

## **EXPERIÊNCIAS NO SEMIÁRIDO CEARENSE NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA IRRIGAÇÃO: LIÇÕES APRENDIDAS**

L. Roberto Valer<sup>1</sup>, Albemerc Moura de Moraes<sup>2</sup>, Federico Morante<sup>2</sup>, Roberto Zilles<sup>1</sup>, M. Cristina Fedrizzi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo (USP)

Instituto de Energia e Ambiente (IEE) - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos (LSF)

Av. Professor Luciano Gualberto, 1289 - CEP 05508-010 - São Paulo - Brasil

e-mail: robvaler@usp.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do ABC (UFABC)

Programa de Pós-graduação em Energia - Universidade Federal do ABC

Av. dos Estados, 5001. Bairro Bangu. CEP 09210-580. Santo André - SP - Brasil

*Recibido 13/08/13, Aceptado 30/09/13*

### **RESUMO:**

O semiárido brasileiro caracteriza-se pela má distribuição dos regimes de chuva, alta irradiação solar e elevadas temperaturas que associadas à indisponibilidade de energia elétrica dificulta o acesso à água. A escassez hídrica torna difícil o desenvolvimento de atividades produtivas como a agricultura e a pecuária, já que o risco de perder a produção durante os períodos de seca é alto. Com o intuito de mitigar o problema do acesso à água para irrigação, algumas entidades implantaram independentemente alguns projetos piloto com sistemas fotovoltaicos de bombeamento em várias regiões do semiárido cearense. Através de levantamento em campo de informações com os membros das equipes participantes e os beneficiários, o presente trabalho apresenta a situação atual dessas iniciativas visando destacar o aprendizado obtido com esses projetos para a elaboração de futuros empreendimentos com essa tecnologia.

**Palavras chave:** energia fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos de bombeamento, uso produtivo da energia.

### **INTRODUÇÃO**

O Brasil é considerado um dos países de maior disponibilidade hídrica do mundo, porém em regiões como o semiárido brasileiro, milhões de pessoas sofrem com a escassez crônica de água. O semiárido brasileiro está localizado na porção Nordeste do Brasil e estende-se por 980.133,079 km<sup>2</sup>, aproximadamente 11% do território nacional englobando, com exceção do Maranhão, todos os Estados do Nordeste do Brasil e a parte norte de Minas Gerais, totalizando 1.135 municípios. Vivem nesse território 22.598.318 habitantes, dos quais 38% residem no meio rural (INSA, 2012). A escassez hídrica, a diversidade cultural, os baixos índices de atendimento elétrico, de saneamento básico e de desenvolvimento humano são características que marcam esta região (Moraes *et al.*, 2011).

Um dos fundamentais problemas que enfrentam as populações que habitam esta região é a dificuldade de acesso à água, principalmente nos períodos de estiagem. Os rios ali existentes são, em geral, intermitentes e sazonais, e as fontes de água disponíveis em superfície diminuem (quantidade e qualidade) drasticamente nos períodos de baixa precipitação (Moraes *et al.*, 2011). Todavia, estima-se que o semiárido brasileiro possua reservas de água subterrânea da ordem de 135 bilhões de m<sup>3</sup>, sendo possível extrair até 20 bilhões de m<sup>3</sup> de água por ano (RIBEIRO, 2007). Ao longo das últimas décadas ações compensatórias tem sido executadas, principalmente pelo poder público, com o intuito de mitigar os efeitos dessa escassez. Assim, existe hoje uma ampla infraestrutura hídrica, construída ao longo dos anos, com reservatórios de diversos tamanhos, públicos e privados, e poços perfurados nos domínios sedimentar e cristalino (INSA, 2011).

O semiárido brasileiro é considerado a região com maior concentração de açudes do planeta (RIBEIRO, 2007). Essa região antes da grande seca de 1877/79, que dizimou milhares de pessoas e animais, quase não possuía infraestrutura hídrica. Foi então que o Governo Imperial, após criar uma comissão científica, autorizou em 1886 a construção do Açude do Cedro em Quixadá, Ceará. Tal açude, com capacidade para 126 mil m<sup>3</sup>, foi concluído em 1906 no Governo Republicano, sendo o passo inicial para construção de uma grande rede de açudes em todo o Nordeste. Ao final do Século XX foram construídos no Nordeste, cerca de 70 mil açudes públicos. Além disso, segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o semiárido brasileiro conta com 21.662 poços cadastrados, porém, uma parcela significativa (45%) não está em operação (CPRM, 2004). Com o objetivo de extrair água dessas fontes, a população apela a diversos métodos. É o caso do uso de grupos geradores de energia elétrica que utilizam combustíveis fósseis (principalmente óleo diesel), mas também são utilizadas em menor escala tecnologias baseadas em energias renováveis como a eólica e a solar, além de alternativas manuais (Moraes *et al.*, 2011).

No entanto, milhares de habitantes do semiárido brasileiro ainda padecem com a falta de água que, em muitos casos, está associada diretamente à disponibilidade de energia elétrica. É comum, principalmente nos períodos de estiagem, ver pessoas, a maior parte mulheres, percorrerem vários quilômetros com um balde na cabeça em busca de água para o consumo humano e atividades domésticas ou o uso da tração animal conduzida por adultos ou crianças para o mesmo fim (Moraes *et al.*, 2011).

Nos anos de 2012 e 2013, por exemplo, o semiárido brasileiro foi acometido por uma das estiagens mais severas das últimas décadas.

A situação é ainda mais difícil para a produção agrícola e pecuária, principalmente para a produção de subsistência que conta com poucos recursos econômicos e tecnológicos para enfrentar a estiagem. Com a incerteza de ter água para produzir, os agricultores focam a sua produção em culturas de curta duração e baixo valor no mercado. A pobreza no setor rural, somada a falta de oportunidades, desemprego e fome, causam massivos êxodos às grandes regiões urbanas. Mas a pobreza do produtor familiar rural não é só consequência de uma má gestão da água, ela está relacionada ao acesso a terra e a outros problemas listados por Lacki (2013):

- Baixo rendimento por hectare devido ao uso de técnicas agrícolas inadequadas;
- Inadequada diversificação da produção aumentando a vulnerabilidade da produção ao clima, pragas e o mercado;
- Gerenciamento inadequado dos fatores de produção que aumentam os custos de produção pela sub-utilização/superdimensionamento/ociosidade de terrenos, maquinarias, etc.;
- Dependência de intermediários para aquisição de matérias primas e comercialização de excedentes;
- Baixa qualidade dos bens produzidos e sua venda sem incorporação de valor;
- Produção de espécies de pouco valor econômico.

Apesar de suas limitações, a agricultura familiar, caracterizada pela exploração de pequenas áreas de terra e o aproveitamento da mão de obra familiar, é responsável por uma boa parte dos alimentos consumidos no país. Só no Nordeste existem mais de dois milhões de estabelecimentos familiares que equivalem a quase metade do número de unidades produtivas familiares no Brasil (IBGE, 2007). Em particular, no Ceará, a agricultura familiar produz 91% do feijão produzido no Estado, 82% da mandioca, 88% do arroz em casca, e 89% do milho em grão.

Uma alternativa para o abastecimento de água para produção agrícola é o uso de sistemas fotovoltaicos de bombeamento (SFB). Um sistema fotovoltaico de bombeamento para irrigação é composto por um gerador fotovoltaico, um sistema de controle, uma motobomba em c.c. ou c.a., um sistema de armazenamento (reservatório de água) e um sistema de irrigação, geralmente do tipo localizada, por utilizar mais eficientemente a água.

A tecnologia fotovoltaica de bombeamento de água vem sendo usada há vários anos como uma alternativa para o abastecimento de água no meio rural. Estima-se que até o 2002 tenham sido instalados no Brasil cerca de 3.300 sistemas fotovoltaicos de bombeamento, sendo que 2.485 pertencem ao Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) (Fedrizzi, 2003). Ainda que haja muita incerteza sobre quantos desses sistemas tiveram uso produtivo, sabe-se que pelo menos 32 SFB foram instalados para produção agrícola entre 1995 e 2008 (Valer, 2010). A vantagem de utilizar SFB em irrigação é a complementaridade entre o recurso solar e a demanda hídrica das plantas: os períodos mais ensolarados coincidem com os períodos de maior necessidade de irrigação. Apesar dos altos custos iniciais e dos problemas com o conserto e troca de componentes, os custos de operação são nulos por não precisar de combustível e sua característica de autonomia, permite a sua instalação em locais afastados.

No Estado do Ceará, que se encontra quase em sua totalidade dentro da região semiárida brasileira, foram implantados diversos projetos piloto utilizando SFB para a irrigação de pequenas áreas comunitárias. Nesse contexto, em junho de 2013 foram visitadas diversas instituições executoras de projetos dessa natureza, bem como quatro comunidades rurais no semiárido cearense beneficiadas com estas iniciativas. Foram aplicados questionários e realizadas entrevistas com os principais atores envolvidos nos projetos. Assim, o presente trabalho apresenta a situação atual dessas iniciativas visando destacar o aprendizado obtido com esses projetos para a elaboração de futuros empreendimentos com essa tecnologia.

## **ESTADO DO CEARÁ: CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA**

O Estado do Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil. Possui uma população de 8.452.381 habitantes, dos quais 24,9% vivem no meio rural (IBGE, 2013). O clima predominante é o Tropical Quente Semiárido, caracterizado pela escassez e irregularidade pluviométrica associada a altas taxas de evapotranspiração. Os recursos hídricos superficiais são, em sua maioria, intermitentes e apresentam níveis comprometedores de contaminação, especialmente aqueles próximos a centros urbanos (IPECE, 2013). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2011 85,4% dos domicílios particulares e permanentes do Ceará possuíam rede geral de abastecimento de água e 99,7% serviço de iluminação elétrica (IBGE, 2013).

Nesse contexto, é comum a ocorrência de períodos prolongados de estiagem no Estado, 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 construções 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 tabela 1 apresenta números recentes dessas ações no Ceará e o total no Brasil.

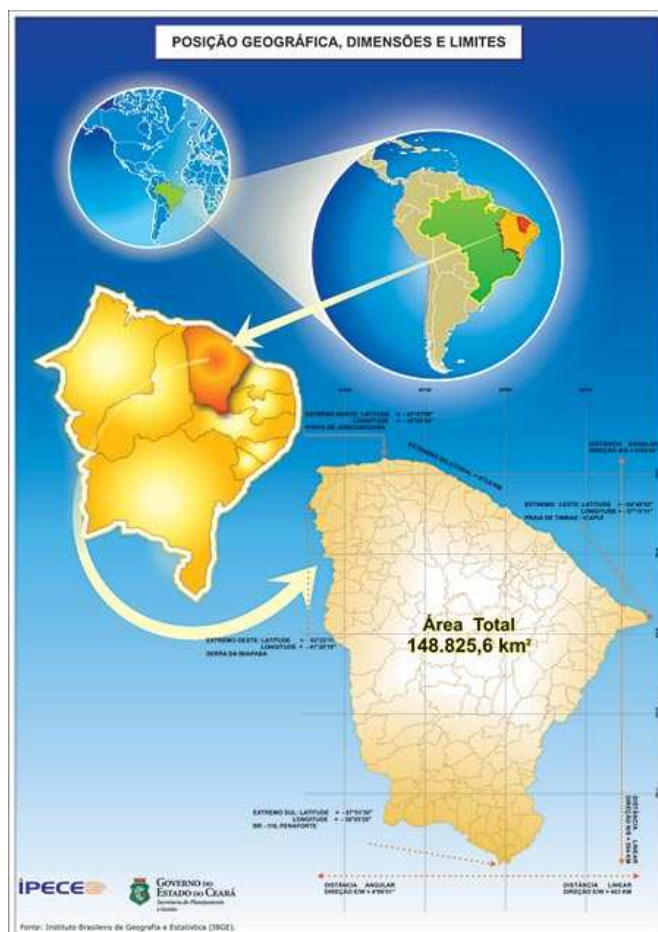


Figura 1 – Localização geográfica do Estado do Ceará, Brasil. (IPECE, 2013)

<b>Programas de enfrentamento à seca, Federal e Estadual</b>		
<b>Modalidade</b>	<b>NoCeará</b>	<b>Total no Brasil</b>
Pipeiros contratados (n°)	943	7.615
Município atendidos (carro-pipas) (n°)	151	1.119
Cisternas de consumo (residencial) (n°)	81.059	336.696
Cisternas de produção (n°)	2.790	14.250
Total empenhado na recuperação de poços (mil R\$)	12.750	57.015
Bolsa Estiagem (n° de bolsas)	263.801	1.094.834
Garantia-Safra (n° de benefícios)	239.768	769.023
Sistema de adutora (quantidade)	6	59
Sistema de adutora (valor – R\$ bilhões)	2,07	19,06
Novas barragens (quantidade)	7	19
Novas barragens (valor – R\$ milhões)	141	2.025

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

## **EXPERIÊNCIAS NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BOMBEAMENTO PARA IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO CEARARENSE**

Através de pesquisa bibliográfica e entrevistas com representantes de algumas entidades locais no Ceará, conseguiu-se levantar informações sobre nove sistemas fotovoltaicos de bombeamento para uso em irrigação, instalados entre 2004 e 2009, conforme tabela 2. Três deles foram instalados pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis (IDER) em parceria com a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID) e Global Environmental Facility (GEF); cinco foram instalados graças a uma parceria entre o Instituto Agropolos (IA), a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) e a Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA); e um sistema foi instalado pela Companhia Energética do Ceará (COELCE), distribuidora elétrica no Estado. Dos nove sistemas, só se sabe que três encontravam-se operativos até julho de 2013. Nesta data foram visitados quatro desses sistemas, como parte integrante do desenvolvimento de duas teses de doutorado.

Município	Comunidade	Entidades participantes	Potência (Wp)	Instalação (ano)	Situação do sistema
Itapipoca	Bom Jesus	IDER/USAID	1.836	2004	Paralisado
Itapipoca	Barra do Corrego	IDER/USAID	*	2004	Desmantelado
Tauá	Cachoeirinha Pai Senhor	IDER/ GEF	*	2010	*
Itatira	Poço da Pedra	IA/SDA/EMATERCE	405	2009	Paralisado
Granja	Iapara e Vaquejador	IA/SDA/EMATERCE	405	2009	Operativo
Lavras de Mangabeira	Sítio Oitis	IA/SDA/EMATERCE	405	2009	Operativo
Assaré	Sítio Baixio Grande	IA/SDA/EMATERCE	405	2009	Paralisado
Dep. Irapuan Pinheiro	Jatobá	IA/SDA	120	2010	Operativo
Quixeramobim	Poço Grande	COELCE	1.000	2009	Operativo

Tabela 2– Sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação instalados no estado do Ceará

\*Não se tem informação sobre o estado ou a potência desses sistemas.

A seguir apresenta-se uma breve descrição dessas experiências por instituição executora.

#### Experiências do IDER

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis (IDER) é uma instituição não-governamental, que atua há quase duas décadas no desenvolvimento e promoção de projetos sócio-educativos e ambientais nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Dentre as várias vertentes de atuação, a aplicação e disseminação de tecnologias de energias renováveis ocupam um papel de destaque. Atualmente, a instituição, com sede em Fortaleza, possui estatuto de OSCIP e vem desenvolvendo projetos de difusão de fogões à lenha mais eficientes e menos poluentes no Estado do Ceará (IDER, 2013).

No âmbito da aplicação da energia solar o IDER já realizou diversos projetos de aproveitamento desse recurso, tanto na paratérmica, quanto fotovoltaica. Até o ano de 2000 o IDER participou da instalação de cerca de 880 sistemas fotovoltaicos, destinados à eletrificação rural (residencial e comunitária), iluminação pública, telefonia rural, bombeamento de água, etc. (CRESCESB, 2013). Para isso, contou com o apoio/parceria de instituições de cooperação internacional, empresas concessionárias de energia elétrica, telefonia, bancos, órgãos governamentais, dentre outros.

Quanto ao uso de sistemas fotovoltaicos de bombeamento (SFB) as primeiras aplicações do IDER foram financiadas pela agência GTZ (Alemanha), com parceria com a COELCE. Assim, em 1992 foram instalados 15 SFB no Estado do Ceará. Depois disso, em 1998 foram instalados 40 SFB financiados pelo PRODEEM, com parceria entre a SOHIDRA (Superintendência de Obras Hidráulicas) e o IDER. Posteriormente, entre 1999 e 2000, foram implantados outros 8 SFB, um deles financiado pelo IUTU (Alemanha) e outros 7 financiados pelo ASE/BN (Alemanha/Brasil) (CRESCESB, 2013).

Entre 2004 e 2007, uma parceria entre o IDER e USAID, permitiu a instalação de dois SFB para irrigação no município de Itapipoca, na mesorregião norte no Ceará. Em 2010, como parte do Projeto Mata Branca, financiado pelo Global Environmental Facility (GEF), foram desenvolvidas ações pelo IDER denominadas "Sistema de Energia Renovável nos Processos Produtivos Agrícolas Sustentáveis" que possibilitou a instalação no município de Tauá (CE) de um SFB para irrigação de cultivos agrícolas e outras ações com secador solar e biodigestor.

O projeto denominado "Agricultura Orgânica com irrigação à Energia Solar" foi realizado no município de Itapipoca, entre os anos de 2004 e 2007, contemplando as comunidades de Bom Jesus e Barra do Corrego, comunidades não eletrificadas na época. Foram implantados dois SFB destinados à irrigação para produção agrícola orgânica. As famílias foram treinadas e assistidas com apoio técnico agrícola durante o período de vigência do projeto. Foram firmadas parcerias com instituições locais para comercialização dos produtos agrícolas (IDER, 2013). Todavia, na ocasião da visita os sistemas estavam desativados.

Na comunidade de Bom Jesus o sistema instalado possuía 1.836Wp (36 módulos – 51 Wp) de potência para alimentar uma motobomba Grundfos especial para sistemas fotovoltaica de 1 CV. A água era bombeada de um córrego e abastecida em reservatórios (5 m<sup>3</sup> cada), sendo destinada para irrigação (xique-xique) de uma área de 1 ha. Nessa área, quatro famílias (inicialmente eram 12 famílias) produziam hortaliças e frutas orgânicas e as comercializavam na cidade de Itapipoca e em pousadas da região. Várias reuniões e treinamentos foram realizados, com o objetivo de proporcionar um cultivo agroecológico, sem o uso de agrotóxicos e queimadas.

Segundo os moradores locais, dois anos após implantação do SFB a motobomba estragou, sendo substituída por outra. Posteriormente, foram furtados 10 módulos. A equipe do IDER foi informada e fez a readequação do sistema, que passou a funcionar com potência reduzida. Em seguida, outra tentativa de furto ocorreu, contudo os módulos (3) foram recuperados. Durante a vigência do projeto todos os problemas foram equacionados, porém, em 2012 com a estiagem prolongada o córrego secou e o sistema foi desativado. Além disso, os moradores afirmaram que a terra utilizada para plantio apresentou problemas fitossanitários (nematóides) inviabilizando a produção.

Na figura 3, podem-se observar detalhes do SFB desativado na comunidade Bom Jesus. Verificou-se que o gerador fotovoltaico apresentava alguns módulos quebrados (trincados) e o quadro de controle estava danificado, ocasionado

provavelmente por um curto circuito. Após a saída das entidades executoras do projeto a comunidade não conseguiu manter o sistema em funcionamento.



Figura 3–SFB desativado em Bom Jesus, com destaque para os módulos, motobomba e reservatórios

Na comunidade Barra doCórrego, o sistema implantado era similar ao anterior, porém de menor potência: composto por 16 módulos (potência não identificada), dois reservatórios (5 m<sup>3</sup> cada) e uma motobomba (também importada). Nesse caso, a água era bombeada de uma lagoa e a área utilizada para plantio era de 1 ha. A motobomba estragou duas vezes, a primeira ainda na vigência do projeto, sendo substituída. Na segunda vez, os recursos para manutenção tinham findado e a comunidade não conseguiu adquirir outra motobomba. Como alternativa, uma das moradoras da comunidade adquiriu uma motobomba vibratório nacional (100 W) acionada por dois módulos de potência desconhecida. Porém, a capacidade de bombear era reduzida inviabilizando uma produção mais ampla. Além disso, em menos de um ano de funcionamento da nova motobomba ocorreu um processo de oxidação danificando o equipamento. Não há, em Itapipoca, assistência técnica especializada em energia solar fotovoltaica, isso dificulta o processo de inserção dessa tecnologia, resultando em descrédito.

#### *Experiência da EMATERCE, SDA e Instituto Agropolos*

Em 2009, uma parceria entre o Instituto Agropolos do Ceará (IAC), a Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA) através de sua Coordenadoria de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (CODAF) e a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE), com financiamento do governo estadual, viabilizou a instalação de quatro sistemas fotovoltaicos de bombeamento em comunidades rurais dos municípios de Itatira, Assaré, Lavras de Mangabeira e Granja. As quatro comunidades foram selecionadas com ajuda das EMATERCE locais, já que atendiam aos critérios do projeto: existência de um poço, de uma associação de produtores familiares, etc. O projeto contemplou a instalação de um sistema fotovoltaico de bombeamento, a instalação de estrutura telada para cultivo protegido e o treinamento agrícola dos produtores.

No município de Assaré, um sistema fotovoltaico de bombeamento foi instalado no Sítio Baixio Grande. O sistema fotovoltaico é composto por 9 módulos fotovoltaicos de 45 Wp, totalizando uma potência de 405 Wp, para alimentar uma motobomba submersa importada instalada num poço amazonas (cacimbão) existente na propriedade. A água bombeada era armazenada em um reservatório de 3 m<sup>3</sup>, do qual era feita a distribuição por gravidade até o sistema de irrigação localizado. A área total irrigada inicial era de 0,6 ha, mas os bons resultados do projeto incentivaram a associação a adquirir um sistema de geração a diesel complementar para aumentar a produção. A motobomba solar deixou de funcionar por causa de entupimento e hoje há uma motobomba convencional que funciona com a rede elétrica.

No município de Itatira, foi selecionada a comunidade de Poço da Pedra. Na concepção do projeto, o sistema pretendia atender 25 famílias, entretanto, a desconfiança no sucesso do empreendimento ocasionou desistência de quase a totalidade das famílias envolvidas, restando apenas um único usuário e seu filho (Diário do Nordeste, 2011). As características do sistema são similares às descritas em Assaré. O sistema ficou paralisado depois que a motobomba parou de funcionar por causa de entupimento.

No Sítio Oitis, no município de Lavras de Mangabeira, foi instalado outro sistema de bombeamento com características similares aos anteriores: gerador fotovoltaico de 0,41 kWp, motobomba solar submersa, reservatório de 12 m<sup>3</sup>, estrutura telada para cultivo protegido para plantio de algumas culturas e de mudas, em uma área de 0,5 ha. Segundo os membros do IA, o sistema ainda está em operação.

Outro sistema foi instalado nas comunidades de Iapara e Vaquejador, município de Granja, noroeste cearense. A água é extraída do rio Coreaú, armazenada num reservatório elevado que abastece aproximadamente um hectare de cultivos. O terreno não pertence à comunidade e foi arrendado por causa do projeto. Apesar de que houve saída de algumas famílias do projeto, na visita foi comprovado que os bons resultados incentivaram os usuários a adquirir um gerador a diesel para complementar a demanda hídrica. A produção é vendida na comunidade e os lucros repartidos entre os membros da associação.



Figura 4- Detalhes do SFB instalado em Granja, com destaque para os módulos, reservatório de água, estrutura telada para cultivo protegido e sistema de irrigação localizado.

Finalmente em 2010, foi instalado outro sistema pelo Instituto Agropolos, a Secretaria do Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará - SDA e a Prefeitura Municipal na comunidade de Jatobá, município Deputado Irapuan Pinheiro. O sistema é composto por 3 módulos de 40 Wp, totalizando uma potência de 120 Wp, uma motobomba flutuante de diafragma importada, reservatório elevado uns 5 metros e um sistema de irrigação com microaspersores.

#### Experiência da COELCE

A COELCE (Companhia Energética do Ceará) é a atual empresa concessionária de energia elétrica do Ceará. Através do Programa Luz Solidária vem desenvolvendo ações que visam promover a geração de renda em comunidades carentes no Estado. No âmbito desse programa, foi desenvolvido em 2010, na Comunidade Poço Grande, no Município de Quixeramobim, o projeto "Uso de energia solar associada à energia rural irrigante em pequenas unidades de produção". O projeto consiste na utilização do bombeamento solar para irrigar 2.000 m<sup>2</sup> de área protegida (telado), destinado a produção orgânica de hortaliças por 17 famílias da comunidade (COELCE, 2013).

A comunidade Poço Grande situa-se a 3 km da sede do município e possui sistema de abastecimento de água e rede de energia elétrica convencional. Anteriormente, através da sua associação de moradores, a comunidade usava a área para a produção, bombeando água de um rio, todavia em 2009 o transformador que alimentava a bomba convencional foi roubado. Com conhecimento desse problema, a prefeitura procurou a COELCE, que através do programa Luz Solidária, viabilizou o projeto (Diário do Nordeste, 2010).

O sistema consiste em elevar a água de um rio para produção agrícola familiar em uma pequena área irrigada. Para isso, é utilizado um sistema fotovoltaico de bombeamento dividido em dois estágios, como ilustra a figura 5. O primeiro estágio bombeia água do rio até o primeiro reservatório (5 m<sup>3</sup>). Uma segunda motobomba bombeia essa água até outro reservatório (5 m<sup>3</sup>), de onde é distribuída por gravidade até a área de plantio. Diferentemente do que ocorre em outros projetos, esse sistema possui baterias.

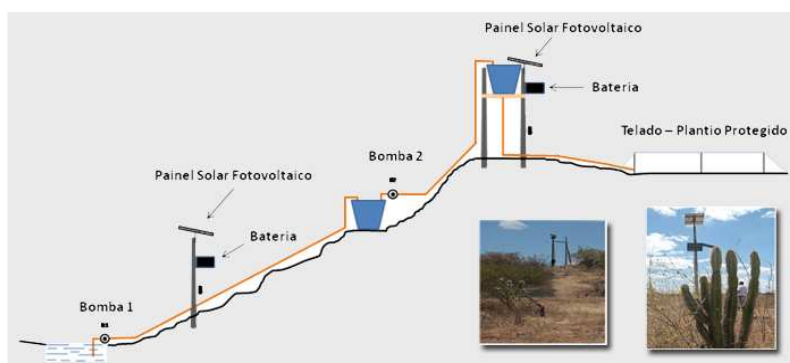


Figura 5- Esquema ilustrativo do sistema de bombeamento, Quixeramobim, CE. (COELCE, 2013)

Segundo os moradores, o sistema já foi alvo de vandalismo: por duas vezes a motobomba fotovoltaica do primeiro estágio (no rio) foi roubada. Além disso, por causa da demanda crescente, a motobomba do rio foi trocada por outra convencional de maior potência alimentada com a rede elétrica. No entanto, na ocasião da visita verificou-se que o transformador foi novamente roubado. Assim, os moradores voltaram a usar o SFB, porém passaram a recolher a motobomba após o uso para evitar novos furtos. A figura 6 apresenta uma visão geral da área plantada protegida e da horta anexa, bem como do local onde a motobomba é colocada no rio. Com o passar do tempo os agricultores ampliaram a área de cultivo passando a produzir

também nessa horta anexo, não irrigada e sem telado. Uma reclamação recorrente é sobre a limitação da vazão do SFB, bem como da falta de apoio técnico agrícola.



Figura 6 –Área de plantio e local de captação da água no rio.

## DISCUSSÃO DAS EXPERIÊNCIAS

Os projetos instalados no Estado do Ceará, apesar de terem sido projetados por equipes diferentes, apresentam algumas características em comum, comentadas a seguir:

### *Problemas com a operação, manutenção e reposição*

Os projetos apresentados nesse estudo utilizavam 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.

A falta de pessoal capacitado para manutenção e conserto das motobombas e dos equipamentos de condicionamento é outro problema importante. Sem assistência técnica adequada e sem a possibilidade de troca imediata dos componentes, os sistemas ficam paralisados ocasionando perdas da produção agrícola.

Algumas falhas associadas com as motobombas poderiam ser evitadas com um treinamento mais detalhado e contínuo dos usuários. Outro problema identificado foi o furto de equipamentos, como módulos e motobombas. Tal problema está, normalmente, associado a sistemas instalados distantes das residências, facilitando a ação dos criminosos.

### *Necessidade de treinamento em técnicas agrícolas e de produção*

Apesar do aumento de áreas irrigadas no Nordeste, principalmente da irrigação localizada (Christofidis, 2006), o pequeno produtor tem pouca tradição e conhecimento dessa tecnologia. Mas esse é só um dos vários problemas enraizados na produção agrícola familiar e que só podem ser solucionados com uma adequada e contínua assistência técnica ao produtor.

Em todos os projetos estudados houve necessidade de treinamento específico para resolver alguns dos problemas mencionados, principalmente para mudança da produção tradicional à produção orgânica: capacitação para a produção de cultivos mais adequados ao clima do sertão, uso de fertilizantes produzidos localmente, controle de pragas e doenças com uso de inseticidas e repelentes naturais, etc.

### *A gestão dos sistemas: associações de produtores*

A maior parte dos sistemas foi projetada como sistemas comunitários. Mas a existência de uma associação não implica que a comunidade consiga produzir em conjunto e distribuir adequadamente os lucros. Por exemplo, na comunidade de Bom Jesus, Itaipoca, apesar de ter sido recomendado o uso rotativo de terras, houve problemas para o trabalho comunitário e a horta foi distribuída em parcelas, cada uma com uma família trabalhando independentemente da outra. Na comunidade de Poço de Pedra, Itaitira, também houve desistência de algumas famílias por não achar atraentes os lucros da horta comunitária. Isso mostra a importância de associações fortalecidas para os projetos.

Além disso, a associação de vários produtores permite melhor negociação dos volumes e preços dos produtos no mercado e a redução dos preços dos insumos (sementes de boa qualidade, fertilizantes, etc.) e de transporte. A existência de uma associação de produtores organizada e fortalecida mais a garantia de acesso à água, podem ajudar a venda contratada da produção ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) ou ao Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. A existência da associação também cumpre um papel importante na manutenção preventiva dos equipamentos assim como a arrecadação coletiva para substituir ou reparar os componentes do sistema.

### *Sustentabilidade dos projetos*

Os projetos estudados foram concebidos como pilotos e financiados a fundo perdido. Este tipo de financiamento facilita a transferência de um tipo de tecnologia aos usuários. O problema é que sem a criação de um fundo de reposição para os equipamentos e o respaldo de uma entidade local, os projetos acabam quando o dinheiro acaba também/ou as instituições saem.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Um dos grandes problemas do semiárido brasileiro está na má distribuição da água e irregularidade dos recursos hídricos. A escassez de água reduz a capacidade de produção dos campos agrícolas, a segurança alimentar e a possibilidade de mudança de produção para cultivos com melhor valor no mercado. Os sistemas fotovoltaicos de bombeamento podem ajudar no aproveitamento potencial hídrico tanto para consumo humano, como para usos produtivos. Mesmo com a ampliação da rede elétrica e dos esforços governamentais para levar água até as casas, ainda há potencial para aplicação da tecnologia fotovoltaico no bombeamento de água em comunidades rurais dispersas, porque os poços, mesmo em comunidades já eletrificadas pelo programa “Luz para todos”, normalmente ficam distantes da rede elétrica. Além disso, o semiárido é uma região com excelente recurso solar.

Os projetos estudados com sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação trouxeram uma série de impactos positivos para os beneficiários: aproveitamento de áreas cultiváveis ociosas por falta de água ou altos custos de bombeamento, incremento na produção e na renda familiar; diversificação da produção, aumento da segurança alimentar, dentre outros. Não entanto, há uma série de barreiras comuns que ainda devem ser solucionadas como a falta conhecimento da população sobre a tecnologia, o baixo desenvolvimento do mercado fotovoltaico de bombeamento na região, e os problemas inerentes à produção agrícola familiar.

Após a saída da instituição promotora do projeto piloto ou o término do recurso financeiro destinado a mantê-lo, normalmente as comunidades não conseguem consertar/substituir equipamentos danificados e os projetos tendem a ser abandonados. Diversas pesquisas mostram que a existência de uma instituição local pode garantir a sustentabilidade de projetos dessa natureza (Fedrizzi, 2003; Narvarte & Lorenzo, 2010; Moraes et al., 2012). Com relação a isso, é possível constatar que para implantar projetos baseados no uso da tecnologia fotovoltaica existem múltiplos arranjos de gestão e instituições promotoras. No caso dos projetos pesquisados no Estado do Ceará, a maioria dos empreendimentos fracassou justamente após a saída do interventor/executor. Assim, considerar meios que permitam a autonomia da comunidade após a saída da entidade executora é um dos fundamentais fatores a ser estudado nessa dinâmica. É importante também estabelecer, desde o início do projeto, quem será responsável pelo funcionamento, a manutenção e a substituição de equipamentos. Não considerar uma política adequada de gestão da nova tecnologia poderá resultar no insucesso desses empreendimentos (Fedrizzi et al., 2009a).

Falta também uma política pública que incentive a utilização dessa tecnologia mais amplamente e a formação de recursos humanos para atuar junto a essas comunidades. Uma alternativa para diminuir os problemas de reposição e os custos iniciais da motobombas fotovoltaicas é o uso de conversores de frequência em conjunto com motobombas trifásicas convencionais. Essa configuração proposta por Brito (2006) é mais adequada por utilizar motobombas convencionais cuja disponibilidade dos pontos de venda e serviço técnico é maior. Essa configuração também tem custos iniciais e de ciclo de vida menores que a configuração tradicional como mostrado em Valer *et al.* (2013) e do que a extensão da rede para distâncias maiores a 1 km (Fedrizzi et al., 2009b).

Garantir o acesso à água em quantidade suficiente para a produção agrícola não é a única condição para aumentar a produção agrícola familiar. É necessário, também, fortalecer as associações de produtores, fornecer sementes de melhor qualidade e mais adequadas ao clima local, articular um sistema de venda dos produtos e proporcionar treinamento em técnicas agrícolas.

Os sistemas fotovoltaicos de bombeamento apresentam uma enorme potencialidade de uso no semiárido brasileiro, principalmente para a produção agrícola familiar, mas é necessário cautela na forma como são planejados e conduzidos os projetos levando em conta as lições aprendidas por projetos anteriores. A criação de uma linha de crédito específica no Banco do Nordeste do Brasil (BNB) destinada à aquisição de sistemas fotovoltaicos para irrigação familiar, bem como o uso de tecnologias nacionais associadas a uma forma adequada de transferência tecnológica pode possibilitar, no médio prazo, uma melhor difusão dessa tecnologia.

### **AGRADECIMENTOS**

A Jorgdieter Anhalt (IDER), Odailton Arruda (COELCE), Eulálio Barreto (Agropolos), a equipe da EMATERCE em Granja (CE) e da COELCE em Quixadá (CE), bem como todas as famílias do semiárido cearense que nos receberam em suas residências. Ao Apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### **REFERÊNCIAS**

Brasil (2013). Observatório de enfrentamento da seca. Governo Federal do Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/barragem.html>>. Acesso: junho de 2013.



- Brito A.U. (2006). Otimização do acoplamento de geradores fotovoltaicos a motores de corrente alternada através de conversores de frequência comerciais para acionar bombas centrífugas. 2006. 84p. Tese de doutorado – Programa Interunidades de pós-graduação em Energia. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2006.
- Christofidis D. (2006). Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. Irrigação e tecnologia moderna, n. 69/70, p. 87-97.
- CPRM. (2004). Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais [Online]. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br> > Acesso: Dez. 2009.
- COELCE (2013). Famílias de Quixeramobim produzem cheiro verde e tomate com energia solar. Disponível em: <<https://www.coelce.com.br/sobrecuelce/noticias/energia-solar-quixeramobim.aspx>>. Acesso: junho de 2013.
- CRESCESB (2013). Guia de Instituições e Empresas - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis (IDER). Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/guia\\_cresesb/index.php?section=com\\_empresas&cid=137&filter%5B%5D=>](http://www.cresesb.cepel.br/guia_cresesb/index.php?section=com_empresas&cid=137&filter%5B%5D=>)>. Acesso: junho de 2013.
- Diário do Nordeste (2010). Luz Solidária leva energia solar ao sertão. Publicado em: 25/09/2010.
- Diário do Nordeste (2011). Agricultor familiar faz cultivo protegido com energia solar. Publicado em: 13/11/2011.
- Fedrizzi M.C. (2003). Sistemas fotovoltaicos de abastecimento de água para uso comunitário: lições aprendidas e procedimentos para potencializar sua difusão. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Fedrizzi, M.C.; Ribeiro, F.S.; Zilles, R. (2009a) Lessons from field experiences with photovoltaic pumping systems in traditional communities. *Energy for Sustainable Development*. 13 (2009) 64-70.
- Fedrizzi M.C.; Ribeiro, F.S.; Zilles, R. (2009b). Bombeamento de água no meio rural, análise econômica de duas configurações fotovoltaicas e uma elétrica convencional. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente – AVERMA*, v. 13, 2009.
- IBGE (2007). Censo Agropecuario 2006. Resultados preliminares. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE (2013). Estado do Ceará. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ce>. Acesso: junho de 2013.
- IDER (2013). Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis. Disponível em: <[www.ider.org.br](http://www.ider.org.br)>. Acesso: junho de 2013.
- INSA (2011). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido.
- INSA (2012). Sinopse do censo demográfico para Semiárido Brasileiro. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido.
- IPECE (2013). *O Ceará em Números*. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso: junho de 2013.
- Lacki P. (2013). Livro dos pobres rurais. Disponível em: <<http://www.polanlacki.com.br>>. Acesso: junho de 2013.
- 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.
- 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. 2012.
- Narvarte, L.; Lorenzo, E. (2010). Sustainability of PV water pumping programmes: 12-years of successful experience. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, pp. 291-298.
- Ribeiro, M. B. (2007). A Potencialidade do Semi-Árido Brasileiro: Rio São Francisco – transposição, revitalização. Brasília: FUBRÁS, 1ª edição.
- Valer L.R. (2010). A utilização de sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação em pequenas propriedades rurais. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Valer L.R.; Melendez T.A; Fedrizzi M.C.; Zilles, R. (2013). Variable-speed drive in photovoltaic pumping system for irrigation in Brazilian semi-arid region: Techno-economic potential. *Solar World Congress 2013*. (Futura publicação).

## ABSTRACT

The Brazilian semiarid region is characterized by poor distribution of rainfall regimes, high solar radiation and high temperatures associated with electrical unavailability and arduous water access. Water scarcity makes difficult to develop productive activities such as agriculture and livestock, since the risk of losing production during periods of drought is high. In order to mitigate the problem of water access for irrigation, some entities deployed independently few pilot projects with photovoltaic pumping systems in various regions of the semiarid of Ceará. Through gathering information with members of the participating teams and beneficiaries, this paper shows the current situation of these projects aimed to highlight the lessons learned from these projects for the development of future projects with this technology.

**Keywords:** photovoltaic energy, photovoltaic pumping systems, productive use of energy

## RESUMEN

La región semiárida brasileña se caracteriza por una mala distribución de los regímenes de lluvia, radiación solar elevada y las altas temperaturas que asociadas con la falta de energía eléctrica impiden el acceso al agua. La escasez de agua hace que sea difícil el desarrollo de actividades productivas como la agricultura y la ganadería, ya que el riesgo de pérdida de producción durante los períodos de sequía es alto. Para mitigar el problema del acceso al agua para riego, algunas

entidades implementaron de forma independiente algunos proyectos piloto con sistemas de bombeo fotovoltaico en diversas regiones del semiárido de Ceará. A través del levantamiento de información en campo con los miembros de los equipos participantes y los beneficiarios, en este trabajo se presenta el estado actual de estas iniciativas destacar las lecciones aprendidas de estos proyectos para el desarrollo de futuros proyectos con esta tecnología.

**Palabras claves:** energía fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos de bombeo, uso productivo de energía.