

A REGULAMENTAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES E SUA APLICAÇÃO A REALIDADE DA AMAZÔNIA¹

Roberto Zilles², Federico Morante e Luis Guilherme Monteiro

Resumo

Não há excessivas dúvidas quanto à maturidade técnica da tecnologia fotovoltaica no que tange ao suprimento da demanda de energia elétrica de domicílios dispersos e isolados. Não obstante, o enfoque dado até então não é adequado ao contexto da universalização, pois além de ofertar menor quantidade de energia que a colocada à disposição de um cliente conectado a rede elétrica convencional, também se cobra mais em termos de R\$/kWh. Neste sentido, o presente trabalho trata o tema considerando a equidade entre todos os consumidores e os aspectos técnicos que devem satisfazer os Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares para que sejam considerados nas metas de universalização das empresas de distribuição de energia elétrica. O trabalho concentra sua atenção no caso da regulamentação desses sistemas no Brasil, em particular os aspectos tratados na AP012-2004 da ANEEL e formalizados através da publicação da Resolução Normativa No. 83, de 20 de setembro de 2004 que estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes - SIGFI.

Introdução

Diferentemente da eletrificação por meio da extensão da rede elétrica convencional, feita a partir dos centros urbanos até as localidades não atendidas, a eletrificação com sistemas fotovoltaicos domiciliares pode ser executada a partir de localidades mais dispersas. Podendo assim contribuir na redução da migração da população rural não atendida para localidades que, devido ao fato de estarem mais próximas aos centros urbanos, são atendidas com os serviços elétricos vários anos antes da hipotética previsão de eletrificação de sua localidade. Contudo, a experiência acumulada revela várias barreiras para inclusão dos sistemas fotovoltaicos domiciliares nos planos e metas de universalização das concessionárias de eletricidade.

Sabe-se, com certa profundidade, os problemas associados com os mecanismos de gestão e que a doação gratuita, sem restrições e contrapartidas, não é sustentável e não contribui para o processo de desenvolvimento e difusão da tecnologia fotovoltaica como alternativa a eletrificação rural. A experiência revela que o usuário deve pagar pelo serviço prestado. Neste sentido, surgiram experiências que estabeleceram contratos de utilização, por exemplo o Programa ECOWATT (CESP/ELEKTRO) que implementou sistemas fotovoltaicos domiciliares e por meio de um contrato de utilização cobra dos usuários uma quantia equivalente à amortização dos equipamentos e as respectivas reposições de baterias (PRADO, 1997) e (ZILLES & FEDRIZZI, 1998a). Contudo este mecanismo não é adequado ao contexto da universalização, pois além de ofertar menor quantidade de energia que a colocada à disposição de um cliente conectado a rede elétrica convencional, também se cobra mais em termos de R\$/kWh. Neste sentido, o presente texto trata o uso de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares considerando a equidade entre todos os consumidores e os aspectos técnicos que devem satisfazer para que sejam considerados como uma opção no cumprimento das metas de universalização das empresas de distribuição de energia elétrica.

Eletrificação com sistemas fotovoltaicos domiciliares

Consiste na eletrificação, mediante energia solar fotovoltaica, de domicílios individuais permitindo aos beneficiados ampliar o leque de atividades, no campo da educação, do lazer e da produção. Os elementos fundamentais que caracterizam o Sistema Fotovoltaico Domiciliar são a própria carga e o módulo fotovoltaico. Em geral um sistema tão simples somente permitiria consumos proporcionais à radiação solar, isto é, durante as horas do dia e especialmente em dias ensolarados.

¹ Este artigo foi apresentado no Primeiro Seminário de Atendimento Energético de Comunidades Extrativistas - SAEEX'2004, realizado no Ministério de Minas e Energia durante os dias 17 e 18 de junho de 2004. Nesta versão foram incluídos comentários referentes a recente publicação da Resolução Normativa No. 83 da ANEEL.

² Laboratório de Sistemas Fotovoltaico Instituto de Eletrotécnica e Energia- Universidade de São Paulo.
Av. Professor Luciano Gualberto, 1289 – 05508-900, São Paulo – SP
e-mail: zilles@iee.usp.br

Como regra geral, é necessário dotar o conjunto de um sistema de acumulação que permita dissociar o consumo da geração. Tais sistemas podem adotar muitas e variadas formas, sendo a mais freqüente a acumulação eletroquímica em baterias secundárias.

Para conseguir uma boa adaptação entre as características da bateria e os módulos fotovoltaicos, incrementando o rendimento do conjunto e prolongando a vida da bateria, deve-se intercalar entre ambos elementos, um sistema eletrônico de controle que evite cargas e descargas excessivas no acumulador. A figura 1 apresenta um diagrama unifilar de um Sistema Fotovoltaico Domiciliar.

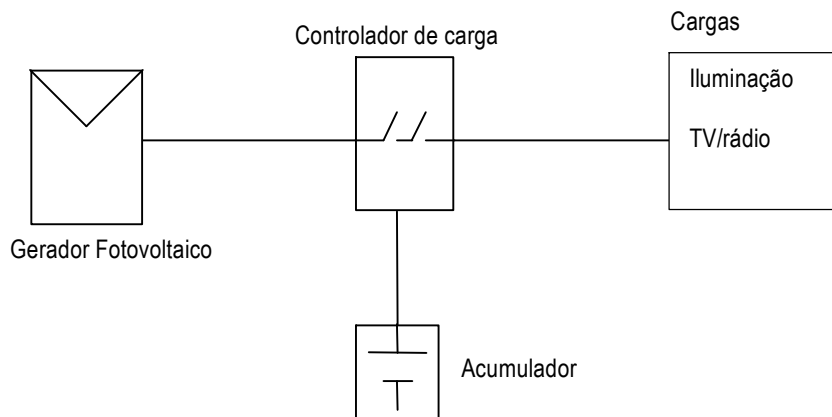


Figura 1. Diagrama unifilar de um Sistema Fotovoltaico Domiciliar.

No caso da eletrificação rural de domicílios ribeirinhos da região amazônica, o esquema geral apresentado na figura 1 representa bem a configuração, exclusivamente cc, mais difundida nos projetos de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares já implantados.

Na literatura e entre os instaladores, por limitações econômicas, os Sistemas Fotovoltaicos comumente são divididos em sistemas pequenos de 45 a 75 Wp, médios de 75 a 150 Wp, e grandes com potência entre 150 e 300 Wp. Contudo, não há impedimento técnico para atendimento de um domicílio com potências superiores. A definição de tamanho é uma questão que deve estar associada ao serviço, em kWh/mês, que se pretende ofertar. Para grande parte da geografia amazônica (valor da irradiação diária média mensal de 4,0 kWh/m²) um sistema de 50 Wp não poderá ofertar mais do que 4,0 kWh/mês, ou seja, apenas o suficiente para fornecer energia para o funcionamento de algumas lâmpadas fluorescentes de baixa potência e um rádio, por quatro horas por dia. Enquanto um sistema de 300 Wp pode ofertar cerca de 24 kWh/mês, dando mais flexibilidade ao usuário com relação à utilização, ao número de lâmpadas e usos de equipamentos eletroeletrônicos.

Independentemente do tamanho, o funcionamento dos sistemas é idêntico, a diferença desde o ponto de vista do usuário está no serviço que oferece cada sistema. A figura 2 apresenta um Sistema Fotovoltaico Domiciliar com potência de 75 Wp instalado em uma comunidade ribeirinha no município de Benjamin Constant-AM.

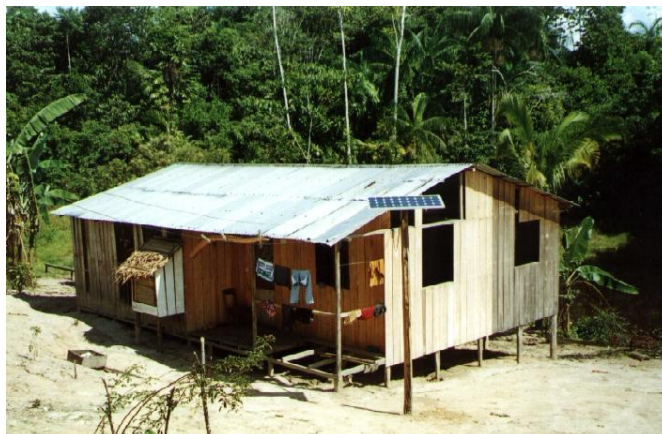


Figura 2. Sistema Fotovoltaico Domiciliar com potência nominal de 75 Wp, capaz de ofertar cerca de 6,0 kWh/mês, município de Benjamin Constant – Amazonas.

Configurações de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares

Os Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares podem adotar basicamente 3 configurações, atendimento exclusivamente em cc, atendimento cc + ca e atendimento exclusivamente em ca. O atendimento exclusivamente em cc encontra-se muito difundido, particularmente para sistemas de pequena potência, contudo apresentam limitações evidentes quando ao uso de equipamentos de usos finais convencionais. A figura 3 apresenta um diagrama unifilar desta configuração.

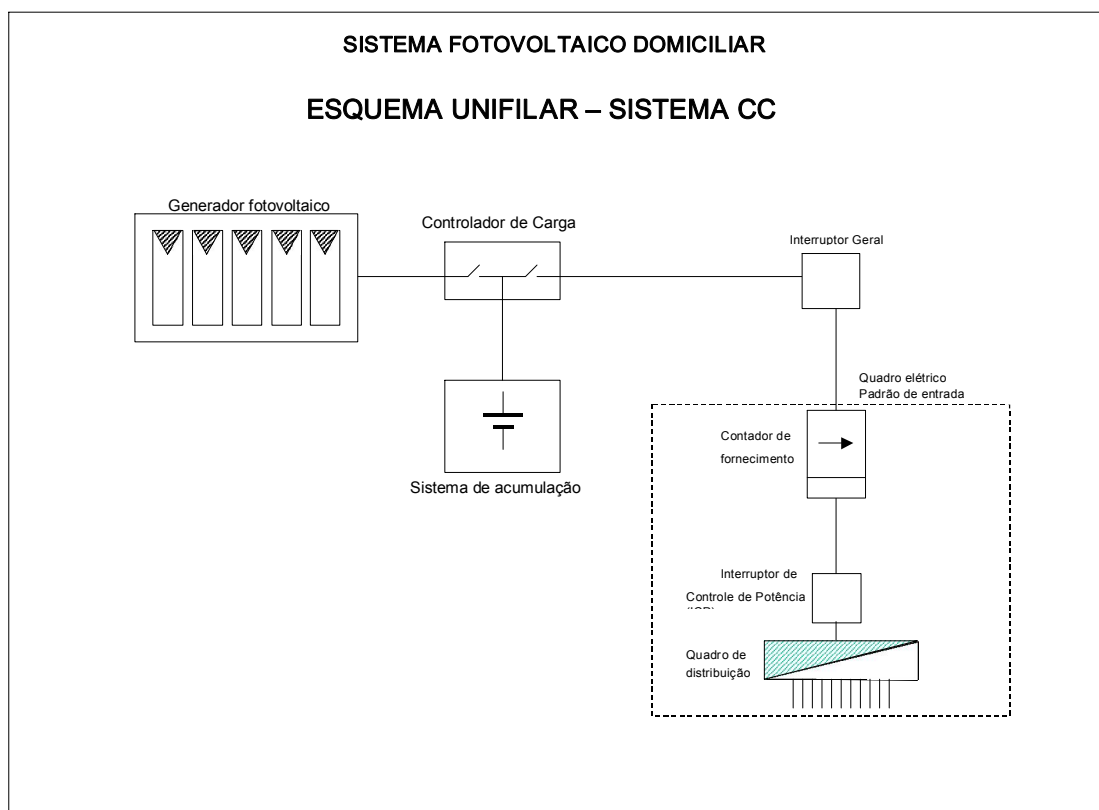


Figura 3. Esquema unifilar de Sistema Fotovoltaico Domiciliar - atendimento exclusivamente em cc.

Em alguns projetos de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares adota-se a configuração apresentada na figura 4 que consiste em uma linha em corrente contínua para iluminação e um conversor cc/ca de pequena potência (150 a 300 W) para alimentação de uma TV e outras pequenas cargas em ca. Esta configuração evita o funcionamento do conversor cc/ca durante os períodos de tempo nos quais a carga é exclusivamente de iluminação, ou seja, em momentos que a potência demandada é muito baixa. Esta configuração apresenta a vantagem de manter o fornecimento de energia aos equipamentos de iluminação quando ocorre falhas no conversor cc/ca. Como desvantagens tem-se a maior complexidade de gerenciamento da instalação no que concerne à definição de interrupção de atendimento (falha do sistema³), os custos da instalação associados com a linha cc e a pior relação qualidade/preço das luminárias cc com relação as ca.

A configuração da figura 5, requer uma única linha de distribuição em ca que necessita, em relação à instalação exclusivamente em cc, fiação de menor diâmetro e equipamentos elétricos, tanto de controle como de consumo, de fácil aquisição no mercado. Além disso, permite utilizar os padrões de entrada, no ponto de fornecimento, já estabelecidos na eletrificação por extensão da rede. Por estes motivos resulta menos discriminatória. O principal inconveniente está associado à eficiência do inversor, que em muitas ocasiões deve trabalhar em condições parciais de carga. Contudo, o estado da arte de conversores cc/ca põe a disposição no mercado conversores com eficiências relativamente altas para situações de baixa demanda. Com o uso desta configuração o prestador de serviço entrega ao

³ A ocorrência de uma falha no inversor representa uma interrupção parcial, situação que dificulta o processo de fiscalização para avaliação da qualidade do serviço. O uso desta configuração no contexto da universalização exigiria um tratamento para as situações de interrupções parciais.

consumidor energia em corrente alternada e deve se responsabilizar apenas pelos elementos de geração, acondicionamento de potência e acumulação.

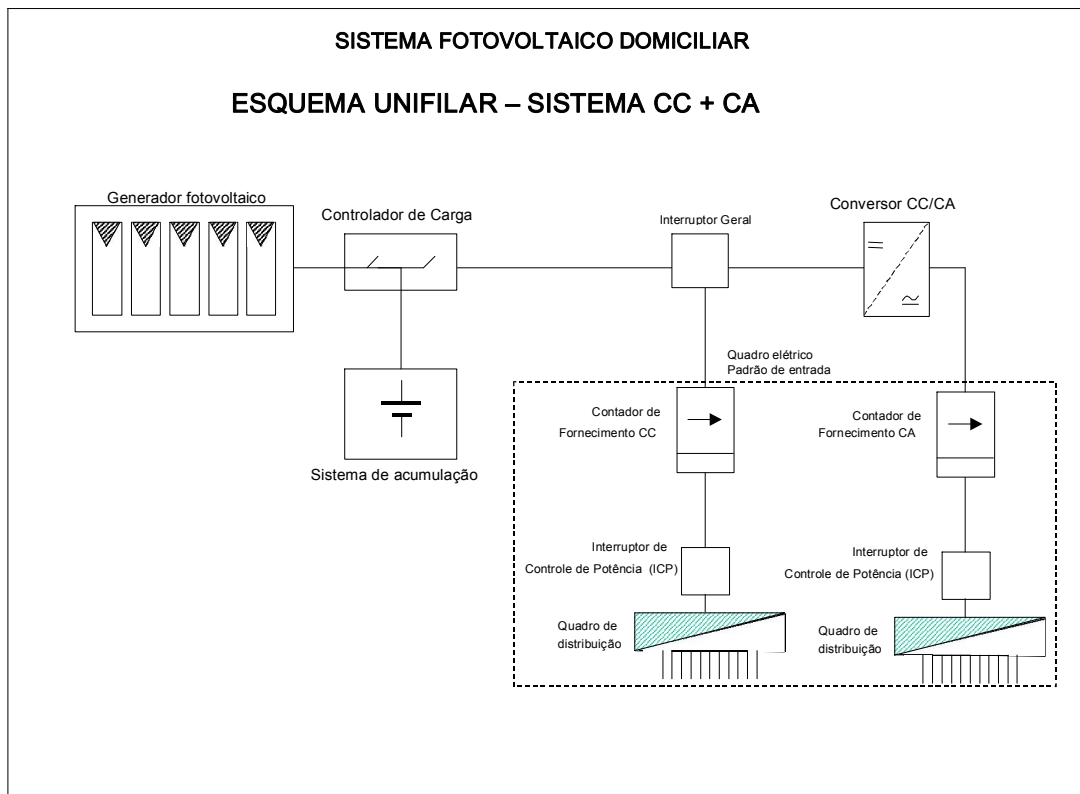


Figura 4. Esquema unifilar de Sistema Fotovoltaico Domiciliar - atendimento cc e ca.

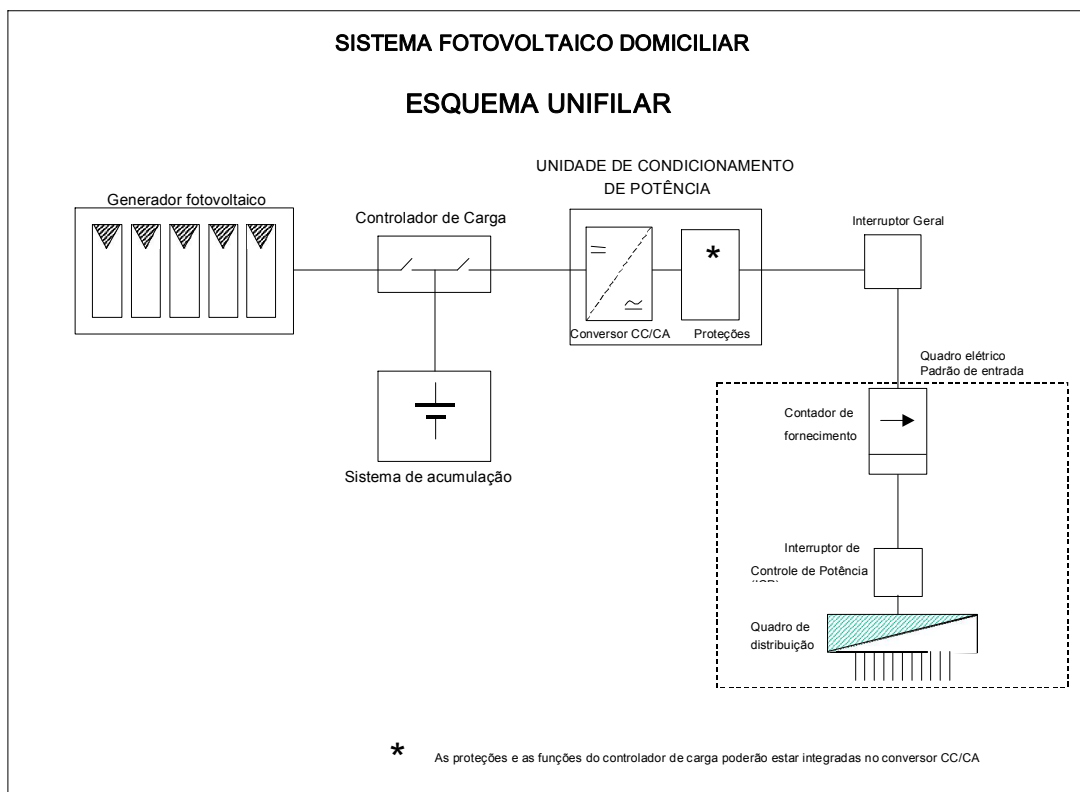


Figura 5. Sistema Fotovoltaico Domiciliar constituído por um único conversor cc/ca alimentando todas as cargas da instalação.

Uma das principais conclusões obtidas através da análise das experiências com Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, considerando os aspectos de equidade de atendimento entre consumidores atendidos, é a conveniência de utilizar uma configuração capaz de fornecer corrente alternada, no nível de tensão adotado nas localidades mais próximas atendidas com a extensão da rede. Mesmo sendo tecnicamente possível a aplicação de sistemas exclusivamente em corrente contínua, figura 3, devido à disponibilidade no mercado local de eletrodomésticos, lâmpadas e luminárias para corrente alternada e ao sentimento de igualdade em relação aos consumidores atendidos com a extensão da rede, recomenda-se atender os consumidores com corrente alternada.

Exemplo de aplicação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares

Com o intuito de exemplificar uma aplicação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares na Amazônia esta seção apresenta uma experiência de energização realizada na comunidade de Vera Cruz localizada no Município de Benjamim Constant no Estado do Amazonas. Vera Cruz está constituída por população cabocla de terra firme praticante da religião “Ordem Cruzada Apostólica Evangélica” e foi fundada em 1978 pelo patriarca José Marques (ZILLES & FEDRIZZI, 1998b). As características socioculturais dos habitantes desta comunidade guardam uma profunda relação com o modo de vida amazônico. Basicamente são pescadores, agricultores e extrativistas dos recursos florestais que a região oferece.

A introdução da tecnologia fotovoltaica nesta comunidade fez parte de um amplo programa promovido pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) denominado Programa de Desenvolvimento Sustentável do Alto Solimões (PRODESAS). Este programa vêm sendo desenvolvido desde 1995 abrangendo diversos aspectos da vida das comunidades como o manejo sustentável dos recursos florestais, a organização da comercialização da produção, o fortalecimento da agricultura familiar, etc. (FEDRIZZI et al., 2000). Inicialmente foram eletrificados as escolas, centros comunitários e igrejas de quatro comunidades: Nova Aliança, Guanabara II, Vera Cruz e Novo Paraíso. Posteriormente foram introduzidos sistemas de rádio-comunicação VHF e sistemas de bombeamento de água (FEDRIZZI et al., 2000).

No mês de julho de 2000, com apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foram eletrificados, com Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, 5 domicílios da comunidade de Vera Cruz. Na ocasião a comunidade de Vera Cruz possuía, para atender a demanda de iluminação domiciliar (6 residências), um moto-gerador Diesel de 5HP/3 kVA (figura 6), que operava diariamente por 3 horas (das 18h00 as 21h00) fornecendo energia para uma carga total de 15 lâmpadas de 60 W. Segundo dados da comunidade, eram consumidos 2 litros/dia de óleo diesel o que representava um gasto anual de R\$ 720,00⁴ apenas em combustível, sendo que neste valor não estão computados os gastos com lubrificantes e manutenção, nem os gastos com velas e querosene nas peças não iluminadas das casas.



Figura 6. Moto-gerador Diesel da comunidade de Vera Cruz.

Com base nestas informações deu-se início a ação piloto de introdução de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares. Em todos os domicílios foram instalados medidores que até o momento estão

⁴ Valor referente a julho de 2000.

forneendo dados do consumo de eletricidade. Na tabela I são apresentadas as características técnicas dos sistemas.

Tabela I. Características dos sistemas fotovoltaicos domiciliares.

Equipamento	fabricante	Modelo	Quantidade
Módulos fotovoltaicos	ATERSA	A-75 (75Wp)	1
Controlador de carga	ATERSA	Mino, 11 ^A	1
Baterias	MOURA	120h	1
Inversor DC/AC	Statpower	Prowatt50	1
Luminárias	Intral	20W	3
Lâmpada incandescente ⁵	Philips	2W	1

Aspectos operacionais dos Sistemas Domiciliares instalados em Vera Cruz-AM

A proposta de energização das residências individuais contemplou a participação financeira do usuário na compra de baterias, como também na instalação e manutenção dos sistemas. Além disso, cada usuário providenciou a construção do abrigo para a bateria e o mastro para instalação do gerador fotovoltaico. As figuras 7 a 9, apresentam detalhes desse processo executado pelos usuários.



Figura 7. Instalação do gerador fotovoltaico.



Figura 8. Instalação elétrica.



Figura 9. Instalação de luminárias.

⁵ O Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos, LSF-IEE/USP, adota desde 1997 o uso de lâmpadas incandescentes de 2W e seus projetos de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (Zilles & Lorenzo, 1997)

As tabelas II e III apresentam, respectivamente, um sumário estatístico e a distribuição percentual de freqüências acumuladas dos resultados de consumo obtidos nos domicílios eletrificados com sistemas fotovoltaicos domiciliares.

Tabela II. Sumário estatístico dos resultados das medidas de consumo.

Número da amostra	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
110	3,06 kWh/mês	0,87	0,96 kWh/mês	5,53 kWh/mês

Tabela III. Percentual de freqüências acumuladas.

Consumo	Percentual de freqüências acumuladas
1,56 kWh/mês	1%
1,81 kWh/mês	5%
2,08 kWh/mês	10%
2,50 kWh/mês	25%
2,93 kWh/mês	50%
3,54 kWh/mês	75%
4,31 kWh/mês	90%
4,78 kWh/mês	95%
5,26 kWh/mês	99%
5,53 kWh/mês	100%

A partir dos dados obtidos observa-se que 50% dos consumos registrados estão abaixo de 3,0 kWh/mês e nenhum registro superou a cifra de 6,0 kWh/mês. Estes resultados estão em consonância com os escassos registros disponíveis na literatura, como mostra a tabela IV.

Tabela IV. Faixas de consumo registradas em experiências com Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares.

País	Consumo
CHILE (SAPIAIN, 1998)	1,3 - 3,7 kWh/mês
KENYA (VAN DER PLAS, 1998: 301)	2,6 - 3,6 kWh/mês
INDONESIA (REINDERS et alli, 1999:17)	4,7 - 7,7 kWh/mês
BRASIL (MORANTE & ZILLES, 2001)	1,0 – 6,0 kWh/mês

A proposta de regulamentação: consumidor fotovoltaico em regime especial

Os resultados de consumo levantados em Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares tendem a sustentar a hipótese de que; *sistemas com capacidade de fornecimento da ordem de 10 kWh/mês, ou até menos, são suficientes para satisfazer a demanda de um universo significativo de consumidores não atendidos*, contudo, deve-se salientar que tal asserção possui sérias objeções para sua generalização. Entre elas, o fornecimento quase que exclusivamente em corrente contínua, nas experiências monitoradas, impede a utilização de equipamentos em corrente alternada. Nesse sentido, os Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares cujo atendimento, no ponto de entrega, se dá em corrente contínua, devem ser considerados como pré-eletrificação e não qualificados para contabilização das metas de universalização. Estas observações foram consideradas na elaboração da proposta de regulamentação de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, AP012/2004, publicada pela ANEEL e discutida em audiência pública realizada no dia 28/04/2004.

A AP012/2004 tinha como proposta, para contabilização nas metas de universalização das concessionárias, um serviço mínimo 15 kWh/mês com fornecimento exclusivamente em corrente alternada. A tabela V sintetiza as especificações básicas para atendimento de consumos inferiores a 80 kWh/mês.

Tabela V. Especificações técnicas gerais dos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares.

	Tensão	Consumo cc	Consumo	Autonomia	Potência mínima do	Disponibilidade
	cc	(Ah/dia)	carga ca	mínima	conversor cc/ca*	mensal
	(V)		(Wh/dia)	(dias)	(W)	(kWh)
SFD15	12 ou 24	42 ou 21	500	2	250	15
SFD30	12 ou 24	83,3 ou 41,6	1000	2	500	30
SFD45	24	62,5	1500	2	700	45
SFD60	24 ou 48	83,3 ou 41,6	2000	2	1000	60
SFD80	24 ou 48	111 ou 55,5	2666	2	1250	80

* a tensão de saída, Vca, obedecerá aos padrões das localidades próximas atendidas pela rede.

Estas especificações propostas na AP012/2004 como condições gerais de atendimento, com base nas observações e discussões realizadas, foram modificadas no que tange ao serviço mínimo, que foi reduzido de 15 kWh/mês para 13 kWh/mês.

Critérios para avaliação da qualidade do serviço oferecido

Para avaliar a qualidade do serviço prestado pelos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, dado as suas particularidades e a premissa de constituir um atendimento em Regime Especial, deve-se considerar a capacidade, sob determinadas condições de uso, para manter-se em, ou posto em

operação em plenas condições de desenvolver suas funções, quando a manutenção se realiza sob determinadas condições. Desta definição detecta-se a necessidade de duas atividades operacionais; manutenção preventiva e reparação de falhas.

Entende-se, portanto, a importância de se considerar na avaliação da qualidade do serviço prestado por um Sistema Fotovoltaico Domiciliar, não exclusivamente o potencial energético disponível, nem somente as falhas técnicas que causam interrupções. Na prática, o surgimento de falhas e as conseqüentes interrupções do serviço têm como imperativo os serviços de reparação. Estes serviços, analisados no contexto geral, surgem desde o momento da interrupção até o restabelecimento do fornecimento e envolvem uma série de etapas e procedimentos temporais:

- percepção da falha,
- detecção da falha e sua origem,
- aquisição dos equipamentos necessários,
- reparação ou substituição dos componentes e restabelecimento do funcionamento.

Na prática, cada uma destas etapas pode sofrer atrasos em função da disponibilidade de técnicos, de material, das dificuldades de transporte e, em geral, da estrutura operacional de manutenção adotada pela concessionária.

Quando se registra uma interrupção é possível diferenciar duas etapas, preparação e reparação. A reparação de um Sistema Fotovoltaico Domiciliar costuma ser rápida, pois de maneira geral consiste na troca de equipamento ou algum reparo que não demanda excessivo tempo. Portanto, é a etapa de preparação que demanda mais tempo pois nela está incluída a comunicação formal da interrupção ao serviço técnico da distribuidora, a detecção e diagnóstico da falha responsável pela interrupção do fornecimento e o deslocamento ao local para realização da reparação.

De forma prática, o tempo necessário para restabelecimento do serviço de um Sistema Fotovoltaico Domiciliar, TRSSFD, pode ser separado em três fases: aviso e inspeção, aquisição de material e restabelecimento do serviço.

Com base na experiência acumulada no uso de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares no país, e a adequação as condições de acesso, difícil, moderado e fácil, a tabela VI sugere valores indicativos para cada uma das fases envolvidas desde a detecção da falha até o restabelecimento do serviço.

Tabela VI. Tempos médios necessários a cada etapa para restabelecimento do serviço de um SFD.

	Acesso		
	Difícil	Moderado	Fácil
Tempo decorrido desde a falha até a comunicação formal	5 dias	2 dias	1 dia
Tempo médio para aquisição dos equipamentos	10 dias	6 dias	3 dias
Tempo médio após aquisição dos equipamentos para início da reparação	5 dias	2 dias	1 dia
Tempo necessário para reparação	1 dia	1 dia	1 dia
TRSSFD (contabilizado a partir da comunicação formal)	16 dias	9 dias	5 dias

Para fins de avaliação da qualidade do serviço ofertado, ou seja, do número máximo de dias até a reparação, deve-se contabilizar os dias de interrupção do serviço a partir do recebimento da comunicação formal até o restabelecimento da operação normal do sistema. Portanto, os dados da tabela VI sugerem que em nenhum caso a interrupção do serviço, após a comunicação da falha, seja superior a 16 dias. Quanto à disponibilidade anual do serviço recomenda-se que o sistema ofereça como mínimo 92%, ou seja, cada Sistema Fotovoltaico Domiciliar não poderá contabilizar mais do que 30 dias de interrupção por ano, independentemente do número de falhas ocorridas no ano.

Estes indicadores da qualidade do serviço em certa medida foram observados no padrão de continuidade definidos na Resolução Normativa No. 83. A tabela VII apresenta os valores mensal e anual do DIC explícitos na resolução.

Tabela VII. Padrões de referencia de continuidade que devem ser observados pela concessionária.

INDICADOR	Padrão de referencia (horas)	Número equivalente de dias sem fornecimento
DIC mensal	216	9 dias
DIC anual	648	27 dias

Comentários sobre a adoção do serviço mínimo (15 kWh/mês X 13 kWh/mês)

Há evidências de opiniões e manifestações desencontradas quanto ao serviço mínimo. Para alguns, 15 kWh/mês é um padrão elevado pois defendem a posição de que com muito menos kWh/mês é possível atender satisfatoriamente muitos domicílios, em particular os situados no interior da floresta amazônica. Em certa medida esta posição pode ser referendada, contudo deve-se atentar que não estamos discutindo uma ação isolada de atendimento a uma comunidade particular na qual a introdução e adoção para autogestão estão sendo consideradas, mas sim buscando estabelecer um padrão mínimo para considerar a opção fotovoltaica como uma alternativa para atendimento de domicílios individuais nos planos das distribuidoras de energia elétrica. Neste sentido, considerando por um lado a esperança de que a luz chegue a todos, mesmo que em doses modestas mas não de forma escassa, e por outro que se alcance a profissionalização da atividade fotovoltaica nas ações das empresas de distribuição, o padrão mínimo de 13 kWh/mês deve ser observado.

Deve-se salientar que a discussão não deve estar norteada pela intenção de qualificar sistemas realizados no passado, os quais, com todo rigor, devem ser adequados ao novo padrão. A inclusão dos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares nas opções passíveis de utilização nas metas de universalização das distribuidoras de energia elétrica não deve ser contaminada com conceitos de “faça você mesmo”, semelhante caminho não contribui a profissionalização da atividade. Por último, não se poderia deixar de mencionar que há pouca diferença no investimento inicial, no caso de novos sistemas, entre um sistema de 13 kWh/mês e um de 15 kWh/mês. Entre uma e outra opção deixaremos de ofertar diariamente ao consumidor 65 Wh, ou seja, para maior parte da região norte do país, 4 kWh/m².dia, o padrão de 13 kWh/mês, em comparação com o de 15 kWh/mês, permite uma redução de aproximadamente 20 Wp na potência do gerador fotovoltaico.

Referências

- ANEEL, Resolução Normativa No. 83, de 20 de setembro de 2004.
- ALMEIDA PRADO JR., F. A.; Programa ECOWATT: Energia solar fotovoltaica no Vale do Ribeira; Relatório interno CESP; 1997.
- FEDRIZZI, Maria Cristina, SAUER, Ildo Luis e NODA, Hiroshi (2000). Sistemas de bombeamento fotovoltaico de uso comunitário: implantação em comunidades isoladas na Amazônia. Anais do 3o encontro de energia no meio rural, AGRENER 2000, campinas 12 a 15 de setembro de 2000.
- TRIGOSO, Federico Morante; ZILLES, Roberto. Energy Demand in Solar Home Systems: The Case of the Communities in Ribeira Valley in the State of São Paulo, Brazil. Progress In Photovoltaics Research And Applications, Inglaterra, v. 9, n. 5, p. 379-388, 2001.
- REINDERS A.H.M.E., PRAMUSITO, SUDRADJAT A., VAN DIJK V.A.P., MULYADI R., TURKENBURG W.C. (1999) Sukatani revisited: on the performance of nine-year-old solar home systems and street lightning systems in Indonesia. Renewable Energy & Sustainable Reviews, 3, pp. 1-47.
- SAPIAÍN R., SCHMIDT R., FUENTES E., TORRES A. & FLORES C. (1998) Experiences in the Dissemination of Photovoltaic Electrification in Rural Areas of the High Plateau of Northern Chile. 2nd. World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion. Viena, pp. 3030-3032.
- VAN DER PLAS R. J. & HANKINS M. (1999) Solar Electricity in Africa: A Reality. Energy Policy, Vol. 26, No 4, pp. 295-305.
- ZILLES R. & FEDRIZZI M.C.; Relatório da visita técnica realizada ao Parque Estadual da Ilha do Cardoso;. Documento interno LSF-IEE/USP; 1998a.
- ZILLES, Roberto e FEDRIZZI, Maria Cristina (1998). Relatório interno da primeira viagem de campo do projeto Trópico Úmido “Energização Solar Fotovoltaica de Quatro Comunidades Isoladas na Região do Alto Solimões” (Mimeo). São Paulo, março 1998b.
- ZILLES, Roberto; LORENZO, Eduardo. Solar Home Systems Users and The Use of Small 2W Incandescent Lamps. 14TH EUROPEAN PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY CONGRESS, 1997, Barcelona. Proceedings of the Internacional Conferenece. Munich: H.S. Stephens & Associates, 1997. v.1, p. 931-933.