



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

**LUCAS OLARDI TAROCCO**

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA  
PELO PROCESSO DE OSMOSE REVERSA PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
EM UMA COMUNIDADE RURAL DE QUIXERAMOBIM/CE**

**FORTALEZA**

**2017**

**LUCAS OLARDI TAROCCO**

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA  
PELO PROCESSO DE OSMOSE REVERSA PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
EM UMA COMUNIDADE RURAL DE QUIXERAMOBIM/CE**

**Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Engenharia de Produção  
Mecânica da Universidade Federal do  
Ceará, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro de  
Produção Mecânica.**

**Orientador: Prof. Dr. Maxweel Veras  
Rodrigues**

**FORTALEZA**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- T184m Tarocco, Lucas Olardi.  
Método de avaliação econômica da dessalinização de água pelo processo de osmose reversa para o abastecimento de água em uma comunidade rural de Quixeramobim/CE / Lucas Olardi Tarocco. – 2017.  
88 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Maxweel Veras Rodrigues .
1. Operação carro-pipa. 2. Dessalinização de água. 3. Osmose Reversa. 4. Análise de Viabilidade Econômica. I. Título.

CDD 658.5

---

**LUCAS OLARDI TAROCCO**

**MÉTODO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA  
PELO PROCESSO DE OSMOSE REVERSA PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
EM UMA COMUNIDADE RURAL DE QUIXERAMOBIM/CE**

**Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Engenharia de Produção  
Mecânica da Universidade Federal do  
Ceará, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro de  
Produção Mecânica.**

**Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Maxweel Veras Rodrigues (Orientador)**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

**Prof. Dr. Abraão Freires Saraiva Júnior**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

**Prof. Ms. Rafael Aragão Magalhães**  
**Universidade de Fortaleza (UNIFOR)**

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, João e Ana, por sempre acreditarem em mim e terem enfrentado as mais difíceis batalhas impostas pela vida, para que este sonho se tornasse realidade.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e a Nossa Senhora pela constante presença e intercessão em minha vida. Por terem sido sempre meu sustento e consolo.

À minha mãe Ana Maria, por sempre ter acreditado, me incentivado e acalmado em todos os momentos difíceis que passamos juntos, por ser a mulher mais forte e guerreira que eu conheci. Por ser, ainda, a melhor amiga que alguém pode ter. Ao meu pai João, pelo exemplo de homem, pai e amigo que você me mostra todos os dias. À minha irmã, “Thata”, por todas as nossas conversas e palhaçadas que me ajudaram a entender que não há distância que separe o amor que tenho por você.

À família Olardi, em especial à minha vó “Cata”, que sempre me ensinaram que os melhores momentos da vida são feitos de muita união, compreensão e amizade. À família Tarocco, em especial à minha madrinha “Lisa”, por todos os ensinamentos, alegrias, noites de jogos que tivemos juntos.

À minha segunda família, a Comunidade Filhos do Rei, sob o nome de Andrea e Bill, meus pais espirituais, que sempre intercederam por minha felicidade e meus sonhos e que me ensinam, todos os dias, que amigos não se fazem, mas se reconhecem.

Aos amigos mais fogueteiros que poderia ter ao longo destes anos de graduação, intercâmbio e vida, Lucas Lira, Pedro “Mago” Rabelo, Pedro “Dilas” Matos, Marília “Amore” Nunes e “Thá” Guimarães.

A todos os docentes que, durante a graduação, me ensinaram mais que conteúdos e teorias, me ensinaram a correr atrás de meus sonhos, lutar contra todas as adversidades e me apaixonar pela Engenharia de Produção Mecânica.

Ao professor Maxweel Veras Rodrigues, por todos os conselhos, dicas, paciência e trocas de experiências no decorrer deste trabalho.

À minha grande amiga e afilhada Soléria “Sol” Góes, por cada conversa, conselho, ajuda e risada que tivemos juntos. Por ser a amizade mais antiga desde 2016. Por toda a paciência, confiança e partilha. Ao meu grande amigo e afilhado, Samuel “Samuca” Camelo, por cada “papo de engenheiro” e pelos projetos que se tornarão realidade.

Agradeço à minha namorada e companheira Livia Felix, por sempre estar ao meu lado, me escutar, me acalmar, me aconselhar, me amar e ser meu porto seguro em todos os momentos desde 29 de maio de 2013.

Por fim, agradeço a todos que, embora não estejam aqui citados, contribuíram com seu apoio durante minha trajetória na Universidade.

## RESUMO

Conhecido por longos períodos de estiagens severas, o sertão central do Ceará tem vivido, novamente, uma época de seca. A falta de precipitação regular e o calor intenso ocasionam a evaporação das águas de reservatórios e mananciais. Deste modo, governos são forçados a recorrer a programas de abastecimento artificial de água, como a operação carro-pipa, que leva água de um reservatório de água para as comunidades necessitadas. Entretanto, ao longo dos últimos anos, a busca por soluções alternativas de fornecimento de água tem se intensificado, como a perfuração de poços artesianos, construção de cacimbas e implantações de plantas de dessalinização de água. A respeito da dessalinização de água, esta vem sendo utilizada em grande escala em países localizados no Oriente Médio. É neste cenário que surge o presente estudo que objetivou o desenvolvimento de um método de avaliação econômica que analise se a dessalinização de água pelo processo de osmose reversa é economicamente mais vantajosa, em relação à utilização de carros-pipa para o abastecimento de água em comunidades rurais de Quixeramobim, com base nos métodos do valor presente líquido (VPL), da taxa interna de retorno (TIR) e no *payback* descontado. A aplicação da metodologia permitiu mapear a situação atual de abastecimento de água em uma comunidade do município em estudo e propor um sistema que fornecesse água tratada (doce) a cerca de 375 pessoas e analisar se a alternativa proposta é mais vantajosa que o atual método de abastecimento de água.

**Palavras-chave:** Operação carro-pipa. Dessalinização de água. Osmose Reversa. Análise de Viabilidade Econômica.

## **ABSTRACT**

*Known for long severe drought periods, the backwoods of Ceará has once again gone through an era of dryness. The lack of regular precipitation and high temperatures cause evaporation of water resources. Thus, governments are forced to resort to artificial water supply programs, such as the truck tank operation, which carries water from a water reservoir to communities in need of it. Nevertheless, the need for other water supply solutions, such as artesian wells drilling, water tanks, and implementation of water desalination plants has gotten more intense over the last few years. As far as water desalination is concerned, it has been used on a large scale in the Middle East countries. Therefore, the present study aimed to develop an economic evaluation, a method which analyses whether the water supply in communities of Quixeramobim from water desalination by the reverse osmosis process, is economically more advantageous, in comparison with the use of truck tanks, based on three methods: net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and discounted payback. The application of the methodology allowed mapping the current water supply situation in a community of the municipality under study, proposing a system that could supply fresh water to about 375 people, and analyzing whether the proposed alternative is more advantageous than the current method.*

*Keywords: Truck tank operation. Water desalination. Reverse osmosis. Economic evaluation analysis.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do trabalho .....	17
Figura 2 – Processo <i>Flash</i> de Múltiplos Estágios (MSF) .....	21
Figura 3 – Processo de Compressão Mecânica de Vapor (MVC) .....	22
Figura 4 – Processo de Eletrodialise .....	23
Figura 5 – Processo de Dessalinização por Membrana de Osmose Reversa .....	24
Figura 6 – Fluxo de Caixa .....	27
Figura 7 – Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	32
Figura 8 – Método Proposto .....	34
Figura 9 – Volume nos reservatórios de água no Ceará .....	43
Figura 10 – Evolução da vazão do reservatório de Banabuiú .....	44
Figura 11 – Fluxograma da Operação Carro-Pipa .....	45
Figura 12 – Sistema Operação Carro-Pipa .....	47
Figura 13 – Abastecimento de água em um ponto da comunidade Jurema .....	49
Figura 14 – Escala de uso diário de água recomendado por atividade .....	49
Figura 15 – Ilustração de Poço Profundo .....	52
Figura 16 – Tanque de Polietileno de 10.000 L .....	52
Figura 17 – Gabinete de Suporte .....	53
Figura 18 – Componentes Hidráulicos .....	53
Figura 19 – Elementos filtrantes e carcaça de filtros .....	54
Figura 20 – Membrana Semipermeável .....	55
Figura 21 – Dosador de cloro para poço artesiano .....	55
Figura 22 – Conjunto Moto-bomba EBARA .....	56
Figura 23 – Componentes Elétricos (Cabeamentos, plugues disjuntores e quadro elétrico) .....	56
Figura 24 – Chaveiro RFID 125 KHz e Plataforma de Prototipagem .....	57
Figura 25 – Válvula Solenoide para água $\frac{3}{4}$ .....	57
Figura 26 – Sensor de Fluxo de Água $\frac{3}{4}$ .....	58
Figura 27 – Processo de fornecimento de água doce .....	59
Figura 28 - Análise da TIR no cenário pessimista .....	70
Figura 29 - Análise do VPL no cenário pessimista .....	70
Figura 30 - Análise do VPL no cenário realista .....	72

Figura 31 - Análise da TIR no cenário realista .....	72
Figura 32 - Análise do VPL no cenário otimista .....	74
Figura 33 - Análise da TIR no cenário otimista .....	74
Figura 34 - Variação do VPL com alteração da tarifa (R\$/m <sup>3</sup> ) .....	76

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Método <i>Payback</i> descontado .....	29
Quadro 2 – Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	32
Quadro 3 – Abastecimento de Água Abastecimento de água na escola da comunidade Jurema .....	50
Quadro 4 – Abastecimento de Água na Comunidade Jurema .....	50
Quadro 5 – Cálculo da demanda de água da Comunidade .....	51
Quadro 6 – Simulação de financiamento BNDES .....	65
Quadro 7 – Simulação de financiamento BNB .....	65
Quadro 8 – Fluxo de caixa mensal da Operação Carro-Pipa .....	67
Quadro 9 – Análise do cenário pessimista .....	70
Quadro 10 – Análise do cenário realista .....	71
Tabela 11 – Análise do cenário otimista .....	73
Tabela 12 – Análise de cenários com tarifas variáveis .....	75

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 – Poços perfurados no primeiro semestre de 2017 .....	83
Apêndice 2 – Componentes do dessalinizador .....	84
Apêndice 3 – Orçamento do dessalinizador .....	85
Apêndice 4 – Depreciação dos componentes .....	86
Apêndice 5 – Fluxos de caixa do projeto (cenários pessimista, realista e otimista)	87

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1.1 Definição do Problema</b> .....	15
<b>1.2 Objetivos</b> .....	16
<i>1.2.1 Objetivo Geral</i> .....	16
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i> .....	16
<b>1.3 Estrutura do Trabalho</b> .....	17
<b>2 ESCASSEZ DE ÁGUA E MÉTODOS DE DESSALINIZAÇÃO</b> .....	18
<b>2.1 Escassez de Água</b> .....	18
<b>2.2 Dessalinização de Água</b> .....	19
<b>2.3 Processos Térmicos</b> .....	20
<i>2.3.1 Flash de Múltiplos Estágios (MSF)</i> .....	20
<i>2.3.2 Compressão Mecânica de Vapor (MVC)</i> .....	21
<i>2.3.3 Congelamento Direto</i> .....	22
<b>2.4 Processos de dessalinização de água por meio de membrana</b> .....	22
<i>2.4.1 Eletrodialise</i> .....	23
<i>2.4.2 Osmose Reversa</i> .....	23
<b>3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E INVESTIMENTOS</b> .....	26
<b>3.1 Fluxo de Caixa</b> .....	26
<b>3.2 Estimativas de fluxo de caixas futuro</b> .....	27
<b>3.3 Taxa mínima de atratividade (TMA)</b> .....	28
<b>3.4 Métodos quantitativos de análise de investimentos</b> .....	28
<i>3.4.1 Payback descontado</i> .....	29
<i>3.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)</i> .....	30
<i>3.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)</i> .....	31
<b>4 METODOLOGIA DO ESTUDO</b> .....	34
<b>4.1 Metodologia da pesquisa</b> .....	34
<b>4.2 Método proposto</b> .....	35
<i>4.2.1 Etapa 1 – Levantar a atual situação hidrológica do sertão central cearense....</i>	36
<i>4.2.2 Etapa 2 – Levantar custos do atual método alternativo de captação de água na região central do estado do Ceará: Operação Carro-Pipa</i> .....	37
<i>4.2.3 Etapa 3 – Selecionar a localidade da implantação e análise do dessalinizador de água</i> .....	37

<i>4.2.4 Etapa 4 – Definir a capacidade do dessalinizador</i> .....	38
<i>4.2.5 Etapa 5 – Descrever o equipamento de dessalinização a ser analisado</i> .....	39
<i>4.2.6 Etapa 6 – Levantar investimentos e custos operacionais do equipamento de dessalinização</i> .....	39
<i>4.2.7 Etapa 7 – Identificar fontes de financiamento</i> .....	40
<i>4.2.8 Etapa 8 – Projetar os fluxos de caixa</i> .....	40
<i>4.2.9 Etapa 9 – Analisar os fluxos de caixa</i> .....	41
<i>4.2.10 Etapa 10 – Simular outros cenários</i> .....	42
<i>4.2.11 Considerações</i> .....	42
<b>5 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO</b> .....	43
<b>5.1 Etapa 1 – Levantar a atual situação hidrológica do sertão central cearense....</b>	43
<b>5.2 Etapa 2 – Levantar custos do atual método alternativo de captação de água na região central do estado do Ceará: Operação Carro-Pipa</b> .....	45
<b>5.3 Etapa 3 – Selecionar a localidade da implantação e análise do dessalinizador de água</b> .....	48
<b>5.4 Etapa 4 – Definir a capacidade do dessalinizador</b> .....	48
<b>5.5 Etapa 5 – Descrever o equipamento de dessalinização a ser analisado</b> .....	51
<b>5.6 Etapa 6 – Levantar investimentos e custos operacionais do equipamento de dessalinização</b> .....	60
<i>5.6.1 Investimento inicial</i> .....	60
<i>5.6.2 Custos operacionais</i> .....	61
<b>5.7 Etapa 7 – Identificar fontes de financiamento</b> .....	64
<b>5.8 Etapa 8 – Projetar os fluxos de caixa</b> .....	66
<i>5.8.1. Projetar fluxo de caixa da Operação Carro-Pipa</i> .....	66
<i>5.8.2 Projetar Fluxo de caixa de um dessalinizador de água por osmose reversa ...</i>	67
<b>5.9 Etapa 9 – Analisar os fluxos de caixa</b> .....	70
<i>5.9.1 Analisar cenário Pessimista</i> .....	70
<i>5.9.2 Analisar cenário Realista</i> .....	73
<i>5.9.3 Analisar cenário Otimista</i> .....	75
<b>5.10 Etapa 10 – Simular outros cenários</b> .....	77
<b>5.11 Considerações</b> .....	79
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	80
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	82

## 1. INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo deste estudo aborda 3 (três) tópicos que visam iniciar o trabalho, são estes: Definição do Problema, Objetivos (geral e específicos) e Estrutura do trabalho.

### 1.1. Definição do Problema

“Crise hídrica no Ceará gera restrições de consumo para a população e indústria” (NOGUEIRA, 2016). Conhecido historicamente por crises hídricas severas, o Estado do Ceará, em especial a sua região central, tem passado por grandes períodos de estiagem nos últimos anos. Tal situação diminui, consideravelmente, a qualidade de vida dos habitantes da região que, sem acesso livre à água, são forçados a diminuir o consumo *per capita* diário e reduzir a intensidade de atividades de produção, como, por exemplo, a pecuária e a agricultura.

O aumento demográfico e intensas mudanças climáticas ocorridas ao longo dos últimos anos têm tornado a busca por soluções na captação, tratamento e reuso de água necessárias e urgentes, de modo que a atual situação de seca no sertão central seja atenuada. Em algumas localidades, optam-se pela perfuração de poços profundos, instalação de cisternas para captação de águas pluviais, montagem de cacimbas, transporte de água por meio de carros-pipas, entre outros métodos de captação, tratamento e reuso de água.

A perfuração de poço artesiano não garante o fornecimento da água própria para consumo, pois a água presente no subsolo pode estar salobra (com sais concentrados) ou, ainda, contaminada, por fatores biológicos. A instalação de cisternas e cacimbas, embora seja uma alternativa muito comum em nosso sertão, longos períodos sem chuvas acabam esgotando a água nas mesmas. O transporte de água por meio de carros-pipas também é uma solução aplicada, sobretudo, em regiões em estado de emergência. Entretanto, este meio de abastecimento de água em comunidades, envolvem gastos públicos altos e contínuos, tornando a população dependente de ações frequentes de órgãos públicos.

Neste contexto, destaca-se a notícia veiculada em um jornal que considera que a “Dessalinização e reuso (de água) são saídas para colapso” (NASCIMENTO, 2017). A dessalinização, propriamente dita, tem como principal objetivo transformar água salobra (imprópria para consumo) em água livre de sais, metais e microrganismos nocivos à saúde humana. Com o avanço da tecnologia, dentre os métodos comumente utilizados, destaca-se a dessalinização de água por meio de membranas semipermeáveis de osmose reversa. Neste

processo, a água, ao ser lançada a alta pressão contra essas membranas, é separada em fluido permeável (tratado) e fluido concentrado (rejeito), fornecendo água doce ao usuário.

Entretanto, embora a alternativa seja a recomendada com a solução para a crise hídrica vivida há certo período no estado do Ceará, este método de tratamento de água salobra possui algumas ressalvas do ponto de vista ecológico. Uma delas é que a água rejeitada (permeado) durante o processo é muito concentrada de sais. Deste modo, seu descarte inapropriado pode causar um problema ambiental ainda maior, uma vez que, lançada no próprio lençol freático, esta pode causar a contaminação do solo e, deste modo, a perda de sua fertilidade.

Deste modo, surge o seguinte questionamento: “Como desenvolver um método que verifique se a dessalinização por meio do processo de osmose reversa é economicamente mais vantajosa em relação ao atual método de abastecimento de água de comunidades rurais de Quixeramobim?”.

## **1.2. Objetivos**

O tópico adiante tem como objetivo explicar os objetivos (geral e específicos) do presente trabalho.

### **1.2.1. Objetivo geral**

Desenvolver um método de avaliação econômica que analise se a dessalinização de água pelo processo de osmose reversa é economicamente mais vantajosa em relação à utilização de carros-pipa para o abastecimento de água em comunidades rurais de Quixeramobim.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Identificar os gastos atuais com o abastecimento de água por meio da operação carro-pipa;
- Dimensionar um equipamento de dessalinização por osmose reversa que forneça o mesmo volume de água do ofertado hoje pela operação carro-pipa;
- Descobrir se a implantação de um dessalinizador de água em uma comunidade abastecida pela operação carro-pipa é viável.

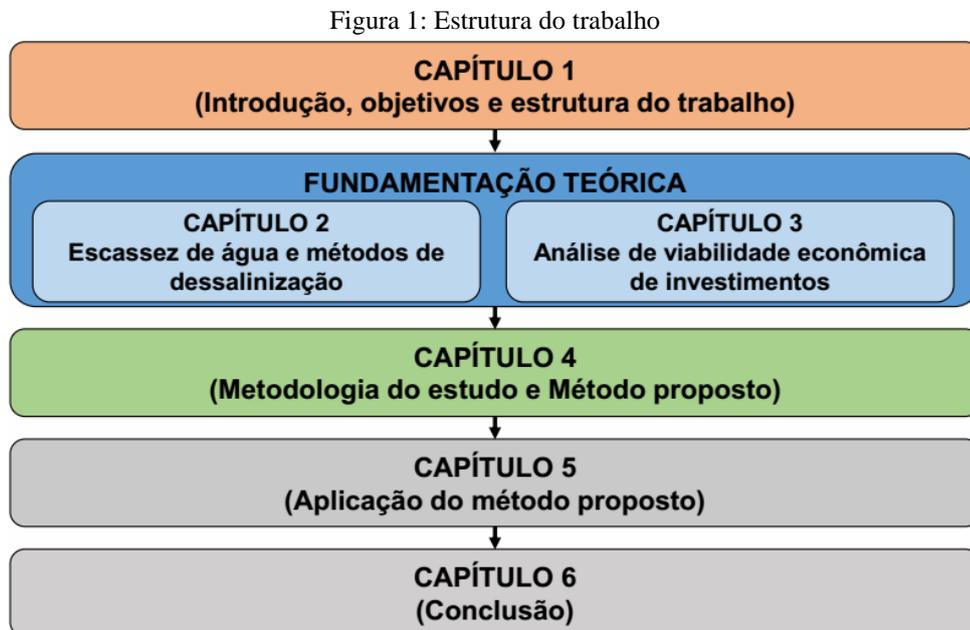
### 1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho é dividido em 6 (seis) capítulos. O primeiro se destina a introduzir a problemática, abordar a situação atual que circunda a temática, bem como os objetivos do trabalho. O segundo capítulo é voltado à explanação sobre temas que se referem à escassez de água e sistemas de dessalinização de água, com ênfase no método de dessalinização por meio de membranas semipermeáveis de osmose reversa.

O terceiro capítulo irá dissertar sobre temas referentes à análise de viabilidade econômica e investimentos. O quarto explicará a metodologia de estudo a ser empregada na execução deste trabalho, descrevendo todas as etapas do estudo.

O quinto capítulo mostrará a aplicação do que foi proposto no capítulo anterior e o capítulo sexto é designado para a apresentação dos resultados alcançados ao longo do presente trabalho, bem como a conclusão do estudo e recomendações para trabalhos futuros. Além de apresentar as conclusões, o sexto capítulo apresenta as conclusões extraídas a partir do estudo e as sugestões para trabalhos futuros.

A figura 1 representa, graficamente, o resumo da estrutura do presente trabalho:



Fonte: Elaborado pelo autor

## **2. ESCASSEZ DE ÁGUA E MÉTODOS DE DESSALINIZAÇÃO.**

Conforme El-Dessouky e Ettouney (2002), 97,5% (noventa e sete e meio por cento) da água presente no planeta é água salina e, portanto, imprópria para o consumo humano. Entretanto, dos 2,5% (dois e meio por cento) restantes, 80% (oitenta por cento) é encontrada sob a forma de gelo, *icebergs* e calotas polares ou no subsolo. Ainda assim, a água restante e potável não é distribuída igualmente pelas regiões da Terra.

Portanto, assim como se há a busca constante por soluções renováveis de geração de energia, estudos na área de tratamento e reaproveitamento de água têm se intensificado nos últimos anos.

Deste modo, os próximos tópicos visam discorrer mais sobre o problema acerca da escassez de água e de métodos de dessalinização de água, destacando o método de dessalinização por osmose reversa.

### **2.1. Escassez de Água**

Segundo El-Dessouky e Ettouney (2002), 40% (quarenta por cento) da população mundial sofre com a escassez de água. Para 2025 (dois mil e vinte e cinco), de acordo com os autores citados, com o ritmo de crescimento da população, com o crescimento econômico e com a mudança de hábitos, a expectativa é de que este número aumente para mais de 60% (sessenta por cento). Além disso, o uso intensivo de água não potável em países em desenvolvimento causa entre 80% (oitenta por cento) e 90% (noventa por cento) de todas as doenças, bem como 30% (trinta por cento) de todas as mortes.

Em localidades que são atingidas por secas, governos são forçados a adotar políticas de restrição de uso de água (EL-DESSOUKY; ETTOUNEY, 2002). A Empresa Brasil de Comunicação (EBC), através da Agência Brasil, informa que 872 (oitocentas e setenta e duas) cidades brasileiras foram reconhecidas pelo Governo Federal como em situação de emergência, devido ao longo período de estiagem. Grande parte destas localidades, cerca de 92% (noventa e dois por cento), são cidades localizadas na região Nordeste do país. (SINIMBU; JADE, 2017)

Deve-se ressaltar que tais condições não são oriundas apenas de fatores naturais, mas também da desertificação causada por ações humanas, como a exploração desordenada de recursos naturais. Terras utilizadas com o propósito agrícola têm sido convertidas em desertos por conta da contínua perda de riqueza de nutrientes localizados no solo local e más práticas de

cultivo. Os fatores supracitados foram necessários para o desenvolvimento de técnicas de dessalinização de águas marítimas, uma vez que 70% (setenta por cento) da população vive em uma área de 70 (setenta) quilômetros de distância de mares e oceanos (EL-DESSOUKY; ETTOUNEY, 2002).

## **2.2. Dessalinização de Água**

Voutchkov (2013) afirma que a dessalinização é o processo de separação de soluto (sais) e solvente (água), com a finalidade tornar a água salobra (aquela com grande concentração de sais) em água doce e potável.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução CONAMA Nº 357, de março de 2005, águas com concentração de sais dissolvidos igual ou inferior a 500 mg/L (quinhentos miligramas por litro), ou 500 ppm (quinhentas partes por milhão) são consideradas águas doces. Concentrações superiores 500 mg/L (quinhentos miligramas por litro) iguais e inferiores a 30.000 mg/L (trinta mil miligramas por litro) são consideradas como salobras e águas com concentrações acima de 30.000 mg/L são consideradas salinas.

Segundo a Associação Internacional de Dessalinização (IDA), em 2015 havia 18.426 (dezoito mil quatrocentos e vinte e seis) plantas de dessalinização de água, instaladas em 150 (cento e cinquenta) países ao redor do mundo, que geraram mais de 86,8 (oitenta e seis vírgulas oito) milhões de metros cúbicos por dia, capazes de suprir as demandas diárias de mais de 300 (trezentos) milhões de pessoas. (IDA, 2015).

El-Dessouky e Ettouney (2002) afirmam que este tratamento de água marítima ou salobra tem se tornado uma fonte importante de água tratada para um grande número de comunidades. Países caribenhos, Ilhas Mediterrâneas e países localizados no Golfo têm utilizado isto para fornecer água de qualidade para sua população e indústrias através da instalação de plantas de dessalinização de água.

Estas plantas, segundo o Departamento de Energia Atômica da Índia (2010), podem ser compostas por 3 (três) tipos diferentes de dessalinização:

- A dessalinização térmica, que utiliza os princípios naturais de formação de chuva, por meio do aquecimento e, em seguida, condensação da água, convertendo-a em potável, geralmente empregada no tratamento de água marinha;

- A dessalinização por osmose reversa, mais abrangente que a anterior, podendo ser utilizada para água salobra, marítima e reutilização de água. Por meio desta, separam-se soluto e solvente, através do bombeamento de água a alta pressão, fazendo-a passar por membranas semipermeáveis de osmose reversa, que realizam a separação de água doce e água permeada e
- A dessalinização mista, que utiliza ambos métodos citados. A água aquecida na planta térmica e alimenta a planta de osmose reversa, participando dos dois tipos de dessalinização.

A seguir, serão mostrados 5 (cinco) métodos de dessalinização de água, que incluem processos térmicos, ou seja, aqueles que utilizam valor para “destilar a água salobra e, por consequência, obter água doce” (SOUZA, 2006) e processos através de membranas, nos quais a água salobra é separada da água doce por meio de membranas.

### 2.3. Processos Térmicos

Os processos térmicos de dessalinização de água, segundo informações dispostas no site da empresa israelita IDE Technologies “utilizam, basicamente, energia térmica (calor) para evaporar a água e, subsequentemente, a queda de temperatura para condensá-la novamente” (IDE, 2017).

De modo a ilustrar e resumir o processo geral de dessalinização por meio de processos térmicos, serão descritos os processos de: *Flash* de múltiplos estágios (do inglês “*Multi stage flash*”, ou MSF), compressão mecânica de vapor (do inglês “*Mechanical vapour compression*”, ou MVC) e congelamento direto.

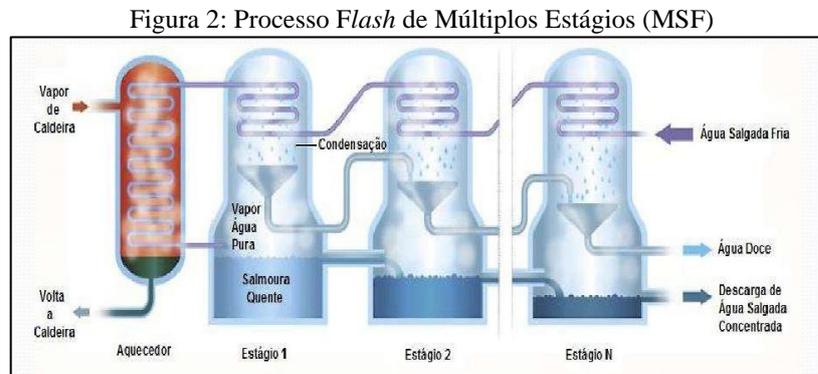
#### 2.3.1. *Flash* de Múltiplos Estágios (MSF)

O processo *flash* de múltiplos estágios (MSF), segundo Souza (2006), é feito por meio do aquecimento da água salobra em um recipiente destinado a este fim. Na sequência, a água aquecida segue a um outro recipiente (estágio), onde a pressão é tanta que faz com que a água ferva instantaneamente (*flash*), transformando-se em vapor que, por sua vez, tem uma composição livre de sais e é direcionado a condensadores de água, que precipitam a água tratada, por meio de tubos trocadores de calor.

O líquido que não foi vaporizado no primeiro estágio segue para o estágio seguinte, onde é reaquecido, entra em ebulição e, o vapor, em contato com o condensador, precipita água

doce novamente. A água não vaporizada, segue, então para um outro recipiente (estágio), fazendo com que o ciclo se repita até que a água concentrada seja descartada. (WABAG, 2017)

A figura 2 ilustra, graficamente, este processo de *Flash* de múltiplos estágios:



Fonte: Araújo (2010)

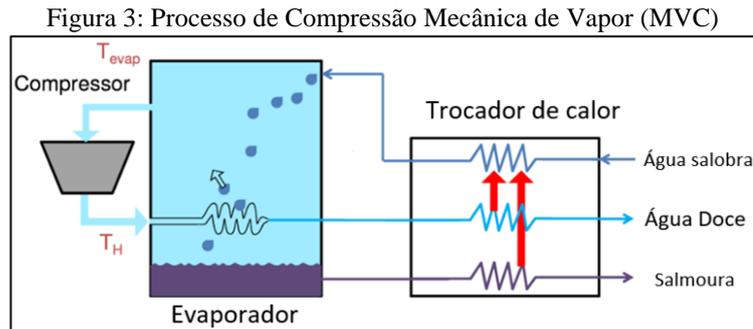
O MSF é aconselhado em casos em que há energia térmica disponível, como em complexos industriais que possuam caldeiras, por exemplo. Um problema citado pela companhia de tratamento de água WABAG, sobre este método de dessalinização, é a sua fragilidade em relação à corrosão dos componentes da planta. Para atenuar os efeitos, aconselha-se a utilização de encanamentos de titânio nos trocadores de calor (WABAG, 2017).

### 2.3.2. Compressão Mecânica de Vapor (MVC)

Assim como os métodos de destilação por processos térmicos, a destilação de água salobra ocorre pela evaporação de água tratada e reaquecimento da água com permeado (concentrada). Pela compressão mecânica, como o nome sugere, este aquecimento é realizado por meio da compressão do vapor em um compressor com motor elétrico ou a *diesel* (Souza, 2006).

Neste processo, a compressão do vapor gera energia necessária para o aquecimento e vaporização da água a ser dessalinizada e, de modo similar ao descrito no processo de *flash*, a água dissociada de sais é condensada e precipitada em um recipiente coletor.

Na figura 3, Warsinger *et al* (2015) ilustram graficamente o processo de dessalinização de água por compressão mecânica de vapor:



### 2.3.3. Congelamento Direto

De modo oposto ao apresentado nos dois métodos anteriores, o método do congelamento direto é feito, inicialmente, com a submissão do composto a ser dessalinizado (água salobra) a baixas temperaturas.

Para compreender este método, faz-se necessário saber que “o ponto de congelamento de qualquer substância pura é menor que o de sua solução” (ALMEIDA, 2016). Ou seja, a água salobra, por conter sais concentrados em sua composição, tem seu ponto de congelamento maior que o da água pura. Isso significa que, ao resfriar a água a ser tratada na dessalinização, à medida em que a temperatura da água vai reduzindo, o gelo é formado por água doce, restando água salobra no estado líquido.

Portanto, a primeira etapa do processo consiste na redução da temperatura do recipiente em que se encontra a solução a ser tratada, submetido à pressão de aproximadamente  $400 \text{ N/m}^2$  (Newton por metro quadrado). Isto faz com que a água salobra entre em ebulição, liberando o vapor. A remoção do calor gerado pela ebulição da água, implicará na formação dos cristais de gelo que, posteriormente, serão raspados, separando a água doce (congelada) da água concentrada. A água doce, em forma de gelo, é destinada ao “derretedor”, onde será derretida e resultará em água pura.

A seguir, serão apresentados os outros métodos de dessalinização de água, considerando os processos que separem a água permeada da água doce por meio de membranas.

## 2.4. Processos de dessalinização de água por meio de membrana

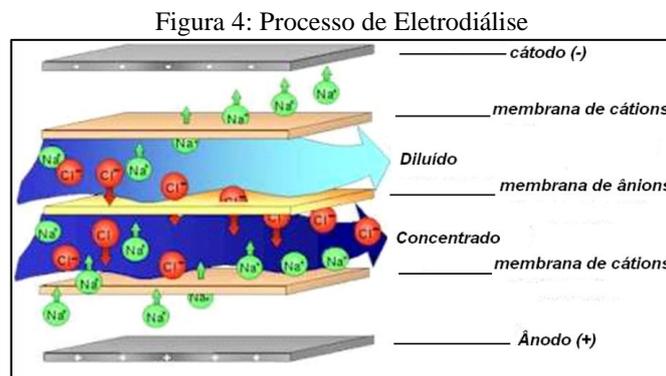
A utilização de membranas para dessalinizar água tem crescido nos últimos tempos. De modo geral, a água a ser tratada passa por membranas e estas são capazes de separar água

potável de água concentrada. A seguir, são dispostos dois processos de dessalinização que envolvem membranas: a eletrodialise e a osmose reversa.

### 2.4.1. Eletrodialise

O primeiro método a ser estudado é a eletrodialise. Seu princípio de funcionamento é dado por meio de um processo eletroquímico, o qual é realizado ao ligar uma fonte de corrente externa no recipiente com água a ser tratada.

A descarga elétrica faz com que os íons tendam a migrar a carga oposta, ou seja, os cátions se deslocam para os cátodos (polo negativo) e os ânions para os ânions (polo positivo). Deste modo, para que se tenha a saída de água pura, faz-se necessário o posicionamento de pares de membranas (uma que permita a passagem de cátions e outra que permita a passagem de ânions). Para ilustrar a explicação, a figura 4 dispõe a representação gráfica da eletrodialise:



Fonte: Rodrigues (2012)

O que se pode observar é que os cátions – representados pelo sódio ( $\text{Na}^+$ ) – são atraídos ao cátodo (-) e conseguem penetrar a membrana catódica, mas não a anódica, ficando retidos na faixa “concentrado”. Já os ânions – representados pelo cloro ( $\text{Cl}^-$ ) – são atraídos para o ânodo (+) e conseguem penetrar a membrana anódica, mas não a catódica, ficando retidos na faixa “concentrado”. Deste modo, os sais são retirados da água tratada e esta segue o fluxo como “doce”, ou diluído.

### 2.4.2. Osmose Reversa

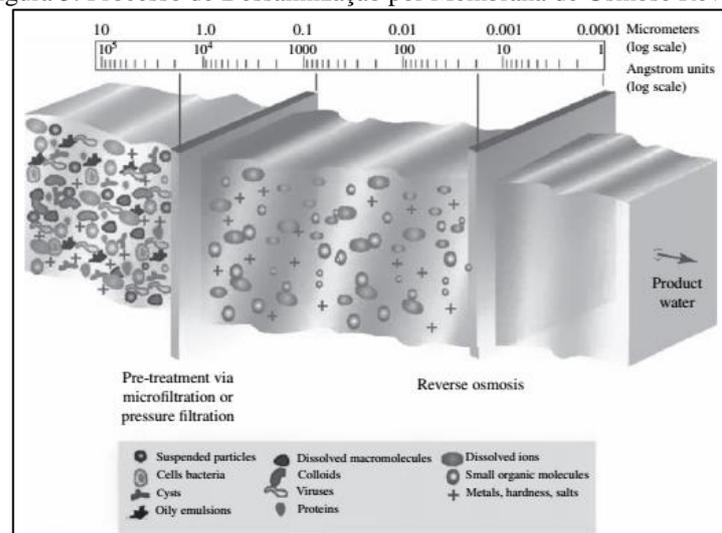
A dessalinização de água começou a ser praticada no início do século XIX, quando navios utilizavam o calor das caldeiras para realizar o processo. Sua produção por meio da ação

de osmose reversa, no entanto, iniciou-se nos anos 60 (sessenta) (EL-DESSOUKY; ETTOUNEY, 2002).

Dividida em três etapas, o processo de dessalinização de água por osmose reversa é constituído por três seções, são elas: seção de pré-tratamento de água, seção de membrana e seção de pós-tratamento (ÍNDIA, 2010).

A seção de pré-tratamento da água, segundo o Departamento de Energia Atômica da Índia consiste em filtrar partículas suspensas, micropartículas e compostos químicos presentes na água (ÍNDIA, 2010). Voutchkov (2013) explica, na figura 5, o processo de dessalinização por membrana e, em relação à seção de pré-tratamento, exemplifica algumas partículas retidas ao longo do processo. São elas: partículas suspensas, bactérias, coloides, vírus e proteínas, ou seja, elementos que possuem tamanho variando entre 1 (um) e 10 (dez) micrômetros. Para se ter dimensão, 1 (um) milímetro – tamanho aproximado de um cartão plástico similar aos utilizados por bancos – equivale a 1000 (mil) micrômetros.

Figura 5: Processo de Dessalinização por Membrana de Osmose Reversa



Fonte: Voutchkov (2013)

A seção de membrana consiste na passagem dos elementos remanescentes na água após seção de pré-tratamento, pela membrana semipermeável de osmose reversa. Esta possui este nome pois permite que a água passe por ela a uma taxa muito maior que a taxa em que outros elementos passam, fazendo, assim, sua purificação. Na seção de membrana, praticamente toda e qualquer partícula é eliminada da água, restando, portanto, água límpida. Exemplos de partículas filtradas na membrana são íons, metais e sais com tamanho de 1 (um) Angstrom – onde 10000 (dez mil) angstrom equivale a 1 (um) micrômetro (VOUTCHKOV, 2013).

Por fim, a água dessalinizada deve passar pela seção de pós-tratamento, à qual consiste na correção de pH e tratamento com cloro para atender os padrões definidos por autoridade responsáveis (ÍNDIA, 2010).

Uma vez compreendidos os problemas enfrentados pela falta de água e sua perspectiva para o futuro, bem como métodos alternativos para fornecimento de água (dessalinização), em especial, a dessalinização por osmose reversa, faz-se necessário avançar o estudo acerca da análise de viabilidade de investimentos.

### **3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E INVESTIMENTOS**

Este capítulo tem o objetivo de apresentar conceitos de Engenharia Econômica, esta que “é essencial para a avaliação de investimentos e finanças”, uma vez que, uma opção assertiva por um investimento “depende pesadamente das ferramentas da engenharia econômica” (MOTTA *et. al.*, 2009).

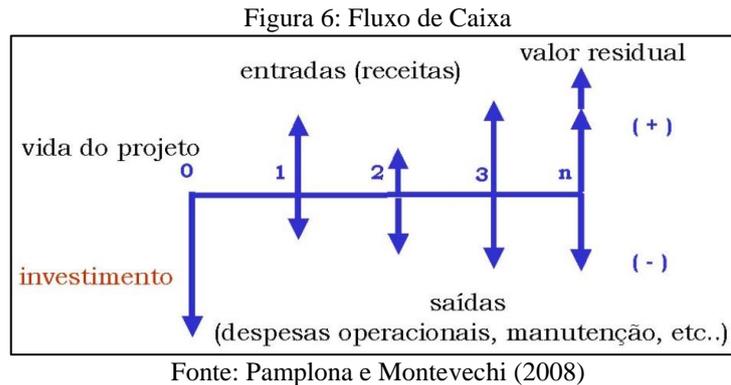
Primeiramente, são apresentados conceitos de fluxo de caixa, que representa as entradas e saídas de valores monetários ao longo do tempo. (HIRSCHFELD, 2009). Na sequência, serão expostos conceitos de estimação de fluxos de caixa futuro, em termos de saídas de caixa (investimentos, custos operacionais, entre outros) e entradas de caixa (receitas operacionais, por exemplo), considerando alguma taxa para que se avalie o fluxo, atualizados a valores presentes ou futuros.

Por fim, são tratados os métodos de avaliação de fluxos de caixa e investimentos comumente empregados para tais fins. Por meio deles, busca-se determinar se um empreendimento é ou não viável.

#### **3.1. Fluxo de Caixa**

Um “fluxo de caixa é um procedimento estruturado para se poder avaliar a viabilidade de investimentos”. (MOTTA *et al.*, 2009, p 121). Blank e Tarquin (2012) acrescentam que estes representam quantias de dinheiro observadas em um projeto executado ou projetada para a execução de um investimento, considerando a sua duração em um intervalo de tempo específico, como meses, semestres e anos.

Este é composto por “entradas de fluxo” e “saídas de fluxo”. O primeiro é constituído de elementos que somam positivamente o no fluxo de caixa, como receitas e economias geradas por aquele projeto ou atividade. O segundo é feito pelas movimentações negativas no fluxo, como investimentos e custos operacionais. (BLANK; TARQUIN, 2012). Pamplona e Montevechi (2006) utilizam-se de uma representação gráfica, conforme figura 6, para melhor ilustrar um fluxo de caixa.



No fluxo de caixa representado graficamente, na figura 6, as entradas são representadas por vetores apontados para cima e as saídas por vetores apontados para baixo.

### 3.2. Estimativa de fluxos de caixa futuros

Para Bruni e Famá (2007), a primeira etapa para a análise de investimentos consiste em definir o horizonte de tempo de projeção do fluxo que, em geral, é a vida útil do ativo em questão. Isto significa, por exemplo, que se um empreendimento tem vida útil de 3 (três) anos, o horizonte de tempo deve ser de 3 (três) anos. Além disso, os autores comentam acerca dos três principais elementos para a construção do fluxo de caixa. São eles: o investimento inicial, os fluxos de caixa incrementais ao longo do horizonte de análise e o valor residual do bem.

Entende-se por investimento o comprometimento de recursos financeiros que visam retorno futuro ou que são convertidos em bens de capital utilizados no processo produtivo (CORREIA NETO, 2009). Investimento inicial é conceituado como sendo o desembolso feito para adquirir, transportar e instalar o bem a ser adquirido. Um exemplo de investimento é a aquisição de um galpão ou de um veículo por parte de uma empresa de Logística.

Para os autores citados, fluxo de caixa pode ser definido como o volume de recursos inseridos ou retirados do investimento ao longo dos anos. No que tange fluxos de caixas incrementais, Bruni e Famá (2007) os definem como alterações, provenientes de um investimento, do fluxo de caixa da empresa.

O valor residual, último elemento citado pelos autores, diz respeito ao quão valioso seria o bem ao final do horizonte de análise do investimento. Para tanto, devem ser consideradas a taxa de depreciação do equipamento – isto é a taxa em que este perde capacidade econômica, em detrimento da perda de capacidade produtiva, obsolescência tecnológica, entre outros - bem como a implicação de impostos ou fluxo de caixa para se desfazer do bem a ser substituído. Em outras palavras, o valor residual pode ser definido como o valor de venda de um ativo ao final

de sua vida útil. No exemplo de um caminhão comprado por R\$ 100.000,00 (cem mil reais), ao final de sua vida útil de 20 (vinte) anos, por exemplo, este poderia ser vendido a um valor de R\$ 30.000,00 (trinta mil reais). Os outros R\$ 70.000,00 seriam “perdas” pela depreciação do equipamento.

Para se ter uma análise do fluxo de caixa, Hirshfeld (2009) ressalta a importância da determinação da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), um fator fundamental para auxiliar na comparação de valores projetados no futuro e seu valor atualizado caso este fosse feito no presente.

### **3.3. Taxa Mínima de Atratividade (TMA)**

Essa representa a taxa de juros em que se deseja analisar o fluxo de caixa ao determinar os valores presentes ou futuros do fluxo. O valor presente representa o quanto certa quantia de dinheiro aplicada ou projetada em períodos posteriores valeria hoje, dada uma certa taxa de juros.

A TMA deve representar, então, o valor mínimo que o investimento tem que render para que este seja considerado viável. No Brasil, por exemplo, para pessoa física, pode-se utilizar a rentabilidade da caderneta de poupança. Ou seja, um investimento que tenha taxa de retorno menor que a rentabilidade da poupança não pode ser aceito. Já para empresas, esta determinação pode depender de fatores como prazo e estratégia da empresa. (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2008).

Uma vez com estes conceitos compreendidos, os próximos tópicos visam a melhor compreensão de métodos de análise de investimentos.

### **3.4. Métodos quantitativos de análise de investimentos**

Uma vez compreendidos conceitos referentes à elaboração de fluxos de caixa, pode-se avançar os estudos e explicar melhor acerca de como se pode analisar estes fluxos. Comumente, utilizam-se três métodos para estudos de viabilidade. São eles: o *playback* descontado, a análise do Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

### 3.4.1. *Payback* descontado

Por *payback* descontado, entende-se o tempo necessário para que um investimento seja recuperado pela sua geração de caixa, considerando o custo do capital, ou seja, para o seu cálculo, é necessário converter um valor futuro (VF) do fluxo de caixa em valor presente (VP).

Por exemplo, ao se utilizar uma taxa mínima de atratividade de 10% a.a. (dez por cento ao ano) em uma aplicação única de R\$ 100,00 (cem reais), esta, após este período, teria o valor presente de R\$ 110,00 (cento e dez reais). Ou seja, R\$ 100,00 (cem reais) hoje, equivale a R\$ 110,00 (cento e dez reais) em um ano, ao se utilizar uma taxa de 10% a.a. (dez por cento ao ano). Bruni e Famá (2007) mostram o cálculo do valor presente da seguinte maneira:

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (1)$$

$$VP = \frac{R\$ 110,00 \text{ (valor ao final do ano)}}{(1+10\%)^1} \quad (2)$$

$$VP = R\$ 100,00 \quad (3)$$

Onde  $i$  é a taxa mínima de atratividade referente ao período de análise  $n$  representa o número de períodos em que o valor futuro se encontra, ou seja, ao final do período 1 (um), substituir-se-á  $n$  por 1 (um) e assim sucessivamente.

Para o cálculo do período em que se espera ter o retorno do investimento, trazem-se os fluxos de caixa para o valor presente e, em seguida, encontra-se o momento em que há a inversão no sinal do saldo do investimento. O quadro 1 ilustra um investimento que tenha desembolso inicial de R\$ 50,00 (cinquenta reais) e este equipamento produza fluxos positivos anuais de R\$ 20,00 (vinte reais), a uma taxa de juros de 25% (vinte e cinco por cento) ao ano.

Quadro 1: Método *Payback* descontado

Ano	Fluxo de Caixa	Valor presente do fluxo de caixa	Saldo do investimento a valor presente
0	-R\$ 50,00	-R\$ 50,00	
1	R\$ 20,00	R\$ 16,00	-R\$ 34,00
2	R\$ 20,00	R\$ 12,80	-R\$ 21,20
3	R\$ 20,00	R\$ 10,24	-R\$ 10,96
4	R\$ 20,00	R\$ 8,19	-R\$ 2,77
5	R\$ 20,00	R\$ 6,55	R\$ 3,79
6	R\$ 20,00	R\$ 5,24	R\$ 9,03

Fonte: Adaptado de Bruni e Famá (2007)

Conclui-se, portanto, que o tempo necessário para o investimento gerar retorno é de cerca de 4 (quatro) anos. Pode-se, entretanto, para simplificar, ser mais direto e calcular o prazo exato em que ocorre a inversão de sinal no Saldo, da seguinte maneira:

$$PBd = N - 1 + \left( \frac{VP_N - VP_{Saldo}}{VP_{FCN}} \right) \quad (4)$$

Onde N representa o período em que ocorre a inversão de sinal,  $VP_N$  é o Valor Presente do fluxo de caixa no período N e  $VP_{Saldo}$  significa o valor presente do saldo no período N. Deste modo:

$$PBd = 5 - 1 + \left( \frac{6,55 - 3,79}{6,55} \right) = 5,42 \text{ anos} \sim 5 \text{ anos e 5 meses} \quad (5)$$

Deste modo, o método apresentado orienta os investidores sobre quão rápido ou lento será a recuperação do investimento realizado na aquisição de um equipamento, implantação de um software ou execução de um projeto, por exemplo.

Casarotto Filho e Kopittke (2008) ressaltam que o método do *payback* descontado se resume a mensurar o prazo de recuperação do investimento e não da rentabilidade do empreendimento, de modo, também, que se corre o risco de ter a “aceitação de projetos mais curtos com menor rentabilidade em detrimento de projetos mais longos e rentáveis”.

### 3.4.2. Valor Presente Líquido (VPL)

Correia Neto (2009) conceitua o Valor Presente Líquido (VPL) como a soma de todos os fluxos financeiros do projeto trazidos a valor presente, de acordo com alguma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que pode ser a inflação ou a SELIC, por exemplo, ou ainda o retorno de algum investimento em títulos e capitalizações. Quando o valor desta soma é positivo, o resultado é considerado aceitável. Caso este seja inferior a zero, implica em um projeto que não deve ser aceito, uma vez que, à Taxa Mínima de Atratividade, este investimento se mostra menos rentável. Seu cálculo pode ser dado da seguinte maneira:

$$VPL = \sum_{n=0}^t \frac{FCn}{(1+i)^n} \quad (6)$$

Onde FCn representa o fluxo de caixa no período “n” e “i” apresenta a Taxa Mínima de Atratividade.

Tanto Bruni e Famá (2007) quanto Correia Neto (2009), citam o método como uma boa alternativa para analisar a viabilidade econômica de um projeto, uma vez que este apresenta, em termos monetários, o quanto que a opção em questão gerará, ao longo do período de análise, em valores atuais.

No exemplo citado para a ilustração do *payback* descontado, o investimento também seria aceito, uma vez que o VPL seria maior que zero ao final do prazo de avaliação do investimento. Este pode ser calculado da seguinte maneira:

$$VPL = -50,00 + 16,00 + 12,80 + 10,24 + 8,19 + 6,55 + 5,24 \quad (7)$$

$$VPL = 9,03 > 0 \quad (8)$$

Casarotto Filho e Kopittke (2008) apresentam, entretanto, algumas desvantagens a respeito da aplicação do método. Para os autores, primeiramente há a necessidade da determinação do custo de capital, isto é uma taxa estipulada para determinar a remuneração mensal do fluxo de caixa. Definir esta taxa é muitas vezes feita de modo subjetivo. Em segundo lugar, a resposta do VPL pode causar dúvida na tomada de decisão. O exemplo citado é o questionamento “se é melhor investir \$ 100,00 para a obtenção de um VPL de R\$ 5,00 (cinco reais) ou investir \$ 10,00 (dez reais) para um VPL de \$ 3,00 (três reais) ”.

### 3.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Entende-se por Taxa Interna de Retorno a representação do custo de capital que torna o VPL nulo (BRUNI; FAMÁ, 2007). Neste caso, substitui-se o valor da taxa adotada no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) pela Taxa Interna de Retorno (TIR), iguala a equação a zero e a resolve, calculando o valor da TIR.

Para a tomada de decisão acerca da aceitação ou não da alternativa, os autores destacam que se a TIR for maior que o custo do capital do projeto, este deve ser aceito (BRUNI; FAMÁ, 2007).

É importante ainda comparar a TIR com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), pois, embora a primeira seja positiva, em caso de ser menor que a TMA, o projeto já não se torna mais tão atrativo para quem está investindo (PAMPLONA; MONTEVECHI, 2006).

O cálculo da Taxa Interna de Retorno para o exemplo que tem sido utilizado ao longo deste capítulo pode ser mostrado a seguir:

$$TIR = VPL = \sum_{n=0}^t \frac{FCn}{(1+i)^n} = 0 \quad (9)$$

$$TIR = -50 + \frac{20}{(1+i)^1} + \frac{20}{(1+i)^2} + \frac{20}{(1+i)^3} + \frac{20}{(1+i)^4} + \frac{20}{(1+i)^5} + \frac{20}{(1+i)^6} = 0 \quad (10)$$

$$TIR = 0,3266 = 32,66\% > 25\% \quad (11)$$

Como a Taxa Interna de Retorno é maior que zero e também maior que a Taxa Mínima de Atratividade – 25% a.a. (vinte e cinco por cento ao ano) – o projeto deve ser aceito, pois, segundo a metodologia, sua remuneração é maior do que o estabelecido como critério mínimo pelos investidores.

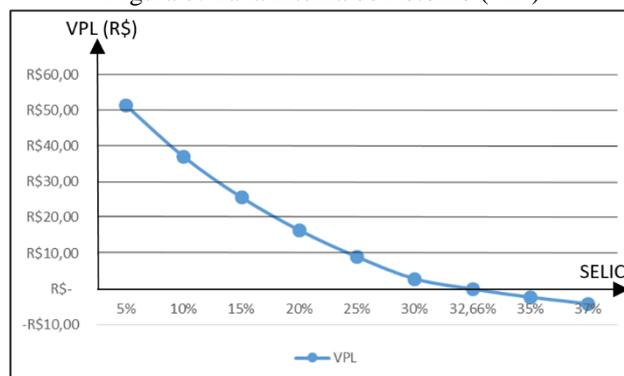
Para facilitar a compreensão acerca da Taxa Interna de Retorno, calcular-se-ão os VPL's do investimento considerando diversas Taxas Mínimas de Atratividade (K) e, em seguida, os resultados serão dispostos no quadro 2 e plotados na figura 7.

Quadro 2: Taxa Interna de Retorno (TIR)

K	5%	10%	15%	20%	25%	30%	32,66%	35%	37%
VPL	R\$51,51	R\$37,11	R\$25,69	R\$16,51	R\$ 9,03	R\$ 2,85	R\$ 0,00	-R\$ 2,30	-R\$ 4,12

Fonte: Elaboração Própria

Figura 7: Taxa Interna de Retorno (TIR)



Fonte: Elaboração Própria

O que se pode observar é que para valores de K inferiores a 32,66% (trinta e dois vírgula sessenta e seis), o VPL seria positivo. Já para os valores acima, o Valor Presente Líquido do investimento seria negativo. Portanto, a TIR é este termo no qual o VPL é zerado.

Motta e Calôba (2002) alertam que a TIR não deve ser utilizada como único critério para a análise de um investimento. Casarotto Filho e Kopittke (2008) adicionam que a análise de um investimento pelo método exposto se torna tão mais difícil quanto mais inversões de sinais apresentam o fluxo de caixa.

## **4. METODOLOGIA DO ESTUDO**

Este capítulo é dividido em duas partes: a primeira é destinada a definir a metodologia da pesquisa, fundamentada em consulta à literatura específica para este fim. Já a segunda visa sugerir um método para compreender a problemática, propor solução e avaliar sua efetividade.

### **4.1. Metodologia da pesquisa**

Este tópico é destinado a caracterizar o presente estudo sobre a viabilidade de instalação de um dessalinizador de água por osmose reversa, em relação aos seus propósitos, natureza dos resultados e os procedimentos técnicos empregados.

Primeiramente, em relação aos propósitos, a metodologia pode ser caracterizada como pesquisa exploratória, uma vez que é desenvolvida “[...] com o objetivo de proporcionar a compreensão inicial de um problema pouco explorado, amplo e desconhecido”. Além disso, ela “[...] revela uma tentativa de determinar se certo fenômeno (neste caso, a viabilidade do equipamento) ocorre ou não”. (GIL, 2010)

Isto se encaixa nos objetivos da pesquisa, estes que, por sua vez, têm como alvo saber se é viável ou não, do ponto de vista financeiro, a implantação de um dessalinizador de água na região do sertão central do Ceará, mais especificamente no Município de Quixeramobim/CE, em comparação a outro método de fornecimento de água.

Em segundo lugar, conforme as definições expostas por Ganga (2012), a natureza dos resultados deste trabalho pode ser enquadrada na classificação de pesquisa aplicada, uma vez que esta é elaborada de modo a “[...] gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos e [...] envolve verdades e interesses locais com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem” (GANGA, 2012).

Tal definição pode ser encontrada ao longo da pesquisa, uma vez que se passa no estado do Ceará e busca a solução de um problema específico vivido pelos habitantes do sertão central: a seca.

Em relação aos procedimentos técnicos empregados, o estudo pode ser classificado como estudo de caso, uma vez que a pesquisa é “[...] baseada em evidências qualitativas e quantitativas que investigam um fenômeno contemporâneo inserido no contexto de vida real”.

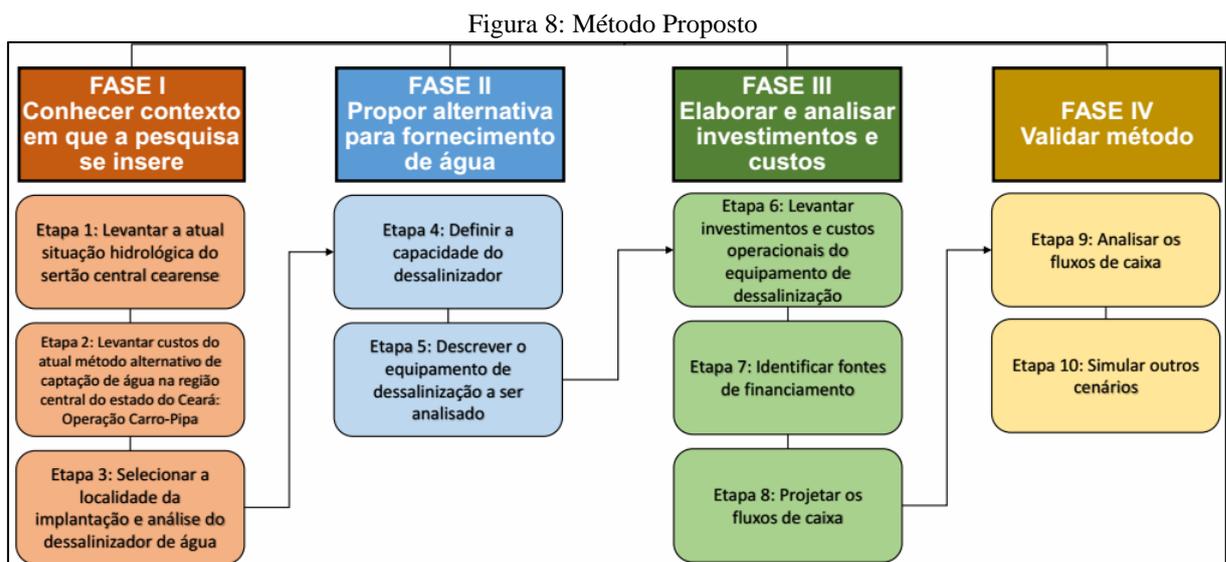
Além disso, este tipo de procedimento a boa compreensão de questionamentos como “o quê? por quê? e como?” (GANGA, 2012).

No caso, o presente estudo visa mostrar evidências quantitativas se é ou não viável a implantação de uma máquina dessalinizadora de água, bem como se é possível salientar aspectos qualitativos na pesquisa, como, por exemplo, a melhoria na qualidade de vida que os moradores podem ter, posto que não terão mais que esperar pela vinda de carros-pipas, já que terão um equipamento que forneça água própria para consumo em sua comunidade.

#### 4.2. Método proposto

O presente estudo é segmentado em 10 (dez) etapas, com o objetivo de criar uma sequência lógica para a apresentação do mesmo, onde serão discorridos sobre estudos prévios acerca da compreensão da dimensão do problema vivido pelos moradores, bem como a proposição e avaliação de uma solução que possa atenuar a situação de escassez da água.

Estas 10 (dez) etapas são contempladas em 4 (quatro) fases, nas quais a primeira fase tem o objetivo de conhecer o contexto em que a pesquisa se insere. A segunda fase visa propor a alternativa para o fornecimento de água. A terceira busca elaborar e analisar investimentos e custos do projeto e, por fim, a quarta fase é destinada a validar o método. A figura 8 ilustra estas 4 (quatro) fases graficamente:



Fonte: Elaborado pelo autor

A primeira etapa é destinada a levantar a atual situação hidrológica do sertão central cearense, na qual, por meio de pesquisas e investigações, se buscará maior compreensão das

condições em que vivem a população da região em estudo, incluindo o histórico da seca e perfurações de poços profundos em comunidades rurais vizinhas.

A segunda etapa visa levantar os custos do atual método alternativo de captação de água na região central do estado do Ceará: a operação carro-pipa, que objetiva detalhar como a distribuição é feita, nos dias atuais, na região em termos de duas opções de abastecimento aplicadas na região: abastecimento convencional por adutoras e a operação carro-pipa, uma iniciativa do Exército Nacional em parceria com órgãos públicos, bem como o quanto é gasto nas comunidades que cercam o município de Quixeramobim para a captação de água tanto para consumo próprio, quanto para atividades que geram renda para a população.

A terceira etapa do estudo tem como objetivo selecionar a localidade da implantação e análise do dessalinizador de água que será escolhida dentre os distritos do município de Quixeramobim, levando em consideração que essas comunidades estão inseridas dentro da operação carro-pipa.

A quarta etapa busca definir a capacidade do dessalinizador que é objeto de estudo desta pesquisa, com base em informações sobre as necessidades diárias de água recomendadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), bem como a quantidade de pessoas que habitam na rota do caminhão-pipa que passa pela localidade. Uma vez definido o volume de água necessário por dia para aquela população, será calculado o volume de tratamento de água necessário por hora, considerando a quantidade de horas que se pretende que o equipamento funcione diariamente a fim de se chegar à capacidade do equipamento dessalinizador e a especificação de seus componentes a serem estudados.

A quinta etapa visa descrever o equipamento, ou seja, definir os componentes hidráulicos, mecânicos e elétricos do dessalinizador, bem como seu funcionamento para atender as necessidades da população previamente selecionada na etapa 3 (três).

A sexta etapa é proposta com o objetivo de levantar os investimentos e os custos operacionais oriundos do equipamento de dessalinização em estudo, uma vez tendo definido seus componentes e sua capacidade de geração de água tratada – em litros por hora – abordando, especialmente os desembolsos para aquisição e manutenção do mesmo.

A sétima etapa envolve possíveis fontes de financiamento que órgãos públicos, comunidade e até mesmo empresários, agricultores ou pecuaristas têm para adquirir e construir uma planta de dessalinização em seu território.

A oitava etapa tem como objetivo projetar os fluxos de caixa do equipamento definido como objeto de estudo (dessalinizador de água por membrana semipermeável de

osmose reversa), bem como projetar o fluxo de caixa da operação carro-pipa hoje vigente na região, com o fim de fornecer insumos suficientes para a análise e comparação dos mesmos.

A nona etapa é destinada a analisar os fluxos de caixa definidos na etapa anterior, com base nos métodos de análise discutidos no capítulo 3 (três), de modo a determinar qual a opção mais viável financeiramente.

A décima etapa é destinada a simular cenários para analisar a viabilidade do equipamento, de acordo com variações em parâmetros selecionados.

#### **4.2.1. Etapa 1 – Levantar a atual situação hidrológica do sertão central cearense**

A primeira etapa do método proposto consiste na realização de um estudo sobre a atual situação hidrológica da região do sertão central, mais especificadamente, o município de Quixeramobim e áreas adjacentes, que são os locais-alvo da pesquisa.

Além da análise histórica de precipitação na região, é necessário entender em que nível se encontram os reservatórios naturais de água (açudes e rios), bem como artificiais (poços profundos), identificando tanto os que fornecem água doce quanto os que fornecem água salobra. A compreensão deste cenário ajuda a ressaltar a importância do estudo, bem como visualizar a necessidade em buscar meios eficientes e eficazes de fornecer água àqueles que possuem acesso restrito à mesma. Para o levantamento destas informações, pode-se recorrer a jornais, noticiários, e órgãos públicos.

Ao final desta etapa, espera-se:

- a) Identificar o volume histórico de precipitação anual na região do sertão central cearense;
- b) Levantar o nível de água dos principais reservatórios da região e
- c) Mapear poços profundos e a qualidade de suas águas.

#### **4.2.2. Etapa 2 – Levantar custos do atual método alternativo de captação de água na região central do estado do Ceará: Operação Carro-Pipa**

Uma vez conhecido o histórico pluviométrico, os níveis dos reservatórios naturais, a quantidade de poços profundos em operação, incluindo suas respectivas vazões, e qualidade da água fornecida, pode-se avançar para a segunda etapa do estudo.

Esta, por sua vez, tem como principal intuito esclarecer como as comunidades abordadas neste estudo são abastecidas de água, incluindo a definição do quão oneroso tal

processo pode ser, do ponto de vista financeiro, para órgãos públicos, e, do ponto de vista social da população.

É importante conhecer, com certo nível de detalhe, como o processo atual é feito, a fim de que a coleta de dados forneça importantes informações para outras etapas a serem realizadas posteriormente. Além disso, durante a execução desta etapa já é possível ter uma percepção prévia do volume monetário gasto mensalmente com programas de abastecimento de água.

Uma vez compreendidas tais ações, almeja-se:

- a) Mapear métodos de captação e distribuição de água nos períodos de seca;
- b) Levantar os custos dos programas destinados a fornecer água às comunidades adjacentes

#### **4.2.3. Etapa 3 – Selecionar a localidade da implantação e análise do dessalinizador de água**

Com base nos dados coletados e analisados na segunda etapa, uma das localidades atendidas pela operação carro-pipa é selecionada para que se analise, do ponto de vista financeiro, a viabilidade da implantação de um dessalinizador de água.

Para tanto, a escolha é baseada em dois modos: qualitativo e quantitativo, levando em conta aspectos como o número de pessoas atendidas naquela região, volume de água levado e o gasto mensal com a operação carro-pipa, por exemplo.

Ao final desta etapa, espera-se definir uma comunidade do município de Quixeramobim/CE como localidade-alvo para estudar a viabilidade financeira do equipamento de dessalinização.

#### **4.2.4. Etapa 4 – Definir a capacidade do dessalinizador**

Escolhida a localidade, deve-se verificar qual a demanda por água nesta região, para que se possa planejar um equipamento de dessalinização por osmose reversa que atenda às necessidades da população residente, com base em parâmetros definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em relação ao volume de água diário requerido para que uma pessoa tenha melhor qualidade de vida. A partir disto, será verificada a quantidade de horas que se espera que o equipamento de dessalinização por osmose reversa funcione.

Para tanto, existem documentos disponibilizados pela OMS, que definem as quantidades de água requeridas por dia e por pessoa, de acordo com a atividade desempenhada, tendo em vista 3 (três) grupos básicos: requerimentos mínimos de sobrevivência de curto prazo (alimentação e hidratação), requerimentos de médio prazo (higiene, pequenos cultivos e necessidades sanitárias) e requerimentos de longo prazo (criações, plantações e recreação) (OMS, 2013).

Após a definição de qual dos três grupos de requerimentos o equipamento deverá possuir para atender a população, deve-se dimensionar o dessalinizador, levando em consideração a capacidade de bombeamento do motor e a quantidade de membranas semipermeáveis necessárias para o tratamento mais eficiente da água. Tais informações podem ser obtidas em consultas junto aos fabricantes destes componentes. Além disso, é necessário observar a qual carga de trabalho a máquina ficará exposta diariamente para fornecer o volume requerido pela comunidade.

Ao final desta etapa, espera-se:

- a) Definir a demanda diária de água na região selecionada;
- b) Dimensionar capacidade necessária de produção da máquina de dessalinização por osmose reversa, a ser estudada.

#### **4.2.5. Etapa 5 – Descrever o equipamento de dessalinização a ser analisado**

Uma vez dimensionada a capacidade do equipamento em estudo, esta etapa se destina a descrever, de maneira mais profunda, a estrutura da máquina e de seus componentes (estruturais, mecânicos, elétricos e eletrônicos).

Os componentes estruturais são aqueles utilizados para a circulação dos fluidos do sistema (como tubos e conexões de PVC, e vasos de pressão), sustentação do equipamento (como gabinete), elementos estéticos (como carcaça de elementos filtrantes) e de mensuração do desempenho do equipamento (como manômetros e rotâmetros).

Os componentes mecânicos aqui descritos, referem-se a porcas, parafusos e arruelas, ou seja, elementos de fixação de material, bem como o conjunto moto-bomba (eletromecânico) responsáveis pela sucção da água do poço e transferência da mesma, a alta pressão, para as membranas semipermeáveis, onde ocorrerá o processo de dessalinização por osmose reversa.

Os componentes elétricos são aqueles com função de acionar ou desligar o equipamento, disjuntores de segurança, entre fiação e tomadas utilizadas para transferir energia elétrica para o funcionamento do sistema.

Por fim, os componentes eletrônicos são designados a automatizar o fornecimento de água para a população assistida, com o auxílio da tecnologia RFID (identificação por rádio frequência) e o despejamento seletivo de água.

Ao final desta etapa, espera-se levantar os componentes necessários para a construção de um equipamento de dessalinização por osmose reversa que atenda a demanda diária de água da população da comunidade selecionada.

#### **4.2.6. Etapa 6 – Levantar investimentos e custos operacionais do equipamento de dessalinização**

Com o equipamento definido e descrito para atender a necessidade de água da localidade escolhida anteriormente, julga-se importante verificar quais investimentos devem ser feitos pela parte que deseja adquirir o equipamento, levando em conta a perfuração de poço profundo (caso a localidade não possua), aquisição do dessalinizador (incluindo todos os seus componentes estruturais, mecânicos, elétricos e eletrônicos) e instalação da máquina na área planejada.

Além disso, faz-se necessário definir os custos de manutenção do equipamento, para que este trabalho, de maneira adequada, durante quantidade necessária de horas para suprir a demanda de água. Estes custos são dados em termos de energia elétrica, reposição de componentes e reparos na máquina e podem ser extraídos de manuais e fichas técnicas dos fabricantes dos componentes, avaliando a potência da bomba e motor, a quantidade de horas que está funcionando diariamente, bem como a capacidade máxima de filtragem de água das membranas semipermeáveis.

Ao final desta etapa, espera-se:

- a) Levantar o investimento inicial de cada equipamento;
- b) Determinar a vida útil dos equipamentos (e seus componentes)
- c) Mensurar os custos operacionais dos equipamentos.

#### **4.2.7. Etapa 7 – Identificar fontes de financiamento**

Após levantar os investimentos necessários para a aquisição e instalação do equipamento, deve-se pesquisar e analisar as fontes de financiamento para disponibilizar o equipamento para a comunidade.

Este estudo é feito através do contato juntamente com a órgãos públicos, uma vez que equipamentos similares já foram adquiridos e implantados, bem como analisando programas de financiamento de bancos.

Estes dados são fundamentais para a próxima etapa, quando serão projetados os fluxos de caixa dos equipamentos, bem como o fluxo de caixa do método atual de fornecimento de água.

Ao final desta etapa, espera-se encontrar fontes de financiamento para a instalação de dessalinizadores.

#### **4.2.8. Etapa 8 – Projetar os fluxos de caixa**

De posse das informações de capacidade e modelo da máquina de dessalinização, dos investimentos necessários para sua aquisição e instalação, munidos de dados referentes à sua vida útil e custos operacionais, inicia-se a etapa 8 (oito), um dos cerne da presente pesquisa.

Para que esta etapa seja executada, todas as informações das etapas anteriores serão compiladas e, então, os fluxos de caixa futuro são definidos e comparados em relação ao abastecimento de água por meio de carros pipas, para, então, fornecer informações suficientes para a análise e o resultado sobre a viabilidade dos investimentos.

Ao final desta etapa, espera-se:

- a) Projetar os fluxos de caixa dos dessalinizadores em estudo;
- b) Levantar os fluxos de caixa do método atual de fornecimento de água à comunidade;

#### **4.2.9. Etapa 9 – Analisar os fluxos de caixa**

Com os fluxos de caixa projetados, esta etapa é iniciada com o intuito de avaliar as alternativas propostas e descobrir se são viáveis, do ponto de vista financeiro, aos órgãos públicos que financiam a operação carro-pipa.

Tal estudo será baseado em 3 (três) métodos de análise de investimento: o método do *payback* descontado, o método do valor presente (VPL) e o método da taxa interna de retorno (TIR).

O método do *payback* descontado, baseado nas informações apresentadas no item 3.2.1 do capítulo 3, os fluxos de caixa plotados serão analisados quanto ao seu retorno financeiro para aquele que faz o investimento. Pretende-se descobrir se há e em quanto tempo o valor investido é retornado, considerando a taxa mínima de atratividade (TMA) para o cálculo dos valores no presente.

Já o método do valor presente líquido (VPL), aplicando os conceitos expostos no item 3.2.2 do capítulo 3, almeja-se conhecer, em valores atuais, o quanto que este investimento gerará para aquele que está optando pelo desembolso. Para tal cálculo, os valores projetados no fluxo de caixa são trazidos ao valor presente – ou seja, o quanto os valores projetados em um período “n” valem hoje – e, então, encontra-se o VPL.

Por fim, o método da taxa interna de retorno (TIR), com base nos conceitos apresentados no item 3.2.3 do capítulo 3, o centro deste tópico é encontrar qual a taxa de retorno em que o VPL do investimento será nulo. Esta taxa indicará também se o retorno esperado ocorre a uma taxa superior ou inferior à TMA. Como citado no terceiro capítulo, se a TIR for maior que a TMA, o projeto deve ser aceito. Caso contrário, rejeitado.

Ao final desta etapa se espera:

- a) Calcular o *payback* descontado, caso exista, do investimento realizado;
- b) Definir o valor presente líquido do investimento em estudo;
- c) Calcular a taxa interna de retorno da máquina projetada para fornecer água doce à população.

#### **4.2.10. Etapa 10 – Simular outros cenários**

Com base nas análises e fluxos de caixa feitos em etapas anteriores, tendo em vista que o horizonte de tempo de análise é de longo prazo, podem-se simular cenários para analisar como a mudança de variáveis afeta a viabilidade e os fluxos de caixa do projeto.

Os parâmetros a serem selecionados, são 2 (dois) que contribuem diretamente nos fluxos de caixa. São eles: a taxa mínima de atratividade (TMA) que, neste estudo será a SELIC e a tarifa cobrada por órgãos responsáveis pelo tratamento e destinação correta de água e esgoto.

Ao final desta etapa, almeja-se:

- a) Analisar a viabilidade dos três cenários propostos (pessimista, realista e otimista) em relação à mudança na taxa SELIC e
- b) Analisar a viabilidade dos três cenários propostos (pessimista, realista e otimista) em relação à mudança na tarifa de coleta e destinação de água e esgoto.

#### **4.2.11. Considerações**

Conforme explicitado, este capítulo mostra como se pretende conduzir o estudo e como este está estruturado em termos de metodologia e, uma vez tendo balizados os conceitos a serem aplicados e como serão conduzidos os estudos, deve-se aplicar o método proposto.



(cinco vírgula quatro por cento) de suas capacidades volumétricas no dia da coleta. No final do mês de maio de 2017, considerado como o final da quadra chuvosa do estado, estes mesmos reservatórios apresentavam volumes iguais a 1,7% (um vírgula sete por cento), 1,4% (um vírgula quatro por cento) e 4,7% (quatro vírgula sete por cento), respectivamente, o que mostra que a seca é um fator intrínseco à região.

Acerca do reservatório de Banabuiú, um dos principais reservatórios do estado, observa-se, na figura 10, que, desde 2012, ele não atinge sua capacidade máxima. Do contrário, o que se capta é que seu volume vem caindo constantemente ao longo dos últimos 6 (seis) anos, atingindo o volume de 10,43 hm<sup>3</sup> (dez vírgula quarenta e três por cento) em abril de 2017.



Fonte: FUNCEME (2017)

Diante de um cenário calamitoso, vê-se necessária a captação e o abastecimento de água por fontes alternativas. Dentre elas, encontram-se a perfuração de poços profundos, o transporte de água de outros reservatórios por meio de carros-pipa, políticas de racionamento e reuso da água, instalação de dessalinizadores de água, entre outros.

Em relação à perfuração de poços profundos na região, segundo informações cedidas por órgãos públicos, no último trimestre de 2016, foram perfurados 35 (trinta e cinco) poços profundos em Quixeramobim e suas comunidades adjacentes, como mostra o Apêndice 1.

Com isso, tem-se a geração potencial de 102.300 ℓ/h (cento e dois mil e trezentos litros por hora) de água. Entretanto, 28 (vinte e oito) destes apresentam água salobra – o que representa cerca de 80% (oitenta por cento) do volume total retirado do subsolo, e, portanto, devem passar por algum tratamento para se tornarem próprias para o consumo humano.

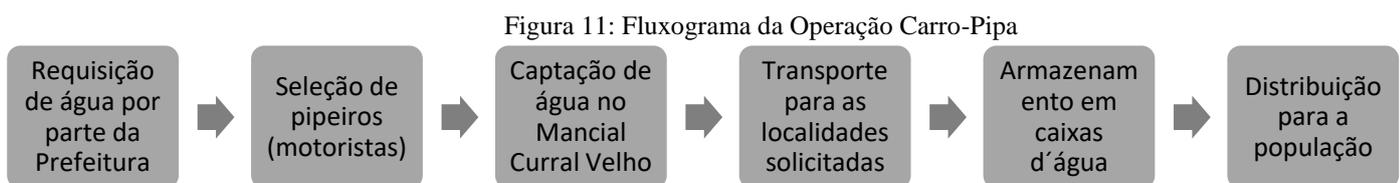
Nestas condições, o método de dessalinização de água apresenta uma boa alternativa para o tratamento destas águas, podendo, deste modo, garantir água de qualidade para os habitantes destas regiões onde foram perfurados estes poços.

É com base nestas informações que este capítulo é desenvolvido. Uma vez compreendida a atual situação hidrológica da região em estudo, o próximo passo deve visar a coleta do quanto que os atuais métodos de abastecimento de água custam para os governos.

## 5.2. Etapa 2 – Levantar os custos de um atual método alternativo de captação de água na região central do estado do Ceará: Operação Carro-Pipa

Com base em informações cedidas pelos órgãos públicos, observa-se que a população rural da região é abastecida com as águas do açude Pedras Brancas, localizado no município de Quixadá. A água é transportada, por cerca de 80 (oitenta) quilômetros de adutora, até o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) onde passa por um processo de tratamento, a fim de eliminar impurezas contidas no líquido. Na sequência, esta água é distribuída para a população.

Outra opção utilizada para a captação e distribuição de água para a população da região citada, em especial os distritos vizinhos de Quixeramobim, é a Operação carro-pipa, do Governo Federal, em parceria com o Exército e órgãos públicos. O abastecimento, de modo genérico, é representado no fluxograma disposto na figura 11:



Fonte: Elaborado pelo autor

Com base em informações cedidas por órgãos públicos, analisaram-se os gastos mensais de fevereiro, março, abril e maio de 2017 em relação à operação carro-pipa. Ao todo, mais de 30.000 (trinta mil) pessoas são beneficiadas com esta iniciativa, apenas nos distritos sob a responsabilidade da prefeitura de Quixeramobim. Dentre os beneficiados encontram-se escolas, comunidades rurais, comunidades urbanas, vilas, assentamentos, entre outros.

O orçamento é feito mensalmente e apresentado em um documento com as informações de cada rota prevista para aquele mês, conforme ilustrado na figura 12. No canto superior esquerdo, encontram-se número da rota, situação da rota (ativa ou inativa) e tipo de

comunidade (rural ou urbana); no superior direito, mês e ano do abastecimento, motorista responsável por aquela rota (pipeiro), Carteira Nacional de Habilitação do condutor (CNH), telefone de contato do responsável pela rota, modelo, placa, ano e chassi do veículo, lacre e volume transportado (capacidade) por viagem (carrada); na tabela, propriamente dita, estão dispostas as localidades atendidas por aquela rota, o código do sistema Gestor de Distribuição de Água (GCDA) da localidade a ser abastecida, nome completo do apontador (responsável pela recepção do pipeiro), número do Cadastro de Pessoa Física (CPF) do apontador, telefone de contato do apontador, o código do sistema Gestor de Distribuição de Água (GCDA) do manancial onde a água fora captada, o nome do manancial de coleta da água, o índice de multiplicidade (fator para equivaler a distância percorrida em carroçal para distância em asfalto), número de pessoas beneficiadas naquela localidade, o número de viagens (carradas) realizadas, a distância (em quilômetros) percorrida em pista asfaltada e em pista de carroçal, a soma da distância total percorrida no mês (em quilômetros), assim como o valor total (em reais) gasto naquela rota, naquela localidade; por fim, há, na última linha da tabela, um espaço destinado para campos que consolidam os valores descritos acima, considerando todas as localidades atendidas por aquela rota.

Entretanto, muito embora tragam benefícios para a população assistida, a operação em discussão apresenta, também, um ônus financeiro muito grande aos governos e órgãos envolvidos nessa empreitada. Entre os meses analisados de 2017, observa-se que o gasto com a operação carro-pipa apenas na região municipal citada, aproxima-se R\$ 7.000.000,00 (sete milhões de reais) para levar em torno de 88.916,64 m<sup>3</sup> (oitenta e oito mil novecentos e dezesseis vírgula sessenta e quatro metros cúbicos) de água.

Estes dados são de grande valia para o estudo, pois, por meio deles, poder-se-á estudar alternativas menos onerosas e mais benéficas, não somente do ponto financeiro para os governos, mas também por ser um benefício qualitativo para a população.

Uma vez exposta a situação hidrológica atual, deve-se selecionar uma localidade para a aplicação do estudo, que inclui propor uma solução alternativa para abastecimento de água neste ponto escolhido, que torne a população menos dependente de operações como a vista acima.

Figura 12: Sistema Operação Carro Pipa

23º B				
		Rota: 128		
		Situação: ATIVO		
		Tipo: RURAL	Veículo: N [REDACTED]	
Localidade	Código GCDA	Nome Completo do Apontador	CPF	Contato
BOA VIRTUDE	[REDACTED]	[REDACTED]	(vazio)	(vazio)
CATOLE DOS MERENCOS	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
RIACHO VERDE 2 (A)	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
TINGUI	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
(vazio)	(vazio)	(vazio)	(vazio)	(vazio)
<b>Total Geral</b>				

23º BATALHÃO DE CAÇADORES - OPERAÇÃO CARRO-PIPA - CIDADE DE QUIXERAMOBIM (CE)											
QUADRO DE CONTROLE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (Fevereiro / 2017)											
		Motorista: F [REDACTED]		CNH: 1 [REDACTED]		Tel: 8 [REDACTED]					
Veículo: N [REDACTED]		Placa: [REDACTED]		Côr: V [REDACTED]		Ano: 2 [REDACTED]		Chassi: 9 [REDACTED]		Lacre: 2 [REDACTED]	Volume: 16 m³
CPF	Contato	Código GCDA do Manancial	Manancial	Índice Multiplic.	Soma de Pessoas	Nr de Carradas	Dist. Asfalto	Dist. Carroçal	Dist Mês (TOTAL)	Valor Total Mês (R\$)	
[REDACTED]	[REDACTED]	(vazio)	CURRAL VELHO	0,47	16	1	172,0		172,0	1.293,44	
[REDACTED]	[REDACTED]	(vazio)	CURRAL VELHO	0,49	15	1	156,8	2,4	159,2	1.248,13	
[REDACTED]	[REDACTED]	(vazio)	CURRAL VELHO	0,49	128	5	162,8	18,2	905,0	7.095,20	
[REDACTED]	[REDACTED]	(vazio)	CURRAL VELHO	0,49	56	2	140,3	11,7	304,0	2.383,36	
(vazio)	(vazio)	(vazio)	(vazio)	0,54		0			0,0	0,00	
				<b>0,50</b>	<b>215</b>	<b>9</b>	<b>631,9</b>	<b>32,3</b>	<b>1.540,2</b>	<b>12.020,13</b>	

Fonte: Prefeitura Municipal de Quixeramobim

### **5.3. Etapa 3 – Selecionar a localidade da implantação e análise do dessalinizador de água**

Neste cenário, dentre as mais de 150 (cento e cinquenta) rotas mensais da operação carro-pipa, que abrangem 535 (quinhentas e trinta e cinco) comunidades, selecionou-se, para fins de estudo, a perfuração de um poço artesiano e a implantação de um dessalinizador de água por meio de osmose reversa, nas redondezas do distrito de Damião Carneiro, em uma comunidade chamada Jurema localizada a aproximadamente 22,4 (vinte e dois vírgula quatro quilômetros) da sede do município de Quixeramobim/CE.

Nesta comunidade, a operação carro-pipa fornece água para cerca de 375 (trezentas e setenta e cinco) pessoas e representam, aos caixas públicos, um desembolso mensal de R\$ 15.842,04 (quinze mil, oitocentos e quarenta e dois reais e quatro centavos), conforme a dados fornecidos por órgãos públicos. Estes dados, segundo fontes locais, pessoas entrevistadas, e dados públicos, refletem a realidade vivida há grande período na região, não somente no ano de 2017. Ou seja, pode-se estimar estes gastos como constantes e contínuos, no momento da composição do fluxo de caixa.

Visando o foco do trabalho, os gastos e investimentos com a perfuração e estruturação do poço artesiano não serão detalhados, apenas informados, com base em pesquisas orçamentárias realizadas na região. Em relação aos equipamentos de dessalinização, estes serão melhores descritos, explicitados e analisados nos tópicos a seguir.

### **5.4. Etapa 4 – Definir a capacidade do dessalinizador**

A definição do equipamento a ser analisado parte da quantidade diária mínima de água *per capita* requerida para fornecer níveis mínimos essenciais de saúde e higiene (que englobam atividades de alimentação e hidratação), de 20 ℓ/hab. (cento e vinte litros por habitante), conforme indicado pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2013 ).

Hoje, a operação carro-pipa respeita essa indicação da OMS e fornece, por meio da operação carro-pipa o equivalente aos 20 ℓ/hab. (vinte litros por habitantes) diários, conforme pode ser mostrado na Figura 13:

Figura 13: Abastecimento de água em um ponto da comunidade Jurema

Volume: 10 m <sup>3</sup>	Localidade	Soma de Pessoas	Nr de Carradas	Dist. Asfalto	Dist. Carroçal	Dist Mês (TOTAL)	Valor Total Mês (R\$)
	FACAO DOS COLO	27	2	120,5	48,0	337,0	1.651,30
	JUREMA (ESCOLA)	300	18	145,0		2.610,0	12.267,00
	(vazio)		0			0,0	0,00
	<b>Total Geral</b>	<b>327</b>	<b>20</b>	<b>265,5</b>	<b>48,0</b>	<b>2.947,0</b>	<b>13.918,30</b>

Fonte: Prefeitura Municipal de Quixeramobim

O cálculo para demonstrar a afirmação feita é expresso da seguinte maneira, utilizando a localidade a ser analisada no estudo (Jurema):

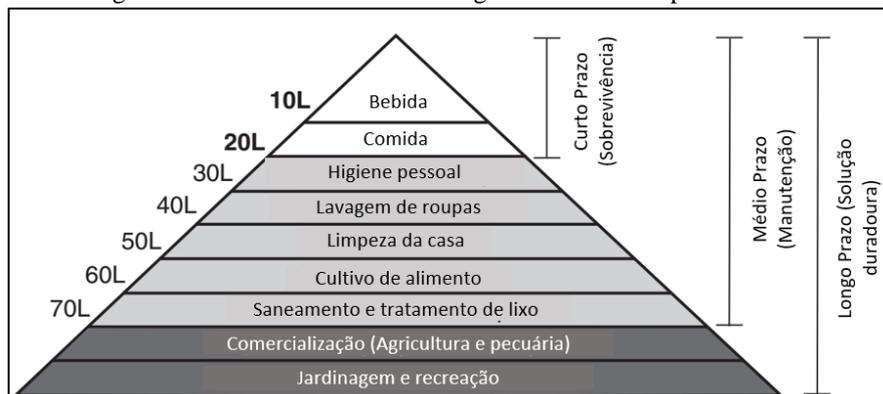
$$Demanda\ de\ água = \frac{n^{\circ}\ de\ carradas * volume\ do\ caminhão}{n^{\circ}\ de\ pessoas * dias\ do\ mês} \quad (12)$$

$$Demanda\ de\ água = \frac{18 * 10m^3}{300\ hab * 30\ dias} \quad (13)$$

$$Demanda\ de\ água = 20 \frac{l}{hab} \text{ por dia} \quad (14)$$

Entretanto, a própria Organização Mundial de Saúde (OMS, 2013) fornece uma escala do uso diário recomendado por pessoa por dia para as mais diversas necessidades, conforme figura 14:

Figura 14: Escala de uso diário de água recomendado por atividade



Fonte: Adaptado de OMS (2013)

Deste modo, busca-se verificar a melhor opção de dessalinizador, que possa atender, no mínimo, o que a operação carro-pipa fornece de água por habitante.

A comunidade a ser analisada possui 3 (três) pontos de abastecimento de água pela operação carro-pipa, que são: uma escola, a sede rural do distrito e um outro ponto localizado na própria comunidade, cada um com demandas, volumes e desembolsos diferentes entre si. A

seguir, mostram-se, nos quadros 3 e 4, o resumo do que foi distribuído em cada uma das localidades supracitadas pela operação carro-pipa entre os meses de fevereiro e maio do presente ano:

Quadro 3 - Abastecimento de água na escola da comunidade Jurema

Localidade	Soma de Pessoas	Nr de Carradas	Dist. Asfalto (km)	Dist. Carroçal (km)	Dist Mês (km)	Valor Total Mês (R\$)	Capacidade do caminhão (m <sup>3</sup> /carrada)	MÊS
Escola	300	9	145	0	1305	R\$ 12.267,00	20	Fevereiro
Escola	300	18	145	0	2610	R\$ 12.267,00	10	Março
Escola	300	18	145	0	2610	R\$ 12.267,00	10	Abril
Escola	300	18	145	0	2610	R\$ 12.267,00	10	Maio

Fonte: Elaborada pelo autor

Quadro 4 - Abastecimento de água na comunidade Jurema

Localidade	Soma de Pessoas	Nr de Carradas	Dist. Asfalto (km)	Dist. Carroçal (km)	Dist Mês (km)	Valor Total Mês (R\$)	Capacidade do caminhão (m <sup>3</sup> /carrada)	MÊS
Jurema 1	75	3	148,6	3,4	456	R\$ 3.575,04	16	Fevereiro
Jurema 1	75	3	148,6	3,4	456	R\$ 3.575,04	16	Março
Jurema 1	75	3	148,6	3,4	456	R\$ 3.575,04	16	Abril
Jurema 1	75	3	148,6	3,4	456	R\$ 3.575,04	16	Maio

Fonte: Elaborada pelo autor

De modo sintético, observa-se que os gastos mensais com a operação carro-pipa, na comunidade Jurema é de R\$ 15.852,04 (quinze mil oitocentos e cinquenta e dois reais, e quatro centavos). Além disso, o que pode ser percebido com a análise das tabelas 3 e 4 é que, mensalmente, a comunidade Jurema recebe grandes volumes de água, devido à crise hídrica, o que mostra a dependência de seus moradores à ações e programas, como a Operação Carro-pipa.

Com base nos dados informados nas 2 (duas) tabelas anteriores, têm-se o número de pessoas que residem na comunidade analisada, bem como do volume de água distribuído para a população. A partir disto, pode-se dimensionar o dessalinizador de água que atenda às necessidades dos habitantes.

O quadro 5 mostra o cálculo da capacidade de produção necessária do dessalinizador, para atender à demanda diária da população beneficiada na localidade analisada, considerando 20 ℓ/hab. (setenta litros) de água por dia por habitante, tendo este o funcionamento diário de 12 (sete) horas:

Quadro 5 - Cálculo da demanda de água da comunidade

Mês	Localidade	Nº de Pessoas	Volume por habitante (em litros)	Demanda diária de água (em litros)	Horas diárias de funcionamento do dessalinizador	Volume requerido por hora (em litros)
Fev.	JUREMA	375	20	7500	12,5	600,00
Mar	JUREMA	375	20	7500	12,5	600,00
Abr.	JUREMA	375	20	7500	12,5	600,00
Mai	JUREMA	375	20	7500	12,5	600,00

Fonte: Elaborada pelo autor

Com isto, pode-se determinar os componentes do equipamento de dessalinização, bem como reservatório de água para armazenar a água tratada e os equipamentos de controle de saída de água, para, posteriormente, poder-se calcular o investimento inicial necessário, bem como os custos operacionais. A descrição do equipamento será feita em termos de:

- Componentes estruturais;
- Componentes mecânicos;
- Componentes elétricos e
- Componentes eletrônicos.

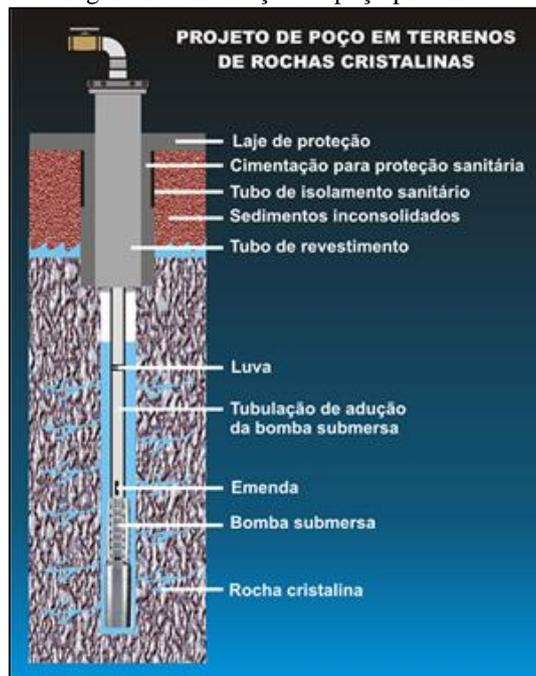
### 5.5. Etapa 5 – Descrever o equipamento de dessalinização a ser analisado

Com cálculo da capacidade de dessalinização de água, por meio do processo de osmose reversa, pode-se definir quais itens devem compor a máquina a ser analisada, em termos de componentes estruturais, mecânicos, elétricos e eletrônicos. A partir desta definição, deve-se orçar o investimento necessário para se adquirir e instalar o dessalinizador na comunidade de Jurema.

Em relação aos componentes estruturais do equipamento em estudo, pode-se definir, como componentes estruturais, os equipamentos que fornecem suporte ao dessalinizador. Neste caso, podem-se citar o poço artesiano, tanque d'água para armazenamento da água tratada e o gabinete no qual o dessalinizador ficará disposto.

Devido à ausência de poços artesanais na região da Jurema, será necessário incorporar ao projeto a sua perfuração. A figura 15 apresenta um exemplo de estrutura de um poço artesiano convencional, que é utilizado para captar água do lençol freático.

Figura 15 - Ilustração de poço profundo



Fonte: Campsondas<sup>1</sup>

O tanque de água com capacidade de armazenamento de 10.000 L (dez mil litros de água) é destinado ao armazenamento da água tratada pelo equipamento de dessalinização, de modo a suportar a demanda mínima diária de água da população, definida na tabela 5: Cálculo da demanda de água da comunidade. Mesmo a demanda sendo de 7.500 L (sete mil e quinhentos litros) de água, o tanque com capacidade superior a isto garante volume extra de processamento de água, caso necessário, como por exemplo, em um dia que anteceda uma manutenção preventiva do equipamento. Vale ressaltar, por oportuno, que a comunidade não terá acesso direto ao equipamento dessalinizador, mas somente ao tanque com a água tratada. O tanque de polietileno a ser utilizado no projeto é ilustrado na figura 16:

Figura 16: Tanque de Polietileno 10.000 L



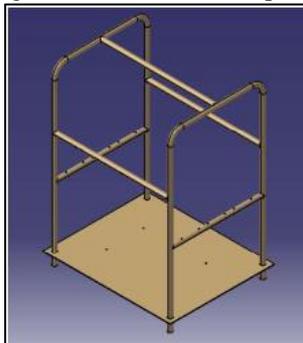
Fonte: Site Leroy Merlin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Disponível em: <[http://www.campsondas.com.br/imagens/esquema\\_poco.jpg](http://www.campsondas.com.br/imagens/esquema_poco.jpg)>. Acesso em 10 jun 2017

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.leroymerlin.com.br>>. Acesso em 03 jun 2017

Outro componente estrutural utilizado no projeto é o gabinete metálico para suporte dos demais componentes do dessalinizador, como as membranas, o motor e partes da tubulação condutora de água. Um modelo deste gabinete é representado na figura 17:

Figura 17: Gabinete de suporte



Fonte: Almeida (2016)

Os componentes mecânicos podem ser definidos como aqueles onde ocorre o processo de captação, tratamentos e armazenamento da água, contemplando todas as conexões para o fluxo. Ou seja, são considerados componentes mecânicos, por exemplo, tubulações hidráulicas de PVC (Policloreto de Vinila), equipamentos de filtragens, conjunto moto-bomba, membranas semipermeáveis, medidores de vazão, entre outros.

Os componentes hidráulicos, aqui definidos, são aqueles que estarão contato direto com a água. Comumente fabricados em canos de PVC e CPVC, a principal função destes componentes é conduzir a água desde o início do processo, passando por todas as 3 (três) fases de tratamento, pelo tanque de água, conectando um componente ao outro. Na figura 18, são ilustrados alguns destes componentes:

Figura 18: Componentes Hidráulicos



Fonte: Tigre (2017)

Ainda dentro dos componentes hidráulicos, encontram-se aqueles onde serão executadas as seções de pré-tratamento de água (antes da entrada no dessalinizador), como o tratamento de dessalinização propriamente dito e o pós-tratamento (após a saída de água do dessalinizador).

Na seção de pré-tratamento de água, utilizam-se filtros com o intuito de reter partículas maiores que, em contato com a membrana semipermeável, podem danificá-la, como areia e metais. Este pré-tratamento é feito com o auxílio de 2 (dois) filtros de polipropileno de 5  $\mu\text{m}$  (cinco micrômetros) e 1  $\mu\text{m}$  (um micrômetro), respectivamente, assim como 1 (um) filtro de carvão ativado. Além disso, a água proveniente de alguns poços profundos possui coloração e odor, o que justifica também a utilização de filtro de areia, para o tratamento. A figura 19 ilustra estes componentes:



Fonte: Site fabricantes

Com este pré-tratamento, a água é disponibilizada de forma satisfatória para iniciar a dessalinização por osmose reversa. Nesta seção de tratamento, a água, inicialmente salobra, entra em máquina, onde é bombeada a alta pressão contra as membranas referidas, e ocorre o processo de dissociação de sais, microrganismos e partículas suspensas da água, que, por sua vez, sai tratada e é direcionada ao tanque de polietileno. A figura 20 ilustra estas as membranas referidas:

---

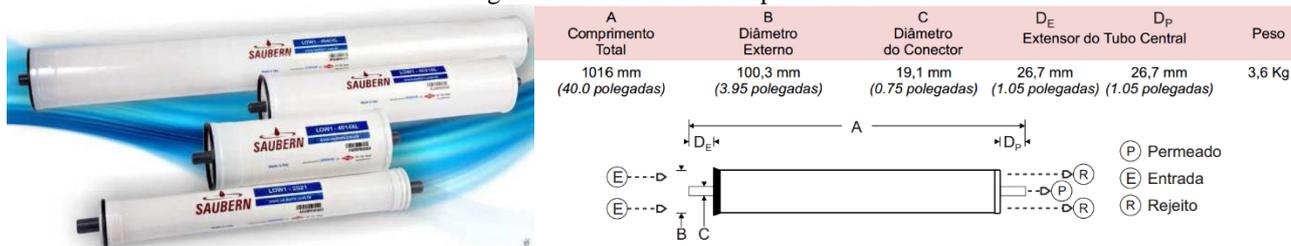
<sup>3</sup> Disponível em:

<[http://www.pentairhidrofiltros.com.br/\\_uploads/Produtoimagens/Produtoimagens\\_222\\_495\\_orig.jpg](http://www.pentairhidrofiltros.com.br/_uploads/Produtoimagens/Produtoimagens_222_495_orig.jpg)>

<[http://www.leroymerlin.com.br/conjunto-bomba---filtro-dfr-12---areia-bivolt-dancor\\_86945313](http://www.leroymerlin.com.br/conjunto-bomba---filtro-dfr-12---areia-bivolt-dancor_86945313)>

<<http://www.walbeckfiltros.com.br/img/jpg/carcacas/Carcaca-hydronix.jpg>> Acesso em: 03 jun 2017

Figura 20: Membrana Semipermeável



Fonte: Saubern (2017)

Uma vez no tanque, a água necessita passar por um novo tratamento: o pós-tratamento. Este é dado por meio da dosagem de cloro, de acordo com as orientações do Ministério da Saúde que recomenda que “[...] a dosagem máxima de cloro fique em torno de 1,0 mg/ℓ (um miligrama por litro)” (FUNASA, 2014). A figura 21 representa o dosador similar ao ser utilizado no projeto:

Figura 21: Dosador de cloro para poço artesiano



Fonte: Site Mercado Livre<sup>4</sup>

O último componente mecânico a ser explanado é o conjunto moto-bomba. Este tem a finalidade de transferir um fluido de determinado ponto a outro, por meio de estágios da bomba. Cada estágio fornece energia ao fluido (água) que faz com que avance no percurso. A bomba em estudo possui todas as partes em contato com líquido em aço inox, 13 (treze) estágios e potência de 1,68 (um vírgula sessenta e oito) quilowatts. No sistema em estudo, a principal função desta moto-bomba é lançar a água no sistema de dessalinização, a alta pressão, para que se inicie o processo de dissociação de sais (dessalinização). A figura 22 ilustra o modelo a ser utilizado no projeto:

<sup>4</sup> Disponível em: < [http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-869570639-dosador-de-cloro-em-pastilhas-poco-artesiano-\\_JM?source=gps](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-869570639-dosador-de-cloro-em-pastilhas-poco-artesiano-_JM?source=gps)>. Acesso em: 03 jun 2017.

Figura 22: Conjunto Moto-bomba EBARA



Fonte: site EBARA<sup>5</sup>

Visto os componentes mecânicos, serão explicitados os componentes elétricos. Isto é, aqueles responsáveis pela transmissão de corrente elétrica ao longo do sistema, permitindo, assim, o funcionamento dos equipamentos mecânicos, como o conjunto moto-bomba.

Dentre os itens elétricos, encontram-se cabeamento, plugues e painel eletrônico de comando. O cabeamento de condutores elétricos são fios por condutores de energia elétrica, transferindo-a da fonte ao destino desta carga. Os plugues industriais de 3 (três) pinos são comumente empregados em atividades mais pesadas, que exigem intensidades maiores de corrente e, além disso, possuem travas de segurança.

Há ainda a necessidade de instalar disjuntores, de modo a oferecer segurança maior ao sistema elétrico e evitar sobrecargas, podendo levar até à danificação de peças de alto valor, como o conjunto moto-bomba. Todos estes componentes possuem ligação ao painel de comando, onde se darão as coordenadas de funcionamento do sistema e monitoramento do desempenho do mesmo. Os componentes elétricos são exemplificados na figura 23:

Figura 23: Componentes elétricos (Cabeamento, plugues disjuntores e quadro elétrico)



Fonte: Site Leroy Merlin<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Disponível em: < <http://www.ebara.com.br/ebara/pt/index.php>>. Acesso em: 03 jun 2017

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://www.leroymerlin.com.br/>>. Acesso em: 03 jun 2017

Por fim, o projeto envolve alguns componentes eletrônicos, como válvula solenoide, medidor de vazão de água, plataforma de prototipagem e chaveiros de RFID (Identificação por radiofrequência), que terão a função de automatizar a saída de água para a comunidade. O funcionamento do sistema de controle de saída será dado de modo que cada habitante da comunidade fará seu cadastro no sistema, incluindo informações básicas, como nome, endereço e o número do cadastro de pessoa física (CPF). Em seguida, receberão um chaveiro de identificação por rádio frequência (RFID), por meio do qual terão acesso a água dessalinizada e tratada, armazenada no tanque de polietileno. Os chaveiros de acesso e a plataforma de prototipagem são exemplificados na figura 24:

Figura 24: Chaveiro RFID 125 KHz e plataforma de prototipagem



Fonte: site Auto Core Robótica<sup>7</sup>

Cada pessoa terá acesso a 600 ℓ (seiscentos litros) de água mensais. Para receber esta quantidade, a pessoa deve se direcionar ao tanque, aproximar seu chaveiro RFID e o sistema acionará a válvula solenoide que, por sua vez, será aberta e permitirá a passagem de água. Esta válvula é ilustrada na figura 25:

Figura 25: Válvula Solenoide para água 3/4



Fonte: site Auto Core Robótica<sup>8</sup>

Após a liberação da água pela válvula solenoide, o sensor de fluxo de água detectará a passagem de 20 ℓ (vinte litros) de água (limite por acesso de chaveiro) pelo sistema e, em seguida, enviará o comando para que a válvula solenoide seja fechada. A figura 26 mostra o sensor de fluxo de água do sistema:

<sup>7</sup> Disponível em: < autocorerobotica.com.br>. Acesso em 03 jun 2017

<sup>8</sup> Disponível em: < autocorerobotica.com.br>. Acesso em 03 jun 2017

Figura 26: Sensor de fluxo de água 3/4

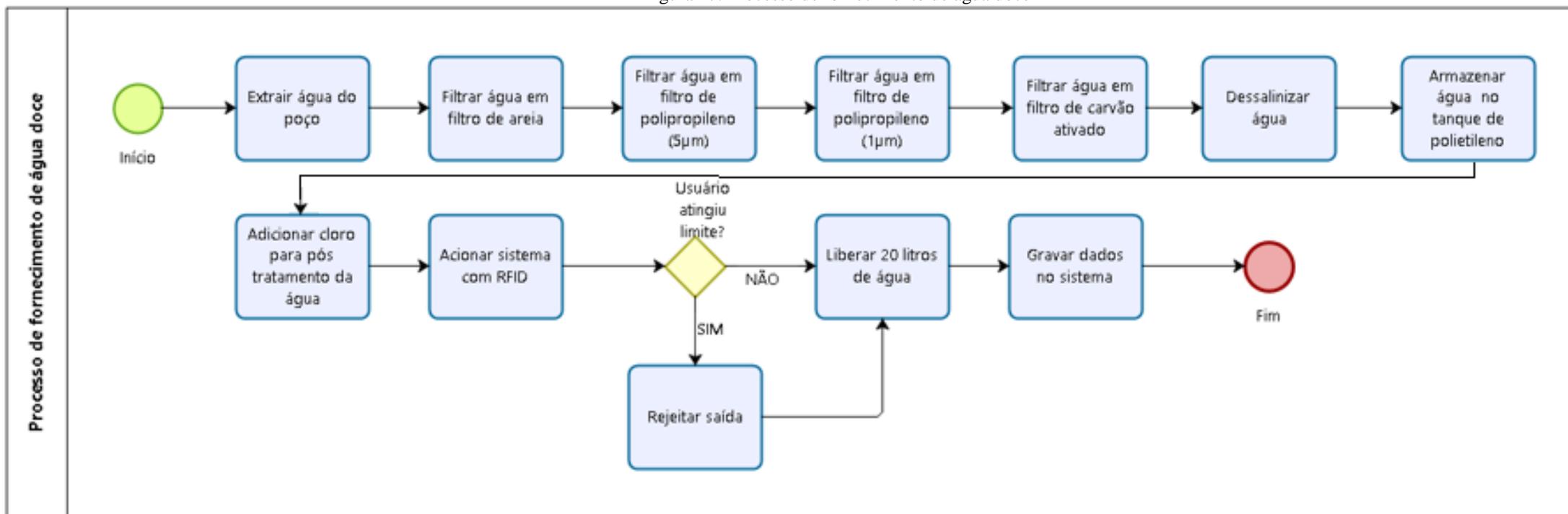
Fonte: site Auto Core Robótica<sup>9</sup>

Em síntese, pode-se ilustrar graficamente o funcionamento do sistema completo na figura 27. Assim, uma vez determinado o funcionamento desejável do sistema, bem como a listagem de seus componentes, passa-se para a fase do levantamento do investimento inicial e o custo operacional do sistema.

---

<sup>9</sup> Disponível em: < [autocorerobotica.com.br](http://autocorerobotica.com.br)>. Acesso em 03 jun 2017

Figura 27: Processo de fornecimento de água doce



Fonte: Elaboração própria

## **5.6. Etapa 6 – Levantar investimentos e custos operacionais do dessalinizador**

Os tópicos seguintes discorrem sobre os investimentos necessários para se adquirir o equipamento projetado, bem como sobre os custos operacionais, como manutenção e energia elétrica, envolvidos após a implantação do equipamento na comunidade.

### **5.6.1. Investimento Inicial**

Com base no que foi comentado em tópicos anteriores e tomando por base o projeto de Almeida (2016), listam-se aqui os componentes a serem empregados na aquisição, instalação e operação do dessalinizador. Respeitando a classificação feita no tópico anterior, os componentes do dessalinizados são os dispostos no Apêndice 2:

A partir desta definição, faz-se necessário ir à lojas especializadas na comercialização de cada um destes componentes. Deste modo, a coleta de orçamentos, por meio de ligações, e-mails e sites de fabricantes foi o principal instrumento de captação dos valores necessários para o investimento no dessalinizador.

Primeiramente, buscou-se o orçamento dos itens considerados como os maiores investimentos em um dessalinizador, correspondentes a cerca de 80% (oitenta por cento) do investimento do equipamento. São eles: o conjunto moto-bomba, o tanque de polietileno de capacidade de 10.000 ℓ (dez mil litros), as membranas semipermeáveis utilizadas na dessalinização da água, os filtros de areia para o pré-tratamento de água e os vasos de pressão. Após contato com fornecedores, e com os respectivos valores referentes aos investimentos nestes componentes, bem como suas especificações, os demais componentes elétricos, hidráulicos e eletrônicos foram conseguidos em uma loja especializada no comércio de mercadorias para os respectivos fins. Estes dados são tabulados e dispostos no Apêndice 3.

Entretanto, segundo órgãos públicos da região, a comunidade de Jurema não possui poços artesianos para captação de água subterrânea. Deste modo, faz-se necessária a perfuração de um na localidade e, levando em consideração que o poço perfurado forneça água salobra, irá se iniciar o processo de dessalinização. Para isso, realizaram-se cotações junto a empresas especializadas neste tipo de serviço. Os serviços e equipamentos orçados pelas empresas consultadas, incluindo estudo geológico, perfuração do poço, instalação de bomba submersa, serviço de alvenaria e instalações elétricas e hidráulicas são em torno de R\$ 18.400,00 (dezoito mil e quatrocentos reais)

Com base no que foi explorado neste tópico, como as informações supracitadas, bem como os dados dispostos no Apêndice 3, pode-se concluir que o investimento inicial da construção do poço, somado ao projeto e instalação do dessalinizador especificado é de:

$$\textit{Investimento Inicial} = \textit{Valor construção poço} + \textit{Valor implantação dessalinizador} \quad (15)$$

$$\textit{Investimento Inicial} = R\$ 18.400,00 + R\$ 34.481,69 \quad (16)$$

$$\textit{Investimento Inicial} = R\$ 52.881,69 \quad (17)$$

Observa-se que estes valores estão de acordo com os preços praticados pelo mercado, devendo ressaltar que o investimento inicial contempla não somente a aquisição e construção dos componentes do dessalinizador, mas também toda a cadeia de abastecimento, desde a perfuração do poço, passando pelos processos de tratamento, armazenamento e disponibilização de água para a comunidade.

Ademais, há processos tecnológicos que envolvem a execução do projeto, como o acionamento do sistema de despejamento de água por chaveiros de RFID, que adicionam maior segurança ao processo, bem como maior controle do acesso a água doce.

### 5.6.2. Custos operacionais

Definido o investimento necessário para a construção do poço artesiano com um dessalinizador de água, precisa-se determinar o custo operacional do dessalinizador. Para tanto, faz-se necessário levantar custos como os de tratamento de água (abastecimento do dosador automático), testes de verificação de PH e acidez da água, consumo de energia elétrica, reposição de equipamentos e serviços de manutenção.

Primeiramente, busca-se saber a quantidade de cloro necessária, para tratar os 7.500 ℓ (sete mil e quinhentos litros) de água diários. Com base no Manual de Cloração de Água em Pequenas Quantidades, disponível pelo Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde, “recomenda-se que a dosagem máxima de cloro fique em torno de 1,0 mg/ ℓ (um miligrama por litro)” (FUNASA, 2014). O preço do quilograma de cloro utilizado para estes fins, segundo pesquisas de mercado, é R\$ 25,60 (vinte e cinco reais e sessenta centavos).

$$\textit{Custos com Cloro} = \textit{Qtde Cloro} * \textit{Volume diário} * \textit{Preço do cloro} * \textit{Dias do mês} \quad (18)$$

$$\textit{Custos com Cloro} = 1 \frac{\textit{mg}}{\textit{L}} * 7500 \frac{\textit{L}}{\textit{dia}} * 25,60 \frac{\textit{R\$}}{\textit{kg}} * 31 \frac{\textit{dias}}{\textit{mês}} \quad (19)$$

$$\textit{Custos com Cloro} = R\$ 5,95 \textit{ mensais} \quad (20)$$

O que se percebe é um custo operacional de manutenção com o pós-tratamento que não demonstra ser representativo no fluxo de caixa completo do sistema.

Além disso, é necessário saber o quanto se gastará com energia elétrica. Para tanto, tomar-se-á com base apenas os custos de energia elétrica com o equipamento do conjunto moto-bomba, uma vez que os demais custos, assim como o que foi visto acima com o cloro, são muito baixos.

Deste modo, pode-se calcular o consumo de energia elétrica do equipamento, uma vez que sabe-se da potência da moto-bomba, a quantidade de horas diárias de consumo e a tarifa empregada pela companhia distribuidora. A potência da bomba, segundo o fabricante é de 1,68 kw (um vírgula sessenta e oito quilowatts); a mesma funciona por 12,5 (doze vírgula cinco) horas diárias e a tarifa cobrada pela Enel é de 0,47 R\$/kwh (quarenta e sete centavos por quilowatt-hora), segundo informações dispostas em seu site (ANEEL, 2017) . Deste modo, calcula-se o valor a ser gasto mensalmente com o equipamento, em termos de consumo energético:

$$\text{Custo energético} = \text{Potência do equipamento} * \text{qtde de horas diárias} * \text{dias} \quad (21)$$

$$\text{Custo energético} = 1,68 \text{ kw} * 12,5 \text{ h} * 0,47 \frac{\text{R\$}}{\text{kwh}} * 31 \frac{\text{dias}}{\text{mês}} \quad (22)$$

$$\text{Custo energético} = \text{R\$ } 295,72 \quad (23)$$

Faz-se, também, necessário calcular a depreciação dos componentes do equipamento. Isto não é propriamente um desembolso de recursos financeiros, mas sim a perda da capacidade produtiva de um equipamento, o seu seu desgaste e sua eficiência. A Receita Federal disponibiliza em seu site uma tabela com a vida útil de diversos equipamentos. Por meio desta, pode-se calcular a vida útil e, por consequência, a depreciação dos componentes. Vale ainda ressaltar que, por questões de segurança com o controle e tratamento da água, alguns componentes tiveram suas vidas úteis reduzidas, como, por exemplo, a substituição anual dos filtros de pré-tratamento. Os dados são dispostos no Apêndice 4.

Pode-se, ainda, incluir vistorias quinzenais e análises sobre a qualidade da água tratada dos responsáveis técnicos pelo projeto para análise do funcionamento do equipamento, substituição de alguns componentes e recolher águas para análise em laboratório, resumindo os custos operacionais do dessalinizador da seguinte maneira:

$$\text{Custos} = \text{Energia Elétrica} + \text{Pós tratamento} + \text{Vistorias} \quad (24)$$

$$\text{Custos} = \text{R\$ } 295,72 + \text{R\$ } 5,95 + \text{R\$ } 1.800,00 \quad (25)$$

$$\text{Custos} = \text{R\$ } 2.101,67 \text{ mensais} \quad (26)$$

Pode-se, ainda, propor um seguro para o equipamento em caso de sinistros. Em geral, aplicam-se a taxa de 5% a.a (cinco por cento ao ano) sobre o valor do equipamento. Deve-se salientar que o valor a ser assegurado não deve ser referente ao exposto no Apêndice 3, uma vez que alguns componentes não são passíveis de seguro, como os chaveiros de RFID, frete, mão-de-obra e remuneração.

Ou seja, no caso do dessalinizador, o cálculo do seguro deve ser realizado baseado em R\$ 19.499,88 (dezenove mil quatrocentos e noventa e nove reais e oitenta e oito centavos) seria R\$ 974,99 a.a (novecentos e setenta e quatro reais e noventa e nove centavos ao ano), ou R\$ 81,25 (oitenta e um reais e vinte e cinco centavos) ao mês. Assim, o custo operacional mensal chega a:

$$\text{Custos (com seguro)} = \text{R\$ } 2.101,67 + 81,25 \quad (27)$$

$$\text{Custos (com seguro)} = \text{R\$ } 2.182,92 \text{ mensais} \quad (28)$$

Ademais, deve-se ressaltar que o aproveitamento de água dessalinizada por um equipamento semelhante àquele em estudo, é de 20% (vinte por cento), segundo dados do fabricante das membranas. Ou seja, para os 600 (seiscentos) litros horários de água dessalinizada, conforme tabela 5, geram-se 2.400 (dois mil e quatrocentos) litros de água permeada (ou concentrada) por hora. Tendo em consideração o tempo de operação diário (disponível na tabela 5), o volume diário de água rejeitada é de 30 m<sup>3</sup> por dia. Tal fato desperta a atenção para o impacto ambiental que o descarte inadequado do rejeito pode causar, uma vez que sem ter a destinação correta e segura.

De modo a não causar danos ao lençol freático, por meio do despejamento da água permeada diretamente no solo, sabe-se que companhias de águas disponibilizam o serviço de coleta e afastamento, como os utilizados para a destinação do esgoto. Para a coleta e afastamento de águas públicas, com demanda superior a 50 m<sup>3</sup> (cinquenta metros cúbicos) – vale ressaltar que a demanda a ser tratada é de 90 m<sup>3</sup> (noventa metros cúbicos) –, o valor cobrado por metro cúbico de água transportado é de R\$ 10,73 (dez reais e setenta e três centavos) (CAGECE, 2016). Sendo assim a tarifa de endereçamento de permeado é dado da seguinte forma:

$$\text{Endereçamento de permeado} = \text{Tarifa de esgoto} \left( \frac{\text{R\$}}{\text{m}^3} \right) * \text{Volume de água (m}^3) * 30 \text{ dias} \quad (29)$$

$$\text{Endereçamento de permeado} = \text{R\$ } \frac{10,73}{\text{m}^3} * \frac{30\text{m}^3}{\text{dia}} * 30 \text{ dias} \quad (30)$$

$$\text{Endereçamento de permeado} = \text{R\$ } 9.657,00 \text{ mensais} \quad (31)$$

Sendo assim, o cálculo com os custos mensais de operação do dessalinizador é dado da seguinte maneira:

$$\text{Custos} = R\$ 2.182,92 + R\$ 9.657,00 \text{ mensais} \quad (32)$$

$$\text{Custos} = R\$11.839,92 \text{ mensais} = R\$142.079,00 \text{ anuais} \quad (33)$$

Assim, levando em consideração que os custos operacionais do dessalinizador serem menores que os custos operacionais, mostram indícios de que este método pode ser uma alternativa financeiramente mais vantajosa.

### **5.7. Etapa 7 – Identificar fontes de financiamento**

Com o agravamento da seca e maiores períodos de estiagens no Brasil, projetos que visam aumentar a eficiência energética e a busca por soluções ambientalmente sustentáveis, muitos bancos têm investido em projetos com esta finalidade e criado subsídios e tarifas atrativas para tais empreendimentos.

Dois bancos que possuem linhas de crédito atrativas são o Banco do Nordeste e o Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), para projetos como o objeto e estudo desta pesquisa. Em suas páginas na internet é possível simular o financiamento da construção e instalação do poço profundo, juntamente com o dessalinizador de água. Primeiramente, faz-se a simulação do financiamento do empreendimento através do BNDES, por meio de seu aplicativo no site do banco. O que se percebe a seguir é que o banco apresenta todas as opções, considerando o pagamento do financiamento de 3 (três) a 48 (quarenta e oito) meses. O resultado da simulação do financiamento é disposto no quadro 6:

Quadro 6: Simulação de financiamento BNDES

Formas de pagamento*		
3 parcelas de R\$ 17.823,92	19 parcelas de R\$ 3.070,98	35 parcelas de R\$ 1.814,36
4 parcelas de R\$ 13.442,10	20 parcelas de R\$ 2.933,14	36 parcelas de R\$ 1.773,16
5 parcelas de R\$ 10.813,23	21 parcelas de R\$ 2.808,47	37 parcelas de R\$ 1.734,22
6 parcelas de R\$ 9.060,83	22 parcelas de R\$ 2.695,18	38 parcelas de R\$ 1.697,36
7 parcelas de R\$ 7.809,28	23 parcelas de R\$ 2.591,79	39 parcelas de R\$ 1.662,41
8 parcelas de R\$ 6.870,74	24 parcelas de R\$ 2.497,07	40 parcelas de R\$ 1.629,24
9 parcelas de R\$ 6.140,89	25 parcelas de R\$ 2.409,96	41 parcelas de R\$ 1.597,71
10 parcelas de R\$ 5.557,12	26 parcelas de R\$ 2.329,60	42 parcelas de R\$ 1.567,71
11 parcelas de R\$ 5.079,59	27 parcelas de R\$ 2.255,23	43 parcelas de R\$ 1.539,13
12 parcelas de R\$ 4.681,74	28 parcelas de R\$ 2.186,21	44 parcelas de R\$ 1.511,87
13 parcelas de R\$ 4.345,18	29 parcelas de R\$ 2.121,98	45 parcelas de R\$ 1.485,85
14 parcelas de R\$ 4.056,77	30 parcelas de R\$ 2.062,08	46 parcelas de R\$ 1.460,98
15 parcelas de R\$ 3.806,89	31 parcelas de R\$ 2.006,07	47 parcelas de R\$ 1.437,19
16 parcelas de R\$ 3.588,32	32 parcelas de R\$ 1.953,60	48 parcelas de R\$ 1.414,42
17 parcelas de R\$ 3.395,52	33 parcelas de R\$ 1.904,34	
18 parcelas de R\$ 3.224,21	34 parcelas de R\$ 1.858,01	

Fonte: Adaptado de BNDES

O segundo financiamento, baseado nas condições propostas pelo Banco do Nordeste (BNB) não fornece uma visualização mensal como a do BNDES. Sendo assim, orçou-se o financiamento considerando o período de 30 (trinta) meses. O resultado é mostrado no quadro 7:

Quadro 7: Simulação de financiamento BNB

PRESTAÇÃO	VALOR PRESTAÇÃO
1	R\$ 1.976,06
2	R\$ 1.976,06
3	R\$ 1.976,06
...	...
28	R\$ 1.976,06
29	R\$ 1.976,06
30	R\$ 1.976,06

Fonte: Adaptado de BNB

Entretanto, ressalta-se que, durante pesquisa junto a funcionários destes bancos, foi informado que estes financiamentos geralmente são opções de pessoas físicas ou jurídicas, sem vínculo com órgãos públicos, uma vez que, segundo este, geralmente estes órgãos optam pelo desembolso direto (mês ZERO) do capital para investimento. Deste modo, as opções de

financiamento aqui apresentadas não serão utilizadas na composição do fluxo de caixa do investimento.

Com os dados referentes aos custos operacionais, investimento necessário em obras e equipamentos, assim com os desembolsos menais realizados para manter a operação carro-pipa, avança-se para as projeções dos fluxos de caixa.

## **5.8. Etapa 8 – Projetar os fluxos de caixa**

Uma vez definidas as saídas de cada uma das duas opções de investimento no abastecimento de água da comunidade de Jurema, projetam-se os fluxos de caixa de cada uma das alternativas expostas no presente trabalho.

Deve-se ressaltar que os cálculos nas etapas anteriores foram feitos para aplicação mensal, sendo necessária a sua correção para valor anual, a fim de trazer mais realidade à metodologia. Reitera-se ainda que, conforme visto no capítulo 2, deve-se utilizar a vida útil do equipamento para a análise dos fluxos de caixa que, no caso do equipamento em estudo é de 10 (dez) anos, considerando o conjunto moto-bomba como parâmetro, conforme Apêndice 4.

### **5.8.1. Projetar fluxo de caixa da Operação Carro-Pipa**

De acordo com a discussão exposta no item 5.4, quando é calculada a demanda de água da comunidade, observa-se que a construção do fluxo de caixa gerado pela mesma na localidade selecionada é constante ao longo do tempo, conforme explicitado nas tabelas 1 e 2. Todavia, acredita-se que possa haver uma variação nos valores desembolsados para manter o abastecimento de água na região ao longo do tempo.

A construção do fluxo de caixa da operação carro-pipa será feita com base na exposição de 3 (três) cenários, um pessimista (que não considera a correção dos valores da operação carro-pipa), um cenário realista (que considera a correção dos valores da operação carro-pipa a cada quatro anos, segundo IPCA) e um cenário otimista (que considera a correção dos valores da operação carro-pipa anualmente, segundo o IPCA). Estes cenários se dão devidos à não correção dos valores das licitações da operação carro-pipa há mais de 3 (três) anos, segundo órgãos públicos. Para as correções do fluxo, é utilizada a média histórica da inflação dos últimos 10 (dez) anos, que, segundo as informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, representa 6,22% a.a. (seis vírgula vinte e dois por cento. (IBGE, 2017)

Deste modo, para a construção do fluxo de caixa anual do atual método de abastecimento da comunidade de Jurema, serão utilizados os dados expostos nos quadros 1 e 2 e projetados no horizonte de tempo, no quadro 8. Deve ressaltar-se ainda que, ao final de sua vida útil, no décimo ano, o equipamento poderá ser vendido a valor residual. Este valor residual estipulado foi de 10% (dez por cento).

$$\text{Fluxo anual operação carro – pipa} = R\$ 15.842,04 * 12 \quad (34)$$

$$\text{Fluxo anual operação carro – pipa} = R\$ 190.104,48 \quad (35)$$

Quadro 8: Fluxo de caixa mensal da Operação Carro-Pipa

Período (anos)	Fluxo Anual			
	Cenário pessimista (sem correção)	Cenário realista (correção 4 anos)	Cenário otimista (correção anual)	
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
1	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	
2	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	R\$ 201.928,98	
3	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	R\$ 214.488,96	
4	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	R\$ 227.830,17	
5	R\$ 190.104,48	R\$ 201.928,98	R\$ 242.001,21	
6	R\$ 190.104,48	R\$ 201.928,98	R\$ 257.053,69	
7	R\$ 190.104,48	R\$ 201.928,98	R\$ 273.042,43	
8	R\$ 190.104,48	R\$ 201.928,98	R\$ 290.025,66	
9	R\$ 190.104,48	R\$ 214.488,96	R\$ 308.065,26	
10	R\$ 190.104,48	R\$ 227.830,17	R\$ 327.226,92	

Fonte: Elaborada pelo autor

Percebe-se que, de acordo com os cenários estipulados, há grande variação nos valores desembolsados para a manutenção da operação carro-pipa, ao considerar os 3 (três) cenários propostos nesta etapa. A partir da definição do fluxo de caixa da operação carro-pipa, são projetados os fluxos de caixa do dessalinizador de água por osmose reversa.

### 5.8.2. Projetar fluxo de caixa de um dessalinizador de água por osmose reversa

De modo análogo ao processo executado para montar o fluxo de caixa da operação carro-pipa, o fluxo de caixa da implantação e operação da alternativa proposta – perfuração do poço profundo e construção do dessalinizador de água – deve ser elaborado conforme as suas saídas de caixa.

Deve-se ainda ressaltar que, por se tratar da substituição ou não de uma opção em detrimento de outra, o fluxo de caixa projetado para a alternativa concorrente – o dessalinizador- deve levar em conta o fluxo de caixa da opção hoje vigente – no caso, a operação carro-pipa –, de modo que as entradas de caixa do primeiro são compostas pelas saídas de caixa do segundo. Isso implica que se pode considerar R\$ 190.104,48 (cento e noventa mil cento e quatro e quarenta e oito centavos), considerando o cenário pessimista, como economias (entradas) de caixa no fluxo do dessalinizador, uma vez que os órgãos públicos não mais desembolsarão estas quantidades.

Deste modo, o fluxo de caixa pode ser projetado da seguinte maneira: no período de referência ZERO, quando será feita a aquisição e instalação do dessalinizador, haverá a saída de caixa de R\$ 52.881,69 (cinquenta e dois mil oitocentos e oitenta e um reais e sessenta e nove centavos), conforme demonstrado no item 5.6.1, referentes à perfuração do poço, instalação do dessalinizador e sistema de abastecimento, assim como testes de funcionamento do sistema e da qualidade do produto, incluindo alguns possíveis ajustes. Ressalta-se ainda, que neste período, ainda estará em vigor a operação carro-pipa, uma vez que a população não pode ficar sem abastecimento de água, portanto, deste modo, a entrada de fluxo (economia gerada) é nula.

A partir do período de referência 1 (um), as saídas de fluxo de caixa são referentes aos custos operacionais encontrados no item 5.6.2, que totalizam R\$142.079,00 (cento e quarenta e dois mil oitocentos e oitenta e um reais e noventa e dois centavos). Deve-se, ainda, levar em conta a vida útil dos componentes que são inferiores a dez anos (período de análise), conforme Apêndice 4. Isto faz com que, periodicamente, itens precisarão ser comprados e instalados novamente, para manter o funcionamento do dessalinizador de água em condições apropriadas de funcionamento, conforme dados disponíveis no quadro 9.

Ademais, faz-se necessário informar que os valores do fluxo de caixa proposto para a alternativa concorrente (dessalinizador) devem ser atualizados anualmente, conforme o IPCA. Deste modo, a composição do fluxo de caixa anual do dessalinizador de água e poço profundo, em três cenários, pode ser feita conforme o apêndice 5.

Julga-se necessário ainda informar que os valores não estão corrigidos a valor presente, o que acontecerá durante a etapa 9. Aparentemente, pode-se visualizar que o projeto de substituição de metodologia de abastecimento da comunidade Jurema, segundo as condições explicitadas, tende a ser mais vantajoso que o atual, que considera o abastecimento de água pela operação carro-pipa.

Uma vez projetadas as saídas e entradas do fluxo de caixa da solução proposta (poço profundo e dessalinizador de água), segue-se nos estudos, de modo a compreender se esta

solução é financeiramente viável e, em caso afirmativo, qual a sua taxa de retorno, bem como em quanto tempo o investidor, no caso órgãos públicos, obteria seu retorno financeiro.

## 5.9. Etapa 9 – Analisar os fluxos de caixa

A nona etapa do estudo tem como principal intuito a avaliação, em termos financeiros, da aplicação do novo meio de abastecimento de água da comunidade de Jurema. Para tanto, utilizam-se os fluxos projetados anteriormente para verificar a viabilidade financeira do empreendimento. Para tanto, serão utilizados 3 (três) métodos de avaliação de investimentos: o *payback* descontado, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR). Feitas as análises para os cenários propostos, pode-se ainda sugerir novos cenários e observar o comportamento dos fluxos em determinadas condições.

### 5.9.1. Analisar cenário Pessimista

Conforme informado previamente, o cenário pessimista envolve as correções de fluxo de caixa apenas nas saídas de fluxo (dessalinizador). Com esta atualização de apenas uma das partes, observa-se que as receitas (entradas) irão diminuir mais rapidamente, quando atualizadas a valor presente, utilizando a meta da taxa SELIC para o ano de 2018 (9,5% a.a.) (BRANCO, 2017), em comparação com as saídas de fluxo de caixa.

Com o auxílio de uma planilha feita em *Microsoft Excel*®, pode-se obter a análise de viabilidade do equipamento de dessalinização de água, conforme o quadro 9:

Quadro 9: Análise do cenário pessimista

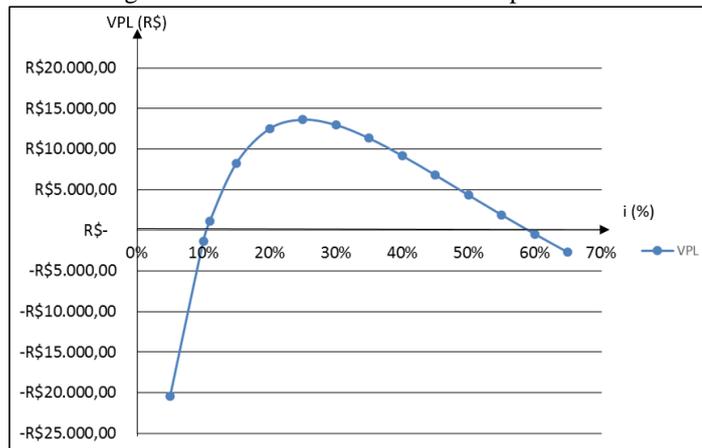
MÉTODO	VALOR	RESULTADO
TIR	ERRO	MÚLTIPLAS TIR
VPL	- R\$ 2.755,76 < 0	PROJETO NÃO DEVE SER ACEITO

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no que foi exposto no quadro 9, percebe-se que a aceitação do cenário pessimista diverge, quando comparados os três métodos de análise. Em relação ao *payback* descontado, o investidor no projeto, no caso órgãos públicos, terá o retorno do dinheiro investido em cerca de um ano e três meses. A análise do VPL do projeto, para os dez anos de vida útil do dessalinizador, mostra que o mesmo é negativo e, sendo assim, o projeto deve ser rejeitado, no período de análise do fluxo de caixa.

Em relação à TIR, percebe-se que seu cálculo resultou em erro, devido a esta ter múltiplas taxas, conforme figura 28. A análise do fluxo de caixa para várias taxas “*i*”, observa-se que há inversões de sinal no saldo do fluxo de caixa, o que pode causar múltiplas taxas internas de retorno. Deste modo, opta-se por analisar o projeto pelo método do VPL

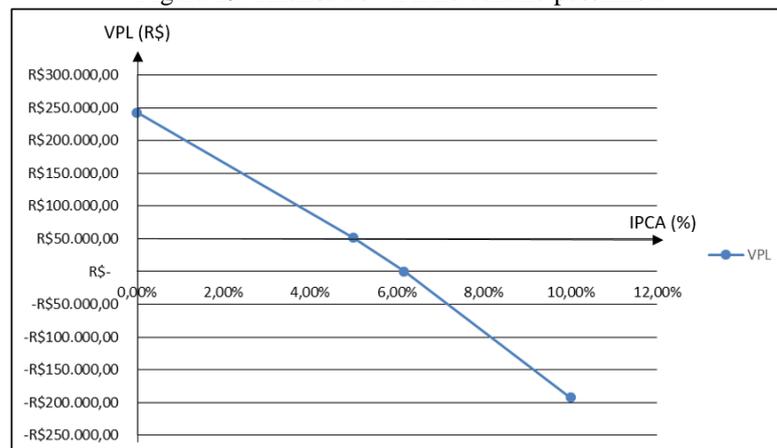
Figura 28: Análise da TIR no cenário pessimista



Fonte: Elaborado pelo autor

Em uma análise de cenários, pode-se simular outros ambientes em que o IPCA possa ser divergente do que foi calculado (6,22%). O resultado pode ser encontrado na figura 29:

Figura 29: Análise do VPL no cenário pessimista



Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que o VPL do projeto é positivo e, portanto, este deve ser aceito, sempre que o IPCA se mantiver abaixo de 6,16% a.a. (seis vírgula dezesseis por cento ao ano). Acima disto, seu valor é negativo e, deste modo, deve ser rejeitado.

Deste modo, observa-se que a aceitação do projeto, em cenário pessimista não é aconselhada, à luz dos métodos avaliados. Embora o empreendimento mostre o *Payback* de

pouco mais de um ano, a análise do investimento, pela sua vida útil, torna-o inviável, do ponto de vista dos métodos da Taxa Interna de Retorno e do VPL.

### 5.9.2. Analisar cenário realista

A análise do cenário realista é dada sob a conjuntura atual, na qual os preços praticados pela operação carro-pipa são reajustados periodicamente, a cada quatro anos, ao passo que os gastos com o tratamento de água por dessalinização são reajustados anualmente, segundo o IPCA. Para a atualização dos valores do fluxo de caixa, a valor presente, também será utilizada a taxa SELIC de 9,50% a.a.

Assim como feito para o cálculo dos indicadores financeiros do investimento proposto, a utilização da mesma planilha, feita em *Microsoft Excel®*, foi utilizada para determinar a viabilidade do empreendimento, conforme o quadro 10:

Quadro 10: Análise do cenário realista

MÉTODO	VALOR	RESULTADO
TIR	65% > 9,5%	PROJETO DEVE SER ACEITO
VPL	R\$ 49.597,60 > 0	PROJETO DEVE SER ACEITO

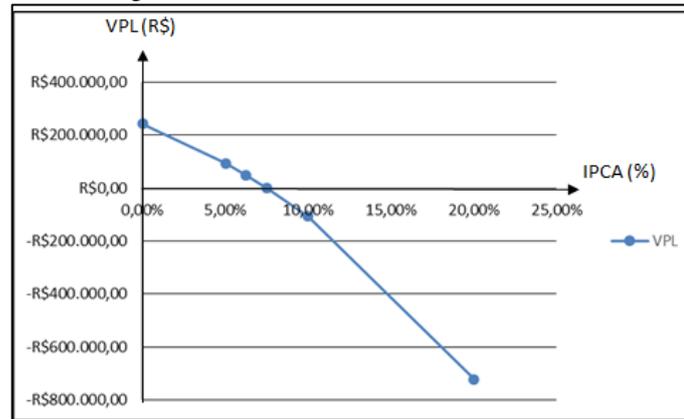
Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 10 permite visualizar que o projeto deve ser aceito, considerando o cenário proposto, uma vez que o VPL é R\$ 49.597,60 (quarenta e nove mil quinhentos e noventa e sete reais e sessenta centavos), ou seja, maior que ZERO. Nota-se, ainda, que o período de *payback* para os dois cenários discutidos, até então, é o mesmo (um ano e três meses), uma vez que a inversão no valor do fluxo de caixa ocorre antes da correção dos valores do caminhão-pipa, conforme propõe o cenário pessimista.

Assim como feito para o cenário pessimista, o VPL pode ser analisado conforme a mudança no IPCA. O resultado pode ser encontrado na figura 30.

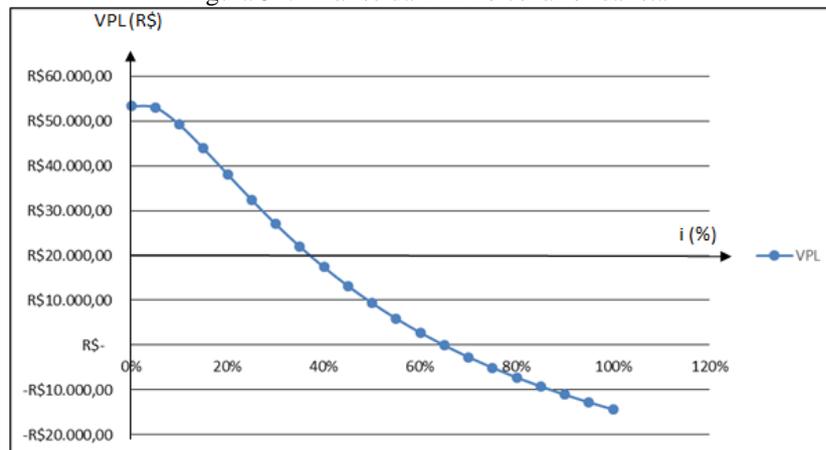
O terceiro indicador a ser analisado na análise do fluxo de caixa do projeto, deve ser a taxa interna de retorno. A figura 31 apresenta os valores de VPL para possíveis variações na taxa SELIC. Nota-se que, para valores da taxa SELIC abaixo de 65% (TIR), o investimento deve ser aceito. Valores superiores a este, o projeto não é aconselhado do ponto de vista financeiro.

Figura 30: Análise do VPL no cenário realista



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 31: Análise da TIR no cenário realista



Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no que foi exposto acima, verifica-se que, na atual conjuntura, o cenário realista de mostra viável à implantação do projeto de instalação de um dessalinizador de água na comunidade Jurema. Devem-se ainda considerar as ressalvas e alertas para possíveis inversões no fluxo de caixa ao final do projeto, mas, no curto prazo, o que não o torna inviável financeiramente.

### 5.9.3. Analisar cenário otimista

O terceiro cenário proposto para análise, contempla uma situação otimista, entretanto, pouco provável, da atualização anual do valor pago aos pipeiros, para abastecimento de água, uma vez que este reajuste é feito em espaçamentos maiores de tempo. Neste cenário, os valores desembolsados nas licitações da operação carro-pipa são corrigidos anualmente com o IPCA, considerando a taxa aplicada para os outros dois métodos (6,22%).

De modo análogo ao aplicado nos demais cenários propostos anteriormente, os indicadores foram calculados em *Microsoft Excel*®, conforme o quadro 11:

Quadro 11: Análise do cenário otimista

MÉTODO	VALOR	RESULTADO
TIR	95% > 9,5%	PROJETO DEVE SER ACEITO
VPL	R\$ 323.459,39 > 0	PROJETO DEVE SER ACEITO

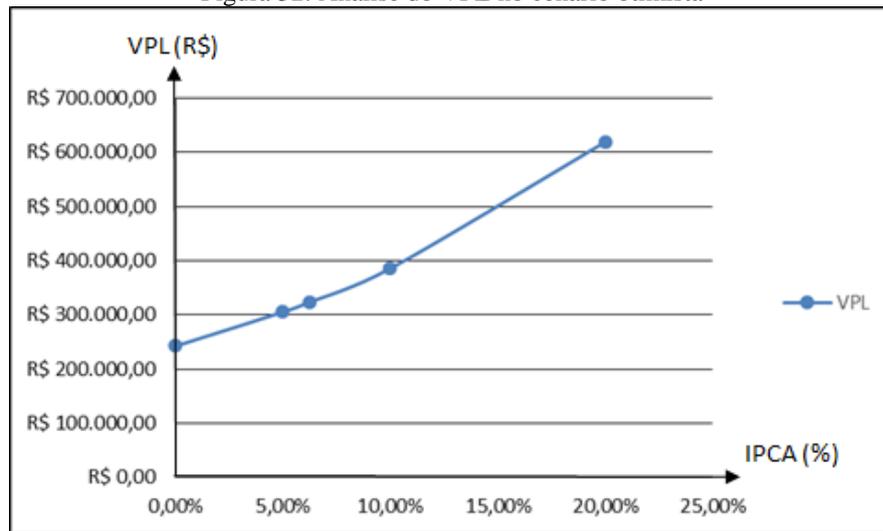
Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 14 demonstra o que é proposto sob a ótica de um cenário otimista, e sinalizando que o projeto deve ser aceito em relação aos três métodos de análise de viabilidade propostos no trabalho. O *payback* é de um ano e dois meses e o VPL é de R\$ 323.459,39 (trezentos e vinte e três mil quatrocentos e cinquenta e nove reais e trinta e nove centavos). Estes números mostram sua superioridade, em termos de desempenho, em relação aos outros dois cenários. Outro ponto a ser observado é que, diferentemente das duas análises anteriores, o fluxo de caixa possui apenas uma inversão de sinal, o que afirma o valor encontrado para a TIR, de 95% a.a (noventa e cinco por cento ao ano).

Em relação à análise da variação do VPL com a alteração do IPCA, o que se percebe, para o cenário otimista é que, quanto maior a taxa do IPCA, maior o VPL, uma vez que, por ter as receitas maiores que as despesas, o aumento da taxa provoca o aumento nessa diferença, conforme mostra a figura 32.

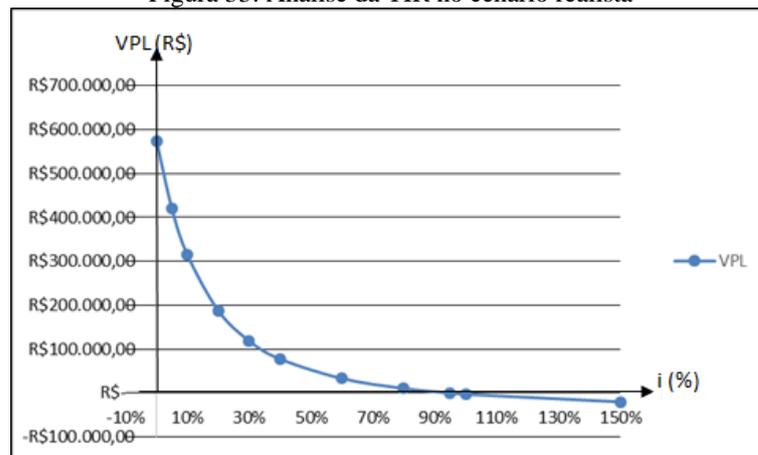
É oportuno, ainda, analisar o comportamento do valor presente líquido mediante a variação da taxa mínima de atratividade (SELIC). Para a análise da taxa interna de retorno do cenário otimista, o que se percebe é que esta possui um alto valor e que, dentro da conjuntura brasileira, seu valor demonstra grande potencial no investimento do equipamento, por parte de órgãos públicos responsáveis pelo abastecimento de água na comunidade em estudo, conforme mostra a figura 33.

Figura 32: Análise do VPL no cenário otimista



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 33: Análise da TIR no cenário realista



Fonte: Elaborado pelo autor

O que pode ser observado na análise dos três cenários propostos é que o cenário pessimista tende a gerar uma não aceitação do projeto, por meio da análise de dois critérios avaliados (TIR e VPL). O segundo cenário (realista), mostra que na, atual conjuntura, o projeto de dessalinização de água na comunidade de Jurema pode ser aceito, em análise dos três métodos de análise de viabilidade. Reforça-se, ainda que os ganhos podem também ser maiores caso o projeto seja encerrado antes do período de vida útil do equipamento.

Por fim, o cenário otimista, mostra uma grande economia a ser alcançada pelos órgãos públicos responsáveis pelo abastecimento de água na comunidade de Jurema, uma vez que todas as simulações feitas, reforçaram a positividade do VPL e da TIR.

### 5.10. Simular outros cenários

Além dos três cenários propostos no item 5.9, pode-se aplicar novos cenários para o estudo de viabilidade do projeto. Desta vez, a taxa de 6,22% a.a será fixada para estes cenários e o valor gasto com a coleta e afastamento, por metro cúbico do rejeito gerado no equipamento, será alterado, criando novas opções de análise.

Com a ajuda do *Microsoft Excel®*, os cenários foram estipulados com o valor desembolsado, por metro cúbico de água destinada à encanação, de R\$ 0,00, supondo que a prefeitura isente a comunidade do pagamento desta taxa, até R\$ 15,00, quando se verifica ser um valor alto, quando comparado ao que é praticado comumente. Para cada uma das variações, foram calculados os três indicadores (TIR, VPL e *payback* descontado) para cada um dos cenários (pessimista, realista e otimista. O resultado encontrado é disposto no quadro 12:

Quadro 12: Análise de cenários com tarifas variáveis

	TAXA DE ESCOAMENTO				
	R\$ -	R\$ 5,00	R\$ 10,00	R\$ 10,73	R\$ 15,00
<b>VPL PESSIMISTA =</b>	R\$ 923.710,89	R\$ 491.992,98	R\$ 60.275,06	-R\$ 2.755,76	-R\$ 371.442,86
<b>TIR PESSIMISTA =</b>	308%	202%	84%	11%	-
<b>PBd PESSIMISTA =</b>	0,3	0,4	1,1	1,3	-
<b>VPL REALISTA =</b>	R\$ 976.064,25	R\$ 544.346,34	R\$ 112.628,42	R\$ 49.597,60	-R\$ 319.089,50
<b>TIR REALISTA =</b>	308%	202%	86%	65%	-
<b>PBd REALISTA =</b>	0,3	0,4	1,1	1,3	-
<b>VPL OTIMISTA =</b>	R\$ 1.249.926,05	R\$ 818.208,13	R\$ 386.490,21	R\$ 323.459,39	-R\$ 45.227,71
<b>TIR OTIMISTA =</b>	316%	213%	110%	95%	-
<b>PBd OTIMISTA =</b>	0,3	0,5	1,0	1,2	-

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no quadro 12, percebe-se que, à medida que a tarifa aplicada aumenta, os resultados dos fluxos de caixa vão sendo prejudicados, uma vez que as saídas em cada período  $n$ , é elevada. Deve-se ainda, salientar que, até a tarifa praticada na análise dos cenários anteriores, de R\$ 10,73, os cenários realista e otimista devem ser aceitos. Entretanto, o aumento gradual da tarifa, a partir do ponto de análise da tarifa de R\$ 10,73, os resultados tendem a deixar o investimento menos interessante, do ponto de vista financeiro.

Para o cenário pessimista, por exemplo, se a tarifa cobrada, para a coleta e afastamento da água rejeitada pelo dessalinizador, igualar a R\$ 10,70 (dez reais e setenta centavos), o VPL passa a ser ZERO e, a partir deste ponto, qualquer aumento na tarifa pode ocasionar um valor negativo no indicador, significando que investir no projeto de

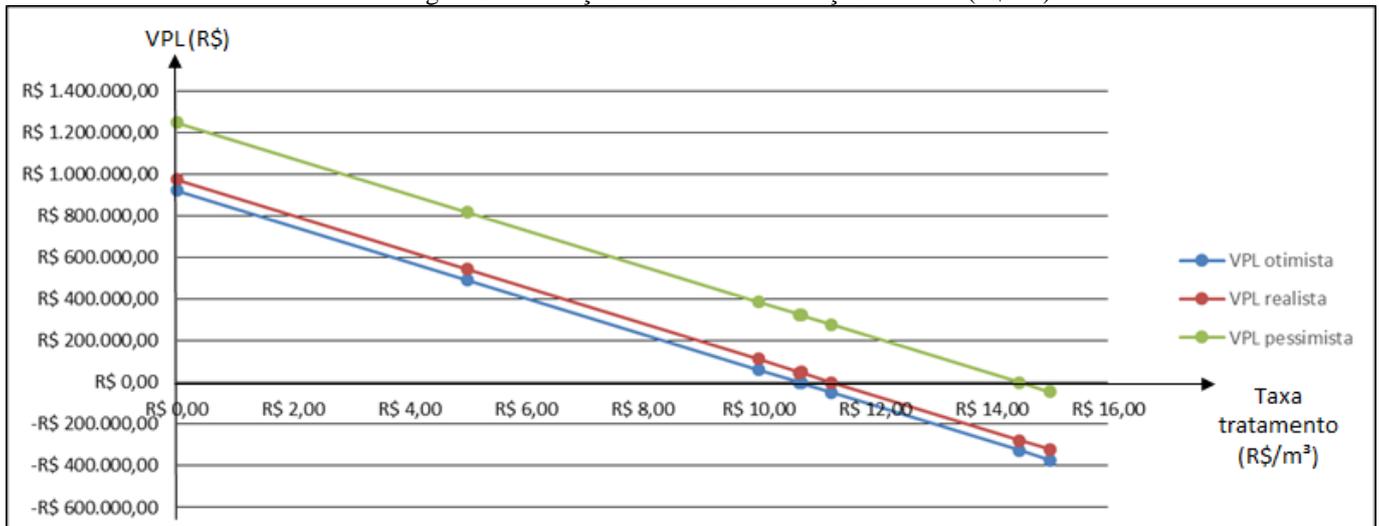
dessalinização é inviável, quando comparado ao abastecimento de água pela operação carro-pipa.

Em relação ao cenário realista, este se torna aceitável com o aumento da tarifa cobrada, para a destinação correta do rejeito de água, até R\$ 11,24 (onze reais e vinte e quatro centavos), quando este é zerado. Valores superiores a este, farão com que o VPL do projeto seja negativo e este deva ser rejeitado pelas partes interessadas no investimento que, no caso do presente estudo, são os órgãos públicos.

O último cenário analisado (otimista), sua aceitação, à luz do método do VPL, é dada para as tarifas de coleta e afastamento de água inferiores a R\$ 14,48 (catorze reais e quarenta e oito centavos). A partir deste valor, o VPL do projeto se torna negativo, significando que dar continuidade à operação carro-pipa pode ser financeiramente mais vantajoso que implementar o novo método de abastecimento de água da comunidade Jurema.

A figura 34 ilustra o comportamento dos VPL's dos cenários, à medida em que há a alteração na tarifa cobrada para o correto descarte da água concentrada após o tratamento:

Figura 34: Variação do VPL com alteração da tarifa (R\$/m<sup>3</sup>)



Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se, portanto, que os VPL's do projeto para os três cenários propostos neste tópico podem ser considerados sensíveis à variação da tarifa cobrada para a destinação correta do rejeito gerado após o processo de dessalinização. Portanto, pode-se sugerir que a decisão pela aceitação ou não do investimento, seja feita com base nas tarifas definidas pelos responsáveis em coletar e direcionar o líquido permeado, uma vez que este fator representa cerca de 81% (oitenta e um por cento) dos custos operacionais do projeto

### **5.11. Considerações**

Ao final deste capítulo, o método proposto no capítulo 4 foi aplicado, incluindo todas as suas etapas. Por meio deste, foram levantados os dados necessários para o dimensionamento do dessalinizador e a perfuração do poço profundo, de modo a atender a demanda da comunidade de Jurema. Além disso, foi feita a análise de viabilidade financeira da proposta de fornecimento alternativo da comunidade, à luz de 3 (três) métodos comumente empregados, por meio da simulação de 6 (seis) cenários distintos.

O próximo, e último, capítulo tem como finalidade explicitar as conclusões tiradas a partir dos resultados extraídos ao longo da aplicação do método proposto.

## 6. CONCLUSÃO

Ao final do estudo, conclui-se que o objetivo geral do trabalho foi alcançado, uma vez que foi desenvolvida uma metodologia que engloba 9 (nove) etapas para avaliar economicamente a implantação de um equipamento de dessalinização de água pelo processo de osmose reversa, sendo verificado, portanto, que referido equipamento é economicamente mais vantajoso em relação à operação carro-pipa atualmente utilizada.

O primeiro objetivo específico (identificar os gastos atuais com o abastecimento de água por meio da operação carro-pipa) foi atingido no quinto capítulo do trabalho, onde, por meio de informações coletadas junto a órgãos públicos, pôde-se mensurar os gastos com o método atual de abastecimento de água na comunidade Jurema, em Quixeramobim.

Ao longo do quinto capítulo, foi possível também alcançar o segundo objetivo específico: dimensionar um equipamento de dessalinização por osmose reversa que forneça o mesmo volume de água do ofertado hoje pela operação carro-pipa, por meio da análise da demanda diária de água da comunidade Jurema, que levou em conta aspectos da Organização Mundial de Saúde e dados demográficos da comunidade, fornecidos por órgãos públicos.

O terceiro objetivo específico (descobrir se a implantação de um dessalinizador de água em uma comunidade abastecida pela operação carro-pipa é viável) foi atingido no último tópico do capítulo 5 (cinco), ao se avaliar a viabilidade financeira do método alternativo de fornecimento de água à comunidade, por meio de 3 (três) métodos comumente utilizados para este fim: o método do *payback* descontado, da TIR e do VPL.

Por meio desta análise, percebeu-se que a opção pela alternativa proposta, concede aos órgãos públicos, economias nos desembolsos com abastecimento de água na comunidade nos três primeiros cenários analisados, considerando a variação do IPCA. Entretanto, a aceitação do projeto para os cenários pessimista e realista, deve considerar que, a partir de dado período, o abastecimento de água por tratamento de água subterrânea se torna menos econômico que o abastecimento por caminhão-pipa.

Conclui-se, ainda, que o método proposto pode ser aplicado em diversos cenários que envolvam 2 (duas) ou mais alternativas de abastecimento de água em determinada região. Por meio dele, pode-se ter noção da realidade vivida pelos habitantes da comunidade, bem como suas demandas diárias por água, para, então, poder dimensionar o equipamento que melhor se adequa para o fornecimento de água. Ademais, uma vez planejada a alternativa de abastecimento, pode-se encontrar fontes de financiamento e, por fim, estabelecer os fluxos de caixas e os analisar, encontrando a melhor alternativa.

Uma limitação deste trabalho se dá na ausência de um prévio estudo sobre a quantidade e qualidade da água do solo na localidade selecionada. Neste contexto, caso o lençol freático não possua água nas quantidades desejadas ou, ainda que forneça água doce, a instalação de um dessalinizador de água não é necessária.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se a análise de equipamentos que forneçam maiores quantidades de água que extrapolem os 20 (vinte) litros de água *per capita*, de modo a promover ainda mais qualidade de vida à população.

Além disso, de modo a tornar o projeto ambientalmente mais sustentável e econômico, sugere-se projetar equipamentos que possuam painéis geradores fotovoltaicos que converta energia solar em energia elétrica. Ainda neste âmbito de sustentabilidade ambiental, sugerem-se estudos que visem o reaproveitamento da água rejeitada pelo processo de dessalinização. Esta água, por exemplo, pode ser utilizada para fins de limpeza e higienização de ambientes, criação de seres que se adaptem a águas salobras, como plantação de erva-sal e criadouros de camarão. Tais estudos, colaboram, ainda, com a economia local, gerando emprego e renda à comunidade, bem como diminuindo os desembolsos com o abastecimento de água.

Por fim, para medir a aceitação da comunidade com a concepção ou implantação do projeto, recomenda-se a aplicação de questionários junto à população que meçam suas expectativas o fornecimento alternativo de água e a satisfação com o atual serviço prestado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Ranking das tarifas**. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

ALMEIDA, S. S. C. de. **O processo de dessalinização por osmose reversa à luz de um dessalinizador de membrana semipermeável**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro de Ciências Tecnológicas. Universidade de Fortaleza, 2016.

ARAÚJO, Pietra F. **Torres de separação por absorção, adsorção e destilação**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/pizinha/torres-de-separao>>. Acesso em 02 jun. 2017

BANCO DO NORDESTE. **Simulador de financiamento**. Disponível em: <<http://simuladorcartaobnb.com.br/>>. Acesso em: 03 jun. 2017)

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **Simulador cartão BNDES**. Disponível em: <[https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/paginascartao/Simulador\\_PopUp.asp?Acao=S1](https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/paginascartao/Simulador_PopUp.asp?Acao=S1)>. Acesso em: 03 jun. 2017)

BLANK, Leland T.; TARQUIN, Anthony. **Engineering economy**. 7th Ed. New York: McGraw-Hill, 2012

BRANCO, Mariana. **Mercado prevê que Selic chegará a 9% ao ano em 2018**. Agência Brasil. Brasília, 30 janeiro 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-01/mercado-preve-que-selic-chegara-9-ao-ano-em-2018>>. Acesso em: 24 mai 2017

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente CONAMA nº 357. Resolução CONAMA nº 357/05, de 17 de março de 2005, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.**

BRASIL. **Receita Federal. Instrução normativa srf nº 162**, de 31 de dezembro de 1998. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=15004>>. Acesso em: 03 jun. 2017)

BRASIL. Receita Federal. **Taxa de juros Selic**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic#SelicAcumulada>>. Acesso em: 03 jun. 2017)

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens. **As decisões de investimentos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

CAGECE. Companhia de água e esgoto do Ceará. **Estrutura tarifária 2016**. 2016. Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/nova-estrutura-tarifaria>>. Acesso em: 24 mai 2017

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKKE, Bruno H. **Análise de investimentos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CORREIA NETO, Jocildo Figueiredo. **Elaboração e avaliação de projetos de investimentos: considerando o risco**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009

EL DESSOUKY, Hisham T.; ETTOUNEY, Hisham M.; **Fundamentals of Salt Water Desalination**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2002.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Evolução do volume d'água armazenado por região hidrográfica**. 2017. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/app/pagina/show/171>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades**. Brasília, 2014. Disponível em: <[http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_cloracao\\_agua\\_pequenas\\_comunidades\\_clorador\\_desenvolvido.pdf](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_cloracao_agua_pequenas_comunidades_clorador_desenvolvido.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2017.

GANGA, Gilberto M. D. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma**. São Paulo: Atlas, 2012

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. ed. 5 reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor**. 2017. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc\\_ipca/defaultsubitem.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultsubitem.shtm)>. Acesso em: 21 mai. 2017.

IDA (International Desalination Association). **Desalination by the Number**. 2015. Disponível em <<http://idadesal.org/desalination-101/desalination-by-the-numbers/>>. Acesso em: 14 de abril de 2017

IDE TECHNOLOGIES. **Thermal Desalination Solutions for Seawater**. Disponível em: <<http://www.ide-tech.com/solutions/desalination-2/thermal-desalination-med-mvc/>>. Acesso em: 03 jun. 2017

ÍNDIA. Department of Atomic Energy. **Desalination & Water Purification Technologies**. Mumbai, 2010. Disponível em: <<http://www.barc.gov.in/publications/tb/desalination.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=140.%20Acesso%20em%202010/05/2017>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

MOTTA, Regis da R. et al. **Engenharia Econômica e Finanças**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

MOTTA, Régis da R.; CALÔBA, Guilherme M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

NASCIMENTO, Thatiany. **Dessalinização e reúso são saídas para colapso**. Diário do Nordeste, Fortaleza, 24 março 2017. Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/dessalinizacao-e-reuso-sao-saidas-para-colapso-1.1726089>. Acesso em: 29 mai. 2017

NOGUEIRA, Edwirges. **Crise hídrica no Ceará gera restrições de consumo para a população e indústria**. Agência Brasil. Fortaleza, 18 setembro 2016. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-09/crise-hidrica-no-ceara-gera-restricoes-de-consumo-para-populacao-e-industria>. Acesso em: 29 mai. 2017

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies**. Geneva, 2013. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/WHO\\_TN\\_09\\_How\\_much\\_water\\_is\\_needed.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/WHO_TN_09_How_much_water_is_needed.pdf). Acesso em: 03 mar. 2017

PAMPLONA, E. de O; Montevechi, J. A. B. **Engenharia Econômica I**. Disponível em: <http://www.iepg.unifei.edu.br/edson/download/Apostee1.PDF>. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), 2006. Acesso em: 09 mai. 2017.

RODRIGUES, M. A. S. **Eletrodialise Aplicada ao Tratamento de Efluentes**. 2012. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade. 2012. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cyted-recmet/wordpress/Guanajuato2012/Marco.pdf>. Acesso em 03 jun. 2017

SAUBERN. **Membrana de osmose reversa – Modelo LOW1 -4040-XL**. 2017. Disponível em: <http://www.saubern.com.br/folder/membrana-03.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2017.

SINIMBU, Fabíola; JADE, Líria. **Mais de 850 municípios brasileiros enfrentam problemas por falta de água em 2017**. Agência Brasil. Brasília, 22 março de 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-03/mais-de-850-municipios-brasileiros-enfrentam-problemas-por-falta-de-agua-em>. Acesso em: 15 abril 2017.

SOUZA, Luiz Faustino. **Dessalinização como fonte alternativa de água potável**. Norte Científico, [S.l.], v. 1, n. 1, dez. 2006. ISSN 2236-2940. Disponível em: <https://periodicos.ifrr.edu.br/index.php/revista/article/view/32>. Acesso em: 02 jun. 2017.

TIGRE. **Catálogos técnicos – obras e reformas – água fria**. 2017. Disponível em <http://www.tigre.com.br/catalogos-tecnicos>. Acesso em: 03 jun. 2017

VOUTCHKOV, Nikolay. **Desalination Engineering: Planning and Design**. 1. Ed. New York: McGraw Hill, 2013.

WABAG. **Thermal Desalination**. Disponível em: <http://www.wabag.com/performance-range/processes-and-technologies/msf-multi-stage-flash/>. Acesso em: 02 jun. 2017

WARSINGER, David M. et al. **Entropy Generation of Desalination Powered by Variable Temperature Waste Heat**. Cambridge: 2015. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1099-4300/17/11/7530/htm>. Acesso em: 02 jun. 2017

### APÊNDICE 1 - POÇOS PERFURADOS NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2017

Comunidade	Data perfuração	Profundidade (Em metros)	Vazão (em L/h)	Qualidade da Água
COMUNIDADE 1	DEZEMBRO	80	600	salobra
COMUNIDADE 2	NOVEMBRO	80	2000	salobra
COMUNIDADE 3	OUTUBRO	108	6000	salobra
COMUNIDADE 4	NOVEMBRO	90	1500	salobra
COMUNIDADE 5	NOVEMBRO	100	3000	doce
COMUNIDADE 5- B	NOVEMBRO	60	6000	salobra
COMUNIDADE 6	NOVEMBRO	80	1500	salobra
COMUNIDADE 7	NOVEMBRO	80	1500	salobra
COMUNIDADE 7- B	NOVEMBRO	80	1500	salobra
COMUNIDADE 8	NOVEMBRO	100	4000	doce
COMUNIDADE 8-B	NOVEMBRO	64	60000	doce
COMUNIDADE 8-C	NOVEMBRO	84	6000	doce
COMUNIDADE 8-D	NOVEMBRO	124	1400	doce
COMUNIDADE 8-E	NOVEMBRO	140	1200	doce
COMUNIDADE 9	OUTUBRO	80	2000	salobra
COMUNIDADE 9-B	OUTUBRO	80	6000	salobra
COMUNIDADE 10	NOVEMBRO	100	5000	doce
COMUNIDADE 11	OUTUBRO	80	4000	salobra
COMUNIDADE 11-B	OUTUBRO	120	3000	salobra
COMUNIDADE 12	OUTUBRO	120	1500	salobra
COMUNIDADE 13	NOVEMBRO	80	2000	salobra
COMUNIDADE 14	JANEIRO	120	4000	salobra
COMUNIDADE 14-B	NOVEMBRO	60	3000	salobra
COMUNIDADE 15	NOVEMBRO	100	300	salobra
COMUNIDADE 16	OUTUBRO	132	800	salobra
COMUNIDADE 17	NOVEMBRO	80	3000	salobra
COMUNIDADE 18	OUTUBRO	128	2000	salobra
COMUNIDADE 19	OUTUBRO	92	5000	salobra
COMUNIDADE 20	NOVEMBRO	80	500	salobra
COMUNIDADE 21	OUTUBRO	72	3000	salobra
COMUNIDADE 21-B	OUTUBRO	100	1500	salobra
COMUNIDADE 21-C	OUTUBRO	92	1500	salobra
COMUNIDADE 22	OUTUBRO	60	8000	salobra
COMUNIDADE 23	DEZEMBRO	100	1000	salobra
COMUNIDADE 24	OUTUBRO	120	3000	salobra

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Quixeramobim

## APÊNDICE 2 - COMPONENTES DO DESSALINIZADOR

ITEM	TIPO	QTDE
CABO FLEXÍVEL 4MM 100METROS AZUL PRYSMIAN	Elétrico	1
MÓDULO DE ACOPLAMENTO INDUSTRIAL NEWKON STECK	Elétrico	1
MÓDULO DE TOMADA INDUSTRIAL AZUL NEWKON STECK	Elétrico	1
DISJUNTOR UNIP DIN CURVA C 25ASTECK	Elétrico	1
PAINEL ELETRONICO DE COMANDO	Eletrônico	1
ARDUINO UNO R3 COMPATÍVEL + CABO USB	Eletrônico	1
CHAVEIRO TAG RFID MIFARE 125KHZ	Eletrônico	400
MICROCOMPUTADOR DESKTOP EVUS MODELO ELEMENTAR 324	Eletrônico	1
CARCAÇAS PARA FILTROS 20"	Estrutural	3
GABINETE EM AÇO	Estrutural	1
TINTA C.R.Z. – Galvanização Instantânea a Frio	Estrutural	5
TANQUE DE POLIETILENO 10000L AZUL 1,93M FORTLEV	Estrutural	1
SENSOR DE FLUXO DE AGUA 3/4 POL 1-60L/MIN 5-24V	Hidráulico (elétrico)	1
MEDIDORES DE VAZÃO	Hidráulico (Mecânico)	3
CANO PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4"6MTIGRE	Hidráulico (Mecânico)	4
LUVA PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	22
TÊ PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" PLASTILIT	Hidráulico (Mecânico)	7
JOELHO 90° PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	15
VÁLVULA DE RETENÇÃO PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	1
CANO CPVCAQUATHERM 15 MM TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	9
LUVA AQUATHERM 15 MM TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	22
TE 90 AQUATHERM 15 MM TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	7
JOELHO 90 AQUATHERM 15 MM TIRGRE	Hidráulico (Mecânico)	15
VALVULA RETENÇÃO ROCAVEL 3/4" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	1
CANO MARROM 3M 20MM OU 1/2" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	9
LUVA MARROM 20 MM OU 1/2" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	22
TE MARROM 20 MM OU 1/2" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	9
JOELHO 90 AZUL 20 MM X 1/2" TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	15
COLA P/ CPVC AQUATHERM BISNAGA 75 G TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	3
COLA P/ PVC AQUATHERM BISNAGA 75 G TIGRE	Hidráulico (Mecânico)	3
FILTRO DFR-12 C/ BOMBA E AREIA	Hidráulico (Mecânico)	1
MEMBRANA OSMOSE REVERSA ULP31 4040 VONTRON SAUBERN	Hidráulico (Mecânico)	3
VASO PRESSÃO 4040-INOX 304 300PSI S/COSTURA SAUBERN	Hidráulico (Mecânico)	3
VÁLVULA SOLENOIDE PARA ÁGUA 3/4	Hidráulico (Mecânico)	1
DOSADOR DE CLORO P/ POÇO ARTESIANO	Hidráulico (Mecânico)	1
FILTROS CARBON BLOCK 20"	Hidráulico (Mecânico)	1
FILTROS PP POLIPROPILENO 5µ 20"	Hidráulico (Mecânico)	1
FILTROS PP POLIPROPILENO 1µ 20"	Hidráulico (Mecânico)	1
BOMBA EVM 13 (AÇO INOX 304) EBARA	Mecânico	1

Fonte: Elaboração própria

### APÊNDICE 3 - ORÇAMENTO DO DESSALINIZADOR

ITEM	QTDE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
CABO FLEXÍVEL 4MM 100METROS AZUL PRYSMIAN	1	R\$ 180,90	R\$ 180,90
MÓDULO DE ACOPLAMENTO INDUSTRIAL NEWKON STECK	1	R\$ 52,90	R\$ 52,90
MÓDULO DE TOMADA INDUSTRIAL AZUL NEWKON STECK	1	R\$ 47,90	R\$ 47,90
DISJUNTOR UNIP DIN CURVA C 25ASTECK	1	R\$ 5,99	R\$ 5,99
PAINEL ELETRONICO DE COMANDO	1	R\$ 684,00	R\$ 684,00
ARDUINO UNO R3 COMPATÍVEL + CABO USB	1	R\$ 56,90	R\$ 56,90
CHAVEIRO TAG RFID MIFARE 125KHZ	400	R\$ 2,90	R\$ 1.160,00
MICROCOMPUTADOR DESKTOP EVUS MODELO ELEMENTAR 324	1	R\$ 824,43	R\$ 824,43
CARCAÇAS PARA FILTROS 20"	3	R\$ 139,00	R\$ 417,00
GABINETE EM AÇO	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
TINTA C.R.Z. – Galvanização Instantânea a Frio	5	R\$ 60,17	R\$ 300,85
TANQUE DE POLIETILENO 10000L AZUL 1,93M FORTLEV	1	R\$ 4.330,90	R\$ 4.330,90
SENSOR DE FLUXO DE AGUA 3/4 POL 1-60L/MIN 5-24V	1	R\$ 85,90	R\$ 85,90
MEDIDORES DE VAZÃO	3	R\$ 87,83	R\$ 263,49
CANO PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4"6MTIGRE	4	R\$ 54,90	R\$ 219,60
LUVA PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	22	R\$ 4,89	R\$ 107,58
TÊ PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" PLASTILIT	7	R\$ 10,99	R\$ 76,93
JOELHO 90° PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	15	R\$ 5,99	R\$ 89,85
VÁLVULA DE RETENÇÃO PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	1	R\$ 112,90	R\$ 112,90
CANO CPVCAQUATHERM 15 MM TIGRE	9	R\$ 8,49	R\$ 76,41
LUVA AQUATHERM 15 MM TIGRE	22	R\$ 0,97	R\$ 21,34
TE 90 AQUATHERM 15 MM TIGRE	7	R\$ 1,37	R\$ 9,59
JOELHO 90 AQUATHERM 15 MM TIRGRE	15	R\$ 8,89	R\$ 133,35
VALVULA RETENÇÃO ROCAVEL 3/4" TIGRE	1	R\$ 19,79	R\$ 19,79
CANO MARROM 3M 20MM OU 1/2" TIGRE	9	R\$ 8,49	R\$ 76,41
LUVA MARROM 20 MM OU 1/2" TIGRE	22	R\$ 0,97	R\$ 21,34
TE MARROM 20 MM OU 1/2" TIGRE	9	R\$ 1,37	R\$ 12,33
JOELHO 90 AZUL 20 MM X 1/2" TIGRE	15	R\$ 8,89	R\$ 133,35
COLA P/ CPVC AQUATHERM BISNAGA 75 G TIGRE	3	R\$ 19,79	R\$ 59,37
COLA P/ PVC AQUATHERM BISNAGA 75 G TIGRE	3	R\$ 7,59	R\$ 22,77
FILTRO DFR-12 C/ BOMBA E AREIA	1	R\$ 1.542,90	R\$ 1.542,90
MEMBRANA OSMOSE REVERSA ULP31 4040 VONTRON SAUBERN	3	R\$ 845,42	R\$ 2.536,26
VASO PRESSÃO 4040-INOX 304 300PSI S/COSTURA SAUBERN	3	R\$ 386,94	R\$ 1.160,82
VÁLVULA SOLENOIDE PARA ÁGUA 3/4	1	R\$ 39,90	R\$ 39,90
DOSADOR DE CLORO P/ POÇO ARTESIANO	1	R\$ 289,00	R\$ 289,00
FILTROS CARBON BLOCK 20"	1	R\$ 132,00	R\$ 132,00
FILTROS PP POLIPROPILENO 5µ 20"	1	R\$ 198,00	R\$ 198,00
FILTROS PP POLIPROPILENO 1µ 20"	1	R\$ 13,83	R\$ 13,83
BOMBA EVM 13 (AÇO INOX 304) EBARA	1	R\$ 4.800,00	R\$ 4.800,00
MÃO DE OBRA E FRETE	1	R\$ 3.748,00	R\$ 3.748,00
REMUNERAÇÃO (20%)	2	R\$ 4.925,96	R\$ 9.851,91
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 34.316,69</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

### APÊNDICE 4 - DEPRECIAÇÃO DOS COMPONENTES

ITEM	VALOR (EM R\$)	VIDA ÚTIL (EM ANOS)	DEPRE CIAÇÃO
CARCAÇAS PARA FILTROS 20"	R\$417,00	10	R\$3,48
MEDIDORES DE VAZÃO	R\$263,49	5	R\$4,39
CABO FLEXÍVEL 4MM 100METROS AZUL PRYSMIAN	R\$180,90	5	R\$3,02
MÓDULO DE ACOPLAMENTO INDUSTRIAL NEWKON STECK	R\$52,90	10	R\$0,44
MÓDULO DE TOMADA INDUSTRIAL AZUL NEWKON STECK	R\$47,90	10	R\$0,40
DISJUNTOR UNIP DIN CURVA C 25ASTECK	R\$5,99	10	R\$0,05
ARDUINO UNO R3 COMPATÍVEL + CABO USB	R\$56,90	5	R\$0,95
CHAVEIRO TAG RFID MIFARE 125KHZ	R\$1.160,00	5	R\$19,33
GABINETE EM AÇO	R\$400,00	5	R\$6,67
TINTA C.R.Z. – Galvanização Instantânea a Frio	R\$300,85	5	R\$5,01
TANQUE DE POLIETILENO 10000L AZUL 1,93M FORTLEV	R\$4.330,90	10	R\$36,09
SENSOR DE FLUXO DE AGUA 3/4 POL 1-60L/MIN 5-24V	R\$85,90	10	R\$0,72
CANO PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4"6MTIGRE	R\$219,60	10	R\$1,83
LUVA PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	R\$107,58	10	R\$0,90
TÊ PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4"PLASTILIT	R\$76,93	10	R\$0,64
JOELHO 90° PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	R\$89,85	10	R\$0,75
VÁLVULA DE RETENÇÃO PVC PARA ESGOTO 100MM OU 4" TIGRE	R\$112,90	10	R\$0,94
CANO CPVCAQUATHERM 15 MM TIGRE	R\$76,41	10	R\$0,64
LUVA AQUATHERM 15 MM TIGRE	R\$21,34	10	R\$0,18
TE 90 AQUATHERM 15 MM TIGRE	R\$9,59	10	R\$0,08
JOELHO 90 AQUATHERM 15 MM TIRGRE	R\$133,35	10	R\$1,11
VALVULA RETENÇÃO ROCAVEL 3/4" TIGRE	R\$19,79	10	R\$0,16
CANO MARROM 3M 20MM OU 1/2" TIGRE	R\$76,41	10	R\$0,64
LUVA MARROM 20 MM OU 1/2" TIGRE	R\$21,34	10	R\$0,18
TE MARROM 20 MM OU 1/2" TIGRE	R\$12,33	10	R\$0,10
JOELHO 90 AZUL 20 MM X 1/2" TIGRE	R\$133,35	10	R\$1,11
COLA P/ CPVC AQUATHERM BISNAGA 75 G TIGRE	R\$59,37	10	R\$0,49
COLA P/ PVC AQUATHERM BISNAGA 75 G TIGRE	R\$22,77	10	R\$0,19
FILTRO DFR-12 C/ BOMBA E AREIA	R\$1.542,90	5	R\$25,72
MEMBRANA OSMOSE REVERSA ULP31 4040 VONTRON SAUBERN	R\$2.536,26	2	R\$105,68
VASO PRESSÃO 4040-INOX 304 300PSI S/COSTURA SAUBERN	R\$1.160,82	25	R\$3,87
VÁLVULA SOLENOIDE PARA ÁGUA 3/4	R\$39,90	5	R\$0,67
DOSADOR DE CLORO P/ POÇO ARTESIANO	R\$289,00	10	R\$2,41
FILTROS CARBON BLOCK 20"	R\$132,00	1	R\$11,00
FILTROS PP POLIPROPILENO 5µ 20"	R\$198,00	1	R\$16,50
FILTROS PP POLIPROPILENO 1µ 20"	R\$13,83	1	R\$1,15
BOMBA EVM 13 (AÇO INOX 304) EBARA	R\$4.800,00	8	R\$50,00
MICROCOMPUTADOR DESKTOP EVUS MODELO ELEMENTAR 324	R\$824,43	5	R\$13,74
PAINEL ELETRONICO DE COMANDO	R\$684,00	10	R\$5,70
	<b>TOTAL MENSAL</b>		<b>R\$326,91</b>

Fonte: Adaptado de Receita Federal (1998)

## APÊNDICE 5 – FLUXOS DE CAIXA DO PROJETO (CENÁRIOS PESSIMISTA, REALISTA E OTIMISTA)

Fluxo de caixa anual do dessalinizador de água (cenário pessimista)

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
<b>RECEITAS (ECONOMIAS)</b>											
(+) Economias com operação carro pipa	R\$ -	R\$ 190.104,48									
<b>CUSTOS OPERACIONAIS</b>											
(-) Energia Elétrica	R\$ -	-R\$ 3.548,60	-R\$ 3.769,32	-R\$ 4.003,77	-R\$ 4.252,81	-R\$ 4.517,33	-R\$ 4.798,31	-R\$ 5.096,77	-R\$ 5.413,79	-R\$ 5.750,52	-R\$ 6.108,21
(-) Pós-tratamento	R\$ -	-R\$ 71,40	-R\$ 75,84	-R\$ 80,56	-R\$ 85,57	-R\$ 90,89	-R\$ 96,54	-R\$ 102,55	-R\$ 108,93	-R\$ 115,70	-R\$ 122,90
(-) Vistorias	R\$ -	-R\$ 21.600,00	-R\$ 22.943,52	-R\$ 24.370,61	-R\$ 25.886,46	-R\$ 27.496,60	-R\$ 29.206,88	-R\$ 31.023,55	-R\$ 32.953,22	-R\$ 35.002,91	-R\$ 37.180,09
(-) Seguro	R\$ -	-R\$ 975,00	-R\$ 1.035,65	-R\$ 1.100,06	-R\$ 1.168,49	-R\$ 1.241,17	-R\$ 1.318,37	-R\$ 1.400,37	-R\$ 1.487,47	-R\$ 1.579,99	-R\$ 1.678,27
(-) Escoamento do rejeito	R\$ -	-R\$115.884,00	-R\$123.091,98	-R\$130.748,31	-R\$138.880,85	-R\$147.519,24	-R\$156.694,94	-R\$166.441,36	-R\$176.794,01	-R\$187.790,60	-R\$199.471,18
<b>(=) FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL</b>	R\$ -	R\$ 48.025,48	R\$ 39.188,17	R\$ 29.801,17	R\$ 19.830,31	R\$ 9.239,25	-R\$ 2.010,56	-R\$ 13.960,12	-R\$ 26.652,94	-R\$ 40.135,25	-R\$ 54.456,16
(-) Investimento inicial	-R\$ 52.716,69	R\$ -									
(-) Troca de componentes (filtros)	R\$ -	-R\$ 343,83	-R\$ 365,22	-R\$ 387,93	-R\$ 412,06	-R\$ 437,69	-R\$ 464,92	-R\$ 493,83	-R\$ 524,55	-R\$ 557,18	-R\$ 591,83
(-) Troca de componentes (Membrana)	R\$ -	R\$ -	-R\$ 2.694,02	R\$ -	R\$ 3.039,57	R\$ -	-R\$ 3.429,46	R\$ -	R\$ 3.869,35	R\$ -	-R\$ 4.365,67
(-) Troca de componentes (Eletrônicos e gabinete)	R\$ -	-R\$ 5.848,11	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 7.907,64				
(+) Valor residual do ativo vendido	R\$ -	R\$ 9.638,54									
<b>(=) FLUXO DE CAIXA LIVRE</b>	-R\$ 52.716,69	R\$ 47.681,65	R\$ 36.128,93	R\$ 29.413,24	R\$ 22.457,82	R\$ 2.953,45	-R\$ 5.904,94	-R\$ 14.453,96	-R\$ 23.308,14	-R\$ 40.692,43	-R\$ 57.682,77

Fonte: Elaborado pelo autor

Fluxo de caixa anual do dessalinizador de água (cenário realista)

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
<b>RECEITAS (ECONOMIAS)</b>											
(+) Economias com operação carro pipa	R\$ -	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	R\$ 190.104,48	R\$ 201.928,98	R\$ 201.928,98	R\$ 201.928,98	R\$ 201.928,98	R\$ 214.488,96	R\$ 227.830,17
<b>CUSTOS OPERACIONAIS</b>											
(-) Energia Elétrica	R\$ -	-R\$ 3.548,60	-R\$ 3.769,32	-R\$ 4.003,77	-R\$ 4.252,81	-R\$ 4.517,33	-R\$ 4.798,31	-R\$ 5.096,77	-R\$ 5.413,79	-R\$ 5.750,52	-R\$ 6.108,21
(-) Pós-tratamento	R\$ -	-R\$ 71,40	-R\$ 75,84	-R\$ 80,56	-R\$ 85,57	-R\$ 90,89	-R\$ 96,54	-R\$ 102,55	-R\$ 108,93	-R\$ 115,70	-R\$ 122,90
(-) Vistorias	R\$ -	-R\$ 21.600,00	-R\$ 22.943,52	-R\$ 24.370,61	-R\$ 25.886,46	-R\$ 27.496,60	-R\$ 29.206,88	-R\$ 31.023,55	-R\$ 32.953,22	-R\$ 35.002,91	-R\$ 37.180,09
(-) Seguro	R\$ -	-R\$ 975,00	-R\$ 1.035,65	-R\$ 1.100,06	-R\$ 1.168,49	-R\$ 1.241,17	-R\$ 1.318,37	-R\$ 1.400,37	-R\$ 1.487,47	-R\$ 1.579,99	-R\$ 1.678,27
(-) Escoamento do rejeito	R\$ -	-R\$115.884,00	-R\$123.091,98	-R\$130.748,31	-R\$138.880,85	-R\$147.519,24	-R\$156.694,94	-R\$166.441,36	-R\$176.794,01	-R\$187.790,60	-R\$199.471,18
<b>(=) FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL</b>	R\$ -	R\$ 48.025,48	R\$ 39.188,17	R\$ 29.801,17	R\$ 19.830,31	R\$ 21.063,75	R\$ 9.813,93	-R\$ 2.135,62	-R\$ 14.828,44	-R\$ 15.750,77	-R\$ 16.730,47
(-) Investimento inicial	-R\$ 52.716,69	R\$ -									
(-) Troca de componentes (filtros)	R\$ -	-R\$ 343,83	-R\$ 365,22	-R\$ 387,93	-R\$ 412,06	-R\$ 437,69	-R\$ 464,92	-R\$ 493,83	-R\$ 524,55	-R\$ 557,18	-R\$ 591,83
(-) Troca de componentes (Membrana)	R\$ -	R\$ -	-R\$ 2.694,02	R\$ -	R\$ 3.039,57	R\$ -	-R\$ 3.429,46	R\$ -	R\$ 3.869,35	R\$ -	-R\$ 4.365,67
(-) Troca de componentes (Eletrônicos e gabinete)	R\$ -	-R\$ 5.848,11	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 7.907,64				
(+) Valor residual do ativo vendido	R\$ -	R\$ 9.638,54									
<b>(=) FLUXO DE CAIXA LIVRE</b>	-R\$ 52.716,69	R\$ 47.681,65	R\$ 36.128,93	R\$ 29.413,24	R\$ 22.457,82	R\$ 14.777,95	R\$ 5.919,56	-R\$ 2.629,46	-R\$ 11.483,64	-R\$ 16.307,95	-R\$ 19.957,07

Fonte: Elaborado pelo autor

## Fluxo de caixa anual do dessalinizador de água (cenário otimista)

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
<b>RECEITAS (ECONOMIAS)</b>											
(+) Economias com operação carro pipa	R\$ -	R\$ 190.104,48	R\$ 201.928,98	R\$ 214.488,96	R\$ 227.830,17	R\$ 242.001,21	R\$ 257.053,69	R\$ 273.042,43	R\$ 290.025,66	R\$ 308.065,26	R\$ 327.226,92
<b>CUSTOS OPERACIONAIS</b>											
(-) Energia Elétrica	R\$ -	-R\$ 3.548,60	-R\$ 3.769,32	-R\$ 4.003,77	-R\$ 4.252,81	-R\$ 4.517,33	-R\$ 4.798,31	-R\$ 5.096,77	-R\$ 5.413,79	-R\$ 5.750,52	-R\$ 6.108,21
(-) Pós-tratamento	R\$ -	-R\$ 71,40	-R\$ 75,84	-R\$ 80,56	-R\$ 85,57	-R\$ 90,89	-R\$ 96,54	-R\$ 102,55	-R\$ 108,93	-R\$ 115,70	-R\$ 122,90
(-) Vistorias	R\$ -	-R\$ 21.600,00	-R\$ 22.943,52	-R\$ 24.370,61	-R\$ 25.886,46	-R\$ 27.496,60	-R\$ 29.206,88	-R\$ 31.023,55	-R\$ 32.953,22	-R\$ 35.002,91	-R\$ 37.180,09
(-) Seguro	R\$ -	-R\$ 975,00	-R\$ 1.035,65	-R\$ 1.100,06	-R\$ 1.168,49	-R\$ 1.241,17	-R\$ 1.318,37	-R\$ 1.400,37	-R\$ 1.487,47	-R\$ 1.579,99	-R\$ 1.678,27
(-) Escoamento do rejeito	R\$ -	-R\$ 115.884,00	-R\$ 123.091,98	-R\$ 130.748,31	-R\$ 138.880,85	-R\$ 147.519,24	-R\$ 156.694,94	-R\$ 166.441,36	-R\$ 176.794,01	-R\$ 187.790,60	-R\$ 199.471,18
(=) FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	R\$ -	R\$ 48.025,48	R\$ 51.012,66	R\$ 54.185,65	R\$ 57.556,00	R\$ 61.135,98	R\$ 64.938,64	R\$ 68.977,83	R\$ 73.268,25	R\$ 77.825,53	R\$ 82.666,28
(-) Investimento inicial	-R\$ 52.716,69	R\$ -									
(-) Troca de componentes (filtros)	R\$ -	-R\$ 343,83	-R\$ 365,22	-R\$ 387,93	-R\$ 412,06	-R\$ 437,69	-R\$ 464,92	-R\$ 493,83	-R\$ 524,55	-R\$ 557,18	-R\$ 591,83
(-) Troca de componentes (Membrana)	R\$ -	R\$ -	-R\$ 2.694,02	R\$ -	R\$ 3.039,57	R\$ -	-R\$ 3.429,46	R\$ -	R\$ 3.869,35	R\$ -	-R\$ 4.365,67
(-) Troca de componentes (Eletrônicos e gabinete)	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 5.848,11	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-R\$ 7.907,64
(+) Valor residual do ativo vendido	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 9.638,54
(=) FLUXO DE CAIXA LIVRE	-R\$ 52.716,69	R\$ 47.681,65	R\$ 47.953,43	R\$ 53.797,72	R\$ 60.183,51	R\$ 54.850,18	R\$ 61.044,27	R\$ 68.483,99	R\$ 76.613,04	R\$ 77.268,35	R\$ 79.439,67

Fonte: Elaborado pelo autor