

PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA USO COMUNITÁRIO NO PARQUE INDÍGENA DO XINGU

L. Roberto Valer M. – robvaler@gmail.com

Kauê J. F. N. C. de Souza – kauenovaes@gmail.com

Teddy Arturo Flores Melendez – tmelendez@iee.usp.br

André Ricardo Mocelin – mocelin@iee.usp.br

Maria Cristina Fedrizzi – fedrizzi@iee.usp.br

Roberto Zilles – zilles@iee.usp.br

Universidade de São Paulo, Instituto de Energia e Ambiente

Marcelo Martins – marcelomartins@socioambiental.org

Instituto Socioambiental

Resumo. *O presente artigo apresenta o processo de implantação de sistemas fotovoltaicos autônomos para uso comunitário em aldeias do Território Indígena do Xingu (TIX). O processo engloba a capacitação de mais de 100 alunos residentes nas aldeias para instalação, operação e manutenção destes sistemas e um mutirão para a instalação em campo de 23 sistemas fotovoltaicos. Descreve-se neste artigo as principais barreiras e lições aprendidas no desenvolvimento do projeto e no processo de consolidação de “eletricistas fotovoltaicos” indígenas.*

Palavras-chave: *Energia solar fotovoltaica, Sistemas fotovoltaicos isolados, Transferência tecnológica.*

1. INTRODUÇÃO

Apesar dos grandes avanços da última década, o Brasil ainda conta com uma expressiva parcela da população sem acesso ao serviço de energia elétrica, parcela que se encontra em locais remotos e de difícil acesso. Mesmo com a existência da “Lei de Universalização da Energia Elétrica” (Lei nº10.438, de abril de 2002), a maior parte das povoações indígenas do país não tem acesso à este serviço, como é o caso da maioria das aldeias do Território Indígena do Xingu. Por este motivo, por demanda dos próprios indígenas e através da Associação Terra Indígena do Xingu (ATIX), e em parceria com Instituto Socioambiental (ISA), foi formulado o projeto “Energia Limpa para o Parque Indígena do Xingu”, com financiamento da Fundação C. S. Mott e apoio técnico do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos, do Instituto de Energia e Ambiente, da Universidade de São Paulo (LSF-IEE/USP). O projeto pretende criar um modelo de referência ao acesso às energias renováveis em comunidades isoladas, de acordo com os potenciais locais e suportado pelos arranjos comunitários existentes.

Aproveitando-se da experiência obtida em projetos anteriores (Serpa, 2001; Mocelin, 2007; Mocelin, 2006, Ribeiro, 2010) decidiu-se desenvolver uma metodologia específica cujo conteúdo foi direcionado à capacitação e treinamento técnico dos indígenas, em instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos isolados, com o objetivo principal de reduzir a dependência de mão de obra qualificada externa ao TIX. Além da capacitação, o processo conta com a instalação de sistemas fotovoltaicos isolados em 22 centros de saúde, 4 escolas centrais, 52 escolas anexas, 4 centros comunitários, 7 casas do mel e 3 casas de sementes, além de sistemas fotovoltaicos híbridos solar-diesel, na modalidade de minirredes nos 4 Polos Regionais do TIX.

O processo de capacitação foi dividido em duas fases, na primeira foram ministradas aulas teóricas e práticas sobre o funcionamento, instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos isolados, esta fase foi executada em três locais, capacitando indígenas da região do Baixo, Médio e Alto Xingu. A segunda fase, chamada de “mutirão”, consiste na instalação de pequenos sistemas isolados em aldeias escolhidas pelo ISA e a ATIX, seguindo critérios como a presença de escola, unidade de atendimento à saúde, centro comunitário, casa do mel, casa de sementes e sede de associação. Nesta etapa participam alunos capacitados na fase anterior, dando preferência aos alunos que mais se destacaram em termos de assimilação dos conteúdos teóricos e que foram mais colaborativos na parte prática da capacitação. O objetivo dos mutirões é utilizar na prática os conhecimentos teóricos obtidos na primeira fase, além de reforçar as habilidades inerentes de cada aluno e gerar confiança e autonomia na tomada de decisões em futuras instalações.

2. PRIMEIRA FASE: CAPACITAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

A primeira fase do processo de treinamento e capacitação dos alunos foi realizada em três etapas. A primeira aconteceu no Polo Diauarum, entre os dias 29 de maio a 02 de junho de 2016, e participaram do curso 44 alunos provenientes de 34 aldeias. A segunda ocorreu na Aldeia Piyluga, entre os dias 26 e 30 de setembro de 2016, e participaram 32 alunos de 21 aldeias, e a última etapa se deu na Aldeia Kuluene, entre os dias 29 de maio e 2 de junho de

2017, com a participação de 37 alunos de 25 aldeias. Os alunos foram escolhidos pelas respectivas comunidades, segundo critérios próprios de cada uma.

As aulas teóricas foram ministradas nos primeiros dias de cada curso, utilizando-se recursos expositivos em lousa e retroprojetor, Figura 1. O conteúdo programático da etapa teórica foi o seguinte:

- Conceitos sobre descargas atmosféricas, origem das descargas atmosféricas, prevenção e recomendações para reduzir os seus riscos.
- Formas de geração de energia elétrica.
- Conceitos básicos sobre eletricidade.
- Conceitos básicos sobre Energia Solar Fotovoltaica.
 - Tipos de sistemas fotovoltaicos e principais componentes.
 - Fatores limitantes para produção de energia fotovoltaica.
- Riscos em instalações elétricas.
 - Problemas de comum ocorrência em instalações elétricas.
 - Equipamentos de segurança para instalações e manutenções elétricas.
 - Tipos e importância dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).
- Tarefas para manutenção preventiva.
 - Materiais e ferramentas.
 - Manutenção do gerador fotovoltaico.
 - Manutenção das baterias.
 - Manutenção do quadro elétrico.
 - Manutenção da fiação.



Figura 1 - Aulas teóricas na Aldeia Piyulaga.

Além de todo o conteúdo acima, foram introduzidos e reforçados os conceitos de diagramas simplificados e multifilares para conexão dos sistemas. Os alunos copiaram os diagramas objetivando uma maior compreensão e fixação dos conteúdos, com destaque para as partes do sistema em corrente contínua. Para facilitar o entendimento, tanto na lousa quanto nos cadernos, foram feitas diferenciações de cores dos circuitos, a cor azul foi utilizada para a representação da fiação de corrente alternada, e as cores vermelho (positivo) e preto ou azul (negativo), para a representação de corrente contínua. A proposta era que os alunos transformassem seus cadernos em guias rápidos para futuras instalações.

As aulas práticas consistiram na montagem de sistemas fotovoltaicos isolados, Figura 2. Os alunos foram divididos em grupos com a missão de montar um sistema de 12 ou 24 Vc.c. com módulos, baterias, controlador de carga e inversor. Nessa perspectiva, os conteúdos apresentados no decorrer das aulas teóricas foram muito utilizados nesta etapa, por exemplo: compreensão dos diagramas multifilares; seleção do local de instalação dos módulos fotovoltaicos, das baterias e dos equipamentos de condicionamento de potência; associação dos módulos fotovoltaicos e baterias; instalação e conexão dos quadros elétricos e equipamentos de condicionamento de potência; conexão de todos os componentes do sistema; verificação das bitolas dos fios para cada tramo; utilização correta das ferramentas; ativação das proteções em corrente contínua e corrente alternada, e medições dos níveis de tensão dos componentes dos sistemas.



Figura 2 - Aulas práticas.

Em cada uma das capacitações foram consideradas as lições aprendidas nas capacitações anteriores, dentre elas, o aumento da carga horária de atividades práticas. Observou-se que a compreensão dos diagramas multifilares fica mais fácil se os alunos previamente participam da instalação de pelo menos um sistema. Também foi observado que, mesmo que alguns alunos não conseguissem expressar em português alguns conceitos sobre os sistemas fotovoltaicos, na prática, a maioria deles demonstrou ter aprendido a instalar e operar adequadamente os componentes dos sistemas.

3. SEGUNDA FASE: INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS

A segunda fase do processo de capacitação, ou mutirão, foi realizada com a participação efetiva dos alunos dos cursos teóricos e com o apoio de membros das comunidades beneficiadas, além supervisão da equipe do LSF-IEE/USP. Por diretrizes do projeto, cada comunidade escolheu um local comunitário para a instalação do sistema (escola, posto de saúde, casa de sementes ou casa do mel). A comunidade devia fornecer o poste para fixação do gerador fotovoltaico (de cerca de 4 m de altura) e estruturas para a instalação das baterias. A configuração dos sistemas foi a seguinte: gerador fotovoltaico de 280 Wp; banco de baterias de 220 Ah; controlador de carga de 30 ou 40 A; inversor de 300 ou 500 W e um quadro elétrico com dispositivos de seccionamento e proteção contra descargas atmosféricas, Figura 3. Os sistemas foram montados em 24 V c.c. e 127 ou 220 V c.a. Foram utilizados dois modelos de controladores de carga e um modelo de inversor. As instalações internas às edificações foram feitas com cabos PP, duas tomadas, duas lâmpadas e dois interruptores. A Figura 4 mostra exemplos de algumas instalações deste primeiro mutirão.

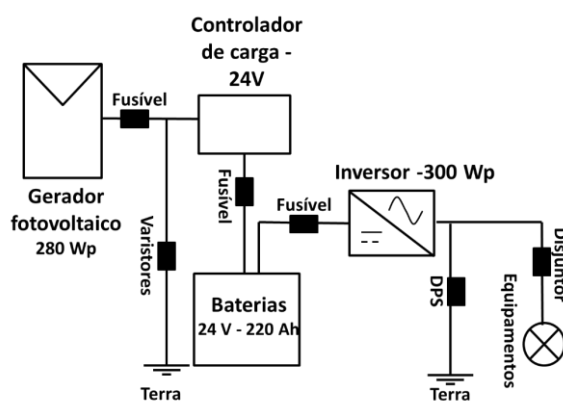


Figura 3 - Diagrama unifilar dos sistemas instalados.



Figura 4 - Vista de dois sistemas instalados.

Durante a instalação de cada sistema foram consideradas as sugestões da comunidade quanto à edificação que deveria receber o sistema e a equipe instaladora escolheu os locais mais adequados para a instalação do poste, quadro elétrico, banco de baterias, lâmpadas, interruptores e tomadas. Os membros das equipes instaladoras se organizaram e revezaram os trabalhos para instalação de cada um dos componentes. No final do processo, todas as instalações passaram por vistorias da equipe técnica do LSF-IEE/USP e os usuários receberam orientações para a utilização e manutenção dos sistemas, Figuras 5 e 6.



Figura 5 - Processo de instalação dos sistemas fotovoltaicos.



Figura 6 - Processo de instalação dos sistemas fotovoltaicos.

A próxima etapa da fase mutirão prevê a instalação de 4 minirredes nos Polos Diauarum, Pavurú, Wawi e Leonardo, e a realização de mais 3 mutirões de instalação para atender as demais aldeias contempladas com o projeto.

4. Discussões e conclusões

O processo de formação de novos instaladores requer que os alunos tomem decisões como determinar a localização dos módulos fotovoltaicos, do quadro de condicionamento de potência e das baterias, assim como o planejamento do processo de instalação. Cada aluno participou de todas as etapas do processo de instalação.

A metodologia utilizada no processo de capacitação permitiu aos alunos o aprendizado prático da instalação de sistemas fotovoltaicos autônomos, tanto na parte de corrente contínua, como na de corrente alternada. Conclui-se que a meta até o momento foi atingida, principalmente pela formação teórica e pela ênfase dada à capacitação prática onde os alunos foram organizados em grupos pequenos, de no máximo 10 alunos, possibilitando o melhor acompanhamento. Tanto nas aulas teóricas e práticas, quanto nos trabalhos do mutirão foram identificados alunos que se destacaram na assimilação dos conteúdos e por suas habilidades nas instalações, a equipe de capacitação constatou que estes alunos já podem dar continuidade ao processo de instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos isolados, sem que seja necessária uma maior supervisão técnica.

No processo de capacitação foram percebidas algumas barreiras a serem levadas em conta para trabalhos futuros. Foram detectadas certas dificuldades de comunicação oral e escrita, uma vez que alguns alunos não dominam bem o idioma português. Outro ponto relacionado à comunicação foram os jargões técnicos utilizados na capacitação, muitas palavras não possuíam significado conhecido para os alunos, como por exemplo o termo “associação em paralelo”. Em outros casos, os termos apresentavam ambiguidade: a palavra “carga”, usada no linguajar técnico para descrever algum equipamento consumidor de energia, para os alunos significava uma fonte de energia. A escrita em português causou desconforto para alguns alunos quando foram passadas questões para serem respondidas por escrito. A formulação das respostas na forma de sentenças não foi algo simples para a maioria dos alunos. Sendo assim, o auxílio da equipe de capacitação foi fundamental para o preenchimento e correção de todas as questões teóricas nos cadernos individuais dos alunos. Outra questão a ser solucionada foi a compreensão dos gráficos, ilustrações e diagramas elétricos, pois este tipo de conteúdo não fazia parte da dinâmica dos alunos e a apresentação inicial desses conteúdos gerou certa resistência, mas com a repetição dos conteúdos inúmeras vezes no decorrer do curso, pode-se dizer que houve assimilação de parte substancial das informações transmitidas.

Apesar de se ter identificado importantes desníveis relacionados ao conhecimento prévio de sistemas fotovoltaicos por parte dos alunos, o aproveitamento foi satisfatório para a grande maioria dos alunos, superando as expectativas em muitos casos.

O processo de instalação dos primeiros sistemas fotovoltaicos nas aldeias representou a consolidação do treinamento dos “eletricistas fotovoltaicos” pertencentes à região do Baixo Xingu (TIX). A aplicação em campo dos conteúdos ensinados durante as capacitações anteriores serviu para reforçar o conhecimento dos alunos sobre sistemas fotovoltaicos. Por outro lado, por parte da equipe do LSF-IEE/USP houve uma melhor compreensão das dificuldades técnicas e logísticas para a execução das tarefas de instalação na região, gerando uma proposta de sistematização da atuação, segundo os padrões das normas técnicas vigentes, já que como comprovado em outras experiências (Valer et al, 2014 e Valer et al, 2017), a baixa qualidade das instalações elétricas na zona rural em geral representa um risco para a segurança dos usuários.

Foi observado que um elemento facilitador e que acelera sobremaneira os trabalhos em campo é a preparação prévia do material necessário para a instalação dos sistemas, por exemplo, a montagem prévia do quadro de condicionamento de potência e a preparação dos cabos de conexões do controlador de carga e do inversor, e a montagem dos suportes dos fusíveis NH, Figura 7.

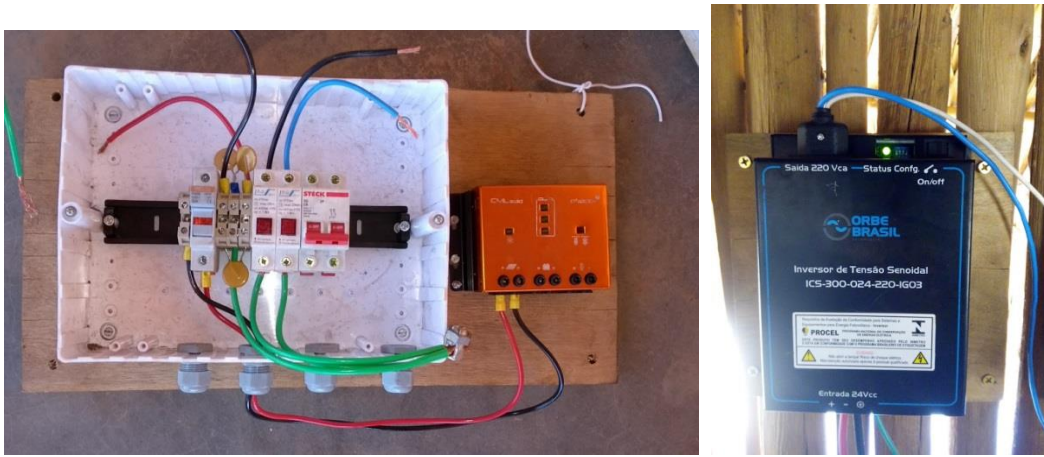


Figura 7 - Quadro elétrico, controlador e inversor montados sobre suporte de madeira com as conexões elétricas básicas.

Outro elemento facilitador para as instalações em campo se refere à participação das comunidades que receberão os sistemas, é necessário que estas sejam avisadas antecipadamente para que preparem os postes de madeira para a fixação dos módulos fotovoltaicos e a estrutura de madeira para a instalação do banco de baterias. Onde não for possível obter um local isolado para abrigar as baterias, sugere-se a utilização de estruturas elevadas do solo a fim de dificultar o acesso de crianças e animais domésticos, Figura 8. Em edificações sem paredes, a comunidade deve preparar estrutura para a instalação do quadro de condicionamento de potência, Figuras 8 e 9. Devido ao risco de incêndio, principalmente em casas com telhado de palha, foi adotado um padrão de instalação com cabo PP para as instalações elétricas internas.



Figura 8 - Quadro de condicionamento de potência e suporte elevado para as baterias.



Figura 9 - Construção de estrutura para fixação do quadro de condicionamento de potência.

Foi observado a grande facilidade dos indígenas para a execução de trabalhos em altura, Figura 10, no entanto, para futuras instalações serão requeridos equipamentos de proteção para a execução deste tipo de atividade.



Figura 10 - Instalações elétricas e trabalhos em altura.

Outra dificuldade enfrentada em campo foi a instalação dos sistemas fotovoltaicos em edificações de alvenaria, em primeiro lugar porque muitas edificações apresentavam instalações elétricas (da rede do gerador a diesel da comunidade) fora do padrão e das normas técnicas, ou com defeitos pelo tempo de uso, motivo pelo qual foi necessário realizar alguns reparos ou fazer uma instalação paralela. Em segundo lugar, o forro de PVC existente em muitas escolas e postos de saúde do TIX, Figura 11, serve de abrigo para vários tipos de animais como morcegos, aranhas, baratas e ratos, gerando grande acúmulo de excrementos o que dificulta os trabalhos e pode botar em risco a saúde dos instaladores que acabam entrando em contato direto com este material.

Nas edificações de alvenaria idealizou-se a utilização de um quadro de transferência que permite a utilização do gerador à diesel ou fotovoltaico, desta maneira, os usuarios só precisam trocar de tomada para utilizar uma fonte ou outra, Figura 12.



Figura 11 - Forro de PVC comumente utilizado em prédios de alvenaria no TIX.



Figura 12 - Quadro de transferência.

Como foi observado, o processo de implantação de sistemas fotovoltaicos autônomos para uso comunitário em aldeias do Território Indígena do Xingu, além de apresentar várias características de processos anteriores (Mocelin, 2007 e Ribeiro, 2010), apresentou novos desafios devido às características próprias destas comunidades indígenas (linguagem, organização social, acesso à informação, etc). Existe pouca literatura sobre experiências similares no Brasil e no mundo com comunidades indígenas. Entre elas podemos comparar esta experiência com o processo de implementação de sistemas fotovoltaicos na região do Alto Solimões (Noda et al, 2013), onde a barreira de comunicação também demandou um esforço maior para poder atingir os objetivos traçados.

Agradecimentos

Este trabalho foi possível graças aos recursos do Projeto “Energia Limpa para o Parque Indígena do Xingu” executado pelo Instituto Socioambiental em Parceria com a ATIX Associação Terra Indígena Xingu e financiado pela Fundação C. S. Mott.

REFERÊNCIAS

- Mocelin A. 2007. Implantação e gestão de sistemas fotovoltaicos domiciliares: resultados operacionais de um projeto piloto de aplicação da resolução ANEEL nº 83/2004, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Morante, F. 2004. Demanda de energia elétrica e desenvolvimento socioeconômico: o caso das comunidades rurais eletrificadas com sistemas fotovoltaicos, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Morante, F. et al. 2006. Capacitación y transferencia tecnológica: Su importancia en la sostenibilidad de los proyectos basados en tecnología solar fotovoltaica. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 10.
- Noda, H. et al. 2013. Dinâmicas socioambientais na agricultura familiar na Amazônia. ISBN: 978-85-66808-00-1
- Ribeiro, T.B.S. 2010. A eletrificação rural com sistemas individuais de geração com Fontes intermitentes em comunidades tradicionais: Caracterização dos entraves para o desenvolvimento local, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Serpa, P. 2001. Eletrificação fotovoltaica em comunidades caiçaras e seus impactos socioculturais, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Valer, L.R. et al. 2014. Lições aprendidas no processo de implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares em duas comunidades rurais. Revista Brasileira de Energia Solar, v. 5, p. 18-26.
- Valer, L.R. et al. 2017. Issues in PV systems applied to rural electrification in Brazil. Renewable & sustainable energy reviews, v. 78, p. 1033-1043.

PROCESS OF IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS FOR COMMUNITY USE IN XINGU INDIGENOUS PARK

Abstract. *This paper shows the process of implantation of Solar Home Systems in villages of the Xingu Indigenous Park. The process includes the training of more than 100 students for installation, operation and maintenance of these systems and the field installation of 23 photovoltaic systems. It is described the main barriers and lessons learned in the development of the project and the process of consolidation of indigenous "photovoltaic electricians".*

Key words: *Photovoltaic solar energy, Solar Home system, Technological transfer*