



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

DESSALINIZAÇÃO COMO POLÍTICA DE ESTADO: O MODELO PERNAMBUCO DE SEGURANÇA HÍDRICA SUSTENTÁVEL VIA NEXO SOLAR E GOVERNANÇA PARA COMUNIDADES RURAIS DO SEMIÁRIDO

*Artur Ricardo Macedo dos Santos*¹; *Artur Paiva Coutinho*²; *José de Assis Ferreira*³
& *Igor de Oliveira Galindo*⁴

Palavras-chave: Dessalinização; Osmose Reversa; Energia Solar; Governança Hídrica; CAPEX/OPEX; Política Pública.

INTRODUÇÃO

O semiárido pernambucano enfrenta déficit hídrico estrutural e recorrente, associado à baixa regularidade pluviométrica, alta variabilidade interanual, elevada evaporação e predominância de aquíferos em embasamento cristalino com águas salobras. Historicamente, as respostas governamentais oscilaram entre fornecimento emergencial via carros-pipa e perfuração de poços que acabam abandonados por falta de manutenção e de rotina operacional, gerando ciclos de descontinuidade do serviço. Esse histórico reforçou desconfiança social nas soluções técnicas estatais, reduzindo a aderência comunitária e dificultando a sustentabilidade de longo prazo.

Este trabalho analisa o programa do Governo de Pernambuco para implantação de até 400 sistemas de dessalinização descentralizados com alimentação fotovoltaica, direcionados a comunidades rurais dispersas em 92 municípios, beneficiando aproximadamente 128 mil habitantes. O objetivo é caracterizar o "Modelo Pernambuco" como política pública replicável, estruturado em três pilares: (i) tecnologia padronizada (BWRO) integrada ao nexo água-energia solar; (ii) engenharia contratual orientada ao ciclo de vida com separação CAPEX/OPEX e manutenção assistida; e (iii) governança participativa com responsabilidades definidas e controle de demanda e uso racional.

A osmose reversa consolidou-se como tecnologia dominante devido à eficiência termodinâmica superior aos processos térmicos tradicionais. O fluxo de água através da membrana é regido pela equação:

$$J_w = A \times (\Delta P - \Delta \pi) \quad (1)$$

Onde:

- J_w é o fluxo de água permeada (L/m²h);
- A é o coeficiente de permeabilidade da membrana;
- ΔP é a diferença de pressão hidráulica aplicada através da membrana;
- $\Delta \pi$ é a diferença de pressão osmótica entre a solução de alimentação e o permeado.

¹) COMPESA: Coordenador e Especialista em Dessalinização, Av. Doutor Jayme da Fonte, S/N - Santo Amaro - CEP: 50110-005 - Recife - Pernambuco, (81)99541-3300 e artursantos@compesa.com.br.

²) SRHS-PE: Secretário Executivo de Saneamento, Av. Doutor Jayme da Fonte, S/N - Santo Amaro - CEP: 50110-005 - Recife - Pernambuco, (81) 3412-9836 e artur.coutinho@srhs.pe.gov.br

³) SRHS-PE: Gerente de Saneamento Rural, Av. Doutor Jayme da Fonte, S/N - Santo Amaro - CEP: 50110-005 - Recife - Pernambuco, (81)99440-7376 e igorgalindo@compesa.com.br.

⁴) SRHS-PE: Gerente Geral da Gerência Geral de Obras e Saneamento, Av. Doutor Jayme da Fonte, S/N - Santo Amaro - CEP: 50110-005 - Recife - Pernambuco, (81)99921-9365 e jassis.queiroga@gmail.com.

METODOLOGIA

Foi realizada análise documental do Estudo Técnico Preliminar e do Projeto Básico do programa, com triangulação da literatura sobre dessalinização por osmose reversa (BWRO), nexos água-energia e governança de sistemas descentralizados. A avaliação organizou-se por framework de três pilares, mapeando: (a) escolhas de projeto e padronização tecnológica; (b) mecanismos de sustentabilidade econômica e manutenção; (c) dispositivos institucionais e comunitários para operação e equidade no acesso, incluindo requisitos mínimos de monitoramento e prestação de contas.

Pilar 1: Tecnologia

Define cinco modelos modulares com capacidades entre 400 e 1.600 L/h, utilizando membranas TFC 4040 com rejeição salina mínima de 99,5%, vasos de pressão em fibra de vidro (FRP), pré-tratamento com filtração (5 micra) e dosagem de anti-incrustante, seguido de pós-cloração automática. A padronização reduz complexidade logística e acelera reposição de componentes.

O nexo água-energia integra geração fotovoltaica dedicada (painéis monocristalinos 450–550 W) com inversores MPPT para operação diurna das bombas. A arquitetura off-grid elimina custos variáveis de energia e reduz exposição a instabilidades da rede rural, aumentando resiliência operacional e previsibilidade de desempenho.

Pilar 2: Ciclo de Vida

Separa investimento (CAPEX) de custeio (OPEX) e ancora a sustentabilidade do sistema em política pública de manutenção continuada vigente desde 2019, com operação assistida e rotinas preventivas e corretivas no período inicial (12 meses) e previsão de continuidade por contrato recorrente. Esse desenho ataca o principal vetor histórico de abandono, ausência de manutenção programada e fragilidade financeira/operacional local no arranque, ao criar uma rampa de maturidade operacional, padronizar procedimentos, garantir reposição/ajustes críticos e estabilizar desempenho (continuidade, qualidade e confiabilidade) até a consolidação da gestão local.

Pilar 3: Governança

Exige adesão comunitária mínima de 80% das famílias, acordo de gestão entre Estado, município e comunidade, e operador local capacitado. A distribuição via chafariz eletrônico permite parametrização de volumes por família, promovendo equidade e reduzindo conflitos de alocação. Para o rejeito salino, adota-se contenção/evaporação em reservatórios (10 m³), com oportunidade de evolução para usos produtivos como halófitas ou aquicultura, mediante avaliação ambiental e adequação normativa.

RESULTADOS

A distribuição territorial em quatro lotes regionais demonstra estratégia de cobertura que prioriza zonas de maior vulnerabilidade hídrica (Tabela 1). O Lote 1 atende o Agreste (106 sistemas), enquanto os Lotes 2, 3 e 4 cobrem diferentes regiões do Sertão (294 sistemas), totalizando cobertura estadual do semiárido, com alcance ampliado em áreas dispersas e maior capilaridade comunitária.

As especificações técnicas (Tabela 2) revelam alinhamento com melhores práticas globais. O uso de bombas multiestágio de aço inox e vasos FRP garante durabilidade em ambiente corrosivo. A taxa de rejeição de 99,5% oferece margem robusta: mesmo com aumento sazonal de salinidade, o permeado permanece potável.

A eficiência energética solar é absoluta em termos de custo marginal: transforma irradiância solar disponível em água, deslocando o custo para um CAPEX previamente absorvido pelo Estado. Com isso, o sistema adquire resiliência econômica, ficando praticamente imune a choques e reajustes tarifários de energia.

O impacto social estimado inclui 128.000 pessoas com acesso regular a água potável, eliminando dependência de caminhões-pipa e fontes sanitárias inseguras. A descentralização reduz carga de trabalho de mulheres e crianças, enquanto a qualidade bacteriológica diminui custos de saúde pública com doenças gastrointestinais.

Figura 1 – Sistema Concluído no Sítio Dois Riacho, Caruaru-PE



Tabela 1 – Distribuição Regional dos Sistemas (Lotes)

Lote	Regiões de Desenvolvimento (RD)	Quantidade de Sistemas Previstos	Foco Geográfico
Lote 1	Agreste Central, Meridional e Setentrional	106	Transição e densidade rural.
Lote 2	Sertão Central e do Araripe	122	Zona semiárida crítica.
Lote 3	Sertão do Moxotó e Pajeú	72	Bacias intermitentes.
Lote 4	Sertão de Itaparica e São Francisco	100	Áreas ribeirinhas secas.
TOTAL	Estado de Pernambuco	400	Cobertura Estadual

Fonte: Elaborado com base no ETP.

Tabela 2 – Especificações Técnicas do Sistema Padrão

Componente	Especificação Detalhada	Função no Sistema
Membranas	Espiral TFC 4040, Rejeição 99,5%, Área 78 ft²	Separação física de sais e contaminantes.
Vasos de Pressão	Fibra de vidro (FRP), 4 polegadas, 300-450 psi	Alojamento seguro das membranas sob pressão.
Bombeamento	Multiestágio Inox (Alta Pressão) + Auxiliar Termoplástico	Geração da pressão osmótica necessária.
Energia	Painéis Monocristalinos 450-550W + Inversor Solar	Alimentação autônoma off-grid (sem conta de luz).
Pré-tratamento	Filtros 5 micra + Dosadora de Anti-incrustante	Proteção contra fouling e scaling.
Pós-tratamento	Cloração Automática	Garantia de potabilidade bacteriológica.
Reservatórios	3 Tanques: Bruta (5m³), Tratada (5m³), Concentrado (10m³)	Armazenamento e gestão de fluxos.

Fonte: Fonte: Elaborado com base no Projeto Básico - Anexo G.

CONCLUSÕES

O “Modelo Pernambuco” reposiciona a dessalinização como política de Estado de segurança hídrica, não como solução emergencial, ao integrar tecnologia madura (BWRO), autonomia energética (solar) e governança orientada a desempenho com desenho institucional claro. A separação CAPEX/OPEX com manutenção contratada rompe o ciclo histórico de descontinuidade, permitindo que a cultura de manutenção se estabeleça antes da gestão comunitária plena, reduzindo o risco de abandono precoce.

A exigência de 80% de adesão assegura apropriação social da tecnologia e legitima os arranjos locais de gestão. O sistema solar elimina custos variáveis de energia, viabilizando sustentabilidade financeira para populações de baixa renda e aumentando a previsibilidade operacional. Como recomendações para ganho de escala, destacam-se:

- (i) Institucionalizar indicadores e metas (continuidade, qualidade e custos), com rotina simples de medição e reporte: disponibilidade do sistema, volume produzido, conformidade físico-química/microbiológica e custos de O&M, além de registro padronizado de falhas e tempo de reparo;
- (ii) Migrar para O&M multi-anual por desempenho (SLA), garantindo previsibilidade: fornecimento contínuo de insumos e sobressalentes, manutenção preventiva programada e capacitação/assistência técnica recorrente ao operador local;
- (iii) Aprimorar o manejo do concentrado com salvaguardas: contenção adequada e monitoramento ambiental; e, em paralelo, pilotos para usos produtivos (ex.: halófitas/aquicultura) apenas quando ambientalmente viáveis e com controle;

O programa oferece blueprint replicável para o semiárido global, demonstrando que é possível transformar escassez salobra em abundância potável de forma sustentável e justa, materializando o direito cidadão à água com resiliência e equidade territorial.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Programa Água Doce: Documento Base**. Brasília: Secretaria Nacional de Segurança Hídrica. 2022.
- GABBRIELLI, E. **7000 anos de história da dessalinização da água do mar**. Florença: Angelo Pontecorboli Editore. 2025.
- PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento. **Estudo Técnico Preliminar: Implantação de sistema de dessalinização com kit fotovoltaico**. Processo SEI 0007800005.001425/2024-96. Recife: SRHS/PE. 2024.
- PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento. **Projeto Básico: Anexo G - Especificações Técnicas do Sistema de Dessalinização**. Recife: Gerência Geral de Obras de Saneamento. 2024.
- SANTOS, A. R. M. **Dessalinização da água do mar: da teoria à prática sustentável**. 1. ed. São Paulo: Editora AR4. 2025.
- SANTOS, A. R. M.; RAMOS, N. M. R.; SILVA, L. H. P.; SILVA, F. M. B. A implantação da nova usina de dessalinização para compor a matriz hídrica do arquipélago de Fernando de Noronha. In: **XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, Caruaru-PE, Brasil. 2022.