

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM EVAPORADOR SOLAR

SOUZA, A. M. N. ¹, FERNANDES, S. S. ², WOHLBERG, J. C. ³, LIMA, F. R. M. ⁴,
RODRIGUES, L. M. ⁵, SOUZA, T. R. ⁶

¹ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil

² Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil

³ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil

⁴ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil

⁵ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil

⁶ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil

RESUMO

A problemática do rejeito de efluentes industriais no ambiente têm se agravado com o passar do tempo. As empresas devem investir em tecnologias de tratamento ou enviar os efluentes gerados a empresas especializadas em descarte desses efluentes. Essas empresas cobram por volume a ser tratado, tornando-se uma parte importante do orçamento de qualquer projeto. Pensando nessas questões foi criado um evaporador solar a partir de material reciclado, com o objetivo de concentrar soluções diluídas, utilizando a energia proveniente do sol, reduzindo o volume das soluções. Para atingir esse objetivo foi desenvolvido e construído um equipamento constituído por um coletor solar tipo placa plana, com um promotor de película aderido a superfície do coletor, distribuidor de líquidos, coletor de concentrados e acessórios. A metodologia utilizada nesse experimento foi a realização de testes durante o dia (das 9:00hs até as 17:00hs), seguindo um planejamento fatorial 2² com seis pontos centrais, variando-se a vazão do líquido que está sendo escoado pela placa, assim como também a sua inclinação. Como respostas serão obtidas as porcentagens de evaporações da solução. Dentre todos os experimentos realizados, o que apresentou maiores valores de porcentagem de evaporação, ao longo de todo o dia, foi o experimento que manteve uma inclinação da placa plana de 20° e uma vazão de alimentação de 1,5. 10⁻³ kg/s, chegando a valores de 18,4%. A partir desses resultados, pode-se dizer que o equipamento apresenta futuro promissor para ser utilizado na evaporação de soluções, utilizando energia solar como meio de aquecimento.

Palavras-chave: energia solar, evaporação, concentração de soluções.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas da indústria é o descarte adequado de seus resíduos. Antigamente eram descartados em cursos d'água, mas, atualmente devido às políticas ambientais esse tipo de descarte já não é mais bem recebido. Os órgãos de controle ambiental têm estabelecido padrões cada vez mais rigorosos para o controle do descarte desses resíduos, obrigando a implantação de eficientes

tecnologias de tratamento ou o envio para empresas especializadas (ALDABÓ, 2002).

Uma alternativa de tratamento de efluentes líquidos é o uso da evaporação solar, que concentra tais efluentes e mostra-se eficaz com solutos prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente (MACEDO, 1996). A evaporação solar também pode ser usada na concentração de soluções visando apenas uma redução de volume, que segue para a destinação final ou descarte.

Observando essa tendência, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um evaporador de placa plana, em escala de laboratório, empregando material reciclado como matéria prima. Esse evaporador utiliza energia solar como meio de aquecimento e se destaca como um procedimento ecologicamente correto de concentrar soluções diluídas, provenientes de processos industriais, reduzindo seu volume. Esse fato é interessante, uma vez que os laboratórios da universidade pagam as empresas que realizam o tratamento de efluentes, por litro de solução enviada.

2 METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS)

Foi desenvolvido um evaporador solar conforme pode ser observado na Figura 1. O equipamento possui: um coletor solar de placa plana (1); um promotor de película aderido a superfície do coletor (2); um distribuidor de líquidos (3); coletor de concentrados (4); mais acessórios.

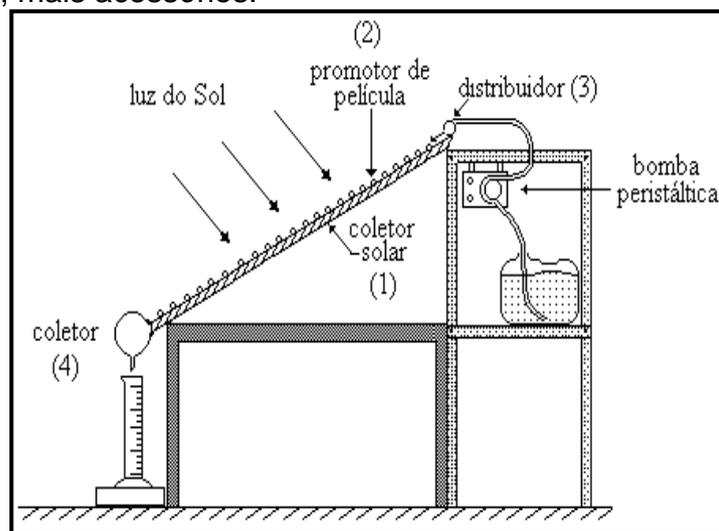


Figura 1. Esquema do Equipamento

Os coletores planos utilizados na evaporação solar, geralmente apresentam-se no formato retangular, sendo o comprimento do ramo ascendente duas vezes maior que o comprimento do ramo horizontal e com a dimensão de 1 m^2 , aproximadamente (Hongfei, 2001; Boucekima et al., 2001; Sartori, 1996). Quando se necessita de uma área maior para troca térmica, utilizam-se vários coletores com 1 m^2 , até que se atinja a área requerida no projeto. Por isso o coletor utilizado nesse estudo mediu $150 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$, apresentando $1,05 \text{ m}^2$ de área disponível para a coleta de radiação solar.

Os experimentos foram realizados no mês julho do ano de 2014, na Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, campus Bagé, seguindo um planejamento fatorial, sendo do tipo 2^2 com 6 pontos centrais, onde as variáveis de

entrada foram: a vazão do fluido de alimentação (nível mínimo de $1,5 \cdot 10^{-3}$ kg/s, ponto central de $3,0 \cdot 10^{-3}$ kg/s e nível máximo de $4,5 \cdot 10^{-3}$ kg/s) e a inclinação da placa (nível mínimo de 20° , ponto central de 40° e nível máximo de 60°) e a variável de saída foi a taxa de evaporação. Foi realizado um planejamento fatorial para cada horário do dia (9:00h, 10:00h, 11:00h, 12:00h, 13:00h, 14:00h, 15:00h, 16:00h e 17:00h).

Todos os experimentos foram realizados de forma contínua das 9:00 as 17:00 horas, para verificar como o equipamento se comportava no decorrer de todo o dia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de radiação solar global e difusa, utilizados nesse trabalho, foram obtidos na Estação Meteorológica da Universidade de Santa Maria – RS, pois Bagé não dispõe desses dados. Mesmo com a distância de 250 km entre Bagé e Santa Maria, os valores de radiação podem ser utilizados com uma boa aproximação.

Os valores das médias mensais de radiação solar global e difusa para Bagé foram os valores de 10,96 MJ/m².dia e 2,444 MJ/m².dia. Vale a pena ressaltar que em 2014 Bagé apresentou um inverno atípico, apresentando valores de radiação e temperaturas acima da média de anos anteriores.

Os resultados obtidos, seguindo o planejamento fatorial, podem ser visualizados na Tabela 1.

Vazão Cod.	Inclinação Cod.	%Evap (9:00 hs)	%Evap (10:00 hs)	%Evap (11:00 hs)	%Evap (12:00 hs)	%Evap (13:00 hs)	%Evap (14:00 hs)	%Evap (15:00 hs)	%Evap (16:00 hs)
-1	-1	8,9	15,2	16,5	23	18,4	16,8	13,5	11,0
+1	-1	4,5	3,9	6,1	6,4	6,5	7,0	6,2	5,9
-1	+1	3,8	7,6	10,9	13,3	13,9	13,6	10,5	8,6
+1	+1	1,2	3,2	5,7	6,9	6,8	9,9	7,2	6,9
0	0	4,3	8,6	6,9	7,4	8,1	7,6	6,7	6,4
0	0	4,8	7,1	7,5	12,0	9,3	6,7	6,6	8,5
0	0	4,9	5,0	6,1	11,7	10,1	9,4	6,4	5,0
0	0	4,3	8,2	5,6	8,9	9,9	8,6	7,3	6,4
0	0	4,5	5,4	6,8	10,2	9,8	8,4	8,0	7,2
0	0	3,2	4,9	6,1	10,9	10,0	8,7	7,9	6,8

Tabela 1 - Planejamento experimental e resultados obtidos para o mês de julho de 2014 em Bagé.

A partir dos resultados obtidos verifica-se que os valores de porcentagem de evaporação variam para cada horário de um mesmo dia. Esse fato ocorre porque os valores de irradiância solar incidente sobre o equipamento e outras variáveis meteorológicas (pressão atmosférica, temperatura atmosférica, umidade relativa e velocidade do vento) não se mantiveram constantes ao longo do dia.

Nota-se também que os resultados de % Evap obtidos em dias diferentes, para um mesmo horário, mesma vazão de alimentação e mesma inclinação da placa (pontos centrais), também apresentam diferenças, ocasionadas pela diferença do ângulo de incidência dos raios solares (em diferentes horários e diferentes dias) sobre a superfície da placa inclinada e pelas variáveis ambientais.

Dentre todos os experimentos realizados, o que apresentou maiores valores de porcentagem de evaporação, ao longo de todo o dia, foi o experimento que manteve uma inclinação da placa plana de 20° e uma vazão de alimentação de $1,5 \cdot 10^{-3}$ kg/s. Estes resultados seriam esperados por análise física, uma vez que, vazões baixas implicam em menor espessura do filme e maior temperatura na interface beneficiando a evaporação. Quanto à inclinação da placa, valores próximos a horizontal acarretam em uma menor velocidade de escoamento do líquido, aumentando o tempo de residência do líquido em contato com a superfície aquecida da placa plana, beneficiando a troca térmica e conseqüentemente elevando os valores de %Evap, devido à inclinação dos raios solares.

Os maiores valores de porcentagem de evaporação ocorreram das 11:00 horas as 15:00 horas em todos os experimentos. Isso ocorre devido à influência dos altos valores de irradiância direta e baixos de irradiância difusa e das variáveis ambientais, pois neste horário o ambiente geralmente apresenta-se com baixos valores de umidade relativa ($45,3 \pm 8,2$ %) e maiores valores de temperatura ambiente ($18,5 \pm 6,2^{\circ}\text{C}$).

4 CONCLUSÃO

O equipamento desenvolvido apresenta taxas de evaporação consideráveis, o que nos leva a acreditar num futuro promissor para uso desse equipamento em todo o território nacional, uma vez que trata-se de um equipamento barato, de fácil instalação e manutenção e ecologicamente correto para evaporar soluções diluídas a partir da energia solar. Em trabalhos futuros será testado o uso do equipamento para evaporar efluentes do laboratório da universidade.

5 REFERÊNCIAS

- ALDABÓ, R. (2002) Energia Solar. Artliber: São Paulo.
- BOUCHEKIMA, B.; GROS B.; OUAHES R.; DIBOUN M. (2001) The performance of the capillary film solar still installed in South Algeria *Desalination*, v. 137, p. 31-38.
- HONGFEI, Z.(2001) Experimental study on an enhanced falling film evaporation - air flow absorption and closed circulation solar still. *Energy*, v.26, p. 401- 412.
- MACEDO, H. (1996) Tratamento de águas com altas concentrações de cloretos. 1996. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SARTORI, E. (1996) Solar still versus solar evaporator: a comparative study between their thermal behaviors. *Solar Energy*, v.56, nº2, p.199-206.