



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**EVANDRO DA COSTA FREITAS**

**ANÁLISE DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA:**  
**ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JAGUARUNA**

Tubarão  
2020

**EVANDRO DA COSTA FREITAS**

**ANÁLISE DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA:  
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JAGUARUNA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Madelon Rebelo Peters, MSc.

Tubarão

2020

**EVANDRO DA COSTA FREITAS**

**ANÁLISE DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA:  
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JAGUARUNA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 16 de novembro de 2020.

---

Professora e orientadora Madelon Rebelo Peters, MSc.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Gil Felix Madelena  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Rogério de Souza Paes Júnior  
Dtop Topografia e Engenharia

Dedico esse trabalho para toda a minha família.  
Especialmente para meus pais, que sempre me apoiaram para a conclusão do meu objetivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Os meus agradecimentos vão a todas as pessoas que de algum modo me ajudaram a realizar o meu objetivo de completar a Graduação de Engenharia Civil. Durante o curso a ajuda dos meus pais, Eliane da Costa Freitas e Edson Goulart de Freitas, foram essenciais para minha formação. Por fazerem o meu café da manhã, logo após de eu acordar e antes de ir para a faculdade, por emprestarem o carro para que eu realizasse a faculdade. Além deles, os meus colegas que tive o prazer em conhecer. Que nos momentos de dúvidas e dificuldades sempre se disponibilizaram a ajudar. Entre eles posso citar Bruno Souza Rocha, Leandro Heinzen, Lucas Constantino, Raí Mendonça, João Vitor Vargas e Lucas Rafael de Souza Sobrinho.

Não menos importante, agradeço à minha orientadora Madelon Rebelo Peters, que aceitou o convite de me ajudar a realizar o presente Trabalho de Conclusão do Curso.

À Universidade do Sul de Santa Catarina, que possui em um corpo docente de professores prestativos e que não medem esforços para ajudar os alunos dentro e fora da sala de aula. Entre eles posso citar o Rennan Medeiros da Silva, Ismael Medeiros, Gil Félix e Wilson Alano.

Aos meus colegas de serviço que me ajudaram a contemplar o meu Trabalho de Conclusão do Curso.

A todas as pessoas que me ajudaram direta e indiretamente, pretendo agradecer a todos surpreendendo-os em minha nova trajetória.

*“Juntamente com as exigências da vida, é o amor o que mais educa” (FREUD).*

## RESUMO

As perdas de água são consideradas umas das maiores problemáticas do sistema de abastecimento de água, além de serem consideradas uma perda de dinheiro na produção de água e no faturamento. Dessa maneira, a concessionária responsável pela distribuição de água tratada do Balneário Esplanada obteve um número de perda de água muito elevado. Diante disso houve a necessidade de se identificar as perdas de água do sistema de distribuição de água. Em busca de obter informações foram realizados vários procedimentos, como a instalação de um macromedidor ultrassônico portátil, análise do consumo registrado pela micromedição, a quantidade de água produzida pelo macromedidor após a saída do último ponto de produção de água e as relações do parque de hidrômetro. Os mapas do sistema de distribuição foram todas atualizadas, com os tipos de materiais e a metragem da rede. Com a informações e infraestrutura readequadas, foi possível utilizar procedimentos, como vazão noturna, e estabelecer os valores do balanço hídrico do sistema de abastecimento de água, além de realizar um monitoramento de cada rua para identificar os pontos mais críticos da rede. Com esse procedimento foi possível ter uma análise de quanto se perde e em que se perde. A utilização desses métodos possibilita tomadas de decisões de investimentos para ter um retorno no faturamento mais rápido e diminuir a quantidade de perdas do sistema abastecimento de água.

Palavras-chave: Perda de água. Sistema de abastecimento de água. Sistema de distribuição.

## **ABSTRACT**

Water losses are considered to be one of the biggest problems in the water supply system, in addition to being considered a loss of money in water production and billing. Thus, the concessionaire responsible for the distribution of treated water at Balneário Esplanada obtained a very high number of water losses. Therefore, there was a need to identify water losses from the water distribution system. In search of information, several procedures were carried out, such as the installation of a portable ultrasonic macrometer, analysis of the consumption recorded by the micrometer, the amount of water produced by the macrometer after leaving the last point of water production and the relationships of the water meter park. The distribution system maps have all been updated, with the types of materials and the network footage. With the information and infrastructure readjusted, it was possible to use procedures, such as night flow, and establish the water balance values of the water supply system, in addition to monitoring each street to identify the most critical points in the network. With this procedure it was possible to have an analysis of how much is lost and in which to be lost. The use of these methods makes it possible to make investment decisions in order to have a quicker return on billing and decrease the amount of losses from the water supply system.

**Keywords:** Distribution system. Water loss. Water supply system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de Vazamentos na Rede de Distribuição de Água. ....	22
Figura 2 – Componentes de Perdas Aparentes e ações de combate. ....	23
Figura 3 – Comparação no Setor Freguesia antes e depois das Instalação de Válvulas Redutoras de Pressão. ....	29
Figura 4 – Localização do Balneário Esplanada no município de Jaguaruna. ....	30
Figura 5 – Localização da Concessão em Relação ao Balneário Esplanada. ....	31
Figura 6 – Estação de Tratamento de Água do Balneário Esplanada.....	33
Figura 7 – Macromedidor Instalado na Tubulação de Recalque na Saída da ETA.....	35
Figura 8 – Registro da Vazão de Água Registrado pela Telemetria. ....	35
Figura 9 – Material PVC PBA. ....	38
Figura 10 – Material Mangueira. ....	38
Figura 11 – Macromedidor Registrando a Vazão. ....	39
Figura 12 – Tarifa de Água 2020. ....	49

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Representação gráfica dos componentes da vazão mínima noturna. ....	27
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Balanço Hídrico proposto pela IWA/AWWA para Sistema de Abastecimento de Água. ....	24
Quadro 2 – Elementos de Diagnóstico. ....	26
Quadro 3 – Balanço Hídrico do Sistema de Distribuição do Balneário Esplanada.....	36
Quadro 4 – Resultado da Vazão Noturna por Rua. ....	40
Quadro 5 – Parque de Hidrômetros do Balneário Esplanada. ....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custo da Produção de Água. ....	46
Tabela 2 – Custos por m <sup>3</sup> . ....	47
Tabela 3 – Custo por Vazamento no Balneário Esplanada. ....	47
Tabela 4 – Valores Economizados com a Solução da Perda Real Mensal. ....	48
Tabela 5 – Valor Mensal não Faturado com a Perda Aparente. ....	49

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ETA – Estação de Tratamento de Água

DMC – Distrito de Medição e Controle

DN – Diâmetro Nominal

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

## LISTA DE SÍMBOLOS

km – quilômetros

$m^3$  – metros cúbicos

$m^3/h$  – metros cúbicos por hora

$m^3/h/m$  – metro cúbicos por hora por metro

mca – metro de coluna de água

mm – milímetros

R\$ – reais

$R\$/m^3$  – reais por metro cúbico

% – por cento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	18
1.2	OBJETIVOS .....	18
1.2.1	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>18</b>
1.2.2	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	20
2.2	PERDA DE ÁGUA NO SAA.....	21
2.2.1	<b>Perdas Reais.....</b>	<b>21</b>
2.2.2	<b>Perdas Aparentes.....</b>	<b>22</b>
2.3	BALANÇO HÍDRICO.....	24
2.4	MÉTODOS E TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE PERDA DE ÁGUA .....	26
2.4.1	<b>Análise Operacional.....</b>	<b>26</b>
2.4.2	<b>Vazão Noturna.....</b>	<b>27</b>
2.4.3	<b>Controle de Pressão.....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
4.1	BALANÇO HÍDRICO.....	34
4.1.1	<b>Perdas Reais.....</b>	<b>37</b>
4.1.2	<b>Perdas Aparentes.....</b>	<b>44</b>
4.2	PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA CADA TIPO DE PERDA.....	45
4.2.1	<b>Infraestrutura .....</b>	<b>45</b>
4.2.2	<b>Perdas Reais.....</b>	<b>45</b>
4.2.3	<b>Perdas Aparentes.....</b>	<b>45</b>
4.3	GASTOS POR PERDA DE ÁGUA .....	45
4.3.1	<b>Perdas Reais.....</b>	<b>48</b>
4.3.2	<b>Perdas Aparentes.....</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
	REFERÊNCIAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das principais formas de atender as necessidades da população é disponibilizar um sistema de distribuição de água tratada de qualidade, proporcionando uma melhor condição de saúde e auxiliando o desenvolvimento industrial (TSUTIYA, 2006).

Sendo uma necessidade primordial da população, o sistema de distribuição de água chega no alcance de 83,62% do povo brasileiro. Em relação à região com pior acesso destaca-se a região norte, que possui apenas 57,05% da população atendida. Já a região sudeste possui o maior alcance, com 91,03% da sua população com acesso ao sistema de distribuição de água (SNIS, 2019).

O custo para a universalização da água e do esgoto tratado é um grande desafio. Segundo o levantamento do Instituto Trata Brasil, seria necessário um recurso na casa dos 270 bilhões para universalização da água e esgoto tratado para a população (BEZERRA, 2013).

Martins e colaboradores (2001) fez uma relação de custo-benefício ao investimento em água e esgoto tratado. Obteve em sua pesquisa que a cada 1,16 dólares investidos em água e esgoto tratado, obtêm-se um lucro de 3,5 dólares. Essa vantagem pode ser dividida em menos gastos na rede de saúde e desenvolvimento econômico (TSUTIYA, 2006).

As concessionárias nos países desenvolvidos têm o objetivo de disponibilizar água e serviço de coleta de esgoto para toda a população. Uma das formas para alcançar esse objetivo seria melhorar o desempenho operacional das prestadoras de serviço, já que no Brasil a maioria do investimento é revertida em aumento de alcance do serviço e não na eficiência do sistema de distribuição. A diminuição das perdas de água no sistema é um ponto crucial (BEZERRA, 2013).

No Brasil, a média das perdas de água é muito elevada, ficando atrás de três países subdesenvolvidos: Bangladesh, com 21,6%; Uganda, com 33,5%; e África do Sul, com 33,7%. Assim, o Brasil está representado em 16º lugar, com 39,2% de perdas (SNIS, 2017). Esse número confirma a tese de Bezerra (2013), pois essa mesma quantidade de perdas é superior à 2013, quando o Brasil tinha 36,9 %. Com esses níveis de perdas deixa de faturar 11,3 bilhões ao país, valor superior ao que foi investido em todo o país em esgoto, já que em 2017 foi de 11 bilhões (SNIS, 2017).

O controle de perdas consiste em um trabalho desafiador para as equipes de operação e manutenção de sistemas de abastecimento de água. Desafiador pois existe muitas incógnitas a serem avaliadas, desde a infraestrutura, orçamento, tecnologia, qualificação de mão de obra qualificada da prestadora, até aspectos externos, como política e cultura (BEZERRA, 2013).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O aumento da demanda de água e da crise hídrica mostram a necessidade de melhorias e ampliações nos serviços de abastecimento de água. Dessa forma, é essencial que o abastecimento seja realizado de maneira eficaz (BEZERRA, 2013).

As perdas de água, em contrapartida, podem acarretar redução da disponibilidade hídrica, falta de água, aumento dos custos operacionais, dentre outros, prejudicando a eficiência do sistema e a viabilidade financeira dos serviços públicos de água (BEZERRA, 2013).

Nos países desenvolvidos, as concessionárias têm como objetivo disponibilizar água e serviço de coleta de esgoto para toda a população. Para alcançar esse objetivo, umas das formas seria melhorar o desempenho operacional das prestadoras de serviço. No Brasil, a maioria do investimento é revertida em aumentar o alcance do serviço e não na eficiência do sistema de distribuição, sendo que o índice das perdas é influenciado pelo desempenho operacional (BEZERRA, 2013).

No Brasil, a média das perdas de água em relação aos outros países é muito elevada. Assim, está representado em 16º com 39,2% de perdas (SNIS, 2017). Com esses níveis de perdas, deixa de faturar 11,3 bilhões ao país, valor superior ao que foi investido em todo o país em esgoto, já que em 2017 foi de 11 bilhões (SNIS, 2017).

Para ser considerada uma cidade com boa eficiência na distribuição de água, o índice de perdas não pode passar de 15% (SNIS, 2019).

O controle do sistema de distribuição de água se torna muito importante para otimizar o sistema, podendo diminuir o investimento em reservatórios e no aumento da produção de água. Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar as medidas que devem ser tomadas para se obter o controle e as medidas para diminuir e analisar a quantidade de água perdida.

## 1.2 OBJETIVOS

Para ter uma diretriz na realização desse trabalho, foram elaborados os objetivos geral e específicos, descritos nos tópicos abaixo.

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar os percentuais de perdas do sistema de distribuição de água da concessionária da cidade de Jaguaruna, Santa Catarina, visando estimar os reais prejuízos e elaborar um

cronograma de atuação para redução de perdas de água de acordo com a estrutura da concessionária em estudo.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Identificar e classificar os tipos de perdas do sistema em estudo;
- b) Verificar os índices de perdas da concessionária no sistema analisado;
- c) Estimar os gastos representados pelas perdas desde o tratamento até as manutenções da rede de distribuição;
- d) Propor medidas para reduzir os índices de perda de água.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Sistema de Abastecimento de Água é um conjunto de componentes responsáveis pelo transporte de água de qualidade para a população. Tem como prioridade atender os processos de qualidade, pressão e uma distribuição interrupta para a sociedade (BEZERRA, 2013).

De acordo com Tsutiya (2006), o sistema de abastecimento de água é representado por um conjunto de componentes, como:

- a) **Manancial:** é o corpo de água que pode ser superficial, como rios e lagos, ou submersos, como lençõs freáticos ou aquíferos; eles devem atender à demanda estipulada por projeto e atender os requisitos de qualidade adequados;
- b) **Captação:** é o sistema construído junto ao manancial, responsável pelo transporte da água bruta até a estação de tratamento;
- c) **Estação elevatória:** são obras destinadas para recalcar a água para a unidade seguinte; no sistema de abastecimento de água, geralmente possui várias estações elevatórias, tanto na água bruta quanto água tratada;
- d) **Adutora:** pode-se dizer que é a tubulação principal do sistema de distribuição de água, sendo responsável pelo transporte da água até as redes de distribuição;
- e) **Estação de Tratamento de Água (ETA):** é responsável pela adequação da água, pelos padrões de consumo, pela portabilidade, usando métodos químicos no tratamento da água;
- f) **Reservatório:** como o nome já diz, serve para armazenar a água por um tempo determinando, além de ser responsável por manter uma vazão e pressão constante na rede que o interliga;
- g) **Rede de distribuição:** conjunto de tubulações interligadas responsável por interligar toda a população atendida pelo sistema de distribuição de água.

Em se tratando de perdas no SAA, em cada unidade pode ser avaliada a questão da perda de água, porém a sua maior incidência está na rede de distribuição.

## 2.2 PERDA DE ÁGUA NO SAA

O volume de perdas em um sistema de abastecimento é um fator chave para demonstrar a eficiência das atividades comerciais e operacionais da empresa de saneamento. O diagnóstico da situação das perdas deve ser levado em conta para averiguar quando atuar em fazer maiores esforços, a fim de reduzir a ineficiência no âmbito de planejamento, manutenção, direcionamento de investimento e das atividades comerciais e operacionais (SNIS 2019).

Os setores de infraestrutura urbana têm tendência em executar novas construções e deixar de lado o que diz respeito à operação e manutenção (TSUTIYA, 2006).

Existe uma idealização de que os equipamentos e as estruturas são indestrutíveis e que seus operadores possuem uma experiência inquestionável. Com o decorrer do tempo ocorre uma deterioração que, ao não ser reparada, proporciona um mau funcionamento dos equipamentos ou instrumentos (TSUTIYA, 2006).

As perdas de água em um sistema de abastecimento de água estão diretamente relacionadas aos fatores de infraestrutura e operacionais (BEZERRA, 2013). São decorrentes de vazamentos, erros de medição e consumo não autorizados, prejudicando o meio ambiente, a receita e o custo de operação das empresas. Por fim, ocasionam um aumento da fatura para o consumidor final (SNIS, 2019).

Em algumas cidades do Brasil o controle de perdas está sendo mais recorrente devido algumas cidades possuírem um déficit em recursos hídricos. Para ser considerada uma cidade padrão em excelência em controle de perdas de águas, esta não pode passar de 15% de perda. Em 2018 a perda foi 37,06% no Brasil, sendo um pouco melhor que em 2017, que apresentou 39,21%. Mas quando se contabiliza só perdas na rede, os números não são animadores, já que em 2018 a perda na rede de distribuição apresentou 38,45 em relação aos 38,29% encontrados em 2017 (SNIS, 2019).

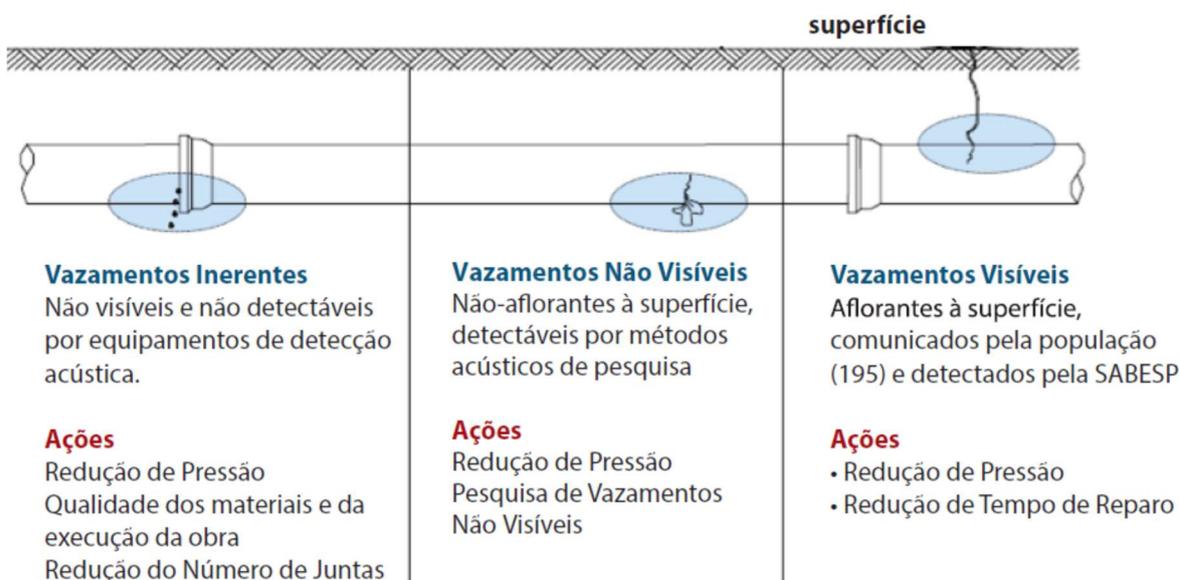
As perdas de água são definidas pela diferença de toda água que é produzida, menos a consumida registradas em hidrômetros. Representada pela soma das perdas reais e as perdas aparentes (ABES, 2015).

### 2.2.1 Perdas Reais

As perdas reais são aquelas decorrentes de perdas físicas, ocasionadas por vazamentos nas adutoras, rede distribuição, ramais, cavaletes, extravasamento de reservatórios e na estação de tratamento (BEZERRA, 2013).

Segundo a *International Water Association* (IWA), os vazamentos podem ser classificados em três tipos na rede de distribuição de água. A Figura 1 apresenta os tipos de vazamentos e as ações para melhorias do sistema.

Figura 1 – Tipos de Vazamentos na Rede de Distribuição de Água.



Fonte: FUNASA (2014).

Ainda em relação aos tipos de vazamento, segundo Tsutiya, (2006):

- Vazamento Visível:** possui muita vazão e pode ser avistado na superfície; a concessionária é avisada pela população;
- Vazamento Não Visíveis e Detectáveis:** possui uma vazão correspondente ao período que ocorre em uma varredura e outra; não aparece na superfície, mas pode ser encontrado por equipamentos acústicos;
- Vazamento Não Visíveis e Não detectáveis:** possui pequena vazão e não pode ser encontrado por equipamentos acústicos.

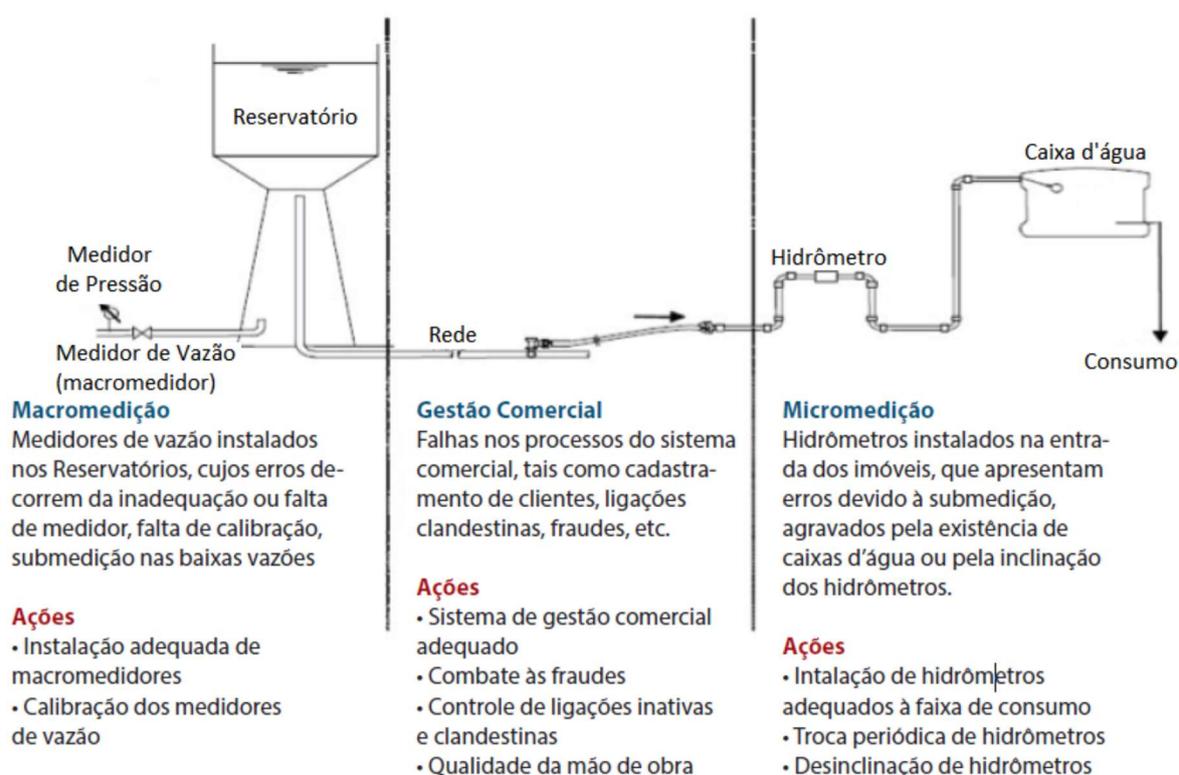
### 2.2.2 Perdas Aparentes

As perdas aparentes são conhecidas como perdas comerciais. Consistem em fraudes, ligações clandestinas, erros de medições e falhas no cadastro técnico (BEZERRA, 2013). Existem diversos tipos de fraudes encontradas no sistema de distribuição de água, entre elas destacam-se as ligações clandestinas, inclinações nos medidores, furo no visor do hidrômetro, inversão do hidrômetro e inserção de objetos na engrenagem do hidrômetro. Para descobrir tais

fraudes, a equipe comercial deve fazer atualização do cadastro comercial, fiscalização de fraude e uso ilegal. Entre essas tarefas incluem o monitoramento de fatura de água e indícios de uso ilegal da rede (BEZERRA, 2013).

Os erros de medição ocorrem por diversos fatores nos hidrômetros, que podem estar submetidos a baixas vazões, falta de calibração e manutenção, idade e estado de conservação, dimensionamento dos hidrômetros e erros de leitura (BEZERRA, 2013). A Figura 2 apresenta os componentes das perdas aparentes.

Figura 2 – Componentes de Perdas Aparentes e ações de combate.



Fonte: FUNASA (2014).

Um das formas de combater as perdas de água aparente se dá por meio do treinamento dos leituristas, certificação de qualidade dos hidrômetros, utilização de hidrômetros mais precisos ou com faixas de utilização otimizada, acompanhamento dos parques de hidrômetros, monitoramento dos consumos nos hidrômetros, utilização de acessórios e medidas que dificultem a propagação de fraudes (PINTO, 2012).

### 2.3 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico é um acompanhamento que utiliza ferramentas gerenciais para identificar o quanto está sendo utilizado, faturado e perdido. Também é utilizado com objetivo de verificar se algumas intervenções no sistema funcionaram ou não. É realizado desde o local onde a água é retirada, passando pelo sistema de distribuição e chegando ao consumidor final. Utiliza planilhas quantitativas nas quais apresentam-se diversos tipos de consumo e perdas de água. O balanço hídrico pode ser resumido no Quadro 1 (BEZERRA 2013).

Quadro 1 – Balanço Hídrico proposto pela IWA/AWWA para Sistema de Abastecimento de Água.

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluindo água exportada)	Água faturada
		Consumo autorizado não faturado	Consumo faturado não medido (estimado)	
			Consumo não faturado medido (uso próprio, caminhão pipa etc)	
		Consumo não faturado não medido (combate a incêndio, favelas etc)		
	Perda de água	Perdas Aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falha de cadastro) Erros de medição (Micromedição)	
		Perdas Reais	Vazamentos nas adutoras e/ redes de distribuição	
Vazamentos e extravasamento em reservatórios Vazamentos em ramis prediais (a montante do ponto de medição)				

Fonte: Bezerra (2013).

De acordo com Tsutiya (2006), podemos explicar cada parte do balanço hídrico com as seguintes premissas:

- a) **Volume de entrada no sistema:** é o volume anual que passa por todo o sistema, que subseqüente vai ser analisado pelo Balanço Hídrico; um exemplo é a água que sai da ETA e vai para todo sistema de distribuição de água;
- b) **Consumo autorizado:** volume anual de água que é contabilizada ou não para o cliente ou até mesmo para a própria concessionária ou indústria, mas que tenha total consentimento da concessionária;
- c) **Perdas de água:** é a diferença do volume de água que entra no sistema de distribuição e o volume medido;
- d) **Consumo autorizado faturado:** é todo o volume que gera receita para a concessionária e corresponde aos volumes medidos nos hidrômetros e aos volumes estimados onde não possuem hidrômetros;
- e) **Consumo autorizado não-faturado:** são volumes que não geram receitas para a concessionária; é composto por volumes medidos, utilizados pela própria companhia no uso administrativo, fornecimento de caminhão-pipa e outros, mas tudo com controle volumétrico, e também por volume não medido, que é o consumo estimado pelo uso de água para combate ao incêndio, limpeza de rua e até mesmo em algumas cidades na limpeza de rede de esgotamento sanitário;
- f) **Perdas aparentes:** é todo o volume consumido que não é contabilizado pela concessionária; são oriundos de erros de medição, fraudes e falha no cadastro comercial da concessionária de saneamento;
- g) **Perdas reais:** corresponde a todos os desperdícios ocasionados por erros operacionais ou por pouca infraestrutura, ou seja, vazamentos nas tubulações, vazamentos nos reservatórios e extravasamentos nos reservatórios;
- h) **Águas faturadas:** corresponde a todo o volume de água comercializada que se converte em faturamento;
- i) **Água não-faturada:** é representado pela diferença de água que entra no sistema e do consumo autorizado faturado; este volume abrange as perdas reais e aparentes, como o consumo autorizado não faturado.

## 2.4 MÉTODOS E TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE PERDA DE ÁGUA

De acordo com Gomes (2012), os projetos de programas de controle e redução de perdas de água tendem a falhar pelo pouco conhecimento das causas das perdas de água; pela falta de importância com os impactos que traz; falta de elaboração de um projeto eficiente; custos maus estimados e inconsistência de dados para adquirir recursos para o problema. Além disso, também contribuem o fracasso na percepção de que esse trabalho não possui pontos isolados, mas em todos os âmbitos da equipe, necessitando-se a existência de um trabalho constante para que se tenha efeito (ABES, 2015).

O planejamento deve ser algo cabível para a compreensão de todos os envolvidos, com uma hierarquia que proponha medidas, metas e critérios de avaliação. Uma elaboração de um diagnóstico uma formulação estratégica, a produção do plano e então a sua implementação, o monitoramento e a revisão desse planejamento (BEZERRA, 2013).

### 2.4.1 Análise Operacional

O conhecimento do problema deve ser a primeira etapa para solucioná-lo. Deve-se realizar um levantamento de informação, a fim de que seja descoberto os tipos de perdas existentes e logo após elaborar medidas para correção. Assim, podem-se utilizar métodos para cada questão, conforme apresenta o Quadro 2 (ABES, 2015).

Quadro 2 – Elementos de Diagnóstico.

<b>Questão</b>	<b>Métodos Disponíveis</b>
Conhecemos o sistema de abastecimento?	Cadastro da rede atualizado, cadastro comercial, setorização, modelagem hidráulica.
Quanta água se perde?	Macromedição, micromedição determinação do Balanço hídrico (Auditorias das Águas).
Onde a água é perdida?	Projeto piloto, DMCs, registro e mapeamento de falhas, cadastro comercial.
Como determinar os tipos de perdas?	Vazão mínima noturna, ensaios de campo para determinar os componentes das perdas, ensaios de medidores em bancada etc).

(continuação)

Por que se perde?	Efeitos da pressão, materiais, mão de obra, controle ativo de vazamento, registro de falhas.
-------------------	--

Fonte: ABES (2015).

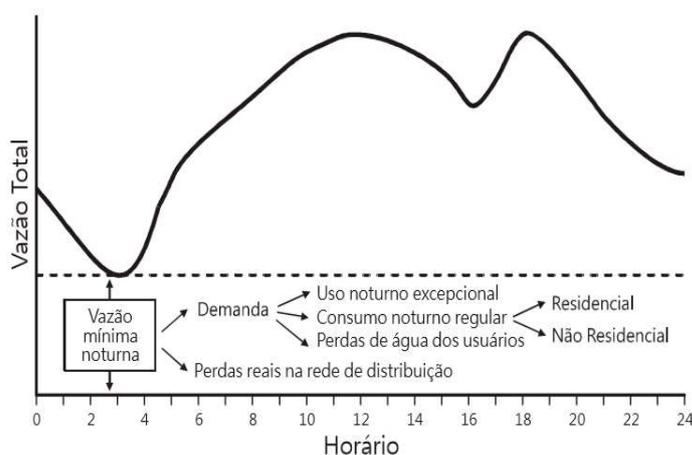
Um das formas mais utilizadas para se ter um controle da rede de distribuição é a setorização, ou seja, delimitando-se o tamanho da rede, a quantidade de ligações e os pontos de entradas de água. Quanto mais zonas permite, maior o controle de entradas e saída de água, do controle de pressão, da quantidade de perdas, melhorando assim as tomadas de decisões (PEREIRA, 2012).

Não há um consenso de uma quantidade máxima de ligações que se deve setorizar, mas deve ser algo entre 3.000 a 8.000 ligações (BEZERRA, 2013).

#### 2.4.2 Vazão Noturna

A vazão noturna corresponde de uma análise da vazão mínima no sistema, que tende a ocorrer das 02:00 às 04:00 horas da manhã. Como a maioria dos consumidores está dormindo e os reservatórios domiciliares estão cheios, uma parcela significativa compreendida de 70 a 90% e de vazão do sistema tende a ser de vazamentos. Assim, pode-se estimar as perdas reais do sistema por vazamento. Esse método consiste em considerar que o consumo autorizado é mínimo e o valor de vazamento é máximo pelo fato de chegar no pico da pressão nesse intervalo de horas, como é possível observar no Gráfico 1 a representação do método (BEZERRA, 2013).

Gráfico 2 – Representação dos componentes da vazão mínima noturna.



Fonte: Bezerra (2013).

Como vazamentos são sensíveis à pressão durante o consumo elevado da população, os vazamentos tendem a dar menos perdas em relação à noite, já que os vazamentos são sensíveis à pressão e durante a noite chega no seu pico. Para se solucionar esse erro na hora de registrar a vazão noturna, criou-se o “Fator Noite-Dia”, que é um número em horas por dia, que multiplica pela Vazão Mínima Noturna, resulta no Volume Médio dos Vazamentos. Pode ser calculada pela conforme a fórmula (1) (BEZERRA, 2013):

$$\text{Perdas Reais} = F_{ND} \times Q_{MIN} \quad (1)$$

Onde  $Q_{MIN}$  é a vazão média mínima noturna. A vazão  $F_{ND}$  é determinada a partir das medições de pressão, ao longo de 24 horas, em um ponto representativo do setor, utilizando-se a fórmula (2):

$$F_{ND} = \Sigma \left( \frac{P_i}{P_{3:00 - 4:00}} \right)^{N_1} \quad (2)$$

Onde  $P_i$  representa a média das pressões ao longo de 24 horas medida de hora em hora,  $P_{3:00 - 4:00}$  representa a medida de pressão na entrada do setor das 3:00 às 4:00 horas. O  $N_1$  pode ser calculado com fórmula (3):

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^{N_1} \quad (3)$$

Onde  $Q_0$  é o volume de vazamento inicial associado, a pressão  $P_0$ ;  $Q_1$  é o volume de vazamento final associado, a pressão  $P_1$ ; e  $N_1$  é o expoente do tipo de material. Segundo análises realizadas em países como Inglaterra, Malásia, Canadá, EUA, Austrália e Nova Zelândia, os valores obtidos para o coeficiente  $N_1$  oscilam entre 0,5 e 1,5. Todavia, ocasionalmente alguns valores são acima de 1,5. Um modo prático de avaliar o volume de vazamento em setores de abastecimento e assumir uma linearidade entre a pressão e a vazão, ou seja,  $N_1 = 1$ , onde geralmente se obtém valores próximos aos reais. Não obstante, sempre que possível, o coeficiente deve ser determinado *in loco*.

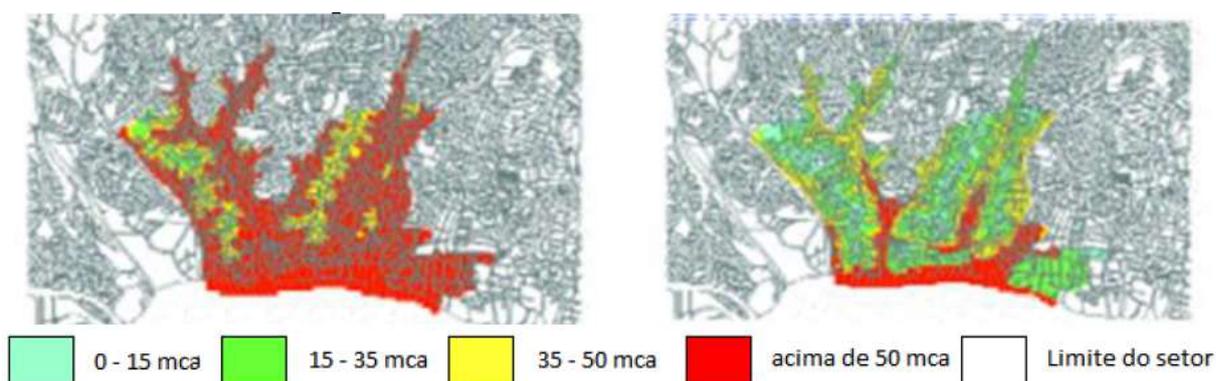
### 2.4.3 Controle de Pressão

O controle de pressão é uma das alternativas mais eficientes para a diminuição do volume de água perdido nos sistemas de distribuição de água (BEZERRA, 2013).

Com o controle adequado da pressão obtém-se a redução de vazamento, o aumento do faturamento, redução do custo de manutenção devido à redução de vazamentos, adiamento de aplicação de recursos para novos reservatórios, estação de tratamento e adutoras. Com a maior pressão obtém-se uma maior perda de água, diminuição na pressão e no índice de perdas, o sistema de distribuição se torna mais eficiente e traz impactos positivos à imagem da empresa (FREITAS et al., 2007).

Freitas e colaboradores (2007) comparam o setor de Freguesia em São Paulo antes e depois do controle de pressão. O estudo setorizava a rede de distribuição e foram instaladas válvulas redutoras de pressão. Realizou-se um mapeamento da pressão antes e depois da instalação da válvula de pressão, registrados pontos com: 0 a 15 mca, 15 a 35 e 35 a 50 mca, como pode-se observar na Figura 3. Concluiu-se que não houve desabastecimento por causa do controle da pressão, mas diminuíram os vazamentos e ocorrências de rompimento. Além de melhoria nos indicadores operacionais, comprovou que impacta claramente na redução de perdas.

Figura 3 – Comparação no Setor Freguesia antes e depois das Instalação de Válvulas Redutoras de Pressão.

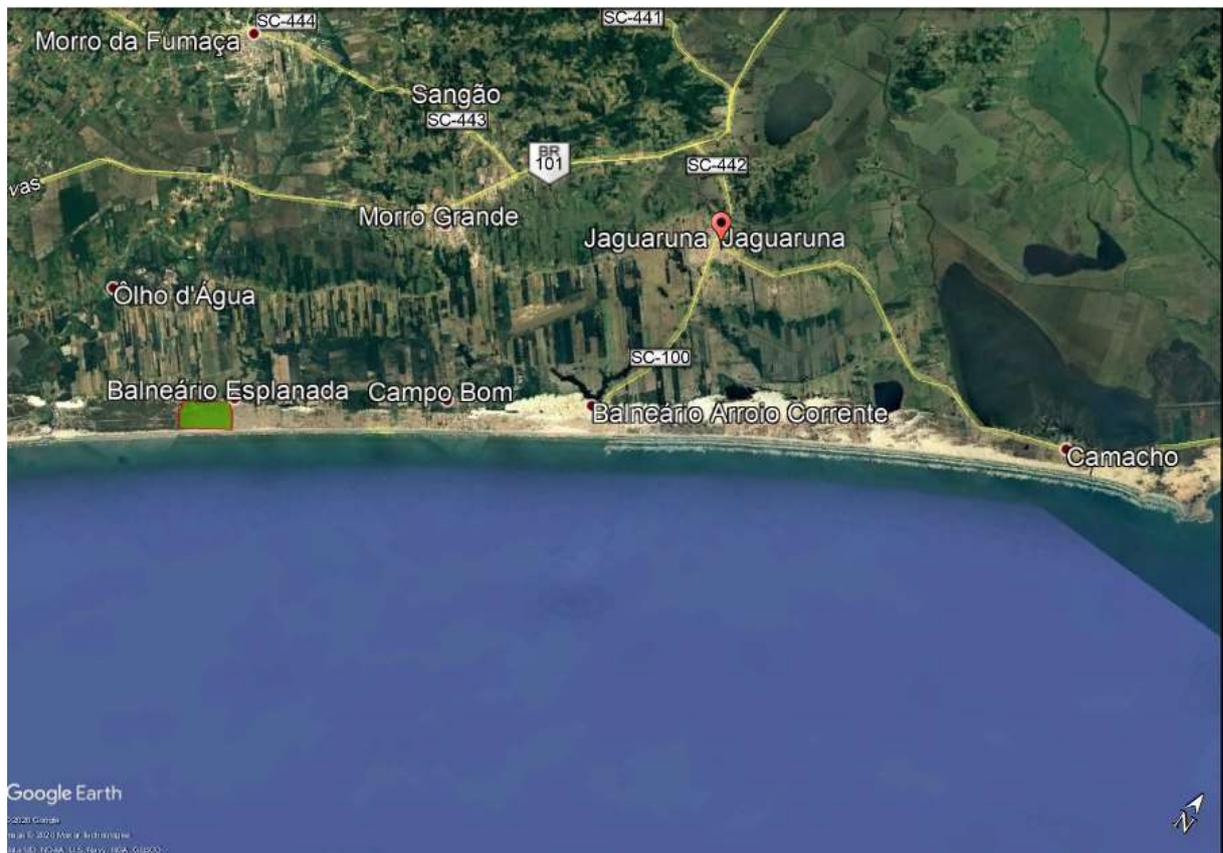


Fonte: Freitas e colaboradores (2007).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu na análise de perdas do sistema de abastecimento de água do Balneário Esplanada, localidade pertencente à cidade de Jaguaruna, município do estado de Santa Catarina. O balneário encontra-se a 40 km de distância do centro do município. A Figura 4 apresenta a localização de Jaguaruna e em destaque o referido bairro.

Figura 4 – Localização do Balneário Esplanada no município de Jaguaruna.



Fonte: Google Earth (2020).

A concessão possui apenas uma parte do Balneário Esplanada, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Localização da Concessão em Relação ao Balneário Esplanada.



Fonte: Google Earth (2020).

A concessão do Balneário Esplanada foi iniciada no ano de 2013. A estação de tratamento de água foi construída logo após a assinatura do contrato. O sistema possui uma captação superficial que tem a capacidade de tratar 80 m<sup>3</sup>/h de água. Além disso, foi realizada a execução da adutora, que possui um diâmetro interno de 200 mm e uma extensão de 2.400 metros. Foram instaladas 02 elevatórias (motobombas) que alimentam 24.140 metros de rede de distribuição. O balneário possui 1.625 ligações e tem sua produção média durante a baixa temporada (nos meses de março a novembro) de 8.000 m<sup>3</sup> mensais e, na alta temporada (meses de dezembro, janeiro e fevereiro) possui uma média de 20.000 m<sup>3</sup> mensais.

O balneário apresentou uma perda de água de 50% na baixa temporada e 24% na alta temporada do total produzido. Esses valores são obtidos através da diferença de água produzida e a consumida. A água produzida é registrada pelo macromedidor instalado entre a última etapa da estação de tratamento e o reservatório. A água consumida é registrada através da micromedição, que é obtida pelo somatório do consumo de todos os hidrômetros do balneário. Assim, para identificação das perdas foram elaboradas uma sequência de medidas.

Para obtenção do balanço hídrico foi necessário instalar um macromedidor, que possibilitou verificar a vazão noturna. O macromedidor foi instalado na saída da ETA. Assim foi possível realizar o acompanhamento, das 02:00 às 04:00 horas, de toda a vazão que vai para o sistema de distribuição, adquirindo o valor estimado que foi desperdiçado por vazamento durante um mês, obtendo a quantidade de perda real. Com a perda real encontrada, quantificou-se o valor da perda aparente utilizando-se o valor da micromedição e da produção da ETA, determinando a porcentagem de água tratada que é faturada e não faturada no SAA.

Nas perdas reais obteve-se a informação do sistema de distribuição por setor. A atualização do mapa de rede de distribuição permitiu quantificar e descrever cada material e localizá-lo. Com a setorização foram concebíveis os valores da vazão noturna por rua com o auxílio micromedidor portátil. Obteve-se as características do parque de hidrômetros, tendo o modelo e quantidade de uso de cada hidrômetro.

Com todas as análises realizadas, foram propostas soluções que poderão solucionar ou amenizar os problemas encontrados no SAA.

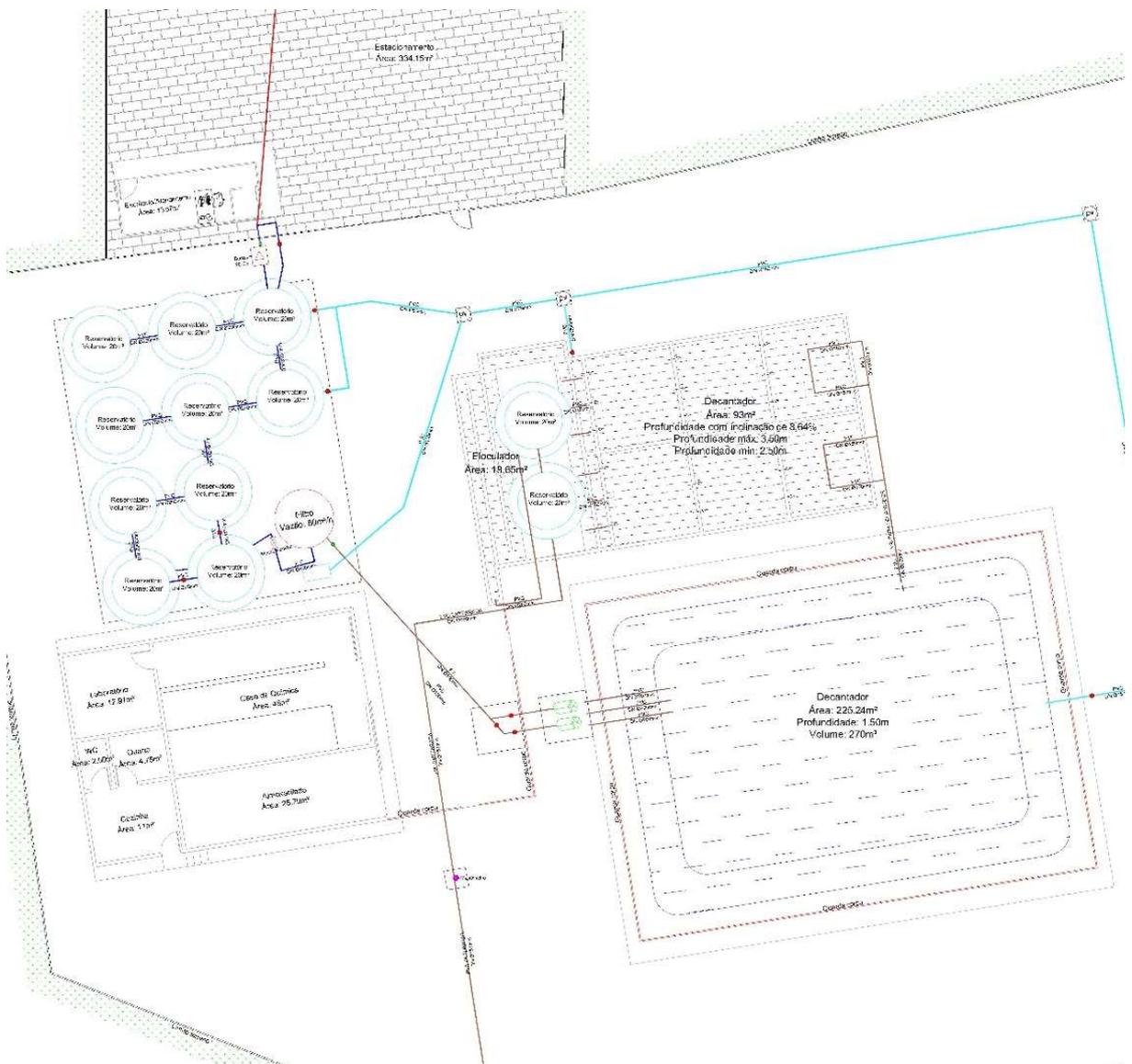
Com base nesses dados foi possível quantificar o valor mensal que poderia ser economizado. Para quantificar os valores que as perdas reais geram foi necessário saber quanto foi gasto para produzir água, além do custo operacional de vazamentos e quanto de água é perdido. Já em relação às perdas aparentes, foi necessário o conhecimento de informações à respeito dos hidrômetros e o valor de água perdida. Finalmente realizou-se uma estimativa do valor que poderia ser arrecadado. Na sequência serão apresentados os resultados obtidos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro ponto observado com as informações obtidas é a grande diferença existente em relação às perdas na alta e baixa temporada, que consiste em 26%. Essa diferença pode ser consequência do alto consumo na alta temporada, podendo assim diminuir a porcentagem de perda de água.

Observou-se a infraestrutura da ETA, representada na Figura 6.

Figura 6 – Estação de Tratamento de Água do Balneário Esplanada.



Fonte: Concessionária de Água (2020).

Observou-se que a ETA só possui um macromedidor instalado após a última etapa do tratamento de água, responsável por registrar a produção de água tratada. Já entre a saída do

reservatório e a rede de distribuição não há sistema de medição de vazão. Isso impossibilita o controle de vazão em tempo real do sistema.

De posse das informações, foram identificadas as causas da perda de água e, posteriormente, que tipo de perdas são essas: perdas reais e aparentes.

#### 4.1 BALANÇO HÍDRICO

Para a realização do balanço hídrico é necessário um conjunto de informações. Cada informação é obtida em relação à produção total de água tratada mensalmente, que determina os consumos autorizados e as perdas de água. No mês de setembro de 2020 foi produzido 8.055 m<sup>3</sup> de água tratada (macromedido) e foi registrado 3.463 m<sup>3</sup> de consumo pelo micromedido. Com essa informação, pode-se realizar a equação para saber quanto de perda de água o sistema de distribuição possuía no mês de setembro, como pode ser observado na fórmula (4) abaixo.

$$Perta\ Total = \frac{Produzido - Consumido}{produzido} * 100 \quad (4)$$

$$Perta\ Total = \frac{8055 - 3406}{8055} * 100$$

$$Perta\ Total = 57,71\%$$

Os valores obtidos de perdas de água no sistema foram de 57,71%, que corresponde a 4.648,54 m<sup>3</sup>. Assim, o valor de consumo autorizado foi de 42,29%, que corresponde a 3.406,46 m<sup>3</sup>.

A partir desse dado, elaborou-se o controle de vazão noturna para saber quanto de perda de água é de perda real e aparente. Para obter a vazão noturna sem um macromedidor fixo na saída da ETA, utilizou-se um macromedidor ultrassônico portátil, acoplado na tubulação de DN 100, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 – Macromedidor Instalado na Tubulação de Recalque na Saída da ETA.



a) Receptor.



b) Senso sônico do medidor.

Fonte: Próprio Autor (2020).

O equipamento ficou registrando durante 30 dias e transmitindo pela telemetria.

O consumo durante o horário das 02:00 às 04:00 horas foi registrado utilizando-se o sistema de telemetria que foi integrado ao macromedidor portátil. Com isso, foi possível realizar o controle da vazão pelo sistema de telemetria, como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Registro da Vazão de Água Registrado pela Telemetria.

21/08/2020 02:18:56	3.41	m³/h	-33690.00	16782.00	m³
21/08/2020 02:22:50	3.38	m³/h	520.00	20302.00	m³
21/08/2020 02:25:49	3.45	m³/h	-3426.00	16878.00	m³
21/08/2020 02:29:38	3.16	m³/h	-5155.00	11721.00	m³
21/08/2020 02:32:36	3.28	m³/h	15086.00	26807.00	m³
21/08/2020 02:36:30	3.38	m³/h	6723.00	33530.00	m³
21/08/2020 02:39:30	3.27	m³/h	11579.00	45108.00	m³
21/08/2020 02:43:25	3.69	m³/h	-28483.00	16646.00	m³
21/08/2020 02:46:26	3.33	m³/h	16895.00	33541.00	m³
21/08/2020 02:50:22	3.23	m³/h	29738.00	63279.00	m³
21/08/2020 02:53:21	3.27	m³/h	-50028.00	13251.00	m³
21/08/2020 02:57:16	3.34	m³/h	14657.00	28208.00	m³
21/08/2020 03:00:16	3.20	m³/h	-903.00	27305.00	m³
21/08/2020 03:04:10	3.19	m³/h	5645.00	32950.00	m³
21/08/2020 03:07:16	3.31	m³/h	16243.00	49193.00	m³
21/08/2020 03:11:03	3.16	m³/h	9785.00	58978.00	m³
21/08/2020 03:14:02	3.25	m³/h	-9689.00	49889.00	m³
21/08/2020 03:17:56	3.17	m³/h	-39681.00	9308.00	m³
21/08/2020 03:20:56	3.23	m³/h	51441.00	60749.00	m³
21/08/2020 03:24:50	3.23	m³/h	-377.00	60372.00	m³

Fonte: Concessionária de Água (2020).

Após o monitoramento realizou-se uma média dos valores obtidos. O método da vazão noturna registrou uma média de 3,2 m³/h.

Com essa informação, estipulou-se que 80% do volume registrado é perdido por vazamentos, obtendo um valor de 2,56 m<sup>3</sup>/h perdido durante todo o dia.

Para obter a quantidade total de água perdida mensalmente, realizou-se a fórmula (5) observada abaixo.

$$\text{Perda Real Mensal} = \text{Valor medio de vazamento} \times 0,80 \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ dias} \quad (5)$$

$$\text{Perda Real Mensal} = 3,2 \text{ m}^3 \times 0,80 \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ dias}$$

$$\text{Perda Real Mensal} = 1.843 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Quantificou-se o valor de 1.843 m<sup>3</sup> perdidos por vazamentos mensalmente, que corresponde a 22,88% da perda do sistema. Com a quantidade de volume perdido por vazamento foi possível constatar a quantidade de perdas aparentes utilizando-se a Fórmula 6.

$$\text{Perda Aparente} = \text{Perda Total} - \text{Perda Real} \quad (6)$$

$$\text{Perda Aparente} = 4.648 - 1.843$$

$$\text{Perda Aparente} = 2.805$$

Adquirindo-se assim um valor de 2.805 m<sup>3</sup> de perda aparente, que corresponde a 34,82% das perdas do sistema. Com essas informações foi possível realizar o Quadro 3 do balanço hídrico, como pode ser observado a seguir.

Quadro 3 – Balanço Hídrico do Sistema de Distribuição do Balneário Esplanada.

Volume de entrada no sistema (8.055 m <sup>3</sup> ) 100%	Consumo autorizado (3.406 m <sup>3</sup> ) 42,29%	Consumo autorizado faturado (3.406 m <sup>3</sup> ) 42,29%	Consumo faturado medido (incluindo água exportada) (3.406 m <sup>3</sup> ) - 42,29%	Água faturada
		Consumo autorizado não faturado 0%	Consumo faturado não medido (estimado) Consumo não faturado medido (uso próprio, caminhão pipa etc.) 0%	
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndio, favelas etc.) 0%	

(continuação)

Volume de entrada no sistema <b>(8.055 m<sup>3</sup>) 100%</b>	Perda de água <b>(4.648 m<sup>3</sup>) 57,7%</b>	Perdas aparentes <b>(2.805 m<sup>3</sup>) 34,82%</b>	Uso não autorizado (fraudes e falha de cadastro)  Erros de medição (Micromedição) <b>(2.805 m<sup>3</sup>) - 34,82%</b>	Água não faturada <b>(4.648 m<sup>3</sup>) - 57,7%</b>
		Perdas reais <b>(1.843 m<sup>3</sup>) 22,88%</b>	Vazamentos na s adutoras e/ redes de distribuição <b>0%</b>	
			Vazamentos e extravasamento em reservatórios <b>(1.843 m<sup>3</sup>) - 22,88%</b>  Vazamentos em ramis prediais (a montante do ponto de medição)	

Fonte: Próprio Autor (2020)

Com essas informações foi possível obter um controle mais preciso da quantidade perdida.

#### 4.1.1 Perdas Reais

Com as informações obtidas pela vazão noturna no balanço hídrico, observou-se que 2.805 m<sup>3</sup> são decorrentes de vazamento. Assim, para saber quais medidas podem ser tomadas, realizou-se o recadastramento de todas as redes do balneário. Um encanador realizou uma vistoria visual com auxílio de um encanador, que escavou alguns pontos da rede.

Após a vistoria visual diagnosticou-se dois tipos de materiais. O primeiro foi um PVC PBA, um material de boa qualidade e durabilidade e de fácil trabalhabilidade para fazer ementas e conexões (Figura 9).

Figura 9 – Material PVC PBA.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Já o outro material encontrado foi uma mangueira de irrigação, sendo um material de difícil trabalhabilidade em se fazer emendas e conexões (Figura 10).

Figura 10 – Material Mangueira.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Com o levantamento da rede foi possível realizar a sua atualização no mapa utilizando-se um *software* em Cad (Apêndice A).

Com a atualização do mapa, foi possível quantificar e localizar cada material em todo sistema de distribuição, além de saber características como diâmetro. Obteve-se assim um quantitativo de 24.140 metros de rede distribuição, sendo 11.300 metros de PVC PBA DN 50 e 12.840 metros de mangueira DN 50.

Além disso, como observado no mapa do balneário (Apêndice A), as redes de cada rua não são interligadas. Portanto, cada rua pode ser setorizada. Isso possibilitou o mapeamento da vazão noturna de cada rua, podendo-se classificar as ruas que possuíam maior vazão e então identificar as redes mais críticas.

O procedimento utilizado para acompanhar foi o método da vazão noturna, em que são realizados os monitoramentos no intervalo de 02:00 às 04:00 horas. Cada rua foi monitorada durante 30 minutos e a vazão registrada a cada 05 minutos. Realizou-se o procedimento de escavação da rede, logo após a adutora. Para registrar a vazão utilizou-se o macromedidor ultrassônico portátil (Figura 11).

Figura 11 – Macromedidor Registrando a Vazão.



a) Senso sônico do medidor.



b) Receptor.

Fonte: Próprio Autor (2020).

Os resultados obtidos do registro de vazão noturna em cada rua podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultado da Vazão Noturna por Rua.

Local	Metros de Rede	Quantidade de Rede de cada material (M)		Vazão Noturna (m <sup>3</sup> /h) registrada a cada 5 minutos	Média da Vazão Noturna (m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h/m)
		PVC PBA	Mangueira			
Rua 01 Lado Sul	885	143	742	0,0345	0,05504	0,00006
				0,0303		
				0,0711		
				0,0736		
				0,0657		
Rua 01 Lado Norte	1.961	0	1961	0,1252	0,12366	0,00006
				0,1163		
				0,1292		
				0,1153		
				0,1323		
Rua 02 Lado Sul	914	376	538	0,0296	0,03894	0,00004
				0,0538		
				0,0452		
				0,0354		
				0,0307		
Rua 02 Lado Norte	939	261	678	0,0514	0,0565	0,00006
				0,0674		
				0,0701		
				0,0518		
				0,0418		
Rua 03 Lado Sul	874	342	532	0,22857	0,239174	0,00027
				0,2857		
				0,2727		
				0,2093		
				0,1996		

Rua 03(conti nuação) Lado Norte	931	261	670	0,1528	0,17566	0,00019
				0,1765		
				0,1103		
				0,2838		
				0,1549		
Rua 04 Lado Sul	892	371	521	0,1971	0,19554	0,00022
				0,1944		
				0,1912		
				0,1895		
				0,2055		
Rua 04 Lado Norte	943	270	673	0,1078	0,10416	0,00011
				0,1248		
				0,1543		
				0,0599		
				0,074		
Rua 05 Lado Sul	996	500	496	0,1623	0,14242	0,00014
				0,1606		
				0,1402		
				0,1182		
				0,1308		
Rua 05 Lado Norte	1629	0	1629	0,6299	0,5985	00,00037
				0,5857		
				0,6292		
				0,539		
				0,6087		
Rua 06 Lado Sul	1870	1870	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada

(continuação)

Rua 06 Lado Norte	937	937	0	0,5664	0,57262	0,00061
				0,553		
				0,5772		
				0,6015		
				0,565		
Rua 07 Lado Sul	739	367	372	0,3	0,21844	0,00030
				0,2044		
				0,1918		
				0,1979		
				0,1981		
Rua 07 Lado Norte	2239	1681	558	0,182	0,1353	0,00006
				0,092		
				0,1065		
				0,154		
				0,142		
Rua 08 Lado Sul	2203	1753	450	0,225	0,24226	0,00011
				0,2168		
				0,2332		
				0,2518		
				0,2845		
Rua 08 Lado Norte	1532	954	578	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada
Rua 09 Lado Sul	938	938	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada
Rua 09 Lado Norte	2193	446	1747	0,2856	0,32852	0,00015
				0,3374		
				0,3333		
				0,3462		
				0,3401		

(continuação)

Rua 10 Lado Sul	263	263	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada
Rua 10 Lado Norte	154	154	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada
Rua 11 Lado Sul	405	405	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada
Rua 11 Lado Norte	42	42	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada
Rua 12 Lado Sul	123	123	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada
Rua 12 Lado Norte	265	265	0	Não Registrada	Não Registrada	Não Registrada

Fonte: Próprio Autor (2020).

Conforme observado no Quadro 4, as ruas que apresentam maior vazão noturna por metro de rede, são as ruas 05 Lado Norte, 06 Lado Norte e 07 Lado Sul. Caracterizam-se, então, as ruas que possuem a pior qualidade, pois apresentam um maior vazamento por metro corrido de rede. As Ruas que não foram registradas, foi devido a profundidade das redes ser muito baixa e o lençol freático elevado, impossibilitando o registro da vazão.

Outra medida que poderia ser tomada era em relação ao histórico de vazamento, contudo, a equipe operacional não descrevia a localização dos vazamentos por lote, quadra e rua, apenas por rua. Com a falta dessas informações não foi possível demarcar qual parte da rede de distribuição possuía maior histórico de vazamento.

#### 4.1.2 Perdas Aparentes

O valor obtido no balanço hídrico relacionado à perda aparente foi de 2.805 m<sup>3</sup>. Desse modo, para recolher informações sobre a causa dessa quantidade de perdas, solicitou-se os dados do parque de hidrômetros do balneário. O parque de hidrômetros é composto por 1.625 unidades. O Quadro 5 abaixo classifica-os por modelo, tempo e quantidade de uso.

Quadro 5 – Parque de Hidrômetros do Balneário Esplanada.

<b>Hidrômetros</b>				
<b>Modelo</b>	<b>Ano</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Idade de Uso</b>	<b>Quantidade</b>
A07L	2007	756	Mais de 5 Anos de Uso	1189
A09N	2009	37		
Y09N	2009	7		
Y10N	2010	66		
Y10N	2011	39		
A12N	2012	33		
Y12N	2012	17		
A13N	2013	41		
A14N	2014	87		
Y14N	2014	67		
Y15N	2015	39		
Y16N	2016	155	De 4 a 3 Anos de Uso	251
Y17N	2017	96		
Y18N	2018	43	Menos de 2 anos de Uso	185
Y19N	2019	142		

Fonte: Concessionária de água (2020).

Como pode-se observar, há uma quantidade significativa de hidrômetros que apresenta uma idade superior a 5 anos de uso. Essa é a provável causa da quantidade de perdas aparentes no sistema de distribuição, uma vez que é recomendada a troca periódica a cada 5 anos.

## 4.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA CADA TIPO DE PERDA

Todas as propostas foram pensadas com o objetivo de solucionar os problemas de perdas de água do balneário Esplanada e melhorar o controle do sistema no que diz respeito à infraestrutura, perdas reais e perdas aparentes.

### 4.2.1 Infraestrutura

- a) Na saída da estação de tratamento deve ser instalado um macromedidor conectado à telemetria para se ter um controle de vazamentos em tempo real;
- b) Substituição das redes de má qualidade.

### 4.2.2 Perdas Reais

- a) Substituição das redes que possuem materiais de má qualidade, priorizando as redes que tenham mais vazamentos por metro corrido de rede;
- b) Plano de controle de vazamento nas redes utilizando-se Geofone e controle da vazão em tempo real;
- c) Registrar o histórico de vazamento da rede de distribuição de forma adequada;
- d) Treinar os encanadores e seus auxiliares a realizarem manutenção, rede nova e ligação de ramal de forma adequada.

### 4.2.3 Perdas Aparentes

- a) Realizar a substituição dos hidrômetros por idade de uso, principalmente a dos mais utilizados;
- b) Treinar os leituristas para descobrir indícios de furto de água e hidrômetro que estão em má situação.

## 4.3 GASTOS POR PERDA DE ÁGUA

Para levantar o custo de produção de água tratada do mês de setembro, foi necessário obter informações do custo mensal da ETA. O custo mensal para produção de água tratada compreende o operador de ETA, o consumo de produto químico e o custo mensal de energia. O custo do operador foi adquirido com informações dos Recursos Humanos da empresa. Já o

consumo do produto químico foi obtido a partir da contabilidade que o operador de ETA faz com o registro do estoque no começo e no final do mês. E os valores de cada produto foi obtido com a análise da compra do mês de setembro. A fatura de energia foi obtida com a parte administrativa da concessionária. A Tabela 1 apresenta o valor gasto mensalmente com a produção de água tratada do mês de setembro.

Tabela 1 – Custo da Produção de Água.

<b>Custo da Produção de Água (8.055 m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Custo dos Produtos Químicos</b>			
<b>Produto Químico</b>	<b>Kg</b>	<b>Preço por Kg</b>	<b>Preço Total</b>
Hipoclorito de Sódio (Kg)	150	R\$ 1,19	R\$ 178,50
Hidróxido de Sódio (Kg)	135	R\$ 2,09	R\$ 282,15
Policloreto de Alumínio (Kg)	60	R\$ 1,79	R\$ 107,40
Ácido Fluossilícico (Kg)	60	R\$ 1,67	R\$ 100,20
Ortopolifosfato de Sódio (Kg)	30	R\$ 9,49	R\$ 284,70
<b>Total</b>			<b>R\$ 952,95</b>
<b>Custo de Energia (8.055 m<sup>3</sup>)</b>			<b>R\$ 1.583,51</b>
<b>Operador de ETA</b>			<b>R\$ 1.778,70</b>

Fonte: Próprio Autor (2020).

Com os valores todos quantificados é possível saber quanto é gasto com cada custo responsável pela produção de água (Tabela 2).

Tabela 2 – Custos por m<sup>3</sup>.

<b>Custos por m<sup>3</sup></b>		
<b>Descrição</b>	<b>Custo por 8.055 m<sup>3</sup></b>	<b>Valor por m<sup>3</sup></b>
Custo do Produto Químico	R\$ 952,95	R\$ 0,12
Custo de Energia	R\$ 1.583,51	R\$ 0,20
Custo de Funcionário	R\$ 1.778,70	R\$ 0,22
<b>Total</b>	<b>R\$ 4.315,16</b>	<b>R\$ 0,54</b>

Fonte: Próprio Autor (2020).

Como pode-se observar, o custo do tratamento de 8.055 metros cúbicos de água foi de R\$ 4.315,13 e cada metro cúbico possui um custo de R\$ 0,54.

Como os materiais de má qualidade costumam provocar muitos vazamentos, a substituição da rede tende a diminuir ou até mesmo parar os vazamentos visíveis. Para quantificar os valores gastos com cada vazamento, foi necessário analisar as horas que a equipe de reparo gasta, os materiais usados e o custo de locomoção.

A equipe tende a percorrer 40 km para fazer reparos no Balneário Esplanada. Os valores gastos com gasolina e o preço por hora do encanador e auxiliar de encanador foram disponibilizadas pela administração da empresa. Os materiais observados que são utilizados para reparar as redes de mangueira são: 1 metro de tubo PVC, duas braçadeiras e uma luva. O custo por vazamento no balneário Esplanada foram estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Custo por Vazamento no Balneário Esplanada.

<b>Custo por Vazamento</b>	
Encanador	R\$ 19,79
Auxiliar de Encanador	R\$ 15,63
Gasolina	R\$ 30,40
Custo de Material por vazamento	R\$ 20,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 85,92</b>

Fonte: Próprio Autor (2020).

Com os dados adquiridos é possível quantificar os valores gastos com as perdas reais e aparente.

### 4.3.1 Perdas Reais

Para quantificar o valor mensal gasto por reparos de vazamentos é necessário saber o histórico de vazamento do balneário e a qualidade de água perdida. Analisou-se a quantidade de vazamento que ocorreu no Balneário Esplanada no último ano. Foi registrado 49 focos de vazamentos, obtendo-se uma média de 4,1 vazamentos por mês. No que corresponde à água perdida, de acordo com o balanço hídrico essa perda foi de 1.843 m<sup>3</sup> mensais e o custo por metro cúbico de R\$ 0,54.

Assim, para demonstrar o valor que poderia ser economizado, elaborou-se a Tabela 4.

Tabela 4 – Valores Economizados com a Solução da Perda Real Mensal.

<b>Valores Economizados com a Solução da Perda Real Mensal</b>			
Custo da Água	Valor por m <sup>3</sup>	Água Perdida (m <sup>3</sup> )	Total
Tratada	R\$ 0,54	1843	R\$ 995,22
Custo de Reparo de	Valor	Quantidade de Reparo	Total
Rede	R\$ 85,92	4,1	R\$ 352,27
<b>Total Gasto por Perda Real Mensal</b>			<b>R\$ 1.347,49</b>

Fonte: Próprio Autor (2020).

Como pode-se observar, o custo gasto por perda real é de R\$ 1.140,44 por mês.

### 4.3.2 Perdas Aparentes

A perda aparente é o tipo de perda que não ganha apenas com a economia, mas também com o aumento do faturamento. Os hidrômetros danificados muitas vezes registram os valores do consumo a menos, deixando de aumentar o faturamento da concessionária. Para estipular o valor que a empresa deixa de faturar, considerou-se que 25% da água perdida pela perda aparente fosse acima da faixa de consumo de 0 á 10 m<sup>3</sup> de água tratada, já que a concessionária tem sua tarifa de categorizada por faixa de consumo, como pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 – Tarifa de Água 2020.

Tarifa ÁGUA 2020			
Categoria	Faixa de consumo	Tarifa de Água Reajustada 2020 R\$ / m <sup>3</sup>	Tarifa de Água 2020 (R\$)
Residencial	0 à 10	R\$ 3,67	R\$ 36,70
	11 à 15	R\$ 4,69	R\$ 4,69 por m <sup>3</sup>
	16 à 20	R\$ 5,29	R\$ 5,29 por m <sup>3</sup>
	21 à 30	R\$ 5,60	R\$ 5,60 por m <sup>3</sup>
	31 à 40	R\$ 5,79	R\$ 5,79 por m <sup>3</sup>
	>40	R\$ 6,00	R\$ 6,00 por m <sup>3</sup>
Comercial, Industrial e Pública	0 à 10	R\$ 5,15	R\$ 51,52
	>11	R\$ 7,17	R\$ 7,17 por m <sup>3</sup>
Factível			R\$ 29,35

Fonte: Concessionária de Água (2020).

A faixa de consumo de 11 a 15 m<sup>3</sup> é R\$ 4,69 a cada metro cúbico. Então estipulou-se o valor que a concessionária deixa de faturar com as perdas aparentes (Tabela 5).

Tabela 5 – Valor Mensal não Faturado com a Perda Aparente.

Valor não faturado com a Perda Aparente			
Valor de 11 a 15 m <sup>3</sup>	Perda Aparente (m <sup>3</sup> )	Valor Estipulado	Valor Deixado de Faturar
R\$ 4,69	2.805	25%	R\$ 3.288,86

Fonte: Próprio Autor (2020).

A empresa deixa de faturar o valor estipulado de R\$ 3.288,86 por mês com a perda aparente, podendo aumentar principalmente na alta temporada.

## 5 CONCLUSÃO

O Sistema de Abastecimento de Água possui um papel importante para a população e a concessionária tem a responsabilidade de entregar água potável para seus consumidores. No entanto, possui um grande problema no sistema de distribuição: a perda de água. Esse problema é consequência de várias causas, comerciais, operacionais e até mesmo estruturais.

No que diz respeito à parte comercial, o problema se dá na falta de um histórico do parque de hidrômetros, do consumo detalhado dos consumidores e de um leiturista treinado, os quais poderiam prever furtos de água e hidrômetros com problemas. Na parte operacional, as equipes muitas vezes não estão treinadas adequadamente para realizar ampliações de rede, concertos de vazamentos e ligações novas de qualidade. Na infraestrutura ocorre a falta de macromedidor, setorização, sensores de controle de pressão, redes com materiais de qualidade e de uma telemetria alinhada com todos os equipamentos do sistema de abastecimento. Esses fatores são os responsáveis pela perda de água em um sistema de abastecimento.

As perdas de água são classificadas em perda real e aparente. A perda real é toda a água desperdiçada por vazamentos nas redes de distribuição ou quando derramada no reservatório. Já a perda aparente ocorre por erro de leitura, furto de água e hidrômetros travados. Para conseguir controlar os índices de perdas no SAA, é necessário que exista um controle adequado de cada parte do sistema, a fim de que se tomem medidas capazes de resolver cada causa.

O básico para se obter um controle de todo SAA é possuir um macromedidor dimensionado, telemetria e um controle comercial. O macromedidor deve ser adequado para cada caso para que se possa registrar as vazões com alto e baixo volume, possibilitando a utilização de métodos como a vazão noturna. A telemetria, alinhada com os macromedidores para registrar a vazão instantânea e mensal da saída da ETA, possibilitar a comparação com o micromedidor, utilizar o método de vazão noturna e obter informações para a perda total do sistema com mais facilidade. E o comercial deve possuir informações dos parques de hidrômetros, registro do histórico de consumo de cada consumidor e ter a medição do micromedidor em um menor número de dias.

Com as adequações básicas no sistema de distribuição, para se obter o controle de perdas é possível a realização dos métodos de vazão noturna, o melhor método para descobrir a perda real e assim também ser possível a realização do balanço hídrico.

O balanço hídrico dá a relação de toda a água produzida, permitindo tomar decisões para resolver ou amenizar as perdas reais e as perdas aparentes. Para que sejam tomadas melhores decisões no que diz respeito à perda real, aconselha-se um monitoramento em setores.

Necessita-se assim uma análise do sistema de distribuição por algum *software* que possibilite obter informações em setores da rede, para descobrir os pontos mais críticos e realizar concertos com ajuda de um Geofone ou a substituição das redes com materiais de má qualidade. Já para perda aparente, aconselha-se ter o registro de todos os hidrômetros e a quantidade uso para que sejam feitas trocas periódicas a cada 5 anos, diminuindo drasticamente as perdas aparentes.

Levantar o que é gasto com a produção de água e os custos operacionais nos vazamentos e estimar quanto se está deixando de faturar com as perdas, permite à concessionária tomar decisões mais assertivas. Isso traz um retorno mais rápido dos investimentos e possibilita solucionar o problema com mais eficiência.

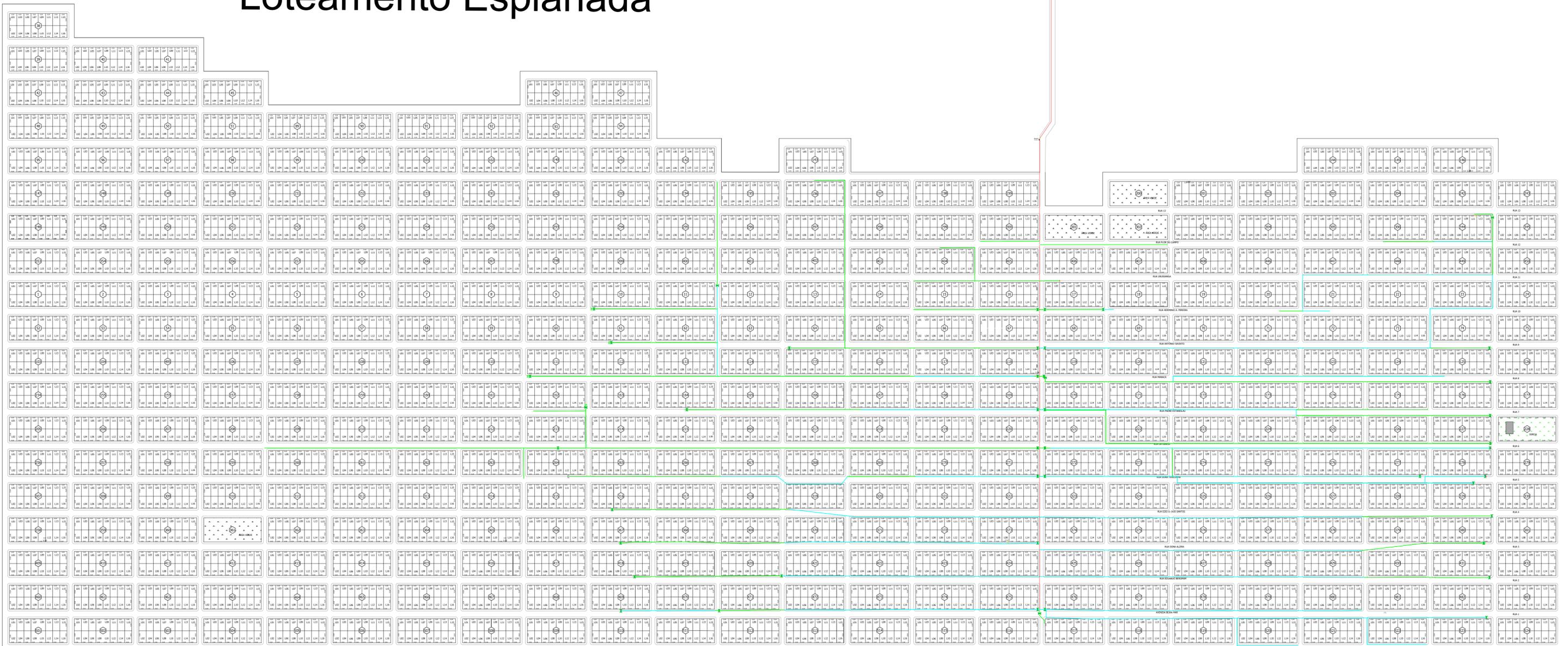
Sendo assim, para ter êxito no controle de perdas, a concessionária deve continuar a realizar substituições de rede, troca de hidrômetros, reparação mais rápida em vazamentos e utilização de medidas que dificultem o furto de água constantemente. Com tal dedicação, cada vez mais a concessionária diminuirá as perdas, elevando a imagem da empresa e não tendo novos gastos, como aumentar a capacidade de produção da ETA, troca de adutora e de redes.

## REFERÊNCIAS

- ABES. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água:** posicionamento e contribuições técnicas da abes. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - Abes, 2015.
- ABES. Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água. Guia Prático para Método Direto de Quantificação de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento,** 2015.
- BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; CHEUNG, Peter Batista. **Perdas de Água:** tecnologias de controle. João Pessoa: UFPB, 2013.
- BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016.** Brasília, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. FUNASA Fundação Nacional da Saúde. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água.** Brasília, 2014.
- FREITAS, Valdemir Viana de et al. Uma década de controle de pressão nas redes de distribuição da SABESP. **Revista DAE**, v. 176, São Paulo, 2007.
- GOMES, A. **Montagem de Programas de Desenvolvimento Operacional.** Seminário de Gestão Organizacional e Instrumentos de Planejamento, Controle e Avaliação, Ministério das Cidades, 2012.
- MARTINS, G. et al. Curar é mais barato do que prevenir. Certo ou errado?. **Revista SANEAS**, São Paulo, 2001.
- PINTO, L. C. B. **Gestão de Perdas no Saneamento Básico.** In: PHILIPPI JR, A; GALVÃO, A.C. (Org.). **Gestão do saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário.** Barueri, 2012.
- TSUTIYA, Amilton Tomoyuki. **Abastecimento de água.** 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- PEREIRA, Mariana Ventura Fernandes Granado. **Implementação e Monitorização de uma Zona de Medição e Controle no Sistema de Abastecimento de Matosinhos.** 2012. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS (Brasil) (org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** 2019. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico\\_AE2018.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf). Acesso em: 26 jul. 2020.

## APÊNDICES

# Loteamento Esplanada



DN 50 - PVC

DN 50 - MANGUEIRA

DN 200 - PVC