

A ENERGIA SOLAR COMO MECANISMO DE INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS SOCIAIS

Allan Guilherme Lima Pena – allgui9696@gmail.com

Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Pedro Miguel Lira Guedes

Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Márcio Clei Silva de Oliveira

Universidade Federal do Amapá, Laboratório de Energias Renováveis

Francisco Barbosa Malheiros

Associação dos Trabalhadores Agroextrativistas da Ilha das Cinzas

Felipe Monteiro

Gilmar Holanda da Paixão

Universidade Federal do Amapá, Laboratório de Máquinas Elétricas e Conversão de Energia

Moisés Hamssés Sales de Sousa

Universidade Federal do Amapá, Laboratório de Circuitos Elétricos e Eletrônica

Werboston Douglas de Oliveira

Universidade Federal do Amapá, Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência

Geraldo Neves de Albuquerque Maranhão

Universidade Federal do Amapá, Laboratório de Automação e Controle

Marcelino Carneiro Guedes

Alcides Froes Dias Júnior

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Davi Ezequiel François

Karlsruhe Institute of Technology (KIT) – Alemanha, Institute for Technology Assessment and Systems Analysis

University of Stuttgart – Alemanha, Center for Interdisciplinary Risk and Innovation Studies

Mary Jane Parmentier

Arizona State University (ASU) – USA, School for the Future of Innovation in Society

Alaan Ubaiara Brito

Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Resumo. A exclusão energética é uma realidade na região norte brasileira. Nesse cenário, a energia solar fotovoltaica ganha mais adeptos devido ao potencial energético da região e à ascensão comercial atual. Em muitas comunidades, dificuldades comuns às famílias ribeirinhas são contornadas com tecnologias sociais sejam para melhorar a qualidade de vida, sejam para otimizar uma atividade produtiva. Diante a contextualização, esse artigo tem como objetivo apresentar um meio de utilizar a energia solar como mecanismo integrador de tecnologias sociais em comunidades ribeirinhas da Amazônia. Para atender esse objetivo foi idealizado um sistema fotovoltaico versátil capaz de se adaptar às demandas energéticas. O sistema utiliza chaves comutadoras tripolares de três posições para alternar o tipo de arranjo executado no gerador fotovoltaico, que é determinado pelo tipo de associações dos módulos que compõem o gerador: A chave na posição um (1) o gerador fotovoltaico energiza um sistema fotovoltaico doméstico (com armazenamento de energia – banco de baterias de chumbo-ácido); na posição dois (2) o gerador energiza um sistema fotovoltaico de acoplamento direto (contendo um conversor de frequência aplicado para acionamento de máquinas trifásicas). O sistema foi instalado em residências de famílias na comunidade ribeirinha da Ilha das Cinzas, localizada no estuário do Rio Amazonas, Gurupá, Pará; e obteve êxito em integrar tecnologias sociais já existentes (batedeira solar de aço e fossa séptica biodigestora) e demandas elétricas cotidianas (iluminação, refrigeração, eletrodomésticos, etc.).

Palavras-chave: Sistema versátil; chaves comutadoras; comunidade ribeirinha; armazenamento de energia; acoplamento direto.

1. INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica se encontra em ascensão na atualidade. É uma fonte de energia com muitas vantagens: não gera ruídos, simples instalação, fácil manutenção, sustentável e completamente limpa (durante a geração). De acordo com a Agência de Energia Internacional (IEA, do inglês *International Energy Agency*), a capacidade de potência instalada no mundo evitou mais de 1060 milhões de toneladas de CO_{2eq} em 2021 (IEA, 2022). Por apresentar tantas vantagens e incentivos fiscais, grandes avanços ocorreram com o passar dos anos, garantindo o surgimento de várias aplicações: industriais, residenciais urbanos e rurais (OBAIDEEN *et al.*, 2023).

No Brasil, apesar de haver base jurídica para universalização do acesso à energia elétrica como a Constituição Federal de 1988 e a Lei 12.111/2009, de acordo com uma pesquisa realizada pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente, cerca de 3,5% da população da região compreendida pela Amazônia Legal (990.103 pessoas) não possuem acesso formal à eletricidade (LEITE; SOUSA, 2020), fator esse que impõe grandes limitações para o desenvolvimento de comunidades da região. Nessas comunidades rurais os sistemas de geração de energia elétrica a partir da energia solar ganham cada vez mais usuários, visto que os sistemas off-grid garantem o atendimento energético sem a necessidade de conexão à rede elétrica.

De maneira geral, os sistemas fotovoltaicos instalados em comunidades rurais ribeirinhas têm como objetivo suprir o consumo de energia elétrica em um ambiente doméstico, como observado nas pesquisas de: Junior et al. (2021), no qual é possível encontrar a comparação entre um Sistema Fotovoltaico (SFV) off-grid e um gerador a diesel em uma habitação ribeirinha de Manacapuru – AM; de Moura (2022) e Sousa et al. (2021), onde são apontados resultados semelhantes de viabilidade econômica para SFV off-grid dimensionados, respectivamente, para comunidades ribeirinhas em Santarém e na Ilha das Onças, ambas localidades do estado do Pará.

Além da energia solar fotovoltaica, muitas comunidades possuem tecnologias sociais como forma de solucionar problemas comuns às famílias das comunidades, sejam para melhorar a qualidade de vida e saúde da comunidade, sejam para otimizar uma atividade produtiva como por exemplo: suprimento e tratamento de água (como a Solução Alternativa de Tratamento de Água - SALTA-Z); esgotamento sanitário (como a Fossa Alta Comunitária ou a fossa séptica biodigestora) e desinfecção de água para consumo. Apesar de algumas tecnologias sociais não necessitarem de energia elétrica para a sua implantação, sua integração complementar pode trazer outros benefícios para as famílias e a comunidade.

Perante o exposto, esse artigo aborda uma maneira de utilizar a energia solar fotovoltaica como um mecanismo integrador de tecnologias sociais em comunidades ribeirinhas da Amazônia. De forma primária, a pesquisa de Pena et al. (2022) apontou um meio que possibilita a utilização de um mesmo conjunto de módulos fotovoltaicos (o Gerador Fotovoltaico – GFV) para atender dois diferentes sistemas: um sistema off-grid com banco de baterias e outro sistema de acoplamento direto. O sistema piloto descrito utiliza tomadas e plugues industriais tetrapolares (3P+T) de 32 A para realizar essa comutação entre as associações necessárias. O sistema foi instalado na sede da Associação de Trabalhadores Agroextrativistas da Ilha das Cinzas (ATAIC), uma comunidade ribeirinha localizada no estuário do Rio Amazonas, parte da região do Marajó, município de Gurupá, Pará.

A pesquisa aqui desenvolvida mostra, a partir de um fluxograma geral, um outro meio de utilizar o mesmo GFV assumindo diferentes associações em série e paralelo para atender diferentes subsistemas ligados às tecnologias sociais existentes na comunidade ou que possibilitem o seu funcionamento a partir da disponibilidade de energia elétrica. Essa comutação entre as conexões dos módulos fotovoltaicos é realizada em chaves comutadoras manuais (também chamadas de chaves reversoras), comumente utilizadas para comutar a fonte de energia gerada que atende determinada carga (potência instalada) entre a fonte de energia oriunda da concessionária e o vetor energético como origem de uma Unidade Geradora à Diesel (UGD).

Um sistema fotovoltaico tem como fonte geradora de energia um gerador fotovoltaico: conjunto de módulos fotovoltaicos associados em série e/ou paralelo para obter valores de tensão e corrente numa faixa desejável. Para diferentes aplicações, são necessárias diferentes configurações do GFV, logo, para atender diferentes tecnologias sociais, são necessárias diferentes associações entre os módulos fotovoltaicos que compõem o GFV.

A pesquisa foi desenvolvida na comunidade ribeirinha da Ilha das Cinzas, onde cerca de 85 famílias residem. A comunidade tem na cadeia produtiva com o beneficiamento do açaí sua principal fonte de renda e conta com uma associação de trabalhadores (ATAIC – Associação dos Trabalhadores Agroextrativistas da Ilha das Cinzas) bem organizada com participações em editais nacionais e internacionais voltados para o desenvolvimento sustentável na Amazônia.

Além disso, algumas famílias da comunidade contam com uma tecnologia social muito importante para o saneamento local: a Fossa Séptica Biodigestora (FSB). Essa tecnologia, desenvolvida pela Embrapa Instrumentação, é utilizada no tratamento do esgoto do vaso sanitário em residências rurais (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017); produz um líquido rico em minerais que pode ser utilizado na irrigação de plantações próximas a ela, como as plantações de açaí. Além disso, a partir da instalação do sistema foi possível utilizar a bateadeira solar de açaí, uma tecnologia que utiliza a energia do GFV diretamente na despoldadeira de açaí (FEIJÃO; ALMEIDA; BRITO, 2022).

A Ilha das Cinzas, assim como outras comunidades ribeirinhas da região, encontra limitações no serviço de saneamento básico e não possui conexão à rede elétrica convencional. Na comunidade as demandas energéticas são em sua maioria domésticas: televisores, lâmpadas, aparelhos de som, refrigerador, máquina de lavar, despoldadeira de açaí, telefone celular, liquidificador, ventilador e motobombas. Na pesquisa de Silva (2018), onde foi realizado um levantamento de cargas para dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Doméstico (SFD) na comunidade, foi observado a presença de duas cargas relacionadas com atividades produtivas: a despoldadeira de açaí e o refrigerador.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A Fig. 1 ilustra o passo a passo realizado nesta pesquisa para o desenvolvimento de um SFV capaz de atender subsistemas para diferentes aplicações. O primeiro passo foi definir quais tecnologias sociais existentes na comunidade e que poderiam ser integradas ao sistema de energia solar e quais outras demandas energéticas seriam atendidas: televisores,

refrigeradores, ventiladores, motobombas, motores de trituração, despoldadeiras, etc. Estas demandas são então agrupadas de acordo com sua aplicação (1 – Definição das Demandas Energéticas).

Após o levantamento de carga foi realizado um estudo bibliográfico sobre o dimensionamento e quais configurações de SFV seriam as mais adequadas para atender as cargas pré-estabelecidas (2 – Sistemas Fotovoltaicos Adequados Para as Demandas). Esse segundo passo foi de grande importância, pois a partir dessas análises foram definidas outras variáveis no processo de implantação do GFV como: número de módulos necessários, associações em série e em paralelo, equipamentos de condicionamento de potência e seus limites de operação de referentes a tensão, corrente e potência elétrica disponível.

A escolha do módulo fotovoltaico e a configuração do GFV utilizado em cada subsistema foram etapas (3 e 4) realizadas em conjunto, de forma a possibilitar a substituição do módulo fotovoltaico caso necessário atingir níveis diferentes de tensão e corrente em determinada configuração do GFV. Nesse ponto do fluxograma foram realizadas simulações do comportamento do GFV de cada subsistema em condições padrões de teste (STC, do inglês *Standard Test Conditions*) e em condições mais próximas da realidade (temperatura do módulo igual a 65°C e irradiância igual 1200 W/m²). As simulações foram realizadas no software Crearray para estabelecer níveis máximos de tensão e corrente em cada subsistema.

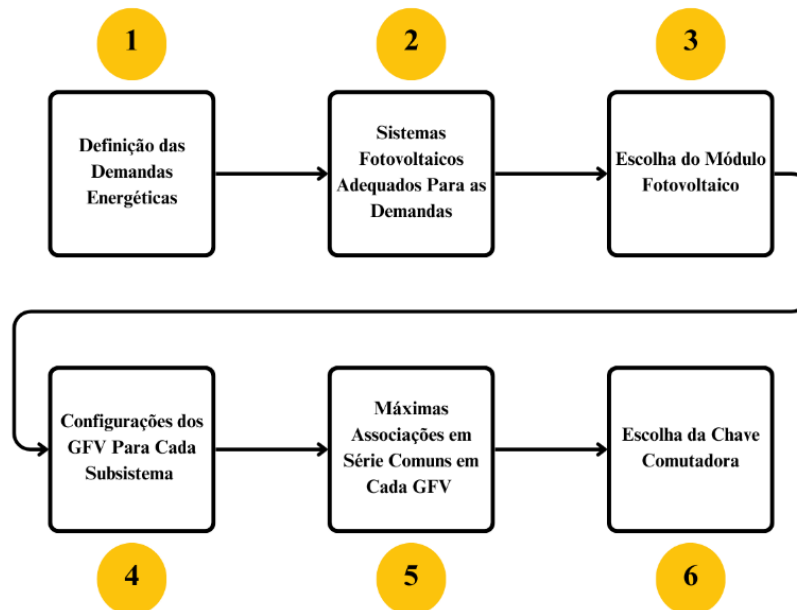


Figura 1 - Fluxograma do passo a passo para definir um sistema fotovoltaico integrador. Fonte: O autor (2023).

O quinto passo (5 – Máximas Associações em Série Comuns em Cada GFV) define um número em comum de associações em série ou em paralelo. Por exemplo: se o subsistema 1 necessita de quatro módulos em série e o subsistema 2 necessita de apenas duas ligações em série (colocando os outros dois módulos em série e associando em paralelo os dois pares de módulos), em ambos os subsistemas o GFV conta com ao menos dois módulos associados em série.

A partir desse passo foi possível definir a chave de transferência a ser utilizada na comutação entre os sistemas (6 – Escolha da Chave Comutadora). A escolha da chave comutadora precisou levar em consideração informações levantadas em todas as etapas: níveis de tensão e corrente de cada configuração do GFV, associações em série e em paralelo, número de módulos, etc.

O fluxograma detalhado na Fig. 1 foi aplicado para dimensionar o desenvolvimento de um sistema fotovoltaico instalado em residências da comunidade ribeirinha Ilha das Cinzas. Foi analisado que os sistemas mais adequados para as demandas identificadas seriam um de acoplamento direto e um doméstico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante a pesquisa bibliográfica e observações em campo, a pesquisa identificou dois tipos de cargas elétricas que podem ser utilizadas nas tecnologias sociais existentes na comunidade (ou não existentes, mas que podem ser inseridas a partir da disponibilidade de energia elétrica) e em outros serviços cotidianos das famílias: cargas domésticas e cargas motrizes. Dessa forma, o sistema fotovoltaico desenvolvido assume as formas apresentadas na Fig. 2.

O Sistema Fotovoltaico de Acoplamento Direto (SAD) opera especificamente com cargas motrizes através da ligação direta entre um GFV e um Conversor de Frequência (CF) que faz o acionamento de um motor trifásico. O SFD conta com um acumulador de energia, nesse caso um banco de baterias de chumbo ácido, e é utilizado para atender cargas comuns no dia a dia da família: iluminação, eletrodomésticos, refrigeradores, etc. Além disso, o SFD é utilizado no processo de irrigação de plantações próximas à FSB. Uma pequena bomba do modelo DC40F-2450 será utilizada para bombear o líquido resultante da FSB para um reservatório a partir de onde é feita a irrigação por gotejamento. O sistema de irrigação e o método de análise da plantação está em fase de implementação.

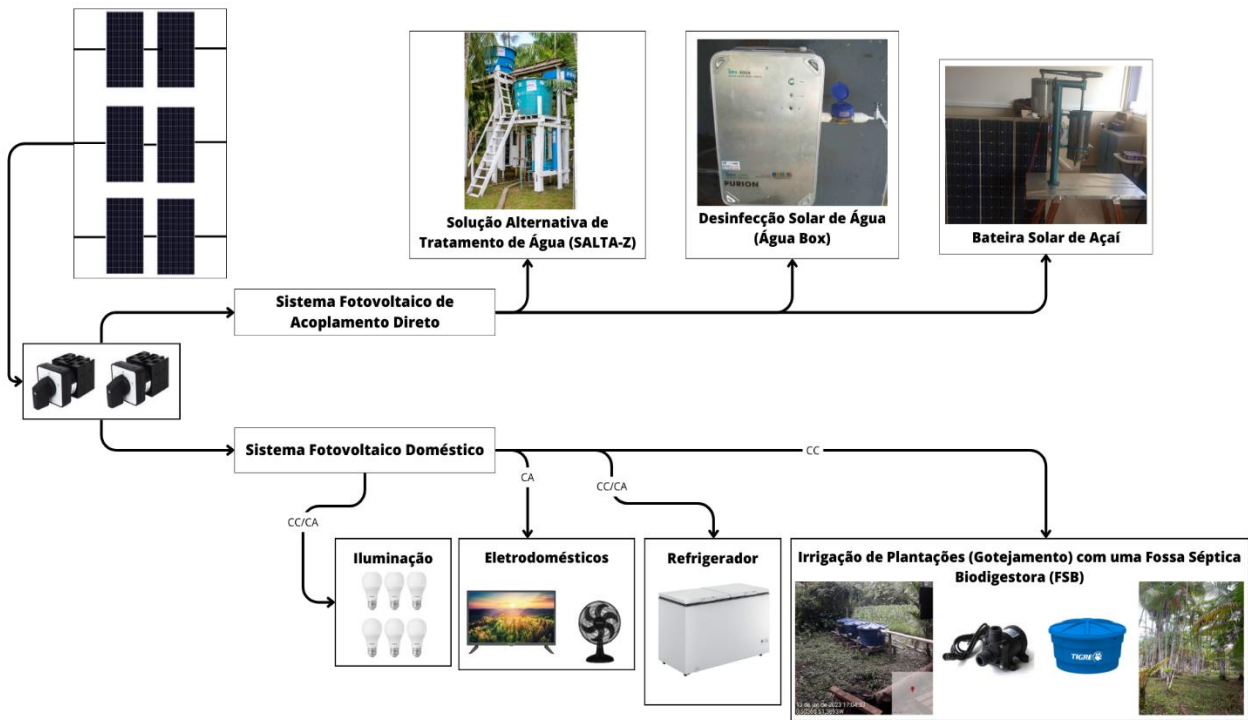


Figura 2 – Sistema fotovoltaico utilizado para integrar tecnologias sociais e demandas domésticas de famílias ribeirinhas. Fonte: O autor (2023).

Seguindo o fluxograma da Fig. 1, o passo seguinte foi a definição da configuração do GFV para cada subsistema: de acoplamento direto e doméstico. Para realizar as simulações e conhecer o comportamento de cada GFV foi necessário definir um módulo fotovoltaico. Feita a busca no mercado local por questões logísticas foi selecionado o módulo MS320 da fabricante MinaSol. A Tab. 1 apresenta os dados técnicos do módulo.

Tabela 1 - Especificações elétricas do módulo MS320 para as condições de irradiância 1.000 W/m², temperatura de célula 25 °C e espectro AM 1,5. Fonte: O autor (2023).

Especificações Técnicas	
Potência Nominal	320 W
Tensão Máxima do Sistema	1000 V
Tensão de Máxima Potência (V_{MP})	37,1 V
Corrente de Máxima Potência (I_{MP})	8,63 A
Tensão de Circuito Aberto (V_{OC})	45,7 V
Corrente de Curto Circuito (I_{SC})	9,04 A
Tolerância	+/- 3%
Temperatura de Funcionamento	-40 °C a 80 °C

A quantidade de módulos fotovoltaicos foi definida pelo SAD, onde o CF exige seis módulos de 330 Wp em série, logo a configuração do GFV para o SAD será de seis módulos em série, como observado na Fig. 3. Para conhecer o comportamento do GFV nessa configuração foi realizada uma simulação no software Crearray, da forma que é vista na Fig. 3. Para o projeto foram considerados os valores que utilizam dados mais próximos da realidade de temperatura e irradiância (65°C e 1200 W/m², respectivamente) logo nessa configuração o GFV atinge valores próximos a 241,9 V e 11,07 A.

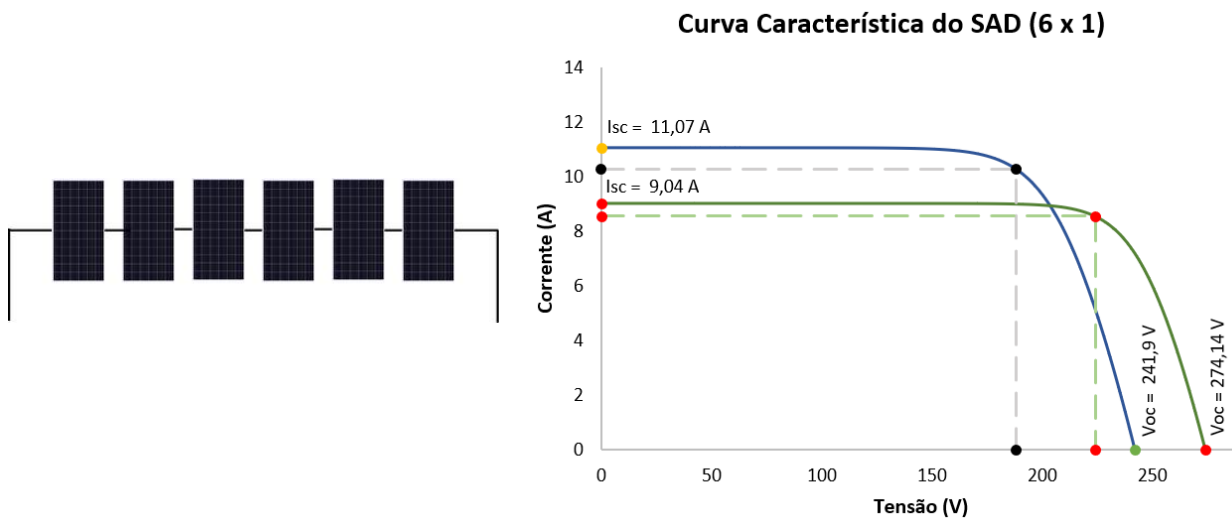


Figura 3 – Associação de 6 módulos em série e a curva característica simulada do GFV em condições padrões de teste (curva verde) e condições reais de funcionamento (curva azul). Fonte: O autor (2023).

Para o SFD foram utilizados os mesmos seis módulos, entretanto com outra configuração. No mercado os controladores de carga, elementos centrais desse tipo de sistema, suportam em sua maioria uma tensão de entrada na faixa dos 90 a 100 Vcc. Como observado na Tab. 1 de informações específicas do módulo fotovoltaico, a tensão de circuito aberto (V_{oc}) - maior valor de tensão que o módulo pode assumir, é de 45,7 V. A associação de dois módulos em série entrega um valor próximo a 92 V em condições padrões de testes, valor próximo ao limite do controlador de carga.

Dessa forma, para garantir a utilização de todos os seis módulos a configuração do GFV do SFD é de três conexões em paralelo de três pares de módulos associados em série, como visto na Fig. 4. De forma análoga ao que foi feito para o GFV do SAD, aqui também foi realizada uma simulação do GFV em condições padrões de teste e em condições reais. A simulação mostra que em condições próximas da realidade de temperatura e irradiância (65°C e 1200 W/m^2 , respectivamente) o GFV atinge valores de 80,66 V de tensão e 33,21 A de corrente.

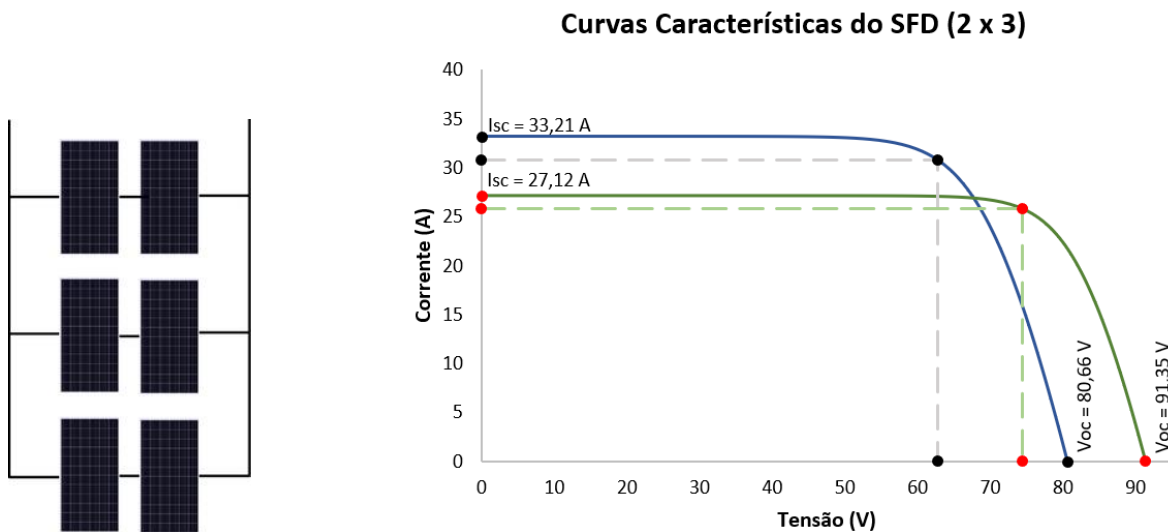


Figura 4 - Associação de 2 módulos em série e 3 ligações em paralelo; curva característica simulada do GFV em condições padrões de teste (curva verde) e condições reais de funcionamento (curva azul). Fonte: O autor (2023).

Diante o exposto, o GFV deve assumir duas configurações com os seis módulos: seis em série (6 x 1) e três ligações em paralelo de dois em série (2 x 3). Seguindo o fluxograma, o quinto passo foi identificar o número máximo de ligações em série em comum nas duas configurações. Como o SFD possui no máximo duas associações em série, esse foi o número escolhido.

Para definição da chave comutadora foram utilizados os valores máximos de tensão do GFV no SAD e de corrente do GFV do SFD: 241,9 V e 33,21 A. Para realizar essa função de troca dos sistemas foi então selecionada a chave comutadora da fabricante Metaltex modelo K356-40. Esse equipamento é tripolar, ou seja, possui três polos na entrada e três polos em cada uma das duas saídas e suporta 690 V e 40 A. A conexão dos terminais dos módulos fotovoltaicos às chaves comutadoras foi feita da seguinte forma: a cada dois módulos era realizada uma associação em série e os terminais resultantes conectados à uma barra de conexões (popularmente chamada de barra de sindal), da forma que é ilustrada na Fig. 5.

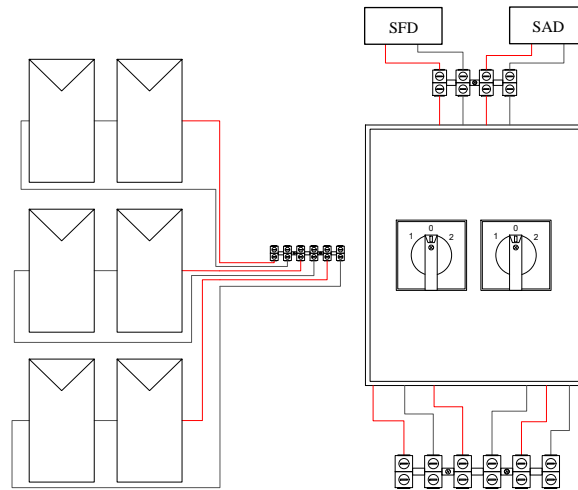


Figura 5 – Conexão de três pares de módulos fotovoltaicos associados em série à uma barra de conexões a partir de onde são conectadas às chaves comutadoras K356-40. Fonte: O autor (2023).

A partir da barra de conexões os terminais resultantes das associações em série dos pares de módulos fotovoltaicos foi conectada às duas chaves comutadoras (três terminais em cada uma) fixadas em um quadro de passagem. A partir dos terminais de entra a chave comuta entre duas posições: (1) SFD e (2) SAD. Para a posição 1, como os terminais que chegam às chaves comutadoras já são de dois módulos em série, para a configuração do GFV do SFD são necessárias apenas as associações em paralelo, da forma que foi feita na Fig. 6.a.

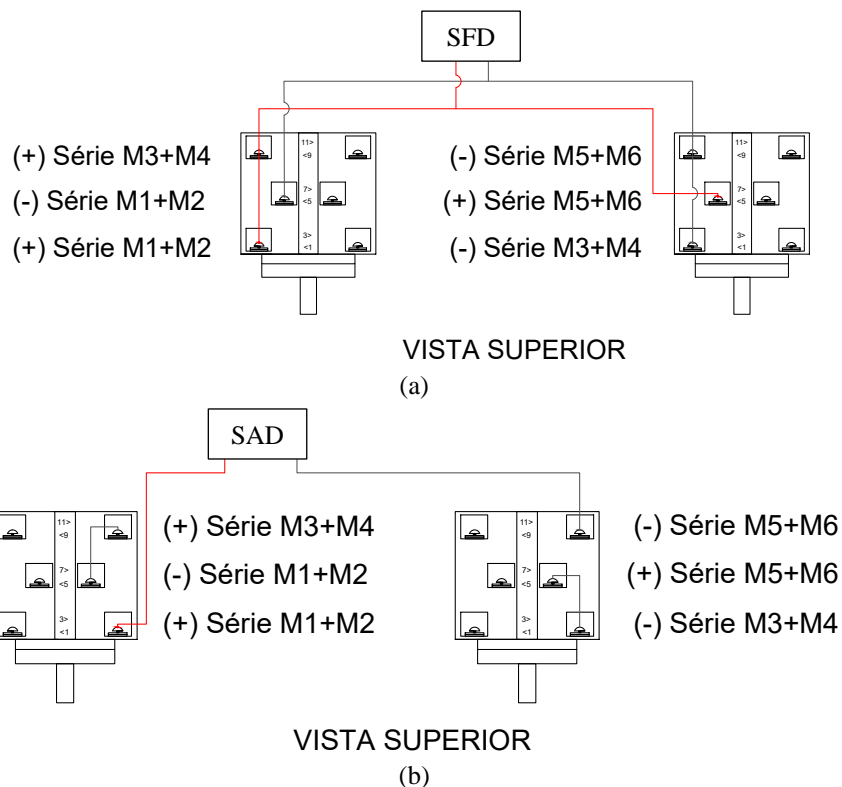


Figura 6 – (a) Conexões em paralelo dos terminais resultantes para a configuração do GFV do SFD (2 x 3); (b) Conexões em série restantes para a configuração do GFV do SAD (6 x 1). Fonte: O autor (2023).

De forma similar, para a posição 2 é necessário a associação dos seis módulos em série, entretanto como já chegam às chaves comutadoras três pares de dois módulos em série é necessário realizar apenas mais duas associações, da forma que é vista na Fig. 6.b. O sistema final, capaz de integrar tecnologias sociais que utilizem cargas motrizes e cargas domésticas comuns às famílias ribeirinhas é apresentado na Fig. 7.

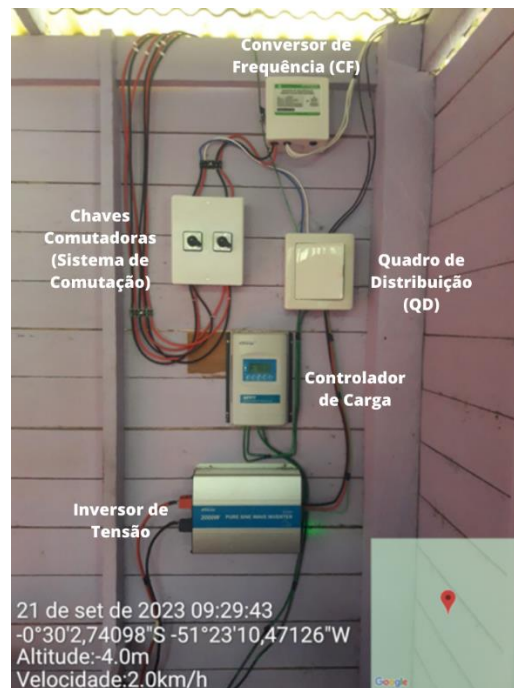


Figura 6 – Sistema de integração instalado na residência de uma família da comunidade ribeirinha da Ilha das Cinzas.

Fonte: O autor (2023).

Como observado nos esquemáticos apresentados até agora, os terminais do GFV são conectados às chaves comutadoras que estão fixadas no quadro de passagem. A partir dessa etapa, o morador pode escolher para onde destinar a energia gerada pelo GFV: se for necessário utilizar a bateadeira solar de açaí para retirada da polpa que irá comercializar; ou realizar a irrigação de plantações com biofertilizante a partir da FSB; ou realizar a quebra de caroços de murumuru; ou encher o reservatório de água a partir de uma motobomba; então o morador comuta ambas as chaves para a posição 2. Após terminar esse processo, o morador pode comutar as chaves novamente para a posição 1, onde o GFV está conectado ao SFD que irá garantir o carregamento do banco de baterias para períodos sem incidência solar.

4. CONCLUSÃO

Tecnologias sociais são fundamentais em comunidades ribeirinhas, pois utilizam tecnologias simples e são formas de solucionar problemas comuns a diversas famílias, sejam relacionados à qualidade de vida, saúde e educação, sejam relacionados a atividades econômicas. O sistema fotovoltaico apresentado foi capaz de integrar não só tecnologias sociais como diferentes demandas energéticas, otimizando o uso de energia e se adaptando às necessidades das famílias da comunidade Ilha das Cinzas. Quando em uma posição, as chaves comutadoras direcionam a energia do GFV para o SFD, garantindo o armazenamento de energia para períodos sem incidência solar. Em outra posição as chaves comutadoras destinam a energia para o SAD, utilizado para atender cargas motrizes utilizadas em atividades produtivas, como a bateadeira solar de açaí, ou tecnologias sociais que utilizem esse tipo de carga. O ponto de destaque desse sistema é sua capacidade em se adaptar para atender diferentes demandas energéticas que necessitem de diferentes configurações de sistemas fotovoltaicos (associadas a diferentes associações entre os módulos que compõem o GFV).

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Honnold pelo financiamento do projeto “Energia Solar Para Soberania Alimentar de Famílias Ribeirinhas” executado pela Associação de Trabalhadores Agroextrativistas da Ilha das Cinzas (ATAIC) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento de bolsa de mestrado do membro da equipe de projeto.

REFERÊNCIAS

- FEIJÃO, A. T.; ALMEIDA, A. M. G.; BRITO, A. U. Photovoltaic acai (*Euterpe oleracea* Mart.) berry juice extractor machine. Em: *Journal of Physics: Conference Series*, 1., 2022, [...]. IOP Publishing Ltd, 2022. v. 2180
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME ANNUAL REPORT 2022**. [s.l: s.n.].
- JUNIOR, J. da S. L.; PEREIRA, J. I. M.; LIRA, R. de L. Sistema individual de Energia Elétrica com fonte intermitente fotovoltaico off grid implantada em uma habitação ribeirinha no Município de Manacapuru - AM. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 118458–118475, 29 dez. 2021.
- LEITE, C. C.; SOUSA, V. de. Exclusão Elétrica na Amazônia Legal: quem ainda está sem Acesso à Energia Elétrica? **Instituto de Energia e Meio Ambiente**, p. 35, out. 2020.

- MOURA, D. M. D. de. **Viabilidade de Implementação de Sistema Fotovoltaico Off Grid em Residências Sem Acesso A Rede de Distribuição de Energia Elétrica: Estudo de Caso aos Ribeirinhos no Município de Santarém - PA.** 2022. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1893/1/TCC%20Dielho%20Mariano%20Dantas%20de%20Moura.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- OBAIDEEN, K.; OLABI, A. G.; AL SWAILMEEN, Y.; SHEHATA, N.; ABDELKAREEM, M. A.; ALAMI, A. H.; RODRIGUEZ, C.; SAYED, E. T. Solar Energy: Applications, Trends Analysis, Bibliometric Analysis and Research Contribution to Sustainable Development Goals (SDGs). *Sustainability*, v. 15, n. 2, p. 1418, 11 jan. 2023.
- PENA, A. G. L.; BRITO, A. U.; GUEDES, P. M. L.; MONTEIRO, F.; MALHEIROS, J. B.; MALHEIROS, F. B.; GUEDES, M. C.; JÚNIOR, A. F. D.; FRANÇOIS, D. E.; POGANIETZ, W.; PARMENTIER, M. J. Sistema fotovoltaico isolado de configuração mista para famílias ribeirinhas. Em: IX Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2022, Florianópolis. [...]. Florianópolis: 2022. p. 10.
- SILVA, B. N. da. **Ferramentas Adicionais ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos Isolados Para Unidades Familiares Ribeirinhas: Uma Experiência na Comunidade de Ilha das Cinzas - Gurupá, PA.** 2018. Universidade Federal do Pará, 2018. Disponível em: <www.tcpdf.org>.
- SILVA, W. T. L.; MARMO, C. R.; LEONEL, L. F. **Memorial Descritivo: Montagem e Operação da Fossa Séptica Biodigestora.** São Paulo: Embrapa Instrumentação, 2017.
- SOUSA, M. C. de; BATISTA, L. M.; FIEL, L. G.; MONTEIRO NETO, A.; FREITAS, K. M.; PEREIRA, R. da S.; MARQUES, G. T.; CHASE, O. A. Sistema Fotovoltaico Off Grid para comunidade ribeirinha na Região Insular de Belém - Pará. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 9, p. 312–324, 20 out. 2021.

SOLAR ENERGY AS A MECHANISM FOR INTEGRATING SOCIAL TECHNOLOGIES

Abstract. *Energy exclusion is a reality in the northern region of Brazil. In this scenario, photovoltaic solar energy gains more users due to the region's energy potential and the current commercial rise. In many communities, difficulties common to riverside families are overcome with social technologies, whether to improve the quality of life or to improve a productive activity. Given the context, this article aims to present a means of using solar energy as a mechanism to integrate social technologies in riverside communities in the Amazon. To achieve this objective, a versatile photovoltaic system capable of adapting to energy demands was designed. The system uses three-pole three-position toggle switches to switch the type of arrangement performed on the photovoltaic generator, which is determined by the type of associations of the modules that make up the generator: The switch in position one (1) the photovoltaic generator energizes a domestic photovoltaic system (with energy storage – lead-acid battery bank); in position two (2) the generator energizes a direct protection photovoltaic system (containing a frequency converter applied to drive three-phase machines). The system was installed in family homes in the riverside community of Ilha das Cinzas, located in the Amazon River estuary, Gurupá, Pará; and we were successful in integrating existing social technologies (solar açai mixer and biodigester septic tank) and everyday electrical demands (lighting, refrigeration, household appliances, etc.).*

Keywords: *Versatile system; toggle switches; riverside community; energy storage; direct coupling.*