

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL E BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS ADVINDOS DO USO DE DESSALINIZADORES SOLAR NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

POTENTIAL OF DRINKING WATER PRODUCTION AND SOCIOECONOMIC BENEFITS ARISING FROM THE USE OF SOLAR DESALINATORS IN THE PARAIBANO SEMIARID

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE Y BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DE DESALINADORES SOLARES EM EL LO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Pedro Vieira de Azevedo

Doutor em Bioengenharia, docente da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB, Av. Aprígio Veloso, 882 - Bairro Universitário
58.109-970, Campus Campina Grande-PB. E-mail: pvdeazevedo@gmail.com

José Adailton Lima Silva

Doutor em Recursos Naturais, docente da Secretaria Estadual de Ensino da Paraíba – SEE, Avenida Dr. João da Mata, nº 200 - Bloco 1
Jaguaribe - João Pessoa/PB - CEP: 58015-900. E-mail: adailton_limasilva@hotmail.com

Tayama Rodrigues Uchôa

Especialista em Agroecologia, pesquisadora da Associação dos Profissionais em Agroecologia – APA, Rua Rosil Cavalcante, 55, - Bairro de Bodocongó,
58.109-970, Campina Grande-PB. E-mail: tayamaz12@gmail.com

Francisco José Loureiro Marinho

Doutor em Recursos Naturais, docente da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Sítio Imbaúba, sn, Zona Rural Lagoa Seca-PB CEP: 58.117-000. E-mail: chichohare@yahoo.com.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar o potencial de produção de água potável através de dessalinizadores solar, e quais os benefícios advindos desta tecnologia para fomentar água potável para as populações que habitam regiões semiáridas. Para tanto, foram realizados estudos de campo para medir a produção diária de água potável, para fazer coletas de águas dos poços e dos dessalinizadores para análises laboratoriais, e para avaliar os benefícios socioeconômicos e ambientais advindos do uso dos dessalinizadores. Assim, observou-se que os dessalinizadores são uma tecnologia de baixo custo, de fácil construção e que possibilita benefícios como: oferta de água segura, o que reduz riscos com a saúde; não detém custos com energia elétrica; e utiliza energia limpa e renovável, o que inibe impactos ambientais.

Palavras-chave: Água potável; Análises microbiológicas; Semiárido paraibano.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the potential of producing drinking water through solar desalinizers, and what are the benefits arising from this technology to promote drinking water for populations living in semi-arid regions. To this end, field studies were carried out to measure the daily production of drinking water, to collect water from wells and desalinators for laboratory analysis, and to assess the socioeconomic and environmental benefits of using desalinizers. Thus, it was observed that desalinators are a low-cost, easy-to-build technology that enables benefits such as: safe water supply, which reduces health risks; does not have electricity costs; and uses clean and renewable energy, which inhibits environmental impacts.

Keywords: Potable water; Microbiological analysis; Paraibano Semi-arid.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el potencial de producción de agua potable a través de desalinizadores solares, y cuáles son los beneficios que se derivan de esta tecnología para promover el agua potable para las poblaciones que viven en regiones semiáridas. Para ello, se llevaron a cabo estudios de campo para medir la producción diaria de agua potable, recolectar agua de pozos y desalinizadores para análisis de laboratorio y evaluar los beneficios socioeconómicos y ambientales del uso de desalinizadores. Así, se observó que los desaladores son una tecnología de bajo costo y fácil construcción que permite beneficios como: suministro de agua potable, que reduce los riesgos para la salud; no tiene costos de electricidad; y utiliza energía limpia y renovable, que inhibe los impactos ambientales.

Palabras clave: El agua potable; Análisis microbiológico; Semi árido de la Paraíba.

1. INTRODUÇÃO

A problemática que envolve a disponibilidade de água para atender as necessidades humanas torna-se mais fortemente observável em regiões semelhantes ao semiárido brasileiro (SAB) que apresentam condições climáticas adversas como: baixo índice pluviométrico (poucas chuvas anuais); elevadas temperaturas e alto índice de evapotranspiração (alta taxa de evaporação das águas superficiais e alta transpiração das plantas em virtude das altas temperaturas); e chuvas distribuídas de forma irregular tanto no tempo quanto no espaço, ou seja, as chuvas não são bem distribuídas na superfície e nem tão pouco ao longo do ano.

Somado ao cenário climático descrito anteriormente, Lima et al. (2016) afirmam que grande parte do SAB apresenta elevados níveis de salinidade nos solos e nas águas, principalmente em áreas cristalinas. Para Bezerra et al. (2019) o SAB apresenta áreas com disponibilidades hídricas críticas, com demandas reprimidas ou insatisfeitas, e águas contaminadas principalmente pelos sais e microrganismos patogênicos.

A realidade edafoclimática descrita anteriormente tem condicionado uma carência de recursos hídricos que afeta diretamente a qualidade de vida das populações locais. Neste sentido, Silva et al. (2018) afirma que em algumas regiões semiáridas, a carência de água de boa qualidade tem condicionado, em muitas comunidades, o consumo de água salobras com altos níveis de sólidos totais dissolvidos- STD, o que é prejudicial para saúde humana.

Consoante ao exposto anterior ressalva-se que no semiárido brasileiro há problemas de saúde correlacionados às águas (escuro-barrenta) armazenadas em cisternas de placas, em cacimbões e açudes, normalmente apresentando contaminação microbiológica (LIMA et al., 2016).

Nesse sentido Lins (2019) verificou que a partir de 2016, os indicadores de mortalidade infantil no Nordeste Brasileiro apresentaram tendência de crescimento. Para a autora, a recente epidemia de arboviroses e a prevalência das doenças diarreicas como agentes de mortalidade infantil apontam para uma possível correlação entre qualidade de água e saúde. Assim, percebe-se que a escassez de água potável é sem dúvida um problema de saúde pública.

Na busca de solução para obter água potável no SAB, tem-se a dessalinização e desinfecção das águas a partir uso de dessalinizadores solar, tecnologia social aperfeiçoada no estado da Paraíba através de pesquisa participativa envolvendo Universidades, ONGs e Agricultores.

Em síntese, o dessalinizador solar utiliza a radiação solar para aquecer a água, a qual irá evaporar e condensar dentro do dessalinizador. Com isso, a água torna-se potável em virtude das altas temperaturas, no interior do dessalinizador, eliminar os microrganismos patógenos, e possibilitar a retirada dos sais dissolvidos na água (MARINHO *et al.*, 2015).

Um dessalinizador solar pode produzir água para beber sem consumo de eletricidade, sem produtos químicos e sem uso de elementos filtrantes (SOARES, 2004). Segundo este autor, em lugares onde a radiação solar disponível é de média a alta, como acontece no semiárido brasileiro (radiação solar global entre 500 e 900W.m⁻², durante 6 a 7 horas em dias sem nuvens), o dessalinizador pode ser utilizado não só na retirada de sais, mas também no tratamento da água com microrganismos vivos, ou até com compostos não-biodegradáveis.

Contemporaneamente, pode-se afirmar que a dessalinização e desinfecção de águas através do dessalinizador solar são vantajosas, principalmente em países de clima tropical, tendo como estímulo que: não detém custos com energia elétrica e é considerada uma tecnologia limpa e sustentável (LEUNG, 2016).

Em consonância ao exposto, Silva *et al.* (2016) afirmam que o dessalinizador solar é de suma importância, pois além de dessalinizar as águas salobras para o consumo humano, também proporciona a eliminação de microrganismos patogênicos, não causa impacto ambiental, e é economicamente viável para pequenos agricultores.

Diante do contexto apresentado, a presente pesquisa fez um estudo sobre a eficiência do modelo de dessalinizador solar apresentado por Buros (1980) e adaptado por Marinho et al. (2015),

avaliando-se a produção de água (litros/dia) e a qualidade da água produzida em diferentes regiões do semiárido paraibano.

Sabendo-se que a energia solar disponível em regiões semiáridas pode proporcionar benefícios socioambientais através de dessalinizadores solar (SOARES, 2004), a presente pesquisa buscou - em diferentes regiões do semiárido paraibano - responder: qual a produção diária de água potável adquirida com os dessalinizadores solar? Qual a vazão de água encontrada em função dos horários diários? Quais as razões da variação na produção de água advindas dessa tecnologia social? Qual a qualidade das águas advindas dos dessalinizadores? Quais os benefícios socioeconômicos e ambientais advindos do uso de dessalinizadores solar?

Por fim, sabendo-se que o consumo de água potável aumenta à medida que cresce a população, restando como uma das saídas para satisfazer as necessidades hídricas, a dessalinização e desinfecção das águas de poços (BEZERRA et al., 2019), objetivou-se analisar como o dessalinizador solar em estudo poderá subsidiar a obtenção de água potável e, com isso, atender as necessidades hídricas das famílias que convivem com a escassez hídrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os trabalhos de avaliação dos dessalinizadores solar foram desenvolvidos em Caraúbas (Figura 1), município localizado na região do Cariri Oriental do Estado da Paraíba, com a sede situada a 458 metros de altitude e nas coordenadas: Lat. $7^{\circ} 43' 39''$ S; Long.: $36^{\circ} 29' 38''$ W. O referente município tem $497,2 \text{ km}^2$ de área, população estimada de 4162 habitantes, com IDH de 0,585 (IBGE, 2020).



Figura 1: Localização do município de Caraúbas-PB, no Estado da Paraíba. Fonte: Lima & Lima, 2015.

Em relação as características geomorfológicas, hidrográficas, vegetacionais e edafoclimáticas, o município de Caraúbas-PB apresenta, respectivamente: 1) relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas; 2) rios temporários que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Paraíba; 3) a vegetação local é composta pela Caatinga hiperxerófila com grande presença de cactáceas e espécies caducifólias; 4) os solos locais são Vertissolos, Solos

Aluviais, e solos rasos e pedregosos, especialmente Bruno não Cálcico e Solos Litólicos Eutróficos; e 4) clima semiárido caracterizado pelos longos períodos de estiagem, além do baixo índice pluviométrico – média de 431mm - e da alta taxa de evapotranspiração (cerca de 1500mm/ano), o que possibilita uma condição de aridez (LIMA & LIMA, 2015).

O modelo de dessalinizador solar avaliado neste trabalho consiste em um tanque construído com placas pré-moldadas com cimento e areia, totalizando uma área de 4m². A cobertura é composta de vidro (que atinge 70cm de altura), o qual possibilita a passagem da radiação solar (ondas curtas), mas inibe a saída das ondas longas para fora do dessalinizador solar. Com isso, aumenta-se a temperatura dentro do dessalinizador, fazendo com que ocorra a evaporação da água armazenada numa lona de polietileno (“lona de caminhão”) no interior do dessalinizador solar. O vapor de água entra em contato com a superfície de vidro e condensa, produzindo assim água potável que é conduzida a uma caixa de PVC de 300 litros.

Silva *et al.* (2016) explicam que o processo de dessalinização ocorre quando a radiação solar, que passa através da cobertura transparente, aquece a água (salobra e/ou infectada) numa temperatura superior à da cobertura. Com isso, o gradiente da temperatura e o gradiente associado à pressão do vapor dentro do dessalinizador provocam a condensação do vapor de água sobre a superfície da cobertura transparente (vidro). Após a condensação do ar na cobertura de vidro, a água condensada escorre até as canaletas (coleta do condensado), direcionando as águas condensadas até o depósito da água dessalinizada/desinfetada (Figura 2).

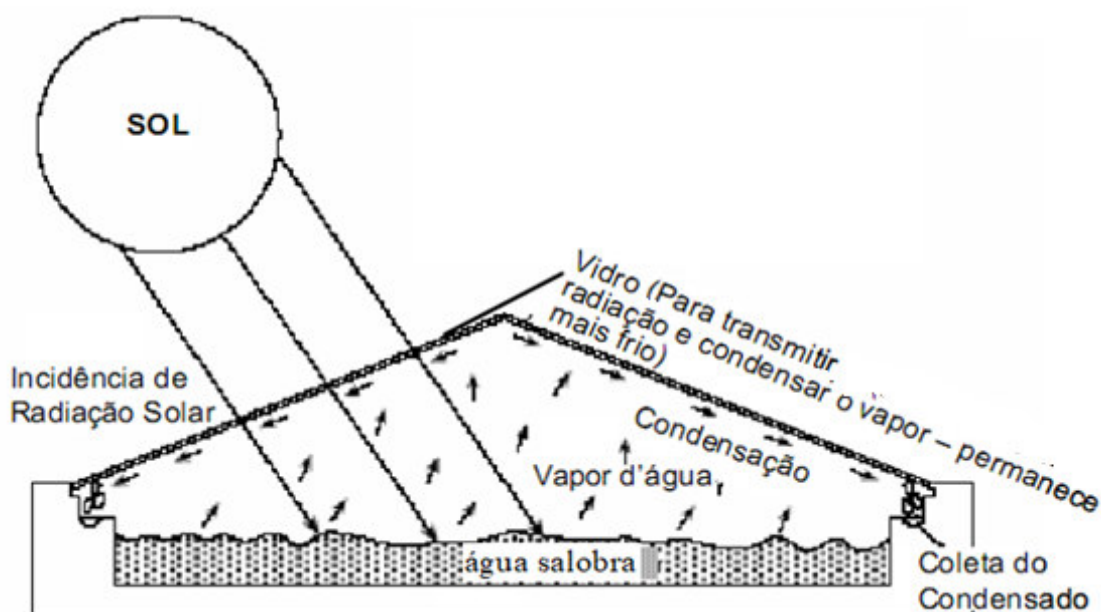


Figura 2: Desenho esquemático do funcionamento do dessalinizador solar. Fonte: Buros et al. (1980).

Foram analisados 30 dessalinizadores solar distribuídos em três unidades com 10 dessalinizadores, as quais estão localizados em três comunidades rurais: Sítio Luiz Gomes (Figura 3), Sítio dos Chagas (Figura 4) e Sítio Barreiras (Figura 5). Os dessalinizadores solar foram construídos através de projetos financiados pelo Programa Ecomudanças e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq.



Figura 3: Comunidade rural: sítio Luiz Gomes, no município de Caraúbas-PB. Fonte: Arquivo pessoal



Figura 4: Comunidade rural: sítio Chagas, no município de Caraúbas-PB. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 5: Comunidade rural: sítio Barreiras, município de Caraúbas-PB. Fonte: Arquivo pessoal

De posse dos conhecimentos técnicos que envolvem o funcionamento dos dessalinizadores solar, buscou-se avaliar a produtividade e a qualidade das águas dos dessalinizadores solar, e os benefícios adquiridos com mesmos. Para tanto, foram realizados alguns procedimentos metodológicos, os quais serão descritos a seguir.

2.2 Procedimentos metodológicos

Esta é uma pesquisa descritiva e qualiquantitativa, utilizando como meios técnicos: o levantamento bibliográfico e documental que disponibilizaram conhecimentos e dados sobre a temática abordada; o registro icnográfico para diagnosticar, através de imagens, o uso dos dessalinizadores solares; além da observação *in loco* e visitas técnicas.

Durante os estudos, foram realizados os seguintes procedimentos/atividades:

- 1) Foi realizada a medição da produção diária de água potável adquirida com os 30 dessalinizadores solar instalados nas 3 comunidades rurais supracitadas;
- 2) Calculou-se a vazão de água encontrada em função dos seguintes horários diário: 7:00 hs, 9:00 hs, 11:00 hs, 13:00 hs, 15:00 hs, 17:00 hs. Neste sentido, foram coletados, *in loco*, as vazões conjuntas dos 10 dessalinizadores solar instalados em cada comunidade rural;
- 3) Analisaram-se, através de conversas informais junto às famílias que utilizam as águas dos dessalinizadores solar, os benefícios socioeconômicos e ambientais advindos do uso desses equipamentos; e

4) Foram realizadas análises de salinidade (condutividade elétrica- CE) e microbiológicas de amostras de águas coletadas em poços e nos sistemas de dessalinização das 3 comunidades avaliadas. Para medir a CE das águas foi utilizado o condutivímetro portátil, modelo Waterproof EC/TDS Testers, para estimar o total de sólidos (mg/litros) através da equação apresentada por Richard (1954):

$$TS = CE (\mu \text{ cm}^{-1}) \times 0,64 \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

TS = total de sólidos solúveis;

CE = condutividade elétrica da água;

As análises microbiológicas foram realizadas através do Método de Tubos Múltiplos, o qual possibilitou a determinação do número de coliformes fecais e totais em amostras de 100 ml coletadas dos dessalinizadores solar. As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia, Campus II, da Universidade Estadual da Paraíba.

De posse dos dados das amostras das águas, foram realizadas análises de regressão polinomial quadrática, sendo obtidas equações de regressão a 0,01 de probabilidade (Teste t), isto para validar, estatisticamente, os dados obtidos.

Por fim, o processamento de dados se deu através das análises estatísticas utilizando o aplicativo Microsoft Excel 2010 para tratamento de dados quantitativos. A escolha do Microsoft Excel 2010 se deu em virtude de este constituir-se em uma ferramenta que agiliza os processos de cálculo e a elaboração de tabelas e gráficos, além de possuir diversos recursos de funções e fórmulas (PEREIRA *et al.*, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de Água

Analisando a produção diária dos dessalinizadores solar (Figura 6) adquiridas nas três comunidades rurais, verificou-se que as produções de água potável variaram de 65,2 litros (sítio Barreiras) até 138,8 litros (sítio Luiz Gomes). Esta variação se deu em virtude de alguns dos dessalinizadores solar no sítio Chagas e, em especial, no sítio Barreiras, apresentar aberturas e vazamentos, o que aumentou a perda do vapor de água interno e, conseqüentemente, diminuiu a produção de água potável.

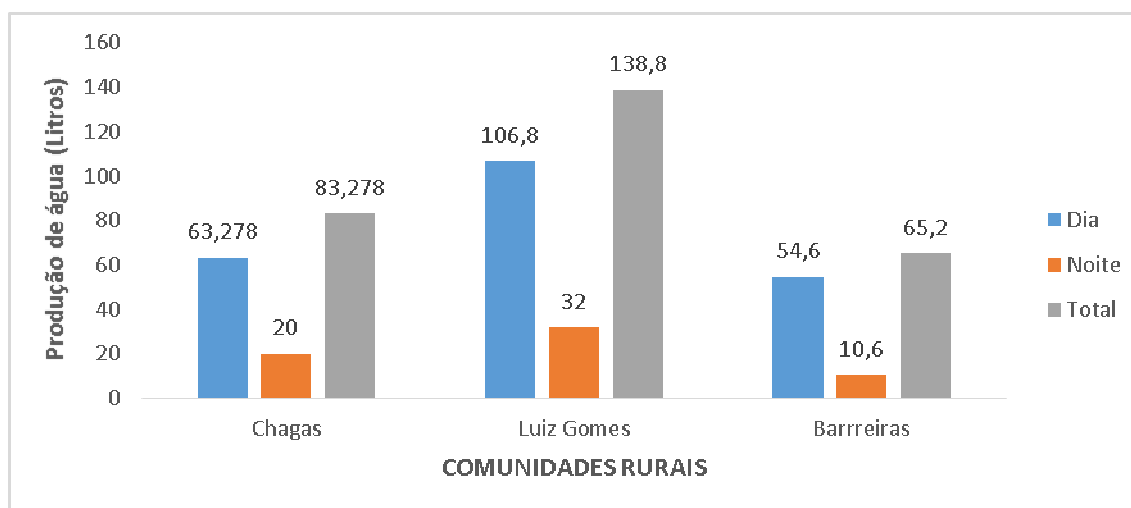


Figura 6: Produção diária de água dessalinizada em cada comunidade rural: sítios Chagas, Luiz Gomes e Barreiras.

Consoante ao exposto anterior, Marinho et al., (2015) afirmam que: perdas de vapor de água causam redução na produção de água dos dessalinizadores. Estes autores analisaram, ainda, que: quando os problemas de vazamento foram resolvidos, as produções médias de água se potencializaram, onde cada dessalinizador solar chegou a produzir 14,6 litros/dia.

Observando-se os dados da Figura 6, verifica-se, também, que os 30 dessalinizadores solar instalados nas três comunidades produziram um total de 287,2 litros, o que equivale a uma média de 9,5 litros de água produzido por cada dessalinizador. Logo, um dessalinizador solar é capaz de produzir uma quantidade de água suficiente para atender a necessidade de água potável (2 litros/pessoa/dia, segundo a OMS, 2014) de quatro cidadãos.

Torna-se oportuno ressaltar que: ao analisar os dessalinizadores das três comunidades, observou-se que a produção média diária local - 9,5 litros/dia - é equivalente as produções encontradas em outros municípios que convive com o clima semiárido (Tabela 1).

Tabela 1: Produção média de água dessalinizada/dia por unidade de dessalinizador, com 4 m² de área construída, em municípios/comunidades no semiárido paraibano. Fonte: ¹Marinho et al, (2015); ²Silva et al, (2018); ³Silva et al, (2016).

Município/ Microrregião	Comunidade	Ano da avaliação	Temperatura máxima e mínima média (°C) durante as avaliações	Volume médio de água dessalinizada por dessalinizador (1 dia ⁻¹)
Caraúbas/ Oriental	Sítios Luiz Gomes, Chagas e Barreiras	2018	21,1 – 33,5	9,5
Remígio/Curimataú ¹	Assentamento Corredor	2014	17-28	10,1
São Vicente do Seridó/Seridó oriental ²	Assentamento Olho d'água	2015	21,5-32,1	8
Pedra Lavrada/Seridó Oriental ³	Assentamento Belo Monte	2015	20-28	9,6

Quando analisada a relação da produção – vazão – em função do horário diário, pode-se verificar, através dos estudos de regressão (Figuras 7, 8 e 9) que houve uma correlação significativa ($p < 0,01$) entre o horário em que foram realizadas as avaliações e a vazão de água produzida nos sistemas com dez unidades de dessalinizador solar. Com isso, observa-se que as maiores vazões de água dessalinizada ocorrem entre 11 e 14 horas (maior insolação e temperatura) e as menores no início da manhã.

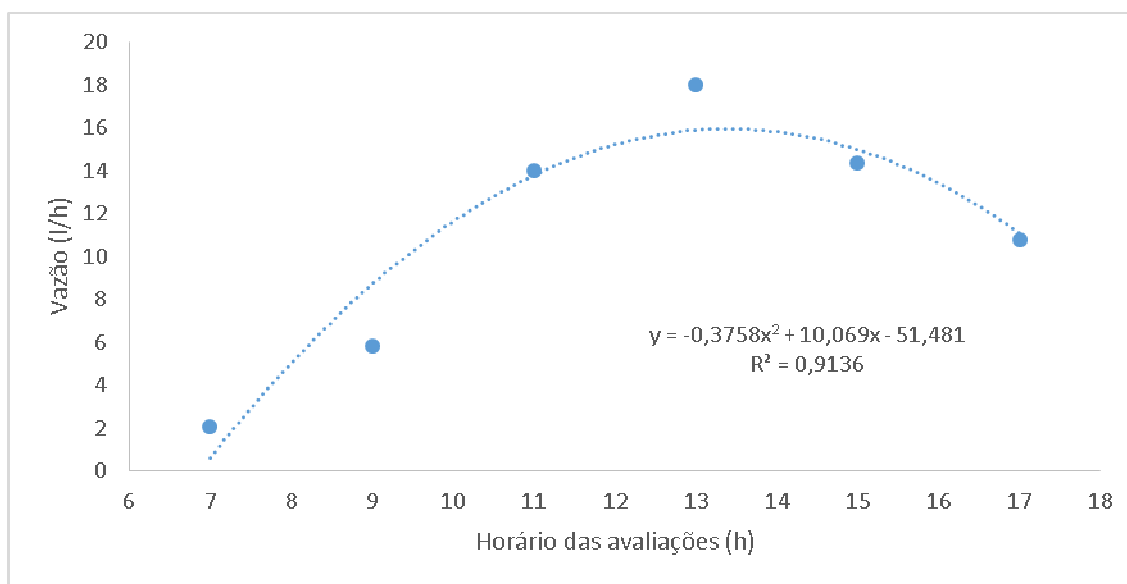


Figura 7: Vazão de água dessalinizada produzida em sistema com 10 unidades de dessalinizadores solar em função do horário (Sítio Luiz Gomes).

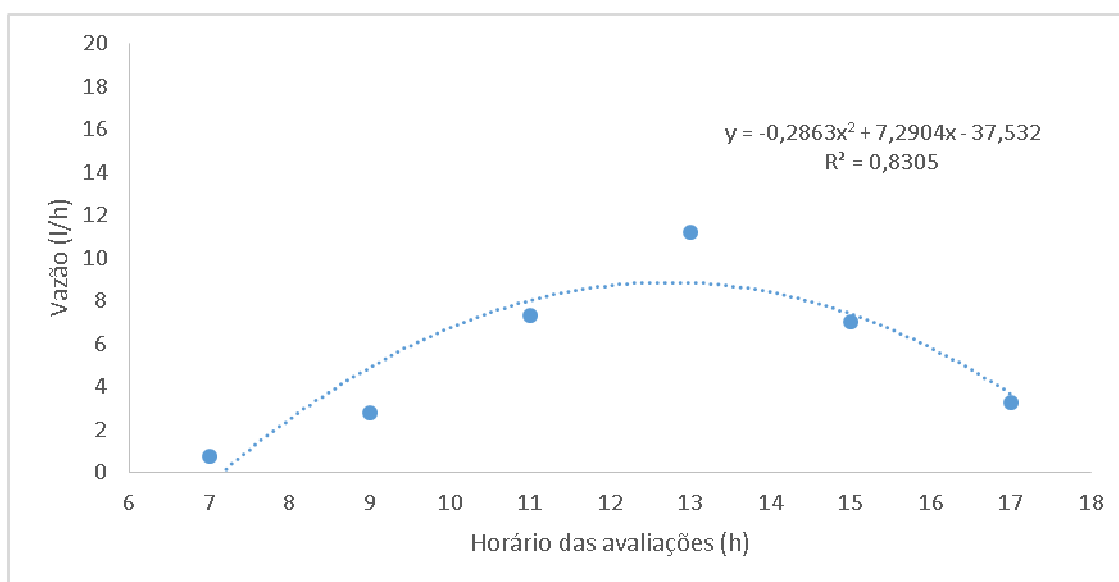


Figura 8: Vazão de água destilada produzida em sistema com 10 unidades de dessalinizadores solar em função do horário (Sítio Barreiras).

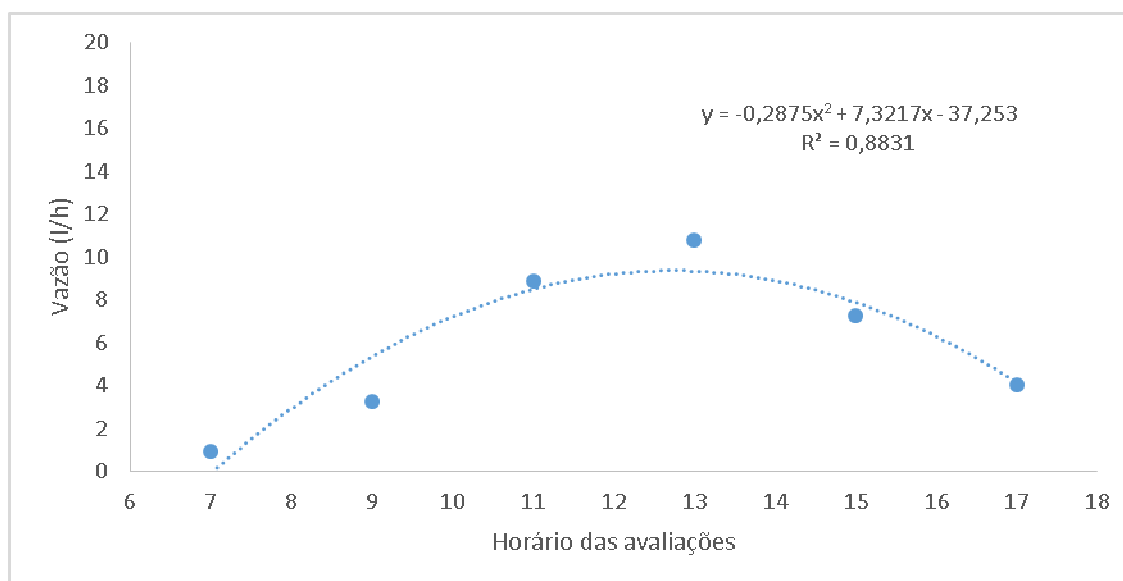


Figura 9: Vazão de água destilada produzida em sistema com 10 unidades de dessalinizadores solar em função do horário (Sítio Chagas).

Por fim, ressalva-se que os dessalinizadores solar estudados é uma tecnologia simples, cujas construções são realizadas de forma participativa pela própria comunidade beneficiada. Logo, podem ocorrer falhas tanto no processo construtivo, como na manutenção dos equipamentos. Todavia, todas as falhas podem e são corrigidas em virtude das capacitações técnicas fornecidas durante o processo de construção.

3.2 Qualidade das águas

Verificam-se na Tabela 2 os resultados das análises de salinidade realizadas tanto nas águas *in natura* dos poços que abastecem os sistemas de dessalinização solar, quanto nas águas dessalinizadas.

Analisando os dados da Tabela 2, observa-se que as águas de todos os poços das comunidades apresentam valores de sólidos totais dissolvidos bem acima de 1000 mg l⁻¹ preconizados na Portaria 2914/2011, pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Assim, percebeu-se que águas dos poços não atendem os ditames legais, o que faz delas, águas impróprias para consumo humano.

Entretanto, as águas advindas dos dessalinizadores solar, instalados nas três comunidades rurais, apresentaram valores condizentes com a legislação vigente: 1000 mg/litro. Resultados semelhantes são apresentados por Silva et al., (2018) que a partir de águas de poços de abastecimento com 3141 mg/l⁻¹, obteve - após processo de dessalinização solar - águas com 22,2 mg/l⁻¹.

Em relação as análises microbiológicas das águas advindas dos dessalinizadores solar (Tabela 3), observou-se a ausência de Coliformes Fecais (*Escherichia Coli*) nas águas dos três sistemas avaliados, o que identifica que essas águas estão livres de patógenos causadores de doenças hídricas. Porém, foi observada a presença de pequena quantidade de coliformes totais (CT) em duas das três análises. Todavia, verifica-se que a pequena presença de bactérias heterotróficas nas análises em condições de campo não compromete a qualidade das águas, uma vez que é aceito a presença em até 5% das amostras de águas tratadas em sistemas públicos (BRASIL, 2011).

Tabela 2: Resultados das análises de salinidade das águas dos poços que abastecem o sistema e das águas dessalinizadas nas três comunidades avaliadas.

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SALINIDADE	CE (Condutividade Elétrica) $\mu\text{ cm}^{-1}$	Totais de Sais Dissolvidos (mg/l^{-1})
Água do poço (Sítio Luiz Gomes)	18.800,00	11.900,00
Água dessalinizada (Sítio Luiz Gomes)	92,00	58,88
Água do poço (Sítio Chagas)	8.300,00	5.312,00
Água dessalinizada (Sítio Chagas)	79,00	50,56
Água do poço (Sítio Barreiras)	4.500,00	2.880,00
Água dessalinizada (Sítio Barreiras)	82,00	52,48

Tabela 3: Resultados das análises microbiológicas das águas dessalinizadas nas três comunidades rurais estudadas.

Resultado microbiológico das águas dessalinizadas	Coliformes Totais			Coliformes Fecais (E. Coli)		
	*NMP/100ml	Intervalo de confiança		*NMP/100ml	Intervalo de confiança	
		Min.	Máx.		Min.	Máx.
Sítio Luiz Gomes	2	1,0	10,0	0,0	-	-
Sítio Chagas	0	-	-	0,0	-	-
Sítio Barreiras	4	1,0	15,0	0,0	-	-

*NMP: Número Mais Provável.

BEZERRA et al., (2019) observou que as águas de poços artesianos, com altos níveis de contaminação química e bacteriológica, tornaram-se viável para consumo humano após os processos de dessalinização e desinfecção usando o processo de dessalinização solar.

Em síntese, as análises microbiológicas e de salinidade denotam que os dessalinizadores são uma tecnologia eficiente na dessalinização e desinfecção de águas salobras, o que contribui para a oferta de uma água segura para o consumo humano.

3.3 Benefícios socioeconômicos e ambientais

Um dos principais benefícios sociais atribuídos ao uso de dessalinizadores solar é o fato desta tecnologia fomentar água de qualidade para o consumo humano, considerando que parte das populações que habitam o semiárido Nordeste é forçada a consumir águas de qualidade duvidosa. Neste sentido, Silva et al. (2016) afirmam que: com o dessalinizador solar, pode-se obter água potável para atender as necessidades hídrica das famílias rurais do semiárido, e por isso torna-se imprescindível sua disseminação para outras famílias que convivem com a escassez de água potável.

Com os estudos de campo, observou-se que as famílias que moram nas comunidades rurais investigadas e que utilizam as águas dos dessalinizadores são de baixa renda, ou seja, são famílias carentes economicamente que convivem com a falta de água potável. Dessa forma, os dessalinizadores tornam-se viáveis à medida que fornecem água de qualidade com baixo custo de investimento.

Em consonância com a assertiva anterior, ressalva-se que um dessalinizador solar é economicamente viável para as famílias de baixa renda, pois os custos que envolvem o material de construção de um dessalinizador solar é na ordem de R\$ 1000,00 reais, valor menor que um Salário Mínimo atual no Brasil (R\$ 1045,00 reais), e que o processo construtivo – em média R\$ 500,00 reais – é realizado pelas próprias famílias beneficiadas. Dessa forma, com um investimento máximo de R\$ 1500,00 é possível suprir as necessidades de água para consumo direto de uma família com reduzidos ou quase inexistentes custos de manutenção.

No tocante aos aspectos ambientais, observou-se que os dessalinizadores solar são uma tecnologia que não causa grandes impactos ambientais, utiliza energia limpa e renovável, e não detém custos com eletricidade ou matérias filtrantes ou descartáveis. Além disso, eles satisfazem as necessidades sociais e ambientais de forma que não compromete os recursos naturais existentes para as gerações futuras (BEZERRA et al. 2019).

Em síntese, observou que os dessalinizadores solar são uma tecnologia de baixo custo econômico; é de fácil construção e disseminação social; além de contribuir para a transformação social frente à gestão dos recursos hídricos disponíveis localmente.

Em consonância com o exposto anterior, Silva et al (2016) ressaltam que:

O dessalinizador solar possibilita inúmeros benefícios socioeconômicos, a saber: é uma tecnologia de baixo custo de implantação e manutenção, além de fácil aprendizagem; facilita o acesso à água devido à proximidade dos dessalinizadores junto às residências; pode ser de uso individual ou coletivo; contribui para melhorar as condições de segurança hídrica; tem contribuído para aumentar a oferta de água para o consumo humano; e o concentrado/rejeito (sais) é fornecido aos animais como ração mineral.

Por fim, sabendo-se que a escassez hídrica e a ingestão de águas de má qualidade que estão armazenadas em açudes, poços e cisternas, têm-se transformado num problema de saúde pública (MARINHO *et al.*, 2015), torna-se imprescindível o uso de tecnologias, a exemplo dos dessalinizadores solar, para a obtenção de água potável suficiente para atender as necessidades hídricas de inúmeras famílias que convivem com a escassez de água, especialmente a de boa qualidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das pesquisas frente ao objetivo de avaliar a produção de água potável e analisar a qualidade e benefícios socioeconômicos e ambientais advindos dos dessalinizadores solar, concluiu-se que:

- 1- O modelo de dessalinizador solar estudado (com 4m² de área) é capaz de produzir água suficiente para atender as necessidades hídricas das famílias locais;
- 2 – As variações na produção de água nos equipamentos não ocorrem unicamente em função do clima (temperatura e radiação solar), mas também, em função da qualidade do processo construtivo e da manutenção dos equipamentos;
- 3 – As análises químicas e microbiológicas mostraram que as águas advindas dos dessalinizadores solar são confiáveis para o consumo humano;
- 4 – Os dessalinizadores solar apresentaram vários benefícios socioeconômicos e ambientais, tais como: a) dessalinização e desinfecção de águas impróprias para o consumo humano; b) maior oferta de água segura para a dessedentação humana, o que contribuiu para a redução de casos de doenças por veiculação hídrica; c) baixo custo econômico; d) fácil construção e disseminação social; e e) uso de energia solar limpa e renovável.

Finalmente, observou-se que é possível produzir água potável com o uso da energia solar, e que os dessalinizadores solar são uma tecnologia simples e de baixo custo que pode fomentar água em quantidade e qualidade para atender as necessidades de famílias rurais que convivem com a escassez hídrica no semiárido brasileiro.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – pelos investimentos financeiros destinados à construção dos dessalinizadores solar, e à manutenção das pesquisas interdisciplinares.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, A. L.; SILVA, J. A. L.; MARINHO, F. J. L.; LEITE, S. F.; UCHOA, T. G.; VIANA, W. F. Uso de dessalinizadores solar para fornecer água potável para famílias rurais no município de Remígio, Paraíba. **Revista Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 9, nº 7, 2019.
- BUROS, O. K.; Robert Bruce COX, R. B.; Isadora NUSBAUM, I.; EL-NASHAR, All M.; BAKISH, R. **The USAID desalination manual**. Produced by CH2M HILL International for the U.S Agency Development, Washington, D.C, 1980.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília/DF, 14 dez. 2011.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa da população**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/caraubas/panorama>. Acessado em 05 de maio de 2020.
- JOVENTINO, E.S.; SILVA, S.F.; ROGÉRIO, R.F.; FREITAS, G.L.; XIMENES, L.B.; MOURA, E.R.F. Comportamento da diarreia infantil antes e após consumo de água pluvial em município do semiárido brasileiro. **Revista Texto & Contexto Enfermagem**; 19(4): p. 691-9, Florianópolis, 2010.
- LEUNG, L. K. **Optimisation of condenser design on solar desalinators**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). The University of Hong Kong. 2016.

LIMA, P. P. S.; LIMA, E. R. V. **Análise de multicritérios no mapeamento de adequação do uso do solo no município de Caraubas-PB.** Anais: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, abril de 2015.

LIMA, V. L. A.; SILVA, J. A. L.; MARINHO, F. J. L.; PEREIRA, B. B. M.; ALEXANDRIA, A. G. L.; LIMA, T. S. Uso de destiladores solares para fornecer água potável no semiárido Paraibano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, nº 3, p. 91-97, 2016.

LINS, J. C. B. **Relação entre saneamento básico e indicadores de saúde: panorama Brasil, Nordeste e Pernambuco.** Monografia (Trabalho de conclusão do Bacharelado em Economia). Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

MARINHO, F. J. L.; UCHOA, T. R.; LEITE, S. F.; AGUIAR, R.L.; NASCIMENTO, A. S. Dessalinizador Solar associado a coletor de águas de chuvas para fornecer água potável. *Revista Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.20, p. 68-82, 2015.

MENEZES, U. G.; WINCK, A. G.; DIAS, V. V. 2010. A inovação tecnológica sustentável e a geração de valor sustentável na indústria química. *Revista eletrônica de Gestão de Negócios*, v. 6, n. 3, jul.-set., p. 114-139, 2010.

OMS – ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guias para localidad del agua potable.** 3ª ed. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health. Acesso em: 14 de dez. de 2014.

PALÁCIOS, H. Q. Q; ARAÚJO NETO; J. R.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M; SANTOS, J.C. N. CHAVES, L. C. G. Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v. 15, n. 4, p. 395-402, 2011.

PEREIRA, M. L. D.; ARAÚJO JUNIOR, C. F.; SCHIMIGUEL, J. Ensinando a distribuição de probabilidade normal utilizando os recursos do Microsoft Excel. *Revista académica de economia: En Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Número 193, 2014.

RICHARDS. L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook, Washington, 1954.

SILVA, J.A.L.; MEDEIROS, M.C.S.; LIMA, V.L.A.; MARINHO, J.F.L.; AZEVEDO, P.V.; UCHÔA, T.R.; OTONI, L.C.P. **Obtenção de água potável a partir do uso da energia solar disponível na região do semiárido paraibano.** *Revista Espacios*, vol. 37, nº 32, 2016.

SILVA, J.A.L.; PEREIRA, T.M.S.; MARINHO, J.F.L.; LIMA, V.L.A.; AZEVEDO, P.V. Production of potable water with the use of solar desalinizers in the brasilian semi-arid. *Revista de Geografia*, v. 35, nº 3, 2018.

SOARES, C. **Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada.** 2004. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Florianópolis: UFSC, 2004.