

## ESTUDO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA DO ESTADO DA PARAÍBA

Adriano José de Farias Leandro (1); José Victor Antunes Pamplona (2); Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bezerra Grilo (3)

1 Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), adrianoflleandro@gmail.com

2 UFCG, pamplonavictor@gmail.com

3 UFCG, griloufcg@yahoo.com.br

**Resumo:** A sociedade atual demanda cada vez mais energia elétrica, cuja obtenção está diretamente relacionada a questões econômicas e ao meio ambiente. A busca pela redução da ação invasiva do homem no ambiente está cada vez mais presente na sociedade. Assim, a utilização de energias mais limpas, dentre estas a energia eólica, que é proveniente da ação dos ventos, cuja produção é dotada de um pequeno impacto ambiental quando comparada a energias convencionais. Observa-se um crescente interesse por parte de investidores nesse tipo de energia no Brasil, pois o potencial eólico do país é elevado. O Nordeste brasileiro é a região com a maior capacidade de geração de energia eólica, os estados com maior destaque sejam por pioneirismo ou capacidade nominal de produção são: Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte. A Paraíba possui um grande potencial, sendo uma região que está atraindo investimentos para a instalação de parques eólicos. A proposta deste trabalho visa analisar, quantificar e expor a evolução da capacidade nominal de produção de energia eólica no estado da Paraíba ao longo dos anos, além de apresentar dados de capacidade nominal de produção em nível nacional e internacional, para fins comparativos.

**Palavras-chave:** Energia Renovável, Energia Eólica, Vento, Parque Eólico, Paraíba.

### INTRODUÇÃO

Em nossa sociedade atual, a utilização da energia elétrica é indispensável para as mais diversas atividades da população e devido a essa utilização estima-se que a geração de energia elétrica aumentará 77% entre 2006 e 2030 em todo o mundo (MORAIS, 2005). Por isso, há uma preocupação devido a esse aumento de consumo no que se refere aos impactos ambientais que as fontes de energia vêm a causar, bem como com a escassez das fontes de combustíveis.

Existem dois tipos de fontes para produção de energia elétrica, que são as energias renováveis e as energias não renováveis. As fontes de energia não renováveis se utilizam de recursos naturais que não se renovam continuamente na natureza, ou seja, recursos esgotáveis, a exemplo dos combustíveis fósseis e nucleares. Esse tipo de energia tem como vantagem uma alta eficiência energética, porém apresenta, além da desvantagem já citada, um grande impacto ambiental devido ao processo que se faz necessário para a extração dos combustíveis, como também das elevadas emissões de poluentes provenientes da queima dos mesmos.

As fontes de energias renováveis são provenientes dos recursos naturais os quais são continuamente renováveis, tais como: o vento, sol, marés, entre outros. É uma energia considerada limpa, porém alguns desses tipos de energia podem provocar impactos ambientais.

Segundo Morais (2005), 70% da eletricidade consumida no Brasil é proveniente de usinas hidrelétricas, contudo com a falta de chuvas essa demanda de energia tem sido complementada com a energia proveniente de usinas termoelétricas.

A energia hidrelétrica é uma fonte renovável, cuja geração demanda ou acarreta impactos ambientais, que prejudicam ecossistemas complexos. A geração de energia termoelétrica que ocorre através de queima de combustíveis fósseis, produz assim, emissões gasosas que são prejudiciais ao meio ambiente. Nesse âmbito; um tipo de energia renovável vem ganhando cada vez mais espaço, a produção de energia eólica. O Brasil tem um grande potencial eólico no qual estudos apontam estimativas para valores maiores que 60.000 MW. Segundo esses estudos as regiões do país com maiores potenciais eólicos são nos litorais das regiões Norte e Nordeste (ANEEL, 2002). O estado da Paraíba se apresenta como um local bastante favorável para a instalação da energia eólica e inclusive já possui alguns parques em funcionamento.

## **OBJETIVOS**

O presente artigo tem como objetivo analisar e expor as condições gerais para a implementação da energia eólica e apresentar a capacidade de produção dessa energia no estado da Paraíba.

## **REFERENCIAL TEORICO**

Pode-se definir a energia eólica como a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas (aerogeradores) para geração de energia elétrica (ANEEL, 2002).

O funcionamento de um aerogerador tem como princípio um gerador elétrico com o intuito de converter energia eólica em energia elétrica. “A energia cinética do vento movimenta a turbina, que produz energia mecânica, transmitindo-a ao gerador, que por sua vez faz a conversão de energia mecânica em elétrica” (PINTO, 2014, p.157). Os aerogeradores se distinguem basicamente pelo seu rotor, que podem ser de eixo horizontal ou eixo vertical.

Os aerogeradores com rotores de eixo vertical possuem uma certa facilidade de construção, podendo até mesmo ser montado mais próximo do solo, além de funcionarem melhor em condições

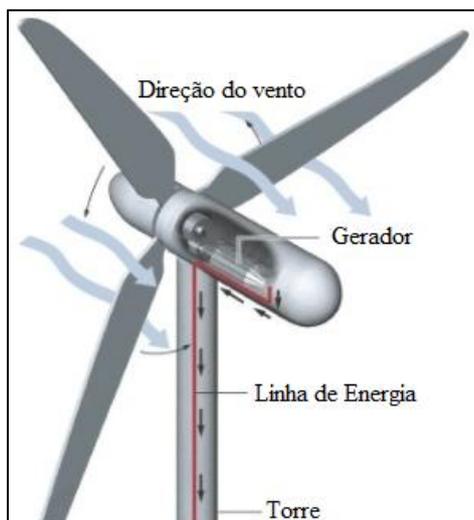
de turbulência. Devido a esses pontos são considerados mais seguros que os de eixo vertical. Entretanto, os aerogeradores com rotores de eixo vertical possuem um desempenho menor que os de eixo horizontal, tal fato ocorre devido ao gerador não girar com a direção do vento (permanece fixo), somente o rotor gira. Esse tipo de aerogerador é geralmente mais barato que os de eixo horizontal.

Os aerogeradores com rotores de eixo horizontal tem um valor de mercado mais elevado que os de eixo vertical, isso se justifica por possuírem um rendimento muito superior aos de eixo vertical e possuir menor exposição aos esforços mecânicos. Esse tipo de aerogerador é muito utilizado na maioria dos parques e complexos eólicos em todo o mundo. Geralmente os rotores são constituídos por três pás para geração de energia elétrica em grande escala, pois esse modelo possui uma menor resistência ao ar, aliado ao seu alto rendimento aerodinâmico. Pode-se observar na figura abaixo um exemplo de aerogeradores.



**Figura 1- Tipos de aerogeradores**  
(Fonte: Wikipedia, 2018)

O funcionamento de um aerogerador ocorre da seguinte forma: “as pás giram com a força do vento, fazendo girar o rotor que por sua vez transmite a rotação multiplicada pela caixa multiplicadora ao gerador, o gerador converte normalmente em conjunto com um conversor de potência a energia mecânica recebida em energia elétrica” (PORTAL ENERGIA 2016). Na figura 2 a seguir, é possível observar um esquema de funcionamento de um aerogerador.



**Figura 2- Esquema de funcionamento de um aerogerador  
(Fonte: PORTAL ENERGIA, 2016)**

É importante também definir o que são parques e complexos eólicos. A denominação de parque eólico é dada a um espaço no qual estão instalados cinco ou mais aerogeradores e entende-se por complexos eólicos a junção de vários parques funcionando em conjunto para geração de energia elétrica.

A energia eólica é uma das promessas para o futuro por caracterizar-se como uma fonte inesgotável de recursos, visto que não emite poluentes, não gera resíduos e possui baixo impacto ambiental, contribuindo assim para os processos de produção sustentável e auxiliando o progresso energético. Esse tipo de energia já vem sendo utilizada em vários países, a exemplo da China, Estados Unidos e Alemanha, que lideram o ranking de produção de energia eólica no ano de 2017. Nesse ranking, o Brasil ocupa oitava colocação, conforme se pode ver na tabela abaixo:

Países	Produção (GW)
China	188,232
Estados Unidos	89,077
Alemanha	56,132
Índia	32,848
Espanha	23,170
Grã-Bretanha	18,872
França	13,759
Brasil	12,763

**Tabela 1- Relação de países e produção de energia eólica no ano de 2017  
(Fonte: ECODEBATE, 2018)**

## **METODOLOGIA**

O artigo foi formatado como sendo um método de análise quantitativa e qualitativa, com metodologia aplicada à pesquisa bibliográfica e etnográfica. Onde o estudo foi feito a partir de dados referentes à matriz energética eólica, bem como dados do Sistema Elétrico Brasileiro. Para que assim fosse possível descrever a importância e o crescimento do uso desse tipo de energia com o decorrer dos anos.

A pesquisa contemplou a quantificação e exposição da capacidade de geração de energia eólica nos parques do Estado da Paraíba, onde houve um crescimento expressivo no decorrer da última década. A geração de energia eólica se faz presente nas linhas de transmissão após a integração da mesma ao Sistema Interligado Nacional (SIN), sistema este formado pelos subsistemas Nordeste (estados do Nordeste, com exceção do Maranhão), Norte (Maranhão, Pará e Tocantins), Sudeste-Centro-Oeste (todos os estados do Sudeste e do Centro-Oeste, Rondônia e Acre) e Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), (ETENE, 2017).

A análise e tratamento dos dados obtidos a partir da pesquisa foram explorados através da técnica interpretativa e expositiva, onde a partir de gráficos, tabelas e dados, é possível observar e compreender a dimensão da capacidade nominal de produção de energia eólica do Estado da Paraíba para com o Brasil e ainda assim, alguns países do globo terrestre.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A instalação de parques ou complexos eólicos demandam alguns cuidados, tais como análise do local adequado, estudo do potencial eólico e mapa dos ventos, estudo dos impactos ambientais, entre outros. Nesse sentido, a escolha do local adequado deve passar por diversas análises, pois é um fator que afeta diretamente o custo do projeto:

A localização de um parque eólico[...], está sujeita a diversas condicionantes, principalmente aquelas relativas à localização dos equipamentos de conversão, possibilidade de ligação à rede de distribuição de energia elétrica, disponibilidade de ventos com velocidade que garanta a rentabilidade adequada, condições orográficas e morfológicas não perturbadoras (HENRIQUE apud CÂMARA, 2016, p.18 e 19).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL (2002), “a avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre velocidade e regime de ventos”. Procuram-se locais que sejam mais planos possíveis e com o mínimo de

obstáculos para o vento. Posto isso, podemos citar como dados que afetam a velocidade dos ventos: acidentes naturais das paisagens, rugosidade da superfície e obstáculos e características topográficas, havendo assim a possibilidade de diminuir o potencial eólico da região (HENRIQUE apud CÂMARA, 2016).

Esses acidentes nas superfícies podem resultar em escoamentos turbulentos do ar (ventos turbulentos), prejudicando o aproveitamento da energia eólica pelos aerogeradores.

Além disso, para evitar perdas da energia do vento, causadas pelas turbulências, colocam-se as turbinas separadas umas das outras com uma distância mínima de três vezes o diâmetro do rotor. Em geral, a separação dos aerogeradores de um parque eólico, é de 5 a 9 diâmetros do rotor na direção dos ventos dominantes e de 3 a 5 na direção perpendicular à dos ventos dominantes (HENRIQUE apud CÂMARA, 2016).

“Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a  $500 \text{ W/m}^2$ , a uma altura de 50 metros; o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s” (GRUBB and MEYER apud BRASIL, 2002, p. 64).

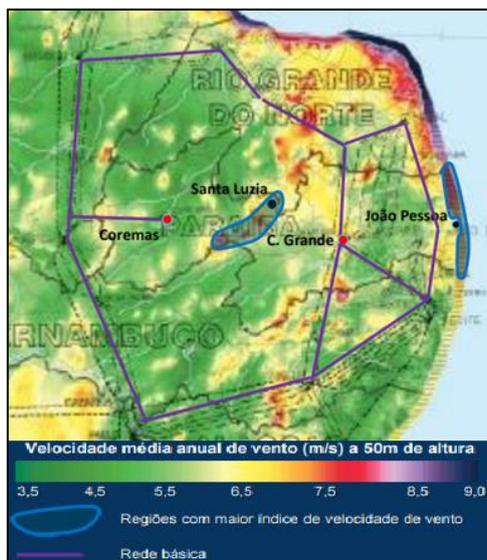
Por isso, faz-se necessário a utilização de alguns documentos que apresentem o potencial eólico dos locais mais proveitosos de determinada região. Podemos citar como exemplo o atlas eólico do Ceará, mapa eólico do estado do Paraná e o Atlas eólico Brasileiro. Pode-se perceber através da tabela abaixo que o Nordeste possui grande relevância na geração de energia eólica no País.

<b>Estado</b>	<b>Potência Instalada (MW)</b>	<b>Número de parques</b>
RN	3.722,45	137
BA	2.594,54	100
CE	1.950,46	75
RS	1.831,87	80
PI	1.443,10	52
PE	781,99	34
SC	238,50	14
MA	220,80	8
PB	157,20	15
SE	34,50	1
RJ	28,05	1
PR	2,50	1
<b>Total</b>	<b>13.005,95</b>	<b>518</b>

**Tabela 2- Potência instalada e número de parques por estado do ano de 2018**

(Fonte: ABEEÓLICA, 2018)

A partir da tabela 2 percebe-se que a Paraíba ocupa a nona posição em potência instalada no Brasil e a sétima posição no Nordeste. Apesar da Paraíba não possuir um atlas eólico do Estado, pode-se perceber a partir do atlas eólico brasileiro que a Paraíba possui boas condições para utilização de energia eólica, conforme ilustrado na figura abaixo:



**Figura 3- Região do atlas eólico nacional**  
(Fonte: NOGUEIRA et al. , p.114, 2014)

Percebe-se a partir da figura 3 que a Paraíba possui duas regiões com alto potencial eólico. Um na localidade de Santa Luzia e outra no litoral. Há um corredor de vento situado na região de Santa Luzia que possui velocidade média anual de vento em torno de 7,7 m/s, apresentando assim uma situação proveitosa para implantação de parques eólicos (NOGUEIRA, 2014).

O Potencial eólico da Paraíba ainda não foi totalmente explorado, isso se deve em parte a falta de investimentos para projetos de implementação da energia eólica e um fator que também influencia é a falta de um atlas para o estado. Atlas esse que está sendo elaborado pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em convênio com a Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás) e a Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior (Atecel), cujo objetivo é elevar o conhecimento sobre as potencialidades de geração de energia eólica<sup>1</sup> (ALEX, 2014).

Dentre os parques instalados no Estado da Paraíba, grande parte já está em funcionamento:

### **Parque Eólico Vale dos Ventos**

<sup>1</sup>O atlas está sendo elaborado desde 2009 e o relatório final está sendo concluído e em breve será encaminhado para a Eletrobrás (ALEX, 2014).

Está localizado na cidade de Mataraca; é constituído de 60 turbinas de 800 KW cada. Seu funcionamento iniciou-se no ano de 2009, tem capacidade instalada de 48 MW sendo constituída de 10 unidades de 4,8 MW cada, abastecendo assim cerca de 5% da demanda do Estado (aproximadamente 100.000 residências) evitando dessa forma, a emissão de gases de efeito estufa em torno de 17.000 toneladas por ano (PACIFICHYDRO, 2018).



**Figura 4- Parque Eólico Vale dos Ventos**  
(Fonte: PACIFICHYDRO, 2018)

Segundo o engenheiro do empreendimento, o projeto tem vida útil de 50 anos e com 25 anos de uso serão submetidos a uma reavaliação e manutenção geral [...]. As torres de concreto foram instaladas a 200 metros de distância uma da outra, com 80 metros de altura e hélice de fibra e metal com 48 metros de diâmetro e base com 20×30 metros, com área de 7.963,95 m<sup>2</sup> (SOARES, 2016, p.7).

### **Parque Eólico Alhandra**

Situado no município de Alhandra, o parque eólico foi inaugurado em 2011 e possui três aerogeradores do fabricante Suzlon S88/2100. O Parque pertence à empresa Centro de Estudos em Direito e Negócio (CEDIN do Brasil) e tem potência instalada de 6,3 MW (THE WINDPOWER, 2018).

Atualmente o Parque encontra-se inativo, devido a problemas financeiros. Todavia, após conversa com um profissional que trabalhava na empresa responsável pelo estudo do potencial eólico foi confirmado que era inviável a implantação do parque nesse local, por motivos que o mesmo não poderia expor. A desativação do parque deixou de atender aproximadamente 11.000 mil residências. (CÂMARA, 2016).

### **Parque Eólico Canoas, Lagoas I e Lagoas II**

Os três parques fazem parte de um complexo localizado no município de Santa Luzia, São José de Sabugi e Junco do Seridó. Cada parque possui 15 turbinas eólicas Gamesa e foram

inaugurados ao longo do ano de 2017 (THE WINDPOWER, 2018). O complexo possui um total de 45 aerogeradores e potência instalada total de 94,5 MW. As obras foram executadas “pela empresa Força Eólica do Brasil, com o apoio do Sistema Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP) através do Departamento Regional do SENAI da Paraíba em Rede Nacional com o Departamento Regional do SENAI da Bahia” (FIEPB, 2016).

### **Parque Eólico Millenium**

Trata-se do primeiro desenvolvimento de energia renovável da Pacific Hydro no Brasil. Localizado na cidade de Mataraca, foi inaugurado no ano de 2007, com capacidade instalada de 10 MW, com 13 aerogeradores eólicos Wobben (PACIFICHYDRO, 2018).



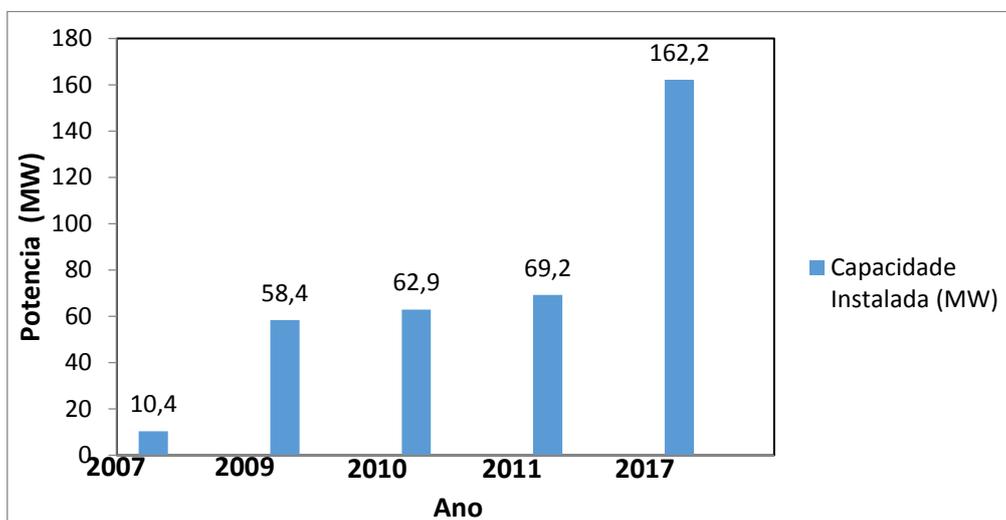
**Figura 5- Parque Eólico Millenium**  
(Fonte: PACIFICHYDRO, 2018)

O local para o parque eólico é ideal, visto que apresenta grande área para a instalação dos geradores eólicos, fortes ventos costeiros e um bom acesso para máquinas e veículos de construção. O parque Millenium evita aproximadamente a emissão de 4.600 toneladas de gases poluentes por ano e também gera vários benefícios econômicos e sociais para a comunidade local (PACIFICHYDRO, 2018).

### **Parque Eólico Vitória**

Assim como o Parque Millenium também está localizado na cidade de Mataraca e foi inaugurado no ano de 2010. Possui três turbinas eólicas IMPSA IV-77-1500 de 1,5 MW cada. O parque que pertence à Cardus Energia, foi construído pela Mercurius Engenharia e possui potência nominal total de 4,5 MW (THE WINDPOWER, 2018).

Logo, a partir de todos os parques abordados foi possível construir um gráfico com a potência em MW ao longo dos anos. Onde pé possível perceber o crescimento da energia eólica ao longo dos anos no Estado da Paraíba.



**Gráfico 1- Potencia em MW ao longo dos anos no Estado da Paraíba**  
(Fonte: Autoria Própria, 2018)

Percebe-se assim pelo gráfico acima que no ano de 2017 o Estado da Paraíba possuía uma capacidade nominal instalada de 162,2 MW.

## CONCLUSÕES

A presença de parques eólicos na Paraíba é um indicativo de que a energia eólica está sendo utilizada como uma forma de investimento com possibilidades de grandes retornos, tanto do ponto de vista financeiro como ambiental. É sabido que a energia eólica é uma alternativa competitiva às fontes de energia ditas convencionais, visto que sua implementação é cada vez mais viável (custos de operação e instalação cada vez menores em comparação aos altos custos dos combustíveis).

Com a análise feita a partir dos dados obtidos, é possível observar um crescimento considerável da capacidade nominal de energia eólica nos estados do Nordeste, bem como no estado da Paraíba, onde através de incentivos por parte do estado a perspectiva futura é de um crescimento ainda maior. Atualmente o estado da Paraíba encontra-se na nona colocação do ranking nacional de produção de energia eólica, deve-se levar em consideração que todo o potencial de geração de energia ainda está longe de ser explorado. A energia obtida através dos aerogeradores pode ser integrada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), estando assim disponível para quase todos os estados do Brasil.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília: ANEEL, 2002.

ALVES, José. **O crescimento da energia eólica no mundo em 2017**. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2018/02/19/o-crescimento-da-energia-eolica-no-mundo-em-2017-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em: 15 Mar 2018.

ALEX, Kenno. **Cientistas da UFCG elaboram Atlas Eólico da Paraíba**. Disponível em: <[http://www.ufcg.edu.br/prt\\_ufcg/assessoria\\_imprensa/mostra\\_noticia.php?codigo=16896](http://www.ufcg.edu.br/prt_ufcg/assessoria_imprensa/mostra_noticia.php?codigo=16896)>. Acesso em: 20 Mar 2018.

CÂMARA, Matheus Machado da. 2016, 61 p. **Aspectos da implementação e panorama atual dos parques**. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

ENERGIA EÓLICA. **Energia eólica no mundo**. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-mundo/>>. Acesso em: 15 Mar 2018.

ENERGIA EÓLICA. **Energia eólica no mundo**. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/gerador-eolico-de-eixo-vertical/>>. Acesso em: 15 Mar 2018.

FABRES, Érico. **Paraíba à espera de bons ventos: estado tem produção interna inferior a 8%%**. Disponível em: <<http://correiodaparaiba.com.br/geral/paraiba-geral/paraiba-a-espera-de-bons-ventos-estado-tem-producao-interna-inferior-a-8/>>. Acesso em: 16 Mar 2018.

MERCURIUS ENGENHARIA. **Parque Eólico Mataraca**. Disponível em: <<http://www.mercurius.com.br/obraseolicas/32-parque-eolico-mataraca.aspx>>. Acesso em: 25 Mar 2018.

MERCURIUS ENGENHARIA. **Parque Eólico Vale dos Ventos**. Disponível em: <<http://www.mercurius.com.br/obraseolicas/33-parque-eolico-vale-dos-ventos.aspx>>. Acesso em: 25 Mar 2018.

MERCURIUS ENGENHARIA. **Parque Eólico Vale dos Ventos**. Disponível em: <<http://www.mercurius.com.br/obraseolicas/33-parque-eolico-vale-dos-ventos.aspx>>. Acesso em: 25 Mar 2018.

MERCURIUS ENGENHARIA. **Parque Eólico Vitória.** Disponível em: <<http://www.mercurius.com.br/obraseolicas/34-parque-eolico-vitoria.aspx>>. Acesso em: 25 Mar 2018.

MORAIS, Luciano Cardoso de. 2015, 128 p. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

NOGUEIRA, GUSTAVO MAURÍCIO FILGUEIRAS et. Al. **Eixos Integrados de desenvolvimento da Paraíba: uma visão estratégica para o Estado.** João Pessoa: Seplag, 2014.

PACIFICHYDRO. **Parque eólico Millennium.** Disponível em: <<http://pacifichydro.com.br/portuguese/projetos/em-operacao/parque-eolico-millennium/?language=pt>>. Acesso em: 20 Mar 2018.

PACIFICHYDRO. **Parque eólico Vale dos Ventos.** Disponível em: <<http://pacifichydro.com.br/portuguese/projetos/em-operacao/parque-eolico-vale-dos-ventos/?language=pt>>. Acesso em: 22 Mar 2018.

**Parques eólicos - Paraíba.** Disponível em: <[https://www.thewindpower.net/online\\_access\\_es.php](https://www.thewindpower.net/online_access_es.php)>. Acesso em: 23 Mar 2018.

PINTO, Milton de Oliveira. **Fundamentos de Energia Eólica.** Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SÁ, Sueli de. **Energia limpa: Paraíba terá três Parques Eólicos até 2017.** Disponível em: <[http://www.fiepb.com.br/noticias/2016/08/19/energia\\_limpa\\_paraiba\\_tera\\_tres\\_parques\\_eolicos\\_a\\_te\\_2017](http://www.fiepb.com.br/noticias/2016/08/19/energia_limpa_paraiba_tera_tres_parques_eolicos_a_te_2017)>. Acesso em: 20 Mar 2018.

SANTOS, Marco Aurélio dos. **Maiores produtores de Energia Eólica do Mundo.** Disponível em: <[https://www.suapesquisa.com/energia/maiores\\_produtores\\_eolica.htm](https://www.suapesquisa.com/energia/maiores_produtores_eolica.htm)>. Acesso em: 16 Mar 2018.

SOARES, Diogo da Fonseca. **Implantação da energia eólica no estado da Paraíba, Brasil: estudo de caso dos parques dos ventos e Millennium, Mataraca-PB.** In. XVIII ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (ENGEMA), 12., 2016, São Paulo. **ANAIS...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016.