

# ESTADO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES INSTALADOS EM UMA COMUNIDADE RIBEIRINHA AMAZÔNICA APÓS SEIS ANOS E MEIO DE OPERAÇÃO

L. Roberto Valer Morales – robvaler@usp.br

André Ricardo Mocelin – mocelin@iee.usp.br

Roberto Zilles – zilles@iee.usp.br

Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia

**Resumo.** Este trabalho apresenta o estado dos sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFDs) instalados na comunidade de São Francisco de Aiucá, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RSDM) no estado do Amazonas. Os primeiros 19 sistemas foram instalados em agosto de 2005 e mais 4 sistemas foram instalados em maio de 2007. Após um longo processo de implantação dos sistemas que incluiu a capacitação dos usuários, o treinamento de técnicos e a criação de um fundo de reposição de baterias e componentes, os usuários ficaram encarregados da gestão dos sistemas. Em fevereiro de 2012 (aproximadamente 78 meses depois da instalação dos primeiros sistemas) foi feita uma visita para observar o estado dos sistemas. Neste artigo é apresentado um resumo do processo de implantação, o estado atual dos sistemas, as lições aprendidas após seis anos e meio de gestão e as perspectivas futuras sobre o projeto.

**Palavras-chave:** Eletrificação Rural, Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, Universalização

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto de implantação dos sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFD) em São Francisco de Aiucá, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RSDM) no estado de Amazonas, nasceu de uma parceria entre o Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM) e o Instituto Winrock International.

Os sistemas fotovoltaicos domiciliares foram instalados segundo as diretrizes da Resolução Normativa ANEEL 83, Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFIs), de 20 de setembro de 2004. Os SFDs instalados na comunidade são de tipo SIGFIs-13 que garantem o fornecimento de 13 kWh de energia elétrica por mês. A configuração utilizada consta de um gerador fotovoltaico de 200 Wp composto por dois módulos fotovoltaicos de 100 Wp ISOFOTON I-100/12 conectados em série, um sistema de acumulação composto por duas baterias para aplicações fotovoltaicas Enertec SF175TE 150 Ah C20 12V; um controlador de carga e descarga de 20 A e 24 V Phocos CX20 e um Inversor CC/CA de 60 Hz (senoidal pura) e 127 V Isoverter 250/24. A Fig. 1 mostra o diagrama unifilar do sistema fotovoltaico domiciliar instalado (Zilles et al., 2006).

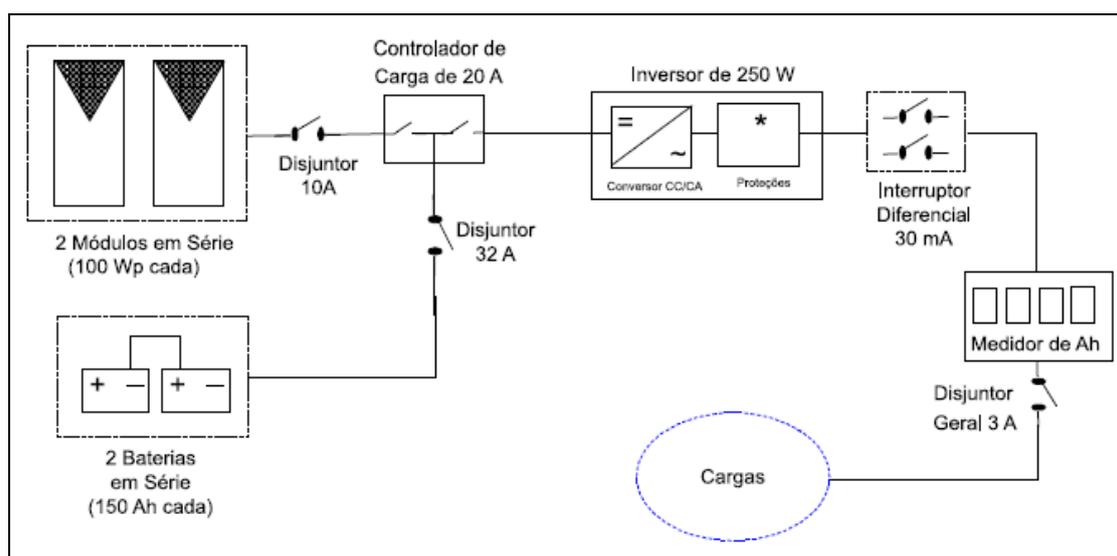


Figura 1- Diagrama unifilar do sistema fotovoltaico domiciliar instalado no Aiucá.

Dos componentes mostrados na Fig. 1, montaram-se no interior de cada residência os seguintes componentes dentro de um quadro elétrico: inversor CC/CA, controlador de carga, interruptor diferencial, medidor de Ah e os disjuntores de seccionamento dos módulos fotovoltaicos, baterias e carga. O gerador fotovoltaico foi instalado sobre um

poste fixo orientado ao norte geográfico. Por razões de segurança e para permitir a futura ampliação e manutenção das casas, as baterias foram colocadas dentro de abrigos independentes das casas. Esses abrigos estão elevados a uma altura suficiente para impedir a inundação dos mesmos em épocas de enchente.

Dos 23 sistemas instalados, 19 entraram em funcionamento em agosto de 2005 e posteriormente 4 novos sistemas foram instalados em maio de 2007.

## 2. PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO E MECANISMOS DE GESTÃO DOS SISTEMAS

A comunidade de São Francisco de Aiucá se encontra ao lado de um igarapé, na margem esquerda do Rio Solimões, e o acesso é por via fluvial em barco. As variações do nível das águas do Rio Solimões influenciam fortemente as rotinas de vidas dos moradores da comunidade, cujo deslocamento e acesso à água tornam-se mais difíceis na época seca. As casas estão construídas sobre palafitas para proteger-se na época da cheia.

No processo de transferência tecnológica foi estabelecido um cronograma de atividades do projeto. Em maio de 2005 foi feita uma visita com os membros da comunidade para avaliar os custos de operação e manutenção dos SFDs e constituir uma associação de usuários dos sistemas. Nos meses seguintes foram feitas diversas visitas para aquisição, preparação e transporte dos equipamentos até a comunidade. Em agosto de 2005, realizou-se a instalação dos SFDs com ajuda dos usuários, criou-se o regulamento para os usuários de SFDs, constituiu-se um fundo de operação e manutenção de SFDs, que estipulou uma taxa mensal de R\$15,00 e uma entrada de R\$150,00 por domicílio, e capacitou-se dois moradores para formar uma equipe técnica local (Fig. 2).



Figura 2- Processo de transferência tecnológica aos usuários.

Foto: Arquivo gráfico do LSF-IEE-USP

Depois foram realizadas várias visitas até 2006 para supervisionar a gestão e o bom funcionamento dos sistemas. Nessas visitas foram feitas mais duas capacitações aos técnicos locais e solucionaram-se alguns problemas ocorridos com os sistemas. Os detalhes dos resultados operacionais após quase um ano de operação encontram-se em Mocelin et al. (2007).

Em maio de 2007 instalaram-se mais quatro sistemas. A instalação desses sistemas adicionais ocorreu porque durante o processo de eletrificação surgiram mais quatro famílias e o projeto ainda possuía recursos de capital. O fluxo de caixa positivo do processo de implantação é resultante da doação das baterias por uma empresa interessada em desenvolver baterias específicas para aplicação fotovoltaica.

### 3. ESTADO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO DOMICILIARES

Em fevereiro de 2012 foi realizada uma avaliação do estado dos sistemas fotovoltaicos domiciliares. Por ocasião da visita encontravam-se funcionando 20 sistemas fotovoltaicos, dos quais 8 apresentavam algum tipo de problema, principalmente relacionado a falhas do controlador, o qual havia sido retirado e a conexão era direta dos módulos até as baterias. Os três sistemas que não estavam funcionando tinham controlador ou inversor com problemas, sendo necessária a troca desses equipamentos para que voltem a funcionar. Os 12 sistemas restantes estavam funcionando normalmente e eram usados, em média, de 3 a 4 horas por dia, principalmente para iluminação e uso do televisor. Dos 19 sistemas instalados em 2005, 2 não estavam funcionando e 6 apresentavam problemas com o controlador. Dos 4 sistemas instalados em 2007, 1 não estava funcionando e 2 tinham problemas com o controlador.

Mesmo com esses problemas, a grande maioria dos usuários qualifica a energia fotovoltaica como boa ou muito boa, principalmente porque, segundo os moradores, é uma energia limpa já que não gera fumaça como a lamparina, é de uso individual, não tem barulho e não dá “tantos problemas” como o gerador a diesel.

Em 18 das 20 casas com SFD funcionando, encontrou-se uma televisão sendo utilizada com antena parabólica. Também foram encontrados 11 aparelhos de DVD, 11 rádios ou aparelhos de som, 5 ventiladores e 11 celulares.

Os usuários continuam administrando o fundo de reposição, mas a taxa foi reajustada para R\$20 (vinte reais) em função do aumento do preço das baterias. A Fig. 3 mostra a taxa de inadimplência dos usuários até o mês de fevereiro.



Figura 3- Taxa de inadimplência do fundo de reposição

Segundo os acordos da comunidade, o sistema deve ser desligado após 3 meses sem pagamento. Isso significaria que 10 casas já poderiam ter perdido o sistema por falta de pagamento. Das 4 residências com as taxas mais alta de inadimplência, em duas o sistema não está funcionando e as outras duas têm o sistema funcionando com alguns problemas. Quando entrevistados, a maioria dos usuários (84%) comentou que a taxa paga é aceitável ou até baixa, pelo qual a justificativa da alta taxa de inadimplência talvez não seja só a quantidade a ser paga e sim, uma questão de credibilidade do fundo, já que houve perdas econômicas no fundo e demora de até um ano na compra de novas baterias. O tempo de reposição das baterias depende se há dinheiro no fundo e uma quantidade razoável de baterias para serem trocadas que justifiquem a viagem até Tefé

Como regra geral, todas as casas já trocaram as baterias pelo menos uma vez. As baterias compradas não são do mesmo modelo e marca do sistema original desenvolvida para uso em sistemas fotovoltaicos. Na atualidade são usadas baterias abertas automotivas, sendo as marcas e os modelos mais usados os seguintes: MEGATRON MB 150MD 12V 150 Ah, BOSCH S5X150D 12V 150 Ah e ACDELCO B22 A150D3 (ECO) 12 V 150 Ah. O preço por bateria em Tefé está na faixa de R\$ 480,00. Uma vez desgastadas, as baterias são levadas até a loja de venda para ganhar um desconto de R\$ 30,00 na compra de uma nova bateria. Por acordo da associação, o fundo de reposição não cobre mais o gasto em água destilada para a reposição nas baterias. Isso significa que cada usuário agora deve comprar sua própria água destilada, mas só 8 dos 20 usuários com o sistema em funcionamento afirmaram ter comprado água nos últimos seis meses.

Em relação à manutenção durante o treinamento dos técnicos locais ensinou-se várias tarefas de manutenção preventiva do sistema como, por exemplo: a reposição da água das baterias, a limpeza dos módulos, dos terminais das baterias e dos abrigos das baterias. Apesar de que a maior parte dos usuários (58%) afirmara que a manutenção do sistema fotovoltaico é fácil, durante a visita foi comprovado que essas tarefas não são feitas há um bom tempo. Quando questionados, eles afirmaram que a manutenção é uma tarefa que “o presidente deve fazer”.

Além da necessidade de trocar periodicamente as baterias, há muitos problemas nos sistemas devido ao controlador. No momento da visita, 10 casas não tinham o controlador funcionando (Fig. 4). A configuração sem controlador obriga o usuário a vigiar o estado do inversor para usar ou desligar o sistema já que alguns equipamentos como a televisão não funcionam adequadamente quando a tensão do banco de baterias é baixa. A falta de controladores também afeta a vida útil das baterias já que a tensão de desconexão por baixa tensão dos inversores é menor que o valor de corte dos controladores. Além disso, os inversores CC/CA não possuem circuito para controlar a sobrecarga das baterias.



Figura 4 - Quadros elétricos em funcionamento sem a presença do controlador.

Nas entrevistas, vários usuários reportaram que seus controladores estragaram após a reconexão dele seja por troca de baterias ou desligamento do controlador por falta de pagamento ou ainda após descargas atmosféricas nas proximidades. É necessário fazer um novo treinamento sobre esses aspectos. O grande problema é que os controladores existentes no estoque de reposição de peças da comunidade já foram utilizados e não está sendo possível comprar esses equipamentos pelos canais de compra atuais, sendo necessário ver a possibilidade de encontrar novos canais de compra ou equipamentos similares aos que foram instalados.

Os outros problemas encontrados nos sistemas fotovoltaicos domiciliares visitados são resultado da falta de manutenção dos equipamentos e da queda de qualidade das novas instalações quando realizadas mudanças de casas. Em relação à falta de manutenção dos equipamentos, comprovou-se a falta de limpeza nos módulos, nos abrigos das baterias e a falta de reposição de água destilada nas baterias.

A maior parte dos módulos vistoriados estava suja apesar de ser época de chuvas, algumas caixas estavam com fungos e os postes apresentavam sinais de desgaste. Em duas casas observou-se o sombreamento nos módulos devido a construção de um segundo andar. Nesses casos, recomenda-se mudar os módulos para local em que não haja sombreamento, podendo ser eles colocados na frente da casa ou ao lado, sempre que não haja outros obstáculos. Também foi observado que vários módulos não estavam orientados corretamente, tinham inclinações fora do ângulo ideal e os postes estavam tortos (Fig. 5).

Em vários abrigos das baterias encontrou-se muita sujeira, presença de aranhas e outros insetos, ambos fatores indicativos da falta de cuidado com a limpeza dos abrigos. Também foram encontrados vários terminais das baterias corroídos, possivelmente devido à falta de cuidados com a reposição de água das baterias (Fig. 6). Por segurança é o presidente da comunidade quem tem as chaves de cada abrigo das baterias. Isso traz uma série de vantagens na proteção das baterias e do sistema, mas também cria uma dependência de que a manutenção seja feita só pelo presidente, o que na prática não está acontecendo. Também foi observado que é necessário trocar os telhados dos abrigos, pois estes se encontram deteriorados e é possível que ocorra vazamento de água no interior dos abrigos.

No interior de muitas casas, a fiação se encontrava mal instalada e frouxa. É recomendável nesses casos, usar elementos de fixação e organização dos fios (abraçadeiras de nylon, fitas adesivas de dupla face, kits de organização, etc.). Também foram encontrados muitos pedaços de cabos sem proteção e expostos, muitas vezes com sacolas plásticas como isolante elétrico (Fig. 7).

Também foram encontrados bastantes bicos de luz sem lâmpadas porque as pessoas acostumaram a priorizar a iluminação em pontos específicos da casa e não trocam as lâmpadas velhas por novas. Em média das 4 lâmpadas instaladas inicialmente, são usadas somente 1 ou 2 em cada casa. Por outro lado, a falta de mais tomadas para o uso de aparelhos elétricos, faz com que seja necessário o uso de benjamins ou extensões para conectar todos os aparelhos que a família possui e muitas vezes vários benjamins são ligados na mesma tomada (Fig. 8).



Figura 5 – Problemas com os módulos fotovoltaicos



Figura 6 – Problemas com a limpeza dos abrigos e corrosão nos terminais das baterias



Figura 7 – Problemas com a fiação interna.



Figura 8 - Uso excessivo de benjamins e extensões.

#### 4. CONCLUSÕES

Muitas coisas mudaram na comunidade desde o início da implantação do projeto até a atualidade: o número de casas aumentou de 26 para 38, a maioria das casas utilizam GLP para cocção, é possível o uso do telefone celular, algumas famílias desenvolveram atividades produtivas em casa como a fabricação de tipiti para vender, entre outras.

O modelo de gestão adotado, que incluía a criação da associação dos usuários, a capacitação dos técnicos e a criação de um fundo de manutenção, mostrou-se aceitavelmente eficaz, embora sejam necessários alguns ajustes. Uma lição aprendida é que mesmo com um grande investimento em treinamento, precisa-se adotar uma supervisão constante da gestão dos sistemas. A alta taxa de inadimplência e os problemas com o fundo de manutenção talvez possam ser solucionados repassando o controle do fundo para outra entidade, tarefa que pode ser assumida pelo IDSM, pela prefeitura de Urini ou pela concessionária de energia elétrica da região. Também existe o problema da falta de manutenção dos sistemas que pode ser remediada com a capacitação de novos técnicos.

Foi comprovado que os técnicos conseguiram aprender a montar e substituir equipamentos dos sistemas já que esses trabalhos foram feitos várias vezes. Porém, a qualidade das instalações novas é diferente da inicial porque os técnicos têm outra percepção de qualidade. Em relação às falhas dos componentes do SFD era esperado que as baterias durassem 3 ou 4 anos e que após esse período elas fossem trocadas pelo menos 1 vez. Porém, não era esperado que os

controladores apresentassem um alto índice de falhas (10 residências não tem controlador) o que torna necessário a avaliação dos controladores danificados nos próximos meses para determinar as causas dessas falhas e realizar as medidas corretivas. Também se percebeu problemas com as lâmpadas fluorescentes compactas já que são poucas as lâmpadas operativas por casa apesar do estoque de lâmpadas que foi deixado na comunidade. Quanto ao padrão de instalação, a construção dos abrigos de baterias com altura elevada mostrou-se eficaz durante os períodos de cheia impedindo que as baterias sofressem inundação. No entanto, a instalação elétrica interna utilizando fios isolados diretamente fixados sobre a madeira mostraram-se mais vulneráveis às intervenções dos usuários, e recomenda-se, em projetos futuros, avaliar o uso de eletrodutos para a instalação elétrica no interior das casas.

Quando entrevistados, os usuários se mostraram contentes com seu sistema e os moradores das casas que não tem sistema tem expectativa de ganhar um SFD nos próximos anos. Os usuários destacam como principais benefícios: a possibilidade de ter uma melhor iluminação, de poder assistir a televisão, de escutar música e de diminuir suas despesas em velas, pilhas e combustível para lamparinas. As famílias que fabricam tipiti beneficiaram-se com a ampliação do número de horas de iluminação assim como também as pessoas que precisam pescar à noite ou de madrugada.

Em suma, apesar dos problemas com a manutenção, com a gestão do fundo de reposição e com os controladores de carga, os resultados encontrados são bons. Em geral os SFDs estão funcionando bem, já que 20 sistemas funcionando de 23 é uma boa taxa para um projeto piloto após 6 anos e meio de operação, principalmente quando são os próprios usuários os encarregados de fazer a gestão dos SFDs.

Recomenda-se realizar uma revitalização dos sistemas fotovoltaicos com problemas, a instalação de novos sistemas nas casas não atendidas e uma articulação com a concessionária de energia elétrica local para assumir a gestão dos sistemas fotovoltaicos, uma vez que a meta de universalização para o município de Uarini é o ano de 2012.

### **Agradecimentos**

Este trabalho foi possível graças aos recursos do convênio Energia Limpa, USAID/IDER/SCM e do CNPq, assim como do apoio do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSMD), da Universidade Federal do Pará (UFPA) e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT – EREEA).

### **REFERÊNCIAS**

- Mocelin, A.; Zilles, R.; Morante, F. 2007. Resultados operacionais da implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares de acordo com a resolução ANEEL No. 83/2004
- Zilles, R.; Morante, F.; Mocelin, A.; Moura, E. e Ribeiro, C. 2006. Projeto piloto de implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares atendendo a Resolução Normativa ANEEL No 83/2004. In Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia, 16 a 18 de agosto de 2006, Rio de Janeiro, Vol.II, pp. 1031-1042.

### **CURRENT STATE OF SOLAR HOME SYSTEMS INSTALLED IN AN AMAZONIAN COMMUNITY AFTER 6 AND HALF YEARS OF OPERATION**

**Abstract.** *This works shows the current state of Solar Home Systems (SHS) installed in São Francisco de Aiucá, community located in the Mamirauá's Reserve of Sustainable Development (MRSD) in Amazonas's State, Brazil. The first 19 systems were installed in August, 2005 and 4 more in May, 2007. After a long implantation process that includes technician training, a creation of a regulation and a fund for batteries and other SHS components reposition, the users have been in charge of a SHS's management. In February, 2012, an SHS evaluation was made. This works shows a brief history of SHS implantation process, the current SHS state and lessons learned in the project.*

**Key words:** Rural electrification, Solar Home Systems.