

DESEMPENHO DE DOIS SISTEMAS DE BOMBEAMENTO POR ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MEIO RURAL

**ALARISSE COSTA AVELAR¹; VANESSA DE FÁTIMA GRAH PONCIANO²;
EZEQUIEL SARETTA³; ISAAC DE MATOS PONCIANO⁴; EVERTON FARIAS
COUTRIM⁵ E MURILLO RIBEIRO DE GONÇALVES NUNES⁶**

¹ *Discente do curso de Agronomia, Instituto Federal Goiano, IF Goiano Campus Iporá, Av. Oeste, 350, Parque União, Iporá, Goiás, Brasil. alarisse.costa@estudante.ifgoiano.edu.br*

² *Professora Doutora, IF Goiano Campus Iporá, Av. Oeste, 350, Parque União, Iporá, Goiás, Brasil. vanessa.grah@ifgoiano.edu.br*

³ *Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria. Rua Ernesto Barros, 1345, Santo Antônio, 96506-322, Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. ezequiel.saretta@ufsm.br*

⁴ *Professor Doutor, Faculdade de Iporá, R. Serra Cana Brava, 512, Boa Vista, Iporá, Goiás, Brasil. ponciano.i.m@gmail.com*

⁵ *Discente do curso de Agronomia, Instituto Federal Goiano, IF Goiano Campus Iporá, Av. Oeste, 350, Parque União, Iporá, Goiás, Brasil. everton.coutrim@estudante.ifgoiano.edu.br*

⁶ *Discente do curso de Agronomia, Instituto Federal Goiano, IF Goiano Campus Iporá, Av. Oeste, 350, Parque União, Iporá, Goiás, Brasil. murillo.ribeiro@estudante.ifgoiano.edu.br*

1 RESUMO

Apesar da oferta interna de energia do Brasil ser composta em sua maioria por fontes não renováveis, o uso das fontes de energias renováveis no Brasil é três vezes maior que a média mundial. O uso de energia fotovoltaica para o bombeamento de água é uma das utilizações mais promissoras dessa fonte energética. Sendo que a energia solar é variável para os diferentes locais, seja pelo padrão climático, latitude e componentes atmosféricos, a avaliação do desempenho de bombeamento em diferentes localidades é de extrema importância para a obtenção de informações mais precisas. Diante do exposto, o presente trabalho visa avaliar o desempenho de duas motobombas fotovoltaicas, uma submersa e outra de superfície, para o bombeamento de água para uso rural, no município de Iporá-GO. Utilizou-se uma motobomba submersa Anauger R-100 e uma de superfície Shurflo 2088 instaladas a painéis fotovoltaicos. Através das análises dos dados coletados por sensores observou-se que para as mesmas condições a motobomba Anauger R-100 apresentou um melhor desempenho em bombeamento, obtendo maior vazão, maior tempo de funcionando e eficiência global do sistema.

Palavras-chave: eficiência, irradiância, viabilidade.

**AVELAR, A.C.; GRAH PONCIANO, V.F.; SARETTA, E.; PONCIANO, I.M.;
COUTRIM, E.F.; NUNES, M.R.G.
PERFORMANCE OF TWO PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS IN THE
RURAL AREA**

2 ABSTRACT

Although Brazil's energy matrix is composed mostly of nonrenewable sources, the use of renewable energy sources in Brazil is three times greater than in the world. The use of photovoltaic energy for pumping water is one of the most promising uses of this energy source. Since solar energy is variable for different locations, whether due to weather pattern, latitude and atmospheric components, evaluation of pumping performance in different locations are extremely important to obtain relevant information. Given the above, this study aims to evaluate the performance of two photovoltaic motor pumps, one submerged and one surface, for pumping water for rural use, in the municipality of Iporá-GO. An Anauger R-100 submerged motor pump and a Shurflo 2088 surface motor pump installed in photovoltaic panels were used. An Anauger R-100 submerged motor pump and a Shurflo 2088 surface motor pump installed on photovoltaic panels were used. Through the analysis of the data collected by sensors, it was observed that for the same conditions the Anauger R-100 motor pump presented a better pumping performance, obtaining greater flow, longer running time and overall system efficiency.

Keywords: efficiency, irradiance, viability.

3 INTRODUÇÃO

O advento e o desenvolvimento da energia, proveniente de diversas fontes, possibilitou que o progresso alcançasse várias regiões brasileiras. Apesar da oferta interna de energia do Brasil ser composta em sua maioria por fontes não renováveis como o petróleo e gás natural, o uso das fontes de energias renováveis no Brasil é três vezes maior que a média mundial, de acordo com o Ministério de Minas e Energia (GOVERNO DO BRASIL, 2020), devido ao uso extensivo das hidroelétricas.

A energia fotovoltaica ou energia solar é aquela na qual ocorre a obtenção de corrente elétrica proveniente de fótons presentes na radiação solar. De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2020 a energia fotovoltaica teve a contribuição de 2,8% do total da repartição de “outras fontes renováveis”, esse número representa um aumento de 92% em relação a 2018 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020). Esse aumento pode ser explicado pela redução dos preços de implantação e obtenção de materiais necessários para a instalação de painéis

solares, além dos incentivos fiscais sobre a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis (SILVA, et al. 2017).

A distribuição e a manutenção de energia elétrica de qualidade para localidades rurais ainda é um anseio dos produtores rurais. À medida que se distanciam dos centros de distribuições maiores são os problemas envolvendo a capacidade elétrica. Apesar dos esforços governamentais através de políticas públicas, como por exemplo o programa Luz para Todos e Eletrificação Rural, que tentam garantir a chegada de energia a todos, ainda é grande o número de comunidades e famílias rurais que convivem com a ausência da eletricidade.

Como uma alternativa a essa problemática, a energia solar fotovoltaica (FV) pode contribuir com o desenvolvimento da produção rural ocasionando uma maior independência dos serviços de eletricidade além da redução dos custos de operação, possibilitando que o produtor obtenha uma renda satisfatória e diminuindo o êxodo rural (TABOSA, et al. 2019). Além do aspecto social e econômico, a energia FV leva para o homem do campo

uma vasta gama de possibilidades na tecnificação de suas atividades (SILVA, et al. 2017).

O uso de energia fotovoltaica para o bombeamento de água é uma das utilizações mais promissoras dessa fonte energética. Existem no mercado diversas bombas adaptadas para painéis solares e sua escolha deve ser de acordo com o projeto de instalação (FLORES, 2019). Esse tipo de bombeamento propicia ao produtor fácil instalação, baixo custo de manutenção e operação, além de possibilitar a utilização em locais que não possuem acesso à energia elétrica (GHONEIM, 2005).

Nesse contexto, a avaliação do sistema de bombeamento traz informações mais precisas quanto ao desempenho das motobombas para os diferentes locais de estudos. Sendo a energia solar um fator variável para os diferentes locais, decorrente de alteração climática, latitude e componentes atmosféricos, é de suma importância a avaliação de sistemas de bombeamentos com o uso desta fonte energética para um levantamento de informações quanto a economia financeira com os gastos energéticos e eficiência do sistema de bombeamento.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de duas motobombas fotovoltaicas, uma submersa e outra de superfície, para o bombeamento de água para uso rural, no município de Iporá-GO.

4 MATERIAL E MÉTODOS

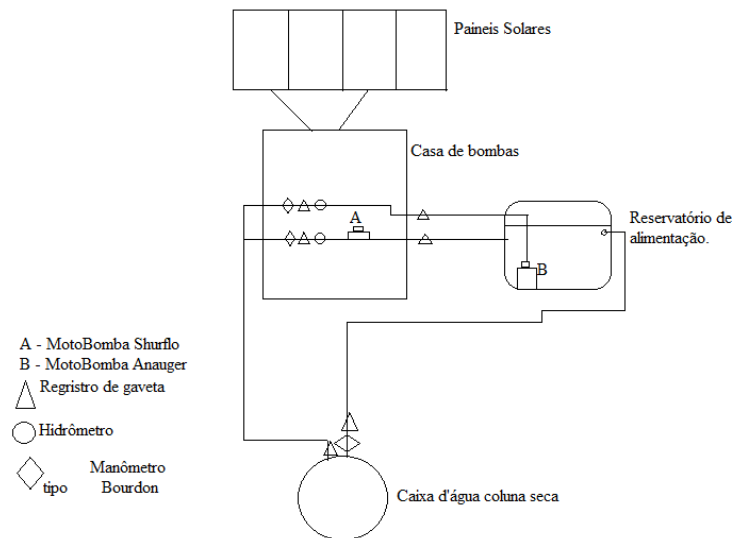
O presente experimento ocorreu no campo experimental da Fazenda Escola do IF Goiano – Campus Iporá (16°25' 29" S, 51°09'04" W e altitude de 584 m). A coleta dos dados foi realizada durante o mês de junho de 2021. A cidade de Iporá apresenta

duas estações bem definidas sendo que a estação úmida ocorre durante os meses de outubro a março e corresponde à primavera e verão, e os meses de abril a setembro são relativos ao período de seca, caracterizado pelas estações outono e inverno. As temperaturas médias variam entre mínima de 18°C e máxima de 26°C, ainda segundo Alves e Mariano (2015) o clima de Iporá pode ser definido como Aw tipo savana, com precipitação média anual de 1628 mm, segundo dados fornecidos pela Agência Nacional das Águas (ANA).

Os dados utilizados para as análises foram coletados durante o mês de junho, quando acontece o solstício de inverno, onde o sol está no seu menor ângulo em relação ao eixo da terra, sendo que no dia 21 de junho apresenta a declinação mais distante em relação ao plano terrestre, sendo o dia de menor duração. Assim, os dados foram coletados em situação crítica, já que os raios solares chegavam no painel em um ângulo oblíquo, e sua forma mais eficiente de recepção é a perpendicular.

O sistema de geração fotovoltaica era composto por quatro painéis, orientados para o norte, com dois geradores conectados em série com a bomba Anauger R-100 (bomba submersa); um gerador conectado com a bomba Shurflo (bomba de superfície); e um gerador conectado com o Datalogger. Cada sistema FV era independente.

Para cada sistema de bombeamento estava instalado um manômetro do tipo Bourdon e um registro de gaveta para se controlar a vazão. O sistema fotovoltaico acionava a motobomba, esta captava água de um reservatório de água de alimentação/estabilização e bombeava para uma caixa d'água de coluna seca tipo taça, com aproximadamente 7 metros de altura. A água permanecia nesse fluxo em circuito fechado (Figura 1).

Figura 1. Descrição do sistema de bombeamento fotovoltaico.

Fonte: autoria própria.

O registro de dados foi realizado utilizando o datalogger da FieldLogger, com entradas analógicas e digitais, com fonte de alimentação auxiliar de 24 v. Para cada sistema de bombeamento foram medidos os dados de: tensão elétrica (V), corrente (A), irradiância solar na horizontal – ITH ($W m^{-2}$), irradiância solar inclinada dos geradores FV (que estão orientados ao norte com ângulo de 16° , de acordo com a latitude local) - ITA ($W m^{-2}$), volume de bombeamento (L) e tempo de bombeamento (h).

O tempo de bombeamento diário (h) foi determinado com os dados do hidrômetro e a vazão de cada motobomba ($L min^{-1}$) foi calculada por meio do volume bombeado a cada 15 minutos, intervalo de tempo entre as leituras do hidrômetro. A potência elétrica e o rendimento global do sistema foram calculados conforme Equações 1 e 2, respectivamente.

$$P = I \times V \quad (01)$$

Em que, P é a potência elétrica (Watts), I é a corrente (Ampère) e V é a tensão elétrica (Volts).

$$\eta_G = \frac{P_h}{ITA \times E_f} \quad (02)$$

Em que, η_G é o rendimento global (%), P_h é a potência consumida pela motobomba (W), ITA radiação no plano inclinado (W/m^2) e E_f é a eficiência do painel é de 15% (0,1515).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A importância dos ângulos solares é verificada através da Tabela 1, onde é possível observar a diferença da irradiância total entre o plano horizontal (ITH) e a irradiância no plano inclinado (ITA). Em seus estudos, Kaufmann (2014) apontou também diferenças entre a irradiância horizontal média (kWh) e a irradiância inclinada média (kWh), para o dia 16/08 a irradiância horizontal foi medida em 52,17 kWh e a inclinada em 63,98 kWh.

Tabela 1. Dados de irradiância solar na horizontal (ITH), radiação solar no plano inclinado igual a latitude do local, 16° (ITA), a potência gerada pelos painéis levando em consideração uma eficiência de 15,15% e as potências consumidas pelas motobombas Anauger e Shurflo.

Dados Painel solar	Mês crítico - Junho
ITH acumulado (W/m ²)	559780,0
ITA acumulado (W/m ²)	714754,0
Potência gerada acumulada (W/m ²)	108285,2
Potência gerada mensal (kWh)	27,1
Potência consumida mensal Anauger (kWh)	20,8
Potência consumida mensal Shurflo (kWh)	2,2

Ainda na Tabela 1 é possível observar que a potência acumulada no mês de junho produzida por um painel solar foi resultante a 27.1 kWh. Kaufmann (2014) ainda demonstrou que em 9 dias no mês de agosto, o painel solar gerou diariamente uma média de 11 kWh.

A Tabela 2 mostra o tempo de bombeamento onde a Anauger apresentou maiores resultados em comparação com a Shurflo, o que é explicado pela presença do

Driver em seu sistema. Aleman, Paes e Ferreira (2019) encontraram uma média diária no tempo de funcionamento semelhante na utilização do mesmo modelo de motobomba, Anauger R-100, entre 9 e 15 horas por dia. Verifica-se que o volume bombeado, em que a Anauger apresentou um volume 82,87% maior que o volume bombeado pela motobomba Shurflo, durante o mês de junho.

Tabela 2. Dados Hidráulicos do sistema de bombeamento para a motobomba de superfície da Shurflo 2088 e para a motobomba submersa da Anauger R-100.

	Shurflo	Anauger	Diferença
Volume acumulado (m ³)	139,30	254,75	115,44
Vazão média do período (L/min)	7,03	12,4	5,40
Potência média (W)	8,73	66,9	58,12
η_G (%)	8,49%	42,67%	34,18%
T bombeamento médio diário (h)	08:14:54	10:20:52	02:05:58

A motobomba Shurflo apresentou uma vazão média diária de 3360 L/dia. Kolling et al. (2004), em condições de melhor desempenho do sistema encontrou vazão de 5565 L/d com a mesma motobomba. Já a motobomba Anauger R-100 apresentou vazão média diária de 7440 L/dia, obtendo uma vazão 76,39% maior que a Shurflo 2088. Apesar dessa diferença entre elas, Aligah (2011) relata que embora existam diversos modelos e tamanhos de motobombas fotovoltaicas, a maioria utilizada na agropecuária possui vazão

média entre 7 a 15 litros por minuto (10080 a 21600 L/dia).

O rendimento global do sistema, que se refere a eficiência de conversão de energia FV inclinada (ITA) para energia hidráulica, é influenciado principalmente pelo desempenho da motobomba no sistema fotovoltaico. Os dados para a obtenção dos gráficos de rendimentos foram coletados diariamente e utilizou-se dados de 10 dias. Por meio das Figuras 2 e 3, observa-se que quanto maior a potência de consumo da motobomba maior é o rendimento global do sistema, ou seja, maior é a eficiência da

motobomba em utilizar energia fornecida pelo gerador fotovoltaico para o bombeamento de água.

Figura 2. Rendimento Global Anauger R-100 Pela Potência Elétrica.

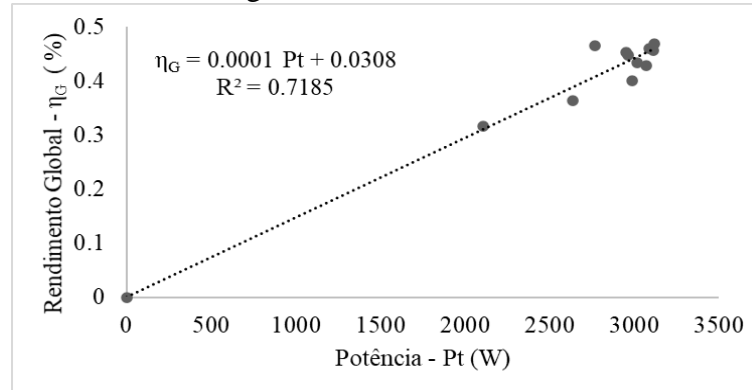
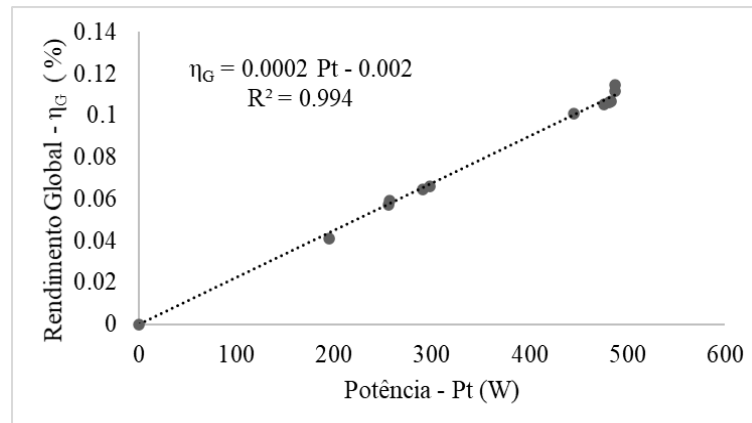


Figura 3. Rendimento Global Shurflo Pela Potência Elétrica.



Kolling et al. (2004) avaliou a eficiência da motobomba em relação ao nível de irradiância e partir disso concluíram que o comportamento da eficiência global do sistema é crescente com o incremento da radiação, porém decresce posteriormente o que pode ser explicado pelo fato de que a potência hidráulica da motobomba é limitada e a energia luminosa não. Vera et al. (2019) utilizando placas solares monocristalinas encontrou que a potência dos painéis e a potência hidráulica foram constantes, observaram também que a eficiência global do sistema utilizado ficou dentro dos padrões esperados.

A partir do exposto é possível notar diferenças entre o desempenho hidráulico e energético das motobombas, apesar de que ambas funcionaram em situações que não exigiram o máximo da capacidade fornecida pelo fabricante, sendo assim, não demonstraram sua eficiência máxima. Dessa maneira, para futuros estudos, recomenda-se a realização de ensaios com as motobombas para estudar seu comportamento, obtendo seu rendimento em diferentes vazões e alturas manométricas. Posteriormente, o aumento da altura manométrica utilizada no sistema de bombeamento, de modo a observar se o rendimento das duas motobombas terá valores mais satisfatórios.

6 CONCLUSÃO

Para as mesmas condições a motobomba Anauger R-100 apresentou um melhor desempenho no bombeamento de água fonte de energia fotovoltaica, apresentando maior vazão, maior tempo de funcionando, maior volume bombeado e melhor eficiência global do sistema.

7 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa de Goiás (FAPEG) pela concessão do aporte financeiro para realização do projeto de pesquisa (Edital 03/2015). Ao Instituto Federal Goiano pelas condições físicas e técnicas para instalação do projeto de pesquisa.

8 REFERÊNCIAS

- ALEMAN, C. C.; PAES, R. G.; FERREIRA, T. S. Photovoltaic pumping for drip irrigation. *In: WORD IRRIGATION FORUM*, 3., 2019, Bali. **Proceedings [...]**. Bali: Word Irrigation Forum, 2019, v.1, p. 1-9.
- ALIGAH. M. A. Design of photovoltaic water pumping system and compare it with diesel powered pump. **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, Jordan, v.5, p.273-280, 2011.
- ALVES, W. S.; MARIANO, Z., F. A distribuição espacial da temperatura e umidade relativa do ar máxima e mínima absoluta: um estudo de caso em Iporá/GO. **Revista de Formação**, Presidente Prudente, v.2, p.192-211, 2015.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2020**. RIO DE JANEIRO, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf. Acessado em: 22 jun. 2021.
- FLORES, A. A. B. **Dimensionamento de bombeamento hidráulico para elevação de água alimentado por energia solar fotovoltaica**. 2019. Monografia (Engenharia de Energia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2019.
- GHONEIM, A. Design optimization of photovoltaic powered water pumping systems. **Energy Conversion Management**, London, v. 47, p. 1449-1463, 2006.
- GOVERNO DO BRASIL. **Uso de fontes renováveis no brasil é três vezes maior que o mundial**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/07/uso-de-fontes-renovaveis-no-brasil-e-tres-vezes-maior-que-o-mundial>. Acessado em: 22 jun. 2021.
- KAUFMANN, G. V. **Avaliação do potencial de geração solar fotovoltaica e análise em tempo real da operação de um painel fotovoltaico instalado na cidade de Lajeado/RS**. 2014. Monografia (Engenharia Ambiental) – UNIVATES, Lajeado.2014.

KOLLING, E. M.; SOUZA, S. N. M. de; RICIERI, R. P.; SAMPAIO, S. C.; DALLACORT, R. Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, p.527-535, 2004.

SILVA, F. V. P; FEITOSA, H. O; PEREIRA, C. F; SILVA, J. A. S; FEIOSA, E. O. Potencial de energia solar para irrigação no município de Barbalha-CE. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.32, p.57-64, 2017.

TABOSA, F. J. DA S., COSTA, E. M., DO AMARAL FILHO, J., TROMPIERI NETO, N., ARAÚJO, J. A., DOS SANTOS, C. P. B. Análise da demanda por energia elétrica no meio rural do Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, v. 1, n.52, p. 149-188, 2019.

VERA, A. A. P.; BELTRÁN, H. J. C.; TOREES, J. C. Z.; GUZMÁN, J. J. M.; BRAGA, S. L. Experimental study of a photovoltaic direct current water pumping system for irrigation in rural-isolated region of Arequipa, Peru. **Renewable Energy**, Brighton, v. 141, n. 1, p. 1-11, 2019.