



ASADES

*Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*  
Vol. 10, 2006. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

## IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO EM COMUNIDADES TRADICIONAIS - QUESTÕES A SE CONSIDERAR

M. C. Fedrizzi, R. Zilles, I. L. Sauer  
Instituto de Eletrotécnica e Energia – Universidade de São Paulo  
Av. Prof. Luciano Gualberto 1289, CEP 05508-010, São Paulo, Brasil  
Tel. 11 3091-2632 - Fax (11) 3816-7828 - e-mail: fedrizzi@iee.usp.br

**RESUMO:** Parte-se do princípio de que a tecnologia de bombeamento fotovoltaico está consolidada apresentando alto grau de confiabilidade. No entanto, muitas vezes, projetos de abastecimento de água à comunidades tradicionais com a tecnologia fotovoltaica ficam comprometidos por não serem levadas em consideração questões relativas a especificidades locais e a transferência da tecnologia. Este trabalho põe de manifesto que a concepção do projeto, a disponibilidade de água, o tipo de configuração do sistema, a determinação da demanda de água, o tipo de introdução da tecnologia e a forma de gestão podem ser decisivas para a longevidade dos projetos.

**Palavras chave:** energia solar, bombeamento fotovoltaico, transferência tecnológica.

### INTRODUÇÃO

Não são poucas as experiências que demonstram que tecnologias energéticas bem consolidadas, como é o caso do bombeamento fotovoltaico, não conseguiram um bom funcionamento em certos contextos rurais. Isso pode ocorrer, principalmente, por dois motivos relacionados ao tipo de transferência da tecnologia envolvido. O primeiro deve-se ao fato de que não se costuma levar em conta que a novidade tecnológica deve acoplar-se ao sistema tecnológico local. O segundo motivo refere-se a que não se considera o fato de que a tecnologia se insere em um contexto social que deve querer e aceitar a inovação que se apresenta, sob pena de que a não aceitação e a falta de organização local levem a grandes fracassos. É por essas e por outras razões que questões intrínsecas da dinâmica das populações devem ser levadas em conta, independentemente da tecnologia utilizada. Inúmeros estudos são realizados para averiguar a opção tecnológica mais adequada para a energização de determinadas regiões e, em grande parte das vezes, chega-se a conclusão de que o tipo de tecnologia a adotar é o menos relevante, desde que se respeitem as especificidades locais na concepção, implantação e manutenção dos empreendimentos.

A importância dessa questão é reforçada pelo caráter descentralizado e extremamente disperso da eletrificação rural, o que faz com que manutenção e assistência técnica sejam extremamente difíceis, morosas e onerosas. Em análise das atuações do passado observa-se que, até pouco tempo, quem ditou as regras nesse tipo de empreendimento foram os engenheiros, em detrimento da participação de outros profissionais, como sociólogos, antropólogos e extensionistas. A questão centra-se na proposta de um trabalho interdisciplinar, na necessidade de formação humanista do engenheiro, para compreender e aceitar a parte do trabalho do cientista social.

O que muitas vezes é tido como fator “complicador” (por exemplo, diferentes concepções do mesmo projeto em função das características culturais e econômicas de cada situação) pode ser a chave para o sucesso de muitas iniciativas. Coadunar as características da nova tecnologia com as demandas e restrições locais pode ser fator determinante para a aceitação do projeto pelos usuários. O que à primeira vista parece onerar e complicar um projeto, poderá barateá-lo e torná-lo mais duradouro quando se analisa não somente o investimento inicial, mas a duração do projeto no tempo, em decorrência das condições de contorno para sua futura utilização e gestão. No entanto, não há uma metodologia pronta para a eletrificação rural, principalmente quando se trata da geração autônoma em localidades dispersas e remotas, pois as singularidades locais podem ser determinantes.

Partindo-se do princípio de que a parte estritamente técnica do bombeamento fotovoltaico esteja consolidada, são discutidas a seguir questões de especificidade local e da transferência da tecnologia igualmente importantes para o êxito dos empreendimentos. Não se pretende encontrar soluções para todos os problemas, mas pôr de manifesto que a concepção do projeto, a disponibilidade de água, o tipo de configuração do sistema, a determinação da demanda de água, o tipo de transferência da tecnologia e a forma de gestão podem ser decisivas para a longevidade dos projetos.

### CONCEPÇÃO DO PROJETO - CONHECIMENTO DO PROBLEMA

A concepção de um projeto fotovoltaico de abastecimento de água implica, inicialmente, no conhecimento do problema a ser solucionado, este pautado nas condições específicas locais. À primeira vista esta afirmação parece óbvia, mas ainda são

encontrados projetos nos quais ocorre uma padronização excessiva. Uma vez conhecido o problema e determinados os objetivos, a forma de alcançá-los estará relacionada ao tipo de configuração do sistema, de sua implementação e gestão.

A determinação da qualidade de uma tecnologia pode ser dada em função de sua maior ou menor confiabilidade técnica, entendendo-se por confiabilidade a capacidade de uma unidade funcional desempenhar dada tarefa, sem falhas ou avarias (Bonnetoi, 1990; Logiaco, 1997). Considerando-se que a confiabilidade de determinada tecnologia depende essencialmente da pesquisa desenvolvida e do processo industrial para a confecção dos equipamentos, isto é, do seu aperfeiçoamento tecnológico para que o usuário disponha do serviço sempre que necessário; o sistema como um todo deve apresentar, também, alta disponibilidade. Como o próprio nome sugere, a disponibilidade está diretamente relacionada ao acesso ao serviço, podendo acontecer de que, mesmo que o equipamento tenha alta confiabilidade, o serviço torne-se indisponível por problemas vinculados a outras questões como o tipo de concepção e de gestão do empreendimento. A tecnologia de bombeamento fotovoltaico detém alta confiabilidade, mas isso só não basta para que o serviço esteja disponível sempre que o usuário necessitar. É necessário atentar para algumas peculiaridades inerentes a esse tipo de empreendimento – daí a importância de conhecer profundamente o problema a ser resolvido e as condições de contorno locais, tanto de ordem física como organizacional da comunidade receptora.

À primeira vista, os problemas de abastecimento de água a populações rurais podem parecer de solução padronizada, no entanto, não é o que a realidade tem mostrado. Conceber um projeto de abastecimento de água para uma população localizada em zona árida, na qual não existe outra fonte de abastecimento, pode diferir em muito de um projeto de abastecimento a uma população localizada em zona úmida e com outras fontes como a água da chuva, de açudes, rios e minas d'água. No primeiro caso, reduções ou interrupções do fornecimento de água poderão causar transtornos muito mais graves do que no segundo – por isso a importância em determinar a autonomia<sup>1</sup> do sistema para cada caso.

O tipo de manancial, a geologia local, a qualidade da água, além de características geográficas e culturais, vão ter seu papel no desenho final do projeto e não devem ser negligenciados. Conhecer em profundidade o problema a ser solucionado, bem como as formas de abastecimento preexistentes ao projeto é de grande utilidade, com vistas à otimização dos recursos, à melhor aceitação do serviço pelos usuários e à redução de impactos negativos do empreendimento. Outra questão básica para a solução do problema está relacionada às características socioeconômicas e culturais da população envolvida. A forma de introdução da nova tecnologia, as condições materiais e de formação dos usuários desempenham papel importante na utilização e manutenção dos equipamentos. Para tanto, são úteis visitas à comunidade receptora do empreendimento, bem como o contato com entidades que trabalhem com aquela população há mais tempo, tais como instituições de extensão rural, de saúde e educação, organizações religiosas, e distintas organizações não-governamentais, dentre outras.

## **DISPONIBILIZAÇÃO DE ÁGUA**

Para determinar a melhor forma de fornecimento de água, é salutar saber se a captação e uso da água se dão em pontos coletivos ou internamente às residências por meio de uma rede de distribuição, ou ainda, se há algum cuidado com a disposição final da água após sua utilização. O conhecimento do relevo e da drenagem do terreno também fornece bons subsídios para evitar que a nova forma de abastecimento venha a causar problemas sanitários futuros. Aqui o cientista social tem papel relevante no que diz respeito ao levantamento do “conhecimento tradicional” acerca dos hábitos e costumes relacionados com o recurso hídrico. Nem sempre a melhor forma de disponibilização da água será o estado da arte da tecnologia de distribuição, mas sim a forma sanitariamente recomendável para a situação local. Por exemplo, em localidades situadas em áreas mal drenadas, em virtude do relevo, da composição geológica ou do regime hidrológico (áreas de várzea nas quais o solo fica submerso alguns meses do ano), quando não houver a implantação de um sistema eficiente de drenagem da água servida, pode ser que o mais indicado seja o fornecimento da água em pontos de captação coletivos e não em pontos individuais em cada residência, isto com vistas a reduzir encharcamentos e focos de insetos próximos aos locais de convívio.

Além disso, deve-se atentar para o fato de que, com o fornecimento de água internamente às residências, o consumo costuma ser sensivelmente maior do que quando há pontos coletivos de coleta, implicando em uma maior quantidade de água eliminada nas proximidades das residências. Ou seja, o volume de água efetivamente utilizado e eliminado deve acompanhar a capacidade de drenagem e saneamento, sob pena de agravar problemas sanitários na comunidade – algumas vezes, o que define o limite do abastecimento de água é a capacidade de esgotamento da água servida.

## **AVALIAÇÃO DO MANANCIAL**

Um dos primeiros procedimentos a se realizar antes mesmo da concepção de qualquer projeto de abastecimento de água é a avaliação do manancial a ser utilizado, pois o fracasso de muitos empreendimentos pode estar relacionado à deficiente informação das características do recurso hídrico local. De nada adianta implantar um excelente sistema de abastecimento, se o recurso hídrico for impróprio para o consumo, como é o caso de mananciais que apresentam altas concentrações de sais ou de compostos ferrosos, estes comuns em regiões de mangue e de várzea. Além disso, a composição físico-química da água pode danificar os equipamentos de bombeamento e de distribuição, como é o caso dos processos de abrasão e de corrosão interna da bomba, e da sedimentação de compostos calcários no interior dos mecanismos hidráulicos.

Alguns desses problemas podem ser solucionados com certa facilidade. Por exemplo, quando a água apresenta grandes quantidades de sólidos em suspensão, o poço pode ser revestido com material filtrante, a fim de reduzir o processo de abrasão

---

<sup>1</sup> Razão entre a capacidade do reservatório e a demanda diária, dada em número de dias de autonomia.

dos mecanismos internos e o entupimento das tubulações. Mas isso só poderá ser feito na construção do poço, ou quando o diâmetro do poço já existente for sensivelmente maior do que o da bomba, pois essa operação reduz em alguns centímetros seu diâmetro interno. O “encamisamento” da bomba com material filtrante pode produzir resultado similar. Para a redução de particulado em suspensão na água, existem produtos químicos com propriedades floculantes e de decantação, no entanto, esse processo costuma ser feito com a água em repouso no reservatório, após sua passagem pela bomba. A presença de substâncias químicas em quantidades indesejáveis costuma ser de tratamento mais complexo e oneroso, como é o caso das distintas tecnologias de destilação, eletrólise e filtração a altas pressões (osmose reversa), dentre outras (CYTED, 1999). A descontaminação microbiana é de relativamente fácil e barata execução, no entanto, para tratamento centralizado, são requeridos cuidados na concepção (maior número de depósitos e equipamentos complementares para o tratamento) e na gestão do projeto (capacitação e manutenção de mão-de-obra, e aquisição de produtos químicos).

Outro problema de grande ocorrência é o desconhecimento dos parâmetros do manancial, como o seu nível estático, dinâmico e sua capacidade de reposição. Esses parâmetros podem sofrer grandes variações em função da composição do substrato geológico, da pluviometria e do relevo, e podem ser determinantes para uma boa configuração do sistema – daí a necessidade de execução do teste de capacidade do poço anteriormente à configuração dos equipamentos.

### CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Conforme comentado anteriormente, para a determinação da configuração técnica de um sistema de bombeamento, não basta conhecer a demanda de água; é necessário, dentre outras coisas, conhecer as características e peculiaridades de cada situação, pois é na etapa de configuração do sistema que serão determinados o tipo e a localização do conjunto motobomba, por exemplo. Para ilustrar essa questão, são apresentadas a seguir quatro situações de campo para as quais são encontradas soluções distintas, de acordo com suas especificidades. No primeiro caso, o poço é de pequeno diâmetro (2,5 cm) e o lençol freático encontra-se a uma profundidade de 3 m da superfície do solo, sofrendo uma variação sazonal de cerca de 1 m para mais e para menos, e a demanda diária é inferior a 1 m<sup>3</sup>. Devido ao diâmetro do poço e à profundidade do freático, a opção se deu por um sistema de superfície, de pequeno porte, conforme mostra a figura 1. No segundo caso, o poço é do tipo semi-artesiano, tubular com diâmetro de 20 centímetros, o lençol freático se encontra a 40 m apresentando uma variação do nível dinâmico de cerca de 15 m e uma demanda diária da ordem de 9 m<sup>3</sup>. A solução técnica foi a instalação de moto-bomba submersível em localização abaixo da maior variação máxima do nível dinâmico (figura 2)



Figura 1. Sistema de bombeamento fotovoltaico de superfície.



Figura 2. Sistema de bombeamento fotovoltaico em poço tubular.

No terceiro caso, sendo a água subterrânea quimicamente imprópria para consumo humano, e por estar a comunidade localizada às margens de um rio caudaloso de água própria para consumo humano, sempre que tratada a contaminação microbiológica, a opção adotada foi a instalação de sistemas de bombeamento de superfície instalados em pequenos flutuantes, os quais oscilam em altura e distância da margem, segundo a variação sazonal das águas (figura 3).

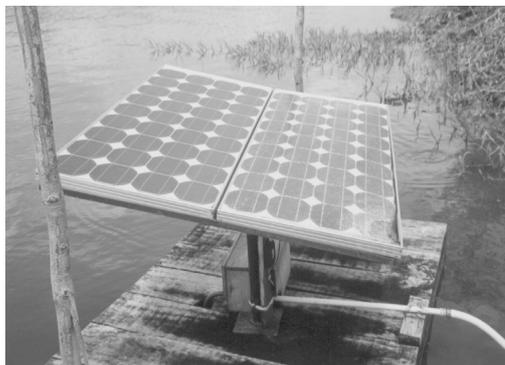


Figura 3. Sistema de bombeamento fotovoltaico de superfície instalado

No quarto caso, o lençol freático encontra-se a mais de 200 metros de profundidade (CPRM, 1995), o que inviabilizou financeiramente a perfuração de poços profundos e a aquisição de gerador fotovoltaico e dos grupos moto-bomba de grande potência. Apesar da existência de igarapés no local, a opção de bombeamento com sistemas flutuantes foi inviabilizada devido ao fato de, na época seca, o nível das águas baixar a ponto de torná-las extremamente barrentas e de características organolépticas impróprias para consumo humano (variação de até 12 metros de altura). Com base nesses fatos, a solução encontrada foi a perfuração de poços nas margens dos igarapés, os quais exercem nos poços uma recarga subterrânea. Essa opção permite manter a quantidade e a qualidade da água para o abastecimento ao longo de todo o ano, independentemente do nível do igarapé. As figuras 4 e 6, juntamente com seus croquis (figuras 5 e 7), ilustram esse caso em duas situações distintas, na seca e na cheia, respectivamente.



Figura 4. Sistema de bombeamento na várzea, em terreno com baixa permeabilidade, em época de estiagem.

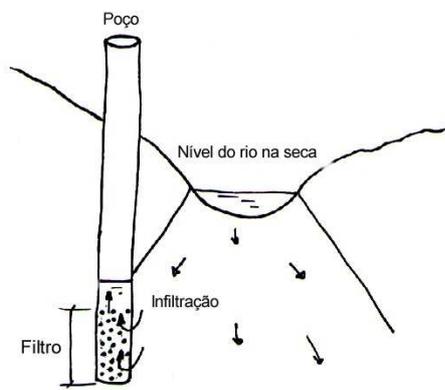


Figura 5. Esquema ilustrativo do sistema ao lado.



Figura 6. Sistema de bombeamento na várzea, em terreno com baixa permeabilidade, em época das chuvas.

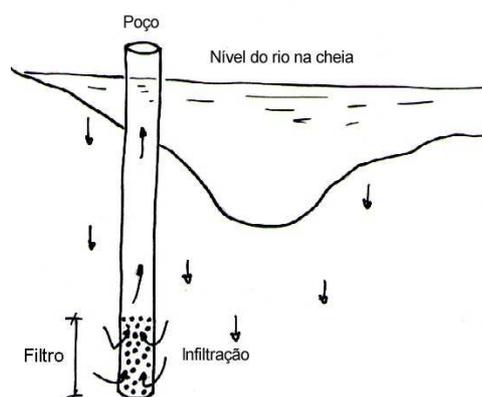


Figura 7. Esquema ilustrativo do sistema ao lado.

Nos exemplos acima, o tipo de configuração de cada sistema ocorreu após um profundo conhecimento das características e da dinâmica de cada local, constata-se que uma configuração padrão para todos os casos incorreria em problemas.

## DETERMINAÇÃO DA DEMANDA

Narvarte (2001), descrevendo situações comuns ao “mundo fotovoltaico” afirma que em cursos, livros e manuais de energia solar fotovoltaica, bem como no discurso de consultores e empresários do setor, há uma preocupação predominante a minimização dos custos do investimento. Diante dessa questão, pesquisadores se lançam a cálculos cada vez mais complexos para estimar parâmetros como a irradiação futura sobre o plano do gerador, a eficiência do gerador a distintas condições de operação, o modelamento dos diversos componentes, etc. Tudo isso para chegar a um tamanho de sistema que assegure satisfazer a demanda de água determinada, sem se dar conta de que a incerteza na quantificação da demanda é tal (por ser o comportamento do usuário desigual) que pode tornar irrelevante a precisão do cálculo anterior. Tanto esforço no refinamento dos cálculos não é justificado se não se conseguir prever a real demanda dos usuários das zonas rurais que, até então, não haviam tido serviços de abastecimento de energia elétrica e de água. A experiência acumulada em anos de eletrificação rural deixa claro que a adequação do empreendimento às demandas dos usuários é uma das principais questões a ser equacionada.

No meio urbano, o parâmetro determinante para o consumo familiar energético e de água está relacionado ao poder aquisitivo, pois há uma tendência à padronização do comportamento. Já no meio rural, inúmeros outros parâmetros devem ser levados em conta, uma vez que o consumo de água para uso doméstico e para uso produtivo costuma ser indissociado e variar em função das especificidades locais. O grau de utilização de um sistema de abastecimento de água em comunidades rurais vai depender de inúmeros fatores, como do tipo de produção agrícola, da climatologia local, das características

socioeconômicas e culturais da população, das características organolépticas da água, dentre outros, variando grandemente em função da distância do ponto de coleta ao local de consumo. Tentando resolver essa questão, projetistas buscaram determinar uma série de requisitos mínimos de consumo, o que foi convencionalmente chamado de necessidades básicas, que seria a quantidade de água mínima diária necessária por pessoa. A bibliografia aponta para um valor de 5 litros por pessoa por dia a quantidade de água necessária para a sobrevivência<sup>2</sup>, e de cerca de 20 litros por pessoa por dia a quantidade mínima necessária para que uma pessoa tenha suas necessidades básicas satisfeitas. No entanto, sabe-se que, em regiões áridas empobrecidas, o consumo chega a ser inferior a 10 litros por pessoa por dia, contrastando com o consumo de mais 500 litros por pessoa por dia em países industrializados. (WHO, 2003; WEHAB, 2002; UNDP, 2001; CE, 1996)

Diz-se que a necessidade básica seria a quantidade de água diária para que o usuário tenha suas necessidades vitais e sanitárias satisfeitas (água para beber, cozinhar, higiene pessoal e doméstica). Já a necessidade desejada seria o real uso do sistema, o apreço e a importância dada ao empreendimento, uma vez que ele lhe oferece determinado serviço e comodidade, dos quais o usuário não está disposto a prescindir, como ter água para realizar atividades produtivas, para seu conforto e lazer. No entanto, há casos em que, por exemplo, a dessedentação de animais domésticos ou a irrigação podem fazer parte das necessidades básicas da população, quando essas atividades forem determinantes para sua sobrevivência no local. Nesses casos, a necessidade básica de água deverá ser substancialmente mais elevada do que os 20 litros diários propostos. Outra questão a ser levada em conta é a chamada demanda reprimida, ou seja, o incremento do consumo, partindo de uma situação na qual há dificuldades ao acesso à água (em qualidade, quantidade, distância ou custo), para uma situação onde haja menos restrições, sendo que em muitos casos a demanda reprimida significa a possibilidade de um incremento da produção rural, ou uma maior comodidade do usuário.

Isso foi observado em várias situações, como no assentamento Palú, no Estado de São Paulo, Brasil. Inicialmente o sistema de bombeamento fotovoltaico havia sido dimensionado para abastecer nove lotes<sup>3</sup>, o que, com um volume de bombeamento médio diário de cerca de 6,5 m<sup>3</sup>/dia, perfazia uma média de 772 litros por lote por dia. Considerando uma ocupação média por lote de cinco pessoas e o incremento da produção para cerca de oito cabeças de gado leiteiro, oito suínos, um equino e vinte frangos de corte, a demanda passou a ser superior a 800 litros por lote por dia, sem considerar a irrigação de uma horta de subsistência. Em função da limitação técnica houve a necessidade de aquisição de outro sistema de bombeamento, resultando num consumo final de cerca de 1.600 litros por lote por dia. Daí a importância de se dispor de dados reais, ou na falta deles, de experiência para estimar o aumento do consumo; e de instalar hidrômetros nos projetos. É frequente ocorrer, no entanto, de nem o próprio usuário saber determinar sua demanda reprimida, até que ele tenha maior disponibilidade do recurso hídrico. De todas as formas, o incremento do consumo será tanto maior quanto menor forem as restrições do novo sistema de abastecimento, e isso deve ser levado em conta na concepção e dimensionamento do projeto.

Outra questão a ser considerada é o crescimento populacional da comunidade beneficiada. No Brasil, o índice de crescimento populacional médio entre 1991 e 2002 foi de 1,6% ao ano, mas alguns estados apresentaram valores substancialmente mais elevados, como é o caso do Amazonas - 3,3% ao ano, Roraima - 4,6% ao ano, Amapá - 5,8% ao ano (IBGE, 2003).

Além do crescimento demográfico natural, em muitas regiões é comum a mobilidade populacional de grandes contingentes de pessoas que buscam maior acesso a serviços básicos tais como: abastecimento de energia elétrica, água potável, serviços de saúde, educação e transporte. A mobilidade tenderá a ser tanto maior, quanto mais alto for o incremento de infraestrutura/serviços em determinadas localidades, estas cercadas por populações com baixo acesso aos benefícios. Isto é, se as localidades de uma grande região recebem os mesmos tipos de benfeitoria, em princípio a mobilidade não deverá ocorrer; no entanto, se nessa região somente uma ou algumas poucas localidades receberem as benfeitorias comentadas, é provável que passem a receber grandes contingentes populacionais originados das áreas menos servidas, o que implicará no incremento significativo da utilização dos serviços – no caso, água potável. Como exemplo, cita-se a comunidade rural de Nova Aliança, no Amazonas, a qual teve um incremento de 60% no número de famílias, num período de quatro anos, após o recebimento de serviços de água potável, iluminação das edificações de uso comunitário, sistema de radiocomunicação VHF e programa de alfabetização de adultos. (Fedrizzi & Zilles, 1999)

Com relação à distância entre o ponto de coleta de água e o local de sua utilização, observou-se que muitas vezes o usuário prefere poupar esforços e utilizar uma fonte mais próxima, de menor qualidade sanitária, em detrimento de uma fonte de melhor qualidade, mas que se encontre a maior distância. A experiência de campo mostra que, em empreendimentos de abastecimento de água, mesmo que o projetista queira restringir o consumo para algumas utilizações (por exemplo, água somente para consumo humano e uso doméstico), na prática isso não ocorre. Quanto maior a comodidade (rede de distribuição até os locais de utilização da água) e menores as restrições (sem mecanismo de controle do consumo e/ou cobrança pelo uso da água proporcional ao consumo), maiores tenderão a ser as modalidades de utilização da água e o volume em cada uma consumido.

Outro parâmetro a ser levado em conta é a relação do volume a ser bombeado e a capacidade de armazenamento que deverá ter o empreendimento para abastecer as necessidades. Diferentemente das tecnologias a combustíveis fósseis ou elétricas convencionais, as quais possibilitam o bombeamento simultaneamente ao consumo, independentemente da hora do dia, a utilização da tecnologia fotovoltaica para bombeamento de água, via de regra, requer maior atenção na determinação da capacidade de armazenamento. Um sistema de bombeamento fotovoltaico padrão<sup>4</sup> só funciona no período diurno e em função

<sup>2</sup> Para consumo humano e alimentação.

<sup>3</sup> Cada lote corresponde a uma parcela de terra de aproximadamente 19 ha, na qual reside uma família.

<sup>4</sup> Sem utilização de acumuladores eletrolíticos (baterias).

da intensidade da irradiância que atinge o plano do gerador. Sendo assim, para que o serviço de abastecimento de água não fique prejudicado nos períodos de baixa irradiação solar, é necessário atentar-se para o dimensionamento do sistema de bombeamento e para a capacidade de armazenamento de água, com vistas a aumentar sua autonomia.

## INTRODUÇÃO DA NOVA TECNOLOGIA

*“Certa vez um macaco e um peixe foram colhidos por uma grande enchente. O macaco, ágil e experimentado, teve a boa sorte de trepar a uma árvore e salvar-se. Olhando lá embaixo as águas turbulentas, viu o peixe debatendo-se contra a corrente rápida. Movido por um desejo humanitário de ajudar seu companheiro menos afortunado, estendeu a mão e tirou o peixe da água. Com surpresa para o macaco, o peixe não ficou muito agradecido pelo auxílio.”*

Referenciada por Foster (1964), a fábula acima ilustra as armadilhas insuspeitadas que aguardam o técnico mal orientado que exerce ofício em outra sociedade que não a sua. O autor afirma que, a não ser que seja um estudioso atento de sua própria cultura e da cultura em que trabalha, o técnico extensionista procederá de maneira muito semelhante ao macaco e, com as melhores intenções, poderá tomar atitudes igualmente desastrosas do ponto de vista técnico e organizacional.

Há situações nas quais não se consegue perceber as peculiaridades e barreiras existentes na natureza e estrutura da sociedade hospedeira, o que pode impedir a concretização dos objetivos dos projetos. A adoção da tecnologia é um processo complexo e mal entendido por muitos, pois ele é muito mais do que a aceitação franca de melhoramentos materiais e técnicos – é, igualmente, um processo cultural, social e psicológico. Além disso, aliada a toda mudança técnica e material, há uma mudança correspondente nas atitudes, nos pensamentos, nos valores, nas crenças e no comportamento das pessoas que são afetadas pela mudança material (Foster, 1964). A introdução de inovações tecnológicas em contextos nos quais se conhece pouco da dinâmica social pode parecer uma questão trivial para o técnico que domina somente sua área de conhecimento, mas os riscos de equívocos residem na tendência natural de utilizar como padrão de referência a formação e o sistema de valores próprios do implementador do projeto, que, com muita frequência, diferem dos valores dos futuros usuários.

Há mais de uma década pesquisadores afirmavam que parecia estar havendo o reconhecimento da importância dos profissionais das ciências sociais na análise prévia de aceitação de produtos e tecnologias a serem introduzidos em determinado ambiente social, mas frisavam que a incorporação desses profissionais só ocorria quando havia interesses de mercado envolvidos com o empreendimento. Afirmavam ainda que, quando a inovação tecnológica era dirigida ao mundo rural, e não tinha como objetivo a obtenção de um retorno econômico do investimento, a atitude negligente para com o conhecimento do quadro social se intensificava, e, no melhor dos casos, se recorria ao cientista social como um elemento externo ao próprio processo de introdução da inovação (Montero, 1991).

Ainda hoje, raramente equipes idealizadoras e implementadoras de projetos que contemplam a introdução de novas tecnologias têm uma configuração multidisciplinar técnico-sociológica, na qual o cientista social consiga se integrar efetivamente em todas as suas fases, inclusive na concepção técnica, propondo alterações desta, em função das peculiaridades da população receptora. Isso segue acontecendo, apesar de especialistas no tema afirmarem que o “(...) processo inicial de difusão da tecnologia fotovoltaica tem apresentado problemas de ordem política, econômica, técnica e sociocultural, comprometendo a sustentabilidade dos programas e projetos que, muitas vezes, estão orientados apenas pela relação custo/benefício, esquecendo o papel do usuário, na sua relação de adoção, otimização do uso e satisfação com a tecnologia implantada” (Serpa, 2001). Serpa afirma que o processo de difusão da tecnologia fotovoltaica, por exemplo, entre populações excluídas, marginalizadas e tradicionais, como índios, quilombolas e caiçaras, é um tema complexo e pouco estudado. Segundo ele, a produção teórica e prática da antropologia aplicada pode vir a contribuir para a mudança de atitude dos agentes transformadores, que, muitas vezes, têm demonstrado a falta de qualquer preparo no processo de difusão do conhecimento. O pesquisador constata, ainda, que muitos dos projetos de eletrificação rural fotovoltaica financiados por agências internacionais ou por órgãos governamentais foram impostos às comunidades e resultaram em conflitos com seus valores e estrutura social, a ponto de os usuários relatarem em operar e manter corretamente as instalações, levando ao malogro da proposta.

Ante essas considerações, o autor acima ressalta a necessidade de uma ação inter e multidisciplinar na elaboração e implantação de projetos de eletrificação rural fotovoltaica. Nessa perspectiva, a antropologia aplicada pode contribuir para fomentar o diálogo entre o profissional da área técnica e o cientista social, e entre eles e as comunidades, mediante desenvolvimento de uma metodologia que possibilite prevenir ou minimizar impactos negativos, observar e analisar os processos de mudança social decorrentes da ação, e propor soluções para os conflitos emergentes e resistências, criados com a introdução da nova tecnologia.

Tratando da questão da introdução de inovações, Freire (1982) analisa o problema da comunicação entre o técnico e o homem do campo, no processo de desenvolvimento da sociedade agrária, mostrando como a ação educadora deve ser a de comunicação, se quiser chegar ao homem inserido em uma realidade histórica. Ele comenta as limitações do conceito de “extensão” e da ação do extensionista, apesar da generosidade e boa vontade daqueles que consagram suas vidas a esse trabalho. Afirma ainda que a falta de resultados mais profundos acerca da introdução de inovações no meio rural se deve, no melhor dos casos, a uma visão ingênua da realidade e, no caso mais comum, a um claro sentido de superioridade e de dominação com que o técnico se aproxima do camponês inserido em uma estrutura rural tradicional.

O conceito de “extensão” como é praticado é visto criticamente pelo autor acima como sendo uma “invasão cultural”, como uma atitude contrária ao diálogo, que é a base de uma autêntica educação. Para ele, extensão está relacionada ao conceito de dominação, que se encontra tão freqüentemente no âmago da concepção da educação tradicional e, como esta, em vez de libertar o homem, escraviza-o, manipula-o, não permitindo que ele se afirme como pessoa, que atue como sujeito, que seja ator da própria história e se realize nessa ação. Por último, comenta que é fundamental a análise da relação entre técnica, modernização e humanismo, apontando para a necessidade de se evitar o “tradicionalismo do *status quo*” sem cair no “messianismo tecnológico”. E é desse lugar que afirma que, embora todo desenvolvimento seja modernização, nem toda modernização é desenvolvimento.

Daí a importância de se conhecer a dinâmica das comunidades a serem contempladas com um novo sistema tecnológico, a fim de, em respeitando as particularidades, melhorar suas condições de vida, sem querer transformá-las num “modelo de desenvolvimento” preconcebido.

Buitron (1966) relembra que a questão relacionada ao “desenvolvimento de comunidades rurais” começou a tomar maior impulso a partir da década de 1930, por meio de projetos modestos de melhoria das condições de vida das comunidades. Ele já enfatizava a importância de haver um caráter democrático no processo, e a necessidade de que a própria comunidade tome iniciativa e participe dos programas de melhoramento de sua condição de vida. Segue com a afirmação de que, nesse processo, não se trata de derramar bens e serviços sobre uma população indiferente; o que importa nos programas dessa natureza é gerar uma nova atitude com relação à vida, que permita à comunidade romper com as amarras. Já na década de 1960, o autor explicitava que as técnicas seguidas nos processos de desenvolvimento de comunidades deviam se apoiar nos conhecimentos das ciências sociais, especialmente da antropologia, da psicologia e da economia, e que já havia passado a época das improvisações dos programas baseados simplesmente em “boas intenções”.

É chamada ainda a atenção para outra importante contribuição da antropologia aplicada, que diz respeito à ética e à responsabilidade social do agente da inovação. Entendendo como ética um compromisso de valores morais que protejam o homem e seu ambiente, espera-se do técnico ou planejador de programas de “desenvolvimento” uma postura não paternalista, mas uma disposição para compreender a cultura dos povos receptores, os seus costumes tradicionais, e uma preparação técnica e emocional equilibrada, para poder trabalhar numa comunidade diferenciada.

A introdução de uma nova tecnologia está relacionada à novidade e pode ser analisada segundo determinados parâmetros tecnológicos (automóvel, televisão, etc.); no entanto, a eletrificação rural deve contar, além do citado acima, com parâmetros relacionados ao ser humano e às condições locais. Observa-se que, muitas vezes, a engenharia busca “eliminar” o ser humano das máquinas, ou seja, sua filosofia ignora a parte humana ligada à utilização da tecnologia e suas conseqüências. Nesse contexto encontram-se muitas das experiências de implantação de sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água, as quais tiveram conseqüências desastrosas.

## GESTÃO

Conforme comentado ao longo do texto, para que um projeto fotovoltaico de abastecimento de água a populações tradicionais tenha êxito, além da parte restrita a engenharia, inúmeros passos devem ser dados quanto a sua concepção, disponibilização da água, configuração do sistema, determinação da demanda de água e introdução da nova tecnologia no local. Porém, se não for dada a devida atenção para a organização da gestão, o empreendimento poderá sucumbir por problemas triviais que porventura venham a acontecer, e acontecem.

Pode-se dizer que a gestão, entendendo-se como tal o processo de operação, manutenção e reposição de equipamentos, é um dos pontos fracos dos programas de introdução de novas tecnologias no meio rural (Zilles & Fedrizzi, 1999; BRASIL, 2000). Para se ter uma idéia a respeito de como isso funciona, não é necessário sequer ir ao campo; basta ver as planilhas de desembolso de recursos dos referidos projetos. Tais planilhas contam com, no máximo, alocação de recursos para a instalação dos equipamentos, e costumam pecar pela falta de recursos para a capacitação local, monitoramento e gestão do empreendimento ao longo de sua vida útil. Não que necessariamente o financiador do investimento inicial tenha de arcar com a gestão, mas há que se desenhar e viabilizar a organização inicial da gestão, definindo comprometerimentos e responsabilidades para que ela aconteça, envolvendo os atores segundo suas possibilidades e aptidões.

A participação dos usuários em todas as etapas do processo é de grande valia para melhor organização da gestão, além disso, permite a desmistificação de que somente especialistas são capazes de instalar e fazer a manutenção de sistemas fotovoltaicos e inibe a passividade deles em relação ao desconhecido.

Há inúmeras formas de organizar a gestão desse tipo de empreendimento, e a escolha de uma delas vai depender das particularidades de cada caso. Devem ser levadas em conta questões de ordem econômica, sociocultural, geográfica e organizacional da comunidade, dentre outras. Existem formas de gestão de projetos levadas a cabo totalmente pelo poder público sem a participação da comunidade receptora, e formas nas quais existe a participação dos usuários, variando o grau de participação. O importante é a determinação desde a concepção do projeto de quem ficará responsável pela operação, manutenção e reposição de equipamentos e da infra-estrutura necessária.

## CONCLUSÕES

Com vistas a aumentar as possibilidades de êxito dos projetos, é salutar o maior conhecimento possível da dinâmica da população receptora, bem como a existência de um canal de comunicação a fim de que as principais decisões possam ser tomadas em conjunto ou com a anuência da população. Para tanto, é necessário viabilizar algumas atuações, tais como o levantamento do sistema preexistente e a comunicação das limitações do novo sistema. O levantamento do sistema preexistente com suas particularidades vai permitir, dentre outras coisas, conhecer as formas de utilização tradicional do recurso hídrico, com as nuances culturais e específicas do local; contabilizar o consumo presente e estimar a possível demanda futura com o novo sistema de abastecimento; e configurar melhor os sistemas, levando em conta não só critérios técnicos, mas as necessidades e quereres dos usuários. Além disso, para que não haja frustrações de expectativas, e para propiciar uma organização para a gestão, é necessário que os usuários sejam comunicados das limitações da nova tecnologia e da contrapartida necessária para sua operação e manutenção.

## REFERÊNCIAS

- Adams, D. The monkey and the fish: cultural pitfalls of an educational adviser, *International Development Review*, pp. 241-255, 1960.
- Bonnefoi, P. Introduction to dependability design. *Cahiers Technique Merlin Gerin 144*, Grenoble, France, pp. 1-20, 1990.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. *Avaliação técnica e sócio-econômica da Fase I do PRODEEM*: relatório final. Brasília: FBDS, 2000.
- Buitron, A. *Como llego el progreso a Huagrapampa (Peru)*. México: Instituto Indigenista Interamericano, 1966.
- CE – Comisión Europea – DG XII. *Manual de energización rural mediante energia fotovoltaica, APAS 94*: energías renovables, programa de fortalecimiento de la cooperación global en el campo de las energías renovables, acción estratégica concertada para la aplicación sostenible de tecnologías fotovoltaicas y bioelectricidad en los países de Cono Sur, 1996.
- CPRM. *Perfil composto* – projeto carvão no Alto Solimões. Manaus: Serviço Geológico do Brasil, 1995.
- CYTED – Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. *Producción de agua potable para pequeños grupos humanos*. In: I Jornadas Iberoamericanas de Energías Renovables. Santa Cruz de la Sierra, Bolívia: Centro Iberoamericano de Formación-AECI, 1999.
- Fedrizzi, M. C., Zilles, R. *Energização solar fotovoltaica de quatro comunidades isoladas na região do Alto Solimões*: relatório de viagem de campo realizada entre os dias 30 de agosto e 15 de setembro de 1999. São Paulo: Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos – IEE/USP, setembro de 1999.
- Foster, G. M. *As culturas tradicionais e o impacto da tecnologia*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1964.
- Freire, P. *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *População, tendências demográficas*. [on-line] disponível em [http://www.ibge.net/home/estatistica/populacao/tendencia\\_demografica/tabela01.shtm](http://www.ibge.net/home/estatistica/populacao/tendencia_demografica/tabela01.shtm), 24 de fevereiro de 2003.
- Logiaco, S. Electrical installation dependability studies. *Cahiers Technique Merlin Gerin 184*, Grenoble, France, pp. 2-24, 1997.
- Montero, M. Sociedades rurales e inovación tecnológica: reflexiones preliminares. *Política y Sociedad*, v. 9, pp. 29-45, 1991.
- Narvarte, L. *Hacia un paradigma de electrificación rural descentralizada con sistemas fotovoltaicos*. Tese (Doutorado) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación da Universidad Politécnica de Madrid, 2001.
- Serpa, P. M. N. *Eletrificação fotovoltaica em comunidades caiçaras e seus impactos socioculturais*. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2001.
- UNDP. *Human Develop Report 2001* – making new technologies work for human development. New York: Oxford University Press, 2001.
- WEHAB Working Group. *A framework for action on water and sanitation*. World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, 2002.
- WHO – The World Health Organization. *The right to water*. Geneve: World Health Organization, 2003. [Health and human rights publication series – 3.]
- Zilles, R., Fedrizzi, M. C. *Avaliação preliminar dos sistemas fotovoltaicos instalados nas residências dos moradores da Ilha do Cardoso*. São Paulo: Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos – IEE/USP, 1999

**ABSTRACT:** It is well known that photovoltaic pumping technology is consolidated with high degree of reliability. However, many times, projects of water supply to the traditional communities with the photovoltaic technology are engaged for not being taken in account questions related to the local characteristics and the transference of the technology. This work puts in manifesto that the conception of the project, the water availability, the type of configuration of the system, the determination of the water demand, the type of introduction of the technology and the form of management can be decisive for the longevity of the projects.

**Keywords:** Solar energy, photovoltaic pumping systems, technology transference.