

## AVALIAÇÃO DO DESTILADOR SOLAR TIPO CASCATA NA INATIVAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E *ESCHERICHIA COLI* EM ÁGUA SUPERFICIAL

**Kênia Kelly Freitas Sarmento**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Paraíba

**Camylla Barbosa Silva**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Paraíba

**Karyna Steffane da Silva**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Paraíba

**Keila Machado de Medeiros**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Bahia

**Carlos Antônio Pereira de Lima**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Paraíba

### **RESUMO**

A escassez de água potável é um desafio global agravado pelo aumento populacional, mudanças climáticas e contaminação por patógenos, exigindo soluções como a destilação solar. Este estudo avalia um destilador solar ondular para tratar água contaminada, analisando sua qualidade físico-química e bacteriológica. Os resultados mostram eficiência na remoção de contaminantes, atingindo padrões de potabilidade, com produção de  $2833 \text{ mL.m}^{-2}$  e eficiência térmica acima de 60%. A tecnologia é promissora para comunidades isoladas com alta radiação solar.

**Palavras-chave:** Destilação solar. Água potável.

### **1 INTRODUÇÃO**

A falta de acesso à água potável constitui um desafio global que afeta milhões de indivíduos em diversas partes do mundo. Muitas áreas enfrentam obstáculos significativos para obter água doce, essencial para atender às necessidades fundamentais das comunidades (Elfeky *et al.*, 2023).

Segundo Orimoloye *et al.* (2021), o aumento populacional e a crescente demanda por água doce nas últimas décadas têm provocado uma escassez significativa desse recurso, com diversas regiões enfrentando essa falta pelo menos uma vez por mês ao longo do ano. As mudanças climáticas, aliadas às atividades humanas, representam ameaças graves para mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo (Zhang *et al.*, 2021). As doenças transmitidas pela água são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem humana ou animal, que seguem a rota fecal-oral. Esses



patógenos são excretados nas fezes de indivíduos infectados e podem ser ingeridos por meio da água ou de alimentos contaminados por água (Abu Amra; Yassin, 2008).

Para assegurar a saúde e o bem-estar da população, a água destinada ao consumo humano precisa ser potável, cumprindo requisitos físico-químicos, microbiológicos e radioativos estabelecidos pela legislação vigente. A legislação define os padrões de qualidade que a água deve atender, garantindo a ausência de substâncias nocivas e microrganismos prejudiciais (Brasil, 2021).

O consumo direto de água proveniente de rios, lagos, mares e reservatórios subterrâneos geralmente não é recomendado, pois esses corpos d'água podem apresentar características físicas, químicas e microbiológicas que representam riscos à saúde humana. Nesse contexto, Mortadi e Laasri (2024) enfatizam que a disponibilidade de água potável está diminuindo progressivamente, o que desafia a comunidade científica a desenvolver soluções inovadoras. Essa realidade exige a aplicação de equipamentos e técnicas adequadas para o tratamento da água, garantindo sua segurança para uso posterior, atendendo a crescente necessidade por água tratada.

A radiação solar desempenha um papel fundamental em diversos processos ambientais. Quase todas as fontes de energia utilizadas pelo ser humano derivam do sol, e as plantas dependem dessa energia para realizar a fotossíntese e promover seu crescimento. Nesse contexto, tem aumentado o interesse pela aplicação direta da energia solar em diferentes cenários, como na destilação de água. Diversos estudos indicam que o aumento da radiação solar está associado a uma melhora no desempenho dos sistemas de destilação (Abujazar *et al.*, 2016).

A destilação solar apresenta-se como uma solução promissora, pois pode possibilitar a produção de água tratada a partir de águas superficiais utilizando energia solar. Ainda, destaca-se que regiões afetadas pela escassez hídrica e pelo estresse no abastecimento geralmente são áreas áridas, caracterizadas por alta incidência de radiação solar, o que possibilita o desenvolvimento de sistemas de destilação solar. Dessa forma, o principal desafio consiste em desenvolver métodos de destilação que sejam economicamente viáveis e acessíveis.

## 2 OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo analisar a qualidade físico-química e bacteriológica da água antes e após o processo de destilação solar, buscando adequá-la aos padrões de potabilidade. Para isso, utiliza-se um destilador solar do tipo ondular, visando sua aplicação em comunidades isoladas que apresentam alta incidência de radiação solar, sendo uma técnica de grande importância no tratamento de águas contaminadas para consumo humano.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

As investigações experimentais foram conduzidas nas instalações da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), na cidade de Campina Grande - Paraíba, onde as condições controladas permitiram a execução das análises de forma sistemática e rigorosa.

#### 3.2 DESTILADOR SOLAR DO TIPO ONDULAR

O sistema de destilação solar com placa absorvedora de calor em formato ondular foi construído conforme descrito por Cardoso *et al.* (2022) e está ilustrado na Figura 1. O destilador possui dimensões de 1,45 metros de comprimento, 0,55 metros de largura e 0,15 metros de espessura, resultando em uma área de exposição solar de 0,78 m<sup>2</sup>. O equipamento foi operado com uma inclinação de 17°, orientado para o norte, estratégia que maximiza a absorção de calor. Essa configuração segue a abordagem de Bouzaid *et al.* (2019), que ajustaram a inclinação da placa de absorção para corresponder à latitude do local, acrescendo 10° para compensar possíveis erros.

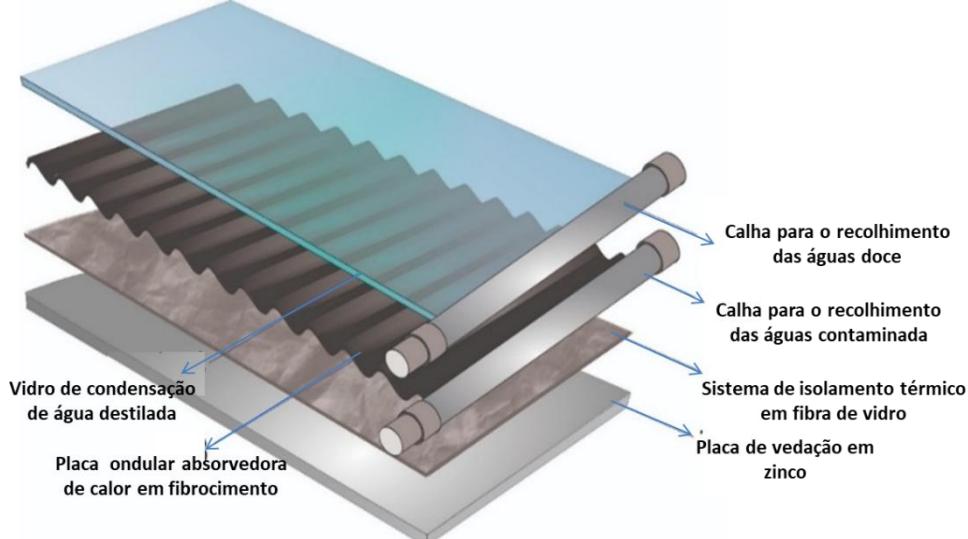
**Figura 1.** Destilador solar com placa absorvedora de calor de formato ondular



Fonte: Própria, 2025.

Os componentes internos do destilador solar estão apresentados e descritos na Figura 2, sendo constituídos por seis partes principais. Durante a fabricação do protótipo, foi dada prioridade à utilização de materiais de baixo custo, facilmente acessíveis no comércio local, com boa resistência e durabilidade, garantindo a adequação à construção e aos objetivos deste estudo.

**Figura 2.** Componentes internos do destilador solar.



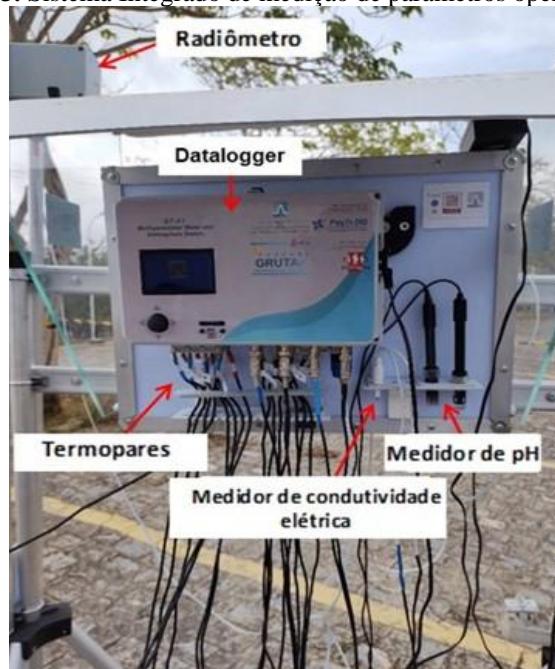
Fonte: Adaptado de Cardoso *et al.*, 2022.

### 3.3 MODO OPERACIONAL DO SISTEMA DE DESTILAÇÃO

O destilador foi alimentado com água coletada do açude de Bodocongó na cidade de Campina Grande - Paraíba. O sistema foi operado em recirculação contínua em um tanque de cor preta, onde a água na alimentação percorreu a placa absorvedora que foi aquecida pela energia solar. Ao absorver o calor, a água evaporou e condensou no lado interno do vidro, em virtude de a temperatura do vidro ser inferior a temperatura do vapor de água. Em seguida, a água condensada foi coletada por uma calha e mensurada em uma proveta graduada.

O sistema foi monitorado no intervalo de 07 às 17 horas sempre que esteve em operação, posicionado em uma área estratégica sem sombreamento. Para a medição dos dados meteorológicos (radiação solar, temperatura ambiente), físico-químicos (condutividade elétrica e pH) e da temperatura em diferentes pontos do sistema de destilação, foi utilizado o Sistema Integrado Multianálise com Conectividade e Função Datalogger para Monitoramento de Estações de Dessalinização Solar e Outros Sistemas de Tratamento de Águas e Efluentes (Figura 3), o qual foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Tratamento Avançados de Águas (GRUTAA) em parceria com a Startup ALCALITECH - Fabricação de Aparelhos e Equipamentos de Medida e Controle Ltda (RAMOS *et al.*, 2021).

**Figura 3.** Sistema Integrado de medição de parâmetros operacionais.



**Fonte:** Adaptado de Silva *et al.*, 2024.

A radiação solar foi medida na faixa entre (1,0 a 1300,0 W.m<sup>-2</sup>) com precisão de  $\pm 1,0$  W.m<sup>-2</sup>. As temperaturas em diferentes pontos do sistema foram medidas usando termopares do tipo K com faixa (-50 a 300 °C) e precisão de  $\pm 1,0$  °C. A água produzida foi medida usando um recipiente de laboratório graduado (0 a 1000 mL) com precisão de  $\pm 10,0$  mL.

### 3.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA CONTAMINADA

#### 3.4.1 Ensaios físico-químicos da água

Os parâmetros físico-químicos das águas contaminadas e tratadas, tais como cor aparente, cloreto, dureza total, turbidez, sódio, sólidos dissolvidos totais (SDT), serão avaliados de acordo com o que está indicado no Anexo 11 da Tabela de Padrão Organoléptico de Potabilidade contidos na Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Além disso, serão avaliados temperatura, pH, condutividade elétrica, alcalinidade, salinidade e potássio. O Quadro 1 apresenta metodologias e/ou equipamentos utilizados na determinação dos parâmetros físico-químicos, seguindo as especificações descritas no Standard Methods for Examination of Walter and Waste Water (Baird; Eaton; Rice, 2017).

**Quadro 1:** Parâmetros físico-químicos analisados e equipamentos utilizados.

Parâmetro	Unidade	Método/Equipamento
Temperatura	°C	Termopares
pH	---	pHmetro
Condutividade elétrica	$\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$	Condutivímetro
Cor aparente	uH	Colorímetro
Cloreto	$\text{mg ClL}^{-1}$	Mohr
Dureza	$\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$	Titulométrico - EDTA
Alcalinidade	$\text{mg CaCO}_3\text{L}^{-1}$	Titulométrico com indicador
Turbidez	NTU	Turbidímetro



Sódio	mg Na <sup>+</sup> L <sup>-1</sup>	Fotômetro de chama
Potássio	mg K <sup>+</sup> L <sup>-1</sup>	Fotômetro de chama
SDT	mgL <sup>-1</sup>	Sonda multiparâmetros

Fonte: Própria, 2025.

### 3.4.2 Ensaios bacteriológicos da água

Os parâmetros de contaminação das águas estudadas antes e depois do processo de destilação, que foram analisados para comprovar a eficiência do tratamento bacteriológico, estão indicados no Anexo 1 da Tabela de Padrão Bacteriológico da Água para consumo humano inerente na Tabela de Bactérias Esporogênicas de Coliformes Termotolerantes (*Escherichia coli* e coliformes totais) da água para consumo humano, contida na Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Os processos de descontaminação têm como objetivo a destruição ou inativação de microrganismos patogênicos capazes de provocar doenças ou de outros organismos indesejáveis.

#### 3.4.2.1 Teste de Presença - Ausência (P/A)

O teste de Presença-Ausência (P/A) permite a avaliação qualitativa da presença ou ausência de bactérias indicadoras em um volume de 100 mL de amostra. Para este ensaio, foi utilizado um frasco estéril contendo meio de cultura específico, empregando o kit Colilert, que utiliza a tecnologia de substrato enzimático. A amostra foi incubada a  $35 \pm 0,5$  °C por 24 horas, após, foi verificada a mudança de cor e a presença de fluorescência, conforme descrito por Ceballos e Diniz (2017).

Durante o teste, a presença de coliformes totais é indicada pela metabolização do indicador ONPG, resultando em uma coloração amarela turva da amostra. A presença de *Escherichia coli* é identificada pela metabolização do indicador MUG, que torna a amostra fluorescente (Idexx, 2024).

## 4 DESENVOLVIMENTO

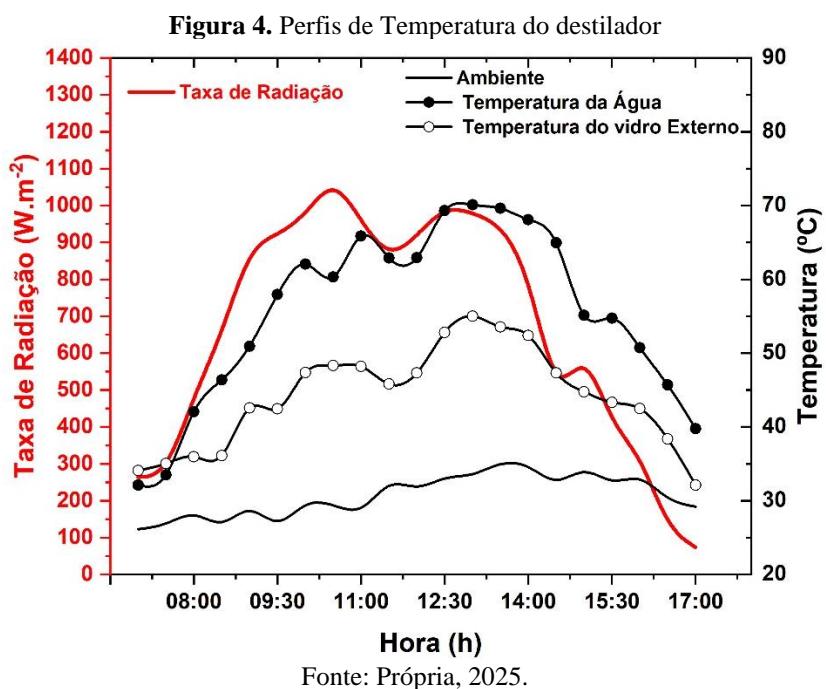
Foram realizados e destacados nas Figuras 4, 5, e 6 os dados correspondentes a um dia específico de experimento, escolhido mediante aos melhores resultados encontrados durante o monitoramento. Para efeito de estudo são apresentados os perfis térmicos, valores da produção de água destilada acumulada e a eficiência térmica horária em função da radiação solar, respectivamente. Aos quais foram medidos parâmetros predeterminados a cada 30 minutos, iniciando às 07h00min e finalizando às 17h00min.

### 4.1 PERFIS TÉRMICOS DO DESTILADOR

Na Figura 4, observa-se que a velocidade do vento variou entre 0,5 e 3,9 m/s ao longo do experimento. A taxa de radiação solar começou em 264 W.m<sup>-2</sup> às 07h00min, com as seguintes temperaturas registradas: temperatura ambiente de 25,12 °C e temperatura da água de 34,1 °C. A temperatura do vidro externo permaneceu inferior a temperaturas da água da placa absorvedora do

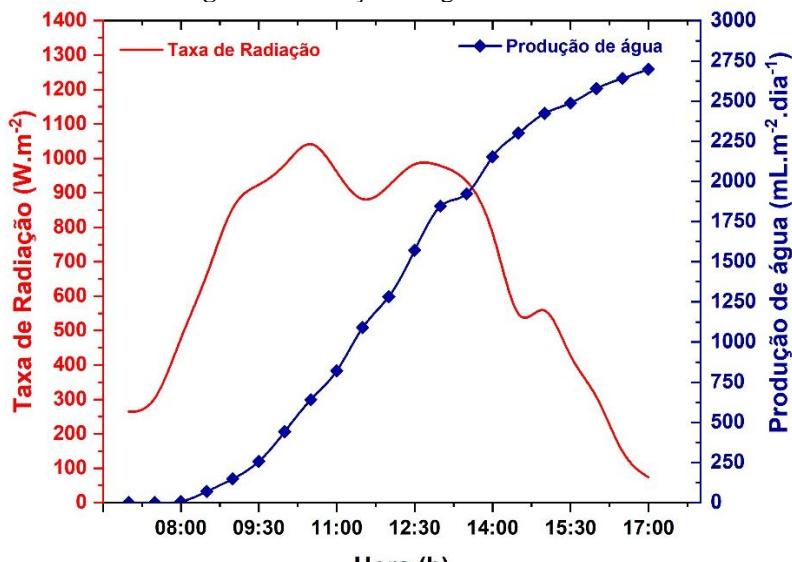
destilador.

Durante o experimento, a temperatura da água na placa absorvedora variou, atingindo seu valor máximo às 13h00min, com 70,1 °C. A maior incidência de radiação solar registrada neste dia foi de 1080 W.m<sup>-2</sup>, o que contribuiu para o aumento significativo da temperatura da água, favorecendo o processo de evaporação. Tiware e Rathore (2022) constataram que, em um destilador solar tipo cascata, a temperatura máxima atingida da água foi de 58 °C às 14h00min, apresentando radiação solar de 855 W.m<sup>-2</sup>. Comparativamente, o presente estudo obteve uma temperatura máxima da água de 70,1 °C às 13h00min, indicando uma temperatura superior em relação à pesquisa desses autores. Os valores obtidos demonstram uma maior incidência de radiação solar, o que contribuiu diretamente para o aumento das temperaturas e, consequentemente, para um aquecimento mais eficaz da água.



A Figura 5 demonstra que os níveis de radiação solar aos quais o sistema foi exposto foram satisfatórios, refletindo-se em uma produção crescente de água destilada ao longo do dia. Observa-se que as 12h00min, a radiação solar atingiu 1080 W.m<sup>-2</sup>, com a produção de água nesse horário chegando a 1279 mL.m<sup>-2</sup>. Ainda, destaca-se que a produção de água destilada variou em concordância com a radiação solar, alcançando um total de 2654 mL.m<sup>-2</sup> ao final do dia. Esse aumento na produção pode ser atribuído ao superaquecimento da placa absorvedora devido ao prolongado tempo de exposição à radiação solar, o que elevou a temperatura da água, favorecendo o processo de evaporação. Os picos de radiação solar ocorreram às 10h30min e 12h30min, quando foram registrados os valores máximos de 1080 W.m<sup>-2</sup> e 1000 W.m<sup>-2</sup>, respectivamente. Esse experimento demonstrou uma boa produção de água destilada, corroborando com o estudo de Khechekhouche *et al.* (2020), que destacam em sua pesquisa que a produtividade do destilador solar aumenta com o acréscimo da radiação solar.

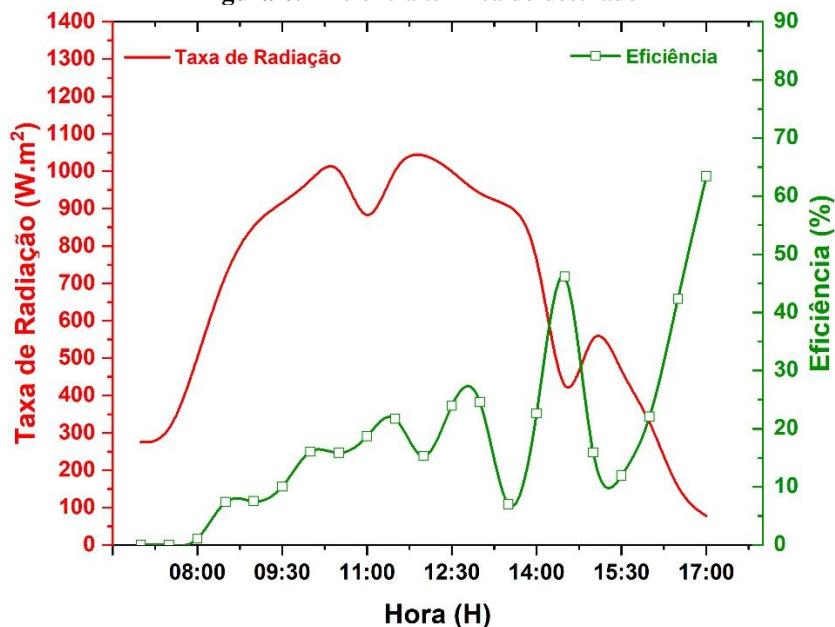
**Figura 5.** Produção de água do destilador



Fonte: Própria, 2025.

A Figura 6 apresenta a eficiência térmica horária em função da incidência de radiação solar no experimento realizado. Durante o experimento, o destilador alcançou uma eficiência adequada ao final do dia acima de 60%. Esse desempenho deve-se à alta incidência de radiação solar registrada nesse dia, que apresentou uma média de 810 W.m<sup>-2</sup>. Para comparação, Sharshir *et al.* (2018) relataram uma eficiência horária de 35,56% em destilador convencional sob condições similares. Esses resultados destacam a eficácia do sistema experimental, especialmente em condições favoráveis de radiação solar.

**Figura 6.** Eficiência térmica do destilador



Fonte: Própria, 2025.

#### 4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA CONTAMINADA

A eficiência do sistema de destilação está diretamente relacionada à qualidade da água

destilada, sendo esse um dos principais objetivos do destilador solar. Nesse contexto, tanto a água contaminada quanto a água destilada foram submetidas a ensaios para avaliar parâmetros físico-químicos relevantes, conforme estabelecido pela legislação de potabilidade da água mencionada neste estudo.

#### 4.2.1 Ensaios físico-químicos da água contaminada

Analisando a amostra de água bruta, observou-se elevados níveis dos parâmetros e ao analisar a água após o processo de destilação, foram obtidos resultados compatíveis com os parâmetros de potabilidade, o que confirma a eficiência dos destiladores, visto que, o pH, condutividade elétrica, cor, cloretos, dureza total, alcalinidade, turbidez, sódio, potássio e SDT, não ultrapassaram os padrões de potabilidade após a destilação. Na Tabela 1 estão expostos os resultados e os parâmetros físico-químicos da água bruta e destilada do destilador.

**Tabela 1.** Resultado da análise físico-química das amostras de água bruta e destilada.

Parâmetros de controle	Água bruta	Água destilada	V.M.P.*
pH	7,8	6,7	6,0 – 9,0
Condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )	164,0	1,5	–
Cor aparente (uH)	46,4	3,4	15,0
Cloreto (mg $\text{Cl}^- \text{ L}^{-1}$ )	163,9	4,7	250,0
Dureza total (mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ )	259,5	0,0	300,0
Alcalinidade (mg $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ )	923,0	32,4	–
Turbidez (NTU)	8,0	0,6	5,0
Sódio (mg $\text{Na}^+ \text{ L}^{-1}$ )	300,0	0,0	200,0
Potássio (mg $\text{K}^+ \text{ L}^{-1}$ )	31,0	0,0	–
SDT (mgL <sup>-1</sup> )	843,3	0,0	500,0

V.M.P.\* = Valor máximo permitido segundo a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde.  
Fonte: Própria, 2025.

#### 4.2.2 Ensaios bacteriológicos da água

O destilador solar destinado à produção de água potável deve garantir uma eficiência de remoção de 100% para coliformes totais, além da completa ausência de *Escherichia coli*. Para avaliar a qualidade bacteriológica das águas bruta e destilada, foi utilizado o teste presença/ausência. Os resultados indicaram que as amostras brutas apresentaram resultados positivos para coliformes totais e *Escherichia coli*. No entanto, após o processo de destilação realizado pelo destilador, confirmaram a remoção completa (100%) desses microrganismos, demonstrando a eficácia do processo.

##### 4.2.2.1 Teste de Presença - Ausência (P/A)

No teste de (P/A) as amostras positivas para coliformes totais apresentaram com amarelo turvo nas células. Na presença de *Escherichia coli* formou-se uma fluorescência azul na câmera escuro sob a luz UV (365 nm). Conforme mostrado na Figura 7 e a Tabela 2, com os resultados referentes as análises bacteriológicas das amostras de água bruta e destiladas de presença/ausência. As amostras

destiladas apresentaram 100% de inativação de coliformes totais e *Escherichia coli*.

**Figura 7.** Teste de P/A para identificação de coliformes totais e *Escherichia coli* da amostra bruta e destilada. (a) inserido o teste para P/A. (b) positivo para coliformes totais (c) positivo para *Escherichia coli* na amostra bruta e negativo para destilada sob câmera UV (366 nm).



Fonte: Própria, 2024.

**Tabela 2.** Resultados referentes a análise bacteriológica das amostras de água bruta e destilada de presença/ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100ml de água.

Ensaio	Água bruta	Água destilada
Microrganismo		
Coliformes totais/ <i>Escherichia coli</i>	Presente/ Presente	Ausente / Ausente

Fonte: Própria, 2025.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos foram alcançados neste estudo, pois o destilador solar foi operado e apresentou resultados satisfatórios nos perfis de temperatura da água da placa absorvedora de calor, resultando em uma alta produção de água destilada e eficiência. Neste experimento, a temperatura da água na placa absorvedora de calor registrou, 70,1 °C, a produtividade no final do dia atingiu um volume de destilado de 2833 mL.m<sup>-2</sup> e a eficiência registrou um valor acima de 60%.

Nos resultados obtidos das análises físico-químicas da água destilada, os valores estavam dentro dos padrões de potabilidade para o consumo humano de acordo com os parâmetros analisados. Os resultados bacteriológicos indicaram que as amostras brutas apresentaram resultados positivos para coliformes totais e *Escherichia coli*, no entanto, após o processo de destilação realizado através do destilador solar, houve a remoção completa (100%) desses microrganismos, demonstrando a eficácia do processo.

Portanto, foi possível concluir que o destilador solar em estudo é uma opção promissora para a produção de água destilada para comunidades em que a demanda de água não é elevada e onde existe uma alta incidência de radiação solar para fornecer água dentro dos padrões de potabilidade.



## REFERÊNCIAS

- ABU AMRA, S. S.; YASSIN, M. M. Microbial contamination of the drinking water distribution system and its impact on human health in Khan Yuns Governorate, Gaza Strip: seven years of monitoring (2000-2006). *Public Health*, v. 122, p. 1275-1283, 2008.
- ABUJAZAR, M. S. S.; FATIHAH, S.; IBRAHIM, I. A.; KABEEL, A. E.; SHARIL, S. Productivity modeling of a developed inclined stepped solar still system based on actual performance and using a cascaded forward neural network model. *Journal of Cleaner Production*, v. 170, p. 147-159, 2018.
- BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; RICE, E. W. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23. ed. Washington: American Public Health Association, 2017. 1496 p.
- BOUZAID, M.; ANSARI, O.; TAHA-JANAN, M.; MOUHSIN, N.; OUBREK, M. Numerical analysis of thermal performances for a novel cascade solar desalination design. *Energy Procedia*, v. 157, p. 1071-1082, 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2021.
- CARDOSO, M. K. B.; SILVA, K. S.; SILVA, C. B.; LIMA, G. G. C.; MEDEIROS, K. M.; LIMA, C. A. P. Low-cost solar still with corrugated absorber basin for water desalination. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Science and Engineering*, v. 44, 214, 2022.
- CEBALLOS, B. S. O. D.; DINIZ, C. R. Técnicas de microbiologia sanitária e ambiental. Campina Grande: EDUEPB, 2017. 324 p.
- COLILERT. Um teste simples de 24 horas para coliformes e E. coli. 2002. Disponível em: [https://www.idexx.com/en/pdf/en\\_us/water/64063001.pdf](https://www.idexx.com/en/pdf/en_us/water/64063001.pdf). Acesso em: 20 out. 2024.
- ELFEKY, K. E.; MOHAMMED, A. G.; AHMED, N.; WANG, Q. Thermal performance of cascaded and combined sensible-latent heat storage tanks under fluctuations in sunlight and electric demand. *Applied Thermal Engineering*, v. 229, 120575, 2023.
- IDEXX. Um teste simples de 24 horas para coliformes e E. coli. 2002. Disponível em: [https://www.idexx.com/en/pdf/en\\_us/water/64063001.pdf](https://www.idexx.com/en/pdf/en_us/water/64063001.pdf). Acesso em: 20 out. 2024.
- KHECHEKHOUCHE, A.; HAOUA, B. B.; KABEEL, A. E.; ATTIA, M. E. H.; ELMAGHLANY, W. M. Improvement of solar distiller productivity by a black metallic plate of zinc as a thermal storage material. *Journal of Testing and Evaluation*, v. 27, p. 18-56, 2020.
- MORTADI, A.; LAASRI, S. Study on a new solar-powered desalination system to alleviate water scarcity using impedance spectroscopy. *Materials Today: Proceedings*, 2024.
- ORIMOLOYE, I. R.; BELLE, J. A.; OLUSOLA, A. O.; BUSAYO, E. T.; OLOLADE, O. O. Spatial assessment of drought disasters, vulnerability, severity and water shortages: a potential drought disaster mitigation strategy. *Natural Hazards*, v. 105, n. 3, p. 2735-2754, 2021.



RAMOS, R. O.; LIMA, C. A. P.; CAVALCANTE, G. G.; MEDEIROS, K. M. Sistema integrado multianálise com conectividade e função datalogger para monitoramento de estações de dessalinização solar e outros sistemas de tratamento de águas e efluentes. Patente: Privilégio de Inovação. BR1020210075996. Depositado em: 21 abr. 2021. Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2021.

SHARSHIR, S. W.; PENG, G.; ELSHEIKH, A. H.; EDREIS, E. M. A.; EL TAWIL, M. A.; ABDELHAMID, T.; KABEEL, A. E.; ZANG, J.; YANG, N. Energy and exergy analysis of solar stills with micro/nano particles: a comparative study. *Energy Conversion and Management*, v. 177, p. 363-375, 2018.

SILVA, C. B.; SILVA, K. S.; SARMENTO, K. K. F.; ANDRADE PASCOAL, S.; CAVALCANTE, G. G.; MEDEIROS, K. M.; LIMA, C. A. P. Removal of the veterinary antibiotics oxytetracycline from contaminated water by solar distillation. *Journal of Water Process Engineering*, v. 58, 104784, 2024.

TIWARE, S.; RATHORE, P. K. S. Performance enhancement of solar still for water desalination integrated with thermal energy storage. *Materials Today: Proceedings*, 2022.

ZHANG, X.; XU, D.; WANG, Z.; ZHANG, Y. Balance of water supply and consumption during ecological restoration in arid regions of Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments*, v. 186, 104406, 2021.