

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

USP

Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia

PIPGE

(EP/FEA/IEE/IF)

**IMPLANTAÇÃO E GESTÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
DOMICILIARES: RESULTADOS OPERACIONAIS DE UM
PROJETO PILOTO DE APLICAÇÃO DA RESOLUÇÃO ANEEL
Nº 83/2004**

André Ricardo Mocelin

São Paulo

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANDRÉ RICARDO MOCELIN

**IMPLANTAÇÃO E GESTÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
DOMICILIARES: RESULTADOS OPERACIONAIS DE UM
PROJETO PILOTO DE APLICAÇÃO DA RESOLUÇÃO ANEEL
Nº 83/2004**

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica/ Faculdade de Economia e Administração/ Instituto de Eletrotécnica e Energia/ Instituto de Física) para obtenção do Título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. **Roberto Zilles**

São Paulo

2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Mocelin, André Ricardo

Implantação e Gestão de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares: Resultados Operacionais de um Projeto Piloto de Aplicação da Resolução ANEEL N° 83/2004. 136p., 2007.

Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo.

1. Eletrificação rural fotovoltaica
2. Implantação e gestão
3. Resultados operacionais

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP - FEA - IEE - IF

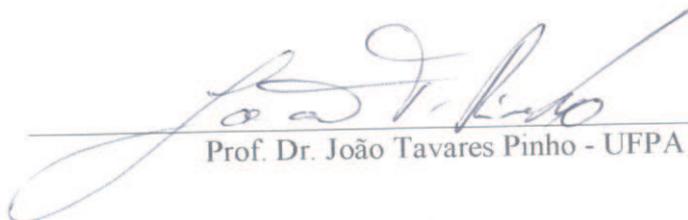
ANDRÉ RICARDO MOCELIN

“Implantação e Gestão de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares: Resultados Operacionais de um Projeto Piloto de Aplicação da Resolução ANEEL nº 83/2004”

Dissertação defendida e aprovada em 27/04/2007 pela Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Roberto Zilles – PIPGE-IEE/USP
Orientador e Presidente da Comissão Julgadora



Prof. Dr. João Tavares Pinho - UFPA



Prof. Dr. Federico Bernardino Morante Trigo - UFABC

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, de maneira muito especial, pela dedicação e esforços envidados durante toda a minha vida.

À Cássia, com amor, por fazer a minha vida muito mais feliz.

Ao Andrezinho, fruto desse amor, por existir.

Às minhas irmãs e ao Luís, meu irmão de coração, sempre presentes apesar da distância.

Às minhas avós, Elizabeth e Helena, exemplos de trabalho e de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Roberto Zilles pela orientação, pelo aprendizado na área de energia solar e por outras oportunidades ao longo do percurso.

Aos amigos do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos pela motivação e incentivo nos mais variados momentos.

Ao Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo pela infra-estrutura disponibilizada.

Aos profissionais do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá e do Instituto WinRock pela interação harmoniosa e enriquecedora.

Aos moradores da comunidade São Francisco do Aiucá pela acolhida e pela colaboração.

À Cássia pelo apoio no período de elaboração e pelo trabalho de revisão desta dissertação.

Ao Ministério de Minas e Energia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro ao projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE SIGLAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO	1
1 Requisitos necessários para o uso de Sistemas Fotovoltaicos Domíliciares (SFDs) no contexto da universalização de energia elétrica no Brasil	5
1.1 Marco regulatório	6
1.2 Qualificação e aceitação de componentes	8
1.3 Instalação de SFDs	12
1.4 Gestão de SFDs	15
2 Projeto piloto de implantação de SFDs conforme Resolução ANEEL N° 83 de 2004	20
2.1 O processo de introdução da tecnologia fotovoltaica	21
2.1.1 Características da comunidade	24
2.1.2 Nivelamento dos agentes de eletrificação	32
2.1.3 Metodologia adotada	34
2.2 Descrição técnica dos SFDs	35
2.2.1 Dimensionamento	35
2.2.2 Características dos componentes	37
2.2.3 Padrão de instalação	40
2.2.4 Teste do protótipo	43
2.3 Procedimentos realizados na implantação	45
2.3.1 Preparação dos materiais e ferramentas	45
2.3.2 Logística de transporte	48
2.3.3 Instalação dos sistemas fotovoltaicos nos domicílios	52

3	Gestão do projeto piloto	70
3.1	O processo de capacitação dos usuários	71
3.2	Fundo de operação e manutenção	75
3.3	Almoxarifado e reposição de materiais	77
3.4	Treinamento dos técnicos locais	80
3.5	Coleta e controle das informações	86
3.6	Logística de atendimento aos usuários	88
3.7	Manutenção dos SFDs	90
3.7.1	Rotina de manutenção preventiva	91
3.7.2	Manutenção corretiva	97
4	Resultados operacionais do projeto piloto	99
4.1	Usos finais de energia elétrica nos domicílios	99
4.2	Consumo mensal de energia elétrica de cada SFD	104
4.3	Qualidade do fornecimento de energia elétrica	108
4.4	Fundo de O&M <i>versus</i> custos operacionais	109
4.5	Impactos sociais, econômicos e ambientais na comunidade	111
4.6	Perspectivas de sustentabilidade	115
	CONCLUSÕES	120
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
	ANEXOS	128

LISTA DE FIGURAS

2.1	Reunião na comunidade para discussão do projeto piloto.	22
2.2	Mapa do Estado do Amazonas.	25
2.3	Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.	25
2.4	Localização da comunidade São Francisco do Aiucá.	26
2.5	Vista da comunidade São Francisco do Aiucá.	26
2.6	Construções comunitárias em São Francisco do Aiucá.	28
2.7	Lamparinas típicas utilizadas na comunidade.	29
2.8	Componentes do sistema elétrico preexistente.	30
2.9	Transporte do diesel.	31
2.10	Diagrama unifilar do SFD.	40
2.11	Quadro elétrico de controle do SFD.	41
2.12	Protótipo instalado no LSF/IEE/USP.	44
2.13	Baterias e quadro elétrico do protótipo.	44
2.14	Ferramental para uso nos SFDs.	46
2.15	Principais rodovias, portos e aeroportos do Estado do Amazonas.	48
2.16	Corte da várzea mostrando a variação do nível da água.	50
2.17	Comunidade na época da vazante e da cheia.	50
2.18	Embarcações utilizadas no acesso à comunidade.	51
2.19	Materiais armazenados na comunidade.	52
2.20	Montagem dos quadros elétricos dos SFDs.	53
2.21	Construção dos abrigos para as baterias.	53
2.22	Abrigos para as baterias finalizados.	54
2.23	Transporte das baterias até os abrigos, preparação dos postes e colocação dos módulos nas estruturas.	55
2.24	Ligação elétrica série entre os módulos fotovoltaicos.	55
2.25	Fixação das estruturas nos postes e conexão dos cabos elétricos aos módulos.	56
2.26	Levantamento dos postes.	56
2.27	Instalações elétricas internas.	57
2.28	Conexão das baterias.	58
2.29	Quadro elétrico no interior de um domicílio.	58
2.30	Representação da distribuição espacial dos SFDs na comunidade.	59
2.31	Vista externa do SFD1 e planta aproximada do domicílio.	60
2.32	Vista externa do SFD2 e planta aproximada do domicílio.	60

2.33	Vista externa do SFD3 e planta aproximada do domicílio.	60
2.34	Vista externa do SFD4 e planta aproximada do domicílio.	61
2.35	Vista externa do SFD5 e planta aproximada do domicílio.	61
2.36	Vista externa do SFD6 e planta aproximada do domicílio.	61
2.37	Vista externa do SFD7 e planta aproximada do domicílio.	62
2.38	Vista externa do SFD8 e planta aproximada do domicílio.	62
2.39	Vista externa do SFD9 e planta aproximada do domicílio.	62
2.40	Vista externa do SFD10 e planta aproximada do domicílio.	63
2.41	Vista externa do SFD11 e planta aproximada do domicílio.	63
2.42	Vista externa do SFD12 e planta aproximada do domicílio.	63
2.43	Vista externa do SFD13 e planta aproximada do domicílio.	64
2.44	Vista externa do SFD14 e planta aproximada do domicílio.	64
2.45	Vista externa do SFD15 e planta aproximada do domicílio.	64
2.46	Vista externa do SFD16 e planta aproximada do domicílio.	65
2.47	Vista externa do SFD17 e planta aproximada do domicílio.	65
2.48	Vista externa do SFD18 e planta aproximada do domicílio.	65
2.49	Vista externa do SFD19 e planta aproximada do domicílio.	66
2.50	Vista da comunidade após a instalação dos SFDs.	66
2.51	Uma das reuniões realizadas na etapa de instalação dos SFDs.	68
2.52	Finalização da etapa de instalação dos SFDs.	69
3.1	Visão sistêmica das inter-relações do projeto.	71
3.2	Controlador de carga e descarga indicando estado de carga da bateria.	73
3.3	Cartaz para explicar o estado de operação do inversor.	73
3.4	Medidor de Ah e cartaz para explicar a leitura e o controle de consumo de eletricidade.	74
3.5	Almoxarifado da comunidade.	78
3.6	Materiais elétricos encontrados no entorno da comunidade.	79
3.7	Material de apoio para o treinamento dos técnicos locais - pilhas.	82
3.8	Material de apoio - circuito hidráulico.	83
3.9	Material de apoio - interruptor, lâmpada e tomada.	83
3.10	Material de apoio - circuito elétrico similar ao do SFD.	84
3.11	Outros materiais de apoio para o treinamento dos técnicos locais.	85
3.12	Alguns momentos do curso de treinamento dos técnicos locais.	85
3.13	São Francisco do Aiucá e as principais cidades vizinhas.	89
3.14	Manutenção preventiva nos abrigos de baterias.	91

3.15	Representação dos vasos das baterias e do medidor de nível de eletrólito.	92
3.16	Medição do nível de eletrólito das baterias.	92
3.17	Inspeção visual e limpeza dos módulos fotovoltaicos.	93
3.18	Módulos fotovoltaicos de um SFD antes e depois da limpeza.	93
3.19	Medição da tensão do módulo fotovoltaico.	94
3.20	Medição da tensão da bateria.	95
3.21	Medição da tensão nas instalações elétricas internas.	96
3.22	Falhas simuladas para treinar a manutenção corretiva.	98
3.23	Atividades de manutenção corretiva durante o curso de capacitação.	98
4.1	Congelador (<i>freezer</i>) de um domicílio.	100
4.2	Lâmpadas incandescentes e fluorescentes de um domicílio.	101
4.3	Lâmpada com fuligem e lâmpada móvel.	102
4.4	Equipamentos de uso final conectados aos SFDs no início da operação.	103
4.5	Equipamentos de uso final identificados após a instalação dos SFDs.	103
4.6	Consumo de eletricidade dos SFDs 1 a 4.	104
4.7	Consumo de eletricidade dos SFDs 5 a 12.	105
4.8	Consumo de eletricidade dos SFDs 13 a 19 e acumulado.	106

LISTA DE TABELAS

1.1	Condições gerais de atendimento para SIGFIs.	12
1.2	Requisitos necessários para o uso de SFDs no contexto da universalização.	19
2.1	Censo demográfico da comunidade (2006).	27
2.2	Características do conjunto motogerador a diesel da comunidade.	30
2.3	Infra-estrutura da mini-rede.	30
2.4	Características do módulo fotovoltaico.	38
2.5	Características da bateria.	38
2.6	Características do controlador de carga e descarga.	39
2.7	Características do inversor CC/CA.	39
2.8	Lista dos materiais de cada SFD.	45
2.9	Lista das ferramentas para uso nos SFDs.	47
2.10	Carga conectada em cada SFD no momento da entrada em operação dos sistemas.	67
3.1	Materiais existentes no almoxarifado da comunidade.	77
3.2	Baterias e equipamentos encontrados no entorno da comunidade.	79
3.3	Objetivos do curso de treinamento dos técnicos locais.	82
3.4	Tempo, combustível e custos por visita à comunidade.	89
3.5	Falhas simuladas nos SFDs para treinamento de manutenção corretiva.	97
4.1	Cargas conectadas à mini-rede do gerador a diesel.	100
4.2	Consumos de eletricidade e de água das baterias dos 19 SFDs.	107
4.3	DIC mensal e anual dos 19 SFDs.	108
4.4	Valores acumulados do Fundo de O&M.	109
4.5	Custo total por visita à comunidade.	110
4.6	Faixas de rádio acessíveis na comunidade.	114

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
CA - Corrente Alternada
CC - Corrente Contínua
CEAM - Companhia de Energia Elétrica do Amazonas
CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
DIC - Duração de Interrupção por Unidade Consumidora
DOU - Diário Oficial da União
ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
GTES - Grupo de Trabalho de Energia Solar
GT-FOT - Grupo de Trabalho em Sistemas Fotovoltaicos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDSMM - Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia
LSF/IEE/USP - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo
MME - Ministério de Minas e Energia
MTE - Ministério do Trabalho e Emprego
NBR - Norma Brasileira
NR - Norma Regulamentadora
O&M - Operação e Manutenção
PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROCEL - Programa de Conservação de Energia Elétrica
RDSM - Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá
SFD - Sistema Fotovoltaico Domiciliar
SIGFI - Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente
TCU - Tribunal de Contas da União

RESUMO

MOCELIN, A. R. **Implantação e gestão de sistemas fotovoltaicos domiciliares: resultados operacionais de um projeto piloto de aplicação da Resolução ANEEL N° 83/2004**. 2007. 136p. Dissertação de Mestrado - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

Este trabalho apresenta a implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFDs) na comunidade de São Francisco do Aiucá, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM), no Estado do Amazonas. A instalação desses sistemas é o resultado de um projeto financiado com fundos setoriais, CT-Energ/MME/CNPq, para atendimento de comunidades isoladas na Região Norte. O projeto foi desenvolvido no contexto da Resolução Normativa ANEEL N° 83, Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFIs), de 20 de setembro de 2004. Foram instalados 19 sistemas, que estão em operação desde agosto de 2005. São mostradas as características técnicas dos sistemas e os resultados operacionais do projeto. Em particular, este trabalho detalha as ações da implantação: o planejamento, a execução das tarefas, o monitoramento do desempenho dos sistemas e as atividades de capacitação dos usuários e técnicos locais; destacando e documentando alguns problemas pontuais e as soluções encontradas para contorná-los.

Palavras-chave: Eletrificação rural fotovoltaica, implantação e gestão, resultados operacionais.

ABSTRACT

MOCELIN, A. R. **Implantação e gestão de sistemas fotovoltaicos domiciliares: resultados operacionais de um projeto piloto de aplicação da Resolução ANEEL N° 83/2004.** 2007. 136p. Thesis (master degree) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

This work presents the implantation of solar home systems (SHS) in the community of São Francisco do Aiucá, located in the Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (Mamirauá Reservation Sustainable Development), in the Amazonas State, Brazil. The installation of these systems is the result of a project financed with sectorial funds, CT-Energ/MME/CNPq, to assist isolated communities in the Northern Region of Brazil. The project was developed in the context of the Normative Resolution ANEEL N° 83, from September 2004, Electric power Generation by Individual Systems with Intermittent Sources (SIGFIs). A total of 19 systems were installed, which are in operation since August, 2005. Technical characteristics of the systems and the operational results of the project are presented. In particular, this work details the actions of the implementation: the planning, the execution of the tasks, the monitoring of the systems' performance and the activities of qualification of the users and local technicians; emphasizing and documenting some individual problems and the solutions found to contour them.

Key-words: photovoltaic rural electrification, implantation and management, operational results.

INTRODUÇÃO

Para um grande número de comunidades rurais remotas que não têm acesso à energia elétrica, a opção fotovoltaica aparece como uma boa alternativa frente às demais tecnologias de geração de energia elétrica, pois possibilita o atendimento individual de domicílios que não são prioridade no plano de extensão da rede convencional em razão das características geográficas brasileiras, com grandes extensões territoriais e barreiras ambientais.

Além disso, a maior parte dessa população com difícil acesso à energia é de baixa renda e deverá pagar a tarifa mínima estipulada por legislação, o que pode acarretar o repasse dos custos das concessionárias aos demais consumidores. Isso, somado à baixa demanda de eletricidade e à baixa densidade demográfica dessa população, torna pouco atrativo o investimento do setor elétrico na construção de novas centrais geradoras ou na extensão da rede.

A utilização de geradores a diesel com mini-redes de distribuição de energia elétrica é uma opção bastante difundida em comunidades isoladas da rede elétrica convencional. Os subsídios dados ao diesel e o fácil acesso aos geradores, aliados a estratégias políticas de eletrificação de comunidades com doação periódica de diesel, contribuem para a difusão desse tipo de eletrificação. Entretanto, essa opção, para atendimento com duração inferior a 24 horas por dia, não está regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e não pode ser usada pelas concessionárias de energia elétrica para cumprimento de suas metas de universalização.

Outra opção de atendimento dessas comunidades são os chamados sistemas híbridos; tais sistemas utilizam duas ou mais fontes primárias de energia, permitindo a otimização do uso dos recursos energéticos disponíveis. A distribuição da energia elétrica gerada é feita através de uma mini-rede até os domicílios. As configurações mais utilizadas para esses sistemas são: solar-diesel, eólico-diesel e solar-eólico-diesel. No entanto, também não há regulamentação específica que estabeleça os procedimentos e as condições de fornecimento para esses sistemas, o que ainda dificulta o seu uso para cumprimento das metas de universalização das concessionárias.

O marco regulatório vigente está favorável à instalação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (SFDs) no Brasil, pois além da já instituída Lei nº 10.438 de 2002, que dispõe sobre a universalização de energia elétrica, a ANEEL, por meio da Resolução Normativa nº 83 de 2004, regulamentou o uso dos chamados Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFIs), dos quais os SFDs fazem parte.

Essa resolução, ao estabelecer os procedimentos e as condições de fornecimento de energia elétrica através de SIGFIs, determina que os componentes dos SFDs devem atender a exigências de normas e a procedimentos técnicos. Como consequência disso, os programas de eletrificação que optarem pela tecnologia fotovoltaica devem realizar ensaios de aceitação e qualificação nos componentes dos SFDs, garantindo maior confiabilidade e robustez aos sistemas instalados em campo. Neste trabalho, a conformidade técnica desses componentes tem como base as normas expedidas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

Considerando a relevância que os sistemas fotovoltaicos assumem nesse contexto, este trabalho descreve a implantação de 19 SFDs na comunidade São Francisco do Aiucá, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM), no Estado do Amazonas. A instalação desses sistemas é resultado de um projeto financiado com fundos setoriais CT-Energ, Ministério de Minas e Energia (MME) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), para atendimento de comunidades isoladas na Região Norte.

O projeto foi desenvolvido no contexto da Resolução ANEEL nº 83 de 2004 e utiliza a configuração padrão mínima estabelecida, permitindo que essa seja testada, o que implica a possibilidade de fornecer subsídios para as concessionárias ou permissionárias da Região Norte que optarem por SFDs no cumprimento das metas de universalização. Tal classe de atendimento deve garantir disponibilidade mensal de 13 kWh e fornecimento de energia elétrica em Corrente Alternada (CA).

Os SFDs foram instalados de acordo com as exigências da NBR 5410, norma editada pela ABNT, que estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão. Para a capacitação dos agentes de eletrificação¹ nos trabalhos de implantação e gestão dos SFDs, considerou-se as exigências da NR 10, norma de responsabilidade do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata das competências exigidas para a realização de intervenções em instalações elétricas.

A metodologia adotada na implantação e gestão dos sistemas, utilizada em outras experiências realizadas pelo Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (LSF/IEE/USP) ao longo dos últimos anos, consiste na participação de todos os envolvidos no planejamento e na execução das atividades. Tal método “implica na democratização do saber e do poder, estimulando a cooperação e a co-responsabilidade, tanto na tomada de decisões sobre as ações escolhidas, como na sua implementação” (SERPA, 2001).

¹Os agentes de eletrificação são os membros das instituições multidisciplinares envolvidas no projeto (LSF/IEE/USP, IDSM e WinRock).

Em particular, este trabalho detalha as ações da implantação: o planejamento, a execução das tarefas, o monitoramento do desempenho dos sistemas e as atividades de capacitação dos usuários e técnicos locais; destacando e documentando alguns problemas pontuais e as soluções encontradas para contorná-los.

Para tal fim, a metodologia utilizada foi a de uma pesquisa de campo, na qual foram acompanhadas a implantação e a gestão do projeto supracitado.

Todas as etapas da implantação (ver Anexo A) foram registradas em relatórios de trabalho de campo, que compreendem, ainda, os resultados operacionais de um ano e meio de funcionamento dos sistemas. Os referidos relatórios foram elaborados por membros do LSF/IEE/USP e por representantes do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM), instituição responsável pela administração da RDSM. Mapas, imagens de satélite, memória fotográfica das atividades², questionários, além de outras bases de dados, serviram como apoio para documentação e entendimento do processo de eletrificação.

A análise dos resultados de funcionamento dos SFDs, desde a vinculação com a regulamentação vigente até a gestão do projeto piloto, visa a contribuir para a discussão sobre estratégias de implantação e gestão de projetos desse tipo em contextos sociais, econômicos e geográficos brasileiros.

O primeiro capítulo traça um panorama da regulamentação vigente sobre o uso de sistemas fotovoltaicos domiciliares, explicitando os requisitos necessários para a utilização dos SFDs no cumprimento das metas de universalização. Abrange o marco regulatório, a qualificação e aceitação de componentes de SFDs, abordando também aspectos da instalação e da gestão.

O segundo capítulo apresenta o projeto piloto de implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares e relata o processo de introdução da tecnologia fotovoltaica na comunidade São Francisco do Aiucá. São descritas as características da comunidade e do seu entorno, traçadas a partir de visitas aos domicílios, observações de campo, pesquisa bibliográfica, questionários e coleta informal de dados.

Em seguida, comenta-se como se deu o nivelamento dos agentes de eletrificação, com a definição de um cronograma de ações, a atribuição de responsabilidades e a adoção de uma metodologia. Constam ainda desse capítulo a descrição técnica dos SFDs instalados, a etapa de preparação dos materiais e ferramentas, a logística de transporte e a instalação, propriamente dita, dos sistemas fotovoltaicos nos domicílios.

²As fotografias apresentadas neste trabalho foram registradas por Roberto Zilles, André Ricardo Mocelin e Federico Morante.

O capítulo três apresenta a implementação de um modelo de gestão que considera as exigências da regulamentação da ANEEL. São relatadas as etapas da capacitação dos usuários e da seleção e treinamento dos técnicos locais, assim como as ações pedagógicas e os materiais didáticos utilizados para facilitar a apropriação tecnológica por parte dos usuários. Discutem-se, ainda, questões referentes aos procedimentos de manutenção dos SFDs e à logística de atendimento ao usuário.

No capítulo quatro, estão sistematizados os dados técnicos relativos ao primeiro ano e meio de funcionamento dos sistemas, em operação desde agosto de 2005, além de outras informações que servem de parâmetro para a avaliação do desempenho dos sistemas. Faz-se uma análise dos resultados, na qual constam os usos finais da energia elétrica, o consumo mensal de eletricidade de cada sistema instalado, a qualidade do serviço prestado pelos SFDs, os impactos sociais, econômicos e ambientais gerados na comunidade e as perspectivas de sustentabilidade da eletrificação.

As discussões finais pretendem contribuir para os estudos sobre o uso de SFDs na melhoria da qualidade de vida de comunidades tradicionais, somando esforços com trabalhos existentes no âmbito da universalização da energia elétrica no Brasil. Tais discussões estão permeadas por uma série de lições aprendidas no processo de implantação e gestão dos sistemas instalados e servem como realimentação da iniciativa de eletrificação, tendo por objetivo aumentar as chances de sucesso de projetos similares, podendo contribuir, inclusive, para o refinamento da regulamentação vigente.

CAPÍTULO 1

Requisitos necessários para o uso de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (SFDs) no contexto da universalização de energia elétrica no Brasil

O uso de SFDs no âmbito da universalização de energia elétrica requer tanto o cumprimento das exigências regulatórias cabíveis, das quais a certificação dos componentes do sistema faz parte, quanto a adequação das instalações fotovoltaicas às normas técnicas brasileiras. Além disso, estratégias de gerenciamento devem ser utilizadas para garantir o funcionamento satisfatório dos SFDs. Tais estratégias, entre outras funções, devem operacionalizar o serviço de atendimento aos usuários e prever a coleta e o controle das informações referentes à eletrificação.

Com o intuito de traçar um panorama sobre o contexto no qual o uso de SFDs está inserido e, a partir daí, discutir outros requisitos necessários para o uso de SFDs na universalização, as próximas seções estão organizadas de tal forma que se iniciam com uma visão geral do marco regulatório e com comentários das principais leis, resoluções e decretos relacionados com a regulamentação de sistemas fotovoltaicos.

Em seguida, discutem-se os procedimentos de qualificação e aceitação utilizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO, reconhecido pela Resolução ANEEL nº 83 de 2004 para a verificação da conformidade técnica de componentes de SFDs. Ainda, comentam-se os objetivos, características e usos da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) em sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica.

As instalações elétricas dos SFDs são discutidas em torno da Norma Brasileira número 5410 (NBR 5410), editada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é o organismo nacional encarregado de editar normas técnicas. Essa norma trata de instalações elétricas de baixa tensão, nas quais se enquadram os SIGFIs destinados à eletrificação de domicílios.

Finalmente, alguns aspectos de gestão relacionados ao uso de SFDs são comentados com base nos requerimentos da Resolução ANEEL nº 83 de 2004.

1.1 Marco regulatório

Esta seção descreve os principais mecanismos legais e regulatórios relacionados ao uso de SFDs no Brasil, analisados a partir da data de criação da ANEEL. Certamente as discussões e trabalhos realizados pelos mais variados segmentos da sociedade no sentido de promover o uso da energia solar fotovoltaica no Brasil começaram antes da criação da ANEEL. Os esforços em prol do desenvolvimento dessa tecnologia no país começaram na década de 1950; e, em 1958, realizou-se o I Simpósio Brasileiro de Energia Solar, no Rio de Janeiro, com patrocínio do CNPq¹. Entretanto, foi nos últimos anos que o contexto político-regulatório sinalizou maiores avanços no que se refere à tecnologia fotovoltaica.

Desde a criação da ANEEL, vários decretos, leis e resoluções tiveram relação direta ou indireta com o incentivo ao uso de energias renováveis no Brasil e, mais precisamente, com a utilização de SFDs. Por exemplo, as aprovações da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, que dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, e da Resolução Normativa ANEEL nº 83, de 20 de setembro de 2004, que regulamenta o uso de SIGFIs para cumprimento das metas de universalização.

A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que institui a ANEEL, tem no seu capítulo I, que trata das atribuições e da organização da agência, a descrição da sua finalidade, qual seja regular e fiscalizar a produção, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal.

No ano de 1997, o Decreto nº 2.335, de 6 de outubro, que regulamenta a Lei nº 9.427, estabelece no seu artigo 3º, inciso VI, como uma diretriz a ser observada pela ANEEL, a adoção de medidas efetivas que assegurem a oferta de energia elétrica a áreas de renda econômica e densidade de carga baixas, urbanas e rurais, de forma a promover o desenvolvimento econômico e social e a redução das desigualdades regionais. O artigo 4º, inciso XXV, cita como competências da ANEEL estimular e participar de ações ambientais voltadas para o benefício da sociedade, bem como atuar de forma harmônica com a Política Nacional de Meio Ambiente, em conformidade com a legislação ambiental vigente.

Os artigos 14 e 15 da já referida Lei 10.438 possuem relação direta com os SFDs: o artigo 14 dispõe sobre os quesitos que a ANEEL deve levar em conta no momento do estabelecimento das metas de universalização e o artigo 15 trata das licitações para outorga de permissões de serviço público de energia elétrica em áreas já concedidas, cujos contratos não contenham cláusula de exclusividade; o parágrafo 3º do mesmo artigo determina que a per-

¹Naum Fraidenraich em *Antecedentes Históricos da Ciência Solar no Brasil*. Trabalho apresentado no II Simpósio Nacional de Energia Solar Fotovoltaica (SNEFSF), maio de 2005. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/snesf>>.

missionária pode ser contratada para prestar serviço público de energia elétrica utilizando-se da forma convencional de distribuição, podendo, simultaneamente, prestar o serviço mediante associação ou contratação com agentes detentores de tecnologia ou titulares de autorização para fontes solar, eólica, de biomassa e pequenas centrais hidrelétricas.

Em cumprimento às determinações da Lei nº 10.438, a ANEEL publica a Resolução nº 223, em 29 de abril de 2003, que estabelece as condições gerais para elaboração dos planos de universalização de energia elétrica, visando ao atendimento de novas unidades consumidoras, regulamentando o disposto nos artigos 14 e 15 da Lei nº 10.438 e fixando as responsabilidades das concessionárias e permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica.

O Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, institui o programa nacional de universalização do acesso e uso da energia elétrica *Luz para Todos*. Consta do seu artigo 6º que serão contemplados, como alternativas de atendimento na execução do Programa, a extensão de redes convencionais e, ainda, os sistemas de geração descentralizados, com redes isoladas ou sistemas individuais.

Depois de mudanças ocorridas tanto na Lei nº 10.438 quanto na Resolução ANEEL nº 223, fica estabelecido, entre outras definições, que o termo Universalização refere-se ao atendimento a todos os pedidos de nova ligação para fornecimento de energia elétrica a unidades consumidoras com carga instalada menor ou igual a 50 kW e em tensão inferior a 2,3 kV, sem ônus para o solicitante, observados os prazos fixados. Já o termo Índice de Atendimento (Ia), utilizado para estabelecimento das metas de universalização, refere-se à razão entre o número de domicílios com iluminação elétrica e o total de domicílios, ambos obtidos a partir do Censo 2000 da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Finalmente, em 20 de setembro de 2004, a ANEEL publica a Resolução Normativa nº 83, que estabelece em seu artigo 17 que “para unidades consumidoras com carga instalada até 50 kW, o fornecimento por meio de SIGFI não deverá acarretar ônus para o solicitante ou consumidor, observadas as metas estabelecidas no Plano de Universalização de Energia Elétrica da concessionária [...]”.

A Resolução ANEEL nº 83 estabelece uma série de procedimentos e condições de fornecimento por intermédio de SIGFIs, tornando o uso de SFDs uma opção para a universalização dos serviços de energia elétrica no Brasil, já que, no seu artigo 2º, define Fonte de Energia Intermitente como “recurso energético renovável que, para fins de conversão em energia elétrica pelo sistema de geração, não pode ser armazenado em sua forma original”.

Além disso, esse mesmo artigo 2º define SIGFI como “sistema de geração de energia elétrica implantado por concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica utilizando exclusivamente fonte de energia intermitente para o fornecimento a unidade consumidora única, constituído basicamente de um sistema de geração, um sistema de acumulação e um sistema condicionador”.

A partir dessas definições e considerando que o sistema de geração dos SFDs é constituído por módulos fotovoltaicos que não são capazes de armazenar energia, apenas transformam a energia proveniente do Sol em energia elétrica, posteriormente armazenada na bateria em forma de energia química, conclui-se que SFDs podem ser classificados como SIGFIs.

1.2 Qualificação e aceitação de componentes

Conforme determina a Resolução ANEEL nº 83 de 2004 em seu artigo 3º, inciso II, parágrafo 3º, os componentes dos SFDs devem atender às exigências das normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO ou por outra organização credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO). Em vista disso, faz-se necessário apresentar algumas características do processo de etiquetagem utilizado pelo PBE para ensaios de conformidade técnica dos componentes de SFDs.

No ano de 2005, o Grupo de Trabalho em Energia Fotovoltaica (GT-FOT) do PBE elaborou o regulamento específico para uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) em sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica. A ENCE é utilizada para transmitir aos consumidores informações úteis relativas aos produtos que pretendem adquirir. Tais informações são fornecidas pelos fabricantes e verificadas pelo INMETRO por meio de um sistema de aferição, medição e controle. A medição é feita pelos fabricantes, segundo normas específicas, e controlada mediante a realização de ensaios por laboratório credenciado ou por técnicos do INMETRO, após aferição dos sistemas de medição utilizados pelos fabricantes e pelos laboratórios credenciados.

Para fins de etiquetagem de componentes de SFDs, o regulamento específico do PBE aplica-se ao módulo fotovoltaico, ao controlador de carga, ao inversor e à bateria. Os módulos fotovoltaicos aprovados em ensaios e etiquetados com classificação A, conforme disposto no regulamento específico, estão aptos a receber o Selo de Eficiência Energética, concedido anualmente pelo PROCEL, sendo permitida a sua divulgação em suas propagandas individuais. Os controladores de carga, inversores e baterias aprovados em ensaios e etiquetados recebem o Selo PROCEL INMETRO de Desempenho.

Nos manuais de instruções ou informações, embalagens e materiais promocionais de produtos que tenham autorização para uso da ENCE, pode ser utilizada a seguinte frase: “Este produto tem seu desempenho aprovado pelo INMETRO e está em conformidade com o Programa Brasileiro de Etiquetagem”.

As fases do processo de etiquetagem compreendem a solicitação feita pelos fabricantes, a análise da solicitação para etiquetagem, os ensaios iniciais, a aprovação para uso da ENCE e o acompanhamento da produção. Na solicitação para etiquetagem, a empresa que desejar obter a ENCE para os produtos de sua fabricação deve encaminhar o formulário de solicitação ao PBE, acompanhado da planilha de especificações técnicas do produto. O GT-FOT analisa a solicitação recebida e dá ciência do resultado ao fabricante. Caso o parecer seja favorável, agenda a coleta de amostra com o fabricante e a realização dos ensaios necessários à etiquetagem.

Para os ensaios iniciais, o fabricante inscreve um determinado modelo para etiquetagem, seguindo os procedimentos estabelecidos no regulamento específico para sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica. Se o fabricante não possuir laboratório de ensaios próprio, pode, após autorização do INMETRO, fazer o conjunto de ensaios requeridos em um laboratório credenciado. Nesse caso, o fabricante deve enviar uma amostra do modelo que represente, obrigatoriamente, a fidelidade de sua linha de produtos.

O INMETRO, de posse do relatório de ensaios emitido pelo laboratório credenciado e constatada a conformidade do produto, confirma a aposição da etiqueta. Constatada a não aprovação, ensaia-se mais uma peça do mesmo modelo; no caso da reincidência da não aprovação, o modelo é oficialmente reprovado.

No acompanhamento da produção, uma vez a cada seis meses após a assinatura do termo de etiquetagem com o fabricante, o INMETRO procede à coleta de amostras de diferentes modelos e tensões no estoque da fábrica e realiza novos ensaios no laboratório credenciado. Caso constatada a não conformidade, o fabricante deve alterar os valores declarados conforme os dados obtidos nos ensaios ou reiniciar todo o processo de etiquetagem.

A seguir, são descritas características dos procedimentos realizados para ensaio de módulos, controladores de carga, inversores CC/CA e baterias. Detalhes sobre qualificação de módulos fotovoltaicos podem ser obtidos em RAMOS (2006). A íntegra das normas e procedimentos aplicáveis aos componentes de SFDs pode ser consultada no regulamento específico para uso da ENCE em sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica².

²Esse regulamento está disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/regEspecifico.asp>>.

Os procedimentos para ensaios de módulos fotovoltaicos de Silício monocristalino ou policristalino estão baseados na IEC 61215 (*Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules - Design Qualification and Type Approval*), sendo que alguns itens dessa norma não foram adotados e outros foram modificados. Para o ensaio de névoa salina, foi adotada a norma IEC 61701 (*Salt Mist Corrosion of Photovoltaic Modules*).

Para a execução dos ensaios, é necessária uma amostra de sete módulos fotovoltaicos idênticos, mesmo modelo e características, selecionados aleatoriamente dos depósitos dos fabricantes/fornecedores pelo pessoal técnico do laboratório que irá efetuar os ensaios. A seqüência de ensaios desses módulos é constituída por testes de inspeção visual, desempenho nas condições-padrão de teste, isolamento elétrico, resistência a ponto quente, ciclo térmico, umidade e congelamento, robustez dos conectores, torção, estanquidade, resistência mecânica e névoa salina.

Os três primeiros itens dessa seqüência de ensaios são realizados nos sete módulos e têm por objetivos: a detecção visual de defeitos nos módulos; a determinação das características elétricas dos módulos nas condições-padrão de teste³; e a medição do isolamento elétrico existente entre os terminais positivo e negativo e a moldura metálica dos módulos.

Seguindo a seqüência dos ensaios, um módulo é separado para teste de resistência a ponto quente. Dois módulos passam por testes para verificar a resistência às tensões e à fadiga causadas por variações de temperatura (50 ciclos de -10°C a +85°C) e, em seguida, por testes para determinar a resistência em condições de alta temperatura e alta umidade seguidas por temperaturas baixas (10 ciclos de -10°C a +85°C). Desses, um segue para teste de resistência dos conectores a esforços mecânicos e o outro, para teste de torção, que verifica a possibilidade de ocorrência de defeitos no módulo causados pela sua montagem em estruturas de fixação desalinhadas.

Um outro módulo é testado em 200 ciclos térmicos (de -10°C a +85°C) para verificar também sua resistência às tensões e à fadiga que podem resultar das variações de temperatura. Dos três módulos restantes, um fica para controle e os outros dois são encaminhados para testes de estanquidade, que verificam a resistência do módulo à penetração de água (umidade) a longo prazo e às temperaturas elevadas. Desses, um segue para teste de resistência do módulo às cargas mecânicas estáticas aplicadas em sua superfície, como aquelas decorrentes da ação do vento, e o outro, para determinação da resistência do módulo à corrosão em ambientes de salinidade elevada.

³STC (*Standard Test Conditions*) 25°C, AM 1.5 e 1000 W/m².

Por fim, todos os sete módulos são submetidos novamente aos testes de inspeção visual, de desempenho nas condições-padrão e de isolamento elétrico. O módulo fotovoltaico é considerado aprovado nos respectivos ensaios se não houver evidência visual de um defeito importante, se a máxima degradação da potência de saída para cada um dos módulos submetidos a ensaio nas condições-padrão de teste (STC) não exceder cinco por cento do valor medido antes do teste e se a resistência de isolamento para cada um dos módulos submetidos a ensaio for a mesma da medida inicial.

As normas e a seqüência dos procedimentos para ensaios dos controladores de carga e descarga foram divididas em dois tipos: ensaios em condições nominais e ensaios em condições extremas de funcionamento.

Os ensaios em condições nominais devem verificar: a queda de tensão; a tensão de desconexão e reposição do gerador fotovoltaico; a compensação por temperatura; a tensão de desconexão e reposição das cargas; e o autoconsumo do controlador. Já os ensaios em condições extremas verificam: proteções contra sobretensões na entrada do gerador fotovoltaico; inversão de polaridade na conexão do gerador fotovoltaico; inversão de polaridade na conexão do acumulador; inversão na seqüência de conexão bateria-módulo; e curto-circuito na saída.

Da mesma forma, as normas e a seqüência dos procedimentos para ensaios dos inversores CC/CA foram divididas em dois tipos, sendo que os ensaios em condições nominais devem verificar o autoconsumo, a eficiência, a distorção harmônica, a regulação da tensão e freqüência e os surtos; e os ensaios em condições extremas de funcionamento devem verificar as proteções contra inversão de polaridade e o curto-circuito na saída.

As normas e a seqüência dos procedimentos para ensaios das baterias foram baseadas na NBR 6581 (Bateria de Chumbo-ácido de Partida - Verificação das Características Elétricas e Mecânicas) e na IEC 61427 (*Secondary Cells and Batteries for Solar Photovoltaic Energy Systems - General Requirements and Methods of Test*). Os ensaios a serem realizados referem-se à capacidade e à durabilidade das baterias.

Para o ensaio de capacidade, realizado conforme a NBR 6581, define-se a capacidade de uma bateria como sendo a quantidade de eletricidade em Ah, à temperatura de referência, fornecida pela bateria em determinado regime de descarga, até atingir a tensão final de descarga.

Para o ensaio de durabilidade, realizado conforme procedimentos extraídos da norma IEC 61427, define-se a durabilidade da bateria pela sua capacidade de suportar ciclos de carga e descarga. Um banho termostatizado é utilizado no sentido de se acelerar

o processo de desgaste das amostras, reduzindo-se o tempo de ensaio para 150 ciclos. As amostras devem ter sido previamente submetidas ao ensaio de capacidade.

Finalmente, ressalta-se que o processo de etiquetagem de sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica realizado pelo INMETRO pode contribuir para o desenvolvimento da indústria nacional de componentes de SFDs, pois à medida que se tenham equipamentos fabricados e etiquetados no Brasil, segundo padrões regidos por normas e procedimentos confiáveis, maiores serão as chances de sucesso para os programas de eletrificação que optarem pelo uso da tecnologia fotovoltaica, beneficiando tanto fabricantes quanto consumidores.

1.3 Instalação de SFDs

A Resolução ANEEL n° 83 de 2004, em seu artigo 2º, define uma série de termos referentes ao SIGFI, dos quais alguns serão mencionados no decorrer deste trabalho. O primeiro termo é Autonomia, que designa a capacidade de fornecimento de energia elétrica do sistema de acumulação, expressa em dias, necessária para suprir o consumo na completa ausência da fonte primária, no caso dos SFDs, o Sol. O cálculo da autonomia de um SFD tem como base outro termo, definido como Consumo Diário de Referência.

Esse consumo diário de referência é a quantidade de energia que o SIGFI é capaz de fornecer diariamente, calculada a partir da Disponibilidade Mensal Garantida. Esta refere-se à quantidade mínima de energia que o SIGFI é capaz de fornecer em qualquer mês à unidade consumidora e é determinada pelas Classes de Atendimento especificadas na Resolução ANEEL n° 83 de 2004, conforme mostra a tabela 1.1.

Tabela 1.1: Condições gerais de atendimento para SIGFIs.

Classificação e disponibilidade de atendimento				
Classes de atendimento	Consumo diário de referência (Wh/dia)	Autonomia mínima (dias)	Potência mínima disponibilizada (W)	Disponibilidade mensal garantida (kWh)
SIGFI13	435	2	250	13
SIGFI30	1000	2	500	30
SIGFI45	1500	2	700	45
SIGFI60	2000	2	1000	60
SIGFI80	2650	2	1250	80

Todas as classes de atendimento devem possuir autonomia mínima de dois dias para o sistema de acumulação, cuja função é armazenar energia para uso em momentos de indisponibilidade ou insuficiência da Fonte Intermitente. Além disso, cada classe de atendimento deve garantir uma Potência Mínima Disponibilizada, que se refere à menor potência que o inversor CC/CA deve disponibilizar no ponto de entrega para atender às instalações elétricas da unidade consumidora.

As condições gerais de atendimento dessa resolução estabelecem que os níveis de tensão e frequência dos SFDs devem estar em observância com os predominantes no município onde estiverem localizados. Isso implica a possibilidade de uso de equipamentos em Corrente Alternada (CA) nas instalações dos sistemas fotovoltaicos domiciliares. Tal fato é bastante relevante, pois permite que moradores geograficamente remotos possam utilizar os mesmos equipamentos daqueles moradores das regiões centrais.

É fato conhecido que a variedade de equipamentos de uso final de eletricidade em Corrente Contínua (CC) é bem menor que a oferecida pela indústria de CA; além disso, a disparidade da oferta de equipamentos CC e CA intensifica-se em localidades remotas, onde é mais difícil o acesso a equipamentos em CC. Sendo assim, o fornecimento em CC limita o uso da eletricidade pela população a poucos serviços, basicamente iluminação, rádio e televisor em preto e branco. Nesses lugares remotos, a utilização de baterias conectadas diretamente a inversores e o uso de geradores a diesel são, normalmente, as maneiras encontradas pelos moradores para terem acesso à energia elétrica em corrente alternada.

Em vista disso, um projeto de instalação de SFD deve investigar a possível existência de equipamentos de uso final de eletricidade em CA, para melhor conhecer a demanda energética de cada domicílio, de modo que se possa definir a classe de atendimento em que se enquadra. Tais informações são requisitos importantes para dimensionar corretamente o sistema.

Um dimensionamento realista, que considere não só a situação momentos antes da instalação dos SFDs, mas preveja uma possível demanda energética reprimida dos domicílios, somado à escolha de componentes, dispositivos e padrão de instalação adequados, implica instalações fotovoltaicas mais robustas, duráveis e confiáveis.

Em SFDs, têm-se componentes relacionados à alimentação (módulos fotovoltaicos e baterias), dispositivos destinados a manobra, comando, proteção e seccionamento (disjuntores, controlador de carga e inversor) e elementos de conexão (fios e cabos elétricos). Além disso, esses sistemas requerem outros materiais comuns a qualquer instalação elétrica, tais como conectores, tomadas, pontos de iluminação e, se for o caso, medidores de consumo de eletricidade.

A maneira como os componentes do SFD e esses outros materiais estão montados, conectados e distribuídos ao longo do domicílio, além do tipo de abrigo usado para o sistema de acumulação e a forma de fixação do módulo fotovoltaico, constituem o que doravante será chamado padrão de instalação do sistema.

A escolha do padrão de instalação influencia diretamente a manutenção do SFD, uma vez que determina o Ponto de Entrega, termo definido na Resolução ANEEL nº 83 como sendo o ponto de conexão do SFD com as instalações elétricas da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade de fornecimento para concessionárias ou permissionárias que optarem por sistemas fotovoltaicos domiciliares. Desta forma, a concessionária obriga-se a realizar os investimentos necessários, responsabilizando-se pela execução dos serviços e pela operação e manutenção dos sistemas até o ponto de entrega.

É importante ressaltar que as instalações elétricas dos SFDs em corrente alternada, por serem de baixa tensão em edificações residenciais, estão sujeitas à Norma Brasileira 5410 (NBR 5410, 2004), editada pela ABNT. Essa norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas alimentadas sob uma tensão nominal igual ou inferior a 1.000 V em CA ou inferior a 1.500 V em CC, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. Nessa norma não existe menção explícita aos sistemas fotovoltaicos; no entanto, os SFDs com fornecimento em CA enquadram-se nas chamadas instalações alimentadas por fonte própria de energia em baixa tensão.

A aplicação da NBR 5410 nas instalações residenciais é considerada a partir do ponto definido como origem da instalação. Naquelas instalações alimentadas por fontes próprias de energia em baixa tensão, como é o caso dos SFDs, a origem é considerada de forma a incluir a fonte; portanto, toda a instalação do SFD está contida na NBR 5410.

Os componentes e materiais da instalação devem satisfazer as normas brasileiras que lhes sejam aplicáveis e, na falta dessas, as normas IEC e ISO. Além disso, esses componentes e materiais devem ser adequados às condições de serviço da instalação, observando-se os valores de tensão, corrente, frequência e potência a que serão submetidos e verificando-se a compatibilidade eletromagnética com o ambiente ao seu redor.

O uso de dispositivos de proteção usando corrente diferencial-residual (DR) com valor nominal igual ou inferior a 30 mA torna-se obrigatório com a edição de 1997 da NBR 5410 nos casos em que existam circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação, em cozinhas ou em qualquer local interno molhado em uso normal ou sujeito a lavagens, entre outros.

Com relação à documentação exigida pela NBR 5410, referente ao projeto de instalação elétrica, esta deve conter plantas, esquemas, detalhes da montagem, memorial descritivo e especificação dos componentes. Das plantas devem constar a localização dos quadros de distribuição, os percursos e características das linhas elétricas e a localização dos pontos de luz e das tomadas de corrente.

As instalações elétricas devem ser submetidas a uma verificação final antes de entregues ao uso. Essa verificação consiste em um conjunto de procedimentos realizados durante ou após a conclusão da instalação, a fim de averiguar sua conformidade com as prescrições da NBR 5410. Consta desse conjunto de procedimentos a realização de ensaios em campo.

Esses ensaios são realizados depois de uma inspeção visual na instalação e devem verificar a continuidade dos condutores de proteção, a resistência de isolamento da instalação e o funcionamento das medidas de proteção.

A NBR 5410 também estabelece que a manutenção das instalações deve ser feita com periodicidade adequada a cada tipo de instalação, levando-se em consideração a complexidade do sistema, a importância do serviço e o grau de influências externas. Assim, quanto maior for a quantidade e diversidade de equipamentos, maior deve ser a frequência da manutenção.

Em relação à competência das pessoas que podem realizar essas manutenções, a NBR 5410 determina que toda instalação elétrica deve ser verificada ou sofrer intervenções somente por pessoas advertidas ou qualificadas. Pessoas advertidas são aquelas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas. Já as pessoas qualificadas são aquelas que têm conhecimentos técnicos ou experiência suficiente para evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar.

É importante destacar que todos os requerimentos apresentados nesta seção são essenciais para garantir a qualidade e a durabilidade das instalações fotovoltaicas, assim como a segurança das pessoas. O compromisso com a conformidade técnica das instalações e com a integridade das pessoas deve ser respeitado, garantindo a execução dos trabalhos com a seriedade e o profissionalismo que essa atividade requer.

1.4 Gestão de SFDs

Os procedimentos e condições estabelecidos pela Resolução ANEEL nº 83 de 2004 para o uso de SFDs no âmbito da universalização estão assim divididos: condições gerais de atendimento; procedimentos de medição, leitura e faturamento; qualidade do serviço; interrupções no fornecimento; coleta e armazenamento dos dados de interrupções; indicador de continuidade (DIC); envio de dados estatísticos à ANEEL; sistema de atendimento às reclamações dos consumidores; e suspensão do fornecimento.

Essa divisão abarca tanto aspectos técnicos quanto de gestão de SFDs, e a estratégia utilizada para cumprir esses requisitos legais é determinante para garantir a sustentabilidade da eletrificação. Vale frisar que a qualidade dos componentes do SFD e dos materiais uti-

lizados na instalação, bem como o padrão de instalação escolhido, são determinantes para o bom desempenho dos sistemas. Conseqüentemente, podem contribuir para a redução dos custos operacionais, na medida em que reduzem a probabilidade de falha dos componentes e facilitam as intervenções de rotina necessárias para o bom funcionamento dos SFDs, fatores esses que cooperam com o gerenciamento dos sistemas. A seguir, descreve-se sucintamente o que a Resolução ANEEL nº 83 de 2004 estabelece para a gestão de sistemas fotovoltaicos domiciliares.

As relações entre a concessionária e o responsável pelo SFD são reguladas por meio de contrato de adesão. A concessionária deve dispor de sistemas de atendimento acessíveis aos consumidores, para que estes possam apresentar suas reclamações quanto a problemas relacionados ao fornecimento de energia elétrica, e deve, adicionalmente, implementar estrutura logística adequada para a reposição de componentes.

A concessionária é obrigada a instalar equipamentos de medição em todos os SFDs cuja Disponibilidade Mensal Garantida seja superior a 30 kWh. As leituras e os faturamentos podem ser efetuados em intervalo de tempo definido pela respectiva concessionária, de acordo com calendário específico a ser submetido à aprovação da ANEEL, de modo a atender às particularidades de cada área sob concessão, desde que não cause prejuízos ao consumidor. Para efeito de aplicação de tarifas, as unidades consumidoras são classificadas de acordo com o disposto no artigo 20 da Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000.

A qualidade do fornecimento de energia elétrica deve ser supervisionada, avaliada e controlada por meio do indicador individual de continuidade denominado Duração de Interrupção por Unidade Consumidora (DIC). A concessionária deve apurar e manter os registros em arquivo próprio, quando da reclamação de interrupções procedentes, para fins de fiscalização da ANEEL. O indicador DIC é calculado utilizando a equação 1.1.

$$DIC(i = 1, n) = \sum t(i) \quad (1.1)$$

onde: DIC representa a duração das n interrupções por unidade consumidora expressa em horas, i é o índice da interrupção do SFD, n é o número de interrupções no SFD e $t(i)$ é o tempo de duração da interrupção i expresso em horas.

As interrupções provocadas diretamente pelo consumidor por uso indevido dos equipamentos e componentes do sistema, desde que essa causa seja tecnicamente comprovada pela concessionária; as interrupções de ordem técnica, oriundas de desligamentos efetuados pela concessionária para manutenção, reparos ou ampliação do sistema, com duração igual ou inferior a 72 horas; e as provocadas por furtos de componentes ou vandalismo não são consideradas interrupções para fins de controle do indicador DIC.

O indicador DIC deve ser apurado por meio de procedimentos auditáveis e que contemplem desde o processo de coleta de dados das interrupções até a transformação desses dados em indicador. Os dados das interrupções e do indicador correspondente devem ser mantidos na concessionária por um período mínimo de 5 anos, para uso da ANEEL e dos consumidores. Para cada interrupção ocorrida na unidade consumidora, devem ser registrados, pela concessionária, o fato gerador (causa e componente danificado) e a data, hora e minutos do início da interrupção, assim como do efetivo restabelecimento.

Para efeito de registro das informações e contagem do tempo de cada interrupção, deve ser considerada a data de recebimento da reclamação formal do consumidor. A concessionária deve observar os padrões de referência do DIC, cujos valores são 216 horas (9 dias) para o DIC mensal e 648 horas (27 dias) para o DIC anual, dado que estará sujeita a pagamento de compensação ao consumidor.

A concessionária deve enviar à ANEEL, semestralmente, relatório estatístico com o desempenho dos sistemas fotovoltaicos domiciliares instalados na área de concessão, contendo a quantidade de unidades instaladas, o número de reclamações recebidas no período, ambos por classe de atendimento, e a relação da frequência de falhas, por componente do sistema.

A concessionária pode suspender o fornecimento de imediato quando verificar a ocorrência de utilização de procedimento irregular, de responsabilidade do consumidor e que tenha provocado faturamento inferior ao correto; a revenda ou fornecimento de energia elétrica a terceiros sem a devida autorização federal; a religação à revelia da concessionária; e a deficiência técnica ou de segurança das instalações do SFD.

A concessionária pode suspender o fornecimento após prévia comunicação formal ao consumidor quando verificar atraso no pagamento da fatura; atraso no pagamento de prejuízos causados às instalações do SFD, cuja responsabilidade tenha sido imputada ao consumidor; aumento da carga instalada à revelia da concessionária; e impedimento ao acesso de empregados da concessionária para fins de leituras e inspeções necessárias.

Como mencionado anteriormente, a gestão de SFDs deve implementar procedimentos para reposição de componentes, entre eles as baterias. Isso contempla realizar o correto descarte desses acumuladores, devido aos impactos negativos causados ao meio ambiente, conforme determina a Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Essa resolução considera a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final; em seu artigo 1º, parágrafo único, consta: “As baterias industriais constituídas de chumbo, cádmio e seus compostos, desti-

nadas a telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas ou pessoas, partida de motores diesel e uso geral industrial, após seu esgotamento energético, deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante ou ao importador ou ao distribuidor da bateria”.

Finalmente, as intervenções necessárias à operação e manutenção de SFDs devem ser realizadas por profissionais habilitados de acordo com o estabelecido pela Norma Regulamentadora 10 (NR 10), de 8 de junho de 1978 e posteriormente alterada pela Portaria 598 de 2004, de responsabilidade do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade.

Para delimitar as exigências da NR 10 com relação aos SFDs, considera-se que, rigorosamente falando, eles enquadram-se no que essa norma define como Sistema Elétrico de Potência (SEP). Conforme definição do glossário da NR 10, SEP é “o conjunto das instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição, inclusive”. Sendo assim, está disposto que os trabalhos executados nos SFDs não podem ser realizados individualmente.

A NR 10 também determina que os trabalhadores autorizados a intervir em instalações elétricas devem possuir treinamento específico sobre os riscos decorrentes do emprego da energia elétrica e sobre as principais medidas de prevenção de acidentes em instalações elétricas. De acordo com o estabelecido no Anexo II dessa norma, o módulo básico desse treinamento deve possuir duração de 40 h e abranger os seguintes tópicos, entre outros: introdução à segurança com eletricidade; o choque elétrico e seus mecanismos e efeitos; desenergização das instalações e verificação do funcionamento de dispositivos que funcionam com corrente de fuga; equipamentos de proteção individual; rotinas de trabalho e procedimentos para inspeções de áreas, serviços, ferramental e equipamento; documentação de instalações elétricas; riscos adicionais; causas diretas e indiretas de acidentes de origem elétrica; primeiros socorros; e responsabilidades dos trabalhos envolvendo eletricidade.

A tabela 1.2 sintetiza os requisitos necessários para o uso de sistemas fotovoltaicos domiciliares no contexto da universalização de energia elétrica no Brasil. Como se observa, esses requisitos abarcam aspectos regulatórios, técnicos e gerenciais, e o cumprimento deles aumenta as chances de êxito de projetos utilizando tecnologia fotovoltaica.

Tabela 1.2: Requisitos necessários para o uso de SFDs no contexto da universalização.

Requisito	Descrição
Condições de fornecimento	A Resolução ANEEL nº 83 de 2004 estabelece os procedimentos e condições de fornecimento de energia elétrica por intermédio de SIGFLs.
Teste do módulo fotovoltaico	O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) determina: Norma IEC 61215 (com modificações) - Inspeção Visual; - Desempenho nas STC; - Isolamento elétrico; - Resistência a ponto quente; - Ciclo térmico; - Umidade e congelamento; - Robustez dos conectores; - Torção; - Estanqueidade; - Resistência mecânica. Norma IEC 61701 para ensaio de névoa salina.
Teste da bateria	O PBE determina: - Ensaio de capacidade (NBR 6581); - Ensaio de durabilidade (IEC 61427).
Teste do controlador	O PBE determina: Ensaio em condições nominais - Queda de tensão; - Tensão de desconexão e reposição do módulo fotovoltaico; - Compensação por temperatura; - Tensão de desconexão e reposição das cargas; - Autoconsumo. Ensaio em condições extremas - Proteção contra sobretensões na entrada do módulo fotovoltaico; - Inversão de polaridade na conexão do módulo fotovoltaico; - Inversão de polaridade na conexão da bateria; - Inversão na seqüência de conexão bateria-módulo; - Curto-circuito na saída.
Teste do inversor	O PBE determina: Ensaio em condições nominais - Autoconsumo; - Eficiência; - Distorção harmônica; - Regulação da tensão e da frequência; - Proteção contra surtos. Ensaio em condições extremas - Proteção contra inversão de polaridade na entrada; - Proteção contra curto-circuito na saída.
Padrão de instalação	A Associação Brasileira de Normas Técnicas determina a aplicação da NBR 5410 nas instalações elétricas de baixa tensão.
Segurança dos trabalhadores	As intervenções em instalações elétricas devem atender às exigências de segurança da NR 10, de responsabilidade do Ministério do Trabalho e Emprego.

No próximo capítulo, descreve-se um projeto piloto de aplicação da Resolução Normativa ANEEL nº 83 de 2004 que também considera os demais requisitos mostrados na tabela 1.2.

CAPÍTULO 2

Projeto piloto de implantação de SFDs conforme Resolução ANEEL N° 83 de 2004

A iniciativa para implantação dos sistemas fotovoltaicos na comunidade ribeirinha São Francisco do Aiucá realizou-se mediante uma proposta de projeto piloto apresentada pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP) ao Conselho Nacional de Pesquisas Científicas (CNPq). Assim, o projeto foi financiado com fundos setoriais, CT-Energ/MME/CNPq, para atendimento de comunidades isoladas na Região Norte.

O projeto contempla a instalação de 19 sistemas do tipo SIGFI13 - Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes com capacidade de fornecimento de energia de 13 kWh/mês e distribuição em corrente alternada, de acordo com o padrão mínimo estabelecido pela Resolução ANEEL n° 83 de 2004. Essa configuração permite que sejam ligados equipamentos de uso final semelhantes aos utilizados pelos usuários da rede convencional.

O objetivo geral é o reconhecimento da configuração proposta como alternativa viável no cumprimento das metas de universalização, tanto do ponto de vista técnico quanto de satisfação dos usuários. Além disso, pretende-se contribuir com as discussões nacionais em torno da tecnologia fotovoltaica por meio da divulgação dos resultados.

Uma das concepções norteadoras do projeto foi a valorização do conhecimento e das experiências institucionais e locais para obtenção do êxito, principalmente no que concerne ao processo metodológico e organizacional.

Nesse sentido, para a execução do projeto, foi estabelecida uma parceria multidisciplinar com o Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM) e o Instituto Winrock International-Brasil, da qual participaram profissionais das áreas tecnológicas e das ciências humanas. Nesse mesmo sentido, a metodologia adotada buscou a participação da comunidade no processo.

O projeto foi desenvolvido e implementado em três etapas: a primeira refere-se ao planejamento estratégico e ao nivelamento institucional, incluindo o diagnóstico de pré-eletrificação da comunidade e o ajuste da metodologia adotada para a implementação do projeto. Numa segunda etapa, executaram-se as ações planejadas na primeira etapa e consolidou-se a participação da comunidade, já iniciada na fase anterior; ela engloba a compra e a preparação dos materiais e ferramentas, a logística de transporte e a instalação dos sistemas fotovoltaicos nos domicílios. A terceira etapa tem como escopo o fortalecimento dos mecanismos de gestão, firmado no desenvolvimento das potencialidades locais para solução de problemas e no apoio gerencial ao fundo criado para garantir a manutenção dos sistemas e as substituições periódicas das baterias, visando à sustentabilidade do projeto.

Dentre os objetivos específicos do projeto piloto estão: a implementação de um modelo de gestão; a implantação de um padrão de qualidade de atendimento; o monitoramento do nível de satisfação dos usuários e das taxas de falha e interrupção do serviço; e a criação de subsídios aos programas de eletrificação de comunidades isoladas.

Para alcançar esses objetivos foram estabelecidas algumas metas, a saber: constituição de uma associação de usuários de sistemas fotovoltaicos e de um fundo de operação e manutenção; estabelecimento de um regulamento para os usuários de sistemas fotovoltaicos domiciliares; capacitação da equipe técnica local; articulação institucional com a CEAM; e encaminhamento de sugestões adicionais à ANEEL sobre possíveis aperfeiçoamentos dos instrumentos regulatórios pertinentes.

Espera-se que “[...] no futuro, os próprios comunitários se encarreguem do funcionamento e gestão dos sistemas” (ZILLES et al., 2006).

Este capítulo aborda as duas primeiras etapas citadas; a gestão do projeto piloto é discutida no capítulo 3.

2.1 O processo de introdução da tecnologia fotovoltaica

Conforme a tecnologia fotovoltaica avança, menores são as causas de falhas de caráter estritamente técnico, o que sugere que uma série de fatores deve ser considerada no processo de introdução dessa tecnologia, incluindo considerações sociais, econômicas, políticas, institucionais e ambientais e, principalmente, a heterogeneidade dos atores envolvidos em iniciativas de melhoria da qualidade de vida em zonas rurais (FEDRIZZI, 2003).

Em face dessa proposição, a introdução da tecnologia fotovoltaica na comunidade São Francisco do Aiucá teve sua base fundamentada na participação da população em todas as etapas do processo, no nivelamento dos agentes de eletrificação e numa relação dialética entre estes e aquela.

A interação entre os moradores da comunidade e os representantes das três instituições participantes (IEE, IDSM e Winrock) teve início no dia 1º de maio de 2005 em uma reunião realizada no centro comunitário de São Francisco do Aiucá, à qual compareceram representantes da maioria dos domicílios da comunidade. Após a apresentação individual dos presentes, fez-se a apresentação do projeto de eletrificação dos 19 domicílios.

Em seguida, teve início uma rodada de discussão sobre os prós e contras da tecnologia fotovoltaica, na qual foram ressaltadas as diferenças entre os sistemas fotovoltaicos e o sistema de geração a diesel utilizado pela comunidade, com o intuito de evitar frustrações dos usuários em relação aos usos e limites de consumo dos SFDs. A figura 2.1 mostra um dos momentos dessa reunião.



Figura 2.1: Reunião na comunidade para discussão do projeto piloto.

Foi explicado que dentre as vantagens dos sistemas fotovoltaicos está a disponibilidade do uso nas 24 horas do dia, permitida pela acumulação da energia nas baterias, enquanto o sistema a diesel só funciona 4 horas por dia em horário preestabelecido, das 18h às 22h. Advertiu-se, entretanto, sobre os limites de consumo e a restrição de alguns equipamentos. Os moradores da comunidade foram alertados que *freezers* e ferros de passar roupa, por exemplo, que funcionam com a energia do gerador nas 4 horas em que ele fica ligado, não podem ser ligados aos sistemas fotovoltaicos do tipo SIGFI13. Para a utilização desses equipamentos de uso final e de outros com potência superior a 250 W, é necessário um SFD dimensionado para uma classe de atendimento superior ao padrão mínimo de 13 kWh/mês.

Convém mencionar que na mini-rede do gerador a diesel existe a facilidade de extensão da eletrificação para novos domicílios, o que no caso dos SFDs requer novos sistemas. Além disso, como já mencionado, a conexão de equipamentos com potência maior do que a estabelecida pela classe de atendimento SIGFI13 só é possível na mini-rede. Assim, os sistemas fotovoltaicos surgem em complementaridade ao gerador a diesel para suprir a demanda da comunidade.

Na mesma reunião, houve uma discussão sobre o fundo de operação e manutenção dos sistemas. Após a discussão, o valor da contribuição mensal para troca das baterias ficou estabelecido em 15 reais¹.

Após os esclarecimentos sobre o projeto de eletrificação, a comunidade concordou com a sua implementação. Deu-se início, então, ao planejamento do processo executivo.

Para materializar a implantação dos SFDs, foi necessário fixar previamente algumas etapas. Entre essas, as atribuições de responsabilidades entre as instituições envolvidas e a comunidade. Isso gerou uma série de compromissos, firmados de forma que as ações ocorressem dentro do esperado.

A comunidade comprometeu-se em constituir uma associação de usuários de sistemas fotovoltaicos domiciliares com regulamento próprio, discutido e aprovado em assembléia.

O regulamento, elaborado posteriormente, contém normas para bom uso e preservação dos sistemas fotovoltaicos e regras para a solução de conflitos em âmbito local, além de referir-se à instalação e à manutenção dos sistemas. Por exemplo, condiciona a instalação dos SFDs à participação dos associados na preparação dos postes para os módulos e na construção dos abrigos para as baterias.

Ficou estabelecido que cada família receberia um pagamento de 150 reais pela construção dos abrigos e pela preparação dos postes, a ser depositado como contrapartida ao fundo rotativo, e que essas atividades deveriam ser executadas sob a orientação e supervisão dos técnicos do LSF/IEE/USP e do IDSM.

Finalizando a reunião de apresentação do projeto à comunidade, o envio dos materiais foi agendado para junho de 2005 e o início das instalações dos 19 sistemas fotovoltaicos para logo após a chegada dos equipamentos em São Francisco do Aiucá. Adicionalmente, a comunidade comprometeu-se com o recebimento e a estocagem dos materiais e com a participação no processo de instalação em sistema de trabalho em mutirão.

¹Dólar cotado a 2,5313 reais em primeiro de maio de 2005, conforme o Banco Central do Brasil.

2.1.1 Características da comunidade

Conhecer a comunidade é imprescindível para contextualizar e guiar as ações de implantação e identificar a demanda de energia dos domicílios. Com essa finalidade, o perfil de São Francisco do Aiucá foi traçado a partir de observações em campo, aplicação de questionários-diagnóstico, pesquisa bibliográfica na sede do Instituto Mamirauá e outras bases de dados.

Esta seção traz as características relevantes ao projeto - sociais, econômicas, estruturais e geográficas - da comunidade São Francisco do Aiucá, localizada em uma região de várzea dentro da área focal da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM).

A comunidade pertence ao município de Uarini, Estado do Amazonas, e está situada dentro da área focal da RDSM (ver Anexo B). Segundo sua própria definição, a reserva é uma unidade de conservação criada pelo governo do Estado do Amazonas em 1990, com o objetivo de assegurar a conservação da biodiversidade da Floresta Amazônica, garantindo a permanência das populações que tradicionalmente ocupam essa área. A reserva possui uma área de 1.124.000 hectares e localiza-se na região do médio rio Solimões.

As coordenadas geográficas da comunidade são: latitude $02^{\circ}48'03''$ Sul e longitude $65^{\circ}08'11''$ Oeste. Segundo dados do IBGE, o município de Uarini possui 10.254 habitantes, sendo 6.702 residentes na área rural. Suas principais atividades econômicas são: agricultura, extrativismo vegetal e pesca.

A comunidade situa-se ao lado de um igarapé, na margem esquerda do rio Solimões. As principais cidades do seu entorno são Tefé e Alvarães, além da própria sede do município de Uarini, distante, em linha reta, 20 km da comunidade.

A comunidade foi selecionada para o projeto piloto por possuir experiência organizacional prévia e consolidada e por ser uma comunidade ribeirinha com condições sociais e ambientais compatíveis com a parcela da população não eletrificada da Região Norte. Além disso, os moradores possuem diversos equipamentos de uso final em corrente alternada, o que permite testar a disponibilidade dos SFDs e sua adaptabilidade ao meio e aos usuários.

As figuras a seguir mostram a região onde o projeto foi implementado.

A figura 2.2 apresenta um mapa do Estado do Amazonas, com indicação da localização da RDSM, e a figura 2.3 mostra a localização da RDSM, composta por uma área focal de atuação do IDSM e uma área subsidiária.



Figura 2.2: Mapa do Estado do Amazonas.

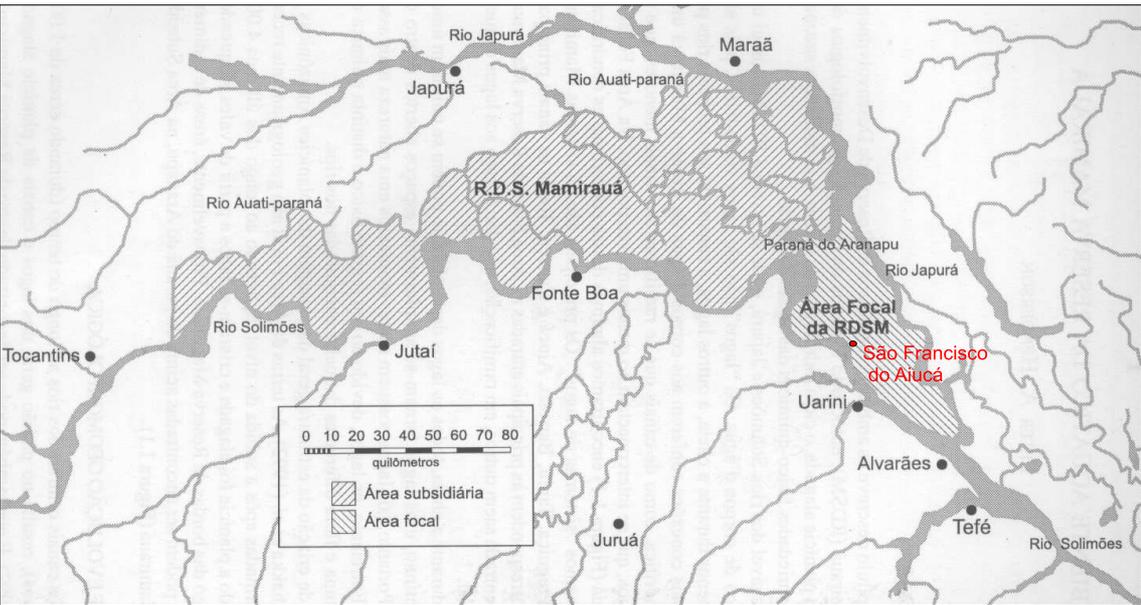


Figura 2.3: Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.

A figura 2.4 mostra uma imagem de satélite com a localização da comunidade São Francisco do Aiucá e a foto da figura 2.5 mostra uma vista da comunidade na cheia.

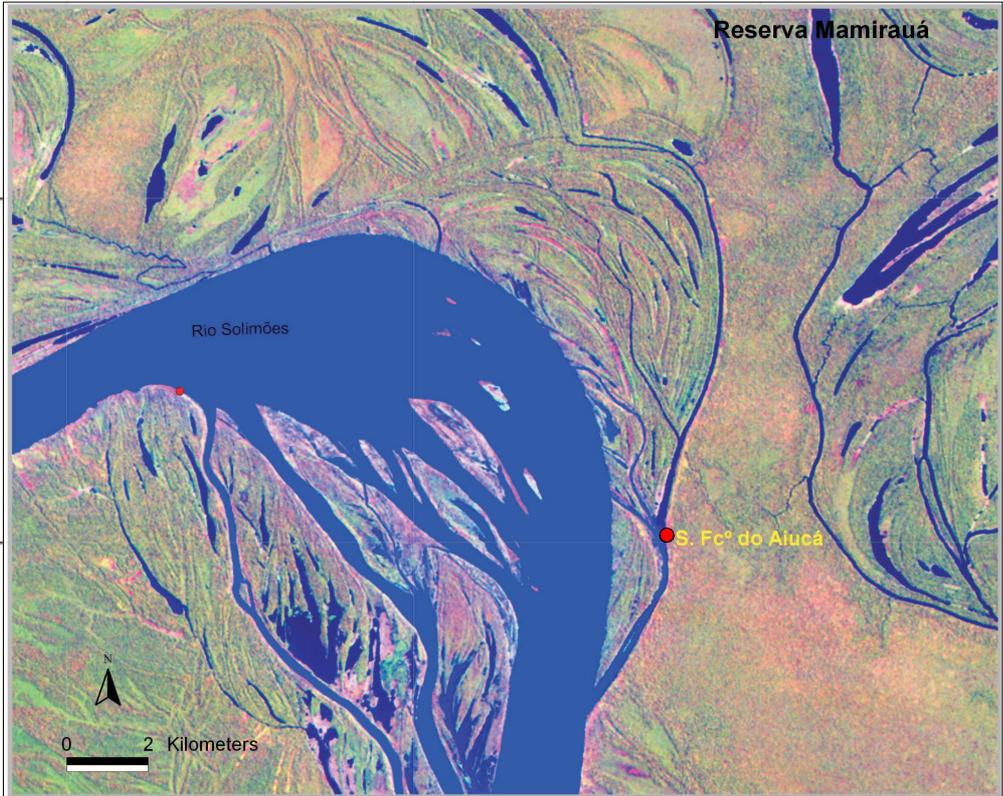


Figura 2.4: Localização da comunidade São Francisco do Aiucá.



Figura 2.5: Vista da comunidade São Francisco do Aiucá.

A população tem sua rotina de vida influenciada pelos níveis das águas do rio Solimões. Durante a época de seca, as condições de vida pioram em razão das dificuldades de deslocamento e de acesso à água para consumo.

A maioria das casas da comunidade é de madeira e foi construída sobre palafitas em virtude da época das cheias, quando o nível do igarapé sobe e a água fica sob as residências, chegando algumas vezes a adentrá-las. A cobertura dessas habitações é, normalmente, de amianto ou zinco.

O número de cômodos e suas dimensões variam conforme cada domicílio; no entanto, a maioria das residências possui sala, quarto, cozinha e cozinha tradicional. O número de residentes em cada domicílio varia de 2 a 14 pessoas, que dormem em mosquiteiros, redes ou camas. A tabela 2.1 mostra dados do censo demográfico realizado pelo IDSM no ano de 2006 na comunidade.

Tabela 2.1: Censo demográfico da comunidade (2006).

Faixa Etária	Sexo				População	%
	Masculino	%	Feminino	%		
0-4	17	19.5	10	15.9	27	18.0
5-9	11	12.6	14	22.2	25	16.7
10-14	7	8.0	12	19.0	19	12.7
15-19	13	14.9	5	7.9	18	12.0
20-24	10	11.5	5	7.9	15	10.0
25-29	11	12.6	2	3.2	13	8.7
30-34	3	3.4	3	4.8	6	4.0
35-39	5	5.7	3	4.8	8	5.3
40-44	4	4.6	4	6.3	8	5.3
45-49	2	2.3	1	1.6	3	2.0
50-54	1	1.1	1	1.6	2	1.3
55-59	1	1.1	2	3.2	3	2.0
60-64	0	0.0	0	0.0	0	0.0
65-69	1	1.1	0	0.0	1	0.7
70-74	0	0.0	0	0.0	0	0.0
75-79	0	0.0	0	0.0	0	0.0
80-84	1	1.1	0	0.0	1	0.7
85-89	0	0.0	0	0.0	0	0.0
90-94	0	0.0	0	0.0	0	0.0
95-99	0	0.0	0	0.0	0	0.0
100-104	0	0.0	1	1.6	1	0.7
Total	87	100	63	100	150	100

As atividades de pesca e agricultura são as principais fontes de renda da população. A criação de animais, o artesanato, a caça e a extração de madeira são atividades secundárias. As fontes de proteína animal são provenientes da pesca nos rios, lagos e igarapés, onde se encontram: tambaqui, pirarucu, jaraqui, matrecham, sardinha, tucunaré, pescada e surubim. Outros produtos provêm da agricultura e do extrativismo ou são adquiridos fora da comunidade. Alguns domicílios possuem fogões a GLP para a cocção; no entanto,

a maioria das famílias utiliza a queima de lenha em cozinhas tradicionais situadas no exterior das residências. Alguns dos alimentos consumidos são: farinha, macaxeira, milho, cará, batata, feijão, ovo, banana, melancia, açaí, cupuaçu e outras frutas.

A água para beber e para realizar as diversas tarefas é retirada diretamente do igarapé. Existe um sistema fotovoltaico de bombeamento de água instalado; no entanto, a capacidade de tal sistema é pequena frente à demanda da comunidade. Durante a seca, o acesso à água torna-se muito difícil, havendo também uma queda de qualidade que acarreta inúmeros problemas de saúde para a população. Não existe tratamento de esgoto nem água encanada nos domicílios.

Não há médico nem dentista na comunidade. Para consultá-los, os moradores precisam deslocar-se até Uarini, Alvarães ou Tefé. Os atendimentos de problemas rotineiros (diarréia, vômitos, etc.) são realizados por um agente de saúde da própria comunidade.

A comunidade possui uma associação de moradores, que se reúne freqüentemente no centro comunitário para discussão de assuntos de seu próprio interesse. As fotos da figura 2.6 mostram as construções comunitárias em São Francisco do Aiucá.



Figura 2.6: Construções comunitárias em São Francisco do Aiucá.

Na escola existente na comunidade, há aulas até a sexta série do ensino fundamental, e o número de professores para ministrá-las varia de um a três. O sistema didático segue o padrão multisseriado, ou seja, diferentes séries compartilham a sala de aula simultaneamente, mas cada uma com seu conteúdo específico.

A situação piora para os estudantes dos dois últimos anos do ensino fundamental e para os do ensino médio, pois precisam deslocar-se até a sede do município de Uarini para continuar os estudos. Além disso, na época da seca, o esforço para frequentar as aulas é ainda maior em razão das dificuldades de deslocamento.

Não há comunicação bidirecional à distância entre as sedes dos municípios próximos e a comunidade São Francisco do Aiucá. Distante 10 km da comunidade, existe um flutuante equipado com rádio VHF de onde se pode realizar chamadas para a sede do IDSM, em Tefé. A comunicação unidirecional das sedes dos municípios com a comunidade é feita através de rádio AM/FM. O acesso às redes públicas de televisão é feito através de antenas parabólicas.

As formas tradicionais de iluminação utilizadas pelos moradores são a queima direta de óleo diesel, querosene ou combustol (mistura de óleo diesel com outros combustíveis) em lamparinas improvisadas e o uso de velas e lanternas. As fotos da figura 2.7 mostram algumas lamparinas típicas encontradas na comunidade.



Figura 2.7: Lamparinas típicas utilizadas na comunidade.

A energia elétrica advinda de um conjunto motogerador, que utiliza diesel como combustível e funciona 4 horas diárias, era a principal fonte de energia existente em São Francisco do Aiucá antes da instalação dos 19 SFDs. Para a distribuição dessa eletricidade a 25 domicílios, utiliza-se uma mini-rede elétrica composta por postes de madeira e três condutores elétricos que se estendem por toda a comunidade.

A distribuição da eletricidade pela mini-rede é feita com duas fases e um neutro. Dependendo da residência, a ligação pode ser 220 V ou 127 V. A conexão entre a mini-rede e os domicílios é feita diretamente (sem quadro elétrico), normalmente utilizando-se fios de pequena bitola e com emendas elétricas precárias.

O horário de funcionamento do gerador é das 18h às 22h, diariamente, com consumo de aproximadamente 10 litros de diesel diários. Durante os finais de semana, dependendo do interesse dos comunitários e da disponibilidade de diesel, o sistema é utilizado algumas horas no período diurno.

As fotos da figura 2.8 mostram a casa de força e um poste típico da mini-rede de distribuição, o conjunto motogerador, o quadro de comando do gerador e o abastecimento de diesel no gerador. A tabela 2.2 mostra as características do motor a diesel e do gerador da comunidade e a tabela 2.3 mostra os componentes que compõem a mini-rede de distribuição.



Figura 2.8: Componentes do sistema elétrico preexistente.

Tabela 2.2: Características do conjunto motogerador a diesel da comunidade.

Características do motor a diesel	
Potência	13,9 kW
Rotação	2200 rpm
Características do gerador	
Potência	20 kVA
Número de fases	3
Tensão de saída	127/220/380 V
Frequência	60 Hz
Fator de potência	0,8
Rotação	1800 rpm
Corrente de excitação	3 A
Tensão de excitação	60 V

Tabela 2.3: Infra-estrutura da mini-rede.

Descrição	Quantidade
Postes de madeira	35
Isoladores cerâmicos	105
Suportes de fixação dos isoladores aos postes	35
Lâmpadas e estruturas para iluminação pública	16
Condutores	3

O uso de eletricidade a partir do óleo diesel na comunidade São Francisco do Aiucá foi analisado considerando aspectos como a aquisição do diesel, o transporte do diesel até a comunidade, as características elétricas do gerador e da mini-rede de distribuição, os gastos e procedimentos requeridos para manutenção e operação, o horário de funcionamento do gerador, os equipamentos de uso final existentes e a estrutura organizacional necessária para manter o funcionamento do gerador.

No primeiro dia de cada mês, um comunitário desloca-se até a sede do município de Uarini para buscar 150 litros de diesel doados pela prefeitura. O transporte do combustível até a comunidade é feito por meio de uma embarcação tipo rabeta, bastante utilizada pelos moradores para deslocamentos através dos rios, lagos e igarapés da região. Na época da seca, o transporte do diesel torna-se muito difícil, quando não interrompido, em decorrência de problemas de deslocamento. As fotos da figura 2.9 mostram a rabeta e os recipientes tipo bombona utilizados para transportar o diesel.

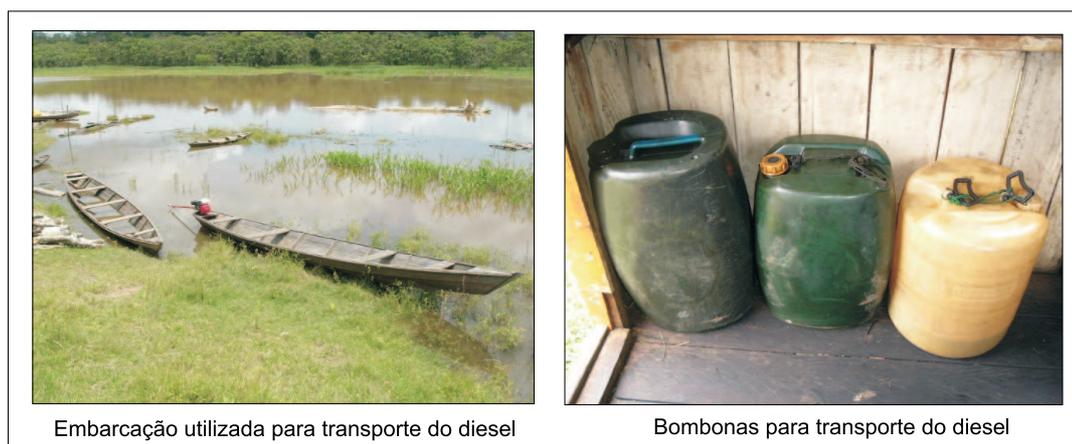


Figura 2.9: Transporte do diesel.

Além disso, por diversas razões, o fornecimento do diesel à comunidade não é constante, havendo meses em que a prefeitura não fornece o combustível. Quando isso ocorre, aumenta a utilização de velas, lamparinas e outros utensílios usados para iluminação dos domicílios. Pilhas de 1,5 volts são utilizadas em rádios portáteis, lanternas e outros equipamentos de baixo consumo.

Cada domicílio contribui com 2 reais mensais para a compra de óleo lubrificante para o motor². Essa taxa é a única contribuição dos moradores para garantir a operação desse sistema energético. Não existe um fundo constituído para cobrir eventuais gastos com a manutenção do conjunto motogerador e da mini-rede de distribuição.

²O conjunto motogerador utiliza diesel como combustível e necessita de óleo lubrificante para as partes mecânicas; a prefeitura faz a doação do diesel e a comunidade organiza-se para comprar o óleo lubrificante.

É grande a variedade de equipamentos de uso final de energia elétrica conectados à mini-rede da comunidade São Francisco do Aiucá, sendo os principais: lâmpadas incandescentes, *freezers*, televisores, receptores de antena parabólica, rádios-gravadores, aparelhos de som, ventiladores, liqüidificadores, aparelhos de DVD e lâmpadas de iluminação pública. Cabe comentar que os *freezers* são utilizados para resfriamento de bebidas, principalmente água, e para preparação de sobremesas geladas, entre outras formas de uso possíveis nas quatro horas de funcionamento do gerador.

2.1.2 Nivelamento dos agentes de eletrificação

Após a primeira reunião na comunidade, na qual os comunitários aceitaram o projeto e assumiram suas responsabilidades, deu-se início ao nivelamento metodológico e organizacional das três instituições envolvidas no projeto: Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE/USP), Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSMM) e Instituto Win-Rock.

A parceria estabelecida para a execução do projeto teve caráter multidisciplinar, abrangendo aspectos técnicos, sociais, gerenciais e ambientais. O objetivo do nivelamento foi integrar as instituições envolvidas, cada qual com seu campo de atuação e metodologia própria, resultando em uma equipe.

Para tanto, em reunião realizada na sede do IDSMM, na cidade de Tefé, as instituições compartilharam e avaliaram o aprendizado adquirido em suas experiências anteriores, com o intuito de ajustar uma metodologia para o projeto, considerando-se as características da comunidade. Os profissionais dessa equipe de eletrificação são doravante denominados agentes de eletrificação.

Após recapitulação do projeto piloto, a equipe de eletrificação gerou um cronograma de atividades para os compromissos assumidos pelos participantes. As etapas de aquisição, qualificação, preparação e transporte dos equipamentos a serem instalados na comunidade foram confirmadas e planejadas. Decidiu-se que as atividades para viabilizar a implantação do projeto ficariam concentradas na cidade de Tefé e na comunidade São Francisco do Aiucá.

A seguir, de forma sucinta, são apresentadas as contrapartidas, as contribuições e os compromissos de cada instituição envolvida.

O Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do IEE/USP disponibilizou a infraestrutura laboratorial para controle dos equipamentos a serem utilizados na instalação e para realização dos ensaios de aceitação dos componentes, haja vista que é credenciado pelo INMETRO para realizar os testes do PBE. Das contribuições oriundas de sua experiência em

eletrificação de comunidades rurais, duas iniciativas merecem destaque aqui: (i) Eletrificação Solar Fotovoltaica de Quatro Comunidades Isoladas no Alto Solimões e (ii) Energização e Dinamização Social de Comunidades Ribeirinhas na Região do Alto Solimões³.

Dentre os compromissos assumidos, ao LSF/IEE/USP coube a coordenação técnica e operacional da implementação do projeto; a aquisição e o envio dos equipamentos para Tefé; a realização do controle de qualidade e dos testes de aceitação; o envio do regulamento dos usuários de sistemas de eletrificação rural fotovoltaica; o treinamento e a capacitação de membros da comunidade para instalação e manutenção dos SFDs; a participação na instalação dos 19 sistemas fotovoltaicos na comunidade; e o monitoramento do projeto.

O IDSM é uma organização não governamental que tem por missão o desenvolvimento de modelo de área protegida para grandes áreas de florestas tropicais onde, por meio de manejo participativo, possam ser mantidos a biodiversidade e os processos ecológicos e evolutivos. Vem desenvolvendo, desde sua constituição em 1991, ações direcionadas ao desenvolvimento sustentável da região baseadas em pesquisas científicas e em gestão participativa.

O IDSM ficou responsável pela comunicação com a comunidade contemplada no projeto e pela capacitação gerencial ao fundo de operação e manutenção. Mais especificamente, teve a responsabilidade de: estabelecer uma associação de usuários de SFDs que se responsabilizasse pela operação e gestão; aplicar questionários para conhecimento da situação pré-fotovoltaica da comunidade; discutir detalhes da fabricação dos abrigos para as baterias e da extração dos postes de madeira para fixar os módulos fotovoltaicos; receber, estocar e enviar para São Francisco do Aiucá os equipamentos e materiais necessários para a instalação dos 19 sistemas fotovoltaicos; dar apoio logístico nas viagens de campo; e participar da instalação dos 19 sistemas fotovoltaicos nos domicílios.

O Instituto Winrock International-Brasil é uma ONG sem fins lucrativos que atua na implementação de projetos de meio ambiente, desenvolvimento de lideranças, manejo de recursos naturais, energias renováveis, entre outros, voltados para atender às necessidades energéticas e de melhoria de qualidade de vida das populações que habitam o meio rural. Seus compromissos: participar da elaboração do questionário para conhecimento da situação pré-fotovoltaica da comunidade e da formação do fundo de operação e manutenção.

Uma vez estabelecidas as responsabilidades individuais e mútuas das instituições envolvidas, bem como elaborado um cronograma conjunto de atividades, partiu-se para o detalhamento da metodologia de introdução dos SFDs na comunidade.

³Experiências financiadas pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e apoiadas pelo *Projeto Trópico Úmido* (ANEEL/PNUD, 1998). Projeto de referência para utilização de energias renováveis na Amazônia realizado no âmbito do *Programa de Desenvolvimento Sustentável do Alto Solimões*, coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Disponível em: <<http://www.energia.usp.br/lfsf>>.

2.1.3 Metodologia adotada

A metodologia adotada é oriunda da intersecção da experiência acumulada ao longo dos últimos anos pelo LSF/IEE/USP em projetos de eletrificação rural com a experiência do IDSM em ações para o desenvolvimento sustentável da região. Tem sua base fundamentada na integração entre a equipe técnica e os usuários, no sentido de promover a transferência da tecnologia fotovoltaica, tendo por objetivo o fortalecimento das práticas comunitárias associadas à melhoria da qualidade de vida.

O processo de integração é uma negociação. A comunidade solicita, mediante carta, a eletrificação e a equipe de eletrificação propõe um projeto piloto. Assim, tem-se de um lado a comunidade com seus interesses e de outro a equipe de eletrificação com seus objetivos. O planejamento participativo é caracterizado pela busca de um consenso mínimo entre as partes envolvidas, adquirindo, assim, confiança mútua para lidar com as diferenças de visões e manter os compromissos.

A chave para a efetiva integração está na forma como é feita a comunicação: os técnicos não podem se colocar em uma posição de afastamento e superioridade em relação ao usuário, pois o “endeusamento” da tecnologia faz com que o usuário não se sinta à vontade para incorporar o serviço de energia elétrica no seu cotidiano e as responsabilidades decorrentes (SANTOS, 2002).

Longe de ser uma tarefa mecânica, essa forma de intervenção necessita de um exercício de observação constante da dinâmica de cada comunidade para poder determinar as formas e velocidades de atuação em cada uma (FEDRIZZI & ZILLES, 2003).

Outrossim, dado o caráter descentralizado do projeto, seu êxito será determinado pela autonomia operacional, de modo que a comunidade não fique sob dependência de procedimentos demorados de atendimento ou liberação de recursos. Para isso, é necessário investir também na gestão participativa, para tentar garantir o bom funcionamento dos SFDs durante toda a sua vida útil, estimada em 25 anos, ou ainda que temporariamente, até a concessionária assumir.

Os pilares da gestão participativa são: fundo de operação e manutenção; capacitação dos usuários; treinamento dos técnicos locais para manutenção dos sistemas; e almoxarifado de reposição de peças na comunidade.

Em face de tudo o que foi dito acima, a transferência tecnológica ocorreu de forma educativa e com a participação de homens, mulheres e crianças. As formas utilizadas pelos agentes de eletrificação para relacionarem-se com a comunidade foram:

- Reuniões formais registradas em atas;
- Reuniões informais e visitas aos domicílios;
- Leitura em conjunto da cartilha educativa e das atas das reuniões;
- Utilização de painéis didáticos;
- Entrega e discussão dos gráficos de consumo mensal de energia em cada domicílio.

Questões de gênero também foram consideradas, dado que as mulheres têm contato direto com os SFDs e são bastante beneficiadas pela eletrificação. Logo, foram feitos esforços para envolvê-las nas decisões coletivas e capacitá-las na utilização dos sistemas.

Finalmente, após cada atividade, a equipe reunia-se para momentos de síntese, nos quais eram feitos comentários individuais sobre o andamento do projeto, alterando, se necessário, alguns procedimentos anteriormente definidos. Assim, uma importante característica da metodologia é a constante realimentação da iniciativa de eletrificação, avaliando avanços e dificuldades de cada etapa e exercitando a participação da comunidade no processo.

2.2 Descrição técnica dos SFDs

Antes de iniciar a descrição técnica dos 19 sistemas fotovoltaicos domiciliares instalados na comunidade São Francisco do Aiucá, convém mencionar que testes e ensaios em componentes de SFDs já vinham sendo realizados pelo LSF/IEE/USP ao longo dos últimos anos. Sendo assim, quando se propôs a eletrificação dessa comunidade com SFDs, já havia sido comprovada a operacionalidade de um protótipo nas dependências desse laboratório.

Os SFDs são descritos a começar pelo dimensionamento de um SIGFI na menor classe de atendimento definida pela Resolução ANEEL nº 83 de 2004. Em seguida, descrevem-se as características dos componentes utilizados, comentando-se alguns critérios de escolha e aceitação dos componentes, para definição do padrão elétrico das instalações. Finaliza-se com observações a respeito da montagem e teste do protótipo.

2.2.1 Dimensionamento

O método de dimensionamento utilizado para os SFDs considera os parâmetros da classe de atendimento SIGFI13, que determina um valor de consumo diário de referência de 435 Wh/dia e autonomia do sistema de acumulação de 2 dias. Esse valor de 435 Wh/dia representa 13 kWh/mês, que devem ser garantidos em qualquer mês do ano. Para isso, o método de dimensionamento utiliza o critério do pior mês de radiação solar, ou seja, é considerado o mês cuja média mensal de radiação solar diária no plano do módulo seja a menor. Detalhes sobre dimensionamento de SFDs podem ser encontrados em LORENZO (1994).

Uma vez conhecido o consumo diário de referência, deve-se corrigir esse valor de energia, considerando a eficiência da bateria, do inversor e do controlador. Nesse caso, considerou-se 0,85 para a eficiência da bateria; 0,80 para a do inversor e desprezou-se as perdas no controlador. Esse valor corrigido corresponde à energia que o sistema de acumulação deve fornecer diariamente ao SFD para que sejam garantidos os 435 Wh/dia na saída do SFD, conforme mostra a equação 2.1.

$$L = \frac{435}{\eta_{bat} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{ctrl}} \quad (2.1)$$

onde: L representa a energia diária em Wh corrigida; η_{bat} representa a eficiência da bateria; η_{inv} a eficiência do inversor; e η_{ctrl} a eficiência do controlador.

Com o valor da energia diária em Wh corrigido, pode-se dimensionar a capacidade do sistema de acumulação, sabendo que sua autonomia deve ser de 2 dias e a máxima profundidade de descarga admitida de 50%. A equação 2.2 mostra essa operação.

$$CB(Wh) = \frac{L \cdot 2}{Pd_{max}} \quad (2.2)$$

onde: $CB(Wh)$ representa a capacidade do sistema de acumulação em Wh; L representa a energia diária em Wh corrigida; e Pd_{max} representa a profundidade máxima de descarga admitida para o sistema de acumulação.

A partir do valor de capacidade do sistema de acumulação em Wh, calcula-se o valor da capacidade em Ah através da divisão pelo valor da tensão de trabalho do sistema de acumulação, conforme mostrado na equação 2.3.

$$CB(Ah) = \frac{CB(Wh)}{V} \quad (2.3)$$

onde: $CB(Ah)$ representa a capacidade do sistema de acumulação em Ah; $CB(Wh)$ representa a capacidade do sistema de acumulação em Wh; e V representa a tensão de trabalho do sistema de acumulação.

Para calcular o valor da potência do gerador fotovoltaico, deve-se considerar a disponibilidade do recurso solar na região. Para isso, o método de dimensionamento utiliza o conceito de Horas de Sol Pleno (HSP), que corresponde ao número de horas de sol em média diária a uma intensidade de 1.000 W/m² e equivale à energia total diária incidente sobre a superfície do gerador em kWh/m².

Para o caso de São Francisco do Aiucá, considerou-se para o HSP um valor igual a 4 horas, o que está coerente com valores mostrados no *Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres* do ano de 2000 para a região do médio rio Solimões.

O valor da energia diária em Wh corrigido, calculado anteriormente, deve ser dividido pelo número de HSP da região e, ainda, multiplicado por um fator de segurança escolhido pelo projetista. O resultado da equação 2.4 é a potência do sistema de geração em Wp.

$$Pot(Wp) = \frac{1,25.L}{HSP} \quad (2.4)$$

onde: $Pot(Wp)$ representa a potência do sistema de geração em Wp; L representa a energia diária em Wh corrigida; e HSP representa o número de horas de sol pleno.

Após a realização desses cálculos, o SFD está dimensionado pelo critério do pior mês, considerando uma disponibilidade diária de energia do recurso solar de 4 kWh/m² sobre a superfície do gerador e um fator de segurança de 25%. Dessa forma, estão assegurados os 13 kWh/mês em corrente alternada na saída do SFD e os 2 dias de autonomia do banco de baterias, cuja profundidade máxima de descarga é de 50%.

Finalmente, a configuração proposta tem como base um controlador de carga de 20 A, um gerador fotovoltaico de 200 Wp, um sistema de acumulação de 150 Ah em 24 Vcc e um inversor CC/CA de 250 W e 127 V. Além desses componentes, o SFD também possui dispositivos de medição e proteção conforme estabelece a NBR 5410.

Na seqüência, descrevem-se as características de cada um dos componentes escolhidos para compor o SFD dimensionado.

2.2.2 Características dos componentes

O critério de escolha dos componentes para constituir o SFD dimensionado foi baseado nos testes exigidos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO, descritos no capítulo 1. Então, após ensaios realizados em algumas marcas e modelos distintos existentes no mercado, optou-se pelos componentes descritos a seguir.

Os módulos fotovoltaicos são da marca Isofoton modelo I-100/12, de 100 Wp, de silício monocristalino.

As baterias são do tipo solar, de fabricação nacional, da marca Enertec, modelo SF175TE. É uma bateria úmida, contendo placas de chumbo e líquido corrosivo incolor (solução de ácido sulfúrico). Esse modelo é resultante de uma cooperação técnica entre o LSF/IEE/USP e o fabricante para aperfeiçoamento do desempenho de baterias usadas em sistemas fotovoltaicos.

O controlador de carga é da marca Phocos, modelo CX20, de 24 V e 20 A, com proteção eletrônica, para ser utilizado com baterias ácidas de chumbo ventiladas ou seladas. Esse componente está equipado com uma tela de cristal líquido que mostra informações de interesse do usuário como, por exemplo, o estado de carga da bateria.

O inversor CC/CA é da marca Isofoton, modelo Isoverter, com fornecimento em onda senoidal pura na frequência de 60 Hz, com tensão de 120 V e potência de 250 W. Esse equipamento foi selecionado em razão do bom desempenho no funcionamento conjunto com o controlador de carga, eliminando o problema de desligamento do sistema no momento de transição inicial, que requer uma corrente inicial alta. Cabe mencionar que o ponto de aterramento da instalação está conectado na parte CA do inversor.

As tabelas 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7 mostram as principais características técnicas dos módulos, acumuladores, controladores e inversores utilizados nos SFDs.

Tabela 2.4: Características do módulo fotovoltaico.

Características	Módulo Fotovoltaico I-100/12
FÍSICAS	
Dimensões	1.310 x 654 x 39,5 mm (C x L x A)
Peso	11,5 kg
Número de células em série	36
Número de células em paralelo	2
TONC (800 W/m ² , 20 °C, AM 1,5, 1 m/s)	47 °C
ELÉTRICAS (1.000 W/m², 25 °C, AM 1,5)	
Tensão nominal (Vn)	12 V
Potência máxima (Pmáx.)	100 Wp ± 10%
Corrente de curto-circuito (Isc)	6,54 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	21,6 V
Corrente de máxima potência (Imáx.)	5,74 A
Tensão de máxima potência (Vmáx.)	17,4 V
CONSTRUTIVAS	
Células	Silício monocristalino, texturizadas e com capa anti-reflexiva
Contatos	Contatos redundantes, múltiplos, em cada célula
Laminado	EVA (acetato de vinil etileno)
Fase frontal	Vidro temperado de alta transmissividade
Fase posterior	Protegida com TEDLAR de várias capas
Moldura	Alumínio anodizado
Caixa de conexão	2 X IP65 com diodos de by pass / 1x
Conexão a terra	Sim
Especificações	IEC 61215 e classe II mediante certificado TÜV
Secção do cabo	4 – 10 mm ²
Terminais de conexão	Bornes parafusáveis com possibilidade de solda. Multicontato opcional

Tabela 2.5: Características da bateria.

Características	Bateria Enertec SF175TE
Dimensões	513 x 223 x 218 mm (C x L x A)
Peso	45 kg
Tensão nominal	12 V
Capacidade nominal	150 Ah, C20
Composição dos eletrodos	(+) Liga de baixo antimônio, (-) liga de chumbo-cálcio
Composição do eletrólito	Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) e Água (H ₂ O) Necessidade de reposição periódica de água
Vida útil estimada	1.095 ciclos (com profundidade de descarga de 20%)

Tabela 2.6: Características do controlador de carga e descarga.

Características	Controlador Phocos CX20
Dimensões	89 x 90 x 38 mm (C x L x A)
Peso	168 g.
Tensão nominal	24 V, reconhecimento automático
Tensão de flutuação	27,4 V (25°C)
Reforço de tensão	28,8 V (25°C)
Tensão para desconexão da carga	22,0 – 24,4 V , ajustável
Tensão para reconexão da carga	25,6 V
Compensação da temperatura	-4mV/K*célula
Máxima corrente de carga do módulo FV	20 A (25°C)
Máxima corrente de carga	20 A (25°C)
Diâmetro máximo do fio	16 mm ² ou AWG N° 6
Autoconsumo	< 4 mA
Variação da temperatura ambiente	-25 a +50 °C
Tipo de proteção	IP 20

Tabela 2.7: Características do inversor CC/CA.

Características	Isoverter 250/24
Dimensões	220 x 140 x 95 mm (C x L x A)
Peso	3,5 kg
ELÉTRICAS	
Forma de onda de saída	Senoidal pura
Tensão nominal de entrada	24 V
Faixa da tensão de entrada	20 – 36 V
Potência nominal de saída	250 W
Tensão nominal de saída	120 V
Variação da tensão de saída	≤ 2%
Frequência nominal	60 Hz
Variação da frequência	≤ 0.1%
Rendimento médio	80%
Distorção harmônica com carga resistiva	< 4%
Funcionamento em stand-by	Ajustável desde 5 W
Potência máxima admissível	> 300 W (3 minutos) 400 W (1 minuto) > 400 W (3 segundos)
Autoconsumo	< 50 mA
CONSTRUTIVAS	
Alarmes locais	Tensão de bateria alta; pré-alarme e alarme de baixa tensão de bateria; sobrecarga; curto-circuito; sobre-temperatura através de LED tricolor
Proteção contra polaridade inversa	Sim
Proteção contra sobrecarga	Sim, temporizada em função da potência demandada
Proteção contra curto-circuito	Sim, temporizada (10 s)
Proteção contra sobre-temperatura	Sim
Proteção contra alta/baixa tensão de bateria	Sim
Tropicalização dos circuitos	Sim
Faixa de temperatura de funcionamento	0 – 40 °C a plena carga
Rearme desconexão sobre-temperatura	Automático
Rearme desconexão tensão alta/baixa	Automático
Rearme desconexão curto-circuito ou sobrecarga	Manual
Ventilação	Forçada, controlada por temperatura
Caixa	Alumínio anodizado
Pintura	Epoxi ao forno
Tipo de proteção	IP 20

2.2.3 Padrão de instalação

Após a escolha do módulo fotovoltaico, da bateria, do controlador de carga e do inversor CC/CA, é preciso montar os dois últimos em um quadro elétrico juntamente com outros dispositivos de proteção, medição e seccionamento. Esses dispositivos devem ser de boa qualidade e compatíveis com os componentes do SFD para que possam garantir o funcionamento adequado dos sistemas no ambiente amazônico. Procurou-se, na medida do possível, a escolha de materiais de origem nacional, para verificar se os seus desempenhos estão em conformidade com os padrões de qualidade requeridos. A figura 2.10 mostra o diagrama unifilar do sistema fotovoltaico domiciliar.

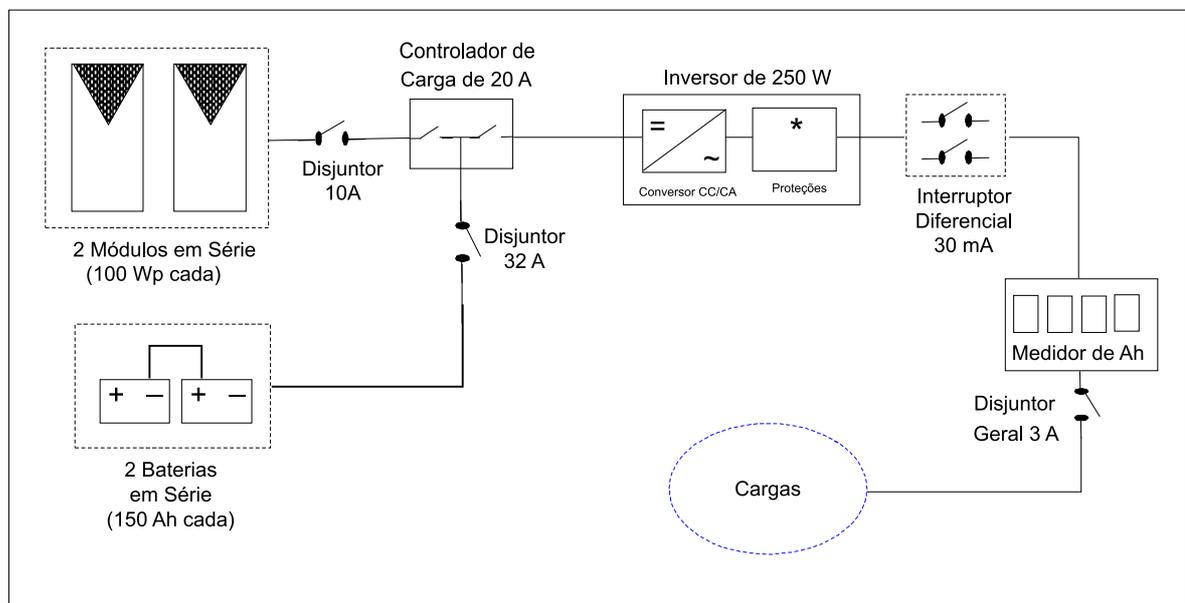


Figura 2.10: Diagrama unifilar do SFD.

A figura 2.11 ilustra a maneira como os componentes e dispositivos encontram-se conectados ao quadro elétrico.



Figura 2.11: Quadro elétrico de controle do SFD.

Esse quadro elétrico consta, na sua entrada, do disjuntor número 1, de 10 A, para seccionamento do gerador fotovoltaico no caso de intervenção ou manutenção do SFD e do disjuntor número 2, de 32 A, para proteção e seccionamento do banco de baterias. As saídas desses dois disjuntores estão conectadas às entradas referentes ao gerador e ao acumulador do controlador, cuja saída é conectada ao inversor CC/CA.

Na saída do inversor, encontra-se o disjuntor número 3, um dispositivo de proteção que usa corrente diferencial-residual (interruptor DR) de 2 pólos. Na seqüência, tem-se um medidor de Ah para registrar o consumo em CA. Finalmente, encontra-se o disjuntor duplo termomagnético de 3A, número 4, de proteção contra sobrecargas e curto-circuito e de seccionamento geral da instalação.

O tipo de interruptor DR empregado no quadro elétrico, respeitando o estabelecido pela NBR 5410, é de alta sensibilidade, com valor de corrente de atuação de 30 mA. Esse dispositivo de proteção adicional é destinado a garantir a proteção em situações ou locais em que os perigos do choque elétrico são particularmente graves. A NBR 5410 estabelece o uso de interruptores DR com valor de corrente diferencial-residual até 30 mA, pois corresponde a um valor que fica abaixo do limite considerado perigoso para o corpo humano.

O dispositivo DR provoca a abertura dos contatos quando a corrente diferencial-residual atinge o valor de atuação. O interruptor atua desenergizando o circuito quando ocorre fuga de corrente para a terra, ocasionada por algum equipamento defeituoso ou por um contato acidental com algum elemento da instalação capaz de pôr em risco os usuários. Uma vez solucionado o problema que ocasionou a atuação do dispositivo DR, seu mecanismo manual deve ser restabelecido de modo a conectá-lo novamente ao circuito.

O inversor também dispõe de um sistema de proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos que atua mais rapidamente que o disjuntor número 4, fazendo com que este funcione, na realidade, como chave seccionadora da instalação e elemento de segurança caso a proteção eletrônica do inversor falhe.

O medidor eletrônico de Ah é um equipamento eletrônico que registra o consumo de corrente elétrica ao longo do tempo, diferentemente dos medidores convencionais que registram o consumo de potência elétrica ao longo do tempo (Wh). Esse medidor foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) para uso em sistemas de baixo consumo e pode substituir os medidores convencionais, de maior custo e complexidade, utilizados nas instalações domésticas com corrente alternada.

Os componentes e dispositivos foram montados em um quadro elétrico da marca Tableplast, modelo 3918, de polipropileno, com tampa frontal transparente. As dimensões externas da caixa são 463 x 380 x 200 mm (C x L x A), com índice de proteção IP65. Foram feitas aberturas no quadro elétrico para a passagem dos cabos dos módulos, das baterias, do aterramento, da saída CA e também aberturas para ventilação.

Conhecidas as características do quadro elétrico e de seus constituintes, decidiu-se, com relação à montagem e disposição dos sistemas em campo, que os abrigos para as baterias ficariam localizados fora das residências, em um compartimento de madeira fechado com cadeado e com altura do assoalho semelhante às casas, evitando alagamentos na época da cheia; os módulos⁴ seriam fixados em postes de madeira localizados ao lado das residências; e os quadros elétricos seriam fixados internamente aos domicílios, facilitando o uso e o controle dos SFDs pelos usuários.

⁴Adotou-se o valor da latitude local adicionada de dez graus para o ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos (β). Dessa forma, pretendeu-se aumentar a coleta de energia durante os meses de inverno. Maiores informações sobre critérios para a escolha do ângulo β podem ser encontradas em OLIVEIRA (1997).

2.2.4 Teste do protótipo

Depois de realizadas as etapas de dimensionamento do SFD para operar na classe de atendimento SIGFI13, de escolha dos componentes e dispositivos, de ensaio dos mesmos em laboratório e de definição do padrão da instalação; montou-se e testou-se um protótipo dos sistemas que foram instalados na comunidade. O protótipo serviu para realização de testes de funcionamento do conjunto de componentes e dispositivos e para simulação de diversas situações que podem ocorrer em campo.

O protótipo também foi útil para a verificação do funcionamento do SFD com os mais variados tipos de carga, observando o desempenho dos componentes e a atuação das proteções, bem como para o planejamento das rotinas de manutenção preventiva e corretiva a serem implementadas em campo e para a preparação dos cursos de capacitação para usuários e técnicos locais.

Durante todo o período de monitoramento do protótipo, foi testado o uso de duas lâmpadas de 15 W e duas de 20 W, que eram ligadas durante seis horas todas as noites por meio de um temporizador. Constatou-se que o sistema de medição do controlador é afetado pelo chaveamento eletrônico do inversor; no entanto, essas influências não comprometeram o desempenho do controlador nem do conjunto de dispositivos e componentes.

Além disso, uma das baterias utilizadas no protótipo apresentou falha em consequência de problemas na sua montagem, ocorridos na linha de produção da fábrica. O problema foi relatado ao fabricante, que providenciou as medidas necessárias para sua solução.

Durante a instalação e o monitoramento do protótipo, documentou-se os procedimentos realizados e elaborou-se uma lista de materiais e ferramentas utilizadas para montagem e manutenção. Essas informações facilitaram a implantação das unidades em campo.

As fotos das figuras 2.12 e 2.13 mostram o protótipo que foi montado e testado no LSF/IEE/USP.



Figura 2.12: Protótipo instalado no LSF/IEE/USP.



Figura 2.13: Baterias e quadro elétrico do protótipo.

Após a instalação, o monitoramento e a constatação da operacionalidade do protótipo, optou-se então pela compra de 19 conjuntos similares ao testado, cuja lista de materiais é mostrada na tabela 2.8.

Tabela 2.8: Lista dos materiais de cada SFD.

Descrição	Quantidade
Módulos fotovoltaicos de 100 Wp de Silício monocristalino (conexão série)	02
Baterias para aplicações fotovoltaicas de 150 Ah (conexão série)	02
Controlador de carga e descarga de 20 A e 24 V	01
Inversor CC/CA de 60 Hz (senoidal pura) e 127 V	01
Disjuntor termomagnético de 10 A para os módulos fotovoltaicos	01
Disjuntor termomagnético de 32 A para as baterias	01
Interruptor a corrente diferencial-residual (DR) de 30 mA	01
Medidor de Ah em CA	01
Disjuntor duplo termomagnético de 3 A para a saída do quadro elétrico	01
Abrigo para as baterias	01
Poste para fixação dos módulos fotovoltaicos	01
Estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos	01
Abraçadeira para fixar a estrutura com os módulos no poste	01
Haste de aterramento	01
Quadro elétrico com tampa transparente com IP65	01
Cabo PP (2 x 6 mm ²) para a conexão das baterias ao quadro elétrico	01
Cabo PP (2 x 4 mm ²) para a conexão dos módulos ao quadro elétrico	01
Fios 2,5 mm ² para as instalações internas	Diversos
Parafusos e porcas	Diversos

2.3 Procedimentos realizados na implantação

Antes de proceder à montagem das instalações na comunidade, teve-se de vencer a fundamental etapa da aquisição, preparação e transporte dos equipamentos. Essas atividades centralizaram-se na cidade de São Paulo, sendo que a preparação dos materiais foi realizada no ambiente físico do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do IEE/USP.

As peculiaridades da Região Amazônica, as distâncias envolvidas nos percursos até a comunidade e a infra-estrutura utilizada na implementação do projeto são tratadas em logística de transporte. Neste item, para complementar, são relatadas as dificuldades enfrentadas pelos agentes de eletrificação durante seus deslocamentos em campo.

Por último, descreve-se a etapa de instalação dos SFDs na comunidade, que contou com a participação dos moradores.

2.3.1 Preparação dos materiais e ferramentas

Este item refere-se ao processo de aquisição e preparação dos materiais e ferramentas utilizados na instalação dos sistemas fotovoltaicos domiciliares na comunidade São Francisco do Aiucá.

A aquisição dos materiais teve início com a compra dos geradores fotovoltaicos, dos controladores de carga e dos inversores CC/CA. Foram encomendados medidores de Ah, pois esses instrumentos não estavam disponíveis no mercado e tiveram de ser fabricados especialmente para o projeto. A compra também incluiu caixas para os quadros elétricos, estruturas

de suporte para os módulos, cabos elétricos, parafusos, abraçadeiras, interruptores, tomadas, lâmpadas e outros acessórios. As baterias foram fornecidas pelo fabricante como parte da cooperação estabelecida com o LSF/IEE/USP.

A maioria dos materiais adquiridos foi embalada para ser enviada à comunidade assim que chegou ao LSF/IEE/USP. No entanto, a montagem dos quadros elétricos teve de ser feita antes do transporte a campo em razão da necessidade de realizar testes em laboratório, submetendo-os a diversas condições críticas. Essa montagem consistiu em fixar e interconectar os disjuntores, o dispositivo DR, o controlador de carga, o inversor CC/CA e o medidor de Ah. Todo esse conjunto constitui um sistema elétrico de controle e um padrão de entrada disposto numa caixa apropriada.

As lâmpadas selecionadas são do tipo fluorescente compacta de 15 e 20 W de potência, de cor amarela e vida útil de 8.000 horas. Contam com um reator eletrônico embutido com acendimento automático e foram projetadas para substituir as lâmpadas incandescentes comuns. Possuem a qualificação B do selo PROCEL do Programa de Etiquetagem do INMETRO, um ano de garantia e contêm mercúrio metálico e um reator não aproveitável na sua composição.

Também foram adquiridos três conjuntos de ferramentas para montagem e manutenção dos SFDs: um para uso dos técnicos locais da comunidade, outro para os agentes de eletrificação do IDSM e o terceiro para o LSF/IEE/USP. A figura 2.14 mostra algumas dessas ferramentas.

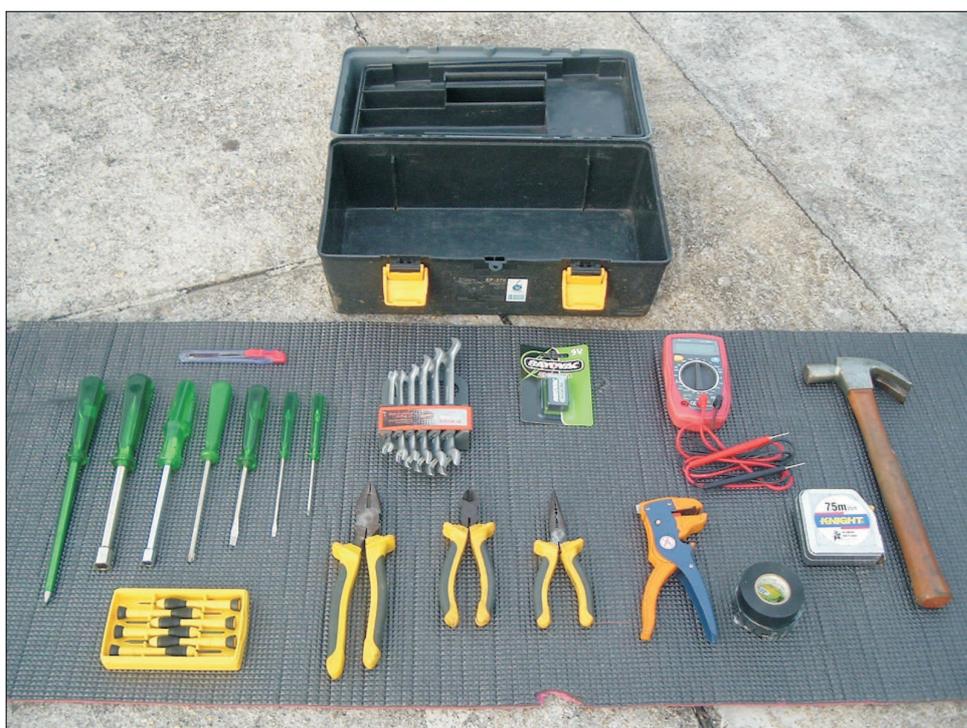


Figura 2.14: Ferramental para uso nos SFDs.

A tabela 2.9 mostra a relação do ferramental que compõe as caixas de ferramentas utilizadas nos SFDs.

Tabela 2.9: Lista das ferramentas para uso nos SFDs.

Descrição	Quantidade
Multímetro digital	01
Bateria de 9 V para o multímetro	01
Rolos de fita isolante antichama (NBR 5410) (19 mm x 20 m)	02
Estilete de uso geral (18 mm x 0,5 mm)	01
Trena (7,5 m)	01
Martelo	01
Descascador de fio (0 a 25 mm)	01
Alicate de bico	01
Alicate de corte	01
Alicate universal	01
Jogo de 6 chaves de boca fixas (números 17-16, 15-14, 13-12, 11-10, 9-8, 7-6)	01
Jogo de chaves (fenda (4), philips (2) e estrela (2)) Fenda: 1/8 x 4; 1/8 x 4 fina; 1/4 x 4; 5/16 x 7 Philips: 3/16 x 4; 1/8 x 3 Estrela: 13 x 125; 10 x 125	01
Jogo de chaves pequenas (fenda (4) e philips (2)) Fenda: 3 mm; 2,4 mm; 2 mm; 1,4 mm Philips: #0, #1	01

A construção dos abrigos das baterias e a extração dos postes de madeira para fixar os módulos fotovoltaicos ficaram sob responsabilidade da comunidade, já que ela dispõe de madeiras de qualidade na própria localidade e muitos dos moradores dominam o trabalho com madeira. Cabe mencionar que eles próprios constroem suas casas, móveis, canoas, etc. Além disso, essa atividade está alinhada com a metodologia adotada no projeto, que se propõe a fortalecer as práticas comunitárias associadas à melhoria da qualidade de vida.

As telhas, dobradiças e cadeados para a construção dos abrigos das baterias foram fornecidos pelo projeto. Os desenhos e os detalhes da execução foram indicados pelo IEE e discutidos com o IDSM.

A Associação Comunitária ficou responsável pela construção dos abrigos das famílias que não possuem habilidade no ofício com madeira, contanto que as famílias beneficiadas contribuíssem com outros tipos de trabalho na instalação dos sistemas. Cada família recebeu um pagamento de 150 reais pelo trabalho, quantia depositada no fundo rotativo. Cabe ressaltar que esse serviço teria custos elevados se fosse feito fora da comunidade, pois além da mão-de-obra incidiriam os custos de transporte.

Depois da preparação e embalagem dos materiais, a equipe do IEE providenciou seu envio até a cidade de Tefé, de onde foram, posteriormente, transportados pelo IDSM até São Francisco do Aiucá.

2.3.2 Logística de transporte

A logística de transporte refere-se ao processo de planejamento, fluxo e armazenagem dos materiais, desde o ponto de origem até o destino, bem como ao deslocamento das pessoas. Considerando-se a distância física envolvida no projeto e as especificidades da Região Amazônica, faz-se necessário algumas informações que ajudam a entender a problemática. Os mapas da figura 2.15 mostram as principais rodovias, portos e aeroportos do Estado do Amazonas.

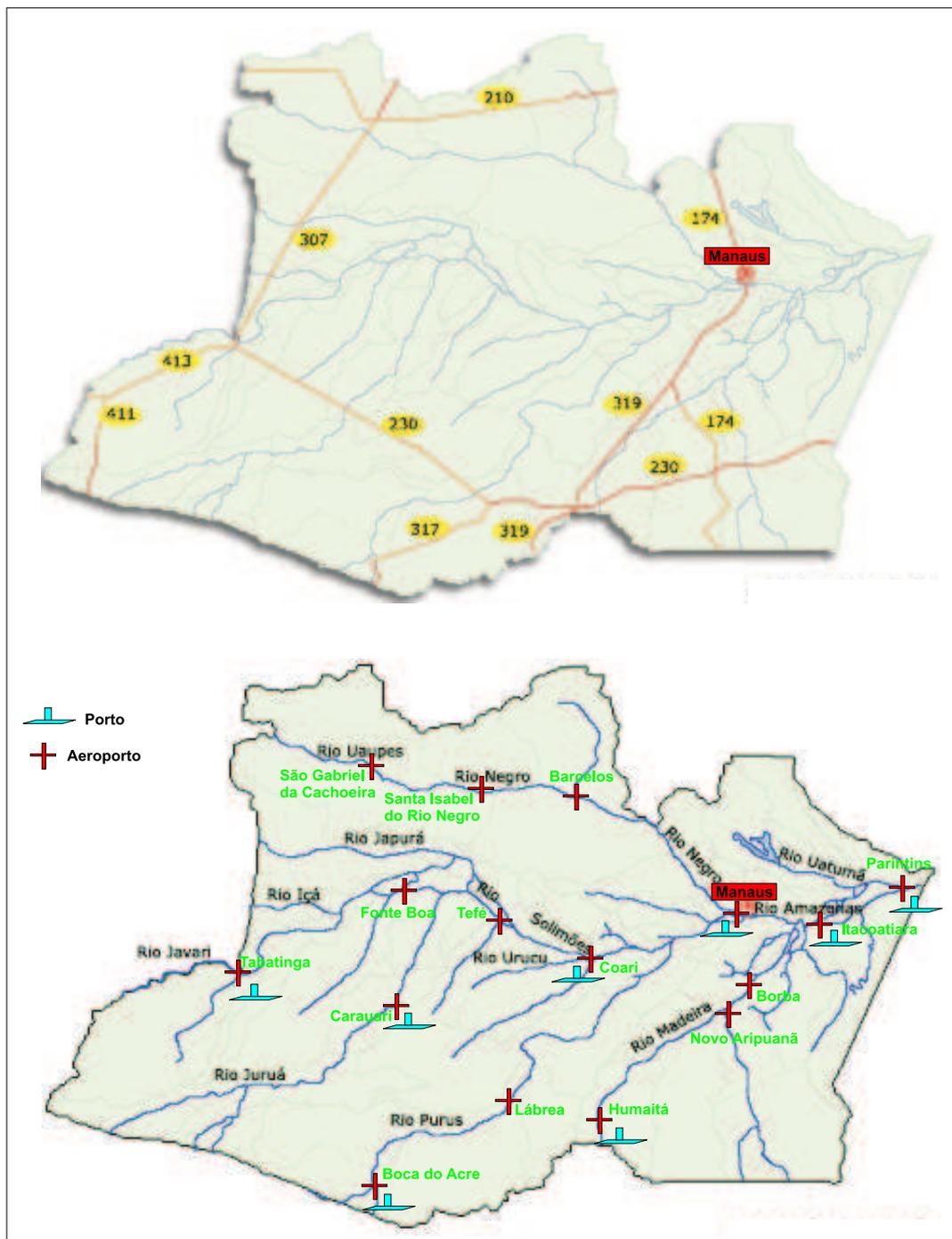


Figura 2.15: Principais rodovias, portos e aeroportos do Estado do Amazonas.

Como se nota, não existem muitas opções de acesso pela via terrestre ao interior do Estado do Amazonas. No caso da comunidade São Francisco do Aiucá, não existe rodovia de acesso. No entanto, a via fluvial é bastante extensa e ramificada, permitindo o acesso à comunidade desde o oceano Atlântico via rio Amazonas e rio Solimões. Além disso, como se observa na figura 2.2, as principais cidades do Estado do Amazonas encontram-se às margens dos rios e lagos, o que contribui para o fortalecimento da rede de transporte fluvial. Os aeroportos mais próximos da comunidade estão nos municípios de Tefé e Fonte Boa, dos quais se pode acessar a capital do Estado, Manaus, pela via aérea.

No que tange ao transporte dos materiais do projeto piloto, contratou-se uma transportadora especializada em transporte multimodal⁵, sendo o percurso entre as cidades de São Paulo e Tefé feito por via aérea, à exceção das telhas e baterias, que foram transportadas em barco no trajeto Manaus-Tefé. A escolha da transportadora levou em conta sua confiabilidade no mercado para garantir a integridade do material e a segurança do patrimônio. Convém ressaltar que os módulos fotovoltaicos são frágeis e as baterias contêm substâncias corrosivas, requerendo cuidados especiais no transporte.

Os materiais foram entregues em Tefé e acondicionados para transporte até a comunidade. De Tefé até São Francisco do Aiucá, a totalidade do material foi transportada utilizando a via fluvial. Para essa atividade, contou-se com a infra-estrutura de apoio do IDSM, que possui barcos e lanchas com pilotos experientes e conhecedores da região, o que tornou os deslocamentos rápidos e seguros. Além disso, constam da infra-estrutura disponível construções flutuantes de apoio ao longo do trajeto.

No momento em que os materiais chegaram em São Francisco de Aiucá, os comunitários participaram carregando as caixas e armazenando-as em lugar apropriado, previamente combinado, demonstrando a importância da participação da comunidade em todas as etapas do projeto. Materiais adicionais, como caixa de ferramentas, controladores de carga, fios, entre outros, foram transportados pela equipe da USP no momento da implantação.

Um dado importante para o qual se deve atentar no planejamento, considerando-se a posição ribeirinha da comunidade, é a variação sazonal das águas. O tempo de viagem, as condições do percurso e o trajeto mudam dependendo do nível das águas nas épocas de vazante e cheia. Dentro de um único ano, na área focal da RDSM, a diferença entre o nível mais baixo e o mais alto das águas é normalmente cerca de 10 m (QUEIROZ & CRAMPTON, 1999). A figura 2.16 mostra um corte da várzea com a variação do nível da água e os principais habitats aquáticos na RDSM.

⁵Integração dos serviços de mais de um meio de transporte.

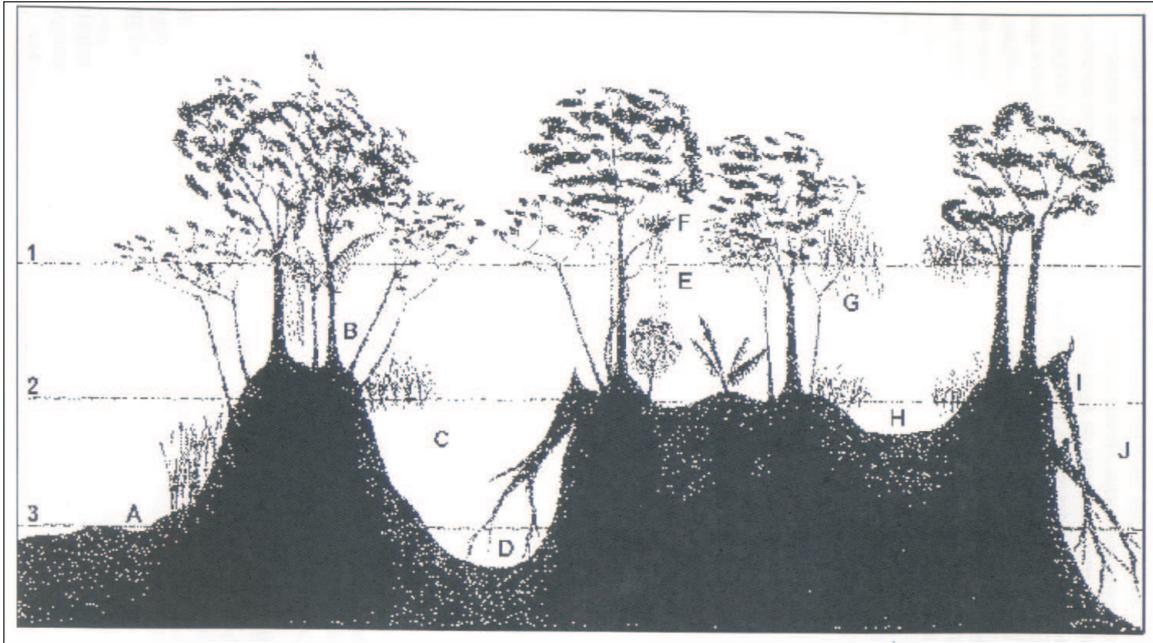


Figura 2.16: Corte da várzea mostrando a variação do nível da água.

A figura acima possui alguns números e letras, quais sejam: 1 = nível de água de uma cheia extrema; 2 = nível de água intermediário; 3 = nível de água de uma seca extrema; A = poços expostos em praias na seca; B = floresta alagada na cheia; C = água aberta em um paraná ou um cano que nunca drena completamente; D = galhos de árvores caídas ao longo das margens dos lagos ou canais; E = clareira na floresta na cheia; F = poços de água em plantas ou troncos de árvores; G = raízes de macrófitas flutuantes; H = lago de várzea que pode drenar completamente durante a seca; I = árvores caídas em uma área de erosão nas margens de um rio de água branca; J = água aberta da calha principal de um rio de água branca (QUEIROZ & CRAMPTON, 1999). As fotos da figura 2.17 mostram o nível do igarapé (cano) da comunidade São Francisco do Aiucá nas épocas da vazante e da cheia.



Figura 2.17: Comunidade na época da vazante e da cheia.

As fotos da figura 2.18 mostram as embarcações utilizadas para acessar à comunidade: uma “voadeira” com motor de 40 HP e um barco de médio porte. Na época da cheia, barcos de médio porte chegam facilmente à comunidade. No entanto, a navegação desse tipo de embarcação pelo igarapé fica impossibilitada na vazante, quando o acesso é feito com embarcações do tipo voadeira, com rabetas ou com canoas. Em virtude disso, os materiais a serem instalados foram enviados para a comunidade na época da cheia.



Figura 2.18: Embarcações utilizadas no acesso à comunidade.

Durante as atividades de instalação dos sistemas, o barco ficou atracado às margens do rio Solimões (ver figura 2.4), já que, nessa época do ano, o igarapé encontrava-se na vazante. Em decorrência disso, os agentes de eletrificação tinham que se deslocar em uma embarcação tipo voadeira do barco até a comunidade pela manhã, voltar ao barco na hora do almoço, retornar à comunidade e, ao término do dia, voltar novamente ao barco.

Quanto ao aprendizado obtido nessa etapa, pode-se mencionar que a logística de transporte às comunidades remotas da Amazônia requer uma planificação minuciosa, pois as distâncias são muito grandes e os meios de transporte mais eficazes são o aéreo e o fluvial. Essas peculiaridades elevam o custo da implantação de projetos e devem ser consideradas em todas as iniciativas de eletrificação na região.

Uma das maneiras de contornar essa situação é maximizar a utilização dos recursos locais, isto é, aproveitar ao máximo a cooperação da comunidade e tudo o que, nesse caso, as cidades de Manaus e Tefé podem oferecer em matéria de equipamentos.

2.3.3 Instalação dos sistemas fotovoltaicos nos domicílios

Para efetuar as instalações dos sistemas fotovoltaicos na comunidade, foi necessário planejar as atividades diárias de trabalho, formar equipes, distribuir tarefas e, finalmente, pôr em prática o planejado. Esta seção discorre sobre a seqüência das atividades realizadas na instalação dos 19 sistemas fotovoltaicos nos domicílios da comunidade. Essa seqüência foi planejada com a intenção de otimizar o tempo de instalação e aproveitar os recursos humanos locais disponíveis.

Em função disso, o primeiro dia de trabalho começou com a convocação dos comunitários e com a verificação do material previamente enviado e armazenado em uma das casas da comunidade. A figura 2.19 mostra os materiais armazenados em um domicílio da comunidade.



Figura 2.19: Materiais armazenados na comunidade.

Após a conferência dos materiais, os agentes de eletrificação e os comunitários foram divididos em duas equipes, uma para realizar trabalhos no interior das casas e outra para trabalhos na parte externa. A primeira dedicou-se a instalar os quadros elétricos no interior das casas, e a segunda, a cortar e colocar as telhas nos abrigos das baterias construídos pelos moradores.

As fotos da figura 2.20 mostram a montagem dos quadros elétricos nas residências. Nas fotos da figura 2.21 observam-se comunitários trabalhando na construção dos abrigos para as baterias.



Figura 2.20: Montagem dos quadros elétricos dos SFDs.



Figura 2.21: Construção dos abrigos para as baterias.

Alguns desses abrigos, que já tinham sido construídos e fixados pelos comunitários, foram deslocados a uma posição tecnicamente mais adequada, privilegiando locais sombreados. O modelo inicial considerava que o abrigo estaria fixado externamente em uma das paredes das casas, de tal modo que o acesso às baterias seria pelo interior das mesmas através de uma porta aberta nessas paredes; entretanto, por razões de segurança e para permitir a futura ampliação e manutenção das casas, os próprios comunitários decidiram-se por abrigos totalmente independentes. Estes ficaram, aproximadamente, a 1 metro da parede da casa e a uma altura adequada para garantir que as baterias não sejam alcançadas pela água na época das enchentes. Nas fotos da figura 2.22 observam-se abrigos para as baterias finalizados.



Figura 2.22: Abrigos para as baterias finalizados.

As madeiras utilizadas nos postes de sustentação dos módulos foram as denominadas piranheira (*Piranhea trifoliata* Baill), acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.) e macacaúba (*Platymiscium ulei* Harms), bastante resistentes às condições do ambiente amazônico. As madeiras utilizadas para a construção dos abrigos foram a piranheira, a louro-inhamuí (*Ocotea cymbarum* H. B. K.) e a jacareúba (*Calophyllum brasiliense* Camb.)⁶. Já no teto foram empregadas telhas especiais, resistentes a intempéries, comercialmente denominadas onduline.

⁶Conforme relatório técnico emitido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

No segundo dia, foram formadas três equipes. Uma equipe realizou o transporte das baterias até os abrigos, outra dedicou-se à preparação dos postes e a terceira, à montagem das estruturas de fixação dos módulos aos postes. As fotos da figura 2.23 ilustram essas atividades.



Figura 2.23: Transporte das baterias até os abrigos, preparação dos postes e colocação dos módulos nas estruturas.

As fotos da figura 2.24 mostram uma atividade de conexão elétrica série entre os módulos fotovoltaicos e uma vista de um conjunto de módulos fotovoltaicos devidamente montados e conectados.

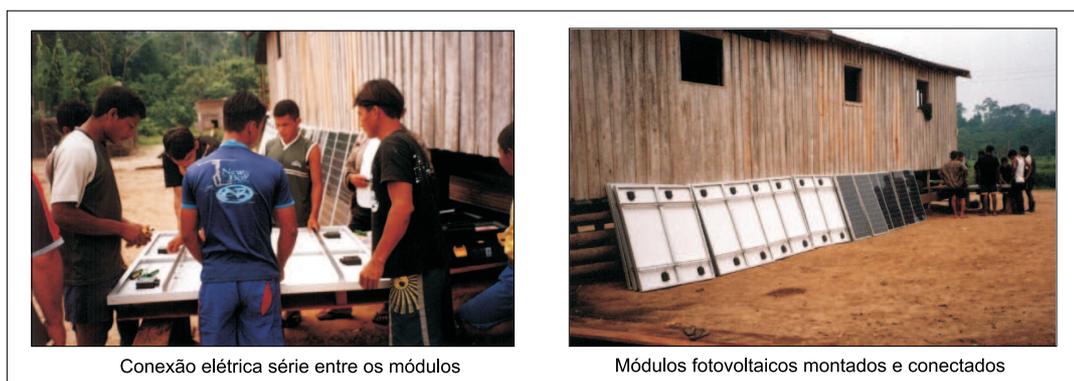


Figura 2.24: Ligação elétrica série entre os módulos fotovoltaicos.

No terceiro dia de atividades, foram realizadas a fixação da estrutura contendo os módulos fotovoltaicos nos postes previamente preparados e a conexão dos cabos elétricos dos módulos aos respectivos quadros elétricos. A seguir, um a um, todos os postes foram erguidos. As fotos da figura 2.25 e da figura 2.26 ilustram essas atividades.



Figura 2.25: Fixação das estruturas nos postes e conexão dos cabos elétricos aos módulos.



Figura 2.26: Levantamento dos postes.

Nos últimos três dias, começaram a ser feitas as instalações elétricas internas das 19 casas. Para isso, foram organizadas duas equipes de instaladores, que algumas vezes trabalharam em conjunto. Além dos eletricitas responsáveis, tanto do IEE como do IDSM, essas equipes acolheram alguns comunitários. Essa participação foi importante para identificar aqueles com potencial para trabalhar com eletricidade e, também, para motivá-los a formarem um grupo de técnicos locais. Nas fotos da figura 2.27 observam-se trabalhos de instalação elétrica no interior dos domicílios.

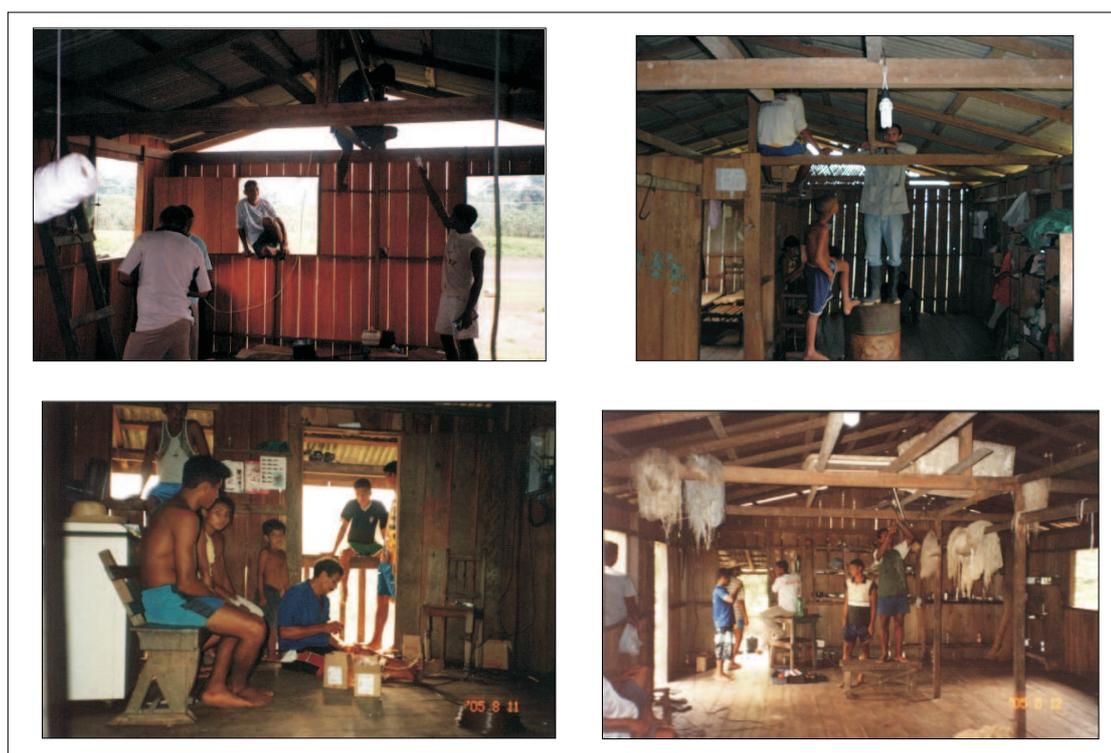


Figura 2.27: Instalações elétricas internas.

Ao se fazerem as instalações internas, deve-se atentar para a mobilidade das ligações de lâmpadas e tomadas, em razão de possíveis trocas das tábuas das paredes dos domicílios. Recomenda-se, quando for possível, a fixação de tomadas e lâmpadas nas vigas que compõem a estrutura central de sustentação da habitação, pois as vigas de sustentação das paredes são utilizadas para guardar utensílios que podem causar o rompimento dos condutores. Além disso, as rotas usadas para as instalações internas devem evitar a utilização de madeiras com cupim, devido aos danos que estes podem causar nos fios elétricos.

Simultaneamente, nesses dias, outra equipe conectou as baterias aos quadros elétricos, introduziu as hastes de aterramento no solo e conectou-as aos quadros elétricos com os respectivos cabos.

A figura 2.28 mostra as baterias conectadas em série e os seus dois litros de água dentro de um abrigo.

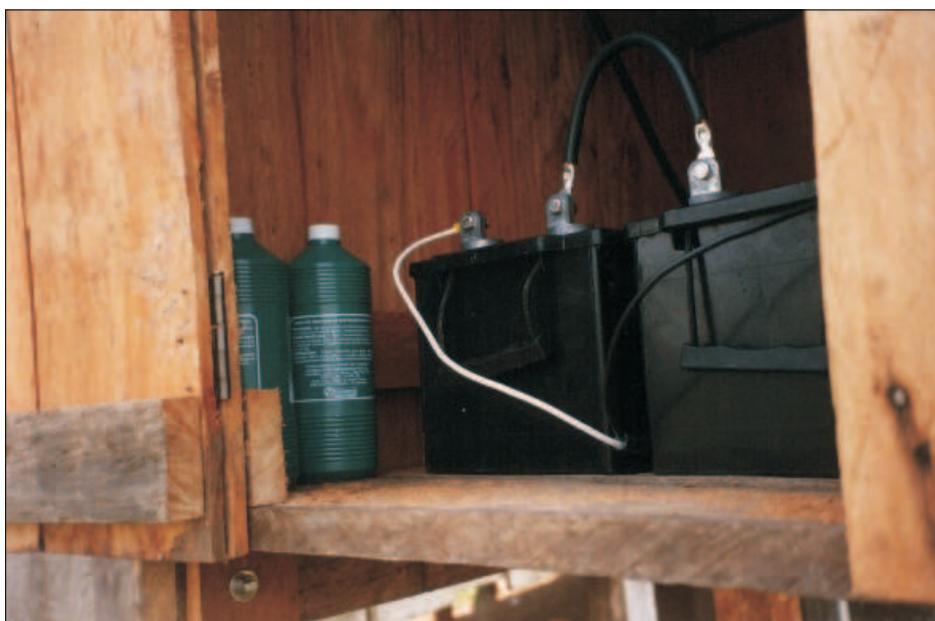


Figura 2.28: Conexão das baterias.

No último dia na comunidade, antes de pôr os SFDs em operação, foram feitas inspeções visuais e ensaios de campo. Esses sistemas entraram em operação entre os dias 14 e 15 de agosto de 2005. A figura 2.29 mostra o quadro elétrico de um SFD após a conclusão da etapa de instalação.



Figura 2.29: Quadro elétrico no interior de um domicílio.

A figura 2.30 mostra uma representação da vista superior da comunidade de São Francisco do Aiucá com as 19 casas eletrificadas e seus respectivos SFDs, as casas não eletrificadas, a Igreja, o Centro Comunitário e a Escola.

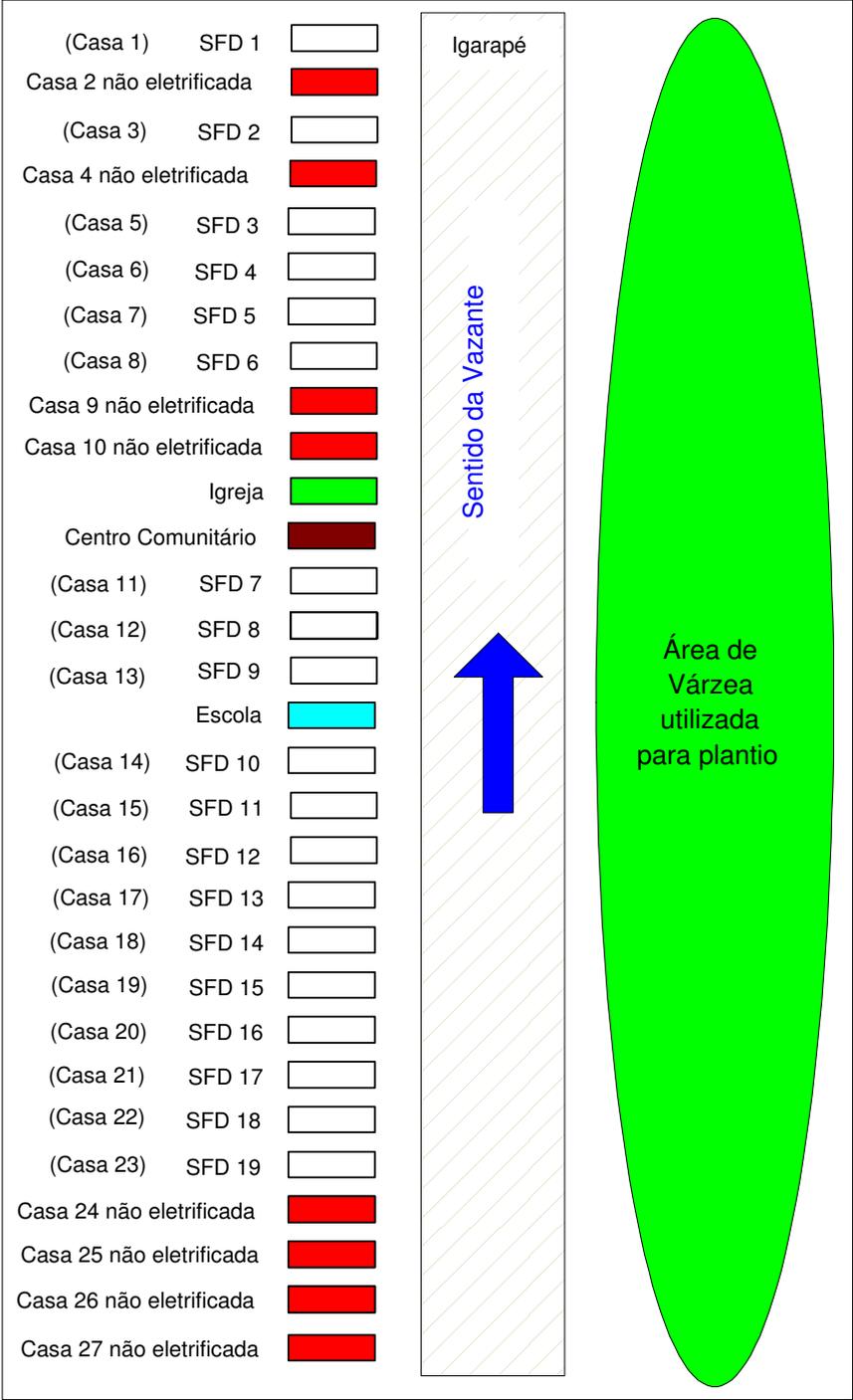


Figura 2.30: Representação da distribuição espacial dos SFDs na comunidade.

Na seqüência, figuras 2.31 a 2.49, estão as 19 casas eletrificadas e suas plantas baixas aproximadas.

As fotos das figuras 2.31, 2.32 e 2.33 mostram os domicílios onde foram instalados o SFD1, SFD2 e SFD3.

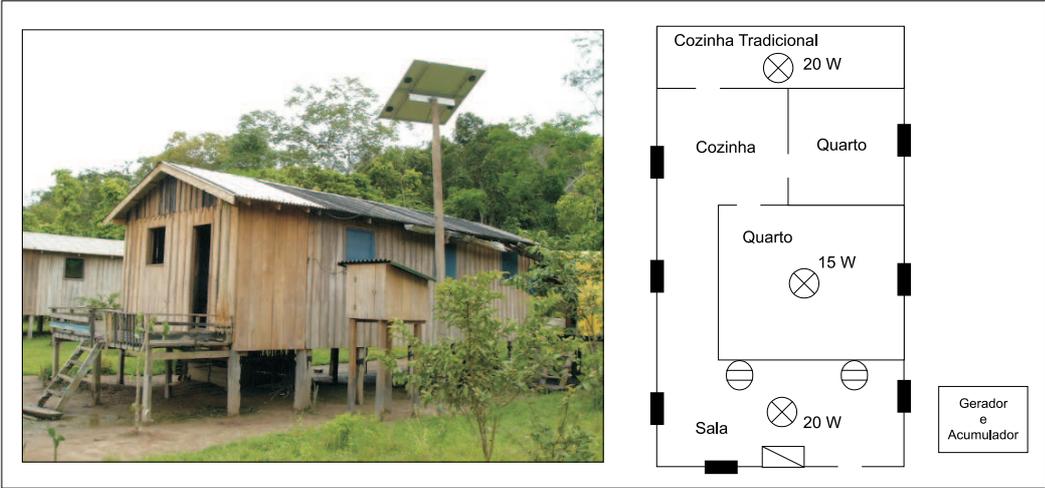


Figura 2.31: Vista externa do SFD1 e planta aproximada do domicílio.

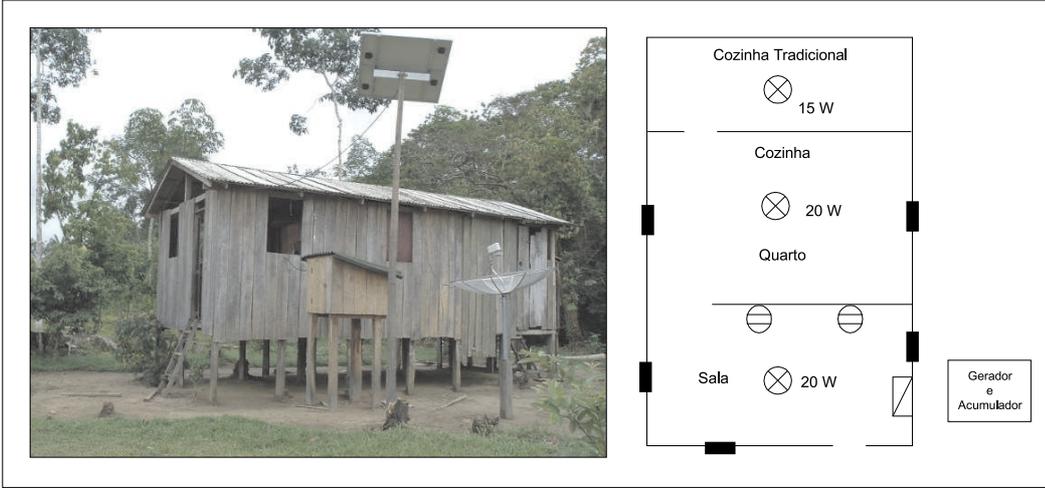


Figura 2.32: Vista externa do SFD2 e planta aproximada do domicílio.

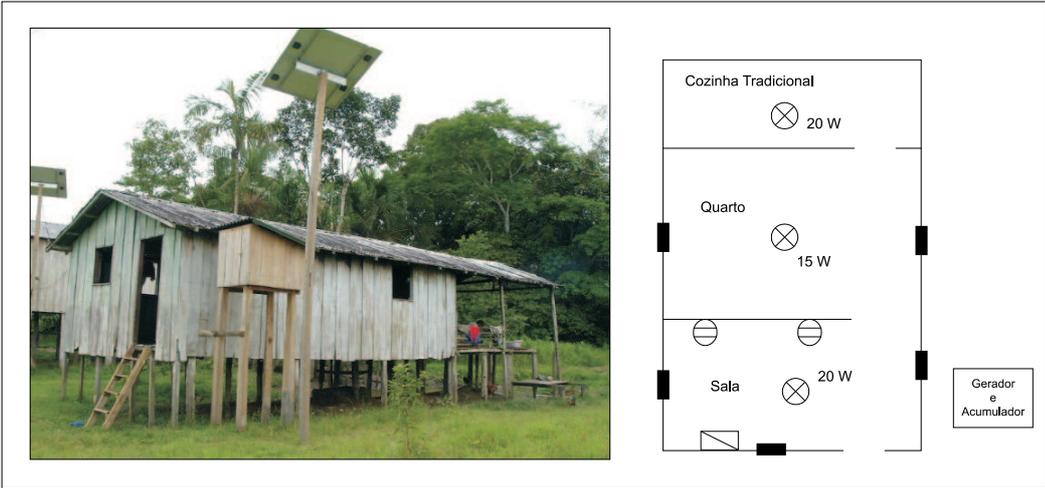


Figura 2.33: Vista externa do SFD3 e planta aproximada do domicílio.

As fotos das figuras 2.34, 2.35 e 2.36 mostram os domicílios onde foram instalados o SFD4, SFD5 e SFD6.

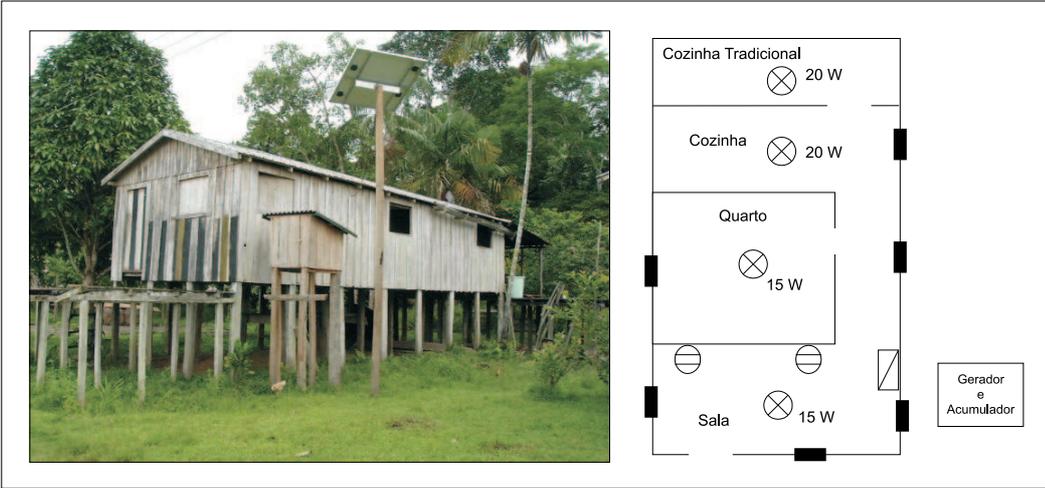


Figura 2.34: Vista externa do SFD4 e planta aproximada do domicílio.

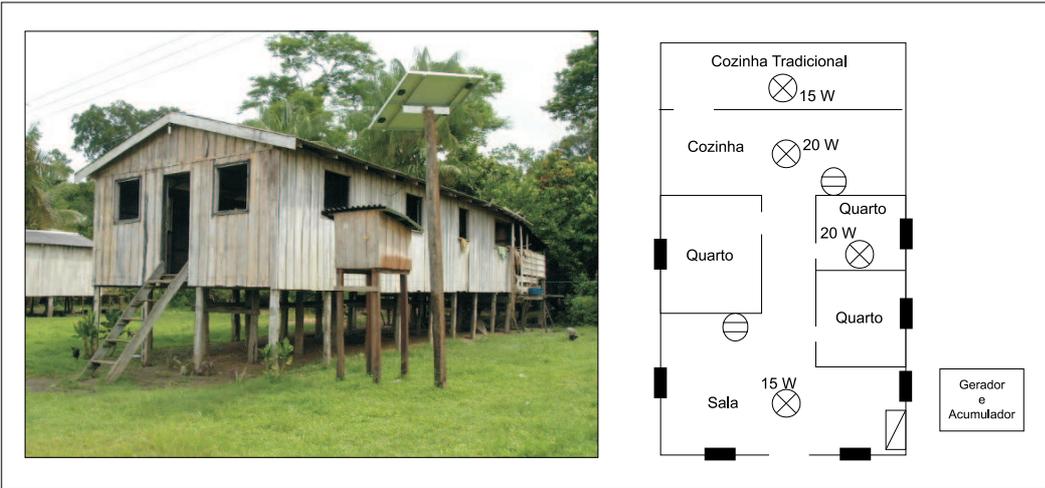


Figura 2.35: Vista externa do SFD5 e planta aproximada do domicílio.

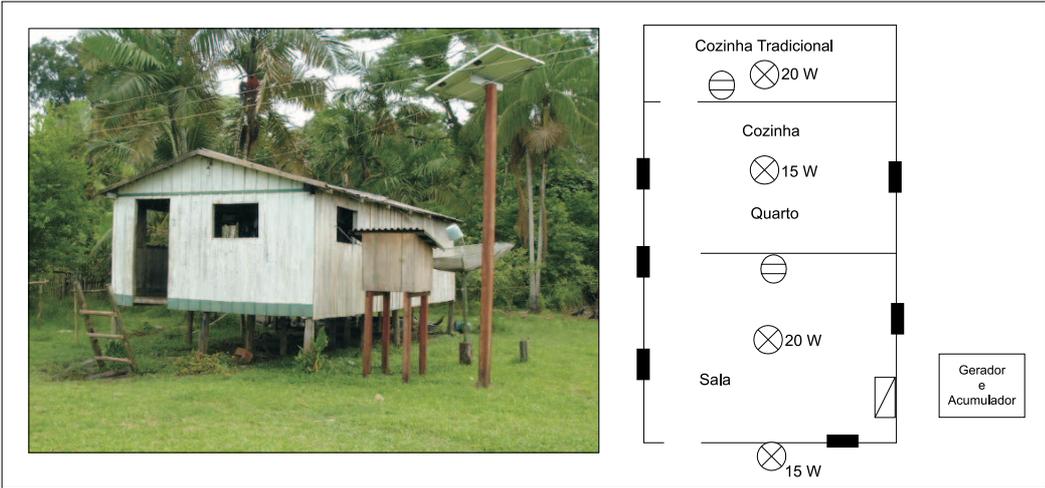


Figura 2.36: Vista externa do SFD6 e planta aproximada do domicílio.

As fotos das figuras 2.37, 2.38 e 2.39 mostram os domicílios onde foram instalados o SFD7, SFD8 e SFD9.

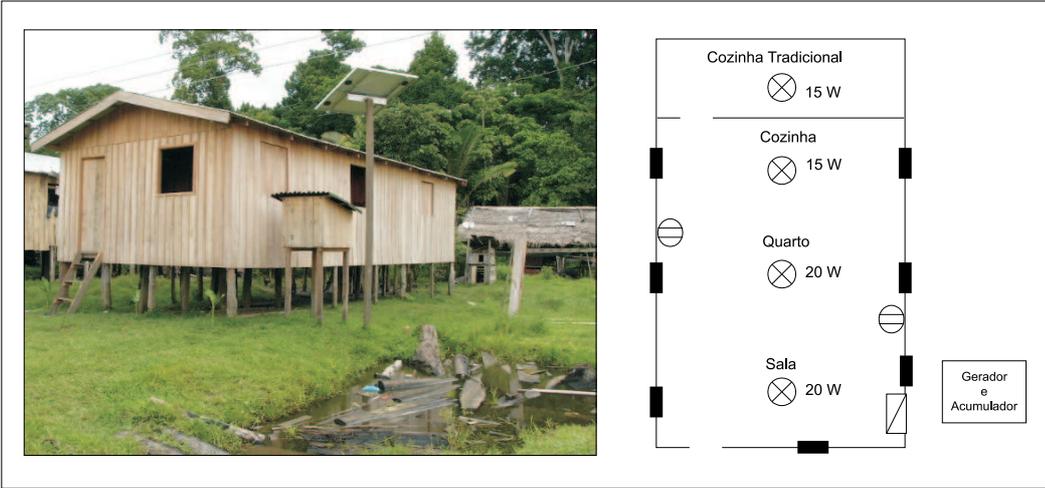


Figura 2.37: Vista externa do SFD7 e planta aproximada do domicílio.

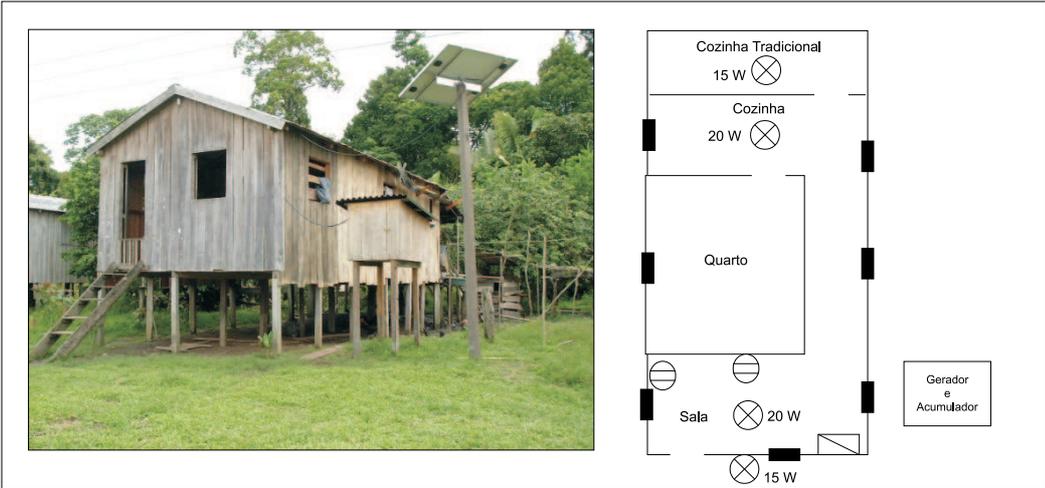


Figura 2.38: Vista externa do SFD8 e planta aproximada do domicílio.

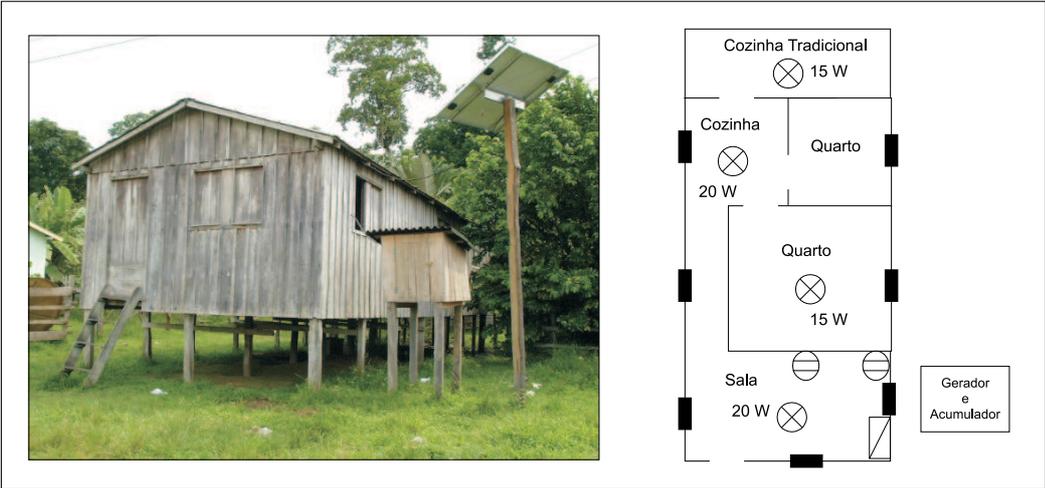


Figura 2.39: Vista externa do SFD9 e planta aproximada do domicílio.

As fotos das figuras 2.40, 2.41 e 2.42 mostram os domicílios onde foram instalados o SFD10, SFD11 e SFD12.

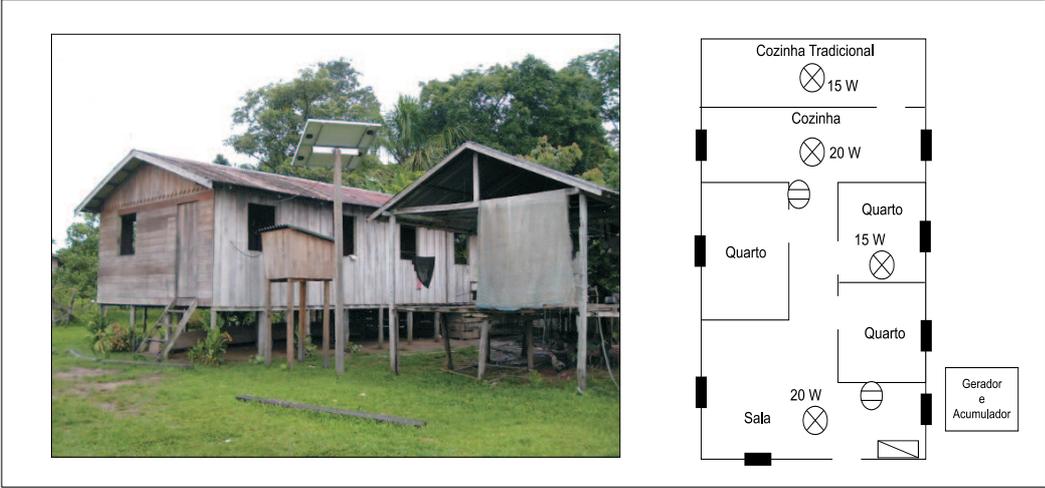


Figura 2.40: Vista externa do SFD10 e planta aproximada do domicílio.

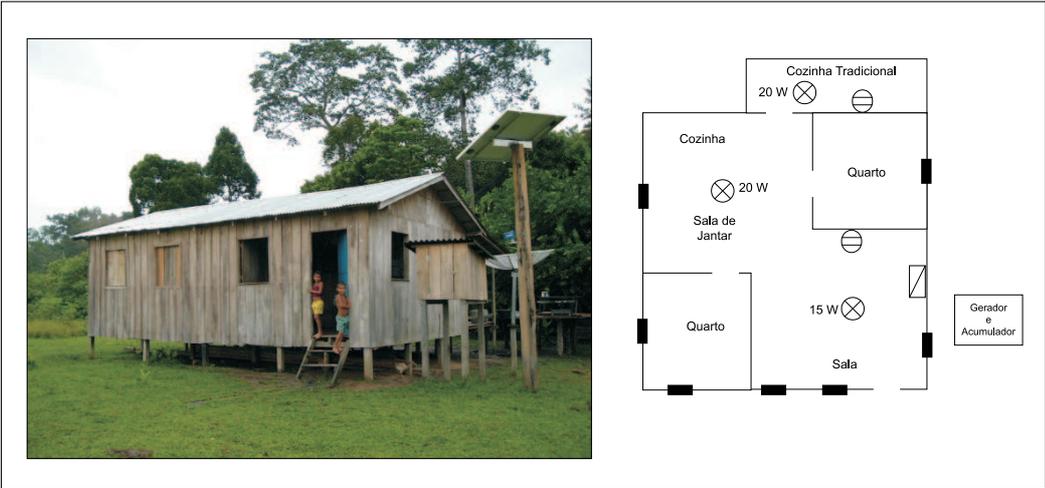


Figura 2.41: Vista externa do SFD11 e planta aproximada do domicílio.

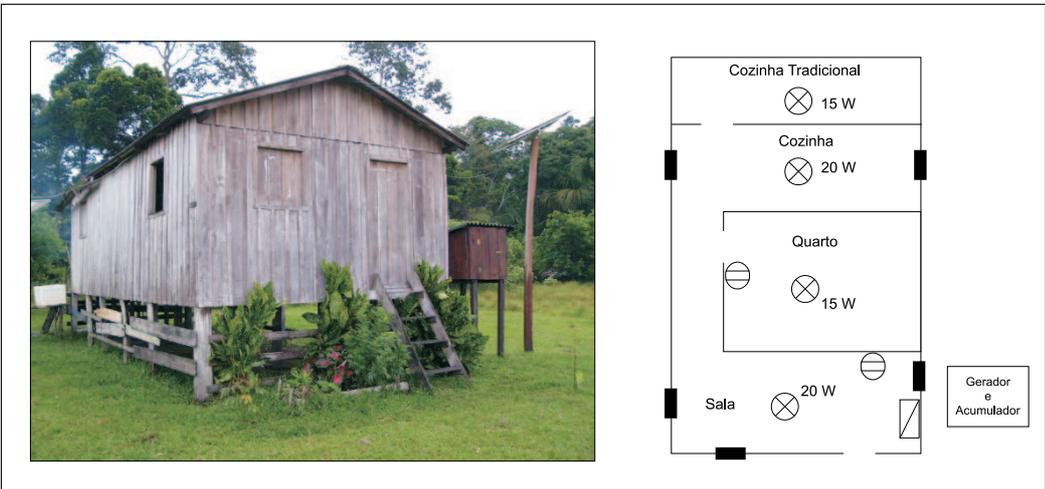


Figura 2.42: Vista externa do SFD12 e planta aproximada do domicílio.

As fotos das figuras 2.43, 2.44 e 2.45 mostram os domicílios onde foram instalados o SFD13, SFD14 e SFD15.

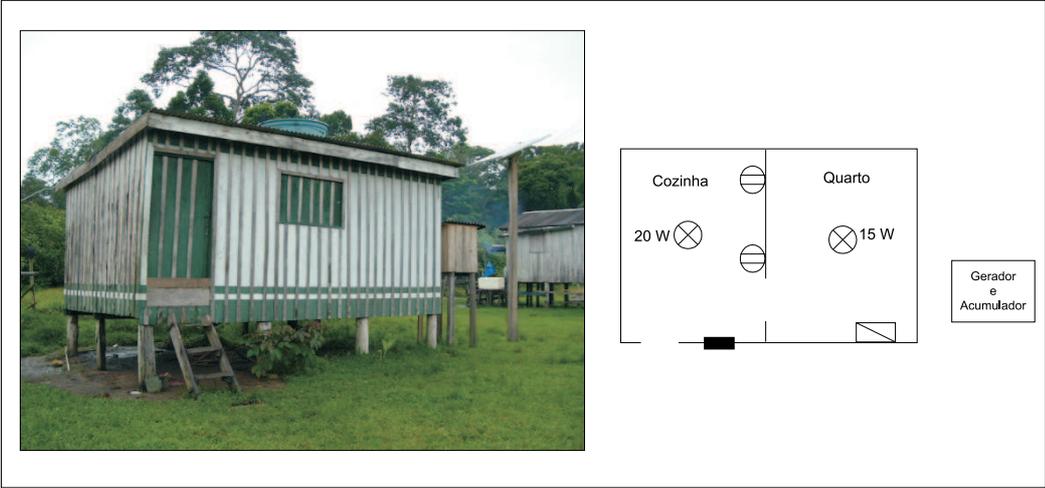


Figura 2.43: Vista externa do SFD13 e planta aproximada do domicílio.

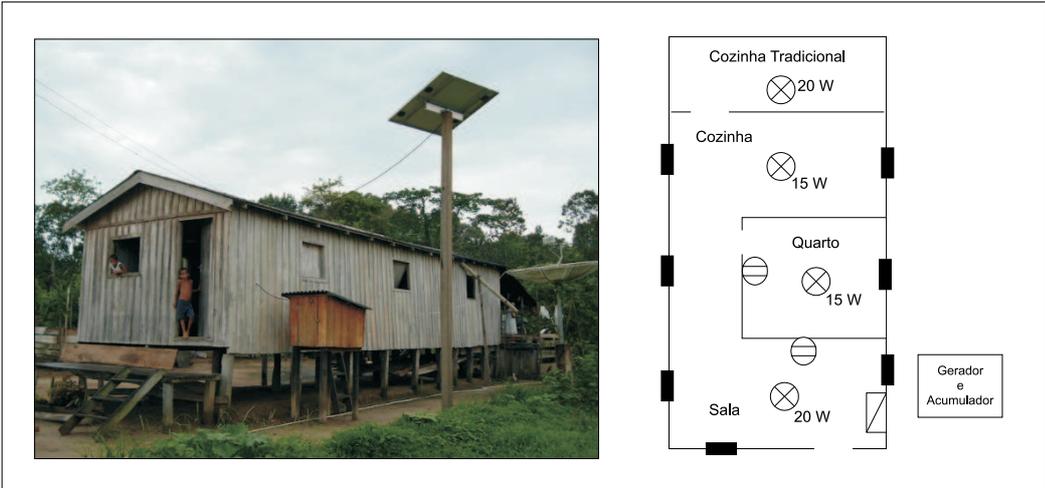


Figura 2.44: Vista externa do SFD14 e planta aproximada do domicílio.

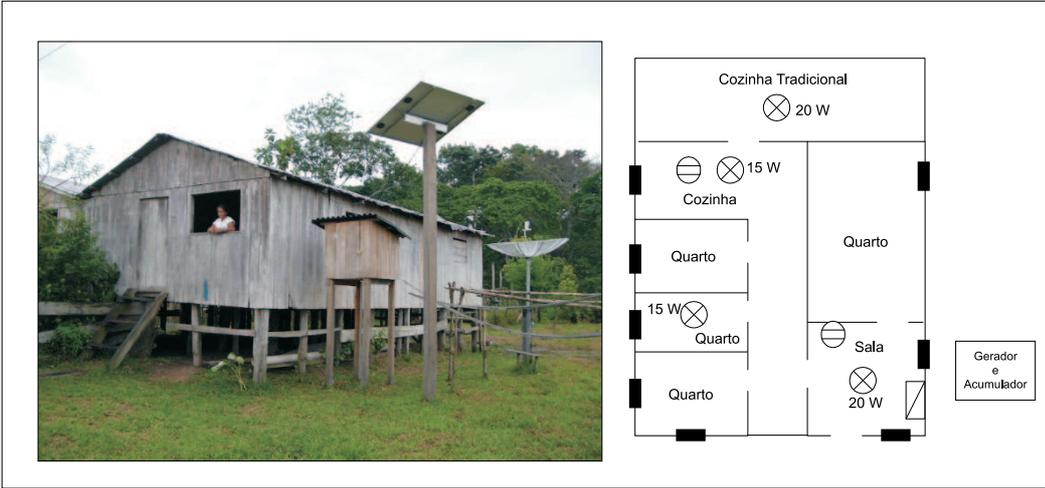


Figura 2.45: Vista externa do SFD15 e planta aproximada do domicílio.

As fotos das figuras 2.46, 2.47 e 2.48 mostram os domicílios onde foram instalados o SFD16, SFD17 e SFD18.

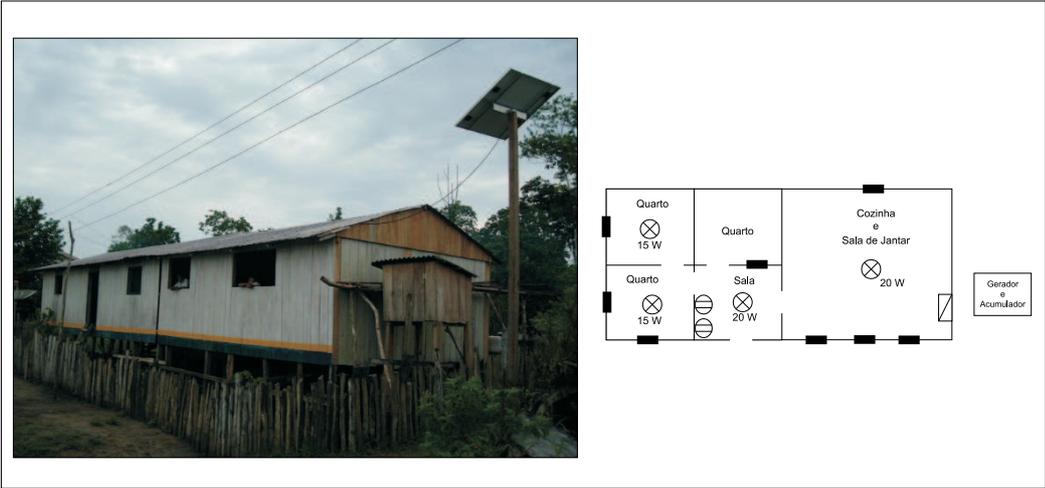


Figura 2.46: Vista externa do SFD16 e planta aproximada do domicílio.

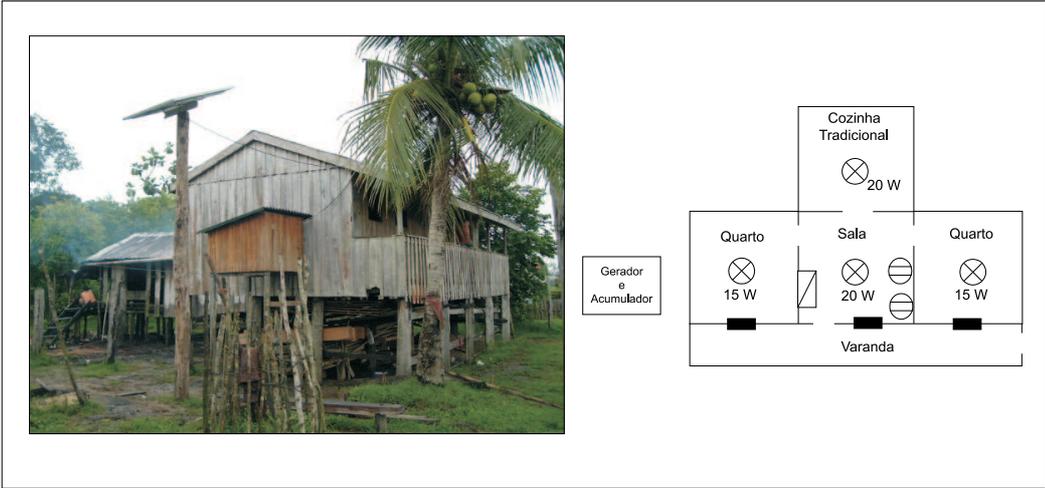


Figura 2.47: Vista externa do SFD17 e planta aproximada do domicílio.

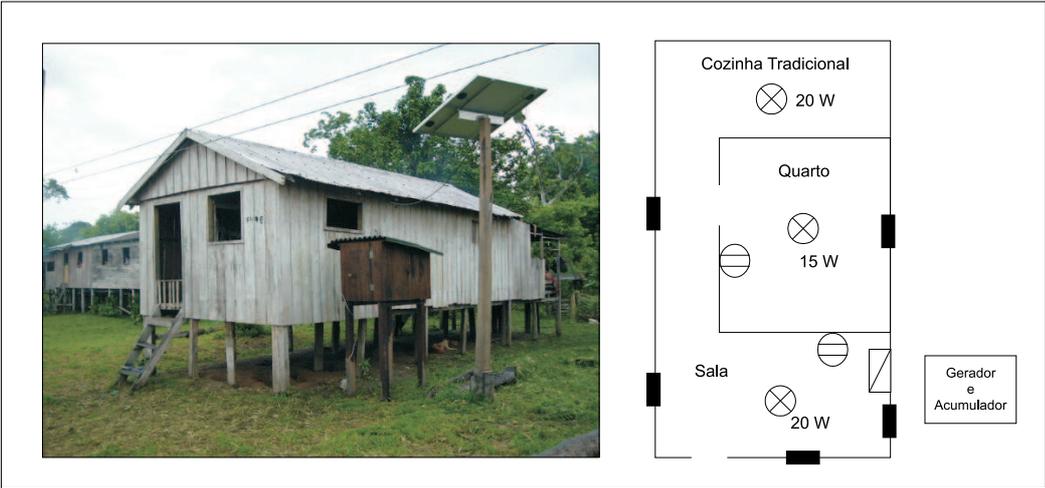


Figura 2.48: Vista externa do SFD18 e planta aproximada do domicílio.

A foto da figura 2.49 mostra o domicílio onde foi instalado o SFD19.

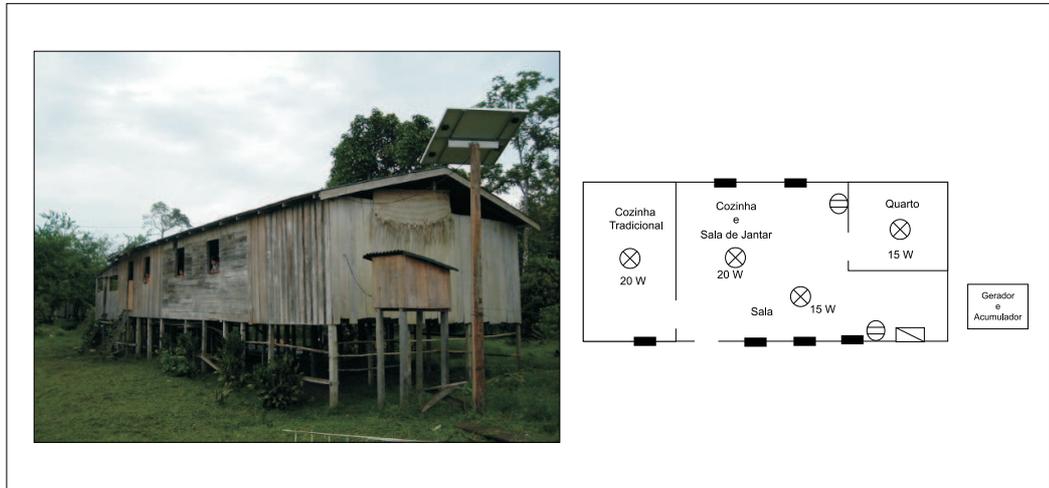


Figura 2.49: Vista externa do SFD19 e planta aproximada do domicílio.

A foto da figura 2.50 mostra uma vista da comunidade São Francisco do Aiucá após a instalação dos SFDs.



Figura 2.50: Vista da comunidade após a instalação dos SFDs.

Convém mencionar que, utilizando-se as informações a respeito do gerador, da mini-rede e dos equipamentos de uso final de cada domicílio, que foram coletadas pelos agentes de eletrificação durante o processo de introdução da tecnologia, pôde-se determinar a carga instalada de cada SFD, definida no artigo 2º da Resolução ANEEL nº 223 de 2003: “carga instalada é a soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW)”. A tabela 2.10 mostra a carga instalada em cada domicílio no momento da entrada em operação dos SFDs.

Tabela 2.10: Carga conectada em cada SFD no momento da entrada em operação dos sistemas.

SFD	Lâmpada fluorescente (Nº x W)	TV e receptor (W)	Rádio (W)	Aparelho de som (W)	Ventilador (W)	Liquídificador (W)	DVD (W)
SFD1	2 x 20 1 x 15	51	-----	-----	-----	-----	-----
SFD2	2 x 20 1 x 15	51	-----	-----	60	-----	-----
SFD3	2 x 20 1 x 15	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SFD4	2 x 20 2 x 15	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SFD5	2 x 20 2 x 15	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SFD6	2 x 20 2 x 15	65	-----	-----	40	-----	-----
SFD7	2 x 20 2 x 15	-----	15	-----	-----	-----	-----
SFD8	2 x 20 2 x 15	-----	-----	-----	115	-----	-----
SFD9	2 x 20 2 x 15	51	-----	-----	-----	140	-----
SFD10	2 x 20 2 x 15	50	10	165	60	-----	9
SFD11	2 x 20 1 x 15	74	10	-----	60	-----	-----
SFD12	2 x 20 2 x 15	55	15	-----	-----	-----	-----
SFD13	1 x 20 1 x 15	81	14	-----	-----	-----	-----
SFD14	2 x 20 2 x 15	81	-----	-----	60	-----	-----
SFD15	2 x 20 2 x 15	49	10	-----	60	-----	7,5
SFD16	2 x 20 2 x 15	51	14	165	-----	-----	-----
SFD17	2 x 20 2 x 15	58	-----	-----	70	-----	-----
SFD18	2 x 20 1 x 15	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SFD19	2 x 20 2 x 15	-----	10	-----	-----	-----	-----

Depois de concluídas as inspeções visuais e finalizados os testes de campo, foram anotados os dados de consumo fornecidos pelos medidores de Ah, pois eles já continham um valor inicial. A esse respeito, cada usuário recebeu um caderno com algumas informações técnicas relacionadas à leitura do consumo de energia elétrica e algumas explicações sobre o significado da comunicação luminosa proporcionada pelo inversor. Além do registro do

consumo mensal de eletricidade, o caderno permite o registro do histórico de manutenção do sistema, por exemplo falhas, trocas de lâmpadas, etc.

Em complemento, cada usuário recebeu uma cartilha contendo informações básicas sobre a tecnologia solar fotovoltaica e a forma de utilizar corretamente os sistemas. Simultaneamente às atividades de instalação, alguns agentes de eletrificação realizaram a leitura da cartilha e do caderno de consumo em conjunto com os comunitários. Essas informações foram reforçadas e esclarecidas durante o processo de capacitação continuada.

É oportuno mencionar que ao final de cada tarde os comunitários e a equipe técnica reuniam-se para avaliar os trabalhos realizados no dia e para organizar as atividades do dia seguinte, exercendo de fato o método da participação social. A figura 2.51 mostra uma dessas reuniões.



Figura 2.51: Uma das reuniões realizadas na etapa de instalação dos SFDs.

Para finalizar a etapa de implantação, foi realizada uma reunião formal do projeto no centro comunitário, registrada em ata, na qual se esclareceram algumas dúvidas dos moradores, constituiu-se um estoque de reposição de peças na própria comunidade e formalizou-se a constituição do fundo para a manutenção dos sistemas. Nessa reunião, foi realizada a eleição de dois comunitários, denominados gestores do fundo, que abriram uma conta conjunta na cidade de Tefé para depositar os 15 reais que cada família deve pagar mensalmente. Também foi acordado que as leituras e registros dos dados de consumo devem ser feitos no primeiro dia de cada mês e que os gestores do fundo são os responsáveis pelo preenchimento dos cadernos. Futuramente, essa responsabilidade ficará a cargo de cada usuário.

Ainda nessa reunião, onze comunitários foram indicados para participar dos cursos de formação da equipe técnica local. Essa indicação foi espontânea e partiu dos próprios moradores. Explicou-se que dentre as atribuições dos técnicos locais estão a responsabilidade pela manutenção preventiva dos SFDs, o controle do almoxarifado e o suporte aos demais moradores que necessitarem de auxílio técnico. Ficou acordado que o curso de formação dos técnicos locais seria dividido em módulos, a serem realizados gradualmente na comunidade no decorrer do projeto.

A foto da figura 2.52 foi registrada no centro comunitário de São Francisco do Aiucá durante a reunião de finalização da etapa de instalação dos 19 SFDs.



Figura 2.52: Finalização da etapa de instalação dos SFDs.

Concluída a etapa de instalação dos sistemas, as instituições envolvidas dedicaram atenção ao fortalecimento dos mecanismos de gestão do projeto, investindo na capacitação dos usuários, documentando aspectos importantes do processo de eletrificação, monitorando o consumo de eletricidade e acompanhando o desempenho dos SFDs, entre outros. Tais atividades são descritas no próximo capítulo.

CAPÍTULO 3

Gestão do projeto piloto

Um gerenciamento que garanta a continuidade dos benefícios promovidos pelos SFDs deve ser feito em escala local e com participação social, de modo que os sistemas possam sobreviver à falta de suporte técnico consolidado, como os existentes nos sistemas centralizados dos meios urbanos.

Com base na metodologia participativa adotada desde o início do projeto, as atividades de gestão foram focadas na integração da tecnologia fotovoltaica ao cotidiano da comunidade, com transferência aos usuários e técnicos locais dos procedimentos técnicos e organizacionais necessários para garantir a qualidade do fornecimento de energia elétrica pelos SFDs. O objetivo foi promover uma relativa autonomia da comunidade em relação ao funcionamento e gestão dos sistemas, baseada nas potencialidades e recursos locais disponíveis.

Quando a comunidade se responsabiliza pela operação e manutenção dos sistemas, organizada em um esquema de autogestão, é motivada a apropriar-se dos conhecimentos técnicos necessários para manter, a longo prazo, os benefícios dos sistemas, na garantia de ter um retorno de seus próprios investimentos (neste projeto específico, a contribuição ao fundo de operação e manutenção). Assim, concluída a etapa da instalação dos sistemas, o escopo passou a ser o gerenciamento da iniciativa de eletrificação.

Nesse sentido, as interações dos agentes de eletrificação com os comunitários deram-se no intuito de facilitar a apropriação da tecnologia por parte da comunidade. Para tal fim, foram planejadas as seguintes atividades: capacitação continuada aos usuários; apoio gerencial ao fundo de O&M; constituição de um almoxarifado local; seleção e treinamento dos técnicos locais; implementação de uma logística de atendimento aos usuários; estabelecimento de uma rotina de manutenção preventiva e corretiva; e, por fim, monitoramento do desempenho dos SFDs e da sua adaptabilidade ao meio.

A figura 3.1 apresenta um panorama das inter-relações desenvolvidas para proporcionar as atividades pertinentes ao projeto.

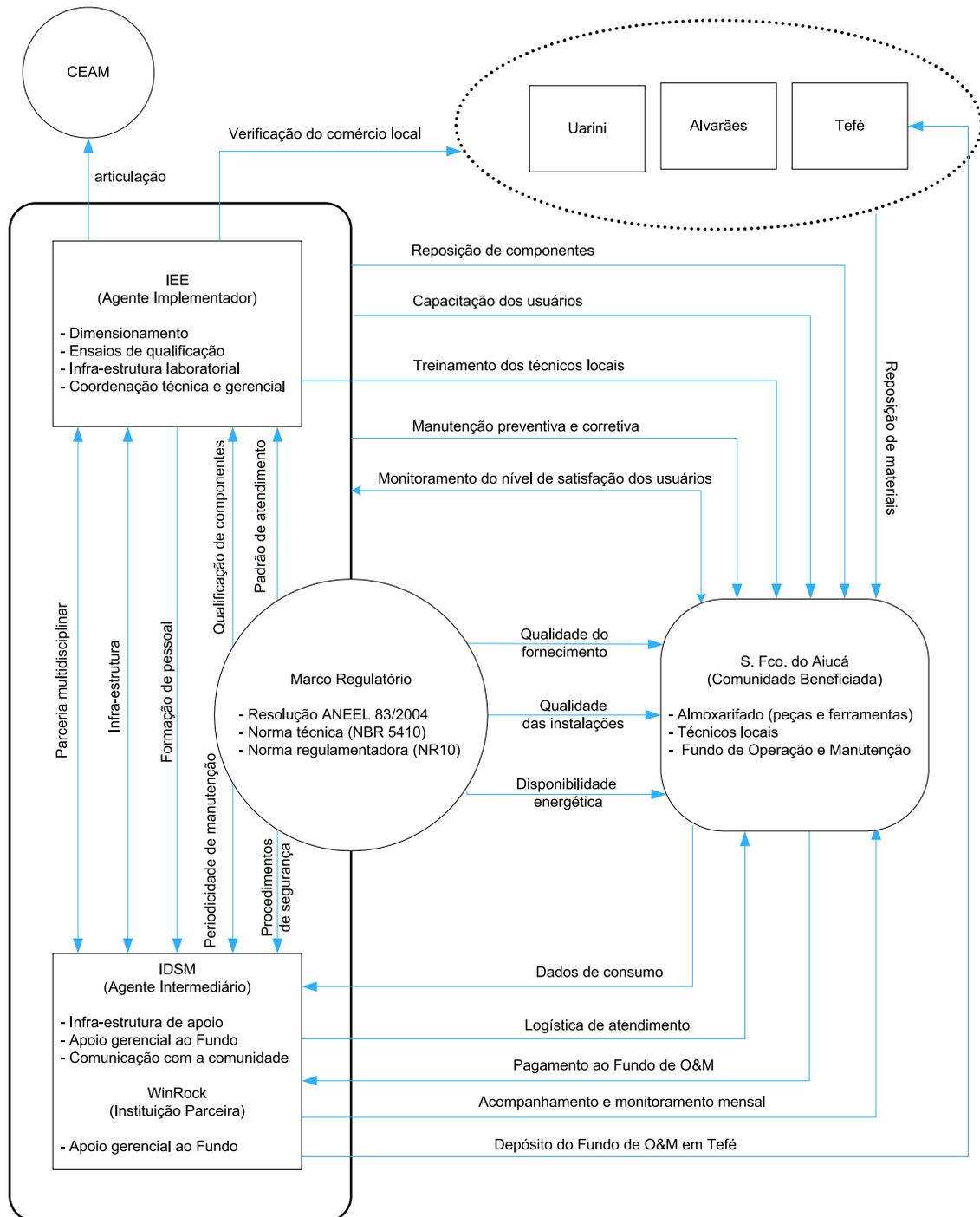


Figura 3.1: Visão sistêmica das inter-relações do projeto.

3.1 O processo de capacitação dos usuários

O processo de capacitação dos usuários refere-se a todas as atividades com vistas à apropriação da tecnologia fotovoltaica, de modo que os usuários possam apossar-se de conhecimentos mínimos que promovam o uso adequado dos SFDs, reduzindo as possibilidades do funcionamento do sistema vir a ser prejudicado em decorrência de sua ação. Sendo assim, não está limitado apenas aos materiais didáticos e ações pedagógicas utilizados, nem às poucas interações entre técnicos e moradores; engloba todas as atividades e situações que se

relacionem, direta ou indiretamente, com a aquisição de conhecimento sobre o funcionamento e uso dos SFDs.

O processo de capacitação tem caráter contínuo. Dessa maneira, em todas as interações com a comunidade deve-se aproveitar para reforçar as explicações de funcionamento dos SFDs, mostrar suas limitações e seus benefícios, ressaltar suas diferenças em relação ao sistema a diesel, explicar quais equipamentos não podem ser utilizados e indicar procedimentos que garantam a segurança dos usuários. Para melhor entendimento, descrevem-se abaixo as particularidades dos quatro principais aspectos desse processo.

Primeiro: a transferência da tecnologia. É importante atentar para a necessidade de se criarem instrumentos acessíveis e didáticos para facilitar a apropriação dos conhecimentos necessários para o bom uso dos SFDs e para a consolidação dos mecanismos de gestão adotados. As principais formas de apresentar informações nesse sentido foram a leitura em conjunto das atas das reuniões, da cartilha educativa¹ e do caderno de consumo, além de visitas mensais aos domicílios para monitoramento dos sistemas.

Segundo: os equipamentos de uso final. Os usuários devem ser suficientemente informados, em reuniões e visitas aos domicílios, sobre quais aparelhos podem ser ligados no sistema. Além disso, deve-se aconselhar a compra de equipamentos compatíveis com os SFDs e com Selo PROCEL de Eficiência.

Terceiro: os hábitos de consumo. É importante que o usuário fique atento para as diferenças entre o SFD e o gerador a diesel. Nas instalações da mini-rede não existem interruptores para as lâmpadas, o que impossibilita o controle do tempo de uso. Tampouco existe a preocupação com a potência e a eficiência dos equipamentos de uso final ligados nas quatro horas diárias de funcionamento do gerador. Já nos SFDs deve-se, por exemplo, dar atenção ao desligamento de equipamentos da tomada, para evitar o consumo de eletricidade em *stand by*.

Quarto: o gerenciamento do consumo de eletricidade. A interpretação das informações visuais do controlador e luminosas do inversor segue um processo gradual de aprendizado. O visor do controlador mostra o nível de carga da bateria em forma de barras e o alarme sonoro indica alguma mudança no seu estado de funcionamento. Na figura 3.2, observa-se como o controlador informa aos usuários, através do seu mostrador de cristal líquido, o estado de carga das baterias.

¹Manual desenvolvido pelo PRODEEM para os usuários de sistemas fotovoltaicos domiciliares.



Figura 3.2: Controlador de carga e descarga indicando estado de carga da bateria.

O *led* do inversor é do tipo tricolor e constitui um meio de comunicação visual com o usuário, pois a cor em que se encontra indica o estado de funcionamento do inversor. A mudança de cor do *led* depende da situação a que o inversor é submetido; dessa forma, o *led* pode indicar que o inversor está operando normalmente, pode alertar ao usuário a presença de alguma situação desfavorável ou, em definitivo, indicar que o inversor parou de funcionar. A figura 3.3 mostra todas as possibilidades de estado desse *led*.

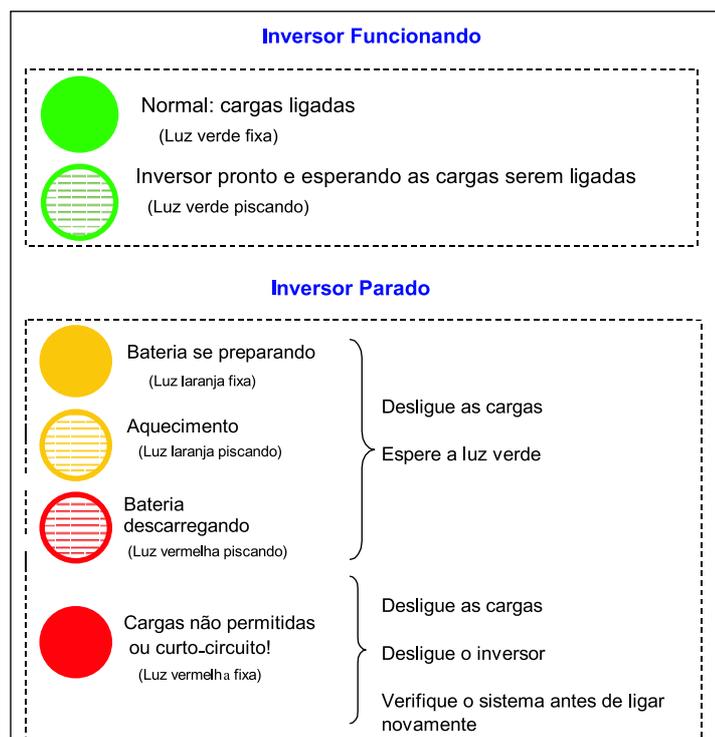


Figura 3.3: Cartaz para explicar o estado de operação do inversor.

O gerenciamento do consumo diário de eletricidade também pode ser realizado por meio da leitura do valor mostrado no medidor de Ah, localizado no quadro elétrico. Essa leitura permite a utilização otimizada dos SFDs, uma vez que possibilita o acompanhamento e controle do uso de energia conforme o consumo diário de referência, evitando a sub ou a superutilização de energia.

Não existe o ponto decimal no mostrador do medidor de Ah; então, a capacitação envolve a realização de exemplos numéricos em conjunto com os usuários. Com esse propósito, foi desenvolvido o cartaz mostrado na figura 3.4. O valor de 3,625 Ah corresponde a 435 Wh, que é o valor do consumo diário de referência estabelecido para a classe de atendimento SIGFI13. Sendo assim, para utilizar adequadamente o sistema, o usuário deve anotar o valor mostrado no medidor de Ah e administrar o consumo de eletricidade para que, 24 horas depois, o valor indicado pelo medidor não seja maior que o valor inicial acrescido de 3,625.

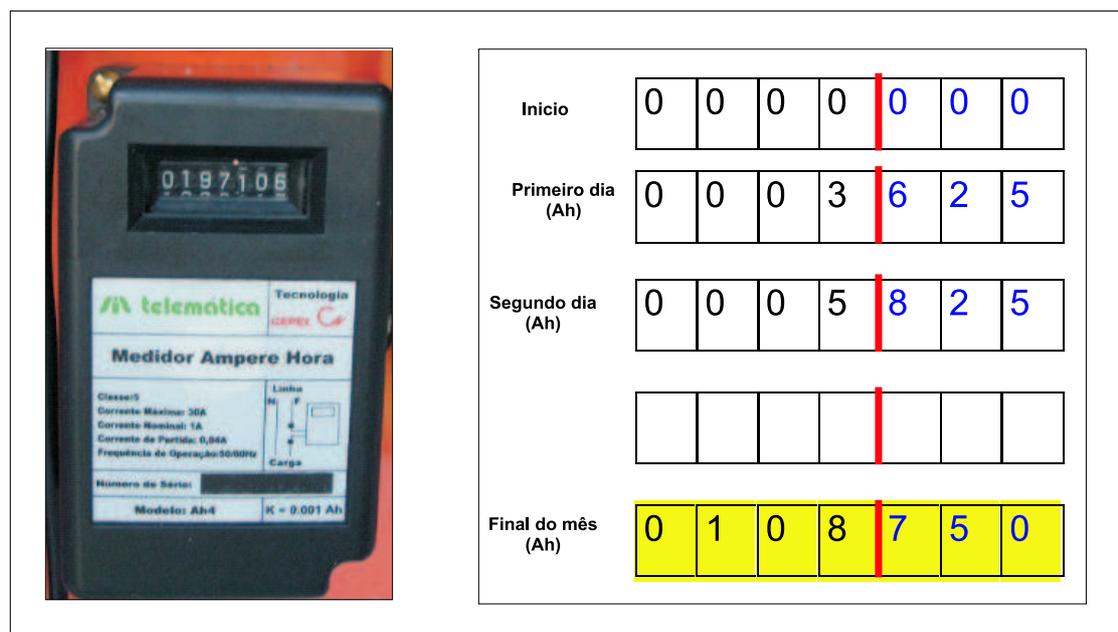


Figura 3.4: Medidor de Ah e cartaz para explicar a leitura e o controle de consumo de eletricidade.

Se em um determinado domicílio, por exemplo, as pessoas assistirem a programação das 20h às 23h num televisor de 50 W, com uma lâmpada de 20 W acesa e um ventilador de 60 W ligado, tem-se uma potência total de 130 W. Essa carga, ligada durante 3 horas, consome 390 Wh de energia da bateria². Para esse caso, se o valor inicial do medidor de Ah às 20 h é, por exemplo, 1234567, deve-se somar 3,250 referentes aos 390 Wh, resultando em um valor de 1237817 às 23h.

²Esses valores de potência são realistas e compatíveis com os equipamentos de uso final existentes na comunidade, conforme mostra a tabela 2.10.

Em suma, existem três formas de comunicação entre o usuário e o sistema fotovoltaico: o medidor de Ah, o visor do controlador e o *led* do inversor. Na ocasião da entrada em operação dos sistemas, cada família recebeu um caderno contendo algumas explicações sobre os valores mostrados pelo medidor de Ah e os significados da comunicação luminosa do inversor e algumas planilhas para registrar o consumo mensal de energia e o histórico de manutenção.

Observou-se, no entanto, que a utilização do medidor de Ah como instrumento para gerenciamento do consumo é menor que a das outras duas opções; normalmente, os usuários preferem as indicações visuais do controlador e luminosas do inversor, por serem de rápida e fácil compreensão. Além disso, os limites de uso são testados na prática, ou seja, o controle do consumo é conhecido empiricamente através da quantidade de horas que determinado equipamento permanece ligado.

Como mencionado, a capacitação é um processo e engloba uma infinidade de situações. Assim, muitas outras questões, além daquelas já mencionadas, surgem no decorrer da iniciativa de eletrificação. O importante é estabelecer uma interação entre o agente de eletrificação e os usuários de forma que exista uma liberdade mútua para questionamentos e discussões.

Outras questões abordadas pelos agentes de eletrificação com o intuito de promover a boa adaptação da tecnologia na comunidade foram: ajuste do potenciômetro de sensibilidade do inversor para pequenas cargas; atenção ao ligar equipamentos em dias de chuva (devido às avarias que possíveis tensões induzidas por descargas atmosféricas possam ocasionar) e atenção à seqüência de dias nublados (pois a energia solar pode ser insuficiente para repor a carga das baterias).

3.2 Fundo de operação e manutenção

Os custos de provisão dos sistemas fotovoltaicos foram discutidos com os moradores desde a apresentação do projeto, no primeiro contato entre a equipe proponente e a comunidade.

Nessa oportunidade, foi proposta a criação de um fundo de operação e manutenção, para o qual os usuários deveriam contribuir mensalmente. O valor da contribuição foi calculado com base no valor de mercado das baterias e foi estabelecido em 15 reais. Vale ressaltar que esse valor é comparável com os gastos preexistentes na utilização de outros meios de iluminação (velas, pilhas, querosene, óleo lubrificante, etc.).

Houve discussões em torno do valor e da forma de gestão do fundo. A princípio, alguns usuários manifestaram-se a favor de uma mensalidade de 10 reais; no entanto, após explicação do valor de mercado da bateria e da necessidade de troca a cada 3 ou 4 anos, a maioria deles decidiu, em assembléia no centro comunitário, pelo valor de 15 reais. Alguns também apresentaram dúvidas com relação à administração das mensalidades pagas ao fundo de operação e manutenção; uns manifestaram-se a favor de uma conta comunitária e outros, a favor de contas individuais.

Esses questionamentos surgiram em razão da comparação com o sistema de geração a diesel, pois, segundo os moradores, o funcionamento do gerador era freqüentemente prejudicado pelo não pagamento do valor de 2 reais por domicílio, exigido para a compra do óleo lubrificante. Explicou-se que, no caso dos SFDs, haverá um controle individual dos pagamentos realizados por cada domicílio, comprovados mediante recibo, o que impedirá que famílias inadimplentes se beneficiem do fundo de operação e manutenção. No entanto, a conta para depósito das mensalidades será única e conjunta.

Depois da constituição da Associação de Usuários de Eletrificação Rural Fotovoltaica Domiciliar, com regulamento próprio (ver Anexo C) discutido e aprovado em assembléia, e do estabelecimento do fundo de operação e manutenção, a comunidade decidiu iniciar o fundo com um depósito de 150 reais por domicílio, quantia por eles recebida pela construção dos abrigos das baterias. Explicou-se que esse depósito não desobrigaria o pagamento das dez primeiras parcelas por tratar-se da contrapartida exigida ao fundo.

Em votação realizada no centro comunitário, a Associação de Usuários elegeu duas pessoas, denominadas gestores, para juntamente com um membro do IDSM gerenciar os recursos do fundo. Esses gestores são responsáveis pelo recolhimento mensal das parcelas em cada domicílio, pelo depósito em Tefé ou encaminhamento ao responsável do IDSM e pela fiscalização e controle dos pagamentos. Os dois gestores do fundo e o representante do IDSM abriram uma conta poupança conjunta na cidade de Tefé para depositar o dinheiro referente às mensalidades de cada domicílio.

No que se refere aos mecanismos de gestão, o regulamento dos usuários especifica que o fundo de manutenção será constituído por valores pagos a título de contribuição mensal e valores provenientes da aplicação financeira de sua arrecadação. Estabelece, ainda, que este recurso só poderá ser utilizado nos casos de manutenção dos sistemas instalados e de reposição de baterias.

Em relação à inadimplência ao fundo de operação, o regulamento determina que serão suspensos temporariamente os usuários que atrasarem mais de três mensalidades. No

caso de reincidência de suspensão e de comprovação da incapacidade financeira para o pagamento das contribuições ao fundo, o usuário poderá ser excluído da Associação e, conseqüentemente, devolver os componentes do SFD para armazenamento no estoque da Associação.

Os casos não contemplados no regulamento serão decididos pelos membros da Associação de Usuários em assembléia geral.

3.3 Almoxarifado e reposição de materiais

Consideram-se neste trabalho as duas acepções para o conceito de almoxarifado. A primeira trata do estoque de peças de reposição (controladores, inversores, lâmpadas, demais equipamentos e caixa de ferramentas) que, conforme o regulamento da Associação, deve estar disponível na própria comunidade. A segunda refere-se à identificação de fornecedores no entorno da comunidade que possam atender à demanda de reposição de peças e de equipamentos de uso final.

O almoxarifado local é constituído por uma caixa de ferramentas, conforme descrito na seção 2.3.1, e pelos materiais mostrados na tabela 3.1, fornecidos à comunidade no início da operação dos sistemas.

Tabela 3.1: Materiais existentes no almoxarifado da comunidade.

Material	Quantidade	Descrição
Inversor de 250 W	3	Conversor de Corrente Contínua (CC) da bateria para Corrente Alternada (CA)
Controlador	3	Controlador de carga e descarga da bateria
Lâmpada de 20 W	39	Lâmpada fluorescente compacta de 20 W de potência
Lâmpada de 15 W	46	Lâmpada fluorescente compacta de 15 W de potência
Tomada	10	Tomadas onde são ligados os aparelhos elétricos
Interruptor	28	Chave para ligar ou desligar as lâmpadas
Bocal de luz	27	Suporte para colocar as lâmpadas
Rolo de 100 m de fio 2,5 mm ²	2	Condutores elétricos para uso em instalações internas
Cabo PP (4 mm ² e 6 mm ²)	diversos	Condutores elétricos para a conexão dos módulos e das baterias ao quadro elétrico
Dobradiça	3	Dobradiça reserva para uso nos abrigos de baterias
Pregos	1 kg	Pregos para serviços gerais
Parafusos	diversos	Parafusos para uso geral
Hastes	10	Fixação dos módulos fotovoltaicos

Não existe uma construção própria para o almoxarifado. Os materiais, acondicionados em caixas apropriadas, e a caixa de ferramentas ficam armazenados no domicílio do presidente da Associação, conforme decisão em assembléia. A figura 3.5 mostra as caixas plásticas utilizadas para estocagem dos materiais de reposição dos SFDs.

A caixa de ferramentas, descrita na tabela 2.9 e mostrada na figura 2.14, contém diversas chaves de fenda, chaves de boca, alicates, multímetro, entre outros utensílios que permitem a manutenção dos sistemas instalados na comunidade.



Figura 3.5: Almojarifado da comunidade.

Juntamente com o estoque de peças para reposição, foram fornecidas duas fichas: uma contendo todo o conteúdo do almojarifado e outra utilizada para controle dos materiais.

Os técnicos locais são responsáveis pelo controle dos materiais e devem manter os gestores do fundo informados sobre a situação do estoque. Conforme o regulamento, esses técnicos devem manter em estoque material de reposição em quantidade proporcional ao número de sistemas instalados. É sua responsabilidade, também, registrar em livro próprio o material, a data e os motivos da substituição, acompanhados da assinatura do usuário, bem como recolher ao almojarifado o material inutilizado e acondicioná-lo em recipiente adequado, para reciclagem ou destinação final, evitando-se, assim, a contaminação do meio ambiente.

Fez-se um levantamento, nas cidades de Tefé, Alvarães e Uarini, dos potenciais fornecedores de material elétrico, equipamentos de uso final e prestadores de serviços elétricos.

Segundo o que se pode observar na tabela 3.2 e na figura 3.6, em Tefé é possível adquirir lâmpadas fluorescentes compactas nacionais e, principalmente, chinesas. Também estão disponíveis para compra: cabos, soquetes, tomadas e diversos equipamentos de uso final que funcionam com corrente alternada. Entre os principais equipamentos disponíveis, há televisores, ventiladores, aparelhos de som, liquidificadores e antenas parabólicas com seus respectivos receptores. Além disso, é possível adquirir baterias de várias marcas. De maneira excepcional, uma das lojas vende televisores em preto e branco que funcionam com corrente contínua.

Tabela 3.2: Baterias e equipamentos encontrados no entorno da comunidade.

Descrição	Preço (R\$)
Ventiladores made in Taiwan, 127 Vac	75,00
Ventiladores made in Japan, 127 Vac	40,00
Televisor P/B, 12 Vcc	120,00
Liqüidificador sem marca, 127 Vac – 400 W	180,00
Liqüidificador Black & Decker, 127 Vac – 400 W	64,00
Batedeira Black & Decker, 127 Vac – 300 W	125,00
Geladeira Cònsul 68 litros, 127 Vac	668,00
Lâmpadas PL de procedência chinesa, 127 Vac, 9 – 11 – 13 – 15 – 20 – 22 – 28 e 36 W	6,50 – 15,00
Lâmpadas incandescentes de 127 Vac – 40 W	1,20
Lâmpadas incandescentes de 12 Vcc – 40 W	4,00
Bateria 12 Vcc – 55 Ah, marca Bosch	139,00
Bateria 12 Vcc – 60 Ah, marca Jack	145,00
Bateria 12 Vcc – 70 Ah, marca Wapsa	182,00
Bateria 12 Vcc – 100 Ah, marca Bosch	299,00
Bateria 12 Vcc – 150 Ah, marca Bosch	399,00



Figura 3.6: Materiais elétricos encontrados no entorno da comunidade.

O centro comercial mais próximo da comunidade encontra-se na sede do município de Uarini. Nele é possível encontrar lâmpadas fluorescentes compactas, também a maioria de origem chinesa.

Situação semelhante foi encontrada na cidade de Alvarães, situada entre Uarini e Tefé; porém, Alvarães é maior que Uarini e conta com um maior número de lojas e produtos, ampliando as opções de materiais elétricos disponíveis.

Dadas as condições encontradas no entorno da comunidade, adverte-se para o fato de que a maioria das lâmpadas disponíveis não possuem certificação do INMETRO e muitas delas possuem instruções na embalagem escritas somente em inglês.

Na própria comunidade existe um estabelecimento de venda de materiais diversos onde se pode encontrar lâmpadas incandescentes. Não existem lâmpadas fluorescentes compactas nesse estabelecimento, mas nada impede que no futuro possam vir a existir, evitando que os moradores tenham de se deslocar para adquirir lâmpadas após a utilização de todas as fornecidas pelo projeto.

Para garantir a sustentabilidade do projeto e reduzir os custos de operação e manutenção, é necessário contar com os recursos existentes na localidade ou em suas proximidades. Isso requer o estabelecimento de um mercado local com capacidade de fornecer, com qualidade e confiabilidade, os diversos materiais a serem utilizados. Espera-se que, no futuro, as próprias concessionárias de eletricidade da localidade sejam as responsáveis pelo fomento e estabelecimento dessas condições (MOCELIN et al., 2007).

3.4 Treinamento dos técnicos locais

A formação dos técnicos locais refere-se a uma série de cursos de capacitação dirigidos aos comunitários interessados em aprimorar seus conhecimentos em eletricidade. Esses cursos têm a finalidade de capacitar os técnicos locais a realizarem a rotina de manutenção preventiva dos SFDs, o controle do almoxarifado, o suporte aos demais usuários que necessitarem de auxílio técnico e o recolhimento do material inutilizado.

Embora o regulamento da associação de usuários mencione o treinamento de dois moradores entre os que demonstrassem interesse e facilidade de aprendizado, participaram das atividades de capacitação onze moradores, indicados pela comunidade em reunião da associação, e membros do IDSM. Além disso, o curso foi aberto e participaram como ouvintes outros adultos, jovens e crianças da comunidade.

Nos cursos foi utilizado material prático de apoio, com pouco texto e riqueza de ilustrações (como circuitos elétricos simples montados sobre tábuas de madeira) para melhor compreensão dos técnicos locais, que são, em sua maioria, pessoas com baixo grau de escolaridade. Variáveis elétricas como tensão, corrente, potência e resistência foram explicadas utilizando esses circuitos, que foram idealizados e construídos no LSF/IEE/USP e possuem os mesmos dispositivos e acessórios encontrados nas instalações fotovoltaicas da comunidade. Constituem-se de circuitos elétricos em corrente contínua ou alternada, dispostos de forma que os participantes puderam observar o comportamento tanto de pilhas e baterias como de lâmpadas e outros equipamentos que funcionam em CA.

Paulo Freire, em sua *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa* (1996) atenta para a necessidade de respeitar-se os saberes socialmente construídos na prática comunitária e de discutir-se a razão de ser de alguns desses saberes em relação ao ensino dos conteúdos. Assim, o planejamento do curso considerou a realidade da comunidade e aproveitou o conhecimento oriundo da experiência de vida dos moradores, que manipulam ferramentas, dispositivos e equipamentos em seu cotidiano nas atividades de subsistência (agricultura, pesca, caça, etc.), nas quais aplicam muitos conhecimentos e, conseqüentemente, conseguem identificar de maneira empírica variáveis físicas como força, vazão, calor, umidade, etc.

Além disso, o meio de transporte predominante na comunidade são as canoas popularmente denominadas rabetas. Em virtude disso, muitos dos moradores estão acostumados a manipular motores que funcionam com gasolina ou gás. Esse fato faz com que tenham uma fonte de informação empírica sobre as diversas questões envolvidas no uso da energia. Assim, por exemplo, eles sabem que o consumo de combustível possui relação direta com o peso da carga transportada ou com o estado do motor. Isso os torna, mesmo que inconscientemente, familiarizados com o conceito de eficiência energética.

Adicionalmente, vale lembrar que os moradores já estão habituados com a energia elétrica produzida pelo gerador diesel; portanto, já conhecem os benefícios e potenciais perigos desse tipo de energia. Dentre os benefícios do gerador está a possibilidade de utilizar diversos eletrodomésticos, como ventiladores, liquidificadores, *freezers*, aparelhos de som, televisores, receptores parabólicos, entre outros. Ou seja, tanto a energia elétrica quanto as habilidades requeridas para o seu uso não são desconhecidas por eles.

Em suma, os cursos de capacitação programados devem aproveitar todas as potencialidades dos moradores, adaptar-se à realidade local e, dentro do possível, fomentar a inclusão dos recursos que a comunidade oferece. A linguagem utilizada não deve incluir palavras técnicas desconhecidas e, fundamentalmente, os conceitos devem ser relacionados com atividades, objetos ou situações do dia-a-dia dos moradores. Também é muito importante passar as informações utilizando meios físicos de fácil manipulação, tangíveis e palpáveis, evitando abstrações. O ritmo da fala também deve ser pausado, tentando transmitir informações de qualidade sem se preocupar com a quantidade (MORANTE et al., 2006).

No decorrer do curso, também foram abordadas questões relacionadas às exigências de segurança da NR10, principalmente no que diz respeito às medidas de controle do risco elétrico e utilização de equipamentos de proteção individual.

A tabela 3.3 mostra o planejamento do curso, dividido em cinco unidades.

Tabela 3.3: Objetivos do curso de treinamento dos técnicos locais.

Unidades	Objetivos
Unidade 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar os componentes do sistema fotovoltaico e suas funções (módulo, bateria, controlador, inversor, medidor e disjuntores). 2. Identificar as ferramentas e sua utilidade nas tarefas de instalação e manutenção. 3. Conhecer as grandezas elétricas: tensão, corrente, resistência, potência e energia. 4. Conhecer os cuidados e procedimentos de segurança (choque elétrico, materiais isolantes e condutores). 5. Utilizar o multímetro para medir tensão e continuidade.
Unidade 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar com o multímetro os valores de tensão no quadro elétrico (bateria, módulo e saída), nas tomadas e nas lâmpadas do SFD. 2. Aplicar as tarefas associadas à manutenção preventiva (reposição da água da bateria, limpeza e orientação dos módulos, desarme do interruptor DR, limpeza e ajuste dos terminais das baterias). 3. Solucionar problemas de lâmpada queimada, circuito aberto, mau contato, curto-circuito e disjuntor desligado.
Unidade 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar os sinais no controlador e inversor. 2. Identificar falhas no quadro elétrico: disjuntores, controlador e inversor. 3. Substituir equipamentos do quadro elétrico. 4. Identificar quais os equipamentos elétricos recomendados para utilizar nos sistemas instalados (identificação de potência).
Unidade 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Substituição de baterias.
Unidade 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Instalação de sistemas.

A aula introdutória do curso começou com a explicação dos objetivos, ressaltando a importância de contar com o apoio técnico local na solução de problemas básicos. Com o propósito de utilizar elementos do cotidiano da comunidade nas explicações dos conceitos básicos de eletricidade, utilizou-se o *kit* com pilhas, mostrado na figura 3.7, para explicar a capacidade das pilhas e baterias e as formas série e paralelo de conexão.

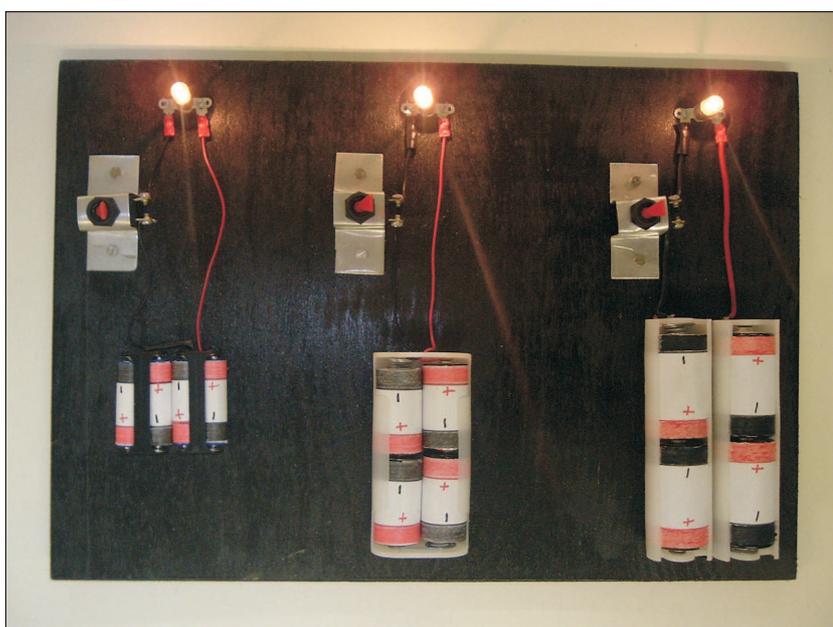


Figura 3.7: Material de apoio para o treinamento dos técnicos locais - pilhas.

Feito isso, utilizando o material didático e analogias apropriadas, como a utilização de água circulando por uma mangueira transparente graças à força fornecida por uma bomba manual, mostrou-se o que é corrente, tensão, resistência, potência e energia. A figura 3.8 mostra o material de apoio utilizado para comparar um circuito elétrico a um hidráulico.



Figura 3.8: Material de apoio - circuito hidráulico.

Adicionalmente, explicou-se o funcionamento de alguns circuitos elétricos fundamentais e a função dos interruptores, tomadas e outros acessórios elétricos. As fotos da figura 3.9 mostram o *kit* composto por um interruptor e uma lâmpada e o *kit* construído com o mesmo circuito anterior, porém com uma tomada em paralelo.

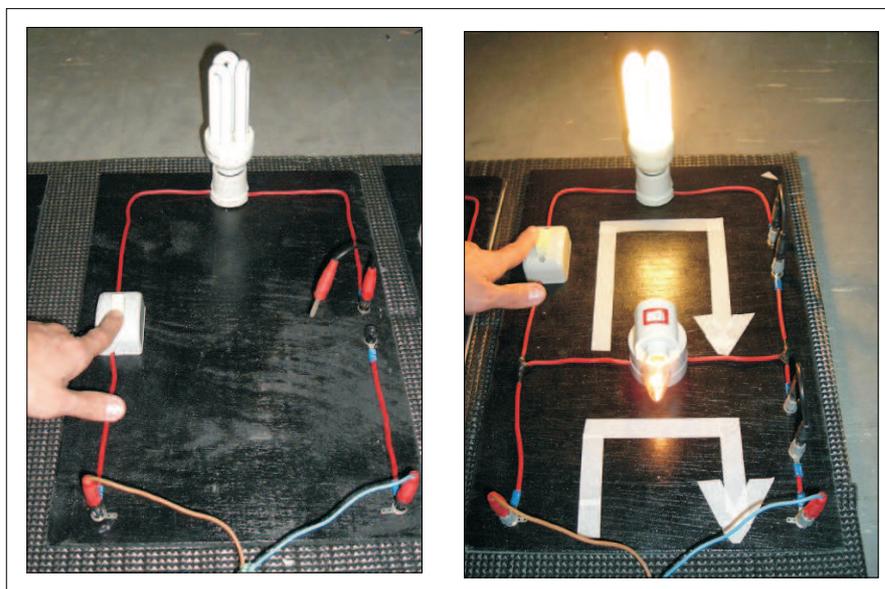


Figura 3.9: Material de apoio - interruptor, lâmpada e tomada.

Nas atividades práticas, utilizou-se esse material de apoio para medir a corrente elétrica que cada lâmpada consome e para explicar a ligação em paralelo existente nas instalações elétricas internas dos domicílios.

Também se mostrou, utilizando os materiais de apoio e um multímetro, a correlação entre potência elétrica e gasto de energia. Para isso, foram ligadas, num primeiro momento, lâmpadas incandescentes e, em seguida, lâmpadas fluorescentes compactas. Ressaltou-se o fato de que a corrente medida no primeiro caso era maior que a no segundo e, portanto, a energia consumida também era maior. Explicou-se que isso tem relação com a eficiência dos equipamentos e com o conseguinte gasto de energia que, nos sistemas fotovoltaicos, se manifesta na rapidez da descarga das baterias.

A figura 3.10 mostra o *kit* constituído por dois circuitos iguais ao anterior ligados em paralelo. Esse *kit* foi construído para simular as instalações elétricas dos SFDs instalados na comunidade. Com esse material de apoio pode-se explicar o consumo de eletricidade ligando equipamentos e lâmpadas simultaneamente e realizando medições com o multímetro.

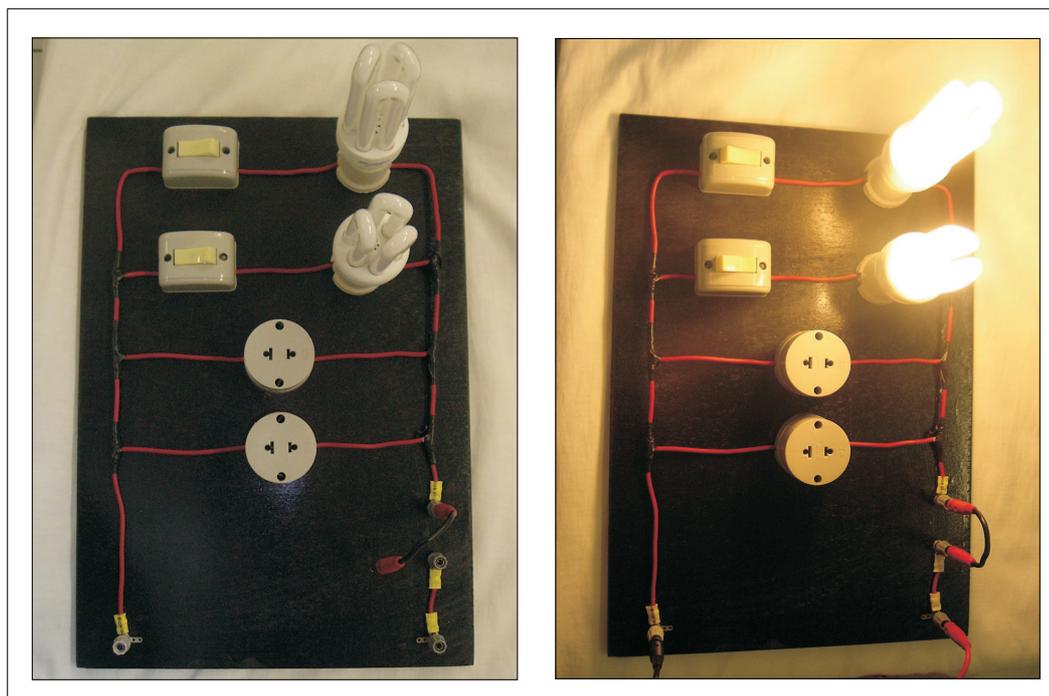


Figura 3.10: Material de apoio - circuito elétrico similar ao do SFD.

Uma vez terminada essa atividade (ver Anexo A), esclareceu-se que a continuidade desses cursos está programada para as próximas viagens. Além disso, comentou-se com os participantes do curso que a formação dos técnicos locais é um passo fundamental para garantir a sustentabilidade do projeto.

As fotos da figura 3.11 mostram os outros materiais de apoio utilizados no treinamento dos técnicos locais e uma atividade de medição através do multímetro.



Figura 3.11: Outros materiais de apoio para o treinamento dos técnicos locais.

As fotos da figura 3.12 mostram outros momentos do curso sobre energia solar ministrado no centro comunitário de São Francisco do Aiucá.



Figura 3.12: Alguns momentos do curso de treinamento dos técnicos locais.

Finalmente, notou-se que, nos cursos de formação técnica local, nem todos participaram ativamente, medindo e realizando as atividades sugeridas; no entanto, a maioria foi bastante observadora e questionadora com relação aos procedimentos executados. Dos onze participantes, pode-se dizer que quatro participaram mais ativamente e encontram-se em condições de realizar a rotina de manutenção preventiva.

3.5 Coleta e controle das informações

Este item trata da coleta e organização das informações gerais, patrimoniais, operacionais e referentes ao fundo de manutenção, cujas inter-relações constituem a gestão das informações do projeto. Em termos de perspectivas futuras, essas informações serão úteis para a concessionária ou permissionária que assumir a responsabilidade dos sistemas, no que se refere ao controle patrimonial, à logística de atendimento aos usuários e à situação dos SFDs na sua área de concessão, para esclarecimentos à ANEEL conforme determina a Resolução ANEEL nº 83 de 2004.

A pessoa responsável por cada SFD assinou um termo de recebimento e contrato de cessão de uso de bem público gratuito dos sistemas (ver Anexo D); junto a essa assinatura aparecem as de duas testemunhas. Uma cópia desse termo permaneceu com o responsável pelo sistema e outra, com a equipe de implantação do projeto. Esse termo contém as características e o número de série dos módulos fotovoltaicos, das baterias, do controlador de carga e descarga, do inversor e dos demais componentes do quadro de controle.

Os compromissos, as responsabilidades e os demais assuntos tratados nas reuniões formais com a comunidade e entre as instituições envolvidas foram registrados em atas, que contêm, entre outras informações, a avaliação das atividades realizadas e o planejamento das ações futuras.

Os trabalhos de campo foram registrados pelos agentes de eletrificação em pastas de campo e depois agrupados em relatórios técnicos. Esses relatórios contêm a descrição das atividades realizadas em cada uma das etapas.

Constam dos relatórios também as plantas baixas das residências, com a localização dos pontos de iluminação e tomadas, a carga instalada em cada domicílio, os procedimentos de manutenção preventiva e outras observações pertinentes às instalações. Essas informações foram, quando possível, registradas *in situ*, com o objetivo de documentar as atividades sem perder detalhes pontuais. Convém mencionar que o tempo que a equipe técnica possui para a realização dos trabalhos e coleta dos dados na comunidade é restrito, justificando ainda mais a participação dos usuários em todas as ocasiões possíveis.

Ainda compõe esses relatórios o mapeamento espacial da comunidade, com a localização dos domicílios eletrificados ou a eletrificar e das construções de uso comunitário, tais como o centro comunitário, a escola, a igreja e as casas de farinha.

A situação preexistente à eletrificação fotovoltaica também foi documentada; fez-se o levantamento das características elétricas do gerador a diesel, da mini-rede de distribuição de energia elétrica e das cargas conectadas.

Com o objetivo de conhecer melhor o entorno da comunidade e as características do comércio local, foi feito um levantamento, nas cidades de Tefé, Alvarães e Uarini, voltado à venda de material elétrico, equipamentos de uso final e prestadores de serviços elétricos.

Cumprir advertir que a NBR 5410, na seção que trata da documentação da instalação, exige que esta seja executada a partir de projeto específico, que deve conter entre seus itens: plantas, esquemas unifilares e outros que se façam necessários, detalhes de montagem, memorial descritivo e especificação dos componentes, com descrição das características nominais e normas a que devem atender.

A NBR 5410 também determina, na seção que trata da verificação final da instalação, que a documentação da instalação deve ser fornecida às pessoas encarregadas da verificação.

Além disso, em uma avaliação realizada pelo Tribunal de Contas da União sobre o *Programa Energia das Pequenas Comunidades* foi constatado o descontrole patrimonial dos equipamentos, resultante de um gerenciamento centralizado. Essa avaliação cita como efeito e causa desse descontrole a não existência de um cadastro com a situação dos equipamentos instalados, configurando a importância de um atendimento pontual e disperso com necessidade de estrutura capilar de acompanhamento, manutenção e documentação (TCU, 2003).

Para finalizar, é importante frisar que a documentação do projeto é essencial para o compartilhamento das informações entre as instituições envolvidas e serve como base de dados para otimizar os mecanismos de gerenciamento da eletrificação.

3.6 Logística de atendimento aos usuários

A capacitação de técnicos locais e a constituição de um almoxarifado de reposição de peças na comunidade possibilitam um esquema de execução descentralizada das rotinas de manutenção preventiva e, na medida do possível, corretiva. Contudo, esse modelo de gestão não elimina a necessidade de um suporte técnico externo, pois a cadeia de suprimentos requerida para a operação dos SFDs vai além dos recursos locais disponíveis.

Sendo assim, o atendimento aos usuários requer tanto a existência de recursos humanos qualificados quanto a disponibilidade de infra-estrutura. Esses requerimentos e suas inter-relações implicam a necessidade de uma logística de atendimento.

A logística de atendimento refere-se à organização das pessoas e dos meios utilizados para garantir a operação e a manutenção dos sistemas fotovoltaicos instalados na comunidade, ou seja, é um instrumento para assegurar o padrão de qualidade e a continuidade do fornecimento de energia elétrica, conforme determina a Resolução ANEEL nº 83 de 2004.

Os fatores envolvidos na logística de atendimento ao usuário são: i) no que tange ao fluxo dos materiais, trata da provisão, da aquisição, do armazenamento, do transporte, da distribuição, da reparação e do recolhimento dos materiais inutilizados, além da localização e especificidade do ferramental; ii) quanto aos fins operacionais, refere-se ao planejamento e à execução da manutenção preventiva e corretiva, ao monitoramento do desempenho dos sistemas, à coleta de dados, à leitura de consumo e ao recebimento de pagamentos.

Os agentes do suporte técnico precisam de habilidades específicas, tais como possuir conhecimentos técnicos sobre os sistemas e sobre o ferramental apropriado, saber se relacionar com os usuários e dar explicações claras e pertinentes sobre o uso dos SFDs e possuir conhecimento das condições locais, para que possa se deslocar com rapidez e segurança na região.

Como dito anteriormente, o atendimento aos usuários de comunidades remotas da Região Amazônica requer um planejamento minucioso, pois as distâncias são muito grandes e o meio de transporte viável é o fluvial. Assim, a infra-estrutura disponível para suporte deve contar com piloto, barco, combustível, ferramentas e documentação (identificação do consumidor/patrimônio, coordenadas de localização, etc.). A figura 3.13 mostra uma imagem de satélite indicando a localização da comunidade em relação à sede do município de Uarini e às cidades de Alvarães e de Tefé.

As quantidades de combustível e de tempo gastos nos trajetos Tefé-Aiucá e Aiucá-Tefé, utilizando diferentes embarcações, e os custos por deslocamento (ida e volta) estão sintetizados na tabela 3.4.



Figura 3.13: São Francisco do Aiucá e as principais cidades vizinhas.

Tabela 3.4: Tempo, combustível e custos por visita à comunidade.

Embarcação	Trajeto Tefé -Aiucá	Trajeto Aiucá -Tefé	Custo do deslocamento
Barco grande de 315 HP	9h e 270 litros de diesel 5 litros de óleo lubrificante 1/2 botijão de GLP 13 kg (para cozinhar)	5h e 180 litros de diesel 5 litros de óleo lubrificante 1/2 botijão de GLP 13 kg (para cozinhar)	1 litro de diesel = R\$ 2,10 1 litro de lubrificante = R\$ 8,00 1 botijão de GLP = R\$ 34,00 Total = R\$ 1.060,00
Voadeira de 40 HP	3h e 100 litros de gasolina temperada	2h e 80 litros de gasolina temperada	1 litro de gasolina temp. = R\$ 3,25 Total = R\$ 585,00
Rabeta de 6 HP	10h e 13 litros de gasolina pura	6h e 10 litros de gasolina pura	1 litro de gasolina pura = R\$ 2,85 Total = R\$ 65,00
Rabeta adaptada GLP	10h e 1 botijão de GLP 13 kg	6h e 1 botijão de GLP 13 kg	1 botijão de GLP 13 kg = R\$ 34,00 Total = R\$ 68,00
Transporte Coletivo	10 horas de viagem 1 passagem	6 horas de viagem 1 passagem	1 passagem = R\$ 25,00 Total = R\$ 50,00

Como se nota, a logística de atendimento tem influência nos custos operacionais dos SFDs e, portanto, deve ser planejada visando à redução de custos operacionais e à otimização do atendimento.

No caso do projeto piloto, o qual privilegia ações de pesquisa e monitoramento, todo mês um agente de eletrificação vai até a comunidade para coletar os dados registrados no caderno de consumo e o histórico das manutenções de cada SFD, verificar o funcionamento dos sistemas, recolher as mensalidades do fundo de O&M para depósito em Tefé e efetuar intervenções se necessário.

Essa experiência pode fornecer ferramentas de planejamento para o cumprimento da legislação vigente, uma vez que a concessionária deverá atender a comunidades com características semelhantes, tanto geográficas quanto sociais.

No âmbito das concessionárias, a logística de atendimento aos usuários requer, além das atividades mencionadas, a incorporação, em sua estrutura operacional (rádios, telefones, etc.), de um sistema de atendimento às chamadas com recursos humanos capazes de fornecer aos usuários informações sobre o funcionamento dos sistemas, para evitar deslocamentos desnecessários da equipe técnica. Do mesmo modo, quando da chamada de um usuário, o sistema de atendimento deve coletar informações sobre que tipo de problema ocasionou a falha e repassar essas informações para a equipe de campo, para que esta possa realizar ações dirigidas e agilizar a manutenção dos sistemas. Ainda, deve ser capaz de agregar dados sobre os problemas ocorridos em localidades próximas, a fim de otimizar o atendimento e realizar diversas atividades em uma só viagem.

3.7 Manutenção dos SFDs

Com a normalização cada vez mais rigorosa a que são submetidos os sistemas fotovoltaicos em relação ao controle de qualidade dos componentes, é possível uma previsão otimista no longo prazo em relação ao funcionamento dos sistemas. Porém, o estabelecimento de uma rotina de inspeção e manutenção preventiva dos equipamentos também faz parte das exigências da NBR 5410 e são fundamentais para garantir uma operação eficiente e reduzir a necessidade de manutenções corretivas.

Igualmente relevante para o êxito do projeto é a questão dos gastos com manutenção, formalmente considerados no Regulamento dos Usuários para serem pagos com o fundo de O&M; no entanto, o valor no qual está baseado o fundo contempla somente a reposição das baterias. Por isso, os testes de conformidade técnica dos componentes dos SFDs, o estabelecimento de um padrão de instalação adequado e a montagem de um protótipo são importantes para garantir a durabilidade dos sistemas e, conseqüentemente, reduzir custos operacionais.

As distâncias envolvidas entre a comunidade e as sedes dos municípios vizinhos, de que decorre a curta duração e o elevado custo da presença de técnicos especializados, torna, ainda, de fundamental importância a efetivação de uma manutenção em nível local, sendo necessária a capacitação de técnicos locais para o conhecimento dos principais componentes dos SFDs e do ferramental apropriado e a existência de um estoque de peças de reposição.

3.7.1 Rotina de manutenção preventiva

A rotina de manutenção preventiva foi executada seis vezes durante os 18 primeiros meses de funcionamento do projeto. Essas intervenções foram realizadas por membros do IEE, IDSM e alguns comunitários. Os procedimentos dessa rotina estão relacionados à inspeção visual do estado dos componentes do SFD, à verificação do nível de eletrólito das baterias, à medição da tensão das baterias, ao desarme do interruptor diferencial e aos testes de aterramento do sistema.

As atividades de manutenção preventiva começam com a realização de uma inspeção nos abrigos de baterias, verificando o estado de conservação e realizando uma limpeza para retirada de cupins e insetos. Além dessa limpeza geral em todos os abrigos, coloca-se vaselina nos bornes das baterias para protegê-las contra oxidação. As fotos da figura 3.14 mostram comunitários realizando a limpeza dos abrigos.



Figura 3.14: Manutenção preventiva nos abrigos de baterias.

Em seguida, mede-se o nível de eletrólito em todas as células das baterias e, onde necessário, faz-se a reposição com a água para bateria existente em cada um dos abrigos. Para medição do nível de eletrólito em cada célula das baterias, utiliza-se um tubo aberto nas duas extremidades com marcação de três níveis possíveis. Para as baterias utilizadas no projeto têm-se os seguintes níveis: nível mínimo (18 mm), nível de referência (23 mm) e nível máximo (28 mm). Introduce-se o referido tubo em cada célula, tampa-se sua extremidade superior, retira-se o tubo e verifica-se o nível de eletrólito. O recomendado é que o nível esteja em torno de 23 mm. A figura 3.15 mostra representações da vista superior de um abrigo de bateria com a nomenclatura adotada para os vasos e da vista lateral do medidor de nível de eletrólito das baterias.

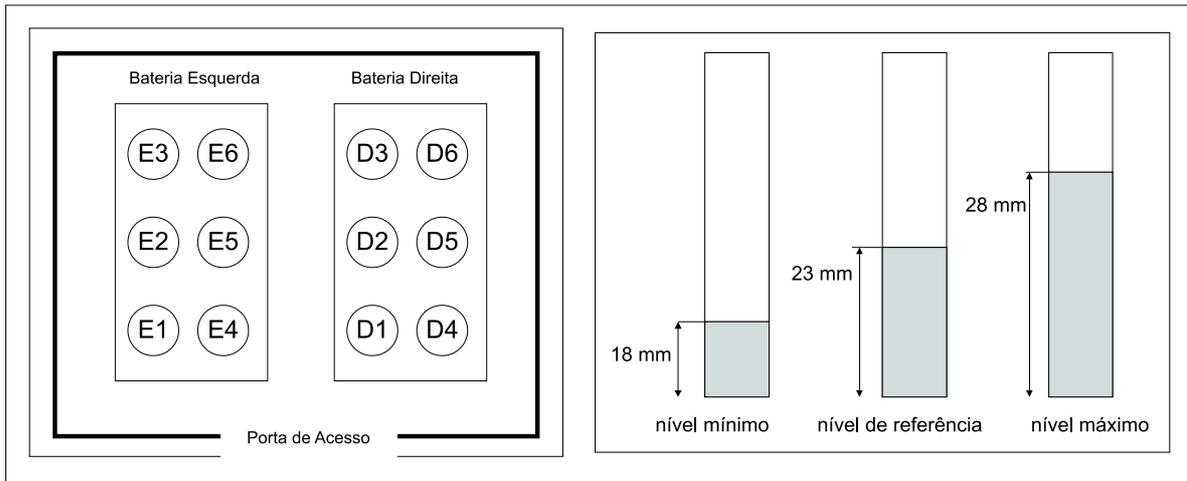


Figura 3.15: Representação dos vasos das baterias e do medidor de nível de eletrólito.

A figura 3.16 mostra a medição do nível de eletrólito da bateria com a utilização de um tubo aberto.



Figura 3.16: Medição do nível de eletrólito das baterias.

As fotos da figura 3.17 mostram a inspeção visual e a limpeza realizadas nos módulos fotovoltaicos. Na inspeção, verifica-se o estado da caixa de conexão e o encaixe da estrutura do módulo no poste. Este último procedimento deve ser realizado porque, com o tempo, a madeira do poste pode sofrer retração e o encaixe com a estrutura de sustentação dos módulos pode ficar prejudicado.



Figura 3.17: Inspeção visual e limpeza dos módulos fotovoltaicos.

As fotos da figura 3.18 mostram os módulos fotovoltaicos de um SFD antes e depois da execução da rotina de manutenção preventiva.



Figura 3.18: Módulos fotovoltaicos de um SFD antes e depois da limpeza.

Para as medições das tensões nos componentes do SFD e nas instalações internas, utilizou-se um guia contendo as figuras e procedimentos mostrados a seguir. Esse guia foi entregue aos participantes do curso de capacitação dos técnicos locais.

Medição da tensão do módulo fotovoltaico:

1. Desligue o disjuntor 1 (módulo fotovoltaico);
2. Coloque o multímetro na posição tensão CC (Símbolo V contínua);
3. Coloque a ponta vermelha no parafuso inferior do disjuntor 1 e a ponta preta fora do disjuntor 1 no parafuso esquerdo;
4. Olhe o valor da tensão mostrada no multímetro.

A tensão indicada varia conforme a quantidade de radiação solar e pode alcançar até 44 Volts. A figura 3.19 mostra esse procedimento.



Figura 3.19: Medição da tensão do módulo fotovoltaico.

Medição da tensão da bateria:

1. Desligue o disjuntor 1 (módulo fotovoltaico);
2. Ligue algum equipamento para deixar a luz do inversor verde fixa;
3. Coloque o multímetro na posição tensão CC (Símbolo V contínua);
4. Coloque a ponta vermelha no borne positivo e a ponta preta no borne negativo da associação de baterias;
5. Olhe o valor da tensão mostrada no multímetro.

A tensão nas baterias deve estar entre 22 e 28 Volts. A figura 3.20 mostra esse procedimento.



Figura 3.20: Medição da tensão da bateria.

Medição da tensão de saída do quadro elétrico, da tensão da tomada e da lâmpada:

1. Ligue todos os disjuntores;
2. Ligue algum equipamento para deixar a luz do inversor verde fixa;
3. Coloque o multímetro na posição tensão CA (Símbolo V alternada);
4. Coloque uma ponta do multímetro em cada parafuso dos disjuntores de saída;
5. Olhe o valor da tensão mostrada no multímetro, que deve estar próxima de 120 Volts;
6. Coloque uma ponta do multímetro em cada orifício da tomada;
7. Olhe o valor da tensão mostrado no multímetro; a tomada está boa quando a tensão é próxima de 120 Volts;
8. Coloque uma ponta do multímetro em cada parafuso do conector da lâmpada;
9. Olhe o valor da tensão mostrado no multímetro; a tensão nos bornes da lâmpada deve estar próxima de 120 Volts. Se a tensão for de 120 V e a lâmpada não acender, retire a lâmpada, limpe o bocal e a lâmpada. Se mesmo depois da limpeza a lâmpada não acender, troque-a por outra.

A figura 3.21 mostra comunitários utilizando o multímetro para medir a tensão nas instalações elétricas internas.



Figura 3.21: Medição da tensão nas instalações elétricas internas.

Seguindo com as atividades de manutenção preventiva, verifica-se o funcionamento do interruptor DR, que possui um botão de teste P, de cor azul, localizado na frente do dispositivo que serve para esse fim. Esse botão produz sobre o interruptor o mesmo efeito de uma fuga de corrente na instalação. Na realidade, por meio do acionamento manual do botão, testa-se a sensibilidade do dispositivo diante de correntes de fuga como as produzidas quando um corpo humano entra em contato com um circuito sob tensão. A recomendação é acionar esse botão de forma periódica para verificar se o interruptor se encontra em condições operativas diante da presença de qualquer fuga de corrente; esse procedimento também foi realizado com os participantes do curso.

Assinala-se por fim que, durante a execução das atividades de manutenção preventiva, foi ressaltado aos participantes do curso os cuidados necessários ao trabalho com eletricidade, mostrando sempre a maneira mais segura de realizar cada uma dessas atividades, em consonância com as determinações da NR 10.

3.7.2 Manutenção corretiva

Devido à imprevisibilidade da ocorrência de falhas nos SFDs, bem como da variedade de situações que podem causar a parada do sistema, não há uma rotina de manutenção corretiva. O que se faz nesses casos é a capacitação dos técnicos locais para o seguimento do problema e para o conhecimento das possíveis situações de falha e das soluções sugeridas.

Essas atividades foram realizadas nos cursos de capacitação dos técnicos locais, simulando falhas no quadro elétrico e nas instalações, sem que os participantes soubessem quais falhas foram criadas propositalmente pela equipe técnica. A tabela 3.5 mostra algumas falhas simuladas no SFD e o conhecimento exigido dos técnicos locais para solucionar os problemas.

Tabela 3.5: Falhas simuladas nos SFDs para treinamento de manutenção corretiva.

Falha simulada	Conhecimento exigido
Disjuntores desligados.	Função de cada disjuntor e seguimento da tensão ao longo do quadro elétrico.
Desarme do interruptor DR.	Seguimento da tensão ao longo do quadro elétrico.
Fita isolante nas extremidades dos fios de conexão da bateria com o disjuntor 2.	Medição da tensão da bateria no quadro elétrico.
Desconexão da ligação série das baterias realizada nos abrigos.	Verificação do abrigo e medição da tensão diretamente nas baterias.
Retirada de condutor do quadro elétrico.	Seguimento da tensão ao longo do quadro.
Fita isolante nas extremidades dos fios de conexão dos disjuntores de saída.	Medição de tensão alternada na saída do quadro. Deixar luz verde fixa do inversor para realizar medidas em CA.
Desconexão dos fios no interior da tomada.	Medição da tensão alternada na tomada. Deixar luz verde fixa do inversor para realizar medidas em CA.
Fita isolante entre a lâmpada e o bocal.	Verificação do encaixe e da limpeza do bocal e medição da tensão na lâmpada. Deixar luz verde fixa do inversor para realizar medidas em CA.

Convém mencionar que, durante o primeiro ano e meio de funcionamento do projeto, os participantes do curso já realizaram intervenções nos SFDs sem a presença da equipe de implementação, por motivos de desarme de disjuntores, por falhas na conexão dos fios do quadro elétrico, problemas na lâmpada decorrentes de sujeira e fumaça e, até mesmo, a troca de um inversor que parou de funcionar em um dos domicílios da comunidade, o que demonstra uma razoável compreensão do funcionamento dos sistemas.

A figura 3.22 mostra comunitários solucionando falhas simuladas pela equipe técnica durante o curso de capacitação dos técnicos locais.



Figura 3.22: Falhas simuladas para treinar a manutenção corretiva.

As fotos da figura 3.23 mostram atividades de manutenção corretiva realizadas durante o curso de capacitação.



Figura 3.23: Atividades de manutenção corretiva durante o curso de capacitação.

Até o momento, pode-se dizer que os técnicos locais estão desempenhando um relevante trabalho em direção à autonomia operacional dos sistemas instalados em São Francisco do Aiucá.

Informações adicionais sobre manutenção corretiva em sistemas fotovoltaicos domiciliares podem ser obtidas no *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos* (GTES, 1999).

CAPÍTULO 4

Resultados operacionais do projeto piloto

Com base nos dados coletados pelos agentes de eletrificação no primeiro ano e meio de funcionamento dos sistemas fotovoltaicos, pôde-se analisar a relação da comunidade com estes no que se refere aos usos finais de eletricidade, aos hábitos de consumo e à satisfação dos usuários.

O fundo de operação e manutenção é objeto da análise da quarta seção deste capítulo, que confronta o valor estipulado para a operação e manutenção dos sistemas instalados contra os custos operacionais efetivos do projeto.

Alguns impactos e reflexos gerados pelo projeto na comunidade também foram analisados.

Em consonância com as informações apresentadas no decorrer do capítulo, a última seção traz evidências da continuidade da iniciativa e identifica novas ações que poderão auxiliar na sustentabilidade do projeto.

4.1 Usos finais de energia elétrica nos domicílios

Na comunidade São Francisco do Aiucá, a solução para o suprimento de eletricidade em corrente alternada, antes da instalação dos 19 SFDs, era a utilização de um gerador diesel de 20 kVA, doado pela prefeitura de Uarini. O fornecimento de energia elétrica pelo gerador a diesel ocorria por poucas horas e somente durante o período noturno; mesmo assim, a população atendida pela mini-rede desse gerador adquiria equipamentos de uso final.

Esta seção apresenta uma descrição dos usos finais de energia elétrica na comunidade no seu passado recente, levando em conta a existência do gerador a diesel e a utilização de pilhas e baterias, e no presente, considerando a utilização simultânea do gerador a diesel e dos SFDs instalados.

A tabela 4.1 lista os equipamentos preexistentes nos domicílios e também as lâmpadas de iluminação pública conectadas à mini-rede do gerador a diesel, conforme levantamento feito pela equipe de implantação do projeto.

Tabela 4.1: Cargas conectadas à mini-rede do gerador a diesel.

Equipamento	Quantidade
Lâmpada incandescente de 40 W	16
Lâmpada incandescente de 60 W	33
Televisor em cores	12
Receptor para antena parabólica	12
Rádio toca-fita	8
Aparelho de som de médio porte	2
Ventilador	8
Liqüidificador	1
Aparelho de DVD	2
Congelador (<i>freezer</i>)	7
Ponto de iluminação pública	16
Total	6500 W

Os principais serviços que utilizam a eletricidade do gerador a diesel na comunidade são: iluminação domiciliar, refrigeração, ventilação, entretenimento e iluminação pública, cujas lâmpadas, fios e estruturas também foram cedidos pela prefeitura.

As lâmpadas de iluminação pública são de mercúrio com potência de 80 W, montadas em estruturas próprias para esse tipo de iluminação, ou incandescentes de 60 W, instaladas de maneira improvisada ao longo da mini-rede. A iluminação pública proporciona, entre outras coisas, o deslocamento noturno dos moradores com mais segurança e a redução dos gastos com pilhas para as lanternas.

Cabe lembrar que os congeladores (*freezers*) são utilizados para resfriamento de bebidas, para conservação de alimentos e para preparação de sobremesas geladas, entre outras formas de usos possíveis nas quatro horas de funcionamento do gerador. A figura 4.1 mostra um congelador existente na comunidade.

Figura 4.1: Congelador (*freezer*) de um domicílio.

Devido ao compartimento termicamente isolado do *freezer*, as bebidas e os alimentos podem ficar guardados até o dia seguinte, quando o gerador a diesel volta a funcionar.

Não existem interruptores para as lâmpadas nas instalações elétricas do circuito da mini-rede, acarretando que fiquem ligadas sempre que o gerador funcione, sem a possibilidade de controle do tempo de funcionamento pelo usuário. Também não existe quadro de distribuição nem disjuntores ou qualquer dispositivo de proteção. As instalações internas são feitas, em sua maioria, por fios esticados ao longo das residências e conectados às lâmpadas e tomadas por emendas precárias e sem isolamento adequado (MOCELIN et al., 2006).

Quando os SFDs foram instalados na comunidade, a equipe de implantação trouxe lâmpadas fluorescentes compactas para serem utilizadas nos pontos de iluminação da instalação. A inserção desse tipo de lâmpada nos domicílios de São Francisco do Aiucá foi uma novidade, pois, apesar delas estarem disponíveis no comércio de Uarini e dos municípios vizinhos, os moradores davam preferência às lâmpadas incandescentes, mais baratas e as únicas disponíveis no comércio local da comunidade.

A figura 4.2 mostra as lâmpadas incandescentes conectadas à mini-rede do gerador a diesel e as fluorescentes compactas dos sistemas fotovoltaicos domiciliares instalados.



Figura 4.2: Lâmpadas incandescentes e fluorescentes de um domicílio.

Convém ressaltar que, segundo a Resolução ANEEL nº 83 de 2004, a aquisição de lâmpadas é de responsabilidade dos usuários, uma vez que estão conectadas às instalações internas, além do ponto de entrega e, portanto, fora dos limites de responsabilidade da concessionária. Contudo, é importante fornecer as primeiras lâmpadas para que fatores alheios não influenciem na análise do projeto, na medida em que falhas nas lâmpadas podem ser interpretadas, por exemplo, como falhas no sistema, ocasionando chamadas no serviço de atendimento ao usuário e elevando custos operacionais.

Um fato importante a considerar-se nessa questão é que as lâmpadas incandescentes são mais fáceis de manusear e de verificar falhas e danos; já as lâmpadas fluorescentes compactas são mais frágeis e não permitem a visualização do seu estado. Por isso, vale a pena investir em um treinamento básico dirigido a todos os responsáveis pelos sistemas.

O número de pontos de iluminação instalados com os SFDs em cada residência variou entre três e quatro. Em todos os domicílios, os moradores escolheram colocar lâmpadas nas cozinhas tradicionais, onde se preparam os alimentos e se guardam vários utensílios domésticos e de trabalho.

Constatou-se que a fuligem advinda da queima de lenha nessas cozinhas tradicionais foi um dos principais fatores que contribuíram para a troca de lâmpadas. Essas cozinhas possuem uma lâmpada fluorescente de 15 W ou 20 W instalada em seu interior. Uma das soluções foi instalar lâmpadas móveis de tal forma que possam ser deslocadas para evitar a exposição à fumaça. A figura 4.3 mostra uma lâmpada suja pela fumaça e uma lâmpada móvel, instalada para contornar esse problema.



Figura 4.3: Lâmpada com fuligem e lâmpada móvel.

Depois da instalação dos SFDs na comunidade, os equipamentos listados na tabela 4.1, com exceção dos *freezers* e das lâmpadas de iluminação pública, passaram a ser conectados nos sistemas fotovoltaicos no período em que o gerador a diesel não funciona. As fotos da figura 4.4 mostram alguns equipamentos de uso final existentes nos domicílios da comunidade.



Figura 4.4: Equipamentos de uso final conectados aos SFDs no início da operação.

Pode-se dizer que a disponibilidade de energia 24 horas por dia nos domicílios atendidos e a possibilidade de comprar equipamentos de uso final iguais aos utilizados nos centros urbanos diminuíram as diferenças entre os moradores de São Francisco do Aiucá e seus conterrâneos da sede do município de Urini.

As fotos da figura 4.5 mostram dois tipos de equipamentos elétricos que não existiam na comunidade antes da instalação dos SFDs e que foram recentemente adquiridos pelos moradores. O primeiro é uma máquina de cortar cabelo e o outro, uma lâmpada de 1 W para ficar ligada durante toda a noite.



Figura 4.5: Equipamentos de uso final identificados após a instalação dos SFDs.

4.2 Consumo mensal de energia elétrica de cada SFD

O consumo mensal de eletricidade de cada SFD instalado na comunidade foi monitorado ao longo dos primeiros dezoito meses de funcionamento. O registro desses dados foi feito no caderno entregue a cada responsável pelo SFD no início da operação dos sistemas. Foi recomendado que esse caderno ficasse sempre próximo ao quadro elétrico, a fim de evitar extravios e conseqüente perda de informações, pois, além dos dados de consumo mensal, esse caderno contém o histórico de manutenção do sistema.

No primeiro dia de cada mês, um dos gestores do fundo de O&M realiza a leitura dos dados numéricos que aparecem no mostrador do medidor de Ah de cada SFD e anota no respectivo caderno, que contém planilhas próprias para esse fim. Os dados são, então, repassados para as planilhas dos agentes de eletrificação, garantindo assim a integridade das informações.

As figuras 4.6, 4.7 e 4.8 mostram os consumos de cada SFD ao longo dos meses de funcionamento das instalações.

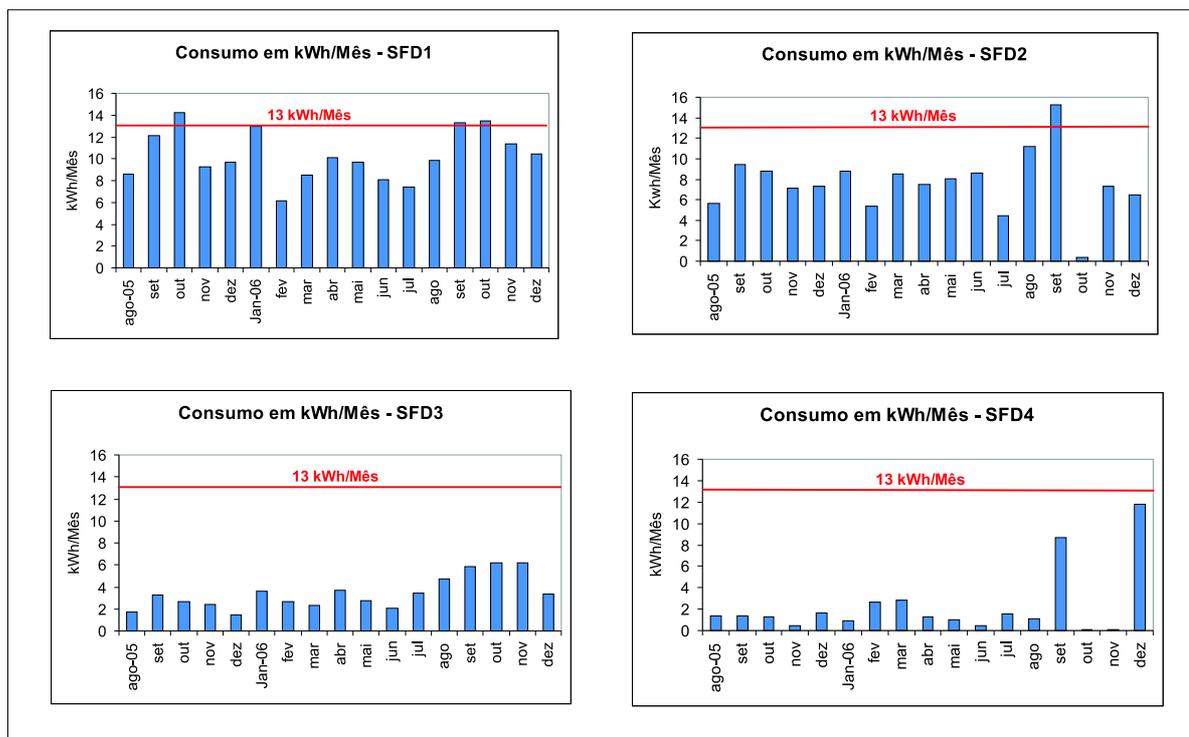


Figura 4.6: Consumo de eletricidade dos SFDs 1 a 4.

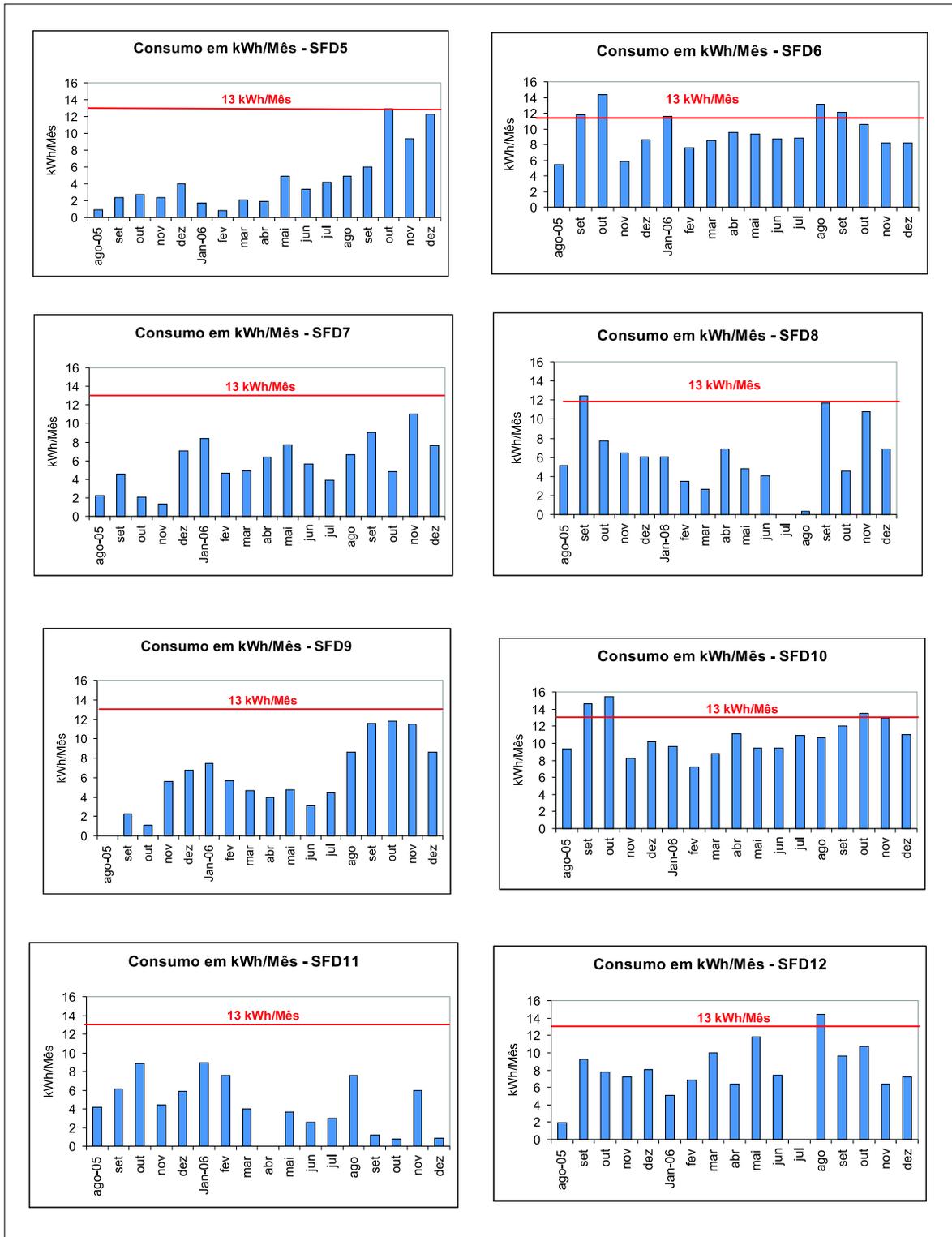


Figura 4.7: Consumo de eletricidade dos SFDs 5 a 12.

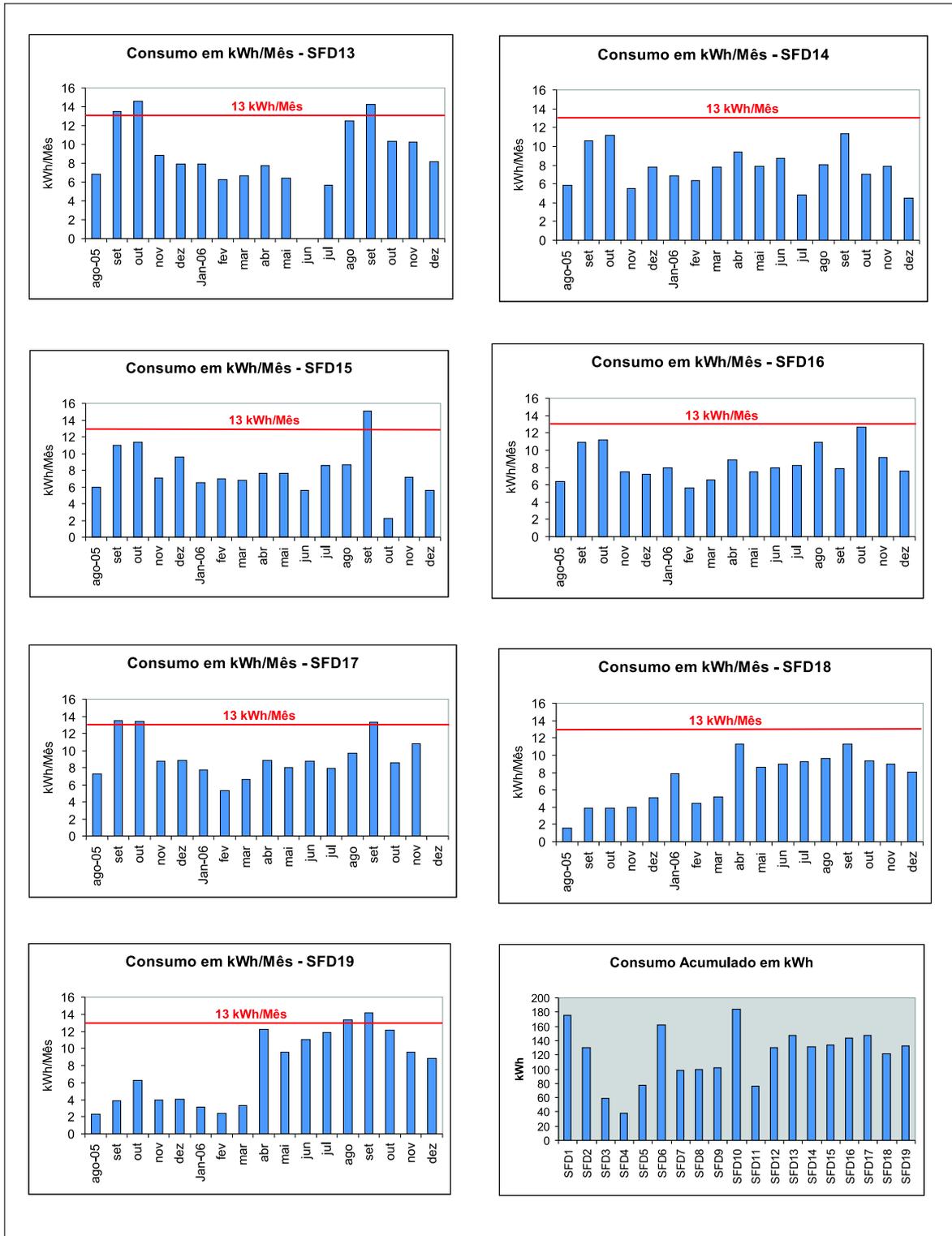


Figura 4.8: Consumo de eletricidade dos SFDs 13 a 19 e acumulado.

Na tabela 4.2 são apresentados a carga instalada, os consumos mensais mínimo, médio e máximo de eletricidade e o consumo de água das baterias dos dezenove SFDs na comunidade São Francisco do Aiucá durante os meses de funcionamento dos sistemas. Ao longo desse período, a carga instalada em cada SFD aumentou em quinze deles e permaneceu igual em quatro. O aumento médio de carga instalada em cada SFD foi de 127,03 W.

Tabela 4.2: Consumos de eletricidade e de água das baterias dos 19 SFDs.

SFD	Carga no início (W)	Carga após um ano (W)	Consumo mensal mínimo (kWh/mês)	Consumo mensal máximo (kWh/mês)	Consumo mensal médio (kWh/mês)	Consumo de água das baterias (litros)
SFD1	106	437	6.15	14.22	9.84	< 1
SFD2	166	172	4.47	9.47	7.63	< 1
SFD3	55	55	1.49	3.72	2.76	< 1
SFD4	70	70	0.43	2.81	1.39	< 1
SFD5	70	70	0.85	4.94	2.78	< 1
SFD6	175	264	5.43	14.38	9.52	< 1
SFD7	85	166	1.29	8.35	5.13	< 1
SFD8	185	258	2.67	12.42	5.51	< 1
SFD9	261	321	0	7.43	4.52	< 1
SFD10	364	505	7.18	15.46	10.47	< 1
SFD11	199	199	0	8.90	4.99	Maior que 1
SFD12	140	155	1.95	11.84	7.26	< 1
SFD13	130	530	0	14.59	7.77	< 1
SFD14	211	636	4.79	11.17	7.89	Maior que 1
SFD15	197	677	5.55	11.38	8.07	Maior que 1
SFD16	300	715	5.67	11.16	8.14	Maior que 1
SFD17	198	236	7.26	13.48	8.88	Maior que 1
SFD18	55	142	1.57	11.33	6.60	< 1
SFD19	80	196	2.26	12.19	6.51	Maior que 1

Cinco sistemas tiveram valores mensais de consumo maiores que os requeridos pela classe de atendimento SIGFI13. No entanto, os valores médios indicam todos os sistemas com consumo abaixo de 13 kWh/mês no período monitorado.

O consumo de água das baterias está relacionado com o consumo de eletricidade e com a temperatura no interior dos abrigos. Portanto, a localização e a construção dos abrigos podem contribuir para melhorar as condições do ambiente em que estejam as baterias.

Com relação aos meios utilizados pelos usuários para controle do consumo, a maioria relatou que a indicação visual fornecida pelo controlador de carga, que indica o nível de carga da bateria através de barras, facilita a compreensão e não requer controle numérico, ao contrário do controle realizado por meio do medidor de Ah, que requer o uso de operação de adição e subtração. A indicação fornecida pelo inversor, através de um *led* no painel frontal, é mais utilizada para constatação de falta de energia, ligação de equipamento não compatível e curto-circuito na instalação.

Como pode-se observar, o consumo de eletricidade dos SFDs possui caráter aleatório, variando ao longo do tempo no mesmo domicílio ou entre os domicílios. Dentre os possíveis fatores que influenciam esse comportamento, destacam-se: técnicos, gerenciais, psicológicos, geográficos, demográficos, socioculturais e econômicos (MORANTE, 2004)¹.

¹Para aprofundar-se no tema demanda de energia elétrica em sistemas fotovoltaicos domiciliares, veja-se a tese de Federico Morante, na qual encontram-se o tratamento estatístico e a análise de dados de consumo de eletricidade em comunidades rurais.

4.3 Qualidade do fornecimento de energia elétrica

Conforme dispõe o artigo 5º da Resolução ANEEL nº 83 de 2004, a qualidade do fornecimento de energia elétrica do SFD deve ser supervisionada, avaliada e controlada por meio do indicador de continuidade individual (DIC). Por isso, além do consumo de eletricidade de cada SFD, ao longo do primeiro ano também foram registrados os tipos de interrupções do serviço de eletricidade e a duração de tais eventos, assim como o número de lâmpadas trocadas.

Essas informações, coletadas pelos agentes de eletrificação, são atualizadas constantemente, procedimento previsto no artigo 8º da Resolução ANEEL nº 83, que determina o registro das informações sobre o indicador DIC para fins de fiscalização da ANEEL.

Adicionalmente, no artigo 10 da Resolução ANEEL nº 83, estão estabelecidos os padrões de referência para o indicador DIC: 216 horas (9 dias) para o DIC mensal e 648 horas (27 dias) para o DIC anual. A tabela 4.3 mostra o comportamento dessas variáveis no período de agosto de 2005 a fevereiro de 2007.

Tabela 4.3: DIC mensal e anual dos 19 SFDs.

SFD	Lâmpadas trocadas	Interrupções do serviço	DIC mensal (horas)	DIC anual (horas)
SFD1	-----	Inversor CC/CA	72	72
SFD2	3 x 20W	-----	-----	-----
SFD3	1 x 15W	-----	-----	-----
SFD4	-----	Disjuntor diferencial	120	120
SFD5	1 x 15W	-----	-----	-----
SFD6	1 x 15W	Corte automático	24	24
SFD7	-----	-----	-----	-----
SFD8	1 x 15W	-----	-----	-----
SFD9	2 x 20W	-----	-----	-----
SFD10	1 x 20W	-----	-----	-----
SFD11	-----	-----	-----	-----
SFD12	1 x 20W	Corte automático	24	24
SFD13	1 x 15W	Conexão no quadro	168	168
SFD14	-----	Corte automático	24	24
SFD15	-----	-----	-----	-----
SFD16	1 x 15W	Corte automático	24	24
SFD17	1 x 20W	Corte automático	24	24
SFD18	-----	-----	-----	-----
SFD19	1 x 15W	-----	-----	-----

Os valores de DIC mensal e anual estão de acordo com os padrões de continuidade estabelecidos pela Resolução ANEEL nº 83 e aparecem iguais na tabela 4.3 porque cada sistema sofreu somente uma interrupção ao longo do primeiro ano e meio. Para serem solucionadas pelos moradores, a interrupção causada pelo disjuntor diferencial no SFD4 demorou cinco dias, a causada por uma falha nas conexões do quadro elétrico do SFD13 demorou sete dias e a troca do inversor CC/CA do SFD1 demorou três dias.

Durante o mês de abril de 2006, ocorreram faltas de energia em cinco residências. Cada falta de energia teve a duração de uma noite. Segundo informações dos comunitários, houve uma sucessão de dias nublados no mês dos cortes automáticos desses sistemas. O baixo nível de radiação solar e as cargas existentes nos SFDs podem ter contribuído para que alguns sistemas atingissem o limite de dois dias de autonomia, que é o determinado pela Resolução dos SIGFIs.

Até o momento, apenas um inversor sofreu avarias. No entanto, os próprios técnicos locais realizaram a substituição desse inversor por outro existente no almoxarifado da comunidade. As lâmpadas de reposição também foram retiradas desse almoxarifado e as lâmpadas substituídas foram recolhidas em local apropriado. Foram trocadas quinze lâmpadas no período de monitoramento do projeto.

Com relação aos níveis de tensão, frequência e distorção harmônica, os Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares indicaram valores de distorção harmônica total de tensão, em relação à fundamental, variando entre 3,8 e 4,5 %. Para a tensão eficaz os valores ficaram entre 117,2 e 118,7 Volts e para a frequência os valores variaram entre 59,8 e 60,1 Hz.

As mesmas medições realizadas no gerador diesel indicaram valores de distorção harmônica total de tensão, em relação à fundamental, variando entre 9,8 e 20,7 %. Para a tensão eficaz os valores ficaram entre 107,2 e 112 Volts e para a frequência os valores variaram entre 60,6 e 66,7 Hz.

4.4 Fundo de O&M *versus* custos operacionais

Além do monitoramento do desempenho técnico dos SFDs instalados na comunidade, o modelo de gestão utilizado prevê o controle do fundo de operação e manutenção desses sistemas. Esse controle é feito por meio do recolhimento das mensalidades pagas pelos usuários dos SFDs, realizado pelos gestores do Fundo de O&M, e do depósito na conta poupança da comunidade. A tabela 4.4 mostra os valores referentes ao fundo de O&M dos 19 SFDs na comunidade São Francisco do Aiucá em fevereiro de 2007.

Tabela 4.4: Valores acumulados do Fundo de O&M.

Número de sistemas	19
Valor da mensalidade	15 reais
Número de meses	17
Depósito inicial da comunidade	2850 reais
Arrecadado com mensalidades	4470 reais
Total em 05 de fevereiro de 2007	7320 reais
Valor esperado em fevereiro de 2007	7695 reais
Inadimplência total	375 reais
Inadimplência média por domicílio	19,73 reais

O regulamento dos usuários dos SFDs permite que cada domicílio atrase até três prestações mensais, mas existem algumas famílias que pagam suas mensalidades em dia ou até mesmo adiantadas. Analisando o extrato bancário do final de fevereiro de 2007, constatou-se que o fundo de O&M possuía 7.320 reais, o que significa 375 reais de atraso nos pagamentos ao fundo, ou seja, aproximadamente 25 prestações. Como existem dezenove sistemas, o nível de inadimplência é, na média, aproximadamente 20 reais por domicílio.

A mensalidade paga ao Fundo de O&M representa somente o valor necessário para reposição das baterias; os demais gastos que o sistema eventualmente pode ocasionar devido a falhas em outros componentes não estão previstos pelo fundo. Além disso, os SFDs exigem manutenção preventiva e corretiva, o que requer uma pessoa habilitada, ferramentas de trabalho e meios de transporte, mesmo que existam técnicos locais capacitados para a manutenção básica.

Os custos envolvidos na realização de uma visita à comunidade São Francisco do Aiucá são compostos pelos gastos com transporte, mostrados na tabela 3.4, e pelos gastos com mão-de-obra. Para este último, deve-se considerar o deslocamento de dois técnicos, conforme determina a NR 10. A tabela 4.5 mostra o custo total por visita (ida e volta), considerando que o tempo de permanência dos dois técnicos na comunidade é de duas horas e que o salário de cada um é de 350 reais mensais.

Tabela 4.5: Custo total por visita à comunidade.

Embarcação	Tempo e custo do transporte	Custo de mão-de-obra (por técnico)	Custo total (transporte + mão-de-obra)
Barco grande de 315 HP	14 horas Custo de R\$ 1.060	R\$ 2,2 por hora	16 h * 2,2 reais * 2 técnicos = R\$ 70,40 Total = R\$ 1.130,40
Voadeira de 40 HP	5 horas Custo de R\$ 585	R\$ 2,2 por hora	7 h * 2,2 reais * 2 técnicos = R\$ 30,80 Total = R\$ 615,80
Rabeta de 6 HP	16 horas Custo de R\$ 65	R\$ 2,2 por hora	18 h * 2,2 reais * 2 técnicos = R\$ 79,20 Total = R\$ 144,20
Rabeta adaptada GLP	16 horas Custo de R\$ 68	R\$ 2,2 por hora	18 h * 2,2 reais * 2 técnicos = R\$ 79,20 Total = R\$ 147,20
Transporte Coletivo	16 horas Custo de R\$ 50	R\$ 2,2 por hora	18 h * 2,2 reais * 2 técnicos = R\$ 79,20 Total = R\$ 129,20

Os valores mostrados na tabela 4.5 dão uma idéia dos custos que a concessionária terá caso opte pela alternativa fotovoltaica e mantenha uma equipe técnica responsável pelos SFDs na sede do município de Tefé.

Comparando esses custos com os valores das mensalidades de 15 reais por domicílio pagas ao fundo de O&M, tem-se que uma visita utilizando transporte coletivo² equivale a cerca de 8 mensalidades; com voadeira, esse valor atinge mais de 40 mensalidades. Sendo assim, confirma-se a importância da existência de técnicos locais para diminuição dos custos operacionais.

²O transporte coletivo refere-se às embarcações que percorrem diariamente o trajeto entre as cidades de Tefé e Fonte Boa transportando passageiros e cargas (ver a figura 2.3 e o Anexo B).

A mesma análise pode ser utilizada para estimar os gastos que um usuário de SFD da comunidade teria para acessar o serviço de atendimento e comunicar à concessionária a ocorrência de avaria em seu sistema. Supondo que esse usuário se desloque até o telefone público mais próximo, localizado na sede do município de Uarini, utilizando uma rabetta que consome 7 litros de gasolina para ida e mais 7 para a volta, o desembolso seria de aproximadamente 40 reais, o que equivale a quase 3 mensalidades. Nota-se que os usuários serão bastante prejudicados pela inexistência de um serviço de telecomunicações nas suas proximidades, podendo resultar em impedimentos à sustentabilidade do projeto.

Os custos operacionais podem variar conforme o período, sendo mínimo se o sistema não tiver nenhuma chamada (mesmo assim, a rotina de manutenção preventiva deve ser realizada no máximo a cada três meses), e máximo, se houver a necessidade de se deslocar três vezes (máximo número de viagens necessárias para cumprir o DIC mensal, na pior das hipóteses).

Sendo assim, os custos de deslocamento e de mão-de-obra utilizados para garantir os requerimentos da Resolução ANEEL nº 83 de 2004 são, a princípio, incompatíveis com os valores a serem pagos pelos usuários à concessionária que optar por sistemas fotovoltaicos no cumprimento das metas de universalização, haja vista que a tarifa a ser cobrada é de aproximadamente 3 reais por domicílio.

4.5 Impactos sociais, econômicos e ambientais na comunidade

Analisar os impactos causados pela eletrificação de uma comunidade é, indissociavelmente, comparar as mudanças entre a sua história e suas novas possibilidades, tanto em sua economia, quanto nos âmbitos social e ambiental.

A introdução da tecnologia fotovoltaica promoveu importantes transformações na comunidade São Francisco do Aiucá. Embora os moradores já fossem usuários do gerador a diesel, a implantação de um sistema que tem por base uma fonte de energia acessível e inesgotável promoveu uma relativa autonomia dessa comunidade no que diz respeito à utilização de eletricidade.

Embora essa afirmação sobre a autonomia possa parecer redundante, nem sempre é possível se dar conta, ainda mais quando inseridos no contexto, que, a cada eleição ou a cada novo mandato, as estratégias de eletrificação servem a interesses daquele momento político. É o caso do regime de dependência ocasionado pela doação de geradores com fornecimento mensal de diesel pela prefeitura.

O gerador a diesel demanda de seus usuários uma mínima interação entre eles e o sistema, pois somente é necessário o trabalho de uma pessoa responsável por ligar e desligar o sistema central. Já habilitar a comunidade para o gerenciamento operacional do sistema fotovoltaico requereu um processo de capacitação dos usuários, não só no que diz respeito ao uso domiciliar do sistema (entender os avisos luminosos do inversor, controlar o consumo de eletricidade e restringir o uso de determinados equipamentos), mas fez-se necessária também a promoção da interação comunitária na gestão da iniciativa, sem a qual o funcionamento do sistema se torna inviável.

Embora, *a priori*, a mobilização de todos os usuários para o bom andamento dos sistemas fotovoltaicos possa parecer um fator negativo quando comparada à facilidade de operação do gerador a diesel, essa necessidade deixou de ser somente um requisito necessário para o bom andamento do sistema fotovoltaico e culminou por fortalecer os laços comunitários em São Francisco de Aiucá. A contribuição ao fundo de O&M e a participação de homens, mulheres e crianças no processo de capacitação e nas tomadas de decisões sobre os SFDs corroboram essa afirmação.

Ainda que os principais serviços prestados pelo gerador a diesel sejam iluminação, refrigeração, ventilação e entretenimento, existe a limitação de quatro horas diárias de funcionamento. Dentre os benefícios relatados pelos usuários dos SFDs na comunidade, está a disponibilidade de uso durante as 24 horas do dia, o que proporciona melhores condições de atendimento das mães a seus bebês no período noturno, maior segurança aos pescadores no preparo dos seus materiais de trabalho durante a madrugada e maior comodidade para as refeições noturnas; ou seja, melhoria efetiva na qualidade de vida dos moradores.

Nos SFDs, classe de atendimento SIGFI13, instalados na comunidade não é possível a conexão dos *freezers* existentes e também não há serviço de iluminação pública (a intenção do projeto é testar o padrão mínimo de atendimento domiciliar). Entretanto, como já mencionado, a eletricidade está disponível nas 24 horas do dia, o que possibilita a utilização de diversos equipamentos de uso final a qualquer momento. Além disso, a fonte de energia solar está disponível para todos, diferentemente do diesel, que depende de questões políticas, econômicas, época do ano, etc.

Uma outra melhoria reconhecida pela comunidade é a da qualidade do ar no interior das residências. A poluição resultante da queima do diesel e de outras formas de iluminação provocava problemas de saúde na população. O gerador a diesel também foi apontado como um incômodo promotor de poluição sonora, enquanto os SFDs podem ser utilizados durante toda a noite sem inconvenientes.

Uma alteração sutil, porém significativa, verificada pelas mulheres após a implantação dos sistemas fotovoltaicos, foi a redução dos gastos com sabão e do esforço exigido na lavagem das roupas, em razão da diminuição da fuligem causada pelo uso dos energéticos preexistentes.

Em relação aos benefícios econômicos obtidos com a instalação dos SFDs, os usuários citaram, em questionários aplicados na comunidade, a redução ou eliminação dos gastos com energéticos utilizados para iluminação. A média mensal dos gastos era de 9,26 reais com pilhas para lanternas e rádio; 10,77 reais com diesel para ser queimado nas lamparinas (também denominado combustol); 3,54 reais com velas. Valores estimados com base nos dados dos referidos questionários.

A extração de madeira para a construção dos abrigos das baterias e para os postes de sustentação dos módulos fotovoltaicos pode ser considerada um impacto ambiental. No entanto, as estratégias de manejo sustentável incentivadas pelo IDSM reduzem alterações causadas por esse tipo de ação, contribuindo para a preservação da vegetação local e, conseqüentemente, para que o impacto seja reduzido. Do mesmo modo, as baterias dos SFDs podem ser consideradas resíduos impactantes; porém, o projeto prevê a capacitação dos usuários para o seu correto descarte.

Um reflexo social importante dessa implantação é o fato de os moradores terem a possibilidade de sentirem-se integrados ao restante da população com melhores condições de acesso aos benefícios da eletricidade, pois só pelo fato de terem energia disponível o dia todo esses moradores já sentem uma proximidade maior com a população dos grandes centros urbanos, que é, comumente, a primeira beneficiada pelos avanços tecnológicos. De acordo com a proposta do projeto piloto apresentada ao CNPq, isso pode “evitar o incremento do deslocamento da população rural dispersa para as localidades maiores que, por estarem mais próximas dos centros urbanos, são eletrificadas vários anos antes de qualquer previsão de atendimento dos locais mais distantes”.

Um fato que ilustra essa afirmação é o que foi observado no dia da transmissão da cerimônia de abertura da Copa do Mundo de Futebol de 2006, ocasião em que a maior parte das casas estava com seus televisores ligados graças aos SFDs. Isso mostra que as instalações fotovoltaicas possibilitam o acesso aos principais acontecimentos nacionais e internacionais, já que o fornecimento de energia elétrica acontece nas 24 horas do dia.

As crianças também são beneficiadas por essa disponibilidade de energia, pois a programação infantil é transmitida no período diurno. No entanto, esse aspecto tem causado insatisfação nas mães, em razão do desinteresse das crianças pelas tarefas rotineiras.

O uso de rádio na comunidade foi afetado devido às interferências eletromagnéticas produzidas pelo inversor CC/CA. Realizaram-se testes para verificar essas interferências nas faixas de frequências utilizadas pela comunidade para sintonizar emisoras de rádio. A tabela 4.6 mostra as faixas de frequências³ acessíveis na comunidade.

Tabela 4.6: Faixas de rádio acessíveis na comunidade.

Nome da faixa	Faixa de frequências
Ondas Médias	525 a 1650 kHz
Ondas Tropicais hectométricas	2300 a 2495 kHz
Ondas Tropicais decamétricas	3200 a 3400 kHz, 4750 a 4995 kHz e 5005 a 5060 kHz
Ondas Curtas decamétricas	5950 a 6200 kHz, 9500 a 9775 kHz, 11700 a 11975 kHz, 15100 a 15450 kHz, 17700 a 17900 kHz, 21450 a 21750 kHz e 25600 a 26100 kHz

Em todas as faixas de frequências mostradas o sinal é transmitido com Modulação em Amplitude (AM). Emisoras que operam com Modulação em Frequência (FM), de 88 MHz a 108 MHz, não são acessíveis na comunidade. Alguns aparelhos de rádio são capazes de sintonizar emisoras em até 10 faixas dentre aquelas mostradas na tabela 4.6. O valor de um aparelho como esse no comércio de Manaus é aproximadamente 120 reais. Na comunidade, foram encontrados modelos capazes de sintonizar até 6 faixas distintas. Os testes de interferência eletromagnética não foram conclusivos, mas mostraram que a interferência provocada pelos inversores é significativa. A solução encontrada pela comunidade para reduzir a interferência foi usar os aparelhos de rádio fora das casas, como, por exemplo, nas casas de farinha e na beira do igarapé, onde a influência dos inversores é menor.

O conhecimento da tecnologia e das técnicas de implantação obtido pelo IDSM no processo de eletrificação poderá ser aproveitado para o ecoturismo e para outras estratégias de desenvolvimento e de melhoria da qualidade de vida dos moradores da RDSM⁴ promovidas pelo Instituto.

Para finalizar, é necessário apontar que, por melhores que sejam as intenções dos implementadores de um projeto, seria demasiado ingênuo acreditar que ele poderia ser levado adiante sem causar impactos à comunidade na qual foi introduzido. O que se acredita, no entanto, é que os efeitos benéficos sobre a vida das comunidades, decorrentes da implantação, serão maiores que os efeitos adversos.

³Os nomes e as faixas de frequências mostrados na tabela estão de acordo com a nomenclatura utilizada pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

⁴Das comunidades mostradas no Anexo B, apenas a comunidade São Francisco do Aiucá possui disponibilidade de energia elétrica 24 horas diariamente, graças à existência dos SFDs. Nas demais comunidades, o fornecimento de eletricidade, quando há, é realizado de forma precária através de motogeradores a diesel.

4.6 Perspectivas de sustentabilidade

É consenso que a infra-estrutura, principalmente energética, é um requisito para estratégias de desenvolvimento.

Apoiando-se nessa proposição, as políticas públicas para o desenvolvimento regional da Amazônia vêm aplicando consideráveis recursos na implantação de infra-estruturas para a região. No entanto, os investimentos não têm sido feitos de forma homogênea, priorizando áreas urbanas em crescimento e centros com maior potencial econômico e competitivo, como a Zona Franca de Manaus. Além disso, nas estratégias de integração da Amazônia ao espaço produtivo brasileiro praticadas desde a década de 1990, têm sido preferidas (em contradição com as diretrizes do Ministério do Meio Ambiente) infra-estruturas de impactos ecológicos mais fortes: as estradas e as barragens, respectivamente meio de transporte e fonte energética (THÉRY, 2005).

Assim, constroem-se represas para hidrelétricas e rasgam-se rodovias em desmesuradas extensões de terras florestadas sem qualquer previsão ou gerenciamento de impactos físicos, ecológicos e socioambientais, sob alegações de um desenvolvimento absolutamente incompleto e anti-social. Em conseqüência, o mundo urbano novo, que fez crescer e multiplicar cidades, atraiu gente de todas as beiradas de rio e igarapés, mas não teve força para ampliar ou multiplicar mercados de trabalho. Daí ter surgido uma nova pobreza, responsável por subnutrição, bairros carentes, favelas e dramas pessoais e familiares inenarráveis (AB´SÁBER, 2005).

No que se refere às questões energéticas citadas acima, a energia fotovoltaica apresenta-se como proposta viável para suprir a demanda energética das populações rurais da Amazônia, pela característica auto-sustentável da fonte solar e pelo aproveitamento das condições climáticas da região.

Além disso, os sistemas fotovoltaicos permitem atendimento descentralizado, o que possibilita a essas populações, a princípio excluídas dos benefícios dos avanços tecnológicos e científicos, usufruírem da energia elétrica para melhorar suas condições de vida e trabalho, preservando, porém, seu modo de vida e a natureza.

Um dos maiores problemas que têm sido encontrados no Brasil e em outros países em desenvolvimento é a sustentabilidade dos sistemas de eletrificação em áreas isoladas. Isso deve-se a vários fatores, dentre os quais a pobreza, a falta de instrução e de políticas públicas, etc. (PINHO et al., 2004).

Considerando todas as dificuldades inerentes à continuidade do atendimento de energia encontradas em sistemas instalados em comunidades remotas do Brasil, a experiência de eletrificação com sistemas fotovoltaicos em São Francisco do Aiucá possibilita citar três condições básicas para o funcionamento dos sistemas: bom nível de organização comunitária, disponibilidade de materiais na comunidade e/ou no seu entorno e recursos humanos disponíveis na região especializados nesse tipo de tecnologia.

Para tanto, torna-se patente a criação de uma cadeia de suprimentos para energia fotovoltaica e de um novo modelo de assistência técnica, que acompanhe a tendência de descentralização dos sistemas energéticos para cumprimento do plano nacional de universalização do acesso e uso de energia elétrica.

Esse modelo deve fomentar a cooperação da população para minimizar os custos operacionais, potencialmente elevados em razão das distâncias físicas e das dinâmicas social e ambiental de comunidades remotas da Região Amazônica, viabilizando o fornecimento de energia elétrica de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução ANEEL nº 83 de 2004. Nesse sentido, devem ser desenvolvidas ações de capacitação de usuários e treinamento de técnicos locais para responder a demandas simples de manutenção, mas de grande reflexo no funcionamento dos sistemas e nos custos operacionais.

A integração com projetos multissetoriais, especialmente de educação e saúde, pode minimizar os efeitos adversos do processo e maximizar os impactos benéficos da energia elétrica. Além de conferir complementaridade aos projetos, as parcerias institucionais possibilitam o intercâmbio de informações e a troca de experiências, fatores enriquecedores para as áreas envolvidas.

Um importante vetor para a previsão da continuidade da operação dos sistemas fotovoltaicos é a satisfação dos usuários; pois, quando eles percebem que os benefícios provenientes da tecnologia são maiores que as adversidades, esforçam-se para superar suas limitações e alcançar os atributos necessários para garantir a durabilidade dos benefícios.

A participação dos moradores de São Francisco do Aiucá nos cursos de formação dos técnicos locais demonstrou o interesse da comunidade na continuidade do projeto e a consciência que eles têm de sua responsabilidade para o sucesso da iniciativa.

Alguns indicadores da satisfação dos usuários, como já apontados na seção anterior, podem ser obtidos quando se considera o nível de inadimplência ao fundo, a boa participação de homens e mulheres nas decisões referentes aos sistemas e a solicitação da instalação de SFDs nos domicílios não contemplados.

A solicitação dos moradores para instalar sistemas fotovoltaicos nos prédios comunitários (centro comunitário, igreja e sistema de bombeamento de água) indica o bom potencial dessa tecnologia.

A revitalização dos sistemas de bombeamento de água pode contribuir para a sustentabilidade dos sistemas instalados, na medida em que quanto maiores forem as aplicações de Sistemas Fotovoltaicos (SFs) na comunidade, mais pessoas estarão envolvidas e, espera-se, maiores serão os esforços para manter os sistemas funcionando.

Pelos mesmos motivos, a instalação de um sistema híbrido solar-diesel para atendimento dos *freezers* pode contribuir para a continuidade do projeto. Atualmente, os moradores precisam deslocar-se até a sede do município de Uarini para comprar gelo para estocar o pescado e outros produtos dentro de caixas de isopor. Levando em consideração os custos de cada família com a viagem (ida e volta consomem cerca de 15 litros de gasolina e 5 horas de viagem em barco do tipo rabeta, que variam para mais ou para menos nas épocas de vazante e cheia, respectivamente) e com a compra do gelo (3 pedras de gelo de 50 kg cada duram em média 1 semana na caixa de isopor de 270 litros e custam 6 reais cada), a economia resultante do funcionamento dos *freezers* seria significativa.

A viabilidade dessas duas opções, a revitalização do sistema de bombeamento de água e a instalação de um sistema híbrido para atendimento dos *freezers*, está sendo avaliada pelo LSF/IEE/USP.

A escola possui energia elétrica, de forma precária, por meio do gerador a diesel. A comunidade possui uma certa resistência à eletrificação da escola com SFD, pois o fornecimento do diesel está vinculado à utilização na escola. Afinal de contas, manter o abastecimento de diesel é importante para, por exemplo, garantir a iluminação pública. O gerador só funciona durante a noite e, conseqüentemente, não há possibilidade de utilização de lâmpadas nem de aparelhos audiovisuais como ferramentas pedagógicas auxiliares no período diurno, que serviriam tanto para o aprimoramento profissional da professora quanto para estimular o interesse dos alunos. Além disso, em razão da inconstância da doação de diesel, a escola funciona freqüentemente somente no período diurno, o que dificulta o acesso para pessoas que precisam utilizar o dia para o trabalho na roça ou nos rios. Recentemente, os próprios moradores fizeram uma extensão de um ponto de iluminação com energia oriunda do sistema fotovoltaico de uma casa vizinha para a escola.

Ressaltam-se, ainda, as recomendações feitas pelo Tribunal de Contas da União para melhorar o desempenho de projetos de energia para pequenas comunidades. Entre elas, o incremento da integração com outros programas governamentais de forma que sejam im-

plementadas ações sociais conjuntas, em especial com o Ministério de Educação, que tem programas como TV Escola, Biblioteca da Escola, Educação de Jovens e Adultos, entre outros (TCU, 2003).

O investimento na inclusão digital e nas telecomunicações faz parte da política de desenvolvimento do IDSM e do Governo Federal e pode ser favorecido pela energia elétrica proporcionada pelos SFDs.

Outra estratégia no sentido de garantir o bom funcionamento dos sistemas a longo prazo é sensibilizar as crianças quanto à importância do uso racional da energia elétrica. Inserir o tema energia solar na ementa da escola e promover atividades relacionadas aos SFDs com os agentes mirins da comunidade são caminhos possíveis para isso. Vale lembrar que atividades de coleta de pilhas realizadas pelos agentes mirins de São Francisco do Aiucá, sob responsabilidade do IDSM, já estão sendo implementadas.

No estágio atual, o projeto está focado no monitoramento do desempenho dos sistemas e na avaliação de sua adaptabilidade ao meio. Esforços estão concentrados nos cursos de treinamento dos técnicos locais, no apoio à estrutura da associação para a gestão do fundo de operação e manutenção e no estabelecimento de uma rotina de manutenção preventiva. Embora os próprios moradores possam atuar como técnicos locais e como fornecedores de alguns materiais, tal como foi demonstrado na construção dos abrigos das baterias, avaliações de fatores responsáveis pelo baixo aproveitamento dos sistemas em outras comunidades identificaram alguns requerimentos adicionais para a continuidade de projetos de eletrificação rural que utilizam tecnologia fotovoltaica. Entre eles, a necessidade de pessoas capacitadas nesse tipo de tecnologia nas principais cidades ou nas sedes dos municípios e a ampliação das possibilidades de comunicação.

O prazo para atendimento do município de Uarini, segundo as metas de universalização estabelecidas pela CEAM, é 2012. Ainda assim, foi feita uma tentativa de articulação com a CEAM no município de Tefé. Apesar dos representantes dessa concessionária demonstrarem interesse e reconhecerem a necessidade do uso de SFDs na sua área de concessão, a companhia alegou não possuir uma estrutura operacional para acompanhar o desenvolvimento do projeto. Isso amplia a importância da autonomia operacional dos sistemas instalados na comunidade.

De acordo com os lineamentos do projeto, uma das atividades é a difusão dos resultados obtidos, pois a disseminação da tecnologia fotovoltaica pode possibilitar o surgimento de uma cadeia de suprimentos fundamentais para a consolidação da eletrificação rural com sistemas fotovoltaicos no Brasil. Nesse sentido, a equipe teve a oportunidade de participar de

um evento organizado pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSMM), no qual se fez uma apresentação pública, explicando as principais características do projeto e as mudanças no sistema energético acontecidas após a implantação dos sistemas fotovoltaicos.

A atividade final refere-se à organização de um seminário de avaliação e divulgação da experiência na sede do município de Tefé. Toda a experiência será consolidada num relatório final sobre as lições aprendidas e suas aplicações para novas implantações.

Vale considerar, ainda, outras possibilidades para o termo sustentabilidade. Não só no que se refere à consolidação do próprio projeto de implantação do sistema fotovoltaico na comunidade São Francisco de Aiucá, mas tendo em vista a importância dos valores tradicionais e dos saberes científicos. É infundada a idéia de que os conhecimentos populares devam manter-se distanciados de saberes não baseados na tradição e, do mesmo modo, o sistema de energia em si, quando não implantado em uma comunidade e não submetido às necessidades reais de sua população, perde muito de seu valor. Ou seja, a integração dessas duas faces da cultura em um lugar - a tradição popular e a ciência - é o que proporciona o desenvolvimento sustentável e a valorização do bem comum.

CONCLUSÕES

A crescente conscientização sobre a gravidade da exclusão elétrica tem motivado avanços tecnológicos e regulatórios na busca de alternativas para o suprimento da demanda energética no Brasil. A Região Amazônica constitui um particular desafio nesse cenário, devido aos limites e condicionantes que puderam ser observados no decorrer deste trabalho.

A implantação de sistemas fotovoltaicos domiciliares descrita considerou as especificidades da região em seu planejamento e execução, atentando para a legislação vigente e gerando algumas lições que, espera-se, possam ser aproveitadas por agentes implementadores em iniciativas de eletrificação de comunidades ribeirinhas.

O modelo de gestão adotado levou em conta a participação e a integração dos beneficiados, oferecendo capacitação e treinamento para solução de problemas, e a constituição de um regulamento para os usuários dos SFDs, com a criação de um fundo de operação e manutenção para garantir as substituições periódicas das baterias.

Com relação às lições aprendidas durante o processo de eletrificação, é importante ressaltar que, além do cuidado durante a etapa da compra dos materiais e do seu transporte até a comunidade, todas as caixas fechadas contendo materiais adquiridos entregues pelos fornecedores devem ser abertas sem exceção antes de seu envio a campo. Isso é imperativo, pois é a única maneira de verificar se o conteúdo das caixas corresponde realmente ao solicitado e ao que o fornecedor diz. Não se deve confiar nem mesmo em fornecedores antigos e experientes, pois isso pode trazer aborrecimentos e contratempos durante o trabalho em campo. Dependendo do lugar, isso pode conduzir até ao fracasso do trabalho e às conseqüentes perdas econômicas e temporais. Além disso, deve-se prever uma estrutura logística que contorne a falta de material no momento da instalação e evite a paralisação dos trabalhos.

Em relação ao padrão de instalação adotado, confirmou-se a boa prática de fixar o quadro elétrico dentro das residências, no sentido de facilitar a apropriação da tecnologia fotovoltaica por parte dos usuários. A visualização do consumo através do medidor de Ah e dos avisos do controlador e do inversor são fundamentais para o bom uso dos SFDs.

No que se refere à utilização de postes de madeira, deve-se mencionar a necessidade de hastes de sustentação dos módulos fotovoltaicos aos postes, em razão, entre outros fatores, das fortes rajadas de vento na região e da retração que a madeira pode sofrer ao longo do tempo, prejudicando o encaixe da estrutura de fixação dos módulos ao poste. A rotina de manutenção preventiva deve contemplar a verificação desse encaixe.

Nas instalações elétricas internas, conforme determina a NBR 5410, devem ser utilizados condutores elétricos com cores distintas. Isso facilita o processo de instalação, reduz o tempo de trabalho em cada domicílio e contribui para a redução de erros no momento de fazer as derivações para lâmpadas e tomadas. Outro fator relevante é a utilização de condutores independentes, pois, além de agilizar os trabalhos de instalação interna, facilita a escolha do trajeto da instalação dentro dos domicílios, devido à necessidade de desvios decorrentes da existência de utensílios distribuídos ao longo das vigas superiores das residências e de cupins.

Um fator importante relacionado à segurança dos usuários de SFDs é a utilização do interruptor DR nas instalações. Primeiro, porque o ambiente é úmido e as pessoas estão constantemente molhadas em razão do uso da água do igarapé para lavagem de roupas, pesca, banho e deslocamento. Segundo, em virtude da existência de muitas crianças que, agora, interagem mais com a eletricidade, ligando e desligando aparelhos elétricos. Convém ressaltar que as tomadas foram instaladas a uma altura sempre superior a 1,50 metros para restringir seu acesso e também para evitar que sejam atingidas por possíveis inundações.

A NBR 5410 também determina circuitos separados para iluminação e tomadas, o que somente seria possível nos SFDs com a utilização de iluminação em corrente contínua, pois uma vez que o inversor pare de funcionar toda a instalação elétrica interna fica sem alimentação. No entanto, esse requerimento deve ser avaliado com cautela em projetos utilizando SFDs, pois a dificuldade de encontrar lâmpadas fluorescentes em CC pode ser mais prejudicial para os moradores que uma eventual perda de iluminação quando ocorrer algum problema nos circuitos das tomadas.

Com relação às exigências que a NR 10 faz para a segurança em instalações e para os serviços em eletricidade, deve-se ressaltar que os trabalhos executados nos SFDs não devem ser realizados individualmente. Esse fato implica o aumento dos custos operacionais que uma concessionária ou permissionária de energia terá se optar pela tecnologia fotovoltaica. No entanto, essa exigência pode contribuir para o desenvolvimento de recursos humanos especializados em sistemas fotovoltaicos e a geração de empregos na Região Norte, inclusive nas próprias comunidades beneficiadas por SFDs.

Como pôde ser observado, após a etapa de implantação do projeto começa o monitoramento dos sistemas e a capacitação da equipe de técnicos da própria comunidade. Nesse sentido, torna-se necessário o estabelecimento de uma rotina de manutenção preventiva e o treinamento dos técnicos locais para executá-la. Além disso, a constituição de um almoxarifado com peças de reposição na própria comunidade é fundamental para a sustentabilidade da eletrificação fotovoltaica.

Os cursos para capacitação dos técnicos locais mostraram que a transmissão de conhecimentos num meio rural com baixo grau de instrução deve ser pautada em elementos presentes na realidade dos moradores. Não se deve menosprezar a experiência de vida das pessoas e deve-se lembrar que quase todos os moradores manipulam ferramentas, dispositivos e equipamentos que estão de acordo com seu modo de vida.

As pesquisas realizadas no entorno da comunidade, nas cidades de Uarini, Alvarães e Tefé, evidenciaram que a grande maioria de materiais, acessórios e aparelhos de uso final está voltada ao uso da corrente alternada. As únicas aplicações da corrente contínua identificadas relacionam-se com televisor em preto e branco e lâmpadas incandescentes. Isso mostra que uma possível implantação da tecnologia fotovoltaica utilizando exclusivamente corrente contínua teria sérias dificuldades. A alternativa seria trazer tudo de fora ou criar um mercado local próprio para esse tipo de corrente.

Um aspecto importante resultante desse levantamento é a necessidade de criarem-se condições para que a comunidade possa adquirir os elementos de reposição dos SFDs com qualidade, principalmente as lâmpadas fluorescentes compactas. Foi constatado que, no comércio existente nas cidades vizinhas, embora seja possível encontrar um grande número de lâmpadas fluorescentes de modelos, potências e preços variados, a qualidade deixa muito a desejar. Essa constatação mostra que, dadas as circunstâncias, existem grandes possibilidades de que essas lâmpadas acabem sendo utilizadas nos SFDs.

Devido à importância que o serviço de iluminação tem para os moradores, vale ressaltar a utilização de lâmpadas fluorescentes compactas, pois, diferentemente do que ocorre no meio urbano, onde o consumo é limitado por fatores econômicos, no caso dos SFDs o consumo é limitado devido a questões de disponibilidade energética. Então, para evitar o uso de lâmpadas incandescentes, é importante fornecer as primeiras lâmpadas ou indicar lugares apropriados para sua compra. Tais atitudes podem contribuir para o aumento do nível de satisfação dos usuários, na medida em que poderão utilizar por mais tempo outros equipamentos de uso final com os 435 Wh disponibilizados diariamente pelo SFD.

Como aprendizado, pode-se mencionar, ainda, que a logística de transporte às comunidades remotas da Amazônia requer um planejamento cuidadoso, pois as distâncias são muito grandes e os meios de transporte fundamentais são o aéreo e o fluvial, o que eleva enormemente o custo da implantação dos SFDs. Isso deve ser considerado em todas as ações de implantação de projetos na Região Norte. A mesma consideração é válida para os custos de operação e manutenção.

Uma das maneiras de contornar essa situação é a utilização dos recursos locais, aproveitando ao máximo tudo o que, nesse caso, as cidades de Manaus e Tefé podem oferecer em matéria de equipamentos. Claramente isso requer o estabelecimento de um mercado local com a capacidade de fornecer com qualidade e confiabilidade os materiais necessários à instalação dos SFDs. Espera-se que, no futuro, a própria concessionária ou permissionária da região seja a responsável pelo fomento e estabelecimento dessas condições.

Outra questão de particular importância que se observou após a entrada em operação dos sistemas foi o aparecimento de interferência eletromagnética causada pelo inversor CC/CA nas faixas de frequências utilizadas pelos aparelhos de rádio da comunidade. Convém mencionar que a inclusão de testes de compatibilidade eletromagnética dos inversores nos procedimentos do Programa Brasileiro de Etiquetagem pode contribuir para a redução dessas interferências.

Pode-se dizer que, do ponto de vista técnico e regulatório, os sistemas fotovoltaicos instalados na comunidade estão em conformidade com a Resolução ANEEL nº 83 de 2004, tanto nos quesitos de disponibilidade energética como nos padrões de continuidade e qualidade de energia. A taxa de falhas dos componentes dos SFDs foi bastante baixa, apenas um inversor apresentou problemas e foi substituído pelos próprios técnicos locais. No entanto, o número de lâmpadas fluorescentes substituídas foi relativamente alto, 15 trocas, o que se deu principalmente devido à fumaça oriunda da queima de lenha nas cozinhas tradicionais.

Embora a eletricidade já fosse conhecida e bastante utilizada pelos moradores da comunidade São Francisco do Aiucá, graças à existência do gerador a diesel, a possibilidade da utilização de energia elétrica em qualquer hora do dia ou da noite é uma novidade e implica uma série de mudanças nos hábitos de consumo de energia elétrica das famílias.

O sistema de bombeamento fotovoltaico existente na comunidade não atende à demanda de água da comunidade e necessita de uma revitalização. Para a eletrificação das construções comunitárias, foram feitas tentativas para utilização dos materiais estocados do PRODEEM; no entanto, as informações a respeito de quais materiais estão disponíveis, onde estão estocados e quem são as pessoas responsáveis são confusas e conflitantes. Com relação à possibilidade de um sistema maior para utilização dos *freezers*, o LSF/IEE/USP está analisando alternativas para o suprimento dessa demanda energética.

Os custos de implantação de SFDs nas regiões não eletrificadas podem ser bastante reduzidos com a subvenção oferecida pelo Governo Federal às concessionárias para cumprimento das metas de universalização. Além disso, a utilização dos materiais recolhidos do PRODEEM e estocados em diversas cidades do Brasil deve ser urgentemente considerada pe-

los comitês regionais que tratam da universalização dos serviços de energia elétrica. É inadmissível a depreciação de tamanho patrimônio material, adquirido com dinheiro público, enquanto milhares de famílias precisam aguardar até 2015 para terem acesso à eletricidade.

Finalmente, o projeto foi implementado utilizando produtos certificados, instalações com qualidade técnica e custos operacionais compatíveis com a realidade econômica dos beneficiados.

O desempenho e a adaptabilidade dos SFDs no ambiente ribeirinho da comunidade foram avaliados e constatou-se o bom funcionamento dos sistemas durante os dezoito primeiros meses de monitoramento do projeto.

Pode-se dizer que o nível de satisfação dos usuários dos SFDs até o momento é bom; prova disso é que os domicílios não atendidos manifestaram interesse pelos sistemas fotovoltaicos e a comunidade solicitou a eletrificação dos prédios comunitários. Além disso, tanto os trabalhos práticos como as reuniões e cursos relacionados aos SFDs tiveram boa participação da comunidade, tanto dos homens quanto das mulheres e crianças. Ainda, considera-se baixo o nível de inadimplência ao fundo por parte dos usuários dos SFDs, constituindo-se, também, indicador de sustentabilidade do projeto.

Recomenda-se buscar recursos para dar continuidade ao monitoramento dos SFDs após o término do projeto, previsto para julho de 2007. Entende-se que a experiência, em seu estágio atual, oferece lições e alternativas para suprimento energético e poderá contribuir para eventuais adaptações dos procedimentos e normativas para eletrificação da Região Norte, tanto para sistemas individuais como para sistemas com mini-rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

AB´SÁBER, A. Problemas da Amazônia Brasileira. **Artigo da Coletânea Dossiê Amazônia Brasileira I, Instituto de Estudos Avançados da USP, São Paulo, v.1, p.7-35, 2005.**

ANEEL. **Resolução ANEEL Nº 223**. Brasília: Diário Oficial de 30 de Abril, 2003.

ANEEL. **Resolução ANEEL Nº 83**. Brasília: Diário Oficial de 24 de Setembro, 2004.

CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 257**. Brasília: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1999.

DOU. **Lei Nº 9.427**. Brasília: Diário Oficial da União de 27 de Dezembro, 1996.

DOU. **Decreto Nº 2.335**. Brasília: Diário Oficial da União de 07 de Outubro, 1997.

DOU. **Lei Nº 10.438**. Brasília: Diário Oficial da União de 29 de Abril, 2002.

DOU. **Decreto Nº 4.873**. Brasília: Diário Oficial da União de 11 de Novembro, 2003.

FEDRIZZI, M. C. Sistemas Fotovoltaicos de Abastecimento de Água para Uso Comunitário: Lições Apreendidas e Procedimentos para Potencializar sua Difusão. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, USP.

FEDRIZZI, M. C.; ZILLES, R. O Processo de Introdução e Adoção de Sistemas Fotovoltaicos em Comunidades Isoladas na Região do Alto Solimões, Amazonas - Brasil. **Coletânea de Artigos de Energia Solar e Eólica, CRESESB - CEPTEL, v.1, p.13-30, 2003.**

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1996.

GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, 2ª edição**. Grupo de Trabalho de Energia Solar, 1999.

INMETRO. **Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica**. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - Programa Brasileiro de Etiquetagem, 2005.

LORENZO, E. **Eletricidad Solar - Ingenieria de Los Sistemas Fotovoltaicos**. Universidad Politécnica de Madrid, 1ª edição: Instituto de Energía Solar, 1994.

MOCELIN, A. R.; ZILLES, R.; MORANTE, F. Instalações Fotovoltaicas Domiciliares em Comunidades que Possuem Geradores a Diesel. **XI Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, Brasil**, v.1, p.363–374, 2006.

MOCELIN, A. R.; ZILLES, R.; MORANTE, F. Resultados Operacionais da Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares de Acordo com a Resolução ANEEL N° 83/2004. **I Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza, Brasil**, 2007.

MORANTE, F. Demanda de Energia Elétrica e Desenvolvimento Socioeconômico: o Caso das Comunidades Rurais Eletrificadas com Sistemas Fotovoltaicos. São Paulo, 2004. Tese (Doutorado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, USP.

MORANTE, F.; MOCELIN, A. R.; ZILLES, R. Capacitación y Transferencia Tecnológica: su Importancia en la Sostenibilidad de los Proyectos Basados en la Tecnología Solar Fotovoltaica. **II Conferencia Regional Latinoamericana de la Internacional Solar Energy Society. Buenos Aires, Argentina**, 2006.

MTE. **Portaria 598 - Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília: Diário Oficial da União de 8 de Dezembro, 2004.

OLIVEIRA, S. H. F. Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Autônomos: Ênfase na Eletrificação de Residências de Baixo Consumo. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, USP.

PINHO, J. T.; GALHARDO, M. A. B.; ARAÚJO, R. G. Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico-Diesel para Eletrificação da Comunidade de São Tomé, Município de Maracanã, Pará. **X Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, Brasil**, 2004.

QUEIROZ, H. L.; CRAMPTON, W. G. R. **Estratégias para Manejo de Recursos Pesqueiros em Mamirauá**. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá MCT-CNPq, 1999.

RAMOS, C. Procedimentos para Caracterização e Qualificação de Módulos Fotovoltaicos. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, USP.

SANTOS, R. R. Procedimentos para a Eletrificação Rural Fotovoltaica Domiciliar no Brasil: uma Contribuição a partir de Observações de Campo. São Paulo, 2002. Tese (Doutorado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, USP.

SERPA, P. M. N. Eletrificação Fotovoltaica em Comunidades Caiçaras e seus Impactos Socioculturais. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, USP.

TCU. **Avaliação do Tribunal de Contas da União sobre o Programa Energia das Pequenas Comunidades**. Brasília: Série Sumários Executivos, 2003.

THÉRY, H. Situações da Amazônia no Brasil e no Continente. **Artigo da Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP, São Paulo**, v.1, n.53, p.37–49, 2005.

TIBA, C. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

ZILLES, R.; MORANTE, F.; MOCELIN, A. R.; MOURA, E.; RIBEIRO, C. Projeto Piloto de Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares atendendo à Resolução Normativa ANEEL nº 83/2004. **XI Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, Brasil**, v.2, p.1031–1042, 2006.

ANEXOS

ANEXO A - Síntese das atividades mais relevantes do processo de eletrificação

	LOCAL E DATA	PRINCIPAIS ATIVIDADES OU RESULTADOS
1ª viagem de campo 30/04/05 a 02/05/05	Tefé, 30 de abril	Reunião com as três instituições envolvidas no projeto (IEE, IDSM e WinRock) para avaliação das experiências anteriores; ajuste da metodologia adotada; e adaptação das ações para mobilização da comunidade.
	São Francisco do Aiucá, 1º de maio	Visita à comunidade para apresentar o projeto de eletrificação fotovoltaica e discutir os custos de operação e manutenção do sistema de geração a diesel existente na comunidade em comparação com os custos dos sistemas fotovoltaicos. Após explicações sobre a contribuição mensal, a forma de gestão do Fundo de O&M, os prós e contras da tecnologia e o funcionamento dos SFDs, a comunidade concorda com a implantação do projeto e com a constituição de uma associação de usuários de sistemas fotovoltaicos domiciliares. A comunidade assume o compromisso de construir os abrigos das baterias e os postes de fixação dos módulos fotovoltaicos, cujos desenhos serão discutidos com o IDSM em reunião posterior.
	Tefé, 02 de maio	Nova reunião com os membros das instituições para distribuir compromissos e definir um cronograma das atividades referentes aos compromissos assumidos pelas instituições parceiras. Reunião entre as instituições e um representante da Companhia Energética do Amazonas (CEAM).
IEE/USP	São Paulo, maio, junho e julho	Aquisição, qualificação, preparação e transporte dos equipamentos. Teste do protótipo.
IDSM	S.F. do Aiucá, junho e julho	Aplicação de questionários para levantamento da demanda e do uso de energia na situação pré-eletrificação.
2ª viagem de campo 07 a 18 de agosto de 2005	S.F. do Aiucá, 09, 10, 11, 12, 13 e 14 de agosto	<ul style="list-style-type: none"> - Convocatória dos comunitários; - Verificação do material enviado previamente; - Instalação dos sistemas fotovoltaicos domiciliares; - Reuniões para comentar trabalhos do dia e organizar atividades do dia seguinte.
	S.F. do Aiucá, 15 de agosto	<ul style="list-style-type: none"> - Verificação do funcionamento dos sistemas instalados; - Recolhimento dos primeiros dados de consumo; - Distribuição de cartilhas com informações básicas sobre a tecnologia fotovoltaica e o uso dos SFDs; - Formalização do Fundo de Operação e Manutenção.
	Aiucá – Tefé, 16 de agosto	Fornecimento de informações técnicas aos comunitários gestores do Fundo de O&M sobre o uso dos inversores e sobre o registro dos dados de consumo de energia elétrica. Obs.: Essa atividade foi realizada no percurso do barco.
	Tefé, 17 de agosto	Pesquisa na biblioteca do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá sobre a comunidade e o seu entorno.
IDSM	S.F. do Aiucá, setembro	Aplicação de questionários sobre a implantação do sistema de energia solar.
3ª viagem de campo 14/11/05 a 18/11/05	São Francisco do Aiucá, 15 a 17 de novembro	Devido ao atraso dos materiais, foram planejadas as seguintes atividades: <ul style="list-style-type: none"> - Coleta dos dados armazenados nos controladores de carga; - Troca dos parafusos de fixação dos quadros elétricos; - Levantamento mais detalhado da configuração da mini-rede diesel; - Medição dos níveis de eletrólito das baterias; - Medição das dimensões externas das casas; - Limpeza dos abrigos das baterias (cupins e insetos); - Assinatura do Termo de Recebimento dos SFDs e do Contrato de cessão de uso de bem público gratuito pelos comunitários; - Visita aos 6 domicílios não eletrificados.

4ª viagem de campo 13/12/05 a 17/12/05	São Francisco do Aiucá	<ul style="list-style-type: none"> - Troca dos parafusos e porcas da estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos ao poste (ferro por aço inox); - Colocação de hastes de sustentação entre os painéis e os postes; - Furação dos quadros elétricos para ventilação; - Colagem das placas de identificação nos quadros elétricos; - Pintura dos postes e dos abrigos de baterias; - Constituição de um almoxarifado com peças de reposição; - Testes de interferência do inversor na frequência das rádios.
5ª viagem de campo 27/03/06 a 31/03/06	São Francisco do Aiucá	<p>Apoio gerencial ao Fundo de O&M, monitoramento dos SFDs instalados e estabelecimento de uma rotina de manutenção preventiva com as seguintes tarefas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificação do nível de eletrólito nas baterias dos sistemas; - Limpeza dos abrigos das baterias (cupins e insetos); - Proteção dos bornes das baterias com vaselina; - Coleta dos dados de consumo de eletricidade; - Teste do aterramento e do interruptor diferencial nos quadros elétricos; - Medidas para verificação da qualidade da energia elétrica fornecida pelo gerador a diesel. <p>Visita monitorada com representantes do Ministério de Minas e Energia.</p>
6ª viagem de campo 05/06/06 a 12/06/06	Tefé, 06, 07 e 08 de junho	<p>Participação no “III Seminário Anual de Pesquisas”, evento público organizado pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, no qual a equipe do IEE fez uma apresentação mostrando as principais características do projeto e a equipe do IDSM mostrou alguns impactos acontecidos na comunidade após a implantação dos sistemas fotovoltaicos.</p> <p>Levantamento, nas cidades de Tefé e Alvarães, das características do comércio local voltado à venda de material elétrico e equipamentos de uso final.</p>
	São Francisco do Aiucá, 09 e 10 de junho	<p>Início da capacitação da equipe de técnicos locais; Apoio à estrutura gerencial da associação na gestão do fundo de operação e manutenção.</p> <p>Estabelecimento de uma rotina de manutenção preventiva e capacitação dos técnicos locais para sua execução.</p>
	Uarini, 11 de junho	<p>Visita para obter informações adicionais sobre o comércio local</p>
7ª viagem de campo 04/08/06 a 11/08/06	São Francisco do Aiucá, 06 a 09 de agosto	<ul style="list-style-type: none"> - Segundo módulo do curso de capacitação da equipe de técnicos locais; - Execução da rotina de manutenção preventiva com os técnicos locais; - Conferência dos dados de consumo dos cadernos de cada SFD com os dados existentes na pasta de campo do IDSM; - Instalação de lâmpadas móveis nas cozinhas tradicionais; - Instalação dos sensores de temperatura em três abrigos de baterias.
8ª viagem de campo 23/09/06 a 29/09/06	São Francisco do Aiucá	<ul style="list-style-type: none"> - Conferência dos materiais do almoxarifado; - Extração dos dados de temperatura dos sensores; - As demais atividades e o terceiro módulo do curso de capacitação foram cancelados porque o barco de apoio virou.
9ª viagem de campo 09/11/06 a 12/11/06	São Francisco do Aiucá	<p>Segunda visita monitorada com representantes do Ministério de Minas e Energia; Preenchimento do relatório de avaliação do CNPq sobre o projeto; Reunião com a comunidade, com membros das instituições parceiras e com o MME.</p>
10ª viagem de campo 18/11/06 a 24/11/06	São Francisco do Aiucá, 20 e 21 de novembro	<p>Terceiro módulo do curso de capacitação;</p> <p>Execução da rotina de manutenção preventiva com os técnicos locais.</p>
	Tefé, 23 de novembro	<p>Evento da RITTAER (<i>Red Iberoamericana de Transferencia de Tecnologías Apropriadas con uso de las Energías Renovables</i>) sobre energias renováveis e ecoturismo realizado pelo IEE, IDSM e demais convidados.</p>

ANEXO C - Regulamento dos Usuários dos Sistemas de Eletrificação Rural Fotovoltaica

CAPÍTULO I

Da Admissão, Demissão, Suspensão e Exclusão

SEÇÃO I

Da Admissão

Art 1º - São considerados sócios os moradores efetivos da comunidade São Francisco do Aiucá que tenham moradia contínua e que cumpram as seguintes condições:

I - Preparar o suporte para os módulos (poste) e construir abrigo de proteção na parte externa das residências para as baterias;

II - Efetuar o pagamento, após a instalação do sistema, de uma contribuição mensal de R\$ 15,00 (quinze reais) para manutenção do sistema, que se constituirá do valor aproximado do que já é gasto com outros meios utilizados para iluminação (óleo lubrificante, velas, pilhas, gás, etc).

III - Assinar o Termo de Recebimento do kit de iluminação.

Parágrafo Único - O valor da contribuição mensal será fixado pela assembléia geral; caso ocorra mudança na política econômica, seu valor será corrigido por índice oficial adotado para correção de valores.

Art 2º - Para admissão de novos associados e que implique a ampliação dos sistemas é necessário:

I - Haver sistemas disponíveis em estoque;

II - Aprovação em assembléia geral;

III - Cumprimento das exigências contidas no Artigo 1º deste regulamento.

SEÇÃO II

Da Demissão

Art 3º - O sócio poderá demitir-se quando julgar necessário, mediante carta dirigida ao presidente e cumprida as seguintes providências:

I - Pagamento dos compromissos financeiros assumidos até a data da demissão;

II - Devolução à Associação do sistema instalado na residência com o respectivo Termo de Responsabilidade assinado.

SEÇÃO III

Da Suspensão

Art 4º - O sócio poderá ser suspenso temporariamente, por decisão da Diretoria Executiva, quando infringir qualquer disposição do estatuto e deste regulamento, em especial:

I - Não efetuar o pagamento da contribuição mensal por três meses consecutivos, sem motivo comprovado de sua incapacidade financeira;

II - Utilizar inadequadamente o sistema instalado, em prejuízo dos demais sócios;

III - Não efetuar a manutenção necessária exigida pelos equipamentos e que acarretem danos ao sistema;

IV - Utilizar o sistema para outros fins que não o determinado em assembléia geral.

Art 5º - O sócio suspenso será notificado por escrito pelo presidente e terá seu sistema bloqueado para o uso, até que a infração que o motivou seja reparada.

SEÇÃO IV

Da Exclusão

Art 6º - Serão excluídos da Associação os sócios que:

I - Deixarem de residir na comunidade Aiucá;

II - Demonstrarem incapacidade financeira para o cumprimento das obrigações mensais para com a Associação;

III - Causarem danos físicos comprovados ao sistema instalado;

IV - Forem reincidentes nas infrações contidas no artigo 4º deste regulamento.

Art 7º - Os sócios excluídos serão notificados por escrito e terão direito a recurso dirigido à assembléia geral ordinária no prazo de 30 dias da data de recebimento da notificação.

Parágrafo 1º - O recurso terá efeito suspensivo até a data da realização da assembléia geral. Nesse período, o sistema será bloqueado para o uso.

Parágrafo 2º - Após a decisão da assembléia pela exclusão do sócio, os equipamentos serão imediatamente retirados da residência e armazenados no estoque da Associação.

Art 8º - Será excluído o sócio que vender o sistema, ou parte dele, ou ainda alugar seu uso para outra residência.

Parágrafo Único - O sócio além da exclusão estará sujeito à abertura de processo criminal, ficando sujeito às penalidades das leis vigentes.

CAPÍTULO II

Do Fundo de Manutenção

Art 9º - O fundo de manutenção será constituído por:

- I - Valores pagos a título de contribuição mensal para manutenção do sistema;
- II - Valores provenientes da aplicação financeira de sua arrecadação.

Art 10 - Os recursos do fundo de manutenção só poderão ser utilizados nos seguintes casos:

- I - Para manutenção dos sistemas instalados;
- II - Para reposição de baterias.

CAPÍTULO III

Da Instalação e Manutenção dos Sistemas

Art 11 - A instalação dos sistemas estará condicionada à preparação do suporte para os módulos e abrigo de proteção para as baterias, a ser realizada pelos associados sob a orientação e supervisão dos técnicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP) e do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM).

Art 12 - Serão treinados 2 moradores selecionados dentre aqueles que demonstrarem interesse e facilidade de aprendizado e que receberão treinamento técnico necessário para auxiliarem na instalação e manutenção dos sistemas.

Parágrafo 1º - A seleção e o treinamento serão realizados pelos técnicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.

Parágrafo 2º - Os técnicos locais receberão equipamento necessário para a manutenção periódica dos sistemas instalados.

Art 13 - São atribuições dos técnicos locais:

I - Manter em estoque o material de reposição em quantidade proporcional ao número de sistemas instalados;

II - Manter registrado em livro próprio o material, a data e os motivos da substituição, acompanhado da assinatura do usuário, bem como recolher ao almoxarifado o material inutilizado;

III - Acondicionar em recipientes adequados o material inutilizado, para reciclagem ou destinação final, evitando a contaminação do meio ambiente;

IV - Manter o secretário informado da posição do estoque e do material substituído;

V - Prestar esclarecimentos e assistência técnica necessária aos usuários, quando solicitado;

VI - Comparecer às reuniões da Diretoria Executiva e prestar esclarecimentos ao Conselho Fiscal, quando convocado.

CAPITULO IV

Do Patrimônio

Art. 14 - Fica assegurado neste regulamento que o patrimônio abaixo relacionado foi alienado, no regime de comodato, à Associação Comunitária de São Francisco do Aiucá:

- a) módulos fotovoltaicos e outros equipamentos instalados e estocados;
- b) acessórios como: baterias, controladores, inversores e luminárias;
- c) O fundo de manutenção, das contribuições mensais de manutenção pagas pelos associados.

CAPÍTULO V

Das Disposições Finais

Art 15 - O presidente da associação adotará todas as medidas necessárias para o cumprimento deste regulamento.

Art 16 - Os casos não contemplados neste regulamento serão discutidos e deliberados em assembléia geral da associação.

ANEXO D - Termo de Recebimento

	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES	
	CT – Energ/MME/CNPq Processo N°. 504601/2003-2	

INFORMAÇÕES TÉCNICAS E TERMO DE RECEBIMENTO			
Sistema Fotovoltaico Domiciliar:		Responsável:	
PAINEL FOTOVOLTAICO			
Fabricante:	ISOFOTON	Modelo:	I-100
Potência de cada módulo (Wp):	100	Tensão de circuito aberto (Vcc):	21,6
Quantidade de módulos:	02	Corrente de curto-circuito (Isc):	6,54
Estrutura de suporte:	01	Arranjo (série / paralelo):	2 x 1
N.º de Série:			
BATERIAS			
Fabricante:	ENERTEC	Modelo:	SF175TE
Capacidade:	150 Ah	Número de baterias:	02
Quadro de Controle			
CONTROLADOR DE CARGA E DESCARGA			
Fabricante:	PHOCOS	Modelo:	CX 20
INVERSOR – Valores Nominais			
Fabricante:	Isoton-Solenersa	Potência nominal (W):	250
Modelo:	Isoverter 24/250	Tensão entrada (Vcc):	24
N.º de Série		Tensão saída (Vca):	120
Observações: O controlador de carga e descarga e o inversor estão acondicionados em uma caixa de polipropileno com tampa transparente. Nessa caixa estão instalados os seguintes equipamentos de controle e medição: 1 disjuntor de 10 A, 1 disjuntor de 32 A, 2 disjuntores de 3 A, 1 interruptor DR 30mA e um medidor de Ah.			
CONTRATO DE CESSÃO DE USO DE BEM PÚBLICO GRATUITO			
Declaro, para fins de direito, que recebi, nesta data, o sistema fotovoltaico especificado acima em perfeitas condições de funcionamento e uso, ficando responsável pela guarda dos bens acima mencionados, mantendo-os em perfeito estado de conservação e usando-os, exclusivamente, para os fins estabelecidos no regulamento dos usuários dos sistemas fotovoltaicos. Em caso de eventuais desaparecimentos e/ou furtos, estou ciente de que deverei, em conjunto com o representante legal da Associação da Comunidade de São Francisco do Aiucá, obrigatoriamente, lavrar os competentes Registros de Ocorrência Policial, na circunscrição judiciária a que pertencer a localidade em que encontravam-se instalados os bens, os quais deverão ser prontamente encaminhados ao responsável pelo projeto:			
Roberto Zilles Instituto de Eletrotécnica e Energia Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 05508-010, São Paulo - SP			
Data::		Assinatura: _____	
Local:		Nome: _____	
Testemunhas		Testemunhas	
Nome:	_____	Nome:	_____
RG:	_____	RG:	_____
CPF:	_____	CPF:	_____
_____ Assinatura		_____ Assinatura	

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)