

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BOMBEAMENTO IMPLANTADOS NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE

Albemerc Moura de Moraes – albemerc.moraes@ufabc.edu.br
Universidade Federal do ABC, Programa de Pós Graduação em Energia
L. Roberto Valer – robvaler@usp.br
Universidade de São Paulo, Instituto de Energia e Ambiente
Federico B. Morante – federico.trigoso@ufabc.edu.br
Universidade Federal do ABC, Programa de Pós Graduação em Energia
Maria Cristina Fedrizzi – fedrizzi@iee.usp.br
Universidade de São Paulo, Instituto de Energia e Ambiente

Resumo. *Este trabalho apresenta uma análise das principais iniciativas materializadas no semiárido piauiense que utilizaram sistemas fotovoltaicos de bombeamento. Tais iniciativas foram idealizadas por instituições governamentais e não governamentais em vários municípios da região. Verificou-se através de entrevistas com lideranças locais e a aplicação de questionários apropriados os pontos fortes e fracos de empreendimentos dessa natureza. Entre os fatores analisados, verificou-se que a presença de técnicos locais especializados em bombeamento fotovoltaico e empresas que comercializam esses sistemas em alguns municípios do Piauí apresentam-se como um bom indicativo para ampliação da difusão dessa tecnologia na região.*

Palavras-chave: *Sistema fotovoltaico de bombeamento, Bombeamento de água, Semiárido, Acesso à água.*

1. INTRODUÇÃO

O acesso regular à água potável é um direito humano básico (WHO, 2003), todavia, milhares de habitantes do Semiárido brasileiro ainda padecem com a falta de água na quantidade e qualidade necessárias para um desenvolvimento econômico e sanitário compatíveis com a condição humana. Essa região apresenta um problema histórico relacionado ao acesso à água, mas conta com grande potencial hídrico subterrâneo e altos índices de irradiação solar, com irradiação global média de 5,9 kWh/m².dia (ABES, 2006).

Levando em consideração esse cenário, a partir da década de 1980 vários projetos de aplicação da tecnologia solar fotovoltaica vêm sendo desenvolvidos na região, em especial para bombear água de poços tubulares (Rebouças, 1997). Tais projetos estão associados a entidades de cooperação internacional, institutos de pesquisa, Organizações Não Governamentais (ONGs) e poder público federal, estadual e municipal.

Um dos maiores programas de difusão da tecnologia solar fotovoltaica no meio rural foi desenvolvido no Brasil entre o final do século passado e o início do atual. Trata-se do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM). No tocante ao bombeamento de água, durante o PRODEEM foram instalados 2.485 sistemas fotovoltaicos de bombeamento (SFB), com uma média de 0,5 kWp de potência, em localidades rurais para uso comunitário. No Piauí, entre os anos de 1997 e 2002 foram instalados 158 sistemas fotovoltaicos de bombeamento (MORAES, 2013), todavia, quase a totalidade desses sistemas está hoje desativada.

O Piauí apresenta-se com um dos menores índices percentuais de eletrificação rural do Brasil. Essa realidade vem mudando com o atual programa de eletrificação rural - o Programa Luz para Todos (PLpT). O PLpT já beneficiou 140 mil novos domicílios no Piauí desde 2005, contudo, estima-se que ainda é necessário o atendimento de mais 28 mil domicílios para proporcionar a universalização da energia elétrica (ED Piauí, 2013).

Vale ressaltar que o atendimento do PLpT é essencialmente domiciliar. Assim, quando o pequeno agricultor possui um poço/reservatório de água distante da sua residência a eletrificação não contempla a extensão da rede até a fonte de água. Nesse cenário, o uso de sistemas fotovoltaicos de bombeamento (SFB) é particularmente promissor, como apresentado por Valer et al. (2013) e Fedrizzi et al. (2009).

Nesse contexto, o presente trabalho visa analisar algumas das principais iniciativas implantadas no semiárido piauiense que utilizaram sistemas fotovoltaicos de bombeamento. Tais iniciativas foram idealizadas por instituições governamentais e não governamentais em vários municípios da região. Um número significativo de empreendimentos dessa natureza falhou, apesar de utilizarem uma tecnologia robusta e consolidada.

2. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO SEMIÁRIDOPIAUIENSE

Localizado na região Nordeste do Brasil, o Piauí limita ao sul com os estados da Bahia e Tocantins, ao leste com Ceará e Pernambuco, a oeste com o Maranhão e a norte com o Oceano Atlântico. Apresenta uma população de cerca de 3 milhões de habitantes distribuída em uma área de 251.529 km² (IBGE, 2013). Além da área legalmente demarcada, o Piauí possui uma área de litígio de 2.977 km², que é disputada com o vizinho estado do Ceará (Neto, 2006). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2012 93,6% dos domicílios particulares e permanentes do Piauí possuíam rede geral de abastecimento de água e 95,9% serviço de iluminação elétrica (IBGE, 2013).

O Piauí é o estado nordestino com menor densidade demográfica (12 hab/km²) 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 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). A caatinga e o cerrado são os principais biomas, no entanto, encontra-se também vegetações do tipo litorânea, floresta semidecídua, palmeiras e áreas de transição. (Neto, 2006).

Dos 224 municípios existentes no Piauí, 128 estão localizados na região Semiárida, onde vivem cerca de um terço da população do estado (INSA, 2013). É comum a ocorrência de períodos prolongados de estiagem, como o que vem acontecendo nos últimos dois anos, considerado uma das secas mais severas das últimas décadas. Como alternativa, diversas ações são promovidas pelos Governos Federal e Estadual com objetivo de mitigar as consequências sobre a população, dentre elas: a construção de cisternas para armazenar água da chuva, recuperação de poços, operação carro-pipa, construção de barragens e adutoras, distribuição de Bolsa Estiagem e Garantia-Safra, dentre outros. A tab. 1 apresenta números recentes dessas ações no Piauí e no Brasil.

Tabela 1 – Números do programa de enfrentamento à seca do Governo Federal e Estadual, setembro 2013.

Programas de enfrentamento à seca, Federal e Estadual		
Modalidade	No Piauí	Total no Brasil
Pipeiros contratados (nº)	748	8.012
Município atendidos (carro-pipas) (nº)	108	1.033
Cisternas de consumo (residencial) (nº)	15.774	370.677
Cisternas de produção (nº)	763	18.732
Total empenhado na perfuração e recuperação de poços (mil R\$)	4.890,79	84.930,68
Bolsa Estiagem (nº de bolsas)	132.221	1.180.852
Garantia-Safra (nº de benefícios)	105.173	977.552
Sistemas de Abastecimento de Água (quantidade)	236	1.565
Sistemas de Abastecimento de Água (valor – R\$ milhões)	253,30	5.985,70
Sistema de adutora (quantidade)	12	61
Sistema de adutora (valor – R\$ milhões)	404,60	19.305,60
Novas barragens (quantidade)	3	20
Novas barragens (valor – R\$ milhões)	150,10	2.089,70

Fonte: (Brasil, 2013).

Adicionalmente, o Piauí é rico em águas subterrâneas, apresentando em alguns pontos poços jorrantes, como é o caso do município de Cristino Castro (Território Chapada das Mangabeiras) no vale do Rio Gurguéia. Os principais aquíferos do estado são o Poti-Piauí, Serra Grande e Cabeças. Só o aquífero Poti-Piauí possui disponibilidade hídrica (reserva explotável) estimada em 130 m³/s (ANA, 2009). Por outro lado, na região semiárida do Piauí, por exemplo, existem aproximadamente 860 poços cadastrados (218 paralisados, 396 não instalados e 246 abandonados), que não estão em operação (CPRM, 2003). Essa demanda poderia ser suprida com a utilização de SFB e outras tecnologias apropriadas.

3. EXPERIÊNCIAS NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BOMBEAMENTO NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE

Foram realizadas, entre os anos de 2011 e 2013, pesquisas de campo em 15 comunidades rurais dispersas do Piauí, situadas em 7 municípios (Oeiras, Floriano, Santa Rosa do Piauí, Guaribas, Várzea Branca, Jurema e Cajazeiras do Piauí). Para tanto, foram promovidas entrevistas e aplicações de questionários aos principais atores envolvidos na implantação dos sistemas, especialmente, a população beneficiada. Do total de 15 SFB visitados, mais de 40 % já apresentaram algum problema técnico, sendo que um deles estava desativado no momento da visita. Como praticamente todos os sistemas foram implantados nos últimos 5 anos os problemas, quando surgiam, eram sanados por técnicos locais ou pela própria empresa que os instalou. A tab. 2 apresenta a relação de sistemas fotovoltaicos de bombeamento implantados por instituições executoras.

Apenas em dois dos casos o sistema era de uso particular, os demais eram comunitários e contaram com o aporte de entidades governamentais e não governamentais (Diocese, OSCIP). Três deles são oriundos do PRODEEM e um de investimento da prefeitura municipal. Esse caso é curioso, pois o SFB foi implantado nas proximidades de um aterro sanitário. Segundo entrevistados, o sistema deveria ser utilizado para produção de uma horta comunitária, porém no momento da visita não foi identificado nenhum uso da água. A fig. 1 apresenta uma visão geral do sistema instalado no terreno do aterro sanitário de Cajazeira do Piauí, observa-se ao fundo à esquerda rejeitos urbanos que não foram compactados. Além disso, era notória a grande presença de insetos no local, especialmente moscas. Os reais motivos desse empreendimento não foram identificados.



Figura 1- SFB implantado no terreno do aterro sanitário no município de Cajazeira do Piauí, maio 2012.

Tabela 2 - Relação de sistemas fotovoltaicos de bombeamento implantados por instituições executoras

Instituição executora	Municípios contemplados	Nº de SFB instalados / visitados	Potência total (Wp)
Fumdham	4	5 / 4	1.800
Diocese de Floriano	1	12 / 5	5.000***
Instituto Piauí Solar	1	1 / 1	1.200
PRODEEM	3*	158 / 3	1.485**
Particular	2	2 / 2	600

* PRODEEM no Piauí implantou 158 SFB em dezenas de municípios;

** A potência informada é somente dos 3 sistemas visitados.

*** Valor estimado.

Outro caso interessante foi identificado no município de Santa Rosa do Piauí. Lá um sistema implantado pelo PRODEEM foi revitalizado com aporte financeiro da prefeitura municipal. Para isso, foi contratado um técnico do município vizinho de Oeiras para fazer o conserto da motobomba e revitalizar o sistema (fig. 2). O sistema em questão é composto por gerador fotovoltaico de 450 Wp, motobomba Solarjack (0,5 CV) e reservatório de 3 m³.



Figura 2 - Revitalização do SFB na comunidade Mangabeira, Santa Rosa do Piauí, maio 2012.

A grande maioria dos sistemas pesquisados foram idealizados por entidades não governamentais ou ligadas a igrejas. Cerca de 40 % dos sistemas eram utilizados para fins produtivos, especialmente a produção agrícola familiar. Praticamente todos os sistemas utilizavam bombas submersas importadas específicas para aplicação fotovoltaica.

3.1 PRODEEM – Piauí

O Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) foi criado pelo Governo Federal através de Decreto presidencial em dezembro de 1994. Tendo como principal objetivo o atendimento a comunidades carentes isoladas não atendidas pela rede elétrica através de energias renováveis descentralizadas, de modo a promover o desenvolvimento social e econômico dessas localidades (Brasil, 1994). Contudo, esse programa foi direcionado unicamente ao atendimento energético de edificações públicas (escolas, igrejas, postos de saúde, centros comunitários etc.), ao acionamento de sistemas de bombeamento de uso comunitário e iluminação pública (Fedrizzi, 2003).

No Brasil, foram instalados 2.485 sistemas fotovoltaicos de bombeamento (SFB), com uma média de 0,5 kWp de potência, em localidades rurais para uso comunitário. Todavia, entre os anos de 1997 e 2002, foram instalados no Piauí apenas 158 SFB no âmbito do PRODEEM (Moraes, 2013). Segundo Moraes (2013) em sua pesquisa realizado no Piauí, dos SFB pesquisados no âmbito do PRODEEM quase sua totalidade estava inoperante. Dentre os motivos apontados está a ausência de uma política adequada de gestão e manutenção desses sistemas. Além disso, os SFB no Brasil não foram contemplados no Programa de Revitalização e Capacitação do PRODEEM (PRC-PRODEEM).

Nesse trabalho foram visitados 3 SFB implantados pelo PRODEEM em 3 municípios piauienses (Oeiras, Cajazeiras do Piauí e Santa Rosa do Piauí). No município de Oeiras, por exemplo, o SFB pesquisado foi encontrado na localidade Boca da Vereda (47 km da sede do município). O sistema está localizado em uma pequena propriedade dedicada a agricultura familiar e é composto por um gerador de 550 Wp e uma motobomba importada de 1 CV. O sistema foi instalado no ano de 2000 e funcionou sem maiores problemas até 2008, época na qual a motobomba queimou e o SFB foi substituído por um gerador a diesel. Em 2010 a comunidade foi eletrificada e o sistema de bombeamento com gerador à diesel foi substituído por um sistema convencional ligado à rede elétrica. Os módulos do SFB desativados foram utilizados (acoplados a um inversor e um banco de baterias) na residência do agricultor. Além desse sistema, recentemente foi instalado um protótipo de um sistema fotovoltaico destinado à aeração de um pequeno lago para a produção de peixes. A fig. 3 ilustra as duas instalações.



Figura 3 – Sistemas fotovoltaicos (aeração e domiciliar) na Comunidade Boca da Vereda, Oeiras (PI).

Atualmente, o produtor consegue produzir diversos tipos de culturas como cheiro verde, goiaba, pimentão, abóbora, milho, banana, etc. Parte da produção é para consumo e parte é para venda (feiras livres e merenda escolar). Dentro da propriedade, o produtor experimenta diversos tipos de sementes e técnicas agrícolas como o uso de batatas biofortificadas, sistemas de gotejamento e microaspersão e mandalas produtivas. A produção é tão boa e exitosa, que o a propriedade é usada como centro de treinamento para escolas técnicas locais (Projeto Jovens de Desenvolvimento da Agricultura Família - PJODAF). Há também produção avícola e suína. Essa experiência possibilitou que o pequeno produtor e sua família conquistassem um prêmio de incentivo e apoio a agricultura familiar pago pelo Banco do Nordeste.

Outro sistema pesquisado foi implantado na localidade Pinga Flor no município de Cajazeiras do Piauí. Tal sistema foi instalado, no âmbito do PRODEEM há quase uma década, pela SEMAR (Secretaria de Meio Ambiental e dos Recursos Hídricos do Piauí) com o apoio de entidades locais. A água disponível é utilizada para o abastecimento de duas residências próximas e para irrigar, de forma tradicional, um pequeno pomar. O SFB é composto por um gerador de 480 Wp, uma bomba Solarjack (0,5 CV) e um reservatório com capacidade de 3 m³. Observou-se na visita que os

módulos estavam dispostos em uma estrutura instável de madeira, além disso, o reservatório apresentava vazamentos. A manutenção do sistema é realizada pela prefeitura do município através de um técnico local que presta serviços de manutenção nos poços comunitários da região.

3.2 Diocese de Florianópolis

O histórico de aplicação da energia solar fotovoltaica no Município de Florianópolis remonta a época em que o Centro de Educação São Francisco de Assis (CEFAS) possuía sede em Florianópolis. Na ocasião, foram implantados sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural, iluminação, eletrificação de cercas para pecuária e bombeamento de água em comunidades rurais da região (Moraes, 2013).

Na atualidade, a Diocese de Florianópolis vem desenvolvendo a difusão de SFB naquele município. Para isso, conta com o apoio da entidade “Engenheiros Sem Fronteiras” na Alemanha. Essa entidade além de doar os equipamentos (módulos, motobombas, etc) presta, ocasionalmente, serviços de manutenção/reposição de peças. Além disso, propiciou treinamento de técnicos locais para a solução de problemas mais simples. Algumas comunidades, através de suas associações, arrecadam uma pequena quantia em dinheiro dos usuários para possibilitar o pagamento futuro dos serviços prestados por esses técnicos locais. Segundo o padre que está à frente dessas ações, alguns problemas foram identificados e posteriormente reparados, dentre eles: o curto-circuito no quadro de controle provocado por insetos e o travamento do eixo da bomba.

Na ocasião da pesquisa, verificou-se que foram instalados 12 SFB, sendo 4 na cidade de Florianópolis e os demais na zona rural. Todavia, outros sistemas já estavam em fase de aquisição e seriam instalados em breve. Os sistemas instalados na área urbana são usados principalmente para diminuir as despesas elétricas com bombeamento de água. Esses sistemas foram instalados, respectivamente, em uma igreja, na sede da diocese, em uma creche e para a produção de uma horta comunitária. Todos eles foram visitados e verificou-se que apenas um (na creche) estava inoperante. Questionários foram aplicados apenas nos sistemas instalados no meio rural, desses 5 foram pesquisados no ano de 2012, sendo 2 em janeiro e 3 em novembro. A fig. 3 apresenta uma visão geral de 2 desses sistemas instalados, respectivamente, nas localidades Poço do Peixe e Boca da Entrada. Ambas as instalações foram implantadas no município de Florianópolis e apresentam a mesma configuração técnica: 10 módulos (45 Wp cada um), motobomba importada (Lorentz PS600) e reservatório de 5 m³.



Figura 4 – SFB nas comunidades Poço do Peixe e Boca da Entrada, respectivamente, Florianópolis (PI).

A Comunidade Boca da Entrada, por exemplo, é composta por 23 famílias e está localizada cerca de 35 km da sede do município. As principais atividades econômicas são a agricultura de subsistência e a criação de caprinos. Na comunidade não existe posto de saúde ou escola. Nota-se a existência de casa de taipas e disposição de banheiros rudimentares na parte externa das residências. Em 2008, a comunidade foi beneficiada com a instalação de um SFB e anteriormente com a eletrificação fotovoltaica do centro comunitário. Em 2010, a comunidade foi eletrificada, porém por aclamação da população o SFB não foi removido. Segundo os moradores locais o alto valor da tarifa elétrica e a baixa qualidade no fornecimento são fatores apontados para essa escolha. Na ocasião da visita, verificou-se que parte dos módulos estava sombreada, como ilustra a fig. 4.

Na comunidade de Poço do Peixe o SFB beneficiava 10 das 25 famílias da comunidade. A comunidade encontra-se eletrificada desde 2012. Instalado em 2007 o sistema tem como finalidade o abastecimento de água para consumo humano, apesar de haver uma tentativa sem sucesso de usar essa água para criação de peixes. Há também um gerador diesel que é ligado segundo a disponibilidade de combustível doado pela Prefeitura. O SFB consta de um gerador de 450 Wp e de uma motobomba importada.

Na localidade Cabeceiro, também em Florianópolis, encontra-se outro SFB utilizado para a irrigação de uma pequena área comunitária, quintal produtivo. Tal sistema é composto por gerador fotovoltaico de 360 Wp, motobomba importada Lorentz PS600 e 5 reservatórios para armazenar água (01 caixa d'água de 5 m³, 01 cisterna de 6 m³ e 03

reservatórios de 1 m³ utilizados próximo do cultivo para facilitar a irrigação manual e por gotejamento). Segundo moradora entrevistada a área era cultivada por 5 famílias, mas no início do projeto eram 10. Foi identificado o cultivo de diversas árvores frutíferas, bem como hortaliças. Parte da produção era consumida pelas próprias famílias e uma pequena parte, especialmente as hortaliças, era comercializada. Um problema técnico no solo e a falta de assistência agrícola são apontados como principais dificuldades atuais do projeto.

3.3 Fumdam

Criada em 1986, a Fundação Museu do Homem Americano (Fumdam) tem a responsabilidade técnico-científica de defesa, conservação e manutenção do Parque Nacional da Serra da Capivara - PNSC. É uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), sem fins lucrativos com sede em São Raimundo Nonato, Piauí. Ao longo das últimas décadas, esta instituição vêm desenvolvendo ações de proteção do meio ambiente e do patrimônio arqueológico, bem como a promoção de diferentes possibilidades de inclusão social na região (Fumdam, 2010).

Um exemplo disso é o Projeto Água no Berço do Homem Americano (ABHA), que visa, por meio de ações integradas, melhorar a gestão dos recursos hídricos na região dos Parques Nacionais Serra da Capivara e Serra das Confusões para promover o aproveitamento dos recursos naturais, ecológicos, turísticos e culturais. Entre as linhas de ação do projeto, destaca-se a utilização de Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento de água (SFB) em comunidades rurais carentes (Moraes et al., 2012).

O projeto ABHA foi implantado pela Fumdam entre os anos de 2007 e 2010 em parceria com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e com apoio da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIFASF). Para isso, o Programa Petrobras Ambiental destinou pouco mais de R\$ 3 milhões, que devem beneficiar cerca de 60 mil pessoas (Targino, 2008; Petrobrás, 2012). Durante o projeto foram desenvolvidas pesquisas sobre as águas superficiais e subterrâneas, estudos socioeconômicos de infraestrutura para o turismo cultural e ecológico, e programas de educação ambiental e patrimonial nos municípios da região. Destaque especial merecem os trabalhos de recuperação das lagoas São Vítor e dos Porcos e proteção das nascentes do Rio Piauí (Fumdam, 2010).

Ademais, foram instalados 5 sistemas de abastecimento comunitário de água por meio de poços equipados com energia solar fotovoltaica. Para isso, fez-se necessário um levantamento minucioso para escolha das comunidades a serem beneficiadas com a instalação desses SFB. Um dos aspectos que dificultou a escolha foi o elevado número de poços com altos índices de sais solúveis, portanto o papel da CPRM foi decisivo nesse processo.

Além disso, levou-se em consideração a não disponibilidade de rede elétrica. Por tais motivos foram selecionadas as comunidades Lagoa Funda (Várzea Branca), Capim (Guaribas), Barreiro (Guaribas), Fósforo (Jurema) e Barrerinho (Coronel José Dias) as quais foram contempladas com essas instalações. A comunidade Garrincha, situada no município de São Raimundo Nonato (PI), também foi contemplada com a instalação de um SFB, porém após um ano de funcionamento este sistema foi realocado para outra comunidade devido a conflitos entre os usuários (Moraes et al., 2011). Para a implantação desses sistemas foi contratada uma empresa local especializada. Os SFB instalados nessas comunidades são constituídos basicamente de um gerador fotovoltaico, uma motobomba com sistema de condicionamento acoplado, uma caixa de água e um chafariz público (Moraes et al., 2012).

3.4 Instituto Piauí Solar

O Instituto Piauí Solar (IPS) é uma Organização Não Governamental (ONG), criada em junho de 2011 no município de Oeiras (PI). Trata-se de uma instituição de caráter socioambiental, sem fins lucrativos, que pretende proporcionar a criação de ambientes de debate e discussão de políticas alternativas de incentivo ao uso de energias renováveis, bem como a preservação do meio ambiente e a promoção de tecnologias energéticas apropriadas à realidade local.

Atualmente, a entidade está desenvolvendo um projeto no semiárido piauiense, destinado à produção de uma horta comunitária. Para isso, conta com o apoio de outras entidades (UFABC, LSF/IEE/USP, CEFAS e FUNDED) para a implantação de um SFB em uma comunidade rural do município de Oeiras. Esse projeto está vinculado ao desenvolvimento de uma tese de doutorado intitulada “Tecnologias apropriadas para o acesso à água potável em regiões semiáridas: o uso de sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água”, cujo objetivo principal é identificar os principais entraves ao sucesso de empreendimentos de abastecimento de água em regiões semiáridas baseadas na tecnologia solar fotovoltaica e como superá-los de acordo com boas práticas na implantação e gestão desses sistemas apontados por estudos ao redor do mundo.

O SFB foi implantado na Comunidade Exu, situado a 40 km de Oeiras. Na comunidade vivem cerca de 80 famílias e conta com uma infraestrutura básica composta por igreja, posto de saúde, escola, casa de farinha e salão comunitário. A comunidade foi eletrificada no ano de 2004, porém, a energia elétrica fornecida é de baixa qualidade, apresentando interrupções frequentes. O abastecimento de água é realizado a partir de 3 poços tubulares equipados com motobombas monofásicas. Praticamente todos os moradores possuem água encanada em suas residências. Contudo, em alguns casos, a distribuição até às residências é feita através de mangueiras de polietileno adquiridos com recursos próprios.

O projeto em questão é piloto e utiliza conversor de frequência para acoplar uma bomba trifásica ao gerador fotovoltaico. A eficiência média diária (altura manométrica de 50 m) medida em laboratório do conjunto conversor de frequência (CF) e motobomba é da ordem de 25 % e o volume diário de água bombeado para uma irradiação solar de

4,98 kWh/m².dia foi de 13,2 m³/dia. A fig. 5 apresenta uma visão geral do local da instalação. O sistema está em funcionamento e atende a demanda de uma pequena área irrigada.



Figura 5 – SFB piloto na localidade Exu, Oeiras – Pi.

3.5 Sistemas particulares

Dois dos SFBs pesquisados foram implantados em propriedades rurais particulares no Município de Oeiras. A instalação e manutenção são realizadas por um técnico local, o mesmo que prestou serviços no SFB na comunidade Mangabeira (Santa Rosa do Piauí) e no sistema na comunidade Boca da Vereda (Oeiras, PI). Esse profissional é um dos sócios fundadores do IPS, participou ativamente da instalação do SFB na localidade Exu e possui vasta experiência na instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos. Além disso, participou do processo de revitalização do PRODEEM na região.

Tais sistemas são usados nas residências dessas propriedades, porém parte da energia gerada nos módulos é armazenada no banco de baterias é utilizada para bombear água dos respectivos reservatórios (cisterna e piscina) para irrigar uma pequena área próxima das residências. Os sistemas apresentam a mesma configuração técnica: gerador fotovoltaico (300 Wp), banco de bateria (300 Ah), controlador (30 A) e inversor (900 W). Nos dois casos a motobomba utilizada é centrífuga de superfície e potência de 0,75 CV. Quanto ao sistema de irrigação, um deles é por gotejamento e o outro por aspersores.

4. DISCUSSÃO DAS EXPERIÊNCIAS

Nesse estudo foram visitados e estudados vários projetos com sistemas fotovoltaicos de bombeamento implantados e apoiados por instituições de diversas naturezas. Apesar de que muitas dessas instituições não trabalham diretamente com o tema do acesso à água, o impacto de suas ações é importante para complementar ou atender a demanda não satisfeita de água para consumo humano e produção agrícola. Isso fica claro quando as pessoas entrevistadas não querem deixar de usar a energia fotovoltaica apesar de já ter acesso à rede elétrica devido aos custos e a qualidade da eletricidade.

Os problemas encontrados nos SFB analisados não são muito diferentes aos encontrados no Ceará por Valer et al.(2013): problemas com manutenção e reposição das motobombas. Mas a existência de alguns técnicos locais capacitados durante a época do PRODEEM e o apoio das instituições mencionadas evitaram que os sistemas ficassem inoperantes.

Observa-se no Piauí, assim como foi verificado por Valer et al.(2013) no estado do Ceará, que a falta de assistência técnica agrícola é um ponto negativo na difusão de SFB para irrigação. Um exemplo disso ocorreu na localidade Cabeceiro, em Floriano, onde a produção atual é limitada por falta de maiores conhecimentos em técnicas agrícolas. Assim, motivos não ligados à tecnologia de bombeamento fotovoltaico podem conduzir ao insucesso desses empreendimentos, reforçando negativamente a imagem dessa opção tecnológica em alguns locais no meio rural.

Outro aspecto também observado no Piauí que se assemelha às instalações do Ceará é a utilização de motobombas projetadas para uso específico em sistemas fotovoltaicos. Apesar da boa qualidade de algumas marcas, as motobombas utilizadas nesses projetos são importadas e relativamente difíceis de conseguir no Brasil. Outro problema são os altos preços dessas motobombas dedicadas a sistemas fotovoltaicos que as torna inacessíveis sem uma linha de crédito especial para pequenos produtores rurais (Valer et al., 2013). A exceção a isso é encontrado no sistema da Localidade Exu em Oeiras, em que a motobomba é de fabricação nacional. Todavia, essa iniciativa apresenta-se como piloto e só foi viabilizada através do apoio de grupos de pesquisas consolidados em aplicações fotovoltaicas.

Por outro lado, a existência de técnicos locais e empresas especializadas próximas do consumidor final é um aspecto diferenciado e positivo nos projetos analisados. Os municípios próximos a Oeiras, por exemplo, onde existe um

técnico com vasta experiência na aplicação fotovoltaica apresenta uma maior quantidade de sistemas instalados e revitalizados. Isso vai de encontro à tendência verificada em outros estados, onde normalmente as empresas e equipe técnicas encontram-se na Capital, distantes dos locais de maior potencial de aplicação dos SFB: as comunidades rurais dispersas, especialmente localizadas em regiões semiáridas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PRODEEM é um exemplo clássico no Brasil de um amplo programa de difusão da energia solar fotovoltaica no meio rural que não obteve o êxito esperado. No Piauí não foi diferente, consideráveis recursos públicos foram desperdiçados e centenas de instalações fotovoltaicas abandonadas. No caso dos sistemas de bombeamento, a realidade foi ainda mais alarmante, pois muitos sofreram problemas técnicos ainda nos primeiros meses de funcionamento, principalmente nas motobombas importadas. Além disso, como esses sistemas não foram contemplados no processo de revitalização do programa, diversas instalações ficaram abandonadas e as populações permaneceram sem a solução desse grave problema de abastecimento de água em regiões rurais do semiárido.

A existência de técnicos locais especializados em aplicações fotovoltaicas, especialmente para bombeamento, nas regiões de Oeiras e Floriano é apontada como um bom indicativo para a difusão dessa tecnologia. Em São Raimundo Nonato a existência de uma empresa especializada na instalação de sistemas fotovoltaicos têm possibilitado uma maior difusão dessa tecnologia. Deve-se ressaltar que mesmo se os pequenos agricultores ou outros usuários tiverem interesse em adquirir SFBs para suas propriedades, se esses equipamentos não estiverem disponíveis no mercado local e existir pessoas capacitadas para realizar serviços de instalação e manutenção, não haverá difusão dessa tecnologia. Por outro lado, é necessário que outros programas governamentais, como o “Água para Todos” incentive o uso de SFB para atender a demanda hídrica de comunidades rurais dispersas. O incentivo de instituições financeiras, como o Banco do Nordeste, para abertura de crédito para esse segmento é apontado como outro caminho a ser seguindo.

Verificou-se na pesquisa a existência de uma experiência no Município de Tanque do Piauí na aplicação de SFB para irrigação. Nesse caso, o financiamento do projeto de um pequeno produtor rural foi aprovado pelo Banco do Nordeste. A água de um córrego era bombeada por um pequeno sistema fotovoltaico para irrigar uma pequena área. O sistema funcionou por alguns anos, relata o agrônomo entrevistado, mas foi desativado posteriormente, pois a água extraída não atendia mais a demanda crescente do cultivo. Em seu lugar foi utilizado um gerador a gasolina para a produção com maior vazão.

Esse exemplo poderia ser replicado como o apoio de instituições especializadas, para indicar soluções mais adequadas para a realidade do semiárido piauiense no que tange o acesso à água em comunidade rurais dispersas. O uso produtivo desses sistemas na agricultura familiar é um aspecto importante a ser pensado. Programas do Governo Federal como o Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF), que atua no fortalecimento da agricultura familiar, poderiam incluir no seu leque de linhas de créditos empreendimentos de irrigação com bombeamento fotovoltaico.

A formação de mão de obra especializada deve ser fomentada pelas instituições de ensino do Piauí, tais como a Universidade Federal do Piauí (UFPI) e o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI). Ambas as instituições estão presentes em alguns dos municípios pesquisados. Para isso, deve-se considerar, conforme Zilles et al. (2009), os quatro estágios para a formação de recursos humanos em aplicações fotovoltaicas, são eles: básico (nível local, baixa escolaridade), intermediário (técnicos eletricitas), avançado (nível de graduação) e especializado (pós-graduação).

Agradecimentos

Ao Lyvio Ataniel (em Oeiras) e ao Padre João Smith (em Floriano) pelo apoio na realização das pesquisas de campo na região.

REFERÊNCIAS

- ABES, 2006. Atlas Brasileiro de Energia Solar. Projeto SWERA - Solar and Wind Energy Resources Assessment. 1ª edição. São José dos Campos, São Paulo.
- ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009. Agência Nacional de Águas (ANA) 2009. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/rh_parnaiba.htm>. Acesso em: 06 nov. 2009.
- Brasil. 2013. Observatório de enfrentamento da seca. Governo Federal do Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/observatoriiodaseca/index.html>>. Acesso: novembro de 2013.
- _____. 1994. Decreto de Lei de 27 de dezembro de 1994: Cria o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM), e dá outras providências. Presidência da República, Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, abr. 1994.
- CEPRO. Piauí em Números. Teresina: Centro de Pesquisa Econômicas e Sociais do Estado do Piauí – CEPRO, 7ª edição, 2005.

- CPRM. 2003. Cadastramento de Fontes de Abastecimento de Água Subterrânea Parte do Semi-Árido Brasileiro. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: agosto de 2009.
- ED Piauí. Luz para Todos supera meta 2013 no Piauí. Eletrobras Distribuição Piauí. Disponível em: <<http://www.cepisa.com.br/cepisa/materia.php?id=793>>. Acesso: nov. 2013.
- Fedrizzi, M. C., 2003. Sistemas fotovoltaicos de abastecimento de água para uso comunitário: lições aprendidas e procedimentos para potencializar sua difusão. Tese de Doutorado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo.
- Fedrizzi, M. C. Ribeiro, F. S. Zilles, R. 2009. Lessons from field experiences with photovoltaic pumping systems in traditional communities. Energy for Sustainable Development. 13 (2009) 64-70.
- Fumdam, 2010. Relatório Anual 2010. Fundação Museu do Homem Americano. Disponível em: <http://www.fumdam.org.br/relatorios_fumdam.html>. Acesso em: março de 2012.
- IBGE, 2013. IBGE Estados – Piauí. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pi>>. Acesso em: outubro de 2013.
- INSA. 2012. Sinopse do censo demográfico para Semiárido Brasileiro. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido.
- Moraes, A. M. 2013. Energia Solar Fotovoltaica no Piauí: Barreiras e Potencialidades. EdUFPI – Teresina, PI.
- Moraes, A. M.; Morante, F.; Fedrizzi, M. C. 2012. Bombeamento fotovoltaico no semiárido piauiense, projeto água no berço do homem americano. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar – CBENS; São Paulo – São Paulo. Versão digital em CD.
- Moraes, A. M.; Morante, F.; Fedrizzi, M. C. 2011. La problemática de obtención de agua potable en la región semiárida brasileña utilizando sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, v. 15, p. 04.97-04.104.
- Neto, A. 2006. Geografia e história do Piauí para estudantes, da pré-história à atualidade. Teresina: Edições Geração 70, 5ª edição.
- Petrobras, 2012. Programa Petrobras Ambiental. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/ppa2010/apresentacao/>>. Acesso: março de 2012.
- Rebouças, A. C. 1997. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos Avançados, USP. 11 (29).
- Targino, E., 2008. Revista Eco 21. A crise da água no Berço do Homem Americano. Junho. 2008. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=1791>>. Acesso: março de 2012.
- Valer, L. R. M. Moraes, A. M.; Morante, F.; Fedrizzi, M. C. Zilles, R. 2013. Experiências no semiárido cearense na implantação de sistemas fotovoltaicos para irrigação: lições aprendidas. In: Reunión de Trabajo de Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente - ASADES. San Miguel de Tucumán – Tucumán, Argentina. Versão digital em CD.
- WHO, 2003. The World Health Organization. The right to water. Geneve: World Health Organization, [Health and human rights publication series – 3].
- Zilles, R. Mocelin, A. Morante, F. 2009. Programa brasileiro de formação e certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. v. 13, p. 04/101 – 04/108, Argentina.

EXPERIENCES IN THE IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS IN PIAUI SEMI-ARID: FIELD OBSERVATIONS

Abstract. *This work analyzes the most important projects with photovoltaic pumping systems in Piauí semi-arid. These projects were implemented by governmental and non-governmental institutions in several municipalities. It was found through interviews with local leaders and questionnaires some strengths and weaknesses of such projects. Between the analyzed factors, the presence of local technicians specialized in photovoltaic pumping and retail companies in some municipalities are a good factor for a better diffusion of this technology in the region.*

Key words: *Photovoltaic pumping systems, Water pump, Semi-arid, Water access.*