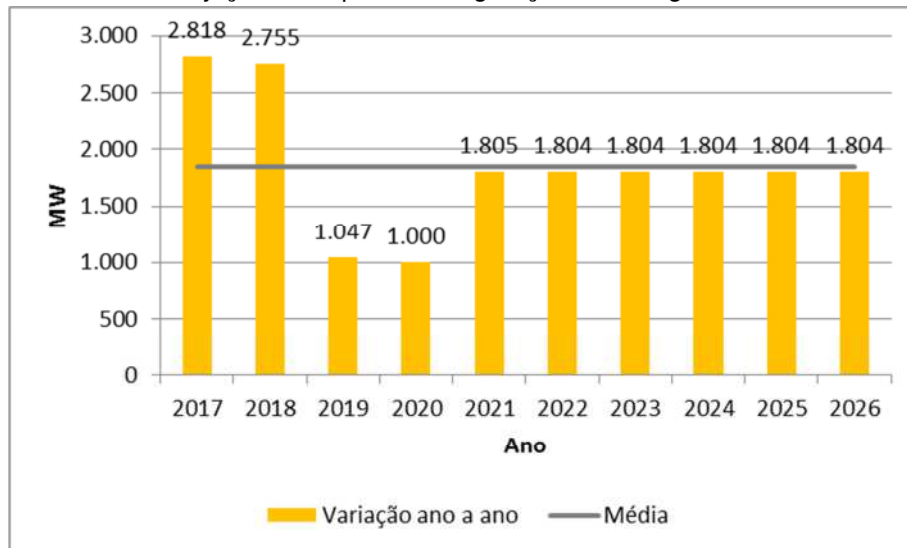
FONTE	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
RENOVÁVEIS	125 445	134 711	143 886	148 212	150 548	153 974	157 687	161 477	165 383	169 489	173 690
HIDRO ^(b)	89 698	94 846	99 846	102 008	102 008	102 008	102 150	102 268	102 501	102 937	103 466
IMPORTAÇÃO ^(c)	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000
OUTRAS RENOVÁVEIS	28 747	32 865	37 040	39 204	41 540	44 966	48 538	52 209	55 882	59 552	63 223
PCH	5 820	6 052	6 270	6 393	6 658	6 658	6 958	7 258	7 558	7 858	8 158
EÓLICA	10 025	12 843	15 598	16 645	17 645	19 450	21 254	23 058	24 862	26 666	28 470
BIOMASSA ^(d)	12 881	13 010	13 182	13 506	13 577	14 199	14 666	15 234	15 802	16 368	16 936
SOLAR	21	960	1 990	2 660	3 660	4 660	5 660	6 660	7 660	8 660	9 660
NÃO RENOVÁVEIS	22 947	23 538	23 566	23 906	25 427	25 427	25 427	26 735	25 751	24 852	26 634
URÂNIO	1 990	1 990	1 990	1 990	1 990	1 990	1 990	1 990	1 990	1 990	3 395
GÁS NATURAL ^(e)	12 532	13 123	13 151	13 151	14 672	14 672	14 672	16 172	16 172	16 756	17 339
CARVÃO	3 174	3 174	3 174	3 514	3 514	3 514	3 514	3 514	3 514	3 514	3 514
ÓLEO COMBUSTÍVEL ^(f)	3 721	3 721	3 721	3 721	3 721	3 721	3 721	3 721	3 287	1 805	1 774
ÓLEO DIESEL ^(g)	1 530	1 530	1 530	1 530	1 530	1 530	1 530	1 337	787	787	612
ALTERNATIVA INDICATIVA DE PONTA^(h)						994	2 532	4 334	8 002	12 198	12 198
TOTAL	148 392	158 249	167 452	172 118	175 974	180 395	185 646	192 546	199 136	206 539	212 522

Fonte: PDE (2026)

A avaliação dos números aponta que há um potencial de produção de aerogeradores maior que a capacidade de geração de energia eólica projetada até o ano de 2016. Tal aspecto deve ser levado em consideração para os estudos de viabilidade de expansão da fonte, tanto por parte do governo (leilões de energia elétrica) quanto por parte dos fabricantes.

Segundo o PDE 2026 – Plano Decenal de Expansão de Energia, até o ano de 2019 as previsões são que se deva chegar a 16,6 GW de geração de energia eólica, havendo uma projeção de expansão de 1,8 GW anuais médios de geração de energia eólica até o ano de 2026, conforme Gráfico 12:

Gráfico 12 - Projeção de expansão de geração de energia eólica



Fonte: Figura elaborada pelo autor (2017)

O atingimento dessa meta é totalmente possível, mantendo-se o foco nas necessidades eminentes. Grandes desafios do passado já foram superados, mostrando a grande maturidade de todos os envolvidos na inserção dessa nova fonte de energia num país com predominância da energia hídrica.

Os desafios atuais baseiam-se no equilíbrio entre a política de incentivos governamentais e na inovação e qualificação das empresas para se manter competitivas nesse cenário.

O setor eólico vem demonstrando crescimento contínuo ao longo dos anos. Os ventos no Brasil são de ótima qualidade e um dos melhores do mundo. Além disso, a indústria eólica está bem organizada e a política governamental implementada no Brasil vem demonstrando forte base para a consolidação dessa fonte de energia no país.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário atual de energia eólica é regulamentado pelo governo com leilões de energia elétrica, portanto é imprescindível considerar o tempo necessário para mobilizar energia. Um leilão de energia não serve para resolver a demanda de curto prazo, mas para planejar de forma eficiente o que vai ser consumido no futuro, nos próximos cinco anos pelo menos.

Esse é o conceito de segurança energética. O Brasil precisa começar a praticá-la. Não ter considerado essa questão de forma rigorosa no passado já levou o país a graves crises de abastecimento.

Fazer planejamento considerando o conceito de segurança energética é ainda mais importante neste momento da intensa agenda governamental para promover a retomada do crescimento, com sinalização de novos investimentos em infraestrutura, por exemplo.

Nunca é demais lembrar, também, que a diversificação da matriz também faz parte do conceito de segurança energética. A energia eólica, por exemplo, é muito útil em períodos de pouca chuva, justamente as épocas em que se registra os melhores fatores de capacidade dos parques eólicos.

O Brasil já tem vantagem competitiva diante de outros países, dada a constância e intensidade dos seus ventos, superando até países de primeiro mundo, tal como Alemanha, que apostam intensamente na geração de energia eólica.

A qualidade do vento e a capacidade que se tem registrado ano após ano colocam o país em posição de destaque no cenário mundial de geração de energia eólica. Soma-se a isso o fato de o setor ser muito jovem por aqui. Os parques eólicos brasileiros decolaram apenas nos últimos seis anos, dado ao desenvolvimento de uma cadeia produtiva local eficiente.

Essa cadeia se formou após a fabricação, em território nacional, da maior parte das máquinas e equipamentos utilizados no mercado eólico. Isso além do cumprimento, pelos fabricantes, do prazo de nacionalização de sua produção de acordo com as regras de financiamento do BNDES, conforme demonstrado ao longo deste estudo.

A geração eólica vem se mostrando, ao longo dos últimos anos, fundamental para o sistema nacional. Os fabricantes de aerogeradores mostraram-se consolidados e construíram uma cadeia produtiva nacional para sustentar os compromissos assumidos e o enorme potencial de crescimento dessa fonte de energia.

Conforme evidenciado no presente trabalho, há uma sobre oferta de aerogeradores no mercado, logo os fabricantes devem reavaliar as estratégias diante do mercado regulado e analisarem novas possibilidades de negócios, tais como exportação de componentes, ou até mesmo a venda privada de aerogeradores para empresas e instituições que buscam geração de energia renovável, ambiente conhecido como Mercado Livre de Energia.

O objetivo deste estudo foi a análise do panorama da energia eólica no Brasil, servindo como base para os tomadores de decisão da cadeia produtiva de aerogeradores. Dessa forma, conclui-se que o objetivo exposto foi atendido a partir da junção das informações disponíveis no mercado e análise dos relatórios e publicações oficiais, servindo como uma base exploratória para os interessados no assunto.

Ao final desta monografia propõe-se um trabalho de estudos da viabilidade de vendas de aerogeradores para outros países de forma competitiva com o mercado global.

REFERÊNCIAS

ABEEólica. **Infográfico 10GW Eólica, a energia do futuro, 2016**. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/10/Dados-Mensais-ABEEolica-10.2017.pdf>> Acesso em: 28 de setembro de 2017.

ABEEólica. **Quem Somos**. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/quem-somos/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

AEC WEB. **Energia heliotérmica é renovável, mas incipiente no Brasil**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/energia-heliotermica-e-renovavel-mas-incipiente-no-brasil_12417_10_0>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília, 2002. Disponível em www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf. Acesso em: 21 de setembro de 2017.

ANEEL. **Energia Hidráulica**. 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

AMARANTE, O. A. C. do; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. de. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, 2001**. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica/CEPEL. Disponível em http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em: 21 de setembro de 2017.

BIG - Banco de Informações de Geração. **Capacidade de Geração do Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

BNDES. **BNDES aprimora regras para credenciamento de geradores eólicos**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2012/energia/20121212_eolicasregras.html>. Acesso em: 02 de maio de 2017.

BNDES. **Regras para o credenciamento e financiamento de aerogeradores**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Ferramentas_e_Normas/Credenciamento_de_Equipamentos/credenciamento_aerogeradores.html>. Acesso em: 02 de maio de 2017.

CASA DOS VENTOS. **Energia eólica**. Disponível em: <<http://casadosventos.com.br/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>>. Acesso em: 06 de julho de 2017.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GMBH. **GIZ: Guia de Referência para a Cobertura Jornalística de Energias Renováveis**. Brasília – DF: 2016.

ENERGIA TÉRMICA. **Plataforma Online de Energia Heliotérmica**. 2015. Disponível em: <http://energiaheliotermica.gov.br/pt-br/noticias/432-plataforma-online-de-heliotermia-entra-no-ar>. Acesso em: 18 de maio de 2017.

G1. **COP 21: veja perguntas e respostas sobre o acordo do clima de Paris**. 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/12/acordo-de-paris-sobre-o-clima-veja-perguntas-e-respostas.html>>. Acesso em: 07 de Julho de 2017.

GWEC - Global Wind Energy Council (Conselho Mundial de Energia Eólica). **Global Wind Energy Outlook (2016) (Panorama da Energia Eólica Global)**.

Green Solar. **Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <http://www.greensolar.com.br/como-funciona> >. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

IRENA - **Agência Internacional para as Energias Renováveis**. Disponível em: <http://www.irena.org>. 2017. Acesso em: 07 de Julho de 2017.

MARTINS, R. **Recuperação econômica será desafio de Temer, dizem analistas**. 2016. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/economia/noticias/recuperacao-economica-sera-desafio-de-temer-dizem-analistas>>. Acesso em: 18 de maio de 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia BEN – **Balanço Energético Nacional 2017 - Relatório Síntese, ano base 2016**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 06 de junho de 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Energia Eólica no Brasil e no Mundo**. 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256600/Folder+Energia+Eolica.pdf/b1a3e78c-7920-4ae5-b6e8-7ba1798c5961> >. Acesso em: 06 de junho de 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Leilões de Energia Elétrica**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/programas/leiloes_de_energia/menu/inicio.html>. Acesso em: 03 de maio de 2017.

PDE - **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Disponível em <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>. Acesso em: 18 de outubro de 2017.

PEREIRA, R. **País aposta em novas fontes renováveis**. 2016. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/economia/noticias/pais-aposta-em-novas-fontes-renovaveis>>. Acesso em: 18 de maio de 2017.

PORTAL ENERGIA. **Como funciona um Aerogerador.** 2016. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/funcionamento-de-um-aerogerador/>>. Acesso em: 06 de julho de 2017.

PORTAL ENERGIA. **O que é a energia da Biomassa.** 2016. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

PORTAL ENERGIA. **Teoria de funcionamento energia solar fotovoltaica.** 2009. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/teoria-funcionamento-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Energia: A abundância solar.** Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/energia-a-abundancia-solar>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

PORTAL SOLAR. **Energia Fotovoltaica.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

REVISTA MEIO AMBIENTE, INDÚSTRIA E SUSTENTABILIDADE. **Energia Eólica Avança.** Disponível em: <<http://rmai.com.br/energia-eolica-avanca/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

SMART ENERGY. **Biomassa.** Disponível em: <<https://smartenergy.org.br/portal/biomassa/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1987.