

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Brasil

Feitosa, Erialdo O.; Albiero, Daniel; Feitosa, Hernandes de O.; Monteiro, Leonardo de A.; Praciano, Aline C.

Utilização da energia elétrica proveniente de geração eólica, hidroelétrica e termoelétrica no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 9, núm. 2, 2014, pp. 258-263

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119031262017>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Utilização da energia elétrica proveniente de geração eólica, hidroelétrica e termoelétrica no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi

Erialdo O. Feitosa<sup>1</sup>, Daniel Albiero<sup>1</sup>, Hernandes de O. Feitosa<sup>1</sup>,  
Leonardo de A. Monteiro<sup>1</sup> & Aline C. Praciano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Campus do Pici, Bloco 804, Pici, CEP 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil. Caixa Postal 12168. E-mail: erialdofeitosa5@gmail.com; daniel.albiero@gmail.com; hernandes.oliveira@gmail.com; aiveca@ufc.br; alinecastro.praciano@gmail.com

### RESUMO

Com a inserção da tecnologia da irrigação de baixo custo, a agricultura moderna promove o desenvolvimento econômico e social dos agricultores familiares pertencentes à categoria de irrigantes do distrito de irrigação Jaguaribe-Apodi, possibilitando o aumento da produção de diversas culturas nas áreas irrigadas. Porém, o dispêndio da grande quantidade de energia elétrica, chegando a 35% do custo total da irrigação, reduz significativamente a margem de lucro do produtor mas o aproveitamento da energia proveniente da geração eólica pode reduzir os custos energéticos da irrigação. O presente trabalho objetivou realizar uma análise comparativa da viabilidade econômica entre a utilização da energia elétrica proveniente de hidroelétricas, termoelétricas e da geração eólica, no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi. A metodologia utilizada foi baseada nos indicadores de rentabilidade, como a taxa interna de retorno e o prazo de retorno do investimento inicial, para fornecer informações sobre qual fonte de energia é mais econômica para os pequenos produtores. Conclui-se, então, que a energia eólica apresentou maior viabilidade econômica na geração da energia elétrica, reduzindo os custos da irrigação do produtor rural.

**Palavras-chave:** agricultura irrigada, potência elétrica, viabilidade econômica

### *Utilization of electrical energy deriving from wind, hydroelectric and thermo-electric in the Jaguaribe-Apodi irrigated district, Brazil*

### ABSTRACT

The modern agriculture with the insertion of technology of low-cost irrigation promotes economic and social development of family farmers belonging to the category of farmers of irrigation district of Jaguaribe-Apodi promoting increase in the production of diverse crops in the irrigated areas. However, spending large amounts of electrical energy, reaching 35% of the total cost of irrigation, significantly reduces the profit margin for the producer. The use of energy from wind can reduce the energy costs of irrigation. The present study aimed to carry out a comparative analysis of the economic feasibility between the utilization of electrical energy deriving from hydroelectric, thermo-electric and wind generation, in the Jaguaribe-Apodi district. The methodology utilized was based on the profitability indicators as the internal rate of return and the term of return on initial investment, for information about which energy source is most economical for small producers. It is concluded that wind energy had higher economic viability in the generation of electrical energy, reducing the costs of irrigation of rural producer.

**Key words:** irrigated agriculture, power electric, economic viability

## Introdução

A energia elétrica é de fundamental importância no desenvolvimento sustentável rural, imprescindível para todo o processo produtivo da agricultura no semiárido, especificamente nas áreas irrigadas para o aumento da produtividade das culturas. Atualmente, a economia mundial está passando por um período de mudanças na demanda de energia elétrica para as diversas atividades humanas, especificamente na produção agrícola, que é contínua e em crescimento no Brasil (ONS, 2011). Desta maneira, o setor energético precisa estar em constante evolução para poder acompanhar o crescimento econômico do país, sobretudo para a produção de alimentos, por meio da agricultura irrigada.

A energia elétrica pode ser produzida a partir de diferentes fontes. Na maior parte do mundo ela provém da queima de combustíveis fósseis, mas no caso brasileiro a maior parte da energia gerada provém de hidrelétricas. Segundo dados do Balanço Energético Nacional – BEM, de 2010 (EPE, 2010) um dos destaques foi a forte redução de 30,6% na eletricidade de origem não renovável, caindo para 47,8 TWh. A geração nas termoeletricas apresentou a maior queda (-53,7%) seguida dos derivados de petróleo (-17,1%). Por outro lado, a participação de renováveis na produção de energia elétrica no Brasil superou 90%, dos quais 85% de origem hidráulica, enquanto a energia eólica cresceu 5,1%; portanto, a geração de energia elétrica por meio de moinhos eólicos é fundamental para o desenvolvimento da região Nordeste, visto que apresenta elevado potencial do ponto de vista do aproveitamento dessa energia para promover o desenvolvimento sustentável, voltado ao atendimento da necessidade energética da população rural e para a sustentabilidade do crescimento econômico e social aliado à manutenção dos sistemas naturais (Sobral, 2009) como a água, solo e biodiversidade; assim, a agricultura se torna menos dependente da energia elétrica oriunda das hidroelétricas e termoeletricas, podendo até produzir em regiões litorâneas do estado de Ceará, Rio Grande do Norte e em regiões do interior do estado do Ceará sem acesso à energia elétrica, que possui áreas em três altiplanos principais Serra da Ibiapaba, Chapada do Araripe e Vale do Jaguaribe (ENGEMEP, 2010).

Com o advento da agricultura irrigada observou-se aumento produtivo das culturas mas, no Brasil, este modelo de agricultura irrigada ocupa apenas 10% da área total cultivada no país e é responsável por aproximadamente 30% do valor bruto da produção agrícola (Lara, 2010) que, por consequência, representa forte componente nos custos totais de produção que podem chegar a 35% do custo em energia elétrica para irrigação, reduzindo a margem de lucro do produtor (ANA, 2004). Porém, com a implantação dos projetos públicos de irrigação ou de sistemas produtivos com irrigação que possuem infraestruturas de captação e adução, reservatórios, estações de bombeamento, canais e adutoras, faz-se necessária a utilização de uma demanda maior de energia elétrica.

Estudos têm mostrado a viabilidade econômica na produção de algumas culturas irrigadas utilizando-se energia elétrica mas poucos trabalhos têm dado ênfase utilizando a energia eólica. Desta forma, é importante a análise dos

indicadores de rentabilidade como o *Payback* (prazo de retorno do investimento inicial) e TIR (taxa interna de retorno) para se obter informações do uso da energia eólica na agricultura irrigada para os pequenos produtores.

Martins & Oliveira (2011) demonstraram, em seu estudo sobre a análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura, a viabilidade econômica da geração de energia elétrica. Já Souza et al. (2006) analisaram, economicamente, o uso do biogás da bovinocultura e o aproveitamento da energia na irrigação e encontraram valores da tarifa de R\$ 190,00 MWh<sup>-1</sup>. Com relação à geração nas Microcentrais Hidrelétricas (Els et al., 2010) concluíram que a eletrificação rural por meio de MCHs mostrou-se viável para atender às diversas demandas energéticas nas comunidades rurais no município de Santarém - PA. Ramos & Seidler (2011) constataram, no seu trabalho com energia eólica para aproveitamento em pequenos empreendimentos no estado do Rio Grande do Sul, que, com a velocidade média do vento de 2,5 m s<sup>-1</sup>, já se permite a utilização de geradores de pequeno porte suprimindo a necessidade de energia em regiões remotas ou até mesmo auxiliando nos custos dos gastos com energia no processo produtivo.

O objetivo deste trabalho foi realizar análise comparativa da viabilidade econômica da utilização da geração de energia elétrica de três fontes (hidroelétrica, termoeletrica e eólica) no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, Ceará, Brasil.

## Material e Métodos

O perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi está localizado na Chapada do Apodi, no estado do Ceará, mais precisamente no município de Limoeiro do Norte, entre as coordenadas geográficas 5°20' de Latitude Sul e 38°5' de Longitude Oeste cujo clima é do tipo BSw'h', com temperatura média anual de 28,5 °C, precipitação média anual de 772 mm e velocidade média do vento de 7,5 m s<sup>-1</sup> (Oliveira et al., 2012).

O distrito de irrigação do Jaguaribe-Apodi possui uma área irrigável total de 5.658 ha, porém, apenas 2.935 ha são cultivados (Oliveira et al., 2012) enquanto o restante da área ainda não foi ativada ou se destina à preservação e sua demanda energética é atendida pela Usina Hidrelétrica de Sobradinho; no entanto, sua importância econômica está na diversidade de culturas produzidas no perímetro de alto valor agregado, como ata, atemoia, banana, caqui, figo, goiaba, graviola, laranja, limão, mamão, manga, maracujá, uva e culturas de subsistência como feijão e milho, melhorando a qualidade de vida dos produtores associados às atividades agrícolas desenvolvidas no perímetro, refletindo em altas produtividades e alta renda anual por produtor (Lacerda & Oliveira, 2007).

O estudo comparativo da viabilidade econômica dos sistemas de geração de energia elétrica utiliza indicadores econômicos avaliados, neste trabalho, a TIR e o *Payback*, pois esses parâmetros econômico e quantitativo permitem, respectivamente, ao produtor, analisar se o empreendimento é aceitável ou rejeitável dentro do seu processo produtivo do perímetro irrigado.

A TIR é um número intrínseco ao projeto e não depende de nenhum parâmetro que não os fluxos de caixa esperados

deste projeto. Sua importância é crucial para a avaliação de sistema econômico porque discrimina em que percentual ocorre a remuneração do capital. Portanto em todos os projetos de investimento que visar à viabilidade econômica a TIR é indispensável como índice de decisão, principalmente porque relativiza numa taxa os ganhos ou perdas do empreendedor (Pena et al., 2011).

Com relação ao *Payback* e segundo Pena et al. (2011) a importância deste índice reside no fato de que, atualmente, os empreendimentos estão priorizando aplicações em negócios que sejam pagáveis em menor período possibilitando, por exemplo, novas negociações para novos investimentos com outras taxas e prazos que visem expandir o negócio. O ganho do empreendimento associado a um rápido retorno ou pagamento do investimento inicial pode representar mais competitividade ao sistema e, de fato, tem contribuído para o sucesso de muitos projetos.

Uma das primeiras etapas para se analisar a viabilidade de exploração do potencial eólico de uma região para fins de geração de energia elétrica, é a medição do vento no local de instalação através de torres anemométricas geralmente instaladas a um nível de referência de 2 a 10 m de altura. Portanto, uma vez conhecida a velocidade média do vento na altura medida, torna-se imprescindível a extrapolação da velocidade do vento em função da altura calculada, ou seja, a que a turbina eólica é instalada. Na literatura, os métodos mais utilizados para a estimativa da variação de velocidade de vento com a altura, podem ser descritos por dois modelos matemáticos: lei logarítmica e a lei de potência (Manwell et al., 2002).

$$V_z = V_{z_R} \times \left[ \frac{Z}{Z_R} \right]^n$$

em que:  $V(z_R)$  - velocidade na altura de referência ( $\text{m s}^{-1}$ );  $V(z)$  - velocidade na altura desejada ( $\text{m s}^{-1}$ );  $Z_R$  - altura de referência ( $\text{m s}^{-1}$ );  $Z$  - altura desejada ( $\text{m s}^{-1}$ );  $n$  - parâmetro diretamente associado à rugosidade do terreno.

Esta equação foi utilizada para o cálculo da velocidade média anual na altura de 50 m observando-se sempre o grau de rugosidade do terreno para a determinação do expoente.

No sistema de geração eólico foi considerado um aerogerador modelo H10.0-30KW com potência de 30 kW da marca Hummer, e utilizados os dados médios da velocidade do vento no ano de 2012 (INMET, 2013) que já apresentam confiabilidade com um ano de observação, apresentados na Figura 1; foram analisados para a localidade em estudo e realizada a extrapolação da velocidade média do vento, como já referido anteriormente apresentando o seguinte valor a 50 m de altura, em Jaguaribe-Apodi, em  $9,7 \text{ m s}^{-1}$ .

A função de distribuição de probabilidade de ocorrência de velocidade média do vento, inicialmente determinada, foi a de Weibull (Figura 2) amplamente difundida e testada nos estudos referentes à energia eólica.

Na comparação entre as fontes de geração de energia elétrica é importante salientar que as hidrelétricas constituem um projeto maduro, a geração anual está ligada não apenas



Figura 1. Dados da velocidade do vento Jaguaribe-Apodi no ano de 2012

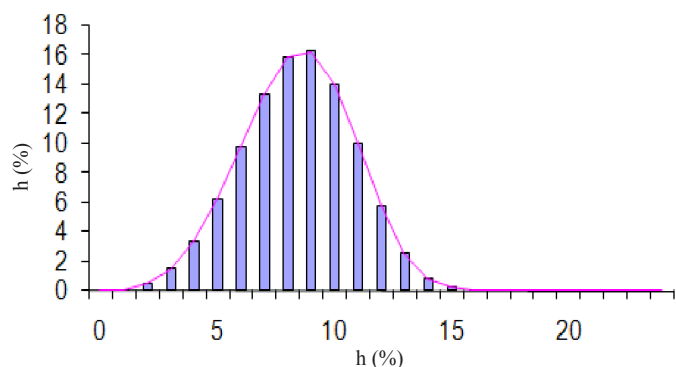


Figura 2. Distribuição de Weibull e Histograma para velocidade média do vento no Jaguaribe-Apodi, (CE, Brasil)

ao total da potência nominal instalada mas também à sua capacidade efetiva de geração, embora a intensidade de geração dependa do nível do reservatório e da quantidade de água disponível que flui a cada instante por seus dutos, sendo sua geração definida pela forma de armazenamento e pela disponibilidade dos recursos hídricos da região.

No sistema de geração é sumamente importante, nas termoeletricas especificamente utilizando-se biodigestores, conhecer e caracterizar o bagaço combustível da cultura da cana-de-açúcar, os dejetos de bovinos, caprinos, os resíduos agrícolas de diversas culturas etc., para a geração da energia nas termoeletricas. A utilização de bagaço da cana-de-açúcar ou outros resíduos agrícolas, como combustíveis para a geração de energia elétrica em grandes volumes, suscitam uma questão relevante por se tratar de um produto que depende da safra agrícola e, portanto, sujeito às incertezas da natureza, por ser uma fonte regular e segura para a geração energética. A resposta a esta indagação é, para o caso brasileiro, positiva e bastante compreensível quando se analisam a natureza da cadeia sucroalcooleira e outras culturas.

Para a análise financeira foi considerada a instalação dos três sistemas de microgeração de energia elétrica a hidroelétrica, a termoeletrica e a eólica todos em Limoeiro do Norte (Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi) e utilizado o software RETScreen4, desenvolvido pelo Centro Canadense Natural Resources Canada (NRCAN). No entanto a comparação analisada entre os sistemas de geração de energia busca aquela que apresente o menor custo/benefício para o pequeno produtor rural.

O RETScreen é um software de análise de projetos de energia limpa é o mais avançado software de suporte à tomada



de decisão no setor de energia limpa. O mesmo é totalmente livre de custos disponibilizados pelo Governo do Canadá e é, ainda, um comprovado ativador de projetos de energia limpa em todo o mundo, apoiando a decisão de investimento em energias renováveis adotado mundialmente por peritos do governo, indústria e pela academia. Estima-se que em 2013 o Retscreen tenha incentivado a instalação de pelo menos 24 GW de capacidade de energia limpa em todo o mundo (RETScreen, 2013).

O Software RETScreen reduz significativamente os custos (tanto financeiros como temporais) associados à identificação e o acesso a potenciais projetos energéticos, custos esses que se manifestam nas fases de pré-viabilidade, viabilidade, desenvolvimento e engenharia e podem constituir barreiras substanciais à implantação de tecnologias de energias renováveis e eficiência energética, sendo utilizado por mais de 250.000 pessoas em 222 países e territórios, disponibilizados em 35 idiomas que cobrem aproximadamente 2/3 da população mundial e parte integrante do currículo em mais de 270 universidades e instituições de ensino superior (RETScreen, 2013). Alguns autores utilizaram o Retscreen em seus trabalhos, como Altoé & Oliveira Filho (2010), Dutra, Tolmasquim (2002).

Com relação à demanda energética, foi considerada uma área de 7,85 ha, correspondendo à área de um pequeno produtor rural dentro das categorias de irrigantes do Perímetro de Irrigação Jaguaribe Apodi, foram realizados, então, todos os cálculos referentes à irrigação, para determinar a demanda energética a ser atendida pelo sistema de geração de energia para uma das principais culturas cultivadas no Perímetro Irrigado, a cultura da banana que, por meio de sua demanda hídrica e em função das condições edafoclimáticas utilizando um conjunto motobomba de 10 cv com vazão de  $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , para acionamento do sistema de irrigação por microaspersão, tendo um tempo total de irrigação de aproximadamente 6 h por dia com a vazão do sistema de irrigação de  $17,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , tem-se uma estimativa do consumo técnico de energia de 55.266 kW por ano.

## Resultados e Discussão

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de potência e de energia gerada considerando-se a utilização de apenas uma turbina eólica para a geração de eletricidade para consumo no bombeamento de água visando à irrigação. Em Jaguaribe-Apodi, com velocidade média de  $10 \text{ m s}^{-1}$ , tem-se uma geração de energia 160 MWh por ano. Observa-se que esse sistema de geração atende adequadamente à demanda solicitada mas nem todas apresentam viabilidade econômica na relação custo/benefício para o produtor rural.

Verifica-se, na Figura 4, que na geração de energia elétrica por meio dos sistemas de termoeletrônica e eólica, foram os únicos que apresentaram viabilidade econômica, fato este relacionado ao baixo custo e no sistema eólico pela maior velocidade média do vento ( $10 \text{ m s}^{-1}$ ). Assim, a termoeletrônica apresenta uma TIR de 6,5% o *payback* de 7,8 e a eólica, ocasionada pela velocidade do vento favorável apresentam a TIR de 3,3% e o *payback* de 6,7 anos, menor que a termoeletrônica indicando que

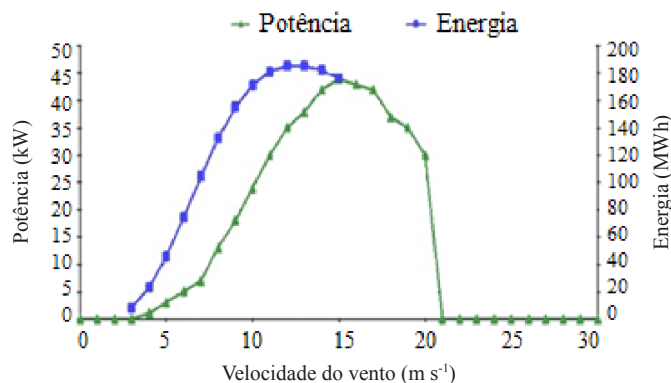


Figura 3. Curvas de potência e de energia do aerogerador no Jaguaribe-Apodi

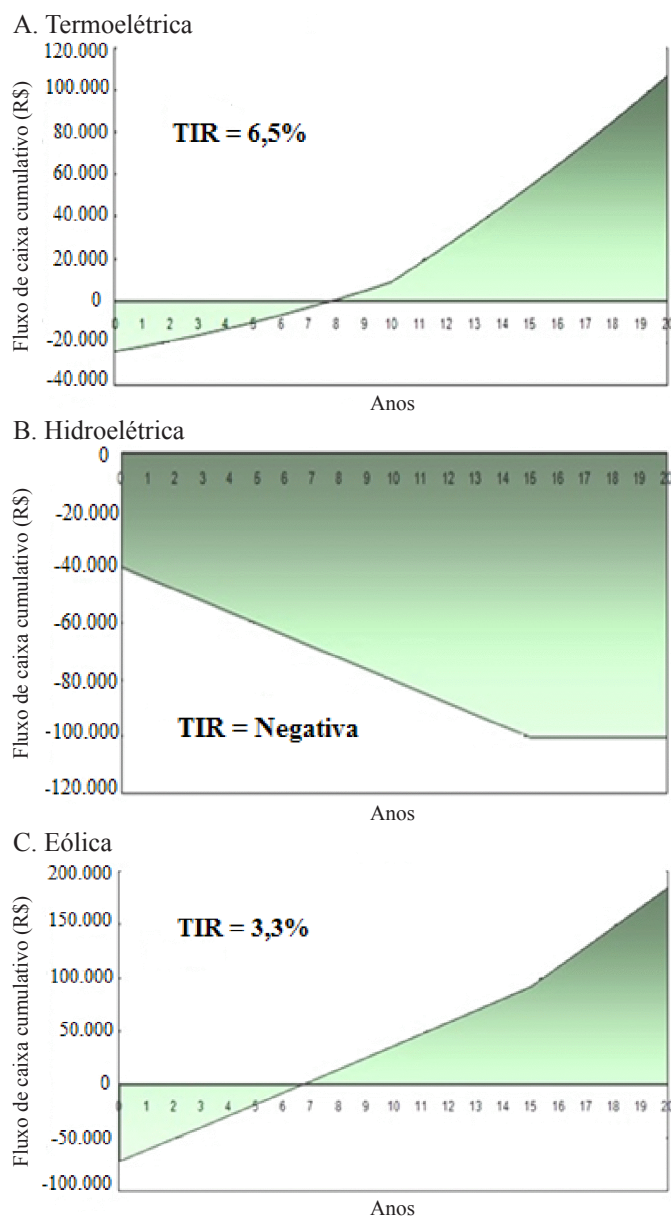


Figura 4. Viabilidade econômica dos sistemas de geração termoeletrônica, hidroelétrica e eólica respectivamente, no Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, CE

em condições de boa velocidade média do vento é viável mais economicamente que as outras fontes nas quais de acordo com

**Tabela 1.** Estimativas econômicas e tecnologias de três sistemas de geração de energia elétrica

Sistema de geração	Energia primária	Eficiência de geração (%)	Investimento (US\$/kW)	Custo da Energia (US\$/MWh)
Turbina a Gás	Gás natural	26 a 60	550 a 2.500	75 a 115
PCH	Água	80 a 90	550 a 4.500	70 a 275
Eólica	Vento	43	1.000 a 3.000	95 a 140

Fonte: adaptado de RETScreen (2013), EC (2008).

Moura (2007) o Baixo Jaguaribe possui maior disponibilidade de velocidades mais altas, devido às brisas marítimas e terrestres oriundas do litoral, a proximidade do litoral favorece a produção de energia eólica.

Segundo Vogt (2010) a transformação de energia eólica em elétrica é uma tecnologia que se tornou técnica e economicamente viável nos últimos 30 anos enquanto a produção vem crescendo cerca de 20% ao ano. A energia eólica é uma fonte de energia limpa e disponível mundialmente em lugares com velocidades de vento maiores que  $5 \text{ m s}^{-1}$ .

Ramos & Seidler (2011) concluíram, estudando o aproveitamento de energia eólica em pequenos empreendimentos no estado do Rio Grande do Sul, que a energia eólica é uma fonte de energia renovável e limpa, que pode ser usada em pequena escala, para suprir as necessidades de pequenas propriedades com um baixo custo de manutenção e de forma ecologicamente sustentável.

Segundo esses mesmos autores, a partir das análises realizadas em estação de meteorologia entre os anos de 1989 a 1994, na universidade, conclui-se que a velocidade média dos ventos foi de  $2,5 \text{ m s}^{-1}$ , o que já permite a utilização de geradores de pequeno porte suprimindo a necessidade de energia em regiões remotas ou até mesmo auxiliando nos custos dos gastos com energia no processo produtivo.

O Brasil, diferente de muitos países desenvolvidos, possui grande potencial eólico, principalmente no litoral do Nordeste, região em que foram constatadas velocidades médias anuais entre  $6$  e  $8,5 \text{ m s}^{-1}$  a  $50 \text{ m}$  de altura, de direção predominantemente nordeste e pouca turbulência durante o ano, sendo os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte os que possuem as áreas de maior potencial do país; além desses, foi verificado que no estado de Minas Gerais, mesmo a  $100 \text{ km}$  de distância do mar, possui bom potencial eólico (Silva et al., 2005).

Para o sistema das hidroelétricas, algumas combinações de fator de capacidade, custo de implantação, custos de operação e manutenção, podem ter ocasionado o valor negativo da TIR, encarecendo o projeto e tornando inviável sua utilização para algumas regiões (Machado, 2012).

Ao longo da última década, entretanto, a eficiência desses métodos de geração de energia elétrica estudados vem sendo fortemente questionada em razão da quantidade de energia a ser gerada pelo sistema, o que está associado à viabilidade econômica do empreendimento e também por questões ambientais, desde a década de 80, novas formas de energia, as denominadas renováveis, especificamente a energia eólica, estão constantemente a ser consideradas para a solução da problemática energética e ambiental. Sua aplicação pode induzir a decisões de investimento equivocadas. A razão é que eles ignoram características importantes dessas decisões como a irreversibilidade, ou seja, o fato de que o investimento

é um custo afundado de modo que o investidor não consegue recuperá-lo totalmente em caso de arrependimento e a possibilidade de adiamento da decisão de investir (Copeland & Antikarov, 2001).

Na Tabela 1 se apresenta o custo da energia elétrica do MWh para o produtor rural e o custo/benefício ao se utilizar aquela energia na sua propriedade agrícola sendo que a termoeólica apresentou menor custo de geração, em média US\$ 95,00 o MWh. Resultado semelhante obtiveram Souza et al. (2006) que, analisaram economicamente o uso do biogás da bovinocultura e o aproveitamento da energia na irrigação e chegaram a um valor médio do custo de geração de R\$ 190,00 MWh<sup>-1</sup>.

Aquela que apresentar o menor custo de geração terá, consequentemente, menor preço de aquisição, destacando também a eólica, que vem diminuindo cada vez mais seu custo de geração e ficando mais acessível para ao agricultor familiar utilizá-la no bombeamento de água para a irrigação, aumentando a produção com o menor custo de energia.

## Conclusões

A utilização da energia elétrica no Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi por meio da geração eólica, apresentou viabilidade econômica e com menor tempo de retorno do investimento de aproximadamente 7 anos, correspondente a uma taxa interna de retorno de 3,3% e um valor médio do custo da geração elétrica de US\$ 117,5 o MW h<sup>-1</sup> em relação à geração na termoeólica, que foi próximo de 8 anos; já no sistema de geração na hidroelétrica não mostrou ser viável do ponto de vista econômica.

O sistema de geração de energia elétrica na termoeólica também apresentou viabilidade econômica tendo um custo de energia em média US\$ 95,00 o MW h<sup>-1</sup>, menor, portanto, que nos outros dois sistemas de geração em virtude de sua eficiência de geração quanto ao sistema eólico.

## Literatura Citada

- Agência Nacional de Águas - ANA. Projeto de gerenciamento integrado das atividades na bacia do São Francisco ANA/GEF/PNUMA/OEA: Subprojeto 4.5C – Plano decenal de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Agricultura irrigada. Estudo Técnico de Apoio n.12. Brasília: SAS/ANA, 2004. 128p. <<http://www.cbhdoce.org.br/prhbsf/arquivos/Estudos/ET%2012%20Irigacao.pdf>>. 10 Nov. 2013.
- Altoé, L.; Oliveira Filho, D. Utilização de sistemas fototérmicos com concentradores para higienização de salas de ordenha. Revista Engenharia Agrícola, v.30, n.5, p.799-810, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500003>>.

- Commission of the European Communities - EC. Energy sources, production costs and performance of technologies for power generation, heating and transport - {COM (2008) 744}. Bruxelas: EC, 2008. 29p. <[http://ec.europa.eu/energy/strategies/2008/doc/2008\\_11\\_ser2/strategic\\_energy\\_review\\_wd\\_cost\\_performance.pdf](http://ec.europa.eu/energy/strategies/2008/doc/2008_11_ser2/strategic_energy_review_wd_cost_performance.pdf)>. 10 Dec. 2013.
- Copeland, T.; Antikarov, T. Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 368p.
- 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*, v.9, n.1, 2002. <<http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/18>>. 10 Nov. 2013.
- Els, R. H.; Diniz, J. D. A. S.; Souza, J. S. A.; Junior, A. C. P. B. eletrificação rural em santarém: contribuição das microcentrais hidrelétricas. *Revista Brasileira de Energia*, v.16, n.2, p.35-46, 2010. <<http://www.sbpe.org.br/rbe/revista/31>>. 10 Nov. 2013.
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Balanço Energético Nacional 2010: Ano base 2009. Rio de Janeiro: EPE, 2010. 276p. <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2010.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf)>. 01 Ago. 2013.
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Climatologia: mapas. <<http://www.inmet.gov.br>>. 12 Abr. 2013.
- Lacerda, N. B.; Oliveira, T. S. Agricultura irrigada e a qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará, Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.2, p.216-223, 2007. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/128/123>>. 10 Dez. 2013.
- Lara, M. Perímetros de irrigação pública respondem por menos de 10% da área irrigada no Brasil. 2010. <<http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2010/10/serie-especial-perimetros-de-irrigacao-publica-respodem-por-menos-de-10-da-area-irrigada-no-brasil-3086569.html>>. 20 Jan. 2013.
- Machado, I. G. Análise de viabilidade econômico-financeira de uma usina eólio-elétrica de 30 MW. Joinville: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2012. 56p. Monografia <<http://www.producao.joinville.udesc.br/tgeps/tgeps/2012-01/TGEPS%20-%20Isadora%20Final.pdf>>. 05 Dez. 2013.
- Manwell, J. F.; McGowan, J. G.; Rogers, A. L. Wind energy explained: theory, design and application. New York: John Wiley & Sons, 2002. 577p.
- Martins, F. M.; Oliveira, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. *Revista Engenharia Agrícola*, v.31, n.3, p.477-486, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000300008>>.
- Moura, A. S. Avaliação de metodologia de projetos de fundações superficiais de aerogeradores assentes em areias de duna. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 316p. Tese Doutorado. <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1074/1/Tese\\_2007\\_AlfranSampaio.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1074/1/Tese_2007_AlfranSampaio.pdf)>. 05 Dez. 2013.
- Oliveira, F. A.; Albuquerque, J. A.; Gadelha, W. S. Potencialidades dos perímetros irrigados do DNOCS. Fortaleza: DNOCS; Banco do Nordeste, 2012. 204p.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. Previsões de carga para o Planejamento Anual da Operação Energética 2012 – 2016. Boletim Técnico de Previsão e Acompanhamento da Carga, v.1. n.2, p.1, 2011. <[http://www.ons.org.br/download/operacao/previsao\\_carga/Boletim%20Tecnico%20Previsao%20Carga\\_Planejamento%20Energ%C3%A9tico%202012-2016.pdf](http://www.ons.org.br/download/operacao/previsao_carga/Boletim%20Tecnico%20Previsao%20Carga_Planejamento%20Energ%C3%A9tico%202012-2016.pdf)>. 22 Mar. 2013.
- Pena, H. W. A.; Homma, A. K. O.; Silva, F. L. Análise de viabilidade econômica: um estudo aplicado a estrutura de custo da cultura do dendê no estado do Pará- amazônia-brasil, 2010. Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, v.5, n.11, 2011. <<http://www.eumed.net/rev/oidles/11/phs.pdf>>. 22 Mar. 2013.
- Ramos, F. G.; Seidler, N. Estudo da energia eólica para aproveitamento em pequenos empreendimentos. *Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI*, v.7, n.13, p.108-127, 2011. <[http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero\\_013/artigos/artigos\\_vivencias\\_13/n13\\_13.pdf](http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_013/artigos/artigos_vivencias_13/n13_13.pdf)>. 22 Mar. 2013.
- RETScreen® International Clean Energy Project Analysis Software. RETScreen® International Clean Energy Decision Support Centre. (2004). Clean Energy Project Analysis: RETScreen Engineering & Cases Textbook. <<http://www.etscreen.net>> 10 Nov. 2013.
- Serviços de Manutenção Industrial e de Equipamentos de Extração de Petróleo Ltda – ENGEMEP. Atração de investimento no Estado do Ceará: mapa territorial de parques eólicos. Fortaleza: ENGEMEP, 2010. <<http://www.investimentos.mdic.gov.br/public/arquivo/arq1321639205.pdf>> 28 Out. 2013.
- Silva, N. F. da; Rosa, L. P.; Araújo, M. R. The utilization of wind energy in Brazilian electric sector's expansion", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.9, n.3, p.289-309, 2005, <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2004.04.003>>.
- Sobral, F. S. B. Avaliação do potencial eólico para geração de energia na zona rural do Estado de Sergipe. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2009. 168p. Dissertação Mestrado. <<http://200.17.141.110/pos/prodema/files/dis09/FbioStefano.pdf>>. 05 Nov. 2013.
- Souza, S. N. M.; Coldebella, A.; Souza, J.; Koeheler, A.C. Viabilidade econômica de uso de biogás da bovinocultura para geração de eletricidade e irrigação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35., 2006, João Pessoa. Anais... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006. 1 CD-Rom
- Vogt, H. H. Análise estrutural de pás de gerador eólico de pequeno porte feito de fibra vegetal brasileira. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2010. 106p. Dissertação Mestrado. <[http://www.fisica.uece.br/macfa/dissertacoes/arquivos/2010\\_HANS\\_HEINRICH\\_VOGT.pdf](http://www.fisica.uece.br/macfa/dissertacoes/arquivos/2010_HANS_HEINRICH_VOGT.pdf)>. 10 Nov. 2013.