

ESTUDO DE DESSALINIZADORES POR OSMOSE REVERSA ACIONADOS POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMO FORMA DE CONTRIBUIÇÃO PARA O SEMI-ARIDO NORDESTINO

**Moura, Johnson Pontes^{I, II}; França, Kleper Borges^{II}; Silva, José
Nilton**

**^IUniversidade Federal de Campina Grande-UFCG-LABDES-
Laboratório de Dessalinização;**

**^{II}Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte-
PROMINP-PETROBRAS.**

RESUMO

Este artigo descreve as etapas iniciais de operação de um sistema combinado utilizando as tecnologias de osmose reversa e fotovoltaica, através da implementação de um projeto de doutorado. Utilizando-se sensores e um sistema de aquisição de dados, pretende-se coletar dados a respeito da funcionalidade da instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos. Com isto, pode-se chegar a conclusões a respeito da instalação como um todo ou de componentes individuais desta, com justificativas respaldadas nas próprias medições. Através da análise dos dados técnicos oriundos da instalação pretende-se conseguir a otimização do dimensionamento dos componentes da instalação para as condições peculiares do semi-árido nordestino.

Palavras-chave: Energia solar, sistema fotovoltaico, tratamento de água e osmose reversa.

ABSTRACT

This article describes the initial stages to put in operation a combined system using the technologies of reverse osmosis and photovoltaic (PV) through the accomplishment of a pioneer project in Brazil. Being used sensors and a datalogger, the project intends to collect data regarding the functionality of the PV- powered reverse osmosis plant. As a consequence, conclusions can be reached regarding the installation as whole or individual components of this, backed in the own measurements. Through the analysis of the technical data of the installation one intends to get the optimal design of the installation components for the semi-arid conditions of northeastern Brazil.

INTRODUÇÃO

Devido a aspectos culturais ou educacionais, muitos trabalhos científicos não costumam ser registrados acarretando quase sempre prejuízos para os profissionais de gerações futuras. Entretanto, as informações referentes ao projeto pioneiro de uma instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos, desde a metodologia de implementação empregada até a análise de dados qualitativos e quantitativos estão sendo devidamente registrados.

Cada vez mais os nordestinos do Brasil são forçados a explorar novas fontes de água para enfrentar de modo efetivo as condições adversas da Região. No Nordeste do Brasil existe um grande volume de água no subsolo capaz de resolver a crise da água desta região. No entanto, devido ao fato de 51% da área total do Nordeste, cerca de 788.358 km², estarem localizados sobre rochas cristalinas o contato no subsolo entre a água e a rocha ao longo do tempo leva a um processo de salinização. O alto teor de sal da água a torna imprópria para o consumo humano. Através da [figura 1](#) [SBPC, 1995], percebe-se que, com exceção do Piauí, todos os estados nordestinos localizados no polígono das secas possuem a maior parte do território sobre terrenos cristalinos.



Figura 1: Classificação dos terrenos encontrados na região Nordeste do Brasil [SBPC, 1995]

A crise da água é um problema de magnitude mundial e a osmose reversa tem se revelado uma valiosa ferramenta para solucionar este transtorno através da dessalinização de água do mar e salobra. Por sua vez, a tecnologia fotovoltaica vem se destacando em todo o mundo como uma eficiente e limpa fonte de energia. Entretanto, mundialmente, é ainda muito pequeno o número de instalações que combinam estas duas tecnologias. As principais experiências mundiais foram na Espanha, Argélia, Egito, Canadá, Itália e Arábia Saudita.

As experiências mostraram que um tratamento de água através desta combinação é viável do ponto de vista técnico. Os problemas surgidos durante o funcionamento foram devidos principalmente a um dimensionamento incorreto dos elementos para pré-filtragem. Para o caso de dessalinização de águas salobras foram alcançadas as maiores taxas de recuperação (relação entre o fluxo de água potável na saída e fluxo de água salobra ou do mar na entrada). Este fato representa uma motivação

adicional para o uso de tais instalações no Nordeste do Brasil. A [figura 2](#) mostra a proposta do presente artigo para uma instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos com sensores para medição de dados. O projeto tem como objetivo dessalinizar água salobra de poços por meio da energia solar para torná-la apropriada ao consumo humano (CARVALHO, 2000).

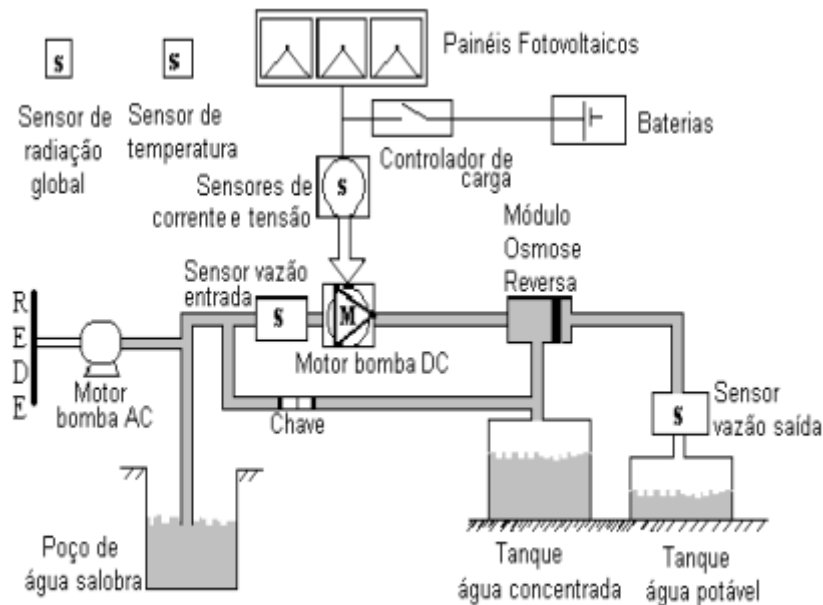


Figura 2: Instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos

METODOLOGIA

Tem-se a seguir as etapas percorridas para a realização do projeto:

- Dimensionamento aproximado de uma instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos para as condições meteorológicas e sociais encontradas no semi-árido da região Nordeste do Brasil;
- Levantamento de custos;
- Escolha de uma comunidade rural situada no Polígono da Seca para concretização do projeto;
- Definição de grandezas a serem medidas:
- Construção da instalação;
- Levantamento de dados técnicos;
- Análise de dados

A escolha deste local será concretizada após algumas condições sejam satisfeitas, tais como:

- 1) Há um poço perfurado e motor bomba com suprimento direto da rede elétrica da concessionária;
- 2) A água do poço tem um teor de sal que a torna imprópria para o consumo humano ;
- 3) Há um local seguro para toda a instalação e todos os instrumentos de medição e sensores;
- 4) Há um suporte mínimo para as pessoas envolvidas na montagem da estrutura física do projeto;
- 5) Há uma comunidade carente a ser atendida pelo projeto após sua implementação.

A base de cálculo para dimensionamento da instalação foi relacionada ao valor pretendido de m³ de água potável diários para atender a demanda da comunidade escolhida. Sendo assim, foi adquirida uma instalação que fornecesse nominalmente 0,25m³ de água potável por hora.

Comercialmente, uma instalação de osmose reversa é fornecida com um motor de indução. Entretanto, optou-se por um motor de corrente contínua devido ao custo do inversor necessário para o acoplamento do motor de indução ao módulo fotovoltaico. O inversor deveria suportar uma corrente de partida de 40A, condição verificada em laboratório, e deveria ter uma potência de 2500W. Na [tabelas 1](#) e [2](#), percebe-se a discrepância de custos quando se compara as duas possibilidades de motor bomba da instalação de osmose reversa:

Tabela 1: custo da opção 1 (inversor + motor de indução)*

Equipamento	Custo (R\$)
Inversor	5.050,00

Tabela 2: custo da opção 2 (mancal + motor de corrente contínua) *

Equipamento	Custo (R\$)
Motor de corrente contínua	180,00
Mancal	180,00
TOTAL	360,00

* Os preços das [tabelas 1](#) e [2](#) são referentes ao primeiro semestre de 2008.

DEFINIÇÃO DE GRANDEZAS A SEREM MEDIDAS

Como o projeto é pioneiro, necessitam-se de valores quantitativos e qualitativos para se dar um parecer coerente a respeito da eficiência do

mesmo. Sendo assim, através da relação de componentes que compõem a instalação, constata-se as grandezas a serem medidas.

Para permitir o conhecimento dos dados medidos, foi anexado ao projeto um sistema de aquisição de dados e um microcomputador. A [figura 3](#) mostra as conexões entre os componentes da instalação.

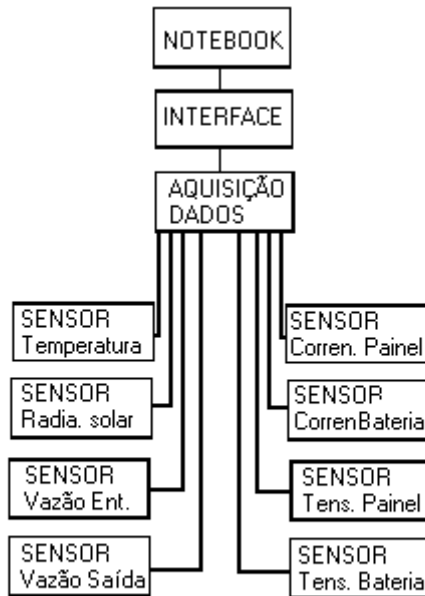


Figura3: Diagrama de blocos mostrando as conexões entre os componentes do projeto.

Os componentes da instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos são: 02 controladores de carga (30A), 08 baterias (12V), 01 instalação de osmose reversa (vazão nominal de 250 l/h), 01 motor de corrente contínua (3/4HP), 20 painéis fotovoltaicos (55Wp). A instalação é equipada com um sistema de aquisição de dados composta de 01 sensor de radiação global, 01 sensor de temperatura ambiente, 02 sensores de vazão, 02 sensores de tensão DC e 03 sensores de corrente DC, devido a configuração dos painéis fotovoltaicos.

Os painéis fotovoltaicos formam um conjunto composto por dois grupos paralelos entre si e ligados individualmente aos seus controladores de carga. Cada grupo é constituído por dez painéis de tal forma que cinco painéis estão em paralelo entre si e em série com outros cinco painéis em paralelo entre si. Os sensores de tensão DC medem a tensão dos grupos de painéis fotovoltaicos e a tensão das baterias. Os sensores de corrente medem a corrente total de cada grupo de painéis e a corrente da bateria. Os sensores de vazão medem, respectivamente, na entrada e saída da instalação, o fluxo de água salobra e o fluxo de água potável produzida.

O uso das baterias se tornou necessário para que, mesmo em dias nublados, o motor de corrente contínua receba sua tensão nominal visando garantir a rotação constante da bomba de alta pressão e consequentemente uma pressão constante aos módulos de osmose reversa. Com isto, o volume de água potável produzido é mantido dentro do valor planejado.

Durante a montagem e testes iniciais da instalação poderão ser constatados os seguintes problemas:

- 1) Por alguns instantes faltar água na entrada da instalação, comprometendo assim, a eficiência do projeto;
- 2) Não haver sido previsto um desligamento automático da instalação quando o reservatório de água potável estivesse cheio. Com isso, haverá um desperdício de água tratada;
- 3) O número de canais disponíveis no sistema de aquisição de dados seja inferior ao número de variáveis a se medir;
- 4) Existência de oxidação em algumas conexões das baterias;
- 5) Não haver uma rede de alimentação adequada para suprimento do sistema de aquisição de dados (24VAC), dos sensores de vazão (24VDC) e da placa de multiplexação (12VDC).

Para resolver os citados problemas, foram encontradas as seguintes soluções:

- 1) Colocar um relé de nível no poço perfurado e definiu-se a coluna d'água de operação segura para o motor-bomba trabalhar sem riscos para si próprio e para a instalação. Através de um comando elétrico o motor-bomba ligado à rede e à instalação são desligados automaticamente quando necessário;
- 2) Semelhante à solução anterior, introduzir também um relé de nível no reservatório de água potável e a instalação passa a ser ligada ou desligada quando este reservatório está vazio ou cheio, respectivamente.

Vale salientar que em alguns instantes o motor-bomba, ligado à rede, pode estar ligado e a instalação desligada. A água bombeada será levada ao reservatório de água concentrada, para fins de lavagem de roupa, banho, etc.

- 3) Através de um transformador abaixador, 220/24VAC, e retificador, obter-se-ao as duas fontes necessitadas. Conseguirá obter a terceira fonte, 12VDC, a partir da fonte de 24VDC e um regulador de tensão. A placa de multiplexação, composta por relés, solicita uma fonte de suprimento com 12VDC devido à tensão nominal destes relés. Estes relés de comutação têm a função de selecionar uma única variável a ser medida por vez. Todas as variáveis de tensão e corrente deste projeto estão ligadas a um único canal do sistema de aquisição de dados. A escolha da utilização da placa de relés para multiplexação foi por motivo de redução de custos e teve sua fabricação de forma artesiana em laboratório.
- 4) Limpeza periódica dos terminais das baterias com benzina;
- 5) Através da inclusão de um circuito de multiplexação, conseguirá realizar a medição de diversas variáveis estando todas ligadas a um único canal. No entanto, apenas uma variável está disponível para medição de cada vez em um período devidamente especificado para tal finalidade.

PARAMETRIZAÇÃO DOS SENSORES

PIRANÔMETRO

O piranômetro é um instrumento usado para medir radiação solar [FRAIDENRAICH, 1985]. Devido a seus detalhes construtivos, é capaz de medir a radiação proveniente de todo um hemisfério. Sua saída é expressa em W/m^2 . A [figura 4](#), mostra os detalhes construtivos deste instrumento.

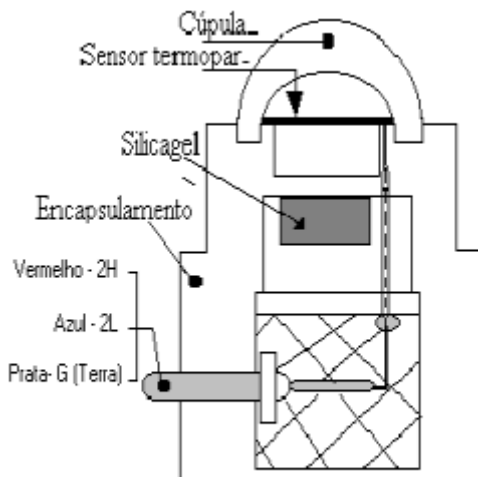


Figura4: Sensor piranômetro.

O piranômetro consiste de um sensor termopar, um encapsulamento, uma cúpula e um cabo. O termopar é coberto por uma camada absorvente preta. Esta camada absorve a radiação, e converte em calor. A energia resultante que flui é convertida em corrente que circula pelo termopar. O termopar está em paralelo com uma resistência não mostrada, para se gerar uma tensão de saída. O encapsulamento protege mecanicamente o sensor e serve como base de fixação; a sílica gel protege o sensor contra umidade. Este sensor foi montado numa estrutura metálica no mesmo plano dos painéis fotovoltaicos.

SENSOR DE TEMPERATURA

O sensor de temperatura é usado para medir temperatura ambiente. Os terminais do sensor são ligados ao sistema de aquisição de dados. Um terminal vermelho é conectado a uma única entrada analógica. Um terminal preto conecta-se a um canal de excitação.

A [figura 5](#) mostra um sensor de temperatura e suas conexões ao sistema de aquisição de dados. Nesta figura, observa-se que este tipo de sensor possui proteção de radiação de calor devido ser projetado para uso externo.

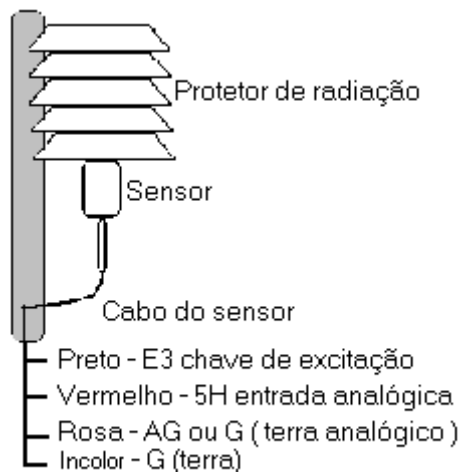


Figura 5: Sensor de temperatura.

SENSOR DE VAZÃO

São usados dois sensores de vazão neste projeto. Um dos sensores é colocado na entrada da instalação de osmose reversa, ou seja, mede-se a vazão de água salobra. O outro, é posto na saída da instalação, mede-se assim, a vazão de água potável produzida. Isto está mostrado na [figura 2](#).

Percebe-se que através destas medições consegue-se determinar a eficiência da instalação de osmose reversa.

O sensor de vazão possui palhetas que ao entrarem em contato com a água em movimento, geram pulsos elétricos. Este pulsos , através de cabos, são levados a um transmissor de vazão que decodifica estes pulsos e mostra, em "display", o valor da vazão em litros/hora ou litros/minuto. Uma outra saída deste transmissor é levada ao sistema de aquisição de dados para armazenamento das medições de vazão no decorrer de um determinado período.

A [figura 6](#) ilustra o sensor de vazão com suas conexões ao sistema de aquisição de dados e o transmissor de vazão com "display" não mostrado.

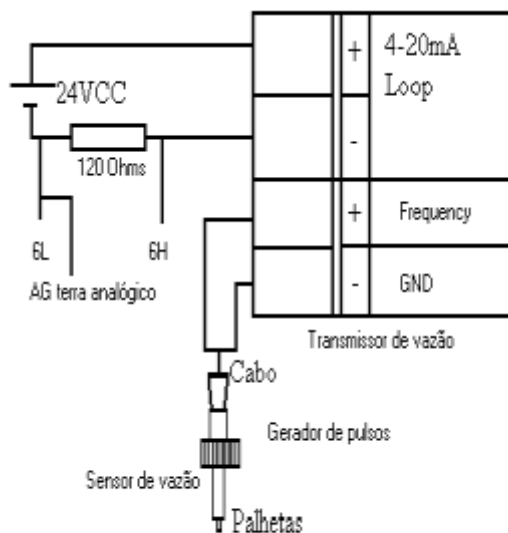


Figura 6: Sensor de vazão e o transmissor de vazão (sem o "display".)

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Sabe-se que quanto menor for o espaçamento de tempo entre as medições e quanto maior for o número de valores medidos diariamente, para cada variável, menores serão os erros de leituras e mais exatas serão as medições. Sendo assim, tornou-se indispensável o uso de um sistema de aquisição de dados para possibilitar a medição das variáveis do projeto por um período de três a seis meses e com intervalos de dez minutos entre as medições.

A captação de dados oriundos do sistema de aquisição é feita através de um "notebook" conectado a este por meio de uma porta serial RS232. Os dados coletados podem ser mostrados através de gráficos e tabelas usando-se um programa específico para este fim.

CONCLUSÕES

Deve-se ser rigorosamente cuidadoso ao lidar com medições através das quais dar-se-á um parecer a respeito de algo. Pois, pior do que não medir, é fazer medições inadequadas que levem a conclusões erradas.

As principais conclusões deste artigo são:

- 1) As medições de vazão, temperatura, radiação solar, entre outras, são informações que permitem uma avaliação qualitativa e quantitativa, de todo este projeto que é pioneiro no Brasil, com segurança e confiança nos resultados obtidos;
- 2) É imprescindível se fazer testes em laboratório, antes de levar a campo os instrumentos e equipamentos. Primeiramente, para aprender como lidar com eles e evitar erros ou situações embaraçosas no campo, onde o grau de dificuldade para se resolver algum problema é quase sempre maior. Depois, para observar o desempenho destes em condições semelhantes a

do campo. Com isto, pode-se identificar o mal funcionamento de componentes e providenciar o conserto ou sua substituição;

3) A periodicidade das medições depende diretamente do sistema de aquisição de dados. Quanto menor for este período, mais exatas são as leituras. As medições neste projeto são feitas a cada dez minutos, diariamente.

4) A manutenção dos instrumentos e equipamentos é indispensável para garantir a vida útil destes e a exatidão das medições. Como exemplos, pode-se citar que o excesso de sujeira no sensor de radiação levaria a erros na medição o que implicaria em conclusões incoerentes sobre o projeto e a ausência de manutenção das baterias poderia levar a parada total de funcionamento da instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos;

5) A necessidade do uso das baterias é indispensável pois, sem elas, o motor de corrente contínua não recebe sua tensão nominal que visa garantir a rotação constante da bomba de alta pressão e a conseqüente pressão constante aos módulos de osmose reversa;

6) A presença de tensões indesejáveis no sistema de aquisição de dados implicaria em erros de leitura e conclusões incoerentes sobre o projeto. Cuidados especiais com aterramento devem, portanto, ser tomados para que estas tensões não ocorram;

7) O êxito de um projeto como este, não depende somente de equipamentos, instrumentos e pessoal qualificado, mas também da fácil disponibilidade de uma estrutura de apoio e a participação da comunidade envolvida;

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem ao Laboratório de Dessalinização de Campina Grande(UFCG), especialmente ao Professor PhD. Kepler Borges França pela sua valiosa contribuição.

REFERÊNCIAS

[1] SBPC, Ciência hoje; Volume 19, número 110, 1995.

[2] Carvalho, P.C.M.: **Água potável via energia solar**; Ciência hoje, volume 27, número 158, março 2000.

[3] Fraidenraich, N., Lyra, F.J.M., ENERGIA SOLAR: **Fundamentos e tecnologia de conversão heliotérmica e fotovoltaica**. Ed. Universitária da UFPE, 1995.