

PROGRAMA BRASILEIRO DE FORMAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE INSTALADORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

Roberto Zilles¹, André Mocelin¹ e Federico Morante²

¹Universidade de São Paulo - Instituto de Eletrotécnica e Energia - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos
Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 – Cidade Universitária – São Paulo – SP – Brasil – CEP 05508-900
Fax: +55 11 3816-7828, e-mail: zilles@iee.usp.br; mocelin@iee.usp.br

²Universidade Federal do ABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Rua Santa Adélia, 166 — Bairro Bangu – Santo André – São Paulo – SP – Brasil – CEP 09210-170
Fax: +55 11 4996-0101, e-mail: federico.trigoso@ufabc.edu.br

RESUMO: A experiência obtida no âmbito de aplicação da Resolução Normativa ANEEL N°. 83/2004 revela projetos bem sucedidos, mas também muitos outros que não os são, o que, além de resultar em conseqüente desperdício de recursos, leva à confusão e à desmerecida perda de credibilidade na tecnologia fotovoltaica. A lista das causas concretas, que também são comuns a outros setores do desenvolvimento rural, mostra uma carência de treinamento específico que garanta a manutenção e sustentabilidade dos equipamentos instalados. Considerando as lições do passado o Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica Energia da Universidade de São Paulo, LSF-IEE/USP, propõe um programa de formação e certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte. Este trabalho apresenta a estruturação, conteúdo programático e proposta de implantação.

Palavras chave: sistemas fotovoltaicos, capacitação, formação de instaladores, eletrificação rural, sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Com a publicação pela Agência Nacional de Energia Elétrica da Resolução Normativa N°. 83, em setembro de 2004 (ANEEL, 2004), que regulamenta o serviço elétrico realizado através de sistemas individuais de geração com fontes intermitentes, SIGFIs, mais de 20.000 instalações de sistemas fotovoltaicos foram realizadas por concessionárias de energia elétrica. Antes de tal publicação, as iniciativas de implantação de projetos voltados à eletrificação rural com energia solar fotovoltaica, quase como regra, se limitavam ao âmbito de projetos de demonstração promovidos pela Cooperação Internacional ou pelo Governo Federal (Galdino *et al.*, 1995), (Galdino y Lima, 2002). Atualmente os sistemas fotovoltaicos domiciliares já se incorporaram aos serviços oferecidos pelas distribuidoras de energia elétrica, fato refletido no número de instalações realizadas no contexto da Resolução Normativa ANEEL N°. 83/2004.

Embora o volume de instalações seja significativo, os problemas do passado persistem. Na maioria dos casos, esses projetos não se preocuparam com a questão da formação de pessoal especializado nem com a criação de uma rede de assistência técnica e de manutenção para a tecnologia fotovoltaica. Essa ausência de capacitação e treinamento tem conduzido a muitos insucessos que afetam a difusão e levam ao descrédito na eficácia da tecnologia fotovoltaica, causando graves obstáculos à expansão da utilização dos sistemas fotovoltaicos domiciliares.

Um dos problemas cruciais, identificado pelos técnicos da área, para a sustentação e continuidade dos projetos que utilizam sistemas fotovoltaicos domiciliares é a inexistência de uma rede de assistência técnica próxima aos locais de projetos. Redes de assistência técnica são importantes porque funcionam como divulgadoras das tecnologias implantadas e sustentam os projetos com relação à oferta/substituição de equipamentos e identificação de problemas de implantação, que superam a questão meramente tecnológica. No que se refere à implementação técnica de sistemas, detecta-se a ausência de treinamento adequado por parte do quadro técnico envolvido, sendo que a falta de profissionais qualificados é uma das principais causas da existência de instalações fotovoltaicas deficientes.

Nesse contexto, o LSF-IEE/USP propõe a criação de um programa de formação e certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte. Assim, o presente trabalho apresenta os antecedentes do surgimento dessa proposta e as pautas gerais para o desenvolvimento das atividades de formação desses instaladores. A metodologia apóia-se no aprendizado obtido a partir da materialização de diversos projetos de eletrificação baseados em tecnologia fotovoltaica, tanto no Brasil como em outros países.

RECURSOS HUMANOS E ELETRIFICAÇÃO RURAL

No Brasil, as iniciativas de transferência tecnológica e de implantação de projetos relacionados com a tecnologia fotovoltaica, na maior parte dos casos, envolveram pessoas com conhecimento técnico avançado. Muitas delas faziam parte de grupos de pesquisa de universidades ou integravam organizações governamentais federais, estaduais e municipais. Além disso, também participavam pessoas não governamentais e outras de caráter voluntarista. Junto a isso se pode mencionar também o grupo que faz parte do setor empresarial e, em geral, da iniciativa privada.

Assim, no passado e mesmo na atualidade, muitos projetos de aplicação da tecnologia fotovoltaica foram planejados e implementados tendo o apoio direto destas pessoas ou instituições. Nessas situações, dada a pequena escala dos empreendimentos, era possível realizar ações de gestão até, geralmente, o esgotamento dos recursos econômicos envolvidos e a possibilidade de manter ativas as pessoas imbuídas de suficiente motivação e participação.

Dentro desse panorama, quase todas as atividades de articulação das redes de apoio, de organização da logística e, finalmente, de dimensionamento, aquisição e montagem dos sistemas estiveram sob o controle direto destas pessoas. Em alguns casos, conseguiu-se formar recursos humanos da própria instituição capacitados para resolver problemas técnicos inerentes à tecnologia fotovoltaica. De forma adicional, dependendo da estratégia adotada para garantir a sustentabilidade dos projetos, também aconteceu a formação de instaladores locais com conhecimento básico para resolver problemas sem muita complexidade. Mas isso não foi a regra senão a exceção, o que resultou, com o crescimento da escala dos projetos, na falta de mão-de-obra especializada suficiente para atender ao aumento da utilização da tecnologia.

No caso do Brasil, após a estruturação da base legal e regimental dirigida a materializar a universalização do serviço de energia elétrica, as empresas concessionárias ficaram sob o imperativo de escolher alguma alternativa de geração para atender seus clientes. Em muitos lugares ainda é possível estender a rede elétrica; no entanto, em diversos locais é mais conveniente realizar ações de eletrificação baseadas no uso da tecnologia fotovoltaica.

Algumas dessas empresas, em maior ou menor grau, já vinham fazendo isso, como é o caso da Companhia Energética do Estado de Minas Gerais (Diniz *et al.*, 1998), da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) ou da antiga Companhia Energética de São Paulo (Zilles *et al.*, 1997). Essas iniciativas, com seus acertos e erros, acabaram fornecendo subsídios para o aprendizado e a definição do papel das energias renováveis dentro da estrutura de alternativas tecnológicas de uma empresa de energia elétrica (Santos, 2002), (Serpa, 2006). Adicionalmente, por meio desses empreendimentos, foi ficando em evidência a necessidade de capacitar e formar técnicos especializados nesse tipo de tecnologia, pois os eletricitistas tradicionais não contavam com o conhecimento suficiente para enfrentar os novos desafios.

Na atualidade está em andamento um novo marco legal de promoção das energias renováveis para a eletrificação rural. Dessa maneira, de acordo com suas decisões de escolha tecnológica, as empresas elétricas deverão assumir a responsabilidade de implementar instalações fotovoltaicas domiciliares. Assim, são as próprias empresas as que podem capacitar seus instaladores para que possam resolver os problemas técnicos em campo. No entanto, também existe a alternativa de contratar outra empresa especializada e com a capacidade de materializar essas instalações fotovoltaicas e resolver os eventuais problemas decorrentes do uso dessa tecnologia.

Sabe-se que instaladores fotovoltaicos enfrentam problemas muito diferentes dos apresentados nas áreas urbanas, pois, sua atuação se desenvolve geralmente em lugares remotos e de difícil acesso. Assim, estes técnicos devem contar com uma logística adequada de apoio para se deslocar e ficar em campo e, fundamentalmente, devem estar capacitados para solucionar os eventuais problemas que os sistemas fotovoltaicos podem apresentar. Para isso devem possuir as ferramentas e instrumentos adequados assim como peças de reposição e acessórios indispensáveis para trabalhar nesse meio.

Neste novo panorama, no qual as empresas distribuidoras de energia elétrica desempenham o principal papel, em contraposição aos primórdios dos empreendimentos fotovoltaicos, a atuação dos usuários da tecnologia aparentemente é passiva e de meros receptores da tecnologia. Isso se deve ao marco legal que considera que os clientes devem contar com o apoio técnico externo sob a responsabilidade da empresa concessionária de energia. Neste caso, os usuários ficam liberados, pelo menos em teoria, da responsabilidade de execução de tarefas de manutenção. Esta nova situação, em certa medida, exclui a capacitação e a formação de técnicos locais para a manutenção preventiva e corretiva básica.

Na realidade, neste novo contexto, nas zonas rurais deveria acontecer quase exatamente a situação das áreas urbanas eletrificadas as quais contam o tempo todo com o auxílio das equipes técnicas das empresas elétricas. Neste caso os clientes dificilmente estão preocupados em solucionar eles mesmos os eventuais problemas técnicos. Simplesmente eles comunicam o fato e prontamente são atendidos. Espera-se que com o aumento das instalações fotovoltaicas ou da utilização de outras fontes de energias renováveis, esta situação se consolide e que as empresas de distribuição estabeleçam um quadro técnico e logística para estes atendimentos.

De tudo isso, pode-se inferir que é indiscutível a necessidade de contar com técnicos especializados nessa tecnologia. No entanto, as escolas técnicas ainda não contemplam em seus currículos a formação deste especialista, embora isso, em curto prazo, seja impreterível. Por outro lado, algumas universidades brasileiras estão trabalhando na consolidação de cursos de graduação voltados ao tema energético. Indubitavelmente, nesses cursos deverão surgir especializações voltadas às energias renováveis e, dentre elas, à tecnologia solar fotovoltaica.

Em linhas gerais pode-se constatar que, comparativamente ao passado, está acontecendo um avanço na maneira de tratar a eletrificação rural por meio da utilização de tecnologias alternativas à extensão da rede elétrica. Relacionado com isso, há também mudanças, embora não tão intensas como seria desejável, na forma de analisar as questões relacionadas ao uso de geradores fotovoltaicos desde o ponto de vista das empresas concessionárias. Dessa maneira, consolida-se a necessidade de formar recursos humanos habilitados para tratar os diversos aspectos da geração de energia elétrica baseada em tecnologia fotovoltaica.

A existência deste tipo de profissionais (denominados por alguns “eletricitistas solares”) em número suficiente para acompanhar o desenvolvimento das instalações fotovoltaicas, deverá estruturar as desejadas redes de assistência técnica nas proximidades dos locais dos projetos. Como conseqüência disso, esta situação também possibilitará o aprimoramento das

relações econômicas e a abertura de novos postos de trabalho, tanto no setor comercial como de serviços. Fundamentalmente essa nova situação deverá propiciar melhor atendimento dos clientes das áreas rurais os quais são usuários de uma tecnologia que inerentemente se baseia na geração distribuída (GD).

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS EM APLICAÇÕES FOTOVOLTAICAS

A implementação de projetos em diversos lugares do Brasil e do mundo tem evidenciado a necessidade de formar pessoas tecnicamente capacitadas nas aplicações fotovoltaicas, com a finalidade de garantir a sua sustentabilidade. Ainda, é possível observar que a formação desses recursos humanos deveria levar em conta quatro estágios fundamentais (Morante *et al.*, 2006). Estes estágios correspondem aos níveis básico, intermediário, avançado e especializado, sendo que cada um tem suas próprias características, público alvo e objetivos de aprendizagem bem definidos. A continuação consta de um breve comentário sobre o funcionamento dessas etapas de aprendizagem e transferência de conhecimentos.

Nível básico.

O primeiro estágio contempla a capacitação dos técnicos locais, isto é, das pessoas que moram na própria comunidade e que estão em contato direto com a tecnologia. Estes técnicos podem resolver problemas básicos do dia-a-dia assim como realizar a manutenção preventiva mais simples, principalmente das baterias, lâmpadas, fiação e acessórios. É preciso considerar, no entanto, que dadas as características socioculturais das áreas rurais do Brasil, essas pessoas geralmente têm pouco conhecimento técnico e algumas delas são até analfabetas.

Na realidade, poucos projetos têm se preocupado em criar condições para formar esse tipo de pessoas. Isso depende fundamentalmente da estratégia adotada para a inserção tecnológica. Desse modo, aqueles empreendimentos que consideram fortemente a organização da população local para seu sucesso ressaltam o enfoque participativo, no qual o usuário final desempenha um importante papel. Isso se relaciona com o fato de que o usuário da tecnologia fica em contato direto com o sistema fotovoltaico em condições de falta de apoio externo rápido e direto para resolver os eventuais problemas técnicos. Deve-se ter em conta que esses projetos são desenvolvidos geralmente em áreas remotas, de difícil acesso e com estrutura habitacional dispersa (Morante *et al.*, 2007), (Silva *et al.*, 2006).

Levando em consideração essas condições de contorno, a formação de técnicos locais adquire vital importância, o que conduz ao desenvolvimento de atividades de transferência de conhecimentos com a utilização de material didático adequado (Mocelin, 2007). O LSF-IEE/USP tem desenvolvido atividades desse tipo fundamentalmente em projetos da Região Amazônica. O conteúdo programático destas ações formativas pode ser observado na tabela 1.

Módulos	Conteúdo programático
1. Fundamentos básicos de eletricidade	1.1. Identificação dos componentes de um sistema fotovoltaico (módulos, bateria, controlador, inversor, medidor e elementos de proteção) conhecendo suas principais características e funções. 1.2. Identificação e manipulação de ferramentas para utilizá-las nas atividades de instalação e manutenção. 1.3. Compreensão das variáveis elétricas tensão, corrente, resistência e potência. 1.4. Aprendizagem do uso do multímetro principalmente para medir tensão, corrente e continuidade. 1.5. Diferenças entre materiais isolantes e condutores. 1.6. Percepção dos perigos ao manipular sistemas com energia elétrica (choque elétrico) e aprendizagem e aplicação dos procedimentos de segurança.
2. Compreensão do funcionamento do sistema fotovoltaico	2.1. Visão geral do funcionamento de um sistema fotovoltaico domiciliar como um todo. 2.2. Aprendizagem da função do controlador eletrônico de carga e do inversor CC/CA. 2.3. Manipulação do multímetro medindo os valores da tensão no quadro elétrico (bornes de bateria, módulo e carga) e nas tomadas e pontos de lâmpadas do sistema fotovoltaico domiciliar. 2.4. Identificação e interpretação dos sinais luminosos e sonoros emitidos pelo controlador de carga e inversor. 2.5. Identificação dos problemas mais simples que aparecem no quadro elétrico principalmente nos disjuntores, controlador de carga e inversor, e apresentação das possíveis soluções.
3. Manutenção preventiva e corretiva	3.1. Realização de atividades relacionadas com a manutenção preventiva (reposição de água nas baterias, limpeza e orientação dos módulos, desarme do interruptor diferencial, limpeza e ajuste dos terminais das baterias). 3.2. Aprendizagem de como solucionar problemas relacionados com as lâmpadas, circuito aberto, mau contato, curto-circuito, disjuntor desconectado. 3.3. Aprendizagem das atividades relacionadas com a troca de equipamentos do quadro elétrico: disjuntores, controladores de carga e inversor. 3.4. Ensino dos fatores a serem avaliados para escolher eletrodomésticos de baixo consumo utilizados nos sistemas fotovoltaicos, incidindo na relação entre consumo, potência e durabilidade da bateria.
4. Acumuladores de energia elétrica	4.1. Aprendizagem do funcionamento de uma bateria de chumbo-ácido. 4.2. Aprendizagem de como verificar o estado de carga das baterias, como fazer sua manutenção preventiva (limpeza de contatos e reposição de água) e como trocá-las por outras.
5. Treinamento	5.1. Realização de instalações de sistemas fotovoltaicos domiciliares pelos próprios alunos.

Tabela 1. Módulos e conteúdo dos cursos de capacitação oferecidos pelo LSF/USP para a formação de técnicos locais.

O processo de transmissão de conhecimentos é lento e gradual, oferecido durante as visitas periódicas à comunidade. Geralmente participam as pessoas mais motivadas e que desde o início voluntariamente colaboram nas variadas atividades de transporte e estocagem dos equipamentos assim como na preparação de postes de madeira e construção de guaritas para as baterias. Na realidade, desde o início das atividades estas pessoas já estão participando na montagem dos sistemas. O ensino formal do conteúdo mencionado na tabela 1 é desenvolvido em um local apropriado reforçando tudo o que aprenderam na prática.

A experiência adquirida no desenvolvimento deste tipo de ações tem demonstrado resultados positivos. Em alguns casos, esses técnicos locais têm atuado como multiplicadores da tecnologia, pois, são convidados a trabalhar em outras comunidades onde se desenvolvem projetos fotovoltaicos. No entanto, de acordo ao panorama mencionado anteriormente, a formação destes técnicos locais aparentemente perdeu sua razão de ser. Isso se relacionaria com o fato de que no novo marco institucional brasileiro são as próprias empresas de eletricidade as responsáveis pela manutenção e operatividade dos sistemas. Mas, dadas as condições geográficas das zonas rurais brasileiras, fundamentalmente das regiões Norte e Nordeste, que envolvem imensas áreas territoriais¹ e, portanto, enormes distancias, caberia que as próprias empresas formem e mantenham no próprio local esse tipo de pessoas.

Nível intermediário.

Este segundo estágio de formação envolve fundamentalmente os técnicos eletricitas especializados em tecnologia solar fotovoltaica que moram fora da comunidade, podendo realizar visitas periódicas ou emergenciais. Estas pessoas deveriam estar capacitadas para resolver problemas técnicos de maior complexidade além de trabalharem na montagem e instalação de sistemas e na manutenção preventiva e corretiva. O conhecimento técnico deste tipo de profissionais deveria visar que os sistemas fiquem operativos a maior parte do tempo e com um ínfimo índice de falhas. Também eles constituem a ponte entre os usuários da tecnologia nas comunidades e as empresas encarregadas de viabilizar os projetos de eletrificação baseados nessa fonte de geração.

Dessa descrição geral, pode-se inferir que o papel destes instaladores é fundamental porque podem garantir o funcionamento ótimo dos sistemas. Além disso, tal como pode-se constatar em diversos projetos em andamento, estes profissionais podem constituir a principal base de apoio para a consolidação de uma rede de assistência técnica nas proximidades dos locais onde existem instalações fotovoltaicas. Assim por exemplo, os projetos fotovoltaicos desenvolvidos pela ONG Energética, sediada na cidade de Cochabamba, na Bolívia se apóia fortemente neste tipo de técnicos especializados nos domínios da tecnologia². Na realidade estes instaladores são funcionários de uma empresa de serviços dedicada a este tipo de trabalho e, dessa maneira, contam com estrutura de apoio logístico e engenheiros responsáveis.

No Brasil, em número pequeno para o tamanho do país já existe este tipo de profissionais, no entanto, sua qualificação técnica e quantidade estão, na maior parte dos casos, longe do desejável. Estes técnicos vêm desenvolvendo suas ações geralmente como integrantes de uma empresa de serviços ou das próprias empresas concessionárias de energia elétrica. Porém, também há aqueles que trabalham sob a figura de autônomos e que por iniciativa própria tem adquirido conhecimentos neste tipo de tecnologia. Também existem aqueles ligados às organizações não governamentais ou aos centros de pesquisa, geralmente das universidades, que materializam projetos baseados em energias renováveis.

Estas pessoas, na maior parte dos casos, adquiriram sua formação em eletricidade de forma empírica ou em algumas instituições de ensino técnico básico. Muitos deles são eletricitas habituados aos trabalhos técnicos desenvolvidos no meio urbano e que migraram para prestar serviços na eletrificação rural. No entanto, sua experiência está voltada aos domínios do conhecimento de eletricidade baseado em sistemas elétricos centralizados e de distribuição de energia por meio da extensão da rede elétrica. Dessa maneira, como consequência dessas características técnicas, eles não estão preocupados nos sistemas de geração de energia elétrica, pois, essa energia está sempre presente por meio das redes de distribuição. Assim, a atuação profissional destes técnicos se limita a realizar as instalações elétricas a partir de um ponto de entrada até deixar o sistema residencial ligado ao sistema maior.

Como é sabido, no caso dos sistemas elétricos baseados na geração distribuída, como é o caso dos sistemas fotovoltaicos domiciliares, essa forma de geração-transmissão-distribuição é diferente. Na realidade, tudo isso está concentrado no próprio local de tal modo que acaba impondo características muito peculiares às instalações elétricas. Levando em conta todos esses aspectos, estas pessoas constituem o público alvo do programa de formação e certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeno porte, a ser comentado mais adiante.

Nível avançado.

O terceiro estágio engloba pessoas de formação mais aprofundada, constituída por técnicos experimentados, engenheiros eletricitas ou de formação similar e, em geral, todas as pessoas que possuem formação e habilidades para resolver problemas técnicos de grande complexidade. Este grupo corresponde a uma escala que visa a preparação técnica para entender todos os aspectos da tecnologia incluindo o gerenciamento e administração de projetos assim como a organização da logística geral. No entanto, embora este tipo de profissionais tenha atuação num nível maior, observando a integração do projeto no meio local ou regional, seu trabalho é fundamentalmente técnico tendo o objetivo de solucionar os problemas mais difíceis. Além disso, estes técnicos com conhecimento avançado também podem capacitar às pessoas dos níveis anteriormente mencionados e assumir as responsabilidades das ações realizadas pra materializar os projetos de eletrificação.

Muitos destes técnicos podem adquirir sua formação em instituições de ensino dirigidas a este tipo de profissionais, porém, isso no Brasil ainda não está acontecendo de forma ampla. Com relação a este aspecto, existem poucas iniciativas em alguns centros de formação tecnológica assim como em algumas das universidades do país. Nestas últimas está em andamento o desenvolvimento de alguns cursos voltados à formação de engenheiros em energia que, em maior ou menor grau, incidem na especialização em energias renováveis.

¹ Assim por exemplo, o Estado de Amazonas tem 1.570.745 km²; Pará 1.247.689 km²; Mato Grosso 903.357 km²; Bahia 564.692 km² e Maranhão 331.983 km².

² Para mais informações verificar a página: <http://www.energetica.org.bo>

A maior parte dos técnicos com conhecimentos avançados que estão atualmente no mercado de trabalho provêm das próprias empresas elétricas ou daquelas grandes empresas de atuação nacional e internacional que fabricam e vendem geradores fotovoltaicos e equipamentos complementares. Entretanto, com o crescimento do tamanho dos empreendimentos para eletrificação rural baseados na tecnologia fotovoltaica, este grupo de profissionais adquire cada vez maior importância. O acontecimento recente do Brasil onde as empresas concessionárias ficam com a alternativa de utilizar geradores fotovoltaicos em seus projetos de eletrificação, põe em evidência a necessidade de contar com este tipo de recursos humanos. De tudo isso é possível pensar que a curto e médio prazo estes profissionais ocuparão posições de destaque nas empresas voltadas às aplicações fotovoltaicas tanto no meio rural como urbano.

Nível especializado.

O quarto estágio de capacitação técnica está dirigido aos profissionais formados especificamente no domínio do conhecimento da tecnologia solar fotovoltaica. Estas pessoas, além de solucionar problemas técnicos, são transmissores e geradores de conhecimento e podem participar de atividades de coordenação e de caráter gerencial. Tais profissionais geralmente formam-se em programas de pós-graduação em energia que existem em algumas universidades do Brasil. Eles podem projetar e implantar aplicações fotovoltaicas, mas, fundamentalmente, deveriam compreender todos os ângulos da transferência tecnológica desde o ponto de vista técnico ou dos aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos.

Em outras palavras, a formação destes profissionais especializados em energias renováveis e, em especial, em tecnologia fotovoltaica deveria estar focada na visão interdisciplinar. Esta forma de ver a questão energética pode conduzir ao entendimento global dessa problemática tanto das áreas rurais como urbanas. Essa formação junto à experiência adquirida leva a que estes profissionais sejam geradores de conhecimento. Além disso, estão em condições favoráveis de interpretar a multiplicidade de dados obtidos em campo extraindo conclusões que podem alimentar as discussões relacionadas com a tomada de decisões e o desenho de políticas públicas.

No caso do Brasil, pelas características dos empreendimentos energéticos baseados em tecnologia fotovoltaica, um pequeno grupo de pessoas especializadas esteve, e ainda atuam, como introdutores e difusores da tecnologia e sua atividade esteve imbuída de pioneirismo. No entanto, com o aumento do tamanho dos projetos e da complexidade das questões, na atualidade se faz necessário contar com este tipo de profissionais nas empresas de energia elétrica, nas instituições que velam pelo uso e regulação das tecnologias baseadas em energias renováveis e naquelas que têm a responsabilidade de implementar ações de eletrificação nas áreas rurais. No futuro, este tipo de profissionais adquirirá ainda maior importância.

PROPOSTA DE FORMAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE INSTALADORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Dentro de diversas competências, no Brasil, a instituição que verifica a observância das normas técnicas e legais é o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Dentro dessa autarquia, um dos programas que velam pela qualidade e eficiência dos equipamentos de uso final e, em geral, pela implantação, difusão e uso das tecnologias é o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Nesse programa insere-se o Grupo de Trabalho Fotovoltaico (GT-FOT). Por meio do diagnóstico dos diversos projetos fotovoltaicos em andamento, esse grupo constatou a falta de profissionais qualificados para a instalação e manutenção deste tipo de sistemas. Dentro de diversos outros aspectos, essa situação seria uma das principais causas da existência de instalações fotovoltaicas deficientes. Visando a atenuar esta lacuna, o LSF-IEE/USP, através do CT-Capacitação do GT-FOT, apresentou um programa básico para certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos (INMETRO, 2003).

O objetivo fundamental é implantar um programa de formação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte, habilitação em sistemas energéticos autônomos exceto sistemas de bombeamento. O público alvo deste programa de formação dirigido à prática profissional deverá possuir conhecimentos básicos sobre eletricidade. Dessa forma, recomenda-se como requisito mínimo que a pessoa possua o segundo grau completo. Além disso, o candidato à obtenção do certificado de Instalador Fotovoltaico deverá possuir conhecimentos específicos sobre a instalação, operação, manutenção e reparação de falhas. Estes conhecimentos serão avaliados por meio de aplicação de provas teórica e prática. Também será avaliada a capacidade do candidato em passar instruções para auxiliares (montadores). O Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, Grupo de Trabalho de Energia Solar, GTES/CRESESB/CEPEL, será adotado como referencial básico para aferição dos conhecimentos (GTES-CEPEL-CRESESB, 1999).

De acordo com os lineamentos propostos pelo GT-FOT, as instituições com capacidade para ministrar cursos de formação de instaladores são as seguintes: Centro de Treinamento da Companhia Energética do Estado de Minas Gerais (CT-CEMIG-MG); Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Rio Grande do Sul (LES-UFRGS); Grupo de Fontes Alternativas da Universidade Federal de Pernambuco (Grupo FAE-UFPE); Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (LSF-IEE/USP); Grupo de Desenvolvimento de Alternativas Energéticas da Universidade Federal do Pará (GEDAE-UFPA); Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (LabSolar-UFSC) e Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS).

A instituição responsável pela aplicação das provas é o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, sediado na cidade de Rio de Janeiro (CEPEL-RJ). Para obter o certificado de instalador de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte – habilitação em sistemas energéticos autônomos, o candidato deverá seguir o seguinte caminho:

1. Apresentar solicitação de aspirante ao certificado de Instalador Fotovoltaico de Sistemas de Pequeno e Médio Porte;
2. Obter aprovação na prova teórica;
3. Obter aprovação na prova prática;

4. Entrega do Certificado;
5. Inclusão no registro da Associação Brasileira de Empresa de Energias Renováveis como Instalador Qualificado.

Alguns dos candidatos, como consequência da experiência adquirida ao longo do tempo ou da bagagem de conhecimentos obtidos por conta própria, poderão submeter-se à mencionada avaliação e obter o certificado. No entanto, de acordo com constatações realizadas, uma grande parte terá que realizar o curso de formação de instaladores em alguma das instituições capacitadas. Nesse caso, a proposta de conteúdo programático que essas instituições terão que desenvolver pode ser vista na tabela 2. Esse programa requer um mínimo de 40 horas de carga letiva.

Unidades	Conteúdo programático
1. Conceitos básicos de eletricidade	1.1. Conceitos fundamentais: lei de Ohm, potência elétrica, associações elétricas série e paralelo. 1.2. Acumuladores: descrição e tipos de acumuladores, capacidade. 1.3. Corrente contínua e corrente alternada. 1.4. Cabos e fios. 1.5. Instrumentos de medição.
2. Introdução e definições	2.1. O que é um sistema fotovoltaico? 2.2. Componentes de um sistema fotovoltaico: módulos fotovoltaicos, acumuladores de chumbo-ácido, controladores de carga, inversores, carga de consumo. 2.3. Noções de radiação solar.
3. O módulo fotovoltaico	3.1. Características e tipos de módulos: caixas de conexão, diodo de bloqueio, diodo de by-pass. 3.2. Interconexão de módulos. 3.3. Estruturas de fixação e suporte.
4. Acumuladores	4.1. Construção. 4.2. Ciclos de carga e descarga. 4.3. Capacidade. 4.4. Comportamento da bateria em uma instalação fotovoltaica. 4.5. Nível de carga. 4.6. Fatores que afetam a tensão. 4.7. Fatores que afetam a capacidade. 4.8. Fatores que afetam a vida das baterias. 4.9. Conexão de baterias.
5. Controladores de carga	5.1. Princípio de funcionamento. 5.2. Tipos de controladores. 5.3. Necessidade do controlador de carga.
6. Inversor CC/CA	6.1. Princípio de funcionamento. 6.2. Tipo de inversores.
7. Outros componentes	7.1. Dispositivos de controle e medida. 7.2. Fusíveis e elementos de proteção, disjuntores. 7.3. Equipamentos de uso final. 7.4. Aterramento.
8. Instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos	8.1 Ações prévias à instalação. 8.2 Etapas do processo de montagem: construção e montagem da estrutura de suporte, montagem dos módulos na estrutura de suporte, conexão dos módulos, conexão das baterias, transporte e manipulação de baterias, normas e procedimentos de segurança, montagem dos equipamentos de controle, quadro elétrico, instalação elétrica, cabos, fios, interruptores e luminárias. 8.3 Teste operacional da instalação. 8.4 Entrega da instalação. 8.5 Operações de manutenção. 8.6 Localização e reparação de falhas. 8.7 Segurança elétrica e química. 8.8. Equipamentos de proteção.

Tabela 2. Conteúdo programático sugerido para a formação e certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte considerando uma carga horária mínima de 40 horas.

De acordo com o mencionado anteriormente, a formação de recursos humanos no nível intermediário, constitui um dos pilares fundamentais para garantir o funcionamento dos sistemas instalados. Por tal motivo, a consolidação do programa básico para certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos deve assegurar em alguma medida a existência de profissionais nesse estágio de formação técnica. Acima de tudo, esses especialistas poderão alicerçar as redes de assistência técnica e de manutenção para a tecnologia fotovoltaica. Assim, fica em evidência que o principal objetivo da proposta é fornecer aos empreendedores recursos humanos capacitados nos aspectos técnicos da opção fotovoltaica. Acredita-se que com isso seja possível uma melhor difusão e apropriação tecnológica evitando os erros que conduzem ao descrédito e ao surgimento de empecilhos à expansão e uso dos sistemas fotovoltaicos domiciliares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o passo do tempo, a alternativa de geração de energia elétrica nas residenciais rurais por meio da tecnologia solar fotovoltaica vai se consolidando. Se antes predominavam os projetos piloto com fins demonstrativos, hoje, no Brasil, são as empresas concessionárias de energia elétrica as que desempenham o mais importante papel. Com maior e menor grau, dependendo da área geográfica da sua cobertura, muitas delas se defrontam com a necessidade de contar com soluções diferentes à extensão da rede elétrica. Nesse sentido, devido a suas inerentes características de geração distribuída, a tecnologia fotovoltaica resulta uma excelente opção para atender a demanda dos clientes rurais.

No entanto, o desenrolar dos fatos tem evidenciado a falta de mão de obra especializada nesse tipo de tecnologia. Em outras palavras, verifica-se uma carência de treinamento específico nos eletricitistas tradicionais que possa garantir instalações de boa qualidade, assim como a manutenção e sustentabilidade dos equipamentos instalados. A prática também tem mostrado a falta de redes de assistência técnica com a capacidade de sustentar os projetos fotovoltaicos. Essa situação se manifesta em um sério obstáculo no referente à relação oferta/substituição de equipamentos e identificação de problemas de implantação.

Nesse contexto, a proposta de certificação de instaladores apresentada tem a finalidade de suprir a falta da rede de assistência técnica e de ser o embrião para a iminente estruturação das empresas de distribuição para atender ao mercado disperso com sistemas fotovoltaicos domiciliares. A proposta está atrelada a uma certificação independente das instituições ministrantes do conteúdo programático mínimo. Além disso, esta configuração permite avaliação com independência da instituição ministrante do curso e oferece credibilidade ao processo de qualificação. O conteúdo pode ser desenvolvido em um curso de 40 horas, com atividades práticas, e oferece as ferramentas e conhecimentos para instalações de pequeno e médio porte.

Do ponto de vista operacional, as instituições mencionadas como ministrantes estão preparadas para realização dos cursos. No mesmo sentido, o CEPEL está capacitado e possui os meios para execução dos testes de qualificação. A implantação do programa depende, nesse momento, da efetiva integração da Associação das Empresas de Energias Renováveis no processo. A partir dessa integração o CT-Capacitação pretende, também, desenvolver o conteúdo programático para qualificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de bombeamento e para qualificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (baixa tensão).

A materialização destas ações de capacitação e formação de recursos humanos, com o sustento de reconhecidas instituições e com uma certificação adequada, poderá garantir a existência de um número suficiente de instaladores fotovoltaicos. Isso tornará possível a expansão e uso dos sistemas fotovoltaicos domiciliares e, em geral, das diversas aplicações desta tecnologia. De maneira adicional, essa situação também poderá conduzir à consolidação de um mercado de equipamentos e acessórios fotovoltaicos próximo aos usuários da tecnologia. Essencialmente, tudo isso redundará no acréscimo do movimento econômico local por meio da criação de fontes de trabalho diretamente relacionados com os setores comerciais e de serviços. No entanto, tal como acontece com outras tecnologias, esse fluxo econômico também pode-se manifestar de forma indireta em muitos outros campos da vida em sociedade.

Tal como foi comentado no artigo, deve-se ressaltar também que a existência de instaladores fotovoltaicos com certificação fornecida por uma instituição de reconhecida solvência, não diminui a importância dos técnicos locais. Estes técnicos com conhecimento suficiente para resolver problemas de ínfima complexidade, por estarem em contato diário com os sistemas, podem desempenhar um papel de vital importância na sustentabilidade técnica e econômica. Cabe então que as pessoas possuidoras de competência técnica adequada ou os próprios instaladores com certificação plena reforcem a positiva atividade dos técnicos que moram na própria comunidade. Isso também se pode manifestar na criação de postos de trabalho nas áreas rurais onde se insere a tecnologia fotovoltaica.

Porém, deve-se mencionar que embora a formação de técnicos especializados seja um importante passo em prol da consolidação da opção fotovoltaica, isso não garante de forma plena a ótima gestão e a sustentabilidade técnica e econômica. Pode-se dizer que o imperativo de considerar esta alternativa de geração na matriz de opções das empresas de energia elétrica, deve conduzir a repensar as questões de planejamento e tomadas de decisões. Na realidade, a sustentabilidade desta forma de geração distribuída requer um forte apoio técnico, mas existem diversos outros aspectos que vão muito além e não podem ser desconsiderados.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. (2004). Resolução Normativa N° 83 de 20 de setembro de 2004 da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes, SIGFI. Diário Oficial da União – DOU, 24 de setembro de 2004, seção 1, p. 126, v. 141, N° 185, Brasília.
- Diniz A.S.A.C. *et al.* (1998). Current Status and Prospects of the Photovoltaic Rural Electrification Programmes in the State of Minas Gerais, Brazil. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Vol. 6, pp. 365-377.
- GTES–CEPEL–CRESESB. (1999). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, 1ª edição, Grupo de Trabalho de Energia Solar, GTES, Rio de Janeiro.
- Galdino, M. A. *et al.* (1995). PV rural electrification in northeast of Brazil. 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Nice, França, pp. 1123-1126.
- Galdino, M. A., J.H.G. Lima (2002). PRODEEM – o programa nacional de eletrificação rural baseado em energia solar fotovoltaica. IX Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro.
- INMETRO (2003) Qualificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, Programa Brasileiro de Etiquetagem, GT-FOT – Energia Fotovoltaica.
- Mocelin, A. (2007). Implantação e Gestão de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares: resultados operacionais de um projeto piloto de aplicação da Resolução ANEEL N° 83/2004. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2007/teses2007.htm>
- Morante, F., A. Mocelin e R. Zilles (2006). Capacitación y Transferencia Tecnológica: su importancia en la sostenibilidad de los proyectos basados en tecnología solar fotovoltaica. AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Edición especial de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, ASADES, Volumen 10, Tema 12, artículo 12-02, pp. 12-01/12-08.

- Morante, F., R. Zilles e A. Mocelin (2007). Transferencia Tecnológica en Comunidades Amazónicas: algunos aprendizajes obtenidos a partir de proyectos utilizando la tecnología solar fotovoltaica. AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Edición especial de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, ASADES, Volumen 11, Tema 12, artículo 12-05, pp. 12.25 – 12.32.
- Santos, R. R. dos. (2002). Procedimentos para a eletrificação rural fotovoltaica domiciliar no Brasil: uma contribuição a partir de observações de campo. Tese de Doutorado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2002/teses02.htm>
- Serpa, P. (2006). A apropriação tecnológica por comunidades tradicionais em aplicações de sistemas fotovoltaicos domiciliares. In AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Edição especial da Associação Argentina de Energías Renováveis e Ambiente, ASADES, Vol. 10, Tema 10, artigo 12-07, pp. 12-17/12-24.
- Silva, G. F. da, H. S. Costa & G. C. Neto (2006). Sistemas Fotovoltaicos em Áreas Rurais: capacitação e informação. In AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Edição especial da Associação Argentina de Energías Renováveis e Ambiente, ASADES, Vol. 10, Tema 10, artigo 10-11, pp. 10-07/10-12.
- Zilles R., A. M. Andrade, F. P. Almeida (1997) Solar Home Systems Programs in São Paulo State, Brazil: utility and users associations experiences”, 14th European Solar Energy Conference and Exhibition”, Barcelona, pp 931-933.

ABSTRACT: The experience obtained in the application of the Ordinance ANEEL N^o. 83/2004 reveals successful projects using photovoltaic systems, but also many unsuccessful initiatives that result in waste of resources, confusion and loss of credibility in the photovoltaic technology. One of the reasons for the problems regarding photovoltaic projects, that are also commons in others sectors of rural development, is the absence of specific qualified technician that supports the maintenance and the sustainability of the installed equipments. Considering the lessons learned in the past, the Laboratory of Photovoltaic Systems of the Electrotechnical and Energy Institute of the University of São Paulo, LSF-IEE/USP, proposes a program to qualify photovoltaic technicians to work in small and medium photovoltaic autonomous systems. In this article, we present the structure, the contents and the proposal of implantation.

Keywords: photovoltaic systems, qualification, formation of technicians, rural electrification, sustainability.