

Obtenção de água potável utilizando eletrodialise solar

Obtaining drinking water using solar electro dialysis

Sandro César Silveira Jucá*

Este artigo apresenta as principais experiências mundiais de instalações de eletrodialise acionadas por painéis fotovoltaicos e analisa a possível aplicação de tais instalações no Nordeste do Brasil. A utilização de painéis fotovoltaicos para o acionamento deste processo, visando à dessalinização de reservas de água salobra oriundas de poços profundos, é viável e necessária devido à existência, na maior parte das regiões áridas e semi-áridas do mundo, de uma estrutura deficiente de abastecimento de água potável, e também devido ao fato de serem caracterizadas por um baixo grau de eletrificação e de níveis favoráveis de conversão elétrica da radiação solar, como ocorre no Nordeste do Brasil.

This paper shows the main worldwide experiments in PV powered electro dialysis plants and analyses possible applications of such systems in the Brazilian Northeast region. The use of PV arrays to power electro dialysis plants for desalination of brackish water from deep wells makes sense in arid and semiarid regions. In such areas there is often an inadequate water and energy supply infrastructure along with favorable levels of solar radiation for electric generation, as is the case of the Brazilian Northeast region.

Palavras-chave: Dessalinização. Eletrodialise. Solar. Fotovoltaica.

Key words: Desalination. Electro dialysis. Solar. Photovoltaic.

1 Introdução

Os resultados de uma seca dependem da capacidade de resistência e de convivência da população atingida: quanto mais carente e despreparada, maiores serão os reflexos da seca. Na tentativa de resolver o problema de abastecimento de água, têm-se utilizado duas estratégias básicas no interior do Nordeste (CARVALHO, 1995):

- a construção de açudes, visando ao armazenamento da água superficial;
- a perfuração de poços, visando ao aproveitamento da água subterrânea.

Os açudes, devido às extensas superfícies de água expostas ao sol, facilitam a evaporação de grandes quantidades de água. Cada porção de água que é evaporada deixa sobre o solo um determinado volume de sais. Este processo já tem causado a impossibilidade do uso de alguns açudes, devido à existência de elevados teores de salinidade. Um outro fator limitante para a utilização de muitos açudes é sua contaminação

* Mestre em Engenharia Elétrica. Especialista em Automação Industrial. Professor do CEFET Ceará - Área da Indústria.

por fezes humanas e de animais. Apesar desta problemática, esta água é consumida por uma grande parte da população rural do Nordeste, sendo o uso dessa água contaminada uma das causas da alta mortalidade infantil na região. Para o transporte da água até as comunidades isoladas utilizam-se baldes ou carros-pipa. A substituição do transporte dos carros-pipa por soluções efetivas constitui, portanto, tarefa de grande prioridade.

Por meio da perfuração de poços em locais adequados, é possível a obtenção de grandes volumes de água do subsolo livre de contaminação. De acordo com estudos realizados pela Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), pelo menos 19,5 bilhões de metros cúbicos de água poderiam ser extraídos por ano do subsolo nordestino sem o risco de esgotamento dos mananciais. No entanto, os poços localizados no interior do Nordeste apresentam, com frequência, elevado teor de sal na água. O processo ocorre devido ao contato no subsolo entre a água e a rocha cristalina, levando a um processo de salinização deste aquífero ao longo do tempo. Para cumprir sua função no corpo humano, a água deve possuir sais. Esta concentração não pode ultrapassar um certo limite; caso isto ocorra, prejuízos irreparáveis são causados à saúde humana. Segundo a Organização Mundial de Saúde, a água potável deve ter uma concentração máxima de sal de 500 ppm; a partir deste valor, a água é considerada salobra, e para concentrações em torno de 33.000 ppm temos a água do mar (CARVALHO, 1995).

Um fato observado no semi-árido nordestino é que determinadas populações são obrigadas ao consumo de água com níveis de salinidade acima dos padrões recomendados, devido à falta de alternativas. Este fato tem sido verificado em diversas comunidades rurais, onde a fonte de abastecimento são poços perfurados no aquífero cristalino, sendo observada uma alta taxa de sais. Cerca de 788.358 km² da região encontram-se sobre terreno cristalino, o que corresponde a 51% da área total do Nordeste (CARVALHO, 2000).

2 Processo de eletrodialise

O processo de eletrodialise consiste basicamente na transferência de íons da água a ser dessalinizada (salobra) através de membranas de cátions e ânions para um fluxo de concentrado conforme a Figura 1, onde é mostrado o processo de uma célula. Uma unidade comercial contém, normalmente, centenas de células em paralelo.

A partir desta divisão, são originados o fluxo de água potável, com concentração de sal dentro dos limites para o organismo humano, e o fluxo de concentrado de sais, com a maior parte do sal presente na água salobra original (JUCÁ *et al.*, 2004).

A água potável é armazenada para consumo e o concentrado de sais pode ter os seguintes destinos:

- reservatório aberto, onde a água é evaporada e o sal deixado pode ser usado para alimentação humana e de animais;

- coletor solar, onde a água evaporada é condensada e pode ser, então, adicionada à água potável, aumentando a produção da instalação;
- para descargas sanitárias de uma escola ou posto de saúde da comunidade;
- para irrigação de plantas (erva do sal) ou criação de peixes que suportam alto teor de sal.

Para entender o princípio do processo de eletrodiálise toma-se, como exemplo, a extração do cloreto de sódio (Na^+Cl^-), que é um dos sais dissolvidos na água salobra.

O Cátodo (-) juntamente com o Anodo (+), com aplicação de corrente contínua, provocam a separação dos sais contidos na água salobra em ânions e cátions. Os cátions sódio (Na^+) são atraídos pelo Cátodo, e os ânions cloro (Cl^-), atraídos pelo Anodo. A membrana de separação de cátions (Na^+) permite a passagem dos mesmos, que se juntam ao fluxo de concentrado de sais. Da mesma forma acontece do outro lado da célula, onde a membrana de separação de ânions (Cl^-) permite a absorção dos mesmos, que se dissolvem em outro fluxo de água salobra proveniente da fonte, formando o concentrado de sais. O fluxo de água remanescente entre as membranas corresponde ao fluxo de água dessalinizada (potável).

O processo apresenta um consumo de energia da ordem de 1,5 a 2,0 kWh/m³ de água tratada, e tende a ser econômico quando usado em água salobra, particularmente, em salinidades de até 5.000 ppm.

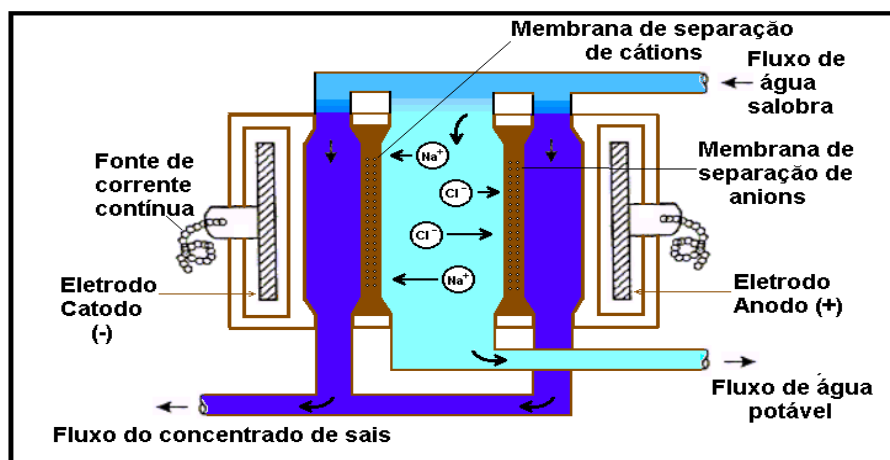


Figura 1: Processo de eletrodiálise

As membranas de separação são produzidas com tratamentos químicos em materiais poliméricos como o polietileno, sendo que o principal motivo que leva ao uso cada vez maior da eletrodiálise, em nível mundial, é o desenvolvimento alcançado na fabricação das mesmas, buscando o compromisso entre vida útil, capacidade de separação e consumo de corrente elétrica (JUCÁ, 2004).

3 Acionamento fotovoltaico do processo de eletrodialise

Como a conversão da energia solar em energia elétrica, por meio da tecnologia fotovoltaica tem mostrado viabilidade tanto econômica quanto técnica em regiões remotas sem rede elétrica – como é o caso dos sistemas de bombeamento de água e de iluminação –, a dessalinização de água salobra vem sendo uma área de pesquisa com excelentes perspectivas. Como exemplo, pode ser citado, o sistema de dessalinização utilizando a tecnologia de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos na comunidade de Coité-Pedreiras no município de Caucaia, distante cerca de 25 km de Fortaleza, que fornece água potável proveniente de um poço de água salobra com o consumo específico de energia, ou seja, a relação entre a energia consumida para dessalinização da água salobra e o volume de água potável produzida, em torno de 3,11 kWh/m³ (CARVALHO, 2000).

A estratégia de dessalinização tem o motor de indução trifásico funcionando entre 2.700 a 3.000 rpm, 120 psi aplicada à membrana de osmose reversa com taxa de recuperação em torno de 25% e uma produção média de 3,8 litros por minuto, com quatro horas diárias de funcionamento (CARVALHO, 2000).

Apesar desse acionamento da osmose reversa ter mostrado sua viabilidade técnica, a necessidade de utilização de um conversor CC-CA para alimentar o motor de indução trifásico diminui o rendimento da potência gerada pelos painéis fotovoltaicos através de perdas na conversão de corrente contínua para alternada, aumenta o custo e a complexidade do sistema, tornando-o mais susceptível a falhas.

A utilização de painéis fotovoltaicos para o acionamento de instalações de eletrodialise no Nordeste visando à dessalinização de águas salobras é coerente, principalmente devido ao uso direto da geração de corrente contínua dos painéis fotovoltaicos pelo processo de eletrodialise e ao fato do interior da região ser caracterizado por um baixo grau de eletrificação. Além disto, a região é provida dos melhores índices de radiação solar média do Brasil. Medições feitas em Coité-Pedreiras, no Ceará, indicam uma radiação média diária de 5,0 kWh/(m² dia) (JUCÁ, 2004).

Programas de dimensionamento e análise econômica de sistemas de dessalinização acionados por painéis fotovoltaicos desenvolvidos no Departamento de Engenharia Elétrica da UFC indicaram que o custo do metro cúbico de água potável produzido pelo processo de eletrodialise, para as mesmas condições técnicas e meteorológicas, é até 29 % menor que pelo processo de osmose reversa.

4 Principais experiências existentes de instalações de eletrodialise solar

As principais experiências estão localizadas em Tanot, na Índia; no Vale Spencer, nos Estados Unidos, e na cidade de Fukue, no Japão.

Em Tanot, na Índia, a água salobra apresenta concentrações de sais entre 4.500 e 5.000 ppm estando disponível em poços abertos com profundidades de 25 a 45 metros, sendo extraída geralmente com ajuda de camelos (ADIGA, 1987).

Uma planta de eletrodialise com capacidade de produção de água potável de 1m³ por dia, acionada por um arranjo de painéis fotovoltaicos com 540 Wp, foi instalada para fornecer água potável com concentração em torno de 1.000 ppm para a população local. O arranjo fotovoltaico consiste em seis módulos padrões de 30 watts de pico conectados em série, e em três séries agrupadas em paralelo para fornecer uma tensão de circuito aberto de aproximadamente 118 V, além da corrente de curto circuito de aproximadamente 5,5 A (ADIGA, 1987).

A água salobra é bombeada para uma caixa d'água através de uma bomba movida por um motor a diesel, sendo a planta de eletrodialise alimentada por gravidade. Depois que o potencial elétrico dos painéis fotovoltaicos é aplicado, a água é dessalinizada, conforme apresentado na Figura 2.

A segunda experiência é registrada no Vale Spencer, situado no Novo México, representante de muitas comunidades remotas espalhadas pelo sudoeste dos EUA que necessitam de suprimento de água potável. A planta fotovoltaica do Vale Spencer consiste em dois sistemas elétricos separados: um arranjo fotovoltaico de 1.000Wp para a bomba de água e outro de 2.300Wp para a unidade de eletrodialise. Este sistema de dessalinização por eletrodialise foi testado por um período de quatro meses em 1995. Durante o teste, produziram-se mais de 340 m³ de água potável em 3.000 horas de funcionamento. A produção diária de água potável foi de cerca de 2,8 m³, com concentrações de sais em torno de 280 ppm, a partir de concentrações de 900 ppm da água salobra. A manutenção requerida pelo sistema foi mínima, sendo feita através de limpeza ou troca semanal dos filtros de entrada de água salobra.

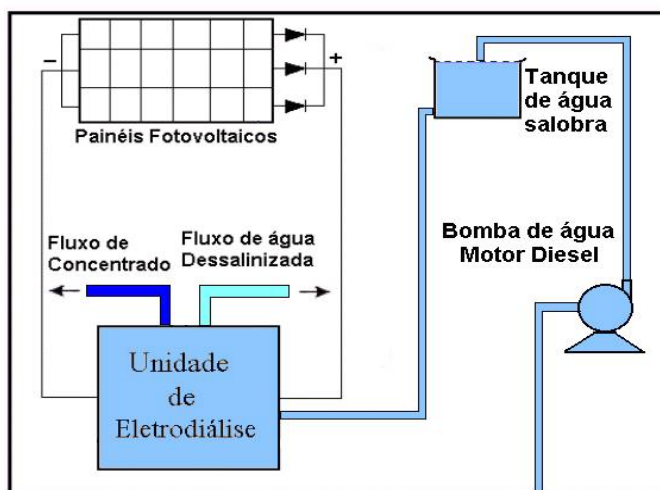


Figura 2: Instalação de eletrodialise acionada por painéis fotovoltaicos de Tanot (Índia)

Através destas condições, a relação entre a energia consumida pelo volume de água produzida foi em torno de 0,82 kWh/m³ (LICHTWADT, 1996). As principais características da planta de dessalinização do Vale Spencer estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1
Principais características de instalações de eletrodialise
acionadas por painéis fotovoltaicos em nível mundial

Características	Fukue (Japão)	Vale Spencer (EUA)	Tanot (Índia)
Potência FV (Wp)	65.000	2.300	540
Vazão de água potável (m ³ /dia)	200	2,8	1,0
Acionamento da Bomba de água	Motor CA 200V	Motor CC 120V	Motor Diesel
Utilização de Banco de baterias	Sim	Sim	Não
Salinidade da água da fonte (ppm)	300 a 735	900	4.500 a 5.000
Salinidade da água produzida (ppm)	80 a 300	333 a 885	Cerca de 1.000

A maior experiência já registrada da combinação entre dessalinização por eletrodialise e energia proveniente de painéis fotovoltaicos foi realizada na cidade de Fukue, Japão. Em 1988, Fukue foi escolhida como planta de demonstração e, por meio de uma simulação anterior do sistema, um protótipo foi desenvolvido. Após análise, o projeto e a construção foram concluídos, e o funcionamento iniciou-se em julho de 1990 (ISHIMARU, 1994).

A inspeção periódica da eficiência do sistema mostrou a comparação satisfatória entre os valores de simulação e os valores obtidos na operação da planta demonstrativa. A potência dos painéis fotovoltaicos foi da ordem de 65 kWp e a vazão média de água potável em torno de 200 m³/dia, com níveis de concentrações de sais entre 80 e 300 ppm a partir de concentrações de água salobra entre 300 ppm e 735 ppm (ISHIMARU, 1994).

Tais experimentos têm mostrado a viabilidade para dessalinização de água com concentração de sais de até 5.000 ppm. Sua grande vantagem é a obtenção de água potável proveniente da água salobra das regiões áridas e semi-áridas distantes dos grandes centros urbanos, sem a utilização da rede elétrica, o que caracteriza a maior parte do semi-árido nordestino.

5 Conclusão

O presente artigo analisou métodos de dessalinização de água salobra via instalações de eletrodialise acionadas por painéis fotovoltaicos e sua possível aplicação de tais sistemas na região Nordeste do Brasil, tendo em vista os maiores índices de radiação solar do Brasil e o potencial hídrico. Essas instalações podem contribuir de forma significativa para a geração de uma infra-estrutura no semi-árido, reduzindo o êxodo rural e criando uma base econômica para as populações interioranas.

A relação entre a energia consumida e o volume de água produzida no Vale Spencer, obtido por eletrodialise, foi em torno de $0,82 \text{ kWh/m}^3$, que é um índice baixo se comparado a $3,11 \text{ kWh/m}^3$ obtido por uma planta de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos em Coité-Pedreiras no Ceará. Programas de dimensionamento e análise econômica de sistemas de dessalinização acionados por painéis fotovoltaicos, desenvolvidos no Departamento de Engenharia Elétrica da UFC, indicaram que o custo do metro cúbico de água potável produzido pelo processo de eletrodialise para as mesmas condições técnicas e meteorológicas de Coité-Pedreiras é até 29 % menor que pelo processo de osmose reversa. Essa tendência de ser um dos processos mais econômicos para a dessalinização de água salobra reforça ainda mais a possibilidade da implementação deste processo na região Nordeste do Brasil.

Referências

- CARVALHO, P. C. M. Água potável via energia solar. SBPC, *Ciência Hoje*, v. 19, n. 110, 1995.
- CARVALHO, P. C. M. *et al.* Experiências adquiridas na implementação da primeira instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos do Brasil. 3º AGRENER, Campinas, SP, 2000.
- JUCÁ, S. C. S. *et al.* Dimensionamento de uma planta de eletrodialise acionada por sistema fotovoltaico autônomo. AGRENER 2004, 5º Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas, SP, 2004.
- JUCÁ, S. C. S. *Comparação de métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos autônomos: Aplicação a uma unidade de eletrodialise.* Dissertação de Mestrado, UFC-CT-DEE, 2004.
- ADIGA, A. *et al.* Performance analysis of photovoltaic electro dialysis desalination plant at Tanot in Thar desert. *Desalination*, n. 67, 1987.
- LICHTWADT, M. *et al.* Water Treatment using solar-powered electro dialysis reversal. Mediterranean Conference on Renewable Energy Sources for Water Production, Greece, 1996.
- ISHIMARU. Solar photovoltaic desalination of brackish remote areas by electro dialysis. *Desalination*, v. 98, p. 485-493, 1994.

