



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

SUZZANE SANTOS MERCANDELLI

COMO MELHORAR O DESEMPENHO DAS AÇÕES DE
DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO
HUMANO NO SEMIÁRIDO DA BAHIA



SALVADOR
2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

SUZZANE SANTOS MERCANDELLI

**COMO MELHORAR O DESEMPENHO DAS AÇÕES DE
DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO
SEMIÁRIDO DA BAHIA**

Salvador
2021

SUZZANE SANTOS MERCANDELLI

**COMO MELHORAR O DESEMPENHO DAS AÇÕES DE
DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO
SEMIÁRIDO DA BAHIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientadores: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. MSc. George Mustafa.

Salvador
2021

M553 Mercandelli, Suzzane Santos.
Como melhorar o desempenho das ações de dessalinização de
água para consumo humano no semiárido da Bahia / Suzzane Santos
Mercandelli. – Salvador, 2021.

210 f.: il. color.

Orientadores: Prof. Dr. Asher Kiperstok.
Prof. Dr. George Mustafa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola
Politécnica, 2021.

1. Água – consumo humano. 2. Dessalinização da água 3. Gestão
de riscos. 4. Semiárido baiano. I. Kiperstok, Asher. II. Mustafa,
George. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 628.1

SUZZANE SANTOS MERCANDELLI

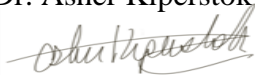
**COMO MELHORAR O DESEMPENHO DAS AÇÕES DE
DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO
SEMIÁRIDO DA BAHIA**

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Salvador, 22 de março de 2021

Banca examinadora

Prof. Dr. Asher Kiperstok



PhD em Engenharia Química/Tecnologias Ambientais pela University of Manchester
Institute of Science and Technology, Inglaterra, 1996.
Universidade Federal da Bahia

Prof. MSc. George de Souza Mustafa



Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 1998.
Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Iara Brandão de Oliveira



Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade de Michigan, EUA, 1995.
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Luciano Matos Queiroz



Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,
Brasil, 2009
Universidade Federal da Bahia

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho às comunidades do semiárido baiano e ao seu olhar alegre ao ter um copo de água potável nas mãos. Para eles desenvolvi esse trabalho com a esperança de contribuir para a continuidade desse brilho no nos olhos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Asher, que desde o início abriu as portas para que eu pudesse iniciar essa dissertação e não desistiu nenhum minuto de me apoiar a construí-la - mesmo com os desafios que enfrentei para a conclusão desse trabalho. Ele permitiu que eu desse um dos passos mais lindos da minha vida, onde pude ter contato e trabalhar conceitos e noções que a engenharia química não me deu. Esse trabalho permitiu encontrar o propósito da engenharia que é o de agregar tecnologias e pessoas para facilitar à vida humana.

Agradeço ao meu Coorientador, Prof. George Mustafa, por ter topado desde o início a coorientação e por ter me dado alguns nortes quando tudo parecia confuso e escuro no caminho.

À toda equipe do TECLIM, principalmente, à Lígia e à Suzete, sempre dispostas a ajudar.

Aos colegas, professores e funcionários do PEI pela força, ajuda e troca de conhecimentos.

Agradeço de todo o coração à equipe da Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA), principalmente à Coordenadora do Programa Água Doce, Luciana.

À Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB), principalmente a Maicon, Lauro, Raimundo e João Lopes.

Por último e não menos importante, agradeço à minha família e aos amigos pela dedicação e companheirismo nesse período enquanto me dediquei ao Mestrado e a paciência nas minhas faltas, principalmente neste período em que os finais de semana eram tomados pela produção da dissertação.

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.

Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.

(Martin Luther King)

MERCANDELLI, Suzzane Santos. Como melhorar o desempenho das ações de dessalinização de água para consumo humano no semiárido da Bahia. 197 f. il. 2021. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

RESUMO

O processo de dessalinização usando membranas de osmose inversa, fornece água potável para as famílias do semiárido desde a década de 90. Atualmente, esse processo está sendo utilizado pelo programa federal denominado “Água Doce”. Seu programa antecessor, denominado “Programa Água Boa”, teve como resultado o abandono de parte dos sistemas pela população e pelos órgãos responsáveis. Na intenção de colaborar para que isto não ocorra com o programa atual, esta pesquisa apresenta proposições para a melhoria do desempenho das ações de dessalinização de águas salinas oriundas de poços tubulares perfurados em formações de rochas cristalinas. Para tanto, em face da complexidade de aproximação à realidade desse cenário, foram aplicados diversos instrumentos metodológicos sendo esses: revisões documentais e bibliográficas, pesquisa de campo em comunidade beneficiada pelo Programa, avaliação de risco/falhas e análise de viabilidade técnica e econômica de alternativas possíveis. Os resultados obtidos permitiram caracterizar o cenário desse estudo, explorar o modelo de gestão do Programa e de dados técnicos de projeto dos sistemas. Isso, conseqüentemente, permitiu compreender a complexidade envolvida na implantação e continuidade do Programa. Em seguida, pôde-se identificar os problemas vivenciados para manter os sistemas em operação, como: paradas dos sistemas por falta de manutenção, falta de peças e equipamentos sobressalentes, falta de produtos químicos, ausência de operadores e suspensão do pagamento dos operadores pela prefeitura. A aplicação da Gestão de Riscos contribuiu para o desenvolvimento de a) Uma proposta de metodologia de riscos direcionada ao cenário do Programa Água Doce no estado da Bahia; b) Desenvolvimento de uma Estrutura Analítica de Riscos para o Programa; c) Levantamento de uma lista de 36 riscos, categorizados e hierarquizados de acordo com a urgência em seus tratamentos. A análise do primeiro monitoramento do programa na Bahia, evidenciou a ocorrência dos riscos levantados durante a aplicação da metodologia de Gestão de Riscos, que tiveram como efeito a suspensão da operação de 31% dos sistemas dos sistemas instalados. A análise técnica permitiu verificar que, sendo a premissa dos programas, o fornecimento de 10L/dia/pessoa, as vazões dos poços não são utilizadas em sua plenitude. A concentração de sólidos dissolvidos totais na água purificada da maioria dos sistemas, está abaixo de 200 mg/L – qualidade superior ao especificado para água potável (1000mg/L). Acerca do consumo de energia elétrica de seis sistemas do município de Ipirá na Bahia, observou-se a uma tendência média de aumento de 3,92kWh/m³ entre o projetado e o medido. Foi realizado estudo de alternativa de centralização de sistemas individuais em sistemas centralizados, que não se mostrou vantajosa. Portanto esse trabalho permitiu o desenvolvimento de uma lista de oportunidades para a confiabilidade no fornecimento de água pelo Programa, apresentada no corpo dos capítulos.

Palavras-Chave: Osmose Inversa; Programa Água Doce; Gestão de Riscos; semiárido baiano.

MERCANDELLI, Suzzane Santos. How to improve the performance of water desalination actions for human consumption in the estate of Bahia's semiarid regio. 197 pp. ill. 2021. Master Thesis – – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

ABSTRACT

The desalination process using reverse osmosis membranes has provided drinking water for families in the semiarid region of Brazil since the 1990s. Currently, this process is being used by a federal program called “Água Doce”. Its predecessor, the “Água Boa” Program, resulted in the abandonment of part of the systems by the population and responsible agency. Having in mind to collaborate towards avoiding the same outcomes on the current program, this research proposes to present possible ways to improve the performance of the actions of desalination of saline water from tubular wells drilled on crystalline rock formations. Therefore, in view of the complexity of approaching the reality of this scenario, several methodological instruments were applied, namely: documentary and bibliographic reviews, field research in a community benefited by the Program, risk / failure assessment and technical and economic feasibility analysis. The results obtained allowed to characterize the scenario of this study, to explore the Program management model and technical data of the systems design. This, consequently, allowed us to understand the complexity involved in the implementation and continuity of the Program. It was possible to identify the problems experienced to keep the systems in operation, such as: system outages due to lack of maintenance, lack of spare parts and equipment, lack of chemical products, absence of operators, and suspension of payment of the operators by the City Hall. The application of Risk Management contributed to the development of a) A proposal for a risk methodology regarding the scenario of the Água Doce Program in the state of Bahia; b) The development of an Analytical Risk Structure for the Program; c) A survey of a list of 36 risks, categorized and ranked according to the urgency of their treatments. The analysis of the first monitoring of the program in Bahia evidenced the occurrence of risks raised during the application of the Risk Management methodology, which had the effect of suspending the operation of 31% of the systems of the installed systems. The technical analysis made it possible to verify that, being the systems designed to supply 10L / day / person, the wells' flow rates are not being used according to their full production capacity. Total dissolved solids in the purified water of most systems is below 200 mg / L, superior quality than specified for drinking water (1000 mg / L). Regarding the consumption of electricity of six systems in the municipality of Ipirá, in Bahia, there was an average trend of increase of 3.92kWh / m³ between the projected and the measured. A study of alternative centralization of individual systems in centralized systems was carried out, which was not shown to be advantageous. Therefore, this work allowed the development of a list of opportunities for reliability in the water supply by the Program, presented along the body of the chapters.

Key words: Reverse Osmosis; Água Doce Program; Risk management; Semiarid region.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Delimitação do Semiárido Brasileiro	21
Figura 2 - Esquema geológico do semiárido brasileiro	21
Figura 3 - Informações físico-químicas dos diagnósticos de 3 municípios baianos	23
Figura 4 - Módulo de membranas de osmose inversa	24
Figura 5 - Localização do município de Uauá	35
Figura 6 - Fotografia da reunião realizada em Uauá/Bahia	36
Figura 7 - Processo da gestão de riscos proposta.	48
Figura 8 - Estrutura Analítica de Riscos do Programa Água Doce na Bahia	50
Figura 9 - Questões sobre substituição e responsabilidades básicas dos operadores	65
Figura 10 - Questões sobre cumprimento de responsabilidades e aptidão do operador	66
Figura 11 - Questões acerca de remuneração de operadores	67
Figura 12 - Cumprimento das responsabilidades pelas prefeituras	68
Figura 13 - Questões acerca dos Grupos Gestores	69
Figura 14 - Questões sobre horários e quantidades da água distribuída	70
Figura 15 - Questões acerca do uso da água tratada pelas famílias e instituições locais	71
Figura 16 - Utilização de água dessalinizada	72
Figura 17 - Contribuições e prestação de contas do fundo de reserva	73
Figura 18 - Cobertura dos custos pelo fundo de reserva	74
Figura 19 - Conflitos de interesse	76
Figura 20 - Aspectos técnicos	77
Figura 21 - Quantidades de sistemas parados e seus modos de falhas	78
Figura 22 - Classificação da criticidade da gestão dos sistemas	81
Figura 23 - Diagrama hidráulico de um sistema de dessalinização do PAD/MMA	91
Figura 24 - Layout de passo e arranjo em sistema de dessalização por OI	93
Figura 25 - Distribuição de usinas de dessalinização no Texas.	109
Figura 26 - Distribuição dos sistemas de dessalinização da Mekorot (1998-2006)	111
Figura 27 - Localização do município de Uauá	112
Figura 28 - Tabela de tarifas de energia elétrica do grupo B	114
Figura 29 - Estrada que dá acesso as comunidades de Pedra Grande e Santana	115
Figura 30 - Região de estudo	117
Figura 31 - Arranjo de adutoras - escala: 1:4,89km	119
Figura 32 - Descrição das distâncias entre os poços	119
Figura 33 - Fluxograma simplificado da proposta de centralização na Usina 1.	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tarifas de 2020 da Embasa para ligações medidas	39
Tabela 2 - Matriz auxiliar na determinação da probabilidade de ocorrência	51
Tabela 3 - Matriz auxiliar na determinação da severidade do risco sobre PAD	51
Tabela 4 - Matriz de Riscos.....	52
Tabela 5 - Dados de concentração de STD de água minerais comercializadas no Brasil	99
Tabela 6 - Dados elétricos dos sistemas de dessalinização por osmose inversa	103
Tabela 7 - Comparativo das potências requeridas por arranjo	116
Tabela 8 - Resumo do custo de aquisição e instalação das adutoras.....	122
Tabela 9 - Resumo do custo de aquisição e instalação dos dessalinizadores	122
Tabela 10 - Custos operacionais para 6h.....	123
Tabela 11 - Custos operacionais para 20h.....	124
Tabela 12 - Comparativo dos custos operacionais	125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gravidade dos riscos.....	54
Gráfico 2 - Distribuição dos riscos relacionado aos métodos gerenciais do PAD/BA.....	54
Gráfico 3 - Distribuição dos riscos relacionado às técnicas aplicadas do PAD/BA.....	55
Gráfico 4 - Distribuição dos riscos externos ao Programa	56
Gráfico 5 - Gravidade dos riscos ocorridos.....	83
Gráfico 6 - Classificação dos riscos ocorridos de acordo com o 1º nível	83
Gráfico 7 - Distribuição dos riscos ocorridos relacionado aos métodos do PAD/BA.....	84
Gráfico 8 - Resultados obtidos durante monitoramento do Programa	84
Gráfico 9 - Concentração de STD na carga de entrada (poço).....	96
Gráfico 10 - Vazão (m ³ /h) de permeado (água potável).....	97
Gráfico 11 - Concentração de STD (mg/L) na carga de permeado (água potável).....	99
Gráfico 12 - Vazão de concentrado (efluente)	101
Gráfico 13 - Concentração de STD (mg/L) na carga de efluente (concentrado).....	101
Gráfico 14 - Distribuição da energia específica de projeto	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -Modelo adaptado usado para registro e análise qualitativa dos riscos.....	52
Quadro 2 - Resultados da análise qualitativa dos 3 riscos mais graves.....	53
Quadro 3 -Etapas da análise documental do monitoramento do PAD/BA	61
Quadro 4 - Parâmetros para classificação da criticidade da gestão local do PAD na Bahia	81
Quadro 5 - Parâmetros físico-químicos a serem atendidos	98
Quadro 6 - Comparativo das potências totais por sistema	120
Quadro 7 -Sistema 1 - Resultado da simulação para vazão de entrada de 22,00 m ³ /h.....	121
Quadro 8 - Sistema 2 - Resultado da simulação para vazão de entrada de 34,29 m ³ /h.....	121

SIGLAS

PAB	Programa Água Boa
PAD	Programa Água Doce
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
MI	Ministério da Integração
MME	Ministério de Minas e Energia
MMA	Ministério de Meio Ambiente
CERB	Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia
CAR	Companhia Regional de Desenvolvimento e Ação Regional
OI	Osmose Inversa
PMI	Project Management Institute
TCU	Tribunal de Contas da União
ITEP	Instituto de Tecnologia de Pernambuco
FUNDAJ	Fundação Joaquim Nabuco
IRPAA	Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	DIAGNÓSTICO	20
2.1.	INTRODUÇÃO	20
2.2.	EMBASAMENTO TEÓRICO	20
2.3	PESQUISA DE CAMPO	35
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
2.5	REFERÊNCIAS	41
3	LEVANTAMENTO DE RISCOS	45
3.1	INTRODUÇÃO	45
3.2	METODOLOGIA	47
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
3.5	REFERÊNCIAS	57
4	ANÁLISE DO MONITORAMENTO DO PAD-BA	59
4.1	METODOLOGIA	61
4.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.3	CONCLUSÕES	85
4.4.	REFERÊNCIAS	88
5	DIAGNÓSTICO E ANÁLISE TÉCNICA DOS SISTEMAS PAD BAHIA	89
5.1	INTRODUÇÃO	89
5.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	89
5.3	METODOLOGIA	95
5.4	CONCLUSÕES	103
5.5	REFERÊNCIAS	105
6	ESTUDO PARA CENTRALIZAÇÃO DAS USINAS	107
6.1	INTRODUÇÃO	107
6.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	108
6.3	ESTUDO DE CUSTOS DE INVESTIMENTO E OPERAÇÃO	114
6.4	COMPARATIVO COM OS SISTEMAS ATUAIS DO PAD	125
6.5	CONCLUSÕES	126
6.6	REFERÊNCIAS	127
7	CONCLUSÕES GERAIS	130
	APÊNDICE I – DADOS DO PROJETO DOS DESSALINIZADORES	132
	APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA	134
	APÊNDICE III- ESTRUTURA ANALÍTICA DE RISCOS	149
	APÊNDICE IV – QUADRO DE ANÁLISE QUALITATIVA DOS RISCOS	153
	APÊNDICE V- RÉPLICAS DOS RELATÓRIOS FÍSICOS NO GOOGLE FORMS	163

APÊNDICE VI – ARTIGO_GESTÃO DE RISCOS_IJCIE OM	169
APÊNDICE VII – SIMULAÇÃO DO PROJETO DAS USINAS CENTRALIZADA	182
APÊNDICE VIII – CÁLCULOS DO ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO	186
APÊNDICE IX – DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DA ADUTORA	192
APÊNDICE X – DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DO SISTEMA	199
APÊNDICE XI - ORÇAMENTO ADUTORA	202
ANEXO I - RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DOS SISTEMAS	203
ANEXO II – ORÇAMENTO DOS SISTEMAS DESSALINIZAÇÃO	210

1. INTRODUÇÃO

Cenário de estudo

A dessalinização é o processo de purificação de água salobra ou salina, que podem vir de fontes subterrâneas ou do oceano. Essa tecnologia é usada em todo o mundo para produzir novos suprimentos de água potável. No ano de 2019, existiam mais de 20.000 usinas de dessalinização (água subterrânea salobra e água do mar) em todo o mundo, com uma capacidade instalada equivalente a 106.7 milhões de metros cúbicos por ano (TWDB, 2020).

Existem duas principais tecnologias de dessalinização: a térmica e as de filtração em membranas. Os métodos térmicos se fundamentam no processo que emprega calor para evaporar a água e separá-la dos sais. O método por filtração em membranas, comercialmente mais aplicado, se baseia em propriedades de certos polímeros, ao permear um solvente - como a água - separando do soluto (por exemplo: sais, vírus e bactérias), usando a alta pressão para transferir o solvente através das membranas. Nos Estados Unidos, 72% das usinas de dessalinização empregam a tecnologia da osmose inversa (TWDB, 2020). A osmose inversa representa 60% da capacidade mundial instalada de produção de água dessalinizada. Esse fato, segundo Gude (2011), Mishra, (2018) e Brasil (2012), se deve às vantagens da osmose, frente as alternativas comercializadas atualmente, em relação aos custos, o baixo consumo de energia, a possibilidade de utilização de fontes de energia alternativas como eólica e solar, possuir unidades mais compactas e modulares, flexibilidade de expansão de capacidade, assim como possibilidade de acoplamento com outras tecnologias de tratamento de água.

No Brasil, partir da década de 1990, iniciou-se a instalação de equipamentos de dessalinização, utilizando membranas de osmose inversa, em poços de água salobra no semiárido nordestino. Atualmente, esse processo está sendo empregado pelo objeto desse estudo, o Programa Água Doce, do Governo Federal, cujo objetivo é fornecer subsídios para a criação de uma política pública de acesso perene de água potável para comunidades difusas dessa região. O Projeto Água Doce assumiu em 2012, inicialmente:

[...] a meta de aplicar a metodologia do programa na recuperação, implantação e gestão de 1.200 sistemas de dessalinização até 2014, com investimentos de cerca de 168 milhões de reais e beneficiando cerca de

480 mil pessoas (média de 400 pessoas por sistema)”. (BRASIL, 2012, p. 36).

Com a reforma administrativa do Governo Federal em 2019, o PAD foi transferido do Ministério do Meio Ambiente – MMA, para o Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR (BRASIL, 2020).

O estado da Bahia recebeu o maior aporte de capital do Programa - aproximadamente R\$ 72 milhões até 2020, tendo instalado 295 sistemas que beneficiam 70 mil baianos. Um novo convênio que vai de 2021 a 2022, visa a implantação de mais 60 unidades de dessalinizadores em um total de 34 municípios, através de um investimento de mais R\$ 16,5 milhões (BAHIA, 2020; BAHIA, 2021)

Justificativa

Diversos documentos apontam para a ocorrência de significativas fragilidades na operação dos programas de abastecimento de água para pequenas comunidades no meio rural do semiárido nordestino. Dentre esses, estão os programas de dessalinização das águas salinas produzidas por poços que as extraem de fraturas das rochas cristalinas da região. O próprio Tribunal de Contas da União (TCU, 2002) identificou esse problema e fez demandas para que estas fossem superadas. Na tentativa de atender a tais demandas, o Governo Federal reformulou suas proposições, lançando o Programa Água Doce (PAD) em substituição ao Programa Água Boa (PAB). Contudo, muitas das dificuldades identificadas no PAB permaneceram após a implantação do PAD. Esta pesquisa buscou refletir criticamente sobre as razões que têm provocado as falhas identificadas nesses programas para sugerir possíveis encaminhamentos para sua solução ou, ao menos, melhoria dos pontos de fragilidade do programa. O alcance desta reflexão se atém às ações da primeira etapa do Programa Água Doce na Bahia, finalizada em 2019 e entregou 145 sistemas. Um olhar mais detalhado ocorre com os sistemas implantados no município de Uauá.

Objetivo

A partir do conhecimento das razões que concorrem para limitar o sucesso dos programas de abastecimento de água da população rural do semiárido, esta pesquisa se propõe a apresentar possíveis encaminhamentos para a melhoria do desempenho das ações de dessalinização de águas salinas oriundas de poços tubulares perfurados em formações de rochas cristalinas.

Estrutura do trabalho

Os programas aqui estudados envolvem aspectos geográficos, administrativos, comportamentais, tecnológicos e culturais - tanto das instituições como das comunidades participantes. A aproximação com esta realidade demandou diversos instrumentos metodológicos.

Para atingir seu objetivo, a pesquisa foi desenvolvida abrangendo 5 itens, mormente organizados nos capítulos a seguir apresentados, além da introdução. O item 2 compreende um diagnóstico dos programas estudados e da região onde foram desenvolvidos. Isto foi realizado por meio de revisões bibliográficas e documentais, a fim de justificar sua relevância diante do cenário da região de estudo, compreender as características do Programa Água Doce (PAD) e a técnica de purificação aplicada. Foi desenvolvida uma análise exploratória no Município de Uauá, através de entrevistas semiestruturadas realizadas com operadores e membros do Núcleo Gestor Local desse município. Procurou-se verificar como o Programa funciona no campo, bem como identificar os desafios para manter os sistemas em operação.

O Item 3 compreendeu a aplicação de metodologia de análise de risco para identificar as falhas que ocorrem nos programas, a fim de que futuros trabalhos possam propor um plano para a tratativa dessas, culminando na melhoria do seu desempenho. Com isso, procurou-se atingir os seguintes objetivos específicos: 1) adequação da metodologia propiciada pelo *Project Management Institute* – PMI e descrita no seu guia PMBOK® 6º ed. (PMI, 2016), para, através dela; 2) identificar; 3) classificar e; 4) ordenar a prioridade no tratamento desses riscos.

No 4º item deste trabalho, realizou-se a análise do monitoramento (etapa do programa que levanta informações sobre gestão e operação dos sistemas) dos sistemas do Programa Água Doce na Bahia. Inicialmente, buscou-se compreender os acordos firmados para a

sua execução, em contrato firmado entre a Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia e a Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional da Bahia. Na sequência, foram compilados e avaliados os relatórios das 138 localidades monitoradas, com intuito de identificar os status de operação dos sistemas, riscos ocorridos, suas causas e efeitos, para compará-los com os riscos mapeados no item 4 e, então, propor possíveis soluções para a redução das falhas ocorridas.

A análise do primeiro monitoramento do programa na Bahia, evidenciou a ocorrência dos riscos levantados, que tiveram como efeito a suspensão da operação de 31% dos sistemas instalados

Já no 5º item, procedeu-se a avaliação dos projetos dos sistemas de osmose inversa implantados, procurando responder as seguintes questões de caráter técnico: 1) Qual o volume diário de água ofertado por pessoa; 2) Quais as vazões de extração de água das fontes; 3) Quais as concentrações de sais desses poços; 4) Quais as capacidades (m³/h) projetadas para esses dessalinizadores; 5) Quais as concentrações de sais projetadas a água tratada; 6) Quais membranas foram utilizadas nos projetos; 7) Quais os consumos de energia elétrica projetados para produção de 1m³; 8) Quais as vazões de concentrado projetadas; 9) Qual a concentração de sais no concentrado; E, através da medição *in loco*, buscou-se responder: quais os consumos reais desses sistemas?

A partir das informações obtidas nas abordagens anteriores (itens 2, 3 e 4), foi desenvolvida uma reflexão no item 5, sobre a validade de centralizar os sistemas de dessalinização do Programa, utilizando a realidade do município de Uauá, no nordeste da Bahia. Procurou-se esclarecer quais seriam as oportunidades gerenciais, técnicas e econômicas geradas pela centralização de dessalinizadores no município de Uauá. Essas reflexões se encontram no Item 5, que foi estruturado da seguinte forma: 1) revisão da literatura acerca das experiências de Israel e do estado do Texas, referências mundiais em dessalinização por osmose inversa; 2) exposição do contexto de Uauá, 3) estudo de Localização; 4) realização do estudo técnico e econômico para implantação de usina de dessalinização centralizada em Uauá, e, por fim; 5) apresentam-se as conclusões e recomendações.

Os documentos que nortearam esse estudo, assim como as entrevistas semiestruturadas, relatórios, lista de riscos e projetos desenvolvidos, estão expostos nos Apêndices deste trabalho.

2. DIAGNÓSTICO

2.1. INTRODUÇÃO

O processo de dessalinização usando membranas de osmose inversa, fornece água potável para as famílias do semiárido, desde a década de 90. Atualmente, esse processo está sendo utilizado pelo Programa Federal denominado “Água Doce”. Seu programa antecessor, denominado Programa Água Boa, teve como resultado o abandono de parte dos sistemas pela população. Na intenção de colaborar para que isto não ocorra com o programa atual, este capítulo apresenta, a contextualização do Programa Água Doce, por meio de revisões bibliográficas e documentais, a fim de justificar sua relevância diante do cenário da região de estudo, compreender as características do Programa em questão e a técnica de purificação aplicada. Foi desenvolvida uma análise exploratória no Município de Uauá, através de entrevistas semiestruturadas realizadas com operadores e membros do Núcleo Gestor Local desse município. Procurou-se verificar como o Programa funciona no campo e identificar os desafios para manter os sistemas em operação.

2.2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.2.1 Semiárido baiano e águas subterrâneas

O semiárido brasileiro está localizado na região Nordeste (Figura 1), abrangendo nove estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. O semiárido, no estado da Bahia abrange 278 municípios, compreendendo uma área de 446.021Km², 68% do território do Estado, com uma população de 7.675.656 habitantes, o que equivale a 48% da sua população (BRASIL, 2017a).

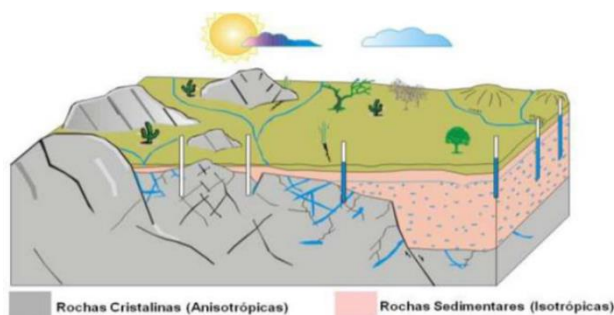
Figura 1 - Delimitação do Semiárido Brasileiro



Fonte: BRASIL (2017b).

Em termos geológicos, ocorre no semiárido baiano, dois principais tipos estruturais: o embasamento cristalino e as bacias sedimentares.

Figura 2 - Esquema geológico do semiárido brasileiro



Fonte: BRASIL (2010).

O embasamento cristalino é formado por rochas maciças que não possuem poros onde a água possa se acumular. A ocorrência de água restringe-se às fraturas e, por isto, apresenta baixa capacidade de infiltração, alto escoamento superficial e reduzida drenagem natural. Em decorrência da reduzida capacidade de retenção de água no solo e da escassez das precipitações, seus rios têm regime temporário, com exceção do São Francisco, cuja nascente situa-se fora da região semiárida (FUNDAJ, 2018).

Como os reservatórios subterrâneos do embasamento cristalino ocorrem em fendas na rocha, os aquíferos são denominados de “aquíferos fissurais”, “aquíferos fraturados” ou “aquífero cristalino” e são caracterizados por ocorrerem de forma descontínua. A Figura 2 ilustra a formação geológica do semiárido (IRPAA, 2015; BRASIL, 2010).

Em qualquer tipo de aquífero, a qualidade da água subterrânea é influenciada pela interação com a rocha onde o aquífero está localizado, assim como pelo tempo decorrido entre a entrada (recarga) e a saída (descarga ou evaporação) do sistema (FILHO, 2006). Quanto à água subterrânea reservada em aquíferos de cristalino, via de regra, a qualidade dessas águas é caracterizada por altas concentrações de sais com valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) superiores a 1000 ppm (BRASIL, 2010).

Segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), considera-se água doce aquela com menos de 500 mg.l⁻¹ de sais, isto é, inferior a 500 ppm (partes por milhão), enquanto a água salobra é a que tem entre 500 e 30.000 ppm, ao passo que a água salina é aquela com mais de 30.000 ppm de sais (BRASIL, 1986).

Como essa concentração é um indicador de potabilidade, as águas com valor superior a 500ppm (mg/L) e abaixo de 1000ppm (mg/L) são consideradas salobras pela resolução do CONAMA, mas próprias para o consumo humano com base no Anexo XX da Portaria Consolidada do Ministério da Saúde (BRASIL, 2018).

A qualidade química da água é avaliada de acordo com as concentrações (em mg/L) relativa dos íons principais (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, CO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄⁻², Cl⁻) e secundários (Fe⁺², NO₃⁻). Diversos estudos foram feitos pelo Ministério do Meio Ambiente através de análises de poços da região semiárida (OLIVEIRA, 2007).

A Figura 3 apresenta informações sobre a físico-química da água subterrânea de 3 municípios baianos localizados no semiárido, com poços perfurados em aquífero fissural do cristalino (BRASIL, 2018):

Figura 3 - Informações físico-químicas dos diagnósticos de 3 municípios baianos

a) Campo Alegre de Lourdes

UF	MUNICÍPIO	LOCALIDADE	STD	COND. ELÉTRICA	SÓDIO	CLORETOS	FERRO TOTAL	CÁLCIO	MAGNÉSIO	SÍLICA	POTÁSSIO	SULFATO	DUREZA TOTAL	NITRATOS	NITRITOS	pH	TURBIDEZ
BA	Campo Alegre de Lourdes	Jiquitaia	1104	1510	157,5	374	0,36	234	22,86	33,6	9,25	143	680	20,93	0,006	6,96	0,3
BA	Campo Alegre de Lourdes	Lagoa de Dentro dos Alexandres	1959	1719	87,5	788	0,05	578	57,2	55,8	11,6	26,32	1680	29,94	0,006	7,53	0,7
BA	Campo Alegre de Lourdes	Lagoa do Angico	1862	943	43,05	134	0,17	448	39,64	36,6	6,65	32,04	1285	8,01	0,006	6,9	0,3
BA	Campo Alegre de Lourdes	Lagoa do Pedro II	3652	2240	273	1919	0,05	905	218,2	47,4	23,15	259	3160	35,28	0,006	6,58	0,3
BA	Campo Alegre de Lourdes	Lagoa do Sal	790	1402	112	356	0,28	156	1,95	125	19,4	58,83	400	27,92	0,006	6,89	1,46
BA	Campo Alegre de Lourdes	Travessão	2246	1799	105,8	997	0,31	742	42,9	54,6	13,6	23,79	2033	18	0,006	7,4	0,3

b) Ipirá

UF	MUNICÍPIO	LOCALIDADE	STD	COND. ELÉTRICA	SÓDIO	CLORETOS	FERRO TOTAL	CÁLCIO	MAGNÉSIO	SÍLICA	POTÁSSIO	SULFATO	DUREZA TOTAL	NITRATOS	NITRITOS	pH	TURBIDEZ
BA	Ipirá	Amparo	15610	22720	1498	8448	0,2	2828	569	40	23,6	1049	9409	72,13	0,006	7,6	0,91
BA	Ipirá	Cachoeirinha	5943	15790	993	5550	0,05	1905	55	94,5	24,05	239	4992	57,42	0,006	7,65	0,4
BA	Ipirá	Cascavel	9296	14480	1425	5269	0,09	1156	214	63,6	25,5	550	3779	72,21	0,006	6,76	2,09
BA	Ipirá	Estaleiro	5616,5	8720	372	2670	0,24	764	598	32,3	22,65	157	3399	48,27	0,006	6,63	1,14
BA	Ipirá	Hu	2430	4410	460	1287	1,06	291	74	68,9	25,75	58	1034	6,63	0,006	7,7	3,11
BA	Ipirá	Jacaré	44475	5390	674	2020	0,29	1352	242	62,7	23,5	192	4375	29,53	0,006	7,59	2,04
BA	Ipirá	Rosário	5056,5	7260	407,5	432	0,83	998	43	52,2	17,9	83	2676,8	3,59	0,006	6,57	0,3
BA	Ipirá	Sítio Novo	4362,5	5070	276	1472	0,05	589	22	59,4	20,45	219	1556	48,15	0,006	6,5	0,3
BA	Ipirá	Vida Nova	8659,5	8650	1275	4085	0,13	2060	30	69,5	34,1	571	5275	43	0,006	6,64	0,3
BA	Ipirá	Vista Nova/Bananeira	3130	5290	369	1455	0,005	446	92	55,9	13,35	163	1493,8	61,91	0,006	7,51	0,61

c) Monte Santo.

UF	MUNICÍPIO	LOCALIDADE	STD	COND. ELÉTRICA	SÓDIO	CLORETOS	FERRO TOTAL	CÁLCIO	MAGNÉSIO	SÍLICA	POTÁSSIO	SULFATO	DUREZA TOTAL	NITRATOS	NITRITOS	pH	TURBIDEZ
BA	Monte Santo	Salgado	6770	5070	1401	2926	0,23	1394	11	81,7	28,4	426	3520	52	0,006	6,82	0,3
BA	Monte Santo	Santo Antônio da Soledade	6993	7350	1208	3669	0,05	1693	1240	99,9	23,9	314	9333	22	0,006	6,86	0,3
BA	Monte Santo	Angico	11215	9770	2003	5571	0,05	2182	1420	49,8	27,3	472	11296	40	0,006	6,48	0,3
BA	Monte Santo	Boa Vista	4526	7690	582	2185	0,66	877	74	53,1	23,3	315	2501	45	0,006	6,88	0,37
BA	Monte Santo	Campo Grande	6306	10630	1235	3214	0,05	46	591	38	31,85	468	2545	147	0,006	6,68	0,3
BA	Monte Santo	Junco dos Peixinhos	3088	4470	240	1051	0,05	42	93	20,9	5,65	149	489	16	0,006	6,69	2,09
BA	Monte Santo	Lage Grande	4696	8140	815	2338	0,25	525	102	63,9	15,55	346	1732	13	0,006	8,06	0,41
BA	Monte Santo	Lagoa Bonita	3737	6760	270	1750	0,05	316	179	60,9	2,75	308	1527	45	0,006	7,3	0,48
BA	Monte Santo	Oiteiro	7378	13240	732	4272	0,41	780	730	62,2	41,9	225	4949	58	0,006	7,3	4,2
BA	Monte Santo	Saco Fundo	10890	16800	1130	5502	0,07	860	754	71,4	33,1	446	5252	53	0,006	6,5	0,3

	Dentro dos Padrões de Potabilidade da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.
	Fora dos Padrões de Potabilidade da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.
	Não Especificado na Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2018).

Através da análise da figura acima, pode-se verificar as amplitudes de STD em Campo Alegre de Lourdes (790 a 3.652 mg/L), Ipirá (2430 a 15.610 mg/L) e Monte Santo (3.088 a 11.215 mg/L), todas as águas classificadas como salobras.

Portanto, pelo exposto, a região de estudo além de apresentar baixos índices pluviométricos (<800 mm/ano) em comparação com a faixa litorânea da Bahia com

precipitação acumulada maior que 1600 mm/ano, possui mais de 70 % de suas águas subterrâneas nas fissuras entre o embasamento cristalino. Esses dois fatores somados enriquecem a água com sais levando-as às classificações de salobra à salina, em alguns pontos. E, para que a população dessa região possa ter essa água disponível para consumo humano, é necessário tratamento de dessalinização para sua potabilização (BRASIL, 2012).

2.2.2 Dessalinização por osmose inversa

Existem dois métodos principais de dessalinização: os térmicos e os por membranas. Os métodos térmicos ocorrem através ebulição e evaporação da água que, ao condensar-se, está dessalinizada. O processo térmico comumente usado é a destilação. A tecnologia de dessalinização por osmose inversa se baseia em uma propriedade de certos polímeros, por permear a água e reter sólido solúveis através de uma aplicação de pressão, a fim de superar a pressão osmótica do lado da alimentação (WBG, 2019; AYOUB e MALAEB, 2011). O esquema de uma membrana desta tecnologia é exposto na Figura 4.

Figura 4 - Módulo de membranas de osmose inversa



Fonte: Cavalcante (2018); Lenntech (2017).

As variáveis que definem os dados de um projeto e as variáveis de operação de um equipamento de osmose inversa são: o tipo de membrana de osmose inversa; o grau de sólidos dissolvidos; tipo de íons, micro-organismos e substâncias orgânicas que estão presentes na água a ser tratada, (AYOUB e MALAEB, 2011)

A utilização dessas membranas evita a passagem de coloides; remove todos os sedimentos finos, turbidez, bactérias e vírus, bem como organismos resistentes ao cloro, como *Cryptosporidium* e *Giardia*, e contribuem para eliminação de patógenos e conseqüentemente para a potabilização de água para consumo humano (AYOUB e MALAEB, 2011)

Um das desvantagens da osmose inversa ocorre quando a condição do processo não é controlada e, assim, se tornar favorável à formação de incrustações e biofilmes que podem entupir as membranas. As incrustações se formam quando os sais se tornam insolúveis sob a forma de minúsculos cristais inorgânicos que se depositam sobre a superfície das membranas, obstruindo seus poros. Os cristais mais comuns são dos sais de carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, óxidos de metais e sílica. Biofilmes podem ser desenvolvidos devido à presença de compostos orgânicos ou biológicos na água a ser dessalinizada. Para que eles não evoluam, de forma a prejudicar o fornecimento de água, é necessária a realização de uma manutenção das membranas, denominada de lavagem química. Para isto, é necessário entender a natureza da incrustação (análise físico-química e bacteriológica) que deve ser determinada antes da limpeza. O procedimento de desinfecção e limpeza de incrustações são realizados com procedimentos específicos como preparo da solução e desvios de fluxo da água (Moura *et al.*, 2008).

Assim, para que o tempo de vida útil dos sistemas de osmose inversa esteja de acordo com o projetado, a operação deve ser feita por operadores devidamente capacitados, seguindo parâmetros rigorosos, e deve ocorrer manutenções preventivas nos equipamentos. A periodicidade de manutenção está diretamente ligada à qualidade da água de entrada, ao volume de água produzido e à realização dos procedimentos de manutenção preventiva (GEHAKA, 2012; BRASIL, 2012).

Diversos itens necessitam de manutenção preventiva, como os filtros e membranas, bombas de alta e baixa pressão, tubulações, pré-filtros, bomba dosadora. Cada um desses itens, possui uma manutenção especializada, para que não ocorra a parada do equipamento. Esse fato, exige que a pessoa que realiza a manutenção dos itens do equipamento de osmose inversa seja treinada e que tenha expertise na sua realização (BRASIL, 2012).

Para aumentar a vida útil das membranas, é necessária a realização de um pré-tratamento da água antes da passagem desta pelas membranas de osmose inversa. Esse pré-

tratamento pode considerar a adição de produtos químicos para evitar incrustações e filtros. Também é recomendado um pós-tratamento, que é geralmente utilizado em processos de fornecimento de água às populações humanas. Ela considera adição de produtos químicos para alcançar os valores de parâmetros de potabilidade definidas por órgãos competentes de cada país (CAVALCANTE 2018a).

2.2.3 Motivos para a seleção da osmose inversa para o Programa Água Doce

Na década de 1960, em várias partes do mundo, a dessalinização emergiu como um dos meios mais importantes de tratar a água salina para levá-la a padrões aceitáveis de qualidade da água para diversos usos e, também, nos setores industriais (MISHRA, 2018). Da capacidade mundial instalada, o uso para abastecimento humano representa 63%, seguido de aplicações para as indústrias de 25,8%, comprometendo, assim, a maior parte da capacidade instalada, e seguidas dos setores de energia, irrigação e turismo (GLEICK e COOLEY, 2009).

Este fato se deve às vantagens da osmose, frente às outras alternativas comercializadas atualmente em relação aos custos, ao baixo consumo de energia, à possibilidade de utilização de fontes de energia alternativas como eólica e solar, ao possuir unidades mais compactas e modulares, à flexibilidade de expansão de capacidade e, também, a possibilidade de acoplamento com outras tecnologias de tratamento de água. A principal desvantagem da osmose inversa é a necessidade de pré-tratamento de água bruta (GUDE, 2011; MISHRA, 2018; MMA, 2012).

2.2.4 Programa Água Boa – PAB

O Programa Água Boa (PAB), foi desenvolvido pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, a partir de 1997, devido à constatação de alto teor de sais em águas subterrâneas da região semiárida, somado à existência de um expressivo número de poços que forneciam águas salobras. Ainda, segundo relatório do Tribunal de Contas da União (TC014.990/200-9, 2001), justificava-se que os investimentos realizados na construção desses poços, poderiam ser recuperados através da instalação de dessalinizadores que tratariam a água salobra a colocando no patamar de potabilidade (BRASIL, 2001).

O PAB tinha como objetivo “Contribuir para o atendimento difuso da demanda, transformando águas de qualidade imprópria para uso em água potável, melhorando,

assim, as condições de saúde pública das comunidades” (BRASIL, 2001, P.24). Mesmo não tendo descrito em seu objetivo, a implantação de sistemas de dessalinização era o que caracterizava o Programa Água Boa (BRASIL, 2001).

O Programa Água Boa não nasceu de forma estruturada, contendo justificativas explícitas, objetivos expressos, metas estabelecidas etc. e se tornou escopo do MMA, a partir de 2000, no Programa Águas do Brasil, através da Ação “Projetos para Minimização dos Impactos da Seca” (BRASIL, 2001, p.6).

Em auditoria realizada pelo TCU durante o ano 2000, foram levantados e estudados dois problemas que a nortearam: Problema 1 - As ações governamentais para implantação dos dessalinizadores estão adequadamente estruturadas? Problema 2 - As ações beneficiam grupos que têm maior necessidade de água? As principais conclusões da auditoria ressaltam as manutenções dos sistemas de osmose inversa como “[...] ponto-chave para o bom funcionamento do Programa” (BRASIL, 2001, p.3). Neste Programa, as manutenções, seriam de responsabilidade dos convenentes, uma vez que o volume de manutenção reduziria o preço dessas frente à manutenção realizada por município. Contudo, não se verificou a existência de um planejamento de manutenções desses sistemas (BRASIL, 2001).

A ausência de indicadores de desempenho para monitorar o programa e avaliar seus resultados, fez com que os auditores concluíssem que não havia sequer um monitoramento para verificar a continuidade na operação dos equipamentos instalados e gerar dados para manutenção dos mesmos (BRASIL, 2001).

Outros pontos frágeis foram identificados no PAB, tais como: a redução considerável do uso dos dessalinizadores durante períodos de chuva, pois os usuários do programa preferiram por consumir a água disponível mais próxima às suas casas; o potencial impacto na saúde devido à falta de higiene dos consumidores da água dessalinizada durante o manuseio da água antes de ser consumida; e a baixa performance relacionada à desigualdade intermunicipal ou regional. Quanto à esta última limitação, não se verificava ocorrer: a demanda potencial por dessalinizadores; metas do programa; e critérios técnicos para a priorização das comunidades; a baixa divulgação do programa; a falta de uma coordenação única na esfera federal; e a falta de destinação adequada do concentrado salino com alto teor de sais.

Em suma, esse relatório expõe as lacunas que existiram em relação às divisões de deveres e obrigações de cada instância envolvida nesse Programa que levaram às duplicações de ações e/ou a falta delas. Assim, como resultado, diversos dessalinizadores saíram de operação, por falta de manutenção e de um modelo de gestão adequado à continuidade do Programa (BRASIL, 2001; BRASIL, 2010).

As principais propostas do TCU para solucionar os problemas anteriormente expostos eram:

- 1) À Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (ou substituto):
 - Exigir que os municípios façam levantamentos da incidência - antes e depois da instalação do dessalinizador - de doenças de veiculação hídrica;
 - Adotar indicadores;
 - Disseminar as tecnologias de aproveitamento do rejeito;
 - Estabelecer metas com base em dados compilados sobre déficit hídrico, poços perfurados e instalados na Região Nordeste, especificando área de atendimento prioritário;
 - Estabelecer critérios técnicos para priorizar a instalação de dessalinizadores, considerando, no mínimo, os seguintes aspectos, além dos pré-requisitos já existentes.

Ao total, foram emitidas 12 recomendações ao MMA e a SRH desse Ministério, até então entendidas como responsáveis pelo Programa Água Boa. Para verificar a execução dessas recomendações, o TCU realizou monitoramentos em dois anos seguidos, 2001 e 2002. No primeiro ano, verificou-se a baixa execução das ações: apenas 8,3% foram executadas e 25% se encontravam em andamento. Assim, a equipe designada para monitorar a execução das recomendações, buscou informações que justificassem seus resultados. Desse modo, identificou-se a transferência do PAB do MMA para o Ministério da Integração (MI), na mudança do governo federal em 2003. Esse fato levou às inconsistências gerenciais relativas a essa mudança, que desenvolveu baixa taxa de execução do Programa. Em vistas desses fatos, o MI justificou a impossibilidade de execução das recomendações do TCU devido “[...] à falta de horizonte definidos quanto aos rumos do projeto” (BRASIL, 2002, p.17). Assim, sem a previsão da continuidade do Programa pelo MI, as execuções das recomendações foram redirecionadas para o MI e o monitoramento dessas, transferido para meados do próximo exercício, para possibilitar o

desenvolvimento de um plano de ação (BRASIL, 2002). Contudo, o Programa foi descontinuado e posteriormente substituído pelo Programa Água Doce.

2.2.5 Programa Água Doce - PAD

Conforme anteriormente citado, a partir da década de 1990, iniciou-se a instalação de equipamentos de dessalinização, utilizando membranas de osmose inversa, em poços de água salobra no semiárido brasileiro. Contudo, os sistemas instalados não possuíam devidos cuidados técnicos, sociais e ambientais, como pôde ser observado na auditoria do TCU, em 2001. Esse fato fez com que os equipamentos deixassem de operar em pouco tempo (BRASIL, 2020, BRASIL 2001). Dessa forma, o Programa Água Doce foi desenvolvido pelo governo federal, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com diversas instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil. Ele teve como objetivo constituir uma política pública perene de acesso à água potável (BRASIL, 2012). Foi lançado em 2003, com intuito de desenvolver projetos pilotos “A partir de 2010 o projeto Água Doce ganhou escala e se tornou programa, sendo inserido no Programa Água Para Todos, no âmbito do Plano Brasil Sem Miséria do Governo Federal” (BRASIL, 2012).

O Projeto Água Doce assumiu, em 2012:

“[...] a meta de aplicar a metodologia do programa na recuperação, implantação e gestão de 1.200 sistemas de dessalinização até 2014, com investimentos de cerca de 168 milhões de reais e beneficiando cerca de 480 mil pessoas (média de 400 pessoas por sistema)” (MMA, 2012, p. 36).

E, em 2018, segundo informações do Ministério do Meio Ambiente, foram realizados 3.167 diagnósticos em comunidades. Foram implantados ou recuperados nos estados um total de 639 sistemas. Em 2020, a meta nacional é o financiamento, implantação e monitoramento de 1.200 sistemas de dessalinização, com investimentos aproximados de R\$ 250 milhões (BRASIL, 2020).

Esse Programa tem como diferenciais um modelo de gestão compartilhada dos sistemas, que considera a participação efetiva das comunidades e demais órgãos do Governo, bem como a destinação adequada do concentrado salino - efluente do processo de dessalinização por osmose inversa (SAIA, 2018). Com a reforma administrativa do

Governo Federal de 2019, o PAD foi transferido do Ministério do Meio Ambiente - MMA para o Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR (BRASIL, 2020).

2.2.6 O Programa Água Doce na Bahia

Na Bahia, as ações do Programa Água Doce (PAD) foram iniciadas em 2005 e ele teve convênio firmado (SICONV 769428/2012) por meio da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), sendo executado pela Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia (CERB) e monitorado pela Companhia Regional de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR).

O estado da Bahia recebeu o maior aporte do capital do Programa - aproximadamente R\$ 72 milhões, até 2020 - instalando 295 sistemas, que beneficiam 70 mil baianos. Só na primeira fase, foram implantados 145 sistemas de dessalinização em 25 municípios. A segunda etapa, que está em fase final, prevê 150 novos sistemas em 49 municípios do interior (BAHIA, 2020). O novo convênio que vai de 2021 a 2022, visa a implantação de mais 60 dessalinizadores em 34 municípios, através de um investimento adicional de R\$ 16,5 milhões (BAHIA, 2021).

2.2.7 Modelo De Gestão - Programa Água Doce

De acordo com o Documento Base do Programa Água Doce, um dos maiores desafios do Programa é contribuir com a criação de estruturas permanentes de gestão dos sistemas de dessalinização nos níveis estadual, municipal e comunitário, para que seja viável a operação dos dessalinizadores em médio e longo prazo (BRASIL, 2012, p. 105).

O modelo de gestão empregado pelo PAD é composto por órgãos da esfera federal, estadual, municipal e sociedade civil organizada, arrançados em Núcleos de Gestão: Núcleo Nacional, Estadual e Local. Esse modelo está alinhado aos objetivos do Programa como o de “[...] definir metodologia de trabalho que garanta permanente articulação das instituições, bem como a responsabilidade de cada uma destas no desenvolvimento e com consolidação do Programa” (BRASIL, 2010, p. 86). Desta forma, foi desenvolvido um modelo de gestão contemplando Planos de Trabalho que possuem três fases que integram os componentes do Programa: 1ª fase (Diagnóstico); 2ª fase (Implantação/Recuperação dos Sistemas de Dessalinização); 3ª fase (Monitoramento). A execução do Programa Água Doce está estruturada nos componentes técnicos de Mobilização Social,

Sustentabilidade Ambiental, Sistemas de Dessalinização e Sistemas Produtivos (BRASIL, 2012; SAIA, 2018).

Após o período médio de três anos de gestão pelos órgãos responsáveis, é previsto no Documento Base que os sistemas de dessalinização, as unidades demonstrativas e as unidades produtivas sejam repassadas às localidades devidamente habilitadas e organizadas para dar continuidade ao Programa (BRASIL, 2012, p.52).

2.2.8 Núcleos de gestão

O Núcleo Nacional, é a instância máxima de direção e orientação das ações do Programa, e possui caráter deliberativo. É composto por um grupo executivo de técnicos-administrativos encarregado pela execução de responsabilidade de uma coordenação nacional, composta pelo coordenador nacional e equipe de apoio. Tendo como sede a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU) do Ministério do Meio Ambiente em Brasília (BRASIL, 2012).

Nos estados, a instância máxima para a tomada de decisão é o Núcleo de Gestão Estadual. Este é responsável por deliberações em órgãos encarregados em gerir as ações em cada município. É coordenado pelo órgão de recursos hídricos estadual ou outra entidade afim, a critério do Governo Estadual (BRASIL, 2012).

O Núcleo Local de Gestão é constituído pelas comunidades beneficiadas pelo Programa, que tem como objetivo realizar a orientação para a sustentabilidade ambiental, técnica e social do Programa (BRASIL, 2012). Esse Núcleo é desenvolvido a partir da mobilização da população atendida, e sua ação se dá a partir dos Acordos de Gestão assinados, ao final das obras de implementação. Esse acordo tem como objetivo definir direitos e deveres dos grupos e órgão públicos que o assinam, facilitando a cooperação, a participação social, e incentivando a gestão compartilhada dos sistemas pela comunidade e poderes local, municipal, estadual e federal. Dessa maneira, Acordos de Gestão são assinados, ao final das obras de implantação, entre os que se responsabilizam pelo Programa naquela comunidade. Esses acordos têm o objetivo de promover a gestão local do Programa; definir direitos e deveres dos grupos e órgão públicos que o assinam; os detalhes de funcionamento do sistema, como a quantidade de água a ser distribuída por família, dias e horários de distribuição da água; o valor da taxa do fundo de reserva a ser pago pelas famílias; nomes dos integrantes do grupo gestor; operadores etc. (SAIA, 2018).

2.2.9 Fases de execução/implantação

Essa é uma das etapas mais complexas do Programa, uma vez que múltiplas instituições devem se comunicar e integrar as ações dos seus diversos componentes. À vista disso, a coordenação tenta mitigar esse risco através de reuniões e encontros para reciclagem e formação, para que a estratégia de implantação seja seguida. Assim, após todo o processo de planejamento do Programa Água Doce, para a execução foram definidas fases a serem realizadas. São elas: Fase diagnóstica, fase de implantação e fase de execução dos componentes técnicos (BRASIL, 2012).

A fase de diagnóstico é utilizada para identificação das comunidades, que serão atendidas por meio de critérios técnicos. Os critérios técnicos socioambientais estão descritos no Resumo Executivo - Planos Estaduais do Programa Água Doce. O índice de criticidade foi desenvolvido pela Coordenação Nacional do PAD, e foi baseado nos seguintes indicadores: Índices Pluviométricos, IDH Municipal, Índice de Mortalidade Infantil, Índice de Condição de Acesso à Água no Semiárido – ICVS desenvolvido pelo MMA e dos valores de Intensidade de Pobreza, segundo o IBGE (2000). Na Bahia, a coordenação do PAD-BA inseriu mais três indicadores: áreas afetadas e susceptíveis a desertificação (AAPD e ASD) e índice de qualidade natural das águas subterrâneas (IQNA). A adição desses indicadores na análise permite que a situação das comunidades em relação à disponibilidade, ao acesso e à qualidade sejam contabilizados - enriquecendo o índice para priorização das comunidades (BRASIL, 2010).

Na fase de implantação – através dos dados obtidos na fase de diagnóstico, das comunidades aceitas no Programa – são realizados os dimensionamentos, instalação, comissionamento e assinatura do acordo de gestão. Caso não seja necessária a instalação de um sistema de dessalinização novo, o pré-existente na comunidade é recuperado. Para isso, são realizadas visitas técnicas e análise dos dados da fase diagnóstica. Os reparos são definidos, executados com acompanhamento e, então, é assinado o acordo de gestão. A Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia - CERB é a responsável pelo projeto e instalação de unidades de dessalinização com chafariz do PAD na Bahia (BRASIL, 2012, p. 169; BRASIL, 2010, p. 90).

2.2.10 Monitoramento

Nesse item, é indicado quem é o responsável pela manutenção preventiva, corretiva e pela garantia da qualidade das águas do poço, bem como da água distribuída à comunidade. A

garantia é estabelecida através do monitoramento do acordo de gestão, sistema de dessalinização e, quando houver, sistemas produtivos. Esse é o item mais crítico de todo o programa, pois a sua deficiência culminou na descontinuidade do programa antecessor ao Programa Água Doce, uma vez que, por falta de cuidados técnicos, sociais e ambientais, muitos dos dessalinizadores foram abandonados pelas comunidades onde tinham sido implantados. Esse fato é evidenciado no Documento Base do PAD, na auditoria do TCU realizada em 2001 e em documentos eletrônicos do Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2001; BRASIL, 2012; BRASIL, 2020)

Cada município, junto com o grupo gestor (Associações Comunitárias dos Usuários de cada Sistema de Dessalinização) assume responsabilidade da permanência de operação dos sistemas, através do pagamento das fichas que dão acesso a uma quantidade de água definida (BRASIL, 2010, p. 93). Contudo, o custo relativamente alto para as comunidades e a falta de entendimento para diagnóstico técnico são fatores de ausência ou inadequação dessas manutenções (MMA, 2010, p. 110).

No ano de 2018, o grupo de gestão estadual do Programa Água Doce da Bahia investiu R\$ 7.000.000 em um contrato, com duração de 2 anos, firmado com a empresa pública denominada Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional - CAR, para realizar a manutenção e monitoramento dos 250 sistemas do Programa na Bahia. Após esse período, os sistemas serão definitivamente entregues à responsabilidade da comunidade. Contudo, a análise dos relatórios do primeiro trimestre de monitoramento, realizado pela SEMA, demonstrou que aproximadamente 31% dos sistemas estavam parados, por falta de manutenção ou energia (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Vale ressaltar que o período médio entre instalação e execução do monitoramento não ultrapassava 4 anos, uma vez que os sistemas começaram a ser instalados em 2014.

2.2.11 Componentes técnicos

O programa é constituído pelos seguintes componentes: de Mobilização Social, sistemas de gestão, sustentabilidade ambiental, sistemas de dessalinização e sistemas produtivos.

O componente de Mobilização Social tem como objetivo apoiar a comunidade no desenvolvimento de soluções cooperativas para a gestão e formação de operadores dos sistemas dessalinizadores. É realizada através de três ações: a) Diagnóstico social; b) Desenvolvimento da estrutura de gestão local e; c) Monitoramento dessa gestão. Define

que uma de suas diretrizes é não oferecer “modelos prontos” e impor regras para gerir conflitos e direcionar modos de acesso e uso da água, pautando-se assim as atividades dos técnicos desse componente na intenção de ajudar a comunidade a construir suas soluções (BRASIL, 2012, p. 122).

Para a construção dos sistemas de gestão, são definidos os usuários, a aprovação dos acordos de acesso e uso da água, a definição de responsabilidades, os direitos e deveres dos envolvidos na gestão, a legitimação dos acordos construídos na comunidade e a definição de estratégias de monitoramento (BRASIL, 2012, p. 126).

O componente de sustentabilidade ambiental é responsável pela execução de cursos, com distribuição de cartilha sobre a higienização de sistema e a dessalinização, reservatórios, distribuição e recipientes nos quais a comunidade coleta e carrega a água. O componente também é responsável pela realização de palestras e oficinas de conscientização do acesso e uso da água. Por esse componente, define-se que deve haver o monitoramento da qualidade da água através de avaliação visual e laboratorial (BRASIL, 2012).

No componente de Sistemas de Dessalinização, são definidos os projetos dos dessalinizadores e componentes hidráulicos e elétricos. Implantação, definições operacionais e treinamento de operadores e monitoramento. Todas as especificações, a partir da definição da quantidade e qualidade das membranas, estão definidas no Documento Base do Programa (BRASIL, 2012).

No Componente de Sistemas Produtivo, define-se as responsabilidades pela execução desses sistemas, em que é aproveitado o efluente resultante do processo de dessalinização. Este efluente poderia ser aproveitado para produção de tilápias e irrigação de cultivares adaptados à salinidade da água e para consumo de animais da região. Esse sistema foi desenvolvido pela Embrapa, podendo ser implantado nas comunidades que possuem poços com vazões superiores a 5.000 litros/hora e solos com profundidade superior a 1,00m (BRASIL, 2018). Das 3 unidades planejadas para serem instaladas durante a primeira etapa do Programa na Bahia, apenas uma foi instalada, na cidade de Ipirá na comunidade de Cachoeirinha, mas devido a falhas de cunho gerencial da associação, ela foi abandonada. A reativação desta unidade foi contemplada no Plano Estadual do PAD na Bahia (BRASIL, 2010, p. 114).

2.3 PESQUISA DE CAMPO

Para melhor compreender o funcionamento do programa foi desenvolvida uma pesquisa de campo no Município de Uauá, através de entrevistas com os operadores e membros do Núcleo Gestor Local.

A população de Uauá, em 2015, era de aproximadamente 29.294 pessoas, tendo uma densidade demográfica de 8 hab./km². Apenas 7,3% possuíam um emprego formal e 53,8% da população recebe até meio salário-mínimo por mês. O IDH do município era 0,605. A economia é movida pela subsistência com maior representatividade na caprinovinocultura, sendo esta ação responsável por 1/3 do PIB do município. O município de Uauá está situado na mesorregião do nordeste baiano, como pode ser observado na Figura 5 (IBGE, 2015) a uma distância de aproximadamente 110 km do rio São Francisco.

Figura 5 - Localização do município de Uauá



Fonte: GENTILEA (2016).

A Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA/BA) entregou oficialmente, em 28 de abril de 2017, 18 sistemas de dessalinização, beneficiando 18 diferentes comunidades de Uauá, que possuem cerca de 1.970 famílias. O investimento para a execução do Programa nesse município, até a data de entrega, foi de R\$ 2 milhões (BAHIA, 2017) sendo um dos municípios com maior quantidade de sistemas. Isso implicou na necessidade de treinamento de um mínimo de 18 operadores e o desenvolvimento de 18 Núcleos de Gestão Local. Enquanto a população rural do município teve aumento de acesso a uma água de boa qualidade, ela passou a ter o desafio

de manter todos esses dessalinizadores em operação. No município existem ainda mais 5 sistemas implantados anteriormente ao programa, perfazendo 23 instalações de dessalinização.

2.3.2 Coleta de dados

O universo do estudo se limitou aos 18 sistemas instalados no Município de Uauá pelo PAD. As premissas utilizadas para a definição da amostra foram: a disponibilidade para participar de uma reunião presencial na sede do município e ser membro das comunidades do PAD.

Os dados foram coletados durante uma reunião realizada em 15 de janeiro de 2018, na cidade de Uauá. Estiveram presentes 14 representantes das comunidades contempladas com o Programa Água Doce e 2 representantes de comunidades com dessalinizador de outro Programa do Ministério da Integração.

Além dos 16 representantes das comunidades, também foi entrevistado o Coordenador de Recursos Hídricos da Prefeitura de Uauá. A Figura 6 apresenta uma fotografia da reunião, ocorrida em Uauá, para a coleta dos dados.

Figura 6 - Fotografia da reunião realizada em Uauá/Bahia



Fonte: Acervo autores (2018).

2.3.2 Tratamento de dados

Das 16 entrevistas realizadas, 2 foram descartadas por não fazer parte do escopo desse estudo, pois não eram do PAD.

As respostas foram compiladas por área analisada: Operação e manutenção; oferta e custos da água dessalinizada e propostas para melhorias no Programa.

2.3.3 Resultado e discussão

Entrevista com o coordenador do município

Data: 15 de janeiro de 2018

Atividade do gestor municipal: Coordenador de Recursos Hídricos da Prefeitura de Uauá, responsável pela operação dos sistemas de dessalinização (tanto do Programa Água Doce quanto de outros programas).

Gestão dos sistemas: a gestão dos dessalinizadores fica sob responsabilidade do Grupo Gestor. Contudo, a Prefeitura busca contratar pessoas dessas comunidades para operar os sistemas. Outra informação disponibilizada por ele, é que o poder municipal paga uma equipe para realizar as manutenções dos sistemas, da energia elétrica consumida e das peças de reposição. Ele considera que isto representa um alto custo para a prefeitura.

Dificuldades encontradas: A maior dificuldade que enfrenta é a de encontrar fornecedores e adquirir as peças de reposição, já que a maior parte delas tem que ser adquirida em Feira de Santana, que fica a uma distância de 315 km de Uauá.

Sobre a qualidade da água dessalinizada: Em relação à garantia da qualidade da água dessalinizada, o coordenador disse que desde a entrega dos sistemas, não tinham sido realizadas análises químicas e bacteriológicas.

Conclusão: Percebe-se o esforço que essa prefeitura tem feito para apoiar as comunidades em manter os sistemas operando, e que as dificuldades relatadas são potenciais causas das suspensões da operação dos sistemas.

Entrevistas com os membros das comunidades

Data: 15 de janeiro de 2018

Os questionários aplicados nesta pesquisa encontram-se no APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA.

- **Sobre operação e manutenção**

Formação dos operadores: Da análise dos questionários aplicados durante as entrevistas com os operadores, observa-se que 12 operadores dos 14 dessalinizadores do PAD fizeram um curso de formação de 8 horas de duração. Eles responderam que foram treinados para operar e realizar a manutenção simples e básica do sistema, mas que a manutenção é de responsabilidade da Prefeitura de Uauá.

Dificuldades: Dos entrevistados, 38% informaram que a maior dificuldade está em identificar o problema, já outros 38% expõem que a maior dificuldade é encontrar as peças para reposição, o restante 24% não souberam responder ou não opinaram.

Além dessas dificuldades, os operadores expuseram que há apenas um operador por dessalinizador e que isso dificulta a operação do sistema quando um adoece ou precisa se afastar. Eles identificam o desinteresse das pessoas da comunidade com o trabalho e com a responsabilidade de operar o sistema.

Outra informação dada é que, atualmente a Prefeitura de Uauá vem passando por dificuldades e há quatro meses não consegue efetuar o pagamento desses operadores contratados. Como consequência, alguns operadores abandonaram o serviço.

Conclusão: Evidencia-se que, de fato, é a Prefeitura a responsável pela manutenção e operação dos sistemas, fato, este, que indica a dificuldade da comunidade se tornar independente da prefeitura, conforme o objetivo do Programa Água Doce.

- **Oferta e custos da água purificada**

Das entrevistas, verifica-se que não há uma regra definida pelas comunidades para a quantidade de água consumida e nem para cobrança pelo seu uso. Ocorre que nos povoados de Caldeirão do Almeida, Crentes e Testa Branca, a água é distribuída através de tubulações para as residências, e o limite se dá pelo tempo de operação do sistema no

dia. Em outros povoados, como Riacho das Pedras e Lagoa do Pires, a quantidade de água limite diária por família não é definida. Já os povoados que possuem limites diários de consumo por família são: Sítio dos Loiolas (20L), Alagoinhas do Rodrigues (100L), Praça dos Menezes (60L), São Paulinho (80L), Lagoa da Pedra (40L), Salgado (60L), Pedra Grande (60L) e Arraial (60L).

A falta de controle na distribuição da água dessalinizada, pode gerar desperdícios de água, dificultar a previsão das manutenções preventivas e consequentemente da cadeia de suprimentos para manter esses sistemas em operação.

Nos povoados que cobram pela água para criar um fundo de reserva, a ficha que dá direito a 20L de água dessalinizada tem o custo de R\$0,25 a unidade. Esses povoados são: Salgado, Pedra Grande, Arraial e Riacho das Pedras e representam apenas 25% dos sistemas analisados. Esse custo representa R\$12,5/m³. Esse custo é muito mais caro que os praticados em 2020 pela Embasa (Tabela 1), contudo, não se consegue gerar caixa para a operação e manutenção dos sistemas, portanto, continuando dependentes do Governo Municipal.

Tabela 1 - Tarifas de 2020 da Embasa para ligações medidas

FAIXAS DE CONSUMO	RESIDENCIAL SOCIAL	RESIDENCIAL INTERMEDIÁRIA	RESIDENCIAL/ NORMAL/VERANEIO	FILANTRÓPICA
Até 6 m ³	R\$ 13,40 p/ mês	R\$ 26,40 p/mês	R\$ 29,90 p/mês	R\$ 13,40 p/mês
7 a 10 m ³	R\$ 0,83 p/ m ³	R\$ 1,07 p/ m ³	R\$ 1,18 p/ m ³	R\$ 0,83 p/ m ³

Fonte: Embasa (2020).

- **Sugestões de melhoria**

Durante a aplicação dos questionários foi solicitada aos entrevistados a proposição de oportunidades de melhoria para o Programa. As respostas foram as seguintes:

- (1) Análise da água: Desde que entraram em operação não houve análise da água e as famílias estão reclamando que a água está salobra. Além de não se ter a avaliação periódica da água tratada o que é um risco para as famílias que as consomem.
- (2) Encanamento da água até as casas: a sugestão é que a água seja encanada para as famílias, pois elas não vão buscar a água por achar o sistema distante.

- (3) Estoque de motores, membranas e produtos químicos: para que o sistema não fique parado aguardando a compra desses itens.
- (4) Aumento da capacidade do tanque de concentrado: os operadores informam que o tanque de concentrado está extravasando.
- (5) Manutenções preventivas: Os operadores observam que manutenções preventivas não são realizadas.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das revisões documental e bibliográfica realizadas, pôde-se compreender o cenário de aplicação do Programa Água Doce, suas potencialidades e vulnerabilidades. Foi possível também entender que a aplicação da osmose inversa ocorre de forma ampla em todo mundo e no PAD, frente as alternativas comercializadas atualmente, pois seu consumo de energia elétrica é menor, existe possibilidade de utilização de fontes de energia alternativas como eólica e solar, possui unidades mais compactas e modulares, flexibilidade de expansão de capacidade, assim como possibilidade de acoplamento com outras tecnologias de tratamento de água.

Com a revisão bibliográfica em relação ao Programa Água Boa, entendeu-se que o “Programa Água Doce” teve a oportunidade de aprender que entregar a usina de dessalinização a uma administração local, não garante o abastecimento de água de boa qualidade e de forma contínua para comunidades. Assim, ele pôde desenvolver metodologias de treinamento, conscientização e divulgação para um conjunto de atividades que envolvem a produção, a distribuição da água, o cuidado ambiental e sanitário com o poço, o destino adequado do concentrado salino e, principalmente, o comprometimento dos atores locais, comunidades e, primordialmente, realizar uma avaliação mais objetiva e rigorosa sobre as reais condições das comunidades de assumir custos e responsabilidades pelos sistemas.

De acordo com a pesquisa de campo em Uauá, mesmo com a realização de todas as etapas do Modelo de Gestão aplicado pelo PAD (treinamento de operador, desenvolvimento e treinamento de grupos gestor, oficina de sustentabilidade e acordo de gestão), pôde-se observar os desafios e dificuldades que as comunidades de Uauá enfrentam para manter o suprimento de água dessalinizada. Mesmo com o apoio do poder municipal, como foi possível observar durante as entrevistas, premissas básicas para operação dos sistemas

não estavam sendo cumpridas como a análise de água bruta e água potável, a manutenção preventiva e a operação contínua dos sistemas.

Portanto, da forma como está sendo implementado o programa a operação dos sistemas estar nas mãos das comunidades é um risco, com efeito de suspensão de fornecimento de água, assim como é um risco a comunidade depender da prefeitura para manter os sistemas. Por conseguinte, essa problemática se volta para a mesma questão de dependência que existe com a distribuição de água a través de carros pipas. Outro ponto que deve ser considerado, refere-se ao treinamento de operadores. Em circunstância alguma, um treinamento para operação de um sistema de tratamento de água com duração de 8h, seja ele o mais simples, é suficiente para ensinar uma pessoa sem conhecimento técnico a operar o sistema, entender a função de cada equipamento e desenvolver discernimento para analisar falhas no sistema e propor soluções. Em terceiro lugar, é imprescindível a disponibilidade de peças e equipamentos sobressalentes em instalações próximas ao sistema para garantir a confiabilidade e a continuidade operacional. Por último, porém não menos importante, está a questão da distribuição da água potável, pois não se previu uma logística ou rede de distribuição da água tratada para a comunidade de forma que ela fosse feita com equidade. Assim, quem não possui um meio de transporte tem mais dificuldade de buscar água.

Foi percebida a ocorrência de riscos não avaliados, causando falhas dos sistemas que levaram à suspensão do fornecimento de água potável em algumas comunidades durante as entrevistas. Assim, reforçando a importância em estudá-los de forma sistemática para poder evitá-los/mitigá-los em outras comunidades e etapas do Programa, recomenda-se para próximos estudo que seja proposta uma sistemática de gerenciamento de riscos de implantação dos sistemas e do Programa nas comunidades.

2.5 REFERÊNCIAS

AYOUB, George M.; MALAEB, Lilian. Reverse osmosis technology for water treatment: State of the art review. *Dessalination* 267. P. 1-8. 2011.

BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA). Programa Água Doce entrega 47 novos sistemas de dessalinização no estado. Salvador, 2020. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=265> . Acessado em: 12 dezembro de 2020.

BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA). Programa Água Doce beneficia mais 60 comunidades do semiárido.2021. Disponível em:

<http://www.bahia.ba.gov.br/2021/01/destaques/d3-destaque-grid/programa-agua-doce-beneficia-mais-60-comunidades-do-semiarido/> . Acessado em: 10 de janeiro de 2021.

BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA). Governo realiza entregas do Cefir e do Programa Água Doce no Festival do Umbu. 2017. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/2017/04/11101/Governo-realiza-entregas-do-Cefir-e-do-Programa-Agua-Doce-no-Festival-do-Umbu-.html>. Acessado em: 30 de setembro de 2019.

BAHIA. Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB). Relatório de simulação para o dimensionamento de sistemas de osmose inversa (ROSA Detailed Report) PAD, Salvador, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Sistema de Informações do Programa Água Doce. 2018. Disponível em: <<http://aguadoce.mma.gov.br>>. Acesso em: 12 de junho de 2019.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Programa Água Doce. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/agua/Agua-doce>>. Acessado em: 15 jan. 2017.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Documento Base - Programa Água Doce. Brasília, 2012. Disponível em:www.aguadoce.mma.gov/anexos/documento-base.pdf. Acessado em: 10 de agosto de 2016

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Resumos Executivos Planos Estaduais do Programa Água Doce. 2010 – 2019. Brasília, 2010. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/doc_PAD_02.pdf >. Acessado em: 28 de abril de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Orientações Técnicas dos Componentes do Programa Água Doce para Implantação dos Sistemas de Dessalinização. Brasília, 2015. Disponível em: < https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/aguadoce_orientacoes_tecnicas_22jun15rev.pdf >. Acessado em: 14 de junho de 2019

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Análise espacial do perfil hidro geoquímico das águas subterrâneas nos municípios atendidos pelo programa água doce no estado da Bahia com base nas informações dos diagnósticos socioambientais e técnicos e fase de monitoramento, por amostragem, com foco na sustentabilidade dos sistemas de dessalinização. Rafael Dantas de Moraes. 2018. Disponível em : <http://aguadoce.mdr.gov.br/anexos/RDMP32018.pdf>. Acessado em : 15 de agosto de 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Programa Água Doce. 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-agua-doce/programa-agua-doce-1#:~:text=O%20Programa%20C3%81gua%20Doce%20\(PAD,consumo%20humano%20por%20meio%20do](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-agua-doce/programa-agua-doce-1#:~:text=O%20Programa%20C3%81gua%20Doce%20(PAD,consumo%20humano%20por%20meio%20do). Acessado em: janeiro de 2021

BRASIL. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Nova delimitação do semiárido. Recife, Pernambuco, 2017a. Disponível em: http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiárido/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf. Acessado em: 08 de junho de 2019

BRASIL. Conselho Nacional de Meio ambiente (CONAMA). Resolução nº 20/86-CONAMA. Brasília, 1986.

BRASIL. Tribunal De Contas Da União (TCU). Relatório de dessalinizadores. Número do processo: TC014.990/2000-9. [2001]. Disponível em:<<https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?inline=1&fileId=8A8182A14D92792C014D9280C6130915>>. Acessado em: 4 de fevereiro de 2019.

BRASIL. Tribunal De Contas Da União (TCU). Relatório de Monitoramento Avaliação do Programa Água Boa: Implantação de Dessalinizadores de Água em Poços Tubulares no Semi-Árido Nordeste Brasília/DF,. 2002. Disponível em:<<https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?inline=1&fileId=8A8182A14D92792C014D9280C7BC0BDD>>. Acessado em: 25 de setembro de 2019.

CAVALCANTE, Fábio Peixoto. Manual completo de dessalinização por osmose inversa com montagem dos componentes mecânicos e hidráulicos do equipamento, layout do sistema elétrico, especificações técnicas de todos os componentes, automação, regulação e operação. Fábio Peixoto. Fortaleza. 2018a.

EMBASA – Empresa Baiana de Saneamento. ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA/BRUTA. LIGAÇÕES MEDIDAS. Disponível em:<http://old.embasa.ba>

[.gov.br/centralservicos/index.php/tarifas?informacoes=sim](http://old.embasa.ba.gov.br/centralservicos/index.php/tarifas?informacoes=sim). Acessado em: março de 2020

GEHAKA. Manual do Sistema Purificador de Água por Osmose Inversa. [s.l.].2012. Versão 2.

GENTILEA, Chiara; BURGOS, Andrés. CooperCUC: percursos de valorização dos recursos locais e de convivência com o Semiárido.2016. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 7, Edição Especial, p. 136-151, dez/2016

GLEICK, H. Peter; Heather, Cooley. “The world's water 2008-2009: The biennial water resources report twelve”, Pacific Institute, 2009.

GUDE, Veera Gnaneswar. Energy consumption and recovery in reverse osmosis. Desalination and Water Treatment. 239–260. doi: 10.5004/dwt. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. IBGE Cidades, 2015. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/uaua/panorama>>. Acesso em: 15 de abril de 2016.

LENNTech Process Water Treatment: Membranas de osmose inversa. Disponível em: <<http://www.lenntech.com.pt/processos/mar/pretratamento/dessalinizacaopretretamento.htm>>. Acessado em: 13 fev. 2017.

MISHRA, Dhananjay. The cost of desalination. Advisian. 2018. Disponível em: <https://www.advisian.com/en-us/global-perspectives/the-cost-of-desalination>. Acessado em: 15 de fevereiro de 2020.

MOURA, J.P.; MONTEIRO, G.S.; SILVA, J.N.; PINTO, F.A.; França, K.P. Aplicações Do Processo De Osmose Inversa Para O Aproveitamento De Água Salobra Do Semi-

Árido Nordeste. Campina Grande. 2008. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, Brasil e-ISSN 2179-9784 (eletrônico)

OLIVEIRA, Iara Brandão de; NEGRÃO, Francisco Inácio; SILVA, Alessandra Gomes Lopes Sampaio. Mapeamento Dos Aquíferos Do Estado Da Bahia Utilizando O Índice De Qualidade Natural Das Águas Subterrâneas – IQNAS. Águas Subterrâneas, v.21, n.1, P.123-137, 2007.

SAIA, Alexandre. O Acordo De Gestão Do Programa Água Doce: Importância Da Gestão Compartilhada Dos Bens Comuns Para O Desenvolvimento Local. Brasília, 2018. Disponível em: <http://repositorio.enaP.gov.br/bitstream/1/3479/1/Alexandre%20Saia.pdf>. Acessado em: 10 de junho de 2019.

TWDB – Texas Water Development Board. Lake, Peter M.; Jackson, Kathleen; Paup, Brook T.; Walker, Jeff. The Future of Desalination in Texas. 2020. Biennial Report on Seawater and Brackish Groundwater Desalination in Texas. 87th Texas Legislative Session.

WBG – World Bank Group. The Role of Desalination in an Increasingly Water-Scarce World. Water Global Practice – Technical Paper. World Bank, Washington, DC. 2019.

3 LEVANTAMENTO DE RISCOS

3.1 INTRODUÇÃO

Das investigações desenvolvidas no item anterior, Diagnóstico, pode-se identificar diversos fatores causadores de risco ao devido funcionamento dos sistemas de dessalinização implantados nos programas analisados. Não foi identificada a aplicação de uma sistemática para diagnosticar e gerenciar os riscos que comprometem o alcance dos objetivos do Programa Água Doce. Nessa etapa do trabalho, aplicou-se uma metodologia que tem por objetivo a identificação, classificação e ordenamento da prioridade no tratamento aos riscos, que desenvolvam eventos negativos no Programa. Escolheu-se a metodologia de gerenciamento de riscos, indicada por uma instituição internacional de reconhecida competência neste campo, o Project Management Institute – PMI, descrita no seu guia PMBOK® 6º ed. (Project Management Body of Knowledge).

Os resultados da metodologia proposta foram comparados com os resultados extraídos no item anterior, Diagnóstico, através do relatório de monitoramento do Programa. No PAD Bahia o monitoramento começou a ser executado no final de 2018 com a contratação da Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional - CAR, por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia - SEMA, através do contrato N° 012/2018. Os resultados abrangem a primeira etapa do monitoramento.

As diferenças, entre o Programa Água Doce e Programa Água Boa, podem ser observadas já a partir da elaboração do Documento Base do PAD e a sua visão de propor a gestão dos dessalinizadores em um sistema integrado.

Mesmo com a aplicação de uma gestão de projeto, a complexidade do Programa Água Doce exige a implementação de um sistema de gestão de seus riscos. Essa complexidade se dá devido a dois principais fatores: 1) diversas esferas envolvidas, já que ele foi desenvolvido pelo governo federal, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e executado em parceria com diversas instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil; 2) Os sistemas são entregues às comunidades, após implantados, para que sejam gerenciados por elas. Este fato se reveste de grande complexidade, pois a continuidade de oferta de água tratada depende de diversos fatores, tais como: comprometimento com a gestão, necessidade de conhecimento técnico para operação e manutenção desses equipamentos, conhecimento para administrar o caixa gerado com a

cobrança da água dessalinizada, além do comprometimento do governo municipal para dar suporte a essa comunidade com o Programa (BRASIL, 2012). Enfim, a continuidade da oferta de água tratada depende de um nível razoável de desenvolvimento sociocultural e econômico das comunidades envolvidas e suas instituições representativas.

Entretanto, mesmo com o cenário complexo que envolve esse Programa, não foi observada, nos estudos descritos no capítulo anterior, nenhuma forma sistemática de levantamento, classificação, análise e tratamento dos riscos aos quais o Programa está suscetível.

O Instituto de Gerenciamento de Projetos (PMI - Project Management Institute) é um dos principais difusores do gerenciamento de projetos e da profissionalização do gerente de projetos. Para tanto, desenvolveu o Guia PMBOK® (Project Management Body of Knowledge), que funciona como base que direciona - mas não determina - a criação de metodologias, políticas, procedimentos, diretrizes, ferramentas e técnicas para gestão de projetos em organizações. Segundo esse Guia, o gerenciamento de riscos é parte fundamental do gerenciamento de um projeto ou programa, permitindo a gestão de integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, aquisições e partes interessadas (PMI, 2016). A presente pesquisa delimitou a sua abrangência à área de gerenciamento de riscos, baseando-se na premissa de que as outras áreas do gerenciamento, foram aplicados pelo Programa.

Diversos autores apontam para a importância do Gerenciamento de Riscos guiado pelo PMBOK®, como por exemplo: Paranhos et al. (2016), Santos e Cabral (2008), Girardi et al. (2018) e Miranda (2017). Nesses trabalhos, é demonstrado o fornecimento de resultados concretos da aplicação desse tipo de gestão, tais como: Estrutura Analítica de Riscos, lista dos riscos categorizados, probabilidades e impactos, e lista de ação para a mitigação/eliminação destes riscos.

Segundo o Guia PMBOK® 6º ed. “[...] o risco é um evento ou uma condição incerta que, se ocorrer, tem efeito em pelo menos um objetivo do projeto”. Esses objetivos podem ser influenciados de forma negativa e positiva. Portanto, o gerenciamento desses riscos tem como objetivo aumentar as probabilidades e impactos de eventos positivos e reduzir a probabilidade e impacto de eventos negativos (PMI, 2016).

Assim, a questão fundamental a ser respondida nesse trabalho é: Quais são os principais riscos aos quais o Programa Água Doce do Estado da Bahia está exposto e quais deles devem ser tratados de forma prioritária?

Nesse panorama, constata-se que existe a lacuna de trabalhos para a análise de riscos de projetos no cenário do Programa Água Doce. Portanto, esse trabalho tem como objetivo geral identificar o cenário de riscos nos quais o programa está inserido, a fim de que futuros trabalhos possam ser desenvolvidos com a proposição de um plano para a tratativa desses, aumentando a probabilidade de alcance do objetivo do Programa de fornecer água potável de forma contínua para as comunidades nas quais foi implantado. Para isso, busca-se atingir os seguintes objetivos específicos: i) desenvolver uma metodologia específica baseada no que indica o Project Management Institute – PMI, descrita no seu guia PMBOK® 6º ed., por meio da sua aplicação; ii) identificar; iii) classificar e; iv) ordenar a prioridade no tratamento desses riscos.

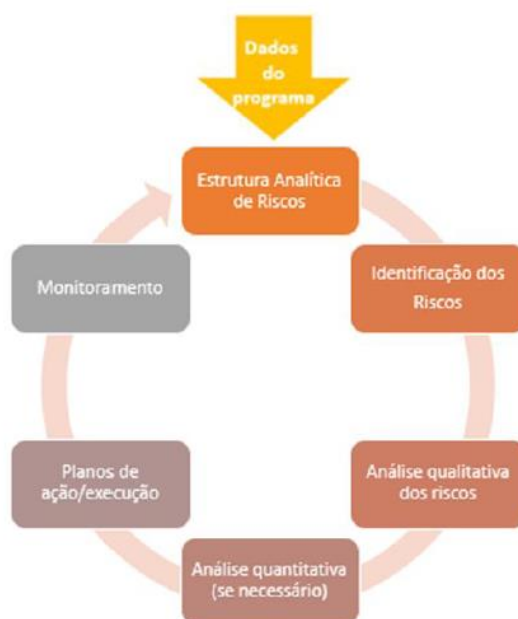
3.2 METODOLOGIA

A metodologia completa está exposta no APÊNDICE VI – ARTIGO_GESTÃO DE RISCOS_IJCIEOM, artigo apresentado durante o 26th IJCIEOM – International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

- **Aplicação do gerenciamento de riscos**

O Processo de Gerenciamento dos Riscos, indicado pelo Guia PMBOK® 6ª edição, possui passos sucessivos e retroalimentados. Baseado nesse fluxo, a Figura 7 foi desenvolvida para representar todos os passos dessa gestão: planejamento, identificação, análise, desenvolvimento de respostas, monitoramento e controle de riscos de um projeto. Esse processo deve ser aplicado durante todo o ciclo de vida de um projeto, ou seja, acompanha as fases que vão desde seu planejamento, execução e controle até o seu término e fechamento (CRISPIM e SILVA, 2014; PMI, 2016).

Figura 7 - Processo da gestão de riscos proposta.



Fonte: Autores (2018).

Os passos, a partir da análise quantitativa da Figura 7, não serão escopo desse estudo. Contudo, o processo completo é descrito para conhecimento: identificação das ações corretivas, desenvolvimento de planos de respostas aos riscos, acompanhamento dos riscos identificados, monitoramento dos riscos residuais, identificação de novos riscos e avaliação da eficácia do processo de riscos durante todo o projeto (BATTISTUZZO e PISCOPO, 2014; PMI, 2016). Com o PMOBOK® 6º ed, desenvolveu-se uma metodologia direcionada ao cenário do Programa Água Doce, já que foi desenvolvida uma estratégia de coleta de dados específica, Estrutura Analítica de Riscos e dimensões específicas de análise de impacto.

Os critérios de confiabilidade utilizados para esse trabalho se baseiam nas definições de parâmetros dos sujeitos para participarem da pesquisa, pré-tratamento dos questionários e entrevistas coletadas, e tabulação para análise das respostas (GEHARDT e TOLFO, 2009).

Coleta de dados:

O universo do estudo se limitou a 145 comunidades contempladas com o Programa Água Doce, em sua primeira etapa. As seguintes premissas foram utilizadas para a definição da amostra: Os sujeitos da pesquisa seriam membros do grupo que gerencia o sistema na sua comunidade ou os opera e deveriam estar acessíveis para a pesquisa. Devido à

distribuição difusa das comunidades dentro do território baiano, que impossibilitou a visita à todas as comunidades, os questionários foram aplicados por telefone e internet.

Para a realização das entrevistas, buscou-se também a oportunidade de encontros presenciais. Assim, essas foram realizadas durante os seguintes encontros: Visita realizada ao município de Uauá em maio de 2017; II Encontro Estadual do Programa Água Doce (Salvador, 26 de abril de 2017); III Encontro Estadual do Programa Água Doce (Feira de Santana, 17 e 18 de maio de 2018); VII Encontro Nacional Do Programa Água Doce (Salvador, 27 e 28 de novembro de 2018).

Tratamento de dados:

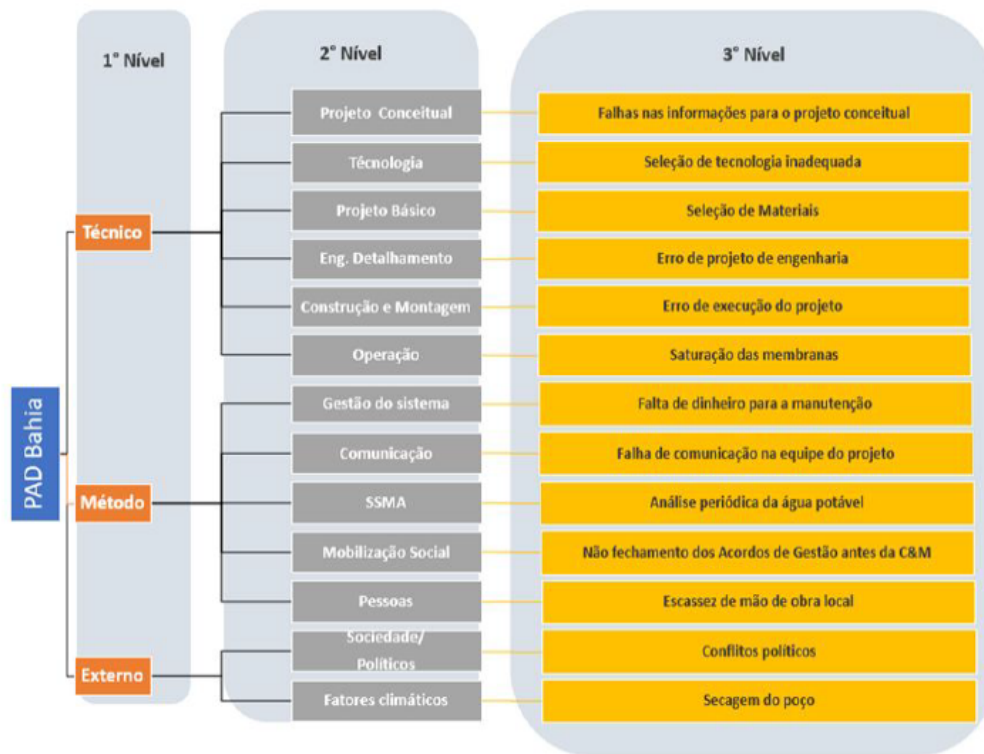
Pré-análise – análise para verificar a qualidade dos materiais respondidos: dos 50 questionários recebidos, foram descartados 29 questionários devido às lacunas nas respostas. Logo, 21 questionários foram analisados. Das 25 entrevistas, 7 foram descartadas devido às lacunas de conhecimento dos sujeitos entrevistados, e as 18 restantes foram consideradas nesse estudo. Assim, 39 documentos foram para a etapa de tratamento de dados.

Tratamento de dados – sistematização das respostas das entrevistas e questionários: As respostas foram colocadas em planilha, na qual foi realizada a análise de conteúdo, através da análise temática acerca das falhas dos sistemas, da periodicidade dessas falhas e de suas possíveis causas e consequências.

Identificação e Estrutura Analítica de Riscos

Após o levantamento dos riscos e para a categorização detalhada destes, foi desenvolvido um Quadro Analítico de Risco, esquematizado na Figura 8. O objetivo deste quadro é facilitar o direcionamento das ações para o tratamento de riscos. Essa estrutura foi dividida em três níveis ou subcategorias, sendo o 1º e o 2º níveis extraídos da 6ª edição do PMBOK®. Para a construção do 3º nível, foram utilizadas informações coletadas de questionários, de declarações e da análise da documentação do Programa.

Figura 8 - Estrutura Analítica de Riscos do Programa Água Doce na Bahia



Fonte: Autora (2018).

Após a construção da Estrutura Analítica de Riscos, levantaram-se as causas raiz e efeitos dos riscos identificados, também com base em todas as questões respondidas e nos depoimentos. A priorização no tratamento dos riscos, de acordo com essa metodologia, deve ocorrer usando combinações entre a probabilidade de um evento ocorrer e do impacto de suas consequências. Desta forma, a próxima etapa realizada foi a análise qualitativa dos riscos, que é composta por: (a) avaliação de probabilidades e impactos; (b) aplicação da matriz de severidade e classificação dos riscos (PMI, 2016).

Probabilidade de ocorrência (P)

Para a determinação de Probabilidade (P), foi realizada a análise da periodicidade com que os riscos em estudo apareciam nos dados tabelados e, então, classificados de acordo com a Tabela 2, que foi adaptada com dados do PMBOK® (2016) e Pironte (2018).

Tabela 2 - Matriz auxiliar na determinação da probabilidade de ocorrência

Ordinal	P	Descrição
Muito baixa	0,10	Evento extraordinário, sem histórico de ocorrências.
Baixa	0,30	Pouco provável. Pode ocorrer em algum momento.
Média	0,50	Possível. Deve ocorrer em algum momento.
Alta	0,70	Evento usual, com histórico amplamente conhecido.
Muito alta	0,90	Evento repetitivo e constante

Fonte: PMBOK® (2016) e Pironte (2018).

Impacto (I)

Neste caso, para o cálculo do Impacto (I), foi desenvolvida a matriz exposta na Tabela 3, considerando as categorias que podem causar impacto nos objetivos do Programa Água Doce Bahia. Sendo assim, foram considerados o impacto no escopo e qualidade dos projetos, o custo de operação e manutenção do sistema, o fornecimento de água, e Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA). Os valores do impacto e sua classificação foram adotados do Guia PMBOK 6^a ed., assim como o grau das categorias Escopo/Qualidade, o custo e SSMA. A descrição do grau de impacto na Produção do dessalinizador foi desenvolvida de acordo com o método de aquisição dos dados da primeira etapa deste trabalho.

Tabela 3 - Matriz auxiliar na determinação da severidade do risco sobre PAD

Categoria do impacto dos Riscos					
I	Valor	Escopo/Qualidade	Custo	Produção	SSMA
Muito Baixo	0,05	Modificação quase imperceptível.	Mudança insignificante e de custo	Parada < que 24 h	Aumento ou redução de impactos desprezíveis.
Baixo	0,1	Apenas áreas de pouca importância ou aplicações mais exigentes são afetadas/beneficiadas.	Modificação do custo < 5%	Parada > 24 h e < 48 h	Aumento ou redução de impactos de baixa relevância.
Médio	0,2	Modificação de impacto na aprovação do usuário final / cliente.	Modificação do custo < 5 - 10%	Parada > 48h e < 120 h	Aumento ou redução de impactos relevantes ou do risco às pessoas.
Alto	0,4	Modificação de grande impacto para o cliente.	Modificação do custo < 10 -20%	Parada > 120 h e < 360h	Aumento ou redução de impactos, importantes ou de acidentes pessoais.
Muito alto	0,8	Alteração que implicam revisão da estratégia do projeto.	Modificação custo > 20%	Parada >360 h	Aumento ou redução de perdas materiais / impactos ambientais de grandes proporções

Fonte: Adaptado PMBOK® (2008).

Matriz de Riscos

A matriz de riscos é desenvolvida através da multiplicação dos pesos de probabilidade (P) e impacto (I), resultando no que o PMBOK 6ª ed. vai denominar de “gravidade do risco”, ou “chamada de severidade”. Feito este cálculo, localiza-se na matriz a classificação de cada risco (Tabela 4). Área verde representa os riscos de prioridade baixa, a área amarela os riscos prioridade moderadas e a área vermelha representa os riscos de prioridade alta (PMI,2016).

Tabela 4 - Matriz de Riscos

Probabilidade	Impacto				
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08

Fonte: PMBOK® (2016).

Os resultados foram dispostos em quadro, conforme o modelo apresentado no Quadro 1, adaptado de Pironte (2018), é usualmente utilizado na aplicação da análise qualitativa da gestão de riscos. A aplicação dessa Tabela possibilita uma visão sistemática da relação do risco com a sua categoria (níveis), causa raiz e efeitos. Assim como com a probabilidade, o impacto e ranking ou ordem de priorização.

Quadro 1 -Modelo adaptado usado para registro e análise qualitativa dos riscos

1º nível	2º nível	3º nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Pxl	Ranking	Ordem

Fonte: adaptada de Pironte (2018).

- **Análise comparativa entre os resultados obtidos com a aplicação do gerenciamento de riscos e do Monitoramento do Programa**

Nessa etapa, buscou-se comparar os resultados obtidos com o gerenciamento de riscos, com os resultados obtidos através do monitoramento do Programa realizado pela Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional Salvador – BA.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Da gestão de riscos

Apesar da dificuldade de contato com os membros das comunidades que seriam entrevistados na zona rural do semiárido baiano, bem como da rotatividade de membros do núcleo gestor - e principalmente de operadores - conseguiu-se no período de construção deste trabalho realizar 31 entrevistas, que representam 21 % dos sistemas.

Como resultado foi possível levantar 36 riscos (APÊNDICE IV – QUADRO DE ANÁLISE QUALITATIVA DOS RISCOS), dos quais os 3 mais graves são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Resultados da análise qualitativa dos 3 riscos mais graves

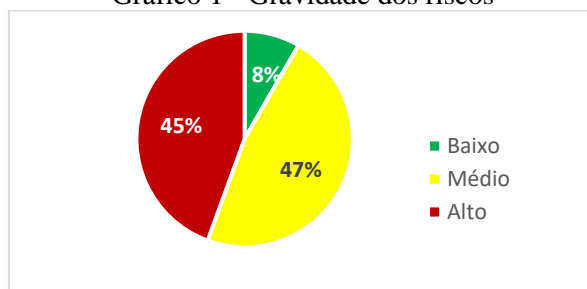
1° nível	2° nível	3° nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	PxI	Rank	Ordem
Método	SSMA	Não realização da análise periódica da água	Falha na Identificação/ definição de limites de responsabilidade entre as partes envolvidas	Consumo de água impropria	Ocorrência de surtos de doenças	Muito Alto	0,72	1
Técnico	Operação	Falha na execução de rotinas de trabalho	Desconhecimento de aspectos técnicos	Operação inadequada do sistema	Falha na oferta de água	Muito Alto	0,56	2
Técnico	Operação	Frequência de operação inadequada	Disponibilidade do operador/ demanda de água	Incrustações no rolamento das bombas	Parada do sistema	Muito Alto	0,56	3

Fonte: Autora (2018).

Feita a análise qualitativa dos riscos (conforme Quadro 2), pôde-se analisar os 36 riscos levantados. Em seguida, foram compilados os resultados em gráficos, discutindo-se os riscos de acordo com suas classificações nos níveis e subníveis da Estrutura Analítica de Riscos. Assim, do total de riscos levantados, 16 foram classificados com alta exposição,

ou Gravidade (G) ($P_{xI} > 0,18$); 17 riscos de média gravidade e; 3 de baixa gravidade, conforme exposto no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Gravidade dos riscos

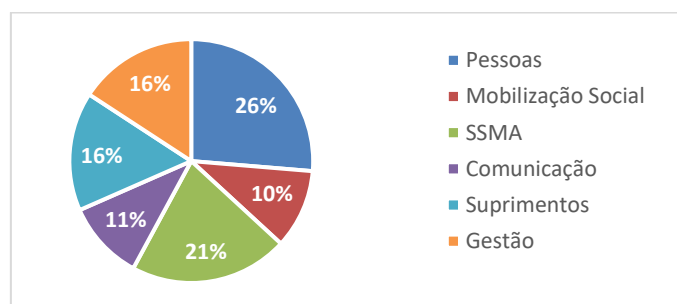


Fonte: Autora (2018).

Os riscos identificados foram 19 (52%), relacionados com os fatores gerenciais do Programa; os riscos técnicos, 14, vêm em segundo lugar (38%), e os riscos externos, 4, em terceiro (10%).

O Gráfico 2 apresenta os fatores gerenciais que estão relacionados com processos de mobilização social, grupo gestor, treinamento, aquisição de materiais etc.

Gráfico 2 - Distribuição dos riscos relacionado aos métodos gerenciais do PAD/BA



Fonte: Autora (2018).

No Gráfico 2, observa-se que os principais riscos se referem “Pessoas” (26%) e “SSMA”, Saúde, Segurança e Meio Ambiente (21%).

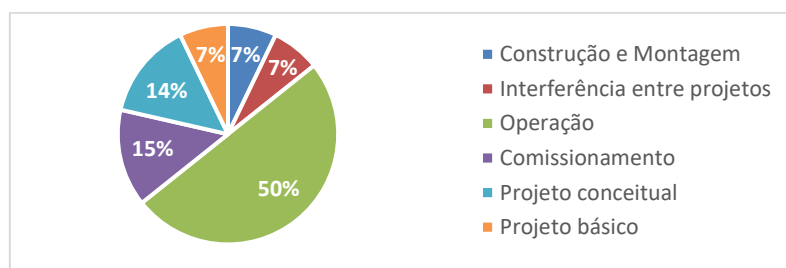
Os riscos de classificação “Pessoas”, estão relacionados à: escassez de mão de obra local, falta de comprometimento de pessoal, baixo nível de qualificação técnica do operador, ausência e mudança de pessoas nos grupos gestores, e à realização ou não do pagamento para consumo da água tratada. Esses fatos têm como causas raiz o cenário de baixa escolaridade, pois alguns operadores só conseguem operar o sistema quando estão ausentes de suas atividades remuneradas - e nem todos os operadores são remunerados para colocar o sistema em operação e distribuir a água. Esse fato leva a desmotivação e,

consequentemente, à falta de comprometimento do operador que, às vezes, acabam por abandonar o Programa.

Os riscos de classificação “SSMA”, estão relacionados a: o negligenciamento na desinfecção do sistema para o fornecimento de água; ocorrência de acidentes ou incidentes de processo; ocorrência de acidentes ou incidentes de trabalho. Esses riscos têm as seguintes causas raiz: Não entendimento da importância deste processo para a saúde dos consumidores da água; curto-circuito/vazamento no tanque de contenção/estruturas físicas não íntegras; produtos químicos usados de forma incorreta; despreparo do operador frente aos riscos que está exposto, levando à uma baixa percepção dos riscos. Esses fatores podem gerar os seguintes efeitos: fornecimento de água fora do padrão de potabilidade; suspensão da operação do dessalinizador; choque elétrico, contaminação biológica e acidente com equipamentos rotativos.

Os “riscos técnicos” identificados estão relacionados com os fatores de planejamento, implantação, operação e manutenção dos dessalinizadores, como: projeto conceitual básico, construção e montagem, e sua distribuição está exposta no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Distribuição dos riscos relacionado às técnicas aplicadas do PAD/BA



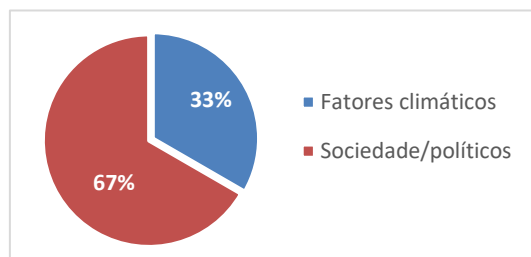
Fonte: Autores (2018).

A concentração de riscos técnicos ocorre durante a operação do sistema (50%). Esses riscos têm como principais impactos: falha na execução das rotinas de trabalho, frequência de operação inadequada e perda de desempenho operacional. As causas raiz desses riscos, de modo geral, se devem ao desconhecimento técnico do operador, à falha no controle das variáveis como pressão e vazão, à não execução da retrolavagem do dessalinizador e à incompatibilidade de materiais. Essas causas levam aos potenciais eventos de paradas dos sistemas, devidos às falhas no rolamento das bombas e formação de incrustações por sais precipitados ou micro-organismos sob a membrana.

Os riscos “externos” identificados estão relacionados aos fatores climáticos, sociais e/ou político e estão apresentados no Gráfico 4. Esse último, tem como causas raiz: conflitos

políticos (de ordem nacional, estadual ou municipal), falta de consumo de água dessalinizada devido às impressões pré-concebidas da comunidade acerca da sua ingestão ou não entendimento da qualidade da água dessalinizada frente às outras fontes, a exemplo das cisternas.

Gráfico 4 - Distribuição dos riscos externos ao Programa



Fonte: Autores (2018).

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho permitiu responder à questão: quais são os principais riscos que o Programa Água Doce do Estado da Bahia está exposto e quais devem ser tratados de forma prioritária. As principais contribuições dessa pesquisa são:

- a) A proposta de uma metodologia de riscos voltada para o cenário do Programa Água Doce no estado da Bahia, cobrindo a lacuna de inexistência de estudos acerca desse tema no cenário do Programa;
- b) Desenvolvimento de uma Estrutura Analítica de Riscos para o Programa (APÊNDICE III- ESTRUTURA ANALÍTICA DE RISCOS);
- c) Levantamento de uma lista de 36 riscos, categorizados e hierarquizados de acordo com a urgência em suas tratativas APÊNDICE IV – QUADRO DE ANÁLISE QUALITATIVA DOS RISCOS;
- d) Apresentação de informações úteis que servem como subsídio para a análise de tratativas e análises quantitativas dos riscos como árvore de falhas etc.

As limitações, encontradas no decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa, foram compostas pela quantidade de dados coletados, resultantes da impossibilidade de ida à cada comunidade, já que estão localizadas em área rural e são muito distantes entre si; à dificuldade de contato com membros do grupo gestor e; à baixa contribuição daqueles

que se conseguiu contatar. Dessa forma, foram coletados 50 questionários e 25 entrevistas, mas apenas 31 do total de materiais coletados foram considerados na análise, a fim de garantir a confiabilidade do estudo. Assim, a representatividade dos resultados para todos os sistemas instalados implica em altas incertezas. A estratégia da pesquisa não buscou generalizar os resultados, mas apresentar uma metodologia que sistematize a gestão de riscos para o Programa e cenários de riscos ao qual ele está inserido. Desta maneira, espera-se que essa pesquisa possa abrir caminho para novos estudos sobre a temática abordada que impliquem na redução dessas incertezas.

3.5 REFERÊNCIAS

BATTISTUZZO, Flávio Jorge Freire D Andrade; PISCOPO, Marcos Roberto. A Efetividade Do Processo de Gerenciamento de Riscos – Uma Avaliação Pela Equipe De Projeto. Anais do III SINGEP e II S2IS– São Paulo – SP – Brasil – 09, 10 e 11/11/2014.

BRASIL – Governo do Estado da Bahia. Bahia cumpre metas do Programa Água Doce e terá novo convênio em 2020. 2019. Disponível em: <http://www.ba.gov.br/noticias/bahia-cumpre-metas-do-programa-agua-doce-e-tera-novo-convenio-em-2020>. Acessado em: 3 de maio de 2020

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Documento Base - Programa Água Doce. Brasília, 2012. Disponível em: www.aguadoce.mma.gov/anexos/documento-base.pdf. Acessado em: 10 de agosto de 2016

BRASIL. Tribunal De Contas Da União (TCU). Relatório de dessalinizadores. Número do processo: TC014.990/2000-9. [2001]. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?inline=1&fileId=8A8182A14D92792C014D9280C6130915>. Acessado em: 4 de fevereiro de 2019.

CRISPIM, José António; SILVA, Luiz Henrique Rodrigues-da;. The project risk management process, a preliminary study. *Procedia Technology* 16 (2014) 943 – 949. doi: 10.1016/j.protcy.2014.10.047

GEHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de Pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.

GIRARDI, Leandro Ranolfi; Junior, Roque Rabechini; Moutinho, José da Assunção. Caracterização da gestão de fatores de risco em projetos de infraestrutura. *Gest. Prod., São Carlos*, v. 25, n. 1, p. 30-43, 2018 <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X3011-16>.

MARTINS, Petrônio G; LAUGENI, Fernando P. Administração Da Produção. São Paulo: Saraiva, 2ª Ed., 2005

MIRANDA, Rodrigo Fontenelle de A. Implementando a gestão de riscos no setor público. Belo Horizonte: Fórum, 2017. 181 p. ISBN: 978-85-450-0402-8

PARANHOS, Mayara De Melo; BACHEGA, Stella Jacyszyn; TAVARES, Dalton Matsuo; CALIFE, Naiara Faiad Sebba. Aplicação Da Análise De Modo E Efeitos De Falha Para O Gerenciamento De Riscos De Um Projeto. *Sistemas & Gestão* 11 (2016), pp 444-454 DOI: 10.20985/1980-5160.2016.v11n4.1150Vol. 10, Nº 4 2. <http://www.scielo.br/pdf/jvb/v10n4/v10n4a01>

PIRONTE, Rodrigo. Compliance e Gestão de Riscos nas Estatais: como elaborar uma efetiva matriz de riscos contratuais. Belo Horizonte – MG, 2018. Editora Fórum

PMI -Project Management Institute. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK® 6ª ed. – EUA: Project Management Institute, 2016.

PMI -Project Management Institute. O que é o PMI? Newtown Square, PA 19073-3299 USA. Disponível em: <https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUS/WhatisPMI.aspx>. Acessado em: 15 de outubro de 2018.

SANTOS, Flávio Roberto Souza dos .; CABRAL, Sandro. FMEA and PMBOK applied to project risk management. *Journal of Information Systems and Technology Management*, v. 5, n. 2, art. 9, p. 347-364, 2008.

SICONV - Sistema de Gestão de Convênios e Contratos. Sinconv o que é? Plataforma Brasil.Org. 2017. Disponível em: <https://siconv.com.br/siconv-o-que-e/>. Acessado em: 02 de maio de 2020

4 ANÁLISE DO MONITORAMENTO DO PAD-BA

O monitoramento é uma etapa do Programa primordial, pois é quando se verificam, a partir dos métodos e técnicas empregados, os resultados dos esforços para implantação e a continuidade de operação dos sistemas. A partir dessas verificações é que se torna possível analisar o cenário pós-implantação e propor melhorias ao PAD.

No quarto item, realizou-se a análise do monitoramento (etapa do programa que levanta informações sobre gestão e operação dos sistemas) dos sistemas do Programa Água Doce na Bahia. Inicialmente, buscou-se compreender os acordos firmados para a sua execução, em contrato firmado entre a Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia e a Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional da Bahia. Na sequência, foram compilados e avaliados os relatórios das 138 localidades monitoradas, com intuito de identificar os status de operação dos sistemas, riscos ocorridos, suas causas e efeitos, para compará-los com os riscos mapeados no item 4 e propor possíveis soluções para as falhas ocorridas.

Na Bahia, o Programa está sendo monitorado pela CAR, que iniciou a execução da primeira fase do monitoramento em novembro de 2018 com o objetivo de avaliar, nos Núcleos de Gestão Local de cada comunidade, o cumprimento do que foi definido no acordo de gestão.

Deste modo, aqui, há o intuito de analisar o contrato firmado entre a Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA), com a Companhia Regional de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR), bem como os relatórios e os resultados oriundos do monitoramento do Acordo de Gestão.

Além do modelo proposto pelo PAD, existem diversas metodologias de autogestão já implantadas em sistemas de saneamento. Dentre elas, está o modelo Central De Associações Comunitárias Para Manutenção Dos Sistemas De Saneamento, que funciona nas cidades de Seabra e Jacobina há mais de 20 anos.

As Centrais federam as associações comunitárias e adotam o modelo de gestão participativo, em que os usuários são envolvidos através de processos gerenciais e técnicos, tais como implantação, operação, administração e manutenção das unidades. Essas são associações civis de direito privado, sem fins econômicos, e foram pioneiras no Brasil, reduzindo a dependência de recursos públicos para garantir a qualidade dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário em pequenas comunidades

da zona rural. Além disso, essas centrais têm como objetivo beneficiar as comunidades associadas, fortalecendo o associativismo e contribuindo para o desenvolvimento local (CENTRAL, 2019). Esse modelo permite apoio e parcerias, e recebe atualmente apoio de diversos parceiros, como o Instituto Coca-Cola, municípios, FUNASA, Instituições de ensino (UFBA, IFBA, UEFS), Governo do Estado da Bahia (CAR, CERB, EMBASA), Banco Mundial e Fundação AVINA (CENTRAL, 2019; FERNANDES, 2018).

A Central de Seabra é dividida entre os seguintes setores: Conselho deliberativo; Presidente; Vice-Presidente; Secretarias; Tesouraria; Gerência; Área Administrativa e Financeira; Área Comercial; Área Desenvolvimento Comunitário; Área Manutenção; Estoque; Área Comunicação (CENTRAL, 2019).

Hoje, a Central de Seabra atende aos seguintes municípios: Aracatu, Boninal, Bonito, Ibitiara, Iraquara, Jussiape, Macaúbas, Novo Horizonte, Palmas de Monte Alto, Paratinga, Rio de Contas, Seabra, Souto Soares, Tanque Novo e Wagner (CENTRAL, 2019).

Em 2006, esse modelo recebeu uma premiação da ONU, conforme texto extraído do relatório de atividades da Secretaria de Planejamento do estado da Bahia:

A obtenção do Prêmio de Serviço Público das Nações Unidas 2006, dentro da categoria "Melhoria da prestação de serviços", demonstra a excelência no atendimento ao interesse público. O prêmio em referência foi recebido na ONU, em cerimônia que teve expressiva participação mundial, e na qual a SEDUR teve oportunidade de apresentar o trabalho. (SEPLAN, 2006).

Em carta enviada à Casa Civil, propondo a ampliação da aplicação deste modelo, Lopes afirma que:

Esse arranjo se mostrou consistente e eficaz ao longo desses vinte e uns anos. Outros Estados copiaram e aperfeiçoaram o modelo a exemplo do Ceará e Piauí. Em 2015 outros países da América Latina a exemplo do México se mostraram interessados em copiar (Lopes, 2016).

Atualmente as Centrais fazem parte do projeto Bahia Produtiva do Governo do Estado da Bahia, executado pela CAR, vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Rural – SDR, e faz parte do componente de Água e Saneamento Domiciliar. A Central será contratada diretamente pela comunidade de beneficiários para a gestão e manutenção dos sistemas de água e Saneamento Domiciliar - Componentes 2 e 3 (CAR, 2017).

4.1 METODOLOGIA

No PAD Bahia, o monitoramento começou a ser executado no final de 2018 com a contratação da Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional - CAR, por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia - SEMA, através do contrato N° 012/2018. A cópia do contrato firmado entre essas partes foi fornecida pela SEMA para este estudo, o que permitiu a análise do seu objeto, cláusulas e produtos. A pesquisa documental consistiu em três etapas, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 -Etapas da análise documental do monitoramento do PAD/BA

Etapa	Ação
Pré-análise	Definiu-se que o escopo de estudo seria a análise do contrato e dos relatórios do monitoramento realizado até o primeiro trimestre de 2019.
Organização	Todos os resultados dos 138 relatórios, emitidos pela CAR/BA para a SEMA/BA, foram carregados em um questionário online, criado como réplicas dos relatórios físicos no aplicativo do Google Forms® (Apêndice VI). Essa réplica pode ser acessada através do seguinte link: https://forms.gle/UzMVqhxWwsqqyrFY9 . Desta forma, foram criados 138 relatórios online. Após carregamento desses resultados, foi criada uma planilha Excel®, que permitiu a plotagem dos gráficos dos resultados desses 138 relatórios de forma compilada.
Análise	Informações do contrato e dos relatórios foram interpretados e discutidos.

Fonte: Autores (2019).

4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2.1 CONTRATO

O estudo do contrato iniciou-se com a análise do seu objeto, que prevê a realização de serviços técnicos de monitoramento e manutenção dos sistemas de dessalinização afim

de garantir a oferta de água para o consumo humano. O escopo define os serviços em 295 localidades no interior da Bahia. As ações são norteadas por um termo de referência, proposta de preços e cronograma em formatos de anexos (SEMA, 2018).

O período de vigência do contrato é de 24 meses, com valor global de R\$7.700.000,00, que contabilizam as despesas com pessoas, logística e materiais. Os serviços serão executados conforme Termo de Referência do contrato e compreende a FASE 3 do PAD Bahia – Operação, monitoramento e manutenção dos sistemas de dessalinização. Os custos são distribuídos da seguinte forma: Manutenção-preventiva e/ou corretivas (R\$ 2.735.188,05); Monitoramento da água (R\$1.694.320,20); Monitoramento da Gestão (R\$ 2.539.086,80) e Peças e Serviços (R\$ 731.404,95).

Define-se, neste documento, que o monitoramento deverá ser realizado por três equipes que irão ao campo, composta por dois técnicos. Essas visitas têm períodos definidos no cronograma de execução: na primeira etapa serão realizadas visitas trimestrais, ao longo de 12 meses, nos 145 sistemas que já estão em operação; na segunda etapa serão realizadas visitas trimestrais, ao longo de 12 meses, nos 150 sistemas que estão em implantação.

Em relação às manutenções dos sistemas implantados e ao atendimento das ações corretivas de substituição de peças, componentes etc., quando for indicada a necessidade de intervenção, esta deverá ser executada pela CAR no prazo máximo de 30 dias, a partir de autorização dada pela SEMA/PAD. Contudo, os valores a serem pagos a título de remuneração pelo serviço de manutenção deverão obedecer a lógica de sistemas “vivos”, que prevê que a cada falha ou interrupção do serviço de tratamento de água, a contratada deverá atuar de modo imediato, garantindo a não interrupção do atendimento por um prazo maior do que 5 dias. Assim, caso o reparo não seja efetivado a partir do sexto dia, a empresa deixará de receber 4% do valor referente aquele sistema de forma progressiva. Nesse caso, para que a multa não ocorra, é necessário a implantação de um dessalinizador sobressalente até a completa correção do sistema em, no máximo, 30 dias. Os componentes para a manutenção e suas quantidades também estão definidos nesse contrato (SEMA, 2018, p. 4-16).

O ANEXO VI do contrato trata da capacitação dos operadores dos equipamentos. Essa deverá ser realizada pela contratada, por um período mínimo de 16 horas para um mínimo de 10 pessoas, sendo formados 3 operadores por cada localidade. Durante os 24 meses, deverão ser realizadas, ao todo, 2 capacitações na mesma comunidade: a primeira

capacitação deve ser realizada em no máximo 3 meses após a emissão da ordem de serviço da SEMA; a segunda capacitação deve ser realizada em até 9 meses após a emissão da ordem de serviço (SEMA, 2018, p. 62). O conteúdo da capacitação deverá conter:

Conhecimentos básicos sobre a tecnologia de dessalinização; do sistema de dessalinização; do poço profundo e seus componentes; conhecimento do sistema de dessalinização e seus componentes (pré e pós tratamento, bombas, vasos de alta pressão, membranas, instrumentos de medidas, comandos elétricos e tubulações); operação do dessalinizador; monitoramento e manutenção preventiva (leitura de dados nos instrumentos de medidas do dessalinizador , coleta de amostras da água potável para edições de sólidos totais (TDS) e cloro residual (CLR), preenchimento de planilhas, lavagem das membranas, substituição de filtros e pequenos reparos , etc.); orientações para o uso do “kit operador” (maleta de ferramentas básicas, chaves para abrir copos dos filtros de cartucho, escovas para limpar rotâmetros) (SEMA, 2018, p. 63).

4.2.2 RELATÓRIOS

O Programa na Bahia foi formalizado em convênio com Governo Federal em 2012, porém, o primeiro monitoramento da gestão compartilhada dos sistemas só aconteceu em novembro de 2018. Esse primeiro monitoramento ocorreu através da visita de dois assistentes sociais. Nesta ocasião, a CAR/BA entregou à SEMA/BA 138 relatórios de acompanhamento estruturados conforme exposto no ANEXO I - RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DOS SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO

Pontos de melhoria na estrutura e preenchimento dos relatórios:

As primeiras equipes da CAR/BA a realizar as visitas aos Grupos de Gestão Local, eram compostas por dois técnicos assistentes sociais, e foram direcionadas exclusivamente para o monitoramento da gestão compartilhada dos sistemas. Portanto, não puderam ser realizadas manutenções corretivas em bombas, membranas e elétricos. Outros aspectos que devem ser considerados é a coleta de dados históricos de paradas, manutenções preventivas e corretivas. Há, assim, uma oportunidade de melhoria no que se refere à execução dessa etapa em outros sistemas, como o segundo lote de 150 sistemas a serem contemplados pelo contrato com a CAR.

No que se refere aos relatórios, produtos dessas visitas em campo, foram observadas algumas fragilidades na estrutura e preenchimento deles. Nesta pesquisa, elas são indicadas como oportunidades de melhoria e indicativos de inconsistência nos dados analisados. A ausência de alguns outros questionamentos, seja de forma objetiva ou questões semiestruturadas para guiar os técnicos, empobreceram o diagnóstico desse

monitoramento. As questões a seguir são exemplos de fatores que não estavam no relatório e poderiam promover uma análise mais eficaz da gestão do sistema: Qual o preço da água?; quanto o operador recebe e quando ele é remunerado?; quanto de fundo de reserva tem sido gerado?; quantos operadores atuam em cada sistema?; qual o motivo da comunidade não usar a água, quando a meta de famílias usuárias não é atingida?; quantas paradas já foram registradas e quais os períodos de paradas respectivos?; qual o perfil dos operadores que continuam atuando no PAD conforme esperado pelo programa? Além disso, a análise de 138 relatórios em formato Word® e as respostas não padronizadas, dificultaram a realização de uma análise de forma sistêmica.

Entende-se que a forma do preenchimento dos relatórios deve ser melhorada. Em diversos relatórios, o registro das 26 respostas às questões objetivas não segue o padrão estabelecido. Por exemplo: A questão permite o preenchimento apenas com “Sempre / Às vezes / Nunca” e a resposta registrada foi “Sim ou Não”, o que dificultou o entendimento da situação e a compilação dos dados.

Foram identificadas incompatibilidades entre as respostas objetivas e as anotações nas observações em “outras considerações e sugestões”, desses relatórios. Na comunidade de Junco da Lage, por exemplo, o técnico responde que o sistema “sempre” opera na frequência prevista, contudo nas observações salienta que a produção de água não tem dias e horários definidos e que a quantidade de água processada está de acordo com a demanda dos moradores. Em outras localidades diz-se que o sistema é “sempre” operado conforme acordo, mas nas observações afirma que o sistema foi abandonado pela comunidade. A exemplo do fichário de Campo Alegre de Lurdes – no povoado de Travessão – que no questionário informa que não há falhas técnicas nos sistemas, mas nas observações é informado que o fidejante (local onde é colocado a ficha que libera determinada quantidade definida pela comunidade) foi consertado durante a visita. Outro ponto se refere às observações incompletas, como por exemplo, no espaço em que se deveria especificar quais instituições locais utilizam a água e mais informações sobre o que acontece quando o fundo de reserva não cobre todos os custos.

Pode-se observar que a qualidade do relatório, em relação aos detalhes da visita, está diretamente relacionada com o técnico que o preencheu, pois foram observados padrões de preenchimento diferenciados de acordo com o técnico que confeccionou o relatório.

4.2.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DOS RELATÓRIOS

Nesta pesquisa foram compilados os dados dos relatórios de monitoramento do PAD Bahia elaborados pela CAR. Dos 145 sistemas instalados, 138 foram monitorados pela CAR e os resultados foram documentados em relatórios enviados à SEMA. Esses relatórios foram compilados em gráficos e são discutidos a seguir.

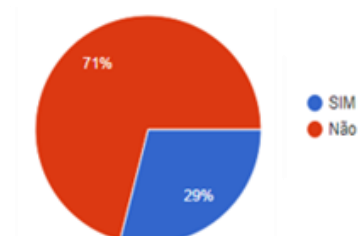
- **Quanto as questões objetivas dos relatórios:**

Questões referentes aos operadores:

Uma operação correta dos sistemas permite que a vida útil do sistema se estenda conforme projetado, que a manutenção seja realizada conforme previsto e, conseqüentemente, que a distribuição da água seja realizada conforme planejado pelo Programa.

Figura 9 - Questões sobre substituição e responsabilidades básicas dos operadores

a - Resultados das 131 respostas à questão: O(s) operador(es) DO DESSALINIZADOR foi(ram) substituído(s) desde a última visita de algum a equipe do PAD?



b - Resultados das 129 respostas à questão: Quais são as responsabilidades básicas do operador do sistema PAD?



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

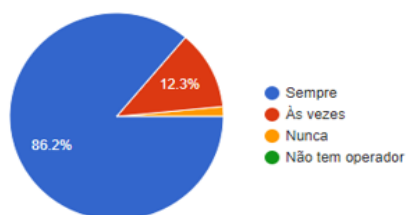
Conforme a Figura 9, pode-se verificar que a maioria dos operadores dos sistemas permanecem os mesmos desde o fechamento do acordo de gestão de cada sistema, ou seja, das 131 comunidades cujos questionários foram preenchidos, em 93 delas seus operadores se mantiveram em atividade. Nesta figura, consegue-se observar que a maioria dos operadores (88%) se consideram responsáveis por todo o sistema de dessalinização. Operar todo o sistema demanda, além da operação do dessalinizador em si e suas manutenções básicas, a limpeza do local e tanques, do poço, das tubulações e a realização da distribuição da água. Na comunidade de Salgado, do município de Monte Santo, por exemplo, onde apenas um operador exerce a função, este não participou da assinatura do

acordo de gestão. Em alguns povoados existe um operador para o equipamento de osmose inversa e outro para as demais atividades, com o intuito de não sobrecarregar apenas uma pessoa.

Alguns técnicos registraram nos relatórios exemplos das dificuldades existentes para que os operadores cumpram suas funções e se mantenham no PAD. Assim, extrai-se dos relatórios da comunidade de São Francisco em Riachão do Jacuípe, que apenas um dos três operadores listados no acordo de gestão, de fato, exerce a função. Em Campo Alegre de Lourdes, na comunidade de Lagoa do Sal, o único operador que realiza a função estava doente e necessitou dividir a operação do sistema com o senhor Paulo, que não tem muita prática na operação do sistema e por isso o deixa parado por muitos dias.

Figura 10 - Questões sobre cumprimento de responsabilidades e aptidão do operador

a - Resultados das 130 respostas à questão: O operador DO DESSALINIZADOR tem cumprido suas responsabilidades?



b - Resultados das 130 respostas à questão: O operador DO DESSALINIZADOR está apto para exercer suas atividades?



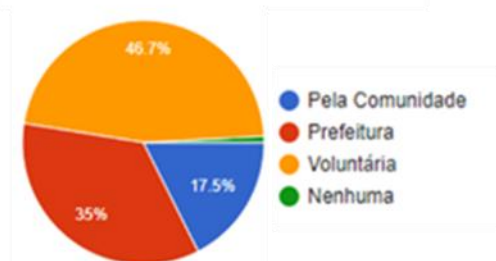
Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

As responsabilidades do operador são definidas no acordo de gestão de cada comunidade e, segundo o questionário aplicado pela CAR, a maioria dos operadores que estão atuando no PAD cumprem com suas responsabilidades. A Figura 10, demonstra que quase $\frac{1}{4}$ dos operadores não se sentem aptos para exercer as atividades direcionadas para essa função. Isso se deve tanto à rotatividade dos operadores dos sistemas, quanto à necessidade de reciclagem em treinamentos para operar o sistema. Outro fator a ser ressaltado é a possibilidade de baixa eficácia dos treinamentos ministrados a este público, devido ao período de treinamento (16h) para desenvolvimento de conhecimento acerca das estruturas dos sistemas e habilidades para operação e manutenção preventiva dos equipamentos.

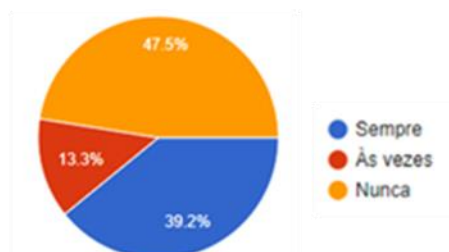
Os gráficos da Figura 11, a seguir, demonstram resultados de questionamentos acerca da existência de remuneração e periodicidade na qual os operadores dos sistemas são pagos.

Figura 11 - Questões acerca de remuneração de operadores

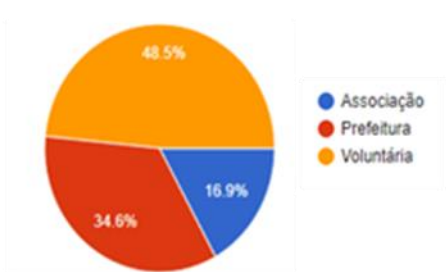
a - Resultados das 120 respostas à questão: para exercer suas funções o operador do poço é gratificado?



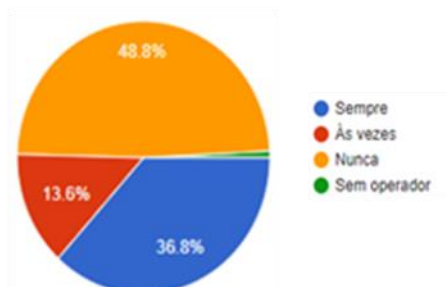
b - Resultados das 120 respostas à questão: Quando gratificado, o operador do poço recebe sua gratificação? (Sempre / Às vezes / Nunca)



c - Resultados das 130 respostas à questão: para exercer suas funções o operador do dessalinizador é gratificado?



d - resultados das 125 respostas à questão: quando gratificado, o operador do dessalinizador recebe sua



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

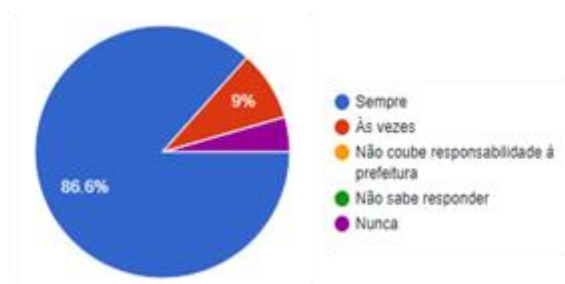
Sobre os aspectos acerca da necessidade dos operadores de terem outras atividades para geração de renda, fica evidente nos Gráficos da Figura 11, que quase metade dos operadores atuam de forma voluntária. Além disso, uma parcela que é remunerada sofre com a inconstância do pagamento pelo serviço.

A maior fonte de pagamento dos operadores vem das Prefeituras e, em seguida, das comunidades, quando há formação suficiente do fundo de reserva. Contudo, quando se questiona se os operadores recebem esses pagamentos, a porcentagem dos que nunca recebem praticamente se iguala à porcentagem dos operadores que são voluntários. Isso ocorre porque nos relatórios foi preenchido, erroneamente, o “nunca recebem” para os operadores voluntários, dando a entender que os operadores gratificados nunca recebem os pagamentos.

As prefeituras de forma recorrente atrasam os pagamentos dos operadores e isso interfere na frequência de operação do sistema e na satisfação do operador que não possui uma renda fixa, impactando na qualidade de vida desses. O fundo de reserva também é incerto, uma vez que a quantidade de consumidores varia de forma sazonal.

Questões acerca da participação das prefeituras

Figura 12 - Cumprimento das responsabilidades pelas prefeituras

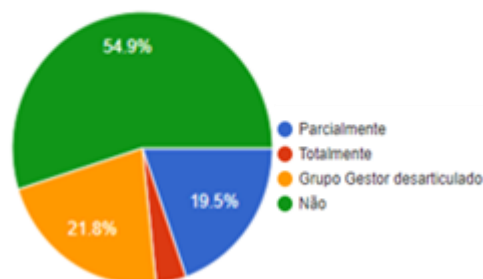


Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

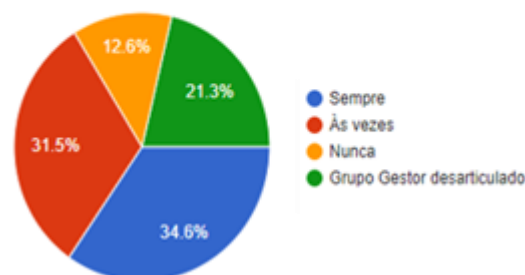
Apesar da participação das prefeituras no Acordo de Gestão ser facultativa, a maioria das (Figura12) comunidades expuseram que as prefeituras têm cumprido os acordos. Contudo, exemplos de falta ocorrem com grandes impactos no funcionamento do sistema, como em: Junco dos Peixinhos, comunidade da cidade de Monte Santo, onde a prefeitura não tem pago a conta de energia do poço, embora tenha se comprometido com esta ação; em Salgado, comunidade de Monte Santo, onde a comunidade teve que arcar com os custos de manutenção de bomba do poço, embora a prefeitura tenha assumido arcar com eles. Já a prefeitura da cidade de Coronel João de Sá, por exemplo, adotou a operação do sistema até mesmo no recolhimento da contribuição das fichas. No município de Ipirá, a prefeitura é responsável apenas pelo pagamento da energia, mas disponibiliza um funcionário da secretaria de Agricultura para dar apoio à comunidade na manutenção do sistema.

Figura 13 - Questões acerca dos Grupos Gestores

a – Resultados das 133 respostas à questão: Houve alteração na composição do Grupo Gestor?



b – Resultados das 127 respostas à questão: O Grupo Gestor tem cumprido suas responsabilidades?



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

Quase a metade (45,5 %) dos Grupos Gestores da primeira etapa do Programa (implantação de 145 sistemas) estão desarticulados de forma parcial ou total - como pode ser observado no gráfico da Figura 13. No que se refere ao cumprimento das responsabilidades desses Grupos, esse índice é de apenas 34,6%. Dois principais fatores foram relatados e registrados nos relatórios pelas comunidades, para justificar esses resultados, são eles: 1) mudança de membros para outras cidades, 2) as dificuldades nos relacionamentos entre membros do grupo gestor e/ou do grupo gestor com terceiros que participam do Acordo de Gestão.

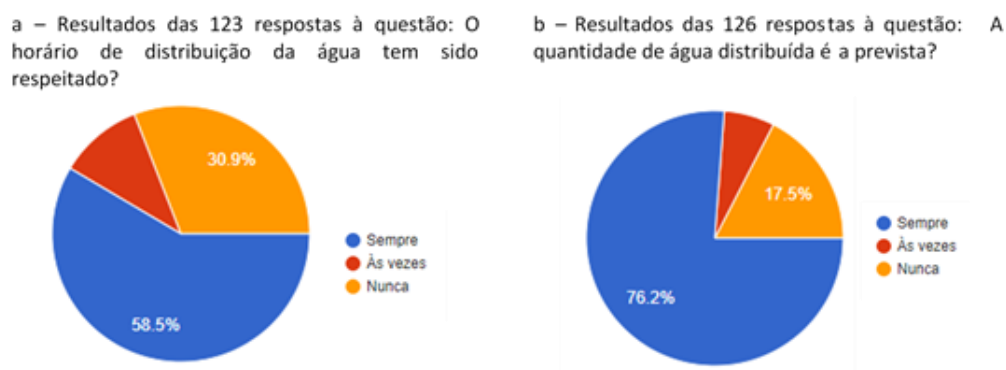
O caso da cidade de Monte Santo deve aqui ser salientado, uma vez que, de nove comunidades entrevistadas, cinco estavam com seus Grupos Gestores desarticulados. Além de ser exposto nos relatórios das comunidades de Laje Grande, Campo Grande e Oitero, que o Grupo Gestor nunca funcionou de fato, pois foi apenas composto para receber o equipamento.

O reflexo de um grupo gestor desarticulado e a mistura entre operação e gestão dos sistemas, são outros fatores que desmotivam os operadores. Esse exemplo é exposto no relatório da comunidade de Junco da Lage, povoado da cidade de Cansanção, onde o operador atuava exercendo a função de operador e gestor local do Programa, uma vez que o Grupo Gestor local estava desarticulado. Em Monte Santo, comunidade do Município de Angico, o operador registrou que ele também atuava com o recolhimento de fichas e distribuição de água, pois a pessoa que ficou responsável por essa tarefa não a cumpria mais.

Questões acerca distribuição da água tratada e do poço e suas utilizações

Os Gráficos da Fig. 14 a seguir tratam de questões relacionadas aos horários e as quantidades de água distribuídas nas respectivas comunidades.

Figura 14 - Questões sobre horários e quantidades da água distribuída



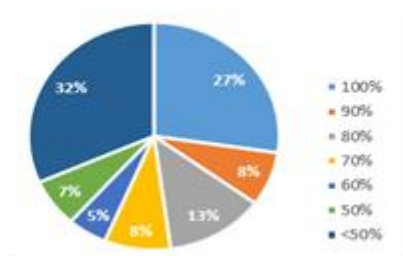
Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

Os horários e quantidades de água dessalinizada distribuídas praticados estavam em discordância do acordado em 41,5% dos sistemas. Em algumas comunidades, os vetores desses fatos são as inconsistências na gestão e operação dos sistemas. Entretanto, a maioria dos relatos evidenciam que essa divergência ocorre devido à quantidade de famílias que utilizam água do sistema, geralmente está abaixo da capacidade de atendimento para qual o sistema foi projetado. Têm-se, como exemplo, o relatório de Monte Santo, na comunidade do Angico, em que relata “[...] o sistema era ligado e desligado mediante necessidade identificada pelo operador a partir do volume retirado dia a dia pela comunidade”. Assim, sem cumprimento de dias e horários para distribuição da água, uma vez que a premissa para o atendimento até então utilizada era atender a quem solicitasse, independentemente do dia da semana. O mesmo ocorre na comunidade de Santo Antônio Da Soledade, da cidade de Pé de Serra, onde o sistema é ligado e desligado mediante necessidade identificada pelo operador. Extrai-se também do relatório da comunidade de Junco dos Peixinhos, em Monte Santo, que algumas pessoas da comunidade pegam 120 litros em um único dia, mas não pegam na semana seguinte a mesma quantidade, e outras famílias pegam mais de 200 litros toda semana – fatos que demonstram o descumprimento do Acordo no fornecimento de água. Em São Sebastião, comunidade de Brumado, o fichário foi retirado e a água é distribuída de forma

indiscriminada. Assim, as operações de distribuição têm seguido requisitos de: quantidade de acordo com o que é solicitado ao operador e disponibilidade de água; horário de acordo com a disponibilidade do operador, que geralmente possui outras tarefas pessoais.

Figura 15 - Questões acerca do uso da água tratada pelas famílias e instituições locais

Resultados das 117 respostas à questão: Percentual estimado do total de famílias que efetivamente está acessando a água dessalinizada (%)?

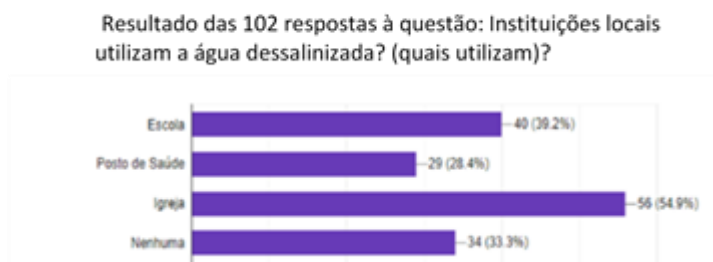


Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

O gráfico da Figura 15 destaca que, das 117 comunidades que responderam à questão acerca da percentagem efetiva de famílias que estão consumindo a água do Programa, apenas 27% das comunidades têm o sistema acessado por 100% das famílias para os quais o sistema fora dimensionado, e 32% das comunidades tem acesso de menos de 50% dessas famílias.

O uso da água pela comunidade está diretamente relacionado com o período chuvoso e com a existência de água nas cisternas e a entrega de água por carros pipa. Esse fato ocorre devido ao formato de distribuição de água adotado pelo programa, os chafarizes eletrônicos. Esses fazem com que as famílias tenham que se deslocar por distâncias, preferindo, assim, o uso das águas das cisternas. Outro fator é a quantidade que essas famílias conseguem carregar ao necessitar se deslocar, somado à não valorização por parte dos usuários do consumo da água produzida pelo sistema. Desse modo, o grupo gestor busca como solução incentivar o uso através do consumo da água por instituições locais. Contudo, nem todas as comunidades possuem instituições locais para consumir a água. O gráfico da Figura 16 demonstra que a maior frequência de consumo da água dessalinizada se dá em igrejas, seguido de escolas e posto de saúde.

Figura 16 - Utilização de água dessalinizada



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

Questões acerca do uso da água do poço, dessalinizada (permeado) e concentrada em sais (rejeito)

Quanto ao uso da água dessalinizada, as respostas demonstram que 91,2% dos sistemas têm sua água dessalinizada usadas conforme acordo de gestão. As respostas também expõem que os usos das águas dessalinizadas e do poço, definidas no acordo de gestão de cada comunidade, estão sendo usadas de acordo com o que foi predefinido, em 91,2% das comunidades entrevistadas. As exceções são: em Uauá, na comunidade de Lagoa da Pedra, por esta não possuir outra fonte de água e, por esse motivo, utiliza a água do sistema para todos os fins. Na comunidade de Testa Branca, a água do dessalinizador é encanada para as residências, mas, como não chega com a mesma vazão em todas as casas, essa problemática gera conflitos.

Quanto à água do poço, 9 respostas indicam que ela é utilizada de forma definida no acordo de gestão em 84,4% das comunidades entrevistadas. Exemplos que não seguem essa maioria podem ser expostos como na comunidade Doçura de Coronel João de Sá, onde o poço tem água extraída para abastecimento de tratores que levam água para os animais de propriedades vizinhas; já em Caldeirão do Almeida, comunidade do município de Uauá, a comunidade tem água encanada do poço, que é a mesma fonte de água para o dessalinizador.

No que se refere ao destino do concentrado salino, efluente da osmose inversa, foi questionado às comunidades se esse estava sendo direcionado conforme os acordos, nos quais foi definido o direcionamento para tanques de evaporação. Das 128 respostas acerca do destino desse efluente, 93% dos relatórios afirmam a conformidade das ações. Nas comunidades onde este direcionamento não está ocorrendo da forma acordada, em geral, há furos ou rasgos nas lonas que protegem o solo de. Portanto, não há impedimento para

o solo entrar em contato com o concentrado. Em Cana Brava, também comunidade de Santa Brígida, a lona do tanque de concentrado estava rasgada. O mesmo ocorre na cidade de Quinjingue Bahia, na Comunidade de Jurema. Em Cansanção, na comunidade de Junco da Lage, o tanque de concentrado sangrou e a comunidade pagou para retirar a água, fizeram um tanque sem lona ao lado e a água fica em contato com o solo. Em Penedo, do município de Canudos o reservatório estava com um pequeno vazamento.

Em determinadas comunidades, há a tentativa de criação de peixes nesses tanques de evaporação sem o devido acompanhamento do Programa, por exemplo, em Baixo do Mulungu, comunidade de Santa Brígida, há criação de Tilápia. Também há criação de Tilápia relatado na comunidade de Doçura em Coronel João de Sá e em Ingazeira, em Santa Brígida.

As questões sobre o uso adequado da água do poço e dessalinizada demonstram que, em sua grande maioria, as águas têm seus destinos em conformidade com o que foi proposto durante o Acordo de Gestão. Em alguns pontos isolados, essas águas precisam ter tanques retificados, seus usos reavaliados e pactuados com a comunidade.

Questões sobre fundo de reserva

O fundo de reserva é desenvolvido a partir da contribuição da comunidade através da aquisição de fichas, a preços definidos em acordo de gestão, para coleta de volumes de água dessalinizada definidos por ficha. O gráfico da Figura 17 demonstra, dentro de um universo de 126 comunidades, que mais de ¼ dessas comunidades não arrecadam para o fundo de reserva com a venda das fichas.

Figura 17 - Contribuições e prestação de contas do fundo de reserva



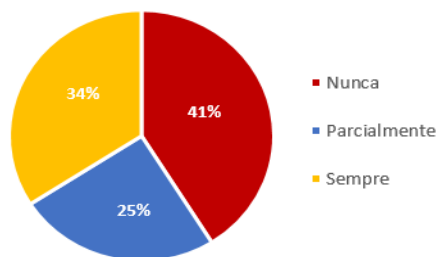
Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

A maioria das comunidades (72,2%) expressam recolher a contribuição para o fundo de reserva. Contudo, essa maioria não possui disciplina para prestação de contas. Em alguns relatos, justifica-se esse fato devido à maioria das comunidades não possuir uma conta no banco para controle financeiro.

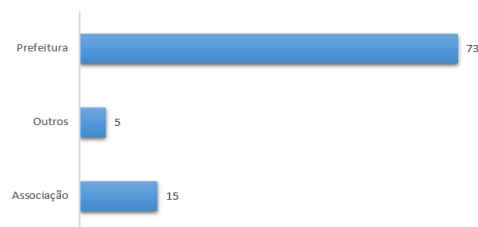
No que se refere aos custos para manter a operação dos sistemas, observa-se que a maioria das comunidades não consegue formar um fundo de reserva que permita cobrir custos com manutenção corretiva e preventiva do sistema. No gráfico da Figura 18, são apresentadas as respostas acerca da cobertura, pelo fundo de reserva, de custos para manter a operação dos sistemas. Quando fora respondido que os custos “Sempre” e “Parcialmente” estão sendo cobertos pelo fundo de reserva, considerou-se apenas aquisição de material de limpeza e execução de pequenos reparos, quando possível.

Figura 18 - Cobertura dos custos pelo fundo de reserva

a – Resultados das 130 respostas à questão: Os custos para funcionamento do sistema estão sendo cobertos pelo fundo de reserva? (quais custos estão sendo cobertos?)



b - Resultados das 93 respostas à questão: Caso os custos não estejam, sendo cobertos, ou sejam cobertos parcialmente, quem está custeando? (quais custos estão sendo cobertos?)



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

Na Figura 18, são apresentadas as respostas acerca de qual instituição local é responsável por custear as manutenções, a energia e os materiais de limpeza, quando o fundo de reserva não é suficiente. A partir deste gráfico, observa-se que as Prefeituras são os grandes suportes dessas comunidades. A resposta “Outros”, diz respeito à CERB, assim também como aos operadores que ajudam a custear os pequenos reparos e materiais de limpeza que o fundo não suporta. No que se refere aos custos cobertos pelas “Associações”, aborda sobre as associações comunitárias, que precisam se organizar para pagar o material e os serviços para a manutenção da operação do sistema. Em 4 das 15 comunidades, que são responsáveis por cobrir todos os custos do sistema, os sistemas

estavam fora de operação, o que representa 26,7% dos sistemas. Em 23 das 73 comunidades, que afirmam que a Prefeitura é responsável por parte dos custos para operação e manutenção dos sistemas, os sistemas estão fora de operação, o que representa 31,5% dos sistemas. Desta forma, é necessária uma melhor análise acerca da importância do apoio das prefeituras frente a organização da comunidade para a sustentabilidade operacional do sistema, uma vez que ter o apoio da prefeitura não significa continuidade do Programa nas comunidades.

As prefeituras, geralmente, não são responsáveis por manter os sistemas em operação. Nos relatórios expõe-se que algumas se responsabilizaram por pagar a energia usada nas bombas dos poços, outras pelo operador, outras pela manutenção. Contudo, observa-se a existência de grande quantidade de sistemas parados com falhas nas bombas (este item será tratado mais adiante), indicando que as prefeituras não estão conseguindo manter os sistemas.

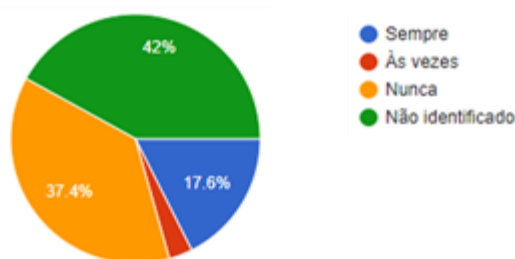
Alguns exemplos foram retirados dos relatórios como o de Cansação, na comunidade de Junco da Lage, que relatou necessitar trocar os filtros (que ficam antes das membranas de dessalinização), mas estavam sem fundo, pois 40% do valor da ficha vai para operador e o resto não cobre as manutenções básicas do sistema. Já em Campo Grande, comunidade de Monte Santo, o operador informa que não sabe informar quanto tem no fundo de reserva, pois não tem controle da arrecadação. Em outra comunidade, Lagoa do Varão, na cidade de Pé de Serra, não existe energia elétrica no poço e a bomba funciona com gerador à Diesel, o que consome todo o fundo reserva e ainda necessita de contribuição da comunidade.

Conflitos

Alguns conflitos foram identificados como motivos de interferência na gestão ou operação do sistema. Esses conflitos ocorrem e resultam na desarticulação dos grupos gestores, no abandono do Programa por operadores e, conseqüentemente, na suspensão ou operação indevida do dessalinizador.

Figura 19 - Conflitos de interesse

Resultados das 131 respostas à questão: Conflitos e interesses locais interferem na gestão ou operação do sistema? (quais e qual forma de interferência?)



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

Os conflitos, quando identificados, representam uma fatia (Figura 19) expressiva das respostas e se propagam de diversas formas. Dos relatórios, foi possível identificar conflitos relatados através do monitoramento em: Pateiro/Cruz II (Juazeiro), onde as famílias não consomem a água dessalinizada por não concordarem com o valor cobrado pela ficha, que dá direito ao consumo de 20L de água dessalinizada; na comunidade de Doçura, na cidade de Coronel João de Sá, é exposto a existência do conflito com o proprietário da terra onde foi perfurado o poço, visto que ele tem “sentimento de posse” sobre a água; a distribuição, via encanamento, de água dessalinizada para as residências também é motivo de conflito, pois a água não chega de forma igualitária em todas as casas, como ocorre na Comunidade de Testa Branca na cidade de Uauá. Diversos são os relatos acerca dos conflitos nas comunidades em Riachão Do Jacuípe como em Ponto Novo, onde a prefeitura ao remunerar apenas um operador, instaurou desconforto entre os demais operadores do sistema, comprometendo a autogestão da comunidade.

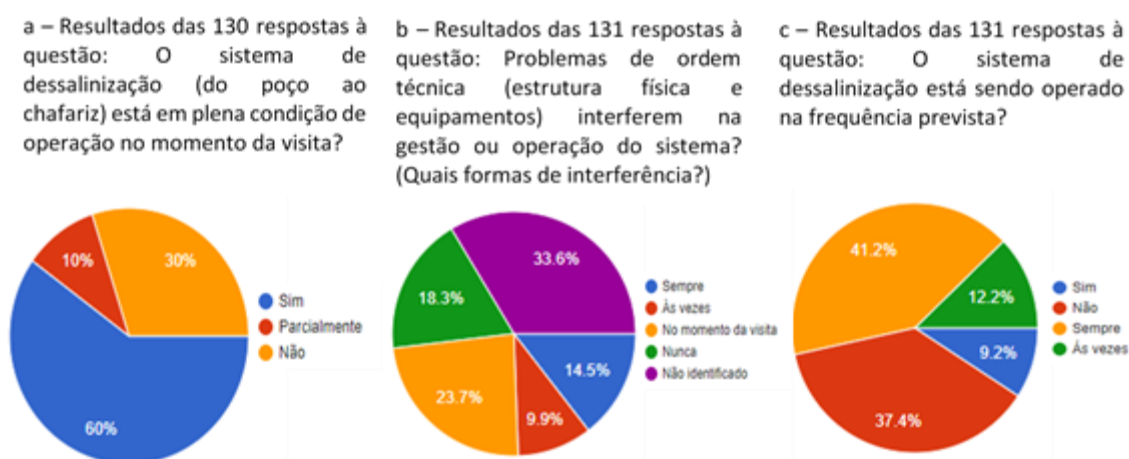
Também no município De Riachão Do Jacuípe/Ba, mas na comunidade de Salgado, os ruídos de comunicação são os responsáveis por gerar conflitos na comunidade. Em alguns casos os ruídos estão relacionados ao fundo reserva; já em Ipirá na comunidade de Vida Nova, existe conflito entre o operador e o grupo gestor, uma vez que o operador, além de realizar o seu escopo de trabalho, distribui e presta conta das fichas. Na comunidade de Burro Morto, em Brumado, o conflito ocorre entre a comunidade e a prefeitura, com relação ao pagamento da energia. A prefeitura no momento da visita dos técnicos estava pagando essa energia, mas havia sinalizado que não iria mais pagar. Em Lagoa do Mourão, no município de Brumado, havia conflitos entre o operador e o doador do terreno onde o poço foi perfurado, assim, a chave do abrigo do poço ficava na mão do doador do

terreno, até a intervenção dos técnicos que conseguiram com que a chave ficasse sobre a guarda da operadora do sistema.

Aspectos técnicos

As questões a seguir, foram uma tentativa de identificação de aspectos técnicos do momento da visita. Aqui, não se encontra histórico, mas apenas uma fotografia do que foi possível levantar com a equipe que estava em campo e registrado nas respostas das questões objetivas.

Figura 20 - Aspectos técnicos



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

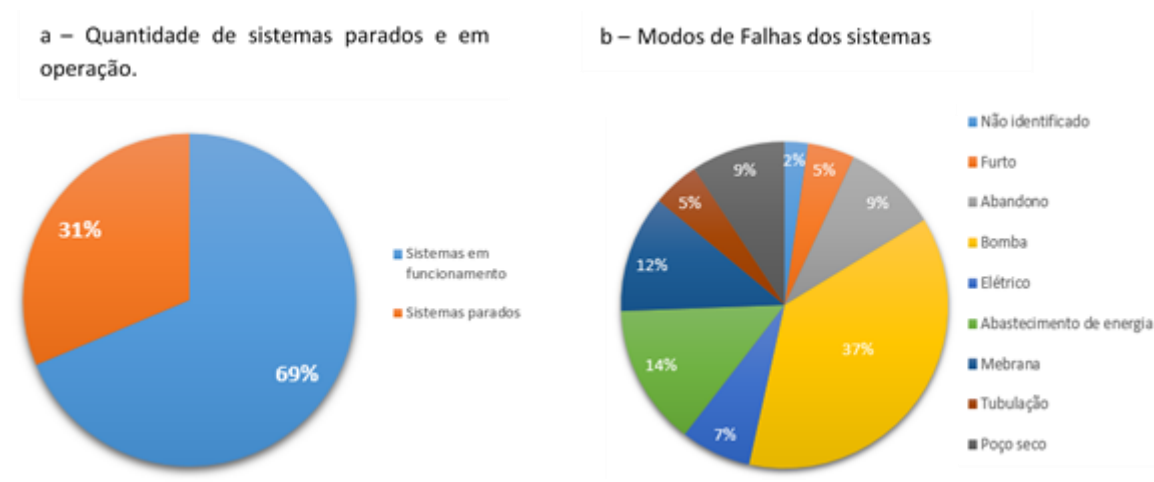
O gráfico da Figura 20 expõe que a maioria dos sistemas, no momento da visita, encontravam-se em pleno potencial de operação. Entretanto, 40% dos sistemas estavam com alguma falha técnica, e isso representa 52 comunidades que relataram falhas técnicas no momento da visita.

A questão do gráfico b da Figura 20, é uma tentativa de análise da frequência das falhas dos sistemas que impactam em sua operação. Assim, aproximadamente 19 sistemas “sempre” apresentaram falhas técnicas, 23 “nunca” apresentavam e 31 apresentavam alguma falha no “momento da visita”. Contudo, essa questão, da forma que foi construída, não permite quase nenhuma análise, uma vez que não se identifica a frequência de falhas de partes dos sistemas quando se emprega “sempre”, “às vezes” e “não identificado”, períodos de paradas dos dessalinizadores etc.

O gráfico c da Figura 20 expõe que a maioria dos sistemas não está sendo operada de acordo com o definido no acordo de gestão. Esse fato potencializa falhas nas peças mecânicas, como rolamentos de bombas, pois necessitam operar numa determinada frequência.

Observações extraídas dos relatórios

Figura 21 - Quantidades de sistemas parados e seus modos de falhas



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

O gráfico da Figura 21 demonstra que uma quantidade relativamente alta de sistemas, no momento das entrevistas, estavam fora de operação. Dos 138 sistemas, 42 sistemas estavam fora de operação, o que representa 31% do total. Os relatórios não levantam o histórico dessas paradas, nem o período de permanência fora de operação de cada parada.

Os motivos dessas paradas estão diretamente relacionados aos conflitos na gestão do sistema, a falta de cumprimento do acordo de gestão e a falta de capacidade técnica e financeira das comunidades, uma vez que em grande maioria não é coberto pelo fundo de reserva, fazendo com que a comunidade não tenha autonomia para exercer a contratação da manutenção desses sistemas (ANDRADE, 2019).

O resultado da parada de sistemas por falta de manutenção já é previsto desde a auditoria realizada pelo TCU no primeiro programa de implantação de sistemas de dessalinização por osmose inversa, bem como é relatado no texto do documento base do PAD e é ratificado em 2019, como segue:

Cada equipamento produz 4 m³ por dia, o que atende 400 pessoas. Muitos dos sistemas instalados no semiárido, no entanto, estão abandonados por falta de recursos das prefeituras para manutenção adequada (Andrade, 2019).

Diversos modos de falhas foram relatados nas observações dos relatórios analisados, a saber:

- Na comunidade de Monte Alegre em Jeremoabo, as quedas de tensão na rede de distribuição de energia elétrica da concessionária local, fazem com que o operador necessite operar o dessalinizador durante a madrugada.
- Em Brumado, na comunidade de Lagoa do Cipó, no momento da visita dos técnicos que realizavam o monitoramento, o sistema não partiu devido à baixa tensão naquele momento.
- Na cidade de Brumado, na comunidade de Barbadinho, o operador relatou que a vazão do poço diminuiu consideravelmente.
- Em Barbadinho, no município de Santa Brígida, os técnicos sugeriram que seja reavaliada a necessidade de manter o sistema de dessalinização na comunidade, uma vez que o sistema estava parado há mais de dois anos, pois poucas famílias moram nessa comunidade, além dela ser muito próxima à cidade. Assim, a bomba auxiliar desse sistema foi retirada para atender o sistema de outra comunidade.
- Em Itiúba, na comunidade de Riacho das Pedras, um poço secou e outro poço foi perfurado, sem resultado. Em Urubu, outra comunidade do mesmo município, o poço utilizado inicialmente pelo Programa estava com “problema” (não descrito) e outro poço foi perfurado, ao lado do anterior, tendo a necessidade do teste de vazão. Além de não haver conformidades na bomba que estava no poço e no quadro de comando do sistema.
- Na comunidade de Baixa da Areia em Santa Brígida, o sistema estava parado há mais de 1 ano. A bomba auxiliar foi roubada, a bomba de booster estava fora de operação e o vaso de pressão da membrana estava furado. Em Uauá/BA, na comunidade de São Paulo, de acordo com as pessoas entrevistadas da comunidade,

o sistema está parado há quase dois meses, por motivo de furto à bomba do poço que alimentava o sistema.

Em algumas comunidades é exposto que “transformadores não dão conta do sistema” e em algumas comunidades os moradores tiveram que pagar o transformador adequado à operação do sistema. Segundo o consultor Nacional do Programa tem-se:

A principal fonte de problemas nos sistemas de captação de águas destes poços está relacionada à rede de energia elétrica que no interior (zona rural) é altamente inconstante, deficitária e sobrecarregada, principalmente quando a rede é monofásica 220 VAC. A consequência é a queima de motores elétricos e instrumentos de operação e controle dos quadros de comando (Cavalcante, 2018, p. 22).

Na operação das bombas, encontra-se a maioria dos modos de falhas expostos pelas comunidades. Geralmente, o rolamento e os selos dessas bombas se danificam frequentemente, fato explicado pela ausência de manutenção dessas bombas, unido à inconstância de operação desses sistemas que acaba prejudicando os rolamentos. Ressalta-se que a maioria dos relatórios não especificam quais bombas determinaram a parada do sistema.

Quanto às paradas devido aos modos de falhas das membranas, elas podem ter ocorrido devido à falta de manutenção preventivas dessas membranas, como a lavagem química delas, que demanda mão de obra especializada. Assim como, também, podem ocorrer pela falta de controle de parâmetros operacionais como pressão e vazão de entrada e saída do fluido pela membrana.

Classificação da criticidade da gestão

Em qualquer empreendimento, o modelo de gestão que se adota está diretamente relacionado ao sucesso ou ao fracasso dos programas e políticas. A gestão é responsável por integrar e manter os recursos (humanos, financeiros, materiais, sociais, tecnológicos, metodológicos, políticos) para a operação plena e ininterrupta dos sistemas.

Quanto à gestão do Programa Água Doce PAD/BA, os técnicos que realizaram o monitoramento classificaram a criticidade da gestão, através dos seguintes padrões: Azul (selo eficiência); Verde (em conformidade); Amarelo (alerta); Vermelho (intervenção). Para classificar eles seguiam os seguintes parâmetros, expostos na Quadro 4.

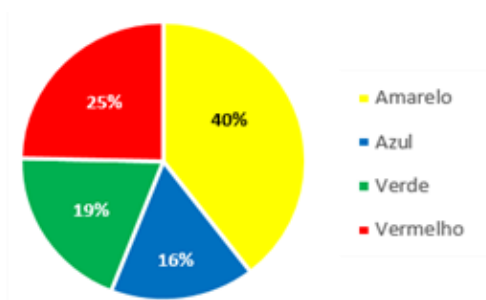
Quadro 4 - Parâmetros para classificação da criticidade da gestão local do PAD na Bahia

Azul	Verde	Amarelo	Vermelho
– Comunidades em conformidade com a metodologia do Programa; – Experiências exitosas; – Mais de 50% das famílias consumindo a água dessalinizada.	– Comunidades em conformidade com a metodologia do Programa; – Sistema em funcionamento.	– Sistemas passíveis de ajustes técnicos devido a problemas na operação e/ou nos equipamentos; – Conflito no Grupo Gestor.	– Poço secou ou foi obstruído; – Sem operador; – Sem Grupo Gestor; – Sistema abandonado.

Fonte: Adaptado CAR, 2019.

O resultado da reunião das respostas dos 138 relatórios, é exposto em gráfico na Figura 22:

Figura 22 - Classificação da criticidade da gestão dos sistemas



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

Ao analisar a Figura 22, verifica-se que apenas um pouco mais de 25% apresentaram características que garantem a manutenção do Programa nas comunidades, pois os sistemas estavam em operação e as metodologias do programa estavam sendo seguidas. Entretanto, 40% dos sistemas estavam em alerta, pois existiam conflitos no grupo gestor e sistemas necessitando de manutenções corretivas. Por outro lado, 25% dos sistemas apresentaram problemas graves, e não seguiram o padrão fornecido pela SEMA/BA. Isso

é resultado de cada uma das questões discutidas anteriormente, que demonstram os diversos desafios para alcance da continuidade do Programa.

4.2.4 Falhas levantadas durante monitoramento do PAD comparadas com os riscos identificados

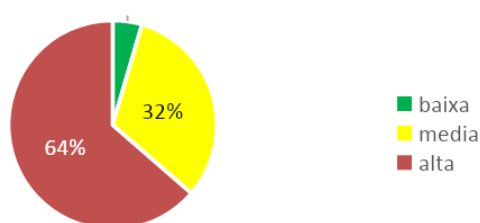
Em novembro de 2018, foi realizado o primeiro monitoramento da gestão compartilhada dos sistemas. Esse primeiro monitoramento ocorreu através da visita de dois assistentes sociais. Nessa ocasião, a CAR/BA entregou à SEMA/BA 138 relatórios de acompanhamento estruturados, de um total de 145 sistemas da primeira etapa do PAD na Bahia, conforme estrutura exposta no ANEXO I - RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DOS SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO

As informações desses 138 relatórios foram compiladas, colocadas em gráficos e discutidas. Esse trabalho e todas as suas discussões e resultados, podem ser encontrados, de forma detalhada, no Item DIAGNÓSTICO E ANÁLISE TÉCNICA DOS SISTEMAS PAD BAHIA. Eles foram comparados com os riscos levantados pela metodologia de gerenciamento de riscos aqui utilizada (os riscos e seus impactos são detalhados nos APÊNDICE IV – QUADRO DE ANÁLISE QUALITATIVA DOS RISCOS).

Alguns dos riscos levantados durante a aplicação da metodologia do PMI, de fato ocorreram no Programa, como pôde ser verificado durante a análise dos relatórios do primeiro trimestre do monitoramento dos sistemas, respectivos aos sistemas da primeira etapa do PAD Bahia, que são objetos desse estudo.

Dos 36 riscos levantados pela metodologia, 22 riscos foram identificados durante o monitoramento do Programa na Bahia. O perfil dos riscos que ocorreram, demonstra que a maioria tinha sido classificada como de “alta gravidade” (Gráfico 5). Esses riscos têm como impacto a parada dos sistemas ou a suspensão da garantia da qualidade da água dessalinizada.

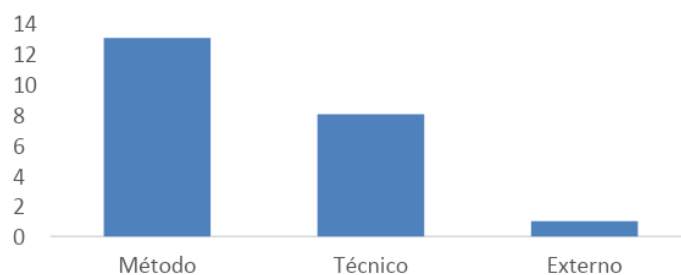
Gráfico 5 - Gravidade dos riscos ocorridos



Fonte: Autora (2020).

Conforme previsto pela metodologia, a distribuição da quantidade de riscos ocorridos, se comporta com maioria classificado como de “método”, seguido por “Técnico” e “externo”, respectivamente, exposto no Gráfico 6.

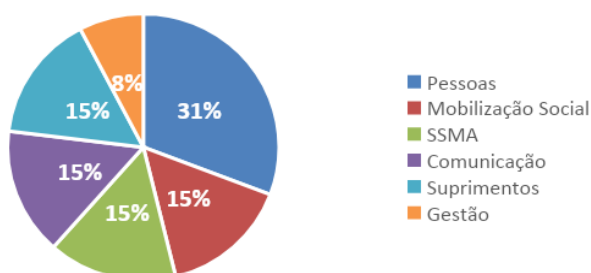
Gráfico 6 - Classificação dos riscos ocorridos de acordo com o 1º nível



Fonte: Autora (2020).

Isso significa que a maioria dos riscos que ocorreram estão relacionados com a metodologia do Programa, seguido dos riscos técnicos e externos. No entanto, a distribuição dos riscos ocorridos não segue o perfil de forma idêntica ao perfil levantado pela aplicação da metodologia. O Gráfico 7 demonstra que a maioria dos riscos ocorreram devido à “Pessoas”, seguido de riscos que ocorreram referentes à “Mobilização Social”. Os riscos de “Suprimentos” como falta de energia e químicos, “Comunicação” e “SSMA” tiveram as mesmas representatividades. No perfil levantado com a aplicação da metodologia de análise de risco, a maioria dos riscos poderiam provir de “Pessoas”, seguido de “SSMA”. Tal fato indica que esse Programa tem uma relação forte com pessoas, com suas vontades, suas habilidades e necessidades.

Gráfico 7 - Distribuição dos riscos ocorridos relacionado aos métodos do PAD/BA

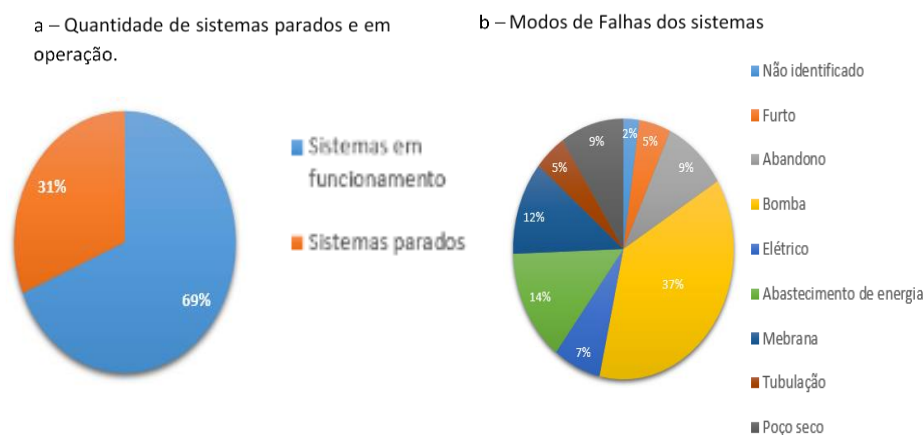


Fonte: Autora (2020).

Os riscos de cunho técnico acabaram ocorrendo devido à má operação e manutenção dos equipamentos. A maioria das causas raiz está ligada ao desconhecimento técnico, à impossibilidade de operação correta, à ausência de caixa para realização da manutenção e à disponibilidade de peças de reposição. Os riscos de cunho externo que ocorreram, estão relacionados com a não adesão ao consumo da água dessalinizada pela comunidade ou ao baixo consumo desta.

As ocorrências desses riscos tiveram como impacto a parada de 42 sistemas das 138 comunidades que tiveram os relatórios analisados, conforme expõe os gráficos 8a e 8b.

Gráfico 8 - Resultados obtidos durante monitoramento do Programa



Fonte: Autora (2019), com base em CAR (2019).

A comparação dos resultados do gerenciamento de riscos com o resultado do primeiro monitoramento do programa na Bahia, evidenciaram a ocorrência dos riscos levantados,

uma vez que, do total de 145 comunidades monitoradas, no final de 2018, 31% estavam com operação suspensa por diversos fatores como: falha nas bombas, seguido por falta de abastecimento de energia adequada ao sistema, membranas danificadas, poços que secaram, abandono e outros fatores.

4.3 CONCLUSÕES

Através da análise do contrato firmado entre CAR e a SEMA/BA, foi possível identificar a metodologia proposta para o monitoramento do Programa Água Doce. Baseado nesse contrato devem ser monitoradas as seguintes ações: a gestão compartilhada dos Sistemas de dessalinização; os parâmetros físico-químicos das águas dos sistemas; a realização das manutenções preventivas e corretivas e; a aquisição de peças e serviços. Porém, esse contrato tem vigência de apenas 24 meses, divididos em 12 meses para os 145 sistemas focos desse estudo, e os outros 12 meses restantes para os 150 sistemas entregues até 2020.

O monitoramento executado em novembro de 2018 da gestão local dos sistemas gerou 138 relatórios de comunidades contempladas com a primeira etapa do Programa (instalação de 145 sistemas).

As análises dos relatórios permitiram concluir que 31% dos sistemas estavam parados no momento da visita dos técnicos. Os relatórios têm potencial para a geração de boas informações, todavia, precisam ter determinadas questões revisadas para permitir uma melhor análise do Programa e aquisição de dados. Uma das fragilidades detectadas foi a má capacitação para o preenchimento dos relatórios. Esse fato se sucedeu por razão da percepção de que a qualidade no preenchimento das respostas estava diretamente relacionadas ao técnico que o executou.

No que se refere à execução do monitoramento, sugere-se aproveitar a ida a campo para obtenção de dados operacionais mais detalhados e manutenções corretivas. A ida de profissionais para análise de apenas um item do contrato, que é o monitoramento da gestão, é pouco produtivo. Desse modo, dados históricos de paradas e modos de falha dos sistemas etc., não foram coletados, e manutenções corretivas de bombas, da parte elétrica e das membranas não foram executadas. Então, sugere-se que o monitoramento dos sistemas seja realizado de forma sistemática com intuito de adquirir tais informações.

Sugere-se que sejam realizados diagnósticos mecânicos, elétricos, químicos e operacionais dos sistemas para que se desenvolvam indicadores para manutenção e operação no comportamento dos sistemas do PAD. O contrato sugere uma lista de peças e equipamentos que devem ser adquiridos pela CAR, para as manutenções dos sistemas. Não fica claro no contrato como foram definidas as peças a serem adquiridas, entretanto, sabe-se que não há indicadores de desempenho dos sistemas e suas falhas que, se desenvolvidos para o cenário do PAD BAHIA, promovem assertividade e melhor planejamento nas ações de intervenção dos sistemas. A importância desse tipo de diagnóstico se refere, também, às previsões das manutenções preventivas e corretivas.

Foi identificado que o principal elemento local para manter os sistemas operando é a coesão entre o grupo gestor e os apoiadores financeiros para a manutenção do Programa. Contudo, 54,9% dos grupos gestores estão de alguma forma desarticulados, fato que impacta diretamente a gestão dos sistemas, que acaba por ficar dependente das vontades de certos membros do Núcleo de Gestão Local, bem como do tempo disponíveis destes. A desarticulação geralmente é resultante de conflitos ou necessidades pessoais, da sobrecarga nos membros que permanecem na gestão e de conflitos entre os membros.

Ao compilar os resultados dos relatórios de monitoramento do PAD na Bahia, foram identificados e quantificados diversos desafios para a continuidade da operação dos sistemas. Os principais a serem destacados são: desarticulação do grupo gestor, conflitos de interesses e egos, conhecimento técnico, capacitação, formação do fundo de reserva para aquisições de serviços, insumos e materiais para operação e manutenção dos dessalinizadores. Por conseguinte, é possível identificar que as fragilidades se concentram no modelo de gestão do Programa, onde não há responsabilidade jurídica por parte dos membros e entidades que assinaram o Acordo de Gestão.

Este trabalho de pesquisa considera que uma forma de promover o aperfeiçoamento do modelo de gestão é o desenvolvimento de centrais de dessalinização que agreguem os núcleos de gestão local, que se responsabilizem pelas manutenções dos sistemas, que administrem o controle a qualidade das águas, e promovam ações educativas e o devido treinamento dos operadores e líderes locais. Faz-se essa recomendação frente às necessidades apresentadas pelas comunidades, para que os sistemas continuem em operação. Para tanto, são mandatórias as repactuações de acordos de gestão, os treinamentos e reciclagens para os membros gestores e operadores e do corpo técnico, a

respeito das manutenções preventivas, da geração de um estoque de peças e equipamentos para estabelecer uma rápida eliminação de falhas nos sistemas de dessalinização.

Após o estudo, conclui-se que o desenvolvimento dessas centrais reduzirá os custos com as manutenções, uma vez que o volume de materiais adquiridos reduzirá preços e custos logísticos. Além de possibilitar a responsabilidade jurídica das centrais com os Núcleos que se associarem a essas últimas, ratificando a obrigatoriedade de demonstrativos financeiros, juntamente com a geração de empregos.

As análises dos relatórios do monitoramento realizado em 2018 pela CAR, indicam a ocorrência de alguns riscos, identificados durante a primeira etapa do Programa na Bahia, que causaram a parada de 31% dos sistemas. Esse fato demonstra a importância de gerir riscos com o objetivo de mitigá-los, evitá-los ou transferi-los.

Dessa constatação, surge a seguinte recomendação para futuras pesquisas complementares ao gerenciamento de riscos do Programa Água Doce: Sugere-se aprofundar discussões sobre cada fator de riscos vinculados ao Programa, investigar seus impactos através do desenvolvimento de planos para tratar esses riscos, acompanhar os riscos identificados, o monitoramento dos riscos residuais, a identificação de novos riscos e a avaliação da eficácia do processo de riscos durante todo o projeto.

Os resultados desse trabalho sugerem uma tendência de parada dos sistemas do Programa, quando o monitoramento por parte do Governo do Estado for concluído, destacando que no documento base a metodologia propõe 3 anos de monitoramento do Programa. Essa tendência se apresenta nos conflitos e na irresponsabilidade jurídica por parte dos responsáveis pelo sistema locais. Para que essa responsabilidade local seja desenvolvida com conhecimento técnico e constante monitoramento e desenvolvimentos do Programa nas comunidades locais, é necessário a existência de uma entidade que gerencie os Núcleo Locais de forma próxima a essas.

4.4. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rodrigo Oliveira. Para tirar o sal da água. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019/05/10/para-tirar-o-sal-da-agua/>

BRASIL. Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA). Contrato N° 012/2018 Que entre si celebram o Estado da Bahia, através da Secretaria do Meio Ambiente –SEMA e a Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional - CAR. Salvador. 2018.

CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR). Bahia Produtiva. Salvador, 2019. Disponível em:

http://www.car.ba.gov.br/sites/default/files/201801/MOP_Bahia_Produtiva_julho2017_PAD01_0817.pdf

CENTRAL. CENTRAL DE ASSOCIAÇÕES COMUNITÁRIAS PARA MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO. Salvador. 2019. Disponível em: <https://www.centraldeassociacoes.com.br/a-central>. Acessado em: 30/09/2019

CERB - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR). Relatório Do Monitoramento Da Gestão Compartilhada Dos Sistemas De Dessalinização. Bahia. Salvador, 2019. (Série de relatórios de 145 comunidades)

FERNANDES, Yuri. Gestão comunitária da água muda realidade de milhares de famílias nas zonas rurais da Bahia. 2018. Disponível em: <https://www.cocacolabrazil.com.br/historias/central-gestao-comunitaria-da-agua-muda-realidade-de-milhares-de-familias-na-bahia>

LOPES, João. Carta n° 001. Gestão Sustentável de Sistemas de Abastecimento no Meio Rural para localidades com até 50 famílias. Salvador. 2016.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO - SEPLAN. Relatório de atividades 2006. Governo do estado da Bahia. Disponível em: http://www.seplan.ba.gov.br/arquivos/File/relatorios/Ano2006/20100302_151704_04_saneamento.pdf. Acessado em: out. 2019

5 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE TÉCNICA DOS SISTEMAS PAD BAHIA

5.1 INTRODUÇÃO

O resultado dos dois primeiros itens dessa pesquisa, expostos nos capítulos 2 e 3, permitiu caracterizar o cenário desse estudo, o planejamento para execução do PAD, bem como explorar o modelo de gestão do Programa e as dificuldades enfrentadas pelas comunidades para manter os sistemas em operação. Contudo, para a proposição de soluções técnicas, é necessário um aprofundamento no projeto dos dessalinizadores, juntamente com as suas operação e manutenção. Para tanto, foram realizadas revisões bibliográficas e documentais sobre sistemas de dessalinização, o que culminou na compilação dos dados de 145 projetos de dessalinizadores, com o intuito de avaliar tecnicamente os sistemas de osmose inversa implantados, respondendo as seguintes questões: 1) Qual o volume diário de água por pessoa fornecido pelo programa? 2) Quais são as vazões extraídas dos poços? 3) Quais as concentrações de sais nesses poços? 4) Quais as capacidades projetadas para esses dessalinizadores? 5) Quais as concentrações de sais projetadas para a água tratada? 6) Quais membranas foram utilizadas nos projetos? 7) Quais os consumos de energia elétrica projetados para dessalinização de 1m³? 8) Quais os consumos reais desses sistemas? 9) Qual as vazões de concentrado? 10) Qual a concentração de sais no concentrado? Para isso, esse capítulo é organizado entre revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussão, e considerações finais.

5.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.2.1 Tipos de manutenção

Manutenção: A NBR-5462 elenca três tipos de manutenção: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva. O item 2.8.8 da página 7 da NBR 5462 define Manutenção Corretiva como: Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Ou seja, uma ação de manutenção realizada com a finalidade de corrigir algo no equipamento, para que ele possa cumprir o seu papel dentro do processo de produção de acordo com o que foi definido no seu projeto. Manutenção Preventiva é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Já a manutenção preditiva, utiliza dados dos equipamentos coletados ao longo do tempo para analisar o

comportamento e, assim, as tendências do comportamento desses para prever a deterioração ou desgaste, determinando antecipadamente a necessidade de manutenção. Esse tipo de manutenção reduz intervenções corretivas, elimina desmontagens para verificar a condição do equipamento e aumenta o tempo de disponibilidade desses (TELES, 2020).

5.2.2 Consumo de energia dos equipamentos

O processo de Osmose Inversa requer pressão hidráulica para fazer com que as moléculas de água atravessem uma membrana densa polimérica, antes de entrar nesse sistema - logo, a água deve ser pressurizada. O equipamento responsável por essa pressurização é a bomba de alta pressão (*high pressure pump*), que demanda um alto consumo de energia. Esse consumo é muito maior do que o dispendido com outras tecnologias de tratamento de água, todavia, dentre as tecnologias atuais de dessalinização, ela é a que possui menor consumo de energia específica (SEC).

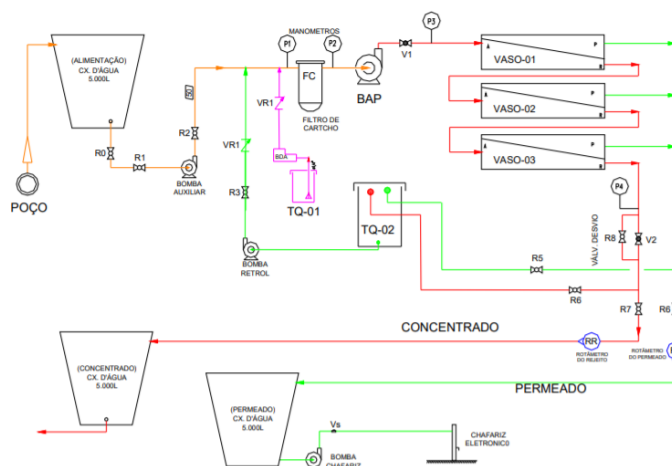
Para dessalinizar água salina (concentração de sólidos totais dissolvidos maior que 30.000ppm, resolução CONAMA 357/2005), tipicamente (sem recuperação de energia) são necessários em uma planta de osmose inversa, 3 a 10 kWh de energia elétrica para produzir um metro cúbico (1m³) de água doce a partir da água do mar. A pressão necessária para que o processo ocorra varia entre os 55 e os 85 bars, (Lenntech, 2017; Dashtpour, 2012; Al-Zubaidy, 2012). Com recuperação de energia, pode-se reduzir o consumo para 3 a 4 kWh/m³ (Davies et al., 2016).

A água salobra (concentração de sólidos totais dissolvidos maior que 500 ppm e menor que 30.000 ppm), para ser dessalinizada pela osmose inversa, necessita de energia específica entre 0,5 – 2,5 kWh/m³. A pressão necessária para que o processo ocorra varia entre 15 e 30 bars, para água salobra (Dashtpour, 2012; Al-Zubaidy, 2012). Como exemplos de plantas de osmose inversa para águas salobras, têm-se: (a) Manfoula, localizada na Arábia Saudita, com concentração de sólidos totais dissolvidos entre 1.300-1.700 ppm e energia específica requerida de 1,71 kWh/m³; (b) Deir El-Balah, localizada na faixa de Gaza, com concentração de sólidos totais dissolvidos de 3.250 ppm e energia específica de 1,35 kWh/m³. Evidentemente, a dessalinização da água salobra usando a tecnologia de osmose inversa, possui o menor consumo de energia (Avlonitis, Avlonitis e Panagiotidis, 2010; Davies et al.)

5.2.3 Projeto do sistema de dessalinizador do PAD

Os sistemas que estão sendo implantados no Programa Água Doce, são compostos por poço tubular, bomba submersa, tanque de água do poço, filtros, dessalinizador, tanques de concentrado e de água potável, chafariz para a distribuição de água e tanques de contenção do concentrado salino, conforme Figura 23 (MMA, 2012).

Figura 23 - Diagrama hidráulico de um sistema de dessalinização do PAD/MMA



Fonte: Cavalcante (2018 c).

Para o projeto das membranas de OI (suas quantidades, arranjo e vasos de pressão) são geralmente utilizados softwares dos fabricantes das membranas. Na Bahia, o software usado para o dimensionamento dos 145 sistemas, foi o ROSA 7.2.2, da DOW FILMTEC. Os dados de entrada solicitados pelo ROSA são as análises obtidas durante o diagnóstico do poço, a vazão requerida de permeado (água tratada), a taxa de recuperação do sistema (grau de retirada dos sais da água), a qualidade da água de alimentação (parâmetros físico-químicos e microbiológicos) e a temperatura da água da carga de alimentação da osmose. Como resultados tem-se a definição da pressão e vazão da carga de entrada e a estimativa da qualidade do permeado qualidade do permeado, bem como dados de operação do sistema e tendência da formação de incrustações. Desta forma, o projetista poderá dimensionar bombas, tubulações, pré-tratamento e pós-tratamento (Cavalcante, 2018c).

Os principais parâmetros, para dimensionamento do sistema de osmose inversa, são obtidos no teste de vazão, que indica a vazão a ser extraída do poço. Ao ser realizado esse teste, retiram-se amostras para análise físico-química da água subterrânea incluindo os itens a seguir:

- Cátions: K^+ , Na^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Ba^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} ;
- Ânions: Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{-2} , PO_4^{-3} ;
- SiO_2 , Fe;
- Índice de Densidade de Sedimentos (um dos parâmetros de Fouling);
- Temperatura;
- Condutividade elétrica;
- pH;
- Sólidos totais dissolvidos;
- Turbidez;
- Alcalinidade: alcalinidade total, alcalinidade de carbonatos, dureza total;
- Bactérias;
- Outros: odor, cor etc. (MMA, 2012).

Assim, os resultados dessas análises são carregados no ROSA. O software indica algumas correções necessárias para evitar a formação de incrustações (pré-tratamento) e para que os parâmetros de potabilidade sejam atendidos (pós-tratamento). Essa correção ocorre, geralmente, com a injeção de produtos químicos que aumentem a solubilidade dos compostos (antiincrustante) e filtração necessária previa à passagem pelas membranas de osmose. O pós-tratamento, no PAD, consiste na desinfecção necessária para atender Anexo XX da Portaria Consolidada do Ministério da Saúde (Brasil, 2018), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Em seu Art. 34, é exposto: “É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido” (MMA, 2015). São utilizados para o dimensionamento do sistema de pré-tratamento e pós-tratamento outros softwares (MMA, 2015; Cavalcante, 2018c).

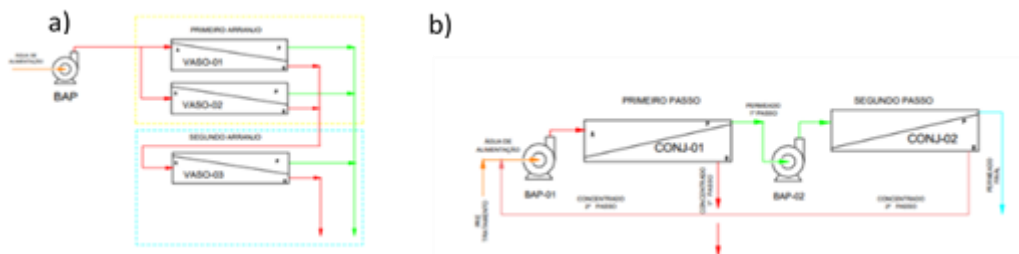
A definição para o cálculo da vazão de permeado por comunidade é encontrada no “Relatório técnico contendo a proposta de documento com a revisão dos projetos de dimensionamento de dessalinizadores elaborado pelos Estados”, do consultor técnico do Programa Água Doce, o engenheiro mecânico Fábio Cavalcante. Ele afirma que, normalmente, a vazão de permeado calculada considera o consumo diário por pessoa, durante o dia, de 10 L. Essa quantidade é multiplicada pela quantidade de famílias e seus

membros atendidos pelo Programa, acrescida de 40% dessa quantidade, para considerar famílias vizinhas do entorno que poderão consumir a água. Além disto, ele salienta que se deve considerar o tempo de operação do dessalinizador de 3 a 6 h/dia, uma vez que os operadores, por serem da comunidade, possuem outras tarefas a serem desenvolvidas (Cavalcante, 2018c, P.9).

5.2.4 Como os arranjos são definidos

Alguns parâmetros relacionados à vazão e à qualidade de água estão diretamente relacionados com o tipo e quantidade de membranas, além de como elas encontram-se dispostas no sistema. Desse modo, o projetista pode manipular a quantidade de membranas em série – processo denominado de “estágios”, quando o permeado de uma membrana é carga de outra, e “arranjo” (Figura 24) quando a carga de entrada de um vaso é o concentrado do vaso a montante. A utilização de membranas em série se aplica, geralmente, aos sistemas de dessalinização de água salgada e em arranjo para águas salobras (Cavalcante, 2018 c, P.32).

Figura 24 - Layout de passo e arranjo em sistema de dessalização por OI



Fonte: Cavalcante (2018c).

5.2.5 Operação e Manutenção

O modelo de gestão implementado pelo Programa Água Doce define que a operação e manutenções preventivas básicas (diárias) do sistema seja realizada por um membro da comunidade. Esse operador é treinado por curso formatado por consultores do PAD (Cavalcante, 2018a). O procedimento de operação está descrito no Documento Base do Programa no item 7.6.1 (MMA, 2012, P. 186). A manutenção pela qual o operador da própria comunidade é responsável consiste em:

- Realizar a retrolavagem ou lavagem das membranas, diariamente, a cada final de período de operação do dessalinizador;
- Substituir os filtros de cartuchos, diferença de pressão de entrada e saída forem de 12 PSI;
- Repor a solução de antiincrustante;
- Repor a solução cloradora;
- Higienizar todos os reservatórios;
- Corrigir pequenos vazamentos;
- Anotar diariamente os dados de operação.

As manutenções preventivas e corretivas mais complexas necessitam de pessoal com conhecimento técnico especializado. A manutenção preventiva consiste em: Limpeza química das membranas, a aferição e regulagem do sistema. A manutenção corretiva, por sua vez, consiste em: substituição de selos mecânicos; substituição de rolamentos; substituição de outros componentes de bombas; substituição de motores elétricos; substituição de componentes do quadro de comando, substituição de conexões, válvulas, registros e tubulações; substituição de membranas e substituição de vasos de pressão (Cavalvante, 2018a). Não foi encontrada informação alguma acerca da aplicação de manutenções preditivas nos sistemas.

Os custos para manter esse equipamento em pleno funcionamento são compartilhados entre o município (energia elétrica), governo - por até 2 anos (manutenções que demandam mão de obra especializada) - e a própria comunidade, que é incentivada para criar um fundo de reserva para fazer frente aos custos de operação (remuneração do operador) e pequenos reparos. Esse fundo é criado com valor por ficha estabelecido por cada comunidade, a ser recolhido por cada família (MMA, 2018).

Dados de operação e amostras de águas desses dessalinizadores devem ser coletados, para análise de desempenho da planta. Os parâmetros a serem monitorados pelo operador são: Pressão de operação; perda de carga no módulo; fluxo de permeado e de concentrado e; condutividade elétrica do permeado. Quando valores críticos são atingidos, é necessária a realização de uma limpeza com produtos químicos na membrana de OI (MMA, 2012, P. 185-191).

O Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) realizou as análises de vazão, físico-químicas e bacteriológicas para caracterizar o poço e a água para que se pudesse avaliar a possibilidade de implantação dos sistemas de dessalinização por osmose inversa. Esses dados foram carregados como informações das variáveis de entrada no simulador ROSA para dimensionamento dos sistemas. Dentre esses, a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) na carga de entrada (água do poço), temperatura e vazão de permeado, permitiram, após simulação, a obtenção de variáveis do concentrado e permeado dos sistemas instalados

Vale ressaltar que, até 2019, na primeira etapa do PAD/BA, 105 sistemas novos foram implantados e 40 recuperados. Simulações destes foram realizadas a fim de avaliar ajustes necessários de acordo com dados operacionais para funcionamento correto desses.

5.3 METODOLOGIA:

Os projetos foram realizados pelo software do fornecedor de membranas, assim, 145 relatórios desse software, fornecidos pela CERB, foram compilados e gráficos foram desenvolvidos e discutidos.

A análise de consumo energético dos sistemas foi obtida através de medidas de tensão e corrente realizadas por um técnico da prefeitura de Ipirá, no estado da Bahia, diretamente nos sistemas desse município. Os custos foram estimados com base nas taxas de energia elétrica em R\$/kWh, para consumidores rurais, na Bahia. Então, para uma breve análise, buscou-se avaliar o consumo real dos sistemas do município de Ipirá. Esse local foi escolhido devido à facilidade de comunicação e boa vontade de um técnico para ir às comunidades, registrar os valores e encaminhá-los para esse estudo. Portanto, o consumo real foi calculado através de dados de corrente e tensão da bomba booster (bomba de alta pressão do dessalinizador), solicitados à prefeitura de Ipirá.

Foram fornecidos dados de seis (6) sistemas de um total de dez (10) instalados pelo PAD/BA, em Ipirá, e calculada a energia específica através da equação que considera sistemas monofásicos a seguir:

Equação 1 - Cálculo da energia específica dos sistemas de dessalinização
(bomba booster)

$$Energia \left(\frac{kWh}{m^3} \right) = [Potência(kW) \times horas \ de \ operação(h)] / volume \ produzido \ (m^3)$$

Equação 2 - Cálculo da potência de motores monofásicos

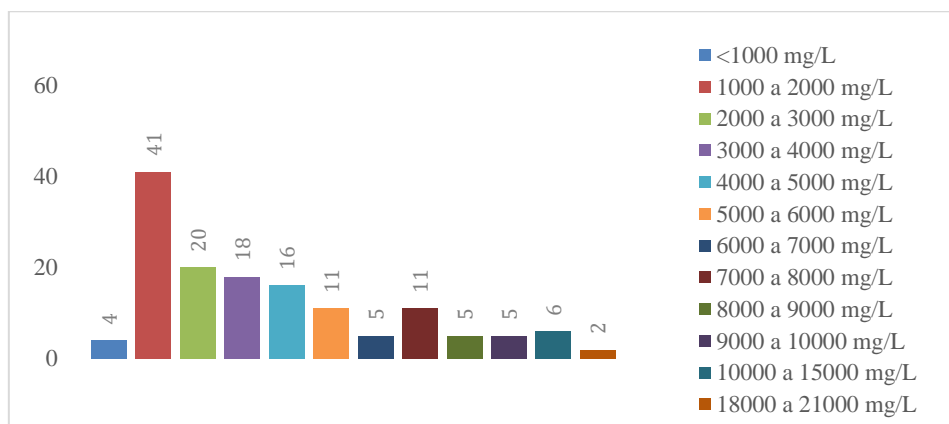
$$Potência \ (kW) = Corrente \ (A) \times Tensão \ (V) \times \text{eficiência}$$

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Características da carga de entrada (água do poço)

Os dados da carga de entrada (poço) de sólidos totais dissolvidos informam o grau de retirada de sais (taxa de rejeição) do processo para atingir a potabilidade em relação à essa categoria. Desse modo, esses dados expõem a característica salobra (1000mg/L <TDS< 35.000 mg/L) da grande maioria dos poços. A implantação de dessalinizadores em poços com concentração de TDS menores que 1000 mg/L foram justificados pela presença de nitratos e cloretos com concentração fora da especificação da Anexo XX da Portaria Consolidada do Ministério da Saúde (Brasil, 2018). No Gráfico 9, são apresentados dados de concentração de sólidos totais dissolvidos e a sua frequência em 145 poços.

Gráfico 9 - Concentração de STD na carga de entrada (poço)



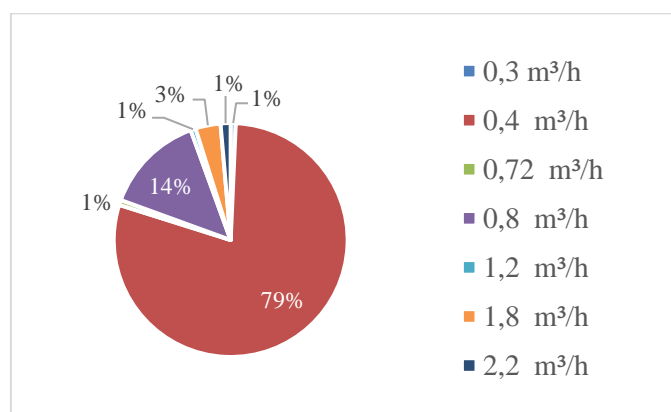
Fonte: Autora (2019), com base em CERB/BA (2015).

Através do Gráfico 9, é possível analisar que a maioria dos sistemas, 76%, trabalham para dessalinizar águas de concentração de sólidos totais dissolvidos entre 1000 e 5000 mg/L. Esse fato justifica a aplicação de a grande maioria das membranas serem direcionadas a água salobra. Entretanto, o modelo BW30-4040 utilizado nos sistemas desenvolve uma alta rejeição com teores de sais baixíssimos, como será visto no próximo item que discute as concentrações de sólidos no permeado. Para uma produção de 9,5 m³/d, utiliza-se uma pressão de 15.5 bar, desenvolvendo uma rejeição de 99,5%, com um custo de uma energia mais elevada. Caso fosse usada a membrana de modelo LE-4040, que, como descreve o fabricante: “oferece o mais alto desempenho com a menor pressão, resultando em menor consumo de energia”, seria possível produzir 9,1 m³/d de permeado com uma pressão de 10,3 bar, desenvolvendo uma taxa de rejeição de 99,9%, considerando para ambos os modelos a mesma concentração de NaCl de 2000mg/L (FILMTEC, 2019?a).O motivo da seleção para uso do modelo BW30-4040 não foi encontrado durante esse estudo.

5.4.2 Permeado (água potável)

As vazões foram definidas conforme as quantidades de famílias a serem atendidas e uma disponibilidade mínima, conforme exposto no item 5.1.1 de dimensionamento. O Gráfico 10 expõe a frequência de vazões de permeado dimensionadas nos sistemas da primeira etapa do PAD/BA.

Gráfico 10 - Vazão (m³/h) de permeado (água potável)



Fonte: Autora (2019), com base em BAHIA (2015).

Ao analisar-se o Gráfico 10, pode-se observar que 79% dos sistemas foram dimensionados para fornecer 0,4m³/h. Os dessalinizadores de 0,72 m³/h; 1,3 m³/h e 2,2

m³/h são todos pré-existentes (sistemas recuperados de programas anteriores ao PAD) saindo dos padrões de dimensionamento estabelecidos pelo Programa, já que esses eram de 0,4m³/h; 0,8m³/h; e 1,8m³/h, para facilitar a aquisição de sistemas, de acordo com a premissa de fornecer 10L/dia por pessoa. Contudo, aqui vale ressaltar que a oferta de água poderia ser maior, caso as vazões de extração máxima dos poços fossem utilizadas ou se os sistemas fossem centralizados, uma vez que a baixa vazão de um poço seria balanceada com outros de maior vazão. Esse fato será discutido na próxima etapa desse estudo que se refere à centralização de usinas do PAD.

Os dados do permeado são definidos na simulação para alcançar a potabilidade exigida pela Portaria do Ministério da Saúde. Assim, os dados de saída não devem ultrapassar os valores estabelecidos no Quadro 5.

Quadro 5 - Parâmetros físico-químicos a serem atendidos

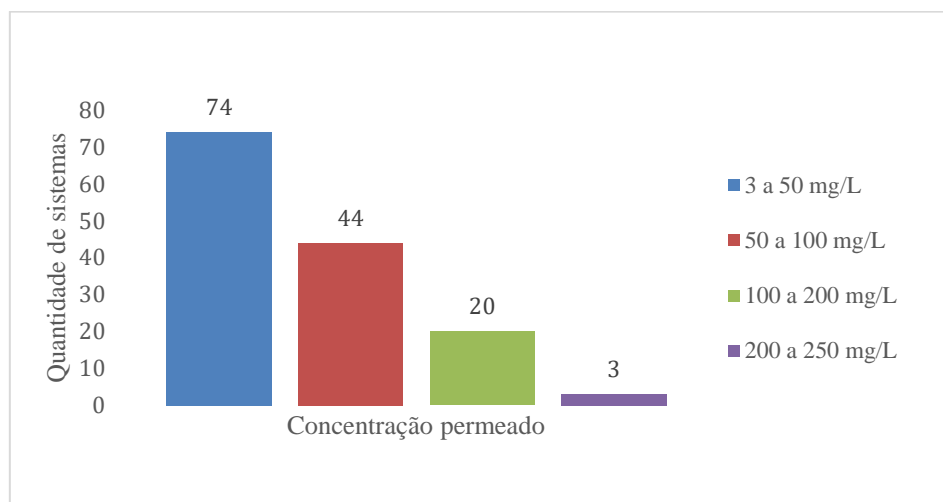
Parâmetros	VMP (*)
Condutividade Elétrica, µmho/cm a 25°C	—
Potencial Hidrogeniônico, pH	6,5 a 8,5
Turbidez, (uT)	5,0
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)	15,0
Dureza em Cálcio, mg/L Ca ⁺⁺	—
Dureza em Magnésio, mg/L Mg ⁺⁺	—
Dureza Total, mg/L CaCO ₃	500,0
Sódio, mg/L Na ⁺	200,0
Potássio, mg/L K ⁺	—
Ferro Total, mg/L	0,3
Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L CaCO ₃	—
Alcalinidade em Carbonatos, mg/L CaCO ₃	—
Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L CaCO ₃	—
Alcalinidade Total, mg/L CaCO ₃	—
Sulfato, mg/L SO ₄ ⁻	250,0
Cloreto, mg/L Cl ⁻	250,0
Nitrato, mg/L NO ₃ ⁻	10,0
Nitrito, mg/L NO ₂ ⁻	1,0
Sílica, mg/L SiO ₂	—
Total de Sólidos Dissolvidos Secos a 180°C, mg/L	1.000,0

Fonte: MMA, 2012

(*) VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira – PORTARIA 2914/2011 - MS.

O Gráfico 11 demonstra a concentração de sólidos totais dissolvidos no permeado e a sua distribuição de frequência nos sistemas.

Gráfico 11 - Concentração de STD (mg/L) na carga de permeado (água potável)



Fonte: Autora (2019), com base em BAHIA (2015).

Ao analisar o Gráfico 11 e o Quadro 5, é possível observar que a concentração projetada de STD no permeado está muito abaixo do Valor Máximo Permitido pelo Ministério da Saúde (1000mg/L), em pelo menos em 97% dos sistemas (concentração de STD menor que 200 mg/L). Dessa forma, a maioria dos sistemas da 1ª etapa do PAD-BA produz uma água com STD em concentrações mais baixas que as marcas de água mineral vendidas no Brasil, segundo dados retirados do relatório do Ministério de Minas e Energia (2010) (Tabela 5).

Tabela 5 - Dados de concentração de STD de água minerais comercializadas no Brasil

Marca	STD (mg/L)
Indaiá (BA)	100 mg/L
Minalba (SP)	85 mg/L
Ouro Fino (PR)	133 mg/L
Crystal (SP)	130mg/L
Bioleve (SP)	83 mg/L
Schin (SP)	242 mg/L
Dias D´Avila (BA)	43 mg/L
Petrópolis (RJ)	19 mg/L

Fonte: Autora (2019), com base em MME (2010).

Como exposto, as membranas de alta rejeição são responsáveis pelos valores de STD do permeado, uma vez que são de filme fino de poliamida. Em comparação com as

membranas de poliamida, estão as membranas de acetato. Estas possuem resistência reduzida à filtração, devido a sua arquitetura polimérica, que apresentam comparativamente custos de fabricação mais baixos, assim como menores pressões de operação. Portanto, é necessário que o Programa avalie a necessidade desta taxa de rejeição de sais nos sistemas (<200mg/L) PAD (Moura *et al.*, 2008).

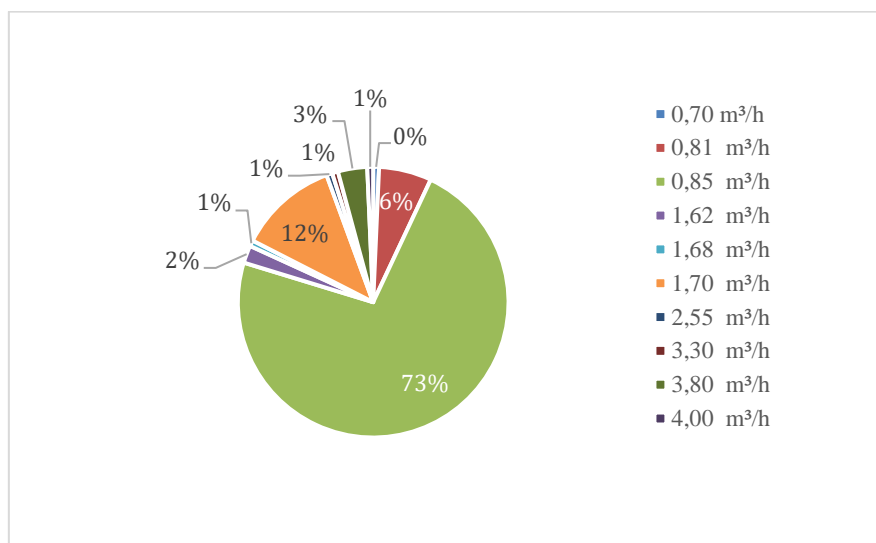
5.4.3 Concentrado

Atualmente, através de estudos da EMBRAPA, o Programa promove a implantação de unidades demonstrativas, onde há o atendimento aos requisitos técnicos do PAD (área mínima, fonte hídrica, solo), Unidades Demonstrativas (UDs). Nessas unidades, o tanque de concentrado é utilizado para criação de Tilápia (espécie de peixe eurialina que possuem a capacidade de adaptação a ambientes de diferentes salinidades) e a água que necessita ser dispensada para renovação no tanque irriga a Atriplex ou comumente denominada Erva-Sal, espécie resistente ao sal (halófitas), que tem potencial forrageiro para criação de ruminantes. Quando não há atendimento desses requisitos para criação de peixe e criação de halófitas, o tanque é construído por meio de uma escavação e, após, coberto com lona com o intuito de que a água do concentrado evapore (MMA, 2012). Até o fim desse estudo, a única Unidade de Demonstrativa implantada na Bahia não funcionava devido à conflitos entre o líder da comunidade e a prefeitura.

Por parte da comunidade, há boa receptividade em relação à ambas as possibilidades de destinação do concentrado salino. Em alguns sistemas, os próprios membros das comunidades se dispõem a criar peixe nos tanques, mesmo sem apoio do PAD. Esse fato demonstra o interesse pelas comunidades em ter um sistema com possibilidade de uso do concentrado disposto no tanque de evaporação. Contudo, a maioria dos sistemas não consegue atingir requisitos para instalação das unidades produtivas.

O Gráfico 12, demonstra a distribuição de frequência de vazão do concentrado dos sistemas da primeira etapa do PAD-Bahia.

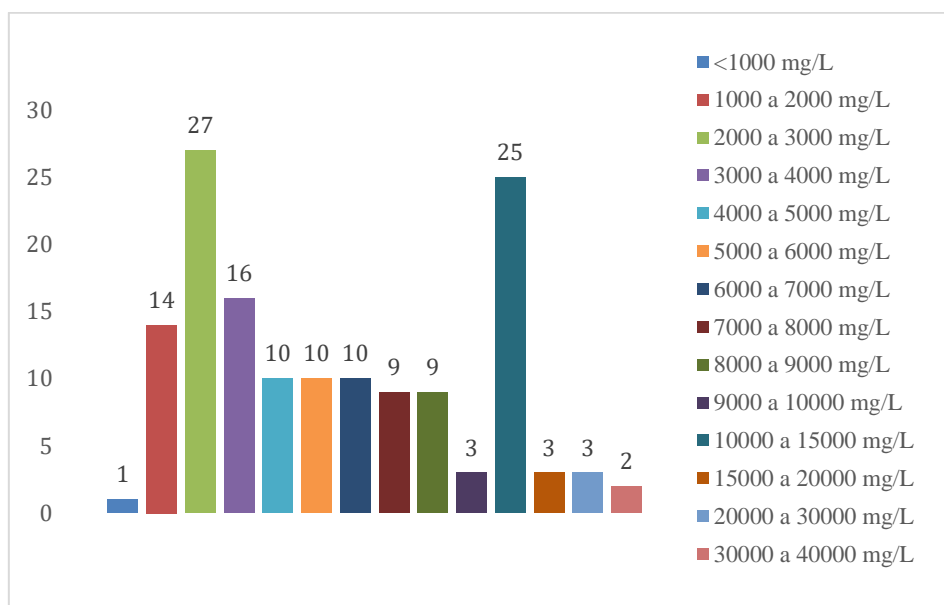
Gráfico 12 - Vazão de concentrado (efluente)



Fonte: Autora (2019), com base em CERB/BA (2015).

Ao se analisar o Gráfico 12, pode-se verificar que a maioria dos sistemas, foram projetados para a vazão de baixa vazão, 0,85 m³/h (73% dos sistemas). Através do Gráfico 13, pode-se verificar como as concentrações de 142 sistemas se distribuem.

Gráfico 13 - Concentração de STD (mg/L) na carga de efluente (concentrado)



Fonte: Autora (2019), com base em CERB/BA (2015).

O Gráfico 13 mostra que 55% dos sistemas produzem o efluente com concentração de STD menor que 6000ppm (mg/L). Assim, mais que a metade dos concentrados salinos dos sistemas da primeira etapa do PAD podem ser utilizados por bovinos e ovinos,

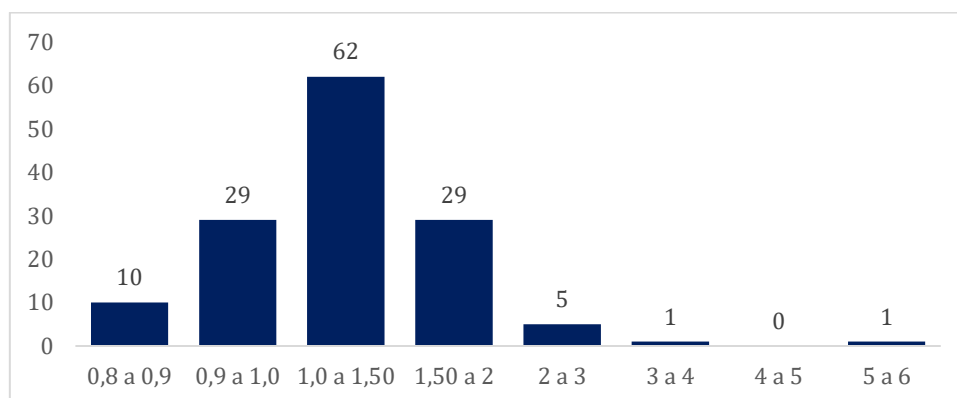
conforme Araújo *et al.* (2012). O restante pode ser diluído com água do poço e fornecida para outros animais.

Para construção de unidades produtivas (criação de peixe e forrageiras), as principais especificações, de acordo com o Documento Base, são a vazão mínima do poço de 3m³/h de água e a salinidade máxima (STD) ser de 6000mg/L. Através da análise do Gráfico 13, pode-se verificar que 55% dos sistemas não atendem às especificações de concentração de sólidos totais. Através de dados extraídos da CERB (2015), é possível identificar que, apesar da maioria de poços possuírem vazão máxima explorável maior que 3 m³/h, a maioria dos sistemas projetados para esses poços utilizam a vazão de 1,25 m³/h para produzir 0,4m³/h de permeado. Assim sendo, mais de 73% dos poços não atendem aos requisitos para serem unidades produtivas (aquelas que produzem peixe e forrageiras com a água do concentrado), de acordo com as premissas do Programa.

5.4.4 Energia Específica

A energia específica é a energia necessária para a produção de 1 m³ de água dessalinizada. Essa é a responsável por grande parte dos custos operacionais (41% dos custos totais) dos sistemas (Lenntech,2017). Assim, através dos relatórios do ROSA de 137 projetos, buscou-se analisar a distribuição de frequência das energias específicas (kWh/m³) projetadas para os sistemas da primeira etapa do PAD-Bahia, que estão expostas no Gráfico 14:

Gráfico 14 - Distribuição da energia específica de projeto



Fonte: Autora (2019), com base em CERB/BA (2015).

Observa-se que a maior quantidade de sistemas foi projetada para consumir menos que 2 kWh/m³. Esse fato está diretamente relacionado com as características físico-químicas das águas dos poços, a recuperação e o arranjo das membranas.

Foram coletados pela Prefeitura de Ipirá, dados de corrente e tensão da bomba booster (bomba que pressuriza a água na entrada do dessalinizador). Esses dados foram colocados na Tabela 6, juntamente com os dados de consumo projetado e real. Vale ressaltar que se supõe haver fragilidades nesses valores, uma vez que não foram coletados pelos pesquisadores desse trabalho e, sim, fornecidos por um técnico da prefeitura.

Tabela 6 - Dados elétricos dos sistemas de dessalinização por osmose inversa

Comunidade	Corrente bomba booster (A)	Tensão bomba booster (V)	Produção (m ³ /h)	Consumo Projetado (kWh/m ³)	Consumo Real (kWh/m ³)	Energia consumida em relação a projetada
Jacaré	11,3	197	0,4	1,42	5,57	415%
Vida Nova	8,45	227	0,4	1,74	4,80	306%
Vista Nova	11,4	192	0,4	1,26	5,47	421%
Amparo	12,8	203	0,4	2,55	6,50	395%
Sítio Novo	8,21	203	0,4	1,1	4,17	307%
Hu	11,8	205	0,4	1,16	6,05	489%
			Média	1,54	5,43	389%

Fonte: Autores (2018).

Analisando os dados, observa-se que, em operação, os sistemas têm um consumo, em média, 3,89 kWh/m³ (+389%) maior que o projetado. Esse consumo maior de energia dos sistemas do PAD, precisa ser investigado mais detalhadamente, para que se possa otimizar os sistemas e reduzir os custos operacionais. O aumento do consumo de energia elétrica tem a ver com a eficiência das bombas, perdas por atrito, frequência de limpeza das membranas ou erros na operação do sistema (Karabelas *et al.*, 2018).

5.5 CONCLUSÕES

Verificou-se que o projeto dos dessalinizadores tem como premissa fornecer uma quantidade de 10L de água por pessoa para o uso diário. Nas pesquisas desse trabalho não foi encontrada justificativa para esse volume especificado, enquanto o recomendado pela OMS é o fornecimento de 50 a 100 L de água, por pessoa, para a satisfação das necessidades básicas do indivíduo, sendo o abastecimento de água proposto de forma contínua e suficiente para saneamento pessoal, hidratação, preparação de refeições e

higiene. Para se atender a indicação da OMS, uma forma de aumentar o volume fornecido é utilizar a vazão máxima dos poços explorados e ampliar o período de operação dos dessalinizadores. Essa questão se dá pelo fato de que identifica-se que, apesar da maioria de poços possuir vazão máxima explorável maior que 3 m³/h, a maioria dos sistemas projetados para esses poços, 79%, utilizam a vazão de 1,25m³/h para produzir 0,4m³/h de permeado.

O aumento do volume também pode levar esses sistemas a atingirem os requisitos de unidades produtivas do programa, já que mais de 73% dos sistemas não atendem a esses requisitos. Isso permitiria a ampliação de unidades com produção de culturas bioessalinas.

Foi possível observar que 76% dos sistemas trabalham para dessalinizar águas de concentração de sólidos totais entre 1000 e 5000 mg/L e esses sistemas foram projetados para que a concentração de STD no permeado esteja abaixo do Valor Máximo Permitido pelo Ministério da Saúde (1000mg/L). Pelo menos 97% dos sistemas apresentam concentrações projetadas menores que 200 mg/L. Dessa maneira, a maioria dos sistemas da 1^o etapa do PAD-BA foi projetado para produzir uma água com teor de sais mais baixas que os teores encontrados em diversas marcas de água mineral comercializadas no Brasil. Esse fato pode apontar para um superdimensionamento das membranas, com impactos no aumento de investimento e no custo operacional dos sistemas, os quais poderiam estar sendo usados para aumentar a produção de água potável e dar um melhor atendimento à população, em termos de saúde pública.

Observou-se, também, que nos sistemas de Ipirá o consumo de energia é, em média, 253% maior do que o projetado - o que nos permite pensar que este fato se repete nos outros municípios e que precisa ser investigado mais profundamente.

Assim, recomenda-se que estudos sejam realizados para que haja o aumento da capacidade dos sistemas, para ampliar a oferta de água por pessoa e possibilitar que mais unidades produtivas sejam implantadas. Sugere-se, também, uma análise sobre a real necessidade de uso das membranas utilizadas nos sistemas da primeira etapa, avaliando a melhor opção em relação ao consumo e à concentração de sais permitidas no permeado.

Outro fator basilar é realizar o monitoramento das variáveis técnicas projetadas em relação às de operação, para que análises de falhas possam ser realizadas, a fim de se entender os fatores que mais contribuem para a parada dos sistemas e, em vista disso,

tornar possível o planejamento das manutenções preventivas dos sistemas. A implantação de medidas de manutenção preditiva pode permitir a expansão da manutenção com maior racionalidade.

5.6 REFERÊNCIAS

BAHIA. Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB). Relatório de simulação para o dimensionamento de sistemas de osmose inversa (ROSA Detailed Report) PAD, Salvador, 2015.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Documento Base - Programa Água Doce. Brasília, 20 12. Disponível em: www.aguadoce.mma.gov/anexos/documento-base.pdf. Acessado em: 10 de agosto de 2016

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Orientações Técnicas dos Componentes do Programa Água Doce para Implantação dos Sistemas de Dessalinização. Brasília, 2015. Disponível em: https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/aguadoce_orientacoes_tecnicas_22jun15rev.pdf. Acessado em: 14 de junho de 2019

CAVALCANTE, Fábio Peixoto. Manual completo de dessalinização por osmose inversa com montagem dos componentes mecânicos e hidráulicos do equipamento, layout do sistema elétrico, especificações técnicas de todos os componentes, automação, regulagem e operação. Fábio Peixoto. Fortaleza. 2018a.

CAVALCANTE, Fábio Peixoto. Revisão de projetos de dimensionamento de Dessalinizadores elaborados pelos Estados, com foco na utilização de membranas apropriadas. Fortaleza. 2018c.

COMPRASNET. Pregão Nº 3/2020 | UASG 530013. 2020. Disponível em: <http://www.comprasnet.gov.br/ConsultaLicitacoes/Download/Download.asp?coduasg=530013&numprp=32020&modprp=5&bidbird=N>. Acessado em: 15 de janeiro de 2021

FILMTEC, Dow. Product Information: FILMTEC™ SW30-4040 Membranes. Form No. 609-00377-0406, [2019?a].

FILMTEC, Dow. Product Information: FILMTEC™ BW30-4040 Membranes Form No. 609-00350-0408, [2019?b].

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. IBGE IPCA, 2020. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1737#resultado> . Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

KARABELAS, A.J.; KOUTSOU, C.P.; KOSTOGLU, M.; SIOUTOPOULO, D.C.. Analysis of specific energy consumption in reverse osmosis desalination processes. Desalination 431 (2018) 15–21. [knowlhttp://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2017.04.006](https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.04.006)

MOURA, J.P.; MONTEIRO, G.S.; SILVA, J.N.; PINTO, F.A.; França, K.P. Aplicações Do Processo De Osmose Inversa Para O Aproveitamento De Água Salobra Do Semi-Árido Nordestino. Campina Grande. 2008. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, Brasil e-ISSN 2179-9784 (eletrônico)

ONU -Organização das Nações Unidas. O Direito Humano à Água e Saneamento Disponível em:https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acessado em: 24/01/2021

SAIA, Alexandre. O Acordo De Gestão Do Programa Água Doce: Importância Da Gestão Compartilhada Dos Bens Comuns Para O Desenvolvimento Local. Brasília, 2018. Disponível em: <http://repositorio.enaP.gov.br/bitstream/1/3479/1/Alexandre%20Saia.pdf>. Acessado em: 10 de junho de 2019.

SEMA/BA -Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia. Coordenadora Estadual do Programa Água Doce [Correspondência via e-mail]. Destinatário: Suzzane Santos Mercandelli. Salvador, 9 de março de 2020.

TELES, Jhonata. Tipos de Manutenção de acordo com a NBR 5462. 2020. Disponível em: <https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>. Acessado em: 26 de janeiro de 2021

6 ESTUDO PARA CENTRALIZAÇÃO DAS USINAS

6.1 INTRODUÇÃO

O Programa Água Doce instala um dessalinizador para cada poço das comunidades contempladas, segundo critérios pré-estabelecidos. Assim, nos municípios que atua, há instalação de sistemas de osmose inversa de forma descentralizada. Após estudos exploratórios, levantamentos de dados e análise qualitativa dos riscos de paradas dos sistemas, não foi observada nenhuma aplicação de sistemas centralizados na Bahia, nem estudos para a análise de alternativas que considerem um cenário de maior centralização das unidades de dessalinização no Programa.

Foi encontrado nos itens anteriores que a aplicação de uma unidade de osmose inversa por comunidade gera a necessidade de contratação e treinamento de um operador para cada sistema, demandando uma logística complexa para atendimento de todas as comunidades e um alto custo de aquisição de peças e sobressalentes, já que essa aquisição é feita em pequenas quantidades. Esses fatores geram outros pontos de fragilidade do Programa Água Doce, como a garantia de expertise na operação dos sistemas. Verificou-se grande complexidade em garantir a boa operação do sistema, sendo necessário treinar dezenas de operadores e mantê-los engajados. Alia-se a esse fato que, atualmente, não há garantia de pagamento de salários para a execução do trabalho deles. A realização da manutenção do dessalinizador e seus equipamentos depende das prefeituras municipais ou são executados pelas comunidades que têm dificuldades para diagnosticar falhas, encontrar fornecedores das peças ou empresas autorizadas para essas manutenções.

Portanto, levanta-se a hipótese de que a centralização dos sistemas de OI poderia reduzir o risco de suspensão no fornecimento de água às comunidades de um mesmo município. Somados à essa problemática, estudos comprovam que o aumento de capacidade de uma planta de dessalinização reduz custos operacionais. Esse capítulo traz uma reflexão acerca desta possibilidade.

Como questão principal a ser respondida, tem-se: Quais são as oportunidades gerenciais, técnicas e econômicas geradas pela centralização de dessalinizadores no município de Uauá -BA? Para isso esse capítulo é estruturado da seguinte forma: (1) Revisão da literatura acerca de programas de dessalinização de água subterrânea em Israel e no estado do Texas, nos Estados Unidos; (2) Exposição do contexto de Uauá, (3) Realização do estudo para centralização de usina de dessalinização do Programa Água Doce em Uauá,

que contempla estudo de localização, projetos preliminares dos sistemas, estimativa de investimento e custos operacionais; (4) Por fim, são expostas as conclusões e recomendações.

6.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.2.1 Experiência do Texas e Israel em dessalinização de água

Diversos países aplicam a osmose inversa para dessalinizar águas subterrâneas salobras, extraídas de diversos poços. Traz-se aqui, dois exemplos dessa aplicação os Estados Unidos da América e Israel. Ressalta-se que neste trabalho não há o interesse comparativo entre as estruturas desses exemplos com as estruturas do semiárido brasileiro, tampouco com o Programa Água Doce, no qual os poços possuem vazões incomparáveis aos poços do PAD.

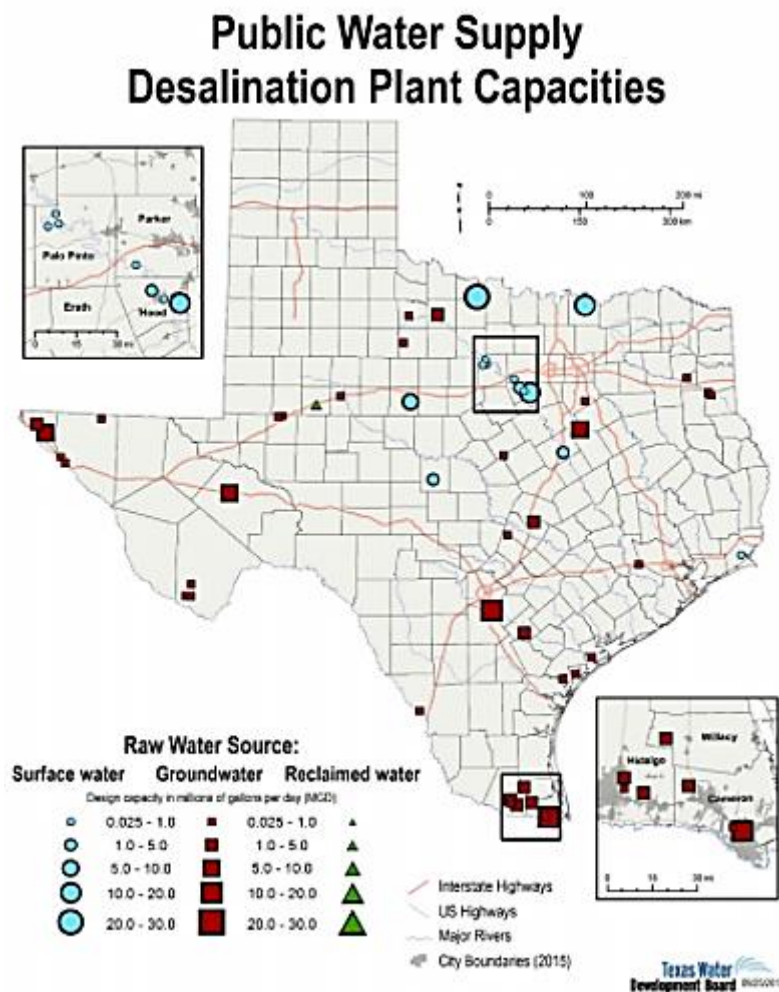
Estados Unidos – Texas

Nos Estados Unidos (EUA), existem 406 usinas municipais de dessalinização de água salobra - estando a maioria localizada na Flórida (40%), Califórnia (14%) e Texas (13%). O Texas é um estado que possui uma longa jornada de dessalinização de águas subterrâneas desde a década de 60, não possuindo, atualmente, usina de dessalinização de água do mar. O estado tem, em operação, 53 usinas de dessalinização de águas e, dessas, 36 dessalinizam água salobra subterrânea, com capacidade total projetada de 340 mil metros cúbicos por dia. A maior usina de dessalinização do estado e do país é a planta Kay Bailey Hutchison, localizada em El Paso (104 mil metros cúbicos por dia) (TWDB, 2020).

No ano de 1965, foi desenvolvido o Texas Water Development Board (TWDB), que tem como objetivos planejar os recursos hídricos do estado e fornecer serviços acessíveis de água e esgoto. O TWDB fornece planejamento, coleta e disseminação de dados, assistência financeira e serviços de assistência técnica aos cidadãos do Texas. Essa entidade possui um banco de dados acessível, interativo e online (<https://www3.twdb.texas.gov/apps/waterdatainteractive/GroundwaterDataViewer/?map=desal>), denominado de Water Data Interactive, no qual pôde-se retirar a imagem da Figura 11, com a representação da distribuição das usinas de dessalinização de águas salobras subterrâneas e superficiais (TWDB,2017).

O estado do Texas é dividido em oito grupos regionais de planejamento hídrico (regiões E, F, H, J, L, M, N e O). O TWDB atualiza seu plano estadual de água a cada cinco anos por meio de um processo de planejamento conduzido localmente, guiado por 16 grupos regionais de planejamento hídrico. Cada grupo de planejamento avalia os suprimentos de água existentes e as necessidades futuras (TWDB, 2020). A Figura 25 expõe a distribuição de usinas de dessalinização de água de superfície e subterrâneas no Texas.

Figura 25 - Distribuição de usinas de dessalinização no Texas.



Fonte: TWDB (2020).

Israel

O Estado de Israel, tem área total de 27 800 km² e, aproximadamente, 8 milhões de habitantes em 2017. O país possui mais de um terço do seu território em região semiárida, com média de chuva de 500 mm anuais e regiões áridas mais ao sul com precipitação anual inferiores a 100mm. Sua experiência em desenvolvimento de tecnologia e gestão das suas reservas de água já ultrapassam o marco de 80 anos (Siegel, 2017).

Israel é um país conhecido por aplicar a dessalinização através de grandes usinas para tornar a água do mar potável mas, para isso, teve de passar por várias etapas de desenvolvimento - tendo como norte a gestão da demanda, educação da sua população, melhoria de contínua de sua estrutura e gestão dos recursos para, então, aplicar, em última etapa, a tecnologia de dessalinização.

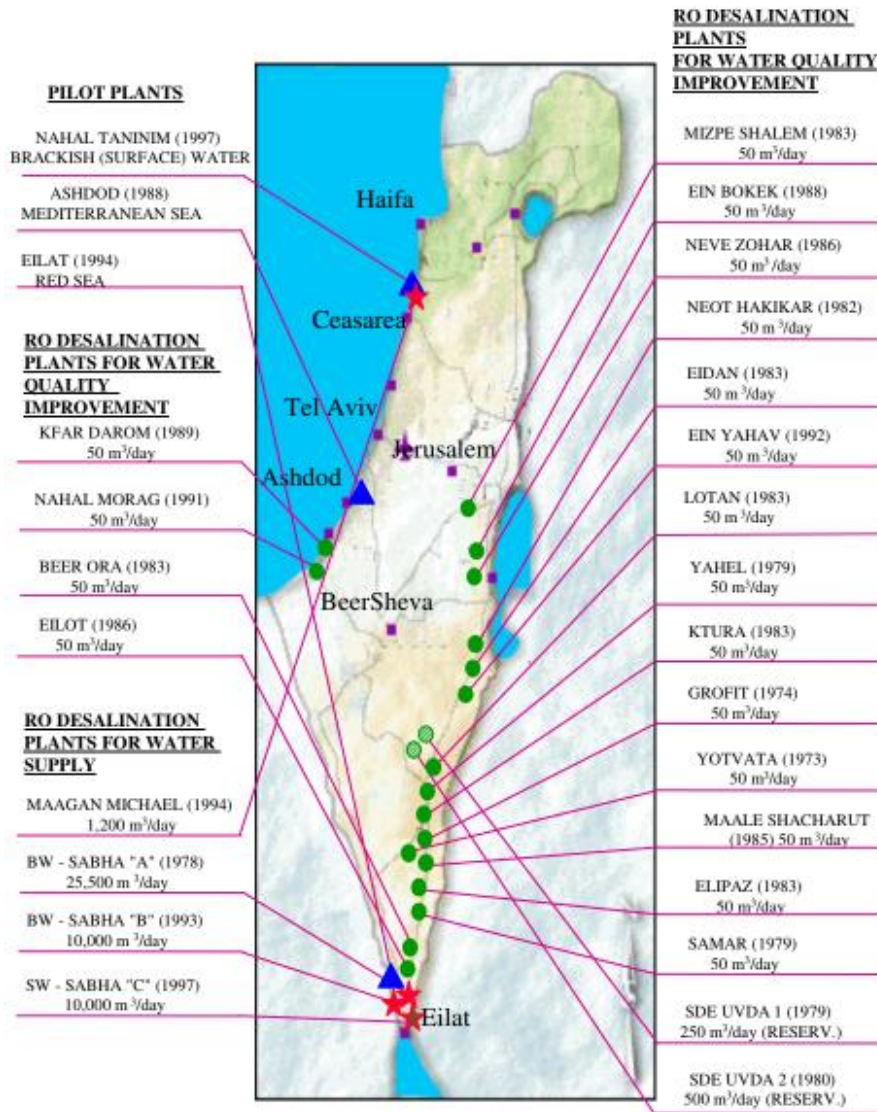
Inicialmente, o atual Sistema Nacional de Água de Israel realizou transferência de água doce entre regiões do país. Em seguida, executou políticas de redução do consumo de água na agricultura; reuso da água de esgoto; e, por último, aplicação em larga escala de dessalinização da água do mar. Desta forma, a rede nacional gerenciada pela Mekorot - Companhia Nacional de Água de Israel - combina fontes de água advindas de: água de rios e lagos, lençóis freáticos, água do mar e salobras, além de águas residuais e aproveitamento de efluentes. Todas essas fontes fornecem flexibilidade operacional única ao sistema gerenciado pela Mekorot, com o fornecimento de água confiável para vários usos, devido ao planejamento operacional exclusivo e uso de modelos avançados (Aharoni, 2006; Glueckstern e Priel, 2000).

Na década de 1970, a Mekorot, investigou um processo alternativo de dessalinização para a produção de água potável com maior economia de energia, frente à tecnologia de dessalinização por evaporação empregada no Mar Vermelho para fornecimento de água a cidade de Eilat. A tecnologia que surgiu como alternativa foi a osmose inversa desenvolvida nos Estados Unidos (Siegel, 2017). A princípio, a Mekorot substituiu parte da produção pela tecnologia de osmose inversa para as águas salobras subterrâneas. Em paralelo, Mekorot iniciou testes com membranas de osmose inversa para dessalinizar água do mar, obtendo um sucesso que culminou no comissionamento da primeira planta de dessalinização por osmose inversa de água salina do Mar Vermelho para suprir Eilat, SABHA C, com uma capacidade inicial de 8.000 m³/d. Ela foi posteriormente atualizada e ampliada para uma capacidade de 10.000 m³/d (Spiritos e Lipchin, 2013; Glueckstern e Priel, 2000).

Em paralelo à implementação de dessalinização da água salobra por osmose inversa em Eilat, foram instalados dessalinizadores de água salobra em locais remotos sem água potável. O intuito foi fornecer água aos moradores do Vale de Arava (Figura 26) (Spiritos e Lipchin, 2013; Glueckstern e Priel, 2000).

Em Israel, as plantas de dessalinização grandes (vazão de 5.000 a 10.000 m³/d) são alimentadas por 15 a 20 poços. Entretanto, existem as usinas com apenas um poço, perfurados em profundidades de até 1.500 metros, que produz uma vazão alta (1.200 m³/d) de água salobra de acordo com os aquíferos que atingem (Aharoni, 2006; Glueckstern e Priel, 2000).

Figura 26 - Distribuição dos sistemas de dessalinização da Mekorot (1998-2006)



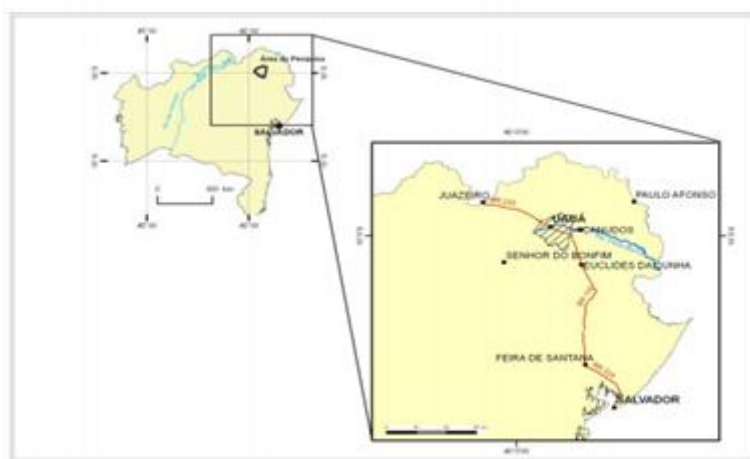
Fonte: MEKOROTE (2017).

6.2.2 Contextualização - Município De Uauá

Características geográficas e demográficas

O município de Uauá, está localizado no estado da Bahia, a 428 km de Salvador (Figura 27). Uauá tem população estimada de 24.294 habitantes, segundo o Censo-2010 (IBGE, 2010). Sua área territorial abrange 3.060 km², possui pluviometria anual média de aproximadamente 481 milímetros e elevada evaporação. Dessa maneira, por estar localizada no semiárido baiano, a água subterrânea assume grande importância como uma das principais alternativas de acesso à água na região (IBGE, 2010).

Figura 27 - Localização do município de Uauá



Fonte: Andrade e Leal (2012).

As águas subterrâneas, da região de Uauá, são extraídas de fraturas do embasamento cristalino. Na região semiárida, essa formação tem como características fundamentais: a baixa capacidade de armazenamento e elevado índice de salinização de suas águas. Segundo pesquisa feita em 115 poços tubulares, somente 7% destes produzem água com valores de sólidos totais dissolvidos (STD) inferiores a 1000 mg/L, e 20% produzem vazões abaixo de 0,30 m³/h. Na área central de Uauá, estão os poços tubulares mais produtivos, com vazões superiores a 20 m³/h e água de baixa salinidade, concentrando aí a maioria dos poços com STD menor que 1000 mg/L, relacionados em parte à presença de diques máficos, com direção preferencial NE-SW. Andrade e Leal (2012) indicam que a presença de corpos intrusivos tabulares - neste caso, diques máficos, é fator predominante que influencia positivamente na vazão e salinidade da água produzida por esses poços tubulares.

Programa Água Doce no Município

De acordo com dados fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (Bahia, 2017), 18 comunidades do município de Uauá foram contempladas com dessalinizadores do Programa Água Doce, atendendo uma população total de 1.970 famílias. Os resultados das análises físico-química da água dos poços dessas comunidades, apresentaram salinidade acima dos padrões de potabilidade da Anexo XX da Portaria Consolidada do Ministério da Saúde. Em cada comunidade o dessalinizador foi instalado tendo como suprimento de água bruta um único poço já existente na localidade.

Esse modelo atual empregado pelo PAD, que implanta um dessalinizador por comunidade, desenvolve pontos de fragilidade no programa em relação à operação, logística, aquisição e manutenção. Tendo em vista as conclusões já obtidas e anteriormente discutidas:

1. Em relação a operação, é difícil garantir a eficiência dessa, uma vez que exige a gestão do conhecimento de dezenas de operadores localizados em lugares remotos, de modo que mantê-los engajados é complexo. Aliado a esse fato, atualmente não há garantia de remuneração à essas pessoas;
2. A logística é complexa para acesso à todas as comunidades, o que gera um alto custo somado ao de aquisição de peças e sobressalentes, já que essa é feita em pequenas quantidades;
3. A gestão e execução das manutenções são prejudicadas pelo difícil acesso aos dados de operação e comportamento desses sistemas. O fato é que as comunidades, em relação à manutenção, salientam as dificuldades em diagnosticar falhas, encontrar fornecedor das peças ou estar distante das empresas autorizadas para essas manutenções, bem como a dependência da sede de seus municípios.

Nessa etapa do estudo, buscou-se estudar as oportunidades e fragilidades na implantação de sistemas de dessalinização centralizados.

6.3 ESTUDO DE CUSTOS DE INVESTIMENTO E OPERAÇÃO

6.3.1 Estudo de localização

Mercado consumidor

O número de usuários foi definido com base na população atendida pelo Programa Água Doce na área rural do município de Uauá.

Disponibilidade de energia elétrica

As usinas deverão ser localizadas em povoados com infraestrutura energética. Dentre as comunidades de Uauá, as que possuem infraestrutura de rede elétrica são: São Paulo, Uauá e Arraial.

A tarifa de energia deverá ser da concessionária baiana de energia, a COELBA. Esse fato se deve à necessidade da(s) usina(s) estar(em) localizada(s) no município de Uauá no estado da Bahia. Assim, a Figura 28 expõe a tarifa vigente para o serviço público de distribuição de energia elétrica a ser considerado nesse estudo.

Figura 28 - Tabela de tarifas de energia elétrica do grupo B

TABELA DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA GRUPO B			
	VIGÊNCIA: 01/07/2020 a 21/04/2021 RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 2.675 DE 14 DE ABRIL DE 2020		
DESCRIÇÃO	TUSD (R\$/kWh)	TE (R\$/kWh)	TARIFA
B3 - Comercial, Serviços e Outras atividades			
Consumo Ativo	0,34676000	0,22975000	0,57651000
Consumo Reativo Excedente		0,22975000	0,22975000
Consumo Ativo Ponta - Tarifa Branca	0,91775000	0,36778000	1,28553000
Consumo Ativo Intermediário - Tarifa Branca	0,58313000	0,21720000	0,80033000
Consumo Ativo Fora Ponta - Tarifa Branca	0,24850000	0,21720000	0,46570000

Fonte: Coelba (2021)

Logística

Para facilitar a logística, com redução do custo fixo da proposta em estudo, deve-se implantar as unidades o mais próximo possível de seus fornecedores e clientes, para o escoamento dos seus produtos e recebimento das matérias primas. Dessa forma, buscou-se analisar povoados com facilidade de acesso através de estradas para a instalação das usinas.

As estradas vicinais do município não possuem cobertura asfáltica e tem característica semelhantes às da foto da Figura 29.

Figura 29 - Estrada que dá acesso as comunidades de Pedra Grande e Santana



Fonte: Acervo da prefeitura de Uauá, 2020

Meio ambiente

Ao órgão ambiental, compete analisar a localização, a instalação, a ampliação e a operação dos empreendimentos considerados efetiva ou potencialmente poluidores - aqueles capazes de causar significativa degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso. A competência para concessão da Licença ou Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) poderá ser de órgão federal, estadual ou mesmo municipal.

O impacto ambiental da usina de dessalinização a ser implantada se deve ao processamento de água salobra, o qual utiliza hipoclorito de sódio e um antiincrustante como matéria-prima, tendo como efluente um concentrado salino de água que será disposto em um tanque de evaporação.

Desmatamentos não deverão ocorrer, uma vez que toda a tubulação deverá passar através de estradas e a localização da (s) usina (s) deverá ser em espaço já abertos.

Matéria-prima

A matéria prima, dos dessalinizadores de OI, é a água dos poços já perfurados que fazem parte do Programa Água Doce, no Município de Uauá, estado da Bahia. As águas desses poços são salobras, tendo a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos variando entre 1.500mg/L até 9.730 mg/L.

Não há custo associado à matéria prima, a água de poço, para o Programa Água Doce do estado da Bahia. Há a liberação do poço através da outorga para sua exploração para dessedentação humana. Assim sendo, nesse estudo, o custo com a matéria prima será o custo da energia elétrica consumida, que está diretamente relacionado com a potência das bombas de adução da água, o tempo de bombeamento e a energia necessária para a passagem pelas membranas.

Inicialmente, verificaram-se as coordenadas e plotaram os poços com auxílio do Google Earth[®]. Em seguida, foram considerados três diferentes arranjos de trajetórias das tubulações desses poços até as usinas (análise de encaminhamento). As tubulações foram lançadas ao longo de estradas vicinais, para evitar a passagem por áreas privadas ou acarretar em desmatamento.

Desta forma, foram simulados diferentes arranjos, sendo selecionado aquele que exigiria a menor potência das bombas centrífugas. Foram considerados 18 poços explorados em comunidades difusas do município de Uauá.

Para calcular as distâncias entre os sistemas, plotou-se a localização dos poços no Google Earth[®], através dos dados de georreferenciamento desses poços, fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia.

Em seguida, as possíveis configurações para implantação de usinas centralizadas e suas localidades foram analisadas. Então, foi feita a simulação da configuração com três arranjos: Arranjo 1, Arranjo 2 e Arranjo 3 (ver APÊNDICE VIII – CÁLCULOS DO ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO).

Após o estudo das potências necessárias para recalque de 3 diferentes arranjos, obteve-se como resultados as seguintes potências por arranjo, conforme exposto na Tabela 7.

Tabela 7 - Comparativo das potências requeridas por arranjo

	Potência	Unidade
Arranjo 1	487	kW
Arranjo 2	387	kW
Arranjo 3	259	kW

Fonte: Autora (2020).

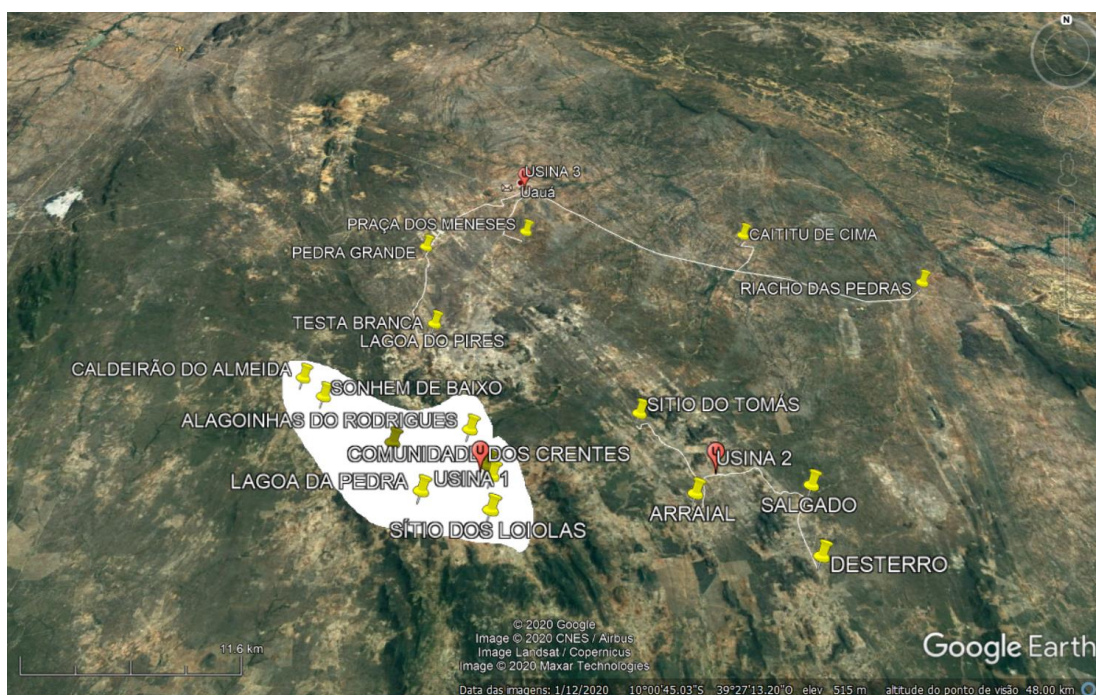
Considerando esses resultados, o Arranjo 3 (que contempla 3 usinas para centralizar 8 dessalinizadores) é o que tem potencial de requerer menor potência, dentre os arranjos avaliados e atenderia a todas as comunidades com apenas 3 usinas.

Definição de localização

Dos itens analisados, os considerados de maior relevância para o estudo foram: o preço da matéria prima, o meio ambiente e a logística. Como pôde-se analisar, o preço da matéria prima, nesse caso, é a energia que será consumida com o transporte da água dos poços até as usinas. Assim, definiu-se que entre os três arranjos, o que requer menor potência para os motores elétricos das bombas é o Arranjo 3.

Dentro do Arranjo 3, o estudo técnico e econômico se concentrará na Usina 1, por permitir a centralização de 8 dessalinizadores em uma única usina. E por servir de referência para qualquer outro arranjo. Com esse estudo será possível analisar as vantagens e desvantagens ao se concentrar usinas de dessalinização. A Figura 30 demonstra a área abrangida nesse estudo, em branco.

Figura 30 - Região de estudo



Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA (2020).

6.3.2 Projeto preliminar dos equipamentos principais

Nesta etapa foi desenvolvido o projeto preliminar dos equipamentos principais para implantação da “Usina 1”, da Figura 30. Nesse estudo, os equipamentos principais são a adutora e o sistema de dessalinização. O intuito aqui é utilizá-los como base para o cálculo do investimento total. Foram desenvolvidas duas simulações, uma utilizando as mesmas premissas de fornecimento do PAD para fornecer 10 L/pessoa por dia (Sistema 1) e outra

utilizando a capacidade máxima dos poços (Sistema 2), para que se possa avaliar a melhor alternativa.

Sistema 1 – Fornecimento de 10L/pessoa por dia por pessoa:

- Lançamento da tubulação por estradas;
- Vazão da carga de entrada de 22,32m³/h, para fornecer 10 L/pessoa por dia;
- População atendida, 1156 famílias (dados da SEMA/BA), que considerando 4 pessoas por família serão atendidas 4624 pessoas;

Sistema 2 - Premissas de projeto de utilizando a vazão máxima do poço: fornecimento de 18 l/dia por pessoa:

- Lançamento da tubulação por estradas;
- Vazão de carga de entrada é a vazão total máxima de cada poço 34,29 m³/h;
- Tempo de operação 20h;
- População atendida, 1156 famílias (dados da SEMA/BA) que, considerando 4 pessoas por família, serão atendidas 4624 pessoas no total.

6.3.3 Projeto Preliminar da Adutora

Para o projeto preliminar da adutora a ser instalada, foi necessário o lançamento de tubulações dos poços até a usina e da usina até as comunidades. Isso foi feito utilizando o Google Earth[®], através do estudo de localização, onde se definiu que essa usina seria implantada na comunidade de São Paulo. A Figura 31 expõe o lançamento das tubulações para captação de água dos poços de 8 comunidades até a Usina 1 e a distribuição da água tratada da Usina 1 até as 8 comunidades, uma vez que o “caminho” deverá ser o mesmo e o mais próximo possível, para maior facilidade de gestão dessa tubulação, com tubulações específicas para água tratada.

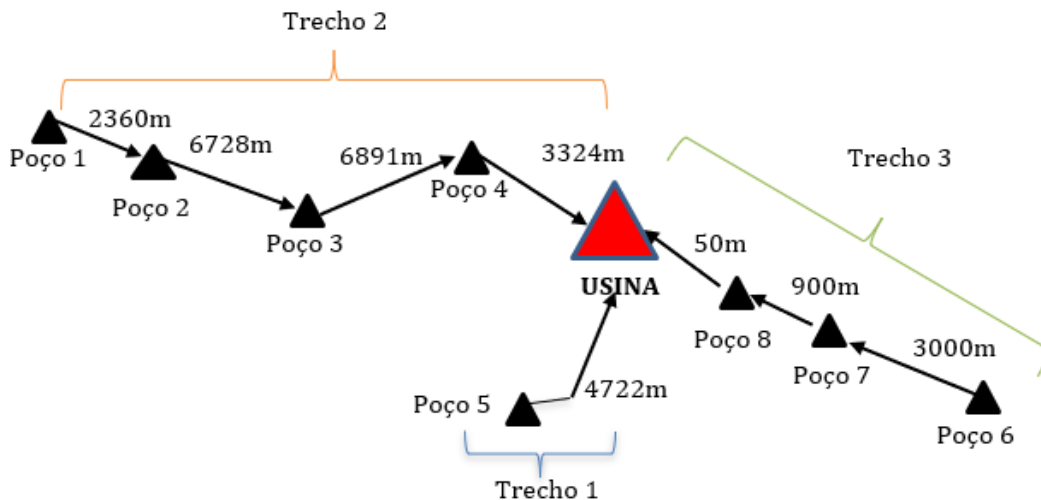
Figura 31 - Arranjo de adutoras - escala: 1:4,89km



Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA (2020).

Para seguir com os cálculos, foi necessário considerar o comprimento total de cada seguimento da adutora (Figura 32).

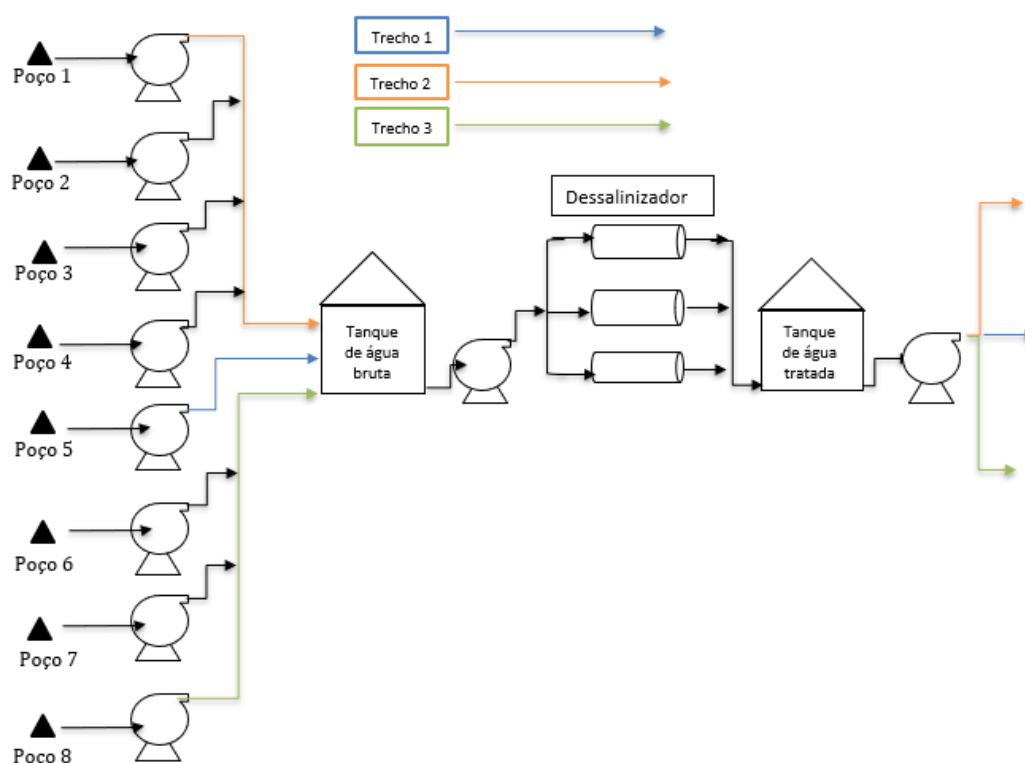
Figura 32 - Descrição das distâncias entre os poços



Fonte: Autora (2021)

Assim, o esquema exposto na Figura 33, demonstra como seriam os fluxos de água para captação, tratamento e distribuição da água dessalinizada.

Figura 33 - Fluxograma simplificado da proposta de centralização na Usina 1.



Fonte: Autora (2021).

Os cálculos realizados para o dimensionamento das bombas e do diâmetro interno das tubulações das adutoras estão detalhados no APÊNDICE IX – DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DA ADUTORA. Vale lembrar que, para o dimensionamento da tubulação da adutora, foram simulados um sistema para a vazão de adução de 22,32m³/h, denominado de Sistema 1, e um outro com vazão de 34,29 m³/h, denominado de Sistema 2. O Quadro 6 expõe as potências somadas por função de cada conjunto de bombas.

Quadro 6 - Comparativo das potências totais por sistema

Sistema	Potência total adução poço-usina	Potência da bomba para dessalinização	Potência total usina-comunidades
1 – 22,32 m ³ /h	31,01 kW	12,12 kW	32,25 kW
2 – 34,29 m ³ /h	40,82 kW	20,43 kW	39,26 kW

Fonte Autora (2021).

Através da análise do Quadro 6, pode-se verificar que o aumento na vazão dos sistemas aumenta as potências requeridas para operação e os diâmetros da tubulação o que consequentemente impacta nos custos para aquisição e operação desses equipamentos.

Desse modo, no estudo econômico da adutora, o custo se baseará nos diâmetros das tubulações das adutoras dos dois cenários, potências necessárias para a operação da bomba de alta pressão e o sistema de osmose para cada um cenário.

6.3.4 Projeto Preliminar Do Sistema De Dessalinização

Os principais resultados do dimensionamento estão expostos nos Quadro 7 para o sistema 1 e no Quadro 8 para o sistema 2. O projeto completo está no APÊNDICE VII – SIMULAÇÃO DO PROJETO DAS USINAS CENTRALIZADAS e os cálculos no APÊNDICE X – DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DO .

Quadro 7 - Sistema 1 - Resultado da simulação para vazão de entrada de 22,00 m³/h

System Details													
Feed Flow to Stage 1	22.00 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	7.70 m³/h	Osmotic Pressure:									
Raw Water Flow to System	22.00 m³/h	Pass 1 Recovery	35.00 %	Feed	6.14 bar								
Feed Pressure	15.87 bar	Feed Temperature	28.0 C	Concentrate	9.30 bar								
Flow Factor	0.85	Feed TDS	9455.67 mg/l	Average	7.72 bar								
Chem. Dose	None	Number of Elements	48	Average NDP	7.27 bar								
Total Active Area	347.82 M²	Average Pass 1 Flux	22.14 lmh	Power	12.12 kW								
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	1.57 kWh/m³								
Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-4040	8	6	22.00	15.52	0.00	14.30	14.24	7.70	22.14	0.00	0.00	142.17

Fonte: Autora (2021).

Quadro 8 - Sistema 2 - Resultado da simulação para vazão de entrada de 34,29 m³/h

System Details													
Feed Flow to Stage 1	34.29 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	12.00 m³/h	Osmotic Pressure:									
Raw Water Flow to System	34.29 m³/h	Pass 1 Recovery	35.00 %	Feed	5.64 bar								
Feed Pressure	17.16 bar	Feed Temperature	28.0 C	Concentrate	8.55 bar								
Flow Factor	0.85	Feed TDS	8688.09 mg/l	Average	7.10 bar								
Chem. Dose (100% H2SO4)	0.00 mg/l	Number of Elements	60	Average NDP	8.90 bar								
Total Active Area	434.77 M²	Average Pass 1 Flux	27.60 lmh	Power	20.43 kW								
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	1.70 kWh/m³								
Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-4040	10	6	34.29	16.82	0.00	22.29	15.02	12.00	27.60	0.00	0.00	109.01

Fonte: Autora (2021).

A recuperação de 35% se deve à necessidade de redução da energia específica dos sistemas e a vida útil das membranas, uma vez que reduzida a pressão sobre elas, maior é o tempo de vida. Esses fatores são importantes para que o custo operacional fosse reduzido dos sistemas fossem reduzidos. A membrana utilizada nessa simulação é a

mesma utilizada no Programa e é específica para água salobra (concentrações acima de 1000mg/L até 10.000mg/L de Sólidos totais dissolvidos).

Feitas essas considerações, pode-se avaliar que a diferença de vazão de água dessalinizada entre os dois projetos é de 4,3 m³/h e a energia específica de 0,13 kWh/m³. No próximo tópico irá ser avaliado essa diferença em questões financeiras e operacionais para ficar mais claras as vantagens e desvantagens de cada uma.

6.3.5 Estimativa de investimento total

Adutora

Com os dados de comprimento dos trechos de adução e diâmetro calculados, pôde-se construir o orçamento, normalizando os diâmetros para diâmetros comerciais, resumido na Tabela 8. O detalhamento desse orçamento pode ser encontrado no APÊNDICE XI - ORÇAMENTO ADUTORA.

Tabela 8 - Resumo do custo de aquisição e instalação das adutoras

Volume da carga de entrada	Volume dessalinizado	Custo
Sistema 1 - 22,00 m ³ /h	7,7 m ³ /h	R\$ 21.207.736,20
Sistema 2 - 34,29 m ³ /h	12 m ³ /h	R\$ 24.115.059,06

Fonte: Autora (2021).

Sistema de dessalinização

O orçamento para a aquisição dos sistemas de dessalinização, considerou as premissas dos dimensionamentos dos sistemas de dessalinização (APÊNDICE VII – SIMULAÇÃO DO PROJETO DAS USINAS CENTRALIZADAS). A empresa Philtron realizou o orçamento preliminar (ANEXO II – ORÇAMENTO DOS SISTEMAS DESSALINIZAÇÃO), estando o valor do investimento exposto na Tabela 9.

Tabela 9 - Resumo do custo de aquisição e instalação dos dessalinizadores

Volume de carga de entrada	Volume dessalinizado	Custo
Sistema 1 - 22,00 m ³ /h	7,7 m ³ /h	R\$ 186.000,00
Sistema 2 - 34,29 m ³ /h	12 m ³ /h	R\$ 252.000,00

Fonte: Philtron (2021).

Para esses valores devem ser considerados se:

1 - São valores estimados;

- 2 - Não está considerado obras civis;
- 3 - Não estão sendo considerados reservatórios, redes de alimentação e distribuição;
- 4 - Está sendo considerado o equipamento sem automação (operação manual);
- 5 – Custo de instalação: R\$ 6.700,00.

A variação no investimento de R\$66 mil representa um acréscimo no fornecimento de água em 4,3m³/h ou, considerando 20h de operação, 80m³/dia.

6.3.6 Custos Operacionais

A simulação do custo operacional baseia-se na potência para operar os sistemas de dessalinização e adução, e o salário de operadores, uma vez que esses são os custos de maior impacto no orçamento mensal das usinas, como visto nos itens anteriores. Assim, a Tabela 10 apresenta os custos e informações de operação de ambos os sistemas propostos por 6h e a Tabela 11 por 20h.

Tabela 10 - Custos operacionais para 6h

	Sistema 1	Sistema 2
Volume produzido em 6h (m ³)	46,20	72,00
R\$/kWh*	R\$ 0,50	R\$ 0,50
R\$/dia (6 h)	R\$ 202,47	R\$ 270,38
Quantidade de operadores	1	1
Custo com Operador	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00
Custo total _Mês (R\$/mês)	R\$ 7.174,22	R\$ 9.211,55
Custo por m ³ (R\$/m ³)	R\$ 41,05	R\$ 40,42
Custo por litro (R\$/L)	0,04	0,04
Quantidade de pessoas	4.624	4.624
Oferta por pessoa (L/dia)	10	15

Fonte: Autora (2021).

*Taxa para serviço de saneamento público rural (Coelba, 2020).

Tabela 11 - Custos operacionais para 20h

	Sistema 1		Sistema 2	
Volume produzido em 20h (m ³)		154,00		240,00
R\$/kWh*	R\$	0,50	R\$	0,50
R\$/dia (20 h)		R\$ 674,91		R\$ 901,28
Quantidade de operadores		2		2
Operador	R\$	2.200,00	R\$	2.200,00
Custo total _Mês (R\$/mês)	R\$	22.447,41	R\$	29.238,49
Custo por m ³ (R\$/m ³)	R\$	77,72	R\$	77,09
Custo por litro (R\$/L)	R\$	0,07	R\$	0,07
Quantidade de pessoas		4.624		4.624
Oferta por pessoa (L/dia)		33		52

Fonte: Autora (2021).

*Taxa para serviço de saneamento público rural (Coelba, 2020).

Foi definido um período de operação 30 dias por mês, gerando uma soma total de 360 dias por ano. Os outros 5 dias serão destinados às paradas de manutenções preventivas.

Através dos cálculos realizados, é possível analisar que o custo operacional, ao se aumentar a capacidade de produção em 4,3 m³/h, reduz o custo por metro cúbico produzido, conforme previsto nas revisões bibliográficas do Item 4. Esse fator reforça o ganho em volume e custo ao se aumentar a capacidade da usina de dessalinização.

Quando se avalia os ganhos ao ampliar o período de operação de 6 para 20h, verifica-se que há o aumento da oferta de água em 107,8 m³/dia para o sistema 1 e em 168 m³/dia para o sistema 2. Contudo, o custo aumenta em R\$0,03 por litro. Esse fato se deve à adição de mais um operador nos sistemas.

O Sistema 1, ao operar por um período de 20h por dia, consegue ofertar 33L/dia por pessoa. Aumentando-se a carga de entrada do dessalinizador, de acordo com a vazão máxima de extração de água dos poços (sistema 2), essa oferta aumenta para 52 L/dia por pessoa, mantendo-se praticamente o custo (R\$ 0,07/L).

Portanto, o Sistema 2, que utiliza toda a vazão disponível dos poços, operando por 20h/dia, é aqui indicado para a realização de estudos mais aprofundados a fim de seu desenvolvimento.

6.4 COMPARATIVO COM OS SISTEMAS ATUAIS DO PAD

Para fins de análise comparativa, as premissas de operação serão consideradas as mesmas 6h de operação e oferta de 10L/dia por pessoa.

Custo de investimento do sistema de dessalinização

Através dos custos para aquisição e instalação de sistemas de dessalinização, extraídos do termo de referência do último processo licitatório Pregão N° 3/2020 | UASG 530013 para um sistema de 0,6m³/h que é de R\$42.187, caso fossem instalados 8 sistemas em Uauá o custo total seria de R\$ 337.49 (BRASIL, 2020). Esse valor é superior ao valor do sistema para a produção de 12m³/h de água dessalinizada, exposto na Tabela 7.

Custo operacional

Os custos operacionais, aqui considerados, estão baseados nos custos com energia elétrica e pagamento de salário-mínimo para os operadores. A Tabela 12 demonstra os custos do Sistema 1, que centraliza 8 dessalinizadores em um único local, e os custos para operar os 8 sistemas do PAD que estão instalados em Uauá.

Tabela 12 - Comparativo dos custos operacionais

	Sistemas centralizados*		8 sistemas PAD	
Volume produzido em 6h (m ³)		46,20		46,20
R\$/kWh	R\$	0,50	R\$	0,50
R\$/dia (6 h)	R\$	202,47	R\$	47,43
Quantidade de operadores		1		8
Custo com Operador	R\$	1.100,00	R\$	8.800,00
Custo total _ Mês (R\$/mês)	R\$	7.174,22	R\$	10.222,9
Custo por m ³ (R\$/m ³)	R\$	41,04	R\$	294,35
Custo por litro (R\$/L)	R\$	0,04	R\$	0,20
Quantidade de pessoas		4.624		4.624
Oferta por pessoa (L/dia)		10		10

Fonte: Autora (2021).

*Sistemas centralizados conforme parâmetros do “Sistema 1”

A potência total das bombas do PAD é de 15,81 kW e a do sistema proposto considerando as bombas das adutoras é de 67, 49kW. Vale ressaltar que nesse comparativo as bombas submersas dos poços não foram consideradas. A potência das bombas dos dessalinizadores atuais do PAD, foram coletadas nos relatórios de dimensionamento fornecidos pela CERB.

Analisando a Tabela 12, pode-se comparar os custos operacionais de ambas as propostas. Por conseguinte, fica evidente que o Sistema 1 (que centraliza as usinas) tem custo operacional menor que o proposto pelo PAD, mesmo tendo um custo com energia elétrica maior do que o para operar os oito dessalinizadores instalados em Uauá. Esse fato se deve à necessidade de um operador por sistema no modelo atual PAD, que requer o pagamento de oito operadores, frente a apenas um operador no modelo proposto nesse estudo.

Portanto, através das premissas desse estudo, pode-se concluir que a desvantagem da proposta de centralização das 8 usinas se concentra no custo de investimento e nos possíveis roubos e perdas de água que podem ocorrer com a aplicação das adutoras. No entanto, as vantagens ocorrem em relação à fatores primordiais, como: operação, logística, aquisição e manutenção - conforme citado anteriormente.

6.5 CONCLUSÕES

Em vista dos argumentos apresentados, esse capítulo trouxe uma reflexão acerca da possibilidade de centralização de dessalinizadores em usinas, como hipótese de que a centralização de sistemas de OI pode reduzir o risco de suspensão no fornecimento de água às comunidades de um mesmo município.

Nesse estudo de caso em Uauá, definiu-se que a localização mais adequada para a Usina 1, que equivale a centralização de 8 sistemas do PAD, deve ser feita na comunidade de São Paulo, pois possui a melhor estrutura para o fornecimento de energia elétrica, logística e proximidade com as outras comunidades.

O custo para implantação da uma usina de dessalinização, frente aos sistemas difusos, é consideravelmente mais alto. Esse fato é devido à aquisição e instalação das tubulações adutoras de água bruta e água tratada. Todavia, para locais remotos e sem fontes de água potável, a importância da confiabilidade do abastecimento de água dessalinizada não pode ser subestimada. Fatores tecnológicos e humanos devem funcionar em sua máxima potência para atingir esse objetivo. O design deve ser o mais simples possível, exigindo um mínimo de pessoal de operação e manutenção, também deve-se atentar para a redundância de componentes críticos da planta e um sistema bem projetado de controle confiável, são os fatores chave tecnológicos.

Através dos cálculos realizados, é possível analisar que o custo operacional, aumentando a capacidade de produção, reduz o custo por metro cúbico produzido. Assim, o Sistema

1, que possui a mesma vazão atual do PAD, ao operar por um período de 20h, consegue ofertar 33L/dia por pessoa. Caso haja um aumento na vazão da carga de entrada do dessalinizador, de acordo com a vazão máxima de extração de água dos poços (Sistema 2), essa oferta aumenta para 52 L/dia por pessoa, mantendo praticamente o mesmo custo (R\$ 0,07).

Portanto, o Sistema 2, que utiliza toda a vazão disponível dos poços, operando por 20h/dia, é o indicado para a realização de estudos mais aprofundados para seu desenvolvimento.

Quanto a gestão das usinas centralizadas, aqui, sugere-se que sejam feitos estudos mais aprofundados em torno de relações com Centrais de operação e manutenção, bem como de Parcerias Público Privadas.

O art. 3º, I, “a”, da Lei do Saneamento Lei 11.445/2007, alterada pela Lei 14.026/2020, define: abastecimento de água potável como sendo o:

abastecimento de água potável como sendo o constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição. (BRASIL, 2020).

Portanto, é obrigação das prefeituras e governos promover políticas públicas para a implantação de sistemas de tratamento e distribuição de água potável para a população. Isto posto, a utilização de uma usina centralizada de dessalinização se mostra uma alternativa com múltiplas e expressivas vantagens.

6.6 REFERÊNCIAS

AHARONI, Avi. Tel Aviv’s Urban Water system; s Urban Water system; from Source to Reuse from Source to Reuse.2006. Tel – Aviv, Israel. Acessado em: 02 de nov. 2020. Disponível em: http://switchurbanwater.lboro.ac.uk/outputs/pdfs/CTEL_PRS_Urban_water_system_TA.pdf

ANDRADE, João Batista Matos de; LEAL, Luiz Rogério Bastos. Influência Dos Diques Máficos Na Vazão E Salinidade Dos Aquíferos Fraturados Cristalinos Do Alto Da Bacia Do Rio Vaza-barris, Região De Uauá, Bahia, Brasil. 2012. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Revista Águas Subterrâneas, São Paulo, Brasil. e-ISSN2179-9784(eletrônico).[https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article /view/27736](https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27736)

AVGAR, Ido. Israeli Water Sector—Key Issues. The Knesset, Research and Information Center Kiryat Ben-Gurion, 2018. Jerusalem. Disponível em: < <https://main.knesset.gov.il/EN/activity/mmm/mmmeng250218.pdf>>. Acessado em: 15 de março de 2020.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. Governo realiza entregas do Cefir e do Programa Água Doce no Festival do Umbu. 2017. Disponível: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/2017/04/11101/Governo-realiza-entregas-do-Cefir-e-do-Programa-Agua-Doce-no-Festival-do-Umbu-.html>. Acessado em: 20/10/2019

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Análise espacial do perfil hidro geoquímico das águas subterrâneas nos municípios atendidos pelo Programa Água Doce no estado da Bahia com base nas informações dos diagnósticos socioambientais e técnicos e fase de monitoramento, por amostragem, com foco na sustentabilidade dos sistemas de dessalinização. Rafael Dantas de Moraes. 2018. Disponível em : <http://aguadoce.mdr.gov.br/anexos/RDMP32018.pdf>. Acessado em : 15 de agosto de 2020.

BRASIL. Secretaria de Infra-estrutura Hídrica -SIH. API de Compras Governamentais.2020. Disponível em: <http://compras.dados.gov.br/licitacoes/doc/licitacao/53001305000032020>. Acessado em: 20 de fevereiro de 2021.

COELBA – COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA. Tabela de Tarifas de Energia Elétrica - Grupo B. Disponível em: <file:///C:/Users/smercandelli/Downloads/COELBA_

EMBASA – Empresa Baiana de Água e Esgoto. 2.3 Tabela de Preços 2020.1 TRADICIONAL - SERVIÇOS EXPANSÃO OUT-R0 (H=198,64 M=156,38).2020. Disponível em:[http://www.embasa.ba.gov.br/images/Servicos/Fornecedores/tabeladeprecos/20202/B/tradicional/2.3%20Tabela%20de%20Pre%C3%A7os%202020.1%20TRADICIONAL%20SERVI%C3%87OS%20EXPANS%C3%83O%20OUT-R0%20\(H%3D198%2C64%20M%3D156%2C38\).pdf](http://www.embasa.ba.gov.br/images/Servicos/Fornecedores/tabeladeprecos/20202/B/tradicional/2.3%20Tabela%20de%20Pre%C3%A7os%202020.1%20TRADICIONAL%20SERVI%C3%87OS%20EXPANS%C3%83O%20OUT-R0%20(H%3D198%2C64%20M%3D156%2C38).pdf). Acessado em 10/01/2021

EMBASA – Empresa Baiana de Água e Esgoto. 1. Tabela de Preços 2020.1 – INSUMOS OUT-R0. 2020. Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/images/Servicos/Fornecedores/tabeladeprecos/20202/E/1.%20Tabela%20de%20Pre%C3%A7os%202020.1%20E%2080%93%20INSUMOS%20OUT-R0.pdf> .Acessado em 10/01/2021

GLUECKSTERN, P.; Priel, M.; Desalination Of Brackish And Marginal Water Sources In Israel: Past Present And Future. 2000. Mekorot Water Co., Desalination & Special Projects Div., POB 20128, Tel Aviv 61201, Israel.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. IBGE IPCA, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1737#resultado>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados do município de Uauá, Bahia, Brasil. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> . Acessado em: 14 de dezembro de 2019.

MACE, Robert E.. Briefing Notes on Desalination in Texas. Texas Water Development Board. Brownsville, Texas. 2016.

PHILTRON – Soluções em tratamento de água. Orçamento de dessalinizadores [Correspondência via e-mail]. Destinatário: Suzzane Santos Mercandelli. Salvador, 19 de janeiro de 2021.

PREFEITURA DE UAUÁ. Estrada que dá acesso as comunidades de Pedra Grande e Santana recebe serviço de recuperação. Disponível em: <https://uaua.ba.gov.br/pmu/2018/08/02/estrada-que-da-acesso-as-comunidades-de-pedra-grande-e-santana-recebe-servico-de-recuperacao.uaua>. Acessado em: 15 de maio de 2020

SEMA/BA -Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia. Coordenadora Estadual do Programa Água Doce [Correspondência via e-mail]. Destinatário: Suzzane Santos Mercandelli. Salvador, 9 de março de 2020.

SIEGEL, Seth M. Faça-se a água: a solução de Israel para o mundo com sede de água. 2017. São Paulo. ISBN 978-85-283-5777-7.

SPIRITOS E., LIPCHIN C. Desalination in Israel. In: Becker N. (eds) Water Policy in Israel. Global Issues in Water Policy, vol 4. (2013) Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5911-4_7

TARIFAS_DE_ENERGIA_ELETRICA_JULHO_2020_REH_N_2.675_Grupo_B.pdf >. Acessado em 24 de março de 2020

TWDB – Texas Water Development Board. Brackish Groundwater and Desalination Plant Maps. 2017. Disponível em: <https://www.twdb.texas.gov/innovativewater/desal/maps.asp>. Acessado em: 21 de março.

TWDB – Texas Water Development Board. Lake, Peter M.; Jackson, Kathleen; Paup, Brook T.; Walker, Jeff. The Future of Desalination in Texas. 2020. Biennial Report on Seawater and Brackish Groundwater Desalination in Texas. 87th Texas Legislative Session.

WATER AUTHORITY. Israel National Water System. 2020. Disponível em: <http://www.water.gov.il/Hebrew/Planning-and-Development/DocLib/map-water-industries.pdf>. Acessado em 15 de março de 2020

VENGOSH, A.; ROSENTHAL, E.. Saline groundwater in Israel: its bearing on the water crisis in the country. Research Division, Hydrological Service of Israel, POB 6381, Jerusalem, Israel 91063 (Received 27 April 1993; accepted 17 August 1993. Journal of Hydrology 156 (1994) 389 430

7 CONCLUSÕES GERAIS

Pôde-se concluir que as comunidades de Uauá enfrentam obstáculos, algumas vezes intransponíveis, para manter os sistemas em operação. Não há manutenção preventiva e operação contínua dos sistemas. Operadores abandonaram seus postos devido à falta de remuneração o que comprova que o modelo de gestão adotado para operação desses sistemas descentralizados de dessalinização não é adequado. A maioria dos operadores expôs a dificuldade em identificar os problemas com os equipamentos e a dificuldade em se encontrar os fornecedores destas peças para reparo. Além de que, poucos são os interessados em se responsabilizar pela operação e manutenção dos sistemas.

Acerca dos riscos, verificou-se que esses são inerentes à implantação e continuidade do programa nas comunidades. Foram levantados 36 riscos nessa pesquisa. Constatou-se que a ocorrência de alguns riscos, causaram a parada de 31% dos sistemas. Esse fato demonstra a importância de gerir riscos com o objetivo de mitigá-los, evitá-los ou transferi-los.

No que se refere aos aspectos técnicos, pôde-se analisar os aspectos de vazão, concentração e de consumo energético projetados para os sistemas da primeira etapa do Programa Água Doce na Bahia. Portanto, foi verificado que: a premissa dos projetos foram o de fornecer uma quantidade de 10L de água por pessoa para o uso diário, quantidade menor que o recomendado pela OMS de 50 a 100 L de água por pessoa para a satisfação das necessidades básicas do indivíduo. Desta forma, a maioria dos sistemas foi projetado para produzir 0,4m³/h de permeado, 79%, foram projetados para extrair de 1,25m³/h para, apesar da maioria de poços possuir vazão máxima explorável maior que 3 m³/h; a concentração de sais na água dessalinizada é projetada para ser menor do que as das águas minerais comerciais; a energia consumida durante a operação dos 6 sistemas de Ipirá se mostrou 253% maior do que a projetada.

Quanto à centralização de 8 sistemas de dessalinização em 1, esse estudo permitiu verificar, que ao ser aumentada a capacidade de uma planta de dessalinização, o custo operacional é reduzido por metro cúbico produzido. Assim, o Sistema 1, que possui a mesma vazão atual do PAD, ao operar por um período de 20h consegue ofertar 33L/dia por pessoa e aumentando-se a carga de entrada do dessalinizador de acordo com a vazão máxima de extração de água dos poços (Sistema 2) essa oferta aumenta para 52 L/dia por pessoa, mantendo-se praticamente o mesmo custo (R\$ 0,07). Portanto, o Sistema 2, que

utiliza toda a vazão disponível dos poços, operando por 20h/dia é o indicado para a realização de estudos mais aprofundados para seu desenvolvimento.

De acordo ao exposto, o Programa de dessalinização utilizado para abastecimento de água em pequenas comunidades no meio rural do semiárido nordestino do Brasil, apresenta fragilidades. Mesmo que a intenção de fazer com que a comunidade participe do processo, seja autônoma em relação ao poder público, assumindo efetivamente a gestão dos dessalinizadores e que tudo isso seja importante, a forma dessa participação não se apresentou adequada. Portanto é um formato que não garante a continuidade de oferta de água após a passagem do sistema para a comunidade.

Para locais remotos sem fontes água potável, a importância da confiabilidade do abastecimento de água dessalinizada não pode ser subestimada. Fatores tecnológicos e humanos devem funcionar em seu limite superior para atingir esse objetivo. Design, o mais simples possível, com base em tecnologia comprovados, exigindo um mínimo de pessoal de operação e manutenção, redundância de componentes críticos da planta e um bem projetado e sistema de controle confiável são a chave fatores tecnológicos. Os fatores humanos a serem considerados são o treinamento inicial e contínuo de operadores e equipe de manutenção a um nível adequados à tecnologia aplicada. Mesmo nos casos em que tudo foi feito para alcançar a maior confiabilidade possível, problemas inesperados podem surgir. Portanto, capacidade de armazenamento de água dessalinizada, bem como planta excesso de capacidade, são altamente recomendados.

As limitações, encontradas no decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa, foram, resultante da impossibilidade de ida à cada comunidade, já que estão localizadas em área rural e são muito distantes entre si, à dificuldade de contato com membros do grupo gestor, e à baixa contribuição daqueles que se conseguiu contato.

Portanto, os resultados dessa pesquisa estabelecem pontos que precisam ser mais bem discutidos, aplicações de metodologia de gestão de riscos, premissas dos projetos dos dessalinizadores e a centralização de dessalinizadores. Assim, espera-se que essa pesquisa possa abrir caminho para novos estudos sobre a temática abordada, fazendo com que as decisões tomadas pelas instituições Federais e Estaduais sejam efetivas para o fornecimento perene de água às comunidades do semiárido brasileiro.

APÊNDICE I – DADOS DO PROJETO DOS DESSALINIZADORES

nº	No pdf	Varão	Varão	Varão	Varão	STD	STD	STD	pH	Modelo da	Energia	
		Entrada	Recirculação	Concentrado	Permeado							Entrada
		(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)							
	Média	1,66	0,00	1,12	0,54	4375,87	6827,77	58,71				
	Desvio Padrão	1,03	0,00	0,69	0,35	3500,06	6015,27	47,90				
	Moda	1,25	0	0,85	0,4	1614,28	2364,31	169,6				
1	BAIXA GRANDE-ITALÉGRE	5,63	0,00	3,82	1,80	4064,09	5946,21	57,84	6,65	1	BW30-4040	1,30
2	CAMPO A DE LOURDES-LAGOA DO SAL	1,25	0,00	0,85	0,40	1104,01	1617,24	135,1	6,89	1	BW30-4040	0,91
3	CAMPO A LOURDES-BAIXÃO DOS BOIS	2,50	0,00	1,70	0,80	1802,11	2624,17	20,69	6,60	1	BW30-4040	1,01
4	CONC COITÉ-BALAIÓ	1,25	0,00	0,85	0,40	7020,82	10288,30	72,07	7,43	1	BW30-4040	1,59
5	CONC COITÉ-BARROÇÃO	1,25	0,00	0,85	0,40	7286,53	10676,71	78,82	6,88	1	BW30-4040	1,60
6	IPIRÁ-HU	1,29	0,00	0,89	0,40	2502,36	3616,50	265,5	7,70	1	BW30-4040	1,16
7	IPIRÁ-JACARÉ	1,25	0,00	0,85	0,40	5803,54	8206,17	624,3	7,59	1	BW30-4040	1,42
8	ITUUBA-PEDRA DO NEGRO	1,25	0,00	0,85	0,40	4326,11	6489,71	57,74	6,78	1	BW30-4040	1,30
9	ITUUBA-RIACHO DAS PEDRAS	1,25	0,00	0,85	0,40	1781,89	2646,25	22,09	7,60	1	BW30-4040	1,12
10	ITUUBA-URUBU	1,25	0,00	0,85	0,40	5729,76	8952,85	78,80	6,76	-	-	-
11	JUAZEIRO-JABURU	1,25	0,00	0,85	0,40	2732,63	4001,59	35,09	7,05	1	BW30-4040	0,99
12	JUAZEIRO-SERRA DA MADEIRA	1,25	0,00	0,85	0,40	1614,29	2364,31	169,6	7,80	1	BW30-4040	0,93
13	JUAZEIRO-SERRA DA MADEIRA	1,25	0,00	0,85	0,40	1614,29	2364,31	169,6	7,80	1	BW30-4040	0,93
14	OUROLÂNDIA-SÃO GABRIEL	1,25	0,00	0,85	0,40	1343,30	1968,78	13,30	7,18	1	BW30-4040	0,99
15	PÉ DE SERRA-UMBURANINHA	1,21	0,00	0,81	0,40	7480,30	11115,13	98,07	6,90	1	BW30-4040	1,88
16	PEDRO ALEXANDRE-BARREIRAS	1,25	0,00	0,85	0,40	1271,99	1863,89	14,33	6,83	1	BW30-4040	0,93
17	RIACHÃO DO JACUIPE-MANDASSAIA II	1,25	0,00	0,85	0,40	5023,77	8122,04	86,01	6,82	1	BW30-4040	1,47
18	SANTA BRÍGIDA-CANABRAVA	1,25	0,00	0,85	0,40	1828,87	6824,28	69,13	5,80	1	BW30-4040	1,25
19	SANTA BRÍGIDA-BAIXA DA AREIA	1,25	0,00	0,85	0,40	2055,90	3251,86	31,84	7,60	1	BW30-4040	1,00
20	SANTA BRÍGIDA-BARBADINHO	1,25	0,00	0,85	0,40	1627,47	2956,36	27,39	6,95	1	BW30-4040	0,95
21	STA BRIGIDA - BAIXA DO MULUNGU	1,25	0,00	0,85	0,40	337,16	565,65	3,29	7,21	1	BW30-4040	0,78
22	UAUA-LAGOA DO PIRES	6,29	0,00	4,09	2,20	4678,59	7425,68	56,77	6,88	1	BW30-4040	1,44
23	UAUÁ-POÇO DO VIEIRA	5,63	0,00	3,83	1,80	2575,21	3773,19	27,59	7,01	1	BW30-4040	1,04
24	UAUÁ-SITIO DO TOMÁS	1,21	0,00	0,81	0,40	8005,43	12649,98	113,84	6,75	1	BW30-4040	1,81
25	AUÁ-CALDEIRÃO DO ALMEIDA	3,75	0,00	2,55	1,20	18634,48	46904,87	1869,3	6,88	1	BW30-4040	5,89
26	BAIXA GRANDE-STA BARBARA	1,25	0,00	0,85	0,40	3875,47	5679,35	40,78	7,04	1	BW30-4040	1,24
27	BRUMADO-AGRESTINHO	1,25	0,00	0,85	0,40	1185,76	1737,17	13,82	6,99	1	BW30-4040	0,93
28	BRUMADO-BOI MORTO	1,25	0,00	0,85	0,40	1160,21	15,23	15,23	7,06	1	BW30-4040	0,87
29	BRUMADO-BURRO MORTO	1,25	0,00	0,85	0,40	993,26	1455,96	101,19	6,85	1	BW30-4040	0,89
30	BRUMADO-CAATINGA GRANDE	1,25	0,00	0,85	0,40	1974,26	2969,75	27,61	6,99	1	BW30-4040	1,01
31	BRUMADO-CAPOTE	1,25	0,00	0,85	0,40	2674,32	4210,67	34,17	6,83	1	BW30-4040	1,10
32	BRUMADO-CURRALINHO	1,25	0,00	0,85	0,40	1539,24	2254,44	19,16	6,92	1	BW30-4040	0,90
33	BRUMADO-GAMELEIRA	1,25	0,00	0,85	0,40	1510,16	2212,35	17,47	7,03	1	BW30-4040	0,91
34	BRUMADO-LAGOA DA TAPAGEM	1,25	0,00	0,85	0,40	2070,21	3033,19	23,73	6,85	1	BW30-4040	1,03
35	BRUMADO-LAGOA DE DENTRO	1,25	0,00	0,85	0,40	2220,11	3311,08	325,7	6,70	1	BW30-4040	1,00
36	BRUMADO-LAGOA DO CIPÓ	1,25	0,00	0,85	0,40	1722,05	2522,94	19,97	6,88	1	BW30-4040	0,94
37	BRUMADO-LAGOA DO MOURÃO	1,25	0,00	0,85	0,40	1390,64	2036,08	18,60	7,08	1	BW30-4040	0,93
38	BRUMADO-LARANJÃO	1,25	0,00	0,85	0,40	1949,19	2854,59	24,83	6,95	1	BW30-4040	1,04
39	BRUMADO-SÃO SEBASTIÃO	1,25	0,00	0,85	0,40	832,42	1220,95	5,21	7,40	1	BW30-4040	0,89
40	CAMPO A DE LOURDES-ANGICO REMANSO	5,63	0,00	3,82	1,80	1500,58	2197,34	19,16	7,41	1	BW30-4040	1,01
41	CAMPO A DE LOURDES-JIQUITAIA	1,25	0,00	0,85	0,40	1418,82	2078,80	15,88	6,96	1	BW30-4040	0,94
42	CAMPO A LOURDES-BOIS	2,50	0,00	1,70	0,80	1908,25	2796,61	18,25	7,58	1	BW30-4040	0,99
43	CAMPO A LOURDES-LAG DE N ALEXANDRES	2,50	0,00	1,70	0,80	1983,27	2906,08	20,17	7,53	1	BW30-4040	1,00
44	CAMPO A LOURDES-TRAVESSÃO	2,50	0,00	1,70	0,80	2392,20	3505,69	23,89	7,40	1	BW30-4040	1,04
45	CANSANÇÃO-JUNCO DA LAJE NOVA	1,21	0,00	0,81	0,40	3492,66	5317,40	531,6	7,33	1	BW30-4040	1,24
46	CANSANÇÃO-SERRA DO MEIO	1,25	0,00	0,85	0,40	7668,93	11239,33	804,1	6,66	1	BW30-4040	1,66
47	CANUDOS-FAZENDA RASO BARAUNA	1,25	0,00	0,85	0,40	4902,70	7172,32	79,41	6,70	1	BW30-4040	1,34
48	CANUDOS-PENEDO	1,25	0,00	0,85	0,40	1607,90	2356,37	169,7	6,80	1	BW30-4040	0,94
49	CAPELA DO ALEGRE-BISPADOR	2,50	0,00	1,70	0,80	499,39	6881,34	52,32	6,74	1	BW30-4040	1,36
50	CONC COITÉ-FAZENDA NOVA	1,25	0,00	0,85	0,40	3283,85	4812,63	33,88	6,91	1	BW30-4040	1,17
51	CONC COITÉ-FORTALEZA	1,25	0,00	0,85	0,40	8068,61	11853,60	81,93	7,42	1	BW30-4040	1,71
52	CONC COITÉ-IPIRANGA	2,50	0,00	1,70	0,80	6179,04	9055,39	65,72	6,56	1	BW30-4040	1,45
53	CONCEIÇÃO DO COITÉ-JUAZEIRINHO	1,25	0,00	0,85	0,40	5796,75	8491,19	65,21	7,55	1	BW30-4040	1,44
54	CORONEL JOÃO SÁ - TANQUE NOVO I	1,25	0,00	0,85	0,40	3774,56	7187,99	909,6	6,35	1	BW30-4040	1,33
55	CORONEL JOÃO SÁ-DOÇURA	1,25	0,00	0,85	0,40	2331,54	3417,59	24,17	6,55	1	BW30-4040	1,01
56	CORONEL JOÃO SÁ-TIMÓTEO	1,25	0,00	0,85	0,40	1407,67	2627,81	26,05	7,40	1	BW30-4040	0,96
57	GAVIÃO-FACHEIRO	1,25	0,00	0,85	0,40	5668,40	8299,92	73,75	6,95	-	-	-
58	IPIRÁ-AMPARO	1,25	0,00	0,85	0,40	1502,619	2258,84	155,74	7,60	1	BW30-4040	2,55
59	IPIRÁ-CACHOEIRINHA	2,40	0,00	1,68	0,72	11800,34	18448,56	244,73	7,60	1	BW30-4040	1,83
60	IPIRÁ-CASCATEL	1,25	0,00	0,85	0,40	9253,44	14593,44	132,42	6,76	1	BW30-4040	2,03
61	IPIRÁ-ESTALEIRO	1,25	0,00	0,85	0,40	5049,29	8355,11	65,85	6,63	1	BW30-4040	1,45
62	IPIRÁ-ROSÁRIO	1,25	0,00	0,85	0,40	3041,02	4455,71	34,41	6,57	1	BW30-4040	1,11
63	IPIRÁ-SITIO NOVO	1,25	0,00	0,85	0,40	2885,46	4424,59	45,06	6,50	1	BW30-4040	1,10
64	IPIRÁ-VIDA NOVA	1,25	0,00	0,85	0,40	8851,82	12663,21	113,30	6,64	1	BW30-4040	1,74
65	IPIRÁ-VISTA NOVA	1,25	0,00	0,85	0,40	3101,25	4761,10	38,41	7,60	1	BW30-4040	1,26
66	ITUUBA-CALDEIRÃO GRANDE-CARAIBINHA	1,25	0,00	0,85	0,40	2719,29	3983,01	33,78	6,73	1	BW30-4040	1,11
67	ITUUBA-LAGOA DO TANQUE	1,25	0,00	0,85	0,40	2679,48	3922,10	38,83	6,75	1	BW30-4040	1,14
68	ITUUBA-MORRO REDONDO	1,25	0,00	0,85	0,40	5262,99	8393,80	79,26	6,83	1	BW30-4040	1,55
69	ITUUBA-UMBUEIRO	1,25	0,00	0,85	0,40	4654,73	7225,23	71,22	6,97	-	-	-
70	JUAZEIRO-BARGADO	1,25	0,00	0,85	0,40	1323,39	1938,91	14,31	7,24	1	BW30-4040	0,86
71	JUAZEIRO-JUVENAL-CAMPO GRANDE	1,25	0,00	0,85	0,40	3454,69	5056,14	48,44	7,45	1	BW30-4040	1,13
72	JUAZEIRO-MANGEL PATRICIO-CRUZ II	1,25	0,00	0,85	0,40	1506,60	2207,37	16,44	7,42	1	BW30-4040	0,89

No pdf	Vazão	Vazão	Vazão	Vazão	STD	STD	STD	pH	Modelo da	Energia	
	Entrada	Recirculação	Concentrado	Permeado							Entada
Média	1,66	0,00	1,12	0,54	4375,87	6827,77	58,71				
Desvio Padrão	1,03	0,00	0,69	0,35	3500,06	6015,27	47,90				
Moda	1,25	0	0,85	0,4	1614,29	2364,31	169,6				
73 JUAZEIRO-RODEADOR	1,25	0,00	0,85	0,40	9049,23	13252,96	112,47	6,88	1	BW30-4040	1,72
74 JUAZEIRO-TANQUE NOVO DOS GOMES	2,50	0,00	1,70	0,80	3265,89	4805,21	43,88	6,98	1	BW30-4040	1,10
75 JUAZEIRO-VENEZA	1,25	0,00	0,85	0,40	1939,27	2839,86	25,45	6,82	1	BW30-4040	0,96
76 LIVRAMENTO DE NSRA-LAGOA DAS CABAÇAS_DSS	1,25	0,00	0,85	0,40	4579,89	6707,59	55,81	7,67	1	BW30-4040	1,22
77 LIVRAMENTO DE NSRA-PE RIPHERI	1,25	0,00	0,85	0,40	1151,86	1686,70	15,24	6,92	1	BW30-4040	0,84
78 MALHADA DE PEDRAS-CUBÍCULO	1,25	0,00	0,85	0,40	1305,48	1912,55	16,04	6,53	1	BW30-4040	0,93
79 MALHADA DE PEDRAS-MULUNGU	1,25	0,00	0,85	0,40	2793,14	4085,35	47,81	6,38	1	BW30-4040	1,08
80 MALHADA DE PEDRAS-PE DRA BRANCA II	2,50	0,00	1,70	0,80	3152,37	4617,60	38,10	6,85	1	BW30-4040	1,12
81 MALHADA DE PEDRAS-POÇO DANTAS	1,25	0,00	0,85	0,40	2673,88	3818,98	26,89	6,96	1	BW30-4040	1,06
82 MALHADA DE PEDRAS-TRÊS LAGOAS	1,25	0,00	0,85	0,40	1603,43	2348,46	20,47	6,88	1	BW30-4040	0,99
83 MONTE SANTO - SALGADO	2,50	0,00	1,70	0,80	6615,82	9685,41	92,63	6,82	1	BW30-4040	1,54
84 MONTE SANTO-ANGICO	2,42	0,00	1,62	0,80	13479,26	20041,89	153,29	6,48	1	BW30-4040	2,33
85 MONTE SANTO-BOA VISTA	1,25	0,00	0,85	0,40	3723,96	6314,64	56,10	7,33	1	BW30-4040	1,32
86 MONTE SANTO-CAMPO GRANDE	1,25	0,00	0,85	0,40	6171,44	9151,18	111,67	6,88	1	BW30-4040	1,54
87 MONTE SANTO-FAZ OITEIRO	1,21	0,00	0,81	0,40	7245,11	10771,74	80,42	7,30	1	BW30-4040	1,65
88 MONTE SANTO-JUNCO DOS PEIXINHOS	1,25	0,00	0,85	0,40	2025,54	3617,59	28,82	7,90	1	BW30-4040	1,21
89 MONTE SANTO-LAGOA BONITA	1,21	0,00	0,81	0,40	3479,26	5962,21	46,58	7,90	1	BW30-4040	1,33
90 MONTE SANTO-LAJE GRANDE	1,00	0,00	0,70	0,30	4621,23	6573,65	60,84	8,06	1	BW30-4040	1,19
91 MONTE SANTO-SACO FUNDO	2,50	0,00	1,70	0,80	9473,39	13875,14	118,79	6,50	1	BW30-4040	1,92
92 MONTE SANTO-STO ANTONIO DA SOLEDA D	2,50	0,00	1,70	0,80	9996,19	14644,75	112,20	6,86	1	BW30-4040	1,90
93 OUROLÂNDIA-ALAZÃO	1,25	0,00	0,85	0,40	1007,76	1474,77	14,83	7,20	1	BW30-4040	0,86
94 OUROLÂNDIA-ASS LAGOA DE DENTRO	1,25	0,00	0,85	0,40	1130,08	1657,04	9,41	7,22	1	BW30-4040	0,93
95 OUROLÂNDIA-ASS PEDRA VERMELHA	1,25	0,00	0,85	0,40	1572,36	2303,87	17,29	7,09	1	BW30-4040	0,98
96 OUROLÂNDIA-ASS VILA NOVA	1,25	0,00	0,85	0,40	1320,06	2170,34	16,42	7,11	1	BW30-4040	1,01
97 OUROLÂNDIA-AURORA	1,25	0,00	0,85	0,40	2589,00	3792,92	30,15	7,00	1	BW30-4040	1,09
98 OUROLÂNDIA-BAIXA DO ZÉ PRETO	1,25	0,00	0,85	0,40	3111,57	4564,99	22,33	7,22	1	BW30-4040	0,99
99 OUROLÂNDIA-CATARINA	2,50	0,00	1,70	0,80	880,50	1290,88	8,27	7,05	1	BW30-4040	0,87
100 PÉ DE SERRA-LAGOA DO NICOLAU	1,25	0,00	0,85	0,40	1184,54	1734,72	13,44	7,30	1	BW30-4040	0,93
101 PÉ DE SERRA-LAGOA DO VARRÃO	1,21	0,00	0,81	0,40	4827,27	7172,20	59,23	7,96	1	BW30-4040	1,27
102 PÉ DE SERRA-MUCAMBO	1,25	0,00	0,85	0,40	2148,207	31484,21	249,96	6,82	1	BW30-4040	3,40
103 PÉ DE SERRA-OURICURI	1,25	0,00	0,85	0,40	7057,05	10319,63	122,29	6,76	1	BW30-4040	1,64
104 PÉ DE SERRA-PEDRA BONITA	1,25	0,00	0,85	0,40	4312,48	6310,34	63,85	7,07	1	BW30-4040	1,32
105 PEDRO ALEXANDRE-ANSELMO	1,25	0,00	0,85	0,40	7295,43	10680,27	102,37	6,89	1	BW30-4040	1,72
106 PEDRO ALEXANDRE-BOM SUCESSO	1,25	0,00	0,85	0,40	1568,14	2296,60	20,23	6,77	1	BW30-4040	0,93
108 QUIJINGUE - JUREMA	1,25	0,00	0,85	0,40	3744,00	-	-	-	-	-	-
109 QUINJINGUE-POÇO DA PEDRA	1,25	0,00	0,85	0,40	4017,84	5912,02	45,16	7,83	1	BW30-4040	1,26
110 QUINJINGUE-POÇO DO CAVALO	1,25	0,00	0,85	0,40	7340,49	10753,61	85,29	6,81	1	BW30-4040	1,80
111 RIACHÃO DO JACUIPE - ONÇA	1,25	0,00	0,85	0,40	9572,88	14018,08	125,56	6,63	1	BW30-4040	1,88
112 RIACHÃO DO JACUIPE-BOM VIVER	1,25	0,00	0,85	0,40	1323,88	2144,30	18,45	7,90	1	BW30-4040	0,94
113 RIACHÃO DO JACUIPE-CAIDEIRÃO GRANDE	1,25	0,00	0,85	0,40	5391,51	10000,23	104,25	7,38	1	BW30-4040	1,68
114 RIACHÃO DO JACUIPE-POÇOS-CAMPINAS	1,25	0,00	0,85	0,40	12009,12	17963,78	155,45	6,67	1	BW30-4040	2,24
115 RIACHÃO DO JACUIPE-PONTO NOVO	5,63	0,00	3,83	1,80	5138,32	7649,85	67,25	7,15	1	BW30-4040	1,44
116 RIACHÃO DO JACUIPE-SALGADO	2,50	0,00	1,70	0,80	3970,74	5815,76	48,35	6,90	1	BW30-4040	1,27
117 RIACHÃO JACUIPE-SÃO FRANCISCO	1,25	0,00	0,85	0,40	7917,11	11591,66	106,94	6,84	1	BW30-4040	1,71
118 SANTA BRÍGIDA-ALGODÕES I	1,21	0,00	0,81	0,40	3286,54	5267,62	236,85	3,88	1	BW30-4040	1,18
119 SANTA BRÍGIDA-ARAÚJO	1,25	0,00	0,85	0,40	8790,45	12852,75	153,98	6,57	1	BW30-4040	1,92
120 SANTA BRÍGIDA-CARAIBEIRAS I	1,25	0,00	0,85	0,40	3333,24	6670,13	69,45	6,78	1	BW30-4040	1,39
121 SANTA BRÍGIDA-INGAZEIRA	1,25	0,00	0,85	0,40	1338,61	2074,99	18,33	7,20	1	BW30-4040	0,88
122 SANTA LUZ - FAZENDA NOVA	1,25	0,00	0,85	0,40	8759,07	12816,16	129,05	7,03	1	BW30-4040	1,89
123 SANTA LUZ - LIMEIRA	1,25	0,00	0,85	0,40	2589,16	3790,50	35,07	6,98	1	BW30-4040	1,08
124 SANTA LUZ - MIRANDA - BELA VISTA	2,50	0,00	1,70	0,80	5968,46	8741,13	74,80	6,72	1	BW30-4040	1,51
125 SANTA LUZ - RECANTO	1,25	0,00	0,85	0,40	7924,09	11810,31	85,62	7,70	1	BW30-4040	1,89
126 SANTA LUZ - TOMBADOR	1,25	0,00	0,85	0,40	13198,27	21490,37	176,84	6,67	1	BW30-4040	2,54
127 STA BRIGIDA - ALGODÕES II	1,25	0,00	0,85	0,40	1683,86	3174,37	25,58	7,02	1	BW30-4040	0,98
128 STA BRIGIDA - ANGICO	1,25	0,00	0,85	0,40	2602,79	3897,13	46,16	7,50	1	BW30-4040	0,95
129 STA BRIGIDA - BOA MEMBRANÇA	1,25	0,00	0,85	0,40	2317,74	3397,12	35,90	6,37	1	BW30-4040	0,99
130 STA BRIGIDA-JEREMOABO- MONTE ALEGRE	5,63	0,00	3,82	1,80	4673,03	6846,73	53,93	6,49	1	BW30-4040	1,32
131 UAUÁ-ALAGOINHA DOS RODRIGUES	1,21	0,00	0,81	0,40	5373,70	8339,64	72,56	6,57	1	BW30-4040	1,39
132 UAUÁ-ARARIAL	1,25	0,00	0,85	0,40	6622,23	10603,57	78,49	7,80	1	BW30-4040	1,77
133 UAUÁ-CAITITU DE CIMA	1,25	0,00	0,85	0,40	1756,20	2573,20	18,68	7,20	1	BW30-4040	0,92
134 UAUÁ-COMUNIDADE DOS CRENTES	2,50	0,00	1,70	0,80	7807,11	11436,18	92,37	6,86	1	BW30-4040	1,62
135 UAUÁ-DESTERRO	1,21	0,00	0,81	0,40	3483,39	6070,07	53,83	6,82	1	BW30-4040	1,24
136 UAUÁ-LAGOA DA PEDRA III	2,50	0,00	1,70	0,80	10788,32	15806,12	117,87	6,88	1	BW30-4040	1,92
137 UAUÁ-PRAÇA DOS MENEZES	2,50	0,00	1,70	0,80	4048,36	5926,85	54,54	7,07	1	BW30-4040	1,22
138 UAUÁ-RIACHO DAS PEDRAS	1,25	0,00	0,85	0,40	3285,97	5101,83	35,39	7,86	1	BW30-4040	1,10
139 UAUÁ-SALGADO-003	1,25	0,00	0,85	0,40	4995,29	7687,78	67,36	6,81	1	BW30-4040	1,37
140 UAUÁ-SITIO DOS LOIOLAS	2,42	0,00	1,62	0,80	4681,03	7212,34	53,87	7,80	1	BW30-4040	1,45
141 UAUÁ-SONHEM DE BAIXO	2,42	0,00	1,62	0,80	4810,65	7458,59	70,83	6,86	1	BW30-4040	1,32
142 UAUÁ-TESTA BRANCA	5,50	0,00	3,30	2,20	6439,42	10779,22	73,54	6,76	1	BW30-4040	1,50
143 UMBURANAS- FEDERAL- BARRIGUDA DE BRASÍLIA	1,25	0,00	0,85	0,40	2674,50	-	-	-	-	-	-
144 UMBURANAS- SÃO JOSÉ	1,25	0,00	0,85	0,40	1518,50	-	-	-	-	-	-
145 UMBURANAS-SÃO JOSÉ	1,25	0,00	0,85	0,40	1402,41	2066,50	12,35	6,89	-	-	-

APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA

Questionário para análise do Programa Água Doce.

* Required



Prezado (a) Senhor (a), esta pesquisa é realizada para que se possam entender os maiores obstáculos para manter os sistemas de dessalinização em operação nas localidades do semiárido baiano, para que sejam desenvolvidas proposições para a melhoria do desempenho dos sistemas de dessalinização de água no semiárido baiano. Está sendo desenvolvida por Suzzane Mercandelli, aluna de mestrado do curso de Pós-graduação em Engenharia Industrial (PEI) da Universidade Federal da Bahia, sob a orientação do Professor Asher Kiperstok e coorientação do Professor George Mustafa. O objetivo do estudo é entender as dificuldades para manter em operação o sistema de dessalinização por osmose inversa, implantado pelo Programa Água Doce (PAD), com intuito de contribuir para a melhoria do desempenho dos sistemas de dessalinização do Programa Água Doce, conseqüentemente, para que a acessibilidade à água de qualidade e de forma perene seja garantida através dos dessalinizadores. Assim, solicitamos a sua colaboração respondendo este questionário, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos científicos, assim como, publicar em revista científica. Seu nome será mantido em sigilo absoluto. Informamos que caso exista dúvida para responder o questionário ou algum desconforto em responder alguma questão, deve-se deixá-la em branco e prosseguir com as respostas seguintes. Ao final do preenchimento o pesquisador entrará em contato para tirar às dúvidas que poderão existir. Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo,

não sofrerá nenhum dano. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa. Considerando, que fui informado (a) dos objetivos e da relevância do estudo proposto, de como será minha participação, dos procedimentos e riscos decorrentes deste estudo, declaro o meu consentimento em participar da pesquisa, como também concordo que os dados obtidos na investigação sejam utilizados para fins científicos (divulgação em eventos e publicações). * *Mark only one oval.*

Sim *Skip to question 2.*

Não *Start this form over.*

Dados Socioeconômicos

2. Nome

3. CPF/RG

4 Telefone

5. Idade

6. Sexo *Mark only one oval.*

Masculino

Feminino

7. Quantas pessoas moram com você?

Check all that apply.

- Uma
- Duas
- Três
- Quatro
- Cinco

Maior que cinco

8. Qual é a renda mensal da casa? *Check all that apply.*

- Nenhuma
- Menor que 01 salário mínimo (R\$954)
- Igual a 01 salário Mínimo
- _____
(R\$954) Até 02 salários mínimos (R\$ 1.902,00 Other:

9. Escolaridade *Check all that apply.*

- Primeiro Grau Incompleto
- Primeiro Grau Completo
- Segundo Grau Incompleto
- Segundo Grau Completo
- Terceiro Grau Incompleto
- _____

Terceiro Grau Completo

Other:

10. Profissão *Check all that apply.*

- Lavrador
- Agricultor
- familiar Other:

11 No Programa Água Doce, você é um representante da: *Check all that apply.*

- Prefeitura
- Comunidade
- _____
- Other:

12. Qual é sua responsabilidade dentro do Programa Água Doce (PAD): *Check all that apply.*

- Operar o sistema
- Liderar
- Vender a ficha
- Realizar Manutenção
- _____
- Controlar o dinheiro das fichas Other:

13. Você recebe algum pagamento para manter o sistema em operação? *Mark only one oval.*

- Sim
- Não *After the last question in this section, skip to question 16.*

14. Este pagamento é realizado por: *Check all that apply.*

- Prefeitura
- Dinheiro Arrecadado com pagamento da
- _____
- água Other:

15. Quanto você recebe para operar o sistema: *Check all that apply.*

- Menos que 1 (um) salário
 Igual a 1 (um) salário
 Maior a 1 (um) salário

Caracterização do sistema:

16. Cidade

17. Povoador/Comunidade

18. Quantidade média de famílias atendidas pelo sistema?

19 O sistema foi instalado ou recuperado pelo Programa Água Doce? *Check all that apply.*

- O sistema é novo
 O sistema foi recuperado de outro programa

20. Como as pessoas pegam água?

Check all that apply.

Com ficha de 20 L

Sem ficha de 20 L

Other:

21. Qual a distância média do dessalinizador da maioria das pessoas da comunidade?

22. Até quantos litros, uma família com MENOS que 6 membros, pode pegar por dia ?

23. Até quantos litros, uma família com MAIS que 6 membros, pode pegar por dia ?

24. Qual o preço da ficha ?

Sobre a sistemática de manutenção do sistema:

25. Mês e ano em que começou a operar este sistema (data estimada, caso não lembre)

26. O sistema está em operação atualmente?

Check all that apply.

Sim

Não

27. Está parado há quanto tempo?

28 Quantas vezes o sistema já permaneceu fora de operação, desde que foi entregue?

Check all that apply.

Uma vez

Duas vezes

Três vezes

Quatro

vezes

Other: _____

29. Por quanto tempo, em média, ele geralmente fica parado?

30. Principais motivos das paradas: *Check all that apply.*

- Membrana danificada
- Bomba com defeito
- Tubos e conexões com defeito
- Falta de energia elétrica
- Falta de operador por pagamento

Falta de operador por doença

Other:

31. O motivo de o sistema permanecer fora de operação se deve à dificuldade em: *Check all that apply.*

- Identificar o problema
- Dificuldade em encontrar fornecedor/peça com problema
- Dinheiro

Other:

32. Quantas vezes a lavagem química já foi realizada, desde a instalação do dessalinizador? *Check all that apply.*

- Uma vez
- Duas vezes
- Três vezes

Other:

33. Quem é o responsável pela manutenção do sistema da sua comunidade ?
Check all that apply.

- Você
 - Alguém da prefeitura
 - Não sabe
-

Other:

34 Como é solicitada a manutenção do sistema?

35. Como conseguem o dinheiro para realizar a manutenção do sistema? *Check all that apply.*

- Prefeitura
- Através das vendas das fichas
-

Other:

Sobre encontros do "acordo de gestão"

36. Quantos encontros do “Acordo de Gestão” foram feitos? *Check all that apply.*

- Nenhum
- Um
- Dois

Três

37. Quantos encontros você participou? *Check all that apply.*

- Nenhum
- Um
- Dois

Três

38. Quais assuntos foram tratados na reunião?

39. Com relação aos assuntos tratados: *Check all that apply.*

- Entendeu todos
 Entendeu em parte
 Não entendeu

Sobre encontros da "oficina de sustentabilidade"

40. Quantos encontros da "Oficina de Sustentabilidade" foram feitos? *Check all that apply.*

- Nenhum
 Um
 Dois
 Três

Other:

41. Quantas oficinas de sustentabilidade você participou ?

Check all that apply.

- Nenhuma
 Uma
 Duas
 Três

Other:

42. Quais assuntos foram tratados na reunião?

43. Com relação aos assuntos tratados: *Check all that apply.*

- Entendeu todos
 Entendeu em parte
 Não entendeu

Sobre a formação técnica do operador

44. Quantos encontros para a formação técnica foram feitos? *Check a*

- Nenhum
 Um
 Dois
 Três

Other: _____

45 Quantos encontros você participou?

Check all that apply.

- Nenhuma
 Uma
 Duas
 Três

Other: _____

46. Qual o tempo total que você foi treinado?

Example: 8:30 AM

47. De onde era o técnico que realizou a formação ? *Check all that apply.*

- CERB
 Prefeitura
 Empresa privada
 Other:
-

48. Você se sente capaz de operar o sistema após o treinamento?
Check all that apply.

- Sim
 Não

49. Porque:

Check all that apply.

- O treinamento foi pouco
 O treinamento foi suficiente
 Preciso fazer o treinamento
 novamente é muito difícil
-

operar Other:

Sobre a sistemática de operação

50. Quais são as atividade a serem realizadas para a operação e fornecimento de água para a comunidade?

51. Quantas vezes por semana o sistema é operado?

Check all that apply.

- Uma
- Duas
- Três
- Todos os dias exceto feriados e finais de semana Todos os dias sem exceção

52. A água para consumo humano é analisada periodicamente? *Check all that apply.*

- Sim
- Não

53. Quantas vezes, desde que o sistema foi instalado, a água foi analisada? *Check all that apply.*

- Uma vez desde a instalação
- Duas vezes desde a instalação
- Três vezes desde a instalação
- Quatro vezes desde a instalação
- _____

Mais que quatro vezes

Other:

54. Como e quando é feita a retrolavagem das membranas?

55. Como e quando são realizadas a verificação das medidas de pressão e vazão do dessalinizador?

56. Você possui alguma dificuldade para usar o desincrustante? *Check all that apply.*

- Sim
 Não

57 Qual?

Check all that apply.

- Não sei usar
 Acabou/ venceu e não sei como comprar
 Estamos sem dinheiro para comprar

Estamos aguardando a prefeitura

Other:

58. Qual a destinação para o concentrado salino do sistema? *Check all that apply.*

- Solo
 Tanque de concentrado
 Bebedouro _____
animais Other:

59. Caso haja o tanque de evaporação, ele é adequado (ele enche, transborda, seca)? *Check all that apply.*

- Sim
 Não

Other:

60. Caso negativo:

Check all that apply.

- Enche
 Transborda
 Seca _____
Other:

Pesquisa de opinião

61. Você acha que o sistema atende à necessidade da comunidade?

Check all that apply.

- Sim
 Não

Other:

62. Abaixo deixe seus registros sobre as melhorias que você sugere:

63 Em uma escala de 0 a 10, o quanto você recomendaria o Programa Água Doce (PAD) para outras comunidades que necessitam de água potável? *Mark only one oval.*

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

64. Porque você atribuiu esta nota?

Powered by



APÊNDICE III- ESTRUTURA ANALÍTICA DE RISCOS

NÍVEL 1 -TÉCNICO
PROJETO CONCEITUAL
Falhas nas informações para o projeto conceitual
Falhas no projeto conceitual
Bases de projetos não claramente definidos (localização, matéria-prima, logística).
TECNOLOGIA
Seleção de tecnologia inadequada
Equipamentos com performance ou com tecnologia inadequada a aplicação
Falta/atraso de informações técnicas da detentora da tecnologia
PROJETO BÁSICO
Pacote básico inconsistente ou incompleto
Seleção de Materiais
ENGENHARIA DE DETALHAMENTO
Interferências entre projetos
Erro de projeto de engenharia
CONSTRUÇÃO E MONTAGEM
Erro de execução do projeto
Instalações modificadas antes da construção e montagem
Instalações existentes não íntegras
Baixa produtividade por insatisfação da mão de obra
Interferência na execução por causa da doação do terreno para a construção e montagem dos sistemas

COMISSIONAMENTO
Indisponibilidade de utilidades para comissionamento - água e energia
Indisponibilidade de insumos / produtos químicos para partida
Sintonia ou ajustes inadequados de configuração de sistemas de controle e proteção
Falha no equipamento durante comissionamento
OPERAÇÃO
Baixa capacitação na tecnologia da equipe de operação
Falhas na execução dos planos de manutenção
Frequência de operação inadequada
Saturação das membranas
Perda de performance operacional ou de segurança de processo
Documentação inexistente ou desatualizada
Falha na execução de rotinas de trabalho
NÍVEL 1 - MÉTODO
GESTÃO
Redução de produtividade
Controle ineficaz do planejamento e/ou falha no atendimento do planejado
Falha na Identificação/ definição de limites de responsabilidade entre as partes envolvidas
Falta de Dinheiro para a manutenção
Falha no controle de custos de projeto (desembolsos)
COMUNICAÇÃO
Falha de comunicação entre os parceiros e/ou equipes diferentes (problemas nas interfaces)

Falha de comunicação na equipe do projeto
Falha de comunicação com os stakeholders (relatórios de acompanhamento do projeto e outros veículos)
Definição Da Responsabilidade da manutenção
Falha na gestão do conhecimento
SSMA
Ocorrência de incidentes e acidentes de trabalho e processo
Negligenciamento na higiene e saúde dos sistemas
Análise periódica da água potável
Mobilização Social
Falha na realização do Diagnóstico Social
Não fechamento dos Acordos de Gestão antes da C&M
Não realização do acompanhamento dos Acordos de Gestão
SUPRIMENTOS (COMPRAS, INSPEÇÃO, DILIGENCIAMENTO)
Falha na especificação do pedido de compra
Falha na entrega do fornecedor
Falha no recebimento dos materiais e serviços
Falha na identificação do fornecedor
Furto ou roubo de materiais
PESSOAS
Baixo nível de qualificação técnica e/ou baixa senioridade de pessoal próprio
Estrutura inadequada - Ex.Treinamento e formação de apenas um operador
Escassez de mão de obra local

Falha na cobrança das fichas
Falta de comprometimento - Ex. Idade do Operador, Renda, Escolaridade, Pagamento ao operado
NÍVEL 1 - EXTERNO
FATORES CLIMÁTICOS / GEOGRÁFICOS
Condições climáticas extremas na região (chuva, vento, frio, calor, furacão)
Serviços Contratados
Dificuldades nas negociações salariais.
SOCIEDADE / POLÍTICOS
Conflitos políticos
Preconceitos acerca da ingestão da água dessalinizada
Cobrança da água tratada - Valor cobrado pela ficha ser considerado alto
Mudança da liderança local do grupo gestor

APÊNDICE IV – QUADRO DE ANÁLISE QUALITATIVA DOS RISCOS

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Método	SSMA	Não realização da análise periódica da água dessalinizada	Falha na Identificação/ definição de limites de responsabilidade de entre as partes	Consumo de Água inapropriada	Ocorrência de surtos de doenças	SSMA	Muito alta	Muito alto	0,72	1	Sim
Técnico	Operação	Falha na execução de rotinas de trabalho	Desconhecimento do técnico	Operação inadequada do sistema	Falha no fornecimento de água	Produção	Alta	Muito alto	0,56	2	Sim
Técnico	Operação	Frequência de operação inadequada	Disponibilidade do operador/ demanda de água	Incrustações no rolamento das bombas	Parada do sistema	Produção	Alta	Muito alto	0,56	2	Sim
Método	Gestão	Falta de Dinheiro para a manutenção	Fundo de reserva não supre a necessidade de manutenção	Não realização da manutenção ou troca da peça não	Parada do sistema	Produção	Alta	Muito alto	0,56	2	Sim

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Método	Comunicação	Falha na Identificação/ definição de limites de responsabilidade entre as partes envolvidas	Não execução/cumprimento do acordo de gestão ou desconhecimento do grupo gestor das responsabilidades	atividades deixarem de ser realizadas por falta de responsável ("dono/propriedade")	Não realização da manutenção do sistema	Produção	Alta	Muito alto	0,56	2	Sim
Método	Suprimentos	Falha na identificação do fornecedor	Desconhecimento dos fornecedores de peças e serviços, por parte do grupo gestor para manutenção do sistema	Demora na aquisição da peça sobressalente	Atraso no pedido de compra, atraso na retomada da operação	Produção	Alta	Muito alto	0,56	2	Sim
Técnico	Operação	Falha na execução de rotinas de trabalho	descomprometimento com o procedimento de operação	Insegurança hídrica e danos ao sistema	Contaminação da água/parada do sistema	SSMA	Média	Muito alto	0,40	7	Sim

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Técnico	Operação	Baixa capacitação na tecnologia da equipe de operação	Formação técnica ineficaz do operador	Operação inadequada do sistema	Parada do sistema de dessalinização por osmose inversa e aumento de custos com	Produção	Alta	Alto	0,28	9	Sim
Técnico	Operação	Perda de performance operacional	Falha nas operações de Controle de pressão e Vazão, Realização da Lavagem Química; Realização da	Crescimento do Fouling nas membranas	Redução de oferta / parada do sistema	Produção	Alta	Alto	0,28	9	Sim
Externo	Sociedade / Políticos	Conflitos políticos	Jogos políticos	Descontinuidade do Programa na comunidade	Suspensão da operação do dessalinizador	Escopo/Qualidade	Baixa	Muito alto	0,24	11	Não

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Técnico	Operação	Falhas na execução dos planos de manutenção	Formação técnica ineficaz do mantenedor	Realização da manutenção inadequada	Suspensão da operação do dessalinizador	Produção	Média	Alto	0,20	12	Sim
Método	SSMA	Negligenciamento na desinfecção do sistema para o fornecimento de água	Não entendimento da importância deste processo para a saúde dos consumidores da água	Operação com dessalinizador contaminado	Contaminação da água	SSMA	Média	Alto	0,20	12	Não
Método	Pessoas	Escassez de mão de obra local	Falta de pagamento de pessoas para serem operadores sistema e que	Abandono do programa ou falha de operação do sistema	Falha no fornecimento de água	Produção	Média	Alto	0,20	12	Sim

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Método	Comunicação	Falha de comunicação entre os parceiros e/ou equipes diferentes (problemas nas	Não definição formal de meios de comunicação	Má comunicação entre o grupo gestor, comunidade de e prefeitura	Não fornecimento de água	Produção	Alta	Médio	0,14	17	Sim
Técnico	Interferências entre projetos	Falha em normas / padrões / especificações técnicas	Falha na especificação das bombas, membranas (proposta dos fornecedores)	Não atendidas as expectativas de melhorias operacionais pelo sistema	Necessidade de readequações em projetos futuros.	Escopo/Qualidade	Baixa	Alto	0,12	18	Não
Técnico	Construção e Montagem	Erro de execução do projeto	Qualidade deficiente da mão de obra de obra	Retrabalho de atividade de construção e	Atraso no cronograma físico e financeiro do	Escopo/Qualidade	Baixa	Alto	0,12	18	Não

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Método	Mobilização Social	Falha no acompanhamento dos Acordos de Gestão	Falha na execução do planejamento do acompanhamento	Não cumprimento dos acordos de gestão	Descontinuidade no programa na comunidade	Escopo/Qualidade	Média	Médio	0,10	20	Sim
Método	Pessoas	Baixo nível de qualificação técnica e/ou baixa senioridade de pessoal próprio	Escolaridade/idade	Operação e gestão inadequada do sistema de dessalinização	Problemas na garantia de operação do sistema	Produção	Média	Médio	0,10	20	Não
Método	Pessoas	Estrutura inadequada	Formação de apenas um operador por	Sistema ficar sem operador	Falha no fornecimento de água	Produção	Média	Médio	0,10	20	Sim

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Externo	Sociedade / Políticos	Preconceitos acerca da ingestão da água dessalinizada	Cisternas cheias	Não consumo da água dessalinizada	Doenças devida à ingestão de água sem garantia de qualidade	SSMA	Média	Médio	0,1	20	Sim
Externo	Fatores Climáticos / Geográficos	Condições climáticas extremas na região (chuva, vento, frio etc)	Secas por longos períodos e não recarga da água subterrânea	Poço seco	Falha no fornecimento de água	Escopo/Qualidade	Muito Baixa	Muito alto	0,08	25	Não
Técnico	Projeto Conceitual	Falhas no projeto conceitual	Não especificação correta da quantidade de membranas por comunidade	geração de volume tratado inconfirme à necessidade	Insuficiência no fornecimento de água	Escopo/Qualidade	Baixa	Médio	0,06	26	Não

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Técnico	Projeto Conceituado	Falhas nas informações para o projeto conceituado	Balanco material inconforme	Dimensio namento não ser realizado conforme caracterís tica da água	Sistema não atender as especifica ções necessári as para	Escopo/Q ualidade	Baixa	Médio	0,06	26	Não
Técnico	Projeto Básico	Pacote básico inconsistente ou incompleto	Interferê ncia nas análises físico-químicas	Projeto com baixa consistên cia em relação à necessidade;	Necessida de de revisões de projeto após início da	Escopo/Q ualidade	Baixa	Médio	0,06	26	Não
Técnico	Comissio namento	Falha no equipame nto durante comissiona mento	Requisito s de performa nce dos equipame ntos não atendidos	Atraso na resposta/ atendeime nto do forneced or para adequaçã	Atraso no cronogra ma físico e financeiro do projeto.	Escopo/Q ualidade	Baixa	Médio	0,06	26	Não

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Método	Mobilização Social	Diagnóstico Social Incompleto	Não classificação correta das comunidades	Falha na identificação reais necessidades para a implantação	Insucesso do programa	Escopo/Qualidade	Baixa	Médio	0,06	26	Sim
Método	Suprimentos	Falta de segurança patrimonial, furto ou roubo	Insegurança patrimonial	Furto de peças do sistema	Suspensão do fornecimento de água	Produção	Baixa	Médio	0,06	26	Sim
Método	Pessoas	Falha nas cobranças das fichas	Consumidores não concordar com o pagamento por um preço	Falha na construção do fundo de reserva e consequente	Falha no fornecimento de água	Custo	Baixa	Médio	0,06	26	Sim

1o nível	2o nível	3o nível	Causa Raiz	Evento	Efeito	Categoria do Efeito	P	I	PxI	Rank	Ocorreu
Método	SSMA	Ocorrência de acidentes ou incidente no processo	Curto circuito/vazamento no tanque de contenção/estrutura	Incêndios, vazamentos, desmontagem, quedas de	Suspensão da operação do dessalinizador	SSMA	Muito Baixa	Alto	0,04	34	Sim
Método	SSMA	Ocorrência de acidentes ou incidentes de trabalho	Despreparo do operador frente aos riscos que está exposto/	Choque, contaminação biológica, acidente com equipamento	Afastamento do operador	SSMA	Muito Baixa	Médio	0,02	35	Não
Método	Suprimentos	Falha na gestão de almoxarifado.	Divergência entre especificação que consta no pedido e a	Acitação do equipamento divergente.	Atraso no fornecimento de água aumento do custo.	Produção	Muito Baixa	Médio	0,02	35	Não

APÊNDICE V- RÉPLICAS DOS RELATÓRIOS FÍSICOS NO GOOGLE FORMS®

RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DA GESTÃO COMPARTILHADA DOS SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO

1. Cidade

2. Povoado

3. A prefeitura tem cumprido suas responsabilidades? (Quais responsabilidades não estão sendo cumpridas?)

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- Não coube responsabilidade à prefeitura
- Não sabe responder
- Nunca

4. Tem operador atualmente

Mark only one oval.

- Sim
- Não

5. Quais são as responsabilidades básicas do operador do sistema PAD?

Mark only one oval.

- Operar só o dessalinizador
- Operar todo conjunto de abastecimento comunitário (poço, distribuição de água bruta e dessalinizador)

6. O(s) operador(es) DO DESSALINIZADOR foi(ram) substituído(s) desde a última visita de algum a equipe do PAD?

Mark only one oval.

- SIM
- Não

7. O operador DO DESSALINIZADOR tem cumprido suas responsabilidades?

Mark only one oval.

- Sempre
 - Às vezes
 - Nunca
 - Não tem operador
-

8. O operador DO DESSALINIZADOR está apto para exercer suas atividades?

Mark only one oval.

- Sim
- Operador não capacitado ou com capacitação insuficiente
- Não

9. Houve alteração na composição do Grupo Gestor?

Mark only one oval.

- Parcialmente
- Totalmente
- Grupo Gestor desarticulado
- Não

10. O Grupo Gestor tem cumprido suas responsabilidades?

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- Nunca
- Grupo Gestor desarticulado

11. O horário de distribuição da água tem sido respeitado?

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- Nunca

12. A quantidade de água distribuída é a prevista?

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- Nunca

13. A água dessalinizada está sendo utilizada considerando os usos previstos?

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- Nunca

14. A água do poço está sendo utilizada considerando os usos previstos?

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- Nunca

15. O destino do concentrado está dentro do previsto?

Mark only one oval.

- Sempre
 Às vezes
 Nunca

16. A contribuição (quando houver) para o Fundo de Gestão está sendo recolhida?

Mark only one oval.

- Sempre
 Às vezes
 Nunca

17. A prestação de contas está ocorrendo?

Mark only one oval.

- Sempre
 Às vezes
 Nunca

18. Os custos para funcionamento do sistema estão sendo cobertos pelo fundo de reserva?
(quais custos estão sendo cobertos?)

Mark only one oval.

- Sempre
 Às vezes
 Nunca
 Parcialmente: Pequenos Reparos
 Other: _____

19. Caso os custos não estejam, sendo cobertos, ou sejam cobertos parcialmente, quem está custeando? (quais custos estão sendo cobertos?)

Check all that apply.

- Associação
 Prefeitura
 Nenhuma
 Other: _____

20. Para exercer suas funções o operador DO DESSALINIZADOR é gratificado?

Mark only one oval.

- Associação
 Prefeitura
 Voluntária
 Other: _____

21. Quando gratificado, o operador DO DESSALINIZADOR recebe sua gratificação?

Mark only one oval.

- Sempre
 Às vezes
 Nunca
 Other: _____

22. Para exercer suas funções o operador DO POÇO é gratificado?

Mark only one oval.

- Pela Comunidade
 Prefeitura
 Voluntária
 Nenhuma
 Other: _____

23. Quando gratificado, o operador DO POÇO recebe sua gratificação?(Sempre / Às vezes / Nunca)

Mark only one oval.

- Sempre
 Às vezes
 Nunca
 Other: _____

24. Percentual estimado do total de famílias que efetivamente está acessando a água dessalinizada (%)?

25. Instituições locais utilizam a água dessalinizada? (quais utilizam)?

Check all that apply.

- Escola
 Posto de Saúde
 Igreja
 Nenhuma

26. O sistema de dessalinização (do poço ao chafariz) está em plena condição de operação no momento da visita?

Mark only one oval.

- Sim
 Parcialmente
 Não

27. O sistema de dessalinização está sendo operado na frequência prevista?

Mark only one oval.

- Sim
- Não
- Sempre
- Às vezes

28. Conflitos e interesses locais interferem na gestão ou operação do sistema? (quais e qual forma de interferência?)

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- Nunca
- Não identificado

29. Problemas de ordem técnica (estrutura física e equipamentos) interferem na gestão ou operação do sistema? (quais formas de interferência?)

Mark only one oval.

- Sempre
- Às vezes
- No momento da visita
- Nunca
- Não identificado

30. Onde estão ocorrendo as falhas

Check all that apply.

- Tubulação
- Membrana
- Bomba do poço
- Bomba do dessalinizador
- Bomba de retrolavagem
- Bomba dosadora cloro
- Bomba dosadora de incrustante
- Falta de anti-incrustante
- Problemas elétricos
- Medidores
- Não Identificado
- Other: _____

31. Observações – Situação identificada:

32. Recomendações:

33. Classificação da criticidade

Mark only one oval.

- Azul
- Verde
- Amarelo
- Vermelho

APÊNDICE VI – ARTIGO_GESTÃO DE RISCOS_IJCIE OM

Promotion of Risk Management in the “Água Doce” Program Based On The PMBOK®

Mercandelli S¹, Mustafa G², Kiperstok A³.

Abstract From the 1990s onwards, the installation of desalination equipment using reverse osmosis membranes in the wells of the semi-arid region of Brazil began to provide drinking water to communities in this area. Currently, this process is being used by the federal government Program named “Água Doce”, with an investment of approximately R\$ 252 million. Thus, the fundamental question answered in this paper is: What are the main risks to which the Água Doce Program of the State of Bahia is exposed and which should be treated with the highest priority? The PMBOK® 6th ed. was used as a guide to support the methodology of this work. In practical terms, the main contributions of this research are: a) A proposal for a risk methodology aimed at the scenario of the Água Doce Program in the state of Bahia; b) Development of an Analytical Risk Structure for the Program; c) Survey of a list of 36 risks, categorized and ranked according to the urgency of their treatments. As a recommendation for future research, it is suggested to develop plans to deal with these risks, monitor the identified risks, monitor residual risks, identify new risks and evaluate the effectiveness of the risk process throughout the project.

Keywords: Keywords: Risk Management 1; PMI 2; Reverse Osmosis 3.

Introduction

The high level of salinity found in groundwater in a large part of the semi-arid region in Northeastern Brazil demands its removal to make it suitable for human supply. In this sense, from the 90's onwards, the installation of desalination equipment using osmosis membranes began (BRASIL, 2012).

¹Suzzane Mercandelli (e-mail: Suzzane.mercandelli@ufba.br)
Dpt. de Engenharia Industrial. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - Site Oficial Rua Prof. Aristides Novis nº 02 Federação, CEP: 40210-630, Salvador - Bahia – Brasil.

²George Mustafa (e-mail: george.mustafa@ufba.br)
Dpt. de Engenharia Química. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - Site Oficial Rua Prof. Aristides Novis nº 02 Federação, CEP: 40210-630, Salvador - Bahia – Brasil.

³Asher Kiperstok (e-mail: asher@ufba.br)
Dpt. de Engenharia Industrial. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - Site Oficial Rua Prof. Aristides Novis nº 02 Federação, CEP: 40210-630, Salvador - Bahia – Brasil.

Currently, this process is being used by the Federal Government Program “Água Doce“, object of this study. Its objective is to provide subsidies for a public policy of perennial access to drinking water for diffuse communities in this region. Developed by the federal government of Brazil, it aims to implement a total of 1357 reverse osmosis plants in the semi-arid region by 2020, totaling an investment of approximately R\$ 252 million (BRASIL, 2012). The state of Bahia received the largest capital contribution of the Program, approximately R\$ 62 million, until 2020 (BRASIL, 2012). However, the volume of resources from the Ministry of the Environment has not yet been sufficient to meet the demand in the semi-arid region and, thus, a new contribution of R \$ 158 million is expected in 2020, to serve another 200 locations in Brazil (BRASIL, 2019).

The Program “Água Doce“ was conceived and elaborated from the Program “Água Boa“, its predecessor, which did not use management tools to guarantee the achievement of its objectives, therefore it was not efficiently structured in its planning and execution. This lack of management resulted in risks that culminated in the discontinuity of the Program (BRASIL, 2001).

The managerial differences between the Program “Água Doce” and Program “Água Boa” were the creation of a Base Document and an integrated management system. The document describes the entire planning, objectives and justifications of the Program, being published in 2012. The management is done through SICONV - System of Management of Agreements and Contracts, where they are defined, budgets, deadlines, planning of the stages of the project and controls during the its execution (MMA, 2012; SICONV, 2017).

Even with the application of a project management scheme, the complexity of the “Água Doce” Program, requires a risk management approach. This complexity is due to two main factors: I) several governmental levels are involved, since it was developed by the federal government, coordinated by the Ministry of the Environment (MMA) and executed in partnership with several federal, state, municipal and civil society institutions; II) The systems are delivered to the communities, after being implemented, to be managed by them. This fact is complex, since the continuity of treated water supply still depends on several factors, such as: commitment to management, the need for technical knowledge to operate and maintain this equipment, the economy to manage the cash generated from the collection of desalinated water, and the commitment of the municipal government to support this community with the Program (BRASIL, 2012).

However, even with the complex scenario surrounding this Program, no form of systematization was observed to survey, classify, analyze and treat the risks to which the Program is susceptible, through preliminary studies to this work, on the Água Doce Program in Bahia. A risk approach to the project management has not been applied.

One of the main diffusers of project management practices is PMI - Project Management Institute. PMI has developed a guide with a set of knowledge in project management, the PMBOK® Guide (Project Management Body of Knowledge). It works as a basis that orientates, but does not determine, the creation of methodologies, policies, procedures, guidelines, tools and techniques for project management in

organizations. According to this Guide, risk management is fundamental for project or program management, as well as managing integration, scope, time, costs, quality, human resources, communications, acquisitions and stakeholders. This research limited its contribution to the area of risk management, based on the premise that the other areas of management are carried out by the Água Doce Program, as PMI (2016) suggests.

Several studies point out the importance of risk management guided by PMBOK®, such as: Paranhos et al. (2016), Santos and Cabral (2008), Girardi et al. (2018), Miranda (2017). These authors demonstrated the achievement of concrete results of the application of this type of management, such as: Risk Analytical Structure, list of categorized risks, probabilities and impacts and list of action for the mitigation/elimination of these risks. Thus, risk management according to PMI will be adopted in this work.

According to the PMBOK® Guide 6: “risk is an event or an uncertain condition that, if it occurs, has an effect on at least one project objective”. These goals can be influenced both negatively and positively. Thus, the management of these risks aims to increase the probabilities and impacts of positive events and to reduce the probability and impact of negative events (PMI, 2016).

Thus, the fundamental question to be answered in this work is: What are the main risks that the Água Doce Program of the State of Bahia is exposed to and which should be treated as a higher priority?

In this panorama, one can see that there is a gap in the work for risk analysis of projects in the scenario of the Água Doce Program. Therefore, the general objective of this work is to identify the risk scenario in which the program is inserted, so that future work can be developed to deal with these, increasing the probability of achieving the Program's objective of providing continuous drinking water to communities. To achieve this, the following specific objectives are sought: i) to develop a specific methodology based on what the Project Management Institute - PMI indicates and described in its guide PMBOK® 6th ed. through it; ii) to identify; iii) to classify and iv) to order the priority in the treatment of these risks.

The Risk Management Process, defined by the PMBOK® Guide 6th edition, has successive and feedback steps. Based on this flow, Figure 1 was created to represent all steps of this management: planning, identification, analysis, response development, monitoring and risk control of a project. This process must be applied throughout the entire life cycle of a project, that is, it follows the phases, from its planning, execution and control to its completion and closure (PMI, 2016; SILVA & CRISPIM, 2014).



Fig. 1. Risk management process

The steps from the quantitative analysis of Fig. 1. will not be the scope of this study. Nevertheless, the complete process is described for knowledge: identification of corrective actions, development of risk response plans, monitoring of identified risks, monitoring of residual risks, identification of new risks and assessment of the effectiveness of the risk process throughout the project (PMI, 2016; Battistuzzo and Piscopo, 2014).

With PMOBOK® 6^o ed, a methodology was developed directed to the scenario of the Água Doce Program, since a specific data collection strategy, Risk Analytical Structure and specific dimensions of impact analysis were developed.

The collection of program data, according to Fig.1, was done through a qualitative methodological strategy, of applied nature with descriptive objective, since it tries to show risk scenarios to the Program, using the following techniques: questionnaires and interviews (Gil, 1994).

The reliability criteria used for this work are based on the parameter definitions of the subjects to participate in the survey, pre-treatment of the questionnaires and interviews collected, and tabulation for analysis of the answers (Gehardt and Tolfo, 2009).

Methodology

Data collection:

The study universe was limited to 145 communities covered by the Água Doce Program, in its first stage. The following premises were used to define the sample: Research subjects should be members of the group that manages the system in their community or operates it, be accessible, and in order to contribute to the research.

Because the communities are diffuse within Bahia, it was not possible to visit each community, the questionnaires were applied by telephone and online.

To conduct the interviews, the opportunity for face-to-face meetings was sought. Thus, these were carried out during the following meetings: Visit to the municipality of Uauá in May 2017; II State Meeting of the Água Doce Program (Salvador, April 26, 2017); III State Meeting of the Water Program (Feira de Santana, held on May 17 and 18, 2018); VII National Meeting of the Água Doce Program (Salvador, held on November 27 and 28, 2018).

Data processing

Pre-analysis - analysis to check the quality of the materials answered: out of the 50 questionnaires received, 29 questionnaires were discarded due to gaps in the answers. Therefore, 21 were analysed. Of the 25 interviews, 7 were discarded due to gaps in knowledge of the interviewed subjects and thus 10 were considered in this study. Thus, 31 materials went to the data processing stage.

Data processing - systematization of interview and questionnaire responses: The answers were placed in a spreadsheet, where the analysis of content was carried out, through the thematic analysis about the failures of the systems, periodicity of these failures, their possible causes and consequences

Risk Identification and Analytical Structure

After the survey of risks and for their detailed categorization, a Risk Analytical Framework was developed, schematized according to Figure 2. The purpose of this framework is to facilitate the direction of actions for the treatment of risks. This structure was divided into three levels or subcategories, the 1st and 2nd levels were extracted from the PMBOK® 6th edition. For the construction of the 3rd level we used information gathered from questionnaires, statements and analysis of documentation of the Program

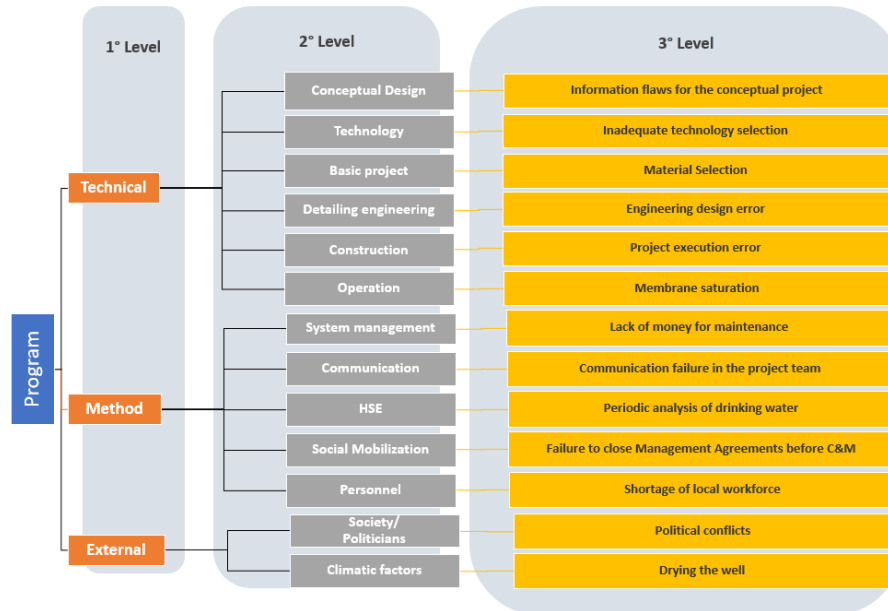


Fig. 1. Risk Analytical Structure of the “Água Doce” Program in Bahia.

After the construction of the Risk Analytical Framework, the root causes and effects of the identified risks were determined, based on all questions answered and testimonials.

The prioritization in the treatment of risks, according to this methodology, should occur using combinations between the probability of an event occurring and the impact of its consequences. Thus, the next step performed was qualitative risk analysis, which is composed by: (a) assessment of probabilities and impacts; (b) application of the severity matrix and classification of risks (PMI, 2016).

Likelihood of occurrence (P)

For the determination of Probability (P), an analysis was made of the periodicity that the risks under study appeared in the tabulated data and then classified according to Table 1, which was adapted with data from PMBOK® (2016) and Pironte (2018).

Table 1. Auxiliary matrix for determining the probability of occurrence

Classification	P	Description
Very low	0,10	Extraordinary event, with no history of occurrences.
Low	0,30	Not likely. It may occur at some point.
Medium	0,50	Possible. It must occur at some point.
High	0,70	Usual event with a widely known history.
Very high	0,90	Repetitive and constant event

Impact (I)

In this case, in order to calculate the Impact (I), the matrix exposed in Table 2 was developed, considering the categories that can cause impact on the objectives of the Program “Água Doce Bahia”. Thus, impact on the scope and quality of the projects, operation and maintenance costs of the system, water supply and Health, Safety and Environment (HSE) were considered. The impact values and their classification were adopted from the PMBOK Guide 6^a. Ed, as well as the degree of the Scope/Quality, Cost and HSE categories. The description of the degree of impact on desalination plants production was developed according to the first stage of this work.

Table 2. Auxiliary matrix for determining the severity of risk on PAD

Risk impact category					
I	Value	Scope / Quality	Cost	Production	HSE
Very low	0,05	Almost imperceptible change.	Minor change in cost	Stop <24 hours	Increase or reduction in negligible impacts.
Low	0,1	Only minor areas or more demanding applications are affected / benefited.	Cost change <5%	Stop> 24 h and <48 h	Increase or reduction of low relevance impacts.
Medium	0,2	Modification of impact on end user / customer approval.	Cost change <5 - 10%	Stop> 48h and <120h	Increase or reduction of relevant impacts or risk to people.
High	0,4	Modification of great impact for the customer.	Cost change <10 - 20%	Stop> 120 h and <360 h	Increase or reduction of important impacts or personal accidents.
Very high	0,8	Changes that imply revision of the project's strategy.	Modification cost> 20%	Stop> 360 h	Increased or reduced material losses / major environmental impacts

Risk Matrix

The risk matrix is developed by multiplying the probability (P) and impact (I) weights, resulting in what PMBOK 6th ed. calls risk severity. After this calculation, the classification of each risk is located in the matrix (Table 3). The Green area represents low priority risks, yellow area moderate priority risks and red area high priority risks (PMI, 2016).

Table 3. Risk Matrix

Probability	Impact				
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08

The results were displayed in a table, as shown the model presented in Table 4, adapted from Pironte (2018), is usually used in the application of qualitative analysis of risk management. The application of this Table provides a systematic view of the relationship between risk and its category (levels), root cause and effects. As well as probability, impact and ranking or order of prioritization.

Table 4. Adapted model used for qualitative analysis of risk registration

1 st level	2 nd level	3 rd level	Root Cause	Event	Effects	PxI	Ranking	Order

Results and Discussion

Due to the great difficulty in contacting the members of the communities to be interviewed in the rural area of the semi-arid region of Bahia, the rotation of members of the managing nucleus and mainly of operators, it was possible, during the period of construction of this work, to carry out 31 interviews that represent 21.38% of the systems.

Table 5 was developed as a result of this study, which is shown here to demonstrate the visualization of the system resulting from the application of Risk Management and for this reason exposes only 3 risks. This table allowed the analysis of the 36 risks raised, of which 17 are of high exposure, concentrated in: (a) technical related to the operation of the system; (b) methodological related to maintenance of desalination plants and identification / definition of limits of responsibility among the parties involved. The classifications come from several sources, which would not be systematized without the application of Risk Management.

Table 5. Results of the qualitative analysis of the 3 main risks of the “Água Doce Bahia” Program

1 st level	2 nd level	3 rd level	Root Cause	Event	Effects	PxI	Ranking	Order
Method	HSE	Failure to perform periodic analysis of desalinated water	Failure to identify / define limits of responsibilities among the parties involved	Inappropriate water consumption	Occurrence of disease outbreaks	Very high	0,72	1
Technical	Operation	Failure to execute work routines	Technical ignorance	Inadequate system operation	Water supply failure	Very high	0,56	2
Technical	Operation	Inadequate operating frequency	Operator availability / water demand	Pump bearing incrustations	System shutdown	Very high	0,58	3

After the qualitative analysis of the risks (according to Table 5), the results were compiled into graphs, discussing the risks according to their classifications in the levels and sub-levels of the Risk Analytical Framework. Thus, considering the total risks raised, 16 were classified as high exposure, or severity ($PxI > 0.18$), 17 as medium severity and 3 as low severity, as shown in the graph of Figure 3.

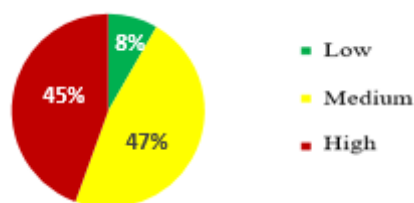


Fig. 3. Severity of risks

The risks identified were in their majority (52%) classified as risks related to the management factors to which the Program is inserted. Technical risks come in second place (38%) and external risks in third place (10%), as shown in Figure 4.

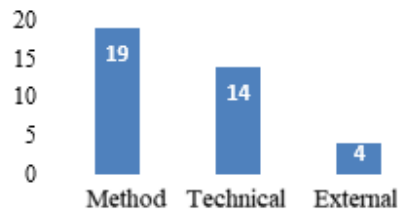


Fig. 4. Risk classification according to level 1

The risks of the "Methods" category are related to processes of social mobilization, management group, training, material acquisition, etc. Through the analysis of the graphic in Figure 5, it is identified that the risks are concentrated in "people" (26%) and "HSE" (21%).

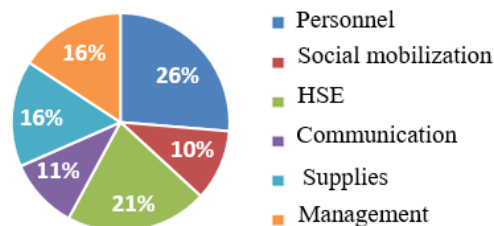


Fig. 5. Distribution of risks related to the Program's management methods

The risks of classification "People" (Figure 5), are related to: local workforce shortage, lack of commitment of personnel, low level of technical qualification of the operator, absence and change of people in management groups, payment or not for consumption of treated water. These facts present as root causes: the scenario of low schooling; some operators can only operate the system when they are absent from their remunerated activities, since not all operators are remunerated to put the system into operation and distribute the water. This fact leads to discouragement and consequent disengagement of the operators and, sometimes, even abandoning of the Program by them.

The risks classified as "HSE" (Figure 5), are related to: negligence in the disinfection of the system for water supply; occurrence of accidents or process incidents; occurrence of accidents or work incidents. Presenting the following root causes: Non-understanding of the importance of this process for the health of water consumers; short circuit/leakage in the containment tank/deficient physical structures/chemicals used incorrectly; unpreparedness of the operator regarding the risks he is exposed to/low perception of the risk. These may promote the following effects: water supply off the potability standards; suspension of desalination plant operation; shock, biological contamination, accident with rotating equipment.

The "technical risks" identified are related to the planning, implementation, operation and maintenance factors of the desalination plants, such as: conceptual, basic design, construction and assembly, among others (Figure 6).

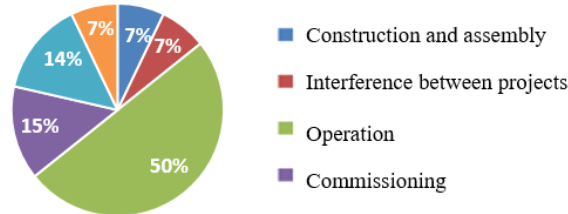


Fig. 6. Distribution of risks related to the techniques applied in the Program.

The concentration of technical risks occurs during system operation (50%) (Figure 6). These risks present as main impacts: failure in the execution of work routines, inadequate operation frequency, and loss of operational performance. In general, the root causes of these risks are due to the technical ignorance of the designer or operator, failure to control variables such as pressure and flow, failure to execute the backwash of the desalination plant, incompatibility of materials. These causes lead to potential system downtime events due to failures in the pump bearings and the formation of fouling by precipitated salts or microorganisms under the membrane.

The "external" risks identified are related to climatic, social and/or political factors (Figure 7). This one presents as root causes: political conflicts (national, state or municipal), lack of consumption of desalinated water due to pre-conceived impressions of the community about its intake or lack of awareness about the quality of desalinated water compared to other sources, such as cisterns. The most significant climatic effect concerns the drying of the well with the desalination plant, with the root cause being the sizing of the system incompatible with the maximum raw water flow.

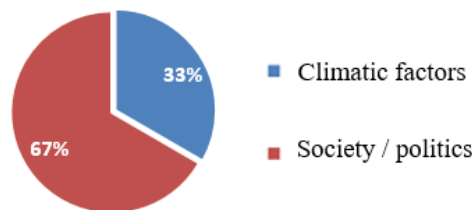


Fig. 7. Distribution of risks external to the Program

The PMBOK® Guide supported the use of tools that enabled the survey and discussion of the exposed risks scenario. The degree of complexity in which the Água Doce Program is inserted is reinforced through the results that it demonstrates, the technical (desalination), social (community) and political relations (national, state and local management groups). This is due to the use of reverse osmosis desalinators in semi-arid communities that, through a management agreement, are responsible for the management of the system (through a local management group), together with the needs of articulations between all institutions involved in the model of management adopted by the Program, sufficiently for implementation, monitoring and support for the continuity of the Program.

Conclusion

The accomplishment of this work made it possible to answer the question: what are the main risks that the Água Doce Program of the State of Bahia is exposed to and which ones should be treated with more priority. Supporting to cover the lack of studies on this topic in the Program scenario. In practical terms, the main contributions of this research are:

- a) The proposal for a risk methodology aimed at the scenario of the Água Doce Program in the state of Bahia;
- b) Development of an Analytical Risk Structure for the Program;
- c) Survey of a list of 36 risks, categorized and ranked according to the urgency of their dealings;
- d) Presentation of useful information that serves as a basis for analysis of deals and quantitative analyzes of risks such as failure tree, etc.

The limitations found during the development of this research were compounded by the amount of data collected, resulting from the impossibility of going to each community, since they are located in a rural area and are very distant from each other, due to the difficulty of contact with members of the group. manager, and the low contribution of those who got in touch. Thus, 50 questionnaires and 25 interviews were collected, but only 31 of these were considered to guarantee the reliability of the study. Thus, it is not possible to ensure the representativeness of the results for all installed systems. The research strategy did not seek to generalize the results, but to present a methodology that systematizes wealth management for the Program and the risk scenarios to which it is inserted. Thus, it is hoped that this research may pave the way for new studies on the subject addressed.

From this observation, the following recommendation for future research complementary to the risk management of the Água Doce Program emerges: it is suggested to deepen discussions on each risk factor linked to the Program, investigate its impacts, developing plans to address these risks, monitoring the risks identified, monitoring residual risks, identifying new risks and assessing the effectiveness of the risk process throughout the project.

References

BATTISTUZZO, Flávio Jorge Freire D Andrade; PISCOPO, Marcos Roberto. A Efetividade Do Processo de Gerenciamento de Riscos – Uma Avaliação Pela Equipe De Projeto. Annals of the III SINGEP and II S2IS– São Paulo – SP – Brazil – November 09, 10 and 11, 2014.

BRASIL – Governo do Estado da Bahia. Bahia cumpre metas do Programa Água Doce e terá novo convênio em 2020. 2019. Available at: <http://www.ba.gov.br/noticias/bahia-cumpre-metas-do-programa-agua-doce-e-tera-novo-convenio-em-2020>. Accessed on: 3 de may de 2020

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente (MMA). Documento Base - Programa Água Doce. Brasília, 2012. Available at: www.aguadoce.mma.gov/anexos/documento-base.pdf. Accessed on: August 10, 2016.

BRASIL. Tribunal De Contas Da União (TCU). Relatório de dessalinizadores. Número do processo: TC014.990/2000-9. [2001]. Available at: <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?inline=1&fileId=8A8182A14D92792C014D9280C6130915>>. Accessed on: February 4, 2019.

International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management- ABEPRO-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM (IJCIEOM 2020)

GEHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de Pesquisa. Coordinated by the Open University of Brazil - UAB / UFRGS . Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.

GIRARDI, Leandro Ranolfi; Junior, Roque Rabechini; Moutinho, José da Assunção. Caracterização da gestão de fatores de risco em projetos de infraestrutura. Gest. Prod., São Carlos, v. 25, n. 1, p. 30-43, 2018 <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X3011-16>.

MIRANDA, Rodrigo Fontenelle de A. Implementando a gestão de riscos no setor público. Belo Horizonte: Fórum, 2017. 181 p. ISBN: 978-85-450-0402-8

PARANHOS, Mayara De Melo; BACHEGA, Stella Jacyszyn; TAVARES, Dalton Matsuo; CALIFE, Naiara Faiad Sebba. Aplicação Da Análise De Modo E Efeitos De Falha Para O Gerenciamento De Riscos De Um Projeto. Sistemas & Gestão 11 (2016), pp 444-454 DOI: 10.20985/1980-5160.2016.v11n4.1150Vol. 10, Nº 4 2.

PIRONTE, Rodrigo. Compliance e Gestão de Riscos nas Estatais: como elaborar uma efetiva matriz de riscos contratuais. Belo Horizonte – MG, 2018. Editora Fórum

PMI -Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Guide PMBOK® 6th ed. – USA: Project Management Institute, 2016.

PMI -Project Management Institute.O que é o PMI? Newtown Square, PA 19073-3299 USA. Available at: <https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUS/WhatIsPMI.aspx>. Accessed on: October 15, 2018.

SANTOS, Flávio Roberto Souza dos .; CABRAL, Sandro. FMEA and PMBOK applied to project risk management. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 5, n. 2, art. 9, p. 347-364, 2008.

SICONV - Sistema de Gestão de Convênios e Contratos. Sinconv o que é? Plataforma Brasil.Org. 2017. Available at: <https://siconv.com.br/siconv-o-que-e/>. Accessed on: 02 de may de 2020

SILVA, Luiz Henrique Rodrigues-da; CRISPIM, José António. The project risk management process, a preliminary study. Procedia Technology 16 (2014) 943 – 949. doi: 10.1016/j.protcy.2014.10.047

APÊNDICE VII – SIMULAÇÃO DO PROJETO DAS USINAS CENTRALIZADAS

Reverse Osmosis System Analysis for FILMTEC™ Membranes
Project: SUZANE-002

ROSA 9.1 ConfigDB u399339_282

Case: 1

1/11/2021

Project Information: SUZANE-002

Case-specific: SUZANE-002

System Details

Feed Flow to Stage 1	22.00 m ³ /h	Pass 1 Permeate Flow	7.70 m ³ /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	22.00 m ³ /h	Pass 1 Recovery	35.00 %	Feed	6.14 bar
Feed Pressure	15.87 bar	Feed Temperature	28.0 C	Concentrate	9.30 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	9455.67 mg/l	Average	7.72 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	48	Average NDP	7.27 bar
Total Active Area	347.82 M ²	Average Pass 1 Flux	22.14 l/mh	Power	12.12 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	1.57 kWh/m ³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m ³ /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m ³ /h)	Conc Flow (m ³ /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m ³ /h)	Avg Flux (l/mh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-4040	8	6	22.00	15.52	0.00	14.30	14.24	7.70	22.14	0.00	0.00	142.17

Pass Streams (mg/l as ion)						
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate	
			Stage 1	Stage 1	Stage 1	Total
NH4+ + NH3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	11.11	11.11	16.31	16.31	1.46	1.46
Na	2001.66	2001.66	3059.86	3059.86	36.40	36.40
Mg	249.24	249.24	382.14	382.14	2.42	2.42
Ca	1064.05	1064.05	1631.53	1631.53	10.12	10.12
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	1.69	1.69	5.03	5.03	0.00	0.00
HCO3	576.48	576.48	876.19	876.19	10.93	10.93
NO3	45.22	45.22	65.07	65.07	8.34	8.34
Cl	4958.94	4958.99	7591.96	7591.96	69.09	69.09
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	520.31	520.31	798.77	798.77	3.15	3.15
SiO2	26.92	26.92	41.27	41.27	0.26	0.26
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	53.77	53.77	55.31	55.31	54.06	54.06
TDS	9455.61	9455.67	14468.12	14468.12	142.17	142.17
pH	6.90	6.90	7.02	7.02	5.45	5.45

*Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Scaling Calculations

	Raw Water	Adjusted Feed	Concentrate
pH	6.90	6.90	7.02
Langelier Saturation Index	1.08	1.08	1.55
Stiff & Davis Stability Index	0.57	0.57	0.88
Ionic Strength (Molal)	0.21	0.21	0.32
TDS (mg/l)	9455.61	9455.67	14468.12
HCO ₃	576.48	576.48	876.19
CO ₂	53.77	53.77	55.30
CO ₃	1.69	1.69	5.03
CaSO ₄ (% Saturation)	27.97	27.97	46.09
BaSO ₄ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00
SrSO ₄ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00
CaF ₂ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00
SiO ₂ (% Saturation)	20.28	20.28	31.50
Mg(OH) ₂ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00

To balance: 0.06 mg/l Cl added to feed.

Reverse Osmosis System Analysis for FILMTEC™ Membranes
 Project: SUZANE-002
 RAIMUNDO MENEZES, CERB

ROSA 9.1 ConfigDB u399339_282
 Case: 1
 1/11/2021

Design Warnings

-None-

Solubility Warnings

Langelier Saturation Index > 0
 Stiff & Davis Stability Index > 0

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Stage Details

Stage	Element	Recovery	Perm Flow (m ³ /h)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m ³ /h)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1		0.08	0.21	95.84	2.75	9455.67	15.52
2		0.07	0.19	112.15	2.54	10219.06	15.24
3		0.07	0.17	131.93	2.35	11025.41	15.00
4		0.07	0.15	156.05	2.19	11866.39	14.78
5		0.07	0.13	185.47	2.04	12730.24	14.58
6		0.06	0.12	221.53	1.90	13602.94	14.40

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

file:///C:/Program%20Files%20(x86)/Dow%20Chemical/ROSA9/MyProjects/SUZA... 11/01/2021

Reverse Osmosis System Analysis for FILMTEC™ Membranes
 Project: SUZANE - 001
 RAIMUNDO MENEZES, CERB

ROSA 9.1 ConfigDB u399339_282
 Case: 1
 1/11/2021

Project Information: PROJETO -001

Case-specific: PROJETO -001

System Details

Feed Flow to Stage 1	34.29 m ³ /h	Pass 1 Permeate Flow	12.00 m ³ /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	34.29 m ³ /h	Pass 1 Recovery	35.00 %	Feed	5.64 bar
Feed Pressure	17.16 bar	Feed Temperature	28.0 C	Concentrate	8.55 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	8688.09 mg/l	Average	7.10 bar
Chem. Dose (100% H2SO4)	0.00 mg/l	Number of Elements	60	Average NDP	8.90 bar
Total Active Area	434.77 M ²	Average Pass 1 Flux	27.60 l/mh	Power	20.43 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	1.70 kWh/m ³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m ³ /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m ³ /h)	Conc Flow (m ³ /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m ³ /h)	Avg Flux (l/mh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-4040	10	6	34.29	16.82	0.00	22.29	15.02	12.00	27.60	0.00	0.00	109.01

Pass Streams (mg/l as Ion)					
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate
			Stage 1	Stage 1	Total
NH4+ + NH3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	9.91	9.91	14.65	1.10	1.10
Na	1862.21	1862.21	2849.87	28.03	28.03
Mg	222.17	222.17	340.85	1.79	1.79
Ca	954.27	954.27	1464.08	7.50	7.50
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	1.27	1.27	3.80	0.00	0.00
HCO3	591.33	591.33	901.09	9.44	9.44
NO3	43.59	43.59	63.43	6.74	6.74
Cl	4483.85	4483.89	6870.49	51.71	51.71
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	491.36	491.36	754.61	2.48	2.48
SiO2	28.08	28.08	43.08	0.22	0.22
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	71.19	71.19	72.36	71.29	71.28
TDS	8688.05	8688.09	13305.96	109.01	109.01
pH	6.80	6.80	6.92	5.27	5.27

*Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Reverse Osmosis System Analysis for FILMTEC™ Membranes
 Project: SUZANE - 001
 RAIMUNDO MENEZES, CERB

ROSA 9.1 ConfigDB u399339_282
 Case: 1
 1/11/2021

Design Warnings

-None-

Solubility Warnings

Langelier Saturation Index > 0

Stiff & Davis Stability Index > 0

Antiscalants may be required. Consult your antiscalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.

Stage Details

Stage	Element	Recovery	Perm Flow (m ³ /h)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m ³ /h)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1		0.07	0.25	75.84	3.43	8688.09	16.82
2		0.07	0.23	87.53	3.18	9365.21	16.43
3		0.07	0.21	101.47	2.95	10086.72	16.08
4		0.07	0.19	118.16	2.74	10848.99	15.77
5		0.07	0.17	138.22	2.55	11645.87	15.49
6		0.06	0.15	162.45	2.38	12468.66	15.24

Permeate Flux reported by ROSA is calculated based on ACTIVE membrane area. DISCLAIMER: NO WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, AND NO WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, IS GIVEN. Neither FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company assume any obligation or liability for results obtained or damages incurred from the application of this information. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, customer is responsible for determining whether products are appropriate for customer's use. FilmTec Corporation and The Dow Chemical Company assume no liability, if, as a result of customer's use of the ROSA membrane design software, the customer should be sued for alleged infringement of any patent not owned or controlled by the FilmTec Corporation nor The Dow Chemical Company.

Scaling Calculations

	Raw Water	Adjusted Feed	Concentrate
pH	6.80	6.80	6.92
Langelier Saturation Index	0.95	0.95	1.43
Stiff & Davis Stability Index	0.47	0.47	0.79
Ionic Strength (Molal)	0.19	0.19	0.29
TDS (mg/l)	8688.05	8688.09	13305.96
HCO ₃	591.33	591.33	901.09
CO ₂	71.18	71.18	72.35
CO ₃	1.27	1.27	3.80
CaSO ₄ (% Saturation)	25.54	25.54	42.23
BaSO ₄ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00
SrSO ₄ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00
CaF ₂ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00
SiO ₂ (% Saturation)	20.90	20.90	32.55
Mg(OH) ₂ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00

To balance: 0.04 mg/l Cl added to feed.

APÊNDICE VIII – CÁLCULOS DO ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO

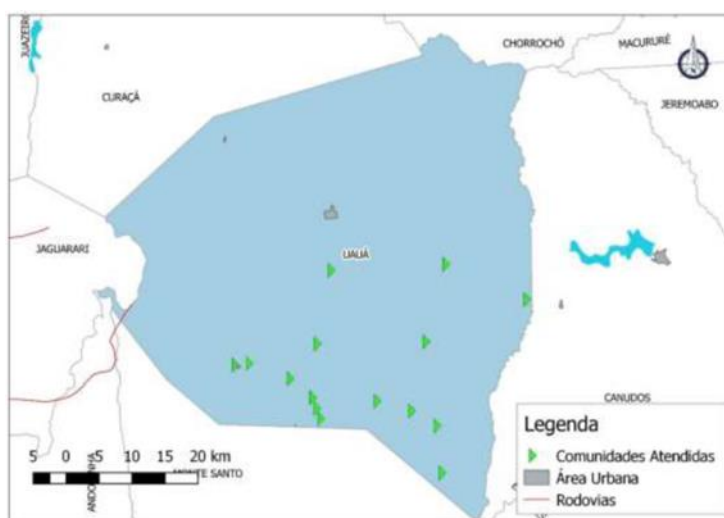
A matéria prima, nesse estudo, é a água dos poços já perfurados utilizados no Programa Água, no Município de Uauá situado no estado da Bahia. As águas desses poços são salobras tendo a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos variando entre 1.500mg/L até 9.730 mg/L.

O preço da matéria prima, a água, não é cobrada no Programa Água Doce. Há a liberação do poço através da outorga para sua exploração em prol das dessedentação humana. Assim, nesse estudo, o custo com a matéria prima será considerado como o custo da energia elétrica consumida, que está diretamente relacionado com potência das bombas de adução da água e passagem pelas membranas.

Inicialmente verificaram-se as coordenadas e plotaram se os poços com auxílio do Google Earth®. Em seguida foram considerados três diferentes arranjos de trajetórias das tubulações desses poços até as usinas (análise de encaminhamento). As tubulações foram lançadas ao longo de estradas vizinhas, para evitar a passagem por áreas privadas ou causar desmatamento.

Desta forma, simularam-se diferentes arranjos escolhendo-se aquele que desenvolveria a menor potência das bombas centrífugas. Foram considerados 18 poços explorados em comunidades difusas do município de Uauá. A Figura 1, retirada de um relatório do Programa demonstra a distribuição de poços em Uauá.

Figura 1 -Distribuição dos dessalinizadores do PAD em Uauá



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (2020).

Os cálculos para determinação da potência dos equipamentos de recalque, levaram em consideração os seguintes critérios:

- Velocidade de escoamento de 0,5 a 1,5 m/s, para que não seja tão baixa, causando acúmulo de precipitados nem seja tão alta que desgaste a tubulação por atrito;
- Vazão – soma das vazões de água bruta utilizadas no programa para fornecer 10L/pessoa por dia;
- Operação de 6 horas
- Fator de atrito aproximado de 0,02.

Para calcular as distâncias, entre os sistemas plotou-se a localização dos poços do Programa em Uauá, no Google Earth®, através dos seus dados de georreferenciamento desses poços, que foram fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia. O resultado é exposto na Figura 2.

Figura 2 -Distribuição dos poços - em escala - Escala 1:11,6km.



Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA

Em seguida, analisaram-se as possíveis configurações para implantação de usinas centralizadas e suas localidades. Assim, simulou-se a configuração com 1, 2 e 3 usinas. Todos os arranjos consideram o fornecimento de água para todas as comunidades e famílias atendidas pelo Programa. O primeiro arranjo (Arranjo 1) estudado está exposto na Figura 3 e considera a instalação de uma única usina na cidade de Uauá, por causa da sua maior infraestrutura e acessibilidade.

Figura 3 - Arranjo 1



Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA

Após o lançamento da adutora e cálculo do comprimento total das tubulações, assim como da vazão total do sistema, simulou-se a potência requerida pelo motor, de acordo com os critérios citados, conforme exposto na Tabela 1.

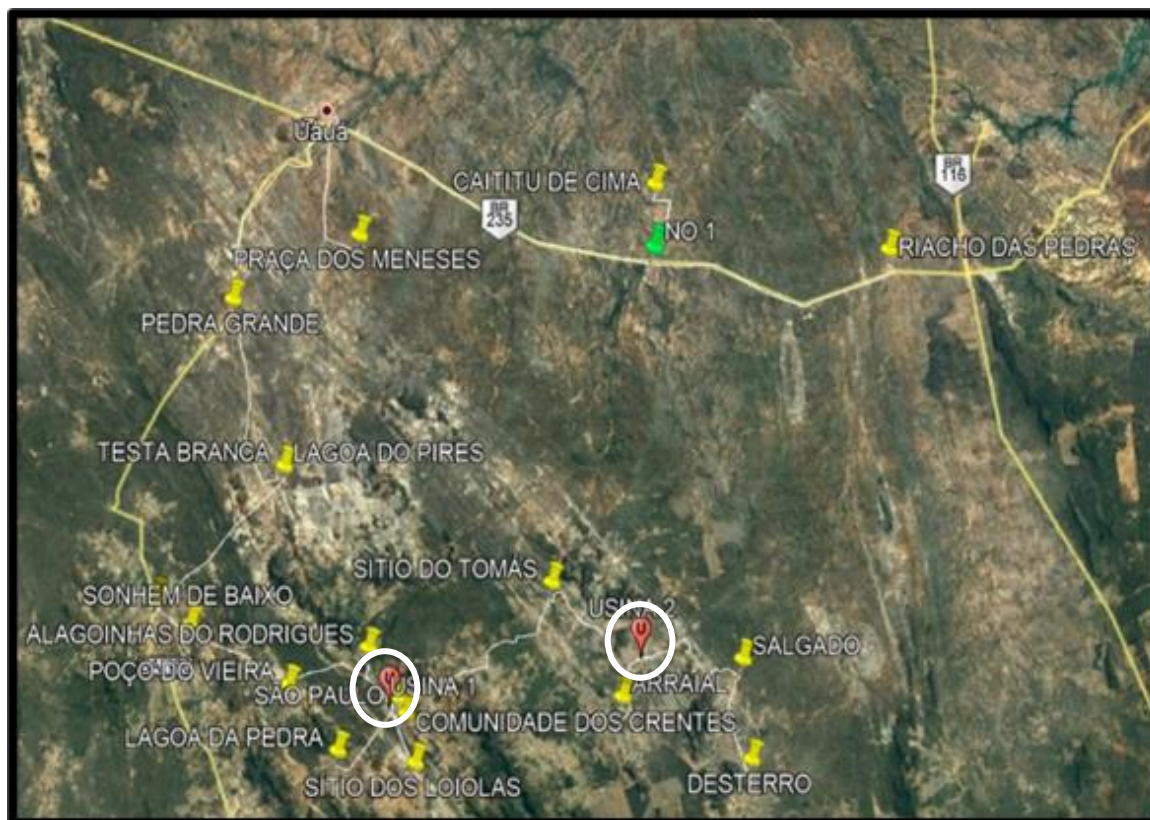
Tabela 1 - Simulação de potência

USINA 1		
Vazão	m ³ /h	103,6365
Di	mm	200
L	m	160805
f	.	0,02
V	m/s	0,92
DeltaP s	m	5
DeltaP d	m	757,03
Zs	m	2
Zd	m	5
pvs	kgf/cm ² g	0
pvd	kgf/cm ² g	0
H	m	765,03
Pot bomb	hp	587,30
Pot motor	hp	652,55

Fonte: Autora (2020)

O segundo arranjo (Arranjo 2) estudado, considera a centralização em duas usinas, expostas na Figura 4. Duas comunidades de melhor infraestrutura foram utilizadas para simular esse arranjo. O arranjo buscou o menor comprimento total da tubulação e encaminhamentos por estradas.

Figura 4 - Arranjo 2



Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA (2020).

Após cálculo do comprimento total das tubulações e vazão total do sistema de cada usina, simulou-se a potência requerida pelo motor, de acordo com os critérios citados, conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2 - Simulação de potência requerida das bombas das usinas do Arranjo 2

USINA 1			USINA 2		
Vazão	m ³ /h	69,3693	Vazão	m ³ /h	31,152
Di	mm	150	Di	mm	105
L	m	62506	L	m	71181
f	.	0,02	f	.	0,02
V	m/s	1,09	V	m/s	1,00
DeltaP s	m	5	DeltaP s	m	5
DeltaP d	m	555,57	DeltaP d	m	759,15
Zs	m	2	Zs	m	2
Zd	m	5	Zd	m	5
pvs	kgf/cm ² g	0	pvs	kgf/cm ² g	0
pvd	kgf/cm ² g	0	pvd	kgf/cm ² g	0
H	m	563,57	H	m	767,15
Pot bomb hp		289,59	Pot bomb hp		177,02
Pot motor hp		321,77	Pot motor hp		196,69

Fonte: Autora (2020).

O terceiro arranjo (Arranjo 3) estudado, contempla a implantação de 3 usinas, conforme exposto na Figura 5. As comunidades selecionadas foram as que possuem maior estrutura

de distribuição de energia elétrica, acesso por estradas e desenvolviam menor trecho de tubulações.

Figura 5 - Arranjo 3



Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA (2020).

Após cálculo do comprimento total das tubulações, nesse arranjo, e vazão total do sistema de cada usina, simulou-se a potência requerida pelo motor, de acordo com os critérios citados, conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3 - Simulação de potência requerida das bombas das usinas do Arranjo 3

USINA 1			USINA 2			USINA 3		
Vazão	m ³ /h	38,236	Vazão	m ³ /h	24,827	Vazão	m ³ /h	31,152
Di	mm	115	Di	mm	93	Di	mm	105
L	m	26723	L	m	23738	L	m	71181
f	.	0,02	f	.	0,02	f	.	0,02
V	m/s	1,02	V	m/s	1,02	V	m/s	1,00
DeltaP s	m	5	DeltaP s	m	5	DeltaP s	m	5
DeltaP d	m	272,45	DeltaP d	m	295,00	DeltaP d	m	759,15
Zs	m	2	Zs	m	2	Zs	m	2
Zd	m	5	Zd	m	5	Zd	m	5
pvs	kgf/cm ² g	0	pvs	kgf/cm ² g	0	pvs	kgf/cm ² g	0
pvd	kgf/cm ² g	0	pvd	kgf/cm ² g	0	pvd	kgf/cm ² g	0
H	m	280,45	H	m	303,00	H	m	767,15
Pot bomb	hp	79,43	Pot bomb	hp	55,72	Pot bomb	hp	177,02
Pot motor	hp	88,26	Pot motor	hp	61,91	Pot motor	hp	196,69

Fonte: Autora (2020).

Após estudo das potências necessárias para recalque de 3 diferentes arranjos, obteve-se como resultados as seguintes potências por arranjo, conforme exposto na Tabela 4.

Tabela 4 - Comparativo das potências requeridas por arranjo

	Potência total unidade	
Arranjo 1	652,55	hp
Arranjo 2	518,46	hp
Arranjo 3	346,86	hp

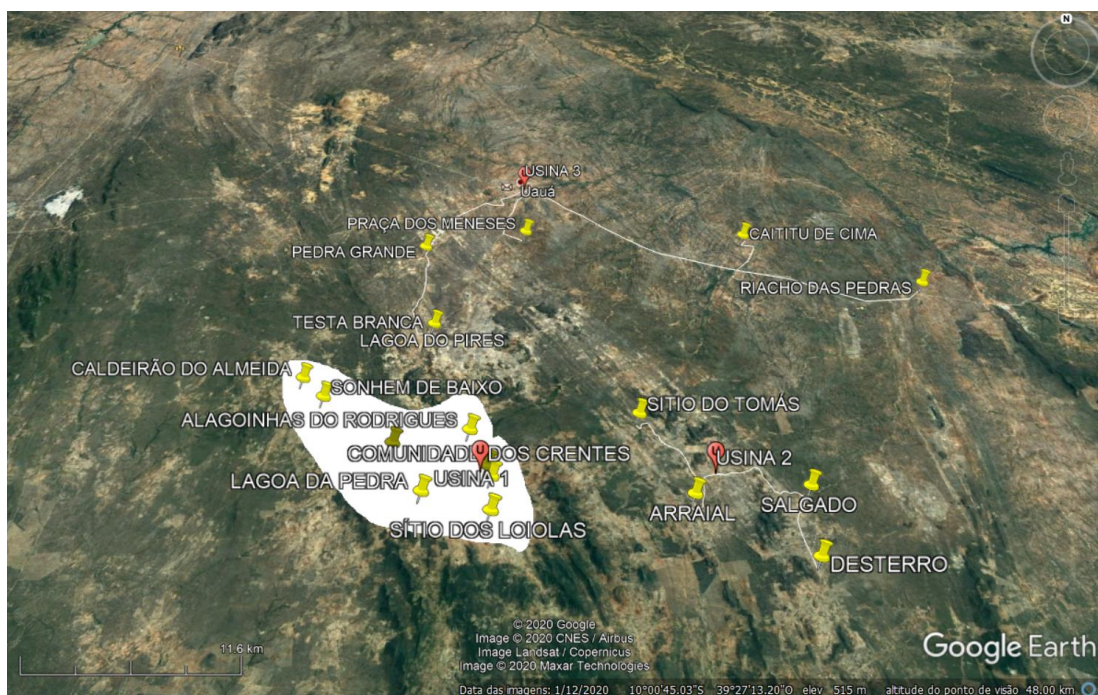
Fonte: Autora (2020).

Através desse resultado o Arranjo 3 é o que tem potencial de requerer menor potência, dentre os arranjos avaliados e atenderia a todas as comunidades com apenas 3 usinas.

APÊNDICE IX – DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DA ADUTORA

Dentro do Arranjo 3, o estudo técnico e econômico se concentrará na Usina 1, por permitir a centralização de 8 dessalinizadores em uma única usina. E por servir de referência para qualquer outro arranjo. Com esse estudo será possível analisar as vantagens e desvantagens ao se concentrar usinas de dessalinização. A Figura 1 demonstra a área abrangida nesse estudo, em branco, sendo assim o volume de controle usado para as simulações de dimensionamentos, custos de investimento e operacionais.

Figura 1 - Região de estudo



Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA (2020).

Projeto preliminar dos equipamentos principais

Nesta etapa desenvolve-se um projeto preliminar dos equipamentos principais para implantação da “Usina 1” da Figura 1. Nesse estudo os equipamentos principais são a adutora e o sistema de dessalinização. O intuito aqui é utilizá-los como base para o cálculo do investimento total. Foram desenvolvidas duas simulações, uma utilizando as mesmas premissas de fornecimento do PAD (Sistema 1) para fornecer 10L/pessoa por dia e outra utilizando a capacidade máxima dos poços (Sistema 2). Para que se possa avaliar a melhor alternativa. Assim, no estudo econômico da adutora o custo se baseará nos diâmetros das tubulações das adutoras dos dois cenários, suas potências necessárias para a operação da bomba de alta pressão e o sistema de osmose para cada um cenário. Após realizada essa etapa, será avaliado qual desses possui maior potencial de instalação.

Sistema 1 - Premissas de projeto de acordo com PAD, exceto adutora:

- Lançamento da tubulação por estradas;
- Vazão máxima considera a vazão total de cada poço extraída de acordo com o Programa Água Doce 22,32m³/h, ou seja, fornecer 10 L/pessoa por dia.
- População atendida, 1156 famílias (dados da SEMA/BA), que considerando 4 pessoas por família serão atendidas 4624 pessoas;
- Velocidade de escoamento de 0,5 a 1,5 m/s, para que não seja tão baixa, causando acúmulo de precipitados nem seja tem alta que desgaste a tubulação por atrito;
- Fator de atrito aproximado de 0,02.

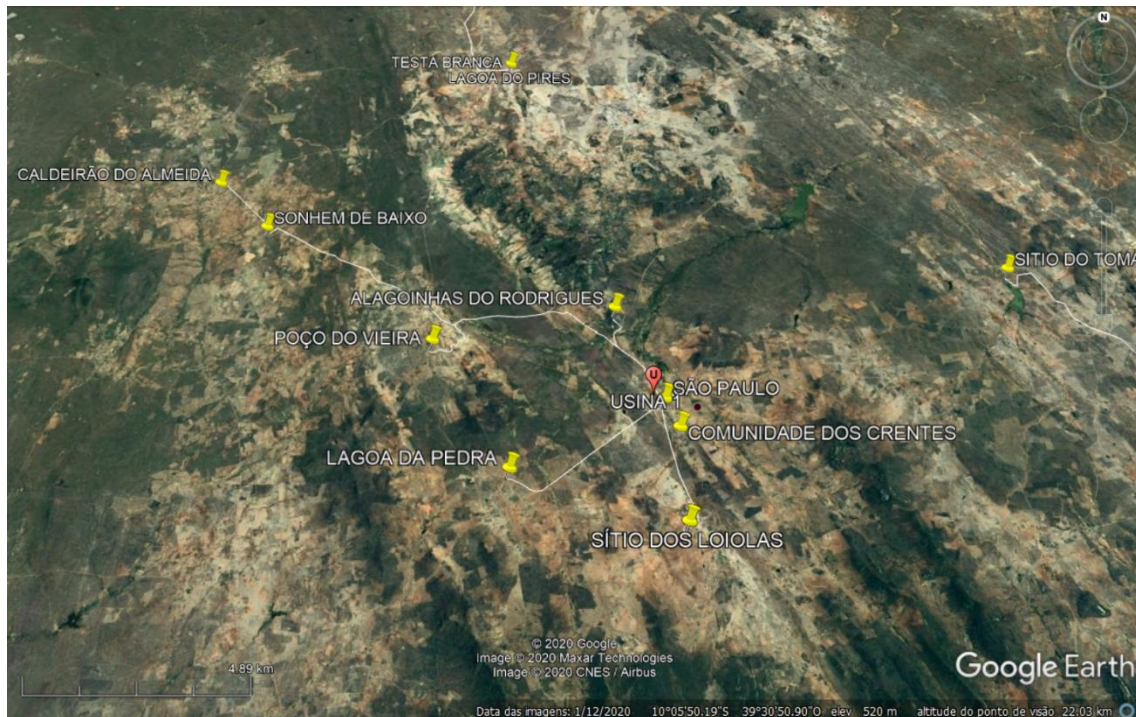
Sistema 2 - Premissas de projeto de utilizando a vazão máxima do poço:

- Lançamento da tubulação por estradas;
- Vazão máxima considera a vazão total de cada poço extraída de acordo com o Programa Água Doce 34,29 m³/h;
- Tempo de operação 20h/dia;
- População atendida, 1156 famílias (dados da SEMA/BA), que considerando 4 pessoas por família serão atendidas 4624 pessoas.
- família serão atendidas 4624 pessoas;
- Velocidade de escoamento de 0,5 a 1,5 m/s, para que não seja tão baixa, causando acúmulo de precipitados nem seja tem alta que desgaste a tubulação por atrito;
- Fator de atrito aproximado de 0,02.

Projeto Preliminar da Adutora

Para o projeto preliminar da adutora a ser instalada, foi necessário o lançamento das linhas de tubulação. Esse foi feito utilizando o Google Earth®, através do estudo de localização, etapa em que definiu-se que essa usina seria implantada na comunidade de São Paulo. A Figura 2 expõe o lançamento das tubulações da Usina 1, até essa comunidade, unindo as 8 comunidades onde haverá distribuição de água, considerando o uso de todos os poços do PAD, nessas comunidades.

Figura 2 -Arranjo de adutoras para distribuição de água - escala: 1:4,89km

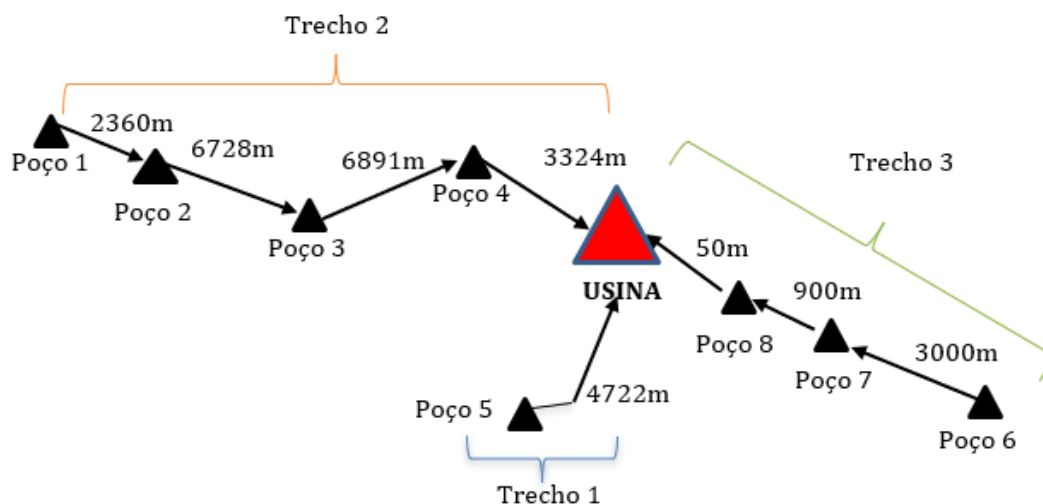


Fonte: Autora (2020), com base em SEMA/BA (2020).

Para o dimensionamento da tubulação da adutora foram simulados um sistema para a vazão de adução de $22,32\text{m}^3/\text{h}$, denominado de Sistema 1, e o outro com vazão de $34,29\text{m}^3/\text{h}$, denominado de Sistema 2.

Para seguir com os cálculos foi necessário considerar o comprimento total de cada seguimento da adutora e as vazões extraídas de cada poço, como pode ser observado na Figura 3.

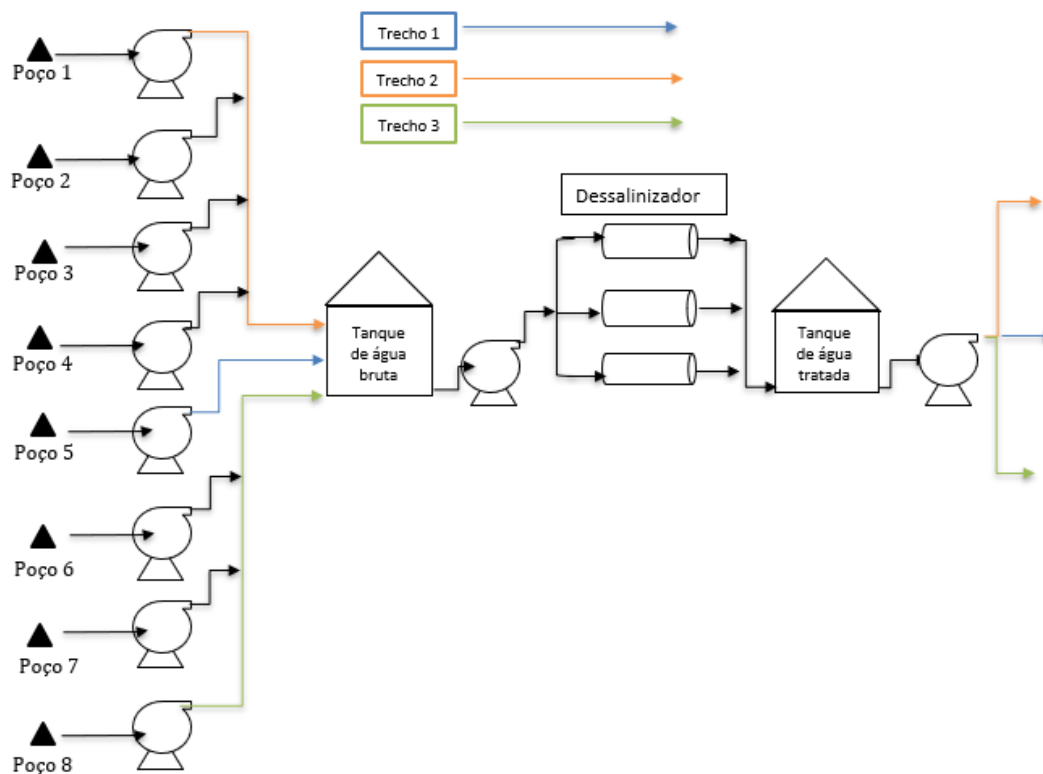
Figura 3 – Descrição das distâncias entre os poços



Fonte: Autora (2021).

Assim, o esquema exposto na Figura 4, demonstra como seriam os fluxos de água para captação, tratamento e distribuição da água dessalinizada.

Figura 4 – Fluxograma simplificado da proposta de centralização na Usina 1.



Fonte: Autora (2021).

Os cálculos realizados para o dimensionamento das bombas e do diâmetro interno das adutoras estão detalhados na Tabela 1 e Tabela 2, para o sistema 1 e na Tabela 3 e Tabela 4 para o sistema 2. Vale lembrar para o dimensionamento da tubulação da adutora foram simulados um sistema para a vazão de adução de $22,32\text{m}^3/\text{h}$, denominado de Sistema 1, e o outro com vazão de $34,29\text{ m}^3/\text{h}$, denominado de Sistema 2. seguir expõe-se o resultado do dimensionamento desses sistemas e as potências requeridas para suas operações.

Premissas para dimensionamento:

Fator de fricção (f) -0,02

Velocidade (v) – mínima: 0,5 m/s; máxima:1,0 m/s

Perda de carga na sucção (DeltaP s) – 5 m

Cota no flange de sucção (Zs) – 2m

Cota no flange de descarga (Zd) – 5m

Pressão no vaso de sucção (pvs) – 0 (pressão atmosférica)

Pressão no vaso de descarga (pvd) – 0 (pressão atmosférica)

Tabela 1 – Dados da adução dos poços para a Usina 1 - 22,32 m³/h

	Caldeirão do Almeida	Sonhem de Baixo	Poço 3 - Poço do Vieira	Alagoinha do Rodrigues	Poço 5 - Lagoa da Pedra	Poço 6 - Sítio dos Loyolas	Comunidade dos Crentes	Poço 8 - São Paulo
Vazão do Poço	m³/h	5,63	1,25	4,96	1,20	1,25	2,50	3,60
Vazão da Adutora	m³/h	5,63	6,88	11,84	13,04	1,25	3,75	7,35
Di	mm	50,00	50,00	65,00	65,00	21,03	36,43	50,99
L	m	2.360,00	6.728,00	6.891,00	3.324,00	4.722,00	3.000,00	900,00
f	.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
V	m/s	0,80	0,97	0,99	1,09	1,00	1,00	1,00
DeltaP s	m	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00
DeltaP d	m	274,62	359,96	173,11	68,33	251,67	159,89	29,21
Zs	m	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Zd	m	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
pvs	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pvd	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H	m	282,62	368,96	183,11	79,33	263,67	172,89	43,21
Pot bomb	hp	11,79	3,42	6,73	0,71	2,44	1,60	0,80
Pot motor	hp	13,10	3,80	7,47	0,78	2,71	1,78	0,89
Custo Adutora	R\$	85.972,63	245.094,86	6.201.900,00	2.991.600,00	70.074,48	44.520,00	13.356,00
								742,00

Fonte: Autora (2021).

Tabela 2 – Dados da adução da Usina 1 para as comunidades – 7,7 m³/h

	USINA - Caldeirão do Almeida	USINA - Lagoa da Pedra	USINA - Sítio do Loyola	
Vazão do Poço	m³/h	13,04	1,25	7,35
Recuperação do sistema de osmose	m³/h	0,35	0,35	0,35
Vazão para o trecho	m³/h	4,56	0,44	2,57
Di	mm	50,00	12,43	30,15
L	m	19.303,00	4.722,00	3.950,00
f	.	0,02	0,02	0,02
V	m/s	0,65	1,00	1,00
DeltaP s	m	5,00	9,00	12,00
DeltaP d	m	261,55	426,44	147,11
Zs	m	2,00	2,00	2,00
Zd	m	5,00	5,00	5,00
pvs	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00
pvd	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00
H	m	269,55	438,44	162,11
Pot bomb	hp	26,04	4,06	8,83
Pot motor	hp	28,93	4,51	9,81
Custo Adutora	R\$	286.456,52	70.074,48	58.618,00

Fonte: Autora (2021).

Tabela 3 - Dados da adução dos poços para a Usina 1 - 36,91 m³/h

		Poço 1 - Caldeirão do Almeida	Poço 2 - Sonhem de Baixo	Poço 3 - Poço do Vieira	Poço 4 - Alagoinha do Rodrigues	Poço 5 - Lagoa da Pedra	Poço 6 - Sítio dos Loyolas	Poço 7 - Comunidade dos Crentes	Poço 8 - São Paulo
Vazão do Poço	m³/h	6,43	3,27	5,63	7,42	1,60	2,48	7,23	3,63
Vazão da Adutora	m³/h	6,43	9,70	15,33	22,75	1,60	2,48	9,71	13,34
Di	mm	50,00	65,00	75,00	100,00	25,00	30,00	65,00	75,00
L	m	2360,00	6728,00	6891,00	3324,00	4722,00	3000,00	900,00	50,00
f	.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
V	m/s	0,91	0,81	0,96	0,80	0,91	0,97	0,81	0,84
DeltaP s	m	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
DeltaP d	m	358,21	192,71	141,89	24,13	173,62	106,50	10,83	0,53
Zs	m	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Zd	m	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
pvs	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pvd	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H	m	366,21	201,71	151,89	35,13	185,62	119,50	24,83	15,53
Pot bomb	hp	17,44	4,89	6,33	1,93	2,20	2,20	1,33	0,42
Pot motor	hp	19,38	5,43	7,04	2,15	2,44	2,44	1,48	0,46
Custo Adutora	R\$	35.022,40	154.340,32	204.524,88	165.601,68	70.074,48	44.520,00	20.646,00	1.484,00

Fonte: Autora (2021).

Tabela 4 - Dados da adução da Usina 1 para as comunidades – 12 m³/h

		USINA - Caldeirão do Almeida	USINA - Lagoa da Pedra	USINA - São Paulo
Vazão do Poço	m³/h	22,75	1,60	13,34
Recuperação do	m³/h	0,35	0,35	0,35
Vazão para o trec	m³/h	7,96	0,56	4,67
Di	mm	65,00	14,07	50,00
L	m	19.303,00	4.722,00	3.950,00
f	.	0,02	0,02	0,02
V	m/s	0,67	1,00	0,66
DeltaP s	m	5,00	9,00	12,00
DeltaP d	m	214,41	376,39	38,65
Zs	m	2,00	2,00	2,00
Zd	m	5,00	5,00	5,00
pvs	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00
pvd	kgf/cm² g	0,00	0,00	0,00
H	m	222,41	388,39	53,65
Pot bomb	hp	37,48	4,60	5,30
Pot motor	hp	41,64	5,11	5,89
Custo da Adutora	R\$	442.810,82	70.074,48	58.618,00

Fonte: Autora (2021).

Na tabela acima, tem-se os dados necessário para que sejam realizados os cálculos com os custos aproximados para a implantação da Usina 1 de dessalinização. Nas tabelas acima, pode-se verificar também que a potência da bomba de transferência de água tratada

é o somatório das bombas necessárias para transferir a quantidade de água necessária para as comunidades em cada trecho.

Para ficar mais claro, o Quadro 2 expõe as potências somadas por função de cada conjunto de bombas. Os cálculos de potências necessárias para operação e conseqüentemente o custo com energia será baseado nos resultados do Quadro 1.

Quadro 1 - Comparativo das potências totais por sistema

Sistema	Potência total adução poço-usina	Potência da bomba para dessalinização	Potência total usina-comunidades
1 – 22,32 m ³ /h	31,01 kW	12,12 kW	32,25 kW
2 - 36,91 m ³ /h	40,82 kW	20,43 kW	39,26 kW

Fonte: Autora (2021).

Através das análises de das Tabelas acima, pode-se verificar que o aumento na vazão dos sistemas aumenta as potências requeridas para operação e os diâmetros da tubulação o que conseqüentemente impacta nos custos para aquisição e operação desses equipamentos.

Assim, no estudo econômico da adutora o custo se baseará nos diâmetros das tubulações das adutoras dos dois cenários, potências necessárias para a operação da bomba de alta pressão e o sistema de osmose para cada um cenário.

APÊNDICE X – DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DO DESSALINIZADOR

Como para as adutoras serão simulados o Sistema 1 (19,7m³/h) e o Sistema 2 (36,9m³/h), mas aqui de dessalinização por osmose inversa. Para simular os tamanhos dos sistemas de dessalinização para cada caso, foi necessária a realização do balanço de massa de todos os principais sólidos (íons) a serem extraídos pela osmose inversa.

Para o balanço, como não há reação e apenas uma mistura das 8 correntes de água bruta, extraídas dos poços e misturadas em um tanque, utilizou-se a fórmula simples de mistura para cálculo da concentração final de cada íon e ânion a serem extraídos.

Equação aplicada:

$$C_{P1} * Q_{P1} + C_{P2} * Q_{P2} + C_{P3} * Q_{P3} + C_{P4} * Q_{P4} + C_{P5} * Q_{P5} + C_{P6} * Q_{P6} + C_{P7} * Q_{P7} + C_{P8} * Q_{P8} = C_T * Q_T$$

A Tabela 1 demonstra os dados utilizados, que foram extraídos das análises dos poços, e os resultados das concentrações finais de cada “sólido” após balanço de massa para o Sistema 1. A Tabela 2 também expõe os dados utilizados e o balanço para o Sistema 2.

Tabela 1 - Sistema 1 - Balanço de massa dos 8 poços para suprir a Usina 1 – 22,32 m³/h

	ALAGOINHA DOS RODRIGUES	POÇO DO VIEIRA	COMUNIDADE DOS CRENTES	LAGOA DA PEDRA III	SÍTIO DOS LOIOLAS	CALDEIRÃO DO ALMEIDA	SONHEM DE BAIXO	SÃO PAULO	TOTAL BALANÇO
	1	2	3	4	5	6	7	8	6
Vazão de entrada	1,21	5,63	2,5	1,25	1,25	5,63	1,25	3,6	22,32
Pressão (bar)	12,86	9,26	14,56	17,37	13,41	52,07	12,24	14,56	1 atm no tanque
Temperature (°C)	28	28	28	28	28	28	28	28	28,00
NH4+ + NH3 (mg/L)	2,19	0	0	0	0,59	0	1,79	0	0,25
K (mg/L)	9,85	9,6	8,69	26,4	11,9	18,55	11,2	8,63	12,78
Na (mg/L)	667,5	212,57	823,33	984,35	780	9730	700	823,33	2907,13
Mg (mg/L)	7,3	118,08	251,37	145,64	420	684	282	251,37	318,88
Ca (mg/L)	1038	444,88	1560,04	2624,18	153,7	1541	447	1560,04	1164,49
Sr (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Ba (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
CO3 (mg/L)	0,45	1	1,32	1,44	3,08	1,3	0,7	1,32	1,26
HCO3 (mg/L)	500	594,67	515,15	397,27	364	331	416	515,15	467,32
NO3 (mg/L)	23,4	9,39	32,95	20,36	31,28	75,63	30,53	32,95	36,32
Cl (mg/L)	2636	1022,17	4070,22	5834,35	2490	5984	2522	4070,22	3629,95
F (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
SO4 (mg/L)	443	126,7	515,15	718,24	355	269	337	515,15	343,59
SiO2 (mg/L)	46,01	36,15	28,89	36,08	65,48	0	62,43	28,89	28,89
Boron (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
CO2 (mg/L)	114,78	56,53	53,31	35,73	8,25	40,4	49,43	53,31	50,47
TDS ENTRADA (mg/L)	5373,7	2575,21	7807,11	10788,32	4681,03	18634,48	4810,65	7807,11	8910,67
pH	6,57	7,01	6,86	6,88	7,6	6,68	6,86	6,86	6,88

Fonte: Autora (2021).

Tabela 2 - Sistema 2 - Balanço de massa dos 8 poços para suprir a Usina 1 – 36,91 m³/h

	ALAGOINHA	COMUNIDADE			LAGOADA	SITIO DOS	CALDEIRÃO DO	SONHEM DE	SÃO	TOTAL
	DOS	POÇO DO	DOS	DOS						
	RODRIGUES	VEIRA	CRENTES	PEDRA III						
	1	2	3	4	5	6	7	8	6	
Dados De Entrada (m³/h)	7,42	4,96	7,23	1,6	2,48	6,43	3,27	3,52	36,91	
Pressão (bar)	12,86	3,26	14,56	17,37	13,41	52,07	12,24	14,56	1 atm no tanque	
Temperature (°C)	28	28	28	28	28	28	28	28	28,00	
NH4+ + NH3 (mg/L)	2,19	0	0	0	0,59	0	1,79	0	0,64	
K (mg/L)	3,85	3,6	8,69	26,4	11,9	18,55	11,2	8,69	11,97	
Na (mg/L)	667,5	212,57	823,33	384,35	780,00	9730	700	823,33	2254,68	
Mg (mg/L)	7,3	118,08	251,37	145,64	420	684	282	251,37	269,22	
Ca (mg/L)	1038	444,88	1560,04	2624,18	159,70	1541	447	1560,04	1155,35	
Si (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
Ba (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
CO3 (mg/L)	0,45	1	1,32	1,44	3,08	1,3	0,7	1,32	1,17	
HCO3 (mg/L)	500	594,67	515,15	397,27	364,00	331	416	515,15	466,66	
NO3 (mg/L)	23,4	3,39	32,95	20,36	31,28	75,63	30,53	32,95	34,43	
Cl (mg/L)	2636	1022,17	4070,22	5834,35	2490,00	5984	2522	4070,22	3538,83	
F (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
SO4 (mg/L)	443	126,7	515,15	718,24	355	269	337	515,15	387,82	
SiO2 (mg/L)	46,01	36,15	28,89	36,08	65,48	0	62,43	28,89	34,02	
Boron (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
CO2 (mg/L)	114,78	56,53	53,31	35,73	8,25	40,4	49,43	53,31	59,72	
TDS ENTRADA (mg/L)	5373,7	2575,21	7807,11	10788,32	4681,03	18634,48	4810,65	7807,11	8154,79	
pH	6,57	7,01	6,86	6,88	7,6	6,68	6,86	6,86	6,84	

Fonte: Autora (2021).

Quadro 1 – Sistema 1 - Resultado da simulação para vazão de entrada de 22,00 m³/h Fonte:

System Details

Feed Flow to Stage 1	34.29 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	12.00 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	34.29 m³/h	Pass 1 Recovery	35.00 %	Feed	5.64 bar
Feed Pressure	17.16 bar	Feed Temperature	28.0 C	Concentrate	8.55 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	8688.09 mg/l	Average	7.10 bar
Chem. Dose (100% H2SO4)	0.00 mg/l	Number of Elements	60	Average NDP	8.90 bar
Total Active Area	434.77 M²	Average Pass 1 Flux	27.60 lmh	Power	20.43 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	1.70 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-4040	10	6	34.29	16.82	0.00	22.29	15.02	12.00	27.60	0.00	0.00	109.01

Fonte: Autora (2021).

Quadro 2 – Sistema 2 - Resultado da simulação para vazão de entrada de 34,29 m³/h

System Details

Feed Flow to Stage 1	22.00 m³/h	Pass 1 Permeate Flow	7.70 m³/h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	22.00 m³/h	Pass 1 Recovery	35.00 %	Feed	6.14 bar
Feed Pressure	15.87 bar	Feed Temperature	28.0 C	Concentrate	9.30 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	9455.67 mg/l	Average	7.72 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	48	Average NDP	7.27 bar
Total Active Area	347.82 M²	Average Pass 1 Flux	22.14 lmh	Power	12.12 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	1.57 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-4040	8	6	22.00	15.52	0.00	14.30	14.24	7.70	22.14	0.00	0.00	142.17

Fonte: Autora (2021).

Através dos dimensionamentos expostos, pode-se extrair informações importantes para a decisão de instalação entre o Sistema 1 ou o Sistema 2.

A recuperação considera de 35% se deve à necessidade de redução da energia específica dos sistemas. Outro fator está relacionado a vida útil das membranas, uma vez que reduzida a pressão sobre elas, maior é o tempo de vida. Esses fatores são importantes para que o custo operacional fosse reduzido dos sistemas fossem reduzidos. Vale ressaltar que esse o fornecedor dessa membrana considera a capacidade de 200L/h. A membrana utilizada nessa simulação é a mesma utilizada no Programa e é específica para água salobra (concentrações acima de 1000mg/L até 10.000mg/L de Sólidos totais dissolvidos).

APÊNDICE XI - ORÇAMENTO ADUTORA

O custo de investimento para a aquisição e instalação da adutora foi realizado de acordo com as premissas baseadas nos critérios especificados nas seguintes Normas: NBR-12215-2017 (Projeto de adutora de água); NBR-12214-1992 NBR 590 (Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público); NBR 12266 (Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana). Os itens básicos de serviços e materiais exigidos estão expostos na Tabela 1 e 2, assim como a composição do investimento para aquisição e instalação de cada adutora de acordo com seu diâmetro devido às diferenças entre as vazões usadas. As premissas de instalação consideram as tubulações enterradas em valas, de 1 m de largura e 2 de profundidade.

Os preços dos itens necessários para a instalação de uma adutora, conforme as normas expostas acima, foram levantados na “Tabela De Preços De Materiais E Serviços Da Embasa”, de 2020, disponível no site da empresa. A base de cálculo se concentra em torno do comprimento total da tubulação, que nesse caso é de 26.723 m de acordo com o lançamento das tubulações da USINA 1 até as comunidades e dos poços da comunidade até a USINA 1. Os diâmetros foram calculados de acordo com cada vazão estudada.

Tabela 1 -Estimativa de investimento total: Vazão conforme PAD: 22 m³/h

SERVIÇOS_REFERENCIA DE PREÇO DA EMBASA 2020	UNIDADE	QUANT.	PREÇO/UN.	PREÇO TOTAL
MOMENTO DE TRANSPORTE P/TUBOS, PECAS E CONEXOES DE PVC RIG./RPVC / PRFV EM DISTANCIAS ATE 300km	km	55,95	R\$ 4,08	R\$ 228,28
CARGA E DESCARGA DE TUBOS PVC RIG. / RPVC / PRFV, DN ATE 350 mm	m	55.950,00	R\$ 0,15	R\$ 8.392,50
MOBILIZAÇÃO	UN.	1	R\$ 3.287.112,10	R\$ 3.287.112,10
DESMOBILIZAÇÃO	UN.	1	R\$ 460.996,91	R\$ 460.996,91
LIMPEZA MANUAL DO TERRENO, INCL. RASPAGEM, JUNTAMENTO E QUEIMA DO MATERIAL	m²	55.950,00	R\$ 3,85	R\$ 215.407,50
ESCAV. MECANIZ. DE VALAS - AGUA - EM SOLO DE 1a CAT. EXECUTADA ENTRE AS PROFUND. DE 0 A 2,00m	m³	111.900,00	R\$ 6,11	R\$ 683.709,00
RECOMPOSICAO DE BASE, EM TRINCHEIRA, C/ SOLO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE (ARENOSO)	m³	8.392,50	R\$ 94,44	R\$ 792.587,70
ESCORAMENTO DESCONTINUO	m²	55.950,00	R\$ 26,14	R\$ 1.462.533,00
ATERROS DE VALAS / POCOS / CAVAS DE FUNDACAO/ RENIVELAMENTO	m³	107.945,13	R\$ 88,72	R\$ 9.576.891,72
ASSENT. DE TUBOS E CONEXOES EM PVC RIG. DEFºº E RPVC PB JE- AGUA -	m	55.950,00	R\$ 3,37	R\$ 188.551,50
ASSENTAMENTO DE TUBO EM PVC DN50mm COM ESCAVACAO EM ROCHA BRANDA, REATERRO COMMATERIAL DEE	m	55.950,00	R\$ 63,80	R\$ 3.569.610,00
CADASTRO COMPLETO DE ADUTORA, INTERCEPTOR OU EMISSARIO	m	55.950,00	R\$ 0,87	R\$ 48.676,50
MATERIAIS_REFERENCIA DE PREÇO DA EMBASA 2020	UNIDADE	QUANT.	PREÇO/UN. (C/BDI)	PREÇO TOTAL
TUBO PVC	m	55.950,00	R\$ 16,32	R\$ 913.039,50
				21.207.736,20

Fonte: Autora (2021).

Tabela 2 -Estimativa de investimento total: 34,29 m³/h

SERVIÇOS_REFERENCIA DE PREÇO DA EMBASA 2020	UNIDADE	QUANT.	PREÇO/UN.	PREÇO TOTAL
MOMENTO DE TRANSPORTE P/TUBOS, PECAS E CONEXOES DE PVC RIG./RPVC / PRFV EM DISTANCIAS ATE 300km	km	55.950,00	R\$ 4,08	R\$ 228.276,00
CARGA E DESCARGA DE TUBOS PVC RIG. / RPVC / PRFV, DN ATE 350 mm	m	55.950,00	R\$ 0,15	R\$ 9.350,08
MOBILIZAÇÃO	UN.	1	R\$ 3.287.112,10	R\$ 3.662.171,59
DESMOBILIZAÇÃO	UN.	1	R\$ 460.996,91	R\$ 513.596,66
LIMPEZA MANUAL DO TERRENO, INCL. RASPAGEM, JUNTAMENTO E QUEIMA DO MATERIAL	m²	55.950,00	R\$ 3,85	R\$ 239.985,50
ESCAV. MECANIZ. DE VALAS - AGUA - EM SOLO DE 1a CAT. EXECUTADA ENTRE AS PROFUND. DE 0 A 2,00m	m³	111.900,00	R\$ 6,11	R\$ 761.720,20
RECOMPOSICAO DE BASE, EM TRINCHEIRA, C/ SOLO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE (ARENOSO)	m³	11.190,00	R\$ 94,44	R\$ 1.177.362,61
ESCORAMENTO DESCONTINUO	m²	55.950,00	R\$ 26,14	R\$ 1.629.408,02
ATERROS DE VALAS / POCOS / CAVAS DE FUNDACAO/ RENIVELAMENTO	m³	104.869,12	R\$ 88,72	R\$ 10.365.572,96
ASSENT. DE TUBOS E CONEXOES EM PVC RIG. DEFºº E RPVC PB JE- AGUA	m	55.950,00	R\$ 3,67	R\$ 228.765,39
ASSENTAMENTO DE TUBO EM PVC DN50mm COM ESCAVACAO EM ROCHA BRANDA, REATERRO COMMATERIAL DEE	m	55.950,00	R\$ 63,80	R\$ 3.976.902,50
CADASTRO COMPLETO DE ADUTORA, INTERCEPTOR OU EMISSARIO	m	55.950,00	R\$ 0,87	R\$ 54.230,49
MATERIAIS_REFERENCIA DE PREÇO DA EMBASA 2020	UNIDADE	QUANT.	PREÇO/UN. (C/BDI)	PREÇO TOTAL
Tubos PVC	m	55.950,00	R\$ 22,66	R\$ 1.267.717,06
				24.115.059,06

Fonte: Autora (2021).

ANEXO I - RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DOS SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO



Estado da Bahia
Secretaria do Meio Ambiente
Secretaria de Desenvolvimento Rural



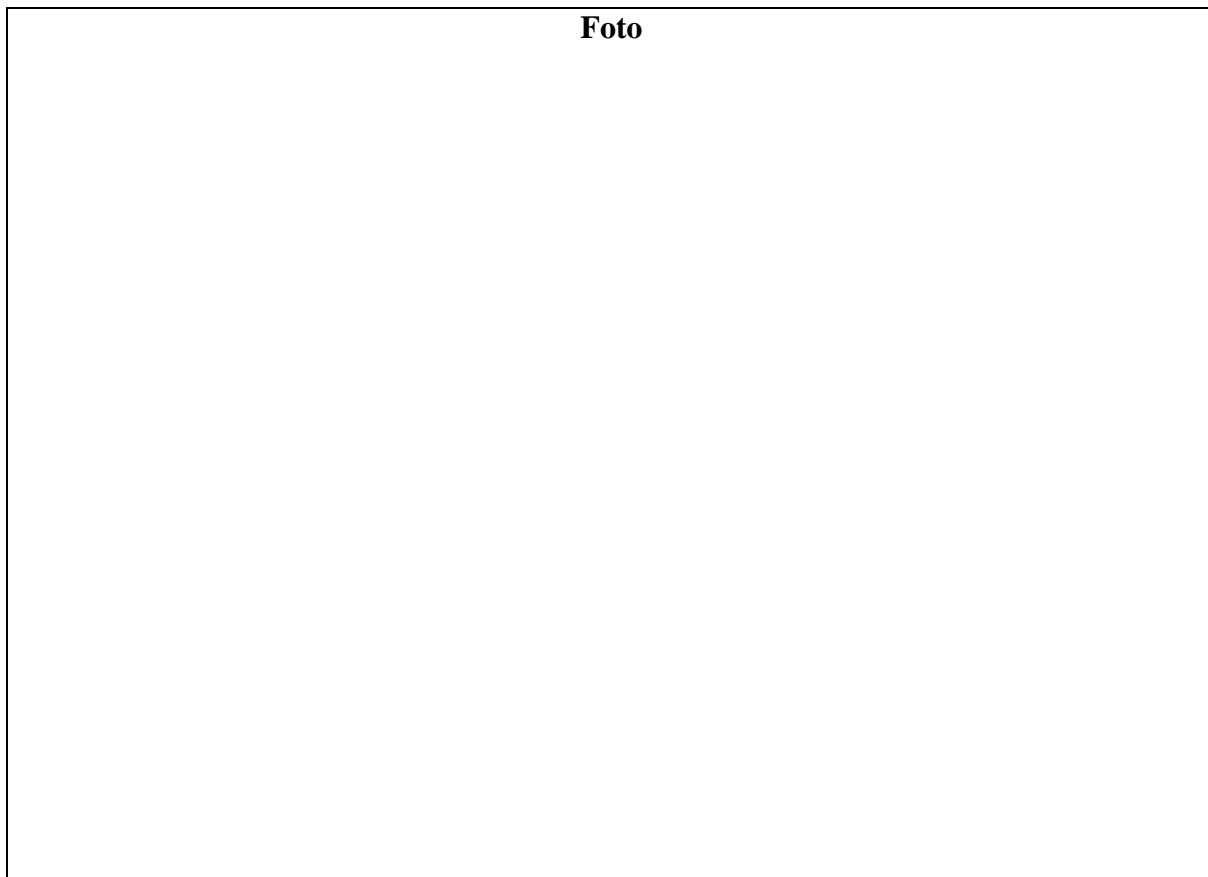
MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE



RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DA GESTÃO COMPARTILHADA DOS SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO

Relatório do Componente Mobilização Social do PAD, contendo observações realizadas durante o monitoramento da gestão compartilhada, nas comunidades atendidas pelo Programa.

Foto



COMUNIDADE

CIDADE

**RELATÓRIO DO MONITORAMENTO DA GESTÃO COMPARTILHADA
DOS SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO**

Município:	
Localidade:	
Tipo de Comunidade:	
Coordenadas do Sistema:	
Coordenadas do Poço:	

Data da Visita Técnica:	
--------------------------------	--

Técnicos CAR-PAD:	
Pessoas da comunidade contatadas/entrevistadas:	
Operadores/tel.:	

1. Objetivo da Visita:

Realizar a primeira visita de monitoramento da gestão compartilhada dos Sistemas de Dessalinização feita pelas comunidades atendidas pelo Programa a partir das definições estabelecidas no Acordo de Gestão e atendendo à metodologia do Programa.

O monitoramento da gestão é feito a partir de entrevista às pessoas “chave” das comunidades, especialmente aquelas identificadas no Acordo de Gestão como integrantes dos Grupo Gestor e Grupo de Operadores, e outros moradores locais beneficiados pelo sistema de dessalinização que se prontifiquem em participar e que tenham colaborações ao desenvolvimento da atividade de monitoramento.

Nesta atividade é feita a memorização dos compromissos firmados no Acordo de Gestão, com posterior levantamento da situação atual quanto ao cumprimento destes, além de buscar compreender eventuais ajustes que sejam necessários, de acordo com a evolução da realidade local, bem como obter mais e melhores argumentos para fortalecer os pontos que sejam necessários manter.

A visita da equipe técnica teve por objetivos específicos:

- Obtenção de dados e informações sobre a gestão dos sistemas de dessalinização, de maneira direta, através do preenchimento de planilhas aplicadas junto às pessoas que compõem o Grupo Gestor e Grupo de Operadores, e de maneira indireta, através do diálogo com pessoas da comunidade.
- Conhecer a situação atual dos sistemas de dessalinização e aspectos da sua gestão, de maneira mais ampla, incluído levantamento rápido das estruturas físicas das obras e das condições dos equipamentos instalados, observação do funcionamento dos sistemas e da forma de manuseio e operação dos equipamentos pelo operador do sistema, como também realização de análises físico-químicas da água fornecida à população, para, em outros momentos, promover os ajustes necessários no Acordo de Gestão para atender a evolução

da realidade social local, bem como encaminhar soluções para questões de manutenção e reparo das estruturas físicas e dos equipamentos ou de (re)capacitação dos operadores.

2. Avaliação da Gestão Compartilhada dos Sistemas de Dessalinização:

Vide check-list de campo (Anexo 3)

Critério de avaliação	Avaliação
<p>A prefeitura tem cumprido suas responsabilidades? (Quais responsabilidades não estão sendo cumpridas?) (Sempre / Às vezes / Nunca / Não coube responsabilidade à prefeitura / Não sabe responder)</p>	
<p>Quais são as responsabilidades básicas do operador do sistema PAD? (Operar só o dessalinizador / Operar todo conjunto de abastecimento comunitário (poço, distribuição de água bruta e dessalinizador)</p>	
<p>O(s) operador(es) <u>DO DESSALINIZADOR</u> foi(ram) substituído(s) desde a última visita de algum a equipe do PAD? (Sim / Não)</p>	
<p>O operador <u>DO DESSALINIZADOR</u> tem cumprido suas responsabilidades? (Sempre / Às vezes / Nunca / Não tem operador)</p>	
<p>O operador <u>DO DESSALINIZADOR</u> está apto para exercer suas atividades? (Sim / Operador não capacitado ou com capacitação insuficiente / Não)</p>	
<p>Houve alteração na composição do Grupo Gestor? (Parcialmente (%) / Totalmente / Grupo Gestor desarticulado / Não)</p>	
<p>O Grupo Gestor tem cumprido suas responsabilidades? (Sempre / Às vezes / Nunca / Grupo Gestor desarticulado)</p>	
<p>O horário de distribuição da água tem sido respeitado? (Sempre / Às vezes / Nunca)</p>	
<p>A quantidade de água distribuída é a prevista? (Sempre / Às vezes / Nunca)</p>	
<p>A água dessalinizada está sendo utilizada considerando os usos previstos?</p>	

(Sempre / Às vezes / Nunca)	
A água do poço está sendo utilizada considerando os usos previstos? (Sempre / Às vezes / Nunca)	
O destino do concentrado está dentro do previsto? (Sempre / Às vezes / Nunca)	
A contribuição (quando houver) para o Fundo de Gestão está sendo recolhida? (Sempre / Às vezes / Nunca)	
A prestação de contas está ocorrendo? (Sempre / Às vezes / Nunca)	
Os custos para funcionamento do sistema estão sendo cobertos pelo fundo de reserva? (quais custos estão sendo cobertos?) (Sempre / Parcialmente / Nunca)	
Caso os custos não estejam, sendo cobertos, ou sejam cobertos parcialmente, quem está custeando? (quais custos estão sendo cobertos?) (Associação / Prefeitura / Outros)	
Para exercer suas funções o operador <u>DO DESSALINIZADOR</u> é gratificado? (Pelo município / Pela comunidade / Atividade voluntária)	
Quando gratificado, o operador <u>DO DESSALINIZADOR</u> recebe sua gratificação? (Sempre / Às vezes / Nunca)	
Para exercer suas funções o operador <u>DO POÇO</u> é gratificado? (Pelo município / Pela comunidade / Atividade voluntária)	
Quando gratificado, o operador <u>DO POÇO</u> recebe sua gratificação? (Sempre / Às vezes / Nunca)	
Percentual estimado do total de famílias que efetivamente está acessando a água dessalinizada. (%)	
Instituições locais utilizam a água dessalinizada? (quais utilizam) (Todas / Algumas / Nenhuma / Não existem instituições locais)	
O sistema de dessalinização (do poço ao chafariz) está em plena condição de operação no momento da visita? (Sim / Parcialmente / Não)	

O sistema de dessalinização está sendo operado na frequência prevista? (Sempre / Às vezes / Nunca)	
Conflitos e interesses locais interferem na gestão ou operação do sistema? (quais e qual forma de interferência?) (Sempre / Às vezes / Nunca / Não identificado)	
Problemas de ordem técnica (estrutura física e equipamentos) interferem na gestão ou operação do sistema? (quais formas de interferência?) (Sempre / Às vezes / No momento da visita / Nunca / Não identificado)	

Classificação de criticidade da gestão:

Amarelo

Azul (selo eficiência)

- Comunidades em conformidade com a metodologia do Programa;
- Experiências exitosas;
- Mais de 50% das famílias consumindo a água dessalinizada.

Verde (em conformidade)

- Comunidades em conformidade com a metodologia do Programa;
- Sistema em funcionamento.

Amarelo (alerta)

- Sistemas passíveis de ajustes técnicos devido a problemas na operação e/ou nos equipamentos;
- Conflito no Grupo Gestor.

Vermelho (intervenção)

- Poço secou ou foi obstruído;
- Sem operador;
- Sem Grupo Gestor;
- Sistema abandonado.

4. Observações – Situação identificada:

--

5. Outras considerações:

6. Recomendações:

ANEXO II – ORÇAMENTO DOS SISTEMAS DESSALINIZAÇÃO

20/01/2021

Gmail - Poço 02 corrigido



Suzzane Mercandelli <suzzane.mercandelli@gmail.com>

Poço 02 corrigido

William <william@philtron.ind.br>

19 de janeiro de 2021 09:03

Para: Suzzane Mercandelli <suzzane.mercandelli@gmail.com>

Bom dia,

Segue valores estimados:

Osmose Reversa 8 m3/h = R\$ 186.000,00

Osmose Reversa 12 m3/h = R\$ 252.000,00

Favor considerar as informações abaixo:

- 1 - São valores estimados;
- 2 - O valor final só poderá ser apresentado mediante elaboração de projetos;
- 3 - Não está incluso pré-tratamento na entrada da Osmose Reversa;
- 4 - Não está considerado doração pós-osmose;
- 5 - Não está considerado obras civis;
- 6 - Não está sendo considerado reservatórios, redes de alimentação e distribuição;
- 7 - Está sendo considerado o equipamento sem automação (operação manual)

Atenciosamente,

William Albuquerque Sales
(75) 3484-2718 / 99816-9842

De: "Suzzane Mercandelli" <suzzane.mercandelli@gmail.com>

Enviada: 2021/01/18 16:14:19

Para: william@philtron.ind.br

Assunto: Fwd: Poço 02 corrigido

William,

envio novamente os arquivos para você ver se vai conseguir abrir.

Objetivo do orçamento, ser apresentado em dissertação de mestrado.

Local: Uauá, comunidade São Paulo.

Sistema Semi automatizado.

Te agradeço demais a atenção!

Cordialmente,

Suzzane Mercandelli

www.linkedin.com/in/suzzane-mercandelli

<http://lattes.cnpq.br/5706710977251641>

(71) 9 9304-3185

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>

