



CURVAS DE POTENCIA DE AEROGENERADORES PARA BAJA VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA AGRICULTURA FAMILIAR

Erialdo de Oliveira Feitosa¹, Tarcísio Hugo Salviano², Daniel Albiero³, Aline Castro Praciano⁴ & Leonardo de Almeida Monteiro⁵

RESUMO: La demanda por fuentes renovables de energía ha crecido en los últimos años debido al crecimiento económico del país que con los cambios estructurales en el sector agrícola brasileño contribuyó a su modernización provocando una intensificación del uso de la energía en la agricultura que requiere grandes cantidades de energía eléctrica en diversas actividades económicas. El conocimiento de la curva de potencia de un aerogenerador es de gran importancia, ya que define la potencia generada por el aerogenerador para cada perfil de velocidad del viento a que está sometido, identificando los modelos adecuados de turbinas eólicas a cada perfil de velocidad del viento. El presente trabajo tuvo como objetivo comparar la curva de potencia de diferentes aerogeneradores para bajas velocidades de viento, teniendo en cuenta las condiciones de viento que esté establecida la agricultura familiar en el estado de Ceará. Fue utilizado el software *RETScreen*® en el estudio comparativo del coeficiente de potencia de tres aerogeneradores con una potencia nominal de 1000 kW de diferentes fabricantes (Brasil Wind Service, Eletrovento y Enersud) basado en la teoría de la generación de energía eólica. Los resultados demuestran la adecuación e inadecuación de las turbinas eólicas evaluadas y concluyó que para condiciones de poco viento, el equipamiento no es adecuado.

PALABRAS CLAVE: energía renovable, turbina de viento, curva de potencia.

COMPARISON OF LOW SPEED WIND TURBINE POWER CURVES IN FAMILY AGRICULTURE ENERGY PRODUCTION

ABSTRACT: The demand for renewable energy sources has increased in recent years in function of the Brazilian economic growth. In addition, the agricultural sector modernization caused an intensification of energy use. The knowledge of the wind turbine power curves is very important, because it defines the power generated by the wind turbine for several wind speed, and allows to identify models of wind turbines suitable for each kind of wind speed. This study aims to compare the power curve of different low speed wind turbines, considering the wind conditions where the family agriculture is established in the state of Ceará. A comparative study was conducted between three wind turbines, with power rate of 1000 Watts, from different manufacturers (Brasil Wind Service, Eletrovento and Enersud), based on the theory of wind power generation. The results demonstrate that equipments evaluated are not suitable to low speed wind conditions.

KEYWORDS: renewable energy, wind turbine, power curve.

¹ Universidade Federal do Ceará. Mestrando em Engenharia Agrícola.
E-mail: erialdofeitosa5@gmail.com

² Universidade Federal do Ceará. Graduando em Agronomia. E-mail:
tarc1510@hotmail.com.

³ Universidade Federal do Ceará. Prof. Adjunto do Departamento de
Engenharia Agrícola. E-mail: daniel.albiero@gmail.com.

⁴ Universidade Federal do Ceará. Graduando em Agronomia. E-mail:
Alinecastro.praciano@gmail.com.

⁵ Universidade Federal do Ceará. Prof. Adjunto do Departamento de
Engenharia Agrícola. E-mail: aiveca@ufc.br.

1 INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es de fundamental importancia en el desarrollo rural sostenible y es imprescindible para todo el proceso de la agricultura en semiárido. Actualmente la economía mundial está pasando por un período de cambio en la demanda de electricidad para las diversas actividades humanas, específicamente en la producción agrícola y que sigue creciendo en Brasil (Operador Nacional do Sistema Eléctrico - ONS, 2011).

El sector energético mundial es evidente el deterioro constante y acelerado del medio ambiente, debido al excesivo uso de combustibles fósiles como fuente primaria de energía. El impacto que ha generado el excesivo consumo de fuentes no renovables, especialmente el provocado por la emisión de gas metano y dióxido de carbono a la atmósfera, ha puesto de manifiesto la vulnerabilidad de los sistemas basados en los combustibles fósiles, lo que ha obligado a plantear las consecuencias de los métodos tradicionales de producción y de consumo de combustibles (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

En muchos países la adopción de la energía eólica promueve la diversificación del sector de producción de energía eléctrica compatible con la conservación ambiental. Por lo tanto, frente al debates sobre las cuestiones ambientales, el aprovechamiento de la energía eólica si introduce como un alternativa para promover tanto el desarrollo económica como la reducción de los impactos ambientales causados por el uso de combustibles fósiles (SILVA et al, 2013).

Los efectos de estos patrones de producción y consumo ha llevado a sociedad, las empresas y las instituciones públicas a pensar más intensamente sobre temas relacionados con la sostenibilidad en diferentes perspectivas como la económica, social y ambiental que buscan una nueva forma de desarrollo energético, alienado por el desarrollo sostenible, según lo establecido por Brundtland y Comisión (BARBIERI, 2007; BLACKBURN, 2007; ELKINGTON, 2012).

La agricultura familiar es muy importante en la producción de alimentos, principalmente convertido para el autoconsumo sin tener un enfoque económico, pero sí social, aunque con un menor rendimiento y baja adopción de tecnologías, este sector es una fuente importante de fondos para las familias necesitadas y contribuye de manera significativa a la economía del país (GUILHOTO et al., 2007).

Los avances científicos y tecnológicos son esenciales para promover un cambio progresivo de la matriz energética actual y nos lleve a otra más sustentable en el futuro inmediato. Así, el análisis de las diversas fuentes de energía renovables indica que la biomasa y las energías eólica y solar son alternativas prometedoras para la generación eléctrica centralizada o distribuida en América Latina y Caribe (ALC), estas alternativas al igual que las plantas hidroeléctricas a pequeña escala, también son importantes para electrificar comunidades pequeñas y aisladas que se localizan en regiones que

todavía no se conectan a las redes eléctricas nacionales (GAZZONI et al., 2010). Principalmente relacionado con la tecnología de turbinas del viento, se considera prioridad el desarrollo de rotor adecuada al bajo regímenes de los vientos Brasileños y creación de un modelo de aerogenerador con mejor calidad de la energía generada, considerando la economía, menos fluctuaciones de potencia y una mejor adaptación a las condiciones locales del viento y operación de la red.

El conocimiento de la curva de potencia de una turbina eólica es una información muy importante para la identificación de modelos adecuados para cada perfil de viento, ya que permite cuantificar la energía generada por la relación de la potencia de salida en función de la velocidad del viento (ALÉ et al, 2008).

Los sistemas de energía comunes no siempre son la mejor alternativa para satisfacer la área rural, debido a la dificultad de acceso a la propiedad, el tamaño de las propiedades y la bajo ingreso contribuye para la imposibilidad de extender de la red para ciertas áreas (RODRIGUES, 2006). Para las comunidades que viven a más de 3 kilómetros de la red de distribución más cercano, es económicamente ventajoso el uso de aerogeneradores en lugar de invertir en más líneas de distribución (DAHER, 1997).

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar tres turbinas eólicas con potencia nominal de 1000 Watts de diferentes fabricantes (Brasil Wind Service, Eletrovento y Enersud) para analizar la que más adecuada para las condiciones de las regiones de baja velocidad del viento en el que se inserta la agricultura familiar en Ceará.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue desarrollado en el Laboratorio de Computación del Curso de Agronomía de la Universidad Federal de Ceará - Campus del Pici, en el departamento de ingeniería agrícola, y sus computadoras ha instalado el software *RETScreen*® para realización del trabajo.

El mismo cuenta con un banco de datos internacionales sobre el clima, con más de 1.000 estaciones de monitoreo en varios países por satélites de la NASA. Puede resaltar los muchos otros tópicos que el programa proporciona, como la eficiencia energética, la producción de calor y la producción de electricidad. El *RETScreen*® fue desarrollado por el Gobierno de Canadá a través del Centro de Investigación en Energía Canmet, en Quebec y cuenta con el apoyo de una red internacional de expertos de la industria, el gobierno y también la academia se mantiene a disposición de forma gratuita por el Gobierno de Canadá en el Internet.

En el trabajo inicialmente se realizó una investigación de las principales empresas proveedores de aerogeneradores pequeños en Brasil y seleccionado aerogeneradores con potencia de 1 kW, que a través de sus catálogos se obtuvo la curva de potencia de estas turbinas de viento que fueron los siguientes modelos de la empresa Eletrovento el Turbo 1000, de la Brasil Wind Service el H3.1-1kW, y de la Enersud el Gerar 246 de 1 kW, en

que esas curvas son los principales parámetros de entrada en el software RETScreen®, así como los datos de la velocidad media del viento Figura 1, de la estación

meteorológica de Fortaleza Campus del Pici en año de 2013.

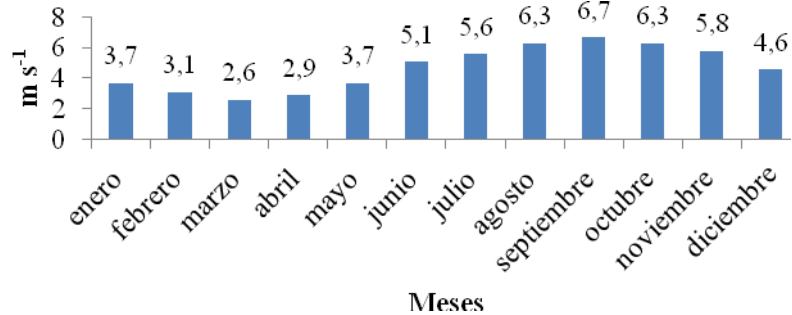


Figura 1 - Datos da velocidade media del viento del local de estudio en 2013.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, 2013.

Los datos relativos a las curvas de potencia de los aerogeneradores estudiados se obtuvieron de los sitios web de los fabricantes Figuras 2, 3 y 4, y fue realizado una análisis comparativo entre las tres curvas para investigar una posible adaptación al perfil del viento de las localidades donde se encuentra la agricultura familiar en Ceará. Donde la comparación entre los modelos se posible aún que observando las curvas de potencia de los modelos mayor generación de energía que otros, porque esta diferencia en la generación de energía es en la velocidad nominal, ya que el objetivo del estudio es analizar los modelos que tienen una mayor generación de energía que requieren una velocidad del viento menor, dónde aerogeneradores con una potencia inferior a la velocidad nominal pueden tener una mayor generación a baja velocidad del viento, en comparación con otros que tienen una mayor generación a velocidad del viento más alta, esto debido al perfil aerodinámico de las palas de los mismo.

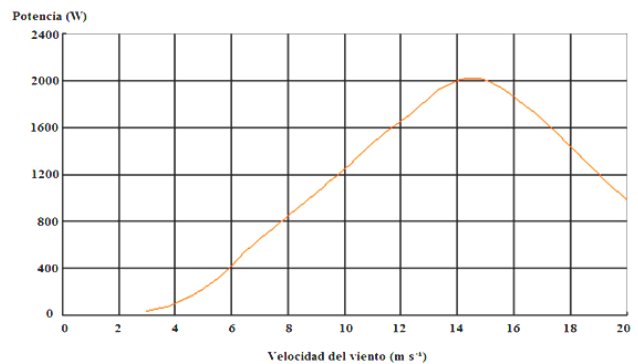


Figura 2 - Curva de potencia del aerogenerador de la empresa Brasil Wind Service.

Fuente: <<http://issuu.com/welister/docs/brasilwindservice?e=3579005/2754441>>, (2013).

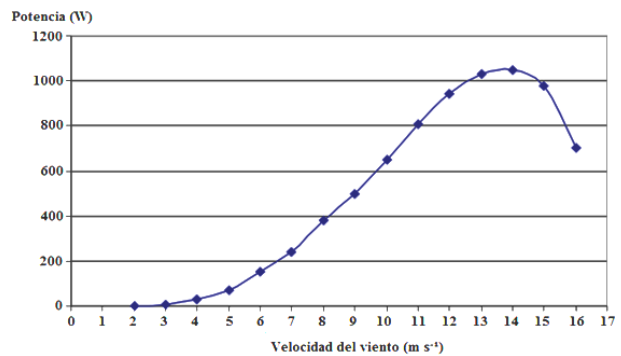


Figura 3 - Curva de potencia del aerogenerador de la empresa Enersud.

Fuente: <http://enersud.com.br/?page_id=130>, (2013).

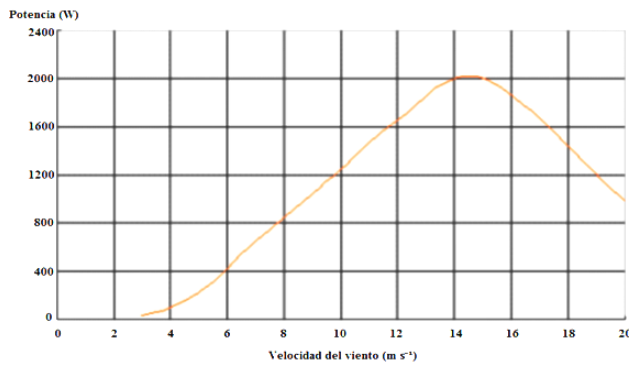


Figura 4 - Curva de potência do aerogenerador de la empresa Eletrovento.

Fuente: www.eletrovento.com.br, (2013).

Para la análise comparativo, se utilizó el software RETScreen®, que es una poderosa herramienta para estimar la generación de energía renovable, creado por el Centro Canadiense de Recursos Naturales de Canadá (NRCan). Es utilizado por más de 250.000 personas en 222 países y territorios, disponible en 35 idiomas que cubren aproximadamente 2/3 de la población mundial y una parte integral del currículo en más de 270 universidades y instituciones de educación superior (RETScreen®, 2013). Algunos autores han utilizado el RETScreen® en su trabajo como Altoé y Oliveira Filho (2010), Dutra y Tolmasquim, (2002).

El RETScreen® es un software de análisis de los proyectos de energía limpia es el más avanzado software para apoyar la toma de decisiones en el sector de la energía limpia. Lo mismo es totalmente libre de costo proporcionado por el Gobierno de Canadá y es un habilitador comprobado de proyectos a nivel mundial de la energía limpia, apoyando la decisión de invertir en energías renovables adoptada en todo el mundo por expertos de gobierno, la industria y la academia. Se estima que en 2013 el RETScreen® ha fomentado la instalación de al menos 24 GW de capacidad de energía limpia en todo el mundo (RETScreen®, 2013).

Fue posible a través del RETScreen® determinar una nueva curva de potencia y energía con la cantidad de energía generada por las turbinas de viento y comprobar que tiene una mayor eficiencia de trabajo y geración de energía eléctrica en condiciones de baja velocidad del vientos.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 5 muestra la pantalla inicial del RETScreen®, donde los datos son en respecto a la localización y el tipo de proyecto que está siendo simulado, como una forma de ejemplificar la funcionalidad del RETScreen®, en que si pueden optar por el tipo de tecnología, el tipo de análisis y los datos climáticos, en el caso específico la velocidad del viento.

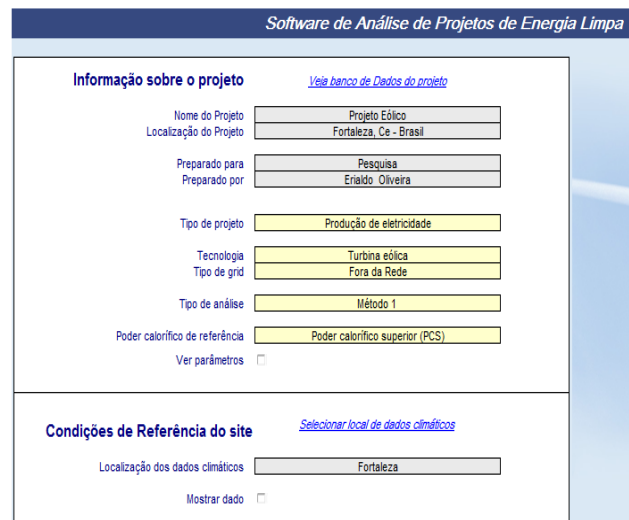


Figura 5 - Pantalla inicial del RETScreen®.

Ya en la Figura 6 muestra un segundo etapa de la simulación, donde los datos técnicos con relación a producción de energía eléctrica, la característica de la carga, y la demanda del sistema eléctrico.

Projeto produção de Eletricidade			
Sistema de produção de eletricidade do caso referência			
Tipo de grid	Fora da Rede		
Tecnologia	Outro		
Tipo de Combustível	Combustível definido pelo usuário		
Preço do combustível	\$/m³	0,000	
Capacidade	kW	1,00	
Preço do calor	kJ/kWh	0	
Custo anual O&M	\$	0	
Preço da eletricidade - caso de referência	\$/kWh	0,000	
Custo total de eletricidade	\$	#DIV/0!	
Características da carga			
<input checked="" type="radio"/> Método 1 <input type="radio"/> Método 2			
		Caso de referência	Caso proposto
Demanda de eletricidade - diária - CC	Unidade kWh	0,000	
Demanda de eletricidade - diária - CA	kWh		
Recurso intermitente - correlação de carga			Negativo
<input type="checkbox"/> Percentual de utilização do mês			
		Caso de referência	Caso proposto
Demanda de eletricidade - anual - CC	MWh	0,000	0,000
Demanda de eletricidade - anual - CA	MWh	0,000	0,000
Carga de pico - anual	kW		
		Economia de energia	Custo inicial incremental

Figura 6 - Pantalla del modelo energético.

En la tercera etapa Figura 7, en posesión de las curvas de potencia del aerogeneradores, y haciendo una relación de la velocidad del viento y de la potencia tiene si los datos para ser introducido en esto momento, que automáticamente, calculará la curva de energía con cada velocidad del viento, y al final es posible visualizar la curva de potencia y de energía generada por el RETScreen®.

Velocidade do Vento m/s	Curva de potência kW	Dado da curva de energia MWh
0		
1		
2		
3		0,0
4		0,0
5		0,0
6		0,0
7		0,0
8		0,0
9		0,0
10		0,0
11		0,0
12		0,0
13		0,0
14		0,0
15		0,0
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25 - 30		

Figura 7 - Etapa de la simulación para generación de las curvas del potencia e de energía.

El análisis muestra que las turbinas de la Eletrovento y Brasil Wind Service, tienen un comportamiento similares con respecto a la curva de potencia es, posiblemente del mismo fabricante, y existe una mayor generación de energía de que la turbina Enersud, para velocidades de viento medias superiores a 5 m s⁻¹, Figuras 8, 9 y 10. De acuerdo con Vogt, (2010) la conversión de la energía eólica en electricidad es una tecnología que se ha convertido en técnica y económicamente viable en los últimos 30 años y la producción está creciendo aproximadamente 20% por año. No obstante, la energía eólica es una fuente de energía limpia y disponible en todo el mundo en lugares con velocidad del viento mayores que 5 m s⁻¹ ($V \geq 5 \text{ m s}^{-1}$).

Ya segundo Gabriel Filho, (2013) La utilización de la energía eólica en Brasil es cada vez en ascenso ya que el tamaño del país y territorio favorece la explotación de la energía eólica. Desde la costa brasileña con una amplia zona costera tiene una fuerte interferencia del viento que activa la implantación de turbinas en muchas regiones. Y que la falta de electricidad en las zonas rurales puede ser parcialmente solucionada mediante la instalación de aerogeneradores eólicas pequeñas.

En las Figuras 8, 9 y 10 se muestran las curvas de potencia y energía de los tres aerogeneradores estudiados

y constatamos que ninguno de ellos muestra un desempeño satisfactorio en condiciones de baja velocidad del viento, así como velocidad media del viento abajo de 3 m s⁻¹ para ser económicamente viable la instalación de las turbinas de viento en estas regiones, que según Praciano et al, (2012a) en su trabajo sobre la clasificación de las áreas de velocidad del viento en relación a la ubicación geográfica del estado de Ceará, obtuvo el siguiente resultado que aproximadamente 68% del territorio de Ceará no tiene velocidades de viento capaces de generar energía eólica con los modelos actuales de las turbinas eólicas en el mercado, llegando a la conclusión de que existe una necesidad de desarrollar nuevas tecnologías de aerogeneradores adecuados a bajas condiciones del viento para satisfacer a muchas regiones en el estado de Ceará.

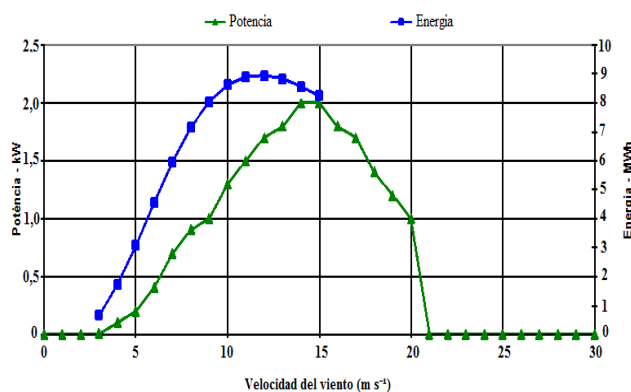


Figura 8 - Curva de potencia y energía generada del aerogenerador de la Brasil Wind Service.

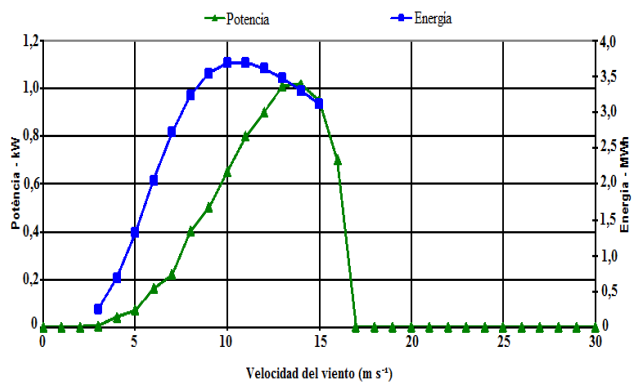


Figura 9 - Curva de potencia y energía generada del aerogenerador de la Enersud.

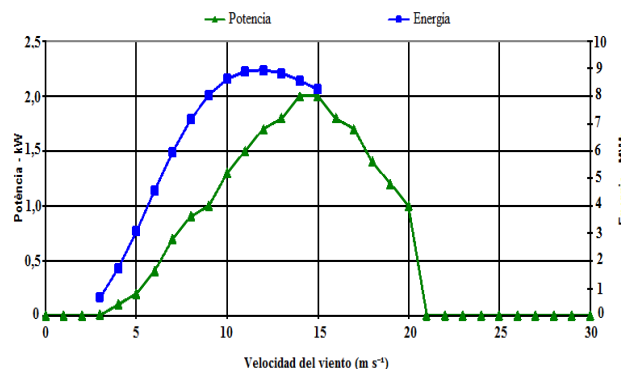


Figura 10 - Curva de potencia y energía generada del aerogenerador de la Eletrovento.

De acuerdo con Presenço y Seraphima, (2010) en su estudio observó que a velocidad del viento media mensual había abajo de 3 m s^{-1} , que es la velocidad mínima recomendada por el fabricante para hacer girar la turbina utilizada. Por lo tanto, el balance entre energía entregada y recibida por la batería que debe hacer el accionamiento de la bomba hidráulica es desfavorable para uso del sistema. Justificando la necesidad de desarrollo de equipamientos con mejores perfil aerodinámico para tener un desempeño satisfactorio en baja velocidad del viento.

Como se puede observar a partir de las curvas de potencia y generación de energía que todos tienen su partido con velocidad media del viento superiores a 4 m s^{-1} , donde las turbinas de viento de la Brasil Wind Service y Eletrovento con velocidad del viento de $4,5 \text{ m s}^{-1}$, dispone de una generación de energía de aproximadamente 2 MWh anuales, mientras la turbina de la Enersud con la misma velocidad tienen una generación anual de 0,8 MWh, que muestra que los aerogeneradores con la misma potencia y sometido a misma velocidad tiene eficiencia de generación diferentes.

Resultado similar fue observado por Praciano et al, (2012b) en su investigación sobre lo potencial eólico accesible a la agricultura familiar en el estado de Ceará, que mostró que aproximadamente 37% del territorio Cearense no tiene velocidades del viento capaces de generar energía eólica mediante una turbina de viento que utilizar viento de 4 m s^{-1} para la partida, lo que refuerza la necesidad de desarrollar nuevos modelos de turbinas de viento adecuadas para condiciones de poco viento para fomentar la agricultura familiar, el aumento de la productividad agrícola y aumentar la infraestructura, mejorar la calidad de vida beneficiando a los hogares con acceso a la energía eléctrica convertida de la energía eólica de vida, beneficiando esas familias con el acceso a energía eléctrica convertida da energía eólica.

4 CONCLUSIONES

✓ Los aerogeneradores estudiados no son adecuados para regiones con baja velocidad del viento con velocidades de viento medias inferiores a 3 m s^{-1} , es necesario la creación de nuevas tecnologías para el potencial de estas regiones está completamente aprovechado ya que los vientos en las regiones no son satisfactorios para la producción de energía eléctrica por turbinas eólicas disponibles en el mercado actualmente.

✓ La curva de potencia de los aerogeneradores se muestra esencial en la toma de decisiones para el desarrollo de la energía eólica con la cuantificación de la energía que se genere y el aprovechamiento del potencial eólico en condiciones de poco viento, donde está localizada gran parte de la agricultura familia es un gran mercado a ser explotados por las empresas de energías renovables, y que los fabricantes de aerogeneradores con nuevas tecnología, innovaciones crear nuevos modelos con

mejores eficiencia de generación en baja velocidad del viento.

5 REFERENCIA

ALÉ, J. A. V.; SIMIONI, G. C. S.; HACK, P. S. Aspectos da calibração de anemômetros nos empreendimentos eólicos. In: I CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ENERGIA DO VENTO, 4 a 6 de Nov. de 2008, Montevideo. **Anais**. Uruguai/Montevideo, 2008.

ALTOE, L.; OLIVEIRA FILHO, D. Utilização de sistemas fototérmicos com concentradores para higienização de salas de ordenha. **Revista Engenharia Agrícola**. São Paulo, v. 30, n. 5, p. 799-810, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500003>>. Acesso em: 3 de Dez. de 2013.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BLACKBURN, W. R. **The sustainability handbook: the complete management guide to achieving social, economic and environmental responsibility**. Washington: ELI Press, 2007.

BRASIL WIND SERVICE. **Catálogo do fabricante: eólica de médio e pequeno porte**. Fortaleza-CE, 2012. Disponível em: <http://www.brasilwindservice.com/downloads/catalogo_bws.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2013.

DAHER, S. **Um sistema baseado em gerador de indução para aproveitamento da energia eólica**. 1997. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

DUTRA, R. M.; TOLMASQUIM, M. T. Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá - MG, v. 9, n. 1, 2002. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/18/>>. Acesso em: 21 nov. 2013.

ELKINGTON, J. **Sustentabilidade: canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books, 2012. Edição histórica de 12 anos.

ELETROVENTO S.A. **Eletrovento geradores eólicos**. Mairinque - SP, 2004. Disponível em: <www.eletrovento.com.br>. Acesso em: 19 nov. 2013.

ENERSUD. **Energia limpa**. Maricá - RJ, 2001. Disponível em: <http://enersud.com.br/?page_id=130>. Acesso em: 19 nov. 2013.

GAZZONI, D. L. et al. **Energia sustentable en América Latina y El Caribe: potencial para el futuro**. Río de Janeiro: ISCU-LAC, 2010. v. 3. 114 p.

GABRIEL FILHO, L. R. A. et al. The feasibility of using wind energy for rural populations lacking electric power in Brazil. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 3, p. 150-154, jul./set. 2013.

GUILHOTO, J. J. M. et al. A importância da agricultura familiar no Brasil e em seus Estados. In: 35º Anais do Encontro Nacional de Economia; 2007. **Anais**, dez 4-7; Recife, Brasil [Internet]. Recife: ANPEC; 2007. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2007/artigos/A07A089.pdf>>. Acesso em 15 nov. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos**. Brasília. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 19 dez. 2013.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Boletim Técnico de Previsão e Acompanhamento da Carga**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, 2011. Disponível em: <http://www.ons.org.br/download/operacao/previsao_carga/Boletim%20Tecnico%20Previsao%20Carga_Planejamento%20Energ%C3%A9tico%202012-2016.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2013.

PRACIANO, A. C. et al. Classificação de áreas por velocidade do vento em relação à localização geográfica do estado do Ceará. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 10., 2012, Londrina. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, v. 1, p. 1-4, 2012a.

PRACIANO, A. C. et al. Estudo preliminar do potencial eólico acessível à agricultura familiar no estado do Ceará. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 10., 2012, Londrina. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, v. 1, p. 1-4, 2012b.

PRESENÇO, J. F.; SERAPHIM, O. J. Desenvolvimento de um sistema de controle para avaliação de fontes de energias renováveis no bombeamento de água. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 83-96, 2010.

SILVA, D. G.; LOPES, R. P.; CARVALHO, D. F. Caracterização do potencial eólico em Seropédica (RJ). **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 3, p. 185-192, jul./set. 2013.

RETSCREEN. International Clean Energy Project Analysis Software. **Clean Energy Project Analysis: RETScreen Engineering & Cases Textbook**. Quebec-Canada, 2012. Disponível em: <<http://www.retscreen.net/ang/download.php>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

RODRIGUES, A. F. **Análise da viabilidade de alternativas de suprimento descentralizado de energia elétrica a comunidades rurais de baixa renda com base em seu perfil de demanda**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

VOGT, H. H. **Análise estrutural de pás de gerador eólico de pequeno porte feita de fibra vegetal brasileira**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas)-Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.