

VIABILIDADE DO USO DE AEROGERADORES NO BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NA REGIÃO LITORÂNEA DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL

VIABILITY OF WIND GENERATORS USE TO PUMP IRRIGATION WATER IN THE COASTAL REGION OF PARAÍBA, NORTHEAST OF BRAZIL

Recebido em: 01/10/2017.

Aceito em: 05/12/2017.

Waldemberg Lisboa da Cunha¹ ■

RESUMO

A energia eólica, por ser uma fonte energética abundante, não poluidora e que pode ser renovada, é considerada uma das alternativas sustentáveis mais econômicas. Além de outros propósitos, pode ser aproveitada em bombas d'água para irrigação em zonas agrárias. Dessa forma, a quantidade de energia consumida pelo bombeamento pode ser poupada pela introdução de bombas de cata-vento, já que estudos comprovam que essa medida utilizando a velocidade de bombear do moinho de vento é muito econômica, gerando também uma melhor disposição na agricultura local, facilitando o processo de irrigação. O objeto almejado neste estudo se concretiza, assim, para a aplicabilidade de geradores eólicos que consigam promover recursos financeiros a agricultores que cultivam culturas por irrigação. Uma solução econômica e sustentável, que garante escape aos importantes obstáculos energéticos no setor agrário. Foram feitas diversas análises das condições locais de vento para possibilitar o aumento da exploração desta alternativa. Na análise realizada, utilizaram-se dados locais de velocidade do vento para o período de um ano. Fórmulas para calcular o potencial energético dessa fonte alternativa foram empregadas e catálogos técnicos dos equipamentos consultados. Na avaliação do potencial eólico para bombeamento d'água na costa da Paraíba foi obtida uma velocidade média do vento de $5,37$ [m/s], suficiente para produzir diretamente energia através de cata-ventos e bombear um volume médio diário de 12.500 [l/dia], em função da altura manométrica de 5 [m], respectivamente, considerando a potência hidráulica que foi desenvolvida e o diâmetro das pás do rotor de 3 [m].

Palavras-chave: Cata-vento. Eficiência energética. Geração de energia alternativa. Irrigação.

¹ Graduando em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ).
E-mail: walp.b@hotmail.com

ABSTRACT

Wind energy, being an abundant, non-polluting and renewable energy source, is one of the most economically sustainable alternatives. Besides other purposes, it can be used in water pumps for irrigation in agrarian zones. Thus, the amount of energy consumed by pumping can be saved by the introduction of water pumps, since studies show that this measure using the windmill pump speed is very economical, also generating a better disposition in local agriculture, facilitating the process of irrigation. The aim of this study is to apply to wind generators that can promote financial resources for farmers who grow crops through irrigation, an economical and sustainable solution that guarantees escape from the important energy obstacles in the agrarian sector. Several analyzes of the local wind conditions were made to increase the exploration of this alternative. In the analysis performed, local wind speed data were used for a period of one year. Formulas to calculate the energy potential of this alternative source were employed and technical catalogs of the equipment were consulted. In the assessment of wind energy potential for water pumping in the coastal of Paraíba was obtained a wind speed average of $5,37$ [m/s], sufficient to directly produce energy through wind turbines and pump an average daily volume to 12.500 [l/day], as a function of the manometric height to 5 [m], considering the hydraulic power that was developed and the diameter of the rotor blades of 3 [m].

Keywords: Wind. Energy efficiency. Alternative energy generation. Irrigation.

INTRODUÇÃO

A questão energética tem um significado bastante substancial no contexto das temáticas ambientais e na busca do desenvolvimento sustentável. Na verdade, esse assunto tem influenciado mudanças de paradigmas, principalmente porque o suprimento de energia é considerado uma das questões básicas para o desenvolvimento econômico e também sustentável. Sendo uma alternativa bastante interessante para minimizar a problemática, enfrentada pelo homem rural, as fontes renováveis de energia se mostram utópicas, sendo justificado, principalmente, pelo escasso aproveitamento do potencial energético de uma região.

Apesar de ser uma opção relativamente barata, a energia eólica apresenta algumas características que dificultam seu uso como fonte regular de energia. Além de sua ocorrência ser irregular, para pequenos períodos e determinadas localidades, a quantidade de energia diária disponível pode variar muitas vezes de uma estação do ano para outra em um mesmo lugar (LIMA, 2009). Por isso, a importância de estudar uma região específica e analisar a viabilidade de utilização dessa alternativa energética, visando uma economia de médio a longo prazo. Diversos estudos apontam que a

região Nordeste do país apresenta grande potencial para utilização de energia eólica e que o desenvolvimento do setor agrícola está diretamente ligado à disponibilidade de energia, porém preços elevados e a ameaça de insuficiência das fontes não renováveis têm despertado a preocupação de se buscar novos caminhos.

Esta pesquisa tem como foco o estudo da viabilidade eólica, aplicada à prática de irrigação em propriedades de pequenos agricultores, localizados no litoral paraibano, utilizando a ação eólica como uma fonte de energia limpa para viabilizar o bombeamento de água e desenvolver processos que substituam a utilização de energia convencional por alternativas que visem à sustentabilidade na produção agrícola, principalmente em locais isolados, facilitando todo o processo de irrigação e visando também uma economia de energia, já que esta pode auxiliar as comunidades locais no processo de emancipação e autossustentabilidade.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para adequado desenvolvimento do tema de estudo proposto, alguns fundamentos e conceitos devem ser estabelecidos. Assim, recorreu-se, preliminarmente, ao estudo de Mialhe (1980): a região nordeste do Brasil apresenta grande potencial para aproveitamento da energia eólica, quando comparada com outras regiões do globo.

Para Filho et al. (2013), as mudanças no processo de industrialização e nos hábitos de consumo estão obrigando a humanidade a rever seus conceitos. Esta justificativa se relaciona com a tese de defasagem do sistema energético fóssil atual, revelada no exposto de Mishra & Sharma (1992), em que testifica-se, portanto, a solução por ventos uma alternativa que garante melhor aproveitamento energético, boa indicação para a agricultura. Principalmente após a crise mundial do petróleo em 1970, de acordo com Salles (2009) norte-americanos e europeus tiveram que buscar fontes alternativas para diminuir a dependência do petróleo e do carvão. Assim, iniciou-se a utilização dos ventos para a geração de eletricidade.

Quando se cogita na conversão da energia eólica, há que se levar em conta que todo local é apropriado, uma vez que, segundo, os fabricantes de turbinas eólicas, para que o sistema seja economicamente viável, a velocidade média anual mínima deve ser de 5,0 a 7,0 [m/s], como já constata Aldabó (2012, p.78).

No contexto sociobiológico, a energia captada por ventos se apresenta como fonte limpa e renovável, ora os ventos permanecem constantes por horas e em dependência de circunstâncias topográficas, relevo, condições climáticas e diversas outras características representativas do local.

A energia eólica pode ser aproveitada em bombas d'água para irrigação e outros propósitos. Assim, enorme quantidade de energia consumida para bombeamento d'água pode ser poupada pela introdução de bombas de catavento. E concluíram no trabalho que o bombeamento d'água usando a velocidade de bombear do catavento é

muito econômica (MISHRA e SHARMA, 1992).

Não obstante todo o potencial de geração de energia eólica disponível no Brasil, a capacidade instalada, por região, é mais baixa no sudeste e norte, mas de valores ascendentes para o nordeste com valores em 75,0 GW e 144,3 TWh/ano, os valores do sudeste, por exemplo, se posicionam com números de 29,7 GW e 54,9 TWh/ano (ANEEL, 2016). Com essa representatividade da região nordestina, o Brasil se concentra com valores de potencial em 143,5 GW e 272,2 TWh/ano.

Presume-se, então, que a energia eólica venha a ser muito mais financeiramente competitiva para as próximas décadas com a redução dos custos do dólar aplicado ao quilowatt e com o incremento da eficiência dos geradores e conversores estáticos (BURTON, et al., 2011, p. 2). Essa realidade da necessidade por novas tecnologias limpas, que consigam produzir energia equiparada a convencional, é um gradiente mundial. A sustentabilidade tem sugerido novos padrões de vida e de consumo aplicado ao que se consiga renovar.

É fundamental estudo prévio para instalação de qualquer complexo energético, Tubelis e Nascimento (1984) já revelava que o comportamento dos ventos é bastante variável, em função da situação geográfica do local, rugosidade da superfície, relevo, vegetação, clima e época do ano.

METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foi escolhido o trecho litorâneo pessoense, região da costa que contempla o conjunto metropolitano de João Pessoa. O objetivo é caracterizar o potencial eólico do local utilizando informações históricas de velocidades do vento. Dados da estação meteorológica automática mais próxima, que se encontra em João Pessoa (07°06' LAT S e 34°52' LONG W e altitude 7,43 [m]), foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e consulta a Filho (2007).

A par das informações históricas diárias de velocidade do vento, obtidas nestas estações meteorológicas automáticas, realizou-se a elaboração de gráficos e tabelas utilizando-se o arquivo do tipo XLS para análise da viabilidade de efetuação dos geradores eólicos para irrigação.

Estudo de caso

Escolheu-se uma área privada irrigada de três hectares para o estudo de caso, que fica no ínterim da localização metropolitana com a capital, ao longo do litoral e nos limites da Rodovia Estadual PB-018 com a Rodovia Contorno de Jacumã e o rio Gurugi. A propriedade é cortada por seu curso. Esse espaço estrategicamente foi escolhido pela importância no abastecimento agrícola à capital e entorno com a cultura do feijão, mandioca e produtividade do algodão. Portanto, neste estudo considera-se a quantidade hídrica que satisfaz generalizadamente o plantio.

Foram coletados mensalmente dados horários de velocidades do vento registrados pela estação no decorrer de um ano, iniciando em junho de 2016 até o fim de maio de 2017.

A estação automática do INMET registra os dados a cada uma hora. Portanto, nesse local, foi considerado que o valor de velocidade diário foi obtido pela média das cinco maiores horas de velocidades do vento, e o gráfico dessas velocidades deveria ser desenvolvido utilizando a média das três maiores velocidades registradas a cada mês. Assim, ficou descartado as demais dezenove horas, pois apresentaram velocidades de vento a dez metros de altura abaixo de 2,1 [m/s] (SOUZA, 1993), números inacessíveis ao funcionamento rotor. Com isso, o tempo de funcionamento do catavento para captação de água será de cinco horas ao dia.

Decorrida a coleta dos dados das velocidades, disponibilizados pela estação meteorológica em uma altura de referência, com dois metros de atitude em relação ao solo, logra-se a sua variação com a altura conforme a lei da potência, que representa o perfil da velocidade do vento pela (Eq. 1). Foi fixado aqui, portanto, a altura desejada em 10 metros tomando o solo como referencial.

$$V(h) = V_{ref} \left(\frac{h}{h_{ref}} \right)^a \tag{1}$$

Onde h representa a altura de referência da medida da velocidade, V_{ref} a velocidade nesta altura de referência, h a altura desejada e a é chamado de expoente de camada limite e varia em função da rugosidade da superfície conforme (Quadro 1).

Quadro 1 - Coeficiente de rugosidade da superfície em função da característica do local.

DESCRIÇÃO DO TERRENO	RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE (η)
SUPERFÍCIE LISA, LAGO OU OCEANO	0,10
GRAMA BAIXA	0,14
VEGETAÇÃO RASTEIRA (ATÉ 0,3M)	0,16
ARBUSTOS, ÁRVORES OCASIONAIS	0,20
ÁVORES, CONSTRUÇÕES OCASIONAIS	0,22 - 0,24
ÁREAS RESIDENCIAIS	0,28 - 0,40

Fonte: CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, 2001.

O coeficiente de rugosidade usado foi de $\eta = 0,20$. As informações de velocidades do vento foram encaminhadas para o fabricante do catavento e este mesmo se encarregou de dimensionar um sistema eólico, adaptado às características do local, e também informar sobre a capacidade de bombeamento d'água. Por conseguinte, foram desenvolvidos gráficos e tabelas sobre o potencial eólico da região e por fim, a par dos resultados, verificou-se a porcentagem de água que o instrumento catavento poderá bombear para irrigar o terreno de três hectares e sua viabilidade na localização estudada ao longo do litoral da Paraíba.

ESPECIFICAÇÃO DO MODELO DE CATAVENTO E DE CÁLCULO PARA VELOCIDADE DO VENTO

A fabricante consultada foi a mais próxima da área e única da Paraíba. Ela se encontra em Campina Grande e por essa razão viabilizou economicamente o sistema. O catavento, tipo convencional, com 18 pás acopladas à alavanca de Arquimedes, o que confere maior bombeamento de água com menor oferta de ventos e até sem ventos, ideal para o local proposto pode ser visto na Figura 1. Para o cálculo da viabilidade considerou-se apenas aplicações com bombeamento d'água, utilizando informações colhidas *in loco* com curvas de potência obtida pelo fabricante, como também informações de custo e infraestrutura.

Figura 1 - Modelo de catavento usado.

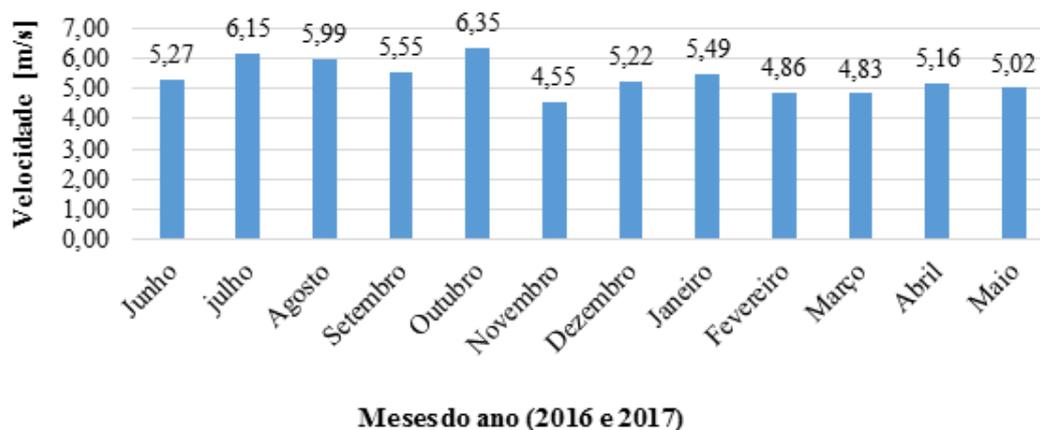


Fonte: Cataventos Yvel, 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerou-se que a velocidade média do vento obtida no local é constante para todo o ano. Obtidas pelas fórmulas das velocidades médias dos ventos em um ano e pelo coeficiente de rugosidade para uma torre com altitude de dez metros, a velocidade do vento concretiza no entorno de $5,37 \text{ [m/s]}$ conforme a Figura 2

Figura 2 - Estimativa de velocidade do vento no litoral da Paraíba a altitude de dez metros de altitude entre 2016 e 2017.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor, 2017.

Discriminação técnica do catavento dimensionado

O catavento será instalado distante de dois a dez metros do reservatório e bombeará água para uma caixa d'água elevada a cinco metros de altura. Esta com capacidade para 150.000 litros. Independente da cultura irrigada, a água bombeada será armazenada no reservatório e de lá, com um registro, fará a liberação da água na quantidade necessária para a cultura regada. Isso porque o fluxo de água bombeada não é constante, dependente do vento. Os fabricantes fornecem torres entre dez e quinze metros de altura. Contudo, o mais viável por condições do terreno e economicamente é o catavento de aço galvanizado, elevado a dez metros do solo e com bomba de 4", latão de bronze e êmbolo revestido com dois couros de sola forte, assim estimando uma vazão em 60.000 [l/h], para ventos constante de vinte e quatro horas. Tem freio e destravamento automático, prevendo danos por ação de eventuais vendavais, e freios no pé da torre, para pará-lo quando desejar. Breque de segurança que movimenta o leme a 90 graus.

A torre com colunas de cantoneira perfil L de 2x3/16" transversais em cantoneira perfil L de 1x1/8", esticadores de ferro redondo de 1/4", com ganchos de esticador em ferro de 5/16" galvanizado e rosqueado com porca e acoplado a uma banquetta para manutenção de base em cantoneira perfil L de 1.1/4x1/8" e lastro em madeira, escada de acesso de barras chatas 1x1/8" sendo a coluna principal, base triangular de três pés. Raios e para-raios em ferro cantoneira.

As pás galvanizadas pintadas com dezoitos palhetas, diâmetro em três metros recortadas curvilíneas e raio de base chata com 1x3/16", seu suporte de base chata com 5/8x1/8".

Kit do recalque: câmara de vácuo, gaxeta repressora de 1.1/4" em bronze, válvula de retenção 1", união 1" e nippy 1". A sucção de até nove metros, pois a água é captada do rio Gurugi distante seis metros do catavento. O óleo do tipo 140 para o

equipamento é estabelecido em 4,5 litros, porém sua reposição compreende-se vinte anos. A máquina de quatro engrenagens, com comando duplo de bielas em banho de óleo, eixo principal SAE 1020 de 1.1/2” com partes móveis em banho de óleo perene e tampa em chapa galvanizada.

Alavanca de Arquimedes, que dá durabilidade para o trabalho de bombeamento por conta do peso de seu varão, ora em cataventos sem a alavanca o funcionamento é interrompido quando diminuem os ventos. Teoricamente a vazão tem um salto variando de 10.000 [l/dia] até 60.000 [l/dia].

Da finalidade dos cataventos, são montados sobre ou próximos às fontes de água, na região estudada do litoral, o rio que a corta ajuda na absorção, mas ainda que ele não o alcançasse, esse instrumento é indicado para o bombeamento de água em poços comuns, açudes e cacimbões. A altura de dez metros é estrategicamente posicionada para aproveitamento dos ventos, que fazem girar o rotor transferindo a energia rotativa para conduzir por sucção água abaixo do solo ou em sua superfície a uma caixa d'água, nesta situação. O custeio do investimento ao agricultor fixa-se em R\$ 7.350,00, mais a mão de obra de R\$ 720,00. Sobre a vida útil, esta se estendendo por trinta anos, aplicando-se as manutenções preventivas resumidas em lubrificação das partes móveis e pintura da torre. A bomba pode ser um ator contra este tempo de salutar da estrutura, justificado pelos níveis de impurezas sólidas na água, dessa forma tento atenção a esta situação para melhor preservação.

Resultados para a costa paraibana

O quadro 2 apresenta as probabilidades de ocorrência do vento nos diferentes meses do ano e constata a média anual de 5,37 [m/s]. Por questão da interferência do rio na propriedade e seu uso como fonte de água, a capacidade diária para bombear eleva-se em 50% quando se compara a captação por poços comuns, logo o catavento dimensionado tem capacidade de até 60.000 [l/dia], dessa forma, 2.500 [l/dia] de capacidade para bombeamento.

O valor fixado de 5 horas para o funcionamento do catavento em um dia obedece à suposição de Souza (1993) e também admite valores, já intrínsecos, para segurança, próximos aos 2,1 [m/s], mas não abaixo. Isso, portanto, comprova que em cinco horas de funcionamento diário o gerador eólico alcançará o auge de sua eficiência e com o uso da **alavanca de Arquimedes** este tempo se projeta para 24 horas. Então se tem que com a capacidade de bombeamento de 2.500 [l/h], para o tempo de vento útil ao dia em 5 horas, alcança-se um estimativo em 12.500 litros de água em um dia. Com esse quantitativo, o agricultor poderá disponibilizar a água no valor necessário ao tipo de cultura desenvolvida pela propriedade e ainda conscientizar-se sobre a carência de outras torres eólicas.

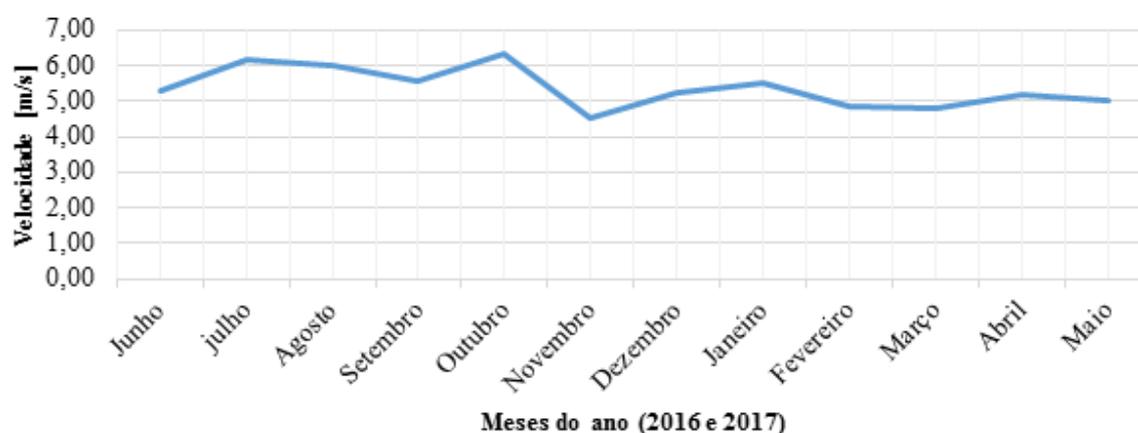
Quadro 2 - Potencial eólico e vazão bombeada gerada em função da velocidade do vento para bomba com rotor de 4".

Velocidade Média		Potencial Eólico (W/m ²)	Vazão Bombeada	
Mês	V (m/s)		(m ³ /hora)	Litros/hora
Junho	5,27	32,44	11,80	11.804,67
Julho	6,15	37,87	12,94	12.939,48
Agosto	5,99	36,85	12,91	12.914,20
Setembro	5,55	34,13	11,85	11.846,80
Outubro	6,35	39,06	12,97	12.968,97
Novembro	4,55	28,02	9,70	9.695,13
Dezembro	5,22	32,10	11,80	11.796,24
Janeiro	5,49	33,79	11,84	11.838,37
Fevereiro	4,86	29,89	10,74	10.741,47
Março	4,83	29,72	10,74	10.737,26
Abril	5,16	31,76	11,79	11.787,82
Mai	5,02	30,91	11,77	11.766,75
Média	5,37	33,04	11,73	11.736,43

Fonte: Elaborada pelo próprio autor, 2017.

A viabilidade da instalação de um gerador eólico na costa parainaba se justifica pela constante oferta de ventos capazes acioná-lo a qualquer época do ano, como se percebe na (Tabela 2) e (Fig. 3). A temporada da melhor produtividade do catavento inicia-se em julho e termina no mês de outubro, volta no mês de dezembro a fevereiro e conduz-se quase que constante até maio. Contudo, avaliando os demais meses, a redução dos valores bombeados oscila no decurso anual e não é significativa. Para Souza, o potencial eólico recomentado encontra-se no valor de 15 [w/m²]. Veja, na região estudada esse valor de potencial eólico supera o dobro fixando-se em 33,04 [w/m²]. Esta evidência enfatiza e garante o quão viável é a utilização dos cataventos para sistemas de bombeamento de água nesta localização.

Figura 3 - Velocidade média do vento no litoral da Paraíba em função dos meses entre 2016 e 2017.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor, 2017.

Independente do que se estabelecem nas (Tabela 2) e (Fig. 3), os valores de potencial eólico não se realizam integralmente, pois parte desse potencial é perdido pro variação do terreno e a própria ineficiência dos equipamentos eólicos, daí a importância de escolha estratégica para posicionamento da estrutura, primando sempre por áreas que percursam melhores ventos.

A evidência da praticabilidade é apenas a chave, neste estudo, para demonstrar o potencial enriquecimento de regiões agrícolas, através do consumo sustentável e gratuito do vento na prática de irrigação, pois o produtor garante o retorno para o custeio total no investimento do catavento em um período acessível e com longo beneficiamento do uso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das informações aqui apresentadas, é possível concluir que a estrutura eólica pode ser uma solução de alta eficiência para o pequeno produtor, médio e grande também, considerando que o vento na região estudada com, três hectares, é disponível demasiadamente o ano todo, possui eficiência em seu potencial alto, visto que é uma região litorânea do nordeste brasileiro.

O uso da alavanca de Arquimedes é um incremento que ajuda consideravelmente no sistema de bombeamento, uma vez que é possível através dela, a captação sem que haja boa qualidade de ventania. Ainda que o gerador eólico não esteja nas proximidades litorâneas, a alternativa sustentável de bombear água é uma solução relativamente acessível e rentável, assim, traz lucratividade aos produtores que utilizam culturas irrigadas e até aos que usufruem para fins de dessedentação de animais, pois o retorno de investimento é acelerado na contrapartida dos gastos com a aquisição e manutenção. Porém, para produtores utilizarem essa tecnologia é fundamental boa sondagem do terreno aliada a um eficiente estudo sobre o comportamento dos ventos na região. A fonte de água não precisa ser de um rio, como neste material, um poço comum pode apresentar características próximas, mas há pequenas alterações na formatação estrutural no gerador eólico, alguns detalhes que fomentam a sucção da água.

A costa da Paraíba se apresentou, portanto, como um território fértil na prática de implementação do instrumento, enfatizado pelo alto potencial eólico, que pode garantir aos produtores que seguirem esta indicação, uma dominação de água diária em 12.500 litros por cada dia. Além de viável na região, é sustentável, acessível e é um importante divisor de águas para o desenvolvimento financeiro do negócio do agricultor.

REFERÊNCIAS

ALDABÓ, R. **Energia Eólica**. São Paulo: Artliber, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Informações Técnicas**. Brasília, 2016. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/> >. Acesso em: 27 de Março de 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações Automáticas**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra>>. Acesso em: 27 de Maio de 2017.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=&cid=1>>. Acesso em: 27 de Maio de 2017.

BURTON, T. et al. **Wind energy handbook**. 2. ed. Ukraine: John Wiley and Sons, Ltd., Publication, 2011. 775 p., 105 cm. (Includes bibliographical references and index). Bibliografia: p.1. ISBN: 978-0-470-69975-1.

FILHO, Agnaldo Dias Leão. **Uso de geradores eólicos de pequeno porte para irrigação no semi-árido do estado de Sergipe**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

FILHO, J.F; NETO, J.R; GOUVEIA, V.V., **LIXO E COMPORTAMENTO: a interdisciplinaridade da política nacional de resíduos sólidos**. Rev. Interscientia. v.1, p. 5, 2013.

LIMA, Marisa Rodrigues. **O uso da energia eólica como fonte alternativa para solucionar problemas de energia e bombeamento de água subterrânea em locais isolados**. 2009. 45p. TCC (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Fontes Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

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

MISHRA, S.P., SHARMA, K.N. **Utility of windmill in coastal belt of Orissa**. Agricultural Mechanisation in Asia, Africa and Latin America, v.23, n.4, p.47-9, 1992.

SALLES, M. B. C. **Modelagem e análises de Geradores Eólicos de velocidade variável conectados em sistemas de energia elétrica**. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica para Escola Politécnica USP, 2009.

SOUZA, J.W. **Análise climatológica do potencial eólico no Estado de Minas Gerais**. Viçosa, 1993. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 374 p.

WHO. **The right to water**. Geneva: World Health Organization, 2015. (Health and Human Rights publications series, 6).