



**A QUALIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA
ELÉTRICA POR MEIO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
NO PROCESSO DE UNIVERSALIZAÇÃO DO
ATENDIMENTO NA BAHIA**

PATRICK FREITAS FONTOURA

**Salvador
Novembro – 2002**

UNIVERSIDADE SALVADOR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MESTRADO EM REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE ENERGIA

**A QUALIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR MEIO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO PROCESSO DE
UNIVERSALIZAÇÃO DO ATENDIMENTO NA BAHIA**

Patrick Freitas Fontoura

Dissertação apresentada à Universidade Salvador, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia, área de concentração em Regulação da Indústria de Energia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Osvaldo Lívio Soliano Pereira

Salvador
Novembro - 2002

RESUMO

Fontoura, P. F., **A qualidade do fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos no processo de universalização do atendimento na Bahia**. 2002, 85 f. Dissertação de Mestrado em Regulação da Indústria de Energia, Universidade Salvador, Salvador.

Palavras-chave: energia solar, sistemas fotovoltaicos, eletrificação rural, qualidade.

O objetivo do trabalho é mostrar a necessidade de criação de mecanismos para a garantia da qualidade do fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos na Bahia e dar sugestões no que diz respeito a definição de padrões técnicos e dos indicadores de qualidade.

Inicialmente é feita uma revisão do arcabouço legal e regulatório sobre o uso de energia solar fotovoltaica e a universalização da energia elétrica no País. Os principais documentos analisados foram a recém aprovada Lei 10.438, que institui a obrigatoriedade do fornecimento de energia elétrica em todo o território nacional, e a Resolução n. 24/2000 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, sobre a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias. Esta análise mostrou que a energia solar fotovoltaica poderá ser utilizada como opção técnica para a eletrificação de residências no processo de universalização, e que não existe nenhum instrumento que regule a qualidade do serviço prestado com este tipo de tecnologia.

Em seguida é feito o dimensionamento do mercado potencial para utilização da energia solar fotovoltaica na Bahia, chegando-se ao total de mais de 36.000 sistemas. Tendo em vista esta perspectiva, foi feita uma análise das experiências passadas com energia solar no Estado, que incluiu uma pesquisa de campo envolvendo 287 sistemas, a qual mostrou que os programas até então implementados não vêm tendo sucesso no que diz respeito à sua sustentabilidade.

Adicionalmente são feitas algumas sugestões em dois pontos considerados fundamentais para a garantia da qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos: a definição de padrões técnicos e de índices de qualidade de serviço. Estas sugestões são feitas com base em uma revisão dos principais instrumentos normativos nacionais e internacionais e da Resolução n. 24/2000.

ABSTRACT

Fontoura, P. F., **The quality of electric energy supplied by solar home systems in the process of full coverage of the electric energy Bahia.** 2002, 85 p. Monography for the Masters on Regulation of the Energy Industry, Universidade Salvador, Salvador.

Keywords: solar energy, photovoltaic systems, rural electrification, quality.

The objective of this work is to demonstrate the necessity of adoption of mechanisms to assure the quality of the electric energy supplied by solar home systems in Bahia and give suggestions concerning technical standards and to give quality level of the service.

A legal and regulatory review about the use of PV systems and the universal access of the electric energy in the country is described. The main analysed documents are the Law #10.438 that obligates the concessionaires to supply electricity to any site in its respective concession area, and the Resolution # 24/2000, from the Electricity Regulatory Agency, about the quality levels of the service of the concessionaires. Such analysis has pointed out that the photovoltaic solar energy can be used as a technical option in the process of universal access. However, there is not any instrument to regulate the quality of the service supplied with this kind of technology.

After this, the potential market for the PV systems in Bahia is estimated. Considering this forecast, an assessment of the past experiences with solar energy in the State was developed, which included a field survey involving 287 PV systems. This survey concluded that most of the programs implemented has not been sustainable.

Furthermore, some suggestions concerning two fundamental issues to assure the quality of the electric energy supplied by PV systems are presented: the definition of the technical standards and the quality level of the service. These suggestions are presented based on a review of the main national and international standards and the Resolution # 24/2000.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	7
2. ARCABOUÇO LEGAL E REGULATÓRIO PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	10
2.1 REGULAÇÃO DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA	15
2.2 CONCLUSÕES	18
3. A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NA BAHIA	20
3.1 VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	27
3.2 CONCLUSÃO	28
4. O ESTADO DA ARTE NA REGULAÇÃO DA QUALIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	29
4.1 RECOMENDAÇÕES GERAIS	31
4.2 MÓDULOS	32
4.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	34
4.4 BATERIA E PROTEÇÕES	35
4.5 CONTROLADOR DE CARGA	36
4.6 LÂMPADAS E REATORES	37
4.7 CONCLUSÕES	37
5. HISTÓRICO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO ESTADO DA BAHIA	38
5.1 PRINCIPAIS PROGRAMAS	38
5.2 NÚMEROS GERAIS DA ESF NO ESTADO DA BAHIA	41
5.3 BREVE HISTÓRICO DOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS	42
5.3.1 PROGRAMA PRODEEM	43
5.3.2 PROGRAMAS IMPLEMENTADOS PELA COELBA	44
5.3.3 FUNDO ROTATIVO APAEB	45
5.3.4 PROGRAMA PRODUIR	46
5.4 CONCLUSÃO	46
6. DIAGNÓSTICO TÉCNICO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS NAS REGIÕES NORDESTE E DO MÉDIO SÃO FRANCISCO, DO ESTADO DA BAHIA	47
6.1 PESQUISA DE CAMPO	47
6.2 METODOLOGIA	49
6.3 RESULTADOS DA PESQUISA	50
6.3.1 PRODEEM	50
6.3.2 PROGRAMA USDOE	52
6.3.3 PROGRAMA PRODUIR	55
6.3.4 PROGRAMA CIRED	58
6.4 CONCLUSÕES	59
7. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS E REGULATÓRIAS	62
7.1 PROPOSIÇÕES TÉCNICAS	63
7.1.1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA	64
7.1.2 MONTAGEM DO SISTEMA	65

7.2	MECANISMOS REGULATÓRIOS PARA GARANTIA DA QUALIDADE	67
7.2.1	ESTUDO DE CASO	70
7.2.2	PREMISSAS A SEREM CONSIDERADAS	73
7.3	CONCLUSÃO	76
8.	CONCLUSÕES	77
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	APÊNDICE A - RESUMO DO ESCOPO DA PESQUISA DE CAMPO REALIZADA	82
	APÊNDICE B – MODELOS DE FORMULÁRIOS UTILIZADOS NA PESQUISA DE CAMPO	83
	APÊNDICE C – ROTEIRO NA PESQUISA DE CAMPO.	85
	APÊNDICE D – FOTOS DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS DOS SF NA BAHIA	86
	APÊNDICE E – ESTRUTURA DE SUPORTE DO MÓDULO FOTOVOLTAICO	90
	APÊNDICE F – ESTRUTURA DE SUPORTE DO MÓDULO FOTOVOLTAICO	90
	APÊNDICE G - FORMULÁRIOS DE REGISTRO DE FALHAS UTILIZADO PELA APAEB	91

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCC – Conta de Consumo de Combustíveis
CER – Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional
CEPEL – Centro de Pesquisas em Energia Elétrica
CERB – Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional
CIRED – Centre International de Recherche Sur l'environment et Le Développement
COOPERE – Cooperativa Valentense de Crédito Rural
EBT – Extra baixa tensão
ESF – Energia solar fotovoltaica
MME – Ministério de Minas e Energia
NBR – Norma Brasileira de regulamentação
NREL – National Renewable Energy Laboratory
PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PSFR - Pequenos sistemas fotovoltaicos residenciais
SEINFRA – Secretaria de Infra-Estrutura do Estado da Bahia
SF – Sistema Fotovoltaico
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
USDOE – United States Department of Energy

1. INTRODUÇÃO

A Bahia possui mais de 600.000 domicílios ainda não eletrificados (IBGE, 2000), o que representa uma população de aproximadamente de 2,4 milhões de pessoas. A Lei 10.438, aprovada em abril de 2002, estabelece para as concessionárias a obrigatoriedade do atendimento a todas as unidades consumidoras em potencial localizadas em sua respectiva área de concessão.

Diante do universo de domicílios a serem atendidos e das vantagens apresentadas pela energia solar fotovoltaica para eletrificação rural, acredita-se que a participação desta tecnologia venha a ser significativa no Estado da Bahia.

Partindo desta hipótese, que é devidamente fundamentada ao longo do trabalho, objetiva-se demonstrar que existe a necessidade de que venham a ser criados mecanismos para assegurar um serviço de qualidade aos consumidores que venham a ser atendidos com sistemas fotovoltaicos. Além disto o trabalho busca definir os principais requisitos técnicos a serem observados no processo de instalação dos equipamentos, bem como os pontos a serem considerados na elaboração de uma regulamentação para o assunto.

As experiências passadas com energia solar fotovoltaica no Estado, que serão discutidas no capítulo 5, indicam que pouca atenção vem sendo dispensada para a sustentabilidade dos projetos implementados. Em geral, após a instalação dos equipamentos, os agentes envolvidos se desvincularam da atividade de gestão, deixando a operação e manutenção dos equipamentos por conta dos usuários, destreinados e sem recursos financeiros para exercer este papel. O resultado deste modelo foi o fracasso de grande parte destas iniciativas.

Com a obrigação legal do atendimento aos consumidores da área rural, introduzida pela Lei 10.438, o foco que a eletrificação com energia solar vinha tendo muda de programa de ajuda social para a prestação de um serviço público, o que implica na obrigatoriedade do atendimento de requisitos mínimos de qualidade.

Desta forma, concessionárias e Agente Regulador deverão prever medidas a serem tomadas para manter um padrão de qualidade de serviço aceitável para os consumidores. Motivado por esta necessidade, este trabalho

foi desenvolvido, e tenta contribuir para que a utilização da ESF no processo de universalização da energia elétrica seja feita de forma sustentável.

Este trabalho está dividido em oito capítulos. Inicialmente, no capítulo 2 é feita uma revisão do arcabouço legal e regulatório para a energia solar fotovoltaica no Brasil, onde são discutidos os principais instrumentos legais que trazem algum tipo de incentivo, ou fomentam o uso desta tecnologia, dos quais se destaca a Lei 10.438. É feito um estudo mais detalhado da Resolução n. 24, de 2000, da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, que trata da qualidade do fornecimento de energia elétrica, tema central deste trabalho.

No capítulo 3 é discutida a viabilidade técnica e econômica do uso da ESF para a eletrificação rural da Bahia. A partir de trabalhos onde foram definidos limites econômicos para utilização da rede de distribuição ou sistemas fotovoltaicos, estima-se, com base em dados do Programa Luz no Campo, o potencial de unidades consumidoras a serem atendidas com SF. Encontra-se como resultado o número de 36.348 domicílios, que pode ser considerado como um indicador bastante conservador, tendo em vista a metodologia utilizada.

O capítulo 4 traz uma revisão do Estado da Arte em normatização para sistemas fotovoltaicos, na qual são apresentadas as principais recomendações das normas nacionais e internacionais para este tema. O País é incipiente no que diz respeito produção de normas para sistemas de energia solar fotovoltaica, apesar de já existirem, somente no Estado da Bahia, quase 12.000 unidades.

O capítulo 5 apresenta um histórico e panorama da ESF na Bahia, com números de sistemas instalados, principais programas desenvolvidos e agentes que atuaram neste sentido. Percebe-se que o uso desta tecnologia é bastante recente, com uma escala representativa de utilização a partir de meados da década de 90.

A fim de avaliar o estado de funcionamento dos sistemas instalados na Bahia, realizou-se uma pesquisa de campo onde foram percorridas 54 localidades e visitados 287 sistemas. Os resultados, bem como a metodologia adotada são apresentados no capítulo 6. Em geral o resultado foi ruim, salvo algumas exceções, que estiveram relacionadas com o grau de organização e nível de renda das comunidades.

O capítulo 7 traz proposições a serem consideradas pelas concessionárias e pelo órgão regulador para garantia da qualidade do serviço prestado ao consumidor de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos. Para as concessionárias são feitas recomendações técnicas e para o Agente Regulador são feitas proposições, baseadas em um estudo de caso apresentado, para regulação da qualidade do serviço através de indicadores de qualidade, como está estabelecido na Resolução n. 24.

Finalmente, o capítulo 8 conclui o trabalho e apresenta sugestões de temas a serem pesquisados para dar continuidade à pesquisa aqui desenvolvida.

2. ARCABOUÇO LEGAL E REGULATÓRIO PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Com as mudanças introduzidas no setor elétrico nacional a partir do início de sua reestruturação¹, a questão do fornecimento de energia elétrica aos cidadãos ainda não atendidos pelo serviço vem sendo colocada em discussão. Do ponto de vista político, os temas “universalização do serviço de energia elétrica” e “utilização de fontes de energia renovável” vêm ganhando força no cenário nacional ao longo dos últimos anos.

A ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, realizou em outubro de 2000 a Audiência Pública n. 006, sobre a minuta de Resolução que estabelecia “as responsabilidades do concessionário e permissionária quanto à universalização da prestação de serviço público de energia elétrica”. Com essa audiência, consumidores e demais agentes do setor elétrico puderam encaminhar suas opiniões e sugestões sobre os artigos presentes na minuta da Resolução. Esta Resolução teria como objetivo regulamentar o Substitutivo ao Projeto de Lei 2.905, que se encontrava em tramitação nas esferas do governo, e que promoveria, dentre outras mudanças no setor de energia, a universalização do serviço de energia elétrica.

Diversos outros mecanismos legais e regulatórios dispõem sobre o uso de energias renováveis no país, na qual se insere a energia solar fotovoltaica, ou tratam de temas que têm certa relação com este assunto. Apesar do uso da ESF quase nunca ter destaque, existem dispositivos que dão sustentabilidade legal a sua utilização e à possível criação de uma regulamentação específica para o tema.

Os incisos VII e VIII do artigo 1º da Lei n. 9.478 (Lei que dispõe sobre a política energética nacional e cria a ANP – Agência Nacional do Petróleo), de agosto de 1997, estabelecem como objetivos da política nacional para o aproveitamento racional das fontes de energia: “VII – identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do país; VIII – utilizar fontes alternativas de energia mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis”

¹ Este processo teve um marco inicial em 30 de julho de 1996, com a assinatura do contrato de consultoria para elaboração do Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro, como relata Paixão (2000).

Por Decreto Presidencial, em 27 de dezembro de 1994, foi criado o PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético dos Estado e Municípios, ainda em andamento, que representa a maior iniciativa do país na área de energia solar fotovoltaica.

A ANEEL, criada em 26 de dezembro de 1996, pela Lei 9.427, também publicou algumas Resoluções que tratam de assuntos relacionados com o uso de energia solar. É tarefa da ANEEL dar condições ao desenvolvimento do mercado do setor elétrico, conforme disposto no artigo 3º do Decreto nº 2.335, de outubro de 1997 (Decreto de constituição da Agência), adotando, segundo estabelece o inciso VI, “medidas efetivas que assegurem a oferta de energia elétrica a áreas de renda 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 deste mesmo decreto define, em seu inciso XXV, como competência da ANEEL, estimular ações ambientais voltadas para o benefício da sociedade, na qual pode ser inserido o uso de energia solar fotovoltaica, já que segundo Reis (2000b), esta tecnologia traz impactos mínimos ao meio ambiente. O inciso III do artigo 12º define ainda como tarefa da Agência Reguladora, promover a ampla oferta de energia elétrica, levando em conta aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

A Resolução nº 245, de agosto de 1999, regulamenta o uso da CCC para fontes alternativas de energia, conforme ficou estabelecido na Lei 9.648. Nela é estabelecida a possibilidade de beneficiamento com recursos da CCC para empreendimentos de energia alternativa que façam uso dos recursos naturais renováveis, desde que outorgados pelo órgão regulador.

Mesmo as instalações particulares, onde os proprietários das residências adquiram seus sistemas, deveriam receber autorização da ANEEL, conforme o disposto no artigo 2º da Resolução nº 333, de 2 de dezembro de 1999, o que na prática não acontece: “ Art. 2º Dependem de autorização, nos termos desta Resolução, a implantação de instalações de energia elétrica por consumidores, pessoa física ou jurídica, individualmente ou associada, para seu uso privativo.”

O principal marco na política de eletrificação rural foi a recém aprovada Lei 10.438, de 26 de abril de 2002, que trouxe mudanças significativas ao setor elétrico.² Dois artigos desta Lei constituem importante contribuição para o avanço da eletrificação das áreas rurais do país. O artigo 14 trata especificamente da universalização, instituindo a obrigação da concessionária (e da permissionária) quanto ao atendimento, sem ônus para o consumidor, em toda a área de concessão. Após a sua regulamentação, que deverá estabelecer as metas de atendimento anuais, concessionárias ou permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, deverão atender, em um horizonte temporal ainda a ser definido, todos os possíveis consumidores localizados nas respectivas áreas que lhe foram outorgadas pelo poder concedente. Além de estabelecer a obrigatoriedade de atendimento, a Lei 10.438 institui a possibilidade da realização de licitação para outorga de permissão em áreas concedidas, conforme disposto no artigo 15.

Apesar de não representar um incentivo direto ao uso da energia solar fotovoltaica, a Lei fomenta indiretamente o uso desta tecnologia. Na medida em que obriga a eletrificação da totalidade dos domicílios do país, e na medida em que grande parte destas unidades consumidoras em potencial está localizada em pontos onde é mais viável economicamente utilizar a ESF³, o uso da energia solar deverá ser significativamente estimulado.

Com as mudanças trazidas pela recente Lei, o texto da minuta de Resolução da ANEEL sobre universalização deverá contemplar agora os incisos I e II do artigo 14 da Lei 10.438, no qual devem ser definidas as áreas “progressivamente crescentes” e “progressivamente decrescentes”, o que se traduz no estabelecimento de metas de eletrificação para as concessionárias.

Segundo o artigo 14, a ANEEL deverá estabelecer áreas, que deverão crescer anualmente, em torno dos pontos limites da rede elétrica, dentro das quais qualquer unidade consumidora deverá ser eletrificada. Também deverão ser definidas áreas dentro das quais a concessionária ou permissionária poderá diferir o atendimento para um momento posterior. As metas de universalização deverão ser divulgadas anualmente pelo agente regulador que

² Este documento incorporou o Substitutivo ao Projeto de Lei 2.905, que estava sendo discutido desde 2000.

³ Sobre isto ver capítulo 3

também se encarregará de fiscalizar o seu cumprimento. Estas novas atribuições do órgão regulador foram instituídas no artigo 17 da Lei em questão, que para isto acrescentou o inciso XII ao artigo 3º da Lei 9.427, de 26 de dezembro de 1996 (Lei de criação da ANEEL).

Conforme está disposto no parágrafo 2º do artigo 14, a unidade consumidora que queira antecipar seu atendimento em relação às metas que venham a ser previstas, poderá fazê-lo, desde que pague os custos inerentes a esta ligação, sendo reembolsada pela concessionária num momento posterior (à época que deveria ser atendida compulsoriamente).

O parágrafo 6º do artigo 14 da Lei 10.438, diz que caso não sejam estabelecidas às metas de universalização até o prazo de um ano após a publicação da Lei, a concessionária ficará obrigada a atender qualquer pedido de ligação que venha a ser solicitado, sem ônus para o beneficiado. Ou seja, a partir de 26 de abril de 2003, caso a Agência Reguladora não tenha ainda publicado a “Resolução sobre a universalização”, qualquer domicílio, por mais longe que esteja da rede de distribuição, terá de ter acesso à energia elétrica. Este parágrafo traz em si um forte conteúdo, pois intrinsecamente estabelece um prazo para a regulamentação da Lei e leva a se pensar, de modo intuitivo, na possibilidade de uso energia solar fotovoltaica.

O artigo 15 dá à ANEEL o poder de realizar licitações para outorga de permissões em áreas já concedidas, desde que não existam cláusulas de exclusividade em seus respectivos contratos de concessão⁴. Isto será um instrumento para garantia do processo de universalização, caso as concessionárias não se interessem ou não consigam atender as metas que venham a ser estabelecidas. No parágrafo 3º deste artigo está previsto que as permissionárias possam vir a contratar ou se associar a agentes detentores de tecnologia ou titulares de autorização para uso da fonte de energia solar. Esta medida torna o uso da ESF uma alternativa formal, complementada com o parágrafo 6º, que reza que poderão vir a ser estabelecidas “condições e formas de atendimento específicas, compatíveis com a tecnologia utilizada”.

No seu artigo 18, a Lei 10.438 dá nova redação ao parágrafo 3º do artigo 11 da Lei 9.648, de 27 de maio de 1998 (Lei que altera diversas outras Leis do

⁴ No caso da Bahia, o Contrato de Concessão da Coelba não prevê cláusula de exclusividade.

setor elétrico), ficando estendida por mais 20 anos a sistemática de rateio da Conta de Consumo de Combustíveis - CCC⁵, se introduzindo também diretrizes no sentido de garantir a “valorização do meio ambiente e a utilização de recursos energéticos locais”. A Lei 9.648, no inciso I do parágrafo 4º, artigo 11, estabelece a possibilidade de utilização da CCC para empreendimentos que utilizem fontes alternativas de geração elétrica e venha a ser implantados em sistema isolado, substituindo fontes que utilizem combustíveis fósseis. A regulamentação desse dispositivo é feita pela Resolução da ANEEL nº 245, de 11 de agosto de 1999.

O artigo 23 da Lei 10.438 traz contribuições no sentido de fomentar o uso da energia solar fotovoltaica. Ele modifica o artigo 4º, alterando a redação do parágrafo 4º e incluindo o parágrafo 8º, da Lei 5.655, de 20 de maio de 1971 (Lei que dispõe sobre a remuneração das concessionárias), que trata da Reserva Geral de Reversão - RGR⁶. Com as modificações, os recursos da RGR poderão servir para financiar a expansão de serviços de energia elétrica, especialmente em áreas de baixa renda e para instalações de produção de energia solar. O parágrafo 8º prevê a criação de programa de fomento específico para a utilização de equipamentos de energia solar fotovoltaica, sustentados também com investimentos da RGR. Este fundo, que deveria ser extinto em 2002, teve sua vigência prorrogada até o ano de 2010, como está previsto no artigo 18 da Lei 10.438, que modificou o texto do artigo 8º da Lei 9.648 de 27 de maio de 1998.

Infelizmente a Conta de Desenvolvimento Energético - CDE, introduzida com o artigo 13 da Lei 10.438, não beneficia empreendimentos de geração distribuída, como aqueles que utilizem energia solar, o que seria também um grande incentivo para o uso desta tecnologia.

O artigo 24 modifica o texto do artigo 2º da Lei 9.991 (Lei que trata de investimento em pesquisa e eficiência energética), e estabelece a obrigação das concessionárias e produtoras independentes de investir pelo menos 1% de sua receita operacional líquida em pesquisa em desenvolvimento do setor

⁵ Conforme o artigo 8º da Lei 8.631, de 4 de março de 1993, todas as concessionárias de energia elétrica devem ratear o custo dos combustíveis para geração de eletricidade em sistema isolados.

⁶ Estes recursos correspondem a 3% dos investimentos feitos pelas concessionárias, conforme prevê o artigo 4º da Lei 5.655, de 20 de maio de 1971.

elétrico. Com a nova redação, ficam isentas empresas que gerem eletricidade a partir de fonte solar. Desta forma, iniciativas com energias alternativas, dentre as quais a solar, ficam duplamente beneficiadas já que além da isenção, podem ser beneficiadas como objeto de pesquisa e desenvolvimento.

2.1 REGULAÇÃO DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

Foi publicada pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, em 27 de Janeiro de 2000, a Resolução nº 24, que estabeleceu as “disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras”, observando os aspectos de duração e frequência. Estes aspectos devem ser supervisionados, avaliados e controlados por meio de indicadores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras, bem como unidades individuais.

A Resolução não explicita em nenhum momento a tecnologia para fornecimento de energia elétrica a qual se aplica. Entretanto trata implicitamente dos casos em que a energia elétrica é fornecida através de redes de distribuição elétrica convencional, já que, diversas definições e determinações da mesma não são aplicáveis a sistemas não interligados de distribuição, como os sistemas fotovoltaicos. Assim como para a rede convencional de energia elétrica, nos casos em que o serviço venha a ser prestado a partir de sistemas independentes de geração de energia, devem existir índices e níveis mínimos preestabelecidos de qualidade para o atendimento.

Não se pode adotar para os sistemas de energia solar os mesmos critérios definidos para a rede de distribuição convencional, encontrados na Resolução n. 24/2000, da ANEEL, haja vista as grandes diferenças técnicas que envolvem as duas tecnologias. Surge, portanto, a necessidade de se redefinirem alguns conceitos e determinações, à luz do universo compreendido pelos sistemas fotovoltaicos.

Existe uma diferença básica entre os serviços prestados por meio da rede convencional e de sistemas fotovoltaicos. Nestes últimos os custos de implantação dos sistemas, por unidade de energia fornecida por dia (Watt-hora), é substancialmente mais alto, devido aos custos elevados inerentes aos equipamentos. Portanto, a disponibilidade de uso da eletricidade e as cargas a

serem atendidas são bastante restritas. Na rede convencional a energia está disponível continuamente com menores custos por Watt-hora fornecido.

Outra diferença significativa é que os sistemas fotovoltaicos são unidades independentes, ou seja, as unidades consumidoras não são interligadas e as falhas que podem levar a interromper o funcionamento de uma unidade consumidora não se refletem nas unidades vizinhas. Na rede de distribuição convencional um mesmo defeito pode atingir um número muito grande de unidades consumidoras.

O artigo 3º define as terminologias e conceitos e adotados, alguns dos quais valem ser comentados:

Inciso XI: *Interrupção* – “Descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende à unidade consumidora” – No caso dos sistemas fotovoltaicos esta definição não pode ser adotada, já que em condições normais de funcionamento o sistema só deve permitir continuidade de tensão em uma parcela de tempo diário, que varia segundo o consumo.

Inciso XII: *Interrupção longa duração* – “Toda interrupção do sistema elétrico com duração maior ou igual a 1 minuto” – Para os SF não faz sentido diferenciar as interrupções pelo seu tempo de duração.

Incisos XIII e XIV: As definições de *Interrupção Programada* e *Interrupção de Urgência* também não se aplicam a sistemas fotovoltaicos, pois dificilmente virão a ocorrer intervenções nos sistemas em funcionamento e é aceitável que, caso estas sejam necessárias, possam vir a ser feitas sem aviso prévio aos usuários.

Inciso XVII: *Restabelecimento da Continuidade da Distribuição de Energia Elétrica* – “Retorno do neutro e da tensão disponível, em todas as fases, com permanência mínima de tempo igual a 1 minuto, no ponto de entrega da energia elétrica da unidade consumidora” – Conforme o que foi colocado anteriormente na definição de interrupção, o restabelecimento da continuidade da distribuição de energia elétrica também não se aplica à energia solar.

O artigo 5º estabelece que as concessionárias deverão apurar os indicadores de continuidade de duas formas distintas: interrupções maiores ou iguais a 3 minutos e interrupções maiores ou iguais a 1 minuto. Além do

espaço de tempo não se aplicar aos SF, a princípio, não há necessidade de diferenciação das interrupções ocorridas com relação ao seu tempo de duração. Desta forma, o conteúdo deste artigo, inclusive o de seus parágrafos, é inócuo para os casos atendidos por sistemas fotovoltaicos.

A Resolução define no seu artigo 6º os indicadores de continuidade de conjunto, quais sejam:

DEC – *Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora*: “intervalo de tempo que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica”;

FEC – *Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor*: “numero de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado”;

São dados pelas seguintes fórmulas:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i) \times t(i)}{Cc} \qquad FEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i)}{Cc}$$

Nas quais,

Ca(i) = Número de unidades consumidoras interrompidas em um evento (i), no período de apuração;

t(i) = Duração de cada evento (i), no período de apuração;

(i) = Índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções em uma ou mais unidades consumidoras;

k = Número máximo de eventos no período considerado;

Cc = Número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

Segundo o artigo 6º, o DEC deve ser expresso em horas e centésimos de horas e o FEC deve ser expresso em número de interrupção e centésimos do número de interrupções.

Além do DEC e FEC, que indicam a continuidade de conjunto, a Resolução define no seu artigo 12, os indicadores individuais:

DIC – *Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora*: “Intervalo de tempo em que, no período de observação, em cada unidade consumidora, ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica”;

FIC – *Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora*: “numero de interrupções ocorridas, por período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado”;

São dados pelas seguintes fórmulas:

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \qquad FIC = n$$

Nas quais,

i = Índice de interrupções da unidade consumidora, no período de apuração, variando de 1 a n;

n = Número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

t(i) = Tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada, no período de apuração.

O DIC deve ser expresso em horas e centésimos de horas e o FIC deve ser expresso em número de interrupção e centésimos do número de interrupções.

Na Resolução n. 24 também está definido como “Tempo máximo de interrupção da distribuição de energia elétrica, para uma unidade consumidora qualquer”, o DIMIC – Duração máxima de Interrupção contínua por unidade consumidora.

2.2 CONCLUSÕES

Este capítulo teve como objetivo apresentar um breve histórico dos principais mecanismos legais e regulatórios que se relacionam direta ou indiretamente com a tecnologia solar fotovoltaica. Partindo do pressuposto que esta forma de geração elétrica venha a ser utilizada em larga escala no Estado a partir de 2003, como foi argumentado, será feita a seguir, uma avaliação do mercado em potencial na Bahia.

Sendo assim, tendo em vista todo arcabouço legal apresentado, pode-se inferir algumas considerações: apesar de não existirem incentivos diretos ao uso de fontes de energia solar fotovoltaica, existe uma estrutura legal e regulatória sob a qual o uso deste tipo de equipamento pode ser utilizado para prestação de um serviço público ao consumidor. Adicionalmente, caso isto venha a acontecer, poderá se pleitear a utilização de fundos como a CCC e a RGR para seu fomento, que podem se constituir instrumentos decisivos para tornar viável a sua utilização.

A análise da legislação existente sobre qualidade da energia elétrica, concluiu que a mesma não se aplica ao serviço prestado através de sistemas fotovoltaicos. No sentido de definir um mecanismo regulatório que contemple esta possibilidade, são apresentadas algumas sugestões no capítulo 7.

O início do processo de universalização de energia elétrica, a depender da regulamentação da Lei 10.438, poderá acontecer rapidamente, em abril de 2003, conforme foi colocado, o que mudará completamente a ótica que as concessionárias têm do mercado rural e exigirá rapidez e agilidade no atendimento a estes consumidores. Neste cenário a energia solar fotovoltaica terá importante papel, conforme será demonstrado nas seções seguintes.

3. A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NA BAHIA

O Estado da Bahia ocupa uma área de 567.245,03 km², o que corresponde a 6,64 % do território nacional e 36,34 % da região Nordeste (IBGE, 1997). Possui 417 municípios, dos quais 258 localizados na região de clima semiárido (SEI, 2001), onde a seca representa um fator limitador e principal desafio para o desenvolvimento social. Tem uma população total de 13.070.250 de habitantes, que se distribuem com densidade demográfica média de 23 hab/km², e dos quais aproximadamente 33% residem na área rural (IBGE, 2000)⁷. A Bahia apresenta baixos índices de desenvolvimento socioeconômico, sobretudo nas regiões rurais. Cerca de 25 % das famílias vivem com menos de 1 salário mínimo, 16,5 % dos adultos são analfabetos e a taxa de mortalidade infantil é de 47,1 (SEI, 2000).

Existem 15 usinas hidrelétricas e 2 termelétricas com capacidade instalada de 5.644,80 MW no Estado, que garante sua auto-suficiência na produção de energia elétrica.

Dentro deste cenário encontra-se um total de 604.844 domicílios sem acesso à iluminação elétrica, o que representa 19,10% dos domicílios do Estado, e coloca a Bahia numa situação de “destaque” em relação ao resto do país, conforme está explicitado na Tabela 3.1, com um percentual de 19,36 % dos domicílios não eletrificados do País.

Tabela 3.1. Domicílios eletrificados e não-eletrificados por Estados do NE

Estado	Domicílios Eletrificados	Domicílios não eletrificados	Total Domicílios	Percentual não eletrificados	Percentual Estado/País
Alagoas	575.257	76.362	651.619	11,72%	2,44%
Bahia	2.561.916	604.844	3.166.760	19,10%	19,36%
Ceará	1.552.749	200.758	1.753.507	11,45%	6,43%
Maranhão	964.777	274.648	1.239.425	22,16%	8,79%
Paraíba	801.723	51.994	853.717	6,09%	1,66%
Pernambuco	1.883.415	89.893	1.973.308	4,56%	2,88%
Piauí	486.067	175.998	662.065	26,58%	5,63%
Rio G. Norte	616.633	56.712	673.345	8,42%	1,82%
Sergipe	400.580	39.241	439.821	8,92%	1,26%
Total	9.843.117	1.570.450	11.413.567		

Fonte: IBGE, 2000

⁷ Sinopse preliminar do Censo 2000.

A viabilidade econômica do uso de energia solar fotovoltaica depende de alguns fatores inter-relacionados, como distância da rede à unidade consumidora, quantidade de unidades consumidoras concentradas, carga a ser atendida e capacidade de pagamento do consumidor.

Ainda não existem estudos que apontem o percentual de mercado na Bahia que possa vir a ser atendido com sistemas fotovoltaicos, o que é estrategicamente importante para a concessionária. Existem dois trabalhos que podem ser utilizados como uma referência para esta tarefa. Um deles foi realizado por Gouvello & Poppe (1997), e o outro por Costa (2000).

Gouvello & Poppe caracterizaram o mercado a partir de dois pontos de vista: pela demanda e capacidade de pagamento dos usuários e pelo custo comparativo para atendimento com sistemas fotovoltaicos ou extensão da rede. A partir de pesquisa de campo realizada nos Estado da Bahia, Ceará e Minas Gerais, em 600 domicílios atendidos e não atendidos pela rede elétrica, chegou-se à conclusão de que seriam necessários cinco tipos distintos de sistemas para atender às diferentes demandas dos consumidores. Cada um destes sistemas são mostrados na Tabela 3.2 a seguir:

Tabela 3.2. Tipos de sistemas fotovoltaicos para o mercado da Bahia

Equipamento	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3		Tipo 4		Tipo 5	
	Qt.	H.	Qt.	H.	Qt.	H.	Qt.	H.	Qt.	H.
Lâmpada	1	4	2	6	3	7	5	11	7	17
Radio	1	5	1	5	1	4	1	8	1	8
TV ou Cassete	-	-	-	-	1	3	-	3,5	-	-
TV Colorida	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3,5
Ant. Parabólica	-	--	-	-	-	-	-	-	1	3,5
Liquidificador*	-	-	-	-	-	-	1	0,25	1	0,25
Maq. Costura*	-	-	-	-	-	-	1	4	1	4
Ventilador*	-	-	-	-	-	-	1	0,5	1	0,5

* O sistema Tipo 4 suporta uma dentre estas aplicações e o Tipo 5 duas.

Fonte: Gouvello & Poppe (1997)

Na análise pelo lado do fornecimento devem ser considerados os custos associados à extensão da rede elétrica convencional em comparação com a instalação de sistemas fotovoltaicos. Para este estudo Gouvello & Poppe realizaram uma pesquisa com dados de 92 obras de eletrificação rural no

Estado de Minas Gerais⁸. Foram quantificados os custos por quilômetro de extensão de rede para quatro agrupamentos típicos de consumidores de diferentes tamanhos, e chegou-se à conclusão que estas variáveis têm relação linear, conforme mostram as equações da Tabela 3.3 a seguir:

Tabela 3.3. Equações de custo por consumidor por quilômetro de extensão de rede

Agrupamento de consumidores	Equações
< 7	$y=994,29x+662,33$
7 a 13	$y=528,84x+481,90$
14 a 33	$y=187,92x+843,15$
35 a 60	$Y=84,04x+325,29$

Nas quais: x = quilômetro de extensão de rede; y = custo em Dólar.

Para definição da opção de menor custo entre extensão de rede ou uso de SF, Gouvello & Poppe consideram diferentes alternativas para instalação e manutenção dos equipamentos de energia solar:

- i) Atendimento realizado por uma organização não governamental com base no campo, próxima aos usuários. A instalação dos sistemas pode ser feita de duas maneiras diferentes: de acordo com a demanda ou todos os sistemas da comunidade sendo instalados de uma só vez;
- ii) Atendimento por uma empresa com base em cidade distante em média a 300 km dos usuários. Todos os sistemas da comunidade são instalados de uma só vez;

Os custos a valor presente para cada uma destas alternativas foram levantados e foi assumido o valor de US\$700,00 para o sistema fotovoltaico⁹. A soma dos preços do sistema e dos custos de instalação e manutenção em valor presente representam o valor a ser comparado com os custos de

⁸ Não é especificado no estudo o tipo de rede (Monofásica, bifásica, trifásica ou monofásica com retorno por terra - MRT) ou valor de carga atendida.

⁹ Sistema padrão de 50 Watts-pico. Em geral se mede a capacidade dos módulos fotovoltaicos em Watt-pico (Wp) que é o valor de potência fornecida pelo equipamento sob uma irradiação de $1000\text{W}/\text{m}^2$, a 25°C .

extensão da rede. Desta forma Gouvello & Poppe chegaram aos seguintes valores de distância limite para utilização de rede ou sistema fotovoltaico:

Tabela 3.4. Distâncias limites para extensão da rede

Número de domicílios	Limite (km)
5	2,5
10	3,0
25	5,5
45	12

Fonte: Gouvello & Poppe

Costa (2000) realizou trabalho semelhante, com dados obtidos de uma pesquisa realizada pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE em 1998, levantando os custos para extensão de rede com sistema monofásico com retorno por terra (MRT), alternativa mais barata, em função da distância de linha a ser construída e do número de domicílios a serem atendidos. Foram utilizados dados da Companhia Elétrica de Pernambuco - CELPE e os resultados podem ser vistos na Tabela 3.5 a seguir.

Tabela 3.5. Custo em US\$, por domicílio, da extensão de rede com sistema Monofásico com retorno por terra (MRT) - Alumínio

Domicílios	Distância (km)						
	0,5	1	2	5	8	9	10
1	2964,89	4644,69	7971,42	17951,59	27931,76	31258,48	34585,21
5	1619,71	2459,62	4644,69	9634,78	14624,87	16288,23	17951,59
10	647,92	815,91	1148,58	2459,62	3770,66	4207,68	4644,69
15	593,02	705,01	926,8	1731,26	2605,29	2896,33	3187,98
20	565,58	649,57	815,91	1367,08	2022,6	2241,11	2459,62
30	538,12	594,12	705,01	1037,69	1439,91	1585,59	1731,26
50	516,16	549,76	616,3	815,91	1617,19	1082,04	1148,58

Fonte: UFPE

O gráfico de dispersão dos dados apresentados mostra uma tendência linear, confirmando o resultado encontrado por Gouvello & Poppe (1997), conforme pode ser visto na Figura 3.1 a seguir.

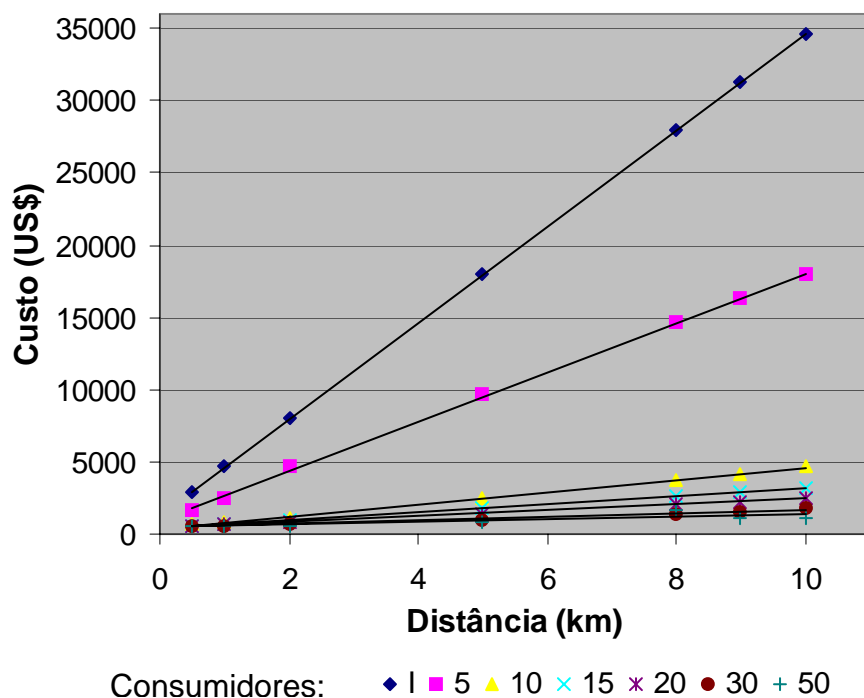


Figura 3.1. Dispersão dos pontos da Tabela 3.5

Aproximando-se então cada uma das linhas de tendência para uma reta pode-se obter a equação para cada agrupamento de domicílios do estudo, conforme mostra a Tabela 3.6..

Tabela 3.6. Equações de custo por consumidor por quilômetro de extensão de rede – UFPE

Agrupamento de consumidores	Equações
1	$y = 3327,5x + 1311,6$
5	$y = 1711,1x + 925,56$
10	$y = 425,12x + 371,92$
15	$y = 274,84x + 412,69$
20	$y = 199,72x + 433,06$
30	$y = 124,56x + 458,53$
50	$y = 85,057x + 475,2$

Nas quais: x = quilômetro de extensão de rede; y = custo em US\$.

Costa (2000) adotou o valor de US\$882,75 como custo do sistema fotovoltaico, e definiu os custos de instalação e manutenção a valor presente. A partir destes dados pode-se obter as distâncias limites para utilização da ESF,

para os mesmos agrupamentos típicos de consumidores definidos por Gouvello & Poppe (1997).

Tabela 3.7. Distâncias limites para extensão da rede

Número de domicílios	Limite (km)
5	0,4
10	2,9
25*	5,7
45*	13

* Para estes valores foi feita uma extrapolação

Fonte: Costa (2000)

Os limites para extensão da rede obtidos nos trabalhos de Gouvello & Poppe (1997) e de Costa (2000) são bastante parecidos, como pode ser visto nas Tabelas 3.4 e 3.7. Entretanto, para um agrupamento de cinco domicílios ocorre uma significativa diferença entre as duas pesquisas: 0,4 e 2,5 km. Esta discrepância pode ser justificada pela base de dados que cada um tomou como referência. Costa baseou seu estudo no Estado da Pernambuco, que é menor e tem um diferente distribuição populacional que Minas Gerais, Estado no qual Gouvello & Poppe realizaram sua pesquisa.

Para avaliar o potencial para utilização da energia solar fotovoltaica no Estado da Bahia utilizou-se os resultados encontrados por Gouvello & Poppe (1997) e Costa (2000) na definição dos limites de distância para interligação da rede. A partir das características verificadas em uma amostra de 1.498 obras de eletrificação rural através da rede de distribuição, referentes ao Programa Luz no Campo, realizadas na Bahia nos últimos dois anos, pôde-se inferir sobre o percentual de domicílios que poderão vir a ser atendidos com SF. As características desta amostra de dados são apresentadas na Tabela 3.8. As obras foram divididas de acordo com o número de consumidores que foram atendidos, em seguida agrupadas segundo cinco faixas como pode ser visto na tabela.

Tabela 3.8. Perfil da amostra de dados pesquisada

	Numero de consumidores					Total
	< 7	7 a 13	14 a 33	35 a 60	>60	
Obras	70	186	551	367	284	1458
Percentual	5%	13%	38%	25%	19%	

A análise das características dos consumidores atendidos na Bahia pelo Programa Luz no Campo, indica que um alto percentual se encontrava além do limite financeiro para utilização da energia solar, ou seja, seria mais barato atendê-los com esta tecnologia, conforme pode ser visto na Tabela 3.9. Para construção desta tabela extrapolou-se para todos os agrupamentos de uma mesma faixa, os mesmo valores de limites de rede definidos nas Tabelas 3.4 e 3.7. A fim de fazer um cálculo mais conservador, considerou-se como limite de distância o maior valor entre aqueles definidos por Costa (2000) ou Gouvello & Poppe (1997).

Desta maneira, com a análise extremamente conservadora apresentada, percebe-se que existe um significativo percentual de domicílios para os quais a energia solar fotovoltaica seria a tecnologia de menor custo. Caso este mesmo perfil se reproduza no universo de domicílios ainda não atendidos, pode-se inferir a quantidade de SF a serem instalados no Estado aplicando a média ponderada dos percentuais obtidos na Tabela 3.9: 7,2%. Desta forma pode-se estimar que a utilização de ESF venha a ser a solução de menor custo em pelo menos 43.549 domicílios¹⁰.

Tabela 3.9. Percentual de domicílios que poderiam ser atendidos com SF

Agrupamento de domicílios	Limite (km) Gouvello & Poppe	Limite (km) Costa	Total de consumidores	Consumidores acima do limite	%
< 7	2,5	0,4	70	5	7,0
7 a 13	3,0	2,9	186	16	8,6
14 a 33	5,5	5,7	551	51	9,3
35 a 60	12	13	367	13	3,5

Entretanto, segundo o Programa Luz no Campo, serão interligados à rede, até final do ano de 2003, cerca de 100.000 domicílios na Bahia, o que

¹⁰ Aplicando-se 7,2% ao total de domicílios não eletrificados visto na Tabela 3.1.

deixará 504.844 ainda sem atendimento. Assim, aplicando o percentual encontrado de 7,2% a este número, obtém-se o total de 36.348 sistemas, valor que leva em conta o processo de eletrificação em andamento no Estado, que vem sendo realizado após a coleta de dados da pesquisa do IBGE, mostrada na Tabela 3.1.

3.1 VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O uso da energia solar fotovoltaica para a eletrificação de áreas rurais é uma das melhores aplicações para esta tecnologia, sendo uma das que apresenta maior crescimento (Fraidenraich, 1995; Ferreira, 1993). Muitas vezes é a mais adequada do ponto de vista técnico e econômico, em comparação com outras fontes como geradores a diesel, aerogeradores, ou a própria extensão da rede, levando em conta características geográficas e perfis de consumo.

Os SF têm uma instalação rápida e simples, conforme afirma Fraidenraich (1995). Isto permitirá que as concessionárias venham a atender rapidamente consumidores em locais remotos, o que pode contribuir para o cumprimento das metas de eletrificação, um aspecto positivo tanto para consumidores quanto para a concessionária.

Segundo Reis (2000a), a geração fotovoltaica pode ser considerada como a forma não-convencional de geração de eletricidade mais atraente para o Brasil e para o mundo no médio prazo. Tiba (2002) afirma que está sendo desenvolvido no Brasil um significativo processo de demonstração ampla da tecnologia solar fotovoltaica, sobretudo no Nordeste.

A tecnologia fotovoltaica está desenvolvida o suficiente para garantir uma boa confiabilidade aos sistemas que são instalados. Um estudo realizado na APAEB – Associação de Produtores Rurais do Estado da Bahia (Fontoura, 2002)¹¹, constatou que dentre 212 sistemas avaliados, que tinham acompanhamento de manutenção, 77 não tinham apresentado qualquer tipo de falha nos três primeiros anos de utilização. Em Ibotirama – BA, um sistema de

¹¹ O desempenho dos sistemas depende da gestão adotada para mantê-lo. A APAEB representa um modelo bastante desenvolvido de associação rural, que não pode ser utilizado como base comparativa para outros programas que venham a ser adotados.

bombeamento com 12 módulos de 35 Wp, instalado em 1984, não apresentou qualquer tipo de falha de operação durante 8 anos de funcionamento.¹²

A Bahia possui abundância em recurso solar, com grande parte do seu território com uma média anual de radiação recebida de 18 MJ/m². Algumas regiões como o extremo Nordeste e o Litoral, chegam a receber 22 MJ/m² nos meses de verão, como mostra Atlas Solarimétrico do Brasil (UFPE, 2000). Segundo Tiba (2000), o Oeste da Bahia, juntamente com o interior do Estado da Paraíba são locais do nordeste com maiores níveis de radiação solar.

Do ponto de vista ambiental os SF não apresentam qualquer risco. Suas vantagens são significativas em relação aos geradores a diesel, tradicionalmente utilizados em regiões remotas, pela não emissão de gases poluentes. Segundo Reis (2000b), não há razões para acreditar que o uso em larga escala de sistemas fotovoltaicos implicará em grandes danos ao meio ambiente, quais sejam: o descarte dos equipamentos ao fim de sua vida útil, sobretudo as baterias. O descarte de baterias na natureza pode ser contornado na medida em que se viabilizem mecanismos para que venha a ser reciclada. A taxa de baterias recicladas na Europa e EUA, chega a 80% (Fraidenraich, 1995).

3.2 CONCLUSÃO

Este capítulo apresentou uma estimativa do mercado a ser atendido com sistemas fotovoltaicos na Bahia, chegando ao número de aproximadamente 36.000 unidades. Considerando esta perspectiva, será feita a seguir, uma revisão do estado da arte na regulação da qualidade de sistemas fotovoltaicos, com o objetivo de levantar os requisitos técnicos necessários para que as instalações estejam de acordo com as principais normas sobre o tema.

¹² As intervenções técnicas se restringiram à troca dos carvões dos motores, o que não está relacionado com o desempenho do sistema de geração elétrica.

4. O ESTADO DA ARTE NA REGULAÇÃO DA QUALIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

É do interesse de todos (usuários, instaladores, fornecedores) garantir a durabilidade e confiabilidade dos sistemas fotovoltaicos e a segurança de pessoas e instalações. Neste sentido, países como os EUA têm desenvolvido uma estrutura para certificação da qualidade das instalações com SF¹³, que envolve a normatização de produtos, treinamento e credenciamento de instaladores, certificação de instalações e etc. Mesmo assim, segundo Wiles (2002), cerca de 50% dos sistemas fotovoltaicos possuem algum tipo de não conformidade com as normas vigentes naquele país.

O Brasil ainda está muito distante da realidade americana, que pode ser considerada como referência para outros países, e apesar das grandes perspectivas e potencial de uso de SF, ainda é bastante incipiente no que diz respeito à normatização do setor. As aplicações que são utilizadas no Brasil diferem quanto ao tipo e tamanho daquelas praticadas nos EUA. Em um primeiro momento, é necessário que sejam estabelecidas normas para o tipo de sistemas atualmente utilizados no País, quais sejam: pequenos sistema de uso doméstico ou comunitário e sistemas de bombeamento. Posteriormente devem ser elaboradas normas que contemplem todas as possíveis aplicações da tecnologia, como sistemas interligados ou sistemas de grande porte, por exemplo.

A grande maioria das instalações fotovoltaicas que vêm sendo realizadas na Bahia, doravante referidas como Pequenos Sistemas Fotovoltaicos Residenciais (PSFR), possui características bastante peculiares. São instalações isoladas (não interligadas à rede), de uso doméstico, e atendem a pequenas cargas. No Estado, cerca de 95%¹⁴ das instalações são deste tipo e as evidências¹⁵ indicam que este percentual deverá se manter nos próximos anos.

Um PSFR é composto basicamente de um módulo fotovoltaico (entre 40 e 80 Wp), um controlador de carga (entre 6 e 10 A) e uma bateria (entre 90 e

¹³ Para mais informações ver Institute for Sustainable Power (2000).

¹⁴ Sobre isto ver capítulo 6

¹⁵ Conforme característica do mercado a ser atendido, vista no capítulo 3.

150 Ah)¹⁶. Geralmente não é utilizado inversor, suprindo-se as cargas com tensão contínua de 12 Volts.

A norma NBR 5410 (1997), elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, trata das instalações elétricas de baixa tensão e apesar de não explicitar, abrange também a instalação de SF. Dentro da Norma, as instalações de PSFR se enquadram na classificação de sistemas de *extra baixa tensão* (EBT) (tensão nominal em corrente contínua inferior a 120V), com alimentação própria de baixa tensão. Apesar de já estarem definidas nesta referência uma série de recomendações que devem ser seguidas, estes conceitos não vêm sendo disseminados entre os instaladores de energia solar, como também acontece em instalações elétricas convencionais. Além disto, a NBR 5410 por si só não é suficiente para garantir a qualidade de um PSFR como um todo.

Além desta Norma, pode ainda ser considerado como referência para a instalação de sistemas fotovoltaicos o *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*, produzido pelo CEPEL (1999).

Na Bahia, cada um dos programas implementados de energia solar fotovoltaica seguiu um determinado padrão que muitas vezes não resultou em instalações de qualidade¹⁷.

Internacionalmente existem diversos textos publicados sobre a regulamentação da qualidade de SF. O relatório técnico do *World Bank: Best Practices for Photovoltaic Household Electrification Program*, produzido em 1996, se tornou uma referência internacional para desenvolvimento de projetos com sistemas fotovoltaicos. Aborda diversos aspectos sobre o tema, como questões econômicas e modelos de implementação de programas, e traz um capítulo dedicado às questões técnicas.

O principal documento de referência para SF nos EUA é o *Photovoltaic Power Systems and National Electrical Code: Suggested Practices*, que foi produzido pelo *Sandia National Laboratories*, tendo como relator o pesquisador John Wiles. Sua última versão foi impressa em março de 2001 e se baseia no

¹⁶ Características padrões verificadas na pesquisa descrita no capítulo 6.

¹⁷ Isto será demonstrado no capítulo 6

código americano para eletricidade (National Electrical Code – NEC) para definir práticas a serem seguidas nas instalações de SF.

A Norma *Universal Technical Standard for Solar Home Systems*, produzida pela *European Commission*, sob coordenação do *Instituto de Energia Solar da Universidad Politécnica de Madri*, se assemelha bastante com a Norma americana, e pode ser considerado o principal documento sobre o tema produzido no continente Europeu.

4.1 RECOMENDAÇÕES GERAIS

A satisfação do consumidor é o ponto chave a ser buscado na prestação de serviço de energia elétrica com a tecnologia solar fotovoltaica (*World Bank*, 1996). Mais importante do que contabilizar um domicílio atendido é fazê-lo de forma que o usuário fique permanentemente satisfeito com os benefícios recebidos, o que aumentará a sua disposição para pagamento, um grande problema que as concessionárias enfrentarão. Em geral os usuários de sistemas fotovoltaicos se recusam a pagar valores próximos da taxa mínima cobrada pelas concessionárias, mesmo quando este está dentro de sua capacidade de pagamento, já que a ligação convencional (pela rede de distribuição) possibilita uma potência instalada bastante superior àquela atendida pelos sistemas fotovoltaicos convencionais.

Segundo o *World Bank* (1996), os usuários só ficarão completamente satisfeitos caso entendam como cada parte do sistema funciona e aceitem suas limitações. É recomendado também que os sistemas devem ser projetados prevendo possíveis expansões, caso os usuários venham a assim desejar. É provável que alguns consumidores tenham a disponibilidade para pagamento de valores um pouco maiores, e possam ser atendidos com sistemas de maior capacidade. Uma importante recomendação do *World Bank* (1996) é a de que o orçamento do projeto não deve ser um fator limitante da qualidade dos equipamentos ou dos serviços utilizados, principal motivo do uso de materiais de má qualidade.

4.2 MÓDULOS

Os módulos fotovoltaicos, geralmente produzidos fora do país¹⁸, são equipamentos de alta confiabilidade, que passam por um processo bem desenvolvido de padronização e controle de qualidade¹⁹, restando, portanto, definir apenas questões ligadas a sua instalação.

O módulo fotovoltaico é em geral o componente mais confiável do sistema, sendo rara a ocorrência de falhas (*World Bank*, 1996) (*European Comission*, 1997). Recomenda-se o uso de módulos de silício cristalino com 36 células, em detrimento dos de 32, ainda que com estes haja a possibilidade de economia pela não utilização de controladores de carga²⁰. Os módulos devem possuir apenas uma caixa de junção, as conexões devem ser de tal tipo que não venham a ficar folgadas ao longo do tempo e preferencialmente não devem ser utilizados terminais nos fios para interliga-los à caixa de junção dos módulos²¹ (*World Bank*, 1996). Para conexão do cabo à caixa de junção deve-se utilizar prensa-cabo, que evita a entrada de umidade ou insetos (*Sandia National Laboratories*, 2001).

Os módulos devem ser instalados em locais onde possam captar a maior quantidade de radiação solar possível, fora do alcance de qualquer obstáculo que possa vir a obstruir a luz do sol, fazendo sombra em sua superfície. Além disto devem ser observados outros aspectos para escolha do local de instalação, como o acesso para limpeza²² e obstrução de passagem de pessoas ou animais. Segundo o CEPEL (1999), os painéis podem ser instalados no chão, parede ou telhado, entretanto em cada caso deve ser analisada qual a melhor alternativa. A experiência em campo tem indicado que na maioria dos casos a melhor opção tem sido o uso de postes próximos às

¹⁸ A única fábrica nacional não vem tendo uma participação significativa no mercado (Tautz, 2001).

¹⁹ A *European Comission* (1997) recomenda que os módulos utilizados estejam de acordo com a Norma IEC-61215 enquanto que o *Word Bank* (1996) cita a Especificação JRC 503.

²⁰ Estes módulos podem ser considerados “auto-regulados” a depender da carga a ser atendida e do dimensionamento da bateria.

²¹ Alguns fabricantes recomendam a conexão direta do fio nos bornes da caixa de junção.

²² A sujeira acumulada na superfície dos módulos deve ser periodicamente retirada.

casas. Com isto a instalação e manutenção dos módulos se tornam mais fáceis.

O ângulo de inclinação do painel deve variar com a latitude local (CEPEL, 1999) de maneira a posicionar o arranjo voltado para o norte geográfico, muito embora variações nesta medida não sejam tão comprometedoras ao desempenho do sistema²³.

A interligação do módulo com o controlador de carga pode ser feita através de cabo ou fio. Caso venha a se utilizar fios para interligar os módulos, estes devem estar embutidos em dutos elétricos, já que não possuem proteção mecânica contra as intempéries. A solução mais prática e econômica é fazer a interligação através de cabos. Devem ser utilizados fios de no mínimo 12 AWG²⁴, para sistemas até 50 Volts e não devem ser utilizados conectores de pressão, *Sandia National Laboratories* (2001). É importante que os contatos sejam os mais rígidos possíveis e não devem ser feitas emendas entre o módulo e o controlador de carga.

A expectativa de vida útil dos módulos fotovoltaicos varia entre 20 e 30 anos, segundo os principais estudos internacionais (Thomas, 2000). Acredita-se que possa chegar a 50 anos, considerando a degradação do silício cristalino, presente nos equipamentos (Wiles, 2002). Existem equipamentos disponíveis no mercado com garantia de fabricação de até 25 anos e é recomendado que sejam utilizados equipamentos com pelo menos 10 anos de garantia (*World Bank*, 1996).

A estrutura de suporte do módulo deve ser construída de material com grande resistência à corrosão (ferro galvanizado ou alumínio), eletroliticamente compatível com os materiais utilizados nas estruturas dos módulos, porcas, parafusos e arruelas. Deve ser robusta o suficiente para ter pelo menos 10 anos de vida útil, considerando as características climáticas da região, conforme estabelece a *European Commission* (1997). Deve ser previsto o acréscimo de novos módulos no caso em que venha a acontecer a expansão do sistema (*World Bank*, 1996). Além disso, deve permitir a fácil orientação e instalação. Recomenda-se que, para o caso da Bahia, os suportes sejam pré-

²³ Segundo Zilles (2002), um grau de variação representa apenas 0,2 % de perda.

²⁴ Unidade que mede a bitola dos condutores, praticada nos EUA, neste caso equivale a 2,5 mm².

fabricados com uma inclinação fixa de 20°. Isto tornará mais simples o processo de fabricação e mais rápida a instalação no local.

O melhor local de instalação do módulo é discutido em cada uma das literaturas sobre o assunto, que apresentam vantagens e desvantagens para cada um deles. Algumas preferem as instalações sobre o telhado (World Bank, 1996) e outras mostram os benefícios do uso de postes para sustentação (Zilles, 2002).

A instalação sobre o telhado reduz significativamente a quantidade de condutores, o que além de reduzir custos, melhora a eficiência do sistema, pois diminui a queda de tensão e evita mais facilmente o sombreamento do módulo. A instalação sobre o telhado, no entanto é mais trabalhosa, toma mais tempo do instalador e quando não é feita da forma adequada pode provocar vazamentos e infiltrações. Além disso, o acesso para limpeza dos módulos, ou eventuais manutenções, é dificultado neste tipo de instalação.

O *World Bank* (1996) recomenda a instalação sobre o telhado, a uma distância de 30 a 50 cm do mesmo²⁵, mas faculta a utilização de postes, desde que devidamente fixados ao chão, mantendo o módulo a uma altura suficiente para permitir o acesso aos seus terminais.

O uso de postes de sustentação apresenta significativas vantagens: torna mais fácil a manutenção dos módulos, além de agilizar a instalação e não interferir na estrutura da casa. Entretanto a localização do poste deve ser próxima da residência, longe de obstáculos que possam vir a provocar sombras e da passagem de pessoas, veículos e animais.

4.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A NBR-5410 (1997) define claramente a necessidade de alguma forma de identificação dos condutores em um circuito de corrente alternada nas suas seções 6.1.5.3.1 a 6.1.5.3.4. Caso se utilize identificação por cores, a norma define as cores específicas para cada condutor. Para circuitos de corrente contínua, no entanto, não faz qualquer referência. Neste caso podem ser seguidas as recomendações do *Sandia National Laboratories* (2001) que prevê a utilização de cor preta para condutores negativo e vermelha para o positivo.

²⁵ Para diminuir os efeitos do aquecimento.

Devido à exposição ao sol, os cabos ou fios utilizados devem suportar uma temperatura de regime permanente de operação superior a 60° (*Sandia National Laboratories, 2001*).

É comum nas instalações da área rural encontrar a fiação elétrica aparente, fixada diretamente na parede ou teto. Este tipo de instalação não é previsto na da NBR 5410 (1997), assim como na *European Commission (1997)*, salvos os casos onde se utilizem cabos ao invés de fios. A instalação aparente de fios, além de esteticamente ruim, expõe os condutores ao ataque de roedores e esforços mecânicos, o que representa um ponto de perigo para as pessoas e instalações e prejudica a confiabilidade do sistema.

Segundo a *European Commission (1997)*, os condutores com bitola maior ou igual a 4 mm² devem utilizar terminais, enquanto que menores podem ser estanhados. Apesar disto alguns fabricantes recomendam a não utilização de qualquer tipo de conector, o que parece ser a melhor alternativa, pois reduz a possibilidade de folga nos contatos elétricos. É recomendada a não utilização de emendas, e quando estas tiverem de ser feitas deverão estar em caixas apropriadas.

Segundo o *Sandia National Laboratories (2001)*, não é obrigatório o sistema de aterramento em sistemas com menos de 50 Volts, entretanto, a fim de reduzir possíveis interferências de radio frequência, provocados pelos inversores das lâmpadas ou do sistema, bem como proteger contra descargas atmosféricas, esta pratica é sugerida.

4.4 BATERIA E PROTEÇÕES

A corrente de curto de uma bateria de 6V – 220Ah pode chegar a 8.000 A (*Sandia National Laboratories, 2001*), o que faz deste equipamento o que oferece maior perigo aos usuários de SF. É necessário portanto, uma adequada proteção contra curtos-circuitos e sobre-correntes, o que nem sempre acontece nas instalações rurais. É comum encontrar no campo instalações sem proteção elétrica ou com proteção inadequada. A bateria deve estar em local ventilado, com seus terminais protegidos contra possíveis curtos-circuitos, e interligada com a fiação por meio de conectores.

A bateria tem vida útil variável, a depender de diversos fatores como regime de utilização, tipo (automotiva ou estacionária) e qualidade do produto.

Dentre os equipamentos principais que compõem o sistema é o que tem vida útil mais curta, e o que apresenta falhas mais freqüentemente.

A bateria estacionária ou de ciclo profundo pode ser descarregada mais que a automotiva sem causar nenhum comprometimento a sua vida útil. Caso o sistema seja bem dimensionado pode durar mais de 5 anos. A bateria automotiva, deve durar pelo menos 3 anos em funcionamento. (World Bank, 1996)

4.5 CONTROLADOR DE CARGA

Todas as normas recomendam o uso do controlador de carga, apesar de serem comuns discussões entre projetistas e instaladores sobre a real necessidade de uso do equipamento. Sem dúvida a possibilidade de não utilização deste dispositivo traria vantagens significativas pois, além de reduzir os custos, eliminaria um ponto de possíveis falhas, aumentando a confiabilidade geral do sistema. Entretanto, isto pode comprometer a vida útil das baterias, caso o perfil de uso da energia seja diferente do projetado.

Diversas experiências fracassaram na tentativa de uso de sistemas sem controladores de carga (*World Bank*, 1996) e o uso de equipamentos de má qualidade é um dos principais fatores causadores de falhas (Correia, 2002). Algumas características devem ser atendidas a fim de padronizar a qualidade dos controladores de carga utilizados (*World Bank*, 1996) (*European Commission*, 1997):

- Deve possuir controle de carga e descarga da bateria;
- Devem estar acondicionados em invólucros que evitem o acesso de pessoas, a entrada de insetos ou umidade;
- Possuir indicação do estado de carga da bateria;
- Suportar o uso de mais de um fio em cada terminal;
- Possuir sistema de proteção elétrica contra reversão de polaridade, curtos-circuitos e sobrecorrentes, e poder ser religado manualmente pelos usuários²⁶;
- Deve ter tempo de vida útil de pelo menos 10 anos;

²⁶ Esta proteção elétrica pode ser montada com disjuntores e fusíveis na caixa do controlador.

- Não deve ser facultada ao usuário a possibilidade de restabelecimento forçado do funcionamento do sistema, caso este venha a ser interrompido por atuação do controlador de carga;
- O ponto de atuação do controlador de carga deve estar ajustado de acordo com valor definido no projeto para profundidade de descarga da bateria.

4.6 LÂMPADAS E REATORES

A queima de lâmpadas e reatores (ou inversores) representam um ponto bastante delicado. A frequência de falhas neste equipamento pode ser grande, a depender da qualidade do fabricante, assim como acontece na iluminação das residências atendidas pela rede convencional. Em princípio, a queima destes equipamentos não deve ser encarada como uma falha do sistema, e portanto não deverá influenciar nos indicadores de qualidade de atendimento. Entretanto, a concessionária poderia fomentar o acesso dos usuários a estes equipamentos de melhor qualidade, assim como treiná-los adequadamente para a sua substituição. A etiquetagem dos equipamentos por um centro especializado, que certifique a qualidade dos produtos, é uma iniciativa que deve vir a ser considerada.

4.7 CONCLUSÕES

Foram levantadas neste capítulo, as principais recomendações técnicas a serem seguidas na instalação de sistemas fotovoltaicos. Nos capítulos seguintes serão descritos e avaliados os programas responsáveis pela introdução da energia solar fotovoltaica na Bahia, tendo como referência as recomendações aqui levantadas.

5. HISTÓRICO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO ESTADO DA BAHIA

5.1 PRINCIPAIS PROGRAMAS

O Estado da Bahia tem uma experiência significativa no uso de sistemas fotovoltaicos na sua área rural. Apesar de não existirem estatísticas que comprovem, provavelmente é o Estado do Nordeste com maior número de sistemas instalados. O total de sistemas no início de 2002 ultrapassava 11.500, correspondendo a aproximadamente 700 kWp²⁷, utilizados em escolas, residências, centros comunitários, igrejas, poços de água, eletrificação de cercas, iluminação pública e irrigação, o que é um número bastante representativo. Apenas para efeito de comparação, o Estado de Pernambuco registrava até setembro de 1998, apenas 1.000 SF, totalizando 110 kWp (Salviano, 2001). Nesta mesma época a Bahia já possuía quase 4.000 sistemas.

A utilização desta tecnologia para levar energia ao meio rural tem se dado basicamente por meio de programas de cunho social de iniciativa dos governos Federal e Estadual e de organizações do terceiro setor. Foram criados programas que possibilitaram a utilização da energia solar fotovoltaica na área rural, apoiados sempre em fortes subsídios de setores públicos e internacionais, já que os custos dos equipamentos são extremamente altos em relação ao poder aquisitivo da população que é atendida com este tipo de tecnologia. Cerca de 66% da população da área rural, não atendida com o serviço de energia elétrica, tem renda mensal inferior a R\$150,00, gastando no mesmo período menos de R\$10,00 com energia (querosene, pilhas, velas, etc) (Gouvello & Poppe, 1997). Concomitantemente, o custo de um sistema fotovoltaico de pequeno porte não é menor que US\$14,00 por Watt-pico (Thomas, 1999).

Dentre os agentes responsáveis pela inserção da ESF no Estado da Bahia, têm papel fundamental o Governo Federal, representado pela Secretaria de Infra-Estrutura do Estado da Bahia, a Coelba – Concessionária de Energia

²⁷ Para o cálculo deste valor considerou-se uma potência média de 50 Wp para os sistemas residenciais e 150 Wp para escolas e centros comunitários, baseado nos dados obtidos na pesquisa de campo descrita no capítulo seguinte. Para os sistemas de bombeamento foram computados os valores exatos.

Elétrica do Estado da Bahia e o Governo do Estado, representado pela CAR – Companhia de Desenvolvimento Ação Regional e pela CERB – Companhia de Engenharia Rural da Bahia, já que são responsáveis pela coordenação da maioria dos projetos implementados.

A Participação da Coelba se deu no âmbito de convênios com o Governo Federal, o Governo do Estado, o CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, o USDOE – *United States Department of Energy* e com o CIRED - *Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement*. A concessionária desenvolveu estas atividades até o ano de 1999, não executando desde então qualquer tipo de trabalho nesta área.

A CAR é hoje a responsável pela grande maioria dos SF existentes na Bahia, dentro do Programa Produzir. Os números do programa surpreendem, principalmente se for considerado que sua implementação se deu basicamente em apenas três anos: 1998, 1999 e 2000. Foram instalados mais de 10.000 sistemas e gastos cerca de 13,5 milhões de reais, tornando-se um dos maiores empreendimentos do gênero na América Latina²⁸.

Também são responsáveis por programas na área de ESF a APAEB – Associação dos Produtores Rurais do Estado da Bahia e o Governo do Estado, tendo como órgãos executores a CERB – Companhia de Engenharia Rural do Estado da Bahia e a SEINFRA – Secretaria de Infra-estrutura do Estado da Bahia, responsável pelo programa PRODEEM – Programa de desenvolvimento energético de Estados e Municípios.

Acredita-se que a venda direta aos consumidores também seja significativa em relação ao universo de sistemas instalados, o que não pode ser comprovado já que os dados geralmente são omitidos pelas empresas comercializadoras.

Pode-se assim, a grosso modo, dividir os SF existentes atualmente no Estado da Bahia, como originários de sete programas distintos, como pode ser visto na Tabela 5.1 a seguir.

²⁸ Dados fornecidos pela CAR, 2001.

Tabela 5.1. Programas de eletrificação rural com energia solar fotovoltaica

Programa	Agentes locais envolvidos	Sistemas²⁹
PRODEEM	CERB, SEINFRA, Coelba	416
Produzir	CAR	10.302
Programa de cooperação Coelba /CEPEL/CIREDE	Coelba	34
Programa de cooperação Coelba /CEPEL/USDOE	Coelba	190
Financiamento ao produtor rural por crédito rotativo	APAEB	500
Outros (Governo do Estado, Heliodinâmica)	Coelba	58
Venda de equipamentos direta ao usuário ³⁰	Empresas comercializadoras	-

Fonte: Coelba, Governo do Estado, CERB e APAEB

Estas iniciativas vêm ocorrendo ou ocorreram de forma independente e sem coordenação entre si e na maioria delas não existe um acompanhamento posterior à implantação dos sistemas. As informações como localização, data e tipo de equipamento utilizado encontram-se dispersas, não se sabem quantos e quais estão funcionando e não existem informações qualitativas ou quantitativas referentes às falhas ocorridas e às manutenções efetuadas. As exceções ficam por conta do trabalho desenvolvido pela APAEB, que mantém um processo de gestão dos equipamentos e da CERB, que é responsável técnica pelos poços que utilizam energia solar para bombeamento de água.

Atualmente não existe um controle e/ou informações confiáveis sobre o funcionamento dos SF na Bahia, por se tratar de um equipamento que pode ser comprado como qualquer outro eletrodoméstico, pela ausência de regulamentação específica, e por não existirem responsabilidades determinadas sobre o assunto.

A seguir são apresentados dados quantitativos, acompanhados de comentários sobre os principais programas até então implementados, além do papel que cada um dos agentes envolvidos no processo vem desempenhando

²⁹ Valores contabilizados até 2001, exceto o dado da APAEB, que se refere até o ano de 2000.

³⁰ Não há fontes disponíveis para este dado.

e de uma avaliação dessas experiências, assinalando pontos positivos e negativos.

5.2 NÚMEROS GERAIS DA ESF NO ESTADO DA BAHIA

Pode-se dividir os tipos de aplicações para a ESF que são utilizados no Estado em basicamente dois: bombeamento de água e geração de energia elétrica para iluminação e pequenas cargas (domicílios, escolas, centros comunitários, etc.). A Tabela 5.2 mostra quais as quantidades, bem como potência instalada, de cada uma dessas tecnologias dentre os programas já apresentados anteriormente.

Tabela 5.2. Sistemas de bombeamento e de luz /uso geral em cada programa

Programa	Bombeamento		Luz e uso geral		Quantidade total
	Quantidade	Pot. (kWp)	Quantidade	Pot. (kWp) ³¹	
PRODEEM	133	61,97	283	42,45	416
Produzir	-	-	10302	515,10	10302
CIRED	-	-	34	1,70	34
USDOE	15	9,24	175	8,75	190
APAEB	-	-	500	25,00	500
Outros	58	31,23	-	-	58
Total	206	102,44	11.594	593,00	11.500

Fonte: Coelba, Governo do Estado, CERB e APAEB

Conforme se observou na Tabela 5.2, existem na Bahia 206 poços tubulares onde a água é bombeada com sistemas de energia solar fotovoltaico, distribuídos entre os programas conforme pode ser visto na Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Sistemas de bombeamento instalados por programa

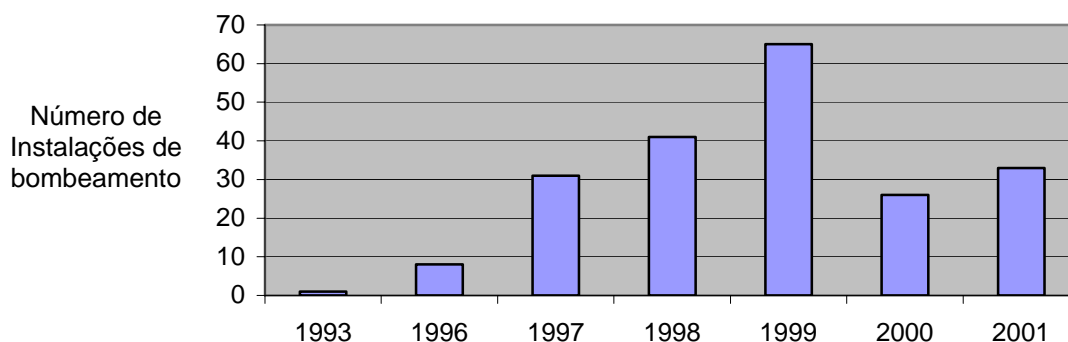
Programa	Quantidade	Pot. (kWp)
Governo do Estado	56	30,45
PRODEEM Fase I	6	2,53
PRODEEM Fase II	81	28,85
PRODEEM Fase III	21	20,71
PRODEEM Fase IV	25	9,89
USDOE	15	9,24
ITANAGRA	2	0,78
Total	206	102,44

Fonte: CERB

³¹ Considerou-se uma potência média de 50 Wp para os sistemas residenciais e 150 Wp para escolas e centros comunitários, baseado nos dados obtidos na pesquisa de campo descrita no capítulo seguinte.

A CERB é a responsável no Estado pela implementação de programas e execução de projetos para aproveitamento dos recursos hídricos. Dentro de seu escopo de atividades está a perfuração e manutenção de poços artesianos. A empresa tem um cadastro completo dos poços tubulares localizados na Bahia, o que permite indicar quais os mais adequados para o uso da energia solar. Além disso, possui nove núcleos distribuídos pelo Estado, com equipamento e pessoal necessário para desenvolver as atividades de manutenção dos sistemas de bombeamento. Sendo assim, a CERB trabalha como instituição de apoio nos programas que promovem a instalação de sistema de bombeamento de água por energia solar, mantendo os equipamentos após sua instalação e dando suporte ao trabalho das empresas instaladoras.

A Figura 5.1 a seguir, mostra o número de instalações de bombeamento fotovoltaico nos últimos anos na Bahia.



Fonte: CERB

Figura 5.1. Sistemas de bombeamento instalados por ano na Bahia

O trabalho de instalação dos equipamentos, que anteriormente vinha sendo realizado por empresas contratadas, agora é feito pela própria CERB, que se capacitou tecnicamente, com a experiência que adquiriu na coordenação dos projetos até então realizados.

5.3 BREVE HISTÓRICO DOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS

A utilização da ESF na Bahia é bastante recente. O sistema mais antigo de que se tem registro foi instalado em 1984 em Ibotirama, num projeto de irrigação desenvolvido pelo Governo Federal (Pereira, 1994). Em 1993 a

Coelba, juntamente com a CERB, instalou em Itanagra (BA), o primeiro sistema envolvendo estrutura do Governo. No ano seguinte a APAEB, instalou o primeiro sistema da cerca elétrica e iluminação do Estado.

A utilização em escalas mais significativas, no entanto, só teve início em meados da década de 90, como pode ser visualizado na Figura 5.2 a seguir. A análise da figura nos permite observar que o número de sistemas instalados foi cresceu bastante a partir do ano de 1997, mas foi pouco expressiva em 2001.

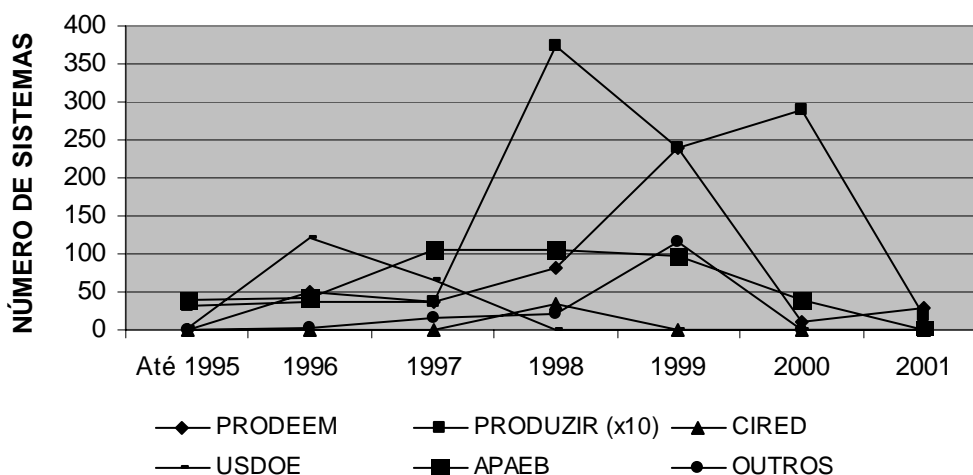


Figura 5.2. Número de instalações por programa por ano³²

5.3.1 PROGRAMA PRODEEM

O PRODEEM foi criado por decreto presidencial em 27 de dezembro de 1994, com o objetivo de suprir as necessidades energéticas de localidades isoladas da rede elétrica convencional com fontes renováveis de energia. A coordenação do programa é feita pelo Ministério de Minas e Energia - MME, que, por meio de convênio, transfere para agentes regionais, em geral secretarias estaduais, a responsabilidade pela sua implementação.

Na Bahia o programa inicialmente foi implementado pela Coelba, a partir de 1997. Atualmente é feito pela Secretaria de Infra-Estrutura do Estado da Bahia. De acordo com Convênio firmado entre a SEINFRA e o MME em dezembro de 1999, são colocadas como responsabilidades da Secretaria, as tarefas de identificação de micro regiões para estudos de sustentabilidade e

³² A distribuição anual do PRODEEM foi estimada, já que não havia dados disponíveis.

instalação de sistemas de energia renovável³³:

O convênio previa o atendimento a 1.280 comunidades, no entanto desde a assinatura do convênio até o ano de 2001, apenas 40 sistemas de bombeamento foram instalados, o restante (ver Tabela 5.4) foi implementado pela CERB. Encontram-se hoje em processo de instalação, 110 sistemas em escolas da região rural, sob coordenação da SEINFRA e 546 sob coordenação direta do Ministério de Minas e Energia. Desde o início do programa até hoje foram instalados na Bahia 416 SF, conforme pode ser visto na Tabela 5.4 a seguir:

Tabela 5.4. Sistemas instalados pelo PRODEEM na Bahia

Aplicações	Quantidade
Poços tubulares	133
Escolas	148
Postos de saúde	9
Centros comunitários	8
Iluminação pública	132

Fonte: Governo do Estado³⁴

5.3.2 PROGRAMAS IMPLEMENTADOS PELA COELBA

A Coelba realizou dois programas independentes na área de energia solar fotovoltaica. O Programa de cooperação técnica entre Coelba, CEPEL e USDOE implantou 190 sistemas fotovoltaicos em cerca de 23 localidades na Bahia. A maior parte para iluminação de domicílios, além de unidades para iluminação pública e de escolas, irrigação, eletrificação de cercas, sistemas demonstrativos (localizados nas escolas de agronomia de Cruz das Almas e Juazeiro), poços tubulares, postos de saúde e igrejas. Os equipamentos foram doados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, através do NREL – National Renewable Energy Laboratory, ao CEPEL que os repassou à Coelba, fornecendo também apoio técnico.

O programa contou também com o apoio operacional das Prefeituras dos Municípios envolvidos, da CERB no que diz respeito às aplicações de bombeamento em poços tubulares, da Secretaria de Agricultura na implantação

³³ Sobre isto ver endereço eletrônico www.prodeem.gov.br

³⁴ Dados apresentados durante o RENOVA – Encontro de Energias Renováveis. Salvador, 2000

dos sistemas de irrigação e da APAEB – Associação dos Pequenos Produtores do Estado da Bahia, na implantação de sistemas de piscicultura e de cerca elétrica.

O outro programa, com números menos expressivos foi realizado em parceria com o *Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED)*, da França. O programa foi uma iniciativa da *Fondation Energies Pour le Monde* e se constituiu na implantação de um projeto piloto de eletrificação rural por sistemas fotovoltaicos em 24 residências na localidade do município de Juazeiro.

5.3.3 FUNDO ROTATIVO APAEB

A APAEB foi fundada em 1980 como uma cooperativa de pequenos agricultores atuantes na região de Valente – BA, com o objetivo principal de lutar pelo progresso do homem no campo. Hoje a APAEB é uma referência internacional no que diz respeito a projetos sustentáveis de fixação do homem no campo, e atua em setores como artesanato, curtume, produção de laticínios, melhoria genética de criações, hidroponia, educação e reflorestamento.

Como uma forma de otimizar os resultados com a criação ovina/caprina, uma das atividades principais dos pequenos proprietários da região, a APAEB iniciou um processo de implantação de sistemas fotovoltaicos cujo objetivo vem sendo, até então, a eletrificação de cercas e fornecimento de iluminação.

A APAEB vem instalando e dando suporte técnico a sistemas fotovoltaicos desde 1995, ultrapassando até o momento a marca de 500 sistemas comercializados (Correia, 2002). A venda dos sistemas, efetuada pela APAEB, acontece basicamente de duas maneiras: através de Fundo Rotativo³⁵ (Ghirardi, 1999) ou por vendas diretas ao consumidor. Para comprar o sistema utilizando o financiamento do Fundo Rotativo o agricultor deve ser um associado da APAEB e fazer parte do COOPERE - Cooperativa Valentense de Crédito Rural. Na venda direta o sistema pode ser adquirido por qualquer pessoa no posto de vendas da APAEB.

³⁵ O Fundo Rotativo é um mecanismo de financiamento no qual o valor devido é convertido em quilogramas de carne caprina e pago pelo comprador ao longo de oito anos .

A atuação da cooperativa na área de energia solar difere dos demais programas implementados no Estado, pois constitui a venda e não a doação dos equipamentos.

5.3.4 PROGRAMA PRODUIR

A CAR foi criada como empresa estatal, em 1983, e está vinculada a Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia. Cabe a ela coordenar e executar políticas e programas de desenvolvimento, sobretudo para a população de baixa renda da zona rural. O programa Produzir é hoje o principal responsável pelos sistemas fotovoltaicos instalados no Estado da Bahia. Cerca de 10.300 residências foram beneficiadas até hoje e o programa de energia solar está em sua terceira edição, representando investimentos da ordem de R\$ 1.300.000,00, financiados com recursos do Banco Mundial e do Governo da Bahia.³⁶

O modelo da CAR propõe a criação de mecanismos técnicos e financeiros que possibilitem a manutenção dos equipamentos pela própria comunidade. A compra dos equipamentos é feita pela própria comunidade que deve estar organizada em forma de associação para participar do programa Produzir.

5.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram apresentados os principais programas envolvendo energia solar fotovoltaica no Estado, destacando números de instalações e o papel de cada agente envolvido. A seguir será descrita uma pesquisa de campo realizada com a intenção de avaliar as condições técnicas dos sistemas instalados até então na Bahia.

³⁶ Dados coletados junto à CAR, 2000.

6. DIAGNÓSTICO TÉCNICO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS NAS REGIÕES NORDESTE E DO MÉDIO SÃO FRANCISCO, DO ESTADO DA BAHIA

6.1 PESQUISA DE CAMPO

A fim de coletar dados que possibilitassem avaliar as condições de funcionamento e a forma que vem sendo utilizada para se operar os sistemas de energia solar fotovoltaica instalados na Bahia, realizou-se visita técnica a diversos municípios do Estado. Foram percorridas 54 localidades, distribuídas entre 11 municípios do Nordeste do Estado, onde foram visitados 198 sistemas individuais em domicílios e 89 sistemas de uso coletivo (05 de bombeamento, 09 de irrigação, 03 centros comunitários, 03 creches, 35 escolas, 32 sistemas de iluminação pública e 02 igrejas) que utilizam a energia solar como forma de geração de energia elétrica, totalizando 287 sistemas visitados. As regiões e localidades foram escolhidas devido ao grande número de usuários existentes e de forma a tornar mais eficiente o roteiro de viagem.

Além dos dados obtidos nas visitas efetivamente realizadas, foram coletadas informações junto a presidentes de associações e outros moradores com relação a outras instalações existentes na localidade. Assim, o volume de sistemas avaliados qualitativamente (considerando os que não foram computados na pesquisa), foi de aproximadamente 400 unidades, o que representa uma amostra de cerca de 3,4% do total instalado na Bahia. Encontra-se no apêndice A uma lista das localidades visitadas e tipos de sistemas avaliados.

Distribuiu-se a pesquisa entre os principais programas implementados até o presente momento na Bahia, quais sejam: Programa Produzir; o PRODEEM e os programas desenvolvidos pela Coelba (parcerias com CIRED e USDOE)³⁷. Também foram incluídos na pesquisa alguns sistemas adquiridos pelos próprios usuários. A Figura 6.1 a seguir mostra como se distribuiu quantitativamente a pesquisa entre os programas avaliados.

³⁷ Estes programas serão doravante referenciados como CIRED e USDOE.

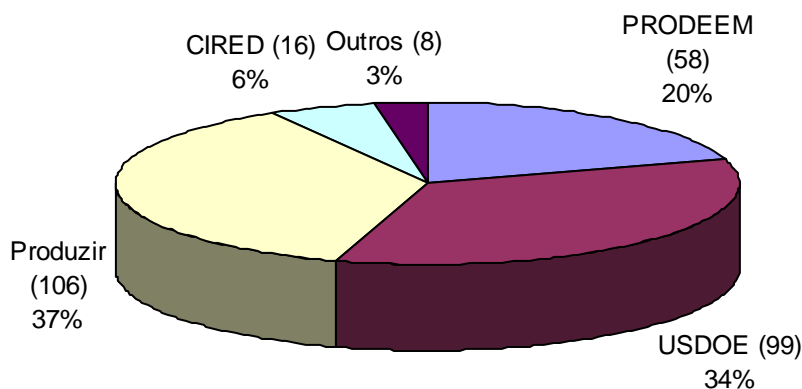


Figura 6.1. Distribuição quantitativa da pesquisa entre os programas analisados

No geral, o quadro técnico e gerencial encontrado foi ruim. As principais situações verificadas foram de má qualidade das instalações, ausência de gestão para manutenção dos sistemas, uso inadequado (desinformação dos usuários) e roubo de equipamentos. Algumas localidades fugiram a essa regra, devido principalmente ao grau de organização de sua Associação. Ficou clara no trabalho desenvolvido, a importância da participação da comunidade no processo de eletrificação com energia solar fotovoltaica.

O Programa Produzir, apresentou resultados ruins com relação à concepção do sistema instalado, à gestão posterior a sua implementação e à qualidade da instalação. O Programa PRODEEM apresentou resultados bastante preocupantes do ponto de vista técnico e gerencial: grande parte dos sistemas que seriam visitados foi roubada e a principal imagem que ficou foi a de completo abandono, por falta de um responsável pelo sistema. O Programa USDOE, assim como o Programa CIREDA, foi bem sucedido em algumas comunidades onde foi implementado, destacando-se pela boa qualidade das instalações realizadas e por conseguir mobilizar as associações comunitárias a criarem fundo para manutenção e reparo dos equipamentos. Este bom resultado, no entanto, não se repetiu para todas as localidades, já que ocorreram diversos roubos em escolas e em algumas comunidades os sistemas estavam praticamente inoperantes.

6.2 METODOLOGIA

A pesquisa constituiu-se de uma entrevista com o usuário dos sistemas de energia solar a fim de levantar informações com relação ao seu desempenho, problemas que vêm acontecendo, perfil de consumo, dentre outros aspectos. Uma avaliação técnica visual do sistema foi realizada a fim de registrar os equipamentos que eram utilizados e o atual estado dos mesmos. Para auxiliar o registro das informações foram utilizados os formulários cujos modelos encontram-se no Apêndice B. A pesquisa foi realizada entre os dias 16/10 e 07/11 de 2001, seguindo o roteiro que se encontra no Apêndice C. Cada registro foi acompanhado de localização geográfica e fotografias, onde se procurou gravar detalhes da montagem dos equipamentos e problemas encontrados.

Para uma melhor análise das condições em que se encontram os equipamentos, foram atribuídos códigos para cada tipo de anormalidade encontrada em cada sistema visitado, conforme pode ser observado na Tabela 6.1 abaixo. Encontram-se no Apêndice D, fotografias ilustrando os principais problemas identificados na pesquisa.

Tabela 6.1. Códigos para as anormalidades encontradas

Código	Anormalidade
1	Controlador de carga desconectado, retirado ou quebrado
2	Ausência de conectores nas baterias ou conectores de má qualidade
3	Ausência de disjuntor de proteção
4	Fiação em estado precário
5	Recarga de baterias extras
6	Reatores e/ou lâmpadas queimadas
7	Problemas com tempo nublado
8	Painel com orientação incorreta
9	Sistema não está sendo utilizado
10	Equipamentos roubados
11	Sistema não funciona (abandonado)
12	Problemas com bateria: Descarregada, sobrecarga, substituída precocemente ou utilizada de menor capacidade
13	Sistema retirado

6.3 RESULTADOS DA PESQUISA

Os resultados da pesquisa serão apresentados por programa, dando uma visão geral de como se encontram os equipamentos e como vem sendo feita a sua gestão.

6.3.1 PRODEEM

Foram avaliados 58 sistemas instalados dentro do programa PRODEEM. Vinte e oito deles para eletrificação de escolas, 27 de iluminação pública e 2 de bombeamento. A Figura 6.2 mostra como as anormalidades, definidas anteriormente, se distribuíram entre os sistemas avaliados.

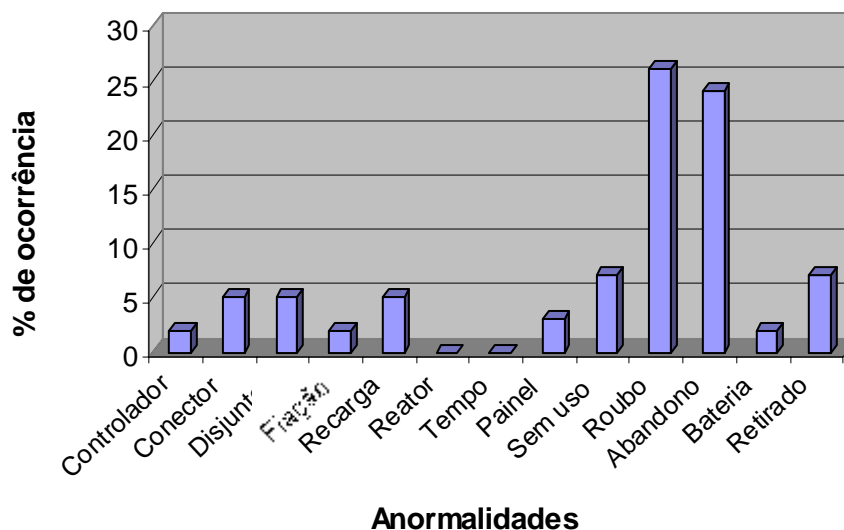


Figura 6.2. Número de ocorrências de cada tipo de anormalidade nos sistemas do Programa PRODEEM

Chama a atenção o grande número de sistemas roubados (15), correspondendo a aproximadamente 26% da amostra, e o número de sistemas em completo abandono (14). Praticamente metade dos sistemas avaliados estava em completo abandono ou tinha sido roubada.

O município de Arací apresentou características bem particulares. Foram coletadas informações sobre 17 escolas em diversas localidades desta região. Onze delas com sistemas originais do PRODEEM, instalados nos anos de 1998 e 1999, e as outras seis foram escolas que receberam partes dos sistemas originais retirados de outras escolas beneficiadas pelo mesmo programa.

Os sistemas não tiveram qualquer acompanhamento técnico após sua instalação, o que levou a maioria deles a parar de funcionar. Até janeiro de 2001 praticamente todos estavam inoperantes. A partir de então, com a entrada da nova administração da prefeitura, o quadro começou a mudar. Um funcionário foi colocado para efetuar as manutenções e reparos necessários, e uma série de intervenções começou a ser realizada.

Os sistemas instalados eram destinados a atender à carga de iluminação, televisão, videocassete e antena, compostos por três módulos de 50 W, três baterias de 90 Ah, inversor de 300 W e controlador de carga. Também fazia parte um pequeno sistema de iluminação pública com poste, módulo, bateria e luminária.

Nenhuma das escolas em que foram instalados os sistemas chegaram a ter televisores ou videocassetes, cargas que estavam previstas para serem atendidas. Com isto o sistema ficou superdimensionado, já que servia apenas à iluminação. Isto representou um grande desperdício de recursos, tanto na compra dos equipamentos, quanto no transporte e instalação. O que a prefeitura vem fazendo é redistribuir um sistema entre outras 3 escolas, cada uma funcionando com 1 módulo, 1 bateria, 1 controlador de carga e iluminação com reator/inversor. Durante a visita ao município, as escolas para as quais foram remanejados os equipamentos estavam aguardando apenas a compra de reatores para as lâmpadas.

Em 4 escolas eletrificadas não havia aulas à noite, ou seja, o sistema não era utilizado, exceto em pequenas comemorações, quadro que não se repetiu para as demais escolas. Notou-se a ausência de inversores em grande parte das escolas. Segundo o técnico atualmente responsável pela manutenção, isto se atribui ao fato do equipamento ser de grande utilidade para moradores da região, que podem usá-lo para acionar equipamentos elétricos com baterias automotivas. O principal motivo da utilização do inversor nos sistemas pesquisados seria a possibilidade de acionamento de aparelhos de televisão e vídeo, o que não ocorreu em nenhum dos casos. Outro fato que contribui para a ausência dos inversores é a quebra do equipamento. Não existem locais de venda ou reparo deste tipo de equipamento nas cidades próximas.

Segundo usuários e o técnico da prefeitura, os sistemas de iluminação pública não são de grande utilidade. A maioria dos postes foi retirada e os equipamentos redistribuídos, pois deixaram de funcionar e não traziam grandes benefícios.

Quando os sistemas foram remanejados, sendo redistribuídos entre outras escolas que não tinham energia, uma série de irregularidades foram cometidas na instalação, devido à falta de treinamento adequado para os técnicos responsáveis pelo serviço. Apesar disto, o trabalho representa uma boa iniciativa, pois aproveitou para outras localidades o potencial ocioso dos sistemas. Existem ainda na região 67 escolas sem energia, e muitas delas ainda serão beneficiadas com o remanejamento dos equipamentos.

6.3.2 PROGRAMA USDOE

A distribuição das anormalidades encontradas pode ser vista na Figura 6.3 abaixo. Aproximadamente metade dos sistemas não tinha controlador de carga, a grande maioria das vezes desconectado pelo próprio usuário, com a intenção de poder utilizar por mais tempo a bateria quando a mesma começa a apresentar problemas.

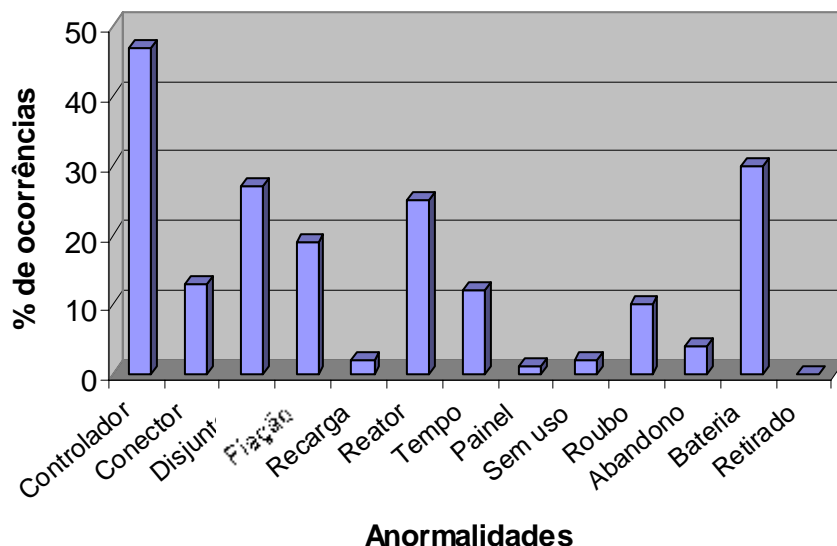


Figura 6.3. Número de ocorrências de cada tipo de anormalidade nos sistemas do Programa USDOE

A primeira visita realizada foi à comunidade de Lagoa do Curral, que se situa a cerca de 20 km da cidade de Araci. Os 24 sistemas visitados foram

instalados em 1997, mas como a rede elétrica chegou ao núcleo da comunidade recentemente, os sistemas foram relocados para residências mais distantes e que ainda não têm acesso à rede elétrica. A transferência dos equipamentos para as outras casas foi feita pelos próprios moradores.

A comunidade foi orientada pela equipe de instalação, em 1997, para criar fundo de manutenção para troca de equipamentos, que vem funcionando até hoje. Cada morador paga mensalmente o valor de R\$6,00, que vem sendo suficiente para a substituição de baterias e reatores (principal problema de que os usuários de queixam). Os serviços, que não são remunerados, são realizados por um dos moradores, que acompanhou sua instalação, se capacitando para dar manutenção. Segundo o mesmo, vêm sendo substituídos dois reatores por mês por residência, o que ameaça a sustentabilidade do fundo de manutenção. Quase todos os usuários já trocaram a bateria, em média há cerca de um ano. Como agora a maioria das casas não usa controlador, acredita-se que este tempo de vida útil seja reduzido.

Na localidade de Balaio os sistemas se encontravam em estado bastante precário. A associação comunitária não é organizada e a administração dos sistemas fica por conta do próprio usuário. Iniciou-se o pagamento de uma taxa mensal para manutenção no valor de R\$5,00, que foi abandonada em seguida. A assistência técnica é realizada por um dos moradores, que acompanhou a montagem dos sistemas. Entretanto, segundo os próprios usuários esta pessoa não possui conhecimentos suficientes para desenvolver o trabalho.

A desorganização da associação comunitária se reflete diretamente na qualidade de vida das pessoas, visivelmente mais pobres e desamparadas que os moradores das comunidades vizinhas.

Uma das comunidades que apresentou piores resultados na pesquisa foi a do Raso, que faz parte do município de Canudos e tem como características marcantes as condições inóspitas da região onde se localiza e a pobreza dos moradores. Possui aproximadamente 35 residências, em sua maioria construídas com adobe³⁸ e quantidade de cômodos que varia de 4 a 6. As casas estão situadas em meio à caatinga e a condição de vida dos moradores é bastante precária. A energia solar começou a ser utilizada na comunidade em

³⁸ Tipo de tijolo, feito de argila.

1997, quando foram instalados módulos fotovoltaicos em 32 residências, além da escola, creche e igreja local. A gestão dos equipamentos ficou por conta da própria comunidade, que foi aconselhada pela Coelba a se organizar em forma de associação e recebeu as instruções básicas sobre o funcionamento dos equipamentos instalados.

Foram visitadas 19 residências, além da escola, creche e da igreja. A situação encontrada foi bastante ruim, já que 14 deles não funcionam ou funcionam com problemas. Os equipamentos da escola e da creche foram roubados e tudo indica que o estado de decadência no uso da energia solar continuará a piorar até que venha a falir completamente.

Os motivos para o estado precário encontrado são a falta de organização da comunidade, aliada ao baixo poder aquisitivo dos moradores e à falta de acompanhamento técnico adequado. Percebe-se claramente a ausência de uma pessoa da comunidade que tenha conhecimento mínimo necessário para auxiliar na manutenção dos sistemas. Quando ocorreram defeitos, mesmo comuns, como queima de reator, não houve como solucioná-los e foram encontradas diversas residências onde lâmpadas não acendem há mais de 2 anos por um simples reator defeituoso.

Após a instalação criou-se um fundo para aquisição dos equipamentos de reposição, sobretudo para as baterias. O valor pago mensalmente pelos usuários era de R\$3,50, aumentando para R\$4,00 num momento seguinte. Quando foram necessárias as primeiras trocas de baterias a pessoa encarregada de administrar o dinheiro não quis entregá-lo e o caso foi parar na justiça. No final, os moradores não tiveram seu dinheiro de volta e devido a este problema pararam de pagar a mensalidade. Hoje cada um tenta cuidar dos seus equipamentos da maneira que está ao seu alcance.

A maioria dos moradores aparentemente não tem condições de comprar bateria com recursos próprios. Quando isto aconteceu foram adquiridas baterias de usadas ou baterias sub-dimensionadas. Na maioria das casas uma ou duas lâmpadas não acendem, devido a defeito no reator/inversor.

Os sistemas da creche e escola tinham 4 módulos de 50 Watts com 3 baterias cada e foram roubados no final do ano de 2000. Apesar da perda, o sistema era subutilizado, pois não havia aulas à noite. Acredita-se que o furto

seja de responsabilidade de uma quadrilha, já que o mesmo ocorreu em outras três escolas de região, com características semelhantes.

O sistema da igreja é um dos únicos que funciona bem. Isto se deve ao pouco uso que tem sido feito, esporadicamente, em festas ou reuniões.

Em uma das residências, a bateria, como já estava no fim de sua vida útil, não era utilizada. O módulo foi ligado diretamente no rádio do morador. Além do rádio o módulo alimentava uma bateria automotiva usada, na casa de um vizinho, ligada por um fio de aproximadamente 30 m. O vizinho utilizava a bateria para acender uma lâmpada de 20 W. Este exemplo, além de representar bem o estado geral de funcionamento dos sistemas da comunidade do Raso, demonstra claramente a importância da energia elétrica para aquelas pessoas, levando-as a buscar qualquer tipo de artifício para continuar utilizando-a.

Percebe-se que, enquanto durou a vida útil dos equipamentos, sobretudo a bateria, o sistema atendeu de maneira bastante eficiente aos usuários, que demonstraram grande satisfação. Porém, com o fim normal da vida útil da bateria, lâmpadas ou controladores, os usuários não tiveram recursos técnicos e financeiros para promover a manutenção dos sistemas.

6.3.3 PROGRAMA PRODUIR

Em geral, os sistemas do programa Produzir que foram visitados foram instalados há pouco tempo (no máximo dois anos), o que justifica o fato de que todos estivessem em funcionamento, apesar de se verificarem condições precárias e uso inadequado. Foram encontrados diversos pontos de anormalidade na configuração dos sistemas, o que pode levar a falhas num futuro próximo: quase a totalidade dos sistemas não possuía controlador de carga ou disjuntor de proteção.

Em poucas das comunidades visitadas a manutenção dos equipamentos e reposição das peças sobressalentes era administrada por uma associação. Os sistemas eram constituídos basicamente por um painel de 43 W, uma bateria de uso automotivo e conjuntos de lâmpada fluorescente e reator. Em mais de 50 % dos casos os equipamentos estavam interligados por fiação precária. Segundo alguns dos usuários, o serviço de instalação chegou a ser feito por pessoas totalmente despreparadas, o que ficou visivelmente claro na

verificação das instalações. A Figura 6.4 mostra o percentual de cada uma das anormalidades apresentadas.

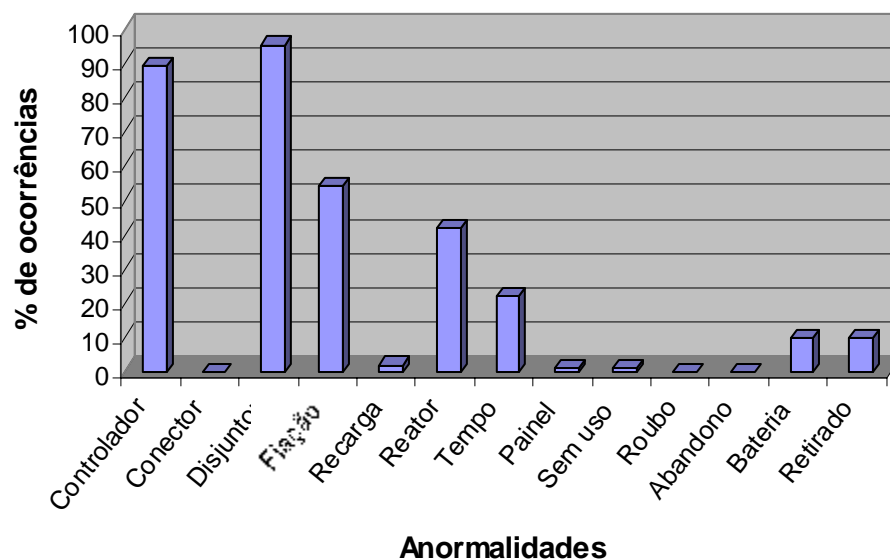


Figura 6.4. Número de ocorrências de cada tipo de anormalidade nos sistemas do programa Produzir

Dentre as comunidades visitadas, a de Nazaré, onde foram instalados 43 sistemas no início de 2001, destaca-se pela sua organização e capacidade de administração, não só no que se refere aos sistemas fotovoltaicos como em outras iniciativas desenvolvidas pela própria associação, como vacinação de rebanho, saúde dos moradores, apoio à agropecuária, infra-estrutura das moradias, e etc. A diferença no grau de organização da comunidade de Nazaré em relação às demais comunidades da região pode ser vista claramente apenas comparando as condições das propriedades. Apesar de todas terem as mesmas condições e recursos para se desenvolver, em Nazaré as propriedades são cercadas, melhores equipadas e as criações mais bem cuidadas.

Foi criado um fundo para troca de equipamentos onde cada morador paga mensalmente o valor de R\$5,00. O trabalho é feito pelo presidente da Associação, que acompanhou a montagem dos sistemas e demonstrou conhecimento suficiente para mantê-los. Os únicos problemas registrados até o momento foram queima de reatores, em quantidade normal.

Na comunidade de Bisamum, localizada no município de Tucano, foram instalados 32 sistemas pelo programa Produzir. Destes, 16 foram visitados, já

que, segundo informações dos próprios moradores apresentaram o mesmo desempenho dos sistemas restantes. A comunidade está organizada em uma Associação, que cuida da manutenção dos equipamentos. Em geral não têm ocorrido problemas e os sistemas estão funcionando de maneira adequada. Os principais problemas se referem à queima de reatores. Cada usuário contribui com R\$1,00 mensalmente para que seja dada assistência técnica em caso de defeito. O trabalho é feito pelo presidente da associação, que tem algum conhecimento sobre os sistemas. O valor não inclui as reposições de equipamentos, devendo as mesmas serem de responsabilidade de cada usuário. A empresa que instalou os equipamentos assumiu a assistência técnica durante um ano, o que não foi necessário já que não ocorreram falhas.

A comunidade de Barriguda, que se localiza a 40 km de Uauá, foi beneficiada pelo programa de energia solar da CAR em setembro de 2000, pelo qual foram instalados 45 sistemas.

Em nenhuma das instalações foi utilizado controlador de carga, o que pode vir a comprometer a vida útil da bateria. Foi utilizado, em todas as casas, um disjuntor comum termomagnético de 25 Amperes, supostamente para proteção de cargas que não ultrapassem o valor de 4 Amperes.

A primeira comunidade beneficiada com o SF do programa Produzir foi a de Barbeiro, em Juazeiro. Na pesquisa foram visitadas 9 destas instalações. O padrão era composto de um painel de 46 W, 1 bateria de 150 Ah e lâmpadas fluorescentes compactas de 9 W. Não foram utilizados controladores de carga, disjuntores ou fusíveis na instalação. Não foram utilizadas caixas para baterias e as mesmas ficavam localizadas sobre meias-paredes ou no canto de algum cômodo.

Apesar destes pontos negativos, dentre os sistemas da CAR visitados, foi o que tinha melhor padrão técnico, com a fiação embutida, instalação bem acabada e bateria de marca conhecida, aparentemente de boa qualidade.

Notou-se claramente a satisfação dos usuários quanto à energia solar, já que, segundo eles é de boa qualidade e gratuita. Nenhuma das baterias havia sido trocada. Como não existe fundo para manutenção dos equipamentos nem acompanhamento técnico, a tendência é que os usuários que tenham melhores condições financeiras venham a substituir as baterias, possivelmente por uma de qualidade ou capacidade inferior. Alguns usuários utilizavam lâmpadas de

farol de carro ou moto, curiosamente chamados por eles de “foquites”, e em uma casa foi encontrado um farol de automóvel iluminando a sala. A justificativa para a utilização deste tipo de lâmpada é puramente o preço. Enquanto as lojas do centro mais próximo chegam a cobrar R\$50,00 por um conjunto lâmpada compacta e reator, as lâmpadas de farol de moto custam cerca de R\$2,00, produzindo aparentemente o mesmo efeito. O problema é que a potência dessas lâmpadas é 60 Watts, o que leva a um consumo maior de energia e reduz as horas de utilização por dia.

O padrão técnico encontrado nos sistemas do programa Produzir da CAR foi basicamente o mesmo: instalação elétrica de má qualidade, ausência de controlador de carga, ausência de disjuntores ou fusíveis, baterias automotivas de marcas desconhecidas, desinformação dos usuários quanto à operação e manutenção dos equipamentos e ausência de fundo comunitário para manutenção e troca de peças sobressalentes.

6.3.4 PROGRAMA CIRED

O programa CIRED, apesar de ter atendido a uma pequena quantidade de residências, mostrou os melhores resultados da pesquisa, o que pode ser comprovado pela Figura 6.5, que mostra poucas anormalidades verificadas. A mais significativa foi a queima de lâmpadas e reatores, o que é algo esperado para sistemas com mais de 4 anos de uso. Pode-se atribuir este bom resultado à qualidade dos equipamentos e das instalações realizadas. O sucesso do programa é ainda mais surpreendente, considerando o fato de que não existe Associação Comunitária. Em alguns casos o sistema vem operando há mais de 4 anos sem apresentar qualquer tipo de falha.

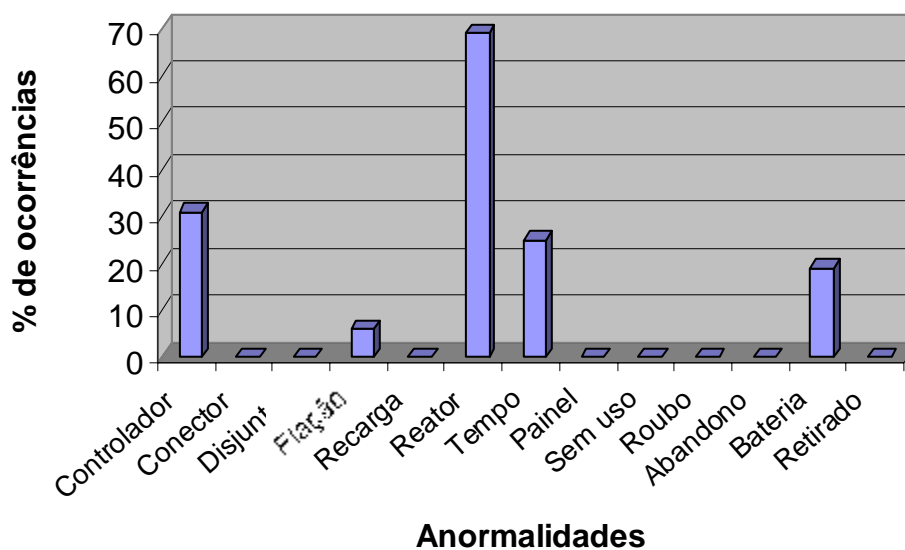


Figura 6.5. Número de ocorrências de cada tipo de anormalidade nos sistemas do Programa CIREC

6.4 CONCLUSÕES

Dentre as diversas comunidades visitadas, em geral muito pobres, encontrou-se diferenças significativas no nível de renda e organização dos moradores. Um dos pontos que ficaram claros na avaliação realizada é a influência destes dois fatores para o sucesso dos programas implementados.

As comunidades mais bem organizadas em geral são mais desenvolvidas, mesmo dispondo dos mesmos recursos que outras comunidades não tão bem sucedidas, o que contribui para o desenvolvimento de um sistema adequado de gestão.

Ficou clara a importância da energia elétrica para a vida das pessoas da área rural. Apesar dos quadros precários encontrados, percebeu-se após a visita, o grande valor que as pessoas do campo atribuem à eletricidade. Mesmo naqueles casos onde o sistema encontrava-se em péssimas condições de funcionamento, o usuário demonstrava uma satisfação enorme com a tecnologia. A necessidade é tão grande que leva as pessoas a buscarem artifícios para continuarem a utilizar os sistemas quando alguma falha acontece.

A principal necessidade dos usuários é a iluminação, ficando a televisão e o rádio como bens de segunda necessidade. Apesar da pobreza, estes eletrodomésticos estavam presentes na grande maioria das residências

visitadas e foi comum encontrar estes equipamentos em uso durante o dia. Este fato chama a atenção, pois em geral os dimensionamentos prevêem o uso dos sistemas por poucas horas durante o dia. As queixas com relação aos SF ficam por conta da baixa capacidade do sistema. Muitos usuários demonstram o interesse de ter um refrigerador, o que não é possível devido à baixa capacidade dos padrões utilizados.

Com base na pesquisa realizada pôde-se identificar alguns pontos importantes:

- Necessidade de maior envolvimento da comunidade no processo – as comunidades que foram envolvidas na instalação e posterior gestão dos sistemas tiveram melhor êxito na sustentabilidade do programa. Portanto, é necessário que a ESF seja introduzida preferencialmente em comunidades bem organizadas, onde já exista uma associação de moradores. Nos casos onde esta associação não exista, sua criação deve fazer parte do processo de introdução dos SF.
- Subutilização dos equipamentos instalados – o problema é comum principalmente nas escolas, onde são instalados sistemas dimensionados para atendimento de iluminação, televisão, videocassete e antena parabólica. Em nenhuma das escolas visitadas existiam estes aparelhos. Em algumas nem mesmo a iluminação era utilizada, pois não havia aulas à noite.
- Ausência de responsabilidades quanto aos equipamentos instalados – Nos casos das escolas, geralmente não são atribuídas responsabilidades quanto aos sistemas instalados, o que leva ao completo abandono dos equipamentos.
- Falta de estrutura para manutenção – Em diversas localidades, sobretudo as beneficiadas pelo programa Produzir, os sistemas visitados tinham pouco tempo de funcionamento e não haviam apresentado problemas. Entretanto, as evidências indicam que em pouco tempo as baterias começarão a falhar, o que terá forte impacto na sustentabilidade do programa, considerando o baixo poder aquisitivo dos usuários. Na grande maioria das instalações, a manutenção dos equipamentos fica por conta do próprio

usuário, que não é devidamente instruído para fazê-lo. As poucas empresas e/ou técnicos localizam-se geralmente nos centros urbanos mais próximos, cobram valores proibitivos para a grande maioria dos usuários e nem sempre estão tecnicamente capacitadas para fazer o serviço.

7. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS E REGULATÓRIAS

Os capítulos anteriores mostraram que existe uma grande perspectiva para utilização da energia solar fotovoltaica na Bahia e que a experiência com este tipo de equipamento no Estado não vem sendo satisfatória. Estes pontos estão esquematizados na Figura 7.1.

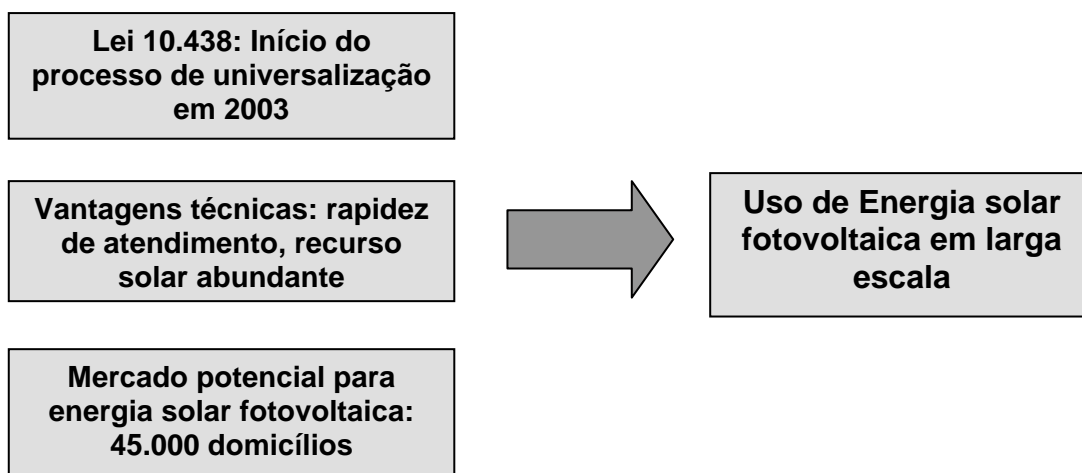


Figura 7.1. Cenário para a energia solar fotovoltaica na Bahia

Serão apresentadas a seguir proposições a serem consideradas no processo de universalização da energia elétrica utilizando energia solar fotovoltaica, no sentido de buscar a máxima qualidade do fornecimento de energia aos consumidores.

Existe a necessidade premente, dadas as perspectivas de uso, de que as concessionárias venham a elaborar padrões técnicos de qualidade para as instalações de sistemas fotovoltaicos. Deste modo, algumas práticas que devem ser observadas são, nos itens a seguir, sugeridas, elaboradas e comentadas a partir dos principais problemas verificados nas instalações visitadas no campo, durante a pesquisa descrita anteriormente, e tendo como respaldo as referências nacionais e internacionais citadas no capítulo 3.

Alem das questões técnicas, será discutida a necessidade de desenvolvimento de mecanismos para garantia da qualidade do serviço prestado com este tipo de tecnologia, tarefa que cabe ao agente regulador.

7.1 PROPOSIÇÕES TÉCNICAS

A instalação dos SF será, provavelmente, terceirizada pelas concessionárias, sobretudo no caso da Coelba, através de contratos na modalidade *turn-key*³⁹. Entretanto, o projeto adotado pela concessionária para sua execução ou para compor edital de contratação de empresas terceirizadas, deverá contemplar um escopo mínimo de pontos relacionados com a qualidade da instalação. São colocados a seguir pontos a serem considerados nesta fase de projeto, levando em conta não apenas a melhor opção técnica, mas também a praticidade e economia na instalação dos sistemas fotovoltaicos.

O fornecimento do sistema fotovoltaico deve estar agregado à instalação elétrica da residência, apesar de ser obrigação da concessionária a entrega de energia elétrica em um determinado ponto, como estabelece o artigo 9º da Resolução n. 456 de 2000, da ANEEL. Os casos onde se utilize SF devem ser encarados de forma a parte, já que o perfeito funcionamento do sistema está intrinsecamente ligado com a instalação elétrica e a carga atendida. Caso esta parte fique por conta do usuário, que em geral não possui recursos e conhecimento técnico suficiente para fazê-lo, o resultado poderá ser a subutilização ou o dano dos equipamentos de geração.

Desta forma, deverá ser de responsabilidade da concessionária o fornecimento de todos os itens que permitam o uso da energia elétrica produzida pelos módulos, inclusive lâmpadas e dispositivos de adaptação para ligação dos equipamentos elétricos do usuário. É aceitável, no entanto, que a posterior troca e manutenção destes dispositivos seja arcada pelo usuário, contanto, porém, que lhe seja fornecida informação técnica necessária para que o faça corretamente.

Deve também ser obrigatório o treinamento do usuário quanto aos riscos inerentes ao equipamento, conforme dispõe o artigo 3º da Lei 8.078 (Código de Defesa do Consumidor). Sugere-se a elaboração e distribuição de uma “Cartilha de Uso de Sistemas Fotovoltaicos”.

Estes pontos precisam ser mais bem discutidos e definidos no que seria uma resolução de “condições gerais de fornecimento para consumidores atendidos com SF”.

³⁹ Este mesmo procedimento foi adotado para a instalação de 9.000 sistemas no âmbito do Programa Luz no Campo.

Os usuários devem ser orientados quanto ao tempo de uso disponível para cada equipamento que possuem e visualização do nível de carga da bateria.

7.1.1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

O sistema deve operar de maneira automática, sem necessidade de qualquer intervenção do usuário. Devem-se criar sistemas típicos de tamanhos diferenciados para atender às diferentes demandas dos consumidores. Uma boa alternativa é adotar como padrão as cinco cargas típicas especificadas por Gouvello & Poppe (1997)⁴⁰.

Os sistemas devem ser caracterizados pela capacidade diária de fornecimento de energia e não pela capacidade nominal dos equipamentos, ou seja, o usuário deve ter a disponibilidade de uso de uma quantidade determinada de quilo-Watts-hora por dia, cabendo à concessionária dimensionar o sistema de forma a atender esta demanda, levando em conta características climáticas da região e o desempenho dos equipamentos.

Para tanto a concessionária deve realizar dimensionamentos precisos e atentar para os seguintes pontos:

- i) Caso se utilizem módulos de silício amorfo, estes devem ser acompanhados de certificado de degradação de seu rendimento, indicando qual a potencia nominal do modulo após a degradação inicial;
- ii) Submeter os equipamentos adquiridos a testes, em laboratórios capacitados, que comprovem o desempenho necessário para atendimento à carga exigida;

É aceitável que o sistema tenha padrão de 12 volts, o que representa a não utilização de inversor de frequência e, por conseguinte, a redução na probabilidade de falhas. Entretanto deve-se facultar a utilização do aparelho àqueles usuários que assim desejarem, o que pode ser justificado com o pagamento de uma tarifa diferenciada.

A queda de tensão admissível deve estar de acordo com o estabelecido pelo CEPEL (1995), que é de no máximo 5%.

⁴⁰ Ver Tabela 3.2

Cada sistema deve ser cadastrado, e receber um “número de consumidor”, a fim de que este seja informado pelo usuário a concessionária em caso de falha. Isto agilizará o processo, pois no cadastro já devem constar todos os dados do usuário e do sistema, incluindo histórico dos defeitos. Este número deve ser afixado em todas as partes do sistema (caixa da bateria, módulo, e caixa do controlador) de maneira visível e indelével.

7.1.2 MONTAGEM DO SISTEMA

Em geral as casas onde são instalados os SF são de baixa renda e as construções não seguem padrões de qualidade, com paredes sem reboco, ou mesmo de taipa e telhados com madeiras irregulares. Sendo este o tipo de local no qual será instalado o sistema fotovoltaico, o instalador é influenciado a seguir um padrão ruim de trabalho e dar pouca importância a detalhes e acabamentos. Esta mentalidade deve ser abolida e devem ser seguidos procedimentos de alto nível técnico, adaptados às características construtivas de cada residência.

A montagem do sistema deve ser feita de forma a garantir a máxima confiabilidade de funcionamento e segurança de pessoas e instalações. Para tanto se deve considerar as especificidades das construções existentes no interior do Estado. Para um projeto padrão pode ser considerada uma casa com sala, cozinha e dois quarto, totalizando aproximadamente 60 m² de área construída, com paredes de tijolo cerâmico ou adobe, cobertura da telha cerâmica em estrutura de madeira e piso de cimento batido. A Figura 7.2 a seguir ilustra esta residência típica. As características consideradas variam bastante, sobretudo de acordo com a classe de renda dos moradores, entretanto representam a grande maioria das residências não eletrificadas da zona rural do Estado da Bahia.



Figura 7.2. Residência típica considerada no projeto

Uma opção para fixação do módulo é utilizar um poste de aço galvanizado com estrutura para sustentação e posicionamento, parafusada ao tubo, conforme pode ser visto no Apêndice E. A experiência em campo tem indicado que na maioria dos casos a melhor opção tem sido o uso de postes próximos às casas. Com isto a instalação e manutenção dos módulos se tornam mais fáceis. Sugere-se que o módulo fique a cerca de 1,8 m de altura do solo, o que facilitará o trabalho de limpeza e dificultará o acesso de crianças e animais.

A estrutura de suporte deve ser construída de modo a dar uma inclinação de 20° ao módulo quando este for fixado. O instalador terá apenas de orientá-la para o norte verdadeiro, o que agilizará bastante a instalação. Um exemplo de estrutura é ilustrado no Apêndice F. Sugere-se que sejam utilizados alumínio, ou ferro galvanizado (solução mais econômica) na sua fabricação. Devem ser utilizados parafusos, porcas, arruelas, etc. em aço inox, a fim de garantir a durabilidade e facilidade de desmonte da estrutura, caso seja necessário.

Todos os pontos de contato elétrico devem ser inacessíveis ao usuário, a fim de evitar possíveis intervenções no sentido de acrescentar cargas, desconectar o controlador, carregar baterias extras ou quaisquer outras alterações que venham a prejudicar o desempenho do sistema. Para tanto a caixa da bateria e do controlador deverão ser fechadas com lacre, só

permitindo que um técnico autorizado venha a abri-la. A violação do lacre deve implicar em penas aos usuários a serem estipuladas pela pelo agente regulador.

O controlador deve estar em uma caixa apropriada para dispositivos elétricos, fechada, de material resistente, e que permita visualização da indicação do estado de carga da bateria (o controlador deve possuir este tipo de indicação). Nesta mesma caixa deverão estar os dispositivos de proteção (disjuntor e fusível), que devem poder ser acionados sem a abertura da tampa da caixa.

A interligação entre caixa da bateria e caixa do controlador deve ser feita por duto elétrico, não permitindo a exposição de qualquer parte dos cabos ou fios.

A caixa da bateria, assim como do controlador, deve ser dimensionada para equipamentos maiores, prevendo a possibilidade da substituição por outros de maior capacidade. A caixa do controlador deve ser de tamanho que permita, com folga, abrigar também um inversor de frequência suficiente para a carga do usuário.

É imprescindível zelar pelo acabamento da instalação, e portanto, deve ser exigida especial atenção em pontos como esquadro das peças aparentes e fixação na parede⁴¹.

A fiação elétrica é geralmente um ponto de origem de falhas, ocasionadas por problemas como fios soltos, contatos folgados, curtos circuitos e etc. A instalação em dutos, com poucas emendas e pode evitar diversos problemas e diminuir bastante o índice de reparos no sistema. Uma instalação elétrica de qualidade, seguindo os padrões exigidos pela NBR 5410, pode durar mais de 10 anos⁴².

7.2 MECANISMOS REGULATÓRIOS PARA GARANTIA DA QUALIDADE

A seção anterior apresentou questões que devem ser levadas em conta pela concessionária caso venha a utilizar sistemas fotovoltaicos para atender a seus consumidores. Entretanto, para assegurar que o serviço venha a ser

⁴¹ Como em algumas casa a argamassa utilizada na parede pode ser de má qualidade, deve ser aplicada uma nova camada a fim de compor um substrato para aplicação de buchas.

⁴² Estimativa a partir de informações obtidas com empresas de engenharia que atuam na área de energia solar.

satisfatório, o Agente Regulador tem um importante papel na definição dos níveis de qualidade de atendimento e na fiscalização das concessionárias com relação a seu cumprimento.

Conforme se observou no capítulo 2, a ANEEL publicou a Resolução n. 24, que estabelece as disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras. Entretanto algumas definições presentes na Resolução não são aplicáveis às unidades consumidoras atendidas com sistemas fotovoltaicos.

A concessionária deve se esforçar no sentido de garantir a disponibilidade diária de energia suficiente para o consumo diário da unidade consumidora, conforme proposta na seção anterior, e não o serviço ininterrupto, como estabelece a Resolução.

Deve-se considerar a interrupção ou descontinuidade da distribuição em unidades consumidoras atendidas por sistemas fotovoltaicos como sendo uma indisponibilidade de energia diária para a qual foi projetado o sistema. O restabelecimento da continuidade da distribuição de energia elétrica fica melhor definido como sendo o restabelecimento da disponibilidade de energia diária para a qual foi projetado o sistema.

O artigo 4º da Resolução ANEEL n. 24/2000 estabelece que “os indicadores de continuidade deverão ser apurados por meio de procedimentos auditáveis, que contemplem desde o nível de coleta dos dados das interrupções até a transformação desses dados em indicadores”. Segundo o artigo, os dados deverão ser armazenados por um período mínimo de três anos.

Entende-se que este artigo seja aplicável ao serviço prestado por SF com algumas ressalvas. Os parágrafos 1º, 2º e 3º utilizam o termo *Interrupções de Longa Duração*, o que não é aconselhado, como foi explicado anteriormente. O inciso II do parágrafo 3º recomenda o registro de data, hora e centésimos de minuto do início e restabelecimento da interrupção, o que não é factível nem aconselhado para os SF. O inciso III do mesmo parágrafo é inócuo, já que recomenda a anotação do número de unidades consumidoras atingidas em cada interrupção, que para aquelas atendidas com SF será sempre igual a 1.

Como os sistemas fotovoltaicos são independentes e cada evento (interrupção) atinge somente uma unidade consumidora, nas fórmulas de DEC e FEC, sempre $Ca(i) = 1$, ficando melhores definidas como:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k t(i)}{Cc} \qquad FEC = \frac{k}{Cc}$$

Nas quais,

$t(i)$ = Duração de cada evento (i), no período de apuração;

k = Número máximo de eventos no período considerado;

Cc = Número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

Ou seja, o DEC e FEC para os conjuntos de unidades consumidoras atendidas por sistemas fotovoltaicos são a soma dos indicadores individuais, DIC e FIC, divididos pelo número de unidades consumidoras do conjunto, o que representa uma média de falhas. Desta forma os dados a serem medidos são apenas os individuais, enquanto que os de conjunto podem ser obtidos indiretamente, a partir do número de unidades consumidoras do conjunto.

O registro das falhas constitui um grande problema na implementação dos índices de qualidade. Geralmente as unidades consumidoras atendidas por sistemas fotovoltaicos ficam em locais remotos e muitas vezes sem comunicação em grande raio de distância. De qualquer maneira deve ser implantada pela concessionária uma metodologia para registro e prevenção de falhas.

O artigo 8º da Resolução n. 24, define os critérios para formação dos conjuntos. A melhor forma de definição para os conjuntos das unidades consumidoras atendidas por sistemas fotovoltaicos e fazê-lo pelo critério da distribuição geográfica, ou seja, agrupar em um mesmo conjunto as unidades consumidoras que estejam dentro de um limite de dispersão.

Esta classificação se aproxima bastante da divisão dos domicílios por localidade dentro dos municípios, onde as residências de uma mesma localidade estão dentro de um certo limite de distância entre si. Assim, uma definição dos conjuntos de unidades consumidoras que se baseie na divisão dos domicílios por localidade em cada município, pode vir a ser uma solução

para a definição dos conjuntos de unidades consumidoras com SF. Desta forma, poderiam ser agrupados em um mesmo conjunto unidades consumidoras de uma ou mais localidades.

O artigo 14, que trata do aviso e registro de interrupções, não deve ser aplicado quando o serviço estiver sendo prestado com SF, como foi discutido anteriormente. O mesmo se aplica para o artigo 15 que trata da informação dos indicadores na fatura dos usuários, algo que não será relevante para a população que utilize a energia solar.

O sistema de atendimento às reclamações dos consumidores, tratado no artigo 16, é de extrema importância também para os consumidores da área rural, desta forma este tipo de serviço deve prever também o registro das falhas ocorridas nos SF, além de informar aos consumidores a previsão para conserto do equipamento.

7.2.1 ESTUDO DE CASO

Em uma pesquisa desenvolvida por Fontoura (2002) junto à APEB⁴³, foi avaliada a qualidade da energia elétrica utilizada pelos usuários de SF. A Associação registra as falhas ocorridas, com data de defeito e retorno ao funcionamento, bem como soluções adotadas, dos sistemas que vende, sob a forma de Fundo Rotativo. Isto é feito em formulários específicos (ver Apêndice G), que são posteriormente arquivados. Com base nesses formulários, pôde-se inferir sobre o comportamento dos sistemas fotovoltaicos ao longo dos primeiros anos de sua vida útil. A base de dados analisada compreendeu o período maio de 1997 a julho de 2000. Faziam parte do cadastro 212 sistemas.

Os sistemas analisados foram divididos em 6 grupos, de acordo com seu ano de instalação. Este procedimento foi necessário para compatibilizar os dados a serem estudados, já que não seria correto comparar um sistema com cinco anos de uso com sistemas recentemente instalados, como pode ser visto na Tabela 7.1.

⁴³ Comentou-se a atuação da APAEB no capítulo 4.

Tabela 7.1. Quantidade de sistemas instalados por ano

Grupo	Ano de instalação	Quantidade	Sem Defeito
1	1995	4	-
2	1996	29	11
3	1997	69	18
4	1998	81	32
5	1999	29	16
6	2000	-	-

Fonte: Winrock International

Efetuiu-se então um levantamento das falhas ocorridas em cada grupo, como resumido na Tabela 7.2.

Tabela 7.2. Falhas ocorridas nos sistemas

Ano	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Total
1995	ND	-	-	-	-	-	ND
1996	ND	ND	-	-	-	-	ND
1997	4	9	11	-	-	-	24
1998	9	18	70	49	-	-	146
1999	3	12	46	53	9	-	123
2000	2	9	28	44	18	-	101
Total	18	48	155	146	27	-	394

ND = não disponível

Fonte: Winrock International

No grupo 1, como existiam apenas 4 sistemas, número muito pequeno para uma análise adequada, os dados foram desconsiderados para fins de levantamento estatístico e para o cálculo da taxa de falhas. Com base nos dados das Tabelas 7.1 e 7.2, obteve-se a taxa de falha anual para cada grupo, dividindo-se a quantidade de falhas a cada ano pela quantidade de sistemas de cada grupo. Os valores encontrados são mostrados na Tabela 7.3.

Tabela 7.3. Taxa de falhas dos sistemas

Ano	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Média
1995	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-
1997	1,00	0,31	0,16	-	-	-	0,23
1998	2,25	0,62	1,01	0,60	-	-	0,75
1999	0,75	0,41	0,67	0,65	0,31	-	0,51
2000	0,50	0,31	0,41	0,54	0,62	-	0,47
Média	1,13	0,41	0,56	0,60	0,47	-	0,51

Observou-se que a taxa média anual de falhas nos sistemas foi de 0,51, ou seja, os sistemas apresentaram em média uma falha a cada dois anos. Vale lembrar que não foram incluídas nesta taxa as trocas das baterias, que ocorrem em média a cada quatro anos.

A partir deste trabalho pode-se comparar os valores médios de falhas obtidos para os sistemas fotovoltaicos, com os índices de defeitos registrados na rede convencional pela concessionária de energia elétrica para a mesma região de atuação da APAEB.

Os valores de DEC e FEC referentes ao ano de 2000 para as localidades onde a APAEB tem atuação estão mostrados na Tabela 7.4.

Tabela 7.4. Índices de qualidade registrados pela concessionária nas mesmas localidades de atuação da APAEB

Localidade	DEC	FEC
Araci	45,4	17,7
Campo Formoso	24,9	7,9
Cansanção	37,6	23,3
Conceição Do Coité	58,6	21,9
Itiúba	31,4	15,6
Monte Santo	31,1	14,6
Nordestina	37,6	23,3
Pintadas	68,3	14,5
Queimadas	37,1	11,1
Retirolândia	44,0	8,6
Santa Luz	36,7	10,6
São Domingos	15,8	9,3
Serrinha	38,0	20,4
Valente	40,8	7,9

Fonte: Coelba

Os sistemas administrados pela APAEB falharam em média uma vez a cada dois anos, enquanto que a frequência média anual de interrupções no sistema da concessionária local variou de 7,9 a 23,3. Como se vê, a frequência de falhas nos sistemas fotovoltaicos é significativamente menor que no sistema convencional.

Apesar da baixa frequência de interrupções, a duração do defeito nos sistemas fotovoltaicos deixou a desejar. A média de dias de duração das falhas foi de 7,7 (185 horas), já a duração média anual das interrupções no sistema da concessionária variou entre 15,8 e 68,3 horas.

Portanto, os dados permitem inferir que, apesar da frequência anual de falhas (interrupções) nos sistemas fotovoltaicos ser bem menor do que no sistema da concessionária, a duração média destas interrupções é maior.

Isto pode ser explicado pelo fato destes sistemas, apesar de terem uma tecnologia confiável, estarem localizados em áreas remotas, o que dificulta o deslocamento para manutenção e a própria notificação de que ocorreu uma falha. Outra constatação importante nos arquivos da APAEB é que o resultado foi influenciado pela demora, às vezes de meses, para reposição de peças sobressalentes danificadas.

7.2.2 PREMISSAS A SEREM CONSIDERADAS

Segundo o inciso II do artigo 3º da Resolução N° 24, o *Conjunto de Unidades Consumidoras* é definido como: “Qualquer agrupamento de unidades consumidoras, global ou parcial, de uma mesma área de concessão de distribuição, definido pela concessionária ou permissionária e aprovado pela ANEEL”. No que diz respeito às unidades consumidoras a serem atendidas por SF, a Agência Reguladora deve ter critérios definidos para aceitação do conjunto proposto pela concessionária.

A definição do *Conjunto de Unidades Consumidoras* é um ponto chave na regulação da qualidade no que diz respeito à energia solar. Caso o conjunto definido pela concessionária possua apenas unidades consumidoras atendidas por SF, o problema a ser resolvido passa a ser definir os índices de DIC, FIC, DEC e FEC específicos para consumidores atendidos por sistemas de energia solar. Caso existam unidades atendidas pelas duas tecnologias (rede

convencional e SF) a definição dos níveis mínimos de qualidade se torna mais difícil, pois haverá em um mesmo conjunto, devido a restrições tecnológicas, unidades consumidoras que devem ter índices de qualidades diferenciados.

Assim, uma das premissas a serem consideradas é a de não agrupar unidades consumidoras atendidas por tecnologias diferentes em um mesmo conjunto. Posta esta condição, passa a ser necessário definir quais os índices de qualidade aceitáveis para o atendimento com energia solar e como podem ser melhorados estes índices ao longo do tempo. O estudo de caso mostrado anteriormente apresenta alguns dados que devem ser considerados nesta tarefa. Os fatores que influenciam na frequência de falhas dos sistemas são os seguintes:

- i. Qualidade da instalação realizada;
- ii. Qualidade dos equipamentos utilizados;
- iii. Procedimentos de uso do sistema;

A qualidade da instalação, bem como dos equipamentos utilizados, pode influenciar no desempenho do sistema e na ocorrência de falhas de operação. Existem normas, descritas anteriormente, que devem ser seguidas pela concessionária, no sentido de minimizar o número de possíveis falhas.

Os procedimentos de uso do sistema diz respeito ao modo que o usuário o utiliza. É comum ocorrerem falhas devido ao uso inadequado dos equipamentos, acrescentando cargas não previstas, desconectando o controlador de carga ou carregando baterias extras. Estes tipos de problemas podem ser minimizados com um projeto de instalação no qual seja dificultado o acesso do usuário aos equipamentos, utilizando invólucros lacrados e fiação embutida. Além disto, um treinamento adequado dos usuários ou a distribuição de uma cartilha, podem contribuir para uma correta utilização do sistema de energia solar.

Os fatores que influenciam na duração das falhas dos sistemas são os seguintes:

- iv. Localização do domicílio;
- v. Disponibilidade de meios de comunicação;
- vi. Disponibilidade de pessoa capacitada para realizar o conserto;
- vii. Disponibilidade local de peças de reposição para troca;

Geralmente as unidades consumidoras que utilizam energia solar fotovoltaica ficam localizadas em pontos remotos. As estradas de acesso são precárias, e em alguns casos não permitem o tráfego de veículos. Além da distância em relação aos centros urbanos, não existem meios de comunicação como o telefone. Desta forma, a própria comunicação da ocorrência de uma falha torna-se difícil para os usuários.

A existência de uma pessoa tecnicamente capacitada a realizar as intervenções necessárias ao restabelecimento da operação dos sistemas defeituosos é um ponto fundamental no processo de gestão dos SF. Para que o serviço seja feito de maneira rápida e eficiente e sejam evitados retrabalhos, sugere-se que as concessionárias venham a treinar e contratar pessoas locais para realizar os trabalhos que venham a ser necessários.

A existência de peças de reposição em locais próximos às localidades atendidas por SF é algo que pode contribuir bastante para a rápida restituição do fornecimento de energia em caso de quebra de algum equipamento.

Todos estes fatores fazem com que a volta dos sistemas à operação, leve um tempo demasiadamente longo, como foi verificado na pesquisa descrita, na qual se obteve o tempo médio para reparo como sendo superior a uma semana.

Considerando os itens i a vii colocados, entende-se que as concessionárias devam implementar algumas iniciativas, a fim de minimizar a influência de cada um dos fatores descritos no desempenho geral do serviço prestado:

1. Possuir estoques mínimos de peças de reposição, distribuídos estrategicamente em pontos e repostos conforme a demanda;
2. Disponibilizar técnicos treinados para realizar qualquer tipo de intervenção no sistema;
3. Realizar cronograma de visita para manutenção preventiva nos sistemas;

4. Treinar os usuários no uso do equipamento;

A forma como estes procedimentos serão realizados deverá ser definida pela concessionária e não cabe ao Agente Regulador monitorar estas atividades.

7.3 CONCLUSÃO

A norma de qualidade para fornecimento de energia elétrica no Brasil já está consolidada e até popularizada, a partir do início recente da publicação nas faturas de energia, dos tradicionais indicadores DEC, FEC, DIC e FIC. Isto por si só justifica que se adote para a normatização da qualidade de fornecimento de energia com sistemas fotovoltaicos estes mesmos indicadores.

A regulamentação estabelece, em função das características da região (município, localidade, etc.) a ser atendida, níveis de qualidade que devem ser atingidos, “padrões”. Por isso são fixados valores máximos para cada um dos indicadores. Como foi visto anteriormente, os valores de frequência de interrupção dos sistemas fotovoltaicos são menores que o da rede convencional. Já os valores referentes à duração da interrupção são geralmente maiores, mas podem ser melhorados com a adoção de medidas tais como treinamento dos usuários, manutenção de estoque de material de reposição, etc.

Desta maneira, conclui-se que a adoção, para sistemas fotovoltaicos, dos mesmos indicadores utilizados para a rede convencional é algo factível e aconselhável, desde que sejam observadas as premissas previamente colocadas.

8. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou inúmeros dados, alguns deles ainda inéditos, que ajudarão no desenvolvimento do processo de eletrificação rural por meio de energia solar fotovoltaica.

Primeiramente foi estimado o número de domicílios que possivelmente virão a ser atendidos com esta tecnologia, o que ainda não havia sido realizado. A metodologia empregada, com características conservadoras, pode ser repetida para qualquer Estado do País, para ser encontrado um número de referência para a quantidade mínima de sistemas que poderão vir a ser instalados.

Em seguida foi feita uma revisão das principais recomendações das normas internacionais e nacionais quanto a questões técnicas ligadas aos SF, direcionada para a aplicação que será mais utilizada no processo de eletrificação na Bahia - pequenos sistemas fotovoltaicos residenciais.

A pesquisa descrita no capítulo 6 trouxe dados concretos sobre o estado dos sistemas que vêm sendo implementados na Bahia. Até então se sabia que o resultado não era satisfatório, mas nenhuma pesquisa de campo havia sido realizada, o que torna ainda mais valioso o conteúdo dos resultados encontrados. A pesquisa serviu para identificar os principais problemas que vêm ocorrendo, o que será de grande utilidade para o desenvolvimento de projetos com ESF.

Não existem normas no Brasil que tratem de sistemas fotovoltaicos, e, no sentido de contribuir com sua criação, foram apresentadas algumas sugestões a serem adotadas pelas concessionárias. Adicionalmente foram levantados pontos a serem considerados pelo órgão regulador, quanto ao estabelecimento de padrões de qualidade de atendimento.

Considerando os objetivos propostos, que eram mostrar a necessidade de criação de mecanismos para a garantia da qualidade do fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos na Bahia e dar sugestões no que diz respeito a definição de padrões técnicos e dos indicadores de qualidade, o trabalho apresentou resultados satisfatórios.

Existem grandes perspectivas de utilização de ESF para eletrificação rural na Bahia. No sentido de buscar a qualidade do serviço prestado com este tipo de tecnologia, foram sugeridas duas ações a serem adotadas

respectivamente pelas concessionárias e pelo órgão regulador: a criação de padrões técnicos de qualidade para os SF e a utilização da Resolução n. 24/2000, da ANEEL, como mecanismo regulatório da qualidade do fornecimento de energia elétrica com SF, desde que observadas as particularidades que envolvem a tecnologia.

Como recomendação para trabalhos futuros sugere-se o desenvolvimento destas duas recomendações propostas: padronização técnica e utilização da Resolução n. 24/2000 como instrumentos para garantia da qualidade.

Desta forma, pode ser desenvolvido um trabalho que estabeleça as normas a serem seguidas no dimensionamento e instalação dos SF, culminando em um projeto executivo padrão a ser seguido pelas concessionárias. Além deste, outro tema a ser explorado em trabalhos futuros é o estabelecimento dos índices de qualidade (DEC, FEC, DIC, FIC) a serem adotados para cada grupo de consumidores, bem como a adaptação da Resolução n. 24/2000 para o fornecimento de energia elétrica através de SF, o que poderia resultar em uma minuta de Resolução específica para este tipo de serviço.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPEL - Centro de Pesquisas em Energia Elétrica, **Manual do Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, 1999.

CORREIA, J. et al. **A Universalização do Serviço de Energia Elétrica - aspectos jurídicos, tecnológicos e socioeconômicos..** Salvador: UNIFACS, 2002. 173 p.

COSTA, H. S. Análise comparativa entre a extensão de rede e os sistemas fotovoltaicos. **Revista Eletricidade Moderna**, São Paulo, n. 315, p 222-227, jun. 2000.

FERREIRA, M. J. G, **Inserção da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2000. 284 p.

FONTOURA, P. F. et al. A atuação da APAEB com sistemas fotovoltaicos: diagnóstico técnico e financeiro. In: CORREIA, J. et al. **A Universalização do Serviço de Energia Elétrica - aspectos jurídicos, tecnológicos e socioeconômicos**. Salvador: UNIFACS, 2002. cap. 5, p.83-108.

FRAIDENRAICH, N., LYRA, F., **Energia Solar – fundamentos e tecnologias de conversão heliotermoelétrica e fotovoltaica**. UFPE, 1995.

GHIRARDI, A. G. **Fundo Rotativo – APAEB, Financiamento de Sistemas Solares**. Relatório de Avaliação. Salvador, 1999.

GOUVELLO, C.; POPPE, M. **Study of the Photovoltaic Market for Rural Electrification in Northeastern Brazil – Final Report for the World Bank**. Washington, 1997.

IBGE, **Pesquisa Nacional por Amostra de domicílios - PNAD**,1997.

IBGE, **Censo Populacional**, 2000.

Institute for Sustainable Power. **PV installation and maintenance practioner certification – Manual for implementing qualified certification programs**. Colorado, 2000. 158p.

NBR 5410 – **Norma Brasileira para Instalações Elétricas de Baixa Tensão**, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1997.

PAIXÃO, L. E. **Memórias do Projeto RE-SEB**. São Paulo: Massao Ohno Editor, 2000. 287 p.

PEREIRA, O. S., MOUSINHO, T. FIGUEIREDO, Graça. **A Ten Years PV Experience Irrigation in Bahia, Brazil**. 12th European Photovoltaic Solar Energy Conference. Amsterdam, 1994.

REIS, L. B.; SILVEIRA, S. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paris: EDUSP, 2000 a. 282 p.

REIS, L. B., **Geração de Energia Elétrica**, São Paulo, 2000 b.

RIBEIRO, C., **Eletrificação Rural com Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos no Contexto da Universalização do Serviço de Energia Elétrica no Brasil**, UFRJ, Rio de Janeiro, 2002.

SALVIANO, C. J. Eletrificação rural a partir da tecnologia solar fotovoltaica. **Revista Eletricidade Moderna**, São Paulo, n. 327, p 184-201, jun. 2001.

Sandia National Laboratories, **Photovoltaic Power Systems and the National Electrical Code: Suggested Practices**, , 2001.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e sociais da Bahia, **Anuário Estatístico**, Salvador, 2000.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e sociais da Bahia, **Bahia em Números**, Salvador, 2001.

TAUTZ, C. Alternativa anti-crise. **Brasil Energia**, Rio de Janeiro, n. 250, p. 64-82, set. 2001.

THOMAS, M. G. et al. **Photovoltaic Systems: An End-of-Millennium Review**, 1999.

TIBA, C. **Solar Radiation in the Brazilian Northeast**. Proceedings of the millenium Solar Forum 2000, ISES, México City, 2000.

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. **Atlas Solarimétrico do Brasil**, Editora Universitária da UFPE, 2000.

WAMUKONYA, N., **SHS Electrification as a Viable Technology Option for Africa's Development**.

WILES, J. **PV Installations, A Progress Report**, 29^o Photovoltaic Especialists IEEE Conference, New Orleans, 2002.

ZILLES, R., et al. **Cuaderno de Campo de Electrificación Rural Fotovoltaica**. Sevilla, PROGENSA, 2001, 82 p.

World Bank Technical Report: **Best Practices for photovoltaic Electrification Program**, 1996..

APÊNDICE A - Resumo do escopo da pesquisa de campo realizada

Município	Localidade	Quantidade	Tipo de Sistema	Programa
Biritinga	Zoador	1	Bombeamento	Proodem
Araci	Lagoa do Curral	22	Domicílios	USDOE
Araci	Lagoa do Curral	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Balaio	4	Domicílios	USDOE
Araci	Balaio	1	Escola	USDOE
Araci	Nazaré	4	Domicílios	CAR
Araci	Lagoa da Jurema	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Guerra	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Lagoa do Boi	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Lagoa da Anta	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Primeiro Sítio	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Palmeira	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Ribeira	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Queimadinha	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Queimada Redonda	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Alto Grande	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Umburaninha	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Duas Estradas	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Poço do Capim	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Riacho do Pereira	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Queimada dos Borges	2	Escola - I.P	Proodem
Araci	Campo Novo	2	Escola - I.P	Proodem
Teofilândia	Serra Branca	1	Bombeamento	USDOE
Tucano	Bizamum	17	Domicílios	CAR
Canudos	Pov. Raso	19	Domicílios	USDOE
Canudos	Pov. Raso	2	Escola - I.P	USDOE
Canudos	Pov. Raso	1	Creche	USDOE
Canudos	Pov. Raso	2	Igreja - I.P	USDOE
Canudos	Pov. Rosário	1	Creche	USDOE
Uauá	Campos Novos	21	Domicílios	USDOE
Uauá	Campos Novos	2	Escola - I.P	USDOE
Uauá	Barriguda	16	Domicílios	CAR
Uauá	Barriguda	1	Creche	USDOE
Uauá	Barriguda	1	Escola	USDOE
Uauá	Sítio do Avelino	6	Domicílios	CAR
Uauá	Carro Quebrado	4	Domicílios	CAR
Uauá	Curundundum	2	Escola - I.P	USDOE
Uauá	Caldeirãozinho	2	Escola - I.P	Proodem
Uauá	Santana	2	Escola - I.P	Proodem
Uauá	Fidélis	2	Escola - I.P	Proodem
Uauá	Arraial	2	Escola - I.P	Proodem
Uauá	Arraial	1	Domicílio	Particular
Uauá	Serrote da Onça	6	Domicílios	CAR
Uauá	Lagoa de João Ferreira	5	Domicílios	CAR
Uauá	Lagoa de João Ferreira	2	Escola - I.P	Proodem
Uauá	Sítio do Felicianoo	2	Escola - I.P	Proodem
Uauá	Flôres	2	Escola - I.P	Proodem
Uauá	Lagôa da Pedra	1	Escola	Proodem
Uauá	Caldeirãozinho II	1	Escola	Proodem
Curaçá	Urtiga de Baixo	1	Bombeamento	USDOE
Curaçá	Urtiga de Baixo	3	Domicílios	Particular
Juazeiro	Lagoa do Boi	14	Domicílios	Cired
Juazeiro	Lagoa do Boi	9	Domicílios	CAR
Juazeiro	Lagoa do Boi	1	Escola	Cired
Juazeiro	Lagoa do Boi	2	Igreja - I.P	Cired
Juazeiro	Rocinha	3	Domicílios	CAR
Juazeiro	Rocinha	1	Centro comunitário	CAR
Juazeiro	Frade	2	Domicílios	CAR
Juazeiro	Campo Grande	3	Domicílios	CAR
Juazeiro	Juvenal	6	Domicílios	CAR
Juazeiro	Barbeiro	8	Domicílios	CAR
Juazeiro	Barbeiro	1	Centro comunitário	CAR
Juazeiro	Juá	11	Domicílios	CAR
Juazeiro	Juá	1	Centro comunitário	CAR
Juazeiro	Caraibinha	1	Domicílio	CAR
Juazeiro	São Fidélis	3	Domicílios	CAR
Juazeiro	Jerimataia	1	Bombeamento	Proodem
Casa Nova	Macambira	1	Bombeamento	USDOE
Campo Formoso	Sítio do Meio	2	Escola - I.P	Proodem
Campo Formoso	Sítio do Meio	1	Domicílio	Particular
Campo Formoso	Oliveira	2	Escola - I.P	Proodem
Campo Formoso	Mocambo	2	Escola - I.P	Proodem
Capim Grosso	Rio do Peixe	8	Domicílios	USDOE
Capim Grosso	Rio do Peixe	9	Irrigação	USDOE

APÊNDICE B – Modelos de formulários utilizados na pesquisa de campo

FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO - DOMICÍLIO			
Localidade: _____			
Município: _____		Estado: _____	
Usuário: _____			
Latitude: _____		Longitude: _____	Altitude: _____
Data da Instalação: _____		Programa: _____	
Dados dos equipamentos			
Módulo			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Potência: _____
Suporte: _____		Quantidade: _____	Série () Paralelo ()
Condições de operação: _____			
Controlador de carga			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Corrente admissível: _____
Condições de operação: _____			
Bateria			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Capacidade: _____
Caixa: _____		Quantidade: _____	Série () Paralelo ()
Condições de operação: _____			
Reator / inversor			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Tensão: _____
Condições de operação: _____			
Acessórios			
Fiação: _____			
Tomadas: _____			
Interruptores: _____			
Outros: _____			
Carga			
Equipamento	Quantidade	Potência (watts)	Horas de uso diário
Lâmpada			
TV / Parabólica			
Rádio			
Outros			
Sistema opera corretamente?	SIM ()	NÃO ()	_____
Usuário satisfeito ?	SIM ()	NÃO ()	_____
Existe fundo para manutenção ?	SIM ()	NÃO ()	_____
Existe acompanhamento técnico ?	SIM ()	NÃO ()	_____
Houve troca de bateria ?	SIM ()	NÃO ()	Quando: _____
Desempenho geral do sistema			
Tempo a sol pleno	Satisfatório ()		Não satisfatório ()
Tempo nublado	Satisfatório ()		Não satisfatório ()
Tipo de construção do domicílio	Tijolo ()	Adobe ()	Bloco () Taipa ()
Número de cômodos do domicílio: _____			
Observações			
Data: _____		Hora: _____	
Responsável: _____			

FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTÁICO - ESCOLA			
Localidade: _____		Município: _____	
Nome da Escola: _____		Estado: _____	
Entrevistado: _____			
Coordenada E: _____		Coordenada W: _____	Altitude: _____
Data da Instalação: _____		Programa: _____	
Dados dos equipamentos			
Módulo			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Potência: _____
Suporte: _____		Quantidade: _____	Série () Paralelo ()
Condições de operação: _____			
Controlador de carga			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Corrente admissível: _____
Condições de operação: _____			
Bateria			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Capacidade: _____
Caixa: _____		Quantidade: _____	Série () Paralelo ()
Condições de operação: _____			
Reator / inversor das lâmpadas			
Fabricante: _____		Modelo: _____	Tensão: _____
Condições de operação: _____			
Tipo de sistema: _____ Corrente Alternada () Corrente contínua ()			
Se alternada: _____		Fabricante do inversor _____	Modelo: _____ Potência: _____
Acessórios			
Fiação: _____		Interruptores: _____	
Tomadas: _____		Outros: _____	
Carga			
Equipamento	Quantidade	Potência	Horas de uso diário
Lâmpadas			
TV / Parabólica			
Rádio			
Outros			
Número de salas de aula: _____		Número de alunos: _____	
Número de cômodos da escola: _____		Sistema opera satisfatoriamente? _____	
Existe sanitário? _____		Existe acompanhamento técnico? _____	
A água utilizada é: _____		Canalizada () Chafariz () Não é canalizada ()	
Funcionamento nos turnos: _____		Manhã () Tarde () Noite ()	
Houve troca de bateria? _____		SIM () NÃO () Quando: _____	
Com a disponibilidade da energia elétrica está sendo desenvolvida alguma atividade noturna na escola?			
Sim () Não ()			
Observações			
Data: _____		Hora: _____	
Responsável: _____			

APÊNDICE C – Roteiro na pesquisa de campo.

Data	Município	Local visitado	Qt
16/10/2001	Biritinga	Zoador	1
17/10/2001	Araci	Lagoa do Curral	22
18/10/2001	Araci	Palmeiras - Lagoa da Jurema - Lagoa do Boi - Primeiro Sítio Lagoa da Anta - Guerra-Tanque Cavado	19
19/10/2001	Araci	Queimadinha - Queimada Redonda - Alto Grande Umburaninha Duas Estradas - Poço do Capim - Riacho Pereira Queimada dos Borges Campo Novo - Ribeira - Balaio - Nazaré - Tinquí	34
20/10/2001	Teofilândia	Serra Branca	1
21/10/2001	Jorro	Descanso	x
22/10/2001	Tucano	Bizamum	17
23/10/2001	Canudos	Povoado do Raso - Rosário	25
24/10/2001	Uauá	Caldeirãozinho - Santana	4
25/10/2001	Uauá	Campos Novos	23
26/10/2001	Uauá	Barriguda - Sítio do Avelino - Carro Quebrado	27
27/10/2001	Uauá	Fidélis - Arraial - Sítio do Feliciano - Lagoa de João Ferreira Serrote da Onça	20
28/10/2001	Uauá	Descanso	x
29/10/2001	Curaçá	Urtiga de Baixo - Poço Artesiano	4
30/10/2001	Juazeiro	Rocinha - Lagoa do Boi	14
31/10/2001	Juazeiro	Juá - Babeiro - Caraibinha	25
1/11/2001	Juazeiro	Lagoa do Boi - Juvenal - Frade - Campo Grande	25
2/11/2001	Juazeiro	Feriado	x
3/11/2001	Juazeiro	Descanso	x
4/11/2001	Juazeiro	Descanso	x
5/11/2001	Casa Nova	Macambira	1
6/11/2001	Campo Formoso	Sítio do Meio-Oliveira-Mocambo	7
7/11/2001	Capim Grosso	Rio do Peixe - Domicílios e Irrigação	17

APÊNDICE D – Fotos dos principais problemas dos SF na Bahia



Módulos instalados em local de sombra



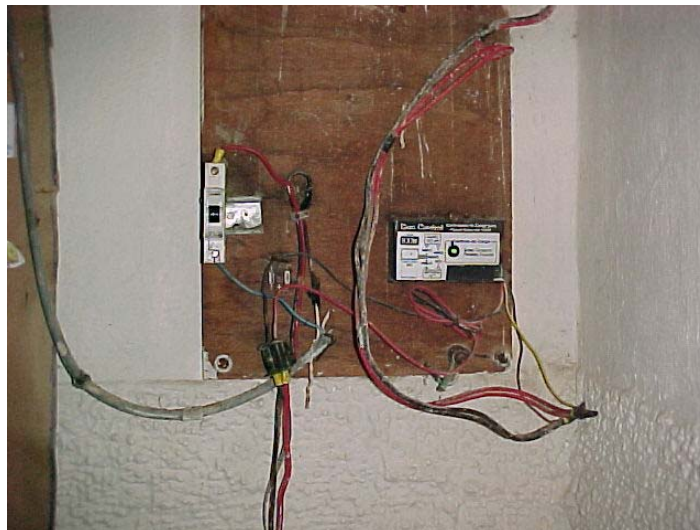
Painel com orientação incorreta



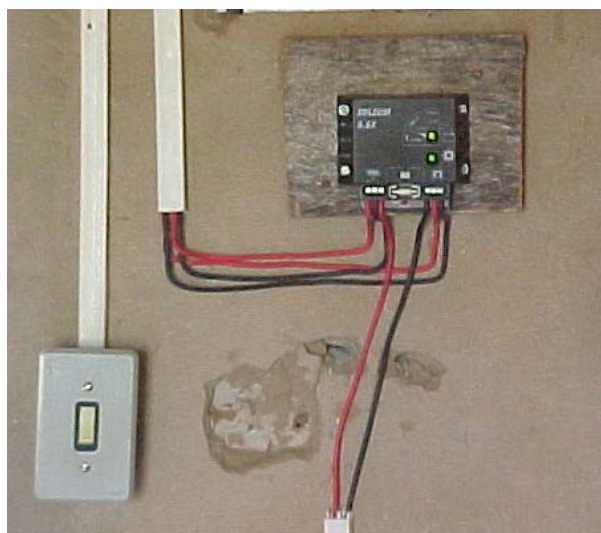
Estrutura precária sobre o telhado de uma residência



Interligação dos módulos com fios



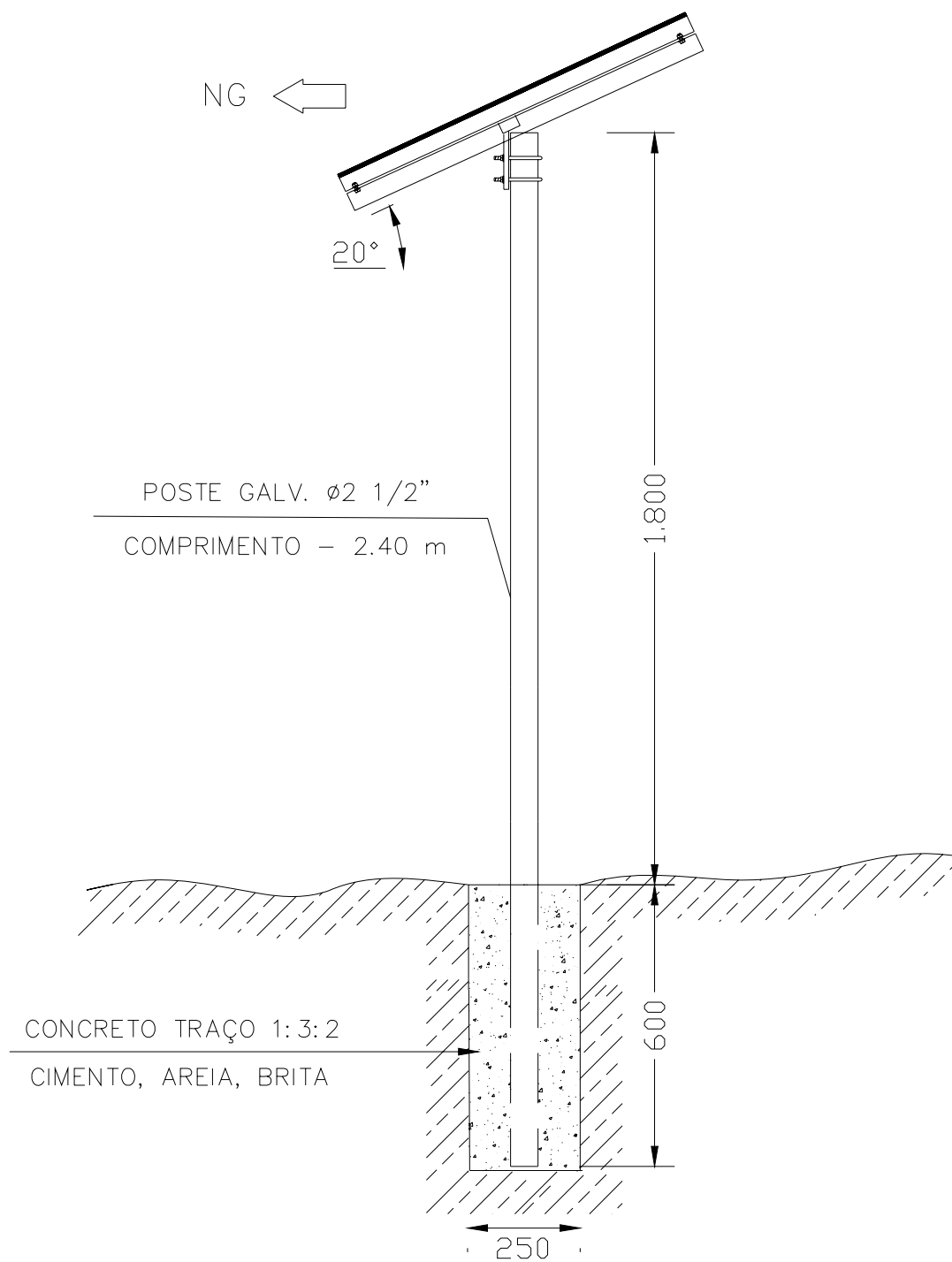
Fiação precária



Ausência de fusível ou disjuntor numa instalação residencial



Bateria ligada sem conectores

APÊNDICE E – Estrutura de suporte do módulo fotovoltaico

APENDICE G - Formulários de registro de falhas utilizado pela APAEB

**APAEB - ASSOCIAÇÃO DOS PEQUENOS AGRICULTORES DO MUNICÍPIO
DE VALENTE**

DEPARTAMENTO AGROPECUÁRIO

SOLICITAÇÃO E VISITA DO TÉCNICO AO USUÁRIO DE ENERGIA SOLAR

SOLICITAÇÃO:

DATA: ____/____/ 2000

NOME DO ASSOCIADO: _____

APELIDO _____ **FAZENDA:** _____

COMUNIDADE: _____ **MUNICÍPIO** _____

Problemas:

VISITA DO TÉCNICO:

DATA ____/____/ 2000

Quadro: 1

Descrição do serviço executado

Quadro: 2

Parecer técnico (causa s problema)

Assinatura do Técnico

Reclamações Solar