

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS  
CURSO DE AGRONOMIA

**EDVANY DE ARAUJO SANTOS JACINTO**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO DO MUNICÍPIO DE  
BARREIRINHAS/MA**

Chapadinha/MA

2016

**EDVANY DE ARAUJO SANTOS JACINTO**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO DO MUNICÍPIO DE  
BARREIRINHAS/MA**

Monografia apresentada ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Carliane Diniz e Silva

Chapadinha/MA

2016

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Jacinto, Edvany de Araujo Santos.  
DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO DO MUNICÍPIO DE  
BARREIRINHAS/MA / Edvany de Araujo Santos Jacinto. - 2016.  
37 p.

Orientador(a): Carliane Diniz Silva.  
Monografia (Graduação) - Curso de Agronomia,  
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, 2016.

1. Energia eólica. 2. Sustentável. 3. Velocidade do  
vento. I. Silva, Carliane Diniz. II. Título.

**EDVANY DE ARAUJO SANTOS JACINTO**

**DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO DO MUNICÍPIO DE  
BARREIRINHAS/MA**

Monografia apresentada ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carliane Diniz e Silva

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carliane Diniz e Silva (orientadora)**

Doutora em Agronomia

Universidade Federal do Maranhão

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Izumy Pinheiro Doihara**

Doutora em Agronomia (Ciência do Solo)

Universidade Federal do Maranhão

---

**Mabson de Jesus Gomes dos Santos**

Mestrando em Educação Especial

Escola Superior Politécnica de Coimbra

Universidade Federal do Maranhão

Dedico aos meus avós maternos e paternos Maria e Francisco, Marina e Antônio “In Memoriam”, com muito amor e carinho aos meus pais Moises Dominice e Edna Maria, pela confiança e apoio.

À razão da minha vida meu filho Caio Domini.

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar a Deus, por ter me concedido saúde, fé, força e coragem durante toda esta longa e árdua caminhada e ter me ajudado a enfrentar todos os obstáculos até chegar a essa conquista.

Aos meus queridos e amados pais, pois sem eles eu não estaria aqui, Moises Dominices Santos Jacinto e Edna Maria de Araujo Santos Jacinto, que são meus maiores exemplos de vida, me ensinaram a sempre seguir o caminho da verdade e nunca deixaram de acreditar em mim.

Ao meu filho amado Caio Domini de Araujo Chagas que esta conquista foi para e por você. Ao meu querido irmão, pelo apoio, compreensão e companheirismo em todos os momentos de minha trajetória.

Aos meus avós maternos Francisco de Assis Brito de Araujo e Maria Marques de Araujo e avós paternos Marina Dominices Santos Jacinto e Antonio Galvão Santos Jacinto “In Memori” por terem contribuído na minha educação e pelo total apoio e ensinamentos ao longo da minha vida.

A toda minha amada querida e maravilhosa família, meus primos e primas, tios e tias, parentes e amigos, por total apoio, carinho e por acreditarem e confiarem em mim. Em especial as minhas tias, Mariza, Neta, Leide, Dulce e Inês, pelo carinho e contribuição na minha vida, com seus ensinamentos e puxões de orelha, aos meus tios Francimário e Francisco Junior pelo incentivo e conselhos. Aos meus primos que mesmo distantes sempre confiaram e me apoiaram, Dulciane, Gleyciellen, Ariadne, Virna, Mairo, Orlandinho, Gleyson, e minha mais nova irmã Maryane, a todos vocês meu muito obrigada.

A minha querida e eterna madrinha, que tenho certeza que lá do céu estava torcendo por mim, te amo muito Francineide Maria Marques de Araujo “ In Memori”.

Ao meu querido esposo Francisco Pereira dos Santos Chagas Junior, pelo amor, carinho e apoio de sempre.

Aos meus amigos Larissa Cristine, Heydjane Costa e Jacson Moura pela contribuição desde o início de minha vida acadêmica, pelo carinho e amizade e sempre estarem presentes em todos os momentos.

À minha querida orientadora Dr<sup>a</sup>. Carliane Diniz e Silva, por me orientar neste trabalho, pela compreensão, paciência, amizade e garra que sempre mostrou.

Aos meus companheiros, amigos e solidários, Raquel, Annylete, Gabriela, Sergio, Pedro, Caio Fabiano “In Memorian”, Nonata, Gustavo, Ricard, Jamerson, Erik, Joemerson

vocês fizeram cada dia na universidade mais divertido e especial meu muito obrigada pelo companheirismo, carinho, amizade e pelas caronas.

A todos os professores e funcionários do CCAA/UFMA, pelos conhecimentos e ajuda dada na minha vida acadêmica, em especial a os meus queridos professores Jussara Dantas, James Ribeiro, Izumy Pinheiro, Jomar Livramento, Ana Paula Ribeiro, Claudio Gonçalves e Maryzélia Furtado os quais tenho uma profunda admiração.

Aos membros da banca examinadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carliane Diniz e Silva, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Izumy Pinheiro Doihara e Mabson de Jesus Gomes dos Santos pelas valiosas sugestões feitas em relação a minha monografia.

A minha turma 2010.2 na qual me sinto honrada por ter feito parte, a república dos lisos e a todos amigos que ali encontrei.

Ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) pela oportunidade da realização deste curso.

Obrigada a todas as pessoas que de forma direta ou indireta, participaram na realização deste sonho.

## RESUMO

Ao longo dos últimos anos estamos vivenciando uma grande crise que está afetando a economia do país, tais problemas estão ligados a matriz energética brasileira que consiste basicamente em hidrelétrica e combustíveis fósseis, deste modo, com a crescente demanda energética, condições ambientais, mudanças climáticas e crise hídrica, faz-se necessário buscarmos uma geração alternativa de energia elétrica, que tenha uma maior distribuição que se torne economicamente viável e principalmente sustentável. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho, foi analisar e determinar o potencial eólico no município de Barreirinhas no estado do Maranhão, como uma alternativa de aproveitamento de uma energia proveniente dos ventos, e assim contribuir e potencializar a oferta de energia elétrica na região. Foram utilizados dados de velocidade e direção média mensal dos ventos e da precipitação total mensal, correspondente ao intervalo de anos de 2009 a 2015, fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). A velocidade média mensal predominante dos ventos em Barreirinhas é de 4,9 m/s para os meses onde ocorrem os mais baixos índices pluviométricos que são de julho a dezembro. O potencial eólico médio para o mesmo período é de 75,88W/m<sup>2</sup> e a direção predominante dos ventos de acordo com os dados tratados é NO-Noroeste.

**Palavras – chave:** Energia eólica, Velocidade do vento, Sustentável.



## ABSTRACT

Over the past few years we are experiencing a major crisis that is affecting the country's economy, such problems are linked to the Brazilian energy matrix consisting primarily of hydro and fossil fuels, thus the growing energy demand, environmental conditions, climate change and crisis hydro, it is necessary to seek an alternative electricity generation, which has a larger distribution to become economically viable and most sustainable. In this context the objective of this study was to analyze and determine the wind potential in the city of Barreirinhas in the state of Maranhao, as a recovery of an alternative energy from wind, and thus contribute and enhance electricity supply in the region. data speed and direction average monthly used were the winds and monthly rainfall of 2009 year intervals to 2015 provided by INMET (Brazilian Institute of Meteorology). The prevailing monthly average wind speeds in Barreirinhas is 4.9 m / s for the months where the lowest rainfall occur which are from July to December. The average wind potential for the same period is 75,88W / m<sup>2</sup> and the predominant wind direction according to the data processed is NO-Northwest.

**Key - words:** wind energy, wind speed, sustainable.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar. ....	19
Figura 2: Gráfico da geração média de energia eólica de 2015.....	21
Figura 3: Média mensal da velocidade do vento e precipitações totais mensais referentes ao intervalo de ano de 2008 a 2015 coletados no município de Barreirinhas. ....	26
Figura 4: Média mensal da velocidade do vento e potencial eólico (PE) referentes ao intervalo de ano de 2008 a 2015 coletados no município de Barreirinhas. ....	29
Figura 5: Direção média mensal em (graus) predominante dos ventos no intervalo de anos de 2009 a 2015 coletados no município de Barreirinhas. ....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores da Constante de Proporcionalidade (k) para o cálculo do Potencial Eólico para diferentes unidades de Potência, Área e Velocidade do Vento.....	25
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Precipitação total mensal no intervalo de anos de 2009 a 2015 no município de Barreirinhas.....	27
Quadro 2: Velocidade do vento média mensal e potencial eólico no intervalo de anos de 2009 a 2015 no município de Barreirinhas.....	28
Quadro 3: Direção média mensal predominante dos ventos no intervalo de anos de 2009 a 2015 no município de Barreirinhas.....	30

## LISTA DE SIGLAS

ABEAMA – Associação Brasileira de Energias Renováveis e Meio Ambiente.

ABEEOLICA - Associação Brasileira de Energia Eólica.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

COPEL– Companhia Paranaense de Energia

CRESCEB – Centro de Referências para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito.

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

MME – Ministério de Mina e Energia.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Energia Eólica.....	17
2.2 Formação dos Ventos.....	18
2.3 Potencial Eólico .....	19
2.4 Aspectos Gerais: Meio Ambiente e Energia Eólica.....	21
2.5 Aproveitamento da Energia Eólica .....	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.1 Precipitação Pluviométrica e Velocidade do Vento.....	26
4.2 Velocidade do Vento e Potencial Eólico .....	28
4.3 Direção Dominante dos Ventos .....	29
5. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	32
ANEXO I.....	35
ANEXO II .....	36
ANEXO III.....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos estamos vivenciando uma grande crise em sentido amplo que está afetando principalmente a economia do país, tais problemas estão relativamente ligados a crescente demanda energética, condições ambientais, mudanças climáticas, e crises hídricas, fazendo necessário o racionamento de energia elétrica e nos conduz também, a uma necessidade de geração de energia alternativa que podemos encontrar de forma livre e abundante, por ser uma produção limpa e principalmente sem causar grandes impactos ao meio ambiente.

No mundo, as alternativas de geração de energia expandiram-se de forma acelerada ao longo da última década. A energia solar, a das marés, a eólica, dentre outras, são formas alternativas e potencialmente viáveis e constituem um grande avanço no caminho da sustentabilidade. Dentre essas, a forma de geração de energia eólica, vem se destacando no panorama mundial. O aproveitamento deste tipo de energia é decorrente principalmente dos avanços tecnológicos.

O sistema de cata-ventos começou a ser utilizado a muitos anos atrás com um sistema de bombeamento, o mesmo foi uma das primeiras formas de utilização e aplicação da energia eólica. Constituído basicamente por um sistema composto por um rotor eólico, bomba hidráulica, transmissão e um dispositivo de controle, os quais são componentes necessários para garantir e adequar de uma melhor forma, o aproveitamento da energia em uma determinada faixa de velocidade do vento.

O aproveitamento da força dos ventos é um dos processos de maior potencial tecnológico, e apresenta índices gradativos de crescimento, principalmente, no que diz respeito a economia global, levando em consideração, fatores limitantes como, a escassez de água e de combustíveis fósseis não renováveis, ao crescimento da demanda populacional, ao consumo de energia e principalmente as necessidades de preservação e controle ambiental. Outro fator importante e primordial seria a capacidade de água nos reservatórios de hidrelétricas quem vem passando por sérios problemas de escassez de chuvas e assim, afetando drasticamente a produção de energia. Porém, estudos comprovam que nos períodos de menor capacidade de água nos reservatórios, coincidentemente são os períodos de maiores ventos, e assim, potencializando a geração de energia eólica.

Para que seja feita uma avaliação precisa do potencial de vento em uma região deve-se levar em consideração a coleta e análise de dados que estejam relacionados a velocidade, o regime e a direção dos ventos, bem como, uma rigorosa vistoria. O

levantamento específico e os dados correlatos devem ser devidamente coletados em estações meteorológicas. Estes passos são fundamentais para o aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia.

A agricultura é um dos importantes fatores a serem analisados e empregados dentro do panorama de aproveitamento da energia proveniente dos ventos a nível local. Esta tornar-se uma ferramenta para melhorar a vida dos agricultores da região, elevando a renda per capita da população.

Neste contexto, esta pesquisa objetivou determinar o potencial eólico da cidade de Barreirinha/MA e assim demonstrar a possível utilização de uma energia limpa proveniente dos ventos, que além de ser uma fonte renovável e inesgotável, ela pode ser utilizada para o fornecimento de energia, principalmente, nos períodos de menor capacidade dos reservatórios das hidrelétricas, e assim potencializar o sistema eólico no município, contribuindo como uma alternativa para melhorar a oferta de energia na zona rural ou urbana e a qualidade de vida.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A primeira forma de energia aproveitada pelo homem foi a energia eólica, onde o mesmo, a utilizava de diversas formas, tais como movimentar barcos a vela, moer grãos, bombear água através de moinhos de vento, entre outras. De um modo geral, a energia eólica tem sido utilizada pelo homem em próprio benefício próprio.

### 2.1 Energia Eólica

Atualmente, quando se fala em energia renovável, procura-se uma energia que proporcione uma maior distribuição possível, seja economicamente viável e principalmente sustentável.

Energia pode ser definida como a quantidade de trabalho que um sistema físico é capaz de realizar. Apresenta-se na natureza sob diversas formas: eólica, solar, cinética, potencial, geotérmica, de marés etc. De acordo com a definição de estudiosos, a energia não pode ser criada, consumida ou destruída. No entanto, a energia pode ser convertida ou transferida para diversas formas como, por exemplo, energia elétrica e mecânica, conservando sua quantidade na natureza, conforme a Primeira Lei da Termodinâmica (DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION, 2007).

Denomina-se energia eólica 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, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos e moinhos, para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água (ANEEL, 2006).

Os percursores da energia eólica no mundo foram: Charles F. Brush (1849 – 1929) um dos fundadores da indústria da energia elétrica americana. Ele inventou um dínamo, que é um sistema de rotação que transforma energia mecânica em elétrica, bastante eficiente de corrente contínua utilizada na rede elétrica pública. Este sistema é o primeiro sistema elétrico a nível comercial. Poul la Cour (1846-1908), foi quem teve, originalmente, uma formação como meteorologista, foi mais um pioneiro das modernas turbinas eólicas geradoras de eletricidade, da moderna aerodinâmica e construiu seu próprio túnel de vento, para realizar experimentos. Ele se preocupava com o armazenamento de energia e utilizava a eletricidade de suas turbinas eólicas para obter hidrogênio para as lâmpadas de gás de sua escola (SOROCABA & CIAMPONI, 2015).

A energia eólica é hoje em dia vista como uma das mais promissoras fontes de energia renováveis, caracterizada por uma tecnologia madura baseada principalmente na Europa e nos EUA. As turbinas eólicas, isoladas ou em pequenos grupos de quatro ou cinco são, cada vez mais frequentes. Os parques eólicos com quarenta e cinquenta unidades, já se constituem elementos habituais da paisagem de muitos países europeus, tais como a Alemanha, a Dinamarca, a Holanda e, mais recentemente, o Reino Unido e a Espanha. Nos EUA, a energia eólica desenvolveu-se principalmente na Califórnia (Altamont, Tehachapi e San Gorgonio) com a instalação massiva de parques eólicos nos anos 80 (CASTRO, 2003).

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), em apenas 13% da superfície terrestre, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a  $7 \text{ m.s}^{-1}$ , em uma altura de 50 m. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental. 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 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a  $8 \text{ m.s}^{-1}$  (GRUBB; MEYER, 1993).

## 2.2 Formação dos Ventos

Os ventos são causados por diferenças de pressão ao longo da superfície terrestre, devidas ao fato da radiação solar recebida na terra ser maior nas zonas equatoriais do que nas zonas polares. A origem do vento é, portanto, a radiação solar. Os ventos mais fortes, mais constantes e mais persistentes ocorrem em bandas situadas a cerca de 10 km da superfície da terra. Como não é possível colocar os conversores eólicos nessas zonas, o espaço de interesse encontra-se limitado a algumas dezenas de metros na atmosfera. A estas alturas, o vento é diretamente afetado pela fricção na superfície, o que provoca uma diminuição na sua velocidade (CASTRO, 2003).

O ar quente, sendo mais leve (menos denso) do que o ar frio, sobe através da atmosfera até a uma altitude de aproximadamente 10 km e em seguida espalha-se para os polos Norte e Sul. O deslocamento do ar a partir de regiões próximas do equador (ar mais quente) cria zonas de baixa pressão; por consequência, estas regiões são “preenchidas” por ar mais frio, oriundo dos polos onde existem regiões de altas pressões, devido ao arrefecimento do ar. É esta movimentação de massa de ar que origina os ventos, Figura 1 (CARNEIRO, 2013).

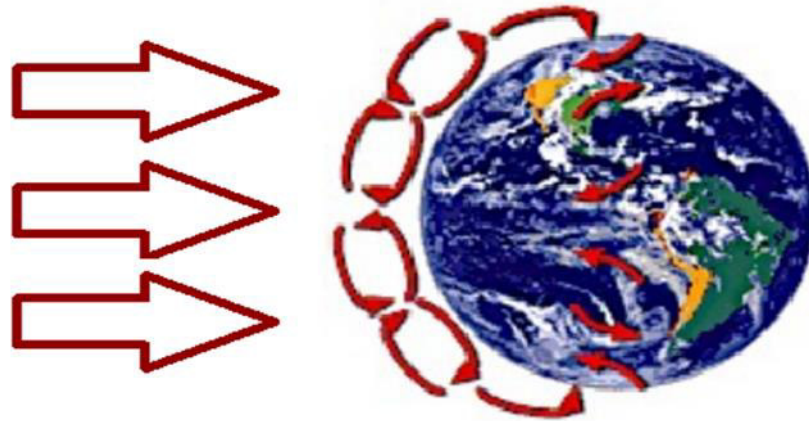


Figura 1: Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar.  
(Fonte: Adaptado de CARNEIRO, 2013).

A energia proveniente dos ventos pode garantir, até 2020, 12% das necessidades mundiais de eletricidade, gerando 1,7 milhões de empregos, tendo como efeito a redução da emissão de dióxido de carbono, em mais de 10 bilhões de toneladas. Na Dinamarca, a energia eólica representa 18% de toda a eletricidade gerada, e tem como meta atingir 50%, até 2030 (JÚNIOR & DELGADO, 2014).

Os ventos locais estão relacionados a topografia da região e sua vegetação, bem como seus múltiplos usos, além da distribuição e absorção diferenciadas da radiação solar que incide à superfície, (SANTOS et al, 2004). A direção do vento é bastante variável no tempo e no espaço, e um dos fatores de influência é a época do ano, assim como função, posição geográfica do local, rugosidade da superfície, relevo e vegetação (VENDRAMINI, 1986; apud MUNHOZ & GARCIA, 2008). A mensuração das condições climáticas, localização e destinação, propiciam um melhor rendimento final (JÚNIOR & DELGADO, 2014).

### 2.3 Potencial Eólico

O aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia requer uma avaliação apurada do potencial de vento existente na localidade. A recente disponibilidade de dados precisos de vento no Brasil indica a existência de ventos com velocidades médias altas, pouca variação nas direções e baixa turbulência durante todo o ano, comprovando, dessa forma, a existência de um gigantesco potencial comercial de aproveitamento eólico, ainda não explorado, especialmente na região litorânea (SILVA, 2006).

A energia eólica corresponde ao aproveitamento da energia cinética do vento, que é, convertida em energia mecânica (a rotação das pás de um aerogerador), e em seguida pode ser transformada em energia elétrica a partir de um gerador elétrico. Hoje em dia, a energia

eólica é cada vez mais utilizada para produzir eletricidade, seja para utilização local descentralizada, por exemplo em lugares isolados, seja em grandes “parques eólicos”, constituídos por vários aerogeradores ligados à rede eléctrica (CARNEIRO,2013).

A energia disponível varia conforme as estações e as horas do dia. O relevo influencia na distribuição e frequência dos ventos, bem com sua velocidade em um determinado local, dependendo, também, para o aproveitamento da energia eólica numa região, das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão. A avaliação do potencial de vento de uma região é fundamental, e é primeiro passo de análise para a utilização do recurso eólico (COPEL, 2007).

O potencial eólico brasileiro, segundo o Atlas de 2001, foi calculado utilizando dados de medições de vento em todo território nacional, incorporando fatores como a altitude (foi tomado o valor de 50 m como referência), rugosidade do terreno e a variação dos ventos. Foi suposta uma obtenção de energia de  $2 \text{ MW.Km}^{-2}$ . Considera os valores médios dos ventos (acima de  $6 \text{ m.s}^{-1}$ ) e sua distribuição, identificando a extensão territorial em que ocorrem tais ventos, o que permite determinar a energia eólica disponível. Utiliza o fator de capacidade ( $C_p$ ) para determinar a energia eléctrica efetivamente disponível, bem como as curvas de eficiência dos sistemas mecânicos e de geração de energia eléctrica. Os sistemas foram considerados disponíveis 98% do tempo.

No ano de 2015 se firma na história da geração de energia eólica como um dos períodos de grandes contribuições. Foram 21,37 TWh de geração de energia eólica, aumento de cerca de 80% em relação a geração de energia do ano de 2014 e com recordes expressivos, como o de novembro, quando instantaneamente 10% de todo o Sistema Interligado Nacional – SIN foi abastecido por energia renovável proveniente da força dos ventos. Também no ano 2015, a fonte eólica foi responsável pela geração de 21,37 TWh. Esse número é 74,8% maior que a geração realizada em 2014, que foi de 12,22 TWh. A geração média de 2015 foi de 2.433,56 MW médios e o recorde foi em agosto, quando a geração atingiu a marca de 3.382,03 MW médios. A Figura 2, ilustra um gráfico com a geração média verificada em 2015 (ABEEÓLICA, 2015).

O aproveitamento da força dos ventos é feito pela conversão da energia cinética, através do giro das pás de uma turbina eólica, em um sistema constituído por vários componentes. A mensuração das condições climáticas, localização e destinação, propiciam um melhor rendimento final. Para uma visão global da conversão da energia dos ventos em eletricidade, devemos considerar os principais componentes, a seguir: Turbina, gerador, caixa Multiplicadora, sistemas de Controle e torre (JÚNIOR & DELGADO, 2014).

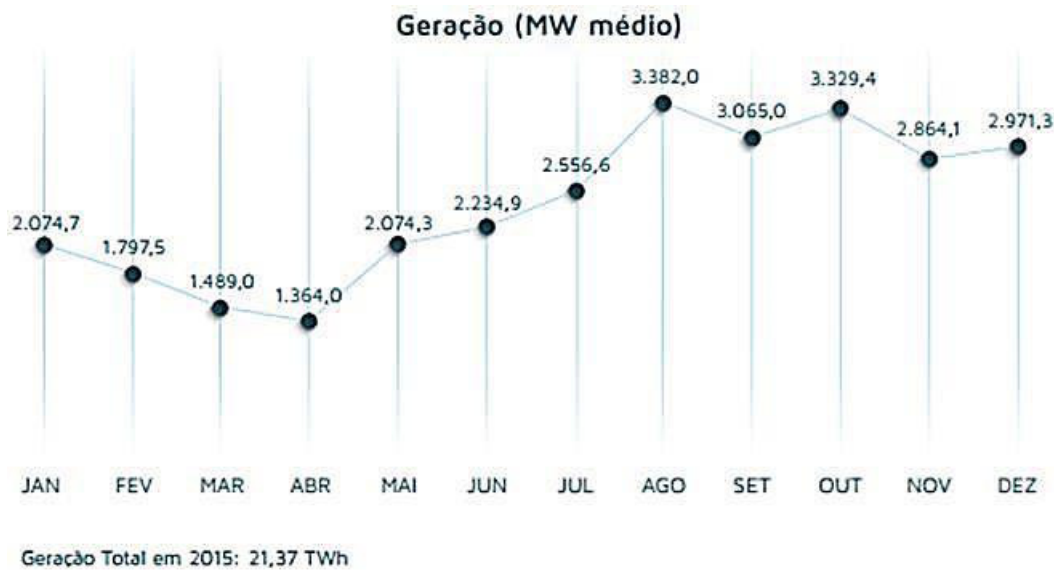


Figura 2: Gráfico da geração média de energia eólica de 2015

(Fonte: CCEE\*/ABEEólica \*Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, 2015)

#### 2.4 Aspectos Gerais: Meio Ambiente e Energia Eólica

O mais importante benefício ao meio ambiente da geração eólica é a não emissão de dióxido de carbono na atmosfera. O dióxido de carbono contribui significativamente com agravamento do efeito estufa e conseqüentemente com as mudanças climáticas. A moderna tecnologia eólica apresenta um balanço energético extremamente favorável e as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com a fabricação, instalação e serviços durante todo o ciclo de vida do aerogerador são “recuperados” entre três e seis meses após sua entrada em operação (TERCIOTE, 2002).

Gomes et al. (1995), cita que a utilização de energia tem impactos muito diversos sobre o ambiente conforme a sua fonte seja, ou não, os combustíveis fósseis. Energia provinda da força dos rios, ou dos ventos, ou dos raios solares (em todas as quais o Nordeste é rico), por exemplo, não traz implícita no seu uso a extinção de florestas ou de reservas de petróleo, nem a emissão de CO<sub>2</sub>.

Preocupações com o crescimento da concentração de CO<sub>2</sub> e de gases de efeito estufa na atmosfera têm mobilizado vários países na busca de soluções efetivas para a redução das emissões. A preocupação com o resultado futuro das emissões de gases de efeito estufa por parte de vários países do mundo tem criado um ambiente muito favorável ao uso da energia eólica como uma fonte renovável de energia. Um aerogerador de 600 kW, por exemplo, instalado em uma região favorável poderá, dependendo do regime de vento e do

fator de capacidade, evitar a emissão de 20.000 a 36.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalentes à geração convencional, durante seus 20 anos de vida útil estimada (EWEA, 2000).

Até o fim de 2015, o setor eólico brasileiro deverá chegar a 10 GW instalados e um volume de geração de 23,8 TWh. Se a previsão for confirmada, a estimativa é que as emissões evitadas fiquem entre 10 milhões de t e 12 milhões de t de CO<sub>2</sub> (COUTO, 2015).

Claramente o uso da energia eólica para produção de eletricidade não acarreta emissão de gases na atmosfera, no entanto existem outros aspectos ambientais que não devem ser negligenciados. É importante que os projetos sejam adequadamente integrados na paisagem e desenvolvidos adequadamente. O ruído produzido pelas turbinas é também apontado como argumento contra o uso da energia eólica, uma vez que está associado à caixa de velocidades, ao gerador e aos motores auxiliares, ou seja, diretamente relacionado com o movimento das pás, que é inevitável, principalmente a baixas velocidades do vento, uma vez que em altas velocidades o ruído de fundo se sobrepõe ao das turbinas, trazendo tanto interferência eletromagnética com sinais de comunicações, como os efeitos sobre a vida animal, principalmente as aves migratórias. O uso da terra não fica comprometido, uma vez que apenas uma pequena percentagem do espaço onde é instalado o parque eólico fica efetivamente ocupada (POMILIO, 2013).

## **2.5 Aproveitamento da Energia Eólica**

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica (ANEEL, 2006).

Uma aplicação que vem se tornando mais importante a cada dia é o aproveitamento da energia eólica como fonte alternativa de energia para produção de eletricidade. Em seu livro, Gasch e Twele detalham a evolução da tecnologia da energia eólica desde seu emprego em moinhos de vento a partir de 1700 a.C. até os modernos aerogeradores de eletricidade. Estudos para conversão da energia cinética dos ventos em eletricidade vêm sendo desenvolvidos a cerca de 150 anos e, nos dias de hoje, a energia eólica vem sendo apontada como a fonte de energia renovável mais promissora para a produção de eletricidade, em curto prazo, considerando aspectos de segurança energética, custo sócio - ambiental e viabilidade econômica (MARTINS et al, 2008).

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades, a saber: bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial (FILIPE et al, 2010).

Alguns especialistas e instituições ainda divergem na estimativa do potencial brasileiro, devido à falta de dados e divergências metodológicas. Estudos efetuados na região Nordeste, principalmente no Ceará e em Pernambuco, possibilitaram a primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste, e estudos posteriores resultaram no Mapa do Potencial Eólico Brasileiro, apresentando uma estimativa da ordem de 143 GW (ANEEL, 1998).

O sucesso da energia eólica para fins agrícolas depende fundamentalmente da escolha do local para a instalação do cata-vento. Essa escolha se baseia na estimativa do potencial energético eólico feito com base nos dados de velocidade média do vento, obtidos através de anemógrafos (MIALHE, 1980).

Antes de se implantar qualquer projeto para utilização da energia eólica, torna-se necessário a realização de análise detalhada do comportamento do vento a fim de identificar as áreas mais adequadas para o aproveitamento dessa energia. A variação da velocidade do vento é registrada pelo anemômetro, de tal forma que o traçado por ele produzido conduz ao conhecimento das velocidades máximas, mínimas e médias além do tempo de duração do vento de determinada intensidade (EPE, 2009).

Segundo MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2009), uma das mais importantes características do vento, do ponto de vista do seu potencial para conversão em trabalho útil, é a variabilidade de sua velocidade. Num dado local qualquer, o vento pode, de um momento para outro, variar sua velocidade de zero a 100 km/h ou mais e, no momento seguinte, baixar para 5-10 km/h ou mesmo voltar a zero. A magnitude dessas variações, bem como sua frequência, dependerá da "tempestuosidade" do vento, durante o intervalo de tempo de medida da velocidade.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus IV, na cidade de Chapadinha/MA, que está localizada entre as coordenadas geográficas de latitude 3° 44' S e longitude 44° 21' W a 110m acima do nível do mar. A cidade estudada foi Barreirinhas/MA que tem as seguintes coordenadas geográficas: latitude 2° 44' 49" S, longitude 42° 49' 35" W, a 4 metros acima do nível do mar.

O estudo traz uma alternativa energética das mais antigas e conhecidas pela humanidade, que não agride o meio ambiente, sendo um potencial para a sustentabilidade. Abrange o município de Barreirinhas, localizado no estado do Maranhão, que possui uma área de 3.111 km<sup>2</sup>, com área urbana de aproximadamente, 1.097 hectares, e para o ano de 2015 teria uma população com pouco mais e 60.000 habitantes segundo o último censo realizado pelo IBGE em 2010.

Está a 253 km da Capital São Luís. O Estado do Maranhão possui cinco Mesorregiões Geográficas, subdivididas em 21 Microrregiões, onde estão inseridos seus 217 municípios, conforme os limites municipais que foram estabelecidos com base na resolução IBGE N° 05 de 10 de outubro de 2002. A cidade de Barreirinhas situa-se na Mesorregião do Norte Maranhense e na Microrregião do Lenções Maranhenses, onde limita-se ao norte com o Oceano Atlântico; a leste com os municípios de Paulino Neves e Tutóia; ao sul com Urbano Santos e Santa Quitéria do Maranhão; e a oeste com os municípios de Santo Amaro do Maranhão e Primeira Cruz. Situa-se na Mesorregião do Norte do Maranhão, e na Microrregião da Barreirinhas Santo Amaro do Maranhão Primeira Cruz Humberto de Campos, localizado à margem direita do Rio Preguiças (IBGE, 2007).

O turismo vem surgindo como única e excepcional fonte geradora de riquezas e empregos no município de Barreirinhas. No entanto, o município tem o artesanato como produto de exportação e destaque. É uma região muito pobre com uma agricultura apenas de subsistência.

Os dados cedidos do município de Barreirinhas, que compreenderam o período de 2009 a 2015, foram tabulados na Universidade Federal do Maranhão no CCAA, onde utilizou-se um microcomputador para tratar os dados meteorológicos, o programa Excel 2010 foi usado para a elaboração de todos os gráficos e figuras, para a verificação e análise da possibilidade de utilizar um sistema eólico decorrente do comportamento dos ventos no município.



Posteriormente foram trabalhados os dados da precipitação total mensal e médias mensais de velocidade e direção do vento que foram fornecidos pelo 2º DISME/INMET (Distrito Meteorológico/Instituto Nacional de Meteorologia). O sensor que mede a velocidade e a direção do vento está a 10m de altura do solo, localizada na estação meteorológica A218 – Preguiças que possui as seguintes coordenadas 2º 35' 33"S 42º 42' 26"W.

Segundo Mialhe (1980), no processo de determinação do potencial eólico para bombeamento de água, estima-se:

Recurso Eólico: neste, fez-se uma coleta de dados da velocidade do vento média mensal diária fornecido pela estação meteorológica do local ou próxima a este. Desenha-se o gráfico da velocidade eólica mensal e potencial eólico.

O potencial eólico "P" disponível do vento é obtido pela Equação 01:

$$\frac{P}{A} = k * V^3 \quad \text{onde,}$$

P/A = Potencial eólico (W/m<sup>2</sup>);

k = Valor tabelado;

V = Velocidade do vento (m/s).

A variável "k" é um valor tabelado a ser empregado no cálculo do potencial eólico para diferentes unidades de P (potência eólica), A (área) e V (velocidade do vento).

Na Tabela 01 estão dispostos os valores da Constante de Proporcionalidade (k) utilizados no cálculo de potencial eólico das diferentes unidades de P, A e V.

Tabela 1: Valores da Constante de Proporcionalidade (k) para o cálculo do Potencial Eólico para diferentes unidades de Potência, Área e Velocidade do Vento.

<b>Unidade de Potência</b>	<b>Unidade de Área</b>	<b>Unidade de Velocidade</b>	<b>Valor de k</b>
Cv	m <sup>2</sup>	m/s	0,0008766565
KW	m <sup>2</sup>	m/s	0,0006449924
KW	m <sup>2</sup>	km/h	0,0000138244
Hp	ft <sup>2</sup>	m.p.h.	0,0000071316
KW	ft <sup>2</sup>	m.p.h.	0,0000053215

Fonte: Maquinas Motoras na Agricultura, 1980.

A direção predominante foi verificada pela observação da frequência dos dados obtidos de direção predominante dos ventos da região no período analisado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação Pluviométrica e Velocidade do Vento

De acordo com a Figura 3 e Quadro 1, que possuem a velocidade do vento média mensal e a precipitação pluviométrica total mensal no intervalo de anos de 2009 a 2015, é possível observar que para a região de Barreirinhas, o período de maior incidência de precipitação vai de janeiro a junho. Este período corresponde as estações de verão e outono e, de acordo com o Quadro 2, que coincide com a menor velocidade dos ventos. Quando ocorrem as mais baixas velocidades dos ventos, com  $2,35 \text{ m.s}^{-1}$  e  $2,6 \text{ m.s}^{-1}$ , nos meses de abril e maio, respectivamente. Contudo, a partir do mês junho ocorreu um acréscimo expressivo da velocidade do vento de  $3,5 \text{ m.s}^{-1}$  aumentando gradativamente até dezembro com  $4,3 \text{ m.s}^{-1}$  havendo uma ampliação neste intervalo de meses de  $4,9 \text{ m.s}^{-1}$  s em outubro onde atingiu o ápice de velocidade do vento e depois houve uma pequena redução.

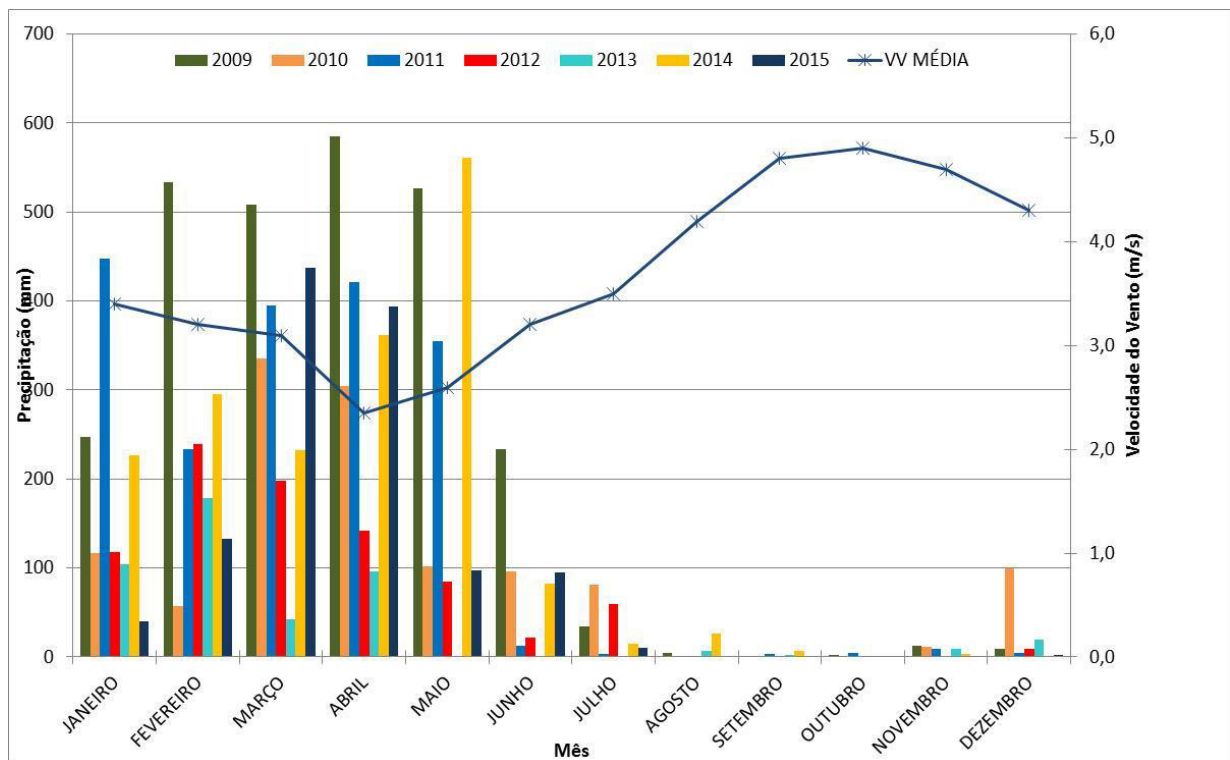


Figura 3: Média mensal da velocidade do vento e precipitações totais mensais referentes ao intervalo de ano de 2008 a 2015 coletados no município de Barreirinhas.

Observa-se que no período em que houve baixas precipitações ocorreram as maiores médias de velocidade do vento, dados que podem ser melhores observados na Figura 3 onde a velocidade média e a precipitação estão associados.

O resultado obtido na região de Barreirinhas é semelhante com o obtido por Sobrinho (2012) e Costa (2016), que analisaram os dados de ventos para a região de Chapadinha e São Luís, respectivamente. Concluíram que, o período de maior precipitação é de janeiro a junho para ambos os municípios e para a velocidade média dos ventos, as maiores velocidades ocorreram de setembro a dezembro. Estes resultados corroboram com os resultados encontrados em Barreirinhas

Quadro 1: Precipitação total mensal no intervalo de anos de 2009 a 2015 no município de Barreirinhas

MÊS	PRECIPITAÇÃO PLUVOMETRICA (mm)							Média (mm)
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
<b>JAN</b>	247,8	116,4	447,6	117,8	104,2	227,0	39,6	117,8
<b>FEV</b>	533,2	57,6	233,2	239,8	178,6	295,4	132,6	233,2
<b>MAR</b>	508,4	335,2	395,2	197,8	42,2	231,8	436,8	335,2
<b>ABR</b>	585,0	305,0	421,6	142,4	96,0	361,8	393,4	361,8
<b>MAI</b>	527,2	102,2	355,4	84,8	-	560,6	97,4	228,8
<b>JUN</b>	233,0	96,4	12,8	22,0	-	82,0	95,4	88,7
<b>JUL</b>	34,2	81,6	3,2	59,6	-	14,6	9,8	24,4
<b>AGO</b>	4,0	0,6	-	0,0	7,2	26,0	0,2	2,3
<b>SET</b>	1,2	1,2	3,4	0,0	1,6	6,4	1,0	1,2
<b>OUT</b>	2,4	0,0	5,0	0,8	0,8	0,0	0,0	0,8
<b>NOV</b>	13,0	11,4	9,4	0,0	9,6	3,8	0,2	9,4
<b>DEZ</b>	9,6	99,4	4,2	9,2	19,6	1,0	2,2	9,2

Nos meses de janeiro a junho apresentam os maiores índices pluviométricos e ocorrem os menores valores de velocidade do vento. Entretanto, os meses de julho a dezembro por apresentarem menores valores de precipitação e maiores valores de velocidade do vento média mensal, correspondem a um período ideal para o aproveitamento do potencial do sistema eólico de produção de energia, principalmente para bombeamento de água.

Para a região de Barreirinhas esses resultados demonstram uma grande possibilidade de uso desse elemento como fonte de energia alternativa, uma vez que no período de baixo índice de precipitação há uma maior velocidade média dos ventos potencializando o sistema eólico.

A tecnologia de aproveitamento da velocidade dos ventos nos permite um melhor aproveitamento desta fonte de energia renovável para transformá-las em outras formas de energia como a mecânica que, em geral, é utilizada para tarefas de bombeamento de água; e principalmente serve para transformar em energia elétrica com suas inúmeras utilizações.

## 4.2 Velocidade do Vento e Potencial Eólico

Analisando o Quadro 2 e a Figura 4, é possível observar que o potencial eólico atingiu o maior valor em outubro, quando velocidade do vento atingiu de 4,9 m/s que correspondeu ao potencial elevado com  $75 \text{ W.m}^{-2}$ , que foi posterior ao segundo maior valor que é de  $4,8 \text{ m.s}^{-1}$  em setembro com potencial no valor de  $71 \text{ W.m}^{-2}$ , e a precipitação foi a menor do ano, como pode ser observado no Quadro 1. Os resultados obtidos neste estudo são relativamente melhores e mais expressivos quando comparados com os dados conseguidos por Costa (2016) e Sobrinho (2012), em que o potencial eólico alcançou o valor máximo de  $15,73 \text{ W.m}^{-2}$  e velocidade do vento de  $2,9 \text{ m.s}^{-1}$  no mês de novembro em São Luís/MA; e com velocidade do vento de  $2,7 \text{ m.s}^{-1}$  e potencial eólico de  $12 \text{ W.m}^{-2}$  para o mês de Dezembro em Chapadinha/MA.

O potencial eólico de Barreirinhas varia de  $11 \text{ W.m}^{-2}$  ( $2,6 \text{ m.s}^{-1}$ ) que ocorreu no mês de maio a  $75 \text{ W.m}^{-2}$  ( $4,9 \text{ m.s}^{-1}$ ) no mês de outubro, que é expressivamente melhor que Costa (2016), que variou de  $0,67 \text{ W.m}^{-2}$  ( $1,0 \text{ m.s}^{-1}$ ) em maio a  $15,73 \text{ W.m}^{-2}$  ( $2,9 \text{ m.s}^{-1}$ ) em novembro; assim como em relação a Sobrinho (2012), variou de  $2,4 \text{ W.m}^{-2}$  ( $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ ) maio a  $12 \text{ W.m}^{-2}$  ( $2,6 \text{ m.s}^{-1}$ ) em dezembro. Esses resultados demonstram uma melhor perspectiva de aproveitamento do potencial eólico em Barreirinhas quando comparado com os resultados obtidos em São Luís e em Chapadinha.

Quadro 2: Velocidade do vento média mensal e potencial eólico no intervalo de anos de 2009 a 2015 no município de Barreirinhas.

MÊS	VELOCIDADE MÉDIA MENSAL DO VENTO (m/s)								PE (W/m <sup>2</sup> )
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Média	
<b>JAN</b>	3,3	3,4	2,9	3,9	3,6	3,7	3,4	3,4	25,35078
<b>FEV</b>	2,7	4,1	2,7	3,2	3,8	3,4	2,3	3,2	21,13511
<b>MAR</b>	2,3	3,2	2,4	3,1	4,5	3,2	1,8	3,1	19,21497
<b>ABR</b>	1,8	2,6	2,1	3,2	-	2,8	1,4	2,4	8,370631
<b>MAI</b>	1,6	2,9	2,0	3,7	3,3	2,4	2,6	2,6	11,33639
<b>JUN</b>	2,3	2,5	3,3	3,5	3,2	3,6	2,7	3,2	21,13511
<b>JUL</b>	3,3	3,0	3,5	3,9	3,3	4,2	3,7	3,5	27,65405
<b>AGO</b>	4,0	4,1	4,4	4,2	4,2	4,5	4,5	4,2	47,7862
<b>SET</b>	4,8	4,7	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3	4,8	71,331
<b>OUT</b>	4,3	4,0	4,2	5,1	4,9	5,3	5,4	4,9	75,88271
<b>NOV</b>	4,8	4,3	4,3	4,3	4,8	4,7	5,2	4,7	66,96505
<b>DEZ</b>	4,2	3,5	4,5	4,3	4,5	4,2	4,5	4,3	51,28141

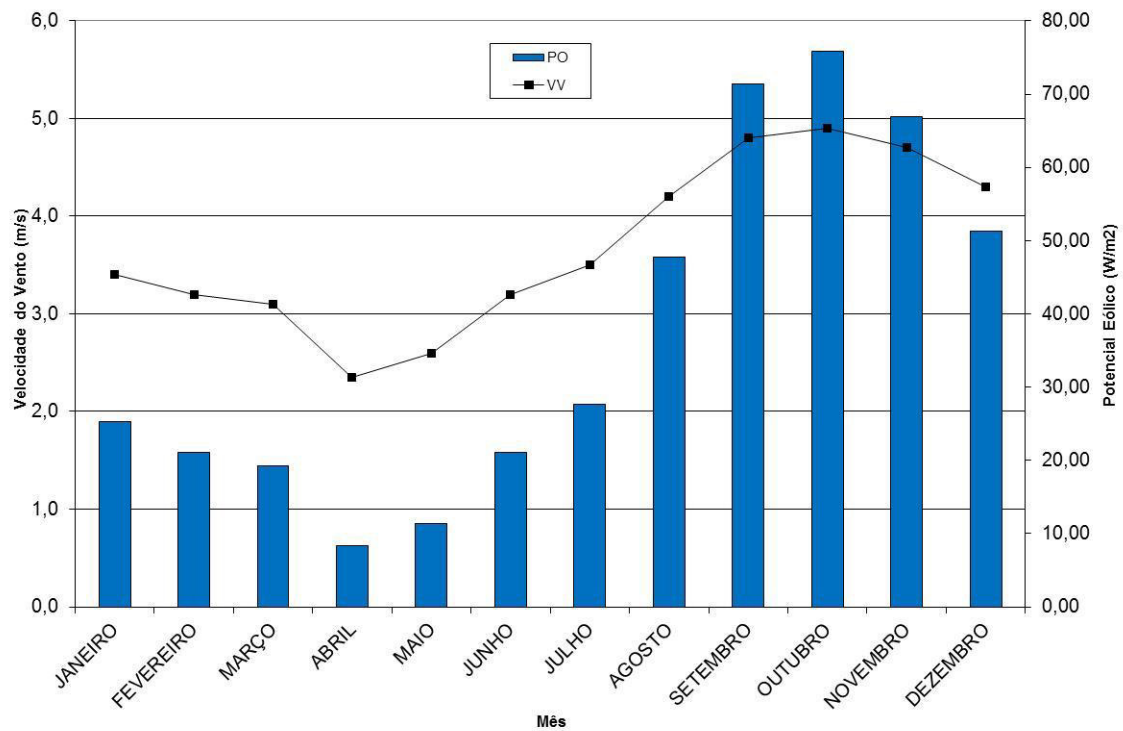


Figura 4: Média mensal da velocidade do vento e potencial eólico (PE) referentes ao intervalo de ano de 2009 a 2015 coletados no município de Barreirinhas.

### 4.3 Direção Dominante dos Ventos

Na análise dos dados de direção predominante dos ventos, na região de Barreirinhas, no período que abrange os anos de 2009 a 2015 é possível afirmar que a direção predominante é a Noroeste, pois das 84 médias de direção dos ventos coletadas, 100% destes resultados ficou no quadrante de 271 a 360° que representa a direção Noroeste da Rosa-dos-Ventos, como é possível de ser observados no Quadro 3 e Figura 5.

Para Costa (2016), a direção predominante dos ventos em análise feita para a capital do Maranhão, observou que é a Nordeste (NE), assim como para Sobrinho (2012) a direção predominante também é Nordeste para a região de Chapadinha/MA. Desta forma, ambos diferem da região de Barreirinha/MA.

Em Barreirinhas, para se utilizar um cata-vento ou um aerogerador é necessário se colocar a estrutura no sentido perpendicular a direção predominante, ou seja, que esteja frontal a direção Noroeste para haver melhor aproveitamento desta energia na região estudada.

Quadro 3: Direção média mensal predominante dos ventos no intervalo de anos de 2009 a 2015 no município de Barreirinhas.

MÊS	DIREÇÃO PREDOMINANTE DO VENTO (°)						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>JANEIRO</b>	330	329	325	332	332	333	338
<b>FEVEREIRO</b>	321	331	316	323	329	330	327
<b>MARÇO</b>	320	325	313	330	336	333	321
<b>ABRIL</b>	290	310	292	333	331	332	325
<b>MAIO</b>	284	324	300	332	322	314	331
<b>JUNHO</b>	302	311	314	333	326	328	327
<b>JULHO</b>	325	325	329	334	324	334	332
<b>AGOSTO</b>	331	332	332	333	334	336	336
<b>SETEMBRO</b>	334	333	334	334	334	338	338
<b>OUTUBRO</b>	337	336	332	335	336	337	338
<b>NOVEMBRO</b>	336	336	334	337	335	338	339
<b>DEZEMBRO</b>	334	336	337	336	336	338	339

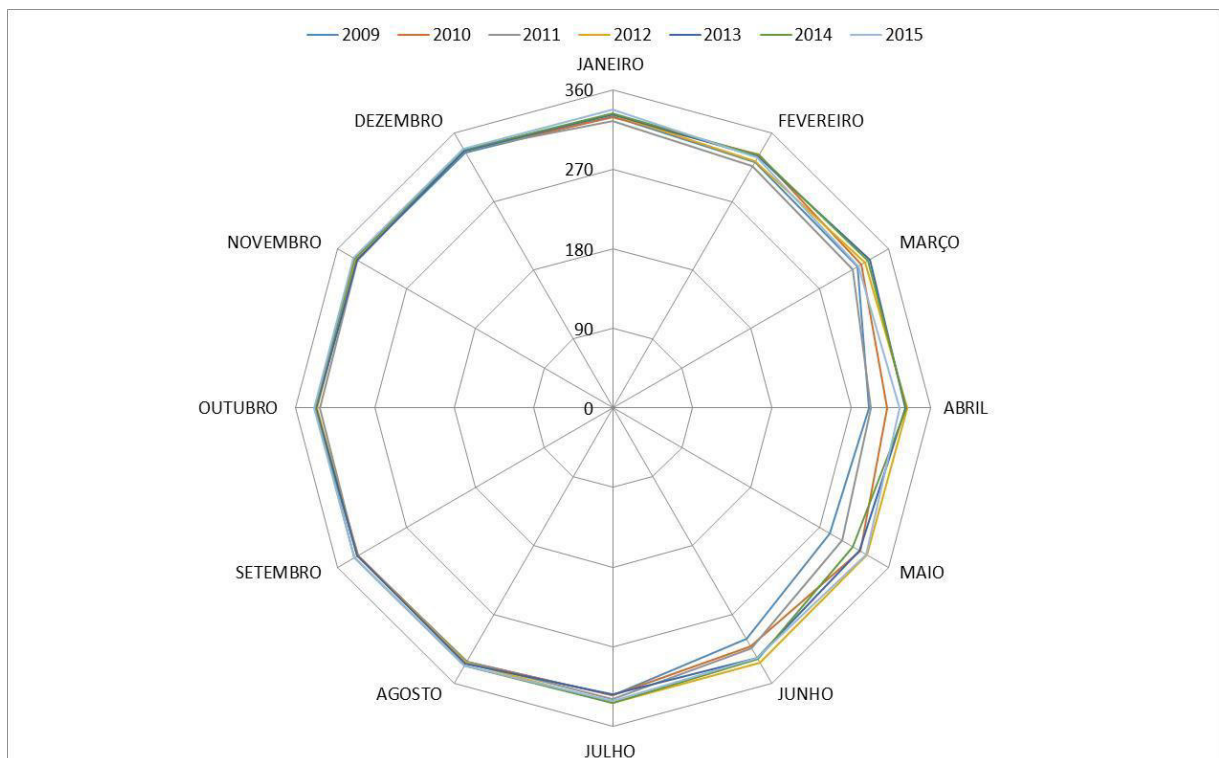


Figura 5: Direção média mensal em (graus) predominante dos ventos no intervalo de anos de 2009 a 2015 coletados no município de Barreirinhas.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com objetivo proposto concluiu-se que:

A velocidade média mensal predominante dos ventos no município de Barreirinhas/MA, nos intervalos de 2009 a 2015 variam de 2,3 a 4,9 m.s<sup>-1</sup> a 10 m de altura.

O potencial eólico varia de 8,37 a 75,88 W.m<sup>-2</sup> no período de abril e outubro respectivamente. O período de maior potencial eólico ocorre no final do inverno e se estende por toda primavera, ocorre no período mais seco, ou seja, de menor índice pluviométrico que é de julho a dezembro.

O período de menor potencial eólico ocorre na metade do verão e se estende por todo outono, que compreende os meses de fevereiro a maio coincidindo com período de maior precipitação.

A direção predominante dos ventos de acordo com os dados tratados é Noroeste (NW) para a região estudada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEAMA – Associação Brasileira De Energias Renováveis e Meio Ambiente. **Energia Eólica**.2007. Disponível em: <<http://www.abeama.org.br/pagina.asp?pag=ereolica>>. Acesso em: 25 de março de 2012.
- ABEOLICA (Associação Brasileira de Energia Eólica). **Boletim anual de geração eólica**: 2015. Bela Vista - São Paulo: Pigma Gráfica e Editora Ltda., 2015. 21p.
- AMARANTE, O.A.C., BROWER, M., ZACK, J., SÁ, A.L., **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: Brasil, 2001.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de informações de geração, 2006. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia\\_eolica/energia\\_eolica.htm](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_eolica/energia_eolica.htm) Acesso em: 14 maio de 2016.
- BRUSH, Charles Francis. Charles F. Brush.
- CARNEIRO, Joaquim AO. Energia eólica. **Energia eólica**, 2013. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/22408/1/Energia%20E%C3%B3lica.pdf>. Acesso em 10 de junho 2016.
- CASTRO, Rui MG. **Energias renováveis e produção descentralizada–introdução à energia eólica**. Universidade técnica de Lisboa, 2008.
- COPEL– Companhia Paranaense de Energia. **Projeto Eólico**, 2007. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2F301DC3A7702B129303257405005C2FDB>. Acesso em: 23 de junho de 2016.
- COSTA, RAQUEL FEITOSA. **Avaliação do potencial eólico do município de São Luís-MA**. 2016. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Chapadinha, 2016.
- CRESEB – Centro de Referências Para Energia Solar E Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Eólica**. 2012. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes>. Acesso em: 23 de junho de 2016.
- DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. **Turbinas Eólicas**.2007. Disponível em:
- EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas. **Análise do Mercado de Energia e Estatísticas**.2009. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 01 julho de 2016.
- EWEA - European Wind Energy Association. **Wind Energy and the Environment 2000e**. Disponível em :< <http://www.ewea.org>> (consultado em 2016).
- FILIPPE, Diego Barbosa Leite; DE MELO LOBATO, Emanuel; QUINTAN, Vinicius Contilio. **Energia eólica: análise sobre o potencial eólico brasileiro**. **Bolsista de Valor**, v. 1, n. 1, p. 267-278, 2010.
- GOMES, Gustavo Maia et al. **Desenvolvimento sustentável no Nordeste**. Ipea, 1995.



GRUBB, MICHAELJ. SYSTEMS, AND REGIONAL STRATEGIES. **Renewable energy: sources for fuels and electricity**, v. 157, 1993. Disponível em: [http://www.windpower.org/da/om\\_os/om\\_os.html](http://www.windpower.org/da/om_os/om_os.html). Acesso em: 8 de junho de 2016.

HANSEN, Hans Christian. Poul la Cour. **Askov He j sko le**, 1985.

JÚNIOR, MOREIRA; DELGADO, FERNANDO. VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, EM GRANDE ESCALA, NO NORDESTE BRASILEIRO. 2014.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. **O aproveitamento da energia eólica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.

MIALHE, L. G. A energia dos ventos. In: **Máquinas motoras na agricultura**. v.1. São Paulo: EDUSP, 1980. v.1, p.74-93.

MUNHOZ, FABRÍCIO CÉSAR; GARCIA, ANICE. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 1, p. 30-34, 2008. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004

POMILIO, José Antenor; PAREDES, Helmo Kelis Morales; DECKMANN, Sigmar Maurer. Eletrônica de Potência para Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. 2013.

SANTOS, A. S.; GOMES, H. B.; AMORIM, R. F.C; AMORIM, R. C. F.; PONTES, E. G. S.; MEDEIROS, F. C. Estudo da climatologia dos ventos através dos dados de reanálises: período 1970 – 2002, e sua relação com a precipitação para o estado de Alagoas nos anos 1992/1994. XIII

SILVA, Neilton Fidelis da. Fontes de energia renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica. **Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2006.

SOBRINHO, E. N. M. **Avaliação do potencial eólico no município de Chapadinha-MA**. 2012. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Chapadinha, 2012.

TERCIOTE, Ricardo. **A energia eólica e o meio ambiente**. Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.

**ANEXOS**



**Instituto Nacional de Meteorologia - INMET**  
**2º DISTRITO DE METEOROLOGIA /**  
**Consulta Genérica**  
**A218 - PREGUIÇAS / MA**

Data: 04/07/2016  
 Hora: 15:09:04  
 Pág.: 1/1

Atributo: PRECIPITACAO, TOTAL MENSAL (AUT) - I209 (mm) - Consulta Genérica (Total)  
 Período: 31/12/2008 a 30/06/2016  
 Localização: Lat 02°35'33" S Long 042°42'26" W Alt 0,10 m

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2008												22,8
2009	247,8	533,2	508,4	585,0	527,2	233,0	34,2	4,0	1,2	2,4	13,0	9,6
2010	116,4	57,6	335,2	305,0	102,2	96,4	81,6	0,6	1,2	0,0	11,4	99,4
2011	447,6	233,2	395,2	421,6	355,4	12,8	3,2	0,0	3,4	5,0	9,4	4,2
2012	117,8	239,8	197,8	142,4	84,8	22,0	59,6	0,0	0,0	0,8	0,0	9,2
2013	104,2	178,6				42,2	96,0	7,2	1,6	0,8	9,6	19,6
2014	227,0	295,4	231,8	361,8	560,6	82,0	14,6	26,0	6,4	0,0	3,8	1,0
2015	39,6	132,6	436,8	393,4	97,4	95,4	9,8	0,2	1,0	0,0	0,2	2,2
2016	7,8					70,2						

## ANEXO I



**Instituto Nacional de Meteorologia - INMET**  
**2º DISTRITO DE METEOROLOGIA /**  
**Consulta Genérica**  
**A218 - PREGUIÇAS / MA**

Data: 04/07/2016  
 Hora: 15:11:09  
 Pág.: 1/1

Atributo: VENTO, VELOCIDADE MÉDIA DIÁRIA (AUT) - 1009 (mps) - Consulta Genérica (Média)  
 Período: 24/11/2008 a 04/07/2016  
 Localização: Lat 02°35'33" S Long 042°42'26" W Alt 0,10 m

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2008											4,5	3,8
2009	3,3	2,7	2,3	1,8	1,6	2,3	3,3	4,0	4,8	4,3	4,8	4,2
2010	3,4	4,1	3,2	2,6	2,9	2,5	3,0	4,1	4,7	4,0	4,3	3,5
2011	2,9	2,7	2,4	2,1	2,0	3,3	3,5	4,4	4,3	4,2	4,3	4,5
2012	3,9	3,2	3,1	3,2	3,7	3,5	3,9	4,2	4,7	5,1	4,3	4,3
2013	3,6	3,8	4,5		3,3	3,2	3,3	4,2	4,9	4,9	4,8	4,5
2014	3,7	3,4	3,2	2,8	2,4	3,6	4,2	4,5	5,1	5,3	4,7	4,2
2015	3,4	2,3	1,8	1,4	2,6	2,7	3,7	4,5	5,3	5,4	5,2	4,5
2016		4,5			4,0	3,7	3,6					

## ANEXO II



**Instituto Nacional de Meteorologia - INMET**  
**2º DISTRITO DE METEOROLOGIA /**  
**Consulta Genérica**  
**A218 - PREGUIÇAS / MA**

Data: 04/07/2016

Hora: 15:21:03

Pág.: 1/1

Atributo: VENTO,DIREÇÃO HORARIA (gr) - 1113 (gr) - Consulta Genérica (Média)

Período: 24/11/2008 a 03/07/2016

Localização: Lat 02°35'33" S Long 042°42'26" W Alt 0,10 m

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2008											335	334
2009	330	321	320	290	284	302	325	331	334	337	336	334
2010	329	331	325	310	324	311	325	332	333	336	336	328
2011	325	316	313	292	300	314	329	332	334	332	334	337
2012	332	323	330	333	332	333	334	333	334	335	337	336
2013	332	329	336	331	322	326	324	334	334	336	335	336
2014	333	330	333	322	314	328	334	336	338	337	338	338
2015	338	327	321	325	331	327	332	336	338	338	339	339
2016	335	335			333	334	334					

**ANEXO III**