

# INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA HÍBRIDO USINA FOTOVOLTAICA-GRUPO GERADOR À DIESEL PARA ELETRIFICAÇÃO DA COMUNIDADE DE CACHOEIRINHA DO MENTAI NA RESEX TAPAJÓS-ARAPIUNS

**Gabriel Yúri Campos Lacerda** – gabriel.lacerda@discente.ufopa.edu.br

**Daniela Góis Nogueira**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências

**Manoel de Jesus Passos de Castro**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências

**Luís Henrique Silva de Oliveira**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências

**Jonathan Suyan Costa da Costa**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências

**Karina Ninni Ramos**

Michigan State University – Center of Global Change and Earth Observations

**Lázaro João Santana da Silva**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências

**Manoel Roberval Pimentel Santos**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências

196, 7.2. Impactos sociais, econômicos e ambientais de energias renováveis

**Resumo.** A eletricidade é um recurso indispensável para a sociedade, utilizado em setores fundamentais do cotidiano, como a saúde, educação, alimentação, entretenimento e comunicação. Porém, em regiões remotas, a obtenção de energia muitas vezes ainda se dá por meio de geradores movidos a combustíveis fósseis (óleo diesel ou gasolina). Uma alternativa viável para reduzir a dependência dessas comunidades de tais fontes é a implementação de um sistema híbrido Usina Fotovoltaica-Grupo Gerador. O projeto do sistema híbrido foi implementado na comunidade Cachoeirinha do Mentai por meio de uma parceria entre a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) e a Michigan State University (MSU) fomentado pela Mott Foundation, o sistema foi dimensionado no Laboratório de Energias Renováveis (LABER). O sistema dispõe de uma usina fotovoltaica e um gerador de Potência Contínua, que já estava instalado na comunidade. A usina fotovoltaica é constituída por um gerador fotovoltaico (GV) ligado a 14 módulos solares de 335 WP cada e 16 baterias, que compõem o banco de armazenamento de energia. Levando em consideração o tamanho da comunidade, o sistema foi dividido em 3 circuitos-fases, dois circuitos para atender à demanda de unidades residenciais e coletivas e outro para atender à demanda, exclusivamente residencial. O circuito Coletivo-Residencial distribui energia para 06 residências e 06 unidades coletivas (escola, igreja, refeitório, iluminação e dois barracões comunitários) e o circuito residencial atende a 07 domicílios da comunidade. A instalação do sistema híbrido obteve êxito, tanto no aspecto técnico, como no aspecto social, pois o sistema funcionou conforme planejado e trouxe melhorias na qualidade de vida dos comunitários.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Congresso, Energia Eólica

## 1. INTRODUÇÃO

A energia é um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento econômico em uma sociedade (Henríquez, 2019). Contudo, diversas áreas do mundo, em virtude de sua localização geográfica, têm dificuldades de acesso à energia por sistemas convencionais. No Brasil, uma solução para este problema é a instalação de mini-redes para geração própria de energia. Em geral, são utilizados grupos geradores com combustível de origem fóssil, principalmente o óleo diesel (Pinho et. al., 2008). Segundo Santos et.al. (2022), existem 212 sistemas isolados no Brasil.

O uso desses geradores apresenta algumas desvantagens, como por exemplo: alto custo de manutenção, elevado custo operacional devido à dificuldade de acesso ao combustível, o que encarece seu preço de operação, sem contar que esses equipamentos geram ruído queimam combustíveis fósseis que libera gases poluentes e gases-estufa na atmosfera, que contribuindo para a degradação ambiental. Em razão desses problemas, buscam-se alternativas sustentáveis para o abastecimento energético de comunidades isoladas do acesso a redes convencionais de energia elétrica. A utilização de radiação solar para a geração de energia, principalmente em regiões isoladas, tem se tornado cada vez mais popular em razão da grande disponibilidade da fonte principal e da redução dos custos associados a essa tecnologia (Pinho et. al., 2008).

Apesar de promissora, a utilização exclusiva da energia solar apresenta como desvantagem uma instabilidade na geração de energia, uma vez que ela depende da incidência de radiação solar. Por esse motivo, é necessário um suporte para garantir o suprimento e a estabilidade do gerador fotovoltaico de forma constante (Santos et. al., 2022). Uma solução viável é a implantação de sistemas híbridos fotovoltaico – diesel, que podem ser aplicados tanto nas mini-redes isoladas quanto para suporte energético para indústrias de mineração (Pinho et. al., 2008).

Estima-se que a utilização de sistemas híbridos tenha começado por volta da década de 1970. Pinho et.al. (2008) citam dois sistemas como pioneiros: um sistema híbrido eólico-diesel implantado em 1977 e um sistema híbrido fotovoltaico-diesel instalado em 1978, ambos nos Estados Unidos da América. No Brasil, o primeiro sistema híbrido foi implantado na Ilha de Fernando de Noronha em 1986 e consistia num sistema eólico-diesel composto por uma potência eólica de 75 kW e uma potência diesel-elétrica de 50 kW (Pinho et. al., 2008).

Pela definição de sistemas híbridos, a energia elétrica é gerada de acordo com o conceito de complementariedade energética. No caso dos sistemas isolados, o uso do sistema híbrido fornece maior segurança no fornecimento de energia, pois o gerador a diesel pode ser acionado quando o sistema de bateria não conseguir suportar o intervalo de recarga de energia com as fontes renováveis (Amaral, 2020).

Em uma parceria realizada entre Michigan State University (MSU) e a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) através do projeto, fomentado pela Mott Foundation, “Convergence for Innovate Energy Solutions: Empowering Off-Grid Communities with Sustainable Energy Technologies (GCR)”, 04 comunidades isoladas não-indígenas da Resex Tapajós-Arapiuns foram contempladas com a instalação de Usinas Fotovoltaicas e Sistemas de Bombeamento Solar. O projeto vem testando, de forma pioneira, uma turbina hidrocínética em uma dessas comunidades. O presente trabalho tem por finalidade reportar a implantação de um sistema híbrido fotovoltaico-diesel em uma das comunidades contempladas pelo projeto.

## 2. CONTEXTUALIZANDO A SELEÇÃO DAS COMUNIDADES DA RESEX TAPAJÓS-ARAPIUNS PELO PROJETO CONVERGENCE.

O projeto “Convergence for Innovative Energy Solutions: Empowering Off-Grid Communities with Sustainable Energy Technologies (GCR)” liderado pelo Dr. Emilio Moran e fomentado pela Mott Foundation, tem como sua principal meta impulsionar soluções energéticas inovadoras e sustentáveis para atender comunidades isoladas sem acesso à eletricidade.

A Resex Tapajós-Arapiuns tem hoje um total de 13 mil habitantes e é composta por 75 comunidades, sendo 26 delas aldeias indígenas (SAÚDE E ALEGRIA, 2018). Pesquisadores do Laboratório de Energias Renováveis (LABER) do IEG Ufopa identificaram em 2022, na Resex, várias comunidades com características desejáveis para a aplicação do projeto, pois boa parte delas encontra-se isolada e sem acesso à energia elétrica. Após o processo de seleção, as comunidades contempladas foram: Cachoeirinha do Mentai, Prainha do Maró, Vista Alegre do Maró e Porto Rico.

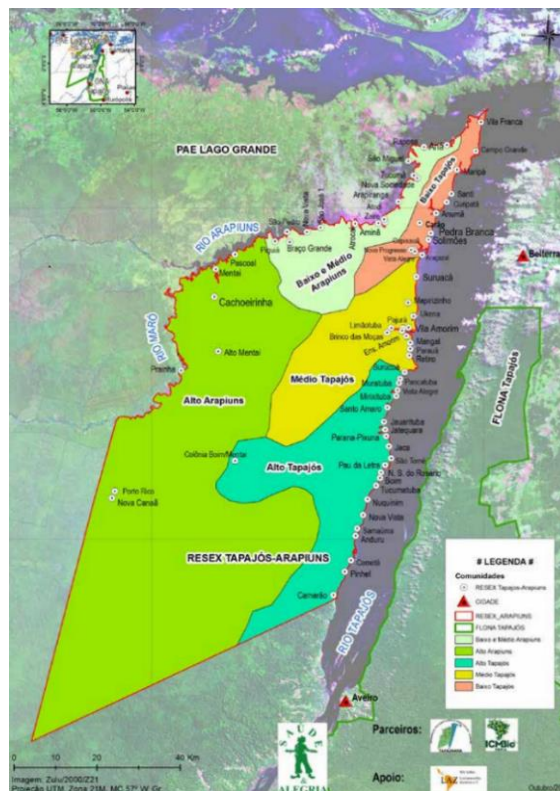


Figura 1 – Mapa da Resex Tapajós-Arapiuns (SAÚDE E ALEGRIA, 2015)

## 2.1 Comunidade Cachoeirinha do Mentai

A comunidade de Cachoeirinha do Mentai possui 13 famílias e está localizada na margem direita do Rio Mentai, entre as duas comunidades, Mentai e Alto Mentai. Seus primeiros moradores foram seu Izidório, seu Iócó, seu Josué, seu Izanildo, seu Gongo e seu Vadico. A comunidade foi fundada no ano 2001, recebendo o nome de “Cachoeirinha do Mentai” atribuído à pequena cachoeira existente no Rio Mentai, que aparece no período do verão, época em que as águas baixam. (SAÚDE E ALEGRIA, 2012). A Fig. 2 mostra uma imagem aérea da comunidade.



Figura 2 – Comunidade de Cachoeirinha do Mentai.

## 3. SISTEMA HÍBRIDO USINA FOTOVOLTAICA-GRUPO GERADOR DIESEL

O Sistema Híbrido proposto é composto por uma Usina Fotovoltaica (UF) e por um gerador à diesel, já existente na comunidade de Potência Nominal em modo de operação Contínua de 10,3 kW Modelo TF160 – Yanmar que nutre as necessidades energéticas da comunidade durante 4 horas diárias, possuindo um consumo médio de 5 litros de diesel por dia.

A configuração de alimentação da rede elétrica só permite energização por apenas um dos dois sistemas através de uma chave seletora acionada manualmente que elimina a possibilidade de alimentação simultânea da rede elétrica pelos dois sistemas. A característica principal desse sistema é que a UF seja a fonte principal e o Grupo gerador à diesel entre em operação em condições de falha da UF ou pela exigência de uma demanda da própria comunidade.

O projeto da Usina Fotovoltaica teve como um dos critérios o atendimento da capacidade energética que garantisse as demandas coletivas e residenciais da comunidade por um período de até 4 horas diárias em seu consumo máximo e uma autonomia de até 2 dias, nas mesmas condições de consumo, para os dias de nenhuma ou poucas horas de Sol.

A Usina Fotovoltaica conta com um gerador fotovoltaico (GV) composto por 14 módulos fotovoltaicos de 335 Wp cada, totalizando uma capacidade de geração de até 4690 Wp. O armazenamento energético do sistema é feito através de um banco de baterias, que funciona em 48 V, composto por 16 unidades que são carregadas de maneira automática por 2 controladores de carga de 60 A e a distribuição da energia armazenada para a rede geral da comunidade é realizada através de 2 inversores de frequência de capacidade nominal de saída igual à 3 KW cada um e uma tensão de saída 110 Vca.

A Tab. 1 apresenta os itens que compõem o sistema. Os módulos foram divididos em dois arranjos, o arranjo 01 com 8 módulos conectados ao Controlador 1 e os outros 6 módulos conectados ao Controlador 2, como mostra a Fig. 3.

Tabela 1 – Itens do GV e do Quadro de Comando da Usina Fotovoltaica.

ITENS	QUANTIDADE
Módulo Fotovoltaico – EMST 335P HC – INTELBRAS	14 un.
Controlador de Carga – 60 A – 48 V – ECM 6048 – INTELBRAS	2 un.
Bateria Estacionária Solar – 220 Ah – 12 V – 12MN220 – MOURA	16 un.
Inversor de Frequência – 3 KW – IP3000-42 – EPEVER	2 un.
String Box CC Clamper 2E/1S – 1000V	2 un.
String Box CA 63 A e 32 A	1 un.

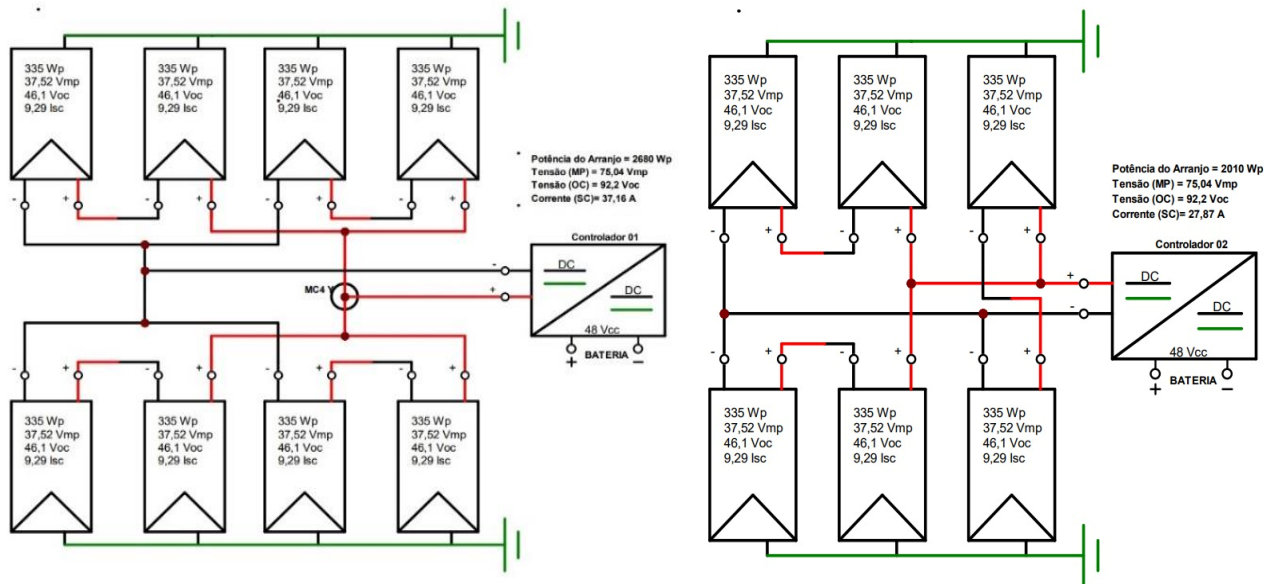


Figura 3 – Arranjo 01 do Controlador 01 e Arranjo 02 do Controlador 02 (Software CADe\_SIMU4.0).



Figura 4 – Gerador Fotovoltaico instalado em sua estrutura.

Observando a distribuição espacial das Unidades Consumidoras a serem atendidas na comunidade e o equilíbrio de cargas na rede elétrica, o sistema foi dividido em 3 circuitos-fases. Os circuitos ficaram divididos em Sistema Coletivo/Residencial (02 circuitos) e Sistema Residencial (01 circuito) de tal forma que a carga da rede seja distribuída o mais igualmente possível entre os dois inversores a fim de evitar a sobrecarga de um deles. A divisão foi feita conforme a Tab. 2.

Tabela 2 – Distribuição do Circuito Coletivo/Residencial e Residencial.

Coletivo/Residencial		Residencial	
Casa 01	Escola	Casa 07	Casa 11
Casa 02	Igreja	Casa 08	Casa 12
Casa 03	Barracão 01	Casa 09	Casa 13
Casa 04	Barracão 02	Casa 10	
Casa 05	Roteador		
Casa 06	Refeitório		

A Fig. 5 mostra o Quadro de Comando da Usina Fotovoltaica com a chave seletora conectada à rede geral.

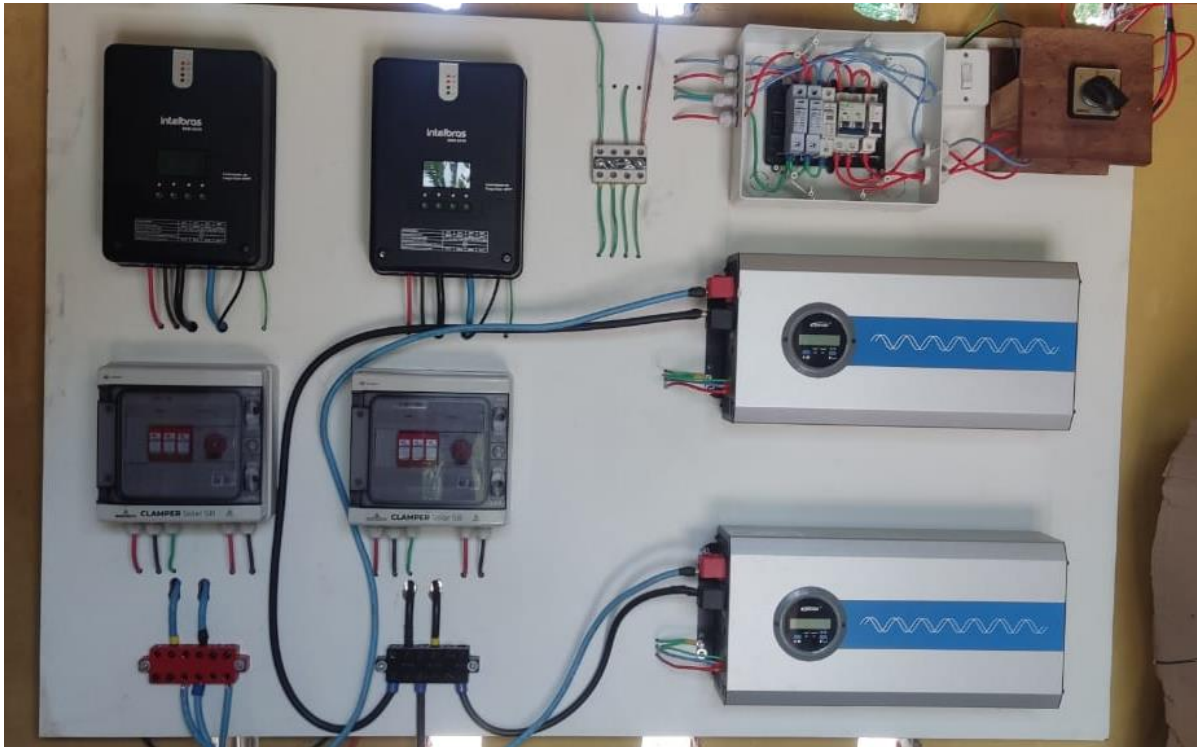


Figura 5 – Quadro de Comando da Usina Fotovoltaica.

O arranjo do banco de baterias, construído por madeira em formato de prateleira, está alojado juntamente ao motor e ao quadro de comando e é mostrado na Fig. 6.



Figura 6 – Banco de Baterias não conectado.

O banco de baterias foi designado para funcionar em 48V para uma menor corrente de trabalho, dada a grande quantidade de baterias. As conexões foram realizadas utilizando um cabo de 25 mm<sup>2</sup> com 4 baterias conectadas em série formando 4 arranjos, os quais foram conectados em paralelo. A Fig. 7 mostra como a conexão foi realizada.

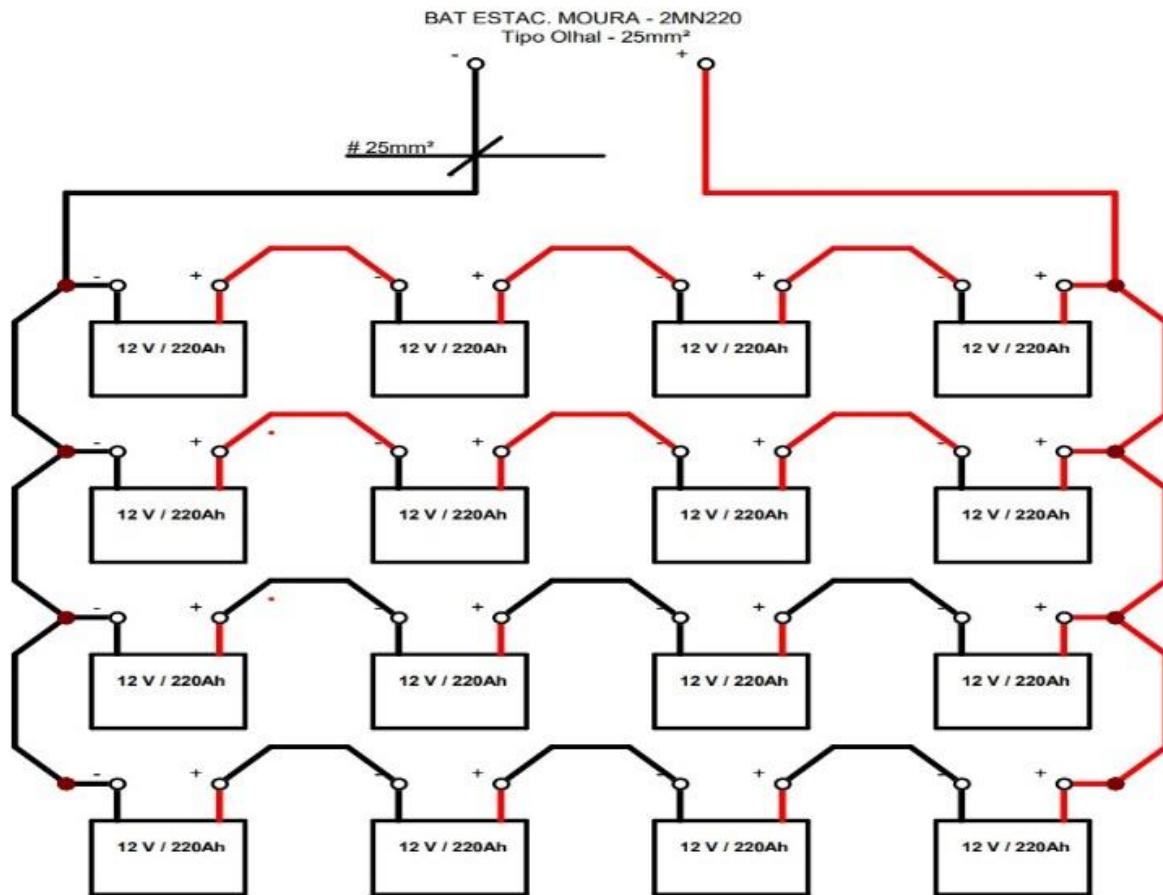


Figura 7 – Circuito do Banco de Baterias em 48V (Software CADe\_SIMU4.0).

### 3.3 Circuito - Sistema Coletivo/Residencial

O sistema Coletivo/Residencial fica conectado ao Inversor 01 que distribui sua energia para 06 residências e 06 unidades coletivas. As casas foram escolhidas de acordo com seu posicionamento geográfico em relação à localização dos sistemas geradores e pelo seu consumo energético diário, dessa forma, proporcionando uma melhor distribuição de carga entre os inversores.

Cada inversor possui apenas uma saída de alimentação em 110 Vac. O inversor 01 alimenta uma fase contendo dois circuitos: um destinado às residências e o outro às unidades coletivas, Tab 3, sendo cada um desses circuitos protegidos por disjuntor. Esse arranjo possibilita o controle isolado dos circuitos, facilitando a manutenção, quando necessária. A Tab. 3 e a Fig. 8 mostram, respectivamente, as residências e unidades coletivas que compõem o sistema em questão e sua localização.

Tabela 3 – Distribuição do Circuito Coletivo/Residencial.

Coletivo/Residencial	
Casa 01	Escola
Casa 02	Igreja
Casa 03	Barracão 01
Casa 04	Barracão 02
Casa 05	Roteador
Casa 06	Refeitório



Figura 8 – Mapa da distribuição do Circuito Coletivo/Residencial.

### 3.4 Circuito - Sistema Residencial

O circuito Sistema Residencial está conectado ao Inversor 02 e atende, no total, 07 casas espalhadas pela comunidade e, de acordo com as informações levantadas junto à liderança comunitária, são as que tem o maior consumo energético diário dentre as residências. A Tab. 4 e a Fig. 9 mostram, respectivamente, as residências que compõem o sistema em questão e sua localização. Da mesma forma que no circuito 01, este também é protegido por um disjuntor.

Tabela 4 – Distribuição do Circuito Residencial.

Residencial	
Casa 07	Casa 11
Casa 08	Casa 12
Casa 09	Casa 13
Casa 10	



Figura 9 – Mapa da distribuição de residências do Circuito Residencial.

## 4. CONCLUSÃO

A implantação de um sistema híbrido fotovoltaico-diesel na comunidade Cachoeirinha do Mentai trouxe impactos sociais, ambientais, econômicos e tecnológicos, tanto para as famílias presentes na comunidade como fora dela. Isso

porque, com o acréscimo do sistema híbrido, a emissão de gases de efeito estufa sofrerão uma redução significativa devido à redução da geração elétrica por fonte fóssil: o que antes era feito com o uso de um motor a diesel será feita agora pelo sistema fotovoltaico. Espera-se também que com o advento da Usina Fotovoltaica as despesas para gerar energia elétrica diminuam para os comunitários, já que o custo do combustível é alto para a comunidade, mesmo quando este é comprado na cidade mais próxima, caso em que, ao valor do combustível, adiciona-se também o custo do transporte. Acredita-se que implementação do sistema híbrido, que possibilita, entre outras coisas, a iluminação residencial e pública, trará também maior qualidade de vida nos períodos em que não há luz natural, resultando em mais segurança para a comunidade na prevenção de acidentes com animais peçonhentos durante a noite. Espera-se, ainda, que o sistema traga novas perspectivas para os moradores das comunidades despertando, tanto nos adultos como nos jovens, a curiosidade sobre o funcionamento da tecnologia fotossensível dos módulos fotovoltaicos.

### **Agradecimentos**

Dedico neste espaço o agradecimento especial à Mott Foundation pelo apoio financeiro e ao Prof. Dr. Emilio Mouran pela oportunidade ofertada através do projeto. Além disso, reitera-se também o agradecimento à equipe de pesquisadores do Laboratório de Energias Renováveis, professores MsC Lázaro João Santana da Silva e o Dr Manoel Roberval Santos Pimentel, que realizaram o projeto e a instalação do sistema na comunidade.

### **REFERÊNCIAS**

- AMARAL, T. B. (2020). Alternativas para o provimento de energia elétrica em regiões isoladas da Amazônia: análise de viabilidade de sistemas híbridos com diesel, solar FV e bateria. Master's Dissertation, Instituto de Energia e Ambiente, University of São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/D.106.2020.tde-03032021-141430. Retrieved 2023 10-28, from [www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS DE PROMOÇÃO SOCIAL E AMBIENTAL - CEAPS. Almanaque da reserva extrativista Tapajós-Arapiuns: prazer em conhecer. Pena, F; Henriques, G. (Org.). CEAPS - Projeto Saúde e alegria, Santarém, 2015. Disponível em: Acesso em: 30 out. 2023.
- DOS SANTOS, D. O., Braga, M., do Nascimento, L. R., Naspolini, H. F., & Rütther, R. (2022, August). AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PASSIVAS PARA AUMENTO DA PENETRAÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM MINIRREDES HÍBRIDAS FV+ DIESEL. In Congresso Brasileiro de Energia Solar CBENS (pp. 1-10).
- HENRÍQUEZ, J. T. U. (2019). Implementación y evaluación de un sistema híbrido solar-diesel.
- PINHO, J. T., Barbosa, C. F. O., Pereira, E. J. S., Souza, H. M. S., Blasques, L. C. M., Galhardo, M. A. B., & Macêdo, W. N. (2008). Sistemas híbridos. Brasília: Ministério de Minas e Energia.
- Populações tradicionais comemoram 20 anos do decreto de criação da Reserva Extrativista (RESEX) Tapajós-Arapiuns. Saúdeealegria, 2018. Disponível em: < <https://saudeealegria.org.br/redemocoronga/populacoes-tradicionais-comemoram-20-anos-do-decreto-de-criacao-da-reserva-extrativista-resex-tapajos-arapiuns/>>
- Prazer em conhecer Mentai – Parada Obrigatória. Saúdeealegria, 2012. Disponível em: < <https://saudeealegria.org.br/wp-content/uploads/2020/01/Cartilha-Mentai-2.pdf>>

### **INSTALLATION OF HYBRID SYSTEM PHOTOVOLTAIC PLANT-DIESEL GENERATOR GROUP FOR ELETRIFICATION OF THE COMMUNITY OF CACHOEIRINHA DO MENTAI AT RESEX TAPAJÓS-ARAPIUNS**

**Abstract.** Electricity has become an indispensable resource for society, used in fundamental sectors of our daily lives, such as health, education, food, entertainment and communication. However, in remote regions this resource is obtained in a precarious way, using methods that cause negative impacts on basic issues in the lives of people in these regions, such as the use of systems powered by diesel fuel generators. A viable alternative to solving this problem is the implementation of a hybrid photovoltaic plant-diesel generator set system, which is based on an environmentally sustainable source of energy production. The hybrid system project was implemented in the Cachoeirinha do Mentai community and produced in a partnership between the Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) and Michigan State University (MSU) supported by the Mott Foundation, the system was scaled at the Renewable Energy Laboratory (LABER). The system has a photovoltaic plant and a Continuous Power generator, which was already installed in the community. The photovoltaic plant consists of a photovoltaic generator (GV) connected to 14 solar modules of 335 WP each and 16 batteries, acting as an energy storage bank. Considering the size of the community, the system was divided into 3 phase circuits, which were divided into Collective-Residential and Residential. The Collective-Residential circuit distributes energy to 06 residences and 06 collective units and the residential circuit serves 07 households in the community. The installation of the hybrid system was successful, both in the technical and social aspects, as it brought improvements in the quality of life of the community's population and the system worked as planned.

**Keywords:** Solar Energy, Congress, Wind Energy