





# Estudo de viabilidade técnico-econômica de protótipo de dessalinização termossolar para o semiárido nordestino

*Technical-economic feasibility study of a thermosolar desalination prototype for the semi-arid northeast*

- <sup>1</sup> Gabriel Almeida  
- <sup>2</sup> Bruno Nascimento  

- <sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia
- <sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia

## Resumo

A escassez de água é uma realidade constante de diversas regiões, em especial no nordeste brasileiro, devido ao seu clima semiárido. Uma das soluções encontradas é a dessalinização, que converte água salobra em água potável. O objetivo do trabalho é analisar a questão técnica-econômica de um protótipo de dessalinização térmico de seis estágios, acoplado à energia termossolar na região do semiárido nordestino, para a produção de água potável. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizada a base de dados climáticos e solarimétricos do Meteonorm 7.1, o programa R, um *software* estatístico para compilação dos dados e os relatórios do programa água doce do estado. Os resultados demonstraram que, com 6 estágios do dessalinizador, pode-se obter 60 litros/dia de água dessalinizada, em uma área de coletores de 4 m<sup>2</sup>. A produção diária de água potável estava diretamente ligada à intensidade de radiação solar, com valores de 6 a 7 kWh/m<sup>2</sup>. A análise posterior da água do processo de dessalinização térmico mostrou uma redução significativa dos STD, saindo de 8.998 mg/l encontrados na água salobra para 48 mg/l da água dessalinizada. O preço de produção do litro de água potável pelo sistema de dessalinização foi de R\$ 0,17. O retorno do investimento, nessa planta de dessalinização, com um capital investido de R\$ 10.000,00, tem seu *payback* em média de 4 anos e 9 meses. Conclui-se que o presente estudo teve como finalidade demonstrar os diversos benefícios na implementação de um sistema de dessalinização de água autônomo acoplada à energia termossolar, para a região do semiárido nordestino.

## Palavras-chave:

Dessalinização; água; energia; termossolar; salmoura.

## Abstract

Water scarcity is a constant reality in several regions, especially in the Brazilian northeast, due to its semi-arid climate. One of the solutions found is desalination, which converts brackish water into drinking water. The objective of the work is to analyze the technical-economic issue of a six-stage thermal desalination prototype, coupled to thermosolar energy in the northeastern semi-arid region, for the production of drinking water. To develop the research, the Meteonorm 7.1 climatic and solarimetric database was used, the R program, statistical software for compiling data and reports from the state's freshwater program. The results demonstrated that with 6 stages of the desalination plant it was possible to obtain 60 liters/day of desalinated water, in a collector area of 4 m<sup>2</sup>, the daily production of drinking water was directly linked to the intensity of solar radiation, with values of 6 to 7 kWh/m<sup>2</sup>. Subsequent analysis of water from the thermal desalination process showed a significant reduction in STD, from 8,998 mg/l found in brackish water to 48 mg/l in desalinated water. The price of producing a liter of drinking water through the desalination system was R\$0.17. The return on investment in this desalination plant with an invested capital of R\$ 10,000.00, has an average payback of 4 years and 9 months. It can be concluded that the present study aimed to demonstrate the various benefits in implementing an autonomous water desalination system coupled to thermosolar energy for the northeastern semiarid region.

## Keywords:

Desalination; water; energy; thermosolar; brine.

## 1 INTRODUÇÃO

A escassez de água potável é um problema global que afeta diversas regiões no mundo, em especial as regiões do áridas e semiáridas, marcadas por recursos hídricos limitados e longos períodos de seca e estiagem. A superpopulação, o turismo, a agricultura e a industrialização contribuíram para a crescente demanda por água potável de qualidade (Panagopoulos, 2021).

Na região nordeste do Brasil, em sua predominância, o clima semiárido enfrenta sérios desafios, com altas temperaturas, baixa umidade e estiagens de chuva prolongadas, causando um grande problema na Disponibilidade Hídrica *Per Capita* (DHPC). A DHPC é um dos parâmetros mais utilizado para expressar o quociente entre a disponibilidade hídrica da bacia local, com a população que vive nela, respectivamente (Srithar *et al.*, 2016). Uma DHPC menor que 1.000 m<sup>3</sup>/hab.ano está classificada como estresse de água e, quando o valor é menor que 500 m<sup>3</sup>/hab.ano, classifica-se como escassez de água (Srimuk *et al.*, 2020).

Na Bahia, a DHPC está em torno de 2.000 m<sup>3</sup>/hab.ano, contudo essa realidade não representa uma disponibilidade de água de maneira uniforme em todo o estado baiano. No interior, a DHPC diminui drasticamente por causa do clima semiárido da região, contribuindo para a falta de água, sendo necessário buscar novas soluções para o abastecimento hídrico da população (Vedavyasan, 2007). Uma das formas encontradas foi a captação de água subterrânea, contudo essas águas subterrâneas encontram-se em contato com rochas cristalinas, fazendo com que adquiram propriedades salinas, tornando-as águas salobras impróprias para o consumo (Ali *et al.*, 2018).

No Brasil, a Resolução do Conama nº 357 (Conama, 2005) adota a seguinte classificação: a água doce deve possuir salinidade igual ou inferior a 0,05% ou ~ 500 mg/l; a água salobra deve apresentar salinidade superior a 0,05% e inferior a 3,0% ou entre 500 mg/L e 30.000 mg/l; e a água salina deve ter salinidade igual ou superior a 3,0% ou acima de 30.000 mg/l.

Para enfrentar esse desafio, a dessalinização emerge como uma solução viável. Duas principais tecnologias são amplamente reconhecidas: a dessalinização térmica, que aquece a água e coleta o vapor que depois de condensado torna-se água dessalinizada. As tecnologias térmicas incluem os seguintes tipos de processos: destilação *flash* de estágio múltiplo (MSF), destilação de efeito múltiplo (MED) e compressão de vapor (VC) – mecânica (MVC) e térmica (TVC) (Subrahmanya *et al.*, 2021). A dessalinização por membrana, que utiliza membranas semipermeáveis que irão separar sais da água. As tecnologias de membrana incluem os seguintes tipos de processos: osmose reversa (RO), eletrodialise (ED) e reversão de eletrodialise (EDR) (Eke *et al.*, 2020).

Nos sistemas de dessalinização, uma corrente de água salgada ou de água salobra entra no sistema e duas correntes saem, uma é a água dessalinizada, livre de todos os sólidos totais dissolvidos (STD); e a outra corrente é o concentrado ou salmoura, que possui uma concentração elevada de STD, com necessidade de tratamento antes de ser descartada de forma imprópria para a natureza, pois pode causar sérios problemas ambientais (USBR, 2003).

A salmoura resultante dos processos de dessalinização possui uma alta concentração de STD na água e requer um descarte apropriado para essas águas. Os principais descartes utilizados no mundo são: injeção em poços profundos, lagoas de evaporação, evaporação à secura e cristalização e descarte em águas superficiais, sendo esse último o mais utilizado no mundo. Contudo, um descarte inapropriado da salmoura em diversos cursos de água superficiais, sem estudo de impactos ambientais, pode comprometer a vida marinha, os ecossistemas da região e as características físico-químicas dessas águas, causando uma degradação na região (Jones, 2019).

Notavelmente, há um interesse crescente no desenvolvimento de usinas de dessalinização de pequena escala, associadas a energias renováveis para atender populações de baixa densidade em regiões semiáridas com pouco ou quase nenhum acesso à energia elétrica (Zhang *et al.*, 2023). Essa abordagem promissora visa resolver não apenas a escassez de água potável, mas também a falta de eletricidade nessas áreas. Ao integrar tecnologias de dessalinização com fontes renováveis, é possível criar soluções sustentáveis e acessíveis para comunidades em regiões afetadas pela escassez de água e condições climáticas adversas, além de criar soluções viáveis para a salmoura do processo como fonte de renda (Palenzuela *et al.*, 2015).

O objetivo deste estudo é explorar a viabilidade técnico-econômica e ambiental para uma futura implementação de um protótipo de pequena escala, para a dessalinização de água salobra na região do semiárido brasileiro. O foco recai no método térmico, especificamente na tecnologia MED. Esse protótipo será integrado à energia termossolar, uma energia renovável, que se adaptará às necessidades da região, que possui um bom índice de radiação solar para geração de água potável.

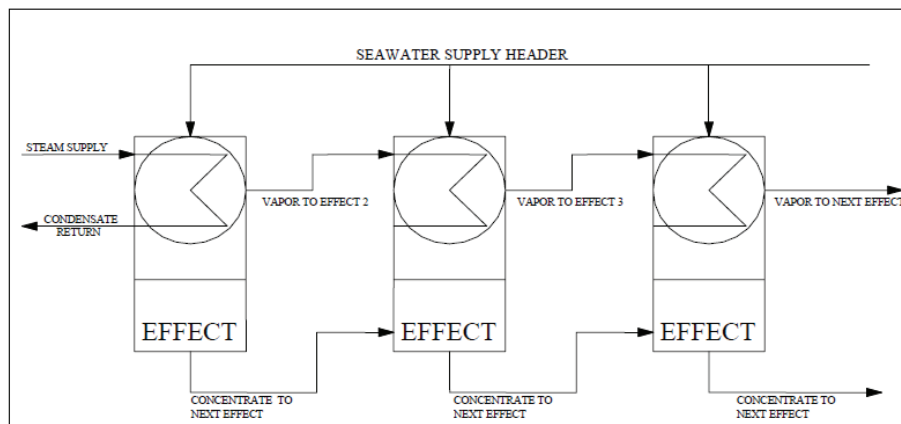
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O município escolhido para ser implementado o protótipo térmico de dessalinização foi Riachão do Jacuípe, localizado em uma região do semiárido baiano. Foram avaliadas as documentações e registros da DHPC de água encontrada na região, para uma implementação do protótipo de dessalinização de água, para gerar água de qualidade para a população, de acordo com a Agência Nacional de Água (ANA) (2019). Também foram analisados dados do Programa Água Doce (PAD), para conhecer o tipo e a salinidade da água subterrânea da região e, posteriormente, a sua dessalinização adequada (Bahia, 2022).

Na avaliação do potencial solar para a região semiárida baiana, foram selecionados dados climáticos e solarimétricos da base de dados Meteonorm 7.1, disponíveis no *software* de modelagem solar PVsyst. A base de dados meteorológicos do Meteonorm é privada e baseada em dados de estações em solo e dados de satélite.

O sistema de dessalinização escolhido foi o da dessalinização térmica, em especial a tecnologia MED (Figura 1), que demonstra uma dessalinização MED com três efeitos. O primeiro efeito encontra-se em uma pressão mais alta que o segundo efeito e, da mesma maneira, a pressão nesse efeito é mais alta do que no terceiro efeito. A fonte de calor presente, no primeiro efeito, é suficiente para ferver uma parte da água de alimentação que entra pela parte superior da unidade (USBR, 2003). O vapor que é formado no primeiro efeito aquece o segundo efeito de pressão mais baixa. Esse processo de se produzir vapor em cada efeito e usá-lo para aquecer o próximo efeito inferior continua em todos os efeitos até que o vapor do último efeito seja condensado no condensador principal. Existem duas formas de se resolver o concentrado de cada efeito: pode ser direcionado para o efeito subsequente ou pode ser retirado em pontos específicos de cada processo. O destilado da água produzida é alcançado dos condensados de vapor em cada efeito e do condensador principal, exatamente igual ao protótipo que foi desenvolvido (Panagopoulos, 2021).

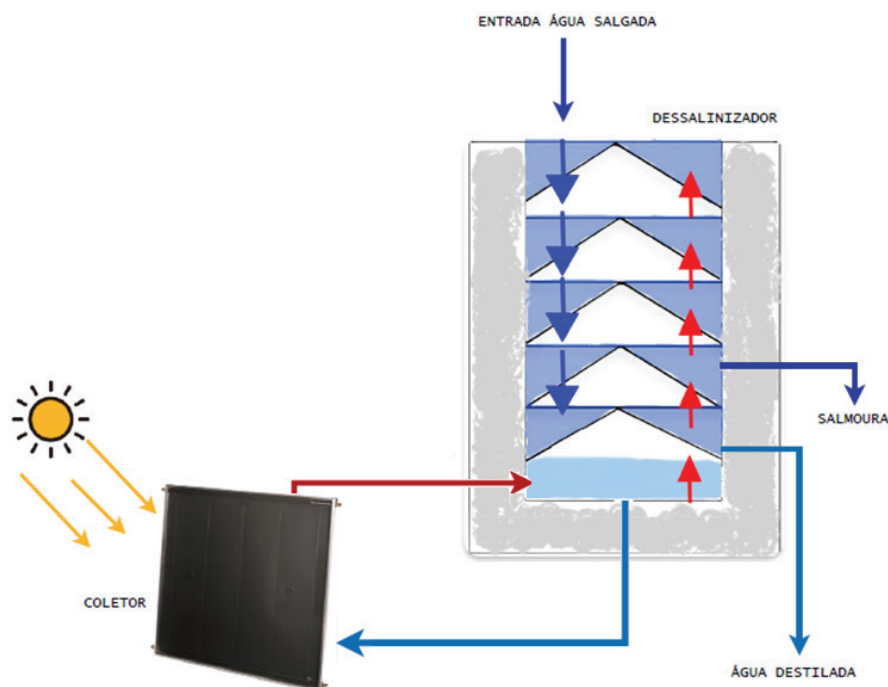
Figura 1: Funcionamento do sistema de dessalinização térmico (MED)



Fonte: USBR, 2003

O protótipo do dessalinizador térmico, ao contrário do MED que funciona horizontalmente, opera verticalmente com seis estágios, para uma maior produção de água potável, com as dimensões nas seguintes medidas: 60x40x60 cm, com material feito de aço inox e isolamento térmico de lã de vidro, para não perder o calor. Foi acoplado com duas placas de dimensões de 2x1 m, da energia termossolar, disponibilizando calor/vapor proveniente das radiações solares, para ser inserido no sistema de dessalinização (Figura 2). O sistema tem uma corrente de água salobra, sendo introduzido de cima pra baixo em todos os seis estágios do protótipo. A água do tanque, doce, passa pelo sistema de placas da energia termossolar e é aquecida pelos raios solares capacitados e viram vapor/calor para o sistema sendo transferido de baixo para cima, para a dessalinização da água salobra em cada estágio. Também foi utilizado o *software* R, um programa estatístico, para compilação dos dados obtidos.

Figura 2: Esquema do sistema de dessalinização térmico acoplado com o sistema termossolar.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A equação (1) a representa o coeficiente de transferência de calor por evaporação e convecção e a emissividade da superfície da água.

$$\begin{aligned}
 A_{col} \cdot \dot{E}_{sol}(t) \eta_{col} = & m_w c_{p,w} \frac{dT_0}{dt} + \alpha A (T_0 - T_1) \\
 & + \epsilon \sigma A (T_0^4 - T_1^4) \\
 & + \lambda A_{wall} (T_0 - T_\infty) \\
 & + \dot{m}_{circ} c_p (T_0 - T_\infty) + \dot{Q}_{leak}
 \end{aligned} \quad (1)$$

Onde:

$A_{col}$ : Área do coletor;

$E_{sol}$ : Energia do sol;

$\lambda$ : a condutividade térmica do material de isolamento;

$m_{circ}$ : a taxa de massa circulada através do estágio;

$Q_{leak}$ : a taxa de perda de calor através do vazamento de vapor;

$m$ : massa de água;

$C_p$ : Capacidade térmica da água;

$T_0$ : Temperatura inicial;

$T_1$ : Temperatura final;

$T_\infty$ : Temperatura do ar ambiente de fora da torre.

Para os demais estágios da torre de dessalinização, a equação do balanço de energia tem a mesma forma da Eq. (1), exceto que a energia entra nesses estágios por condensação, convecção e radiação dos estágios abaixo, não do coletor solar.

Para a posterior análise de salinidade da água produzida pelo sistema de dessalinização do protótipo térmico, foi utilizado o Medidor Multiparâmetros de Bolso da marca AKSO, para medir as faixas de pH, condutividade, STD, salinidade e temperatura da água.

Para o descarte do concentrado (salmoura), reaproveitado para geração de uma nova fonte econômica sustentável para a região do semiárida, na agricultura e na piscicultura (Bahia, 2022). Segundo Omer (2008), todo reaproveitamento de material que seria descartado, para ser utilizado como fonte de renda, é uma das melhores soluções para conservação do meio ambiente e da sustentabilidade de forma social.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a ANA (2019), a DHPC da região semiárida do nordeste brasileiro apresentou um valor de 875 m<sup>3</sup>/hab.ano, estando classificada como estresse de água, sendo necessário encontrar subsídios para abastecimento público com água potável. Uma das maneiras encontradas foi a captação de água subterrânea salobra para dessalinização.

O PAD não faz perfuração de poços artesianos para a sua captação e posterior dessalinização. Utiliza poços existentes na região do semiárido, com vazão suficiente para o sistema de dessalinização por Osmose Reversa (OR) (Bahia, 2022). Nessa perspectiva, foi utilizado um poço existente na cidade

de Riachão do Jacuípe, na localidade de Vila de Fatima I, município baiano localizado no semiárido nordestino, que possui água subterrânea salobra nos valores de 0,899% ou 8.998 mg/l de sólidos totais dissolvidos em água.

A radiação média na região do semiárido nordestino brasileiro, em especial a cidade de Riachão do Jacuípe, é em torno de 6 a 7 kWh/m<sup>2</sup>, de acordo com os dados climáticos e solarimétricos. A área dos coletores da energia termossolar utilizada foi de 4 m<sup>2</sup>, pois se encontram dois coletores de placa plana de dimensões de 2x1 m, totalizando uma radiação em média de 14 kWh diária, para a produção de água potável pelo protótipo, que está intrinsecamente ligada à intensidade de radiação solar para sua produção. De acordo com Carvalho Júnior (2019), no Brasil, o consumo necessário de água por pessoa para suas necessidades diárias, como higiene, limpeza, cozimento, etc, é de 150 litros, sendo que 2 litros são para consumo de hidratação.

O protótipo do sistema de dessalinização opera com 6 estágios, tendo uma radiação média de 7 kWh/m<sup>2</sup>, capaz de produzir em média de 60 litros/dia, operando durante 10 horas por dia, iniciando o processo das 7 horas da manhã até às 17h da tarde, durante 5 dias de avaliação (Tabela 1). A variação da produção de água se deve a dias que ficaram nublados por alguns períodos, como foi o caso do dia 3 (10/01), conseguindo abastecer e suprir todas as necessidades de hidratação de diversas famílias da região, onde fora implementado.

Tabela 1: Avaliação da produção de água durante cinco dias de operação.

DIAS	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
	08/01	09/01	10/01	11/01	12/01
PRODUÇÃO (litros)	58	68	53	57	63

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise posterior da água do processo de dessalinização térmico mostrou uma redução significativa dos STD, saindo de 8.998 mg/l encontrados na água salobra para 48 mg/l da água dessalinizada, demonstrando, assim, que está dentro dos padrões de potabilidade da água estabelecidos pelo Conama e pela Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (Brasil, 2021).

Espera-se que esse protótipo de dessalinização, utilizando esses materiais específicos, como aço inox, lâ de vidro etc., possa ter uma vida útil em torno de 10 anos, devido aos estudos de vida útil de protótipos com a mesma função de dessalinização, descritos por Zhang *et al.* (2023).

No tocante à questão econômica, para a confecção da planta, os materiais, montagens, instalação, equipamentos etc., ficaram em torno de R\$ 10.000,00. Com isso, não serão necessárias ligações elétricas, devido à utilização da energia termossolar para o processo. O preço do litro de água dessalinizada produzida ficou em torno de R\$ 0,17, três vezes menor que o preço da água engarrafada comercializada na região do semiárido baiano, que corresponde, em 2023, a R\$ 0,55. O *payback* de retorno para o investimento realizado no sistema de dessalinização, em média, é de 4 anos e 9 meses.

O concentrado do sistema de dessalinização (salmoura), que seria descartado em algum curso de água superficial poderia causar degradação no meio ambiente, prejudicando a vida marinha e o ecossistema, devido a sua elevada concentração de STD, tendo em média, uma salinidade de 14.500 mg/l, para o processo do protótipo utilizado. Com essa salinidade, é possível utilizá-la na criação de peixes que tenham resistência a esse nível de salinidade na água, como é o caso da tilápia, ou pode ser usado em plantações de mudas frutíferas e plantas halófilas, espécies que são resistentes à salinidade, como: Erva-sal (*Atriplex nummulária*), Palma Forrageira (*Opuntia fícus-indica*), Gliricídia (*Gliricidia sepium*, Jacq),



Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Leucena (*Leucaena leucocephala*), Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), Melancia Forrageira (*Citrilus lanatus*) e Sorgo Forrageiro (*Sorghum bicolor*), estimulando, assim, novas formas sociais de economia para toda a região semiárida do nordeste e preservando o meio ambiente dos impactos ambientais (Bahia, 2022) (Figura 3).

Figura 3: Plantação de espécies de plantas resistentes a STD na água e criação de tilápia.



Fonte: BAHIA, 2022

Legenda:

1. Plantação de Erva-sal;
2. Plantação de palma forrageira;
3. Criação de tilápias em piscinas de água de salmoura.

Com um total de 200 litros de água de salmoura com concentração de até 20.000 mg/l misturada com água doce em proporção de 70% a 30%, respectivamente, consegue-se criar, em média, cerca de 10 tilápias por um ano até sua vida adulta. Com esse mesmo volume de salmoura misturada, pode-se

criar cerca de 20 plantações de erva-sal, palma forrageira, gliricídia, quinoa, leucena, capim-elefante, melancia forrageira e sorgo forrageiro (Bahia, 2022).

Dessa forma, evita-se que a salmoura dos processos de dessalinização do protótipo utilizado, que seria descartada de forma inapropriada em algum leito de água superficial na natureza, cause algum tipo de degradação ao meio ambiente, na região do semiárido nordestino, possibilitado que seja utilizada como forma de subsistência ou uma nova forma de criação de riqueza na criação dessa espécie de peixe e nos diversos tipos de plantações.

#### 4 CONCLUSÕES

Com a utilização de 6 estágios, pode-se obter 60 litros/dia de água dessalinizada, para uma área de coletores de 4 m<sup>2</sup>, onde se encontram dois coletores de placa plana de 2x1 m. A produção diária de água potável está diretamente ligada à intensidade de radiação solar na região do semiárido brasileiro, com valores de 6 a 7 kWh/m<sup>2</sup>. A análise posterior da água do processo de dessalinização térmico mostrou uma redução significativa dos STD, saindo de 8.998 mg/l encontrados na água salobra para 48 mg/l da água dessalinizada.

O preço de produção do litro de água potável pelo sistema de dessalinização é de R\$ 0,17, três vezes menor do que o preço da água engarrafada na região baiana. O retorno do investimento, nessa planta de dessalinização, com um capital investido de R\$ 10.000,00, tem seu *payback*, em média, de 4 anos e 9 meses.

No tocante à salmoura, uma água com elevada concentração de STD, que poderia causar prejuízos ambientais, se descartada de forma inapropriada na natureza, pode ser aproveitada para novos fins. O rejeito do sistema do protótipo de dessalinização, contendo uma quantidade elevada de STD, em média de 14.500 mg/l, pode ser misturado com uma quantidade de água doce, para ser utilizada em diversos tipos de plantações de mudas frutíferas e plantas halófilas que resistem à quantidade de salinidade da salmoura, como erva-sal, palma forrageira, gliricídia, quinoa, leucena, capim-elefante, melancia forrageira e sorgo forrageiro. Também pode ser utilizada na criação de peixes da espécie de tilápia, que conseguem sobreviver a essa quantidade específica de STD, até a vida adulta, além de poder ser usada como forma de subsistência ou na comercialização, como uma nova forma de renda para a região do semiárido nordestino.

Pode-se concluir que o presente estudo teve como finalidade demonstrar os diversos benefícios na implementação de um sistema de dessalinização de água autônomo, para levar água de qualidade para a população do semiárido nordestino brasileiro que utiliza a energia termossolar, uma energia renovável para produção dessa água, de forma sustentável, além de estimular economicamente a região com o reaproveitamento da salmoura que seria descartado, para a criação de plantas e peixes como novas fontes de renda.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.
- ALI, A. et al. Membrane technology in renewable-energy-driven desalination. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1-21, 2018.
- BAHIA. Relatório Executivo Programa Água Doce. **Governo do Estado da Bahia**. 2022. Disponível em: <<http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/RELATORIOPAD.pdf>>. Acesso em: 24 de novembro de 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Brasília, 2021.
- CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações hidráulicas e o projeto arquitetônico. 12. ed. São Paulo: **Blucher**, 2019.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Brasil, 2005.
- EKE, J. et al. The global status of desalination: An assessment of current desalination technologies, plants and capacity. **Desalination**, v. 495, p. 114633, 2020.
- JONES, E. et al. The state of desalination and brine production: A global outlook. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 1343-1356, 2019.
- OMER, A. M. Energy, environment and sustainable development. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 12, n. 9, p. 2265-2300, 2008.
- PALENZUELA, P. et al. Characterisation of the coupling of multi-effect distillation plants to concentrating solar power plants. **Energy**, v. 82, p. 986-995, 2015.
- PANAGOPOULOS, A. Water-energy nexus: desalination technologies and renewable energy sources. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 17, p. 21009-21022, 2021.
- SRIMUK, P. et al. Charge-transfer materials for electrochemical water desalination, ion separation and the recovery of elements. **Nature Reviews Materials**, v. 5, n. 7, p. 517-538, 2020.
- SRITHAR, K. et al. Standalone triple basin solar desalination system with cover cooling and parabolic dish concentrator. **Renewable Energy**, v. 90, p. 157-165, 2016.
- SUBRAHMANYA, T. M. et al. A review of recent progress in polymeric electrospun nanofiber membranes in addressing safe water global issues. **RSC advances**, v. 11, n. 16, p. 9638-9663, 2021.
- USBR. Desalting Handbook for Planners. 3rd Edition. Desalination and Water Purification Research and Development Report #72. Denver, CO: United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Water Treatment Engineering and Research Group. 2003. Disponível em: <http://www.usbr.gov/pmts/water/media/pdfs/report072.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2022.
- VEDAVYASAN, C. V. Pretreatment trends—an overview. **Desalination**, v. 203, n. 1-3, p. 296-299, 2007.
- ZHANG, Y. et al. Advancements in the energy-efficient brine mining technologies as a new frontier for renewable energy. **Fuel**, v. 335, p. 127072, 2023.