

SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEAMENTO COM CARGA MOTRIZ ADICIONAL

André Oliveira Queiroz (UNIFAP) - andrequeiroz_ap@hotmail.com

Alaan Ubaiara Brito (UNIFAP) - aubrito@unifap.br

Geraldo Neves de Albuquerque Maranhão (UNIFAP) - geraldo.maranhao@gmail.com

Sérgio Murilo Gonçalves SILVA (UNIFAP) - murilo.gon@live.com

Gilvan Portela Oliveira (IEPA) - gilvanp36@gmail.com

Resumo:

Sistemas fotovoltaicos de bombeamento com conversor de frequência tem se consolidado com uma alternativa de suprimento de água em localidades rurais desprovidas de atendimento energético. Tais sistemas são do tipo conexão direta e, portanto, é comum a ocorrência de duas situações de operação: energia disponível e o reservatório cheio ou energia disponível e insuficiente para realizar o bombeamento de água. Deste modo, este trabalho teve por objetivo avaliar o uso compartilhado de um sistema fotovoltaico de bombeamento com conversor de frequência e uma carga motriz do tipo agrícola (Ralador de Mandioca). A configuração proposta foi monitorada em um dia de sol para identificar o perfil de operação. Foi realizada uma proposta de parametrização do conversor de frequência para acionamento de ambas as cargas motrizes, motobomba e ralador de mandioca e posteriormente, registrada a produção de mandioca processada no assentamento agrícola. Os resultados mostraram que essa configuração é bem adequada para o setor rural, pois permite a integração do sistema fotovoltaico de bombeamento com equipamentos agrícolas que irão auxiliar o produtor rural no beneficiamento de sua produção.

Palavras-chave: *Sistema Fotovoltaico de Bombeamento, Conversor de Frequência, Tecnologia Social*

Área temática: *Conversão Fotovoltaica*

Subárea temática: *Aspectos técnicos de sistemas fotovoltaicos instalados*

SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEAMENTO COM CARGA MOTRIZ ADICIONAL

André Oliveira Queiroz – andrequeiroz_ap@hotmail.com

Alaan Ubaiara Brito – aubrito@unifap.br

Geraldo Neves de Albuquerque Maranhão – geraldo.maranhao@gmail.com

Sérgio Murilo Gonçalves Silva – murilo.gon@live.com

Universidade Federal do Amapá, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas

Gilvan Portela Oliveira - gilvanp36@gmail.com

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá

Resumo. *Sistemas fotovoltaicos de bombeamento com conversor de frequência tem se consolidado com uma alternativa de suprimento de água em localidades rurais desprovidas de atendimento energético. Tais sistemas são do tipo conexão direta e, portanto, é comum a ocorrência de duas situações de operação: energia disponível e o reservatório cheio ou energia disponível e insuficiente para realizar o bombeamento de água. Deste modo, este trabalho teve por objetivo avaliar o uso compartilhado de um sistema fotovoltaico de bombeamento com conversor de frequência e uma carga motriz do tipo agrícola (Ralador de Mandioca). A configuração proposta foi monitorada em um dia de sol para identificar o perfil de operação. Foi realizada uma proposta de parametrização do conversor de frequência para acionamento de ambas as cargas motrizes, motobomba e ralador de mandioca e posteriormente, registrada a produção de mandioca processada no assentamento agrícola. Os resultados mostraram que essa configuração é bem adequada para o setor rural, pois permite a integração do sistema fotovoltaico de bombeamento com equipamentos agrícolas que irão auxiliar o produtor rural no beneficiamento de sua produção.*

Palavras-chave: *Sistema Fotovoltaico de Bombeamento, Conversor de Frequência, Tecnologia Social.*

1. INTRODUÇÃO

Sistemas fotovoltaicos de bombeamento são muito utilizados no setor rural como alternativa viável para abastecimento de água. Dentre as várias configurações conhecidas, tem se popularizado a de conexão direta e que faz uso do conversor de frequência (CF) como dispositivo de condicionamento de potência (Brito, 2006; Brito e Zilles, 2006; Maranhão *et al.*, 2016).

Dentre as vantagens dessa configuração tem-se que o CF permite o uso de motobombas convencionais, logo, se dispõe de uma sólida rede de distribuição e assistência técnica local para esses equipamentos (CF e Motobombas) (Abella, Lorenzo e Chenlo, 2003), além do mais, são ofertados no mercado em ampla faixa de potência permitindo assim aplicações onde se objetiva grande volume de água (Valer *et al.*, 2016).

Por se tratar de um sistema do tipo de conexão direta, sem banco de baterias, haverá períodos do dia em que o sistema de geração ficará ocioso, seja pelo fato do reservatório estar totalmente abastecido, ou em situações de baixos níveis de irradiância onde a potência do gerador fotovoltaico é insuficiente para que o sistema realize o bombeamento de água.

Neste sentido, objetivando o aproveitamento da energia produzida pelo gerador fotovoltaico nas situações citadas, este trabalho avaliou um sistema fotovoltaico de bombeamento com CF, compartilhado com outra carga motriz haja vista que, o CF permite aplicações do tipo multimotores.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BOMBEAMENTO E CARGA MOTRIZ

O estudo foi realizado em um assentamento rural no estado do Amapá denominado de “Retiro Deus Proverá”, coordenadas geográficas, 0,59386 N e 50,72525 W. Nessa localidade, encontra-se instalado um sistema fotovoltaico de bombeamento com CF (SFB-CF), Fig. 1.



Figura 1 - (a) gerador fotovoltaico instalado na localidade e (b) estrutura montada para o reservatório de água.

O poço do sistema fotovoltaico de bombeamento é do tipo tubular e possui 40 m de profundidade e a motobomba está instalada a 18 m da superfície. O reservatório tem capacidade de 3000 litros e está apoiado a 5 m de altura do solo. Considerando as perdas na tubulação de PVC e o rebaixamento do nível estático, estima-se que a altura manométrica total varie na faixa dos 16 a 25 m de coluna d'água, porém não pôde ser determinada durante o estudo.

Como carga motriz adicional ao sistema fotovoltaico de bombeamento, foi utilizado um ralador de mandioca (Fig. 2). As especificações técnicas do SBF-CF e ralador de mandioca são apresentadas nas Tab. 1 e 2.



Figura 2 - Ralador de mandioca utilizado como carga motriz adicional.

Tabela 1 - Especificações técnicas dos equipamentos do sistema fotovoltaico de bombeamento e ralador de mandioca.

DESCRIÇÃO	POTÊNCIA	CORRENTE NOMINAL	ROTAÇÃO	FATOR DE POTÊNCIA	EFICIÊNCIA
Conversor de frequência CFW 500 WEG	1 CV	4,3 A	-	Não informado	Não informado
Motobomba trifásica EBARA cód. 4BPS5f-06	¾ CV	4,9 A	3420 RPM	Não informado	Não informado
Motor trifásico WEG cód. 12216002 (ralador de mandioca)	1 CV	3,26 A	1740 RPM	0,75	80,5%

Tabela 2 - Parâmetros elétricos dos módulos fotovoltaicos instalados na localidade.

PARÂMETROS EM STANDARD TEST CONDITIONS (STC)	UNIDADE	VALORES
Potência de saída – W_p	W	55,00
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	V	21,85
Corrente de curto-circuito (I_{sc})	A	3,24
Tensão de máxima potência (V_{mp})	V	18,20
Corrente de máxima potência (I_{mp})	A	3,04

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para monitorar o sistema durante realização dos ensaios de campo, foram utilizados os transdutores listados na Tab. 3. Foi utilizado, também, o Data Logger Agilent 34970A para armazenamento dos dados.

Tabela 3 - Descrição técnicas dos transdutores utilizados.

TIPO	MODELO	DESCRIÇÃO
Célula Fotovoltaica Calibrada	<i>Spektron 210</i> . Tensão de 75, 10mV em 1000 W/m ² .	Medição da irradiância.
Sensor de temperatura ambiente	Sem marca. PTC 1000.	Medição da temperatura ambiente.
Resistor <i>shunt</i>	Sem marca. Capacidade 10 A, saída: 0 – 1000 mV.	Medição de corrente.
Transdutor de tensão	SECOM, Entrada: 0 – 500 V, Saída: 0 – 10V.	Medição de tensão.

A associação do ralador de mandioca ao SFB-CF se deu conforme configuração apresentada na Fig.3. Nessa configuração, o chaveamento entre as cargas motrizes é realizado de forma manual pelo usuário do sistema.

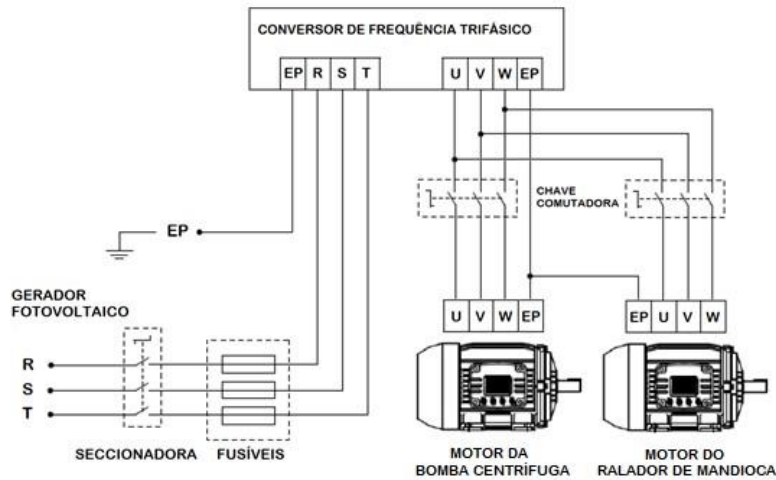


Figura 3 - Configuração do SFB-CF com a associação do ralador de mandioca.

Para realizar a análise do SFB-CF associado ao ralador de mandioca, primeiramente foi realizado o monitoramento do sistema em um dia de sol para identificar o perfil de operação. Feito isto, foi realizada uma proposta de parametrização do CF para acionamento de ambas as cargas motrizes, motobomba e ralador de mandioca e finalmente, registrada a produção de mandioca processada no assentamento agrícola. Na Fig. 4, é evidenciado o processamento de mandioca no local de estudo.



Figura 4 – Processamento de mandioca com o ralador.

4. RESULTADOS

A Fig. 5 apresenta o resultado do monitoramento da operação do SFB-CF em um dia de sol. Neste dia, o usuário fez o acionamento da motobomba às 10h57min e desligou às 12h34min, após enchimento do reservatório de 3000 litros. O tempo total de funcionamento da motobomba foi de 1h37min onde pode-se observar o longo período em que o sistema fica ocioso, 7h42min, tal como observado nos intervalos identificados no gráfico. O valor de irradiância em cada extremo do intervalo são listados na Tab. 4.

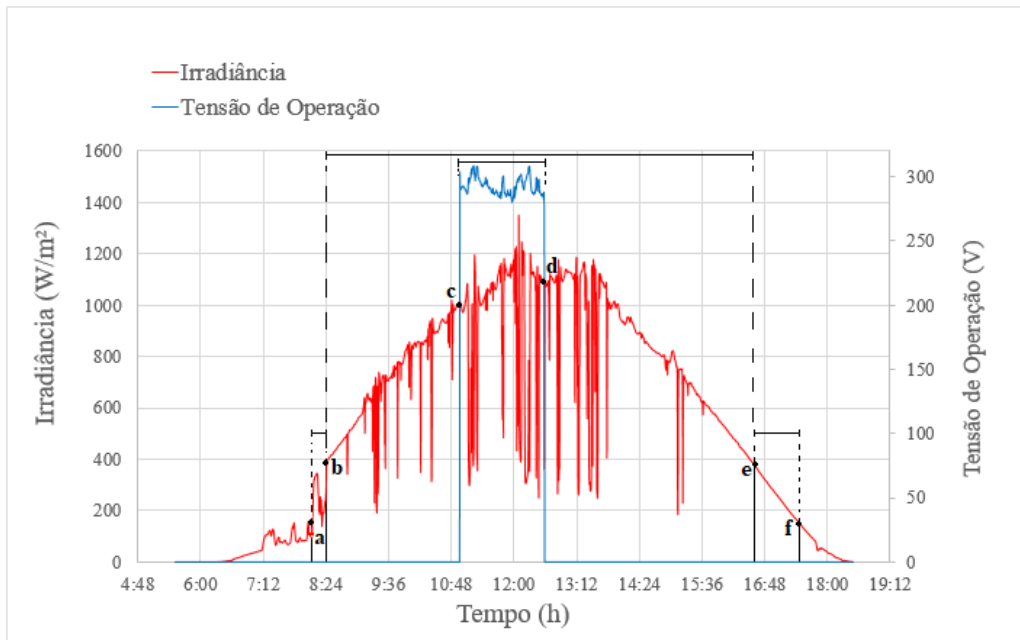


Figura 5 - Perfil de operação do sistema fotovoltaico de bombeamento de água.

Tabela 4 - Valores de irradiância referente ao gráfico da figura 5.

PONTO	IRRADIÂNCIA (W/m ²)	HORÁRIO
a	156	8:08
b	375	8:24
c	1005	10:57
d	1107	12:34
e	375	16:36
F	156	17:27

Nos intervalos “a-b” e “e-f” o SFB-CF não bombeia água, porém é possível o acionamento do motor do ralador de mandioca. Nesse dia específico, seria possível ralar mandioca por 0h51min, mesmo que o SFB-CF fosse utilizado para bombeamento de água no intervalo “b-e”, mostrando assim, a vantagem de compartilhamento da geração de um sistema de conexão direta. A proposta de parametrização do CF para acionamento de ambas as cargas motrizes, motobomba e ralador de mandioca, é apresentada na Tab. 5.

Tabela 5 - Programação realizada no CFW 500 para SFB-CF e ralador de Mandioca.

PARÂMETRO	FUNÇÃO	AJUSTE FÁBRICA	AJUSTE APLICADO
P0100	Tempo de aceleração	10,0 s	1,0 s
P0101	Tempo de desaceleração	10,0 s	1,0 s
P0121	Referência via HMI	3,0 Hz	60,0 Hz
P0134	Velocidade máxima	66,0 Hz	60,0 Hz
P0135	Corrente de saída máxima	1,5 x P0401	7,0 A
P0156	Corrente de sobrecarga 100%	1,1 x P0401	5,4 A
P0157	Corrente de sobrecarga 50%	1,0 x P0401	4,9 A
P0158	Corrente de sobrecarga 5%	0,8 x P0401	3,9 A
P0203	Seleção da função especial	0 = Nenhuma	1 = PID via AI1
P0220	Seleção local/remoto	2 = Tecla HMI (LOC)	3 = Tecla HMI (REM)
P0222	Seleção da referência REM	1 = AI1	10 = Sem função
P0297	Frequência de chaveamento	5.000 Hz	15.000 Hz
P0320	<i>Flying start/ride-through</i>	0 = Inativas	2 = FS / RT
P0331	Rampa de tensão FS e RT	2,0 s	10,0 s
P0340	Tempo de auto <i>reset</i>	0 s	30 s
P0399	Rendimento nominal motor	75,00%	70,0%
P0401	Corrente nominal do motor	1,0 x P0295	4,9 A
P0402	Rotação nominal do motor	1710 rpm	3420 rpm
P0404	Potência nominal do motor	8 = 3,00 HP (2,20 kW)	5 = 1,00 HP (0,75 kW)
P0407	Fator de potência nominal do motor	0,8	0,75
P0521	Ganho integral do controlador PID	0,43	0,666
P0525	<i>Setpoint</i> do controlador PDI pela HMI	0,00%	54,00%
P0527	Tipo de ação do controlador PID	0 = Direto	1 = Reverso
P0536	Ajuste automático P0525	0 = Inativo	1 = Ativo

Na Tab. 6 é apresentado o registro da produção de mandioca processada no assentamento agrícola durante o período de 16 de abril a 15 de agosto de 2019. No total, foram 8 dias de utilização do ralador de mandioca, sempre após o enchimento do reservatório.

Tabela 6 - Registro da produção de mandioca processada com o ralador.

DATA	PRODUÇÃO (SACA)	HORA INICIO	HORA FIM	TEMPO DE PROCESSAMENTO (min)	TAXA DE PRODUÇÃO (saca/h)
16/04/19	4	14:30	15:00	30	8,0
30/04/19	4,5	15:34	16:01	27	10,0
21/05/19	5	15:28	16:06	38	7,9
29/05/19	4	15:06	15:34	28	8,6
03/07/19	5	15:52	16:38	46	6,5
11/07/19	7	15:15	16:15	60	7,0
31/07/19	6	15:54	16:33	39	9,2
15/08/19	2	17:13	17:38	25	4,8
MÉDIA					7,8

Com base nos registros da Tab. 6 foi calculada a taxa média de produção de mandioca processada, 7,8 saca/h. Observa-se, também, que a menor taxa ocorre no dia 15/08/2019, pois nesse dia o ralador foi utilizado ao final do dia, horário em que o nível de irradiância é baixo e o ralador não opera em sua potência nominal. Na Fig. 6 observa-se a variação da taxa de produção ao longo dos dias de utilização do ralador de mandioca. Essas variações se mantêm próxima da média quando o ralador foi utilizado nos horários onde o nível de irradiância permite que este opere na potência nominal.

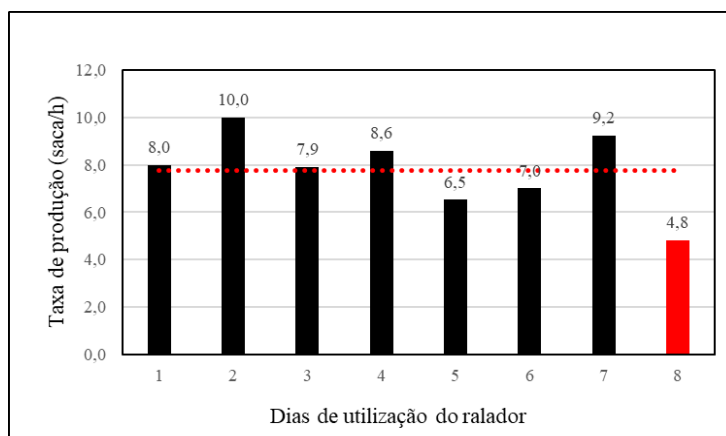


Figura 6 - Taxa de produção de mandioca processada.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou um SFB-CF associado a outra carga motriz com o objetivo de otimizar o aproveitamento da energia produzida pelo gerador fotovoltaico. Foi selecionada como carga motriz adicional um ralador de mandioca haja vista a atividade de produção de farinha no local. Para este tipo de aplicação foi realizada uma proposta de parametrização do CF para acionamento de ambas as cargas motrizes, motobomba e ralador de mandioca. Os resultados mostraram que essa associação é bem adequada para o setor rural, pois permite a integração do SFB-CF com equipamentos agrícolas que irão auxiliar o produtor rural no beneficiamento de sua produção agrícola.

Agradecimentos

Os autores manifestam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amapá (FAPEAP) e ao Prêmio “Professor Samuel Benchimol e Banco da Amazônia de Empreendedorismo Consciente” pelo aporte financeiro em diferentes fases do projeto.

REFERÊNCIAS

- Abella, M. A., Lorenzo, E., Chenlo, F. PV Water Pumping Systems Based on Standard Frequency Converters. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, v. 11, n. 3, p. 179–191, 2003.
- Brito, A. U. Otimização do Acoplamento de Geradores Fotovoltaicos a Motores de Corrente Alternada Através de Conversores de Frequência Comerciais para Acionar Bombas Centrífugas (Tese). Universidade de São Paulo, 2006.
- Brito, A. U., Zilles, R. Systematized Procedure for Parameter Characterization of a Variable-Speed Drive Used in Photovoltaic Pumping Applications. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, v. 14, n. 3, p. 249–260, 2006.
- Maranhao, G.N.A., Brito, A.U., Pinho, J.T., Fonseca, J.K.S., Leal, A.M., Macedo, W.N. Experimental Results of a Fuzzy Controlled Variable-Speed Drive for Photovoltaic Pumping Systems: A Review. *IEEE Sensors Journal*, v. 16, n. 9, p. 2854–2864, 2016.
- Valer, L.R., Melendez, T.A., Fedrizzi, M.C., Zilles, R., de Moraes, A.M. Variable-speed drives in photovoltaic pumping systems for irrigation in Brazil. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 15, 2016.

PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEM WITH ADDITIONAL DRIVING LOAD

Abstract. *Photovoltaic pumping systems with variable-speed drive has been consolidated with an alternative water supply in countryside devoid of energy service. Such systems are of direct coupling and, therefore, it is common to occur two operating situations: available energy and the reservoir full or energy available and insufficient to perform water pumping. Thus, this work aimed to evaluate the shared use of a photovoltaic pumping system with variable-speed drive and a driving load. The proposed configuration was monitored on a sunny day to identify the operation profile. A proposal was made to parameterize the variable-speed drive for the activation of both driving loads and subsequently recorded the production in the countryside. The results showed that this configuration is very adequate for the countryside, as it allows the integration of the photovoltaic pumping system with agricultural equipment that will assist the rural producer in the processing of its production.*

Keywords: *Photovoltaic Pumping System, Variable-Speed Drive, Social Technology.*