

## **CÁLCULO TEÓRICO DE UM SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO E SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR**

**GESSÉ DE SOUSA OLIVEIRA<sup>1</sup>; ESLEY FERNANDO ALVES LIMA<sup>1</sup>; VANJA FONTENELE NUNES<sup>1</sup>; FRANCISCO NIVALDO AGUIAR FREIRE<sup>1</sup> E ANA FABÍOLA LEITE ALMEIDA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Av. Humberto Monte, Campus do Pici, Bloco 714 – Térreo, CEP 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: gesse.fisica@gmail.com;

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Av. Humberto Monte, Campus do Pici, Bloco 714 – Térreo, CEP 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: nivaldo@ufc.br;

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Av. Humberto Monte, Campus do Pici, Bloco 714 – Térreo, CEP 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: anfaleal@yahoo.com.br.

### **1 RESUMO**

O bombeamento de água para comunidades pequenas e sistemas de irrigação para a agricultura vem ganhando espaço e se tornando realidade em várias regiões do Brasil. Nesse trabalho foi realizado um cálculo teórico da potência para de um sistema fotovoltaico de bombeamento necessário para elevar 3.500 L de água a uma altura manométrica total de 22 m. Com esses dados foi simulado aplicação do mesmo para a produção do coentro. Para a potência hidráulica em questão é necessária uma potência de 173 Wp. Com essa potência do sistema fotovoltaico seria possível produzir 1.800 kg de coentro e obter uma renda de R\$ 2.700,00. Esses dados demonstram que aplicação dessa tecnologia na agricultura familiar forneceria uma renda extra, ao mesmo tempo que possibilitaria a produção do cultivo durante todo o ano.

**Palavras-chave:** Aplicação de sistemas fotovoltaicos, irrigação, geração de renda

**OLIVEIRA, G. S.; LIMA, E. F. A.; NUNES, V. F.; FREIRE, F. N. A.; ALMEIDA, A. F. L.**

**THEORETICAL CALCULATION OF A PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEM AND PRODUCTION APPLICATION SIMULATION IN FAMILY FARMING**

### **2 ABSTRACT**

Water pumping to small communities and irrigation systems for agriculture has been gaining ground and becoming a reality in several regions of Brazil. In this work the theoretical calculation of the power for a photovoltaic pumping system required to raise 3,500 L of water at a total manometric height of 22 m was carried out. With these data it was simulated application of the same for the production of coriander. For the hydraulic power in question a power of 173 Wp is required. With this power of the photovoltaic system it would be possible to produce 1,800 kg of coriander and obtain an income of R\$ 2,700.00. These data demonstrate that the application of this technology in family agriculture would provide an extra income, while allowing the production of the crop throughout the year

**Keywords:** Application of photovoltaic systems, irrigation, income generation

### 3 INTRODUÇÃO

Sistemas fotovoltaicos (SF) convertem a energia vinda do Sol através de ondas eletromagnéticas em energia elétrica. Dentre as várias aplicações dos sistemas fotovoltaicos isolados, o bombeamento de água para comunidades pequenas e sistemas de irrigação para a agricultura vem ganhando espaço e se tornando realidade em várias regiões do Brasil. Um sistema de bombeamento fotovoltaico (SBF) é constituído de gerador fotovoltaico, um equipamento de condicionamento de controle e potência, um conjunto motobomba e um reservatório armazenamento de água (PINHO; GALDINO, 2012). Tais sistemas podem contar com o uso ou não de inversores e conjunto de baterias, ou ainda o gerador fotovoltaico pode ser conectado diretamente ao conjunto motobomba.

Numa pesquisa de campo realizada por Moraes et al. (2016), foram identificados SBF nos estados do Ceará, Piauí, Pernambuco, Sergipe e Alagoas. No Ceará, além do fornecimento para necessidade de consumo humano essa tecnologia vem sendo implementada na irrigação da agricultura familiar. Valer et al. (2013) fez um levantamento de informações a respeito de SBFs aplicados na irrigação no período de 2004 – 2009, verificando a existência de projetos com *status* de operativo, ou seja, funcionando, nos municípios de Granja, Lavras de Mangabeira, Deputado Irapuan Pinheiro e Quixeramobim.

Considerando a existência de água com qualidade para produção de alimentos, disponível no lençol freático, SBFs apresentam benefícios consideráveis quanto a sua aplicação na agricultura familiar, como forma de automatização do processo de obtenção de recurso hídrico e irrigação,

tendo em vista que muitas famílias de agricultores retiram água de poços profundos ou de fontes distantes do local de uso, transformando o processo de obtenção do recurso hídrico numa tarefa dispendiosa, e cujo esforço poderia ser utilizado em outro tipo de atividade.

Outra característica a favor SBF, diz respeito a territórios que se localizam em regiões semiáridas, como Ceará que possui 80 % do seu território localizado na região do semiárido brasileiro (Ministério da Integração Nacional, 2005). Essa região está sujeita a distribuição irregular de chuvas no tempo, e no espaço, produzindo no período chuvoso, intervalos de estiagem aguda. Montenegro & Montenegro (2012) destaca que nessa região a evapotranspiração potencial, cujo valor médio é 2500 mm ano é maior que a precipitação média anual de 750 mm, gerando elevados déficits hídricos e limitando os cultivos agrícolas de sequeiro. Desta forma a utilização de SBFs em regiões semiáridas possibilitaria reduzir o déficit hídrico, ao mesmo passo que abriria a possibilidade de produção de cultivos durante o ano todo. Conforme os benefícios apresentados, este trabalho visa disseminar a possibilidade de aplicação SBFs na agricultura familiar através de uma simulação de aplicação de um SBF para a produção do cultivo do coentro, hortaliça conhecida como salsinha chinesa (*Coriandrum Sativum L*). Esta hortaliça foi escolhida para o exemplo de aplicação por apresentar melhor adaptabilidade a climas de temperaturas quentes (MATOS; SILVA, 2011). A escolha da cultura do coentro para o exemplo se deve a vários fatores, enriquecer e complementar a dieta dos agricultores familiares, possibilitar um retorno econômico rápido e de ser possível produzir em pequenas áreas (AMARO et al., 2007).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Considerações para a simulação

Para exemplo de aplicação de um SBF aplicado a irrigação na agricultura familiar foram realizadas algumas considerações conforme descritas a seguir:

- A demanda de água foi calculada para o cultivo do coentro simulando uma área de plantio de 500 m<sup>2</sup>. A literatura (AMARO et al., 2007) recomenda irrigações diárias de 4 – 10 L de água por metro quadrado de canteiro. Dessa forma, considerando a área em questão e utilizando um valor médio do volume de água por metro quadrado são necessários 3.500 L para irrigação da área de cultivo proposta nessa simulação.
- A potência do SBF foi feita segundo a metodologia descrita na literatura (PINHO; GALDINO, 2012).
- A altura manométrica total ou corrigida utilizada nesse trabalho foi

$$EH = 2,725 \times Q \times hmc \quad (1)$$

Em que: hmc – altura manométrica corrigida.

A energia elétrica diária (EEL), dada em Wh, para o processo de bombeamento

$$EEL = \frac{EH}{\eta mb} \quad (2)$$

Em que:  $\eta mb$  é eficiência da bomba, sendo utilizado valor de 25 % para bomba submersível.

$$PFV = 1,25 \times \frac{EEL}{HSP} \quad (3)$$

Em que: HSP corresponde as Horas de Sol Pleno.

### 4.4 Análise de preço de mercado do sistema de bombeamento fotovoltaico e da renda gerada

de 22 m, que corresponde a soma de 20 m (de altura da entrada na bomba até o reservatório) com 2 m (correspondendo a 20 m de tubulação). A bomba de considerada nesta aplicação foi a do tipo poço.

### 4.2 Levantamento do recurso solar

Os dados da radiação solar incidente para a região do município de Sobral (considerando-o como local de instalação) situada na latitude 3° 41' 10'' S e longitude 40° 20' 59'' W foram obtidas através do programa *Sun Data* disponibilizado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB/Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL.

### 4.3 Simulação do dimensionamento do sistema fotovoltaico para o bombeamento de água

A energia hidráulica (EH) necessária para elevar o volume diário (Q) para a irrigação foi calculada segundo a equação 1.

de água pode ser obtida pela relação a seguir:

A potência do gerador fotovoltaica (PFV, Wp), foi calculada foi obtida pela Equação 3.

Com os dados de potência do sistema de bombeamento foi realizada uma

pesquisa em sites especializados em venda destes equipamentos para inferir o custo da compra da bomba e do painel fotovoltaico. Em seguida foi feita uma projeção de produção de coentro de acordo com seu ciclo de produção (50 – 70 dias) (AMARO et al., 2007). Para avaliação da renda proporcionada pela produção do coentro foi tomando o valor do kg do coentro vendido na Ceasa Fortaleza.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Dados de Radiação Solar Disponível

Os dados da radiação solar para inclinação dos módulos fotovoltaicos com a horizontal de 0° e 4° foram obtidos através do programa *sundata* (CRESESB, 2018), podendo ser visualizado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados de radiação solar obtidos do programa *Sundata* para cidade de Sobral/CE

Irradiação solar média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia] no plano horizontal e inclinado							
Ângulo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média
0° N	5,19	5,31	5,26	4,9	5	4,91	5,49
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
	5,20	5,88	6,40	6,31	6,11	5,44	
4° N	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	5,50
	5,06	5,23	5,25	4,96	5,13	5,07	
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
	5,36	6,00	6,43	6,23	5,96	5,29	

Fonte: Cresesb (2018)

Conforme os dados disponibilizados na Tabela 1 foi possível calcular o valor das HSP para o local da simulação, obtendo um valor de 5,5 h.

### 5.2 Dados do sistema de bombeamento fotovoltaico

A energia hidráulica para elevar 3.500 L de água por dia a uma altura total de 20 m (considerando 18 m de altura manométrica e 20 metros de tubulação) obtida foi de aproximadamente 190 Wh. Considerando o rendimento típico de uma motobomba trabalhando com energia fotovoltaica de 25 %, foi possível inferir um valor de aproximadamente 173 Wp para a potência do módulo fotovoltaico.

### 5.3 Consulta de preço do sistema de bombeamento fotovoltaico e projeção de renda para a simulação

Por meio de uma pesquisa via internet, em sites especializados, visando identificar um sistema de bombeamento fotovoltaico com potência próxima a calculada neste exemplo, encontrou-se um kitbomba solar Anauger Solar P100, composto de 2 módulos fotovoltaico de 85 Wp, um drive e uma bomba. De acordo com os dados informados no manual do fabricante, esse conjunto bombeia 3.650 L a uma altura manométrica total (corrigida) de 20 m considerando HSP de 6h. Tais dados estão muito próximo dos obtidos nesse trabalho, confirmando a coerência do valor da potência fotovoltaica obtida nesta simulação e podem ser visualizados no destaque da Tabela 2.

**Tabela 2.** Dados de bombeamento para bomba de poço Anauger P100) com base numa irradiação de 6,0 kWh/m<sup>2</sup> por dia segunda a fabricante

Potência do Sistema	Elevação H (metros de coluna de água)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
100 Wp	4600	3700	3000	2400	1950	1550	1200	900	650
130 Wp	6300	5050	4100	3300	3600	2050	1600	1200	900
170 Wp	8600	7000	5600	4500	3650	2900	2250	1700	1200

Fonte: Adaptado do Manual de Instruções Anauger (2018)

O kit de bombeamento solar apresentou preço de R\$ 2.900,00. Segundo Amaro et al. (2007), em condições normais seriam produzidos 6 kg de coentro para cada 10 m<sup>2</sup> de área plantada. Assim com 500 m<sup>2</sup> seriam produzidos 300 kg de coentro. Com essa estimativa de produção, e adotando que fosse possível plantar e colher num período médio de 60 dias, seria possível produzir 1800 kg de coentro ao ano, o que resultaria numa renda anual de R\$ 2.700,00, se a produção fosse vendida na Ceasa – CEARÁ (CEASA CEARÁ, 2018).

## 6 CONCLUSÕES

O valor teórico obtida nessa simulação ficou muito próximo do valor apresentado na ficha do SFB disponibilizado pelo fabricante. Com as considerações utilizadas na simulação do SFB seria possível gerar uma renda de R\$ 2.700,00 com a produção do coentro ao longo do ano. Esses dados demonstram que aplicação dessa tecnologia na agricultura familiar forneceria uma renda extra, ao mesmo tempo que possibilitaria a produção do cultivo durante todo o ano.

## 7 REFERÊNCIAS

- AMARO, G. B.; SILVA, D. M.; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Embrapa – Circular Técnica. Brasília, n. 47, 16 p, 2007.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2005. 35 p.
- CEASA/CE – CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO CEARÁ S.A. Maracanaú, CE. Disponível em: < <http://www.ceasa-ce.com.br/index.php/precos-do-pronaf>>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA DA SALVO BRITO. **Programa Sundata**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2018. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- MANUAL DE INSTRUÇÕES ANAUGER. São Paulo: **Neosolar**, 2018. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/kit-bombeamento-solar-anauger-p100-ate-8600-l-dia-190wp.html>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

MATOS, F. A. C.; SILVA, B. **Cheiro-verde: saiba como cultivar hortaliças para semear bons negócios**. SEBRAE – Série Agricultura Familiar. Brasília, 2011. 36 p.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. 1. ed. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. cap. 1, p. 2 – 24.

MORAES, A. M.; TRIGOSO, F. B. M.; VALER, L. R.; FEDRIZZI, M. C. O papel das instituições na difusão de sistemas fotovoltaicos de bombeamento no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 6., 2016, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Energia Solar, 2016. 8 p.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2012.

VALER, L. R.; MORAIS, A. M.; MORANTE, F.; ZILLES, R.; FEDRIZZI, M. C. Experiências no semiárido cearense na implantação de sistemas fotovoltaicos para irrigação: Lições aprendidas. In: REUNIÓN DE TRABAJO DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE, 36., 2013, Tucuman. **Anais...** Tucuman Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UNT, 2013. v. 1, p. 04.25 – 04.35.