

# A REALIDADE DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÔNOMOS DO ESTADO DO PIAUÍ ANALISADA A PARTIR DE ALGUMAS EXPERIÊNCIAS OBSERVADAS EM CAMPO

Albemerc Moura de Moraes – [albemerc.moraes@ufabc.edu.br](mailto:albemerc.moraes@ufabc.edu.br)

Federico Bernardino Morante Trigoso – [federico.trigoso@ufabc.edu.br](mailto:federico.trigoso@ufabc.edu.br)

Universidade Federal do ABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas

Programa de Pós-Graduação em Energia

Av. dos Estados, 5001 – Santo André – São Paulo – SP – Brasil – CEP 09210-971

Tel.: +55 11 4996-0101

**Resumo.** O Estado do Piauí apresenta-se no contexto nacional com altos índices de exclusão elétrica, no entanto, possui um dos maiores índices de irradiação solar do país. Neste cenário, a geração fotovoltaica configura-se como uma tecnologia bastante competitiva e consolidada para o atendimento de baixas demandas de fornecimento de energia elétrica, principalmente em localidades rurais distribuídas de forma dispersa. Ao longo das duas últimas décadas o Piauí foi contemplado com a instalação de centenas destes sistemas para várias finalidades e aplicações. Porém, nem todas essas experiências lograram êxito ao longo da sua existência. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar algumas constatações e discussões relacionadas com estas experiências, a partir das observações de campo desenvolvidas neste Estado no âmbito de uma pesquisa que teve como meta identificar as barreiras e potencialidades para a expansão do uso desta tecnologia.

**Palavras-chave:** Energia Solar Fotovoltaica, Eletrificação Rural, Estado do Piauí, Planejamento Energético.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante os meses de janeiro e fevereiro de 2008 e 2009 foram realizadas atividades de pesquisa de campo em algumas comunidades rurais do Estado do Piauí, nas quais encontram-se instalados sistemas fotovoltaicos. Estas atividades estiveram relacionadas com o desenvolvimento da pesquisa denominada “Aplicações da Tecnologia Solar Fotovoltaica no Piauí: Barreiras e Potencialidades”, que foi finalizada em dezembro de 2009 (Moraes, 2009). O objetivo dessa pesquisa foi identificar as principais barreiras e potencialidades para a expansão do uso da tecnologia solar fotovoltaica no Estado do Piauí visando um melhor aproveitamento dessa tecnologia como alternativa viável na eletrificação rural, tendo em vista a carência energética do Estado, bem como seu grande potencial energético solar.

Tal como diversos trabalhos de caráter acadêmico mostraram, a pesquisa desenvolvida no Piauí corroborou o fato de que, diferentemente do processo de inserção e funcionamento das redes elétricas convencionais, as tecnologias de geração baseadas em energias renováveis, principalmente a fotovoltaica, requerem outra abordagem. Esta nova forma de gestão precisa também de uma nova maneira de analisar a problemática energética o que inclui a inserção da geração distribuída dentro do pensamento institucional.

Como será mostrado mais adiante, a pesquisa também verificou a persistência de uma série de barreiras, porém, em contrapartida, existe o trunfo de diversas potencialidades que podem alicerçar o desenvolvimento eficaz das aplicações fotovoltaicas no Estado do Piauí.

Embora o foco do estudo tenha ficado fundamentalmente na análise da questão energética nas áreas rurais do Piauí, é evidente que as potencialidades desta tecnologia futuramente serão muito mais validas nas áreas urbanas deste Estado e do país. Portanto, esta nova forma de geração não pode ser descuidada já que envolve o avanço científico dirigido a garantir os benefícios da energia elétrica de forma mais sustentável.

Adicionalmente, ficou claro que um dos maiores problemas que enfrentam as empresas concessionárias principalmente das regiões Norte e Nordeste é a expansão das linhas de distribuição de energia na medida em que as populações ficam muito dispersas. Neste caso, o custo de atender um usuário morando nestas condições torna-se muito elevado e, portanto, fica a alternativa de procurar e utilizar novas tecnologias de geração, como é o caso da geração baseada em células fotovoltaicas.

Com relação a isso, o Estado do Piauí foi contemplado com alguns projetos e iniciativas que materializaram a implantação de sistemas fotovoltaicos na eletrificação rural, seja para fins puramente energéticos ou para outras finalidades, tais como bombeamento e telecomunicações. Contudo, nem todas essas experiências lograram êxito ao longo da sua existência.

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de trazer à discussão a realidade energética desse Estado a partir da análise de algumas das experiências observadas em campo. Embora o universo considerado não seja estatisticamente representativo, as experiências consideradas possuem a qualidade de mostrar diversas facetas do desempenho técnico

dos geradores fotovoltaicos e, fundamentalmente, da relação entre a tecnologia e a sociedade que utiliza estes sistemas como forma de contar com energia elétrica em sua comunidade ou residências.

## 2. CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA E GEOGRÁFICA DO PIAUÍ

O Estado do Piauí está situado entre 2° 44' 49" e 10° 55' 05" de latitude Sul e entre 40° 22' 12" e 45° 59' 42" de longitude Oeste (Piauí, 2009). Localizado na região Nordeste do Brasil, o Piauí, figura 1, limita ao Sul com os Estados da Bahia e Tocantins, ao Leste com o Ceará e Pernambuco, a Oeste com o Maranhão e a Norte com o oceano Atlântico<sup>1</sup>. Apresenta uma população de 3.032.421 habitantes distribuída em uma área de 251.529,186 km<sup>2</sup> (IBGE, 2007). Além da área legalmente demarcada, o Piauí possui ainda uma área de litígio de 2.977 km<sup>2</sup>, que é disputada com o vizinho Estado do Ceará (Neto, 2006). Teresina, a capital do Estado, foi fundada em 1852 e está situada às margens do Rio Parnaíba na porção norte do Piauí e aproximadamente 366 km do Oceano Atlântico.

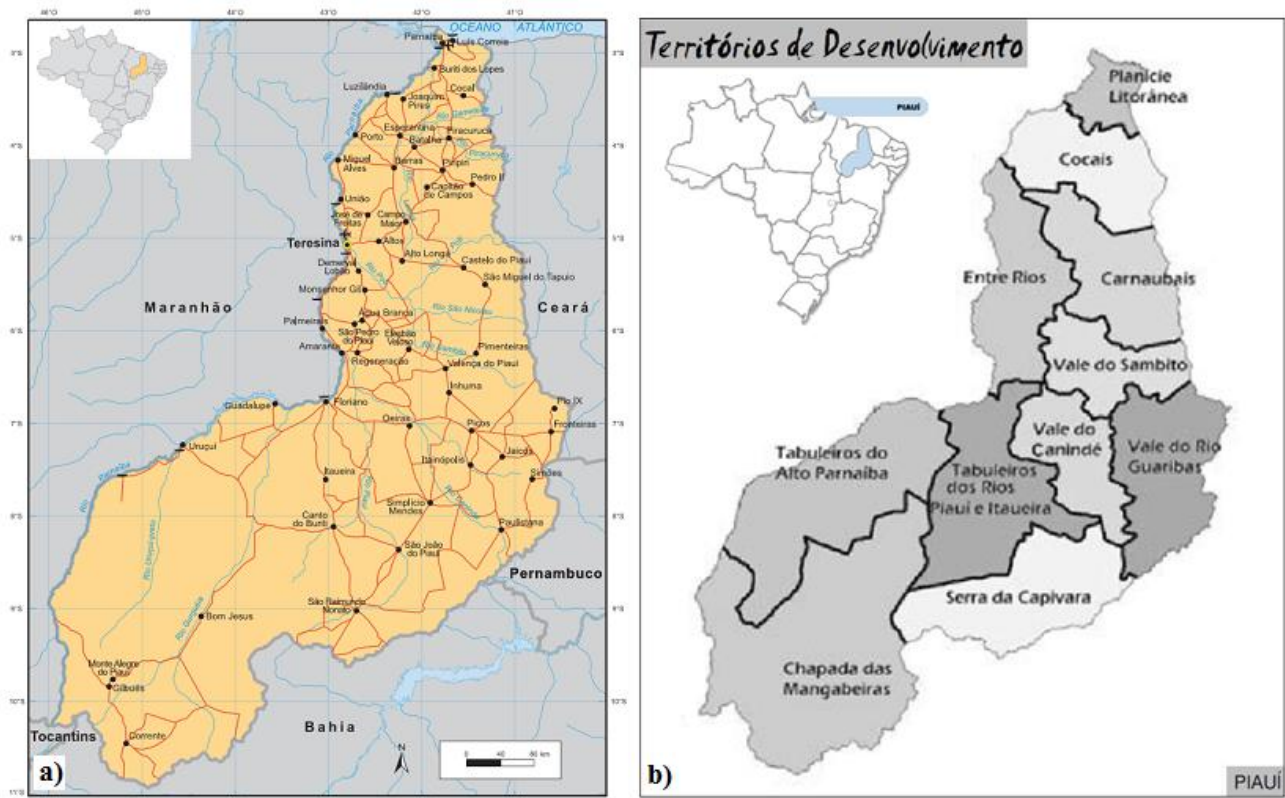


Figura 1 – Mapa do Estado do Piauí: a) limites geográficos e principais municípios; b) divisão territorial.

Fonte: IBGE (2009) e CEPRO (2005)

Situado em uma faixa de transição entre o sertão semiárido e a Amazônia quente e úmida, apresentando latitudes baixas e altitudes mediana e baixa, o Piauí possui um clima tropical semiárido no interior e tropical megatérmico na capital. A pluviosidade no Estado atinge máximas anuais de 800 mm na região Sudeste e varia de 1000 a 1700 mm/ano nas demais regiões (Neto, 2006). A caatinga e o cerrado são os principais biomas do Estado, no entanto, pode-se encontrar também vegetações do tipo litorânea, floresta semidecídua, palmeiras e áreas de transição.

A atual divisão político-administrativa do Piauí compreende 224 municípios<sup>2</sup>, distribuídos em 4 mesorregiões e 15 microrregiões geográficas. Tal configuração foi estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir de 1990, onde os Estados brasileiros passaram a utilizar a divisão regional denominada “Microrregiões Homogêneas” (Rodrigues, 2007). Porém, em 22 de agosto de 2007 foi promulgada a lei estadual complementar nº 87 que estabelece o “Planejamento Participativo Territorial para Desenvolvimento Sustentável do Piauí” (Piauí, 2007). Dessa forma, ficaram estabelecidos 28 Aglomerados e 11 Territórios de Desenvolvimento (figura 1b), distribuídos em 4 macrorregiões (Litoral, Meio Norte, Semi-árido e Cerrados).

O Piauí é o Estado nordestino com menor densidade demográfica (12,06 hab/km<sup>2</sup>) e a terceira menor população, apesar de possuir o terceiro maior território em extensão do Nordeste. A má distribuição populacional em seu território é uma característica marcante: quase metade de seus habitantes vivem nos 10 maiores municípios, sendo que sete deles

<sup>1</sup> O litoral piauiense possui 66 km de extensão e representa apenas 0,89% do litoral brasileiro, sendo, portanto, o menor litoral do Brasil. Além disso, Teresina é a única capital do Nordeste que não está localizada no litoral.

<sup>2</sup> Incluindo o recém criado município de Nazária, que foi emancipado da Capital Teresina em 2008 (eleições municipais).

estão localizados na região norte do Estado. A capital do Estado, por exemplo, apresenta aproximadamente 25% da população do Piauí. Em contrapartida, percentualmente, é o Estado menos urbano do Brasil, cerca de 40% da sua população vive no meio rural (CEPRO, 2005; CODEVASE, 2006).

Com um Produto Interno Bruto (PIB) em 2006 de R\$12.790.892, que representa apenas 0,5% do PIB do Brasil, o Piauí ocupa a 23ª posição no *ranking* nacional. Além disso, possui o menor PIB *per capita* (R\$ 4.213) do país. Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano, o Piauí apresenta um IDH de 0,703, que corresponde ao terceiro menor do Brasil, ficando à frente apenas dos Estados do Maranhão (0,683) e Alagoas (0,677) (PNUD, 2005; IBGE, 2008).

O Piauí, ao contrário dos outros Estados nordestinos, foi colonizado do interior para o litoral, o que lhe proporcionou a sua atual configuração geográfica. Este processo de colonização foi resultado direto da expansão da pecuária pelo interior nordestino, que, por meio do avanço e multiplicação das fazendas de gado principalmente pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba, permitiu a criação da Capitania do Piauí no século XVIII, um século depois da instituição do sistema de capitanias hereditárias (Neto, 2006).

A pecuária, portanto, foi a primeira atividade econômica piauiense, seguida posteriormente pelo extrativismo vegetal. Em ambos os casos, a agricultura, principalmente de subsistência, apresentava-se como atividade paralela, mantendo-se até os dias atuais. Assim, o Piauí nunca teve uma vocação industrial, o processo de industrialização começou de forma tímida na segunda metade do século XVIII com a instalação de uma usina de charque, mas só teve maior impulso depois da década de 1970 com a inauguração da UHE de Boa Esperança (Neto, 2006).

Atualmente, o setor terciário é responsável pela maior parcela da atividade econômica do Piauí, cerca de 73,5% (IBGE, 2008). No entanto, os setores primários e secundários absorvem parcela significativa de mão-de-obra. Dentre eles, destacam-se o extrativismo vegetal (carnaúba, babaçu), a agricultura (caju, manga, soja, cana-de-açúcar, algodão, arroz, mandioca), o extrativismo mineral (opala, amianto, níquel, mármore), a pecuária extensiva e a indústria (química, cimento, têxtil, bebidas, alimentos). Além disso, outro setor em expansão é o turismo, principalmente na região litorânea onde se encontra o Delta do Rio Parnaíba e no sudeste onde está localizado o Parque Nacional da Serra da Capivara (PNSC).

### 3. REALIDADE ENERGÉTICA DO PIAUI

A matriz energética do Estado do Piauí apresenta uma base hidrelétrica na geração de eletricidade, sendo complementada com a geração termoeletrica e eólica. Assim sendo, desde 1970 a UHE Boa Esperança com 237 MW de potência instalada aproveita o potencial energético do rio Parnaíba. No entanto, esta energia gerada não atende totalmente a demanda local. Atualmente, todo o sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica piauiense faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN), sendo gerenciado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS).

Além da geração elétrica pela UHE de Boa Esperança, que está localizada no município de Guadalupe (207 km da capital), o Piauí conta também com quatro usinas termoeletricas de potência instalada individual de 13,12 MW, localizadas respectivamente nos municípios de Altos, Nazária, Campo Maior e União. No entanto, estas só operam nas situações de emergência do sistema, definidas pelo ONS. Ainda em relação à geração termoeletrica no Piauí, o aeroporto de Teresina conta com um sistema de geração emergencial por termoeletrica com potência instalada de 0,2 MW, sendo administrada pela Infraero (ANALISE, 2009).

Atualmente, a matriz energética piauiense conta também com um parque eólico da empresa *Tractebel Energia*, com potência instalada de 18 MW que passou a funcionar em fevereiro de 2009 no âmbito do PROINFA. Esse parque eólico conta com 20 aerogeradores e está distribuído em uma faixa litorânea de 3,5 km na Praia Pedra do Sal, no município de Parnaíba (Território Planície Litorânea).

Apesar de todos estes avanços dirigidos a aumentar a disponibilidade de energia elétrica no Estado, são muitas as comunidades piauienses, principalmente das áreas rurais, que não dispõem ainda de serviço regular de fornecimento de eletricidade. Como alternativa, os sertanejos utilizam em suas residências equipamentos que necessitam de outras fontes energéticas, como aqueles mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Principais equipamentos e energéticos utilizados no meio rural piauiense não eletrificado.

| SERVIÇOS                                         | EQUIPAMENTOS                                                               | ENERGÉTICOS                                                 |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Iluminação                                       | Lamparinas, candeeiros, velas, lanternas, lampiões, fochos, dentre outros. | Óleo diesel, querosene, GLP, lenha, pilhas, álcool, etc.    |
| Preparo de alimentos                             | Fogões, fornos, pilão, liquidificadores e moinhos manuais, etc.            | Lenha, carvão vegetal, GLP, tração humana.                  |
| Bombeamento de água                              | Bombas (manuais, mecânicas ou elétricas)                                   | Tração humana (manual), eólica, óleo diesel e gasolina.     |
| Conservação de alimentos                         | Geladeiras (GLP) e outros.                                                 | GLP, Radiação solar, etc.                                   |
| Passar roupa                                     | Ferro de passar roupa                                                      | Carvão vegetal                                              |
| Comunicação e diversão                           | Rádios, TVs e outros.                                                      | Pilhas, bateria automotiva, etc.                            |
| Transporte e realização de tarefas agropecuárias | Veículos e equipamentos agrícolas.                                         | Tração humana ou animal, derivados do petróleo, álcool, etc |

Fonte: elaboração própria com informações obtidas no trabalho de campo.

Neste cenário, a combustão da lenha para a cocção de alimentos é, ainda hoje, uma prática comum. Esse insumo é muitas vezes a principal fonte energética local, sendo encontrado disponível na natureza e, portanto, sem ônus financeiro para o usuário. Para a cocção utiliza-se o fogão a lenha como alternativa tecnológica e energética popular para o preparo de alimentos (Moraes *et al.*, 2008).

Além disso, em localidades não eletrificadas, muitas vezes, a iluminação noturna residencial é feita por meio de lamparinas ou candeeiro a querosene. Este procedimento, além de não proporcionar uma iluminação adequada, emite gases poluentes para o ambiente. Essa iluminação precária, em muitos casos, inviabiliza o processo de alfabetização de adultos, que em geral possui maior sucesso quando realizado no período noturno. Adicionalmente, sem a presença de um sistema de refrigeração adequado, não há possibilidades de estocar vacinas nos postos de saúde locais (quando existem).

Entretanto, um dos maiores problemas que o sertanejo está sujeito é o não acesso à água potável, que em geral está associado com a disponibilidade de energia elétrica. Desta forma, é comum no semiárido piauiense, principalmente nos períodos de estiagem, ver mulheres percorrerem vários quilômetros com um balde na cabeça em busca de água para o consumo humano ou o uso da tração animal conduzida por adultos e/ou crianças para o mesmo fim (figura 2).



Figura 2 – Mulher carregando água na cabeça no município de Oeiras, enquanto o sistema de bombeamento fotovoltaico estava inoperante. [Foto: Albemerc Moraes, Fev. 2009]

Embora no Piauí tenham sido implantados diversos sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água, por diversos motivos muitos não estão operativos. Isso torna evidente a necessidade de um programa adequado de gestão e manutenção desses sistemas, para que o benefício proporcionado pela energia elétrica não seja interrompido ainda nos primeiros anos após a implantação do projeto, devido a problemas técnicos. No caso observado na figura 2, apesar da existência de um desses sistemas, as pessoas retiram água do poço através de processo manual. Na ocasião, verificou-se que o sistema fotovoltaico de bombeamento estava inoperante, devido a avarias na motobomba.

#### 4. APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO PIAUÍ

Tentando solucionar a falta de energia elétrica nas áreas rurais do Piauí, ao longo do tempo foram materializados diversos projetos de eletrificação baseados no uso da tecnologia solar fotovoltaica. Entretanto, o uso desta tecnologia não ficou restrito unicamente ao atendimento residencial/comunitário em localidades rurais. Assim, uma das primeiras aplicações dessa tecnologia no Piauí foi realizada em estações repetidoras pela então empresa estatal de telecomunicações do Piauí, a TELEPISA. Na atualidade, ainda é comum o uso dessa tecnologia nesse setor principalmente para o atendimento rural monocal ou bicanal em regiões não eletrificadas. Em 2009, cerca de 47 Telefones de Uso Público (TUPs) da empresa Oi estavam funcionando em todo o Estado tendo como fonte de energia elétrica sistemas fotovoltaicos.

Além do setor de telecomunicações, outras instituições utilizaram essa tecnologia no Piauí como alternativa energética de geração distribuída no âmbito de suas atuações. Destaca-se, nesse processo, o papel das Organizações não Governamentais (ONGs) e as Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIPs), bem como a atuação das instituições religiosas e de segmentos do governo.

Nesse contexto, entre 2002 e 2003 o Programa de Combate a Pobreza Rural (PCPR) promoveu nesse Estado a instalação de 180 sistemas fotovoltaicos domiciliares em diversas localidades, tal como pode ser observado na tabela 2. A configuração básica desses sistemas foi: um módulo fotovoltaico de 45 Wp, uma bateria automotiva de 150 Ah, um controlador de carga e quatro lâmpadas fluorescentes compactas de 9 W. O custo de cada sistema foi de R\$ 2.002,00 sendo que o investimento foi realizado da seguinte maneira: 10% oriundos da contrapartida da comunidade, 17,5% da Prefeitura Municipal e 72,5% do PCPR.

Tabela 2. Sistemas fotovoltaicos domiciliares instalados pelo PCPR no Piauí nos anos de 2002 a 2003.

| COMUNIDADE     | MUNICÍPIO          | QTD DE SISTEMAS INSTALADOS |
|----------------|--------------------|----------------------------|
| Cágados        | Dom Inocêncio      | 30                         |
| Aldeinha       | Santa Filomena     | 18                         |
| Fortaleza      | Santa Filomena     | 16                         |
| Pintado        | Simplicio Mendes   | 21                         |
| Boa Esperança  | Simplicio Mendes   | 21                         |
| Poço do Angico | Coronel José Dias  | 30                         |
| Carnaíba       | São José do Peixe  | 20                         |
| Tucuns         | São Feliz do Piauí | 24                         |
| Total          |                    | 180                        |

Fonte: Elaboração própria utilizando os dados dos arquivos do PCPR.

Nessa mesma linha, também deve-se mencionar a atuação do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis (IDER) no âmbito do projeto de energia solar fotovoltaica para comunidades do nordeste – Projeto Eldorado. Esse empreendimento foi o resultado de um acordo de cooperação técnico-científico entre o Ministério de Ciência e Tecnologia da Alemanha e o Banco do Nordeste. O objetivo foi avaliar o impacto da introdução da tecnologia fotovoltaica em comunidades carentes não servidas pela rede convencional de energia. Por meio desse projeto 286 famílias rurais dos Estados do Ceará, Piauí, Paraíba e Rio Grande do Norte foram beneficiadas com a instalação de sistemas fotovoltaicos domiciliares e de bombeamento de água. Especificamente no Piauí foram contempladas 134 famílias nas comunidades Povoado do Tigre, Largos e Buritizal. A primeira comunidade localiza-se no município de Paulistana e as outras duas em Currais, ambos no sul do Piauí (BNB, 2009).

Por outro lado, a Obra Kolping, que é uma instituição católica cuja atuação abrange vários países da América Latina, há mais de duas décadas vem investindo no Piauí em projetos produtivos e de formação político-social. Dentre esses, os projetos de convivência com o semiárido ocupam um lugar de destaque, principalmente os relacionados ao acesso à água potável. Além disso, ao longo da sua existência estadual a instituição experimentou ações com o uso da energia solar fotovoltaica em comunidades rurais não eletrificadas.

Um dos primeiros municípios do Piauí que contou com projetos de energia solar da Kolping foi o de Pedro II (Território Cocais). Trata-se de instalações residenciais destinadas basicamente à iluminação noturna em comunidades rurais, as quais foram realizadas no final da década de 1990 com apoio de instituições estrangeiras (JORNAL MN, 2004). Atualmente, contudo, a Obra Kolping não tem mais desenvolvido atividades semelhantes.

De forma análoga, a Fundação Dom Edilberto Dinkelborg (FUNDED), Diocese de Oeiras, que também é uma instituição filantrópica ligada à igreja católica, vem desenvolvendo ações sócio-educativas no semiárido piauiense. Fundada em Oeiras no ano de 2003, concentra suas atividades no apoio a pequenos produtores rurais da região, estimulando a geração de emprego e renda.

Dentre as várias ações e projetos desenvolvidos pela FUNDED na região, uma em especial beneficiou cerca de 200 famílias com a instalação de sistema de iluminação fotovoltaica residencial. Trata-se dos “lâmpioes solares”, equipamento que se assemelha a um lâmpião, mas que tem como princípio básico a utilização da geração fotovoltaica. Na figura 3 pode-se observar o dispositivo de iluminação e o pequeno módulo fotovoltaico afixado em uma estrutura de madeira sobre o telhado.



Figura 3 – “Lâmpião Solar” instalado em domicílio na localidade Pinga, 17 km de Oeiras - PI. Detalhe da instalação: a) interno e b) externo. [Foto: Alberto Moraes, set. 2009].

Nota-se que, durante o dia, a energia elétrica produzida pelo módulo é acumulada por uma pequena bateria disposta na parte inferior do dispositivo (“lâmpião”). Esta bateria armazena energia suficiente para alimentar uma lâmpada fluorescente de 5 W, proporcionando aproximadamente 4 horas de iluminação. Este projeto contou com o apoio da Paróquia de São Francisco (Iona Jona – Suíça), que fez as doações dos equipamentos de fabricação alemã.

Ao lado disso, o Centro de Educação São Francisco de Assis (CEFAS) também está diretamente ligado à igreja católica, atuando principalmente em projetos de assistência social. Foi fundado na cidade de Floriano e apresenta atualmente sede em Oeiras. No início da década de 2000, o CEFAS realizou projetos que contavam com a opção fotovoltaica para o fornecimento de eletricidade em regiões não eletrificadas do Piauí. O mais importante deles foi o Programa Energia Fotovoltaica para Educação Ambiental e Caprinocultura com Cerca Elétrica, o qual pode ser viabilizado através do apoio do Programa de Pequenos Projetos do Fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) com a doação de 23 mil dólares.

A utilização de cercas eletrificadas com painéis solares na criação de caprinos consiste em uma prática pioneira no Piauí. Através do projeto foram beneficiadas 06 comunidades rurais dos municípios de Floriano e Itaueiras (Território Tabuleiros dos Rios Piauí e Itaueiras). Os recursos doados foram utilizados na aquisição de equipamentos para a captação de energia do Sol e para o cercamento dos piquetes, além de aparelhos de televisão e vídeo e cursos de educação ambiental e sistema de iluminação (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2002).

Adicionalmente, o CEFAS realizou outras ações com o uso da tecnologia solar fotovoltaica, tais como a implantação do sistema de iluminação na sede, sistemas de bombeamento e iluminação nas comunidades Cabrinhas e Boca da Entrada, todas no município de Floriano. Atualmente, esta instituição não tem mais desenvolvido atividades neste setor devido, em parte, à mudança da sede da instituição para outro município. Nesse processo vários funcionários foram substituídos. Entretanto, a diocese de Floriano ainda vem realizando atividades que utilizam a opção fotovoltaica, principalmente no bombeamento de água em comunidades rurais carentes.

O setor privado também vem atuando em algumas localidades rurais do Piauí. Nesse aspecto, o papel da iniciativa privada tem sido muito importante. Suas atividades se centram principalmente na comercialização de sistemas fotovoltaicos, tanto de uso domiciliar quanto comunitário, e na prestação de serviços de manutenção. Neste sentido, destaca-se a atuação de algumas empresas locais e estaduais que vêm trabalhando em territórios de desenvolvimento como o da Serra da Capivara (Moraes & Morante, 2009).

No entanto, um dos maiores programas que utilizou a tecnologia solar fotovoltaica foi o PRODEEM. No Piauí este programa só começou a ser implantado em 1997, tendo como Agente Regional a Companhia Energética do Piauí (CEPISA) que foi responsável pelas fases I e II do Programa (Moraes, 2009). A CEPISA, ao longo da sua gestão, instalou 78 sistemas, entre energéticos, bombeamento e iluminação pública. A tabela 3 mostra a quantidade de sistemas instalados no Piauí durante a vigência do PRODEEM. Nota-se que dentre todos os agentes, a CEPISA foi a única a instalar sistemas fotovoltaicos de iluminação pública.

Tabela 3. Relação dos sistemas fotovoltaicos instalados no Piauí durante a ação do PRODEEM e seus respectivos executores.

| AGENTE EXECUTOR | FASES DO PRODEEM | SISTEMAS INSTALADOS |            |                    | TOTAL |
|-----------------|------------------|---------------------|------------|--------------------|-------|
|                 |                  | Bombeamento         | Energético | Iluminação Pública |       |
| CEPISA          | Fase I           | 4                   | 10         | 6                  | 78    |
|                 | Fase II          | 23                  | 35         | --                 |       |
| SEMAR - PI      | Fase III         | --                  | 24         | --                 | 187   |
|                 | Emergencial      | 38                  | -          | --                 |       |
|                 | Fase IV          | 92                  | 33         | --                 |       |
| Bp Solar        | Fase V           | --                  | 302        | --                 | 302   |
| CEFET-PI        | -                | 1                   | 4          | --                 | 5     |
| Total           |                  | 158                 | 408        | 6                  | 572   |

Fonte: Elaboração própria com base em SEMAR (2008)

Entretanto, embora existam muitos casos de sucesso, os resultados destas iniciativas não foram totalmente favoráveis ao crescimento do uso dessa tecnologia. Assim, tendo como meta constatar *in situ* o desempenho e utilização desta tecnologia, foi desenvolvida uma pesquisa de campo em algumas localidades piauienses cujos detalhes são relatados a seguir.

## 5. CONTATAÇÕES DA PESQUISA DE CAMPO DESENVOLVIDA

Um dos objetivos específicos da pesquisa desenvolvida no Piauí foi verificar as percepções dos usuários rurais quanto à autonomia e sustentabilidade dos empreendimentos baseados no uso da tecnologia solar fotovoltaica. Além disso, também foi levada em conta a meta de constatar o grau de satisfação dos usuários dessa tecnologia. Para isso,

entre os meses de janeiro e fevereiro de 2008 e 2009 foram visitados alguns municípios piauienses onde se aplicaram questionários apropriados e, adicionalmente, foram realizadas entrevistas a pessoas beneficiadas com a instalação desses sistemas.

O trabalho de campo foi realizado em 3 macrorregiões do Piauí (Meio Norte, Semi-árido e Cerrado), contemplando 5 territórios e 10 municípios, totalizando 26 localidades rurais e 01 urbana. Nesses locais foram aplicados 31 questionários correspondentes a igual número de instalações fotovoltaicas. Embora o universo estudado não seja estatisticamente representativo, a análise das informações coletadas tornam-se extremamente relevantes para o cumprimento dos objetivos propostos na pesquisa. A figura 4 mostra a distribuição percentual dos sistemas pesquisados por território piauiense.

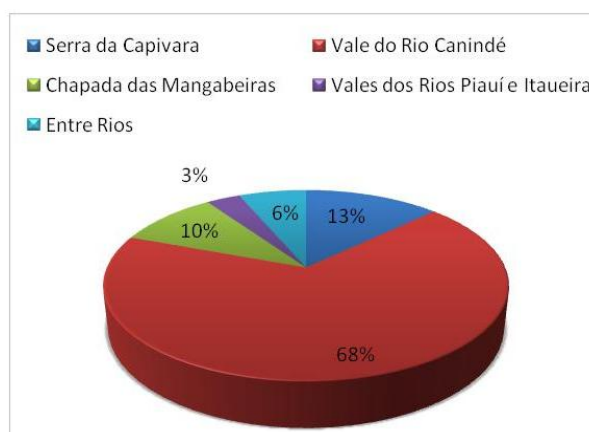


Figura 4 – Percentual de instalações fotovoltaicas pesquisada por territórios do Piauí.

Considerando perguntas abertas e fechadas, o questionário foi elaborado de forma a coletar informações gerais básicas da comunidade e do sistema fotovoltaico. Além disso, buscou-se identificar possíveis problemas na instalação e na gestão desses sistemas que viessem a comprometer o sucesso dos empreendimentos energéticos ao longo da sua existência. A opinião dos usuários ocupou um papel de destaque na análise dos dados obtidos. Para cada sistema fotovoltaico visitado também procurou-se realizar entrevistas com atores locais. No entanto, como a pesquisa foi realizada em períodos de férias escolares, em algumas instalações visitadas não havia pessoas responsáveis para responder aos questionamentos.

Do montante de sistemas pesquisados, cerca de 30% correspondem a instalações residenciais, que em geral são particulares e funcionam através de corrente contínua. As demais instalações contemplam sistemas comunitários, distribuídos conforme a figura 5. Nota-se que a grande maioria dos sistemas comunitários são encontrados em escolas, fato esse atribuído à massificação desse tipo de instalação pelo PRODEEM durante a sua fase V.

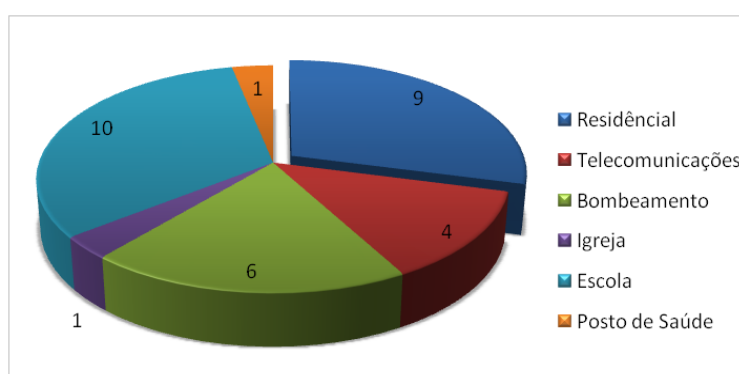


Figura 5 – Quantidade de sistemas fotovoltaicos visitados por tipo de aplicação.

Outro aspecto considerado na pesquisa, refere-se ao programa ou instituição dos quais originaram-se os recursos para as instalações fotovoltaicas. No universo pesquisado, praticamente metade foram oriundos do maior programa de eletrificação rural via energia solar fotovoltaica do Piauí, o PRODEEM. Logo em seguida, como pode-se observar na figura 6, os sistemas particulares ocupam a segunda posição, sendo que em geral correspondem aos sistemas residenciais. Tais sistemas são constituídos basicamente por apenas um módulo fotovoltaico, uma bateria automotiva e operam sem controlador eletrônico de cargas, atendendo a uma baixa demanda elétrica.

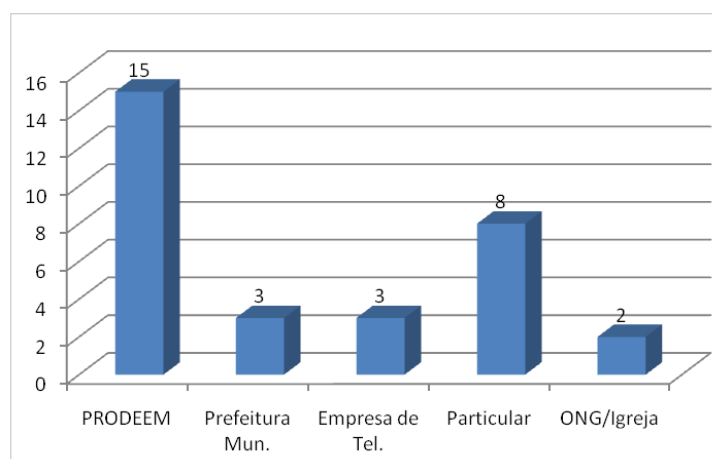


Figura 6 – Relação entre o número de instalações e as instituições/programas que instalaram os sistemas fotovoltaicos pesquisados.

Quanto ao ano de instalação dos sistemas pesquisados, a figura 7 mostra que a grande maioria dos sistemas foram instalados há menos de uma década, sendo que cerca de 50% foram instalados nos últimos 5 anos. Apesar de recentes, aproximadamente 70% das instalações já apresentaram algum problema que comprometeu o seu funcionamento. Como consequência, a tecnologia vem perdendo credibilidade na região.

Além disso, somente em pouco mais de 30% dos casos pesquisados a população participou diretamente do processo de implantação dos sistemas fotovoltaicos. Isso pode ser um fator para o não sucesso desses empreendimentos energéticos. Com relação a isso, Santos (2002: 11) relata que *“o insucesso total ou relativo de alguns projetos de eletrificação rural com energia solar fotovoltaica pode ser então atribuído a uma má adaptação tecnológica e ao mecanismo de gestão à realidade descentralizada onde devem operar”*.

Entretanto, nem todas as instalações pesquisadas estavam em funcionamento quando visitadas, cerca de 35% encontravam-se paralisadas ou abandonadas. As instalações comunitárias constituem a maior média de não funcionamento, em especial os sistemas de bombeamento, ocasionado geralmente por avarias na motobomba. A falta de uma política adequada de gestão e manutenção constitui um dos motivos para essa realidade. Além disso, como a revitalização do PRODEEM só contemplou os sistemas energéticos, os sistemas de bombeamento com defeito geralmente foram substituídos por motogeradores a diesel. Essa substituição normalmente era realizada pela prefeitura municipal, como ocorreu na localidade Palhetas, município de São João da Vajota (Território Vale do Rio Canindé).

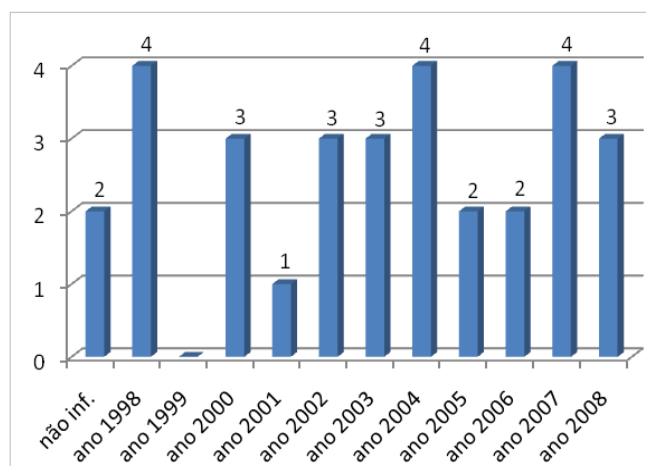


Figura 7 – Relação entre o número de sistemas instalados e o ano de sua instalação.

A falta de manutenção e gestão adequada dos sistemas ficou evidente nas entrevistas com os atores locais. Com efeito, o questionário de pesquisa apontou que mais de 30% das instalações não possuíam responsáveis pela manutenção. Mesmo onde existiam tais profissionais, esses não contavam com formação técnica específica. Para os sistemas particulares, em geral, os próprios instaladores são os responsáveis pela manutenção e reparos. No caso do PRODEEM, esses reparos, quando existiam, eram realizados por técnicos da prefeitura. Todavia, quando era necessária a troca das baterias, devido ao término de sua vida útil, a comunidade permanecia à espera do processo de revitalização, que em muitos casos demorou anos para acontecer.

Um outro problema diagnosticado refere-se ao vandalismo. Essa prática é caracterizada por roubos, os quais foram identificados em 22% das instalações (figura 8). Esse percentual poderia ser ainda maior, visto que 26% dos entrevistados não responderam sobre a ocorrência desse problema. Isso deve-se ao fato dos primeiros questionários aplicados não apresentarem um questionamento específico sobre a prática do vandalismo aos sistemas instalados. Essa lacuna foi preenchida por meio da reestruturação do questionário de pesquisa, que passou a ser mais objetivo e amplo.

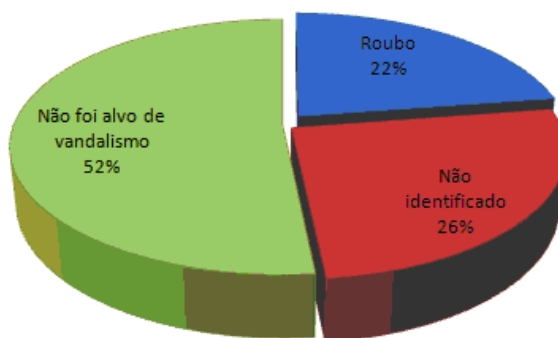


Figura 8 – Percentual de sistemas que foram alvo de vandalismo.

O trabalho de campo revelou também que a prática de roubo a equipamentos fotovoltaicos, em geral módulos e baterias, ocorreu somente nas instalações comunitárias energéticas do PRODEEM (Fase V). Dos sete casos de roubos identificados, todos ocorreram em sistemas instalados pela BP Solar em escolas rurais. Como a pesquisa abrangeu apenas 9 instalações semelhantes, o percentual de roubo aos kits da BP Solar é de aproximadamente 80 %.

Observa-se que, apesar da pesquisa não ter representatividade estatística, o resultado surpreende pelo foco das ações, abrindo espaço para discussões. Quais os motivos principais para o elevado grau de furto a esse tipo específico de instalações? Uma das respostas a esse questionamento pode ser o alto valor de mercado desses equipamentos. A essa razão pode ser adicionada a própria característica destes kits, cuja localização externa do banco de baterias e a fixação dos módulos fotovoltaicos sobre uma estrutura metálica baixa em relação ao solo facilitam a ação de vândalos.

Além disso, como a comunidade não participou do processo de implantação desses sistemas energéticos e em muitos casos a energia elétrica pouco contribuía para melhorias na escola, a comunidade não tomava para si a importância desses equipamentos. Ademais, como as escolas são normalmente municipais e dispersas geograficamente, não dispunham de vigilância específica. Todos esses aspectos, associados à impunidade, provavelmente possibilitaram o surgimento de um grupo especializado no roubo desses equipamentos na região.

Além do roubo, as depredações também compõem o rol de vandalismo encontrado na região. Os efeitos desses atos foram identificados em dois casos, um no município de Floresta do Piauí e o outro em Isaías Coelho. Coincidentemente, esses casos ocorreram em sistemas já saqueados por ladrões e que por isso não estavam mais em funcionamento. Segundo entrevistados, crianças e até mesmo adultos participaram do ato de vandalismo, que consistia em jogar pedras sobre os painéis fotovoltaicos. Na figura 9, observa-se os efeitos desses atos no sistema instalado na localidade Esquerda, município de Floresta do Piauí (Território Vale do Rio Canindé).



Figura 9 – Painéis fotovoltaicos depredados na localidade Esquerda, Floresta do Piauí.  
[Foto: Albemerc Moraes, fev. de 2008]

Contudo, mesmo em um cenário não favorável, a grande maioria dos usuários entrevistados manifestaram sinais de aprovação aos sistemas fotovoltaicos autônomos instalados em suas comunidades, como se pode verificar na figura 10. Isso é claro, considerando o tempo em que esses equipamentos estavam em funcionamento. Sendo que, em quase 80% dos casos a energia elétrica oriunda desses sistemas atendia as necessidades energéticas daquela edificação. Porém, vários entrevistados manifestaram interesse em possuir mais equipamentos acoplados ao sistema, o que provavelmente ocasionaria necessidades futuras de expansão na potência instalada de forma a atender a demanda emergente. Os 10% dos casos relativos à desaprovação desses sistemas são oriundos do não funcionamento das instalações.

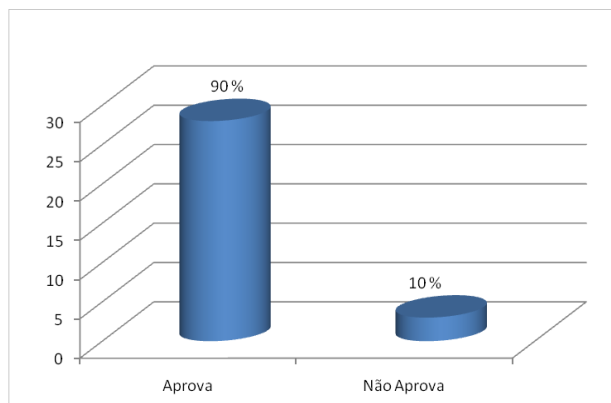


Figura 10 – Percentual de aprovação dos sistemas pelos usuários entrevistados.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto, embora existam diversas ações dirigidas a fomentar o uso da tecnologia solar fotovoltaica nas áreas rurais do Piauí, muitas das falhas e problemas verificados em outros lugares persistem neste Estado. A pesquisa também mostrou a fundamental questão da sustentabilidade tecnológica que deveria ser levada em conta na hora de conceber, implantar e manter os sistemas fotovoltaicos implantados nas áreas rurais. Levando em conta o estágio atual do avanço tecnológico nesta matéria, isso significa que o sistema deveria funcionar corretamente e de forma satisfatória pelo menos durante o tempo de vida do gerador fotovoltaico. Com relação aos sistemas fotovoltaicos domiciliares, isso representa por volta de 25 anos de funcionamento considerando a periódica troca de baterias e outros componentes. Para tanto, é necessário criar formas eficientes de gestão e isso envolve a participação individual ou associativa da população ao lado de instituições de apoio externo.

Outro aspecto verificado foi que apesar de existir um marco legal favorável para a utilização da tecnologia fotovoltaica por parte das empresas concessionárias de energia elétrica, pouco foi realizado neste sentido no Piauí. Assim, a procura de respostas para esta questão, as observações e constatações obtidas em campo e a análise dos dados coletados, levaram a verificar a existência das seguintes barreiras que dificultam a difusão das aplicações fotovoltaicas neste Estado:

- ✓ Barreiras no planejamento: Predominância da extensão da rede elétrica no planejamento estadual, devido principalmente à cultura de sistemas centralizados.
- ✓ Barreiras de comunicação: Falta de registros históricos das informações relacionadas com os projetos implantados. Falta de difusão eficaz através da mídia do Estado. Escassez de informações sobre a temática fotovoltaica. Desconhecimento geral da população piauiense sobre os benefícios da geração fotovoltaica.
- ✓ Barreiras na criação de conhecimento: Falta de grupos de pesquisa atuando no meio acadêmico do Piauí e em outras instituições afins.
- ✓ Barreiras sobre a existência de recursos humanos: Falta de capacitação técnica adequada de instaladores e usuários. Falta de engenheiros e especialistas em energias renováveis.
- ✓ Barreiras econômicas: Alto custo inicial da tecnologia, reduzida capacidade de pagamento da população e falta de incentivos para a criação de um mercado fotovoltaico.
- ✓ Barreiras de cunho político: Falta de decisões de longo prazo que visem o uso de tecnologias alternativas de geração, como a solar fotovoltaica, primando as de caráter imediatista com fins eleitoreiros, como a geração a diesel.

Em contrapartida, a pesquisa desenvolvida também identificou uma série de potencialidades existentes no Piauí que podem alavancar eficazmente o desenvolvimento desta opção tecnológica de geração de energia elétrica. Estes favoráveis aspectos na realidade são trunfos que, se bem aproveitados, refletirão positivamente tanto na sociedade rural como no Piauí como um todo. As potencialidades identificadas são as seguintes:

- ✓ Potencial de recursos energéticos: Grande abundância do recurso solar no Estado do Piauí.
- ✓ Potencialidades institucionais: Existência de diversas instituições com capacidade de mudar paradigmas, capacitar recursos humanos, difundir de forma positiva a tecnologia e financiar projetos.

- ✓ Potencialidades normativas: existência de um marco legal apropriado e favorável à utilização de sistemas de geração de energia elétrica baseados na tecnologia solar fotovoltaica no contexto da lei de universalização.
- ✓ Potencialidades produtivas: uso da geração fotovoltaica para acionar equipamentos, dirigidos para melhorar a produção no meio rural e ao conseqüente aumento de renda da população.
- ✓ Potencialidades ecoturísticas e geográficas: aplicação da tecnologia solar em estabelecimentos localizados em áreas de proteção ambiental ou com potencial para o fluxo turístico.
- ✓ Potencialidades na extração de água: aproveitamento da tecnologia no bombeamento de água, principalmente na região do semiárido piauiense.
- ✓ Potencialidades demográficas: uso da tecnologia solar fotovoltaica como meio gerador de energia elétrica nas moradias da população do meio rural piauiense, as quais se encontram dispersas.

A análise global de todos estes fatores que, em maior ou menor grau, dificultam ou favorecem a difusão da tecnologia fotovoltaica mostra que as barreiras identificadas podem ser superadas por meio de decisões que aproveitem o grande leque de potencialidades existentes no território piauiense. No entanto, a materialização dessas ações requer a tomada de decisões nos órgãos competentes e, para isso, assume grande importância a mobilização da sociedade em suas múltiplas esferas.

Esse aspecto adquire maior importância quando se analisa a fundamental questão do acesso a água no semiárido piauiense. Como pode ser observado no trabalho, embora existam no Piauí muitas ações dirigidas a solucionar este complexo problema, tudo leva a acreditar que elas falham na sua gestão. Muitos poços estão abandonados, sistemas fotovoltaicos sem poderem funcionar por falta de manutenção, e assim por diante.

Entretanto, é fato que por suas características intrínsecas esta tecnologia pode ser um eficaz meio para extrair água do subsolo. Mas, também é verdade, tal como múltiplos projetos o demonstram, que é importante desenvolver ações globais que vão desde a concepção do projeto, sua implantação eficaz, a manutenção adequada e uma estrutura organizativa que vise a sustentabilidade tecnológica.

Apesar de tudo, também foi possível constatar que muitas pessoas do Piauí possuem uma visão otimista ao uso da tecnologia fotovoltaica nas áreas rurais. Isso se relaciona com a positiva idéia de que essa tecnologia pode constituir um meio para gerar energia elétrica na comunidade ou nas residências da população. Falta então programar ações de grande porte que levem em conta a participação local e as organizações envolvidas direta ou indiretamente na promoção do desenvolvimento socioeconômico das populações rurais.

Finalmente, como resultado da pesquisa desenvolvida no Estado do Piauí, uma das constatações mais importantes é a falta de recursos humanos especializados no uso das tecnologias baseadas em energias renováveis. Obviamente, nesta fundamental questão devem desempenhar um importante papel as universidades locais e as instituições voltadas à área tecnológica. Tudo isso com o apoio do poder municipal, estadual e federal. O objetivo é procurar soluções para produzir energia elétrica nas áreas rurais do Estado a partir de uma visão global do problema.

## REFERÊNCIAS

- ANÁLISE. 2009. Análise Energia: Anuário 2009. São Paulo: Análise Editorial, nº 16, 234 p.
- BNB. 2009. Banco do Nordeste do Brasil. Informação institucional disponível em: <www.bnb.com.br>. Acesso em: 20 out. 2009.
- CEPRO. 2005. Piauí em Números. Teresina: Centro de Pesquisa Econômicas e Sociais do Estado do Piauí – CEPRO, 7ª edição.
- CODEVASF. 2006. Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba, PLANAP: síntese executiva. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. Brasília – DF: TDA Desenhos & Artes Ltda.
- IBGE. 2007. Contagem de população 2007, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE.
- \_\_\_\_\_. 2008. IBGE divulga as Contas Regionais 2003 – 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em: maio de 2009.
- \_\_\_\_\_. 2009. Mapa do Piauí. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/7a12/mapas/ufs/piaui.pdf> Acesso: maio de 2009.
- JORNAL MN. 2004. Municípios do Piauí vão ganhar projetos da Kolping. Jornal Meio Norte. Caderno cidades. Teresina 23 de outubro de 2004.
- Moraes, A. M.; Martins, G.; Morante, F. 2008. O uso do fogão a lenha no semi-árido piauiense: um estudo de caso. Anais do 7º Congresso Internacional Sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, VII AGRENER, Fortaleza 23 a 26 de setembro de 2008, versão digital em CD.
- Moraes, A. M.; Morante, F. 2009. Aplicações da tecnologia solar fotovoltaica no território da Serra da Capivara, Estado do Piauí. Proceedings of 8th Latin-American Congress Electricity Generation and Transmission - 8th CLAGTEE, Ubatuba, 18 a 22 de outubro de 2009, v. B-610, p. 1-9.
- Moraes, A. M. 2009. Aplicações da Tecnologia Solar Fotovoltaica no Estado do Piauí: barreiras e potencialidades. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André, 165 p.
- Neto, A. 2006. Geografia e história do Piauí para estudantes, da pré-história à atualidade. Teresina: Edições Geração 70, 5ª edição.
- O ESTADO DE SÃO PAULO. 2002. Energia solar substitui madeira em cercas no Piauí. São Paulo, 08 de novembro de 2002.

- Piauí. 2007. Lei estadual complementar nº 87. Estabelece o Planejamento Participativo Territorial para o Desenvolvimento Sustentável do Estado do Piauí e dá outras providências. Teresina.
- \_\_\_\_\_. 2009. Portal do Governo do Estado do Piauí. Disponível em: <<http://www.piaui.pi.gov.br/piaui.php?id=1>> Acesso em: 11 de maio de 2009.
- PNUD. 2005. Ranking do IDH dos Estados em 2005. Site acessado em maio de 2009. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/pobreza\\_desigualdade/reportagens/index.php?id01=3039&lay=pde](http://www.pnud.org.br/pobreza_desigualdade/reportagens/index.php?id01=3039&lay=pde)>
- Rodrigues, J. L. P. 2007. Geografia e História do Piauí: estudos regionais. Teresina: Halley S. A. Gráfica e Editora, 4ª edição.
- Santos, R. R. 2002. Procedimentos para Eletrificação Rural Fotovoltaica Domiciliar no Brasil: uma contribuição a partir de observações de campo. São Paulo: Tese de Doutorado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 221 p.
- SEMAR. 2008. Relatórios internos do PRODEEM. Secretária de Meio Ambiente e recursos do Piauí, SEMAR. Obtidos na sede da instituição em fevereiro de 2008.

## THE REALITY OF AUTONOMOUS SYSTEMS PHOTOVOLTAICS OF THE PIAUÍ STATE ANALYZED FROM SOME EXPERIENCES OBSERVED IN FIELD

**Abstract.** *The Piauí State is presented in the national context with high indices of electric exclusion, however, it possess one of the biggest indices of solar irradiation of the country. In this scene, the photovoltaic generation is configured as a sufficiently competitive and consolidated technology for the attendance of low demands of supply of electric energy, mainly in distributed rural localities of dispersed form. Throughout the two last decades the Piauí State was contemplated the installation of hundreds of these systems for some purposes and applications. However, nor all these experiences had cheated success throughout its existence. Thus, the objective of this paper is to present some verifications and quarrels related with these experiences, from the observation developed in field in this State in the scope of a research that had as goal to identify to the barriers and potentialities for the expansion of the use of this technology.*

**Key words:** Photovoltaic Solar Energy, Rural Electrification, Piauí State, Energy Planning.