



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL – PB

Maria Taynar Bezerra Marques

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE
POMBAL – PB**

Pombal – PB

2018

Maria Taynar Bezerra Marques

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE
POMBAL – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

Pombal – PB

2018

M357d

Marques, Maria Taynar Bezerra.

Diagnóstico do sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal-PB / Maria Taynar Bezerra Marques. – Pombal, 2018.

63 f.: il. Color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro."

Referências.

1. Recursos Hídricos. 2. Perdas no Sistema. 3. Abastecimento Público. I. Ribeiro, Rosinete Batista dos Santos. II. Título.

CDU 556.18(043)

MARIA TAYNAR BEZERRA MARQUES

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE
DE POMBAL - PB**

Aprovado em 29/06/2018

BANCA EXAMINADORA

Rosinete B. Santos Ribeiro

Prof^ª. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro
Orientador – UFCG/*Campus* de Pombal – PB

Walker Gomes de Albuquerque

Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque
Examinador Interno – UFCG/*Campus* de Pombal - PB

Alesca Barbosa Rodrigues

Prof^ª. Msc. Alesca Barbosa Rodrigues
Examinadora Externa – E.M.E.F “Nossa Senhora do Rosário”

Pombal – PB

Julho 2018

“Dedico este trabalho aos meus pais Zélia e Antônio Luiz, meu esposo Shalom, minha irmã Talyta e a toda minha família, cujo apoio foi fundamental para alcançar essa conquista.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para superar as dificuldades ao longo dessa jornada.

Agradeço ao meu esposo Shalom de forma especial, por me apoiar, me dar amor, carinho, não me deixar desistir em nenhum momento e estar sempre presente em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a minha mãe Zélia que não mediu esforços para que eu atingisse os meus objetivos e por me apoiar em cada sonho meu.

Agradeço a minha irmã Talyta que mesmo distante se fez presente em todos os momentos da minha vida, principalmente na graduação.

Agradeço a toda minha família pelo apoio prestado durante o curso de graduação, pelo amor que recebi, por confiarem e acreditarem em mim.

Agradeço aos meus tios Suely e Aldean por acreditarem no meu potencial, por confiarem em mim e me terem como filha, por todo amor que me foi dado.

Agradeço a minha sogra Dolar, por me ajudar sempre, por me dá carinho e sempre se fazer presente.

Agradeço a minha querida orientadora Rosinete, por todo conhecimento fornecido ao longo desse trabalho e de outras disciplinas, que contribuíram muito para minha formação.

Agradeço em especial aos queridos professores e amigos Walker, Rubênia e Aline, por todo apoio ao longo dessa jornada, pelo apoio e com seus conhecimentos me tornar uma pessoa melhor.

Agradeço as minhas amigas Raniele, Layane e Alice que tanto me ajudaram ao longo da graduação, por sempre estarem presente, me apoiando, me dando força e confiando no meu potencial.

Agradeço aos meus queridos padrinhos Ana Cecília e Natanael que desde o início da graduação sempre se fizeram presente na minha vida pessoal e acadêmica.

Agradeço aos queridos amigos da SUDEMA, em especial Vinicius, Alessandra e Corrinha, por todo conhecimento passado ao longo do estágio, pelo carinho e apoio que recebi.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida, por confiarem e acreditarem no meu potencial.

MARQUES, M. T. B. **Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água da Cidade de Pombal – PB**. 63 pgs. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2018.

RESUMO

A água é um bem essencial para a manutenção de vida na terra, para a manutenção dos ecossistemas, diante disso a água é um recurso renovável, porém limitado. O sistema de abastecimento atinge cerca de 83% da população brasileira, porém com dificuldades, sendo a má distribuição dos recursos, bem como o uso irracional da água, elevando os índices de perda. Objetivou-se com esse estudo diagnosticar, caracterizar o sistema de abastecimento de água do município de Pombal, com ênfase nas perdas de água, buscando identificar as principais causas e propor soluções para o controle e redução das perdas. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizadas visitas *in loco* a todas as unidades do sistema de abastecimento de água, com respectivos registros fotográficos e entrevistas não estruturadas a moradores e aos funcionários da companhia de abastecimento, fórmulas empíricas para o cálculo dos índices, além de pesquisas bibliográficas sobre o assunto abordado. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o sistema de abastecimento de água de Pombal, apresentou um índice de perda de percentual 5,1%, considerado baixo e demonstra assim eficiência da parte da companhia no que tange o controle e redução. No que tange os índices de perdas mensais, março e abril foram os meses que apresentaram maiores valores para todos índices, explicado pelo fato do aumento das ligações clandestinas. Para o controle e redução das perdas e outros danos causados a população foi sugerido algumas propostas de baixo custo e de fácil execução.

Palavras-chaves: Perdas no Sistema. Recursos Hídricos. Abastecimento Público.

MARQUES, M. T. B. **Diagnosis of the Water Supply System of the City of Pombal - PB.**
63 pgs. Graduation in Environmental Engineering - Federal University of Campina Grande,
Pombal - PB. 2018

ABSTRACT

Water is an essential good for the maintenance of life on earth, for the maintenance of ecosystems, in front of which water is a renewable but limited resource. The supply system reaches about 83% of the Brazilian population, but with difficulties, being the poor distribution of resources, as well as the irrational use of water, raising the rates of loss. Therefore, the objective of this study was to diagnose and characterize the water supply system of the municipality of Pombal, with emphasis on water losses, seeking to identify the main causes and propose solutions for the control and reduction of losses. For the development of the research, on-site visits were carried out to all units of the water supply system, with respective photographic records and unstructured interviews to residents and employees of the supply company, empirical formulas for the calculation of the indices, besides bibliographical research on the subject. According to the results obtained, it was verified that Pombal water supply system presented a 5,1% percentage loss index, considered low and thus demonstrates efficiency of the company in terms of control and reduction. Regarding the monthly loss indexes, March and April were the months that presented the highest values for all indexes, explained by the increase in clandestine connections. For the control and reduction of losses and other damages caused to the population it was suggested some proposals of low cost and of easy execution.

Keywords: Losses in the System. Water resources. Public Supply.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Etapas de um sistema de abastecimento de água.....	21
FIGURA 2 - Reservatórios de distribuição quanto a sua localização no terreno	27
FIGURA 3 – Tipos de redes de distribuição	29
FIGURA 4 – Localização do município de Pombal - PB.....	38
FIGURA 5 – Localização do rio Piancó, captação e ETA	44
FIGURA 6 – Layout do sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal –PB.....	45
FIGURA 7 – Captação por tomada de água indireta.....	45
FIGURA 8 – Conjunto de motor bomba para captação	46
FIGURA 9 – Layout das instalações da ETA	47
FIGURA 10 – Chicanas para auxílio da coagulação.....	48
FIGURA 11 - Decantadores	49
FIGURA 12 – Filtros de fluxo descendente	49
FIGURA 13 – Reservatórios da ETA do município de Pombal – PB.....	50
FIGURA 14 - Diagrama da rede de distribuição do município de Pombal – PB.....	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – População atendida pelo sistema de abastecimento de água no Brasil.....	19
TABELA 2 – Dados operacionais do sistema de abastecimento	42
TABELA 3 – Dimensões da rede de distribuição do município	51
TABELA 4 – Número de ligações por setor	52
TABELA 5 – Índices de perdas na cidade de Pombal – PB	52

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Índice de perda percentual	53
GRÁFICO 2 – Índice de perda por extensão de rede	54
GRÁFICO 3 – Índice de perda por ligação	54
GRÁFICO 4 – Índice de perda por faturamento	55
GRÁFICO 5 – Índices de perdas para o ano de 2017	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Usos da água no Brasil	20
QUADRO 2 – Formas de captação de acordo com a fonte de água	23
QUADRO 3 – Balanço hídrico em um sistema de abastecimento de água	31
QUADRO 4 – Classificação de um sistema de abastecimento quanto ao índice	41

LISTA DE ESQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – Consumo per capita	20
EQUAÇÃO 2 – Índice de perda percentual	40
EQUAÇÃO 3 – Índice de perda por ligação	41
EQUAÇÃO 4 – Índice de perda por extensão de rede.....	41
EQUAÇÃO 5 – Índice de perda infraestrutural	41
EQUAÇÃO 6 – Índice de perda por faturamento	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ANA - Agência Nacional de Águas

CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CMB - Conjunto de Motor Bomba

ETA - Estação de Tratamento de Água

Ext - Extensão

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

FUNDACE - Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento

hab - Habitantes

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEPP - Índice Infraestrutural de Perdas

IP - Índice Percentual

IPF - Índice de Perdas por Faturamento

IPL - Índice de Perda por Ligação

IPR - Índice de Perda por Extensão de Rede

IWA - International Water Association

Kg - Quilograma

Km - Quilômetros

Kpa - Quilopascal

L - Litros

m³ - metros cúbicos

mm - Milímetros

NBR - Norma Brasileira

PB - Paraíba

PNDCA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

SNIS - Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento

Vol. - Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	18
2.1 Geral.....	18
2.2 Específicos.....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 Recursos Hídricos: uma visão geral	19
3.1.1 <i>Usos da água</i>	20
3.1.2 <i>Consumo per capita.....</i>	20
3.2 Sistema de Abastecimento.....	21
3.2.1 <i>Manancial.....</i>	22
3.2.2 <i>Captação.....</i>	22
3.2.3 <i>Estações elevatórias</i>	23
3.2.4 <i>Adução.....</i>	24
3.2.5 <i>Tratamento</i>	25
3.2.5.1 Estação de Tratamento de água (ETA)	25
3.2.6 <i>Reservatórios.....</i>	26
3.2.6.1 Classificação dos reservatórios de distribuição	27
3.2.7 <i>Redes de distribuição</i>	28
3.2.7.1 Classificação das redes de distribuição.....	28
3.3 Perdas em Sistema de Abastecimento de água.....	30
3.3.1 <i>Perdas Reais.....</i>	30
3.3.1.1 <i>Vazamentos</i>	31
3.3.1.2 <i>Extravazamentos.....</i>	31
3.3.2 <i>Perdas Aparentes.....</i>	32
3.3.2.1 <i>Erros de macromedição.....</i>	32
3.3.2.2 <i>Erros de micromedição.....</i>	32
3.3.2.3 <i>Gestão Comercial.....</i>	33
3.4 Indicadores de Perdas de água	33
3.5 Controle e redução de perdas	34
3.5.1 <i>Controle e redução de perdas reais</i>	35
3.5.1.1 <i>Gerenciamento de pressões</i>	35
3.5.1.2 <i>Controle ativos de vazamentos</i>	36

3.5.1.3 <i>Rapidez e qualidade no reparo</i>	36
3.5.1.4 <i>Gerenciamento de infraestrutura</i>	36
3.5.2 <i>Controle de perdas aparentes</i>	36
3.5.2.1 <i>Erros de medição</i>	37
3.5.2.2 <i>Consumos não autorizados</i>	37
3.5.2.4 <i>Erros na estimativa de consumos não medidos</i>	37
4 METODOLOGIA	38
4.1 Caracterização da área em estudo	38
4.2 Caracterização do sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal	39
4.3 Identificação dos índices de perdas no sistema de abastecimento	39
4.3.1. <i>Índice percentual</i>	39
4.3.2. <i>Índice de Perda por ligação</i>	40
4.3.3 <i>Índice de perda por extensão de rede</i>	40
4.3.4 <i>Índice infra-esturural de perdas</i>	41
4.3.5 <i>Índice de perda por faturamento</i>	41
4.4 Diagnóstico das causas de perdas no setor	42
4.5 Impactos e danos causados pela ineficiência do sistema de abastecimento	42
4.6 Elaboração de propostas de baixo custo para redução e controle das perdas	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1 Área de estudo	43
5.2 Sistema de abastecimento da cidade de Pombal – PB	43
5.3 Identificação dos índices de perdas no sistema	51
5.3.1 <i>Causas das perdas no sistema de abastecimento</i>	56
5.4 Danos causados pela ineficiência do sistema de abastecimento	57
5.5 Propostas de baixo custo para controle e redução dos índices de perdas	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

O Saneamento básico é uma das mais eficazes medidas de saúde pública, e que está relacionado a sua capacidade de prevenir doenças. Estudos da Organização Mundial de Saúde (OMS) em 2013 que para cada um US\$ 1 investidos em saneamento, pode-se economizar outros US\$ 4 em saúde pública.

Quanto ao sistema de abastecimento de água, o Brasil ainda sofre com os problemas, no tocante à frequência no atendimento, ao acesso à água tratada, o desperdício, as perdas no sistema de distribuição, fraudes entre outros fatores (MARINHO; SANTOS, 2011). Segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) em 2016 83,3% da população brasileira era atendida por sistema de abastecimento de água.

As perdas no sistema de abastecimento vem se agravando ao longo dos anos, visto que a população vem crescendo exponencialmente, bem como a população de baixa renda que constrói sem nenhuma estruturação de forma que as companhias de abastecimento fiquem impossibilitadas de oferecer o fornecimento adequado de água e visto isso, ocorre um maior número de perdas, porque as companhias deixam de faturar, deixam de contabilizar essa água que está sendo consumida, de maneira que dificultam as ações de planejamento e controle das perdas.

Diante disso no Nordeste, assim como em outras regiões, existem muitas falhas no atendimento aos serviços de saneamento básico. Sendo o Nordeste uma região que sofre com escassez e problema na distribuição de recursos hídricos faz-se necessário, uma melhor avaliação deste serviço de saneamento básico, que é o sistema de abastecimento de água.

No tocante aos municípios do sertão paraibano é possível identificar problemas na prestação dos serviços de saneamento básico, como é o caso da cidade de Pombal, cuja falta de acesso a esses serviços e seus impactos na qualidade de vida são perceptíveis (ARAÚJO, et al. 2016), pois a população ainda sofre com o sistema de abastecimento de água da cidade, no que se refere a qualidade de água, à falta de estrutura em algumas localidades e o atendimento em alguns bairros.

Diante do exposto fez-se necessário um estudo da atual situação no serviço de abastecimento de água do município de Pombal, caracterizando em todas as suas etapas desde a captação até a rede de distribuição levando em consideração também o uso diário. Em que foi possível a identificação das perdas em todas as unidades do sistema de abastecimento de água, para assim poder reduzir o desperdício de água apresentando soluções técnicas para o controle de perdas e impactos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Diagnosticar o serviço de abastecimento de água da cidade de Pombal – PB, com ênfase na análise de perdas no sistema.

2.2 Específicos

- Caracterizar o sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal – PB. (contribuição per capita, vazão de distribuição, horas em operação, dimensionamento, material e outros);
- Identificar o índice de perdas de água no sistema de abastecimento;
- Diagnosticar as causas de perdas no sistema;
- Identificar os problemas e/ou possíveis danos sociais, decorrentes da ineficiência dos serviços do sistema de abastecimento de água;
- Apresentar propostas de baixo custo para controle de perdas e dos demais problemas encontrados no sistema.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Recursos Hídricos: uma visão geral

O Brasil dispõe de aproximadamente 12% da água doce do planeta Terra, porém este recurso encontra-se má distribuído, onde o maior percentual encontra-se na bacia do rio Amazonas, que abriga uma pequena parcela da população brasileira e de acordo com o Relatório de Conjuntura da Agência Nacional de Águas (ANA) em 2017 o percentual de água contido nesta bacia é de 80% do total disponível no Brasil.

A região Nordeste é a que tem a menor porcentagem na distribuição de água do país sendo esta de 3,3% e uma densidade demográfica de 34,15 hab/km² (ANA, 2010; IBGE, 2010). A média anual de pluviosidade é de 900mm, tendo uma baixa amplitude térmica (entre 2° e 3°C), forte insolação e altas taxas de evapotranspiração que normalmente superam os totais pluviométricos (RODRIGUES, 2014).

Estima-se que 663 milhões de pessoas não tem acesso direto a “fontes melhoradas” de água potável, enquanto ao menos 1,8 bilhão de pessoas não tem acesso seguro à água com condições mínimas para o consumo humano (Un-Water, 2016).

Ainda são encontradas muitas dificuldades no que tange oferta o de água potável para a população brasileira. Conforme dados apresentados na Tabela 1 onde o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2016 afirma que 80% da população brasileira já é atendida pela água de abastecimento, ou seja, água potável, mas o número de brasileiros ainda sem acesso a água potável neste padrão é alarmante chegando a ser mais de 40 milhões de brasileiros somando todas as regiões do Brasil.

Tabela 1 – População atendida pelo sistema de abastecimento de água no Brasil

Região	Índice de atendimento com rede (%)	
	Urbano	Total
Norte	67,7	55,4
Nordeste	89,3	73,6
Sudeste	96,1	91,2
Sul	98,4	89,4
Centro-oeste	97,7	89,7
Brasil	93,0	83,3

Fonte: SNIS, 2016.

Ao longo dos anos o estado da Paraíba vem experimentando grandes mudanças e avanços no que se refere ao abastecimento de água segundo Marinho e Santos (2011), sendo este confirmado pelo SNIS (2016) tendo um crescimento de mais de 4% no total de pessoas atendidas por este serviço básico de saneamento totalizando mais de 100 mil habitantes.

Com de dificuldade no acesso à água potável em diversos lugares do mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, este é um grande fator no aumento das doenças de veiculação hídrica (GONÇALVES; FERNANDES; TEIXEIRA, 2015). Diante disso, ainda há muito o que crescer e melhorar, a fim de que o maior número de pessoas sejam beneficiadas por este serviço, visto que este tem relação direta com a saúde pública.

3.1.1 Usos da água

No Brasil a água é utilizada para diversos fins, sendo a irrigação atualmente a atividade que exige a maior demanda e consumo de água, recreação, além desses tem-se a água para abastecimento público, pesca, geração de energia, mineração, abastecimento animal, dentre outras. Pela multiplicidade dos usos faz-se necessário conhecer as peculiaridades de cada tipo de atividade e como ela ocorre na natureza. A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas (ANA, 2017).

Em meados de 1940 o uso preponderante da água era o abastecimento humano (urbano e rural) ao passar das décadas esse uso tornou-se secundário, visto que a utilização de água para a irrigação apresenta-se hoje em grande escala.

3.1.2 Consumo per capita

O consumo per capita trata-se da média de água utilizada/consumida diariamente, afim de atender as necessidades básicas, sejam elas industriais, comerciais e principalmente domésticas segundo o SNIS (2016) levando também em consideração as perdas existentes no sistema de abastecimento (FUNASA, 2015), expresso geralmente na unidade litros por habitante dia (L/ hab.dia).

O valor é determinado por meio de uma fórmula que leva em consideração cidade que possuem o abastecimento regular – é obtido através da divisão do volume total de água distribuída durante o ano, pelo total de dias do ano (365) e pelo número de habitantes que foram beneficiados com este recurso de acordo na Equação 1, expressa em m³/hab.dia.

$$Q_m = \frac{\text{vol.toltal de água distribuida}}{365 * n^{\circ} \text{ de habitantes}} \quad (1)$$

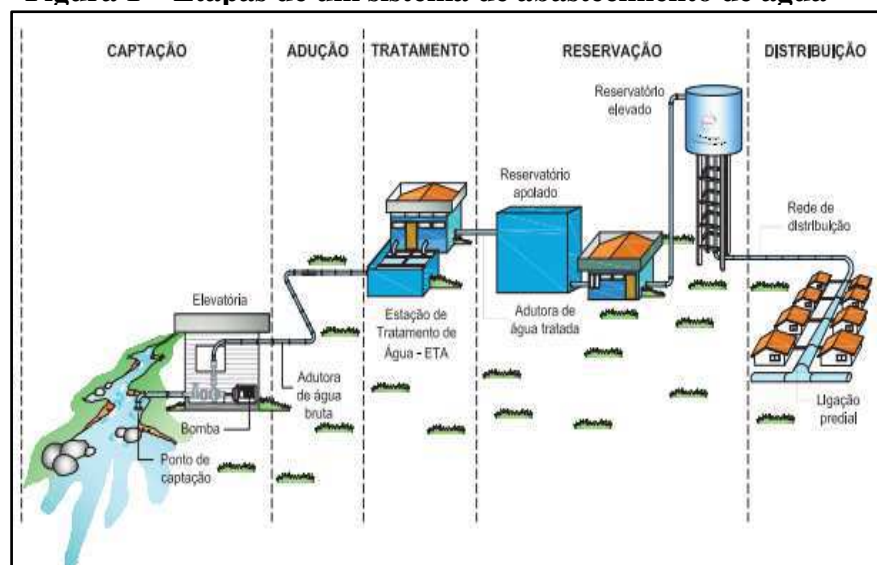
Instituto Trata Brasil em 2014 divulgou que a média de consumo per capita no Brasil é de 162 (L/hab.dia), e segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) em 2014 o suficiente para atender as necessidades do ser humano é de 110 (L/hab.dia), porém mesmo o Brasil ainda acima da média estabelecida pela ONU, a regiões no país que sofrem com o déficit de água. A região Nordeste sendo a com menor consumo per capita do Brasil num total de 118,3 (L/hab.dia), e a maior com 187,9 (L/hab.dia) sendo a região Sudeste.

3.2 Sistema de Abastecimento

O sistema de abastecimento de água é um dos principais serviços constituintes do saneamento básico, oferecidos à população, sendo constituído basicamente por um conjunto de obras civis, infraestrutura, materiais e equipamentos segundo o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (2015), sendo estes uma interligação desde o local onde é feito a captação até diretamente nas residências, indústrias através de ligações, visando fornecer água potável, através de uma rede de distribuição.

Mostra-se na Figura 1 um sistema de abastecimento de água de forma que o mesmo é composto pelas seguintes unidades: manancial, captação, adução, estações elevatórias, tratamento, reservação, rede de distribuição e ramal predial.

Figura 1 – Etapas de um sistema de abastecimento de água



Fonte: FUNASA, 2016.

A implantação de um sistema de abastecimento de água é elemento indispensável a essencial qualidade de vida do ser humano, visto que este tem relação direta com a saúde pública. Diante disso o sistema de abastecimento de água tem por finalidade oferecer água dentro dos padrões de potabilidade, e como consequência disso diminuir os índices de doenças de veiculação hídrica, e conforme afirma Tustiya (2006) um sistema quando ele construído e operado inadequadamente não garante melhorias na qualidade da água.

3.2.1 Manancial

A primeira componente de um sistema de abastecimento de água é o manancial visto que este pode ser um corpo de água superficial ou subterrâneo. De acordo com Tsutiya (2006) o manancial onde ocorrerá a captação deverá oferecer vazão suficiente para atender a demanda mínima da localidade e a água deve atender aos requisitos mínimos sanitários estabelecidos através da portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3.2.2 Captação

Esta etapa do sistema de abastecimento consiste na retirada de água do manancial, através de instrumentos e equipamentos, desde que esta retirada esteja de acordo com a legislação e respeitando a topografia, relevo e a variação do nível da água (TSUTYIA, 2006).

No Quadro 2 é possível observar que existem várias formas de captação de acordo com o tipo de manancial e da água a ser captada, essa definição é necessária para que haja escolha correta da estruturação da captação.

As formas mais comumente e principais utilizadas na estruturação da captação de água superficial são: tomada de água com barragem de nível, torre de tomada e tomada de água flutuante.

Quadro 2 – Formas de captação de acordo com a fonte hídrica

Fonte Hídrica	Exemplo de formas de captação
Água de chuva	Superfície de coleta (cobertura)
Nascente de encosta	Caixa de tomada
Fundo de Vales	Galeria filtrante
Lençol freático	Poço escavado
Lençol subterrâneo	Poço tubular profundo
Rios, lagos e açudes	Tomada direta (fixa ou móvel)

Fonte: FUNASA, 2015.

As estruturas de captação elas são basicamente construídas por um conjunto de elemento sendo estes: barragens ou vertedores, para a manutenção do nível ou regularização da vazão; órgãos de tomada de água com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes; dispositivos para controlar a entrada de água; canais ou tubulações de interligação e órgãos acessórios; poço de sucção e casas de bombas, para alojar os conjuntos elevatórios (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

3.2.3 Estações elevatórias

A água que é aduzida para as estações de tratamento e para as redes prediais, o ideal é que este transporte fosse inteiramente por gravidade, visando economias na manutenção e operação, porém nem sempre é possível, deste modo é necessário a utilização de dispositivos e equipamentos que auxiliem o recalque da água, sendo estes conhecidos como estações elevatórias.

Na estação elevatória é possível identificar vários componentes, subcomponentes e sendo eles motores, bombas, linhas de transmissão dentre outras (TSUTIYA, 2006).

Segundo o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) entende-se por estação elevatória:

As estações elevatórias são instalações destinadas a transportar e elevar a água. Num sistema de abastecimento podem ser utilizadas na captação, para recalque de água de mananciais de superfície ou poços rasos e profundos; na adução, para o transporte dessa água; em várias etapas do tratamento e na distribuição, para aumento da pressão nas redes, levando a água a pontos mais distantes ou mais elevados. (FUNASA, 2016, p. 141)

Diante dessa afirmação, podem também estar entre reservatórios, ou ainda, em um trecho da rede de distribuição de água, e neste caso são mais conhecidos por *boosters*. (SILVA, 2016).

Haja vista que o uso excessivo de estações elevatórias, aumenta o custo de sistemas de abastecimentos e criando barreiras para a sua instalação e/ou melhorias, diante disso a implantação de estações elevatórias deve ser feita com cautela visto que se houver uma grande quantidade de estações elevatórias os gastos aumentaram e representam boa parte do que a companhia fatura (TSUTYIA, 2006).

3.2.4 Adução

As adutoras são responsáveis pela adução de água que antecedem a rede de distribuição, sendo estas compostas por tubulações, peças especiais. Podem estas está disposta entre: captação e Estação de Tratamento de Água (ETA); a captação e o reservatório de distribuição; a captação e a rede de distribuição; a ETA e o reservatório de distribuição e a ETA e a rede de distribuição (FUNASA, 2016).

De acordo com Tsutiya (2006) as adutoras podem ser classificadas: quanto á natureza da água transportada sendo estas de água bruta ou água tratada e quanto à energia para movimentação dá água: podendo ser encontradas adutoras por gravidade, recalque e mista.

Quando está se dá por gravidade, de forma que a água e transportada de uma cota mais alta para uma cota mais baixa: subdivida em adutoras de condutos livres onde a água permanece sob pressão atmosférica e adutoras de condutos forçados em que a água está sob pressão maior que a atmosférica (FUNASA, 2016).

Em adutoras por recalque a água é conduzida até seu destino através de recalque por estações elevatórias. E a adutora por gravidade mista são as que possuem em sua composição trechos com aduções por gravidades e por recalque.

As adutoras são partes essenciais de um sistema de abastecimento de água, diante disso é recomendado que se faça uma análise minuciosa da obra em seu projeto, implantação e operação, para que se tenha um panorama adequado onde seja possível a colocação correta dos seus órgãos acessórios.

3.2.5 Tratamento

A etapa do tratamento da água bruta em um sistema de abastecimento, trata-se de adequar a água para o consumo humano através de processos físicos e químicos. São diversos os tratamentos para apropriar a água, sendo estes definidos pela qualidade da água. Podendo estes variarem, do tratamento completo, convencional ou avançado ou até uma simples desinfecção (FERRAZ, 2016).

Os tratamentos mais utilizados no Brasil hoje são o convencional e o ciclo completo, porém ainda há muito o que se melhorar nesses e segundo Di Bernardo (2003) é possível a utilização de vários outros tipos de tratamentos como a filtração direta ascendente, filtração direta descendente, filtração dupla, escolhidas de acordo com os parâmetros da água a serem analisados.

A mais recomendada do ponto de vista técnico-científico é a dupla filtração, considerando suas vantagens, inclusive sendo este mais adequado que o tratamento convencional, podendo ela suprir grande parte das necessidades do tratamento. (DI BERNARDO, 2003).

3.2.5.1 Estação de Tratamento de água (ETA)

A Estação de Tratamento tem por objetivo fornecer água potável, melhorando as suas características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas onde no Brasil os padrões de potabilidade da água são estabelecidos pela Portaria n.º 2.914/2011 do Ministério da Saúde, como ela também estabelece os procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano (FUNASA, 2015).

A ETA está localizada antes da rede de distribuição, para que a água que é fornecida a população seja adequada. A água fornecida através da estação de tratamento, tem por obrigação ser de qualidade, quantidade e pressão adequadas. Diante disso, é necessário que esta funcione adequadamente, que a operação e manutenção, seja feita de forma correta, de modo que este recurso tem relação direta com a saúde pública.

Do ponto de vista técnico e científico toda e qualquer água é passível de tratamento, sabendo-se que ao aumentar o grau do tratamento dá água, ao diminuir os riscos sanitários e reduzindo assim os problemas com doenças de veiculação hídrica, os custos tornam-se elevados e criando assim uma barreira para potabilizar toda e qualquer água. Isto posto, a

melhor forma de diminuir os custos, os riscos referentes à saúde pública, é a na escolha do manancial para captação, como afirma FERRAZ (2016).

A qualidade da água que está para ser tratada, é o que define o tipo de tratamento a ser utilizada, ou seja, as suas características físicas e químicas. Diante disso, existem dois grupos de tratamentos os sem coagulação química e os com coagulação química, e pode ocorrer também casos em que a água necessite de um pré-tratamento ou de tratamento específicos para que possa receber os tratamentos disponíveis na ETA (FUNASA, 2015).

Uma estação de tratamento é composta por várias etapas, equipamentos visando o tratamento da água bruta. São vários os tratamentos que está passa para se tornar potável, a começar por procedimentos físicos, químicos. As etapas que compõe o sistema convencional de tratamento de água são: sistema de coagulação (o coagulante mais utilizado no Brasil é o sulfato de alumínio – $Al_2(SO_4)_3$); floculação, decantação, filtração e desinfecção.

3.2.6 Reservatórios

Os reservatórios de distribuição são elementos do sistema de abastecimento de água, visto que este é responsável por atender a demanda da população quando o abastecimento for interrompido, em algum ponto do sistema, como captação e adução. Bem como compensar a vazão a diferença entre a vazão de consumo e produção (ReCESA, 2016).

Segundo Tsutya (2006) são características principais dos reservatórios de distribuição: Regularização das vazões, a segurança no abastecimento, obter a reserva de água para incêndios como também a redução de pressão no sistema. Os reservatórios são posicionados de modo a abastecer durante as horas de maior consumo e tendo também a função de contribuir para a diminuição dos custos com a rede de distribuição.

Podem-se citar outras vantagens como o bombeamento fora do horário de maior pico, este diminuído o consumo de energia elétrica e favorecendo sua instalação, bem como o aumento no rendimento dos conjuntos elevatórios mediante vazões regulares, levam os conjuntos de motor-bomba a atingir quase o seu ponto máximo (TSUTIYA, 2006).

No entanto o custo elevado da construção, operação e manutenção dos reservatórios de distribuição, dificulta o seu acesso, e como consequência uma maior quantidade de problemas existentes na distribuição, tal como a construção destes nas cotas adequadas para melhorar as variações de pressão na rede e diante disso podendo ocorrer impactos ambientais de grande escala prejudicando o meio ambiente (TSUTIYA, 2006).

3.2.6.1 Classificação dos reservatórios de distribuição

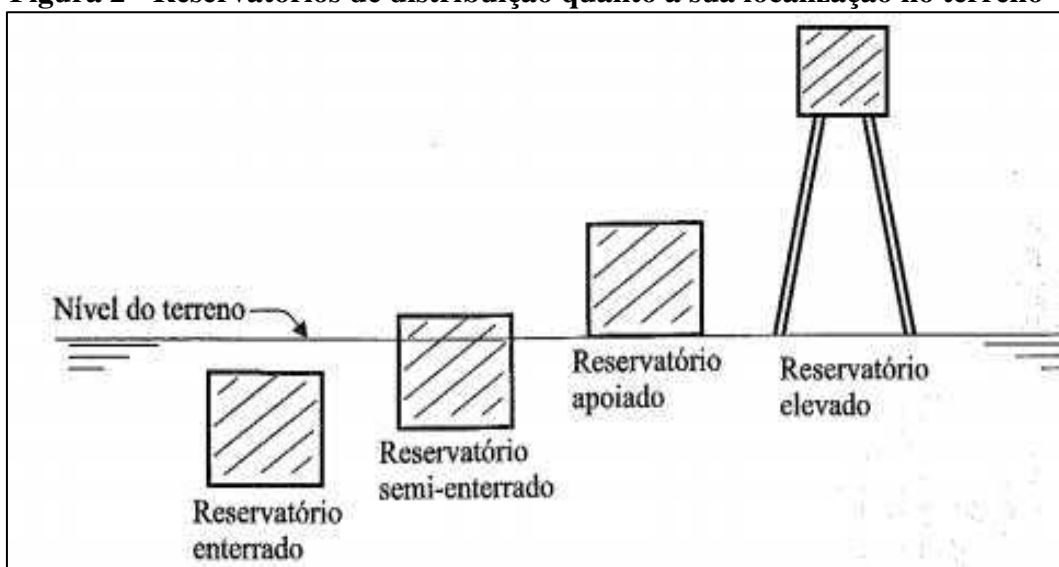
A principal classificação dos reservatórios de distribuição é quanto a localização do reservatório no terreno, sendo estes o reservatório enterrado, semienterrado, apoiado e elevado.

O reservatório elevado é aquele que sua localização de fundo é superior a cota do terreno onde ele está construído, geralmente é utilizado quando a topografia do terreno não está em acordo com a rede de distribuição, e os principais fatores que interferem no uso deste é o custo elevado como também os impactos ambientais gerados através desta construção. (TSUTIYA, 2006).

Em se tratando do reservatório enterrado é o que está inteiramente abaixo da camada superficial do solo e este é o mais recomendado visto que ele mantém a temperatura da água, favorecendo a qualidade da mesma, porém os custos de implantação são altos, em razão das entradas e saídas da água, que são de difícil acesso (TSUTIYA, 2006).

Na Figura 2 observa-se os reservatórios quanto a localização no terreno, de forma que o reservatório de distribuição semienterrado apresenta pelo menos um terço de altura total situada abaixo do nível do terreno onde se encontra localizado (TSUTIYA, 2006) em quanto que o reservatório apoiado é aquele em que o fundo está a menos de um terço da de sua altura abaixo do solo. Os principais fatores intervenientes a respeito dos dois tipos citados são que é necessário um isolante térmico, porém estes são de fácil construção.

Figura 2 - Reservatórios de distribuição quanto a sua localização no terreno



Fonte: TSUTIYA, 2006.

3.2.7 Redes de distribuição

A rede de distribuição de água é a última etapa do sistema de abastecimento de água, sendo esta uma das mais importantes, visto que sua função é conduzir água com continuidade para as populações, através das ligações prediais.

Tsutiya (2006) define rede de distribuição de água, como sendo:

Rede de distribuição de água é a parte do sistema de abastecimento formada de tubulações e órgãos acessórios, destinados a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade, qualidade e pressão adequadas. (Tsutiya, 2006, p. 389)

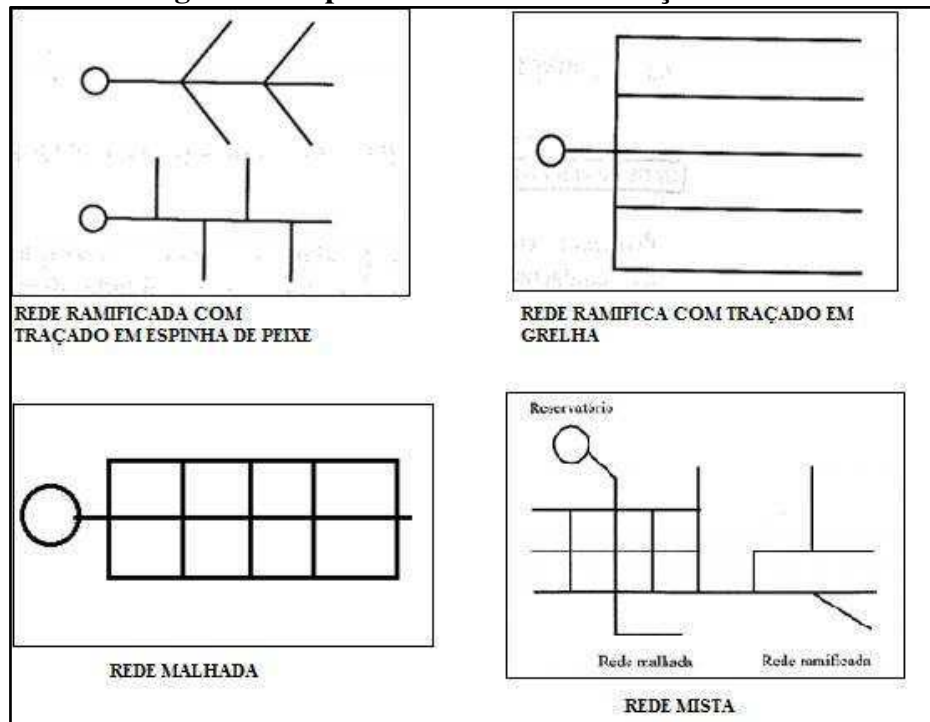
Esta etapa é a de maior custo do sistema de abastecimento, podendo chegar até 75% do custo total de implantação de um SAA. Bem como sua instalação, operação e manutenção é muito complexa, visto que este é enterrado, ou seja, seu acesso se torna mais difícil. Porém, esta é a parte do SAA, que se deve ter uma maior atenção, haja visto que é a etapa que mais se encontra perto do consumidor, e merece uma operação mais minuciosa, e adequada, para que não haja problemas na distribuição de água em sua última etapa (FUNASA, 2015).

A rede de distribuição ela é constituída por dois tipos de canalizações sendo estas principais e secundárias, a primeira ela tem como finalidade conduzir água para as canalizações principais, tendo elas um maior diâmetro, e sendo comumente conhecidas como canalizações mestras ou condutos troncos. A segunda sendo está a canalizações secundárias tem como função estabelecer pontos de consumo (TSUTIYA, 2006).

3.2.7.1 Classificação das redes de distribuição

Podem ser classificadas ainda segundo a disposição das canalizações principais e o sentido do escoamento nas tubulações principais (TSUTIYA, 2006), sendo estas ramificada, malhada e mista. Na Figura 3 observa-se todos os tipos de redes.

Figura 3 – Tipos de redes de distribuição



Fonte: Adaptado de TSUTIYA, 2006.

Na rede ramificada com traçado em espinha de peixe o abastecimento é feito por meio de tubulações principais, e estas são instaladas onde ocorrem problemas de topografia, de forma que as ruas não se conectem entre si, sendo este alimentado por um reservatório de distribuição, de forma que a o sentido de escoamento da água que será conduzida para as tubulações secundárias seja conhecido. (TSUTIYA, 2006)

Ainda no tocante a classificação da rede ramificada, tem-se dois tipos de redes, a em espinha de peixe, este utilizado em para sistemas de abastecimento em áreas com desenvolvimento linear; e em grelha onde estes os seus condutos são sensivelmente paralelos.

A rede malhada ela pode ser formada por anéis ou blocos, tendo como vantagem podendo abastecer qualquer ponto do sistema por mais de um caminho proporcionando assim, um melhor funcionamento do sistema de forma que ocorra a menor interrupção possível em seu funcionamento (TSUTIYA, 2006).

A rede mista é composta pela rede malhada e pela ramificada, sendo indicadas em casos específicos

3.3 Perdas em Sistema de Abastecimento de água

Em um sistema de abastecimento a sua distribuição é feita por meio de redes de distribuição durante o seu processamento podem ocorrer vários tipos de perdas ao longo do trajeto da água até as ligações prediais, este sendo associados a diversos fatores que podem ser vazamentos, erros na medição, fraudes, ligações clandestinas, afirma o Instituto Trata Brasil (2015), causando assim danos significantes ao meio ambiente, nas receitas e para empresas.

Segundo a IWA (Associação Internacional de Água) é definido como perda de água a diferença entre todo o volume de água disponibilizado e o consumo autorizado (consumido/faturado) pela operadora do sistema, sendo as perdas a parte mais vulnerável do sistema de abastecimento, de forma que a maioria destas acontece na rede de distribuição principalmente nos ramais prediais.

Um dos maiores problemas hoje no sistema de abastecimento público no Brasil são os altos índices de perdas de água (RODRIGUES, 2014). O Brasil teve um índice de perdas em 2016 num valor de 38,1% e este índice de perdas convertidos em m³ equivale a 6,5 vezes a capacidade do sistema Cantareira (1 bilhão de m³) segundo o Instituto Trata. A região Nordeste o maior índice de perdas no valor de 46,3%, e o estado da Paraíba tem um total de 36,5%, o estado dentro da média brasileira.

As perdas segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) são classificadas em dois tipos: perdas reais e aparentes. E segundo a IWA, a água que é disponibilizada ela é em seu resumo final convertida em água faturada e água não convertida em receita.

3.3.1 Perdas Reais

As perdas reais ou perdas físicas comumente conhecidas trata-se do volume produzido que não é possível a sua chegada até os ramais prediais/consumidores finais, este fato pode ocorrer por diversos fatores sendo eles: vazamentos, extravazamentos nas redes de distribuição, nas adutoras, nas estruturas das ETA's como também nos reservatórios setoriais. (TSUTIYA, 2006)

A resolução desses problemas muitas vezes causa contaminação a água de abastecimentos, visto a utilização de agentes químicos, onde no ato do concerto das tubulações, são utilizados produtos químicos para ligar novamente os canos de PVC por meio

de cola, própria troca da tubulação sendo possível a contaminação da água por meio de agentes externos.

3.3.1.1 Vazamentos

Os vazamentos encontrados ao longo de um sistema de abastecimento é a forma mais comum de perda de água, mais ocorrido desde a captação até os ramais prediais.

Segundo a Funasa (2014) são três os tipos de vazamentos conhecidos, conhecidos como: vazamentos inerentes de forma que não se consegue identificar por meio de aparelhos acústicos e não são visíveis a olho nu; outro tipo são os vazamentos não visíveis estes não aparecem na cota da superfície do solo, mas são possíveis de detecção por meio de aparelhos acústicos e também há os vazamentos visíveis, aflorantes no solo e que são comunicados pela população para resolução do mesmo.

Os vazamentos segundo Tsutiya (2006) causadores de perdas de água no sistema, causam inúmeros problemas para população, principalmente no que tange as tarifas pagas, estes custos estão inclusos no transporte da água tratada, energia elétrica, agentes químicos dentre outros. Causando estes impactos diretos na saúde pública, onde na sua despressurização pode ocorrer a contaminação da água por meio de agente contaminantes.

As principais causas dos vazamentos citado por Tsutiya (2006) são nas bombas na forma de causa interna como desgastes das gaxetas, ajustes inadequados; nos reservatórios no que tange a má qualidade dos materiais a má execução da obra; e principalmente nas tubulações, como o material sendo este de má qualidade, projeto inadequado, agressividade do solo, corrosão e outros.

3.3.1.2 Extravazamentos

Os extravazamentos dos reservatórios ocorrem em períodos noturnos quando há uma diminuição no consumo de água e conseqüentemente aumento no nível dos reservatórios. (RODRIGUES, 2014). Estes são ocasionados por falta de equipamentos suficientes para indicar e alertar e também instrumentos que funcionassem de forma operacional para que a companhia fosse alertada e/ou esses equipamentos impedissem a entrada de água no reservatório.

3.3.2 Perdas Aparentes

Segundo Tsutiya (2006) as perdas aparentes correspondem ao volume que é produzido e não é faturado/contabilizado pela companhia responsável pelo abastecimento conhecidas também como perdas não-físicas ou perdas comerciais, as principais causas para esse tipo de perdas são ligações clandestinas no sistema de abastecimento, erros nas medições de hidrômetros, cadastros de consumidores incorretos, fraudes no sistema, hidrômetros parados, ou seja a água é consumida mas não é convertida em receita.

São três os tipos mais comuns de componentes causadores das perdas, estes são erros na macromedição, na micromedição e na gestão comercial.

3.3.2.1 Erros de macromedição

Ocorrem por falhas nos medidores de vazão instalados nos reservatórios, cujos erros decorrem da inadequação ou falta de medidor, falta de calibração, submedição nas baixas vazões como também a macromedição, está diretamente relacionada com a pressão, isto ocorrendo em todo o sistema de abastecimento desde a captação até a rede de distribuição. (FUNASA, 2014)

A imprecisão geralmente acarreta problemas de medição, podendo esses erros serem potencializados por meio de diversos fatores, como exemplo pode-se citar: instalação de equipamentos de operação de forma inadequada; falta de calibração dos medidores; dimensionamento inadequado onde o sistema esteja operando com uma velocidade abaixo da média; discrepância nas vazões máximas e mínimas; problemas de natureza física no setor primário como também na instrumentação secundária e problemas na transmissão de dados quando se usa a telemetria (TUSTYIA, 2006).

3.3.2.2 Erros de micromedição

Segundo a ABES (2015) a micromedição será o valor que representará o consumo do cliente, que é medido diretamente nas residências, nas indústrias e comércios, de forma que a apuração desse volume é feita periodicamente, e por meio dessas apurações (leituras) feitas em intervalos de tempo de forma que são confrontados valores da macromedição realizadas na distribuição (reservatórios), onde serão identificados os principais pontos de perdas e de erros de micromedição.

As perdas podem ocorrer tanto por erros de medição como também fraudes nos hidrômetros (consumos não autorizados) bem como as ligações clandestinas que está diretamente relacionada as perdas aparentes.

Tsutiya (2006) afirma que os erros provenientes de medições podem ocorrer devido a vários fatores, citando estes como principais: envelhecimento de hidrômetros; a qualidade da água que é distribuída a população, se a mesma está de acordo com os padrões de potabilidade; e a inclinação lateral do hidrômetro.

3.3.2.3 Gestão Comercial

Trata-se da contabilidade propriamente dita da água que é distribuída pela companhia de fornecimento, ou as companhias de saneamento, é a parte que trata de todo o gerenciamento comercial, desde os recursos humanos até a própria distribuição de forma financeira, de forma que segundo Tsutiya (2006) é o que viabiliza as receitas das companhias.

No que tange a gestão comercial são muitas as causas que enquadram-se as perdas aparentes, como pode-se citar o cadastro comercial onde são feitas as atualizações dos clientes, o tipo de rede, dentre outros, este item tem grande participação no que tange as ligações inativas que muitas vezes nos cadastros não são reativadas e continuam consumindo água normalmente, sem esta ser faturada. Bem como as fraudes que segundo Tsutiya (2006) estas são alterações feitas diretamente nos hidrômetros que não contabilizam o consumo real que terá se realizado na residência, comercio, indústria e etc, sendo casos comuns rompimento do lacre e inversão do hidrômetro, implantação de “*By pass*” que significa desviar, contornar a passagem da água, violação de hidrômetros por furos, e como também instrumentos que possam parar a rotação do hidrômetro.

Podem-se citar inúmeros outros casos de identificação das perdas de água, como a companhia de distribuição não ter um sistema de hidrometração completo, roubos em hidrantes públicos.

3.4 Indicadores de Perdas de água

As perdas de água em sistemas de abastecimentos são comuns, e essas devem ser quantificadas por meio de indicadores, sendo estes responsáveis por fornecer dados que serão posteriormente utilizados para o controle das perdas, como um instrumento gerencial.

Os indicadores segundo a Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento (FUNDACE) em 2013 são de extrema importância visando principalmente, a economia do recurso natural, como também economia para os consumidores, visto que as perdas são cobradas nas taxas pagas pelos moradores, este funcionando e dando suporte para as principais decisões a serem tomadas para o controle e redução das perdas.

São vários os tipos de indicadores de perdas, sendo eles indicador percentual, indicadores de perda por ligação, índice de perdas por extensão de redes, índices infraestrutural de perdas e o índice de perda por faturamento.

3.5 Controle e redução de perdas

A redução de perdas de água no sistema de abastecimento é um fator que traz resultados a longo prazo, visando sempre reduzir o consumo por meio de atividades simples que possam trazer consequências benéficas a população e ao meio ambiente. Esse é o grande desafio das companhias de abastecimento, reduzir as perdas, onde estas estão diretamente ligadas a problemas na infraestrutura e gestão operacional do sistema (RODRIGUES, 2014).

Atualmente há muito o que se discutir a respeito do controle de perdas, esta ação sendo bem planejada, por profissionais capacitados, ocorre sim uma redução significativa, porém programas de redução de perdas impõem metas a serem alcançadas que muitas vezes não são possíveis, devido ao custo alto para a redução destas.

Segundo a ABES (2015) o IWA definiu dois limites para a redução de perdas em sistemas de abastecimento, de modo que auxilie os profissionais da área na tomada de decisão no que tange esse assunto, estes limites são: um limite econômico onde os custos de operação para redução das perdas, se igualem aos custos de captação de água e de distribuição, ou ao custo marginal para exploração de um novo sistema produtor de água; bem como o limite técnico este está relacionado até onde é possível reduzir as perdas existentes, com as técnicas e métodos disponíveis na atualidade.

Para que o controle e a redução de perdas ocorra é necessário que sejam avaliados diversos fatores como por exemplo: disponibilidade hídrica, os custos de todo o sistema de abastecimento, e os custos de ações para que se combata as perdas de água. (ABES, 2015)

Desta forma, a eliminação completa de toda a perda de água real e aparente do ponto de vista econômico torna-se inviável. Para as perdas reais e aparentes, são possíveis diversas ações redutoras e controladoras, para que seja reduzido o custo, e os danos ao meio ambiente, estas serão apresentadas a seguir (RODRIGUES, 2014).

3.5.1 Controle e redução de perdas reais

A maior causa das perdas reais são os vazamentos, e esses vazamentos ocorrem em maior parte nos ramais prediais, ocorrendo também durante todo o sistema de abastecimento desde a captação até a distribuição. O material de que é fabricado os ramais prediais, também interfere no número de vazamentos, sendo eles de PVC não maioria das vezes, bem como redes com hidrometração antiga (FUNASA, 2015).

Diante disso, a IWA fez uso desses conhecimentos e elaborou um esquema de forma a mostra ações redutoras das perdas reais, as quais na medida e na sequência ideal para cada sistema, respondem pela obtenção dos resultados almejados; (ABES, 2015).

3.5.1.1 Gerenciamento de pressões

A pressão é um dos principais fatores no que tange os vazamentos, em virtude disso é necessário o controle dessas pressões, para que haja um menor número de vazamentos. As altas pressões ocasionam danos econômicos e ao meio ambiente prejudicando a companhia de abastecimento e principalmente o cliente, que este vazamento pode ocorrer também entre o ramal predial e a caixa d'água domiciliar, como mostra Rodrigues (2014).

A utilização de um zoneamento piezométrico segundo a ABES (2015), é uma das soluções mais viáveis ao gerenciamento das pressões visto que este eleva as pressões em lugares onde elas são abaixo do estabelecido, e reduz em localidades onde as mesmas estão elevadas, dessa forma adequando-se aos padrões estabelecidos e estabilizando as pressões na rede.

Para um melhor controle das pressões uma técnica bastante indicada é a setorização visto que está deve ser pensada na etapa de planejamento dos sistemas de abastecimentos e segundo Rodrigues (2014) para o controle de pressão nas zonas altas a setorização é feita por meio de reservatórios elevados, e para zonas baixas serão os apoiados e enterrados. Para que se atinga um melhor resultado no zoneamento faz-se necessário atender os requisitos impostos pela NBR 12228/1994 que dispõe sobre o planejamento de um sistema de abastecimento, onde no mesmo observa-se que a pressão estática máxima na tubulação deve ser de 500kPa e a pressão mínima dinâmica deve ser de 100kPa.

3.5.1.2 Controle ativos de vazamentos

O controle dos vazamentos pode ocorrer de forma acústica, ou seja, antes que o vazamento aflore, reduzindo assim as perdas de água, este controle pode ser feito por meio de aparelhos acústicos e geofone, sendo este tipo de controle oposto ao passivo que só é possível o seu controle quando o mesmo já aflorou nas superfícies.

3.5.1.3 Rapidez e qualidade no reparo

Para que as perdas de água sejam reduzidas faz-se necessário um melhor atendimento no que tange os vazamentos que são as maiores causas das perdas reais, dito isso, a rapidez com que estes são detectados influencia nos índices, e a qualidade do reparo deve ser feita com maestria, visto que se o trabalho for executado de forma correta, dificilmente ocorrerá novos vazamentos naquela localidade. (RODRIGUES, 2014)

Alguns pontos são indispensáveis para que este seja feito adequadamente, como uma equipe qualificada, rápido controle dos vazamentos, o material utilizado nos reparos, o gerenciamento desses vazamentos, com vistas no levantamento de dados. (FUNASA, 2015)

3.5.1.4 Gerenciamento de infraestrutura

Segundo a ABES (2015) este é o passo mais importante para o controle das perdas reais, pois é onde está todo planejamento das obras do sistema de abastecimento, quando se fizer necessário trocar as tubulações, entre outros reparos que são controlados para que haja um bom funcionamento do sistema. Reparos corretos, e com um bom funcionamento da infraestrutura, gerenciamento adequado, incluem altos custos para esta etapa.

3.5.2 Controle de perdas aparentes

O controle das perdas aparentes está diretamente ligado a receita da companhia de saneamento, sendo que estas perdas são em maior parte causadas por erros de medição e fraudes, diante disso a ABES (2015) propôs algumas medidas que são essenciais no controle das perdas, reduzindo assim a água não faturada da empresa, e desta forma sendo possível um melhor atendimento ao cliente e também a economia dos recursos hídricos, e também é de

suma importância um cadastro comercial atualizado com os dados de todos os clientes, e em que situação encontra-se a sua residência no que tange o abastecimento de água.

3.5.2.1 Erros de medição

Os erros de medição são muito comuns no que tange as perdas de água aparente, podendo estes ser de macro e micromedição, para um melhor funcionamento do sistema de abastecimento faz-se necessário algumas ações de controle, como fiscalizar de forma precisa a medição das vazões ao longo de todo o sistema desde a captação, até os ramais prediais. Por meio da precisão da leitura consequentemente ocorrerá uma redução das perdas ocorre uma redução, e um levantamento de dados das perdas aparentes, este devendo ocorrer de forma periódica para maior confiabilidade dos dados.

Uma das ações mais importantes é a troca dos hidrômetros quando estes estiverem com a vida útil ultrapassada, diminuindo assim os erros de medição e submedição.

3.5.2.2 Consumos não autorizados

Representados pelas fraudes, ligações clandestinas, até roubos em hidrantes públicos, as medidas a serem tomadas para redução neste setor, depende também da população, que através de denúncias reduzem o número de fraudes, e ligações clandestinas. Buscando também segundo a ABES (2015) o acompanhamento fiel dos hidrômetros, inspeções em campo, atualizações dos cadastros.

E que por meio destas atitudes podendo buscar soluções junto ao cliente de forma pacífica, regularizando o sistema de abastecimento de sua residência, como também uma solução policial, elaborando um boletim de ocorrência para melhores esclarecimentos. (TSUTIYA, 2006)

3.5.2.4 Erros na estimativa de consumos não medidos

Uma sugestão para esse tipo de problema é a atualização dos cadastros, eliminando assim residências que não possuem hidrômetros e instalando-os, como também ativando cadastros de residências que não possuem, assim como uma equipe qualificada para este trabalho visando uma melhor solução, e diminuição das perdas no abastecimento.

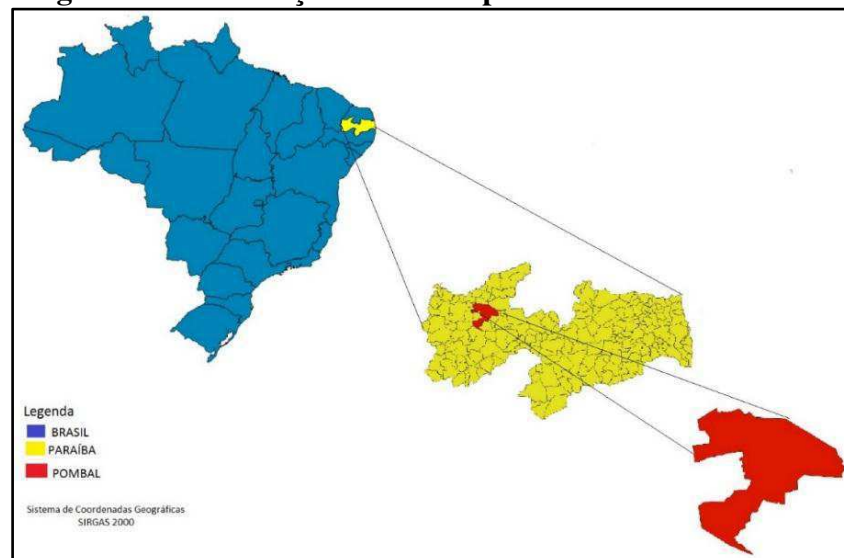
4 METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa quanti-qualitativa, e foi elaborado nas etapas que o segue. Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico para melhor aprofundamento do conteúdo, e posterior levantamento de dados em campo, onde foi possível realizar a caracterização do sistema de abastecimento do município de Pombal, por meio dos dados obtido. Assim, podendo calcular os índices de perdas e assim diagnosticar as causas. Sendo possível com a obtenção desses resultados indicar os possíveis danos que a população está acometida de forma que sejam indicadas soluções de baixo custo para a redução das perdas.

4.1 Caracterização da área em estudo

Na Figura 4 é possível observar a área de estudo que compreende o município de Pombal, situado na região Oeste do estado da Paraíba, meso região do sertão paraibano e microrregião de Sousa. Limita-se ao norte com os municípios de Santa Cruz, Lagoa e Paulista, Leste com Condado, sul com São Bentinho, Cajazeiras, Coremas, e São José da Lagoa Tapada, Oeste, com Aparecida e São. Possui área de 880,8 km², com uma altitude de 175 m (ARAUJO et al, 2016).

Figura 4 – Localização do município de Pombal - PB



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Caracterização do sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal

A caracterização do sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal foi feita a partir de visitas *in loco*, registros fotográficos em todas as etapas do sistema desde a captação até a distribuição, questionários informais aos funcionários da CAGEPA (Companhia de Água e Esgoto da Paraíba), bem como documentos fornecidos pela mesma, visita técnica a ETA da cidade, e a complementação com os dados do SNIS. Os dados obtidos por meio desta pesquisa foram: período de funcionamento do sistema, perfil de consumo diário, dados das tubulações, reservatórios, estações elevatórias, dados de macro e micromedição.

4.3 Identificação dos índices de perdas no sistema de abastecimento

Os índices de perdas foram calculados com base nos índices de perdas de forma empírica, nos dados fornecidos pela CAGEPA e com a complementação dos dados do SNIS, para o seu posterior cálculo de forma empírica referente ao ano de 2017.

Sendo possível calcular o índice percentual, o índice de perda por ligação ativa, o índice de perda por km de extensão da rede e o índice de perda por faturamento.

4.3.1. Índice percentual

Este indicador é o mais conhecido na literatura, mais utilizado e o que tem uma maior compreensão, ele reuni o volume total perdido (que refere-se a diferença entre o volume total produzido e o volume total consumido), dividido pelo total produzido, é apresentado em porcentagem. Este pode ser utilizado apenas em algumas partes do sistema de abastecimento, como a partir da ETA, bem como ele por inteiro desde a captação até a rede de distribuição, este sendo expresso em porcentagem (%) representado pela Equação 2 (TSUTIYA, 2006).

$$IP = \frac{\text{Vol.produzido} - \text{Vol.Consumido}}{\text{Vol.total produzido}} * 100 \quad (2)$$

No Quadro 4 é possível obter a classificação do sistema de abastecimento de acordo com o seu índice de perda.

Quadro 4 – Classificação do sistema de abastecimento quanto ao índice de perda

Índice Total de Perdas (%)	Classificação do sistema
Menor que 25	Bom
Entre 25 e 40	Regular
Maior que 40	Ruim

Fonte: TSUTIYA, 2006.

4.3.2. Índice de Perda por ligação

Este índice também se trata de um indicador volumétrico, e segundo Tustiya (2006) este tem ênfase maior em contabilizar as perdas nos ramais, considerando as ligações ativas no sistema de abastecimento, tendo ele uma maior propensão a ter como resposta valores elevados que se possua 20 ramais/km, de forma a obter-se uma maior heterogeneidade em seus resultados.

Este indicador relaciona segundo o Programa Nacional de Combate ao Desperdício (PNCDA) em 2003 a diferença entre o volume produzido pela companhia de abastecimento e o volume consumido pela população, dividido assim pelo número de ligações ativas e feita uma multiplicação pelo número de dias em que foi trabalhado para se obter esse volume, expressa em m³/ligações.dias. Como está apresentado na Equação 3.

$$IPL = \frac{\text{Vol.Produzido} - \text{Vol.Consumido}}{\text{n}^{\circ} \text{ de ligações ativas} * \text{n}^{\circ} \text{ de dias}} \quad (3)$$

4.3.3 Índice de perda por extensão de rede

O indicador por extensão de rede relaciona a perda total no sistema de abastecimento, sendo representada pela diferença entre o volume produzido e o volume consumido, dividido pela extensão da rede em km e o número de dias em que foi captado água e respectivamente distribuído, afirma Tsustiya (2006), está expressa em m³/km.dia, apresentada na Equação 4.

$$IPR = \frac{\text{Vol.Produzido} - \text{Vol.Consumido}}{\text{Ext.da Rede} * \text{N}^{\circ} \text{ de dias}} \quad (4)$$

Ainda conforme Tsustiya (2006), não é muito recomendado o uso deste indicador em áreas com alta densidade demográfica, visto que o índice apresentará valores muito altos (RODRIGUES, 2014)

4.3.4 Índice infra-esturural de perdas

Segundo Alegre (2000) este indicador foi desenvolvido pelo IWA, e este sendo a proposta mais atual de indicadores de perdas. Está diretamente relacionado com o valor total de perdas em um ano, e volume de perdas esperados (o volume inevitável), sua unidade é adimensional, representado da seguinte forma, pela Equação 5.

$$IEPP = \frac{\text{Vol.Perdido anual}}{\text{Vol.Perdido Esperado, Perdas Inevitáveis}} \quad (5)$$

Na sua caracterização em relação a um sistema de abastecimento de água quanto menor o seu valor unitário, melhor será a classificação do mesmo. Este indicador apresenta grandes vantagens, uma das maiores que faz com que ele se torne um dos mais utilizados atualmente.

4.3.5 Índice de perda por faturamento

Segundo o PNCDA (2003) este indicador representa uma composição de forma nítida das perdas físicas e não físicas, podem ser consideradas também as perdas por erros de medição, volumes utilizados não cobrados, expresso em porcentagem (%). Este está diretamente relacionado com o volume disponibilizado pela companhia de abastecimento e volume que é faturado pela empresa, ou seja, o valor que é convertido em receita pela Equação 6.

$$IPF = \frac{(\text{Vol.Disponibilizado} - \text{Vol.Faturado})}{\text{Vol.Faturado}} * 100 \quad (6)$$

Os índices foram calculados a partir dos dados apresentados na Tabela 2 com informações dos relatórios operacionais fornecidos pela CAGEPA.

Tabela 2 – Dados operacionais do sistema de abastecimento

Mês/ano	Dias de funcionamento	Vol. disponibilizado (m³)	Vol. Faturado (m³)	Vol. consumido (m³)
Jan/2017	31	219.520	214.583	214.250
Fev/2017	28	165.868	157.416	157.083
Mar/2017	23	219.135	186.380	186.047
Abr/2017	23	219.330	193.568	193.235
Mai/2017	28	178.855	169.430	169.097
Jun/2017	30	196.869	191.963	191.630
Jul/2017	31	207.529	202.155	201.822
Ago/2017	31	219.865	214.518	214.185
Set/2017	30	220.359	217.118	216.785
Out/2017	28	188.112	180.675	180.342
Nov/2017	27	188.156	182.963	182.630
Dez/2017	24	190.828	184.756	184.423

Fonte: CAGEPA, 2018.

4.4 Diagnóstico das causas de perdas no setor

Por meio de dados da CAGEPA, visitas in loco, e questionamentos aos agentes da companhia de abastecimento associados a uma base literária e conhecimentos técnicos foram levantadas as principais causas das perdas reais e aparentes no sistema.

4.5 Impactos e danos causados pela ineficiência do sistema de abastecimento

Foram realizadas visitas em locais de vazamentos, e onde ocorriam problemas de pressão no sistema, e por meio de consultas em artigos, e conhecimentos técnicos foram identificados os danos e impactos causados a sociedade e ao meio ambiente em virtude dos mesmos.

4.6 Elaboração de propostas de baixo custo para redução e controle das perdas

Feita a caracterização do sistema de abastecimento, e posteriormente calculados os índices de perdas e diagnosticadas as causas, foi possível elaborar propostas e soluções técnicas que podem ser implantadas no sistema, estas foram elaboradas por meio de conhecimentos científicos retirados de livros, teses, manuais, e conhecimentos técnicos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Área de estudo

Conforme abordado anteriormente, a área de estudo é compreendida pela zona urbana da cidade de Pombal - PB. A cidade apresenta clima semiárido quente e seco, as temperaturas são elevadas durante todo o ano, mas, principalmente durante os períodos de seca. O regime pluviométrico anual fica entre 500 e 700mm, sendo considerado baixo e irregular. A vegetação típica é a Caatinga, composta no geral por plantas de pequeno porte, com o predomínio de árvores baixas, cactáceas e arbustos. A temperatura média anual desse município oscila em torno de 30°C (GOMES, 2018).

5.2 Sistema de abastecimento da cidade de Pombal – PB

O sistema de abastecimento água do município é de responsabilidade da CAGEPA, cuja fonte abastecedora é o rio Piancó, um dos afluentes do rio Piranhas que é perenizado por meio do sistema Coremas M'Dágua. Além dos municípios paraibanos, o sistema é responsável pelo abastecimento de água de alguns municípios do Rio Grande do Norte (ANA, 2017)

. A previsão de demanda média para 2025 segundo o Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água (2010) será de 63 L/s, onde isso influencia diretamente no consumo per capita do município, onde o mesmo apresenta um consumo de 200L/hab.dia, e com essa demanda aumentando o consumo aumentara.

Na Figura 5 está exposto onde estão localizadas a captação que está encontra-se as margens do rio Piancó, onde a adução de água bruta que conduz a água até a ETA passa por dentro da cidade, a figura também apresenta o percurso do rio Piancó (rio Piranhas) que passa pela zona urbana do município.

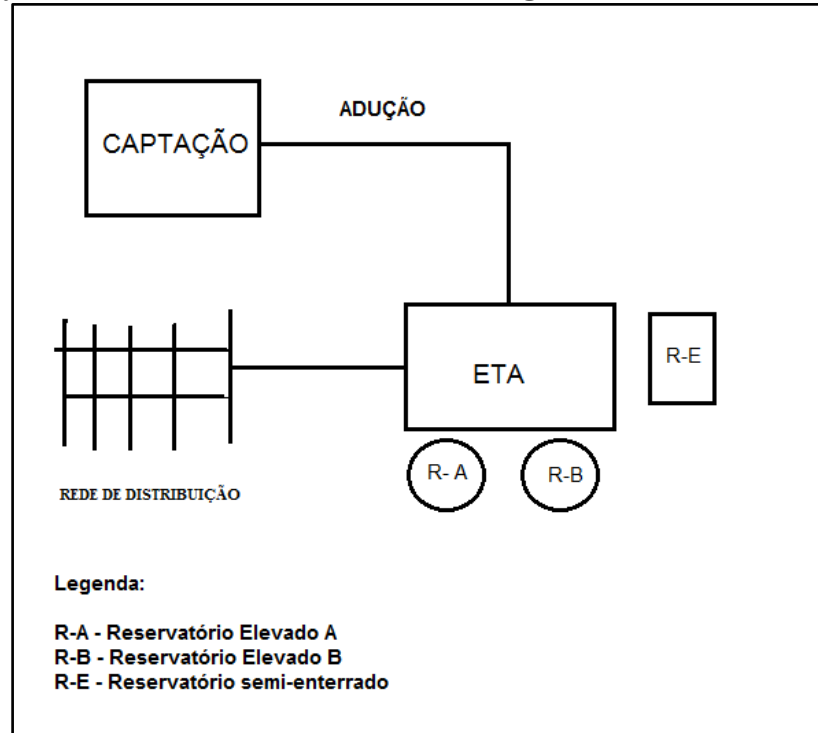
Figura 5 – Localização do rio Piancó, captação e ETA



Fonte: Google Earth, 2018.

A Figura 6 apresenta o *layout* do sistema de abastecimento da cidade de Pombal, contendo captação com uma estação elevatória, adução, ETA, rede de distribuição, onde o mesmo é um sistema convencional de sistema de abastecimento.

Figura 6 – Layout do sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal –PB



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 7, observa-se a captação de água no manancial que abastece o município é feita por tomada de água indireta de forma que essa solução da engenharia no planejamento do sistema tem o propósito de reduzir o aporte de sólidos durante captação e tendo em vista o controle dos sólidos que conseguem adentrar a captação, a mesma dispõe de grades grossas onde o espaçamento entre as barras são de 15 cm

Figura 7 – Captação por tomada de água indireta



Fonte: Fotografia da autora.

A Figura 8 exhibe o Conjunto Motor Bomba – CMB este sendo composto por dois motores (A e B), de forma que a vazão de captação é de 0,35 m³/h onde um dos motores é de reserva e o outro o funcionamento médio é de 20h/dia, das 2h da manhã até as 10h da noite, e encerra-se em um horário onde a cidade já está previamente abastecida.

O CMB faz com que a água seja conduzida por meio de pressão até a ETA, para o seu posterior tratamento e em seguida seja feita a distribuição para a população.

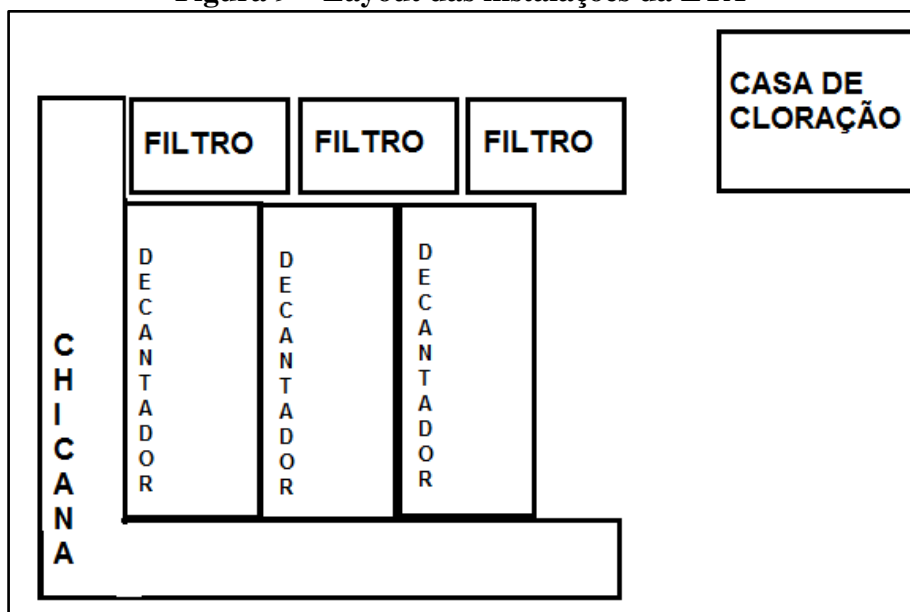
Figura 8 – Conjunto de motor bomba para captação



Fonte: Fotografia da autora.

Após captada, a água é aduzida até a ETA, por uma adutora de 3.700m de extensão e diâmetro de 300 mm.

A Figura 9 apresenta o layout das instalações da ETA, sendo ela composta pois duas chicanas horizontais, 3 decantadores, 3 filtros e 3 reservatórios e uma casa de cloração.

Figura 9 – Layout das instalações da ETA

Fonte: Elaborado pela autora.

A ETA da cidade de Pombal está localizada a uma cota de 211 m de altitude segundo o Google Earth (2018), tem uma capacidade de tratamento de 350 m³/h, e é tratada efetivamente 200 m³ de água, onde a duração média do tratamento completo é de 2 à 3h, a estação dispõe de um CMB sendo motor A e B para o recalque da água tratada até os reservatórios elevados.

O tratamento da água é feito por meio de tratamento convencional, onde na chegada da água é adicionado o sulfato de alumínio líquido, nos meses em estudo o mesmo não estava sendo utilizado visto que a água não apresentava considerável turbidez.

Em seguida a água é encaminhada para os floculadores hidráulicos (chincanas horizontais) onde o processo de coagulação é iniciado para uma maior remoção dos sólidos como mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Chicanas para auxílio da coagulação



Fonte: Fotografia da autora.

A ETA Pombal possui 3 decantadores medindo 16,45 m de comprimento por 3,30 m de largura e 4 m de profundidade como mostrado na Figura 11, onde no fundo do mesmo e centralizado dispõe de uma calha para a eliminação do lodo formado no processo de decantação.

Figura 11 - Decantadores

Fonte: Fotografia da autora.

Em seguida, a água passa por 3 filtros de fluxo descendente e de fluxo ascendente para sua limpeza, com 4 tipos de materiais com diferentes granulometrias sendo eles: carvão ativado cascalho, brita e areia fina. No planejamento da ETA, foi encontrada uma solução para que na chegada da água nos filtros seja feita de forma pacífica, que é uma calha localizada na lateral de cada filtro, evitando que as camadas sejam desfeitas como mostra a Figura 12. A lavagem dos filtros é realizada diariamente utilizando cerca de 3 a 5% da água tratada.

Figura 12 – Filtros de fluxo descendente

Fonte: Fotografia da autora.

De acordo com laudos fornecidos pela CAGEPA, água que é fornecida para a população é enquadrada dentro dos padrões de potabilidade de acordo com a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

A água após ser filtrada passa pelo processo de desinfecção onde é utilizado cerca de 2 a 3kg de cloro gasoso diariamente, e em seguida segue para os reservatórios. A ETA dispõe de 3 reservatórios sendo 2 elevados com capacidade de 250 e 300 m³ respectivamente (A e B), e um semienterrado de 800 m³ como mostra a Figura 13. Todos os reservatórios tem régua de nível no seu interior para efetuar a macromedicação.

O reservatório B é dividido em duas câmaras, sendo uma para lavagem dos filtros e outra para atender ao abastecimento juntamente com os outros dois reservatórios.

Figura 13 – Reservatórios da ETA do município de Pombal – PB



Fonte: Fotografia da autora.

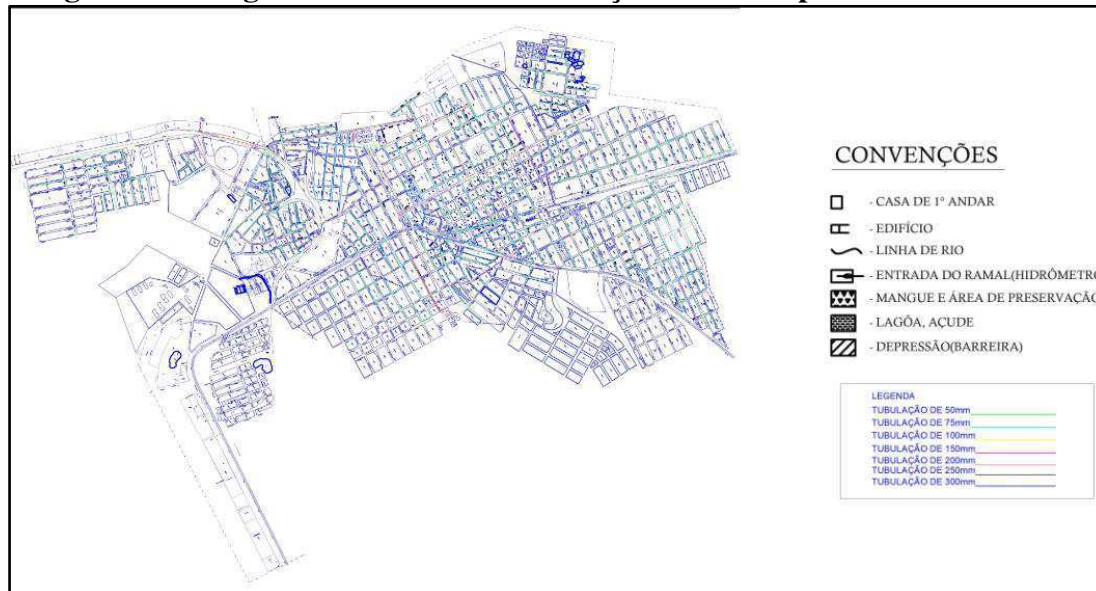
A rede de distribuição do município é composta em 40% amianto e 60% PVC, sendo ela subdivida em redes de diâmetros e extensão como mostra a Tabela 3. A distribuição de água é feita em média 27 dias/mês.

Tabela 3 – Dimensões da rede de distribuição do município

DIÂMETRO DA REDE	EXTENSÃO DA REDE
300 mm	656 m
250 mm	500 m
200 mm	2.600 m
150 mm	3.700 m
100 mm	7.000 m
75 mm	16.000 m
60 mm	30.000 m
TOTAL	60.456 m

Fonte: CAGEPA, 2018.

A rede de distribuição do município é composta por tubulações de diâmetros de 300, 250, 150, 100, 75 e 60 mm, como mostrado o diagrama da rede na Figura 14, fornecida pela CAGEPA.

Figura 14 - Diagrama da rede de distribuição do município de Pombal – PB

Fonte: CAGEPA, 2018.

5.3 Identificação dos índices de perdas no sistema

Segundo dados repassados pela CAGEPA, o sistema de abastecimento de água do município de Pombal – PB, é composto por 12.282 ligações ativas sendo destas 11.252

ligações hidrometradas. Na Tabela 4 é apresentado o número de ligações por setor na cidade de Pombal.

Tabela 4 – Número de ligações por setor

Setor	Com hidrômetros	Sem hidrômetros
Residencial	10.306	867
Comercial	758	124
Industrial	44	15
Público	144	24

Fonte: CAGEPA, 2018.

A partir desses dados, do número de ligações ativas, da extensão da rede, do volume faturado como também do volume que é esperado de perdas que é de 72.000 m³ anual, foi possível calcular os índices de perdas que foram apresentados na metodologia do presente estudo, os índices calculados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Índices de perdas na cidade de Pombal – PB

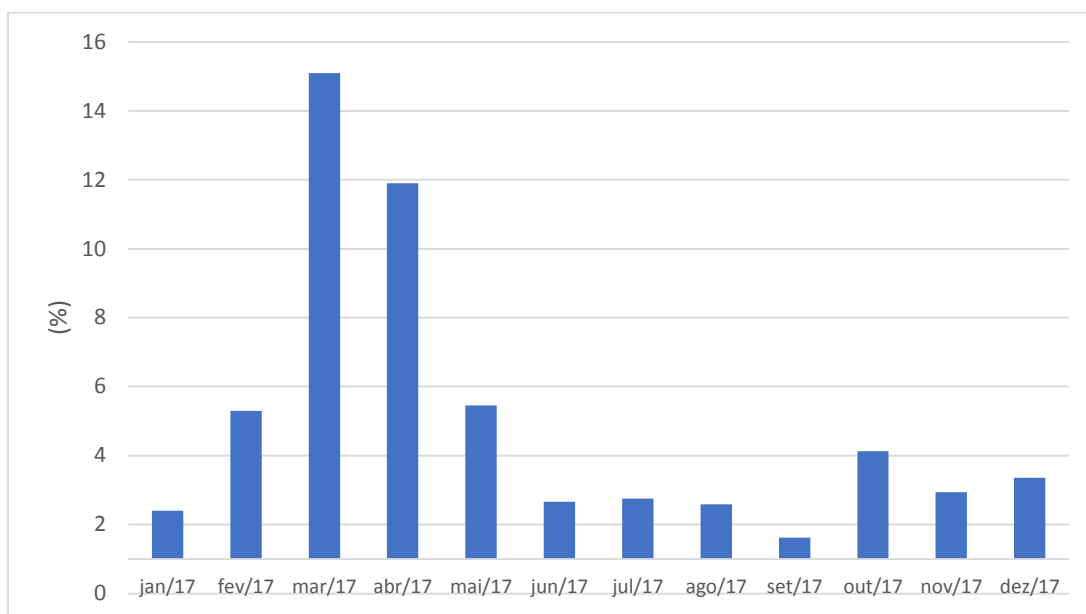
Mês(2017)	Índice percentual (%)	Índice por extensão de rede (m³/km.dia)	Índice por ligação (m³/ligação.dia)	Índice por faturamento (%)
Janeiro	2,4007	2,8120	0,0139	2,2490
Fevereiro	5,2964	5,1897	0,0256	5,0956
Março	15,0994	23,7960	0,1174	14,9474
Abril	11,8976	18,7668	0,0926	11,7458
Maio	5,4558	5,7645	0,0284	5,2696
Junho	2,6612	2,8886	0,0143	2,4920
Julho	2,7500	3,0451	0,0150	2,5895
Agosto	2,5834	3,0307	0,0150	2,4319
Setembro	1,6219	1,9706	0,0097	1,4708
Outubro	4,1305	4,5901	0,0227	3,9535
Novembro	2,9369	3,3854	0,0167	2,7599
Dezembro	3,3564	4,4144	0,0218	3,1819

Fonte: Elaborado pela autora.

No que se observa na tabela 5, é de que o valor do índice por ligação foi inferior aos demais, visto que o índice não tem uma confiabilidade considerável. O que apresentou um maior valor em relação a todos os outros foi o por extensão de ligação. O mês que apresentou uma maior perda foi março de 2017, explicado pelo fato também do aumento de ligações clandestinas.

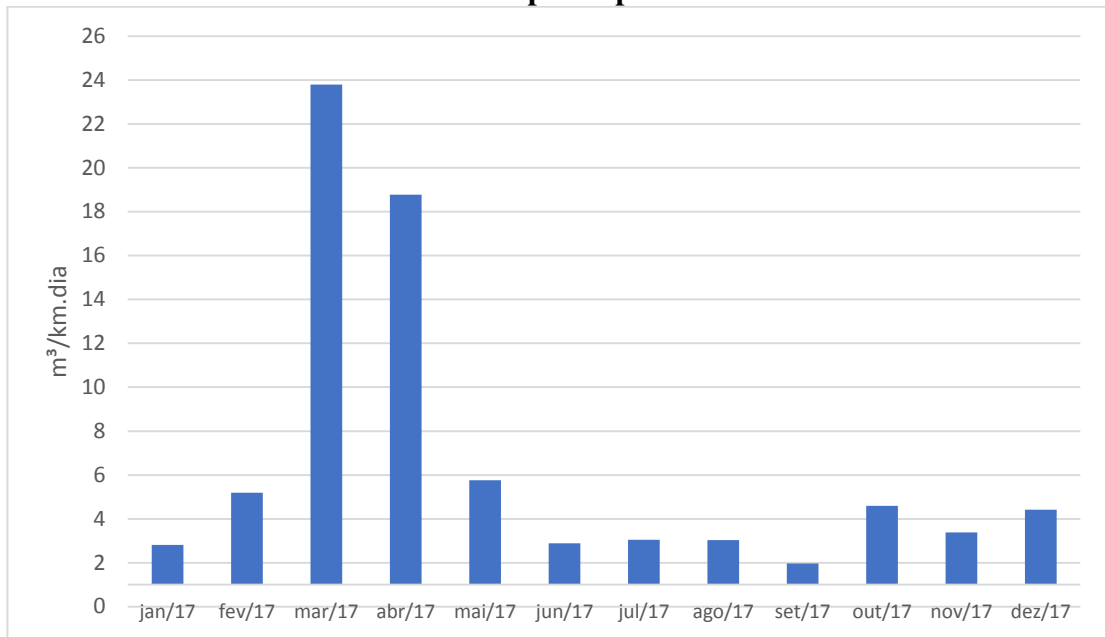
O gráfico 1 apresenta os valores do índice de perda percentual, onde o mês de março foi o que apresentou maior perda, de forma que pode-se explicar pelos aumentos dos concertos nos ramais prediais e na rede de distribuição, conforme dados fornecidos pela CAGEPA, que no mês de março foram 15 concertos na rede de distribuição e 74 nos ramais prediais.

Gráfico 1 – Índice de perda percentual



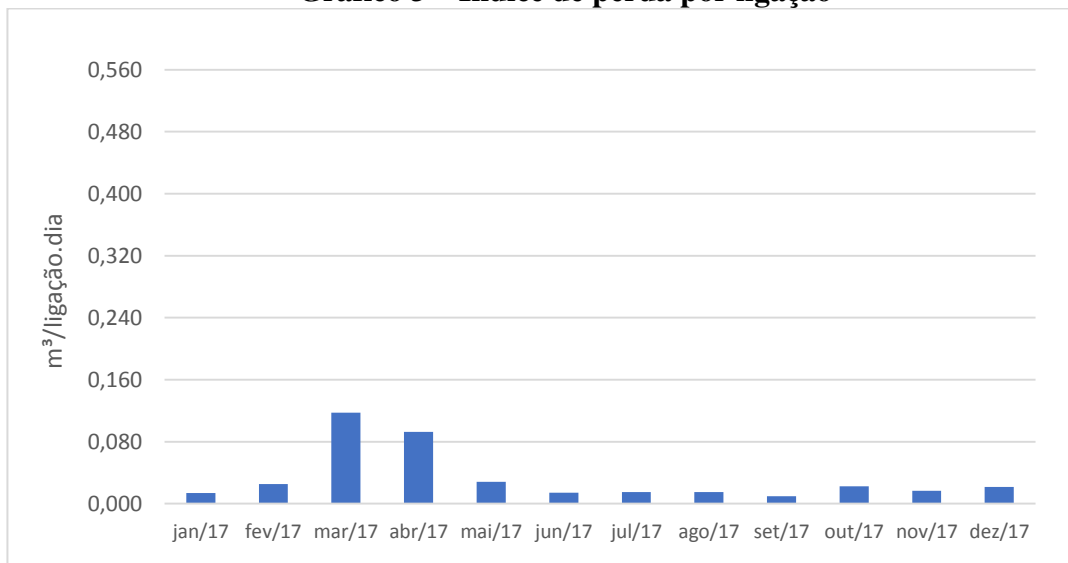
Fonte: Elaborado pela autora.

É apresentado no Gráfico 2 os valores para o índice de perda por extensão de rede, o que pode-se observar é que os meses com maior índice repetiu-se em março e abril sendo também justificado pelo aumento dos concertos, estes concertos sendo vazamentos, extravazamentos, fraudes e etc. Porém neste índice os valores são consideravelmente maiores que os de índice de perda percentual, sendo ele mais confiável explicado pelo fato de levar em consideração mais informações a respeito do sistema de abastecimento de água.

Gráfico 2 – Índice de perda por extensão de rede

Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico 3 expõe os valores calculados para o índice de perda por ligação, sendo este responsável por demonstrar as perdas diretamente nos ramais prediais, ou seja, fraudes nos hidrômetros, violação do lacre do hidrômetro bem como o fim da vida útil do mesmo, onde março apresentou os maiores valores.

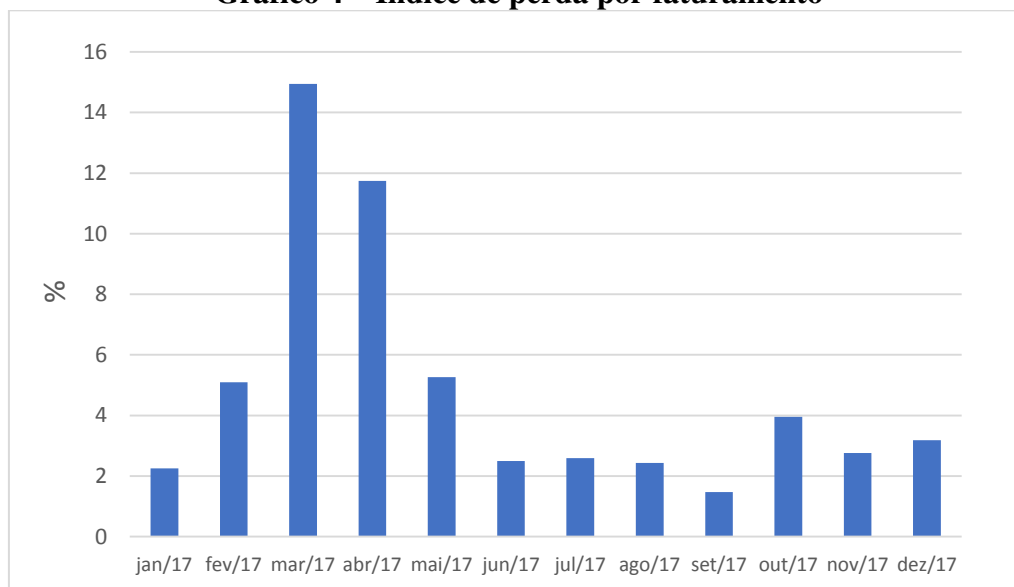
Gráfico 3 – Índice de perda por ligação

Fonte: Elaborado pela autora.

O Gráfico 4 é apresentado os valores de índice de perda por faturamento o mês de março e abril, também foram os maiores, este índice envolve tudo que a companhia de

abastecimento (CAGEPA) faturou, neste valor também leva-se em consideração a lavagem dos filtros, ou seja tudo que entro de receita na companhia este índice envolve.

Gráfico 4 – Índice de perda por faturamento



Fonte: Elaborado pela autora.

A tabela 6 apresenta os índices de perda para o ano de 2017 no sistema de abastecimento de água da cidade de Pombal, além dos índices de perda por faturamento, percentual, por ligação e por extensão de rede, inclui-se também o índice de perda por infraestrutura que é o índice atualmente mais utilizado para o dimensionamento de projetos de sistemas de abastecimento de água, de forma que ele é o mais próximo da realidade e do que se espera pela companhia de abastecimento.

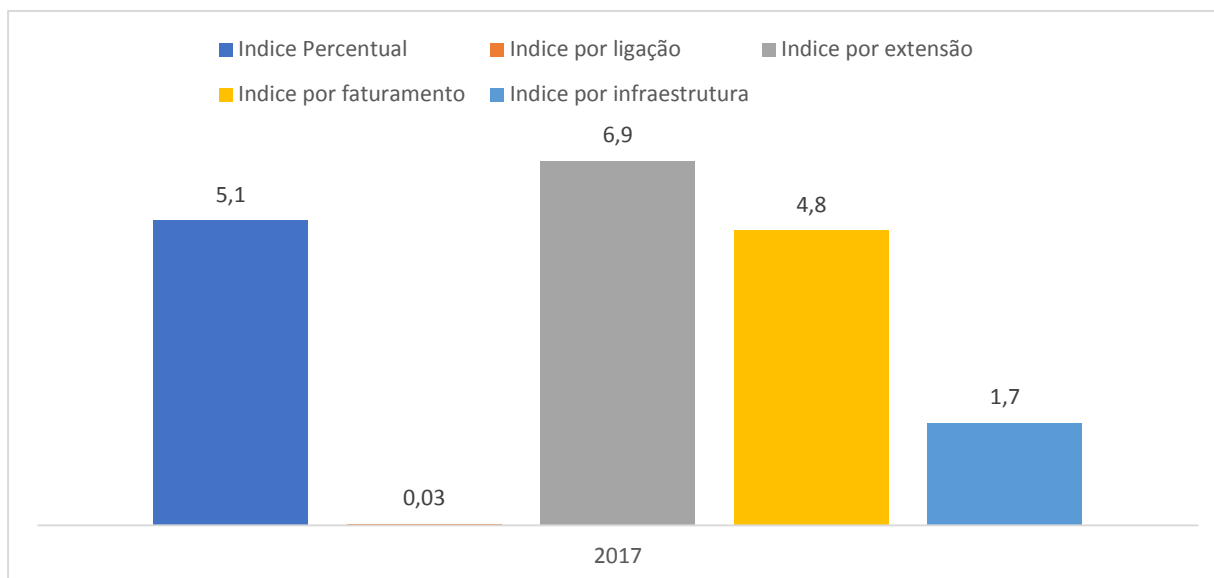
Tabela 6 – Índices de perda no ano de 2017

Índices	Valor
Índice de perda percentual (%)	5,1
Índice de perda por extensão de rede (m ³ /km.dia)	6,1
Índice de perda por ligação (m ³ /ligação.dia)	0,03
Índice de perda por faturamento (%)	4,9
Índice de perda por infraestrutura	1,7

Fonte: Elaborado pela autora.

O Gráfico 5 apresenta os índices de perdas anuais para 2017, visto que também foi calculado o índice por infraestrutura, calculado a partir do valor esperado de perdas anuais em m³.

Gráfico 5 – Índices de perdas no ano de 2017



Fonte: Autoria própria.

De acordo com os dados obtidos na pesquisa foi possível observar que os mesmos divergiram do SNIS, onde o índice de perda percentual para o ano de 2016 foi de 49,86 comparando-o com o índice aqui calculado foi de 5,1 %. Essa divergência explica-se pelo fato dos dados fornecidos pelo SNIS serem muito subjetivos deixando assim dúvidas na sua confiabilidade.

5.3.1 Causas das perdas no sistema de abastecimento

A partir dos valores de perdas no setor de abastecimento de água, é possível identificar as possíveis causas dessas perdas. As perdas reais podem ser devido de consertos na rede de distribuição mensalmente, a maioria deles são de vazamentos visíveis na adução com uma média de 13 consertos mensais. Ocorre também extravasamentos em períodos noturnos nos reservatórios, esses não são comuns.

No tocante as perdas aparentes, as mais comuns são as fraudes nos hidrômetros em que os consertos em ramais prediais ocorrem em média de 100 vezes por mês, onde no mês de julho de 2017, foram 120 consertos em ramais prediais, segundo dados da CAGEPA.

No que tange aos problemas de medição, os maiores problemas ocorrem no centro da cidade de Pombal, visto que as principais causas são pelo fato de grande parte dos hidrômetros utilizados já passar da sua vida útil que é determinada pelo fabricante, ocasionando erros na leitura bem como a submedição; danificação também dos hidrômetros pelos próprios moradores, fraudes e religações clandestinas por parte da população que está sendo abastecida; a falta de manutenção ocasionando erros na medição e também unidades sem hidrometração pagando a taxa mínima residencial.

5.4 Danos causados pela ineficiência do sistema de abastecimento

Embasando-se em relatórios operacionais fornecidos pela CAGEPA e visitas *in loco*, foi possível a identificação dos setores que são atingindo por alguns pontos de ineficiência do sistema de abastecimento.

O que constatou-se foi que nos bairros: Santo Amaro, Janduí Carneiro, Vida Nova, Vida Nova III, Vivente Alves e Altiplano II o problema encontrado foi a falta de pressão na rede para que a água chegue até as residências. Em visitas foi constatado que boa parte abastecimento é feito por meio de poços, principalmente no bairro Altiplano, onde na construção do mesmo segundo a CAGEPA, o proprietário do loteamento garantiu a construção de um reservatório setorial com capacidade de 150 m³, assim não o fez, e a CAGEPA em seus relatórios sempre solicita extensão de rede a esses bairros.

A população nesses bairros, fica praticamente sem água, e diante disso inúmeros outros problemas são causados, como a água sem o devido tratamento, oferecendo riscos de doenças de veiculação hídrica.

5.5 Propostas de baixo custo para controle e redução dos índices de perdas

Visando reduzir e controlar os índices de perdas na cidade de Pombal, é possível oferecer algumas propostas de baixo custo com resultados significantes já existentes na literatura.

No tocante as perdas aparentes as melhores alternativas são: para as ligações que não são hidrometradas recomenda-se a instalação de hidrômetros, e uma posterior fiscalização

para aumentar a hidrometração da cidade, incentivando assim o uso consciente da água; recomenda-se também a substituição dos hidrômetros antigos, cuja vida útil está encerrada, resultando na submedição, alinhando eles de forma que ao alinhamento lateral provoca submedição; melhores treinamentos para os funcionários da companhia de abastecimento com vistas na qualificação da mão-de-obra e assim reduzir gastos para a companhia e para os clientes; redução das fraudes, com as fiscalizações mais intensas evitando assim o uso irracional da água e o desperdício desse bem e complementando uma melhoria no sistema comercial, adicionando mais informações aos clientes bem como um atendimento mais rápido.

Reduzindo-se as perdas aparentes, ocorre também uma redução das perdas reais no setor, porém algumas propostas e soluções devem ser tomadas para a redução desses índices mesmo que sejam baixos. Recomenda-se o uso de válvulas redutoras de pressão nos pontos onde as pressões são mais altas como na rua Pe. Amâncio Leite, visto que se localiza logo após a ETA, esta ação irá reduzir também o rompimento de tubulações devido à alta pressão, a utilização de geofones e/ou outros aparelhos de identificação de vazamentos não visíveis, visto que são mais rápidos, sugere-se ainda a substituição de trechos da rede de distribuição com muitos reparos visto que esses geram custos, e a tubulação já danificada, pode ocorrer vazamentos com as altas de pressão.

No que tange os danos pela ineficiência do setor é sugerido que a CAGEPA, Prefeitura e o responsável pelo Loteamento Altiplano, entre em consenso para a construção de um reservatório setorial, para melhor atender a população daquele bairro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constata-se que faz-se necessário um estudo mais aprofundado do sistema de abastecimento de água de Pombal, visto que a água é um bem limitado, e o consumo per capita da população é muito alto, em média 200 L/hab.dia, após análises e visitas técnicas as unidades do sistema de abastecimento de água foi possível chegar a algumas propostas aqui apresentadas.

No que tange a caracterização do sistema, a captação é feita por tomada indireta. A mesma funciona em média 20h/dia seja reduzido o uso de água. A vazão que chega na ETA é em média de 350m³/h, e o tratamento da água levando de 2 a 3h para o ciclo completo, contando com 3 reservatórios, onde a lavagem dos filtros é feita diariamente, para fornecer uma água de melhor qualidade. Na rede de distribuição onde foram encontrados os maiores

problemas, como a grande quantidade de consertos mensais, que podem ser sanados com a ampliação da rede, e a troca de alguns trechos com muitos reparos.

Após a análise dos relatórios operacionais, foi possível calcular e indentificar as causas dos índices de perdas que no geral estão abaixo da média da Paraíba apresentando bons resultados, onde apenas no mês de março de 2017 o índice de perda percentual apresentou um valor de 15%, o índice por extensão apresentou valor de 23 m³/km.dia, o índice por extensão mostrou-se em 14%, o índice por ligação ficou muito abaixo da média sendo ele desconsiderado para comparação entre os outros, o cálculo também foi realizado anualmente onde o índice de perda percentual do município ficou em 5,1%, apresentando assim um baixo índice e um bom resultado, o índice por ligação também foi desconsiderado por ficar abaixo da média, o índice por extensão ficou em 6,086 m³/km.dia, o índice por faturamento apresentou 4,9%, assim como foi calculado o índice de perda estrutural que mostrou-se abaixo da média num valor de 1,7.

Observa-se também uma discrepância entre os valores apresentados pelo SNIS, visto que para o ano de 2016 o valor apresentado foi de 49,68% no índice de perda percentual, vale salientar que os índices calculados nesse trabalho, foram realizados por meio de relatórios fornecidos pela CAGEPA.

Por fim, foram elaboradas propostas para a redução e controle de perdas e danos sociais ao município, tendo em vista a melhor solução para os índices de perdas, diminuído assim o desperdício e uso irracional da água. Para um maior aprofundamento deste estudo, seguerem-se campanhas de educação ambiental, principalmente, no que tange a água e esgoto, e ainda uma parceria entre CAGEPA e a UFCG/Pombal com o intuito de troca de conhecimentos e uma maior eficiência do sistema de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas Brasil, Abastecimento Urbano de Água**. Brasília: ANA, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Fatos e Tendências: Água**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2> Acesso em: 20 fev. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Sistema hídrico curema mãe d'água e rios Piancó e Piranhas**, 2017. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/acudes-do-semiarido/sistema-hidrico-curema-mae-dagua-e-rios-pianco-e-piranhas-saiba-mais>> Acesso em: 14 maio, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos – 2017**. Brasília, 2017.

ALEGRE, H. et al. **Performance indicators for water supply service**. IWA Publishing, 2000.

ARAÚJO, S. C. et al. **Espacialização dos serviços básicos de saneamento na zona rural do município de Pombal – PB**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v. 11, n.3, p.122-130, jul-set, 2016.

ARREGUI F. J. et al. **Quantification of Meter Errors of Domestic Users: A Case Study, Water Loss Seminar 2007**. Bucarest, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.218/1994: Projetos de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. 1ª edição. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimentos de Água**. São Paulo, 2015.

BRASIL. Lei 9.433, 09 de Janeiro de 1997. “Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da CF, e altera o artigo 1º da Lei 8001 de 13/03/1990 que modificou a Lei 7.990, de 28/12/1989”. **Diário Oficial da União**, 09 de janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água, um recurso cada vez mais ameaçado**. Brasília: MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910> Acesso em: 15 jan, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno setorial de recursos hídricos: saneamento**. Brasília: MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao23022011031657> Acesso em: 15 jan, 2018.

DALMAS, R. R. O. **Sistema de Abastecimento de Água Estudo de Caso: Redentora – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2012.

DI BERNARDO, L; DI BERNARDO, A. ; CENTURIONE, P. L. . **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: Rima, 2003.

FERRAZ, G. S. **Diagnóstico do Abastecimento de Água na Zona Urbana do Município de Morro Redondo – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de Saneamento.** 4ª Ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimentos de Água.** Brasília, 2014.

FUNDAÇÃO PARA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA – FUNDACE. **Perdas de água: Entraves ao avanço do saneamento básico e riscos de agravamento à escassez hídrica no Brasil.** Ribeirão Preto, SP, 2013.

GOMES, R. A.. **Proposta de Implantação de Sistema de Tratamento de Efluentes na Cidade de Igaracy – PB.** 2018. 55 pgs. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2018.

GOMES, U. A. F. **Água em Situação de Escassez: Água de Chuva para Quem?.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

GONÇALVES, K. O; FERNANDES, L. L; TEIXEIRA, L. C. G. M. **Diagnóstico do Serviço de Abastecimento de Água na Percepção do Usuário no Município de Bacarena – Para.** Revista Monografias Ambientais. v 14, p. 20-25, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/Pombal/panorama>> Acesso em: 06 mar. 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Os grandes desafios do avanço do Saneamento Básico no Nordeste brasileiro.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/os-grandes-desafios-do-avanco-do-saneamento-basico-no-nordeste-brasileiro>> Acesso em: 05 maio. 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento Básico na Região Nordeste.** Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-basico-na-regiao-nordeste>> Acesso em: 27 fev. 2018.

- JUNIOR, J. V. F. **Custo da água com vistas à sustentabilidade dos sistemas urbanos de abastecimento**. 2008. 170 fls. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.
- MARINHO, L. S; SANTOS, C. A. G. **Diagnóstico do setor de abastecimento de água em áreas rurais no Estado da Paraíba**. Revista Econômica do Nordeste. V.42, p 861-871, 2011.
- MELO, C. A. **Simulação do uso de cisterna calçadão para atendimento de comunidades rurais em Pombal – PB**. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13, Aracajú – SE, 2016.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 de dezembro de 2011.
- PNCDA. Programa Nacional de Combate ao Desperdício – **Documento de Apoio Técnico - DTA A2. 2004. Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água**. Versão Preliminar para Discussão. Brasília: Ministério das Cidades, 2004.
- REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003.
- REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXYENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL – ReCESA. **Abastecimento de Água: Gerenciamento de Perdas de Água e Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento: Guia Profissional em Treinamento: nível 2** – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Salvador, 2008.
- RODRIGUES, T. L. **Diagnóstico do Sistema de Abastecimento do Município de Riachão do Bacamarte – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- SILA, F. B. **O sistema de Abastecimento d'água da Cidade de Santa Rita – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.
- SILVA, A. C. N. **Panorama de Perdas em Sistema de Abastecimento de Água no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília – DF, 2018.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos do município de Pombal - PB**. Brasília, DF, 2016.
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 3ª Edição, 2006.
- UM GLOBAL COMPACT. **Menos perda mais água**. Campinas, SP, 2017.

UN WATER. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Brasil, 2016.