

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE BOMBEAMENTO NAS COMUNIDADES DA RESEX TAPAJÓS ARAPIUNS – VISTA ALEGRE E PRAINHA DO MARÓ

Carlisson Kaick da Rocha Sousa – carlisson17rs@gmail.com

Jociênisson dos Santos Sena

Gabriel Yúri Campos Lacerda

Lazaro João Santana da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém, Instituto de Engenharia e Geociências

Karina Ninni Ramos

Michigan State University – Center for Global Change and Earth Observations

Resumo. Este trabalho apresenta informações e resultados do projeto realizado pela UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará) em parceria com a MSU (Michigan State University) sobre a implantação de um Sistema de Bombeamento Fotovoltaico na comunidade de Prainha do Maró e Vista Alegre, ambas localizadas na Resex Tapajós-Arapiuns, em Santarém-Pará. A instalação configura-se como um modelo de abastecimento de água, sem poluição ambiental que pode ser usada para vários fins, como por exemplo, na lavagem de alimentos, consumo de água pelos comunitários. Resultados importantes foram alcançados com a implantação deste sistema (SBFV), entre os quais temos: menor consumo do óleo diesel, abastecimento dos reservatórios de água (caixas d'água ou tanques), melhoria na qualidade de vida através do abastecimento das caixas d'água particulares dos comunitários, apresentando funcionamento pleno por até 2 horas diárias, tempo necessário para abastecer a caixa d'água principal das localidades. O sistema fotovoltaico juntamente com a bomba submersa foi instalado em 4 dias apresentando pleno funcionamento até os dias de hoje, não apresentando problemas para as comunidades que receberam o sistema de bombeamento.

Palavras-chave: Implantação; Sistema; Bombeamento; Caixa d'água.

1. INTRODUÇÃO

Na atual concepção é muito importante e direito de todos o acesso a água por meio de um sistema de distribuição, a água é um bem necessário para todos, principalmente em regiões mais isoladas e indispensável para o desenvolvimento de qualquer atividade. É necessária a compreensão que a água precisa ser canalizada e para isso é preciso o uso da energia elétrica ou gravitacional. Geralmente em regiões mais isoladas é realizado o uso de sistemas de abastecimento que funcionam por meio de gerador elétrico alimentado por diesel ou gasolina (ZANIRATO; MOURA; CORDEIRO, 2011).

Os sistemas geradores de energia, servem para acionar a bomba que vai bombear água até um reservatório principal, a partir desse, a água é distribuída por tubulações para as residências. É importante salientar que na atual concepção esses geradores funcionam através de combustíveis fósseis, ou seja, não é sustentável. Além disso, os geradores operam por um certo período de tempo, já que não é possível mantê-lo funcionando 24 horas/d devido a diversos fatores, dentre eles, o preço do combustível que tem oscilado nos dois últimos anos, afetando diretamente a renda desses comunitários e, assim, interferindo na qualidade de vida deles. Em vista disso, fontes alternativas de energia são estudadas frequentemente, já que as principais matrizes energéticas são abastecidas com combustíveis altamente poluentes, e defasados para a era da tecnologia e conhecimento a qual vivemos (BRAGA, 2008). Nessa vertente, uma fonte de energia que tem destaque nesses estudos são as usinas fotovoltaicas. Essas são empregadas a mais de 20 anos em diversas regiões, tendo destaque de seu uso para lugares isolados (áreas rurais)(ALVARENGA; FERREIRA; FORTES, 2014). Essas usinas fazem uso da radiação solar convertendo-a em energia elétrica através dos módulos fotovoltaicos e outros componentes que são empregados no conjunto do sistema.

Com base no que foi apresentado, o projeto *Convergence for Innovative Energy Solutions: Empowering Off - Grid Communities with Sustainable Energy Technologies* (GCR) traz uma proposta tecnológica, baseada em energias renováveis (solar e hidrocínética), através de uma parceria com o LABER-IEG-Ufopa e a MSU (MOTT FUNDATIO), com o intuito de beneficiar essas regiões que estão mais afastadas e isoladas do acesso a rede de distribuição elétrica das concessionárias. Esse projeto tem por objetivo contemplar as comunidades que já possuem um poço e um reservatório de água, através da instalação de um sistema de bombeamento alimentado por uma usina fotovoltaica. Nessas comunidades é comum o acionamento elétrico do conjunto motor-bomba por um grupo gerador a diesel. Dessa forma, a instalação dos sistemas fotovoltaicos substitui o uso desses equipamentos, eliminando: ruído; poluição provocada pela emissão de GEE e redução no consumo de combustíveis fósseis. Os resultados dessas instalações nessas comunidades se revelaram positivos e podem ser justificados porque a radiação solar no Brasil, varia entre, durante o ano, 4,25 kWh/m² e 6,25 kWh/m² (DAL BEM et al., 2016).

O presente artigo mostra: a metodologia de dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, a seleção dos equipamentos e o processo de instalação dos sistemas para as comunidades Prainha do Maró e Vista Alegre, dentro da RESEX TAPAJÓS ARAPIUNS, que foram escolhidas para a implementação do projeto.

Com base nos estudos feitos pelos professores da UFOPA, foram selecionadas duas comunidades para receberem o projeto, as qual teve Prainha do Maró como a primeira. A comunidade está localizada na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (RESEX), possui 54 famílias que são abastecidas pelo sistema de distribuição principal de água. Esse sistema é composto por um poço de 18 metros, um motor bomba com potência de ½ CV, que é acionado por um gerador diesel que abastece a caixa d'água de 10.000 litros. O motor bomba só é acionado durante a noite, devido o gerador ser ligado nesse horário - segundo relatos do presidente da comunidade -, assim, os comunitários têm que controlar o uso da água. Em quase todas as residências há caixas d'água, pelo fato de o reservatório principal não conseguir abastecer todas as unidades habitacionais.

A segunda localidade é Vista Alegre, essa é abrangida por 25 famílias. A comunidade está localizada na RESEX e possui um sistema de distribuição de água semelhante a comunidade de Prainha do Maró, sendo que o poço tem 31 metros, um motor bomba de 1 CV de potência responsável por abastecer um reservatório de água de 10.000 litros, sendo acionado durante a noite. Por se tratar de residências com reservatórios privados, se faz necessário encher a caixa d'água principal mais de uma vez ao dia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dois sistemas fotovoltaicos para acionamento do conjunto de motor-bomba foram determinados e projetados considerando as demandas das famílias de cada uma das comunidades contempladas no projeto. O projeto foi feito pela equipe de pesquisadores do LABER e a instalação pelos alunos de graduação do IEG que atuam no LABER sob a supervisão dos professores e com a ajuda dos comunitários. Toda a logística para o transporte e deslocamento da equipe fica sob a responsabilidade de uma pesquisadora contratada pela MSU. A estrutura que suporta os painéis fotovoltaicos foi feita aproveitando madeiras da região e foi erguida pelos comunitários com a orientação dos pesquisadores do LABER em uma área cedida pela comunidade localizada próxima ao reservatório. A instalação do sistema nas comunidades durou em média de 3 a 4 dias efetivos de trabalho, e o sistema entrou em operação logo após o término dos testes que foram realizados para a verificação: i) do funcionamento do sistema (gerador solar, drive e bomba) e, ii) da atuação do sistema de controle de nível: caixa cheia e nível do poço abaixo do recomendável para funcionamento da bomba.

O objetivo de um sistema de bombeamento é transportar o fluido de um reservatório inferior para um superior. E a função da bomba é fornecer a energia necessária para que esse transporte aconteça (IRMAOSALBINI, 2012). Para ocorrer o funcionamento pleno de um sistema, se faz necessário a escolha correta dos componentes responsáveis pelo abastecimento. Dessa forma, é adotado um esquema do manual do usuário de como a instalação irá ocorrer. Os elementos responsáveis pelo sistema de bombeamento, se configuram em um arranjo fotovoltaico, uma string box ou um quadro de comando, o inversor drive solar, bomba d'água, o reservatório inferior e o reservatório superior (INTELBRAS, 2021).

2.1. Levantamento da energia necessária ao acionamento do conjunto motor bomba.

Este levantamento é feito considerando a quantidade de energia necessária para transportar, no tempo, uma quantidade de fluido (vazão de água demandada pela bomba) que se encontra no nível do poço até o reservatório elevado de água, superando todas as resistências internas do encanamento (altura manométrica da bomba). Essa energia hidráulica deve ser entregue diariamente pela bomba ao fluido, assim, a potência hidráulica (P_h), da bomba que deve atender à necessidade de água demanda por cada sistema de bombeamento nas comunidades, em quilowatt-hora (Wh), é dada pela Eq. (1), onde (g) é gravidade, (ρ) é a densidade da água, (Q_b) é a vazão da bomba em m³/s e deve ser compatível com a capacidade do poço e, (H_b) é a altura manométrica em m.

$$P_h = g * \rho * H_b * Q_b \text{ (Wh/dia)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Partindo do valor encontrado da potência hidráulica, é possível obter o valor de potência no eixo da bomba, considerando a eficiência da bomba, a partir da Eq. (2):

$$P_{EIXO} = \frac{P_h}{\eta_b} \text{ (W/dia)} \quad \text{Eq. (2)}$$

Várias literaturas consideram que o percentual de perdas em sistemas fotovoltaicos é da ordem de 25%. Dada a natureza do processo, essas perdas podem ocorrer por diferentes fatores, por exemplo, perda de energia no cabeamento, perda de energia devido a aquecimento em conexões, perdas por sujeiras e sombreamento nos painéis, perdas devido ao descasamento entre módulos, perdas no processo de conversão de energia CC em energia alternada CA, perdas por degradação dos módulos, perdas por orientação dos módulos e perdas por oscilação de temperatura e radiação etc. (Manual de engenharia fotovoltaica, 2014). Considerando o percentual acima é possível estimar a Potência do Gerador Fotovoltaico, P_{GF} , que será capaz de acionar o conjunto motor bomba. Esse resultado é alcançado aplicando-se a Eq. (3):

$$P_{GF} = 1,25 * \frac{P_{EIXO}}{(HSP)} \text{ (W)} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde o valor de Horas de Sol Pleno (HSP) é encontrado a partir dos dados de irradiação diária, fornecidos pelo site do CRESESB (2023), referentes à estação meteorológica mais próxima do local de instalação do sistema fotovoltaico. Segue a Tab. 1 que foi obtida a partir do CRESESB com a localização de Santarém – Pará, acessada na data 08/11/2023.

Como garantia para o funcionamento do sistema de forma adequada durante o ano todo, usa-se o menor valor de irradiação solar diária média mensal para o cálculo de HSP, considerando o seu valor para o ângulo igual à latitude do lugar, haja vista que os módulos deveriam ser instalados com inclinação correspondente a essa latitude, entretanto por motivos de facilitar o processo de limpeza dos painéis pela água da chuva, a inclinação dos módulos será de 12° e orientados com um desvio de 18° à direita do Norte Geográfico que é a declinação magnética do município de Santarém. O valor adotado conforme o critério acima e o do mês de abril, 4,45 kWh/m². dia, o que corresponde a um valor de HSP =4,45 [h/dia]. É preciso salientar que na região amazônica o clima se apresenta com chuvas intensas e sol durante todo o ano.

Tabela 1 - Dados de Irradiação solar diária média mensal para o município de Santarém.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m². dia]												Média
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Plano Horizontal	0° N	4,65	4,73	4,57	4,42	4,56	4,86	4,79	5,17	5,06	5,50	5,47	4,89	4,89
Ângulo igual a latitude	2° N	4,60	4,70	4,56	4,45	4,62	4,94	4,85	5,21	5,07	5,47	5,40	4,82	4,89
Maior média anual	2° N	4,60	4,70	4,56	4,45	4,62	4,94	4,85	5,21	5,07	5,47	5,40	4,82	4,89
Maior mínimo mensal	6° N	4,48	4,62	4,54	4,48	4,72	5,08	4,98	5,30	5,07	5,40	5,26	4,68	4,88

Fonte: CRESESB (2023)

A vazão volumétrica mínima da bomba, Eq. 4, é determinada pela necessidade diária de água da comunidade que deve ser atendida durante o funcionamento do gerador solar e depende das capacidades do reservatório e do poço, ou seja, devemos considerar que essa demanda de água deve ser atendida durante as horas de sol pleno ou em algum intervalo de tempo desse período.

$$Q_b = \frac{v_a}{(HSP)} \text{ (m}^3\text{/h)} \quad \text{Eq. (4)}$$

2.2 Disposição do inversor drive da bomba.

Para determinar o inversor drive solar, foi realizada considerações em relação à potência de acionamento da bomba, a tensão de alimentação do motor da bomba (220 ou 380 V) e o tipo de rede (Monofásico ou Trifásica). As comunidades já possuem redes de energia alimentadas por geradores a diesel com opções de alimentação em 110/220 V, tal informação foi importante no processo de seleção da bomba. A Tabela 2 retirado do manual do drive solar DS 3220/5380 da INTELBRAS ilustra as relações entre essas grandezas. Uma vez especificada a bomba, a potência de acionamento do conjunto motor-bomba e a tensão requerida para o seu acionamento são conhecidas, isso nos leva ao tamanho do gerador fotovoltaico pela Equação 3. A partir disso, podemos determinar o número mínimo de módulos que serão utilizados. Com essas informações disponíveis pode-se proceder na escolha do drive a ser usado, conforme Tab. 2.

Tabela 2 - Quantidade mínima de módulos para suprir a demanda do drive solar

Inversor drive solar	Bomba d'água		Quantidade de módulos		
	Potência da bomba (CV)	Tensão /Tipo de rede	330~345 W	415~445 W	520~590 W
DS 3220	0,5	220/monofásico	6	5	4
	1	220/monofásico	6	5	4
	0,5	220/Trifásico	6	5	4
	1	220/Trifásico	6	5	4
	1,5	220/Trifásico	6	5	5
	2	220/Trifásico	7	5	5
	2,5	220/Trifásico	8	6	6
DS 5380	3	220/Trifásico	9	8	6
	0,5	380/trifásico	9	7	7

	1	380/trifásico	9	7	7
	1,5	380/trifásico	9	7	7
	2	380/trifásico	9	7	7
	2,5	380/trifásico	9	7	7
	3	380/trifásico	10	7	7
	3,5	380/trifásico	11	9	8
	4	380/trifásico	13	10	9
	4,5	380/trifásico	14	11	10

Fonte: INTELBRAS (2023)

Apesar do processo descrito acima para a seleção do inversor drive solar é necessário ainda avaliar algumas questões a respeito dos limites de operação do drive, pois é fato conhecido que as grandezas de saída do gerador fotovoltaico, tensão e corrente, sofrem influência do valor da temperatura ambiente local e da temperatura de operação (Manual de Engenharia Fotovoltaica, 2014). Dessa forma faz-se necessário corrigir os dados de placa, Voc (tensão de circuito aberto) e Vmp (tensão no ponto de máxima potência), dos módulos para que os valores de tensão, durante o funcionamento do gerador, não extrapolem a faixa de tensão admissível do drive. Isso também implica na determinação dos números mínimo e máximo de módulos que podem ser associados em série.

Para corrigir o valor de Voc do módulo FV em função dos valores máximos e mínimos de temperatura ocorridos na região de Santarém – PA, faz necessário o uso da Eq. (5) e Eq. (6). Esses valores são usados para se calcular os números máximos e mínimos de módulos, Eq. (8) e Eq. (9).

$$V_{oc-MAX} = V_{oc-STC} * (1 + (T_{MIN} - 25) * \frac{Q_{Voc}}{100}) \quad (V) \quad \text{Eq. (5)}$$

$$V_{oc-MIN} = V_{oc-STC} * (1 + (T_{MAX} - 25) * \frac{Q_{Voc}}{100}) \quad (V) \quad \text{Eq. (6)}$$

É possível com esse mesmo procedimento corrigir a tensão no ponto de máxima potência, $V_{mppt-corrig}$, observe que essa tensão será menor que V_{oc-MIN} , Eq. (7).

$$V_{mppt-corrig} = V_{mppt-STC} * (1 + (T_{MAX} - 25) * \frac{Q_{Vmp}}{100}) \quad (V) \quad \text{Eq. (7)}$$

$$N_{MAX} = \frac{V_{cfw\ máx}}{V_{oc-MAX}} \quad \text{Eq. (8)}$$

$$N_{MIN} = \frac{V_{cfw\ mín}}{V_{mppt-corrig}} \quad \text{Eq. (9)}$$

3. RESULTADOS

3.1 Especificação da bomba, do Gerador Fotovoltaico e do Drive.

Para obter a escolha da bomba, do gerador FV e do drive, foi necessário o cálculo de potência hidráulica, potência do eixo, potência do gerador fotovoltaico, vazão volumétrica da bomba. Foi levado em consideração os valores de consumo do reservatório que abastece as comunidades. Assim os valores de potência obtidos nas comunidades de Vista Alegre e Prainha do Maró, resultaram na escolha dos componentes que configuram o sistema.

3.1.1 Motobomba

A motobomba instalada em Vista Alegre foi especificada considerando algumas informações que foram repassadas pelos integrantes da comunidade: capacidade do reservatório 10 m³, profundidade do poço de 31 metros e uma bomba de 1.0 cv instalada. O conjunto motor-bomba estava ligado em 110 V e era acionado pela energia do grupo gerador diesel. Com essas informações especificou-se uma bomba de 1.0 cv conforme a Tab. 3. Devido à falta de um drive que atendesse o motor da bomba na tensão de 110 V, tivemos que optar por uma moto- bomba alimentada em 230 V. O modelo é uma bomba submersa Schneider centrífuga SUB7-1510NY4E8 1 CV 230V MONOFÁSICO.

Tabela 3 - Especificações técnicas do motobomba Schneider 1CV

Vazão máxima	4,5m ³ /h para 33 <i>mca</i>
Vazão mínima	0,8 m ³ /h para 99 <i>mca</i>
Carcaça	Aço inox
Rotor	79 mm - fechado
Temperatura máxima	30 °C
Capacitor interno	2 fios + terra
Eixo	Aço inox
Refrigeração	Água

Fonte: Mérito comercial (2023)

Para a comunidade de Prainha do Maró, também foram consideradas algumas informações repassadas pelo responsável do sistema de abastecimento da comunidade: capacidade do reservatório 10 m³, profundidade do poço de 19 metros e uma bomba de 0.5 cv instalada. O conjunto motor-bomba estava ligado em 110 V e era acionado pela energia do grupo gerador diesel. Com essas informações especificou-se uma bomba de 0.5 cv conforme a Tab. 4. Devido à falta de um drive que atendesse o motor da bomba na tensão de 110 V, tivemos que optar por uma moto- bomba alimentada em 230 V. O modelo é uma bomba submersa Schneider centrífuga SUB7-05S4E7 ½ CV 230V MONOFÁSICO

Tabela 4 - Especificações técnicas do motobomba Schneider ½ CV

Potência	1 CV
Tensão	220 V
Estágios	8
Diâmetro de Recalque (saída)	11/4POL
Vazão máxima	4,5m ³ /h para 33 <i>mca</i>
Vazão mínima	0,8 m ³ /h para 99 <i>mca</i>
Carcaça	Aço inox
Rotor	79 mm - fechado
Temperatura máxima	30 °C
Capacitor interno	2 fios + terra
Eixo	Aço inox
Refrigeração	Água

Fonte: Mérito comercial (2023)

3.1.2 Arranjo Fotovoltaico

O arranjo dos módulos dos geradores fotovoltaicos foram os mesmos para as duas comunidades e definidos em função das informações disponíveis na Tabela 3 com o uso das Eq. (8) e (9). O módulo escolhido para a compor o gerador foi o Intelbras EMST 335P HC de 335 Wp, cujo os dados estão expostos na Tab. 5.

Tabela 5 - Dados do módulo fotovoltaico.

Módulo Fotovoltaico EMST 335P HC		U.M
V _{oc} (Tensão de Circuito Aberto)	46,1	V
I _{sc} (Corrente de Curto-Circuito)	9,29	A
V _{mp} (Tensão de máxima Potência)	37,52	V
I _{mp} (Corrente de máxima Potência)	8,93	A

Fonte: Especificações do módulo segundo portaria n° (004/2011)

Levando em consideração a potência da bomba de 1.0 cv e considerando um rendimento de 50% do conjunto motor bomba determinamos, pela Equação 3, o tamanho do gerador fotovoltaico. Dividindo a potência de pico do gerador pela potência do módulo encontramos um número de módulo aproximadamente igual a 6. Os dados do gerador fotovoltaicos são apresentados na Tab. 6.

Tabela 6 - Levantamento do Arranjo Fotovoltaico

Item	Valor Potencial	Unidade de medida
Potência de pico do sistema FV	2010	W

V_{oc} para os módulos em série	276,6	V
V_{mp} para os módulos em série	225,12	V
Número máximo de módulos FV (Equação (8))	8,50	Adimensional
Número mínimo de módulos FV (Equação (9))	4,70	Adimensional

Fonte: AUTORES (2023)

Partindo dos valores obtidos, é possível utilizar arranjos com 5, 6, 7 e 8 módulos. Na Tabela 2, de informações técnicas do drive, verifica-se que, para o módulo adotado de 335 Wp, o número mínimo de módulos para atender tanto a bomba de 0.5 cv quanto a de 1 cv é de 6. A Fig. 1 ilustra o arranjo dos módulos.

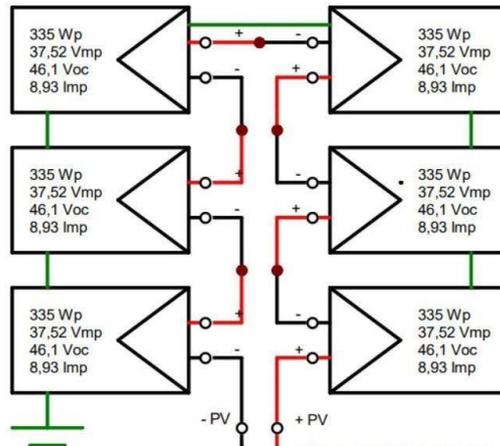


Fig. 1 - Arranjo dos módulos fotovoltaicos

Fonte: Autores (2023).

3.1.3 Seleção do Inversor drive solar e configuração de automação.

O inversor drive solar foi selecionado a partir da análise feita por meio dos dados da Tabela 2. O inversor escolhido foi o Inversor off Grid Drive Solar DS 3220 3CV. O drive solar é compatível com bombas de até 3.0 cv trifásico 220 V ou 1.0 cv monofásico 220V (INTELBRAS, 2021), conforme dados expostos na Tab. 7.

Tabela 7 - Dados do inversor drive solar DS3220 1.0 cv.

Potência nominal de saída (kW/CV)	2,2/3
Tensão nominal de saída (Vca)	Monofásico / Trifásico 220
Máxima corrente de saída (A)	10
Faixa de frequência de saída (Hz)	0~600
Frequência de saída configurada (Hz)	60
Máxima potência fotovoltaica (KWp)	2,8
Máxima tensão de entrada fotovoltaica (Vcc)	450
Faixa de tensão fotovoltaica (Vcc)	170~400
Tipo de onda	Modificada
Tensão de Saída (Vca)	Monofásico/Trifásico 220/380 V

Fonte: (INTELBRAS, 2021)

Para a automação do sistema de bombeamento, o drive solar dispõe de dois cenários para interrupção do funcionamento da motobomba. Para o cenário adotado, o diagrama de automação desse processo está mostrado na Fig. 2. As ligações físicas dos contatos dos sensores de nível dos reservatórios superior e inferior ao drive foram feitas para atender as situações descritas a seguir: quando o nível do reservatório superior está baixo, os contatos do sensor fecham, acionando a bomba, e abrem quando o nível máximo do reservatório é atingido, desligando a bomba; o sensor do reservatório inferior foi instalado de forma inversa, abre os contatos quando o nível do poço está muito baixo comprometendo o funcionamento da bomba desligando-a e, fecha quando o sensor atinge um nível seguro para religar a bomba.

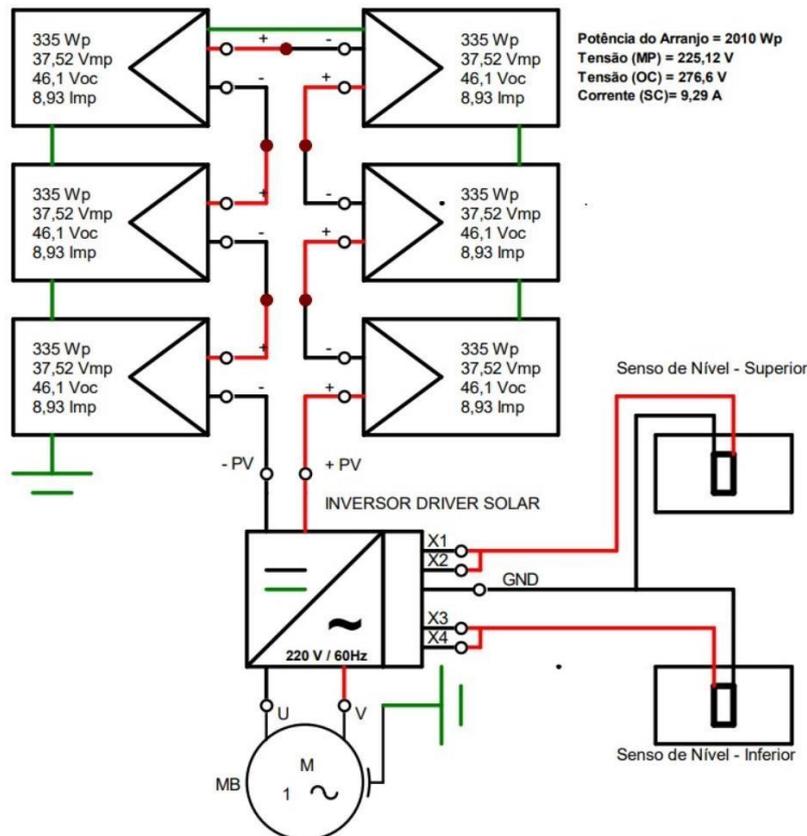


Fig. 2 - Conexão entre o drive, a bomba e os sensores de nível
 Fonte: Autores (2023).

3.1.4 Dispositivos de segurança e aterramento

Todas as conexões realizadas entre os equipamentos devem ter um dispositivo que o proteja contra qualquer eventualidade como uma descarga vinda de um raio. Os disjuntores e DPSs (Dispositivos de Proteção contra Surtos) instalados no lado CC, foram dimensionados de acordo com a ABNT NBR 5361 permitida pela NBR 5410/2004. E instalados juntos ao quadro de comando do drive solar, conforme os dados da Tab. 8.

Tabela 8 - Proteção da entrada do Drive Solar – DS 3220

	Disjuntor Bipolar		DPS	
	Tensão [Vcc]	Corrente[A]	Tensão [Vcc]	Corrente[kA]
Entrada FV do Drive solar	1000	25	1040	40

Fonte: Autores (2022).

Os sistemas de aterramento foram constituídos de hastes de cobre de 1,2 m, onde foram dispostas 3 unidades para cada comunidade distribuídas de forma triangular para cada sistema de aterramento, denominado aterramento triangular. O aterramento foi realizado próximo aos geradores fotovoltaicos. A Fig. 3 mostra um dos quadros elétricos contendo o drive e os dispositivos de proteção.



Fig. 3 - Quadro de comando do sistema de bombeamento em Vista Alegre
Fonte: Autores (2023).

Os sistemas estão funcionando desde abril de 2023 atendendo as demandas de água limpa e de qualidade de cada uma das comunidades. Vale salientar que o sistema até o presente momento não apresentou nenhum tipo problema e a única manutenção que está sendo realizada é a limpeza dos painéis. Uma imagem do funcionamento do sistema é apresentada na Fig. 4:



Fig. 4 - Bomba em pleno funcionamento jorrando água pela encanação
Fonte: Autores (2023).

4. CONCLUSÃO

As fontes de energias renováveis são uma realidade, principalmente as que fazem uso da radiação solar (usinas fotovoltaicas). Sua utilização em regiões onde o sistema convencional não chega tem mostrado resultados convincentes de sua aplicação, já que dentre as inúmeras vantagens, o sistema apresenta um bom período de garantia, é de manutenção simples, instalação prática e a usina pode ser administrada pelos próprios comunitários desde que tenham treinamento prévio.

O emprego desse sistema melhorou a qualidade de vida dos comunitários nas duas localidades dentro da Resex em estudo, mesmo com o sistema convencional de distribuição de água já funcional, as famílias precisavam racionar água durante o dia, uma vez que o gerador só era ligado no período da noite e quando havia recurso para comprar combustível. Hoje após 160 dias, cerca de 4 meses e 2 semanas, conforme as horas de sol pleno do dia e do nível do poço, os comunitários estão abastecidos por um tempo relativamente bom, no entanto não são dados precisos por se tratar de um pouco mais de 4 meses em pleno funcionamento, valendo salientar que não existe equipamentos necessários para a medição da produção e consumo de água. Assim, se faz necessários um acompanhamento a longo prazo para obter-se dados pertinentes em relação aos dois sistemas implantados.

A usina fotovoltaica obteve sucesso em sua instalação e funciona sem relatos de problemas até hoje, sua relação custo benefício é comprovada e está trazendo uma nova realidade para cada comunidade. É importante ressaltar que o sistema instalado se encontra em funcionamento recente, ou seja, ainda não é possível estimar de forma sólida e concisa

os impactos positivos para a comunidade dentro de um longo prazo, porém as primeiras impressões são as melhores possíveis, pois as bombas instaladas tem mantido o reservatório principal abastecido.

Em vista de levantamento de dados, será desenvolvido um novo trabalho com enfoque na comparação da vida das famílias de ambas as comunidades antes e o depois da implementação do sistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam agradecimentos à Mott Foundation pelo apoio financeiro que tornou possível a realização deste projeto. Além disso, estendem os agradecimentos aos Professores: Dr. Emilio Moran (coordenador do projeto); MsC Lázaro João S. da Silva (coordenador do LABER e pesquisador do projeto) e Dr. Manoel Roberval P. Santos (coordenador do convênio Ufopa/MSU e pesquisador do projeto) e à Dra. Karina Ninni (coordenadora local do projeto) pela oportunidade que nos foi concedida, de participar e contribuir para o avanço da pesquisa na área de energias renováveis e melhoria da qualidade de vida da população que reside em comunidades isoladas. Agradecimentos especiais são também dedicados aos alunos (bolsistas e voluntários); ao Técnico Eletricista Raimundo Afonso Barra (Servidor da Ufopa) e aos comunitários que se dedicaram durante a instalação da Usina Fotovoltaica, da rede de distribuição e das instalações elétricas residenciais na comunidade.

REFERÊNCIAS

- PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Grupo de trabalho de energia solar–GTES. CEPEL–DTE–CRESESB, 2014.
- ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação na Irrigação da Agricultura Familiar. Sinergia, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311–318, 2014.
- BIONE, J.; FRAIDENRAICH, N.; VILELA, O. Implantação de Culturas Irrigadas com Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 11, n. 3, p. 183–190, 2006.
- BRAGA, R. Universidade Federal Do Rio De Janeiro Departamento De Engenharia Elétrica Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos E Aplicações Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos E Aplicações. p. 80, 2008.
- DAL BEM, J. C. et al. Rurais Utilizando Energia Solar Fotovoltaica. Revista Brasileira de Energia Solar, v. VII, p. 50–57, 2016.
- OFF, I.; DRIVE, G. Inversor Off Grid Drive Solar. [s.d.].
- INTELBRAS, Manual do usuário DS 5380/DS 3220. Disponível em: https://backend.intelbras.com/sites/default/files/202304/Manual_DS_5380_3220_0123_site%20%281%29.pdf
- INTELBRAS, PAINEL POLICRISTALINO, M. F. Emst 335p hc. [s.d.].
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPEL – DTE – GTES – CRESESB. Rio de Janeiro, 530 p., 2014.
- ZANIRATO, L.; MOURA, L.; CORDEIRO, T. Técnicas de bombeamento de fluídos aplicando energia solar fotovoltaica. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR5410 – Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

IMPLEMENTATION OF A PUMPING SYSTEM IN THE COMMUNITIES OF RESEX TAPAJÓS ARAPIUNS – VISTA ALEGRE AND PRAINHA DO MARÓ

Abstract. This work presents information and results from the project carried out by UFOPA (Federal University of Western Pará) in partnership with MSU (Michigan State University) on the implementation of a Photovoltaic Pumping System in the community of Prainha do Maró and Vista Alegre, both located at Resex Tapajós-Arapiuns, in Santarém-Pará. The installation is configured as a model of water supply, without environmental pollution, which can be used for various purposes, such as washing food and drinking water by community members. Important results were achieved with the implementation of this system (SBFV), among which we have: lower consumption of diesel oil, supply of water reservoirs (water tanks or tanks), improvement in quality of life through the supply of water tanks. community water, fully functioning for up to 2 hours a day, the time needed to supply the localities' main water tank. The photovoltaic system together with the submersible pump was installed in 4 days and is fully operational to this day, presenting no problems for the communities that received the pumping system.

Keywords: Implantation; System; Pumping; Water tank.