

LA PROBLEMÁTICA DE OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA BRASILEÑA UTILIZANDO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA BOMBEO DE AGUA

Albmerc Moura de Moraes¹, Federico Morante Trigo², Maria Cristina Fedrizzi³.

^{1 2} Universidad Federal del ABC⁴ (UFABC)

Programa de Posgrado en Energía de la Universidad Federal del ABC

Rua Santa Adélia, 166 - Bairro Bangu - Santo André - São Paulo - CEP 09210-170 - Brasil

³ Universidad de São Paulo (USP)

Instituto de Electrotécnica y Energía (IEE) - Laboratorio de Sistemas Fotovoltaicos (LSF)

Av. Professor Luciano Gualberto, 1289 – Cidade Universitária – Butantã – São Paulo – CEP 05508-010 - Brasil

e-mail: albmerc.moraes@ufabc.edu.br

RESUMEN: Varias son las soluciones tecnológicas disponibles para obtener agua potable en regiones semiáridas. Dentro de ellas la opción fotovoltaica se presenta bastante consolidada y competitiva para poder satisfacer la demanda de agua potable en comunidades rurales no atendidas por la red eléctrica. Sin embargo, experiencias demuestran que muchos emprendimientos fallan por no llevar en cuenta las peculiaridades locales y procesos adecuados de introducción y mantenimiento de la nueva tecnología. Así, el objetivo del presente trabajo es discutir algunos aspectos sobre los principales obstáculos para el suceso de los emprendimientos de abastecimiento de agua en regiones semiáridas que utilizan tecnología solar fotovoltaica. La metodología está basada en revisión bibliográfica y en trabajo de campo realizado en algunas localidades de la región noreste del Brasil.

Palabras clave: Energía solar fotovoltaica; bombeo de agua; regiones semiáridas; agua potable.

INTRODUCCIÓN

El agua, así como el oxígeno, es primordial para la sobrevivencia humana porque sin ella no hay vida. Tal recurso natural, por lo tanto, es esencial para la sobrevivencia y preservación de la biodiversidad del planeta. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la posibilidad de abastecimiento regular de agua potable constituye un fundamental derecho humano (WHO, 2003) y son necesarios, por lo menos, 20 litros de agua cada día por persona para atender sus necesidades básicas (PNUD, 2006).

El agua también posibilita la vida en un sentido más amplio: el ser humano necesita de agua limpia y saneamiento para preservar la salud y mantener su dignidad, por eso el agua debe ser accesible y segura (PNUD, 2006). No obstante, cerca de 1.200 millones de personas en el mundo no tienen acceso a este precioso líquido en condiciones de potabilidad (WHO 2003). Asimismo, aproximadamente 2 millones de personas en el mundo, especialmente niños, mueren cada año como consecuencia de enfermedades asociadas a la falta de agua. El agua de pésima calidad y la falta de saneamiento constituyen, por lo tanto, la segunda mayor causa de mortalidad infantil en el mundo (PNUD, 2006; WHO, 2003).

Las regiones semiáridas y áridas cubren aproximadamente un tercio del área territorial del planeta y son habitadas por casi 400 millones de personas (Willians, 1999). En América del Sur existen grandes áreas semiáridas dentro de las cuales se pueden citar: la región Guajira de Venezuela y Colombia, las regiones secas de Paraguay, Argentina, Perú, Chile y Bolivia y la región semiárida del noreste brasileño que ocupa cerca del 11% del territorio de este país (EA, 1999).

El Brasil es considerado como uno de los países con mayor disponibilidad hídrica del mundo, sin embargo, en el semiárido del noreste, millones de personas sufren regularmente con la escasez crónica de agua. Esta región posee apenas 3% del agua dulce renovable del país, pero cuenta con cerca del 30% de la población del Brasil (Ferrero, 2011). La falta de agua, la diversidad cultural, los bajos índices de atendimento eléctrico, de saneamiento básico y de desarrollo humano son características que marcan el territorio del semiárido.

A pesar de todo, en las últimas décadas diversas acciones han sido ejecutadas, principalmente por el poder público, con el objetivo de disminuir los efectos de la escasez hídrica. Debido a ello, actualmente en el semiárido existe una amplia infraestructura, construida a lo largo de los años, como reservorios de diversos tamaños, públicos y privados, y pozos perforados en las capas sedimentaria y cristalina (INSA, 2011).

¹ Aluno de doctorado del Programa de Posgrado en Energía de la Universidad Federal del ABC

² Profesor de la Universidad Federal del ABC

³ Investigadora del Laboratorio de Sistemas Fotovoltaicos, LSF/IEE, de la Universidad de São Paulo

⁴ ABC es la denominación del espacio geográfico localizado en el área metropolitana de la ciudad de São Paulo constituido por los municipios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Ribeirão Pires, Mauá e Rio Grande da Serra. Esta región tiene más de 2 millones de habitantes.

Entre las principales características de esta región pueden ser citadas: precipitaciones pluviales medias anuales iguales o inferiores a 800 mm; régimen de lluvias marcado por la irregularidad en el espacio y en el tiempo; dominio del ecosistema denominado *caatinga* (vegetación blanca); ríos intermitentes; sequías periódicas e inundaciones frecuentes; elevada evapotranspiración; bajos índices de desarrollo humano (SUDENE, 2010; INSA, 2011). Esa situación climatológica hace que la cobertura vegetal esté adaptada a tales características y, asimismo, los seres humanos también se adaptaron a este ambiente.

Uno de los principales problemas que enfrentan los pobladores que habitan el semiárido es la dificultad para obtener agua potable, principalmente en los períodos de estiaje. Los ríos allí localizados son, por lo general, intermitentes y de temporada. Por ese motivo, las fuentes de agua superficiales disminuyen drásticamente en cantidad y en calidad durante los períodos de baja precipitación. Es habitual, como formas tradicionales de obtener ese precioso líquido, el uso de tracción humana o animal (figura 2) y la captación de agua de lluvia por medio de cisternas. Sin embargo, tal como algunos estudios lo indican, el recurso hídrico existe en el subsuelo, siendo necesarias tecnologías apropiadas que posibiliten su extracción.



Figura 2. Escenas comunes en la región semiárida del Estado de Piauí durante el estiaje. Fuente: (Jornal MN, 2009).

Se estima que las reservas de agua del subsuelo del semiárido brasileño son de alrededor de 135 mil millones de metros cúbicos, siendo posible extraer hasta 20 mil millones de metros cúbicos de agua por año (Ribeiro, 2007). Tal potencial hídrico subterráneo está disponible básicamente en dos grandes capas: cristalina y sedimentaria. La capa cristalina cubre cerca de 70% del territorio semiárido, estando frecuentemente asociada al abastecimiento de pequeñas comunidades. Sin embargo, esta agua posee altas concentraciones de sales solubles que en muchos casos la vuelve inapropiada para el consumo humano. Por otro lado, bajo la capa sedimentaria se encuentra el agua destinada a los principales usos económicos y de abastecimiento de poblaciones mayores. Esta capa tiene gran potencial hidrogeológico y, por tal motivo, contiene los mayores volúmenes de agua subterránea almacenada (INSA, 2011).

Según la Compañía de Investigación de Recursos Minerales (CPRM), el semiárido brasileño cuenta con 21.662 pozos registrados. De ese total una parte significativa (45%) no está en operación, por encontrarse abandonados, paralizados o porque simplemente no fueron instalados (CPRM, 2004). Con el objetivo de extraer agua de esas fuentes, la población emplea diversos métodos. Es el caso del uso de grupos generadores de energía eléctrica que utilizan combustibles fósiles (principalmente diesel). Al lado de eso, también se utilizan tecnologías basadas en energías renovables como la eólica y la solar, además de alternativas manuales.

En ese ambiente, tal como lo demuestran algunas experiencias existentes en regiones semiáridas, la tecnología solar fotovoltaica puede ser un medio eficaz para solucionar este grave problema (Moraes & Morante, 2009). No obstante, para que esto sea viable se debe pensar en una serie de cuestiones tanto de orden tecnológico como social, ya que solo el acceso a la tecnología no garantiza su adecuado funcionamiento a lo largo del tiempo. Las experiencias de proyectos que tienen como meta el abastecimiento de agua utilizando generadores fotovoltaicos muestran que junto a las actividades puramente técnicas es necesario promover diversas otras acciones sociales (Fedrizzi, 2003).

TECNOLOGÍAS PARA OBTENER AGUA EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL BRASIL

Son muchas las comunidades del semiárido brasileño que no poseen servicio regular de suministro de energía eléctrica lo que dificulta el acceso al agua potable. En ese contexto, son varias las alternativas energéticas para extraer, recolectar y transportar ese vital líquido dentro de las cuales se puede citar las siguientes: extracción manual, moto-generadores a diesel, captación de agua de lluvia, alternativas renovables (solar, eólica e hidráulica) y el uso de fuerza animal y humana para transportar agua. Algunos aspectos de esta realidad pueden ser observados en la figura 3.

Por décadas en el semiárido brasileño fueron desarrolladas diversas acciones de mitigación de los efectos de la sequía. En ese contexto, con el objetivo de superar el tradicional modelo de enfrentar este problema, en 1999 surgió la denominada Articulación en el Semiárido Brasileño (ASA). Esta entidad es un foro de organizaciones de la sociedad civil que busca otra perspectiva de desarrollo con base en la ciudadanía y en el respeto a la diversidad de los pueblos, a la convivencia con las condiciones climáticas y el respeto al ecosistema local (Küster et al., 2006). A partir de eso, la problemática de acceso al agua en el semiárido pasó a ser analizado desde otra óptica; es decir, en términos de la convivencia con las condiciones del semiárido y no del “combate” a la sequía. Aprender a convivir con las condiciones semiáridas es, por lo tanto, fundamental para posibilitar una vida más digna a esas poblaciones.



Figura 3: Métodos de extracción de agua utilizados por los habitantes de la región semiárida brasileña: a) alternativa manual y b) por medio de moto-generador a diesel.

ASA cuenta actualmente con la participación de más de 700 entidades provenientes de diversos segmentos de la sociedad civil, como iglesias, Organizaciones No Gubernamentales (ONG's), Organizaciones de la Sociedad Civil de Interés Público (OSCIP's), asociaciones comunitarias, sindicatos, federaciones de trabajadores rurales, entre otras. En la actualidad, importantes acciones dentro del Programa de Formación y Movilización Social para la Convivencia con el Semiárido son administradas por ASA. Dentro de ellas se puede citar el Programa Un Millón de Cisternas (P1MC); el proyecto demostrativo del Programa Una Tierra y Dos Aguas (P1+2) y el Programa Bomba de Agua Popular (BAP) (ASA, 2011).

El Programa Un Millón de Cisternas (P1MC) es uno de los programas brasileños con mayor éxito e impacto en el ámbito de la convivencia con el semiárido. La meta es proporcionar agua para beber, limpia y segura, para un millón de familias (cinco millones de personas) en el medio rural del semiárido. Su diferencial se encuentra en la ejecución por la sociedad civil de forma descentralizada, a nivel de comunidades, municipios, microrregiones, estados y regiones (INSA, 2011). El proyecto recibe aportes a fondo perdido provenientes del gobierno federal, de personas físicas, de empresas privadas y de agencias de cooperación. Hasta junio de 2011 el P1MC construyó 336.637 cisternas rurales (ASA, 2011). Tales cisternas (figura 4a) son construidas con la participación comunitaria local. Cada unidad posee capacidad media de almacenamiento de 16 mil litros de agua de lluvia que, por lo general, atiende las necesidades de una familia durante los períodos de estiaje.



Figura 4: Acciones del Programa de Formación y Movilización Social para la Convivencia con el Semiárido de ASA: a) Cisterna del programa P1MC e b) Bomba de Agua Popular (BAP). (ASA, 2011)

Aún en el contexto de las acciones del Programa de Formación y Movilización Social para la Convivencia con el Semiárido de ASA se debe resaltar el proyecto demostrativo Una Tierra y Dos Aguas (P1+2). Tal proyecto tiene el objetivo de "asegurar a la población rural el acceso a la tierra y al agua, tanto para el consumo familiar como para los animales y para la producción de alimentos, enseñando a cuidar la tierra de forma sostenible" (Gnadlinger, J. et. al., 2005). Para alcanzar esa meta es necesario una (1) tierra para producir y dos (2) aguas: una para beber y otra para producir alimentos (Küster et al., 2006). En el ámbito de este proyecto ya fueron ejecutadas 144 acciones. También se han construido 6.900 sistemas de captación de agua de lluvia, en su gran mayoría cisternas de mayor capacidad (52 mil litros) y, además, represas subterráneas y bombas manuales para pozos superficiales (INSA, 2011).

LA OPCIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL ACCESO AL AGUA

Paradójicamente, como fue mencionado anteriormente, el semiárido brasileño presenta, por un lado, un problema crónico de escasez de agua potable en los períodos de menor precipitación pluvial, y por otro lado, un gran potencial hídrico subterráneo y altísimo índice de radiación solar. La irradiación global media de esta región es igual a 5,9 kWh/m².dia (ABES, 2006) y en algunos lugares la insolación es superior a tres mil horas anuales (Rebouças, 1997). Llevando en consideración este escenario, a partir de la década de 1980 varios proyectos de aplicación de la tecnología solar fotovoltaica han sido desarrollados en esta región, en especial la utilización de sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua (SFBA) (Rebouças, 1997). Tales proyectos

están asociados a entidades de cooperación internacional, institutos de investigación, Organizaciones No Gubernamentales y al poder público a nivel federal, estadual y municipal.

Los sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua presentan básicamente los siguientes componentes: generador fotovoltaico, equipamientos de acondicionamiento de potencia (inversor, controlador, etc), grupo motobomba y reservorio para almacenar agua. Las primeras aplicaciones que utilizaron esta opción tecnológica ocurrieron a fines de la década de 1970 en la isla de Córcega (Francia), aún en fase experimental. Posteriormente, los primeros emprendimientos a gran escala fueron materializados en el continente africano (Fedrizzi, 2003). En el Brasil los primeros sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua fueron implantados a mediados de la década de 1980, siendo el mayor promotor el Programa de Desarrollo Energético de Estados y Municipios (PRODEEM). Durante la vigencia de este programa fueron instalados 2.485 sistemas para uso comunitario, con potencia media de 0,5 kWp, en poblaciones rurales. En la actualidad, muchos de estos sistemas no están operativos debido a problemas técnicos, de gestión y mantenimiento.

De acuerdo con una inspección realizada por la CHESF (*Companhia Hidro Elétrica do São Francisco*) en el 2002, la cual cubrió 8 estados del noreste brasileño, cerca de 40% de los sistemas fotovoltaicos de abastecimiento de agua instalados por el PRODEEM presentaron algún tipo de falla que comprometió su funcionamiento. El universo considerado fue de 801 sistemas, de los cuales 337 mostraron problemas con la motobomba (57%), controlador/inversor (41%) y módulos fotovoltaicos (apenas 2%) (Bezerra, 2002 apud Fedrizzi, 2003).

A nivel internacional, entre 1994 y 2000 fueron instalados en Méjico 206 sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua, como parte del Programa de Energía Renovable de Méjico (MREP), totalizando 101 kWp de potencia. Tal programa contó con la colaboración de agencias norteamericanas y benefició a casi mil personas que viven en una región árida del norte de Méjico. Una evaluación realizada a 46 de estos sistemas, después de diez años de implantación, mostró que más de 50% presentaron fallas. Los principales problemas identificados estuvieron relacionados con las motobombas (54,2%) y controlador/inversor (20,8%) (Espericueta, 2004).

En Tailandia, en 1999, cerca de 1000 comunidades rurales tenían SFBA's totalizando 1 MWp de potencia. Entre 1995 y 1998 fue realizada una evaluación de 489 sistemas en la región noreste del país. Con esa finalidad 360 usuarios de 18 villas fueron entrevistados. Los resultados presentaron indicaron que del total de sistemas inspeccionados 45% tuvieron averías siendo que 35% de las fallas estuvieron relacionadas con las motobombas y 19% con los inversores. La falta de supervisión durante la instalación y los cuidados antes y después de la implantación, junto a la mala gestión y mantenimiento de los sistemas fueron señalados como las principales causas del fracaso de estos emprendimientos (Kaunmuang et. al, 2001)

Los equipamientos actuales para uso en sistemas de bombeo fotovoltaico (motobombas y dispositivos de acondicionamiento de potencia) por lo general son importados, no encontrándose piezas de reposición. Tampoco es fácil encontrar personas calificadas para realizar servicios de mantenimiento en los locales próximos a las instalaciones. De ese modo, muchos sistemas instalados en las áreas rurales permanecen sin funcionar y, por consiguiente, la tecnología pierde credibilidad. Para superar estos obstáculos, algunos estudios vienen siendo realizados con el objetivo de substituir los tradicionales equipamientos de acondicionamiento de potencia. Así por ejemplo, se propone utilizar convertidores de frecuencia los cuales permiten emplear motobombas convencionales de corriente alterna. Tal equipamiento facilita el mantenimiento, libera la dependencia de aparatos importados, aumenta la confiabilidad y ayuda la apropiación de la tecnología (Brito, 2006).

Ciertamente, la utilización de convertidores de frecuencia en aplicaciones fotovoltaicas de bombeo de agua es una alternativa confiable y robusta, como algunos estudios lo comprueban (Narvarte & Lorenzo, 2010), sin embargo, más sistemas deben ser instalados en campo con la finalidad de evaluar su funcionamiento a largo plazo. Los objetivos deben estar dirigidos a consolidar la tecnología y facilitar su apropiación. Asimismo, es importante capacitar personal técnico e identificar problemas aún no verificados. La idea fundamental es materializar un proceso eficaz de difusión (Brito, 2006). Esa alternativa tecnológica para el abastecimiento de agua potable en regiones semiáridas se presenta de forma muy promisor, principalmente cuando comparada a otras, como aquellas basadas en combustibles fósiles. Una importante cuestión es que el mejoramiento de ese equipamiento de fabricación nacional puede redundar en la disminución del coste de las instalaciones y en su popularización.

A partir de esas evaluaciones se puede observar que la problemática relacionada con el acceso al agua en regiones rurales engloba asuntos que van más lejos de la simple extracción de agua. Múltiples factores deben ser considerados durante la planificación e implantación de los sistemas de bombeo con la finalidad de posibilitar la continuidad y calidad de abastecimiento. El conocimiento y respeto de las características locales es un importante factor que debe ser llevado en cuenta. Diversos estudios y experiencias muestran que tecnologías consolidadas no alcanzan niveles satisfactorios de suceso por no considerar la adaptación tecnológica a la realidad local y a las alternativas pre-existentes (Lorenzo et al., 2005).

Un ejemplo de suceso que involucra la utilización de sistemas fotovoltaicos para el abastecimiento de agua en regiones áridas se encuentra en el continente africano. Se trata de la parte marroquí del Programa MEDA⁵ – Programa de Bombeo Fotovoltaico en Países Mediterráneos de la Región Mediterránea de Marruecos, Argelia y Túnez – que benefició a cerca de 40 mil personas con disponibilidad de agua potable en una región que posee aproximadamente 200 km de diámetro (Narvarte & Lorenzo, 2010). Tal programa fue realizado con el apoyo de la Unión Europea como forma de cooperación con los países de la región mediterránea. Entre los participantes están el IES-UPM (Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid), FONDEM (*Fondation Énergie pour le Monde*) y organismos locales de cada uno de los tres países considerados.

⁵ *Implementation of a PV water pumping programme in mediterranean countries.*

En el territorio marroquí se instalaron 52 sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua, totalizando 256 kWp (Lorenzo et al., 2005). El diferencial de este programa se encuentra en la utilización de convertidores de frecuencia, sistemas de distribución de agua, medidores individualizados, proceso de introducción de la tecnología, apropiado sistema de mantenimiento y gestión de los sistemas, entre otros aspectos.

En el semiárido brasileño un proyecto de suceso se encuentra en el Territorio Sierra de la Capivara⁶, localizado al suroeste del Estado de Piauí. Este emprendimiento es el proyecto ABHA (Agua en La Cuna del Hombre Americano) patrocinado por Petrobrás Ambiental y realizado por la Fundación Museo del Hombre Americano (FUMDHAM). Por medio de este proyecto a partir de 2009 se instalaron 6 sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua en comunidades localizadas alrededor del Parque Nacional de la Sierra de la Capivara (Moraes, 2009).

Durante el trabajo de campo se visitó 5 de esos sistemas los cuales estaban funcionando adecuadamente. La población beneficiada exteriorizó su aprobación y adaptación a esta nueva tecnología. Con relación a la gestión los usuarios informaron que cuando surge algún problema ellos entran en contacto inmediatamente con la FUMDHAM. Esta institución proporciona el respaldo al emprendimiento por medio de una empresa dedicada a este tipo de mantenimiento. La FUMDHAM también realiza el seguimiento de los sistemas instalados. Todo este conjunto de acciones hace que el proyecto sea exitoso.

La figura 5 muestra dos de esas instalaciones localizadas en los municipios de São Raimundo Nonato (Garrincha) y Guaribas (Capim), ambas con características técnicas semejantes: potencia total de 360 Wp⁷, motobomba *Grundfos SQFlex* y depósito con capacidad para 10.000 litros de agua. Sin embargo, difieren con respecto a las características de las fuentes de agua: una de ellas se encuentra en una gruta y la otra es un pozo (Moraes & Morante, 2009).



Figura 5. Generador fotovoltaico y depósito del sistema de bombeo de agua en las comunidades de Piauí: a) Garrincha (São Raimundo Nonato) y b) Capim (Guaribas). (Fonte: Moraes, 2009)

El abastecimiento de agua en la comunidad Garrincha constituye un caso que muestra la adaptación de la tecnología para aprovechar el agua disponible en una gruta. No obstante, después de un año de funcionamiento este sistema fue trasladado hacia otra comunidad debido a conflictos entre los beneficiados por el programa.

CONSIDERACIONES FINALES

La opción fotovoltaica para el abastecimiento de agua potable en regiones semiáridas actualmente se presenta bastante consolidada y competitiva, con elevado grado de confiabilidad técnica. Sin embargo, experiencias desarrolladas en el Brasil y en diversos otros países muestran que muchos proyectos de esa naturaleza no alcanzan el suceso, dejando de funcionar aún durante los primeros años después de su implantación. No llevar en cuenta las peculiaridades locales y los procesos adecuados de introducción de la nueva tecnología y, asimismo, los mecanismos apropiados de mantenimiento y gestión de los sistemas, son los principales obstáculos para el éxito de esos emprendimientos.

Viabilizar una política eficiente de mantenimiento y reposición de accesorios y equipamientos es, por lo tanto, una de las fundamentales cuestiones que debe ser discutida a la hora de concebir e implantar esos sistemas en el medio rural. Una de las maneras de viabilizar la logística de mantenimiento y reposición de equipamientos sería la cobranza de tarifas por el uso del agua. No obstante, diferentemente a las comunidades marroquíes del proyecto MEDA, en el Brasil no existe la costumbre de pagar el agua consumida en el medio rural. Por lo general, las instituciones gubernamentales o no gubernamentales proporcionan alternativas para que los habitantes puedan acceder al agua. Cuando no existe esa asistencia la propia comunidad crea mecanismos para esa finalidad.

⁶ Situado en el semiárido de Piauí, este territorio engloba 18 municipios con una población aproximada de 126.611 habitantes. De este total 46.728 personas viven en las áreas urbanas y 79.883 en la zona rural. Esta región presenta bajo IDH y también baja densidad demográfica (5,1 hab/km²) (Moraes, 2009).

⁷ El generador fotovoltaico esta constituido por 8 módulos *Bp Solar* con características especiales ($V_{oc} = 101V$; $I_{sc} = 0,78A$; $P_{max} = 45W$).

Llevando en consideración la situación política y socioeconómica de esas regiones, es recomendable que las entidades de la sociedad civil, como es el caso de la Articulación en el Semiárido brasileño, se involucren en todas las etapas de implantación de emprendimientos de ese tipo. La meta sería capacitar técnicos locales y posibilitar una gestión de los sistemas. El éxito del proyecto PIMC es un buen ejemplo de que organizaciones de la sociedad civil, con el apoyo de instituciones gubernamentales, pueden minimizar las consecuencias de la sequía y, asimismo, proporcionar dignidad a los habitantes.

Claramente, el problema de la falta de disponibilidad de agua potable en regiones rurales del semiárido brasileño va más lejos de la simple extracción. El abordaje completo de esta cuestión debe llevar en cuenta: la continuidad en el abastecimiento; la calidad del agua; las condiciones sanitarias adecuadas; la gestión y mantenimiento de los sistemas; los aspectos socioeconómicos y culturales (peculiaridades locales); los aspectos técnicos; la forma de introducción de la tecnología; el análisis de los sistemas pre-existentes (para minimizar impactos de introducción de innovaciones); la infraestructura hidráulica; los recursos hídricos disponibles y la sostenibilidad tecnológica.

En la mayor parte de los casos estas comunidades están localizadas en lugares remotos y de difícil acceso, por lo tanto, cuando no existe una gestión adecuada para garantizar el mantenimiento de los sistemas, estos, cuando fallan, dejan de funcionar y es la población quien sufre las consecuencias de quedarse sin agua. Este es el caso del poblado Boa Nova, ubicado en el municipio de Oeiras (Estado de Piauí) que, por causa de averías en el conjunto motobomba, la población tuvo que verse obligada a utilizar un sistema alternativo manual para extraer agua, tal como se observa en la figura 6. Para solucionar el problema, meses después, las autoridades municipales decidieron instalar un sistema de bombeo basado en moto-generador a diesel, desactivando el sistema fotovoltaico existente.



Figura 6. Niños y adultos del poblado Boa Nova retirando agua de forma manual mientras el sistema de bombeo fotovoltaico se encuentra inoperativo.

Así, más importante que el tipo de tecnología escogida es el respeto a las peculiaridades locales desde el instante de concebir el proyecto hasta implantarlo y mantenerlo. Por lo tanto, no existen soluciones estandarizadas para enfrentar el problema de abastecimiento de agua a poblaciones rurales, especialmente en regiones semiáridas. Conocer a fondo el problema y las soluciones pre-existentes es fundamental, al lado de los aspectos socioculturales y económicos de la comunidad y, lo más importante, promover una buena comunicación entre los actores involucrados (Lorenzo et. al., 2005).

Ese aspecto adquiere mayor importancia cuando se analiza la fundamental cuestión del abastecimiento de agua potable en el semiárido brasileño. Por sus características intrínsecas la tecnología de bombeo fotovoltaico puede ser un eficaz medio para solucionar el gravísimo problema de acceso al agua potable, pero, también es importante desarrollar y promover tecnologías de purificación de agua, principalmente en locales situados sobre la capa cristalina. En realidad, el conjunto de varias tecnologías puede aliviar la difícil situación del habitante del semiárido relacionada con la periódica falta de agua. Todo eso, finalmente, puede reflejarse en la mejoría de las condiciones socioeconómicas de la población.

En ese sentido, el proyecto vigente “Tecnologías Apropriadas Para el Abastecimiento de Agua Potable en Regiones Semiáridas: el uso de sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua” tiene como objetivo identificar los principales obstáculos que impiden el suceso de los emprendimientos de abastecimiento de agua en regiones semiáridas, basados en la tecnología solar fotovoltaica, y como superarlos llevando en cuenta las buenas prácticas en la implantación y gestión de estos sistemas señaladas por estudios realizados alrededor del mundo. La hipótesis de trabajo es que los sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua, a pesar de constituir una alternativa técnicamente sostenible, confiable y eficaz para el abastecimiento de agua potable en regiones semiáridas, no son bien difundidos y adoptados por causa de la falta de información y conocimiento de experiencias bien sucedidas.

En suma, de forma diferente al proceso de inserción y funcionamiento de las redes eléctricas convencionales, las tecnologías de generación basadas en energías renovables, principalmente la fotovoltaica, requieren otro abordaje. Esta nueva forma de gestión implica también una nueva manera de analizar la problemática energética, lo que incluye inserir el concepto de generación distribuida dentro del pensamiento institucional.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho cuenta con el apoyo de las instituciones brasileñas “*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq*” y “*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*” – CAPES.

REFERENCIAS

- ABES (2006). Atlas Brasileiro de Energia Solar. Projeto SWERA - Solar and Wind Energy Resources Assessment. 1ª edição. São José dos Campos, São Paulo.
- ASA (2011). Articulação no Semi-Árido Brasileiro. Disponible en <http://www.asabrasil.org.br/>. Acceso realizado el 10 de enero de 2011.
- 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. Tesis de Doctorado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.
- CPRM. (2004). Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais [Online]. Disponible en: < <http://www.cprm.gov.br> > Acceso realizado en diciembre de 2009.
- EA. (1999). Dossiê Nordeste Seco. Estudos Avançados, USP. 13 (36).
- Espericueta, A. D. C. et al. (2004). Ten-year reliability assessment of photovoltaic water pumping systems in Mexico. Solar 2004, American Solar Energy Society Portland, Oregon, July 9-14.
- Fedrizzi et. al. (2009). Bombeamento de água no meio rural, análise econômica de duas configurações fotovoltaicas e uma elétrica convencional. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. v. 13, p. 04.117 – 04.123, Argentina.
- Fedrizzi, M. C. (2003). Sistemas fotovoltaicos de abastecimento de água para uso comunitário: lições aprendidas e procedimentos para potencializar sua difusão. Tesis de Doctorado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2003.
- Ferrero, A. H. (2011). Água para todo no futuro? Revista água e meio ambiente subterrâneo. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS. Ano 3, n. 19.
- Gnadlinger, J. et. al. (2005). Programa Uma Terra e Duas Águas. 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina – PI.
- INSA. (2011). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido.
- Jornal MN (2009). Sofrimento: Dona de casa faz longo percurso para pegar água no município de Pio IX (Capa). Jornal Meio Norte: Teresina, 22 de agosto de 2009.
- Kaunmuang, P., et al. (2001). Assessment of photovoltaic pumping systems in Thailand-one decade experience. Solar energy materials and solar cells v.67 (1-4) p.529-534.
- Küster, A. et al. (Org.) (2006). Tecnologias Apropriadas para Terras Secas - Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste do Brasil – Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, GTZ. 212p.
- Lorenzo, et al. (2005). Boas práticas na implantação de sistemas de bombeamento fotovoltaico. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. v. 1. 56 p.
- MI. (2005). Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Ministério da Integração Nacional (MI). Disponível em: <www.integracao.gov.br>. Acceso realizado en abril de 2010.
- Moraes, A. M. (2009). Aplicações da tecnologia solar fotovoltaica no Estado do Piauí: Barreiras e potencialidades. 165 f. Tesis de Maestría – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André, SP.
- Moraes, A. M.; Morante, F. (2009) Aplicações da tecnologia solar fotovoltaica no Território Serra da Capivara, Estado do Piauí. In: Eighth Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission – CLAGTEE; Ubatuba – São Paulo. versão digital em CD.
- 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.
- PNUD. (2006) Água para lá da escassez: poder, problema e a crise mundial da água, Relatório do Desenvolvimento Humano, New York, 2006.
- Rebouças (1997). Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos Avançados, USP. 11 (29).
- Ribeiro, M. B. (2007). A Potencialidade do Semi-Árido Brasileiro: Rio São Francisco – transposição, revitalização. Brasília: FUBRÁS, 1ª edição.
- SUDENE. (2010). Área de Atuação da SUDENE – O Semiárido Nordestino. Disponible en: <<http://www.sudene.gov.br/site/extra.php?cod=130&idioma=ptbr>>. Acceso realizado en noviembre de 2010.
- WHO, (2003). The World Health Organization. The right to water. Geneva: World Health Organization, [Health and human rights publication series – 3.]
- Willians, W. D. (1999). Salinisation: A major threat to water resources in the arid and semi-arid regions of the world. Lakes & Reservoirs: Research and Management. 4: 85–91.

ABSTRACT

Several are the available technological solutions for the access to drinking water in semiarid regions. Amongst them, the photovoltaic option is sufficiently consolidated and competitive, being able to supply the drinking water demand in rural communities without access to electrical network services. However, experiences around the world show that many enterprises have failed for not considering the local peculiarities and adequate processes of introduction and maintenance of the new technology. Thus, the objective of this work is to discuss some aspects of the main impediments to the success of water supply enterprises, in semiarid regions, based on the photovoltaic solar technology. The methodology is based on bibliographical research and field work carried through in some localities of the Brazilian northeastern region.

Keywords: Photovoltaic solar energy, water pumping, semiarid regions, drinking water.