



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS - ANGICOS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

WILLIAM DONIZETE INACIO DA SILVA

Energia eólica no estado de Pernambuco.

ANGICOS

2019

WILLIAM DONIZETE INACIO DA SILVA

Energia eólica no estado de Pernambuco

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel no curso Interdisciplinar em ciências e tecnologia.

Orientador: Leonardo Magalhães Xavier Silva, Prof. Me.

ANGICOS

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

DD683 Donizete, William Donizete Inacio da Silva.

e Energia eólica no estado de Pernambuco. / William Donizete Inacio da Silva Donizete. - 2019.

36 f. : il.

Orientador: Leonardo Magalhães Xavier Silva Xavier.

Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2019.

1. Energia Eólica. 2. Pernambuco. 3. Nordeste. I. Xavier, Leonardo Magalhães Xavier Silva, orient.

II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

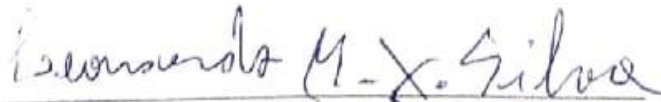
WILLIAM DONIZETE INACIO DA SILVA

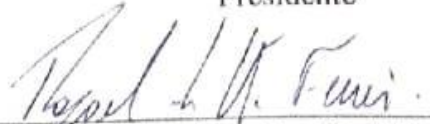
Energia eólica no estado de Pernambuco

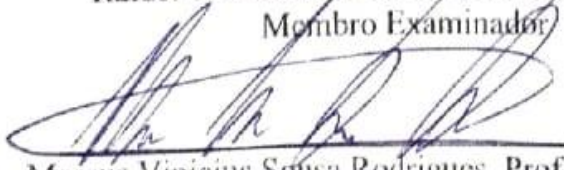
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel no curso Interdisciplinar em ciência e tecnologia.

Defendida em: 15 / 08 / 2019.

BANCA EXAMINADORA


Leonardo Magalhães Xavier, Prof. Me. (UFERSA)
Presidente


Rafael da Costa Ferreira, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador


Marcus Vinicius Sousa Rodrigues, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

*Dedico esse trabalho ao meu pai Donizete
Inacio da Silva (In Memoriam) que sempre me
deu apoio em todas as minhas decisões e me
ensinou o valor que o estudo tem e que
devemos aproveitar as oportunidades ao
máximo.*

AGRADECIMENTOS

A todos os professores, por todos os conselhos e ajuda durante os meus estudos e elaboração do meu TCC.

Quero agradecer também o meu professor orientador Leonardo Xavier, pelo empenho dedicado ao meu projeto de pesquisa.

Aos meus familiares, que apesar de todas as dificuldades, me ajudaram na realização do meu sonho.

A minha mãe que sempre faz o impossível por mim e ao meu pai que mesmo não estando mais entre nós sempre me dá forças para seguir em frente.

Aos meus amigos, por toda a ajuda e apoio durante este período tão importante da minha formação acadêmica.

A minha namorada Vitória Camila que virou inúmeras noites me fazendo companhia para que fosse possível a realização desse trabalho.

A todas as pessoas e entidades desse mundo ou não que direta ou indiretamente contribuíram para a realização da minha pesquisa.

E por fim agradeço a banca examinadora pela correção e avaliação desse trabalho.

Resumo

Este trabalho busca apresentar de forma clara e objetiva como o Brasil vem se comportando no cenário da geração de energia eólica, citando sucintamente o cenário Nordeste e dando foco ao estado de Pernambuco como objetivo principal, apresentando seu potencial eólico instalável seu histórico nessa geração de energia e algumas informações por qual o estado não está se destacado na geração de energia eólica. Utilizando-se de um vasto levantamento bibliográfico notou-se que o estado de Pernambuco encontrasse estagnado na geração de energia eólica devido à falta de investimento e infraestrutura para a instalação de parques eólicos fazendo com que assim tenha-se um futuro incerto no que diz respeito a geração de energia eólica em Pernambuco.

Palavras-chave: Energia Eólica; Brasil; Pernambuco.

LISTA DE FIGURAS E GRAFICOS

Figura 1-Turbina eólica de eixo horizontal.	15
Figura 2 – Componentes de uma turbina eólica.	15
Figura 3-Turbina eólica Darrieus	16
Figura 4- Turbina eólica Savonius	17
Figura 5 - Parque eólico.....	18
Figura 6 - Área propicia para geração de energia eólica	24
Figura 7- Área propicia para potencial de geração geográfico eólico	26
Figura 8- Área propicia para instalação de usinas eólicas.....	28
Figura 9- Área do Pajeú.....	29
Gráfico 1 - Geração eólica em Pernambuco ao longo dos anos	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens da geração eólica de eletricidade.....	18
Tabela 2- Parques eólicos brasileiros e sua capacidade instalada	20
Tabela 3- Estados nordestinos e sua geração de energia eólica	22
Tabela 4 - Potencial teórico eólico	25
Tabela 5 Potencial Geográfico eólico.....	27
Tabela 6- Evolução da Potência Eólica no Estado de Pernambuco	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
W	Watts
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
ACL	Ambiente de Contratação Livre
Prodepe	Programa de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
ETENE	Escritório técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
MA	Maranhão
PI	Piauí
CE	Ceará
RN	Rio Grande do Norte
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
AL	Alagoas
SE	Sergipe
BA	Bahia
RJ	Rio de Janeiro
PR	Paraná
SC	Santa Catarina
RS	Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Energia eólica	14
2.2 Geração de energia	17
2.3 Setor eólico no Brasil	19
2.4 Setor eólico no Nordeste.....	20
2.5 Setor eólico Pernambucano	22
3 METODOLOGIA.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5 REFERÊNCIAS	34

1 Introdução

No cenário mundial, está se tornando cada vez mais relevante o uso de energias renováveis devido ao seu custo e seus baixos impactos ambientais. No Brasil tem-se um grande potencial para geração de energias renováveis uma grande parte da geração de energia elétrica já vem de fontes renováveis como é o caso das usinas hidrelétricas, a energia eólica que será o enfoque desse trabalho apresenta um futuro promissor sendo o Nordeste Brasileiro a Zona ideal para implantação desses empreendimentos.

Segundo a Associação brasileira de Energia eólica (ABBEólica, 2019), a capacidade eólica instalada no Brasil encontrasse em torno de 15 GW em março de 2019. A participação dessa fonte chega a 8,3% da matriz energética do Brasil. A região Nordeste do Brasil tem uma grande influência nesse potencial gerando cerca de 84% de toda energia eólica do Brasil.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026, estudo elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética e o Ministério de Minas e Energia (EPE;MME, 2017) , a geração eólica cresceu em média 11,0% ao ano, de 2016 até 2026, passando de 10,0 GW para 28,5 GW de potência instalada. O que é estimado em um investimento da ordem de 86 bilhões de reais. O nordeste brasileiro será a área que receberá mais investimentos. Atualmente o Nordeste Brasileiro segundo a empresa ABEEólica já possui mais de 5 GW em projetos eólicos aprovados que deverão ser finalizados até 2021.

Pernambuco, por sua vez foi o primeiro estado Brasileiro que recebeu um aerogerador em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha, que foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a companhia Energética de Pernambuco (CELPE), financiado pelo instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Porém mesmo tendo sido o pioneiro nessa área teve poucos investimentos ao longo dos anos e a falta de incentivos e programas específicos para ampliação dessa geração faz com que o mesmo esteja estagnado na 5ª posição de geração de energia eólica do Brasil mesmo contendo um grande potencial para geração da mesma. (ABEEólica,2018).

Tendo em vista todo esse potencial eólico Brasileiro e principalmente o do estado de Pernambuco, o trabalho foi elaborado com intuito de apresentar uma estimativa desse potencial de acordo com o Atlas Eólico e solar de Pernambuco e demonstrar os diversos fatores que fazem ele ter uma área propícia para investimentos desse seguimento e o algumas causas do porque não se ter tantos projetos de investimento nessa área.

2 Referencial Teórico

2.1 Energia eólica

A primeira vez que tivemos registro da utilização das forças do vento a nosso favor, foi para bombeamento de água e moagem de grãos, através de cata-ventos na Pérsia por volta de 200 A.C. (Pinto, 2012)

A energia eólica descreve o processo de conversão de energia cinética em energia mecânica. Para essa geração ser possível precisamos de uma forma de captação dos ventos, que se dá através de pás que com a força dos ventos giram um rotor que por sua vez é responsável por tal conversão.

A energia eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Uma estimativa da energia total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que, aproximadamente, 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos. Este percentual, embora pareça pequeno, representa centena de vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo (CRESESB, 1996).

As atuais turbinas eólicas ou aerogeradores, cuja inspiração vem dos moinhos de vento, são responsáveis por transformar a energia cinética dos ventos em energia elétrica para o abastecimento da sociedade.

As turbinas eólicas podem ser classificadas em 2 tipos, as de eixo vertical e as de eixo horizontal. Sendo as últimas mais comuns para a geração de energia eólica devido ao seu custo-benefício e custo de implantação, além de possuir uma grande capacidade de geração com um investimento moderado (Custodio, 2013).

As principais desvantagens das turbinas de eixo horizontal reside nos fatos de sua implantação requerer grandes áreas, na poluição sonora gerada e no impacto visual como podemos ver na Figura 1 que ilustra uma turbina eólica de eixo horizontal.

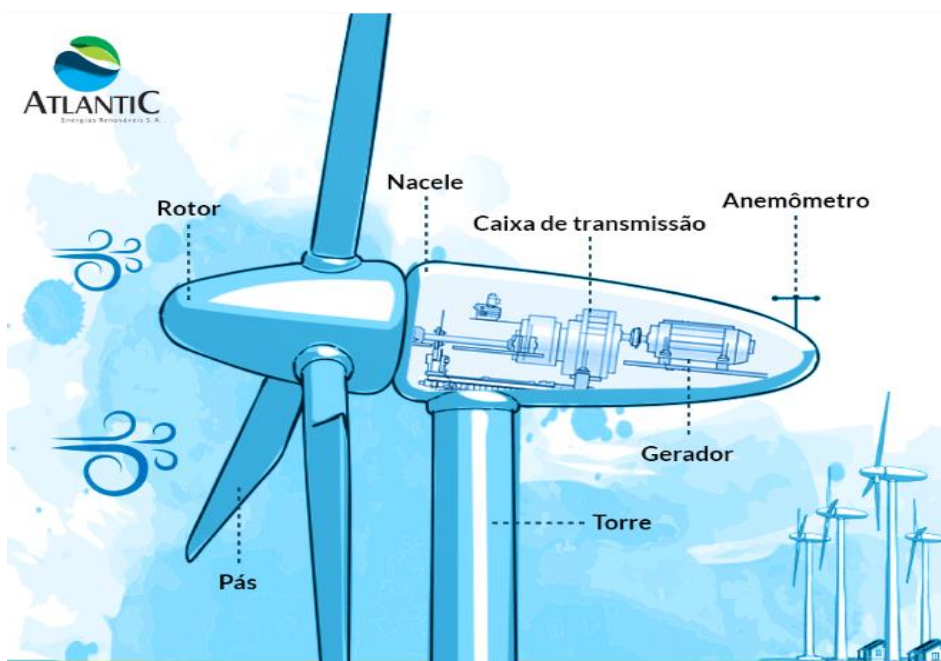
Figura 1-Turbina eólica de eixo



Fonte: <<https://www.google.com/search?biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=Ga5NXdSxMra05OUP5KCh0Ao&q=tu>>

Visualmente esse tipo de turbina parece simples, porém a mesma é composta por um conjunto de equipamentos que juntos promovem a conversão da energia dos ventos em energia elétrica, na Figura 2 podemos ver os componentes que são encontrados em uma turbina eólica de eixo horizontal.

Figura 2 – Componentes de uma turbina eólica.



Fonte: <<http://atlanticenergias.com.br/saiba-como-funciona-o-aerogerador-que-transforma-vento-em-eletricidade/>>

Na Figura 2 são observadas as pás de uma turbina eólica que são os componentes responsáveis pela captação dos ventos. Esses componentes costumam ser elaborados utilizando fibra de vidro ou de plásticos.

Acoplado as pás apresenta-se o rotor, componente que será responsável por transmitir as rotações causadas pela pá através de um eixo para a caixa de transmissão.

A caixa de transmissão é responsável por regular as frequências de rotação adequadas para geração. Após as rotações estarem na velocidade ideal ela será transmitida para o gerador que é responsável por converter essa energia mecânica em energia elétrica. Em volta do gerador e da caixa de transmissão temos a nacelle que conta com mecanismos de freios engrenagens e mancais. Por fim sustentando tudo isso nós temos a torre que geralmente é feita de aço, mas nos dias atuais já está se utilizando concreto (Atlantic,2016).

O segundo tipo de turbinas eólicas são as turbinas de eixo vertical que se dividem em 2 subtipos sendo eles a turbina de Darrieus e a Savonius(Custódio, 2013).

Ambas possuem características semelhantes o que a caracteriza apenas pela eficiência de geração de energia elétrica. A turbina Darrieus (Figura 3) é uma ótima opção para geração de energia elétrica no meio urbano, posto que a mesma não precisa de uma grande altitude para obter um bom potencial de geração. A principal desvantagem desse modelo é o seu alto custo de investimento fazendo com que a implantação da mesma não seja economicamente viável(Custódio, 2013).

Figura 3-Turbina eólica Darrieus



Fonte: EletricalLibrary

As Turbinas de eixo vertical Savonius (Figura 4) por sua vez possui um caráter mais experimental sendo que a mesma não costuma ser utilizada efetivamente para geração de energia elétrica pois ela se utiliza das forças de arrasto, ou seja, a pressão do ar das turbinas. Sendo mais frequente o uso das turbinas de Savonius em processos de moagem ou de bombeamento de água, onde frequência de rotação demandada costuma ser mais baixa (Custódio, 2013).

Figura 4- Turbina eólica Savonius



Fonte: Windside

2.2 Geração de energia

A geração de energia elétrica de maneira efetiva demanda a construção de parques eólicos. Segundo a ANEEL Um parque eólico é um conjunto de aerogeradores interligados eletricamente, situados dentro de uma área circular com um raio de no máximo 10km em torno das torres de medição anemométrica (Brasil,XXXX).

Na Figura 5 podemos ver um parque eólico em funcionamento.

Figura 5 - Parque eólico.



Fonte: Preview Banco de Imagens

Como podemos observar um parque eólico demanda uma grande extensão de terra e sua implantação traz algumas vantagens e desvantagens que podem ser resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens da geração eólica de eletricidade

Vantagens	Desvantagens
É uma fonte de energia inesgotável;	Imprevisibilidade do vento;
Reduz a dependência de combustíveis fósseis;	A instalação modifica a paisagem e o impacto visual é significativo;
Não gera resíduos;	Poluição sonora;
compatível a permanência de atividades como agricultura e pecuária;	Impacto sobre a migração das aves.
Aumenta a autonomia energética do país;	

Fonte: Autoral

As vantagens apresentadas na Tabela 1 são bastante promissoras enquanto as desvantagens podem ser parcialmente mitigadas com medidas adequadas.

De acordo com (Willer, 2018), que conduziu uma pesquisa sobre a geração de energia eólica no sistema de distribuição, essa distribuição se dá de duas formas: complementar à produção de energia convencional ou como fonte primária de energia. A

energia eólica quando usada para complementação é injetada direto na rede elétrica de transmissão pois caso ocorra uma indisponibilidade da mesma não causará grandes impactos. A energia eólica quando usada como fonte primária, ou seja, abastecendo diretamente uma região, demanda o uso de baterias que possam armazenar o excedente de energia gerado em períodos com maior constância dos ventos. Isso deve ser realizado para que em períodos que apresentarem uma menor constância dos ventos, a população abastecida por esse parque não sofra com a falta de energia elétrica.

2.3 Setor eólico no Brasil

Em 2019, o Brasil apresenta 601 usinas instaladas, com uma capacidade de geração total de 15 GW, resultando numa redução das emissões de CO₂ da ordem de 28 milhões de toneladas por ano. Devido às instalações apresentadas o Brasil ocupa o 7º lugar no ranking mundial de geração eólica se situando atrás da China (1º lugar com 188,232 GW), Estados Unidos (com 89 GW), Alemanha (com 56,1 GW), Índia (32,8 GW), Espanha (23,2 GW) e Reino Unido (18,8 GW). (ABEEólica, 2019).

A presidente da Abeeólica, Élbis Gannoum, destacou que o “Brasil vem ganhando posições no ranking de forma consistente. Em 2015, o país estava em décimo lugar, e subiu uma posição por ano desde então”.

De acordo com um estudo apresentado pela ANEEL/ABEEólica feito em 15 de fevereiro de 2018 no Brasil temos a seguinte tabela 2 de distribuição de parques eólicos e sua capacidade instalada em MW.

Tabela 2- Parques eólicos brasileiros e sua capacidade instalada

Estados	Parques eólicos	Capacidade Instalada
MA	8	220,80 MW
PI	52	1.443,10 MW
CE	74	1.935,76 MW
RN	135	3.678,85 MW
PB	15	157,20 MW
PE	34	781,99 MW
SE	1	34,50 MW
BA	93	2.410,04 MW
RJ	1	28,05 MW
PR	1	2,05 MW
SC	14	238,50 MW
RS	80	1.831,87 MW
Total	508	12.762,71 MW

Adaptado de: ABEEólica,2019

De acordo com a tabela 2 podemos ver que os estados nordestinos lideram a geração de energia eólica no Brasil sendo os mesmos segundo a ABEEólica responsável por 84% de toda produção Brasileira. Podemos notar também que o Rio Grande do Norte é o maior gerador dessa energia.

2.4 Setor eólico no Nordeste

Atualmente o Nordeste lidera a geração de energia eólica no Brasil, sua geração é maior no inverno e no ano de 2018 segundo a ANEEL a matriz energética brasileira foi abastecida com 10% em agosto e 11% em setembro (ABEEólica, 2019).

De acordo com o Caderno Setorial do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE, 2019) – Banco do Nordeste, a capacidade instalada de geração eólica no Brasil corresponde a 15 GW (31/03/2019), dos quais 12.769 GW (86%) no Nordeste. Dos nove estados nordestinos, oito possuem projetos eólicos, com destaque

para o Rio Grande do Norte (3.678,85 MW) e a Bahia (2.410,04 MW). No Nordeste, atualmente a fonte eólica lidera, representando 35,6% da matriz elétrica regional. Apenas Alagoas não produz essa fonte de energia por não possuir características ideais para essa geração.

No final de 2018 o gerente geral comercial da Votorantim Energia afirmou que tinha se juntado a um fundo canadense e adquiriu o parque eólico Ventos do Araripe 3, com uma potência instalada de 359 MW. Esse parque é bi estadual estando localizado no Piauí e outra parte em Pernambuco.

Um levantamento feito pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2018) mostra que o Nordeste é responsável por 86% do total de geração de eletricidade por meio de ventos. O Brasil possui em torno de 601 parques eólicos espalhados pelo território, e destes mais de 430 estão na região nordestina.

Segundo o Centro de estratégias em Recursos naturais e Energia (CERNE, 2018) o período entre os meses de agosto e setembro é conhecido como safra de ventos, isso porque o vento se torna ainda mais forte e constante nesta época do ano. Por isso, nestes meses é comum termos os recordes anuais de produção.

Neste período, tem-se a intensificação de sistemas de alta pressão transientes ou semipermanentes sobre o oceano Atlântico Sul. Fazendo com que a borda desses sistemas também se intensifique e siga soprando ventos do mar em direção à região costeira nordestina. Isso potencializa a produção energética (CERNE, 2018).

Sobre o litoral norte do Nordeste, a intensificação dos ventos alísios também contribui para a geração de energia eólica. (CERNE, 2016).

De acordo com a (ETENE, 2019) Atualmente, existem no Nordeste empreendimentos eólicos que somam 5,3 GW de potência em fase de implantação ou com obras a iniciar, que demandarão investimentos de cerca de R\$ 29 bilhões.

Apenas o estado de Alagoas não é atraente para esses investimentos pois o mesmo possui um potencial de geração baixo devido as suas características de relevo geográfico (ETENE, 2019).

Abaixo podemos ver na Tabela 3 com os estados Nordestinos e sua respectiva geração.

Tabela 3- Estados nordestinos e sua geração de energia eólica

Estados	Geração atual
Maranhão	220,80 MW
Piauí	1.443,10 MW
Ceara	1.935,76 MW
Rio Grande do Norte	3.678,85 MW
Paraíba	157,20 MW
Pernambuco	781,99 MW
Alagoas	0 MW
Bahia	2.410,04 MW
Sergipe	34,50 MW
Total	10.66 MW

Adaptado de: ABEEólica

2.5 Setor eólico Pernambucano

Apesar de Pernambuco ter sido o primeiro estado a possuir um aerogerador instalado, mais precisamente em Fernando de Noronha, o estado hoje se encontra em 5º lugar na geração de energia eólica do Brasil e em 4ª posição entre os estados do Nordeste. Do ponto de vista do potencial, a melhor localização para implantação de usinas eólicas está localizada no interior do estado de Pernambuco (Casa dos Ventos, 2018).

Após vencer o leilão de energia A-6 realizado pela Agência nacional de energia elétrica (Aneel), em dezembro de 2017 a empresa Eólica Tecnologia pretendia investir em 3 empreendimentos em Pernambuco, com um investimento total de 400 milhões de reais e 82 MW de capacidade. Desses investimentos dois deles serão feitos no município de Poção, e o terceiro na cidade de Macaparana (Barbosa, 2018).

Outro grupo que optou por investir em energia eólica no estado é o grupo Votorantim Energia que em novembro de 2018 se juntou a um fundo de canadense e adquiriu o parque eólico ventos do Araripe 3 com uma potência instalada de 359 MW esse investimento é biestadual estando localizado parte no Piauí e parte em Pernambuco (Miranda, 2018).

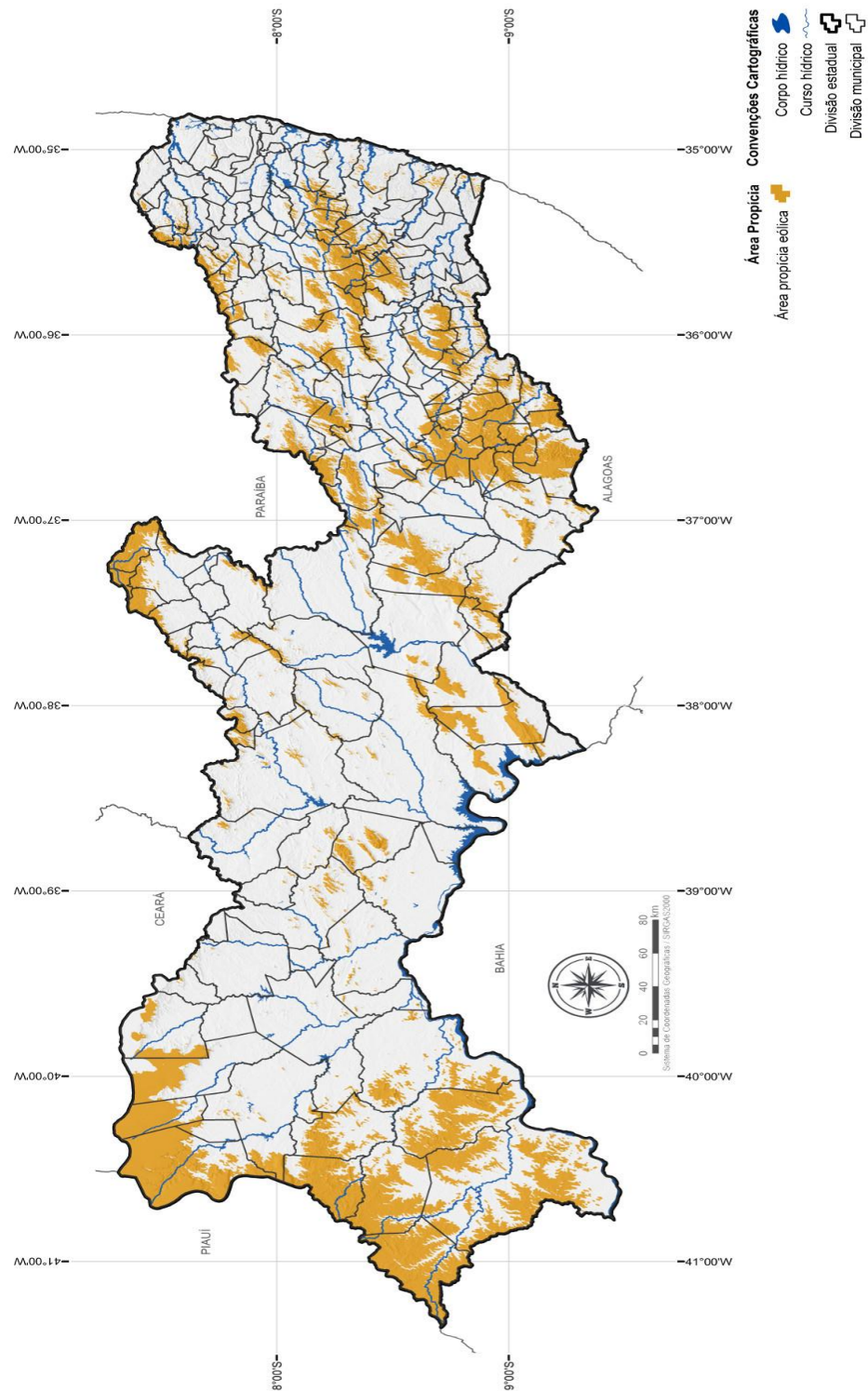
Pernambuco possui atualmente 34 parques eólicos com uma potência de geração na ordem de 781,99 MW, tendo em vista a localização do estado no globo terrestre o governo do estado de Pernambuco fez um estudo para quantificar qual é o potencial de geração que o estado apresenta e sua área propícia, esse estudo foi desenvolvido em 2016 com a finalidade de criar um do atlas eólico e solar do estado de Pernambuco (Atlas eólico e solar de PE, 2016).

Segundo o Atlas de energia eólica e solar do estado de Pernambuco, o estudo se divide em 3 camadas de avaliação sendo elas; O potencial teórico de geração de energia eólica, o potencial geográfico eólico e o potencial técnico (Atlas eólico e solar de PE, 2016).

O potencial teórico eólico é a parte do estudo onde se define as variáveis para geração de energia elétrica através da fonte eólica. O cálculo da área propícia para instalações de usinas eólica leva em consideração os seguintes aspectos onde o vento acima de 80 metros é superior a 6ms (Atlas eólico e solar de PE, 2016).

Tendo em vista essas imposições foi elaborado um mapa que apresenta a área propícia para geração de energia eólica. Na figura 6 podemos ver a área propícia destacada de marrom.

Figura 6 - Área propícia para geração de energia eólica



Fonte: Atlas eólico e solar de Pernambuco

Após essas restrições é determinado uma densidade de potência instalável, é usado um aerogerador do modelo E-126-7, 5MW com 127 metros de diâmetro de rotor e potência de 7,58 MW. Assim o estudo obteve uma área propícia uma densidade de geração de 33,6 MW/Km² (Atlas Eólico e solar de Pernambuco,2016).

Os resultados do estudo foram apresentados em 4 faixas de altitude sendo a altitude de 140 metros com o melhor potencial de geração podemos observar os valores obtidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Potencial teórico eólico

Intervalo de Velocidade (m/S)	Área propícia (Km ²)	Potência Instalável (MW)	Fator de Capacidade	Energia Anual (GWh)
6,0 a 6,5	15.533,3	515.928,5	12,5	566.077,0
6,5 a 7,0	13.087,6	434.696,2	16,1	613.544,9
7,0 a 7,5	4.318,6	143.439,5	20,2	253.857,7
7,5 a 8.0	2.389,1	79.352,4	24,8	172.071,7
8,0 a 8,5	1.133,5	37.648,5	29,5	97.234,6
>8,5	584,9	19.427,1	34,4	58.509,5

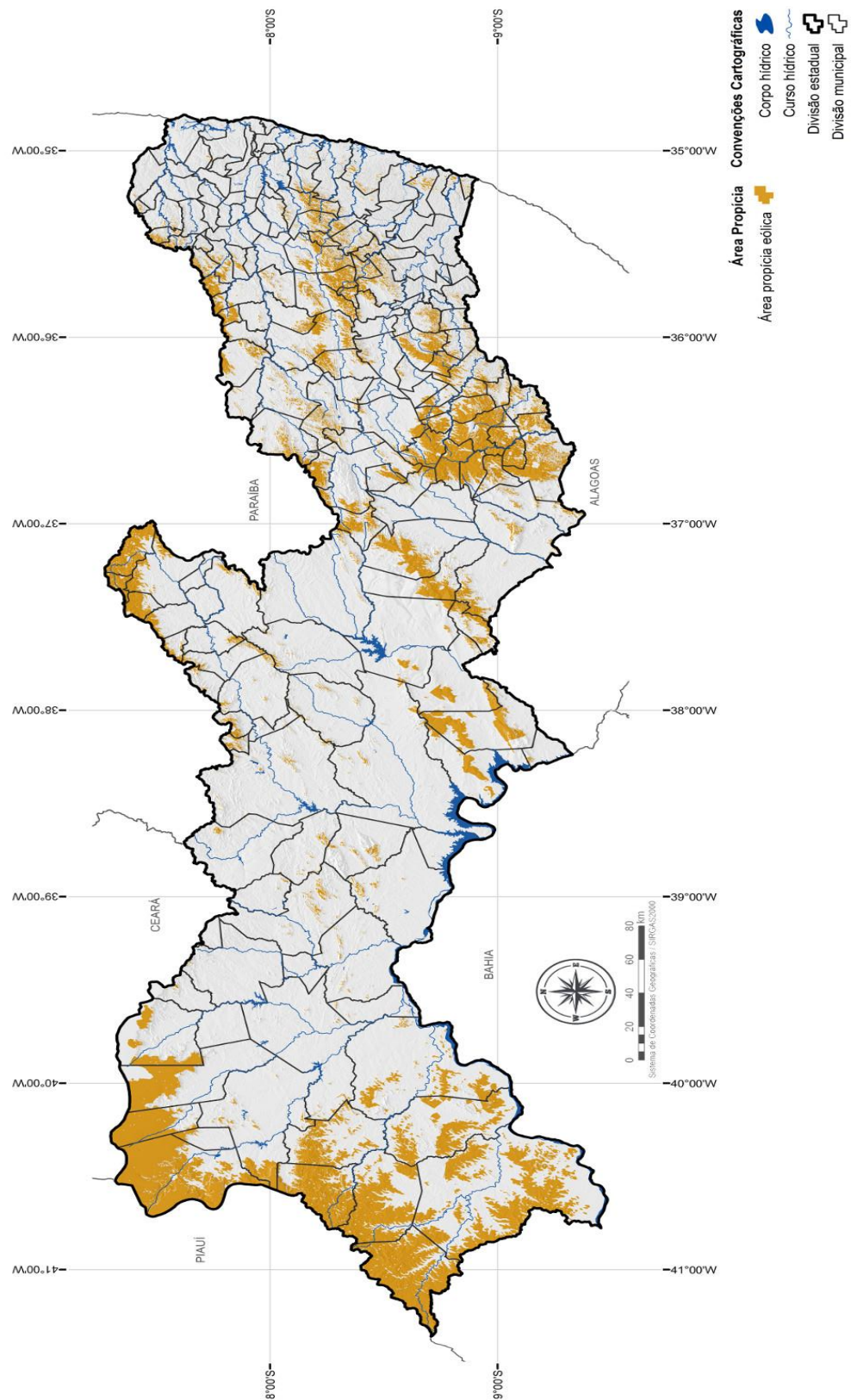
Adaptado de: Atlas eólico e solar de Pernambuco

Analisando a tabela 4 podemos notar que na altura de 140 metros encontra-se um potencial instalável superior a 1TW com um fator de capacidade de 16,3%. (Atlas Eólico e solar de Pernambuco,2016).

No potencial Eólico geográfico são aplicadas algumas exclusões como: Uma declividade superior a 17° nos terrenos, restrições ambientais, corpos d'água, áreas de preservação e zonas urbanas.

Englobando essas restrições foi elaborado o mapa demonstrado na **Erro! Fonte d e referência não encontrada.** onde podemos ver na cor marrom as áreas disponíveis para geração de energia eólica. (Atlas eólico e solar de PE, 2016).

Figura 7- Área propícia para potencial de geração geográfico eólico



Fonte: Atlas eólico e solar de Pernambuco

O potencial geográfico utiliza-se do uso da mesma turbina de teste do potencial teórico onde os resultados coletados foram apresentados na tabela 5.

Tabela 5 Potencial Geográfico eólico

Intervalo de Velocidade (m/s)	Área Total (Km ²)	Área Propicia (Km ²)	Potência instalável (MW)	Fator de Potência (%)	Energia Anual (GWh)
6,0 a 6,5	15.533,3	13.057,8	433.707,3	12,5	475.656,3
6,5 a 7,0	13.087	11.056,1	367.222,6	16,1	518.613,4
7,0 a 7,5	4.318,6	3.405,2	113.100,3	20,2	200.392,5
7,5 a 8,0	2.389,1	1.886,6	62.663,2	24,8	136.089,3
8,0 a 8,5	1.133,5	869,6	28.884,3	29,5	74.684,0
>8,5	584,9	347,9	11.533,9	34,4	34.783,2

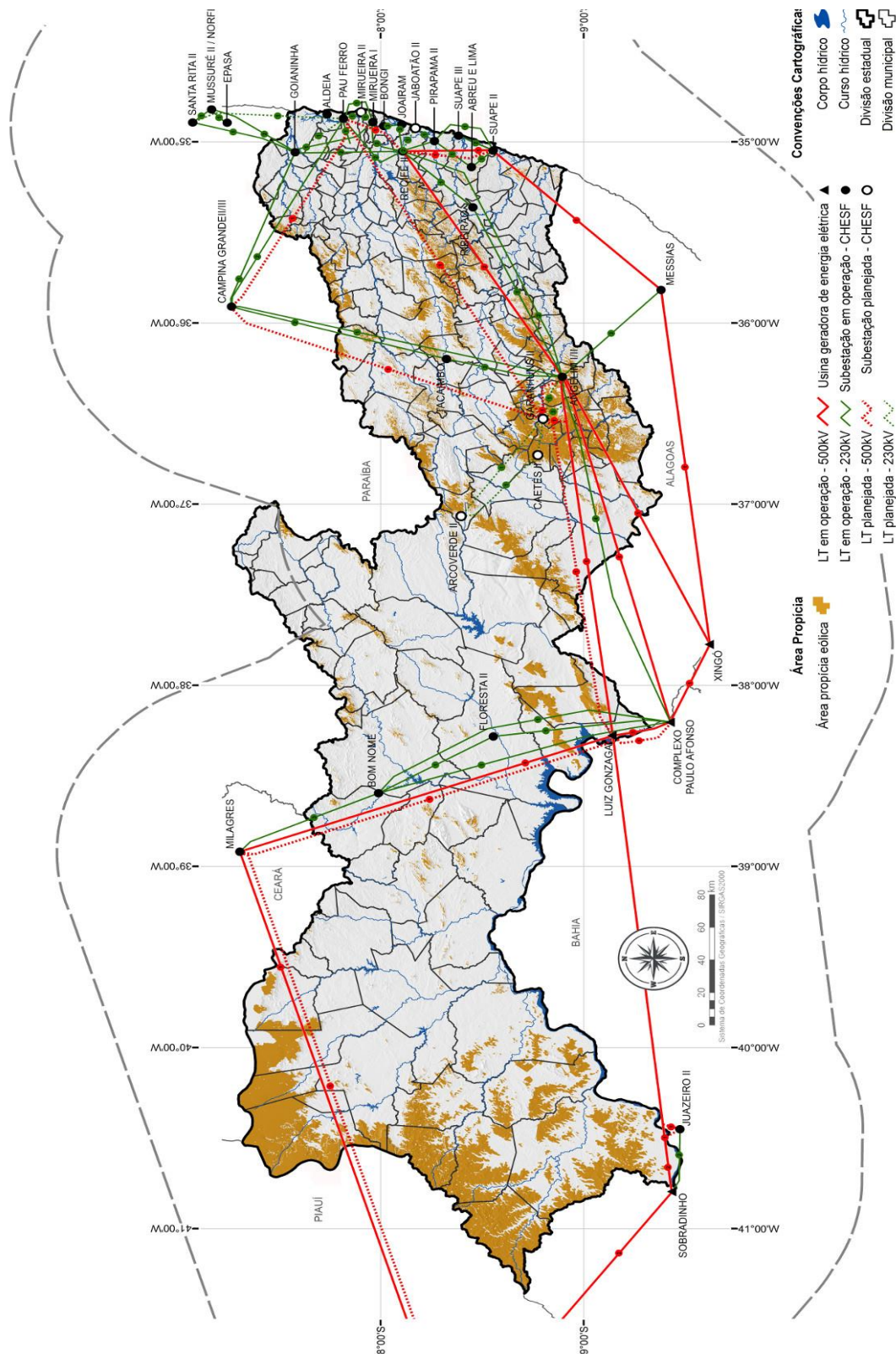
Adaptado de: Atlas eólico e solar de Pernambuco

Analisando a tabela nota-se que houve uma diminuição de 17,8% na área propicia de potencial, uma redução de 5% em potência instalável e de 18% em geração de energia. (Atlas eólico e solar de PE, 2016).

As restrições adicionais nessa etapa são a alteração do aerogerador utilizado nos testes para que o resultado obtido seja mais próximo do real, também são adicionados coeficientes de perdas elétricas (3%), perdas por indisponibilidade do gerador (2,5%), perdas aerodinâmicas (5%) e as distâncias das linhas de transmissão da rede elétrica (Atlas eólico e solar de PE, 2016).

Com todas as devidas restrições a Figura 6 ilustra um mapa definitivo que mapeia toda área propicia para geração de energia eólica disponível no estado de Pernambuco (Atlas Eólico e solar de Pernambuco, 2016).

Figura 8- Área propícia para instalação de usinas eólicas



Fonte: Atlas eólico e solar de Pernambuco

Analisando o mapa vemos que apenas uma área de Pernambuco não possui características ideais para produção de energia elétrica a partir da fonte eólica essa área é chamada de Sertão do Pajeú, Ilustrado na figura 9.

Figura 9- Área do Pajeú



Fonte: Atlas eólico e solar de Pernambuco

Com todas as restrições feitas nota-se que o estado de Pernambuco em uma altitude de 140 metros tem um potencial de geração de energia elétrica através da fonte eólica de 15,3 GW a menos de 100 km da linha de transmissão. Esses resultados mostram que o estado de Pernambuco é muito atraente para quem busca investir na área eólica. (Atlas Eólico e solar de Pernambuco, 2016).

Com os resultados desse estudo que demonstra todo o potencial de geração que Pernambuco apresenta, ele se torna um estado atraente para investidores, porém o mesmo apresenta dificuldades para a implantação de parques eólicos já que não possui um programa específico de investimento no setor eólico o que facilitaria o investimento de empresas que trabalham nessa área, ficando assim estagnado na 5ª posição de geração de energia eólica no Brasil sem investimentos previstos até 2021. (Nordeste Renovável, 2018).

3 Metodologia

Para obter os resultados à cerca da problematização desse trabalho foi elaborada uma revisão bibliográfica que buscou de forma simples apresentar como o setor eólico do Estado de Pernambuco vem se desenvolvendo ao longo dos anos.

Para obter tais dados o trabalho foi elaborado no período de junho de 2019 a agosto de 2019 e usa como fonte de pesquisas livros, trabalhos acadêmicos, artigos científicos, portais de notícias, sites de instituições governamentais e periódicos.

4 Resultados e Discussões

A partir da vasta bibliográfica consultada, o Brasil tem buscado aumentar a sua participação da energia eólica na matriz energética. Os investimentos realizados desde 2016 tem garantido um ganho de uma posição por ano no ranking mundial de geração de energia eólica. Apesar disso ainda há um grande potencial que cria a possibilidade seja alcançada em algumas décadas a primeira posição, em especial se os investimentos nessa área continuarem a crescer exponencialmente. (ABBEólica,2019).

Na região Nordeste temos o maior potencial de geração de energia eólica do Brasil, devido sua localização no globo terrestre fazendo com que os ventos tenham uma boa velocidade e ao seu relevo que faz com que as áreas de implantação tenham poucos obstáculos e um ótimo aproveitamento. (Custódio, 2013).

A fonte eólica no Nordeste já representa cerca de 35,6% de toda matriz energética nordestina tornando a mesma a maior fonte de geração de energia elétrica, o destaque segundo fica com os estados do Rio Grande do Norte com 135 parques eólicos e uma geração de 3.678,85 MW e o da Bahia com 93 parques eólicos e uma geração de 2.410,04 MW (ABEEólica, 2019) que apresentam o maior número de parques eólicos do Brasil e a maior capacidade de geração.

O Estado de Pernambuco mesmo tendo um grande potencial instalável, segundo o Atlas de Energia Eólica e Solar de Pernambuco tendo na altura de 140 metros uma capacidade de geração de 15,3 GW apresenta um futuro incerto, pois o mesmo não apresenta programas de investimento que atraiam investidores fazendo com que se encontre estagnado na 5ª posição de geração de energia eólica brasileira sem previsões de mudança até 2021.(ETENE, 2019)

Os dados apresentados nesse trabalho demonstram como está o setor eólico atual no estado de Pernambuco sendo que o mesmo deve apresentar mudanças ao longo do tempo tendo em vista que nos próximos anos o estado receberá investimentos da ordem de 1.4 Bilhões de reais o que comparados com os estados vizinhos é um investimento modesto(ANEEL, 2017)

No cenário atual o consumo de energia elétrica de Pernambuco encontra-se por volta de 2,44 GW sendo que a fonte eólica representa cerca de 35% dessa geração

segundo a (ABEEólica, 2018) e o (MME, 2016) com os investimentos previstos nos próximos 3 anos tem-se um aumento de cerca de 7,7% nesse percentual.

A tabela 6 foi elaborada com os valores medidos pela empresa ABEEólica e mostra como o estado de Pernambuco vem crescendo ao longo dos anos nessa geração tendo uma previsão de, até 2021, obter uma capacidade instalada de 1.3 GW o que representa cerca de 60% de todo consumo do estado.

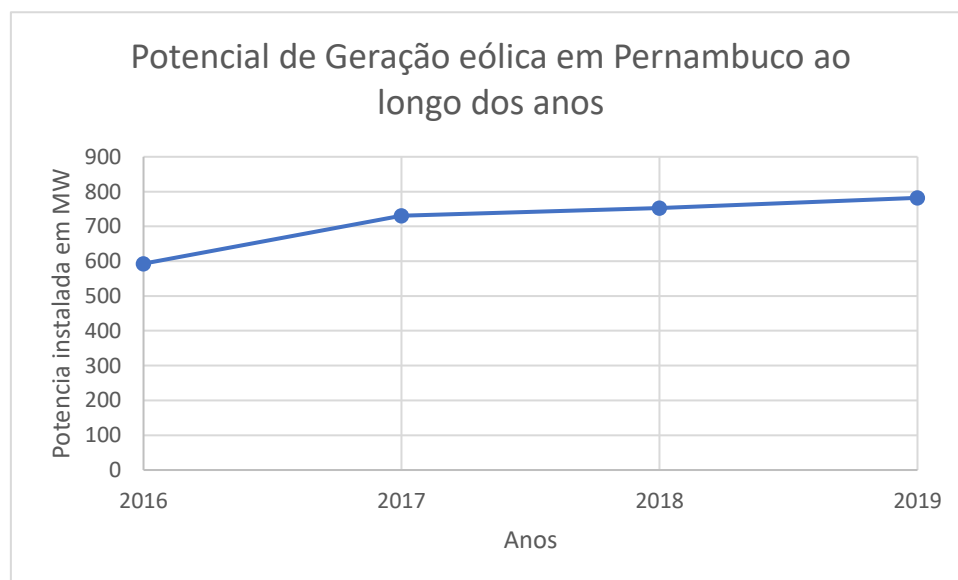
Tabela 6- Evolução da Potência Eólica no Estado de Pernambuco

Potência eólica instalada no estado de Pernambuco	
Ano	Potencial Instalada
2016	593 MW
2017	731 MW
2018	753 MW
2019	781,99 MW

Fonte: Autoral

O Gráfico 1 apresenta esse crescimento dentre os anos de 2016 a 2019.

Gráfico 1 - Geração eólica em Pernambuco ao longo dos anos



Fonte: Autoral

Através do Gráfico 1 podemos notar que nos anos de 2016 a 2017, obteve um salto de 22% na geração de energia eólica, no mesmo período em que foi inaugurado o parque

eólico ventos do Araripe 3 que teve a maior contribuição para esse potencial, porém nos anos seguintes não se obteve um investimento do mesmo porte fazendo com que o crescimento dessa energia se mantivesse constante não ultrapassando os 3,5% até 2019.

Umas das causas principais da falta de investimento no setor eólico se dá ao fato de um déficit fiscal que o estado vem enfrentando desde de 2016 com uma queda de arrecadação de 10 bilhões de reais(Sincofi, 2016) o que faz que todos os investimentos nas áreas que não são consideradas pelo governo como prioridade tenham suas obras paralisadas e seus recursos destinados a outros setores como saúde e segurança fazendo com que investidores busquem estados com menos incertezas fiscais.(Secretaria da fazenda de Pernambuco, 2019)

5 Referencias

Agência Nacional de Energia Elétrica: **ANEEL - Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 2ª ed. Brasília, 2005.

Aneel - **Agência Nacional de Energia Elétrica: Matriz de energia elétrica** 2016.

Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em 21 jul 2019.

Aneel: **Banco de Informações de Geração – BIG: Capacidade de Geração do Estado PERNAMBUCO**, 2016. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/ResumoEstadual.cfm>> Acesso em 19 jul 2019.

Saiba como funciona o aerogerador, que transforma vento em eletricidade. 2016.

Disponível em: <<http://atlanticenergias.com.br/saiba-como-funciona-o-aerogerador-que-transforma-vento-em-eletricidade/>>. Acesso em 24 jul 2019.

Atlas eólico e solar de Pernambuco. 2015. Disponível em: <

<http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/>>. Acesso em: 28 jun 2019.

Nordeste gera 85% da energia eólica do Brasil. 2018. Disponível em:

<<https://www.letrasambientais.com.br/posts/nordeste-gera-85-da-energia-eolica-do-brasil>>. Acesso em 27 jul 2019.

PINTO, M. **Fundamentos de Energia Eólica.** 1ª ed. Brasil – LTC, 2012.

Energia eólica gerada em Pernambuco já abastece 60% do Nordeste. 2018.

Disponível em:

<<https://www.folhape.com.br/economia/economia/economia/2018/03/11/NWS,61506,10,550,ECONOMIA,2373-ENERGIA-EOLICA-GERADA-PERNAMBUCO-ABASTECE-NORDESTE.aspx>>. Acesso em 21/05/2019.

A empresa Casa dos Ventos inaugurou o maior complexo eólico de Pernambuco.

2018. Disponível em <<http://casadosventos.com.br/pt/12-cdv-na-midia/75-pernambuco-inaugura-maior-complexo-eolico-do-estado-2>>. Acesso em: 21/07/2019.

Pernambuco aposta forte na energia eólica. 2017. Disponível em: <<http://saudeonline.grupomidia.com/fullenergy/pernambuco-aposta-forte-na-energia-eolica/>>. Acesso em 29/07/2019.

Pernambuco mapeia potencial de energia eólica e solar. 2017. Disponível em: <<https://jconline.ne10.uol.com.br/canal/economia/pernambuco/noticia/2017/11/30/pernambuco-mapeia-potencial-de-energia-eolica-e-solar--317983.php>>. Acesso em: 25 jun 2019.

Parque eólicos mudam a paisagem do Agreste de Pernambuco. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/10/parque-eolicos-mudam-paisagem-do-agreste-de-pernambuco.html>>. Acesso em 02 jun 2019.

Aneel: **Energia Eólica**, 2009. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/> >. Acesso em 10 jun 2019.

BDE – **Banco de Dados do Estado de Pernambuco.** Energia, 2016. Disponível em:< http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/conteudo_site2.aspx >. Acesso em 20 jul 2019.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética – MME/EPE: Plano Decenal de Expansão de Energia 2023.** Brasília, 2014.

Condepe-Fidem - **Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco: Regionalização do Estado de Pernambuco.** 2016. Disponível em:< <http://www.condepefidem.pe.gov.br/web/condepe-fidem> >. Acesso em 24 jun 2019.

Topodata: **Banco de dados geomorfogeométricos do Brasil.** Disponível em:< <http://www.dsr.inpe.br/topodata/> >. Acesso em 20 jun 2019.

ABEEólica - **Eólica: energia para um futuro inovador.** 2018. Disponível em:< <http://abeeolica.org.br/energia-eolica-o-setor/>>. Acesso em 10 de ago 2019.

Nordeste Renovável - **O castigo virou riqueza em forma de energia.** 2018 Disponível em: < <http://especiais.jconline.ne10.uol.com.br/nordesterenovavel/panorama.php>>. Acesso em 10 ago 2019.

Maiores produtores de energia eólica do mundo. 2017. Disponível em: < https://www.suapesquisa.com/energia/maiores_produtores_eolica.htm>. Acesso em 10 ago 2019.

Estados produtores de energia eólica no Brasil, 2017.

<https://www.suapesquisa.com/energia/estados_produtores_eolica.htm>. Acesso em 9 ago 2019.

Ambiente Energia – **Votorantim entrará no mercado de energia eólica.** 2015.

Disponível em: < <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/11/votorantim-entrara-mercado-de-energia-eolica/27415>> Acesso em 9 ago 2019.

CUSTÓDIO, R. **Energia eólica para produção de energia elétrica.** 2ª ed. Ver e ampl. – Rio de Janeiro: Synergia: Acta: ABEEólica, 2013.