

PRODUÇÃO DE ÁGUA CINZA TRATADA A PARTIR DE UM DESSALINIZADOR SOLAR PARA REUSO

ROCHA¹, Genilma M. G.; MARINHO², Albanise B.; SANTOS³, Dayse F. O.;
RÊGO⁴, Andryelle M. S.; VIANA⁵, Wanderley F.

¹ Universidade Federal da Paraíba.

² Universidade Federal da Paraíba.

³ Universidade Federal da Paraíba.

⁴ Universidade Federal da Paraíba.

⁵ Universidade Federal da Paraíba.

*E-mail do autor correspondente: mariagenilma78@gmail.com

RESUMO: Este estudo apresenta o desenvolvimento e a avaliação de um purificador solar de águas brutas, adaptado a partir de um dessalinizador solar, com o objetivo de produzir água de reuso destinada a sistemas agrícolas. O equipamento foi instalado no Campus III da UFPB, adaptado a partir de uma tecnologia já existente, utilizando materiais acessíveis, incluindo estrutura de alumínio, cobertura acrílica, sistema de condensação e isolamento térmico, visando maximizar a eficiência energética. A água residuária proveniente de máquina de lavar roupas foi utilizada como fonte para o processo de evaporação e condensação. A produção de água tratada foi monitorada durante 10 horas diárias, totalizando 22,8 litros em três dias nublados. A análise estatística identificou diferenças significativas na produção ao longo do dia, com melhor ajuste pelo modelo GLM quasipoisson. A tendência revelou comportamento polinomial, com pico de produção média estimado em 1.294 mL às 14h22min. Os resultados demonstram que o purificador apresenta eficiência e potencial para aplicação em ambientes rurais, contribuindo para práticas sustentáveis de manejo hídrico e segurança no uso de águas de reuso.

Palavras-chave: Dessalinização solar; Efluentes domésticos; Gestão hídrica.

ABSTRACT: This study presents the development and evaluation of a solar thermal purifier for raw wastewater, adapted from a solar desalination system, aimed at producing reclaimed water for agricultural use. The equipment was installed at Campus III of the Federal University of Paraíba and constructed with accessible materials, including an aluminum structure, acrylic cover, internal condensation channels, and thermal insulation to optimize energy efficiency. Wastewater from a washing machine was used as the source for evaporation and condensation. Water production was monitored over 10 hours per day, totaling 22.8 liters in three cloudy days. Statistical analysis revealed significant variations in hourly production, with the quasipoisson generalized linear model (GLM) providing the best fit. The production pattern showed a polynomial behavior, with an estimated peak of 1,294 mL at 2:22 p.m. The results demonstrate that the solar purifier is efficient and suitable for rural environments, supporting sustainable water-management practices and increasing the availability of treated reuse water for agricultural systems.

Keywords: Solar desalination; Domestic effluents; Water management.

Introdução

Esta pesquisa reside na concepção e implementação de um dessalinizador solar convertido para um purificador de águas brutas, destinado a sistemas de produção de tratamentos de água. Nesse contexto, almeja-se explorar a integração de águas, provenientes do reuso, como elemento central para o tratamento e produção das águas para o uso agrícola (1).

Na atualidade, nota-se uma necessidade urgente de desenvolver estratégias inovadoras que promovam a segurança hídrica e a sustentabilidade na produção agrícola. O desafio não se resume apenas ao desenvolvimento do purificador com uso de energia térmica em si, mas também à implementação de tecnologias avançadas, para orquestrar de maneira eficiente o fluxo de tratamento e produção de alimentos utilizando águas brutas tratadas (2).

O objetivo principal do trabalho é analisar a produção de água cinza tratadas a partir de um purificador solar para reuso na agricultura.

Material e Métodos

O sistema de tratamento de águas foi instalado no Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no município de Bananeira, na região do Brejo Paraibano, é parceria da Associação de Profissionais em Agroecologia (APA) para a confecção do equipamento que será avaliado para a condensação das águas.

O purificador de águas brutas, proposto representa adaptação de uma tecnologia de dessalinização solar com aceitabilidade para condensar águas residuárias domésticas, utilizando materiais facilmente disponíveis e com foco na sustentabilidade (3).

A estrutura principal do purificador é composta por uma cobertura de acrílico em uma estrutura de alumínio reforçado, fornecendo estabilidade e resistência à estrutura. Abaixo desta cobertura, são instaladas calhas coletoras de água condensada, permitindo a captação da água durante o processo de condensação das águas residuárias.

Para controlar a temperatura da água residuária, foi implementado um tanque com um termostato ajustável. Esse dispositivo contribui para manter a temperatura ideal para o processo de evaporação, otimizando a eficiência do sistema. Visando aproveitar a energia solar, o purificador possui uma cobertura de vidro acrílico em formato colonial de 4 águas internamente na canalização da água tratada até o exterior do condensador solar, permitindo a entrada direta da luz solar na Figura 1.



Figura 1 - Condensador de águas brutas térmico solar.

Fonte: Autor (2025).

Essa incidência de luz solar é fundamental para o processo de condensação da água. A estrutura do purificador é complementada por uma base não condutora de calor, composta por isopor. Esse revestimento proporciona isolamento térmico, minimizando as perdas de calor e garantindo maior eficiência no processo de evaporação.

Para a fonte água de máquina de lavar roupas é passado pelo purificador de brutas onde a água tratada, foi analisada e quantificada a Produção de água durante o ciclo de 10 horas de funcionamento do equipamento.

Os dados foram analisados estatisticamente no Software R, utilizando o pacote de “readxl” (versão 1.4.5), para a leitura dos arquivos Excel. Onde foi feito uma regressão polinomial de modelos lineares generalizados (GLM) com um envelopamento hnp para a família quasipoisson.

Resultados e Discussão

A produção de água cinza tratada apresentou variação significativa ao longo do dia, com média de 7,6 litros por dia, totalizando 22,8 litros em três dias de avaliação sob condições de céu nublado. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p = 0,0027$), houve diferença estatística entre as medianas das produções horárias, o que justificou a utilização de um modelo alternativo de análise. Entre os modelos testados, o que apresentou melhor ajuste aos dados foi o modelo linear generalizado (GLM) com distribuição quasipoisson.

O gráfico da Figura 2 apresenta um ajuste de um modelo quasipoisson polinomial de 2ª ordem para a produção em função das horas do dia. A equação indica que a produção cresce até um ponto médio máximo de 1294 mL e depois decresce, refletindo um comportamento curvilíneo típico. O valor de $R^2 = 0,848$ mostra que o modelo explica 84,8% da variação observada, confirmando um bom ajuste. Assim, os dados revelam que há um horário ótimo de maior produção média, seguido por queda ao final do período analisado.

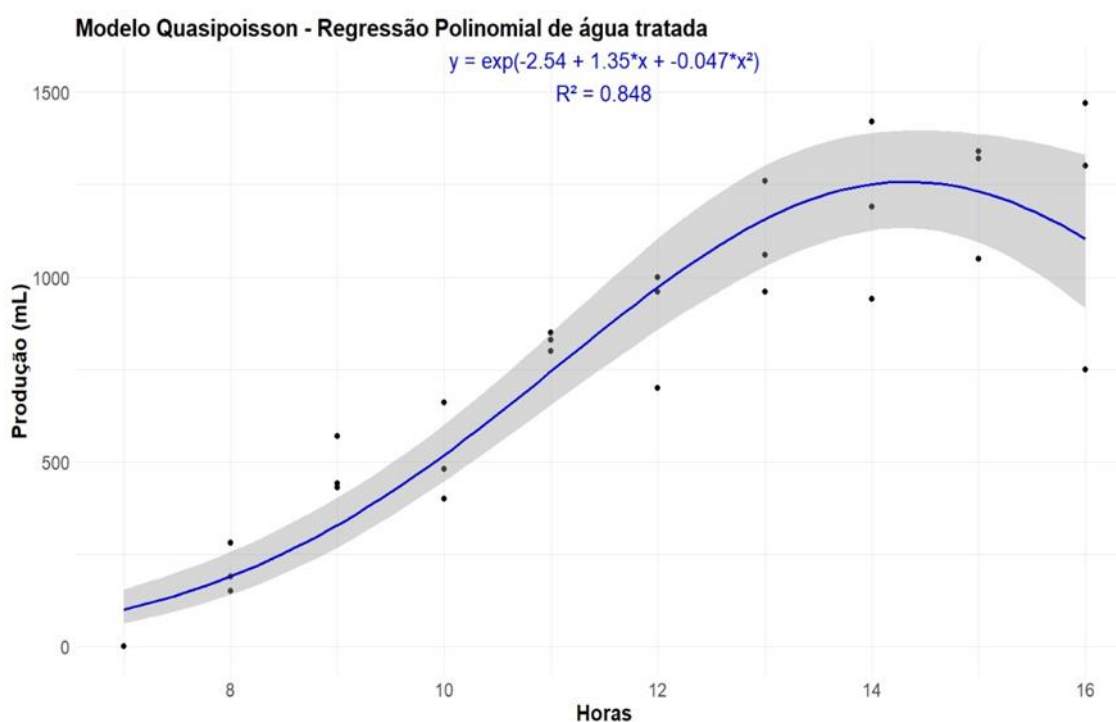


Figura 2 - Produção de água cinza (mL) tratada durante o dia.

Fonte: Autor, (2025).

A produção de água tratada apresentou variação significativa ao longo do dia, indicando forte influência dos fatores climáticos e operacionais sobre o desempenho do purificador solar (4). A média diária foi de aproximadamente 7,6 litros, totalizando 22,8 litros em três dias sob condições de céu nublado.

O ajuste apresentou R^2 de 0,848, o que representa boa capacidade explicativa dos dados e reforça a previsibilidade do processo produtivo. Isso demonstra a coerência entre o desempenho do equipamento e o padrão diário de aquecimento solar (5). O pico de produção foi estimado para ocorrer às 14h22min, com uma vazão média máxima de 1.294 mL em 3 dias de coleta, isto é, a cada momento há um valor médio de produção para cada hora, onde as 7h da manhã houve a produção média mínima de 0 mL (6).

Conclusões

O purificador solar de águas demonstrou eficiência na produção de água tratada, alcançando média de 3 dias de 7600 mL para as 10 horas de funcionamento com um pico de 1.294 mL às 14h22min. Esse resultado reflete o aproveitamento ideal da energia solar combinado ao controle térmico interno, garantindo a constância do processo de evaporação e condensação. A produção apresentou comportamento regular e previsível, com melhor desempenho durante o período de maior incidência solar.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal da Paraíba pelo suporte neste projeto e aos Laboratórios CCHSA/UFPB e LABSAM CT/UFPB. Agradecemos também à CAPES pela viabilização de recursos via bolsas de estudos de nº 88887.956941/2024-00 para condução desta pesquisa.

Referências

1. Silva JRI, Jardim AMDRF, Souza ESD, Barros Junior G, Leite MLDMV, Souza R, et al. Inter-relação de técnica de manejo de água e solo aplicadas a cultura do milho: uma revisão. RSD. 30 de maio de 2020;9(7):e569974503.
2. Ungureanu N, Vlăduț V, Voicu G. Water Scarcity and Wastewater Reuse in Crop Irrigation. Sustainability. 30 de outubro de 2020;12(21):9055.
3. Viana WF. Influência de um condensador externo no dessalinizador solar do tipo bandeja para obter água dessalinizada no município de Queimadas – PB. [Mestrado]. [Campina Grande - PB]: Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; 2023.
4. Tawfik MA, El-Tohamy M, Metwally AA, Khallaf AM, Abd Allah WE. Experimental and numerical investigation of thermal performance of a new design solar parabolic dish desalination system. Applied Thermal Engineering. setembro de 2022;214:118827.
5. Rajan ST, Senthilnathan J, Arockiarajan A. Fabrication of sputter coated Cu impregnated TaO NbO composite: A synchronized scavenging photocatalyst for water purification. Surfaces and Interfaces. outubro de 2023;41:103290.
6. Delhiraja K, Sharon H, Reddy KS, Philip L. Performance evaluation of solar thermal systems as an alternative for human waste treatment. Sustainable Energy Technologies and Assessments. outubro de 2021;47:101393.