



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL EM  
GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

KÁSSIO KRAMER MORAES PINTO

**AVALIAÇÃO DE PERDAS EM ADUTORA DE ÁGUA  
BRUTA EM SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE - PE**

Recife

2020

KÁSSIO KRAMER MORAES PINTO

**AVALIÇÃO DE PERDAS EM ADUTORA DE ÁGUA  
BRUTA EM SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE - PE**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro.

Recife

2020

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

P659a	<p>Pinto, Kássio Kramer Moraes. Avaliação de perdas em adutora de água bruta em Santa Cruz do Capibaribe - PE / Kássio Kramer Moraes Pinto. – 2020. 100 folhas, il., gráfs., tabs.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro.</p> <p>Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional, 2020. Inclui Referências e Apêndices.</p> <p>1. Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. 2. Perda de faturamento. 3. Perda de água bruta. 4. Sistema de abastecimento de água. 5. Agreste. 6. Semi-árido. I. Montenegro, Suzana Maria Gico Lima (Orientadora). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">UFPE</p> <p>333.91 CDD (22. ed.) <span style="float: right;">BCTG/2021-3</span></p>
-------	---

KÁSSIO KRAMER MORAES PINTO

**AVALIAÇÃO DE PERDAS EM ADUTORA DE ÁGUA  
BRUTA EM SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE – PE**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Aprovado em: 13/01/2020.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Maria do Carmo Martins Sobral (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Simone Rosa da Silva (Examinadora Externa)  
Universidade de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer pode não ser tarefa fácil, nem justa. Para não correr o risco da injustiça, agradeço de antemão a todos que de alguma forma passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de tudo que conquistei nesta trajetória.

Agradeço a Alessandra Pinto e Fred Pinto, meus pais, companheiros desta jornada e de tantas outras. Ao meu irmão Fredinho que acima do laço sanguíneo foi meu grande amigo.

A minha tia Maria das Graças que sempre esteve presente nos momentos de maior dificuldade dando o apoio necessário para que ocorresse a superação.

Minha orientadora Suzana Maria Gico Lima Montenegro agradeço muitíssimo pelos ensinamentos que me foram passados.

Agradeço também toda equipe da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) e especialmente ao meu gestor Bruno Adelino pela contribuição na minha formação profissional.

## RESUMO

O Brasil possui grande oferta água, mas apresenta acentuada diferença entre suas regiões no que diz respeito à oferta e à demanda hídrica, como por exemplo os casos da região norte e nordeste. A região norte é a que possui maior disponibilidade hídrica per capita e, com a densidade demográfica de apenas 4,12 hab/km<sup>2</sup>, tem cerca de 68,5% da água disponível. Em oposição à Região Hidrográfica Amazônica que possui abundância está a Região Hidrográfica Atlântico Norte – Nordeste que apresenta escassez. Essa região possui aproximadamente 20% da população, com mais de 30 milhões de habitantes, e a disponibilidade hídrica de apenas 5% com o per capita de 9 mil metros cúbicos por habitantes por ano. Além do desequilíbrio, as perdas nos sistemas de abastecimento são um agravante para a disponibilização de água à população. Entre 2017 e 2019, no sistema responsável por abastecer aproximadamente 100.000 habitantes na área urbana de Santa Cruz do Capibaribe no agreste de Pernambuco, foi identificado um índice muito elevado de perdas não aparentes no trecho adutor de água bruta, em média 30% do volume ofertado pelo sistema. Essas perdas foram identificadas comparando-se o volume que foi recalcado da estação elevatória de água bruta ao lado da barragem Gercino Pontes (principal manancial da região) e o quanto foi recebido pelas estações de tratamento de água Poço Fundo I, Machado e Pão-de-Açúcar. Diante desse cenário, traçou-se o objetivo de avaliar no período entre janeiro de 2017 e abril de 2019 as perdas financeiras e volumétricas do trecho adutor. Complementarmente propor alternativa de engenharia para melhorar o monitoramento das perdas, uma alternativa para abastecimento de água para a comunidade marginal a adutora e a quantificação da vazão para atendimento dos diversos usos da água existentes. A avaliação volumétrica e financeira foi realizada utilizando dados operacionais em quatro unidades do sistema de abastecimento: estação elevatória de água bruta de Tabocas, ETA Poço Fundo 1, ETA Macho e ETA Pão-de-Açúcar, e utilizando a tarifa vigente em cada período. A melhoria no monitoramento proposta baseou-se na construção de unidades de monitoramento alimentadas a energia solar. Já a avaliação dos usos e conseqüentemente a solução de abastecimento foram desenvolvidas baseadas em uma pesquisa com os usuários. Os resultados obtidos, levando em consideração os 28 meses avaliados, foram de perda percentual de 32%, perda volumétrica: 2.204.321 m<sup>3</sup>; perda de faturamento: R\$ 8.956.309,88; 220.432 residências que deixaram de ser abastecidas e 815.599 habitantes que deixaram de ser abastecidos. Os resultados obtidos convergiram com o objetivo e permitiram o desenvolvimento de dois produtos, uma sugestão de melhoria para a Norma de Projeto de Engenharia 11 da empresa de

saneamento e uma nota técnica indicando a viabilidade financeira para implantação de um sistema de abastecimento para a comunidade próxima a barragem.

Palavras-chave: Perda de faturamento. Perda de água bruta. Sistema de abastecimento de água. Agreste. Semi-árido.

## ABSTRACT

Brazil has a large supply of water, but there is a marked difference between its regions with regard to water supply and demand, such as the cases in the North and Northeast regions. The northern region has the highest water availability per capita and, with a demographic density of only 4.12 inhabitants / km<sup>2</sup>, has around 68.5% of the water available. In opposition to the Amazon Hydrographic Region, which has abundance, there is the North Atlantic - Northeast Hydrographic Region which presents scarcity. This region has approximately 20% of the population, with more than 30 million inhabitants, and water availability of only 5% with the per capita of 9 thousand cubic meters per inhabitants per year. In addition to the imbalance, losses in the supply systems are an aggravating factor in making water available to the population. Between 2017 and 2019, the system responsible for supplying approximately 100,000 inhabitants in the urban area of Santa Cruz do Capibaribe in the wild of Pernambuco, a very high rate of non-apparent loss in the adductor stretch of raw water was identified on average 30% of the offered volume through the system. These losses were identified by comparing the volume that was repressed from the raw water pumping station next to the Gercino Pontes dam (main source of the region) and how much was received by Poço Fundo I, Machado e Pão-de-Açúcar water treatment plants. In view of this scenario, the objective was to assess, in the period between January 2017 and April 2019, the financial and volumetric losses of the adductor stretch. In addition, to propose an engineering alternative to improve the monitoring of losses, an alternative for water supply to the marginal community, the adductor and the quantification of the flow to meet the various existing water uses. The volumetric and financial evaluation was carried out using operational data in four units of the supply system: Tabocas raw water pumping station, Poço Fundo 1 ETA, Macho ETA and Pão-de-Açúcar ETA, and using the tariff in force in each period. The improvement in the proposed monitoring was based on the construction of monitoring units powered by solar energy. Usage assessment and, consequently, the supply solution were developed based on a survey of users. The results obtained, taking into account the 28 months evaluated, were 32% percentage loss, volumetric loss: 2,204,321 m<sup>3</sup>; revenue loss: R \$ 8,956,309.88; 220,432 residences that are no longer supplied and 815,599 inhabitants that are no longer supplied. The results obtained converged with the objective and allowed the development of two products, a suggestion for improvement to the Engineering Design Standard 11 of the sanitation company and a technical note indicating the financial feasibility for implementing a supply system for the nearby community. the dam.

Keywords: Loss of revenue. Loss of raw water. Water supply system. Wild. Semi-arid.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de vazamentos em tubulações.....	25
Figura 2 - Localização geográfica da região. ....	29
Figura 3 - Reservatório Gercino Pontes .....	31
Figura 4 - Estação Elevatória de Tabocas. ....	32
Figura 5 - Caminhamento Adutora de Tabocas.....	33
Figura 6 - Perfil de elevação Adutora de Tabocas.....	33
Figura 7 - Manutenção Adutora de Tabocas em 21/11/2017. ....	34
Figura 8 - Área de Abastecimento das ETAs do SAA Santa Cruz do Capibaribe.....	35
Figura 9 - Área de Abastecimento da ETA Pão-de-Açúcar .....	36
Figura 10 - Relatório de Registro de Dados Pitométricos.....	37
Figura 11 – Unidades terminais e macromedidores. ....	38
Figura 12 – Estação de Medição.....	42
Figura 13 – Histórico de acumulação da barragem de Tabocas .....	46
Figura 14 – Croqui operação exclusiva Prata-Pirangi.....	47
Figura 15 – Volumes Acumulados do Abastecimento Exclusivo Prata-Pirangi.....	47
Figura 16 – Pareto da Perda Financeira do Abastecimento Prata-Pirangi.....	48
Figura 17 – Croqui operação simultânea Prata-Pirangi e barragem de Tabocas.....	49
Figura 18 - Volumes Acumulados do Abastecimento Exclusivo Prata-Pirangi.....	50
Figura 19 - Pareto da Perda Financeira do Abastecimento Prata-Pirangi e Tabocas .....	51
Figura 20 – Croqui operação exclusiva barragem de Tabocas .....	52
Figura 21 - Volumes Acumulados do Abastecimento Exclusivo Tabocas .....	53
Figura 22 - Pareto da Perda Financeira do Abastecimento Barragem Gercino Pontes .....	54
Figura 23 – Volumes Acumulados Durante os 28 Meses .....	55
Figura 24 – Pareto da Perda Financeira Durante os 28 meses.....	56
Figura 25 – Solicitação de Modificação da NPE-011 .....	63
Figura 26 – Solicitação de Modificação da NPE-011 .....	65
Figura 27 - Nota Técnica – Página 1 .....	67
Figura 28 - Nota Técnica – Página 2 .....	68
Figura 29 - Nota Técnica – Página 3 .....	69
Figura 30 - Nota Técnica – Página 4 .....	70
Figura 31 - Nota Técnica – Página 5 .....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Balanço de água.....	23
Quadro 2 – Índice de perdas na distribuição dos prestadores de serviços no Brasil.....	26
Quadro 3 – Dados Reservatório Engenheiro Gercino Pontes .....	30
Quadro 4 – Itens para o orçamento.....	42
Quadro 5 – Questionário a ser submetido a população residente próximo a barragem .....	44
Quadro 6 – Manancial utilizado por período.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados operacionais da estação elevatória velha.....	32
Tabela 2 – Dados operacionais da estação elevatória nova.....	32
Tabela 3 – Histórico de tarifas Compesa.....	40
Tabela 4 – Estimativa de custo de serviços da unidade de medição. ....	59
Tabela 5 – Estimativa de custo de materiais da unidade de medição.....	60
Tabela 6 – Consumo de água por hectare tipo de cultura.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
BDI	Benefício de Despesa Indireta
BNH	Banco Nacional de Habitação
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CV	Cavalo-Vapor
DDP	Diferença de Potencial
DN	Diâmetro Nominal
EEAB	Estação Elevatória de Água Bruta
ETA	Estação de Tratamento de Água
F°F°	Ferro Fundido
FCK	<i>Feature Compression Know</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
IPF	Índice de Perdas de Faturamento
IWA	<i>International Water Association</i>
Kg	Quilogramas
L.dia <sup>-1</sup>	Litros por Dia
L/s	Litros por Segundo
LJGS	Junta de Vedação Elástica
M	Metros
M <sup>2</sup>	Metros Quadrados
M <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
M <sup>3</sup> /H	Metros Cúbicos por Hora
M.C.A.	Metros de Coluna de Água
MM	Milímetros
MPA	Mega Pascal
NPE	Norma de Projeto de Engenharia
NTC	Norma Técnica Compesa
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas

Planasa	Plano Nacional de Saneamento
PN	Pressão Nominal
PVC	Policloreto de Vinila
PRFV	Plástico com Reforço de Fibras de Vidro
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
TFL	Tubo com Flanges
UN	Unidade
W	Watts

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
3.1	OBJETIVO GERAL.....	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>4</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
4.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	21
4.2	ADUTORAS .....	22
4.3	PERDAS APARENTES E REAIS .....	23
4.4	ÍNDICE DE PERDAS .....	26
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
5.1	DESCRIÇÃO DAS UNIDADES .....	28
<b>5.1.1</b>	<b>Manancial Barragem de Tabocas.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Estação Elevatória de Água Bruta de Tabocas .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Adutoras De Tabocas.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Estações de Tratamento de Água .....</b>	<b>34</b>
5.2	UNIDADE REFERÊNCIA DAS PERDAS .....	37
5.3	UNIDADES TERMINAIS DE SISTEMA.....	38
5.4	PERDA NO SISTEMA ADUTOR DE TABOCAS.....	40
5.5	PERDA DE FATURAMENTO PARA A EMPRESA.....	40
5.6	NÚMERO DE RESIDÊNCIAS E PESSOAS SEM ABASTECIMENTO .....	41
5.7	CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO.....	41
5.8	AVALIAÇÃO DE USO DA ÁGUA.....	43
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
6.1	AVALIAÇÃO VOLUMÉTRICA E FINANCEIRA.....	45
6.2	ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO .....	57
6.3	AVALIAÇÃO DE USO DA ÁGUA.....	61
6.4	PRODUTO - SOLUÇÃO ENGENHARIA PARA CONTROLE DE PERDAS .....	64
6.5	SOLUÇÃO PARA USUÁRIOS DA BARRAGEM DE TABOCAS .....	66
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE A – VOLUME MENSAL PRODUZIDOS POR UNIDADE.....</b>	<b>77</b>

<b>APÊNDICE B – PERDA DE FATURAMENTO MENSAL NOS TRÊS PERÍODOS AVALIADOS .....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE C – RESIDÊNCIAS E POPULAÇÃO DESABASTECIDAS MENSALMENTE EM DECORRÊNCIA DAS PERDAS.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE D – PESQUISA COM USUÁRIOS SOBRE O TIPO DE USO.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE E – PESQUISA COM USUÁRIOS – QUANTIFICAÇÃO DE USO DE ABASTECIMENTO E DESSEDENTAÇÃO ANIMAL.....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE F – PESQUISA COM USUÁRIOS – QUANTIFICAÇÃO DE USO DE IRRIGAÇÃO .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em termos globais o Brasil possui grande oferta água, possuindo doze regiões hidrográficas definidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) na resolução nº32 de 2003. Entretanto essa oferta não está distribuída de maneira uniforme, sendo aproximadamente 80% da água superficial do país localizada na Região Hidrográfica Amazônica que possui baixa densidade demográfica e pouca demanda por uso de água (ANA, 2019).

Em oposição à Região Hidrográfica Amazônica que possui abundância está a Região Hidrográfica Atlântico Norte – Nordeste que apresenta escassez. Essa região possui aproximadamente 20% da população, com mais de 30 milhões de habitantes, e a disponibilidade hídrica de apenas 5% com o *per capita* de 9 mil metros cúbicos por habitantes por ano (FRANCISCO, 2004).

Dentro da região Nordeste, o estado que possui maior carência de água é Pernambuco. Segundo Suassuna (2012) a disponibilidade *per capita* é de 1.320 m<sup>3</sup>/hab/ano, o estado está um pouco acima da situação de escassez segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), que define escassez como disponibilidade abaixo de 1.000 m<sup>3</sup>/hab/ano (BRASIL, 2007).

Diante da proximidade da situação de escassez, as medidas para minimizar perdas e contaminação de água no estado e Pernambuco deveriam estar bem desenvolvidas, entretanto não é isso que acontece. Os principais rios do estado, como por exemplo o rio Ipojuca, encontram-se com qualidade de água bastante comprometida, sendo considerado o terceiro rio mais poluído do Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2017). No tocante ao processo de abastecimento de água por rede de distribuição, várias causas podem justificar as perdas do recurso hídrico sob a ótica da concessionária, sendo elas: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados. Essas perdas causam impacto ambiental e financeiro, pois, parte do recurso hídrico é desperdiçado, não ocorre faturamento e os custos de produção são aumentados, onerando o sistema como um todo (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A IWA (International Water Association) caracteriza as perdas no serviço de abastecimento de água para fins de obtenção de parâmetros, através de definições envolvendo os sentidos físico e econômico.

De acordo com o SNIS (2017), a média do índice de água não faturada no Brasil é de 36,85%, estando Pernambuco um pouco acima dessa média com 37,50%. Já quando compara-se do estado a média nordestina o resultado é melhor, pois, para o nordeste o índice é de 40,01%. Esses indicadores são elevados e consideram apenas o volume de entrada no sistema para a distribuição, ou seja, as perdas de água bruta que ocorrem não são consideradas.

Se o trecho de água bruta, a montante da entrada do sistema, for considerado, ocasionará, em alguns casos, a elevação considerável do índice de água não faturada. Um exemplo desse aumento pode ser evidenciado ao se avaliar o sistema de abastecimento de água (SAA) do município de Santa Cruz do Capibaribe em Pernambuco. Nesse sistema foram identificadas perdas reais que não se enquadram no proposto por IWA, pois, trata-se de desvios (furto) de água, ou seja, um consumo não medido.

O combate a esses desvios seria a alternativa para minimizar as perdas, entretanto a ação seria conflitante com um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (2015) da ONU, especificamente o de número 6 que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento para todos. A privação de acesso à água para os residentes marginais da adutora de água bruta do SAA de Santa Cruz do Capibaribe causaria, principalmente na época de escassez ocasionada pelas secas recorrentes na região, dificuldades para o abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação, gerando um grande impacto econômico e social.

Diante desse conflito, a presente dissertação apresenta o levantamento das perdas financeiras e volumétricas referente ao trecho de água bruta do SAA de Santa Cruz do Capibaribe no período entre janeiro de 2017 e abril de 2019. Também deseja-se avaliar os usos da água pelos residentes marginais do trecho adutor. Por fim objetiva-se propor, através da análise dos dados obtidos, uma alternativa para minimização das perdas e, simultaneamente, uma garantia de acesso a água de qualidade para atendimento as demandas dos usuários.

## 2 JUSTIFICATIVA

A seca hidrológica no Nordeste do Brasil iniciou-se em 2010, afetando o Agreste e Sertão pernambucano, agravando-se a partir de 2012 e estendendo-se até 2017. As fontes de abastecimento da região estão cada vez mais comprometidas. Devido à escassez de chuva. Técnicas que visem à melhoria das perdas em redes de abastecimento são necessárias para que se possa minimizar os efeitos da seca e aumentar a oferta de água na região (FIGUEIREDO, 2019).

Quando se compara os indicadores de perdas de água do Brasil com os padrões de países desenvolvidos, observa-se que o sistema de abastecimento ainda apresenta grande distância da fronteira tecnológica em termos de eficiência. A média das perdas de faturamento total no Brasil em 2016 foi de 38,53%, 23 pontos percentuais acima da média dos países desenvolvidos, que é de 15% (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Quando comparam-se as perdas com países em desenvolvimento, os resultados também não são bons, pois, por exemplo, o México apresenta perdas em média de 24% (INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS, 2015). A empresa de saneamento de Pernambuco apresenta índices semelhantes à média brasileira, inclusive em Santa Cruz do Capibaribe, um dos municípios com menor índice pluviométrico do estado.

Durante o período compreendido entre janeiro de 2017 e abril de 2019 foi identificado um índice muito elevado de perdas não aparentes no trecho adutor de água bruta do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Santa Cruz do Capibaribe. Essas perdas em alguns momentos chegavam a ser maiores que 70%, mas na média ficavam em torno de 30%, impactando diretamente o abastecimento do município.

As atividades cotidianas de fiscalização da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) evidenciaram a existência de desvio de água na adutora pela comunidade marginal a ela. Esses desvios eram utilizados para diversos usos como: abastecimento humano, irrigação, dessedentação animal e comercialização. Ações mais robustas para inibição dos desvios causaram um conflito entre a empresa de saneamento e o aglomerado rural local, pois, causavam uma privação do acesso à água.

Em relação à quantificação do impacto financeiro dos desvios, não existiam dados consolidados para água bruta. O índice de perda de faturamento (IPF), indicador mais utilizado pelas empresas de saneamento do Brasil, contabiliza apenas as perdas na rede de distribuição, ou seja, região de água tratada.

Diante do apresentado, justifica-se a realização de uma avaliação financeira e volumétrica das perdas referentes ao trecho adutor do SSA Santa Cruz do Capibaribe, a identificação dos usos da comunidade marginal e quantificação da vazão demandada para os usos, com o objetivo de encontrar solução para os conflitos existentes.

### **3 OBJETIVOS**

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em gerais e específicos. A seguir, os mesmos estarão apresentados.

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar as perdas financeiras e volumétricas do sistema de água bruta.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar e apresentar alternativa para melhorar o monitoramento das perdas não aparentes na adutora de Tabocas;
- b) Avaliar e apresentar alternativa para abastecimento de água para a comunidade marginal a adutora;
- c) Avaliar e quantificar a vazão para atendimento dos diversos usos da água pela comunidade residente nas proximidades da adutora de Tabocas.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi realizada em quatro partes para melhor entendimento. A seguir as mesmas estão apresentadas.

### 4.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O conceito de abastecimento de água, enquanto serviço necessário à vida das pessoas e das comunidades, insere-se no conceito mais amplo de saneamento, entendido, segundo a Organização Mundial da Saúde, como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre o seu bem-estar físico, mental e social. Logo, saneamento compreende um conjunto de ações sobre o meio ambiente no qual vivem as populações, visando a garantir a elas condições de salubridade, que protejam a saúde (seu bem-estar físico, mental e social) (HELLER; PÁDUA, 2006).

O objetivo principal de um sistema de abastecimento de água é fornecer à comunidade água potável, diretamente em seus domicílios, em quantidade suficiente às suas necessidades. O serviço tem início no manancial que assegura a provisão de água e para seu perfeito funcionamento carece de informações hidrológicas, topográficas, geológicas, geográficas, combinadas com dados de previsão de demanda, sócio-econômicos e culturais da comunidade a ser atendida. É papel da empresa concessionária conciliar os aspectos qualitativos e quantitativos com os aspectos hidrotécnicos, sanitários e econômicos (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1973).

Segundo Azevedo Netto (1998), a definição de sistema de abastecimento público de água é o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins domésticos, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. A água fornecida pelo sistema deve ser em quantidade suficiente e da melhor qualidade possível, do ponto de vista físico, químico e bacteriológico.

A composição do sistema de abastecimento público de água compreende diversas unidades, sendo elas: manancial, captação, adução, subadução, tratamento, reservação, distribuição, estação elevatória e estação de tratamento de água (AZEVEDO NETTO, 1998).

O sistema de abastecimento de água de Santa Cruz do Capibaribe possui como manancial a barragem Gercino Pontes, a captação próximo ao vertedouro da barragem, adução por tubulações de 300 mm de diâmetro, tratamento em três estações, reservação e distribuição.

## 4.2 ADUTORAS

Linhas adutoras são canalizações principais destinadas a conduzir água entre unidades de um sistema público de abastecimento, que interligam a captação e tomada de água à estação de tratamento de água, e esta aos reservatórios de água do mesmo sistema. Caso existam derivações das linhas adutoras, com o objetivo de destinar água até outros pontos do sistema, as mesmas receberão a denominação de subadutoras (AZEVEDO NETTO, 1998).

Para Garcez (1981), entende-se por adução o conjunto de encanamentos, peças especiais e obras destinadas a promover abastecimento urbano de água. Ainda existem divisões por trechos, que são: da captação ao reservatório de distribuição, da captação à estação de tratamento, da estação de tratamento ao reservatório de distribuição e do reservatório de distribuição à rede de distribuição.

Em função da natureza da água conduzida, as linhas adutoras e subadutoras podem ser denominadas: de água bruta e de água tratada. Quanto a energia utilizada para a movimentação da água, podem ser: linhas por gravidade (conduto livre ou conduto forçado); linhas de recalque e linhas mistas, que são uma combinação das duas anteriores (AZEVEDO NETTO, 1998).

Em relação ao traçado, a definição geralmente ocorre com base em critérios técnicos e econômicos. Em decorrência disso, a concepção deve ser realizada com o auxílio de levantamentos topográficos, geotécnicos e inspeção de campo, evitando-se regiões que dificultem os trabalhos de implantação, operação e manutenção, tais como áreas pantanosas, declividades elevadas, vias de tráfego intenso, etc.. As áreas de instalação das adutoras devem ser, preferencialmente, de domínio público. Quando isso não é possível, a faixa a ser utilizada deve ser desapropriada ou deve ser estabelecido um contrato de servidão sobre ela, podendo, nesse caso, ser utilizada pelo proprietário, com restrições decorrentes da servidão (HELLER; PÁDUA, 2006).

Nesse trabalho serão tratadas as linhas adutoras mistas, trecho por recalque e trecho por gravidade, com grande parte do seu traçado em via pública, com exceção de alguns trechos que após construídos foram ocupados de maneira irregular. Nos trechos ocupados de maneira irregular, não existe contrato de servidão, existindo um conflito com os proprietários e dificuldade de acesso para realização de manutenção.

#### 4.3 PERDAS APARENTES E REAIS

A complexidade de um sistema de abastecimento d'água é alta em termos de possibilidade de perda de rendimento e faturamento, reduzir as perdas a zero seria supostamente impossível e demasiadamente dispendioso (STEPHENS, 2002). No mundo, em qualquer sistema de abastecimento, correm perdas dos recursos hídricos (INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS, 2016). Diante disso, o controle da perda de água é um desafio comum para serviços públicos de água de todo o mundo (AL-WASHALI; SHARMA; KENNEDY, 2016).

A IWA caracteriza as perdas no serviço de abastecimento de água para fins de obtenção de parâmetros, através de definições envolvendo os sentidos físico e econômico. O quadro 1, “Balanço de Água”, apresenta o resumo proposto pela IWA.

Quadro 1 – Balanço de água

Volume de entrada no sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Medido faturado (incluindo água importada)	Água Faturada	
			Consumo Estimado Faturado		
		Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Medido Não Faturado	Água Não Faturada (ANF)	
			Consumo Estimado Não Faturado		
	Perda de Água	Perdas Aparentes (Não Físicas)			Consumo Não Autorizado
					Erro de Medição
		Perdas Reais (Físicas)		Vazamentos e Extravasamentos em Reservatórios	
				Vazamentos em Adutoras e Redes	
	Vazamentos em Ramais até o ponto de medição do cliente				

Fonte: IWA (2000).

As perdas aparentes quantificam a água que foi consumida, mas não faturada. Em geral podem ser constituídas por uso não autorizado e os erros de medição. Este tipo de perdas é geralmente significativo podendo mesmo representar 50% ou mais da percentagem da água não faturada, dependendo de aspectos técnicos como critérios de dimensionamento e manutenção de contadores e procedimentos comerciais e de faturamento (SILVA, *et al.*, 2003).

Segundo Alegre *et al.* (2005), as perdas aparentes relativas a erros de medição contemplam:

- a) Erros de medição dos hidrômetros em condições normais de medição;

- b) Erros de medição por subdimensionamento ou instalação incorreta;
- c) Erros de leitura ou registro;
- d) Erros de medição por avaria (“natural” ou por violação do equipamento);
- e) Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores (dentro das habitações).

Ainda segundo Alegre et al. (2005), as perdas aparentes relativas a consumos não autorizados contemplam o estabelecimento e uso de ligações ilícitas e a utilização fraudulenta de hidrantes de incêndio, localizadas quer em locais públicos quer particulares. O uso de ligações ilícitas ocorre principalmente em áreas com construção clandestina e em áreas com baixa segurança, embora o contexto externo inevitavelmente afete os resultados, a entidade gestora pode aplicar algumas medidas para mitigar os efeitos destas situações.

A redução das perdas aparentes requer a atuação não apenas em termos técnico e operacionais, mas também em campos humanos, sociais e de gestão (VERMERSCH *et. al.*,2016). Dutra (2017) relaciona a redução com o melhor conhecimento das comunidades em que elas ocorrem, sendo os principais pontos a serem conhecidos:

- a) Análise da área e cadastramento dos moradores;
- b) Identificação dos locais para pagamento das contas;
- c) Mapeamento de necessidades;
- d) Negociação e relacionamento;
- e) Avaliação das novas ligações em função dos fatores financeiros, dificuldade de acesso, capacidade de fornecimento pela empresa de saneamento, risco de sinistro e o perfil de construção de redes.

As perdas reais quantificam o volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador (hidrômetro) do cliente, quando o sistema está pressurizado. Essas perdas são inerentes a todos os sistemas de abastecimento de água e na maioria dos sistemas do Brasil é mais elevada que o justificável (BEZERRA; CHEUNG, 2013). O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência, da vazão e da duração média de cada fugas. O esquema apresentado a na Figura 1 exemplifica cada tipo de vazamento existente.

Figura 1 – Tipos de vazamentos em tubulações



Fonte: Tardelli Filho (2016).

As perdas de água reais dependem de um conjunto de fatores pontuais que são determinantes em termos dos resultados que poderão ser obtidos pela aplicação de estratégias alternativas de controle. A sua identificação é determinante para a escolha dos indicadores de desempenho técnico. Segue-se uma lista de possíveis fatores que influenciam as perdas reais (ALEGRE et al., 2005):

- a) O estado das tubulações e conexões, o seu material, a frequência de vazamentos e de rompimentos;
- b) A pressão de distribuição média, quando o sistema está pressurizado;
- c) A densidade e comprimento médio das tubulações;
- d) A localização do medidor domiciliar no ramal;
- e) O comprimento total da rede;
- f) O tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de vazamentos;
- g) A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (fator muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

As perdas avaliadas nesse trabalho se enquadram nas as perdas aparentes relativas a consumos não autorizados pelo estabelecimento e uso de ligações clandestinas. Essas ligações são realizadas na tubulação adutora de Tabocas, localizada no município de Santa Cruz do Capibaribe em Pernambuco.

#### 4.4 ÍNDICE DE PERDAS

O índice de perdas na distribuição trata-se de um indicador volumétrico do nível de perdas de água na distribuição e tem papel orientativo quanto à proporção do volume que é perdido, seja como perdas reais ou aparentes, em relação ao volume de água produzido pelos prestadores de serviços de abastecimento de água. O indicador é calculado pela diferença entre o volume de água produzido e o volume de água consumido, dividido pelo volume de água produzido (SNIS, 2017).

Dados do relatório SNIS (2018) apontam que o índice de perdas na distribuição no Brasil é de 38,5%, ou seja, esse percentual do volume de água disponibilizado não foi contabilizado como volume utilizado pelos consumidores, seja por vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas. O Quadro 2 apresenta as perdas em cada estado brasileiro.

Quadro 2 - Índice de perdas na distribuição dos prestadores de serviços no Brasil

<b>ESTADO/MACRORREGIÃO</b>	<b>PERDA (%)</b>
Acre	61,2
Amapá	68,1
Amazonas	70,6
Pará	40,5
Rondônia	58,2
Roraima	73,4
Tocantins	34,9
<b>NORTE</b>	<b>55,5</b>
Alagoas	33,9
Bahia	37,5
Ceará	44,0
Maranhão	61,0
Paraíba	37,7
Pernambuco	50,7
Piauí	51,2
Rio Grande do Norte	49,5
Sergipe	48,7
<b>NORDESTE</b>	<b>46,0</b>

Espírito Santo	39,6
Minas Gerais	36,4
Rio de Janeiro	32,8
São Paulo	34,1
<b>SUDESTE</b>	<b>34,4</b>
Paraná	35,2
Rio Grande do Sul	40,6
Santa Catarina	34,6
<b>SUL</b>	<b>37,1</b>
Distrito Federal	34,5
Goiás	30,2
Mato Grosso do Sul	45,9
Mato Grosso	33,5
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>35,7</b>
<b>BRASIL</b>	<b>38,5</b>

Fonte: SNIS (2018).

De acordo com Venturini et al. (2001), a quantidade de água perdida é um importante indicador da eficiência de uma empresa de abastecimento de água, tanto em termos absolutos num dado momento, como em termos de tendência ao longo dos anos. Volumes de perda de água anuais altos e com tendência para aumentar, servem como indicador de ineficiência no planejamento e construção, bem como demonstram a deficiência em nível de manutenção e de operação do sistema. A redução das perdas de 45% para 25% nas empresas de saneamento brasileiras resultaria na disponibilização de recursos da ordem de R\$ 1,0 bilhão/ano ou \$327 milhões/ano (SNIS, 2003).

A redução nos gastos referentes as perdas propiciaria maior aproveitamento do sistema existente, direcionando a aplicação dos recursos economizados para melhorias necessárias (SOBRINHO; BORJA; CAMPOS, 2016). Sousa (2016) indica que para os países em desenvolvimento a prioridade atual é expandir as redes de distribuição de água para atender a crescente demanda e os recursos provenientes da minimização das perdas são essenciais para o sucesso dessa atividade.

## 5 METODOLOGIA

A metodologia foi

### 5.1 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES

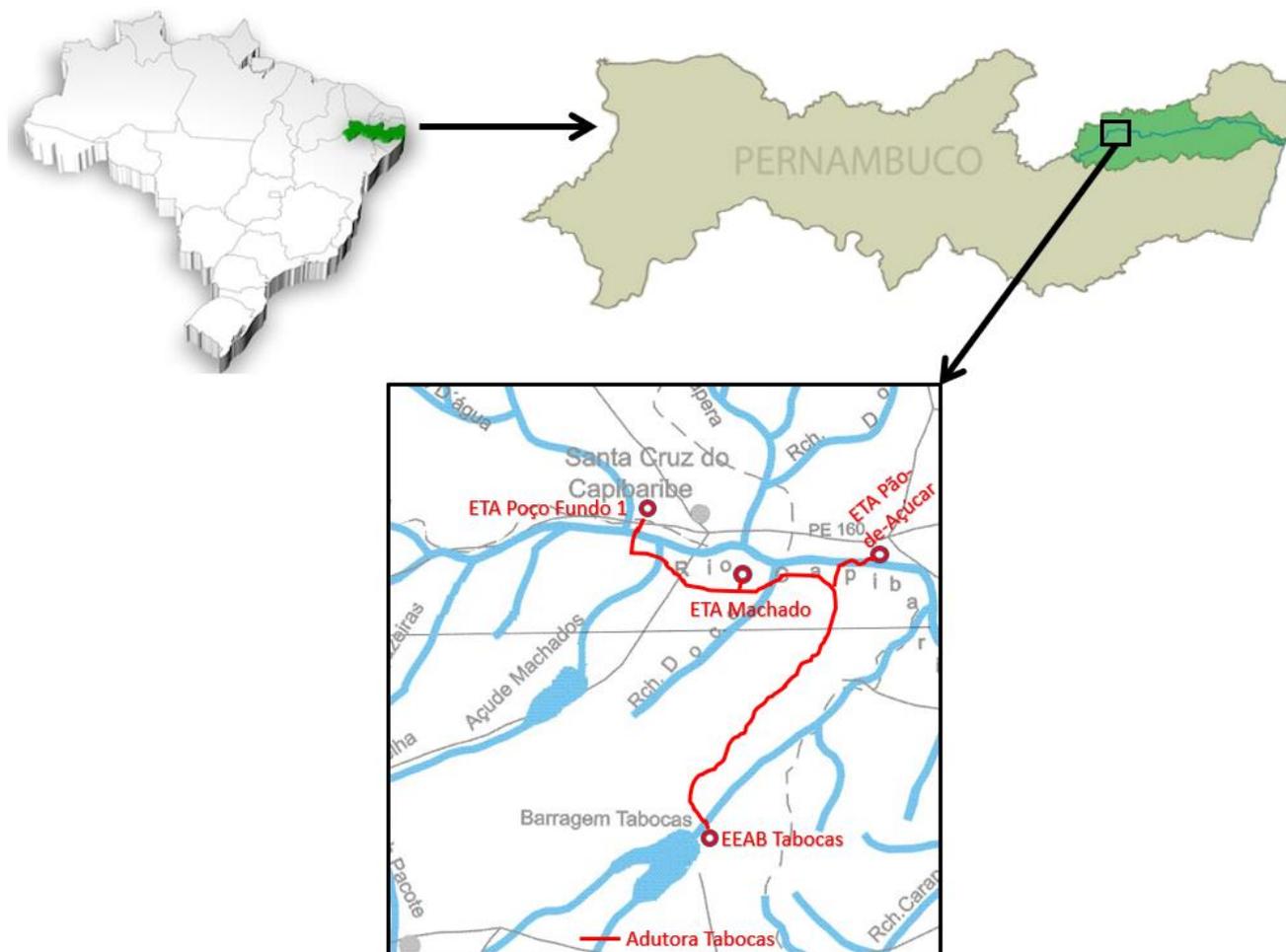
O sistema de abastecimento de água (SAA) Santa Cruz do Capibaribe e Pão-de-Açúcar são responsáveis pelo abastecimento de água de aproximadamente 155 mil habitantes, sendo 110 mil residentes em Santa Cruz do Capibaribe, 30 mil residentes no distrito de Pão-de-Açúcar em Brejo da Madre de Deus e 15 mil residentes no distrito de Pão-de-Açúcar em Taquaritinga do Norte.

A barragem Gercino Pontes (Tabocas) é o manancial responsável pelo fornecimento de água bruta aos sistemas, sendo o transporte de água realizado através de estação elevatória de água bruta (EEAB) e duas adutoras de transporte que alimentam as ETAs Poço Fundo 1, Machado e Pão-de-Açúcar. A água tratada nas estações é transportada para os reservatórios de acumulação e posteriormente distribuída para a população dos municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Brejo da Madre de Deus e Taquaritinga do Norte.

Em circunstância de colapso da barragem, ocorre a integração do sistema citado acima ao sistema Prata-Pirangi, responsável por abastecer vários municípios, sendo o principal deles Caruaru. Nessa situação parte da vazão recebida no município de Caruaru é transportada por uma adutora até o poço de sucção da EEAB Tabocas e o sistema é ativado mesmo sem recurso na barragem.

Nos próximos tópicos ocorrerá o detalhamento das unidades que compõem o SAA Santa Cruz do Capibaribe e Pão-de-Açúcar e a Figura 2 localiza geograficamente a região, adutoras e unidades operacionais.

Figura 2 – Localização geográfica da região.



Fonte: Adaptado de CONDEPE (1996), MARPHOTOGRAPHY (2016) e PROJETEC (2010).

### 5.1.1 Manancial Barragem de Tabocas

A barragem de Tabocas possui oficialmente o nome de Reservatório Engenheiro Gercino Pontes, está localizada no Sítio Bilhar no município de Caruaru-PE e possui como coordenadas geográficas  $8^{\circ} 1'28.46''S$  e  $36^{\circ} 8'18.43''O$ . Com a construção concluída no ano de 1958, a barragem pode acumular água do rio Tabocas pertencente a bacia do Capibaribe. Com reservação máxima de  $11.220.000 \text{ m}^3$ , segundo a ficha técnica da Agência Nacional de Águas o manancial possui os seguintes dados operativos e estruturais:

Quadro 3 – Dados Reservatório Engenheiro Gercino Pontes.

<b>DADOS OPERATIVOS</b>	
Área de Drenagem Incremental (km <sup>2</sup> )	378,30
Área de Drenagem Total (km <sup>2</sup> )	378,30
Volume Máximo (hm <sup>3</sup> )	11,22
Volume Mínimo (hm <sup>3</sup> )	0,21
Volume Útil (hm <sup>3</sup> )	11,01
NA Máximo Operacional (m)	404,00
NA Mínimo Operacional (m)*	388,50
Dispositivo de Medição de Nível/ Volume do Reservatório*	Réguas linimétricas e PCD.
Dispositivo de Medição de Vazão Defluente*	Não há.

<b>DADOS ESTRUTURAIS</b>	
Material Barragem Principal	Terra
Extensão Barragem Principal (m)*	373,00
Altura Barragem Principal (m)	N/D
Cota do Coroamento Barragem Principal (m)*	408,00
Tipo do Vertedor Principal	Perfil Creager com bacia de dissipação
Cota da Soleira Vertedor Principal (m)*	404,00
Tomada D'Água – Abastecimento Demandas*	Tubulação de 0,5m de diâmetro; três comportas gaveta; com derivação para abastecimento das demandas; controlado por registros. Operante.
Tomada D'Água – Liberação para Jusante*	Tubulação de 0,5m de diâmetro; três comportas gaveta; com derivação para liberação para jusante; controlado por registro. Operante.

Fonte: ANA (2017).

Figura 3 – Reservatório Gercino Pontes em 05/08/2019



Fonte: O Autor (2019).

### 5.1.2 Estação Elevatória de Água Bruta de Tabocas

A estação elevatória de água bruta de Tabocas é dividida em dois sistemas popularmente conhecidos como elevatória nova, apresentado na Figura 4, e elevatória velha, ambas localizadas geograficamente em  $8^{\circ} 1'24.86''S$  e  $36^{\circ} 8'20.65''O$ . Essa denominação é referente a data de construção, sendo a primeira da década de 70 e a segunda no início do século XXI. Ambos os sistemas possuem dois conjuntos motobombas que operam em sistema de 1 + 1, ou seja, um equipamento em operação e um equipamento reserva. Na Tabelas 1 e 2 estão apresentados os dados básicos de cada um dos sistemas.

Tabela 1 – Dados operacionais da estação elevatória velha

<b>Estação Elevatória Velha</b>	
Altura Manométrica	130 m.c.a.
Vazão Nominal	216 m <sup>3</sup> /h
Potência	200 CV

Fonte: O Autor (2019).

Tabela 2 – Dados operacionais da estação elevatória nova

<b>Estação Elevatória Nova</b>	
Altura Manométrica	132 m.c.a.
Vazão Nominal	360 m <sup>3</sup> /h
Potência	250 CV

Fonte: O Autor (2019).

Figura 4 - Estação Elevatória de Tabocas



Fonte: O Autor (2019).

### 5.1.3 Adutoras De Tabocas

O sistema possui duas adutoras de transporte de água bruta até as estações de tratamento de água. Essas adutoras são independentes e popularmente nomeadas como rede nova e rede

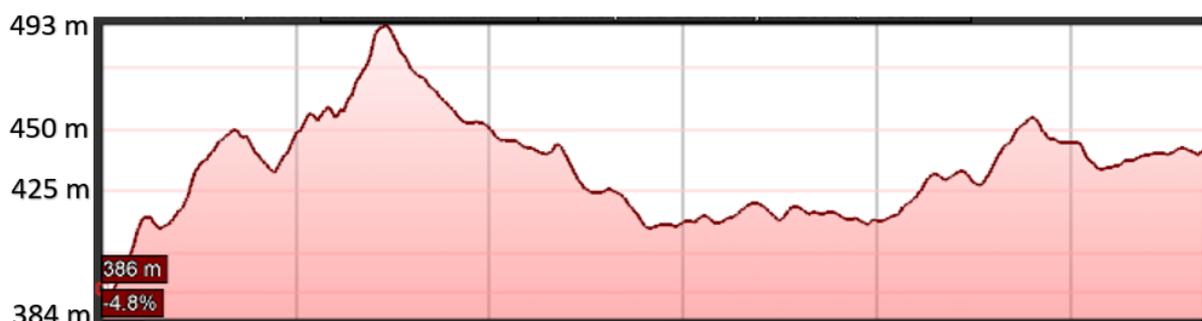
velha em simetria às elevatórias em que estão interligadas. O material utilizado para sua fabricação é misto, existindo trechos em ferro fundido, trechos em PVC DEFOFO e trechos em PRFV. Como dispositivos de segurança existe um standpipe, no ponto mais elevado da trajetória de cada rede, responsável por fazer a transição do transporte de recalque para o transporte por gravidade, além de ventosas para extração de ar do sistema. As figuras 5 e 6 apresentam o caminhamento, perfil de elevação e a tubulação. A figura 7 apresenta um trecho da tubulação em PVC DEFOFO.

Figura 5 – Caminhamento da adutora de Tabocas



Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

Figura 6 – Perfil de elevação da adutora de Tabocas



Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

Figura 7 – Manutenção Adutora de Tabocas em 21/11/2017



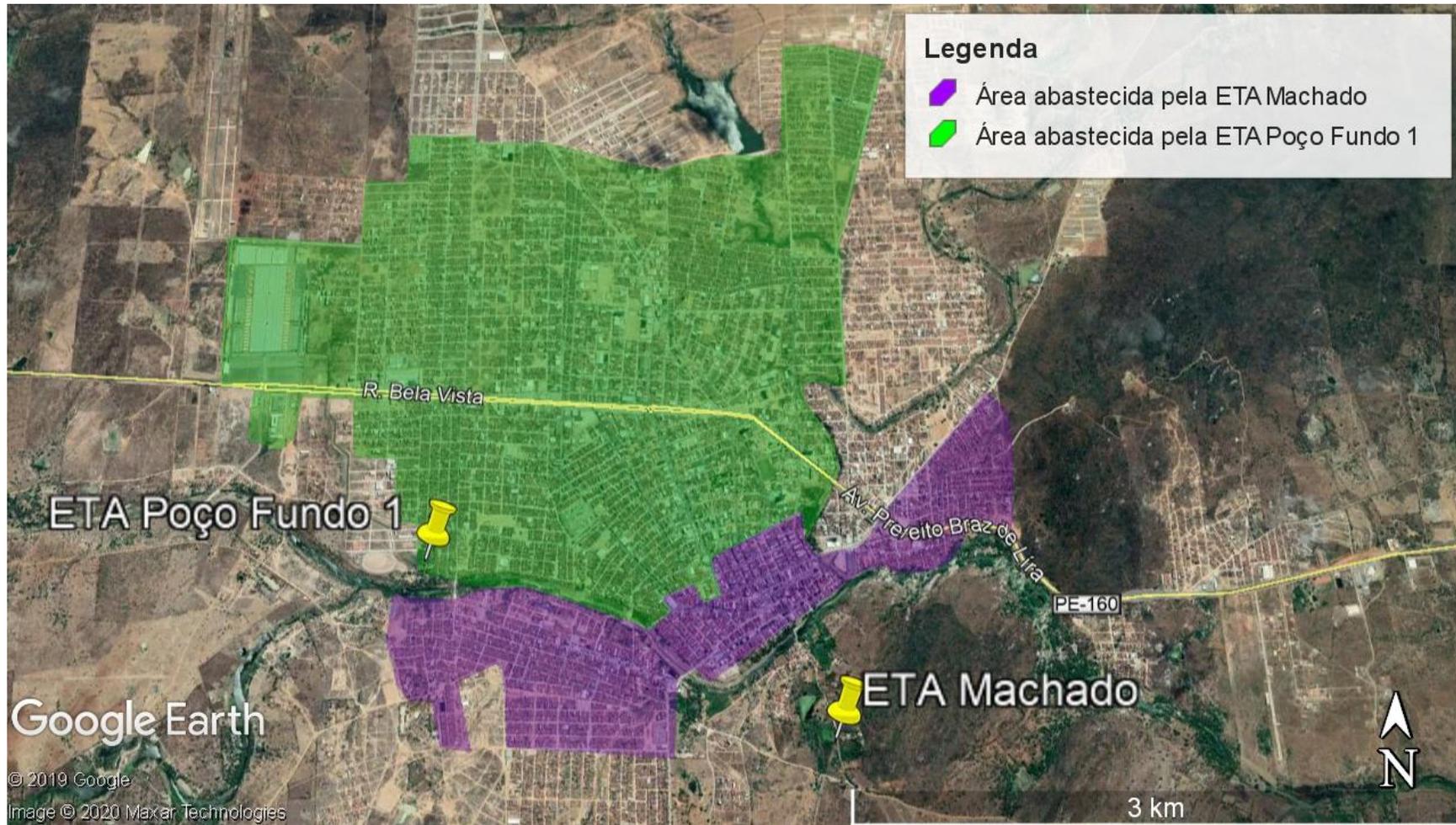
Fonte: O Autor (2019).

#### 5.1.4 Estações de Tratamento de Água

O SAA Santa Cruz do Capibaribe possui duas estações de tratamento, a ETA Machado ( $7^{\circ}57'56.15''S$  e  $36^{\circ}11'56.07''O$ ) e a ETA Poço Fundo 1 ( $7^{\circ}57'27.80''S$  e  $36^{\circ}13'4.72''O$ ). A ETA Machado possui um sistema convencional com capacidade nominal de  $76 \text{ m}^3/\text{h}$ . Já a ETA Poço Fundo 1 possui dois sistemas compactos de tratamento, sendo um de dupla filtração com vazão nominal de  $432 \text{ m}^3/\text{h}$  e um de simples filtração de  $216 \text{ m}^3/\text{h}$ . As duas unidades atendem áreas complementares, permitindo o abastecimento da cidade próximo a sua totalidade. Na Figura 8 estão apresentadas as áreas de abastecimento de cada unidade.

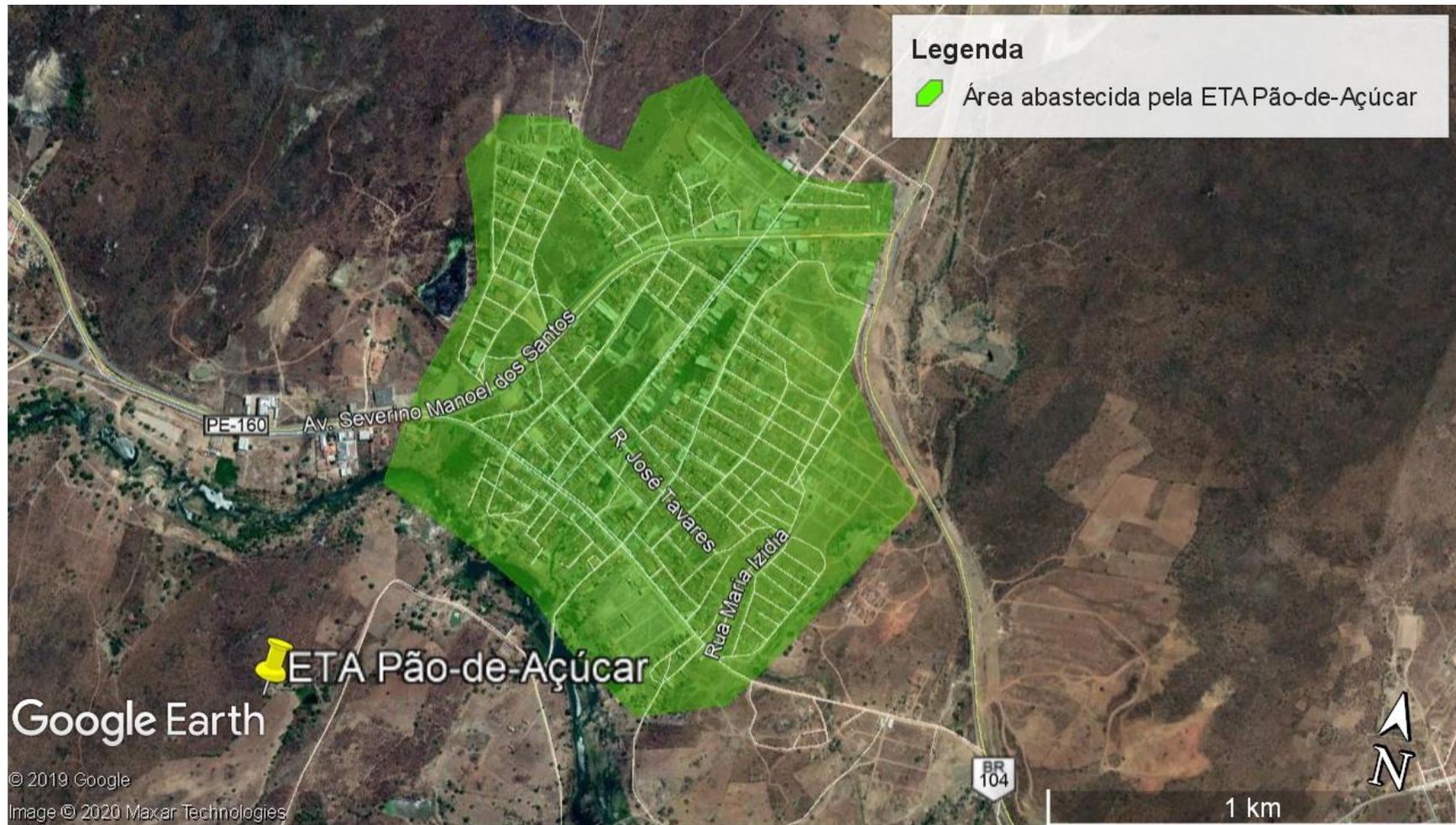
O SAA Pão-de-Açúcar possui uma estação de tratamento, a ETA Pão-de-Açúcar ( $7^{\circ}58'3.66''S$  e  $36^{\circ} 8'23.46''O$ ). A ETA Pão-de-Açúcar possui um sistema de dupla filtração com vazão nominal de  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  que atende ao distrito de mesmo nome no município de Taquaritinga do Norte. Na Figura 9 está apresentada a área de abastecimento da unidade.

Figura 8 – Área de Abastecimento das ETAs do SAA Santa Cruz do Capibaribe



Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

Figura 9 – Área de Abastecimento da ETA Pão-de-Açúcar



Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

## 5.2 UNIDADE REFERÊNCIA DAS PERDAS

A estação elevatória de água bruta de Tabocas foi a unidade de referência para a avaliação de perdas na adutora. O volume que atravessou essa unidade foi considerado o total da produção, logo, o dividido entre as estações de tratamento de água de Poço Fundo 1, Machado e Pão-de-Açúcar.

Na unidade existe registro diário de operação, no modelo apresentado pela Figura 10:

Figura 10 – Relatório de registro de dados pitométricos

compesa GMO Agreste Central Núcleo de Controle Operacional		ACOMPANHAMENTO		1º TURNO - CONTROLADOR			2º TURNO - CONTROLADOR			3º TURNO - CONTROLADOR			DATA		Hora			
													04 / 05 / 2017					
													DIA DA SEMANA		Hora			
													QUINTA - FEIRA					
Hora	SAÍDA PARA TORITAMA					SAÍDA REDE NOVA PARA STA. CRUZ D					SAÍDA PARA CARAPOTÓS					E E CARAPOTÓS		Hora
	CMB		Amperagem		Pressão (m.c.a.)	CMB		Amperagem		Pressão Barrilete (m.c.a.)	CMB		Amperagem		Pressão Barrilete (m.c.a.)	Chegada CARUARU	Chegada TABOCAS	
	1	2	1	2		1	2	1	2		1	2	1	2				
01:00								270								84		01:00
02:00								270								84		02:00
03:00								270								84		03:00
04:00								270								84		04:00
05:00								270								84		05:00
06:00								270								84		06:00
07:00								270								5789928		07:00
08:00								270								84		08:00
09:00								270								84		09:00
10:00								270								83		10:00
11:00								270								83		11:00
12:00								270								83		12:00
																5784302		

Fonte: O Autor (2019).

Enquanto a unidade opera utilizando água da barragem Gercino Pontes, não existe macromedição de entrada ou saída, logo, o volume será calculado através do cálculo de hora-bomba. A Equação 1, a seguir, apresenta o cálculo do volume horário tanto para a rede nova quanto para a rede velha:

$$V = Q_{nom} \cdot t \quad (1)$$

V: Volume em m<sup>3</sup>;

Q<sub>nom</sub>: Vazão nominal em m<sup>3</sup>/h;

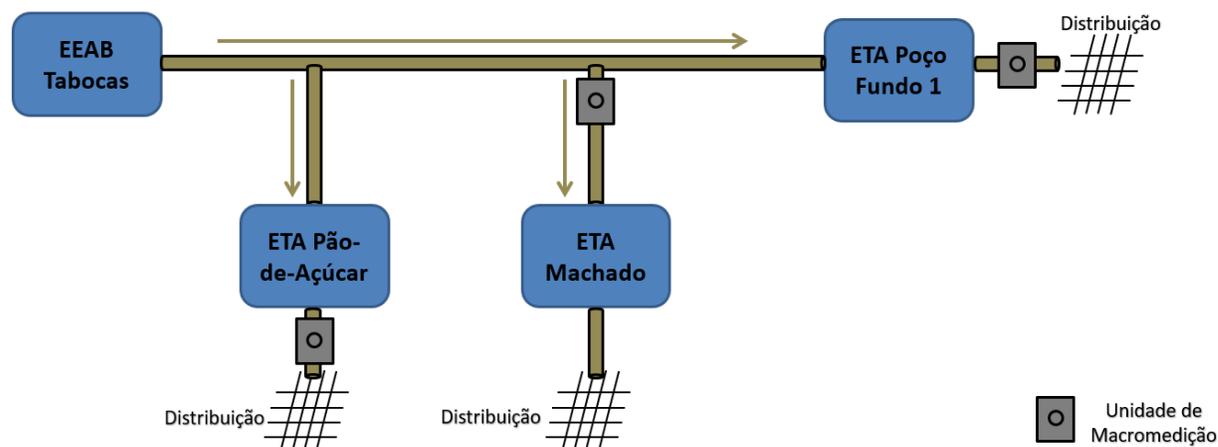
t: Tempo em horas;

Em caso de colapso da barragem Gercino Pontes, a água recebida pela EEAB Tabocas é proveniente do sistema Prata-Pirangi, nesse caso, existindo a macromedição na chegada. Nessa condição de operação o volume diário foi obtido através do registro operacional.

### 5.3 UNIDADES TERMINAIS DE SISTEMA

As ETA Poço Fundo 1, ETA Machado e ETA Pão-de-Açúcar são as unidades terminais para referência das perdas na adutora de Tabocas. Essas unidades são dotadas de macromedição, sendo na ETA Machado na entrada da unidade e nas ETAs Poço Fundo 1 e Pão-de-Açúcar na saída da unidade. A Figura 11 apresenta o croqui das unidades e os locais de macromedição.

Figura 11 – Unidades terminais e macromedidores



Fonte: O Autor (2019).

Em caso de problemas no registro de dados na ETA Machado, realizou-se o ajuste por hora bomba, assim como no item, 5.2. Como a medição é na chegada da unidade, não foi necessário considerar perdas em atividades como lavagem de filtros para o cálculo.

Nas ETAs Poço Fundo 1 e Pão-de-Açúcar como o registro é na saída do tratamento, o volume total recebido pela unidade foi calculado através da seguinte Equação 2:

$$V_{Total} = V_{Macromedido} + V_{Perda\ de\ Lavagem\ de\ Filtros} \quad (2)$$

Em decorrência da ausência de medição do volume utilizado para a lavagem de filtros, definiu-se o percentual diário de 5% do volume aduzido. Esse valor de perda está definido na literatura (RICHTER, 1991).

#### 5.4 PERDA NO SISTEMA ADUTOR DE TABOCAS

O volume perdido por dia na adutora foi calculado subtraindo o volume diário da EEAB Tabocas pelo volume diário que atravessou as ETAs, como indica a Equação 3.

$$V_{Perda} = V_{EEAB\ Tabocas} - V_{ETA\ Poço\ Fundo\ 1} - V_{ETA\ Machado} - V_{ETA\ Pão-de-Açúcar} \quad (3)$$

Percentualmente o volume perdido será calculado através da razão entre o volume da perda pelo volume diário da EEAB Tabocas multiplicado por 100, como apresentado na Equação 4.

$$\%_{Perda} = \frac{V_{Perda}}{V_{EEAB\ Tabocas}} \times 100 \quad (4)$$

#### 5.5 PERDA DE FATURAMENTO PARA A EMPRESA

Para o cálculo do faturamento perdido no período do estudo utilizou-se a tarifa mínima, ou seja, a tarifa cobrada aos consumidores que utilizam até 10 m<sup>3</sup> de água por mês. Essa escolha foi feita, pois, a maioria dos clientes da região estão inseridos nessa faixa de consumo e em média esse volume é o consumido, afinal, como a cidade é abastecida em rodízio, dificilmente o cliente consegue ter abastecimento por dias suficientes para exceder a faixa de consumo. A Tabela 3 apresenta o histórico de tarifas, inclusive com a conversão para dólares na época.

Tabela 3 – Histórico de tarifas Compesa

<b>Período</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Valor (\$)</b>
01/01/2017 e 19/03/2017	R\$ 37,25	\$ 11,63
20/03/2017 e 11/05/2018	R\$ 40,19	\$ 12,85
12/05/2018 e 30/04/2019.	R\$ 41,30	\$ 11,23

Fonte: O Autor (2019).

O cálculo foi realizado através da Equação 5:

$$Perda_{R\$} = \frac{V_{Perda}}{10\ m^3} \times Tarifa\ do\ Período \quad (5)$$

## 5.6 NÚMERO DE RESIDÊNCIAS E PESSOAS SEM ABASTECIMENTO

Para realização do cálculo do número de residências sem abastecimento e do número de pessoas foram utilizados como parâmetro a taxa mínima de consumo, 10 m<sup>3</sup>, e a taxa de ocupação residencial de 3,7 habitantes por residência, admitida na norma da empresa de saneamento para todo o estado. Os cálculos serão realizados através das Equações 6 e 7:

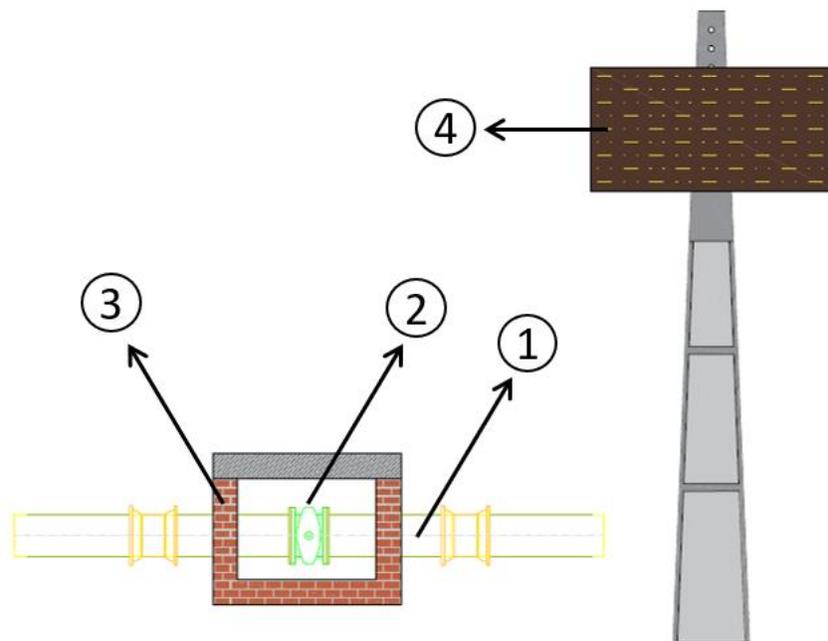
$$N^{\circ} \text{ Residências Sem Abastecimento} = \frac{\text{Volume Perdido (m}^3\text{)}}{10 \frac{\text{m}^3}{\text{unidade}}} \quad (6)$$

$$\frac{N^{\circ} \text{ de Pessoas}}{\text{Sem Abastecimento}} = N^{\circ} \text{ Residências sem Abastecimento} \times \text{Taxa de Ocupação} \quad (7)$$

## 5.7 CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO

Com o objetivo de se verificar o quanto poderia ser melhorada a macromedição com o valor da perda de faturamento, orçou-se a construção de uma unidade. Concebeu-se a unidade de acordo com o croqui apresentado na Figura 12 e o orçamento foi feito de acordo com os itens do Quadro 4.

Figura 12 – Estação de Medição



Fonte: O Autor (2019).

Legenda:

- 1- Tubo de ferro PN 16 | Ponta-flange | DN 300 mm;
- 2- Medidor de Vazão Eletromagnético | DN 300 mm;
- 3- Caixa Enterrada em Alvenaria | 0,80 m X 1,30 m X 1,10 m;
- 4- Painel solar.

Quadro 4 – Itens para o orçamento.

Item	Descrição
1	Medidor de vazao eletromagnetico tipo tubo com trecho reto flangeado PN10 DN 300mm alimentacao rede eletrica sistema eletronico separado agua tratada (conforme NTC-017)
2	Kit painel placa controlador solar fotovoltaica 150w watts
3	Tubo F°F° com flanges TFL10 DN 300 5800mm
4	Luva F°F° com bolsas LJGS DN 300mm

5	Escavação mecanizada de valas em material de 1ª e/ou 2ª categorias até 2,00 m de profundidade.
6	Construção de caixa enterrada em alvenaria de tijolos maciços no traço 1:8 de 1/2 vez para válvula borboleta incluindo: revestimentos interno e externo de chapisco (traço 1:5) e argamassa no traço 1:6, piso em concreto simples ( traço 1:3:6 ) com espessura de 0,05 m; tampa em concreto armado ( FCK $\geq$ 20 MPA ) com espessura média de 0,10 m e furo de 75 mm na direção do cabeçote do registro; puxadores de ferro galvanizado de F = 1/2" - DN = (300 A 400)mm / dimensões internas de ( 0,80 X 1,30 X 1,10 ) m.
7	Reaterro compactado mecanicamente em camadas de 0,20 m com aproveitamento do material escavado.
8	Interligacao de rede, em pvc, incluindo assentamento de conexoes, cortes e tubos, com DN $\geq$ 200 mm.
9	Assentamento de pecas, conexoes, aparelhos e acessorios de ferro fundido ductil, junta elastica, mecanica ou flangeada, com diametros de 50 a 300 mm
10	Poste concreto duplo T, tipo B, 300kg, H=10m, com 1 projetor completo inclusive aterramento lâmpada de 400w (fornecimento e instalação)

Fonte: O Autor (2019).

## 5.8 AVALIAÇÃO DE USO DA ÁGUA

Para avaliar o tipo de uso e a quantidade necessária para abastecimento regular da população marginal da adutora utilizou-se o questionário apresentado no Quadro 5, com a definição do espaço amostral realizada geoespacialmente utilizando o software Google Earth. Esse documento foi aplicado pessoalmente por um pesquisador contratado e residente na mesma região, pois, existia uma resistência local à pesquisadores desconhecidos e residentes em outras regiões da cidade.

A identificação do pesquisado foi feita utilizando apenas os três últimos dígitos do CPF ou as iniciais do nome, existindo a possibilidade do usuário se recusar a passar as informações. O tipo de utilização foi dividido em abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação e outras finalidades.

A quantificação de cada tipo de utilização, com o objetivo de estimar a demanda diária dos usuários, foi realizada utilizando-se os seguintes parâmetros:

- a) Consumo per capita humano: 150 L.dia<sup>-1</sup> (Compesa NPE-002);
- b) Consumo per capita animal grande porte: 30 L.dia<sup>-1</sup> (PALHARES, 2013);
- c) Consumo per capita animal médio porte: 15 L.dia<sup>-1</sup> (PALHARES, 2013);
- d) Consumo per capita animal pequeno porte: 0,25 L.dia<sup>-1</sup> (PALHARES, 2013);
- e) Consumo por metro quadrado da cultura de milho: 1.200 mm.ano<sup>-1</sup> (BRUNA, 2019)
- f) Consumo por metro quadrado da cultura de cana-de-açúcar: 2.000 mm.ano<sup>-1</sup> (SOUZA, 2010);
- g) Consumo por metro quadrado da cultura de caju: 1.200 mm.ano<sup>-1</sup> (OLIVEIRA; MIRANDA, 2019);
- h) Consumo por metro quadrado da cultura de acerola: 1.500 mm.ano<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2012);
- i) Consumo por metro quadrado da cultura de coco: 1.200 mm.ano<sup>-1</sup> (CAMBOIM, 2019)
- j) Consumo por metro quadrado da cultura de banana: 1.600 mm.ano<sup>-1</sup> (SILVEIRA, 2013).

De posse dos resultados da pesquisa e dos parâmetros de consumo foi possível calcular a vazão necessária para cada tipo de atividade. Em caso de usuários com mais de um tipo de uso, os consumos foram somados para se obter um valor acumulado. Por fim, todos os consumos unitários foram somados para se obter a vazão necessária para atendimento de abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação.

De conhecimento da vazão, foi possível confrontar com as vazões recalculadas da EEAB Tabocas e produzir uma nota técnica sugerindo a construção de um sistema de abastecimento de água rural.

Quadro 5 – Questionário a ser submetido a população residente próximo a barragem

<b>QUESTIONÁRIO TABOCAS</b>	
Três últimos números do CPF:	
Iniciais do nome:	
Tipo de utilização da água:	<input type="checkbox"/> Abastecimento humano. <input type="checkbox"/> Dessedentação animal. <input type="checkbox"/> Irrigação. <input type="checkbox"/> Outras finalidades.
<b>SE POSITIVO PARA ABASTECIMENTO</b>	
Quantidade de residentes:	
<b>SE POSITIVO PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL</b>	

Quantidade de animais de grande porte:	
Quantidade de animais de médio porte:	
Quantidade de animais de pequeno porte:	
<b>SE POSITIVO PARA IRRIGAÇÃO</b>	
Tipo de cultura:	
Área plantada:	
<b>SE POSITIVO PARA OUTRAS FINALIDADES</b>	
Tipo de atividade:	
Estimativa de consumo em caminhões-pipa:	

Fonte: O Autor (2019).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão foram segregados em cinco partes compatibilizadas com os objetivos do trabalho e serão apresentadas a seguir.

### 6.1 AVALIAÇÃO VOLUMÉTRICA E FINANCEIRA

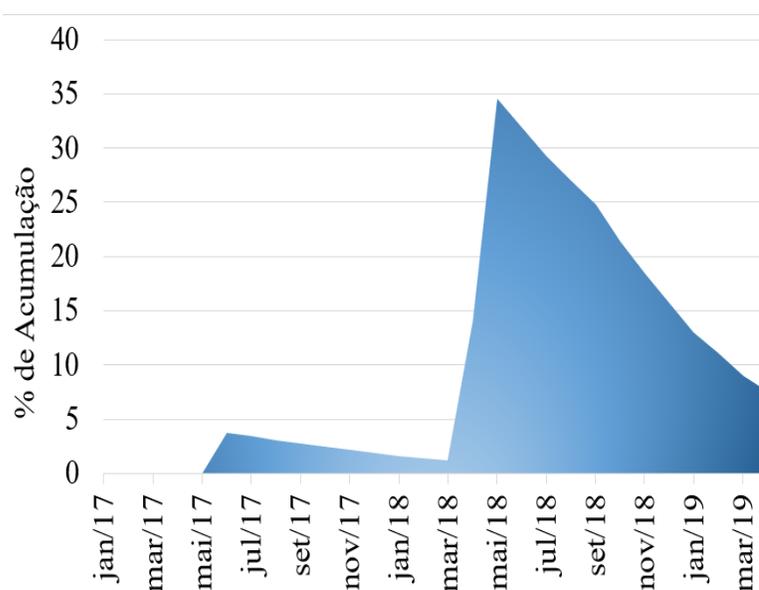
A base de dados utilizada compreendeu o intervalo de tempo entre 01/01/2017 e 30/04/2019, em decorrência da robustez do histórico de dados para o período. Esse período foi dividido em três partes distintas, sendo elas: abastecimento exclusivo pelo sistema Prata-Pirangi, abastecimento exclusivo pela barragem Gercino Pontes e abastecimento simultâneo através dos dois mananciais, conforme o Quadro 06. No primeiro intervalo de tempo a barragem Gercino Pontes estava em colapso, ou seja, sem volume acumulado e toda a água disponibilizada para o sistema era proveniente da barragem do Prata e do rio Pirangi. No segundo intervalo a barragem apresentou um acúmulo pequeno e foi possível a operação simultânea dos mananciais. No período final a barragem acumulou água que permitiu a operação exclusiva com tal manancial. A figura 13 apresenta o histórico de acumulação da barragem de Tabocas para o período.

Quadro 6 – Manancial utilizado por período

Manancial Utilizado	Data de Início	Data de Término
Prata-Pirangi	01/01/2017	08/08/2017
Barragem Gercino Pontes e Prata Pirangi	09/08/2017	30/04/2018
Barragem Gercino Pontes	01/05/2018	30/04/2019

Fonte: O Autor (2019).

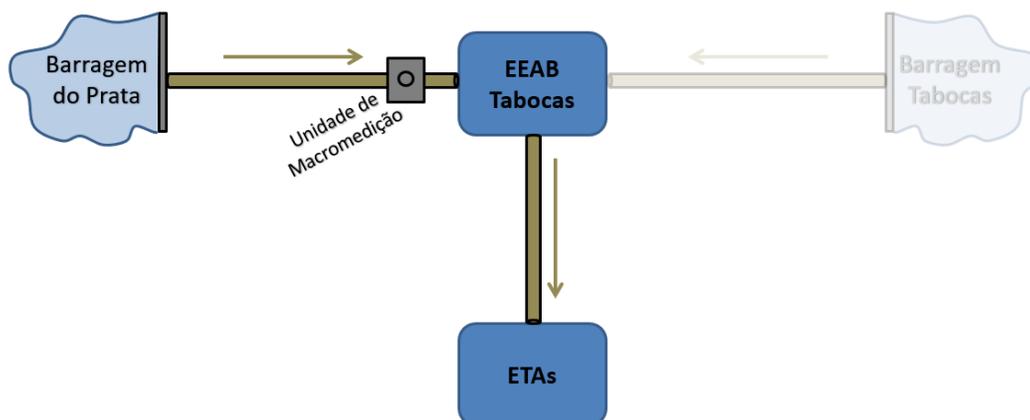
Figura 13 – Histórico de acumulação da barragem de Tabocas



Fonte: O Autor (2019).

No primeiro período, de abastecimento exclusivo a partir do sistema Prata-Pirangi, como apresentado pelo croqui da Figura 14, apenas as ETAs Poço Fundo 1 e Machado estavam em operação. A ETA Pão-de-Açúcar estava paralisada em decorrência da baixa disponibilidade hídrica, logo, o distrito de mesmo nome estava com o abastecimento suspenso.

Figura 14 – Croqui operação exclusiva Prata-Pirangi

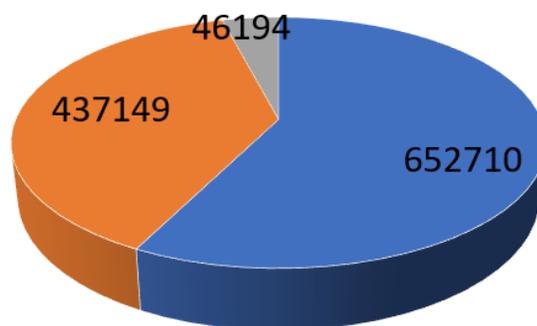


Fonte: O Autor (2019).

A avaliação volumétrica das unidades EEAB Tabocas, ETA Poço Fundo 1 e ETA Machado evidenciou a perda de 169.367 m<sup>3</sup> de água nesse período. O Figura 15, apresentado a seguir, mostra que dos 652.710 m<sup>3</sup> que foram recalcados da unidade de origem, apenas 483.343 m<sup>3</sup> chegaram as estações de tratamento, indicando uma perda percentual de aproximadamente 26%.

Figura 15 – Volumes Acumulados do Abastecimento Exclusivo Prata-Pirangi

#### Período 1 - Abastecimento exclusivo Prata-Pirangi



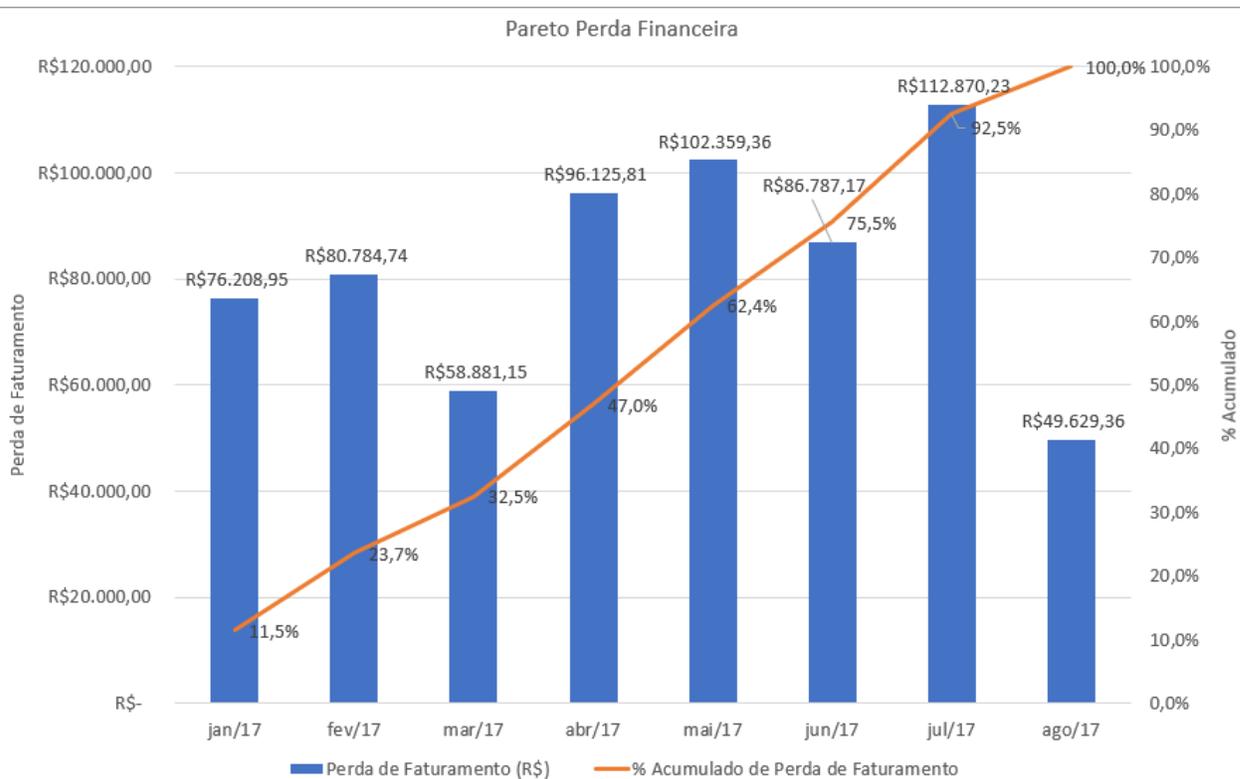
- Volume (m<sup>3</sup>) EEAB Tabocas
- Volume (m<sup>3</sup>) ETA Poço Fundo
- Volume (m<sup>3</sup>) ETA Machado

Fonte: O Autor (2019).

Em uma situação ideal, ou seja, com perdas pequenas, o gráfico deveria ser composto 50% pela EEAB Tabocas e os outros 50% pela soma das ETAs em operação, o que visualmente não ocorre. A parcela referente ao volume da unidade de origem maior do que soma das unidades terminais indica desequilíbrio operacional causado pelas perdas na adutora.

A avaliação financeira do primeiro período foi desenvolvida utilizando-se as tarifas de R\$37,25 e R\$ 40,19. O menor valor foi aplicado entre 01/01/2017 - 19/05/2017 e o maior valor entre 20/05/2017 e 08/08/2017. A perda financeira obtida para a empresa durante o período de estudo foi de R\$ 663.646,78. O gráfico de Pareto da figura 16 indica a perda estratificada por meses.

Figura 16 – Pareto da Perda Financeira do abastecimento exclusivo Prata-Pirangi



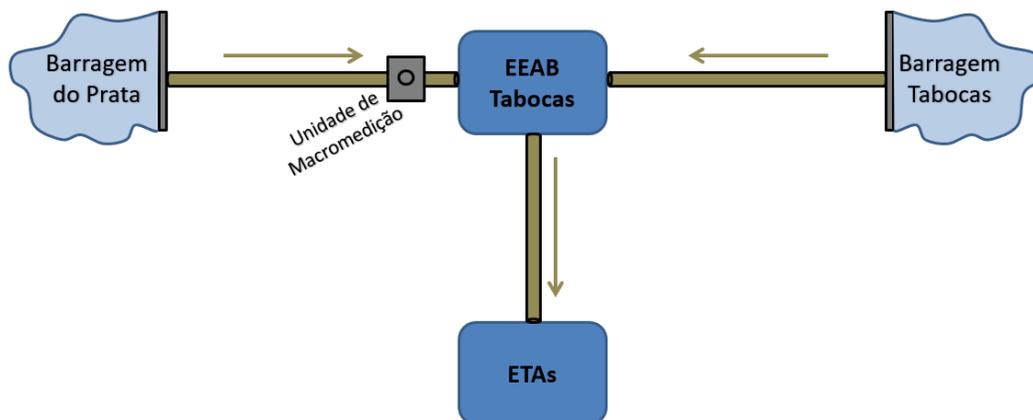
Fonte: O Autor (2019).

Além do impacto financeiro, existe o impacto social da perda de água na adutora. Durante esse período compreendido entre janeiro e agosto de 2017, aproximadamente 60.000 habitantes deixaram de receber água através das torneiras.

Durante os 7,25 meses desse primeiro período em estudo, atendimento exclusivo pelo Prata-Pirangi, estima-se que 62.667 habitantes não foram atendidos, ou seja, mensalmente aproximadamente 8.643 (oito mil seiscentos e quarenta e três) pessoas não recebiam água. Essa amostra equivale a 8% da cidade de Santa Cruz do Capibaribe.

No segundo período de estudo, compreendido entre 09/08/2017 e 30/04/2018, ocorreu abastecimento utilizando simultaneamente os mananciais Prata-Pirangi e a Barragem Gercino Pontes como apresentado no croqui da Figura 17. Essa forma de operação se deu em função do acúmulo de um pouco de água na barragem, aproximadamente 3 % ou 400.000 m<sup>3</sup>, insuficiente para manter de maneira exclusiva Santa Cruz do Capibaribe, mas suficiente para incrementar a vazão proveniente no sistema Prata Pirangi e permitir que a EEAB Tabocas tivesse a operação com vazão de 132 L/s, valor próximo ao nominal da unidade. Com maior vazão sendo disponibilizada na unidade de origem, também aumentaram as perdas e, conseqüentemente, os impactos financeiros e sociais.

Figura 17 – Croqui operação simultânea Prata-Pirangi e barragem de Tabocas



Fonte: O Autor (2019).

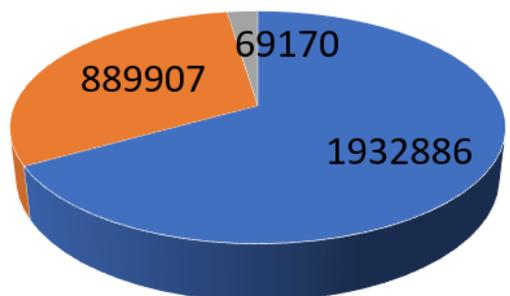
A avaliação volumétrica nesse segundo intervalo de tempo indicou uma perda média de 50% do volume recalado a partir da EEAB Tabocas. Essa perda foi referente a 973.808 (novecentos e setenta e três oitocentos e oito) metros cúbicos, valor 5,7 vezes maior que o avaliado

no período anterior em confronto com um aumento de vazão média de 2 vezes e do intervalo de tempo em 1,2 vezes.

Avaliando o que mudou na operação, foi identificado que no primeiro período apenas a rede nova era utilizada, em decorrência da vazão menor, já com o incremento de vazão proporcionado pelo acúmulo na barragem, foi necessária a utilização da rede velha em paralelo. Essa adutora possui trechos em que atravessa propriedades privadas, o que facilita desvios. O Figura 18 apresenta os volumes acumulados no período entre 09/08/2017 e 30/04/2018.

Figura 18 – Volumes Acumulados do Abastecimento Misto Prata-Pirangi e Tabocas

Período 2 - Abastecimento Prata-Pirangi  
e Gercino Pontes



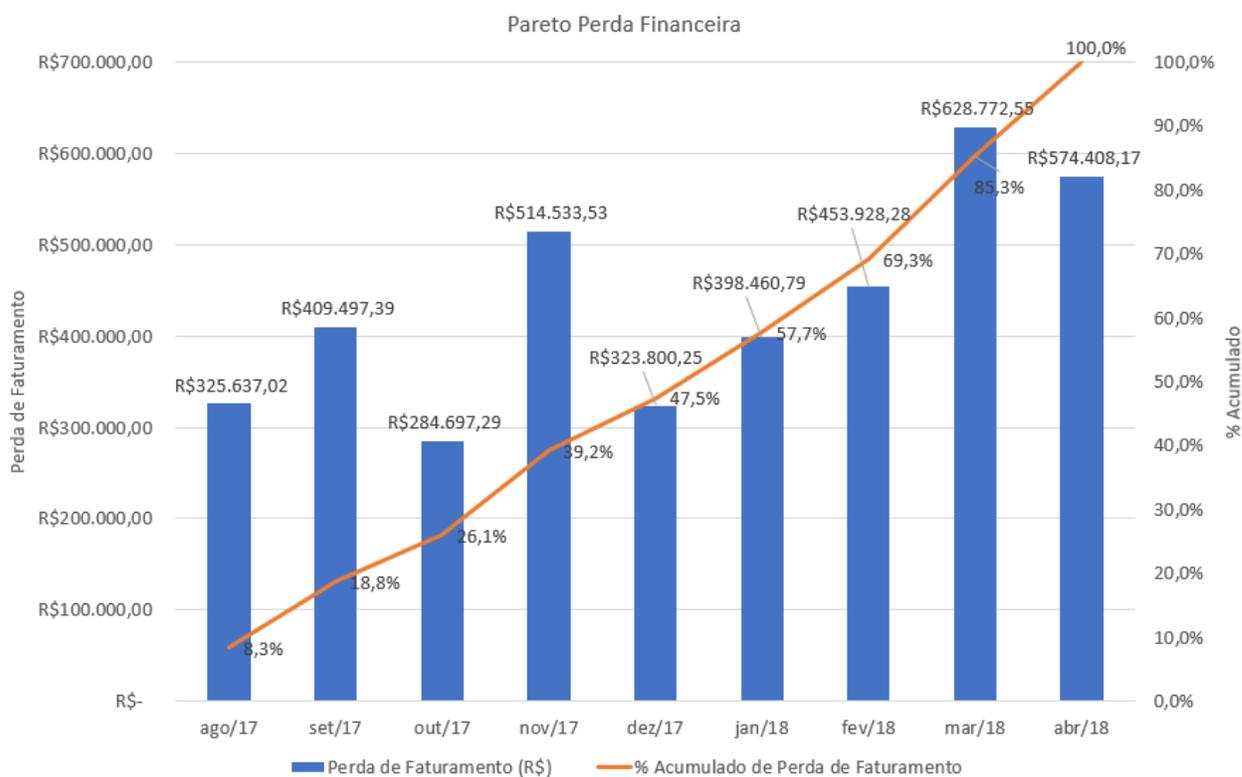
- Volume (m³) EEAB Tabocas
- Volume (m³) ETA Poço Fundo
- Volume (m³) ETA Machado

Fonte: O Autor (2019).

Fica claro ao avaliar o gráfico que a quantidade de água recalçada da EEAB Tabocas foi muito maior que o volume que chegou nas ETAs Poço Fundo 1 e Machado. A comparação das Figura 15 e Figura 18 revela o crescimento do desequilíbrio proporcionado pela utilização da rede velha.

A avaliação financeira indicou a perda de R\$ 3.913.735,28 (três milhões novecentos e treze mil setecentos e trinta e cinco reais e vinte e oito centavos). Para todo o período foi utilizada a tarifa mínima de R\$ 40,19 (quarenta reais e dezenove centavos) vigente na época. A Figura 19 apresenta a avaliação mensal das perdas de faturamento.

Figura 19 – Pareto da Perda Financeira do abastecimento Prata-Pirangi e Tabocas

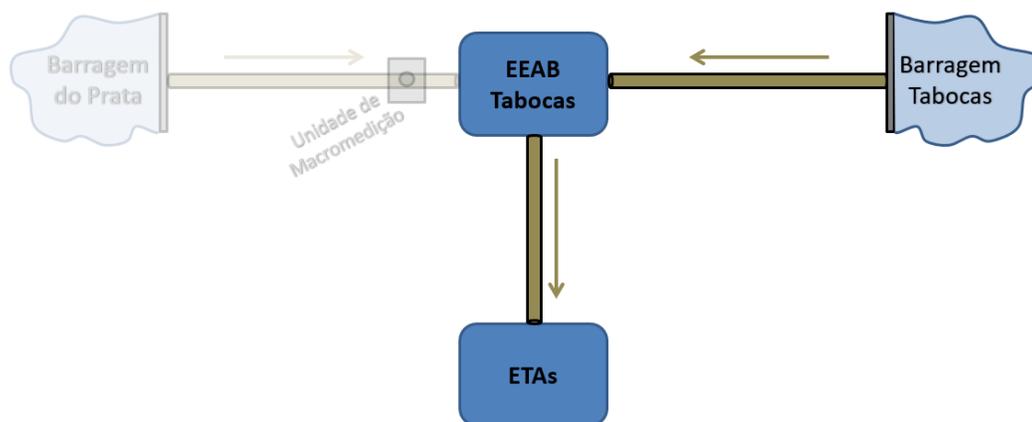


Fonte: O Autor (2019).

Assim como na análise do primeiro período, foi possível estimar o impacto social no segundo período. Utilizando-se as mesmas relações da situação relativa ao abastecimento exclusivo Prata-Pirangi obteve-se o universo de 97.381 (noventa e sete mil trezentos e oitenta e uma) residências e 360.309 (trezentos e sessenta mil trezentos e nove) pessoas que deixaram de ser abastecidas. Em média mensalmente 40.000 pessoas a mais poderiam ter sido atendidas, ou seja, 40% da população de Santa Cruz do Capibaribe.

O intervalo entre 01/05/2018 e 30/04/2019, terceiro período avaliado, utilizou apenas como manancial a Barragem Gercino Pontes como apresentado pelo croqui da Figura 20. Isso foi possível a partir do acúmulo de aproximadamente 30% de sua capacidade máxima em função de fortes chuvas que ocorreram na região no mês de abril de 2018. Com aproximadamente 4.080.000 (quatro milhões e oitenta mil) metros cúbicos foi possível trabalhar simultaneamente com as duas adutoras e manter a vazão de 132 L/s aplicada no período anterior de estudo.

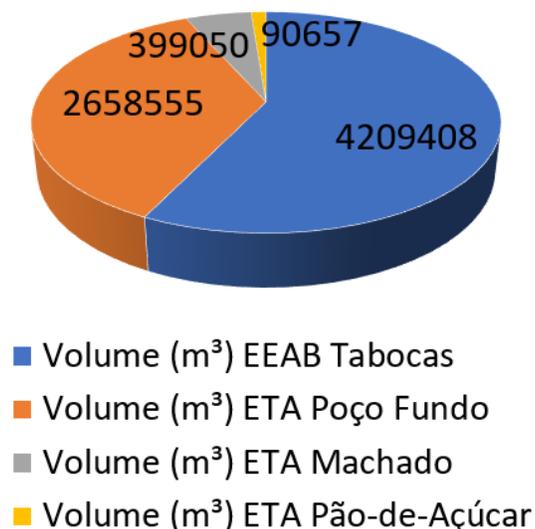
Figura 20 – Croqui operação exclusiva barragem Tabocas



Fonte: O Autor (2019).

A segurança hídrica proporcionada pelo acúmulo de água na barragem Gercino Pontes permitiu a ativação do sistema de abastecimento de água Pão-de-Açúcar que também foi considerado na avaliação de perda volumétrica apresentada na Figura 21. A avaliação dos volumes indicou uma perda de 25%, o que representa 50% do valor do período anterior. A elevada diminuição da perda pode ser justificada pela menor demanda dos usuários que desviavam água da adutora, em decorrência do melhor abastecimento do SAA Santa Cruz do Capibaribe que durante o período em estudo teve abastecimento contínuo, ao invés do rodízio de 10 dias com água e 10 dias sem água dos períodos 2 e 3.

Figura 21 – Volumes acumulados do abastecimento exclusivo Tabocas  
Período 3 - Abastecimento Exclusivo Gercino Pontes

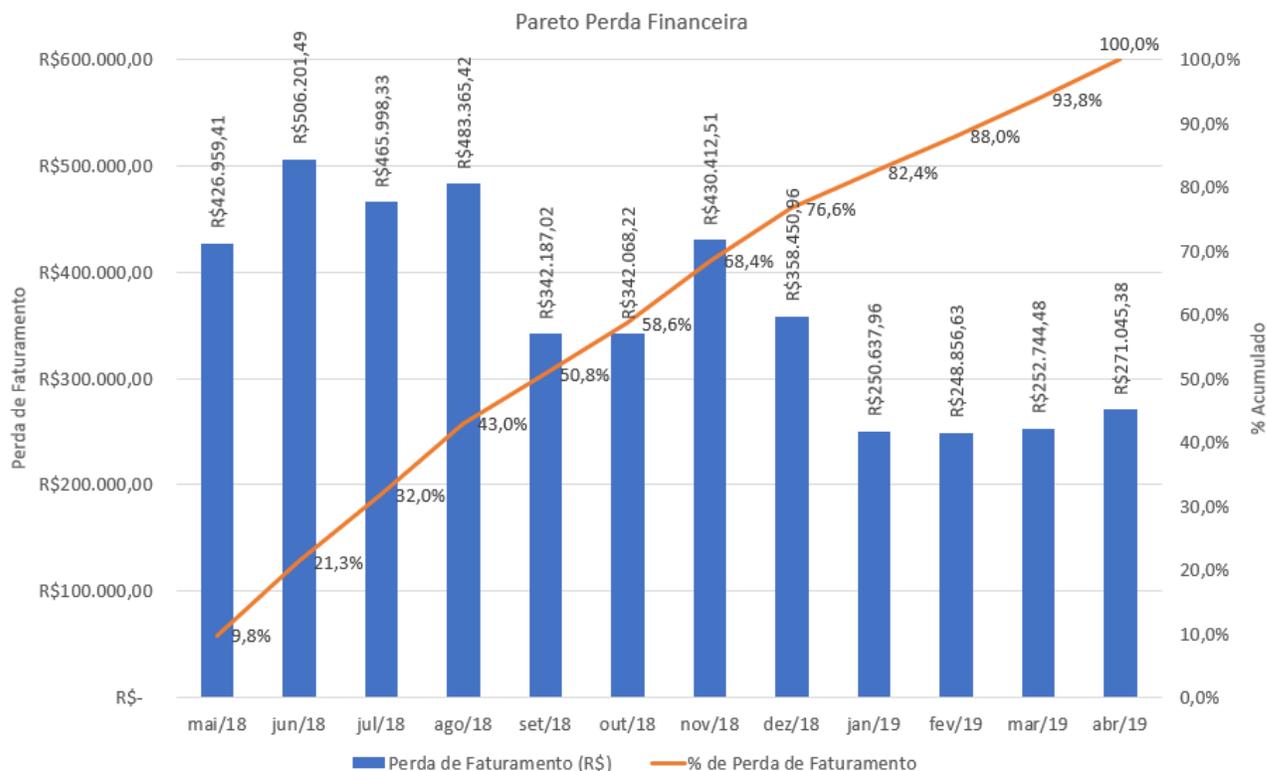


Fonte: O Autor (2019).

Financeiramente, a perda entre maio de 2018 e abril de 2019 foi de R\$ 4.378.927,81 (quatro milhões trezentos e setenta e oito mil novecentos e vinte e sete reais e oitenta e um centavos). Mesmo com o percentual acumulado de perda menor, o valor foi superior ao do período 2 pelos seguintes motivos: três meses a mais de abastecimento e mais dias de funcionamento do sistema dentro do mesmo mês operação. A Figura 22 detalha as perdas mês a mês.

No intervalo entre maio de 2018 e abril de 2019 socialmente a perda foi de 106.115 (cento e seis mil cento e quinze) residências que deixaram de ser atendidas o que equivale a 392.624 (trezentos e noventa e dois mil seiscentos e vinte e quatro) habitantes. O valor de habitantes é 3,7 vezes maior que a população de Santa Cruz do Capibaribe segundo dados do IBGE 2017, o que mostra como o fornecimento de água na região poderia ter sido melhor.

Figura 22 – Pareto da Perda Financeira do abastecimento barragem Gercino Pontes



Fonte: O Autor (2019).

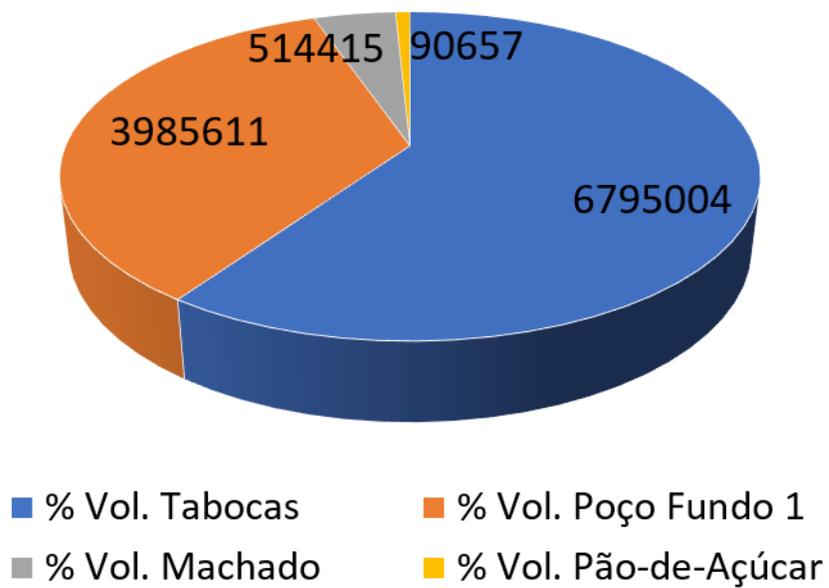
De maneira acumulada, levando em consideração os 28 meses avaliados, foram obtidos os seguintes resultados:

- Perda percentual: 32%
- Perda volumétrica: 2.204.321 m<sup>3</sup>;
- Perda de faturamento: R\$ 8.956.309,88;
- Número de residências que deixaram de ser abastecidas: 220.432 unidades;
- Número de habitantes que deixaram de ser abastecidos: habitantes.

A robustez dos valores encontrados ressalta como a população poderia ter sido melhor atendida e como a Companhia Pernambucana de Saneamento poderia ter melhores resultados financeiros se não ocorressem tantas perdas nos 18 km da adutora de Tabocas. As Figuras 23 e 24 apresentam os resultados volumétricos e de faturamento consolidados.

Figura 23 – Volumes acumulados durante os 28 meses

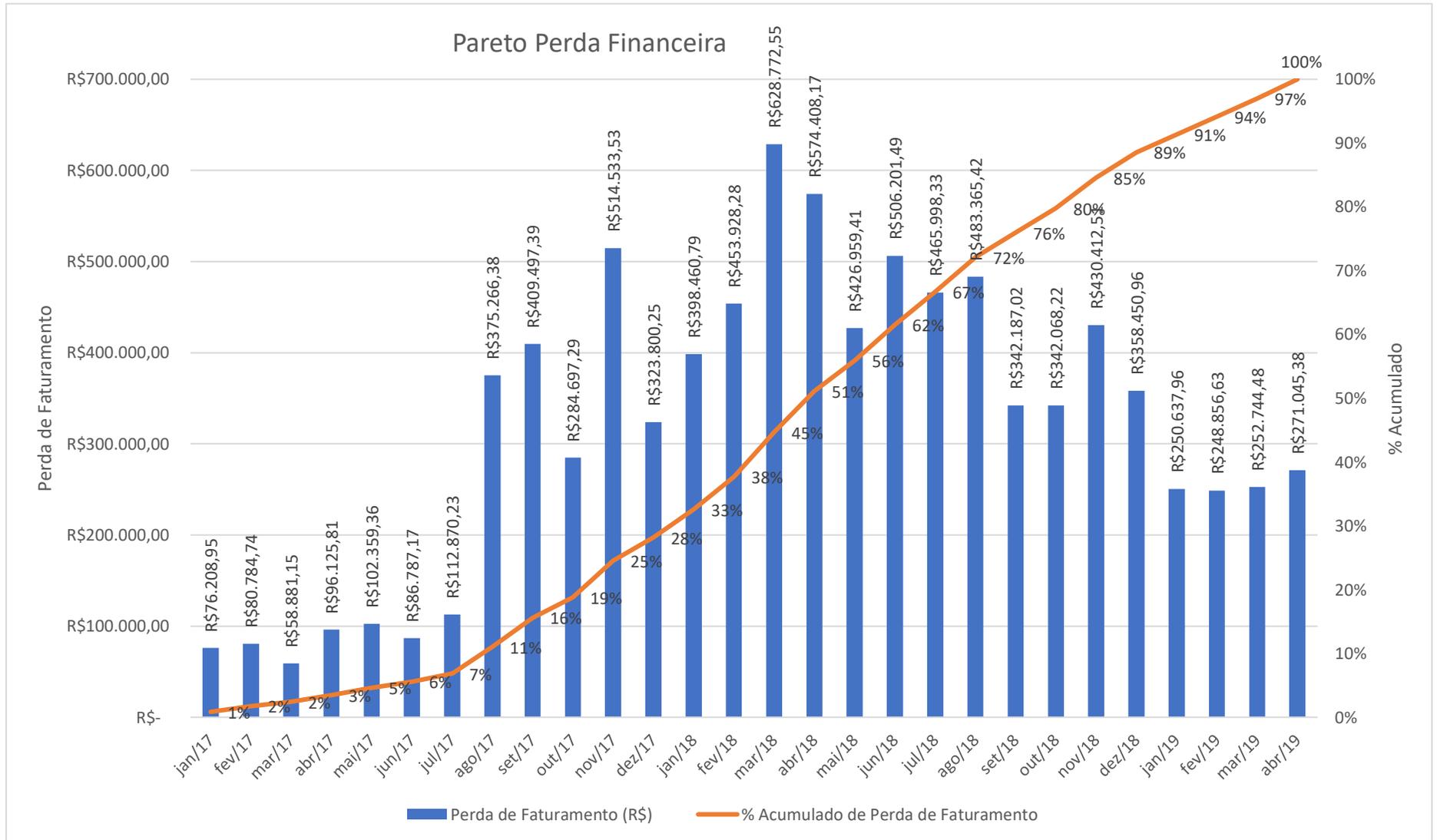
Janeiro 2017 - Abril 2019



---

Fonte: O Autor (2019).

Figura 24 – Pareto da Perda Financeira durante os 28 meses



Fonte: O Autor (2019).

## 6.2 ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO

O orçamento para construção da estação medição foi dividido em duas partes, a primeira referente aos serviços de engenharia necessários para estruturação da área e a segunda referente aos materiais. Como os serviços de engenharia e os materiais são fornecidos por empresas contratadas, foi aplicado o Benefício de Despesas Indiretas (BDI) de 29,97% para a primeira categoria e 17,24% para a segunda categoria, valores definidos pela Compesa. Esses percentuais foram acrescidos ao valor unitário de cada item para se obter a estimativa de custo total.

Os serviços foram estimados em R\$ 4.532,99 (quatro mil quinhentos e trinta e dois reais e noventa e nove centavos), como apresentado na Tabela 4 e são compostos, na respectiva ordem, de:

- a) Escavação mecanizada para acesso a adutora;
- b) Corte da tubulação adutora existente;
- c) Aplicação de tubulação flangeada para instalação do macromedidor;
- d) Construção de caixa de alvenaria para proteção do macromedidor;
- e) Aterro do perímetro externo da caixa de alvenaria;
- f) Instalação de poste para fixação da placa solar.

Os materiais foram orçados em R\$ 33.750,50 (trinta e três mil setecentos e cinquenta reais e cinquenta centavos), como apresentado na Tabela 5, sendo 76,4% desse valor referente ao medidor de vazão eletromagnético. O painel solar escolhido para alimentação elétrica do medidor foi de 150 watts de potência que fornece 24 volts de diferença de potencial (ddp), ddp necessária para funcionamento do medidor.

O custo estimado total para instalação de uma unidade de macromedição é de R\$ 38.288,49 (trinta e oito mil duzentos e oitenta e oito reais e quarenta e nove centavos). Esse valor representa 65% da perda de faturamento estimada de março de 2017, menor perda obtida, e apenas 6% da perda de faturamento estimada de março de 2018, maior perda obtida, o que indica a viabilidade de melhoria da medição/fiscalização na adutora.

A criação de um número excessivo de unidades de medição não é interessante do ponto de vista da operação do sistema, pois, demandaria mais mão-de-obra e estrutura para manutenção. Entretanto o estudo direciona para o seccionamento da adutora em cinco parte, cada uma delas avaliada por uma estação de medição. O custo total pra a construção das cinco unidades seria de R\$ 191.442,45 (cento e noventa e um mil quatrocentos e quarenta e dois reais

e quarenta e cinco centavos) e não haveria custos referentes a desapropriação, pois, é possível que sejam locadas na estrada que é de domínio municipal, desde que, se tenha autorização do órgão responsável.

O seccionamento em trechos de medição aumenta a efetividade da ação de fiscalização e corte das ligações clandestinas pela empresa de saneamento. Com o conhecimento setorial é possível direcionar os trabalhos para os trechos de maior perda, conseguindo maior recuperação de vazão de trabalho em menor tempo.

A atividade de fiscalização demanda da empresa de saneamento equipes hidráulicas e maquinário pesado (retroescavadeira). Pela ausência de setorização, o serviço é realizado de maneira não direcionada, aumentando consideravelmente os custos para obtenção de um resultado satisfatório. De maneira geral, a probabilidade de que as equipes encontrem os desvios mais significativos da adutora é pequeno, logo, a hora de trabalho não está sendo otimizada.

Verificou-se que os projetos de adutoras mais recentes desenvolvidos pela Compesa, em geral, preveem apenas medição no início do trecho, no final do trecho e em estações elevatórias, quando essas são necessárias. Esse padrão indica que o monitoramento de perdas não é uma das diretrizes utilizadas para projetos. Levando em consideração que Pernambuco é o estado com menor disponibilidade hídrica do país, que as mudanças climáticas direcionam para a existência de secas mais severas e que os sistemas adutores muitas vezes não atendem as comunidades rurais que margeiam, a inclusão dessas unidades alimentadas por energia solar na Norma de Projeto de Engenharia (NPE) 011 – Projetos de Adutoras é de extrema importância para uma melhor gestão futura dos sistemas.

Tabela 4 – Estimativa de custo de serviços da unidade de medição

SERVIÇOS								
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	PREÇO UNIT. C/ BDI (R\$)	TOTAL (R\$)	TOTAL (\$)
1	7001020013	Tabela Compesa 2019.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALAS EM MATERIAL DE 1ª E/OU 2ª CATEGORIAS ATÉ 2,00 M DE PROFUNDIDADE.	m³	7,254	12,49	90,60	21,31
2	7001250252	Tabela Compesa 2019.1	CONSTRUÇÃO DE CAIXA ENTERRADA EM ALVENARIA DE TIJOLOS MACIÇOS NO TRAÇO 1:8 DE 1/2 VEZ PARA VÁLVULA BORBOLETA INCLUINDO: REVESTIMENTOS INTERNO E EXTERNO DE CHAPISCO (TRAÇO 1:5) E ARGAMASSA NO TRAÇO 1:6, PISO EM CONCRETO SIMPLES ( TRAÇO 1:3:6 ) COM ESPESSURA DE 0,05 M; TAMPA EM CONCRETO ARMADO ( FCK >=20 MPA ) COM ESPESSURA MÉDIA DE 0,10 M E FURO DE 75 MM NA DIREÇÃO DO CABEÇOTE DO REGISTRO; PUXADORES DE FERRO GALVANIZADO DE F = 1/2" - DN = (300 A 400)MM / DIMENSÕES INTERNAS DE ( 0,80 X 1,30 X 1,10 ) M.	un	1	2.390,66	2.390,66	564,41
3	7001020407	Tabela Compesa 2019.1	REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20 M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO.	m³	6,11	8,64	52,79	12,46
4	7001220610	Tabela Compesa 2019.1	INTERLIGACAO DE REDE, EM PVC, INCLUINDO ASSENTAMENTO DE CONEXOES, CORTES E TUBOS, COM DN ≥ 200 MM.	un	6	19,90	119,40	28,19
5	7001210717	Tabela Compesa 2019.1	ASSENTAMENTO DE PECAS, CONEXOES, APARELHOS E ACESSORIOS DE FERRO FUNDIDO DUCTIL, JUNTA ELASTICA, MECANICA OU FLANGEADA, COM DIAMETROS DE 50 A 300 MM	Kg	102	1,99	202,98	47,92
6	7001601325	Tabela Compesa 2019.1	POSTE CONCRETO DUPLO T, TIPO B, 300KG, H=10M, COM 1 PROJETO COMPLETO INCLUSIVE ATERRAMENTO LÂMPADA DE 400W (FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO)	un	1	1.676,56	1.676,56	395,82
<b>TOTAL =</b>							R\$ 4.532,99	\$ 1.070,11

Fonte: O Autor (2019).

Tabela 5 – Estimativa de custo de materiais da unidade de medição.

<b>MATERIAIS</b>								
<b>ITEM</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FONTE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UND</b>	<b>ITEM</b>	<b>PREÇO UNIT. C/ BDI (R\$)</b>	<b>TOTAL (R\$)</b>	<b>TOTAL (\$)</b>
1	Cotação	Cotação	MEDIDOR DE VAZAO ELETROMAGNETICO TIPO TUBO COM TRECHO RETO FLANGEADO PN10 DN 300mm ALIMENTACAO REDE ELETRICA SISTEMA ELETRONICO SEPARADO AGUA TRATADA (CONFORME NTC-017)	un	1	25.792,80	25.792,80	6.089,17
2	Cotação	Cotação	KIT PAINEL PLACA CONTROLADOR SOLAR FOTOVOLTAICA 150W	un	1	655,37	655,37	154,72
3	Ata de Registro de Preço 187/19	Compesa	TUBO F°F° COM FLANGES TFL10 DN 300 5800MM	un	1	1.909,26	1.909,26	450,75
4	Ata de Registro de Preço 218/19	Compesa	LUVA F°F° COM BOLSAS LJGS DN 300MM	un	2	360,00	720,00	169,98
<b>TOTAL =</b>							<b>33.755,50</b>	<b>6.864,62</b>

Fonte: O Autor (2019).

### 6.3 AVALIAÇÃO DE USO DA ÁGUA

No entorno da barragem Gercino Pontes foram identificados 103 possíveis usuários, como apresentado na Figura 25. Todos os usuários foram visitados e informações foram obtidas a respeito do tipo de uso da água e estimativa de quantidade necessária. A Figura 25 apresenta o espaço amostral da pesquisa.

Dos usuários pesquisados, 82% deles informaram o uso para abastecimento humano e um total de 424 residentes na região de estudo. Com a estimativa de consumo 150 litros por habitante dia definido pela NPE-002 da Compesa, foi possível estimar a necessidade diária de 63.600 litros, o que equivale a uma vazão média de consumo de 0,74 L/s.

A dessedentação animal foi apontada como uso por 29 usuários. Esses mesmos usuários informaram a existência na localidade de 15.636 animais de pequeno porte, 212 animais de médio porte e 143 animais de grande porte. Baseando-se na estimativa de consumo emitido pelo Comunicado Técnico 102 da Embrapa, 0,25 L.dia<sup>-1</sup> para animais de pequeno porte, 15 L.dia<sup>-1</sup> para animais de médio porte e 30 L.dia<sup>-1</sup> para animais de grande porte, foi possível estimar, respectivamente, a necessidade diária de 3.909 litros, 3.180 litros e 4.290 litros. Em relação as vazões, a necessidade animal demanda 0,13 litros por segundo.

A irrigação foi indicada como uso por 41 usuários para culturas de banana, acerola, coco, caju e milho. Na Tabela 6 está apresentada os tipos de cultura, a área plantada e a demanda de água em L/s para atender as áreas.

Tabela 6 – Consumo de água por hectare tipo de cultura

<b>Cultura</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Demanda de Vazão de Água (L/s)</b>
Banana	550	0,03
Coco	4500	0,17
Acerola	400	2,59
Caju	200	0,01
Milho	61250	2,33
Cana-de-Açúcar	500	0,03

Fonte: O Autor (2019).

A pesquisa indica que todos os usuários que praticam agricultura são classificados como pequenos produtores, de acordo com a legislação vigente. O art. 3º da lei nº 11.428, de 22 de dezembro 2006, no seu inciso I define: “I - pequeno produtor rural: aquele que, residindo na zona rural, detenha a posse de gleba rural não superior a 50 (cinquenta) hectares, explorando-a

mediante o trabalho pessoal e de sua família, admitida a ajuda eventual de terceiros, bem como as posses coletivas de terra considerando-se a fração individual não superior a 50 (cinquenta) hectares, cuja renda bruta seja proveniente de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais ou do extrativismo rural em 80% (oitenta por cento) no mínimo;”.

A metodologia de irrigação utilizada pelos usuários é de aspersão, no caso de cultivos em áreas maiores, ou através de regadores e mangueiras, sendo a segunda opção a predominantemente, por se tratar de cultivos de pequeno porte. No caso da aspersão que necessita de investimento em bombas, energia elétrica e canalização, apenas os quatro usuários com áreas plantadas acima de 200 m<sup>2</sup> fizeram uso.

De maneira consolidada a demanda necessária para atendimento aos usuários e os seus diversos usos é de 3,46 L/s, sendo 2,59 L/s para irrigação, 0,13 L/s para dessedentação animal e 0,74 L/s para abastecimento humano. Essa demanda equivale a 2,6% da vazão nominal da EEAB Tabocas, que é de 132 L/s, e equivale a 13% da vazão média de perda do mês de abril de 2019.

No entanto a lei n° 9.433/1997 não pode ser desconsiderada nesse cenário. O artigo 1° da lei no inciso III indica que em situação de escassez, a realidade do estudo, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e dessedentação animal, logo, a vazão destinada para irrigação não poderá ser utilizada pela comunidade local. Além da lei, a utilização de água tratada para a finalidade de irrigação não é plausível, logo, esse tipo de uso deve ser proibido na região.

A vazão de 0,87 L/s para a dessedentação animal e consumo humano indica que a implementação de um sistema de abastecimento na localidade seria de pequeno impacto no que tange ao volume recalado atualmente. Além disso haveria uma diminuição nos conflitos pela água e poderia haver um incremento no faturamento da Compesa pelo cadastro e cobrança desses novos usuários.

Figura 25 – Espaço amostral da pesquisa com usuários



Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

## 6.4 PRODUTO - SOLUÇÃO ENGENHARIA PARA CONTROLE DE PERDAS

Verificou-se durante a avaliação da norma que norteia a construção de adutoras, Norma de Projeto Engenharia (NPE) 011 – Diretrizes Gerais para Elaboração de Projetos de Adutoras dos Sistemas de Abastecimento de Água, que não existe a obrigatoriedade de instalação de macromedidores intermediários ao longo das tubulações, mesmo que essas sejam bastante extensas. A instalação de tais unidades aumentaria a efetividade das atividades de fiscalização, diminuiria as perdas e ainda traria retorno de faturamento para a empresa de saneamento.

Com o intuito de abordar a questão das perdas nas adutoras e fornecer aplicabilidade prática ao presente trabalho, como primeiro produto é sugerido uma modificação da NPE – 011. A modificação consiste na adição do seguinte item:

### “7. Órgãos acessórios

#### 7.7. Medidor e controlador de vazão

7.7.7. É obrigatória a instalação de macromedidores nas seguintes condições:

7.7.7.5. – No mínimo a cada cinco quilômetros de adutoras que estejam localizadas na zona rural em região que possua histórico de elevadas perdas não aparentes.”

A proposta de modificação da norma será enviada através de documento de comunicação interna (CI) à Gerência de Projetos de Engenharia (GPE) que foi responsável pela produção da NPE-011. Para endossar o pedido, será enviado junto à CI uma nota técnica com apresentação objetiva das perdas volumétricas e de faturamento identificadas entre janeiro de 2017 e abril de 2019.

A Figura 26 apresenta uma cópia do documento que será enviado com a sugestão de melhoria da norma de adutoras.

Figura 26 – Solicitação de modificação da NPE-011

	<b>COMUNICAÇÃO INTERNA</b>	Nº: xx/2020
		Data: xx/xx/2020
De: CTE – GNR Alto do Capibaribe		GED:
Para: GPE (Att. ao Gerente)		

Prezados Gerente,

Venho por meio desse documento propor uma melhoria à “Norma de Projeto de Engenharia (NPE) 011 – Projetos de Adutora”. Como evidencia a nota técnica anexa a esse documento, é comum na região que abrange a GNR Alto Capibaribe a existência de furtos em adutoras que possuem longos trechos na zona rural, sendo elas intensificadas durante os períodos de escassez. Foi verificado nas atividades cotidianas que as finalidades dos furtos são abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação e comercialização através de caminhões-pipa.

Por mais que as atividades de fiscalização sejam frequentes, existe dificuldade para identificação dos trechos onde as perdas são mais consideráveis, pois, não existe macromedição ao longo das adutoras, sendo no caso específico de Tabocas existente apenas na unidade inicial, Estação Elevatória de Água Bruta de Tabocas, e nas unidades finais, ETA Pão-de-Açúcar, ETA Machado e ETA Poço Fundo 1. A não identificação dos principais trechos faz com que os custos com hora trabalhada das equipes hidráulicas e das máquinas não seja otimizada, ou seja, possuindo valor elevado para uma baixa efetividade.

Diante do apresentado, envio a sugestão de adição do item 7.7.7.5. a NPE-011:

*“7. Órgãos acessórios*

*7.7. Medidor e controlador de vazão*

*7.7.7. É obrigatória a instalação de macromedidores nas seguintes condições:*

*7.7.7.5. – No mínimo a cada cinco quilômetros de adutoras que estejam localizadas na zona rural em região que possua histórico de elevadas perdas não aparentes.”*

Desde já, agradeço a apreciação do documento!

Att,

Kássio Kramer Moraes Pinto - 10764  
 Coordenador Técnico de Engenharia  
 GNR Alto Capibaribe  
 (81)3412-9294

## 6.5 SOLUÇÃO PARA USUÁRIOS DA BARRAGEM DE TABOCAS

As ações de fiscalização para diminuição das perdas não-aparentes atacam o problema da perda de faturamento da empresa de saneamento, mas não contribui para a questão social dos usuários residentes da região da barragem Gercino Pontes que necessitam do acesso à água para suas atividades diárias. A privação do acesso à água proveniente do sistema Prata-Pirangi, em situação de colapso da barragem, pode acirrar ainda mais os conflitos na região.

Como determina os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especificamente a ODS 6, deve-se assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Diante disso, o segundo produto apresentado para o trabalho é uma nota técnica indicando a viabilidade de construção de um sistema de abastecimento rural para a comunidade da barragem de Tabocas. Esse sistema deve possuir a vazão de 1 L/s e beneficiará todos os 103 usuários mapeados para dessedentação animal e abastecimento humano.

O fornecimento de água tratada e de qualidade, inclusive durante o período de escassez da barragem, irá proporcionar uma melhoria na relação entre a Compesa, principal usuário da barragem, e a comunidade local. Além disso, espera-se que diminuam as ligações clandestinas, pois, os usuários já terão acesso ao recurso hídrico necessário para as atividades cotidianas. Por fim, ainda ocorrerá um incremento de faturamento para a empresa de saneamento, pois, os usuários serão cadastrados e ocorrerá a cobrança pela quantidade de água utilizada.

A nota técnica será direcionada para a Diretoria Regional do Interior (DRI) da Compesa. Essa diretoria é a responsável por avaliar os pleitos referentes à região de estudo e, caso concorde com a necessidade, direcionar para que a equipe de engenharia desenvolva o projeto. As Figuras 27, 28, 29, 30 e 31 apresentam a nota técnica.

Figura 27 – Nota técnica – Página 1



NOTA TÉCNICA  
IMPLEMENTAÇÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA  
COMUNIDADE TABOCAS EM CARUARU – PE

<b>Dados:</b>	
Município:	Caruaru – PE
Obra:	Implementação de Abastecimento de Água da Comunidade Tabocas em Caruaru – PE
População atendida:	381 habitantes.

**Justificativa:**

Encontram-se expressivos valores de perdas na adutora de água bruta do SAA Santa Cruz do Capibaribe e Pão-de-Açúcar na dissertação apresentada no Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) no polo UFPE. Esse trabalho foi desenvolvido pelo discente Kássio Kramer Moraes Pinto sob a orientação da Dr<sup>a</sup> Suzana Gico Montenegro, presidente da APAC.

O Sistema de Abastecimento de Santa Cruz do Capibaribe e Pão-de-Açúcar, alimentados pela barragem Gercino Pontes (Tabocas), apresenta a alguns anos perdas não aparentes elevadas no seu trecho adutor de água bruta. Um levantamento realizado entre janeiro de 2017 e abril de 2019 apresentou, em média, 32% de perda o que equivaleu a um volume de 2.204.321 m<sup>3</sup>. Por mais que ações de fiscalização e corte de ligação clandestina sejam realizadas frequentemente, os resultados apresentados não se mostraram satisfatórios, havendo a necessidade de intervenções mais robustas.

Foi possível estimar que no período avaliado, considerando o abastecimento na faixa mínima de 10 m<sup>3</sup>, 220.432 (duzentos e vinte mil quatrocentos e trinta e dois) residências deixaram de ser abastecidas o que equivale, utilizando a taxa de ocupação de 3,7 habitantes por residência, a 815.599 (oitocentos e quinze mil quinhentos e noventa e nove) habitantes. Financeiramente estimou-se a perda de faturamento de R\$ 8.956.309,88 (oito milhões novecentos e cinquenta e seis mil trezentos e nove reais e oitenta e oito centavos), utilizando as tarifas de R\$ 37,25, R\$ 40,19 e R\$ 41,30 referente aos períodos de vigência de cada uma delas. Afigura 1 apresenta o gráfico Pareto com as perdas estimadas.

Figura 28 – Nota técnica – Página 2

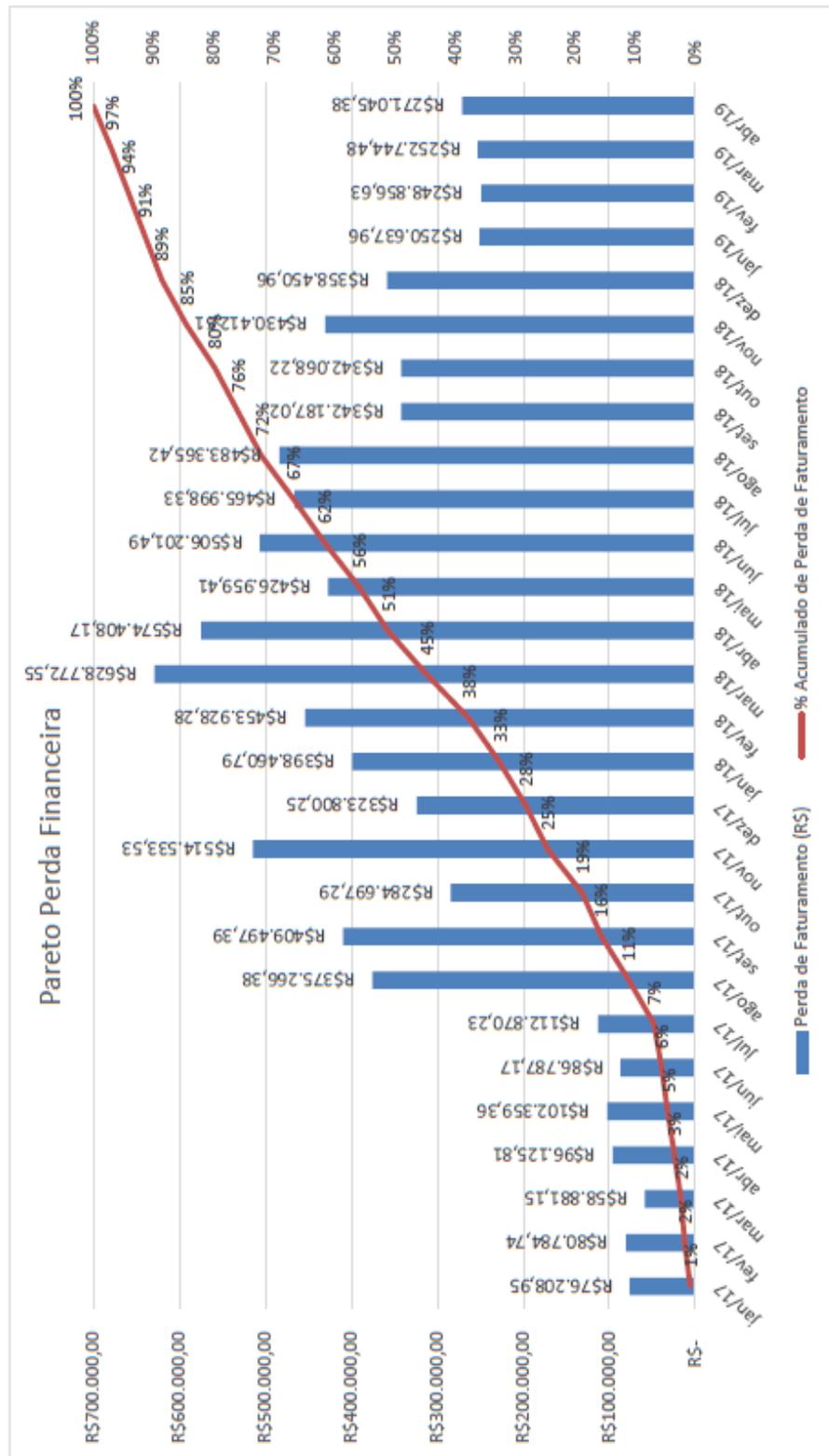


Figura 01 – Pareto da Perda Financeira entre janeiro de 2017 e abril de 2019.

Fonte: O Autor (2019).

Figura 29 – Nota técnica – Página 3



As atividades cotidianas evidenciaram que uma das áreas mais críticas, no que tange às perdas, é a região próxima à barragem Gercino Pontes em Tabocas. Nessa região existem diversos usuários, que necessitam da água para o abastecimento residencial, dessedentação animal, irrigação, entre outros usos. Foi possível identificar esses usuários geoespacialmente, utilizando o software Google Earth, e mapeou-se 103 usuários no entorno da barragem, como evidencia a figura 2.

Uma pesquisa de campo foi realizada e identificou a demanda necessária para atendimento aos usuários e os seus diversos usos é de 3,46 L/s, sendo 2,59 L/s para irrigação, 0,13 L/s para dessedentação animal e 0,74 L/s para abastecimento humano. Essa demanda equivale a 2,6% da vazão nominal da EEAB Tabocas, que é de 132 L/s, e equivale a 13% da vazão média de perda do mês de abril de 2019.

No entanto a lei nº 9.433/1997 não pode ser desconsiderada nesse quadro. O artigo 1º da lei no inciso III indica que em situação de escassez, a realidade do estudo, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e dessedentação animal, logo, a vazão destinada para irrigação não poderá ser utilizada pela comunidade local. Além da lei, a utilização de água tratada para a finalidade de irrigação não é plausível, logo, esse tipo de uso deve ser proibido na região.

A vazão de 0,87 L/s para a dessedentação animal e consumo humano indica que a implementação de um sistema de abastecimento na localidade seria de pequeno impacto no que tange ao volume recalcado atualmente. Além disso haveria uma diminuição nos conflitos pela água e poderia haver um incremento no faturamento da Compesa pelo cadastro e cobrança desses novos usuários.

Os percentuais apresentados acima revelam que a implementação de um sistema de abastecimento de água na localidade seria de pequeno impacto, no que tange ao volume recalcado atualmente, além disso haveria uma redução nos conflitos pela água, diminuição das perdas referentes a furtos e poderia haver um incremento no faturamento da Compesa pelo cadastro e cobrança desses novos usuários. Diante disso, solicita-se à DRI a avaliação da possibilidade de implementação de um sistema de abastecimento para esta comunidade rural citada.

Figura 30 – Nota técnica - Página 4

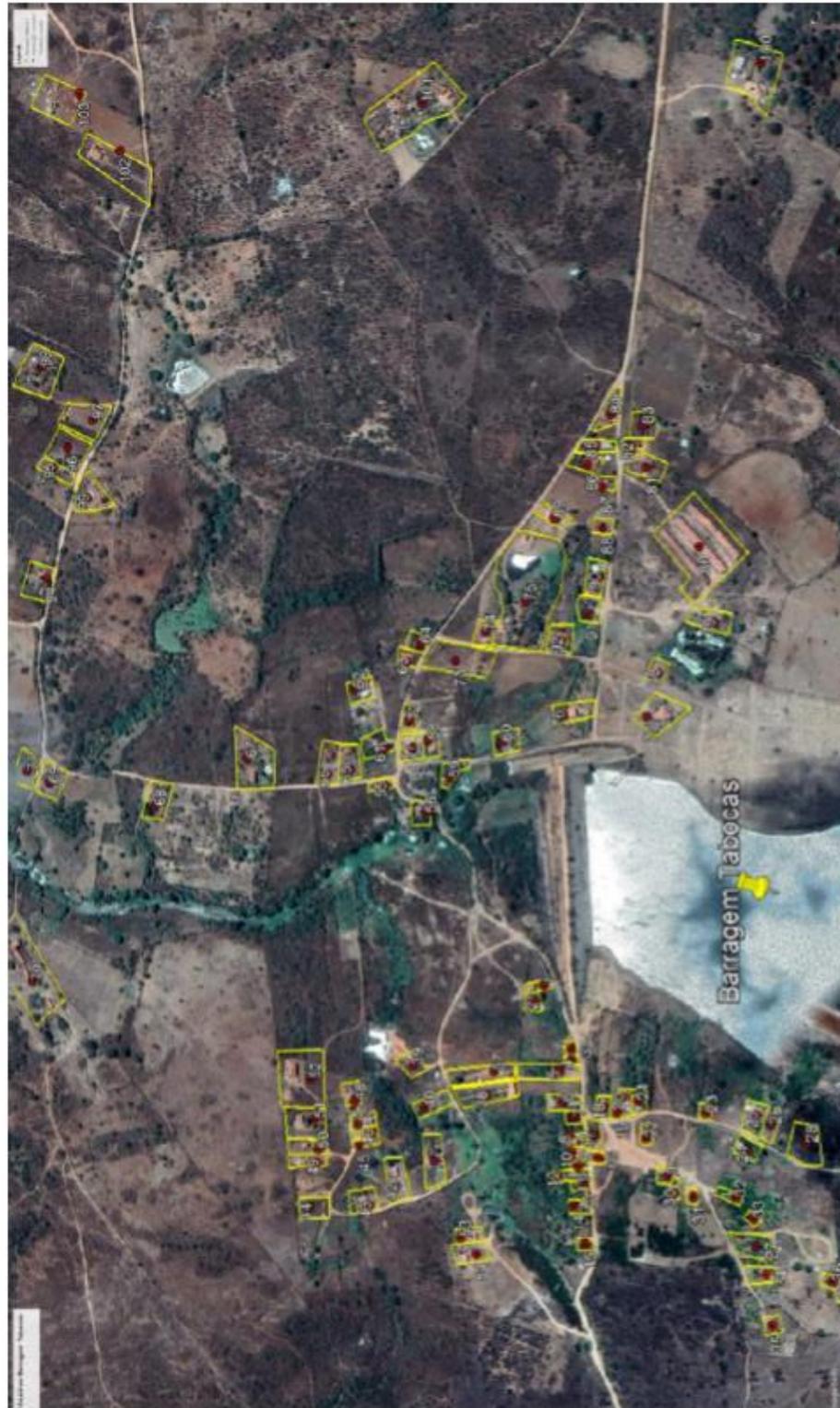


Figura 2 – Usuários Barragem de Tabocas em março de 2019.

Fonte: O Autor (2019).

Figura 31 – Nota técnica – Página 5

**Alternativa proposta:**

A alternativa pensada tem por objetivo a construção de uma ETA Compacta de dupla filtração e vazão de 1 L/s na área da EEAB de Tabocas. A unidade dispõe de espaço disponível para a construção, o que eliminaria os custos de aquisição de área, possui operação em turnos de 24 horas por 72 horas, o que eliminaria a necessidade de contratação de novos operadores e está com localização central em relação à comunidade.

Além da ETA, seria necessário a instalação de toda infraestrutura para transporte e distribuição de água na localidade. Os custos dessa instalação seriam referentes à escavação, reaterro, ligações prediais e materiais. Não haveria custos referentes à pavimentação, pois, todas as estradas locais são em terra.

O fornecimento de água regular tende a diminuir as violações da adutora de Tabocas que retiram uma vazão bem maior que a necessidade local, minimizar os conflitos por água existente na região, incrementar o faturamento com as novas ligações e possuir cadastro dos usuários para possíveis ações judiciais em caso de uso inadequado.

Atenciosamente,

---

Bruno Adelino de Farias  
Gerente - GNR Alto Capibaribe

---

Kássio Kramer Moraes Pinto  
CTE - GNR Alto Capibaribe



## 7 CONCLUSÃO

O principal objetivo do trabalho, avaliar as perdas entre janeiro de 2017 e abril de 2019, foi alcançado. Obteve-se uma perda volumétrica de 2.204.321 m<sup>3</sup> e de faturamento de R\$ 8.956.309,88, valores bastante significativos e que evidencia a necessidade de ações mais robustas de monitoramento e fiscalização da adutora. Os valores encontrados são tão expressivos que justificam a alocação de recursos para intensificação e modernização da fiscalização.

A alternativa de engenharia para setorização da medição na adutora com a construção de estações de macromedição alimentadas eletricamente por painéis solares se mostrou economicamente viável quando comparado o preço de uma unidade e o preço da perda de faturamento. A proposta de construção de cinco unidades equivale a apenas 2,14% do valor da perda do período.

A avaliação do uso da água com a comunidade local mostrou que a demanda é bem menor que a vazão perdida pelas utilizações indevidas. Pela dimensão dos valores obtidos de perdas de faturamento, o investimento para estruturação da área e fornecimento de água para os usuários pode ser revertido em diminuição das perdas e incremento de faturamento, realizando cobrança aos usuários, obtendo-se um retorno financeiro em menos de um ano.

De forma geral, o trabalho atendeu aos objetivos determinados e ainda deixou uma base de dados robusta que pode servir de base para o planejamento e uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos na região do sistema adutor de Tabocas.

Recomenda-se para futuros trabalhos a expansão da área de estudo para todo o agreste pernambucano, a inclusão da avaliação da qualidade de água e a utilização da comunicação através das faturas da empresa de saneamento como ferramenta de gestão para períodos de crise.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **GEO Brasil recursos hídricos**: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília: ANA, 2007. p. 27. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/wfa/sa/GEO%20Brasil%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20Resumo%20Executivo.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Quantidade de água**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 10 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Reservatórios do semiárido brasileiro**: hidrologia, balanço hídrico e operação. Brasília: ANA, 2017.

ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P. **Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2005.

AL-WASHALI, T.; SHARMA, S.; KENNEDY, M. Methods of assessment of water losses in water supply systems: a review. **Water Resources Management**, Dordrecht, v. 30, n. 14, p. 4985–5001, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Os rios mais poluídos do brasil**. 2017. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/2082/os-rios-mais-poluidos-do-brasil>. Acesso em: 2 jun. 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

AZEVEDO NETTO, J.M.; DE MARTINS, J. A.; PUPPI, I. C.; BORSARI NETTO, F.; FRANCO, P. N. C. **Planejamento de sistemas de abastecimento de água**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Organização Pan-americana da Saúde, 1973.

BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água**: tecnologias de controle. 1. ed. João Pessoa: Editora UFPB, 2013. 220 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto**. Brasília: SNIS, 2003. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 15 de jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto**. Brasília: SNIS, 2017. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 22 de jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e**

**esgoto**. Brasília: SNIS, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 2 de fev. 2019.

BRUNA, J. **Plantação de milho irrigado**: quando compensa? 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/plantacao-de-milho-irrigado/>. Acesso em: 23 ago. 2019.

CAMBOIM, L. **A irrigação do coqueiro no brasil**. Disponível em: <https://www.uov.com.br/cursos-online-cultivo-e-processamento-de-coco/artigos/a-irrigacao-do-coqueiro-no-brasil>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CAVALCANTE, F. C. **NPE 011** - Diretrizes gerais para elaboração de projetos de adutoras dos sistemas de abastecimento de água. 2017. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2018/11/NPE-011-Projetos-de-Adutora.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.

CAVALCANTE, F. C.. **NPE 002** - Diretrizes gerais para estimativa de consumo de água: Consumo Per Capita. 2016. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2018/11/NPE-002-Consumo-Per-Capita-Revis%C3%A3o-2.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.

CONDEPE. **Mapa das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco**. Recife, 1996. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/Controle\\_Ambiental/monitoramento/qualidade\\_da\\_agua/bacias\\_hidrograficas/resultados\\_monitoramento\\_bacias/bacia\\_do\\_rio\\_capibaribe/2007/41786%3B66851%3B48030102031301%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/Controle_Ambiental/monitoramento/qualidade_da_agua/bacias_hidrograficas/resultados_monitoramento_bacias/bacia_do_rio_capibaribe/2007/41786%3B66851%3B48030102031301%3B0%3B0.asp). Acesso em: 15 jun. 2019.

DUTRA, J. A. Perdas versus o papel do cliente e a atuação das concessionárias. *In*: CONGRESSO ABES / FENASAN, 2017, São Paulo. **Palestras** [...]. São Paulo: ABES FENASAN, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Coleção plantar acerola: a cultura da acerola**. Brasília: EMBRAPA, 2012.

FIGUEIREDO, A. A. de O. **Redução de perdas na rede de abastecimento de água em cidades do semiárido no agreste de Pernambuco**. 2019. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Geociências**, Niterói, v. 3, n. 3, p.1-13, jun. 2014. Anual.

GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1981.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS. **Perdas de água**: desafios ao avanço do saneamento básico e à escassez hídrica. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2015. 112 p.

INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS. **Ranking do saneamento**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2016. 111 p.

LAMBERT, A.; WIRNER, W. **Losses from water supply systems**: standart termonology and recommended performance measures. United Kingdom: IWA-International Water Association, 2000. p. 4-7

MARPHOTOGRAPHY. **Mapa brasileiro com estados separados e destaque no Estado de Pernambuco**. 2016. Disponível em: <https://br.depositphotos.com/134893874/stock-photo-brazilian-map-with-states-separated.html>. Acesso em: 2 fev. 2020.

OLIVEIRA, G.; MARCATO, F. S.; SCAZUFCA, P.; PIRES, R. C. **Perdas de água 2018 (SNIS 2016)**: desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2019.

OLIVEIRA, V. H.; MIRANDA, F. R. **Necessidades hídricas**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fielotma02wyiv80z4s473btn29z2.html>. Acesso em: 20 ago. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: ONU, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/amp/>. Acesso em: 28 jan. 2020.

PALHARES, J. C. P. **Consumo de água na produção animal**. Brasília: Embrapa, 2013.

PENA, R. F. A. **Distribuição da água no Brasil**. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em: 10 jun. 2019.

PROJETEC - BRLi (Comp.). **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe**. Recife, 2010.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento d água**: tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991.

SILVA, B.; MONTEIRO, C.; TORRES, C.; SHINZATO, E.; MOKARZEL, F.; GUIBOSHI, M.; PELLEGRINI, T. **Controle de perdas de água em sistemas de distribuição, água em ambiente urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003. p. 5.

SILVEIRA, B. **O consumo de água na plantação da bananeira**. 2013. Disponível em: <https://dica.madeira.gov.pt/index.php/producao-vegetal/fruticultura/240-o-consumo-de-agua-na-cultura-da-bananeira>. Acesso em: 10 ago. 2019.

SOARES, A. E. P.; DA SILVA, T. L.; DA SILVA, S. R.; NUNES, L. G. C. F.; DA SILVA, J. K. **IV-070** - caracterização do consumo de água em uma universidade pública do Recife-PE. 2017. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2017/11/CARACTERIZA%C3%87%C3%83O-DO-CONSUMO-DE-%C3%81-GUA-EM-UMA-UNIVERSIDADE-P%C3%9ABLICA-DO-RECIFE-PE.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2019.

SOBRINHO, A.; BORJA, R.; CAMPOS, P. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 783–795, dez. 2016.

SOUSA, F. **Ipojuca**: “água das raízes podres”, ou o 3º rio mais poluído do Brasil. 2017. Disponível em: <https://ferdinandodesousa.com/2017/09/21/ipojuca-agua-das-raizes-podres-ou-o-3-rio-mais-poluido-do-brasil/>. Acesso em: 2 jul. 2019.

SOUSA, J.; MURANHO, J.; MARQUES, A. S.; GOMES, R. Optimal management of water distribution networks with simulated annealing : the c-town problem. **Journal of Water Resources Planning and Management**, United States, v. 142, n. 5, p. 1–9, 2016.

SOUZA, I. A.; GALVANI, E. Clima e produtividade da cultura da cana-de-açúcar na microrregião de campo mourão, PR, sul do Brasil. *In*: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6., 2010, Coimbra. **Actas** [...]. Coimbra, PT: SLAGF, mai. 2010. p. 5-5. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/ivonete>. Acesso em: 23 ago. 2019.

STEPHENS, I. Níveis Econômicos de Perdas. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROGRAMAS DE REDUÇÃO E CONTROLE DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, 2002, Recife-PE. **Anais** [...]. Recife, 2002. 16p.

SUASSUNA, J. **A Água no semiárido brasileiro**: potencialidades e limitações. Ecodebate, 2012.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água** - posicionamento e contribuições técnicas da ABES. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2016. 108 p.

VENTURINI, M. A. A. G.; BARBOSA, P. S. F.; LUNVIZOTTO JUNIOR, E. **Estudo de alternativas de reabilitação para sistemas de abastecimento de água**. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., 2001, Aracajú. **Anais** [...]. Aracaju: SBRH, 2001

VERMERSCH, M.; CARTEADO, F.; RIZZO, A.; JOHNSON, E.; ARREGUI, F.; LAMBERT, A. **Guidance notes on apparent losses and water loss reduction planning**. London, UK: International Water Association, 2016. 77 p.

YARA. **Manejo de solo e água em cana-de-açúcar**. 2019. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/cana-de-acucar/manejo-do-solo-e-agua-em-cana-de-acucar/>. Acesso em: 22 ago. 2019.

**APÊNDICE A – VOLUME MENSAL PRODUZIDOS POR UNIDADE**

<b>Mês</b>	<b>Volume Tabocas (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume ETA Poço Fundo 1 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume ETA Machado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume ETA Pão-de-Açúcar (m<sup>3</sup>)</b>
<b>jan/17</b>	116522	78147	17916	0
<b>fev/17</b>	98076	66190	10198	0
<b>mar/17</b>	61043	42832	2404	0
<b>abr/17</b>	77257	52259	1080	0
<b>mai/17</b>	84351	55820	3062	0
<b>jun/17</b>	88649	61335,6	5719,2	0
<b>jul/17</b>	95320	61422	5814	0
<b>ago/17</b>	264772	148248	23151	0
<b>set/17</b>	222912	108433	12589	0
<b>out/17</b>	228096	136743	20515	0
<b>nov/17</b>	220320	92295	0	0
<b>dez/17</b>	116640	36073	0	0
<b>jan/18</b>	207360	97115	11101	0
<b>fev/18</b>	191808	77048,4	1814,0	0
<b>mar/18</b>	253270	96820	0	0
<b>abr/18</b>	259200	116277	0	0
<b>mai/18</b>	256608	152355	0	0

<b>Mês</b>	<b>Volume Tabocas (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume ETA Poço Fundo 1 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume ETA Machado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume ETA Pão-de-Açúcar (m<sup>3</sup>)</b>
<b>jun/18</b>	347328	193421	31340	0
<b>jul/18</b>	378432	209869	55730	0
<b>ago/18</b>	378432	231047	30347	0
<b>set/18</b>	362880	234440	45586	0
<b>out/18</b>	347328	211894	43146	9463
<b>nov/18</b>	383616	229060	37326	13014
<b>dez/18</b>	391392	255673	36186	12741
<b>jan/19</b>	370656	250124	47744	12101
<b>fev/19</b>	329184	228021	29148	11759
<b>mar/19</b>	339552	239973,4	22393,0	15988,4
<b>abr/19</b>	324000	222677	20104	15591
<b>Total</b>	6795004	3985611	514415	90657

**APÊNDICE B – PERDA DE FATURAMENTO MENSAL NOS TRÊS PERÍODOS AVALIADOS**

<b>Mês</b>	<b>Perda de Faturamento Total (R\$)</b>	<b>Perda de Faturamento Período 1 (R\$)*</b>	<b>Perda de Faturamento Período 2 (R\$)**</b>	<b>Perda de Faturamento Período 3 (R\$)***</b>
<b>jan/17</b>	76.208,95	76.208,95	-	-
<b>fev/17</b>	80.784,74	80.784,74	-	-
<b>mar/17</b>	58.881,15	58.881,15	-	-
<b>abr/17</b>	96.125,81	96.125,81	-	-
<b>mai/17</b>	102.359,36	102.359,36	-	-
<b>jun/17</b>	86.787,17	86.787,17	-	-
<b>jul/17</b>	112.870,23	112.870,23	-	-
<b>ago/17</b>	375.266,38	49.629,36	325.637,02	-
<b>set/17</b>	409.497,39	-	409.497,39	-
<b>out/17</b>	284.697,29	-	284.697,29	-
<b>nov/17</b>	514.533,53	-	514.533,53	-
<b>dez/17</b>	323.800,25	-	323.800,25	-
<b>jan/18</b>	398.460,79	-	398.460,79	-
<b>fev/18</b>	453.928,28	-	453.928,28	-
<b>mar/18</b>	628.772,55	-	628.772,55	-
<b>abr/18</b>	574.408,17	-	574.408,17	-
<b>mai/18</b>	426.959,41	-		426.959,41

<b>Mês</b>	<b>Perda de Faturamento Total (R\$)</b>	<b>Perda de Faturamento Período 1 (R\$)*</b>	<b>Perda de Faturamento Período 2 (R\$)**</b>	<b>Perda de Faturamento Período 3 (R\$)***</b>
<b>jun/18</b>	506.201,49	-	-	506.201,49
<b>jul/18</b>	465.998,33	-	-	465.998,33
<b>ago/18</b>	483.365,42	-	-	483.365,42
<b>set/18</b>	342.187,02	-	-	342.187,02
<b>out/18</b>	342.068,22	-	-	342.068,22
<b>nov/18</b>	430.412,51	-	-	430.412,51
<b>dez/18</b>	358.450,96	-	-	358.450,96
<b>jan/19</b>	250.637,96	-	-	250.637,96
<b>fev/19</b>	248.856,63	-	-	248.856,63
<b>mar/19</b>	252.744,48	-	-	252.744,48
<b>abr/19</b>	271.045,38	-	-	271.045,38
<b>Total</b>	<b>8.956.309,88</b>	<b>663.646,78</b>	<b>3.913.735,28</b>	<b>4.378.927,81</b>

**Obs.:**

\*Período 1: Abastecimento exclusivo Prata-Pirangi;

\*\*Período 2: Abastecimento misto Prata-Pirangi e barragem Gercino Pontes;

\*\*\*Período 3: Abastecimento exclusivo barragem Gercino Pontes.

**APÊNDICE C – RESIDÊNCIAS E POPULAÇÃO DESABASTECIDAS MENSALMENTE EM DECORRÊNCIA DAS PERDAS**

<b>Mês</b>	<b>Residências Atendidas</b>	<b>Estimativa de Pop. Aten. c/ Perda</b>
<b>jan/17</b>	2046	7570
<b>fev/17</b>	2169	8024
<b>mar/17</b>	1581	5849
<b>abr/17</b>	2392	8850
<b>mai/17</b>	2547	9423
<b>jun/17</b>	2159	7990
<b>jul/17</b>	2808	10391
<b>ago/17</b>	9337	34548
<b>set/17</b>	10189	37699
<b>out/17</b>	7084	26210
<b>nov/17</b>	12803	47369
<b>dez/17</b>	8057	29810
<b>jan/18</b>	9914	36683
<b>fev/18</b>	11295	41790
<b>mar/18</b>	15645	57887
<b>abr/18</b>	14292	52882
<b>mai/18</b>	10425	38574

<b>Mês</b>	<b>Residências Atendidas</b>	<b>Estimativa de Pop. Aten. c/ Perda</b>
<b>jun/18</b>	12257	45350
<b>jul/18</b>	11283	41748
<b>ago/18</b>	11704	43304
<b>set/18</b>	8285	30656
<b>out/18</b>	8283	30645
<b>nov/18</b>	10422	38560
<b>dez/18</b>	8679	32113
<b>jan/19</b>	6069	22454
<b>fev/19</b>	6026	22295
<b>mar/19</b>	6120	22643
<b>abr/19</b>	6563	24283
<b>Total</b>	<b>220432</b>	<b>815599</b>

**APÊNDICE D – PESQUISA COM USUÁRIOS SOBRE O TIPO DE USO**

<b>Usuários</b>	<b>Abastecimento Humano</b>	<b>Dessedentação Animal</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Outras Finalidades</b>
<b>1</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>2</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>3</b>	Não	Não	Não	Não
<b>4</b>	Sim	Não	Não	Sim
<b>5</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>6</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>7</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>8</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>9</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>10</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>11</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>12</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>13</b>	Não	Não	Não	Não
<b>14</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>15</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>16</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>17</b>	Sim	Não	Sim	Não

<b>Usuários</b>	<b>Abastecimento Humano</b>	<b>Dessedentação Animal</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Outras Finalidades</b>
<b>18</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>19</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>20</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>21</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>22</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>23</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>24</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>25</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>26</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>27</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>28</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>29</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>30</b>	Não	Não	Não	Não
<b>31</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>32</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>33</b>	Não	Não	Não	Não
<b>34</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>35</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>36</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>37</b>	Sim	Não	Não	Não

<b>Usuários</b>	<b>Abastecimento Humano</b>	<b>Dessedentação Animal</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Outras Finalidades</b>
<b>38</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>39</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>40</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>41</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>42</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>43</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>44</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>45</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>46</b>	Não	Não	Não	Não
<b>47</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>48</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>49</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>50</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>51</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>52</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>53</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>54</b>	Não	Não	Não	Não
<b>55</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>56</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>57</b>	Sim	Não	Sim	Sim

<b>Usuários</b>	<b>Abastecimento Humano</b>	<b>Dessedentação Animal</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Outras Finalidades</b>
<b>58</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>59</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>60</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>61</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>62</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>63</b>	Não	Não	Não	Não
<b>64</b>	Não	Não	Não	Não
<b>65</b>	Não	Não	Não	Não
<b>66</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>67</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>68</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>69</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>70</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>71</b>	Não	Não	Não	Não
<b>72</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>73</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>74</b>	Não	Não	Não	Não
<b>75</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>76</b>	Sim	Não	Sim	Não
<b>77</b>	Sim	Não	Não	Não

<b>Usuários</b>	<b>Abastecimento Humano</b>	<b>Dessedentação Animal</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Outras Finalidades</b>
<b>78</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>79</b>	Não	Não	Não	Não
<b>80</b>	Não	Sim	Sim	Não
<b>81</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>82</b>	Não	Não	Não	Não
<b>83</b>	Não	Não	Não	Não
<b>84</b>	Não	Não	Não	Não
<b>85</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>86</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>87</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>88</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>89</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>90</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>91</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>92</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>93</b>	Não	Não	Não	Não
<b>94</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>95</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>96</b>	Não	Não	Não	Não
<b>97</b>	Sim	Não	Não	Não

<b>Usuários</b>	<b>Abastecimento Humano</b>	<b>Dessedentação Animal</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Outras Finalidades</b>
<b>98</b>	Sim	Sim	Não	Não
<b>99</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>100</b>	Não	Sim	Não	Não
<b>101</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>102</b>	Sim	Não	Não	Não
<b>103</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>Total</b>	84	29	41	5

**APÊNDICE E – PESQUISA COM USUÁRIOS – QUANTIFICAÇÃO DE USO DE ABASTECIMENTO E DESSEDENTAÇÃO ANIMAL**

<b>Usuários</b>	<b>Quantidade de Residentes</b>	<b>Quantidade de Animais de Pequeno Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Médio Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Grande Porte</b>
<b>1</b>	4	0	0	0
<b>2</b>	3	0	0	0
<b>3</b>	0	0	0	0
<b>4</b>	2	0	0	0
<b>5</b>	4	0	0	0
<b>6</b>	5	0	0	0
<b>7</b>	4	0	0	0
<b>8</b>	1	0	0	0
<b>9</b>	4	0	0	0
<b>10</b>	5	0	0	0
<b>11</b>	5	0	0	0
<b>12</b>	5	0	0	0
<b>13</b>	0	0	0	0
<b>14</b>	4	0	0	0
<b>15</b>	2	10	0	0
<b>16</b>	4	0	0	0
<b>17</b>	5	0	0	0

<b>Usuários</b>	<b>Quantidade de Residentes</b>	<b>Quantidade de Animais de Pequeno Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Médio Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Grande Porte</b>
<b>18</b>	2	0	0	0
<b>19</b>	5	0	0	0
<b>20</b>	4	0	0	0
<b>21</b>	2	0	0	0
<b>22</b>	2	0	0	0
<b>23</b>	1	0	0	0
<b>24</b>	2	15	5	0
<b>25</b>	3	0	0	0
<b>26</b>	2	0	0	0
<b>27</b>	3	0	0	0
<b>28</b>	3	0	0	0
<b>29</b>	4	40	30	7
<b>30</b>	0	0	0	0
<b>31</b>	5	15	0	0
<b>32</b>	2	30	30	0
<b>33</b>	0	0	0	0
<b>34</b>	4	0	0	0
<b>35</b>	2	0	0	0
<b>36</b>	3	50	25	0

<b>Usuários</b>	<b>Quantidade de Residentes</b>	<b>Quantidade de Animais de Pequeno Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Médio Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Grande Porte</b>
<b>37</b>	2	0	0	0
<b>38</b>	2	2	6	30
<b>39</b>	2	0	0	0
<b>40</b>	4	0	0	0
<b>41</b>	2	0	0	0
<b>42</b>	2	0	0	0
<b>43</b>	2	0	0	0
<b>44</b>	2	10	6	0
<b>45</b>	1	0	0	0
<b>46</b>	0	0	0	0
<b>47</b>	5	30	0	0
<b>48</b>	2	0	0	0
<b>49</b>	2	0	0	0
<b>50</b>	2	0	0	0
<b>51</b>	3	50	0	0
<b>52</b>	5	0	0	0
<b>53</b>	2	100	0	4
<b>54</b>	0	0	0	0
<b>55</b>	1	0	0	0

<b>Usuários</b>	<b>Quantidade de Residentes</b>	<b>Quantidade de Animais de Pequeno Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Médio Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Grande Porte</b>
<b>56</b>	1	0	0	0
<b>57</b>	3	0	0	0
<b>58</b>	2	15	0	0
<b>59</b>	4	0	0	0
<b>60</b>	1	0	0	0
<b>61</b>	7	30	0	0
<b>62</b>	3	0	0	0
<b>63</b>	0	0	0	0
<b>64</b>	0	0	0	0
<b>65</b>	0	0	0	0
<b>66</b>	1	0	0	0
<b>67</b>	4	0	0	0
<b>68</b>	70	3	11	0
<b>69</b>	2	6	0	1
<b>70</b>	8	20	15	10
<b>71</b>	0	0	0	0
<b>72</b>	4	0	0	0
<b>73</b>	2	0	0	1
<b>74</b>	0	0	0	0

<b>Usuários</b>	<b>Quantidade de Residentes</b>	<b>Quantidade de Animais de Pequeno Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Médio Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Grande Porte</b>
<b>75</b>	2	50	0	2
<b>76</b>	3	0	0	0
<b>77</b>	3	0	0	0
<b>78</b>	3	0	0	0
<b>79</b>	0	0	0	0
<b>80</b>	1	15000	20	15
<b>81</b>	4	0	0	0
<b>82</b>	0	0	0	0
<b>83</b>	0	0	0	0
<b>84</b>	0	0	0	0
<b>85</b>	6	0	0	0
<b>86</b>	2	5	0	0
<b>87</b>	3	0	0	0
<b>88</b>	4	0	0	15
<b>89</b>	4	0	0	0
<b>90</b>	2	0	0	0
<b>91</b>	20	0	0	0
<b>92</b>	2	20	0	0
<b>93</b>	0	0	0	0

<b>Usuários</b>	<b>Quantidade de Residentes</b>	<b>Quantidade de Animais de Pequeno Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Médio Porte</b>	<b>Quantidade de Animais de Grande Porte</b>
<b>94</b>	8	10	6	22
<b>95</b>	4	15	0	5
<b>96</b>	0	0	0	0
<b>97</b>	3	0	0	0
<b>98</b>	3	15	10	0
<b>99</b>	3	0	0	20
<b>100</b>	30	15	20	0
<b>101</b>	50	70	5	10
<b>102</b>	2	0	0	0
<b>103</b>	3	10	23	1
<b>Total</b>	424	15636	212	143

**APÊNDICE F – PESQUISA COM USUÁRIOS – QUANTIFICAÇÃO DE USO DE IRRIGAÇÃO**

<b>Usuários</b>	<b>Tipo de Cultura</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>
<b>1</b>	0	0
<b>2</b>	0	0
<b>3</b>	0	0
<b>4</b>	0	0
<b>5</b>	Coco	100
<b>6</b>	Coco	100
<b>7</b>	Coco	100
<b>8</b>	0	0
<b>9</b>	Coco	100
<b>10</b>	Coco	100
<b>11</b>	0	0
<b>12</b>	Coco	100
<b>13</b>	0	0
<b>14</b>	0	0
<b>15</b>	Banana	50
<b>16</b>	0	0
<b>17</b>	Coco	50
<b>18</b>	Coco	100

<b>Usuários</b>	<b>Tipo de Cultura</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>
<b>19</b>	Coco	100
<b>20</b>	Coco	100
<b>21</b>	0	0
<b>22</b>	0	0
<b>23</b>	Coco	200
<b>24</b>	Coco	100
<b>25</b>	Coco	50
<b>26</b>	0	0
<b>27</b>	Coco	100
<b>28</b>	0	0
<b>29</b>	Coco	200
<b>30</b>	0	0
<b>31</b>	0	0
<b>32</b>	Coco	200
<b>33</b>	0	0
<b>34</b>	Caju	200
<b>35</b>	0	0
<b>36</b>	Coco	500
<b>37</b>	0	0
<b>38</b>	Coco	400
<b>39</b>	Milho	50

<b>Usuários</b>	<b>Tipo de Cultura</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>
<b>40</b>	Banana	100
<b>41</b>	Coco	50
<b>42</b>	0	0
<b>43</b>	0	0
<b>44</b>	0	0
<b>45</b>	0	0
<b>46</b>	0	0
<b>47</b>	Acerola	200
<b>48</b>	0	0
<b>49</b>	0	0
<b>50</b>	0	0
<b>51</b>	Acerola	200
<b>52</b>	0	0
<b>53</b>	Coco	100
<b>54</b>	0	0
<b>55</b>	0	0
<b>56</b>	0	0
<b>57</b>	Coco	100
<b>58</b>	Banana	100
<b>59</b>	Coco	100
<b>60</b>	Cana-de-Açúcar	500

<b>Usuários</b>	<b>Tipo de Cultura</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>
<b>61</b>	Banana	300
<b>62</b>	0	0
<b>63</b>	0	0
<b>64</b>	0	0
<b>65</b>	0	0
<b>66</b>	0	0
<b>67</b>	Coco	200
<b>68</b>	0	0
<b>69</b>	0	0
<b>70</b>	0	0
<b>71</b>	0	0
<b>72</b>	0	0
<b>73</b>	Coco	100
<b>74</b>	0	0
<b>75</b>	Coco	300
<b>76</b>	Coco	200
<b>77</b>	0	0
<b>78</b>	0	0
<b>79</b>	0	0
<b>80</b>	Milho	10000
<b>81</b>	0	0

<b>Usuários</b>	<b>Tipo de Cultura</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>
<b>82</b>	0	0
<b>83</b>	0	0
<b>84</b>	0	0
<b>85</b>	0	0
<b>86</b>	Coco	50
<b>87</b>	0	0
<b>88</b>	0	0
<b>89</b>	0	0
<b>90</b>	0	0
<b>91</b>	0	0
<b>92</b>	Coco	200
<b>93</b>	0	0
<b>94</b>	Milho	50000
<b>95</b>	Coco	200
<b>96</b>	0	0
<b>97</b>	0	0
<b>98</b>	0	0
<b>99</b>	Coco	200
<b>100</b>	0	0
<b>101</b>	Milho	400
<b>102</b>	0	0

<b>103</b>	Milho	800
<b>Total</b>	424	15636