

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE UM DESSALINIZADOR UTILIZANDO ENERGIA SOLAR

Leandro Ferreira Pinto – fp.leandro@gmail.com

Sandra Helena Vieira de Carvalho – scarvalho@ufal.ctec.br

João Inácio Soletti – jsoletti@ufal.ctec.br

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia.

Marcus Antônio Lima Moura – malm@ccem.ufal.br

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas.

Resumo. Mais de 2/3 da superfície da terra está coberto com água, sendo 97% salgada, e do restante apenas 1% pode ser utilizada para o consumo humano. Com a escassez da água aumentando dia a dia devido ao aumento da população, crescimento industrial e da agricultura e mudanças climáticas, torna-se mais evidente a preocupação de como adquirir água potável para o consumo humano. Uma das alternativas é a dessalinização dessas águas utilizando energia solar, uma vez que o sol é uma fonte “inesgotável” de energia, totalmente limpa. O princípio básico da dessalinização é simples e efetivo, uma vez que replica o caminho natural da purificação da água: a luz solar aquece a água até a temperatura de vaporização; quando a água evapora, o vapor de água purificado sobe, condensa na superfície do vidro e é coletado. O presente trabalho tem como objetivo o estudo de um dessalinizador para água salobra, de baixo custo, para uso familiar, que possa atender a comunidades na região do semi-árido brasileiro. O processo pode ser aplicado tanto à água do mar (total de sólidos dissolvidos igual a superior a 30.000 mg/L), como à água salobra, proveniente de poços, (total de sólidos dissolvidos entre 500 e 30.000 mg/L). Neste trabalho foram estudadas as inter-relações de temperatura na lâmina d’água, no vapor produzido e no ambiente externo. Foram estudadas ainda a altura da lâmina de água e a salinidade da água

Palavras - Chave: Destilação, Dessalinização e Energia solar.

1. INTRODUÇÃO

A dessalinização térmica é um dos processos mais antigos, imitando a circulação natural da água. O modo mais simples, a “destilação solar”, é utilizada em lugares quentes, com a construção de grandes tanques cobertos com vidro ou outro material transparente, onde a luz solar atravessa o vidro; a água do líquido evapora; os vapores se condensam na parte interna do vidro; transformando-se em água potável, que escorre para um sistema de recolhimento, Fig. 1. Dessa forma, separa-se a água de todos os sais e impurezas (Tleimat, 1979). A melhor solução, neste caso, é a utilização de energia solar, que possui um baixo valor comercial, não consome recursos como petróleo e carvão e não agride o meio ambiente (Soares, 2004).

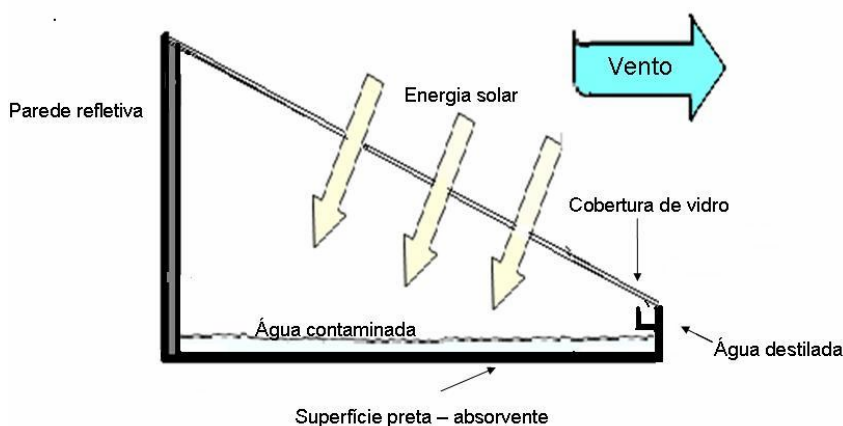


Figura 1 – Princípio de um dessalinizador

A dessalinização da água há muito tempo tem sido considerada uma opção atrativa para a crescente demanda mundial de água potável. O processo pode ser aplicado tanto à água do mar (total de sólidos dissolvidos igual a superior a 30.000 mg/L), como à água salobra subterrânea (total de sólidos dissolvidos entre 500 e 30.000 mg/L), proveniente de poços e que, apesar de apresentar salinidade inferior à água do mar, ainda está acima dos limites de potabilidade e uso doméstico (CONAMA 357, 2005).

Al-Hinai *et. al.* (2002) considera que a destilação solar é uma tecnologia bastante promissora, principalmente em regiões de grande insolação e áreas desertas, entretanto são necessários estudos e pesquisas com vistas a melhorar os rendimentos e aumentar a viabilidade dessa técnica. Deve-se salientar que a eficiência da destilação solar está diretamente relacionada com as condições climáticas (como umidade do ar, ventos, insolação, nebulosidade) e com a capacidade do equipamento em absorver a energia incidente. Bezerra (2001) recomenda uma inclinação mínima possível para aumento da eficiência, estando essa inclinação em torno de 20° aqui no Brasil, porque a absorção é máxima quando o ângulo de incidência é de 90°. Sabe-se ainda, que essa eficiência sofre variação com a latitude e longitude.

Segundo Bezerra (2001), a eficiência de um dessalinizador ainda depende das perdas térmicas por condução, convecção e radiação, além de certa perda de água que entra em equilíbrio dinâmico, por isso raramente o rendimento de um dessalinizador de bandeja simples excede 60%, chegando a 4,2 L/m² de água destilada.

Este trabalho relaciona as inter-relações entre as seguintes variáveis: temperatura na lâmina d'água, no vapor produzido e no ambiente externo, altura da lâmina d'água, influência da salinidade da água em relação a destilação, volume de água destilada e radiação solar.

2. METODOLOGIA

A metodologia foi dividida em dois segmentos: um relacionado à montagem de dois dessalinizadores, nos quais foram utilizados materiais de fácil aquisição e baixo custo; e, um segundo, referente a instrumentação e obtenção de dados experimentais. Os dessalinizadores foram construídos pelos próprios pesquisadores do projeto, no Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processo – LASSOP da Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Os seguintes parâmetros foram analisados: altura da lâmina de água (correspondente a 10L e 20L); salinidade da água (0 mg/L, 800mg/L e 1600mg/L); vazão de água dessalinizada; e, radiação solar. A capacidade dos dessalinizadores (vazão de água dessalinizada produzida em um intervalo de tempo) foi determinada levando em consideração as variações das seguintes temperaturas: da superfície da água, $T_{\text{água}}$; do meio (ar dentro do dessalinizador); e do vidro de cobertura, T_{vidro} . Desse modo pode-se avaliar o efeito de diferentes condições climáticas, com relação a diferentes salinidades e altura da lâmina d'água. Os dados de temperaturas e radiação foram obtidos através de uma estação meteorológica e armazenados em um “datalogger” conectados ao dessalinizador. A água produzida no dessalinizador foi medida através de um pluviômetro, conectado ao “datalogger”. Foram coletados dados referentes às temperaturas da água no dessalinizador e da radiação do ambiente durante as 24 horas do dia. Para cada experimento foram utilizados os dois dessalinizadores com volumes de águas iguais e concentrações de sais diferentes. Os dessalinizadores solares foram construídos com as seguintes dimensões: 0,5 m de comprimento; 1,25m de largura; alturas de 0,1m e 0,4m, correspondente as laterais, nas quais é apoiada a cobertura de vidro, com área de 0,8375m² e espessura de 0.005m, formando um ângulo $\alpha=26.6^\circ$ com a horizontal e 63.4° com a vertical. As paredes foram revestidas e isoladas com uma lona preta, Figs. 2 e 3.



Figura 2 – Vista lateral da unidade experimental de dessalinização solar construída no LASSOP.

Para efeito de desempenho do equipamento, foi, aqui, chamado de eficiência, o percentual, em volume, de água produzida a partir de uma água salina a uma dada concentração em g/mL, considerando-se como padrão, o volume produzido a partir de uma água isenta de sal (concentração de 0 mg/L). Ou seja, a relação entre o volume de água produzida a partir de uma dada concentração (g/mL) e o volume de água produzida a partir de uma água isenta de sal (0 g/mL), multiplicado por 100.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A eficiência dos dessalinizadores foi obtida através de experimentos em diferentes condições: altura da lâmina d'água, radiação solar, salinidade da água, temperatura na lâmina d'água e do ambiente externo. Os dessalinizadores trabalharam simultaneamente, cada um com volumes iguais de água, mas concentrações diferentes de sais.

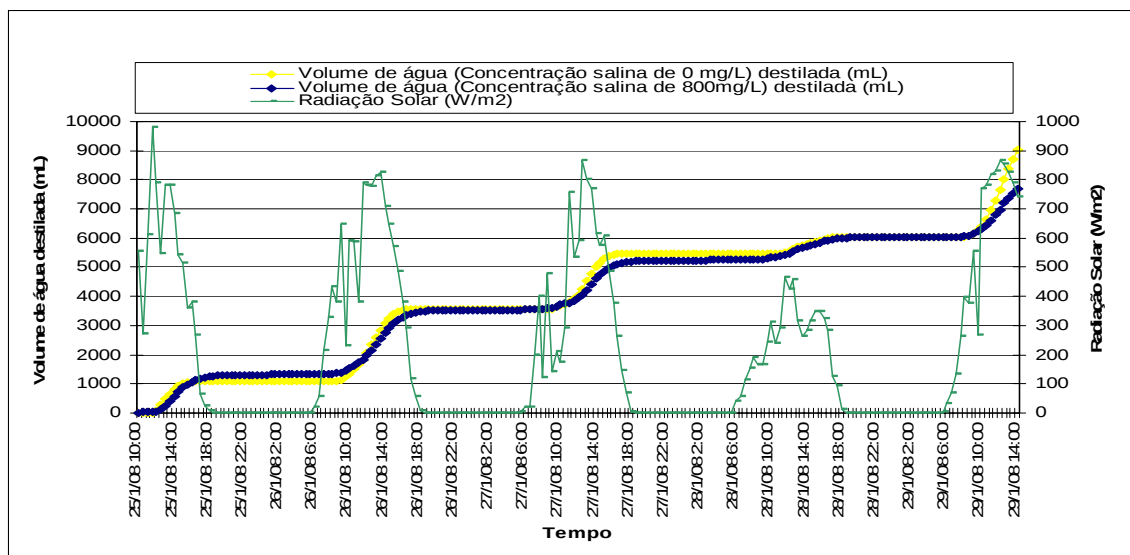


Figura 4 – Volume de água destilada por intervalo de tempo, para um volume inicial de água de 10 litros, com concentração de sais de 0mg/L e 800mg/L

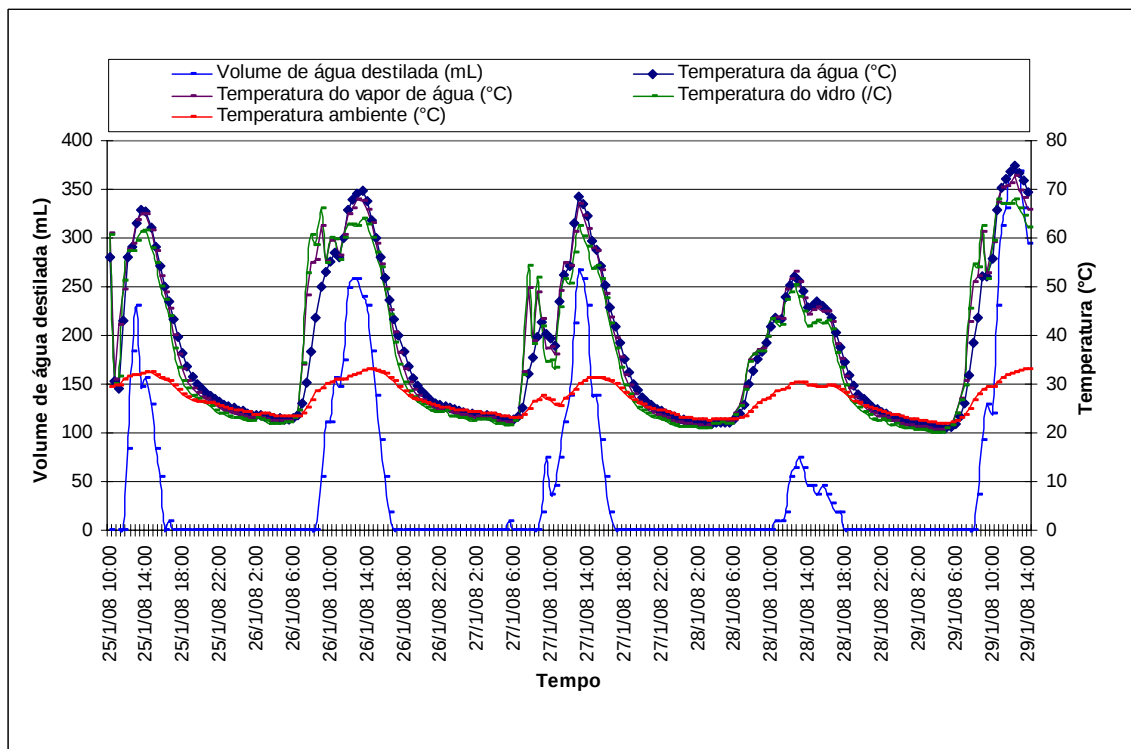


Figura 5 – Perfil de temperaturas e volume destilado. Concentração inicial de sal 800 mg/L.

A Fig. 4 apresenta o volume de água destilada por intervalo de tempo para as concentrações de sal de 0 mg/L e 800mg/L, em experimento realizado entre os dias 25 e 29 de janeiro, com a mesma radiação solar para os dois dessalinizadores, apresentada no eixo vertical à esquerda. Pode-se observar uma pequena vantagem na destilação de água do dessalinizador com concentração de 0 mg/L sobre o de concentração de 800 mg/L. Contudo, esta primeira avaliação não apresenta dados suficientes para se fazer inferências quanto ao desempenho dos dessalinizadores mediante a influência da concentração de sais na água a ser evaporada, visto que a diferença entre os volumes de água destilados não é significativa.

As Figs. 5 e 6 apresentam os dados obtidos para o mesmo período do ensaio, sendo na primeira figura apresentado, simultaneamente, o volume de água destilada e o perfil das seguintes temperaturas: ambiente, do vapor d'água, da água e do vidro. Através da Fig. 5 observa-se que as temperaturas dentro do dessalinizador acompanham as variações da temperatura ambiente. Observa-se o intenso calor dentro do dessalinizador, atingindo picos de temperaturas de 70 °C.

A Fig. 6 apresenta o perfil da concentração de sal no dessalinizador, partindo-se de uma concentração inicial de 800 mg/L. Pode-se observar o aumento da concentração de sal com a redução do volume de água no dessalinizador, uma vez que a água evaporada, é praticamente isenta de sais.

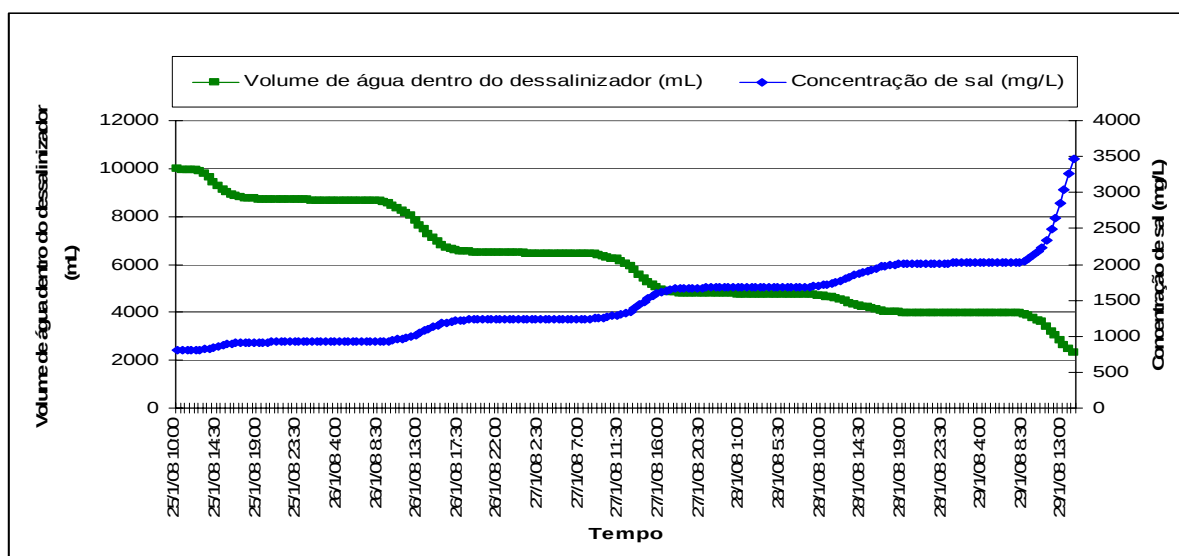


Figura 6 – Perfil da concentração de sais no dessalinizador. Concentração inicial de sal 800 mg/L.

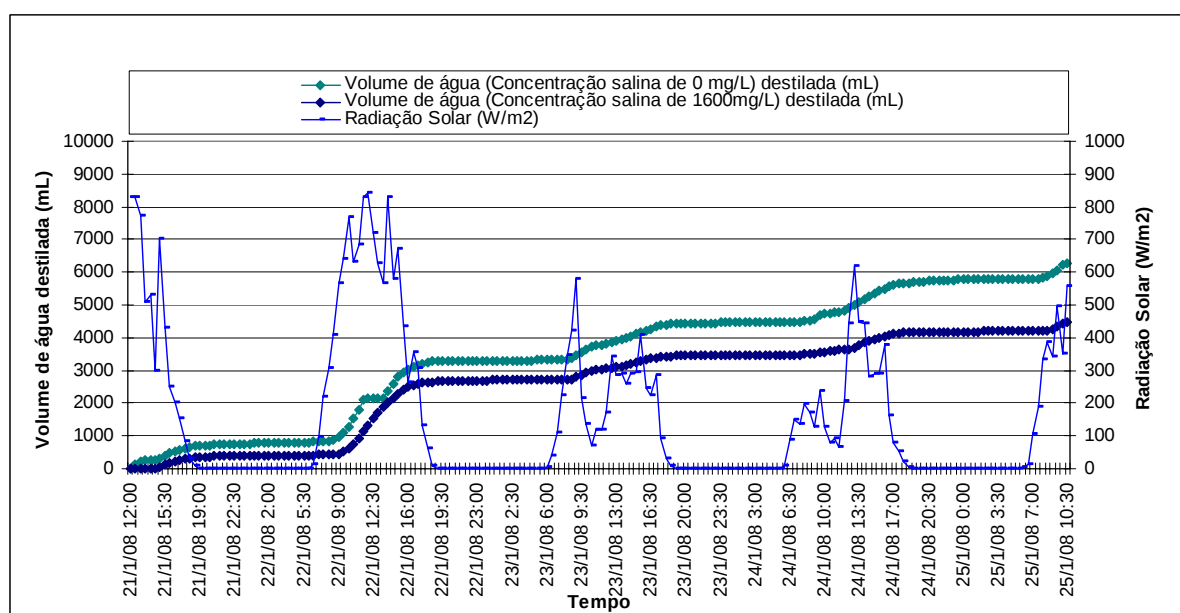


Figura 7 – Volume de água destilada por intervalo de tempo, para um volume inicial de água de 10 litros, com concentrações de sais de 0mg/L e 1600mg/L

A eficiência da destilação de água, com concentração inicial de sal de 800 mg/L, e um volume inicial de 10L foi de 85% (7,7L) em relação à destilação do mesmo volume com concentração de sal 0 mg/L (9,1L).

Através da Figura 7 é possível verificar que o dessalinizador com concentração de sais de 1600 mg/L apresenta menor eficiência, 71%, equivalendo à produção de 4,5L, em relação ao outro que não contém sais (0mg/L), o qual produziu 6,3 L de água, sendo submetidos a uma mesma radiação solar, em experimento realizado entre os dias 21 e 25 de janeiro. Como esperado, quanto maior a concentração de sal, menor será o volume de água destilada.

As Figs. 8 e 9 apresentam o volume de água destilada por intervalo de tempo, para um volume inicial de água de 20 litros, com concentrações iniciais de sais de 0mg/L - 800mg/L e 0mg/L - 1600mg/L, respectivamente. Nos dados apresentados na Fig. 8, os dessalinizadores foram submetidos à mesma radiação solar e o experimento foi realizado entre 27 de fevereiro a 03 de março e, par a Fig 9, os experimentos foram realizados no período de 10 e 19 de março de 2008. Semelhantemente ao observado nas Figs. 4 e 7, utilizando-se uma concentração de 800mg/L de sais obtém-se um menor volume de água destilada (8,7 L), o que representa uma eficiência de 65%, em relação ao dessalinizador com 0 mg/L de concentração (13,6L).

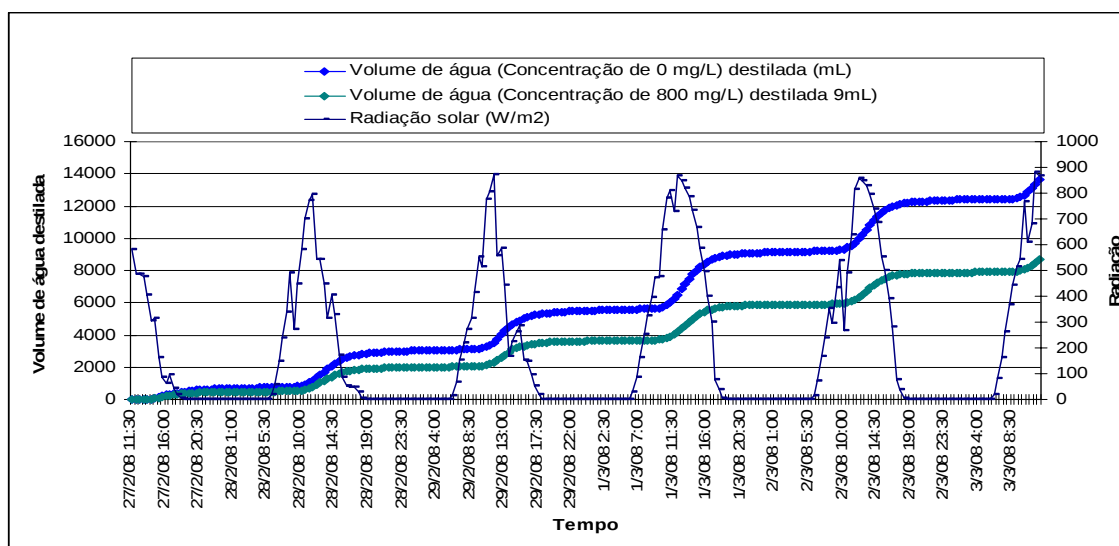


Figura 8 – Volume de água destilada por intervalo de tempo, para um volume inicial de água de 20 litros, com concentrações de sais de 0mg/L e 800mg/L

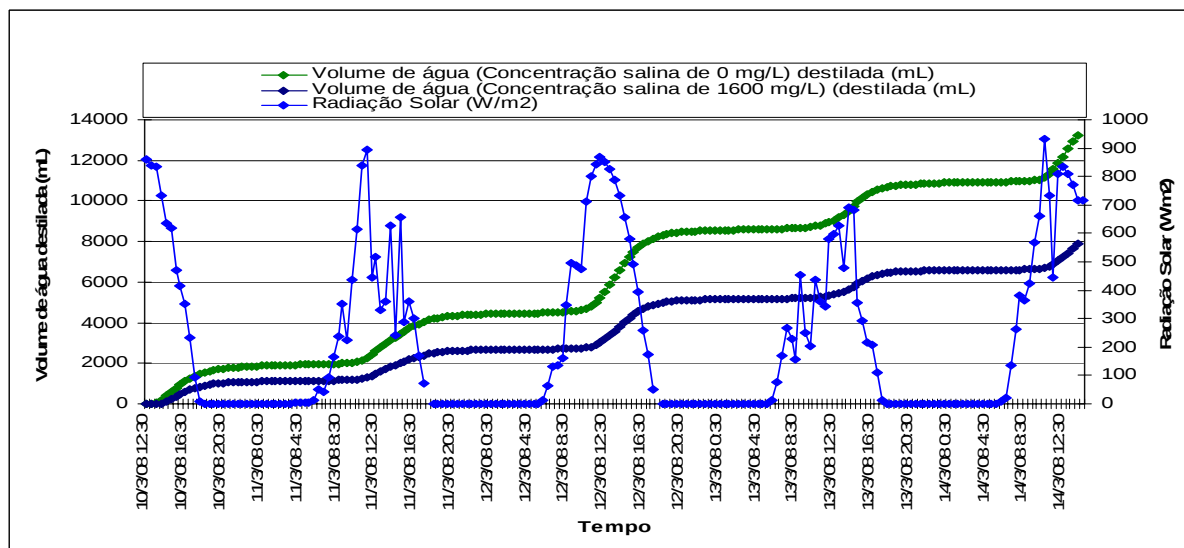


Figura 9 – Volume de água destilada por intervalo de tempo, para um volume inicial de água de 20 litros, com concentrações de sais de 0mg/L e 1600mg/L

Ao comparar os volumes destilados, é possível observar que a eficiência no dessalinizador com concentração de sais de 1600 mg/L foi bem inferior à observada para a concentração de 0 mg/L. A eficiência da destilação, no que diz respeito ao volume de água produzido, para uma solução com concentração de sal de 1600 mg/L foi de 59% (7,8L) em relação a destilação de água isenta de sal (13,2L). Mais uma vez, esse comportamento demonstra a influência da concentração de sais na evaporação da água.

Durante os experimentos, a quantidade diária de água dessalinizada produzida variou entre 1,0 L a 2,6L de água, conforme a Tab.1, considerando as condições impostas aos experimentos, referentes aos dois dessalinizadores (I e II) que operaram simultaneamente. Independentemente da salinidade da água e da altura a lâmina d'água utilizada nos experimentos, os perfis das curvas de "volume de água destilada por incidência da radiação" apresentam um

comportamento semelhante, uma vez que a variação da incidência solar apresenta um ciclo diário, com um pico de máxima produção de água no horário de meio dia a uma hora da tarde. Após este período, apesar da redução da incidência solar, o dessalinizador mantém a temperatura, apresentando uma expressiva produção até cerca das dezesseis horas. A partir deste horário há uma queda representativa na produção de água, a qual é reduzida gradativamente, sendo praticamente nula a partir das vinte e duas horas. Foi também observado que a variação da altura da lâmina d'água alterou a eficiência do sistema, no que diz respeito ao volume de água destilado, quando comparado com o mesmo sistema utilizando água sem salinidade. Para uma análise mais conclusiva, há necessidade de avaliar a incidência solar para cada período de realização dos experimentos.

Com relação à influência da salinidade da solução, o aumento da salinidade reduziu a vazão de água produzida, o que pode ser explicado pelo Diagrama de Dühring (Perry e Green, 1984).

Tabela 1 – Volume de água destilada em relação às concentrações e volumes iniciais

Experimento	Volume inicial (L)	Concentração I (mg/L)	Volume destilado I (L/dia)	Concentração II (mg/L)	Volume destilado II (L/dia)	Eficiência (%)
1	10	0	2,3	800	1,95	85
2	10	0	1,3	1600	1,0	71
3	20	0	2,3	800	1,5	65
4	20	0	2,6	1600	1,5	59

Foram, também, realizados experimentos com águas salobras de poços artesianos de algumas regiões de Alagoas. Esses experimentos apresentaram comportamentos semelhantes aos apresentados. As águas produzidas nos dessalinizadores apresentaram características: inodora, insípida, incolor, e uma concentração de sal na faixa de 200 mg/L, um valor bem abaixo do máximo permitido pela resolução CONAMA 357 (2005). A Figura 10 mostra o aspecto visual da água de entrada e saída nos dessalinizadores.



Figura 10 – Aspecto visual da água de entrada e saída nos dessalinizadores

4. CONCLUSÃO

Foram construídos dessalinizadores solar utilizando materiais de fácil aquisição e baixo custo, com área de condensação de $0,8375\text{m}^2$, de forma a torná-lo acessível a pessoas de baixa renda residentes no sertão, as quais sofrem com a escassez de água potável.

Os experimentos mostraram que a quantidade de sais dissolvidos é inversamente proporcional ao volume de água produzido, considerando dessalinizadores submetidos às mesmas condições operacionais. O volume diário de água produzida nos dessalinizadores foi de até de 2,6 litros de água destilada, obtendo-se uma concentração de sal na faixa de 200 mg/L, independentemente da concentração inicial de sal utilizada no equipamento.

O dessalinizador solar pode ser utilizado para solucionar problemas de tratamento de água, em pequena escala, desde que as condições necessárias para o uso dessa tecnologia se façam presentes, quais sejam: altos índices de insolação, indisponibilidade de água doce e água salobra abundante. Esses dessalinizadores apresentam um baixo investimento inicial, a tecnologia é de baixa complexidade, pouca manutenção e grande confiabilidade.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPAL, pela bolsa de iniciação científica, concedida ao aluno do curso de engenharia química.

REFERÊNCIAS

- Al-Hinai, H. Al-Nassri, M. S., Jubran, B. A., 2002. Parametric investigation of a double-effect solar still in comparison with a single-effect solar still. *Desalination*, 150, 75-83.
- Bezerra, A. M. ,2001. *Aplicações Térmicas da Energia Solar*. Editora Universitária UFPB. 4ª ed, João Pessoa, PB.
- CONAMA, 2005. Resolução nº 357, de 17/03/2005. Site, www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf, acesso em 28 de maio de 2008.
- Perry R. H., Green D., 1984. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 6ª ed., McGraw-Hill Int. Ed.
- Soares, C - Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada – Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de engenharia ambiental. 2004. Trabalho final de mestrado.
- Tleimat, B. W. Destilação solar: La evolución de la técnica. Tecnología para aprovechar la energía solar. N 5, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Nueva York, Estados Unidos da América, 1979.

STUDY OF EFFICIENCY OF A DESALINIZATOR USING SOLAR ENERGY

Abstract. More than 2/3 of the earth's surface is covered with water, been 97% salt water, and of the remaining only 1% can be used for human consumption. With the increasing of the scarcity of water because of the increased population, industrial and agriculture growth and climate change, it becomes more evident the preoccupation of get potable water for human consumption. One of the alternatives is the desalination of water using solar energy as the sun is a "inexhaustible" source of energy, completely clean. The basic principle of desalination is simple and effective, since replica the natural path of the water purification: the sunlight heats the water to the temperature of steaming, when the water evaporates, the purified water steam rises, condenses on the surface of the glass and is collected. This paper aims to study of a dessalinizador to brackish water, low-cost, for family use, which can meet the communities in semi-arid region of Brazil. The process can be applied to both the sea water (total dissolved solids equal or more than 30,000 mg/L) as to the brackish water, from wells, (total dissolved solids between 500 and 30,000 mg/L). This work studied the interrelations of temperature of the layer of water, and of the steam produced in the external environment. It was studied yet the height of the blade of water and salinity of water

Key words: Distillation, Desalinization, Solar energy.