

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS SERTÃO

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME RODRIGUES DE OLIVEIRA ALMEIDA

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE PERDAS DE ÁGUA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO
DA ZONA URBANA DE INHAPÍ/AL E POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA OS
PROBLEMAS DETECTADOS**

DELMIRO GOUVEIA – AL

2022

GUILHERME RODRIGUES DE OLIVEIRA ALMEIDA

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE PERDAS DE ÁGUA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO
DA ZONA URBANA DE INHAPÍ/AL E POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA OS
PROBLEMAS DETECTADOS**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Alagoas –
UFAL, Campus Sertão, como requisito
parcial a obtenção de título de Bacharel
em Engenharia Civil.**

**Orientador (a): Prof. M.e Antonio Pedro de
Oliveira Netto**

DELMIRO GOUVEIA – AL

2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

A447a Almeida, Guilherme Rodrigues de Oliveira

Análise dos índices de perdas de água na rede de distribuição da zona urbana de Inhapi/AL e possíveis soluções para os problemas detectados / Guilherme Rodrigues de Oliveira Almeida. - 2022.

52 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Antônio Pedro de Oliveira Netto.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2022.

1. Sistema de distribuição de água. 2. Perdas de água. 3. Balanço hídrico. 4. Recursos hídricos. 5. Inhapi – Alagoas. I. Oliveira Netto, Antônio Pedro de. II. Título.

CDU: 644.6



Universidade Federal de Alagoas

FOLHA DE APROVAÇÃO

GUILHERME RODRIGUES DE OLIVEIRA ALMEIDA

ANÁLISE DOS ÍNDICES DE PERDAS DE ÁGUA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DA ZONA URBANA DE INHAPÍ/AL E POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS DETECTADOS

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado ao departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 16 de maio de 2022

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente



Antonio Pedro de Oliveira Netto
Data: 25/05/2022 23:05:48-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

ANTONIO PEDRO DE OLIVEIRA NETTO

LUCAS DA SILVA TEIXEIRA

Documento assinado digitalmente



THIAGO ALBERTO DA SILVA PEREIRA
Data: 24/05/2022 07:54:54-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

THIAGO ALBERTO DA SILVA PEREIRA

Esse trabalho é dedicado aos meus amigos e familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram na minha caminhada para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Gostaria nesse primeiro momento de agradecer ao Pai Celestial, por me garantir resiliência e temperança durante toda essa minha jornada acadêmica, por ter me segurado em momentos de fraqueza e ter me permitido chegar até esse momento.

Aos meus familiares, que me destinaram o suporte e afeto necessários durante toda a minha existência, por sempre acreditarem em mim e por sempre me encorajarem a buscar os meus sonhos.

Ao meus amigos de Delmiro Gouveia, Bruno, Neto e Júlio que tornaram mais leve toda a minha história nessa cidade, por terem me abraçado como um de seus familiares e terem me fortalecido quando eu mais precisei.

Aos meus amigos de Penedo, Jamille, Michael, Maxylene, Estefany, Ericka e Lyrian que me acompanharam durante toda minha juventude, me proporcionando momentos ímpares e que torcem por mim de qualquer lugar onde estejam.

Aos meus amigos de Maceió, Hélio e Karol que tornam minha rotina mais divertida e me permitem vivenciar bons momentos durante minha residência na cidade.

Neste momento, gostaria também de fazer alguns agradecimentos especiais a pessoas que foram de extrema importância para este trabalho de conclusão de curso.

Às minha duas amigas de faculdade, que foram literalmente meu sustento durante os últimos períodos da graduação, Karla e Thauany, deixo aqui meus sinceros agradecimentos pela generosidade de ambas.

Ao meu amigo já citado anteriormente, Bruno Santos, que faço questão de agradecer novamente, desta vez por me ajudar durante esses últimos momentos de ajustes do meu trabalho e por ser um fiel companheiro de jornada.

À minha namorada Marília, que durante esses últimos anos vem sendo meu combustível para seguir à frente me doando seu carinho e apoio incondicional em todas as minhas escolhas.

À minha amiga Jamille, que também já citada anteriormente, merece meus profundos agradecimentos por todo cuidado com meu bem-estar e por sempre estar à disposição nos meus momentos de fragilidade.

Ao meu irmão Gustavo, que divide o mesmo teto e desde sempre esteve ao meu lado compartilhando todos os meus bons e maus momentos, me mostrando o verdadeiro significado de ser irmão.

Ao meu primo Thiago, que tenho como outro irmão, por durante esses últimos anos ter me dado todo auxílio e aparato necessário para meu momento de desenvolvimento intelectual.

Ao meu supervisor de estágio e amigo Lucas Teixeira, que foi o responsável por me incentivar a essa jornada, que foi desde a escolha do tema do trabalho até os ajustes finais, que além de todo auxílio a mim prestado me serve grande exemplo como pessoa e profissional.

Ao meu orientador Antônio Netto, que foi mais além da orientação do trabalho e me guiou durante todo esse processo de conclusão, deixo aqui meus sinceros agradecimentos e admiração que guardo desde os momentos de sala de aula.

RESUMO

Cada vez mais as demandas de água introduzem novos desafios para os sistemas de distribuição de água, visto que atrelado ao desenvolvimento da humanidade as exigências de quantidade e qualidade de água crescem proporcionalmente. Nesse contexto, a preocupação com esse recurso vem assumindo prioridade na vida das pessoas e com isso surge a necessidade de proteção desse bem natural. Assuntos como o combate às perdas de água são de extrema importância para o desenvolvimento da eficiência dos sistemas de distribuição. No Brasil, os índices de perdas assumem valores consideráveis e ao adentrar em seu território pode-se perceber a necessidade de sistemas minimamente eficientes para atender a demanda básica de água da população. Na cidade de Inhapí, no estado de Alagoas, a companhia distribuidora enfrentava sérios problemas referente a perdas de água e para a decisão de qualquer medida mitigadora se fazia necessária a estimativa e caracterização dessas perdas. Foi encontrado, para o ano de estudo, uma média de perdas na distribuição de 19.229,75 m³, onde desse volume aproximadamente 58,16% destinavam-se às perdas reais e 41,84% às perdas aparentes. Com isso, a partir do estudos comparativos que permitiram estimar, caracterizar e hierarquizar, por meio de balanço hídrico comparativo, as perdas do sistema estudado. Concluiu-se que, devido a maior parte das perdas serem ocasionadas por vazamentos, a companhia necessitaria de um melhor processo de acompanhamento associado a dispositivos que lhes permitissem mais celeridade na descoberta desses vazamentos, a fim de corrigi-los.

Palavras-chave: Sistema de distribuição de água; perdas de água; vazamentos; balanço hídrico.

ABSTRACT

Increasingly, the demands of water introduce new challenges to the water distribution system, as the requirement of quantity and quality rise proportionally, attached to the mankind development. In this regard, the concern with this resource has been assuming a position of priority in people's lives and, thus, emerge the need of protection of it. Subjects such as the water loss prevention are extremely important to develop the efficiency of distribution systems. In Brazil, the loss rate reaches considerable values and, going inside the territory, it can be noticed the necessity of minimally efficient systems to attend the basic water demand of the population. In the city of Inhapi, located in Alagoas, the distributor company faced several problems related to water loss, and to decide to any measure in order to mitigate the referred loss, it was necessary to estimate and characterize them. It was found, in the year of study, an average of losses in the distribution of 19,229.75 m³, where of this volume approximately 58.16% was destined to real losses and 41.84% to apparent losses. So, with comparative studies, through a hydric balance, was allowed to estimate, characterize and hierarchize the water loss. Therefore, the conclusion was that the company, due to the most water loss be caused by leakage, would need a better assistance combined to devices which enables more celerity to discover the leaks.

Keywords: Water distribution system; water loss; leakage; hydric balance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Custo total decorrente de perdas de água.	17
Figura 2 – Tipos de Vazamentos na Rede de Distribuição de Água.....	20
Figura 3 – Componentes de Perdas Aparentes e Ações de Combate.....	21
Figura 4 – Balanço Hídrico, modelo IWA, em apoio à definição do conceito de perdas de água.....	23
Figura 5 – Mapa de Localização do Município de Inhapí - AL	26
Figura 6 – Planta Esquemática Geral do Município de Inhapí-AL.....	27
Figura 7 – Curva de Tendência para os Meses Não Contabilizados.	38
Figura 8 – Mapa situacional de ligação do ano de 2020	40
Figura 9 – Mapa situacional de ligação do ano de 2022	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores Operacionais dos Estados do Nordeste.	14
Tabela 2 – Caracterização das perdas reais.	19
Tabela 3 – Caracterização do Método de Vazões Mínimas Noturnas.	25
Tabela 4 – Diagnóstico de Perdas Mensais.	30
Tabela 5 – Índices de Perdas	32
Tabela 6 – Comparativo Territorial.....	34
Tabela 7 – Classificação de Perdas de Águas Mornas	35
Tabela 8 – Quadro Comparativo Para os Tipos de Perdas.....	35
Tabela 9 – Balanço Hídrico do Sistema de Distribuição de Água de Inhapí.....	36
Tabela 10 – Contabilização Parcial das Perdas por Fraudes.....	37
Tabela 11 – Contabilização Total das Perdas por Fraudes.....	38
Tabela 12 – Comparativo entre Percentuais Estimado e Calculado	39
Tabela 13 – Contabilização de Valores não Arrecadados.....	42
Tabela 14 – Contabilização de Valores não Arrecadados.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas
IATA	Índice de Atendimento Total de Água
ICA	Índice de Consumo de Água
CMPC	Consumo Médio Per Capta de Água
IPD	Índice de Perdas na Distribuição
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
IWA	Internatioinal Water Association
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GSAN	Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1.	Objetivo Geral	12
1.2.	Objetivos Específicos.....	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1.	Situação de Distribuição de Água no Nordeste.....	13
2.2.	Situação de Distribuição de Água em Alagoas	15
2.3.	Perdas em um Sistema de Abastecimento	15
2.4.	Tipos de Perdas.....	16
2.4.1.	Perdas Reais.....	18
2.4.2.	Perdas Aparentes	20
2.5.	Métodos para Quantificação de Perdas	22
3.	METODOLOGIA	26
3.1.	Área de Estudo	26
3.2.	Coleta de Dados	28
3.3.	Processamento dos Dados.....	28
3.4.	Criação do Mapa Temático.....	28
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1.	Diagnóstico Mensal de Perdas	29
4.2.	Balanço Hídrico.....	33
4.3.	Contabilização de Fraudes	36
4.4.	Comparativo de Demandas de Água.....	39
4.5.	Impacto Financeiro Gerado Pelas Perdas.....	42
5.	CONCLUSÃO	44
6.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

O uso de água, ao longo dos anos, foi se tornando mais diversificado e com padrões de consumo mais exigentes, em quantidade e qualidade. O desenvolvimento da humanidade e suas culturas passou a necessitar, para a sua garantia de sobrevivência, mais segurança no suprimento de água e com isso um suporte tecnológico maior. Segundo Tsutiya (2006), devido a necessidade da sociedade por água em quantidade e necessidade adequadas, uma das prioridades das populações é o atendimento por sistemas de abastecimento de água.

No Brasil, mesmo tendo uma considerável parcela da água doce disponível no mundo, existe uma grande problemática no que se trata a sua distribuição. Isso impacta diretamente na gestão desse recurso, pois necessita de um controle e proteção eficiente para que as demandas de consumo sejam devidamente atendidas. As disparidades de concentração de água no país ficam mais evidentes com os dados trazidos por Bernardo e col. (2017), onde no Brasil está concentrada cerca de 8% de toda água doce disponível no mundo, onde dessa porcentagem 80% estão localizadas na Amazônia que contem 5% da população do país, enquanto os 95% da população dispõe de somente 20% dessa água.

Tendo em vista que a maior parte do território brasileiro dispõe apenas de 20% de toda água doce do país, as companhias distribuidoras devem assumir uma responsabilidade no que se trata ao combate às perdas desse recurso. Esse conceito de perdas vai mais adiante do que apenas a água tratada que não chegou ao uso final, mas também o produto que foi entregue e, por alguma ineficiência, não foi faturado.

De maneira geral, o Brasil apresenta um índice de perdas de água bastante elevado, mesmo que seja aparente a redução desses números nos últimos anos. Quando comparados a outros países é notável um grande espaço para mudanças nesses itens, pois segundo a ABES (2013), cidades da Alemanha e do Japão possuem 11% e da Austrália possuem 16%, enquanto no Brasil os índices de perdas foram contabilizados em 38,8% em 2004.

A realização do presente trabalho foi motivada por uma análise no sistema de abastecimento de água da CASAL (Companhia de Saneamento de Alagoas), na

cidade de Inhapí no estado de Alagoas, onde tal sistema apresentava uma série de dificuldades quanto ao combate às perdas de água, gerando perdas consideráveis de água potável quanto prejuízos para a companhia.

Com isso, o presente trabalho visa contribuir positivamente com conhecimentos relativos a avaliações e classificações das perdas do sistema em questão trazendo propostas para mitigação do problema, como também auxiliar os profissionais que atuam na área, abordando métodos capazes de facilitar o entendimento e atuação mediante a situações similares.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar e classificar quais os tipos de perdas incidentes no sistema de abastecimento de água da cidade de Inhapí e propor a utilização de possíveis alternativas para a redução dos problemas.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar, dentre os tipos de perdas estudadas, quais estão presentes no sistema em questão;
- Identificar técnicas e métodos de mitigação necessárias para os problemas de perdas;

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Situação de Distribuição de Água no Nordeste

Nas últimas décadas, a pressão sobre a utilização dos recursos hídricos vem se intensificando, e a preocupação que antes referia-se apenas a aspectos quantitativos sofreu alterações, passando a vigorar também no que se refere à qualidade deste recurso (BARBOSA et al., 2016). No Brasil, foi instituído, em 1997, o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) por meio da Lei nº 9.433, sendo um dos objetivos assegurar as gerações atuais e futuras a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para cada uso (BRASIL, 1997).

Nesse contexto, ações de saneamento básico, como o acesso aos serviços de abastecimento de água, são indispensáveis para a melhoria da qualidade de vida da população e fundamentais para garantir a conservação do meio ambiente (BARBOSA et al., 2016).

Segundo Araújo e col. (2016), para se conhecer a real situação do desempenho dos serviços de abastecimento de água na região nordeste se faz necessário avaliar indicadores operacionais desses sistemas, tais como: o índice de atendimento total de água (IATA), o índice de consumo de água (ICA), consumo médio per capita de água (CMPC) e o índice de perdas na distribuição (IPD). Na tabela 1 pode-se observar o panorama desses indicadores para cada estado da região.

Tabela 1 – Indicadores Operacionais dos Estados do Nordeste.

	ALAGOAS	BAHIA	CEARÁ	MARANHÃO	PARAÍBA	PERNAMBUCO	PIAUÍ	RIO GRANDE DO NORTE	SERGIPE
ÍNDICE DE ATENDIMENTO TOTAL DE ÁGUA (IATA) (%)	60 - 70	60 - 70	50 - 60	40 - 50	70 - 90	60 - 70	60 - 70	70 - 90	70 - 90
ÍNDICE DE CONSUMO DE ÁGUA (ICA) (%)	55 - 65	55 - 65	55 - 65	35 - 45	55 - 65	45 - 55	45 - 55	35 - 45	35 - 45
CONSUMO MÉDIO PER CAPITA DE ÁGUA (CMPC) (L/hab/dia)	100	110	130	140	125	105	145	115	120
ÍNDICES DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO (IPD) (%)	30 - 50	30 - 50	30 - 50	60 - 70	30 - 50	50 - 60	50 - 60	50 - 60	60 - 70

Fonte: Autor, adaptado de Araújo (2016).

Ainda segundo Araújo e col. (2016), apesar dos estados apresentarem um desempenho geral considerado satisfatório no que se refere ao índice de atendimento de água, existe uma desproporcionalidade da cobertura do serviço entre os estados avaliados. Com isso, foi também avaliado que as perdas de água na distribuição foi o principal problema detectado, visto que as perdas geram danos à economia, à sociedade e ao meio ambiente, o que implica que os prestadores de serviços necessitam atuar incisivamente no combate efetivo das perdas de água.

2.2. Situação de Distribuição de Água em Alagoas

O estado de Alagoas faz parte do Nordeste brasileiro, tendo como divisa os estados de Pernambuco, Sergipe e Bahia. Também possui uma das menores unidades federativas do país, segundo Garcia e Ortiz (2020), o estado é movido economicamente principalmente pelo turismo e a extração e refino do petróleo, o que implica em uma demanda de consumo de água elevada. O território possui uma área de 27.778 Km² onde vivem 3.337.357 pessoas, resultando 120,14 habitantes por quilometro quadrado, sendo o quarto estado com maior densidade demográfica do Brasil, o que por sua vez necessita de um sistema de distribuição minimamente eficiente devido a sua grande concentração de pessoas por quilômetro quadrado.

Quando se analisa a situação de perdas de água a nível estadual, Alagoas apresenta números ainda mais expressivos visto que essas perdas não se trata apenas do volume de água tratada que não chegou ao uso final, mas também o que não foi faturado. Segundo o SNIS (2021), o estado apresentou cerca de 30% de perdas em seus sistemas de distribuição. No que se refere as perdas por faturamento e por ligação esses números são ainda mais alarmantes, chegando a patamares de cerca de 53% para faturamento, sendo maior que a média regional, que é de 41,7%, e em 282 litros de água por ligação diária.

2.3. Perdas em um Sistema de Abastecimento

As perdas de água em sistemas de abastecimento correspondem aos volumes não contabilizados, incluindo os volumes não utilizados e os volumes não faturados. Tais volumes distribuem-se em perdas reais e perdas aparentes, sendo tal distribuição de fundamental importância para a definição e hierarquização das ações de combate às perdas, e para a construção dos indicadores de desempenho (HELLER e PÁDUA, 2010).

O conhecimento acerca das perdas é de total importância também para a manutenção de um sistema de distribuição, visto que para saber a quantidade de água necessária para abastecer uma comunidade, é essencial estimar as perdas reais de

modo que seja somada a demanda real. Para Gomes (2009), na quantificação da vazão necessária para abastecer um sistema é essencial levar em conta as perdas reais de água, ou fugas, que ocorrem continuamente em todo sistema e que vão contribuir para aumentar a demanda bruta.

Em uma pesquisa realizada por Santos e Montenegro (2014), foi visto que a maior causa dessas perdas elevadas é devido à falta de planejamento integrado entre as diversas áreas das distribuidoras, de modo que os problemas não são apenas do setor de engenharia, mas também nos setores de recursos humanos, comunicação, contabilidade, controle financeiro, mobilização social e educação. Esses números elevados são reflexos de uma infraestrutura deficiente, má qualidade de materiais e de uma deficiente gestão dos sistemas.

Segundo Freitas (2020), o combate às perdas de água está acontecendo de forma mais incidente em algumas cidades brasileiras devido ao fato de possuírem um déficit em recursos hídricos. Segundo os parâmetros da SNIS, para ser considerada uma cidade em excelência no controle de perdas, esta não poderá ultrapassar o valor de 15%. No Brasil, a contabilização de perdas em 2018 foi de 37,06%, sendo um pouco melhor que em 2017 com seus 39,21%. Quando se olha mais a fundo os resultados, é possível observar em alguns pontos, como as perdas na rede de distribuição, uma melhoria tímida de apenas 0,16% entre os anos de 2017 e 2018.

2.4. Tipos de Perdas

Para Heller e Pádua (2010), para o gerenciamento das perdas é necessário um conhecimento suficiente para identificá-las e quantificá-las corretamente, que será imprescindível para implementação de ações de combate. Por isso a caracterização dos tipos de perdas se torna uma ferramenta essencial para qualquer medida mitigadora.

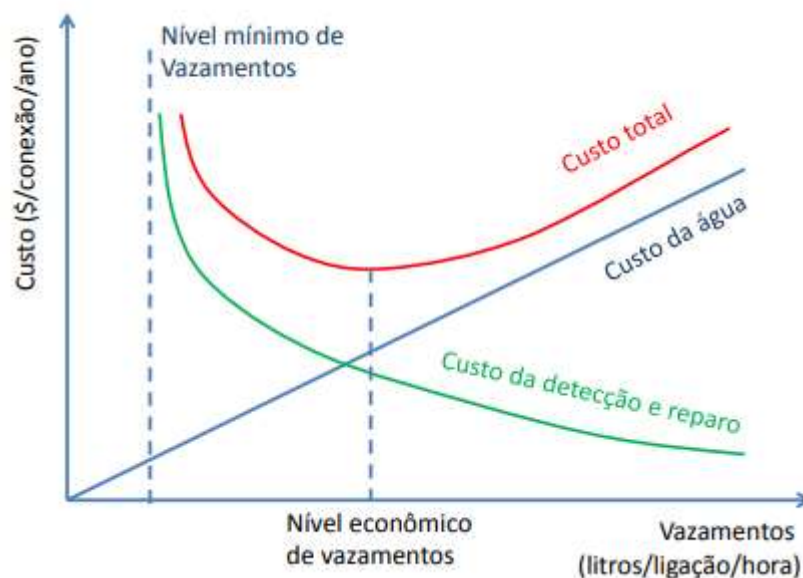
Até alguns anos atrás, a avaliação das perdas era distinta em cada país, ou mesmo em cada companhia de saneamento em um mesmo país. A International Water Association (IWA) procurou padronizar o entendimento dos componentes dos usos da água em um sistema de abastecimento através de uma matriz que representa

o Balanço Hídrico, onde se inserem os dois tipos de perdas relatados. O conjunto de perdas físicas e de perdas de faturamento (ABES 2013).

Outro elemento importante também, segundo a ABES (2013), é a variação da abordagem econômica para cada tipo de perda. Para as perdas reais recaem os custos de produção e distribuição da água e para as perdas aparentes os custos de venda da água no varejo.

Segundo a ABES (2013), outra importante contribuição da IWA foi definir dois limites para os volumes das perdas em um sistema. Um limite econômico, a partir do qual se gasta mais para reduzir as perdas do que o valor intrínseco dos volumes recuperados. E um limite técnico, definido pelo alcance das tecnologias atuais dos materiais, ferramentas, equipamentos e logísticos, ou, em outras palavras, nunca haverá perda zero, sempre teremos que conviver com algum volume perdido, por mais bem implantado e operado que seja o sistema de abastecimento. Esses limites para os volumes das perdas ficam evidentes na figura 1 mostrada abaixo.

Figura 1 – Custo total decorrente de perdas de água.



Fonte: Control and mitigation of drinking water losses in distribution systems (2010)

2.4.1. Perdas Reais

Perda física corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, devido a ocorrência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamento em reservatórios setoriais. De acordo com a nova nomenclatura definida pela IWA, esse tipo de perda denomina-se “perda real” (TSUTIYA 2006).

As perdas reais correspondem aos volumes decorrentes de vazamentos e extravasamentos nas unidades do sistema, desde a captação até a distribuição, mais os volumes utilizados de forma inadequada na operação de tais unidades, provocando consumos superiores ao estritamente necessário, dentre esses últimos destacando-se a descarga para a limpeza de rede de distribuição e a lavagem de filtros em estações de tratamento de água (HELLER e PÁDUA, 2010).

Em relação as perdas reais, segundo Tsutiya (2006), dois pontos de extrema importância devem ser colocados, um referente a conservação dos recursos naturais, pois quanto menor for a vazão perdida no sistema, menor é a necessidade de explorar ou ampliar captações de água, reduzindo impacto ambiental. O outro diz respeito a saúde pública, pois por existir vazamentos na rede de distribuição, qualquer despressurização do sistema, seja por manutenção ou não, pode levar a contaminação da água pela entrada de agentes nocivos pela tubulação. A tabela 2 nos mostra uma caracterização detalhada das perdas reais e seus impactos.

Tabela 2 – Caracterização das perdas reais.

ITEM	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL
	PERDAS REAIS
TIPO DE OCORRÊNCIA MAIS COMUM	VAZAMENTO
CUSTOS ASSOCIADOS AO VOLUME DE ÁGUA PERDIDA	CUSTO DE PRODUÇÃO DA ÁGUA TRATADA
EFEITO NO MEIO AMBIENTE	DESPERDÍCIO DE RECURSOS NATURAIS
	MAIORES IMPACTOS AMBIENTAIS DEVIDO À NECESSIDADE DE AMPLIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DOS MANANCIAIS
EFEITO NA SAÚDE PÚBLICA	RISCOS DE CONTAMINAÇÃO
PONTO DE VISTA EMPRESARIAL	PERDA DO PRODUTO "INDUSTRIALIZADO"
PONTO DE VISTA DO CONSUMIDOR	IMAGEM NEGATIVA DA EMPRESA, ASSOCIADO AO DESPERDÍCIO E INEFICIÊNCIA
EFEITOS FINAIS NO CONSUMIDOR	REPASSE DOS CUSTOS À TARIFA
	DESINCENTIVO AO USO RACIONAL DA ÁGUA

Fonte: Tsutiya (2006).

Para a International Water Assossiation (IWA), existe uma classificação de três tipos de vazamentos em uma rede de distribuição de água. A figura 2 apresenta os tipos de vazamentos e as respectivas ações para melhoria do sistema.

Figura 2 – Tipos de Vazamentos na Rede de Distribuição de Água.



Fonte: FUNASA (2014).

2.4.2. Perdas Aparentes

Para a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), as perdas aparentes correspondem aos volumes de água que são consumidos e não são contabilizados pela companhia, sendo mais frequentes devido a irregularidades como os “gatos”, que são ligações clandestinas de água, e as submedições dos hidrômetros.

A “perda de água comercial” ou “aparente” acontece quando, apesar da distribuição de água atingir o consumidor final, o produto não é cobrado adequadamente, tanto por problemas técnicos na medição dos hidrômetros quanto por fraude do consumidor (PAULI 2015).

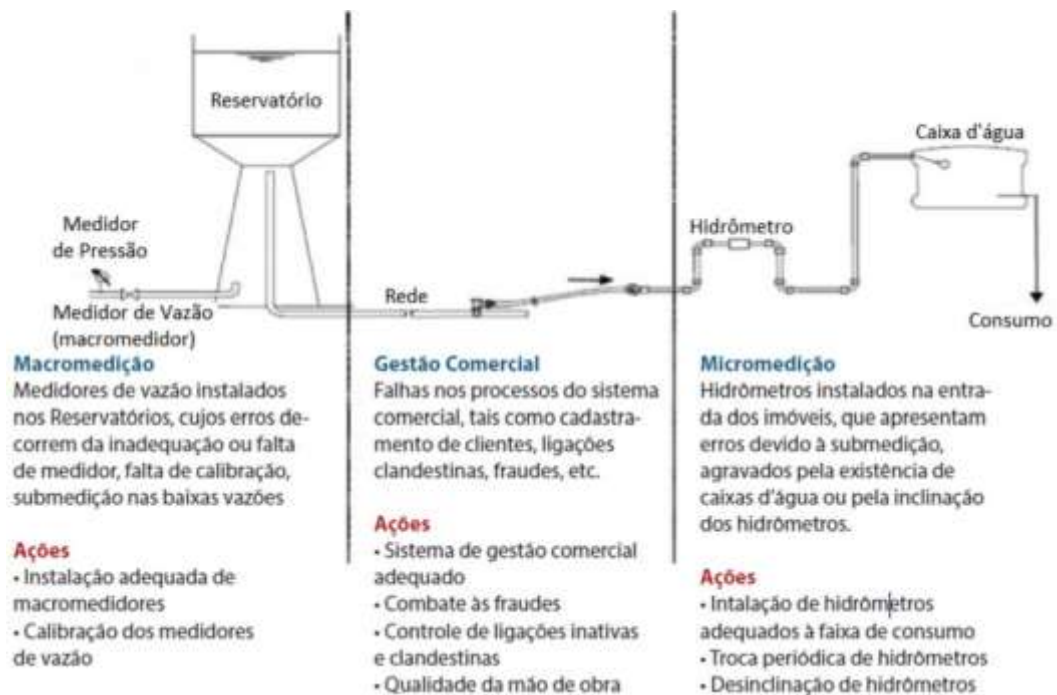
Em uma pesquisa realizada por Freitas (2020), existem vários tipos de fraudes em um sistema de distribuição, as mais comuns são ligações clandestinas, inclinação

nos medidores, furo no visor do hidrômetro, inversão no hidrômetro e inserção de objetos na engrenagem do medidor.

Em relação aos tipos de fraudes citadas anteriormente, para poder identificá-las a distribuidora deve contar com uma equipe fiscalização de fraudes, onde sejam realizadas atualizações no cadastro comercial, monitoramento de faturas e indícios de uso ilegal na rede.

Ainda segundo Freitas (2020), as falhas de medições podem ocorrer por diversos fatores, entre eles, hidrômetros que podem estar submetidos a baixas vazões, falta de calibração e manutenção, idade e falta de conservação do medidor, dimensionamento dos hidrômetros e erros de leitura. A Figura 3 apresenta os componentes das perdas aparentes.

Figura 3 – Componentes de Perdas Aparentes e Ações de Combate.



Fonte: FUNASA (2014).

2.5. Métodos para Quantificação de Perdas

Quando se analisam os dados mostrados pela SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento) é notório a diferença de níveis entre as empresas distribuidoras de água no país, isso ocorre devido ao desafio de operar os sistemas de abastecimento em elevados níveis de desempenho por causa das altas demandas da sociedade. Para Tavares (2015), em uma escala internacional, grandes avanços e muitas experiências exitosas no enfrentamento do desafio de se operar em elevados níveis de desempenho vem tomando força nesse cenário atual. Pode-se citar a atuação vigorosa da Water Loss Task Force– *International Water Association*, tendo contribuído com vários avanços e se tornando a principal referência no assunto. Pode-se citar como exemplo desses avanços a modelagem de balanços hídricos que vem sendo uma das metodologias mais usadas na quantificação de perdas de água reais no Brasil.

Segundo Ferreira (2017), para que haja uma boa estratégia na redução de perdas, se faz necessário primeiramente estimar o volume de perdas reais, que sem essa não é possível avaliar a real dimensão do problema e avaliar as melhores medidas para combate. Na maioria dos casos, a falta da quantificação das perdas reais acontece por falta de condições técnicas, o que faz com que o método de balanço hídrico não seja tão exato. Para combater possíveis erros, alguns autores aconselham, juntamente com o método de balanço hídrico, algum outro método de avaliação.

O Método de Balanço Hídrico proposto pela IWA, leva em conta dois componentes, os quais existem em todos os sistemas de abastecimento, as perdas reais e perdas aparentes. É um método estruturado para calcular os componentes dos fluxos e usos da água no sistema, assim como seus valores absolutos ou relativos. Na figura 4 pode-se avaliar como se comporta o sistema de contabilização e seus componentes.

Figura 4 – Balanço Hídrico, modelo IWA, em apoio à definição do conceito de perdas de água.



Fonte: FUNASA (2014).

Perda = Volume de Entrada – Consumo Autorizado

A seguir estarão dispostas as definições dos componentes do balanço hídrico:

- **Volume de Entrada:** É dado como o volume de água introduzido no sistema de abastecimento de água.
- **Consumo Autorizado:** Volume de água fornecido aos consumidores finais matriculados à companhia de abastecimento.
- **Perdas de Água:** É caracterizado pelo método como a subtração do volume produzido pelo consumo autorizado.
- **Consumo Autorizado Faturado:** É a quantidade de água que é contabilizado e gera receita para companhia de abastecimento, ou seja, é o volume medido pelos hidrômetros e os estimados nos locais onde não possuem hidrômetros instalados.

- **Consumo Autorizado Não Faturado:** São os volumes que não geram receita, advindos de usos legítimos de água, e os não medidos. Pode-se citar como exemplo os volumes destinados à combates de incêndios, lavagens de ruas e lavagens de reservatórios.
- **Perdas Aparentes:** São aquelas associadas aos erros de medição, erros de cadastro e fraudes.
- **Perdas Reais:** São aquelas associadas aos vazamentos nas redes de distribuição e reservatórios, assim como os extravasamentos.
- **Águas Faturadas:** É a parcela de água convertida em faturamento que foi utilizada pelo consumidor.
- **Águas Não Faturadas:** É a parcela de água que não foi convertida em receita, nela estão inclusas as perdas reais e aparentes assim como o consumo autorizado não faturado.

Para auxiliar o método de quantificação de perdas do balanço hídrico, a metodologia de vazões mínimas noturnas se apresenta como uma excelente alternativa, pois se trata de um método de simples concepção e quando aliado ao balanço hídrico pode calibrar as variáveis e hipóteses assumidas, de forma a buscar resultados mais confiáveis.

Segundo Tavares (2015) em seu guia para quantificação de perdas, caracteriza o método de vazões mínimas noturnas como a avaliação das vazões de vazamentos no horário em que o consumo é mínimo, entre as 02:00h e as 04:00h da manhã. Devido a este fato torna-se mais fácil estimar as perdas reais com maior segurança. Na tabela 3, pode-se entender melhor o panorama de componentes do método das vazões mínimas noturnas.

Tabela 3 – Caracterização do Método de Vazões Mínimas Noturnas.

VAZÃO MÍNIMA MEDIDA	VAZÃO NOTURNA DOS VAZAMENTOS	VAZÃO NOTURNA DOS VAZAMENTOS NA REDE	VAZAMENTOS NÃO VISÍVEIS ESTIMADOS	VAZAMENTOS NÃO VISÍVEIS ESTIMADOS
			VAZAMENTOS INERENTES NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	NA REDE
		NOS RAMAIS		NAS TUBULAÇÕES INTERNAS ATÉ A CAIXA D'ÁGUA
		CONSUMO NOTURNO	VAZAMENTOS EM TUBULAÇÕES INTERNAS DAS ECONOMIAS	NAS BOIAS DA CAIXA D'ÁGUA
				NAS TUBULAÇÕES INTERNAS DE CADA ECONOMIA, APÓS A CAIXA D'ÁGUA
				NÃO RESIDENCIAL
	CONSUMO NOTURNO EXCEPCIONAL		RESIDENCIAL	
	USO NOTURNO PELOS CONSUMIDORES	CONSUMO NOTURNO ESTIMADO	NÃO RESIDENCIAL	
			RESIDENCIAL	

Fonte: Autor, adaptado de Tsutiya (2006).

3. METODOLOGIA

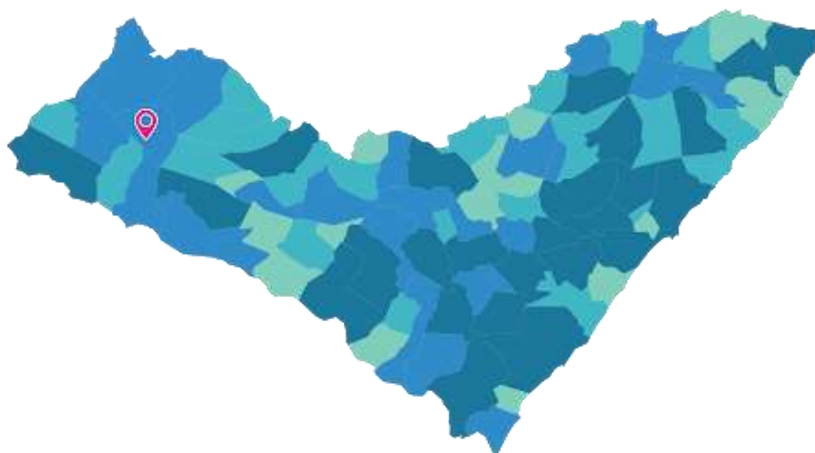
A metodologia deste trabalho constitui-se em um processo analítico da situação operacional do sistema de abastecimento em questão, por isso algumas etapas foram seguidas para um melhor desenvolvimento e percepção. Desta maneira, o processo foi feito em quatro etapas, listadas a seguir e detalhadas posteriormente:

- I. Caracterização da área de estudo;
- II. Coleta de dados;
- III. Processamento dos dados;
- IV. Criação de Mapa Temático;

3.1. Área de Estudo

O município de Inhapí está localizado na região sertaneja do estado de alagoas, possui uma extensão territorial de 372,020 km² e população de 17.878 habitantes, segundo a estimativa do censo de 2010 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Figura 5 – Mapa de Localização do Município de Inhapí - AL



Fonte: Prefeitura de Inhapí – AL

Seu sistema de abastecimento tem uma captação realizada por bombas-anfíbias instaladas no Canal do Sertão e possui uma estação de tratamento de água própria do tipo compacta para realização de filtração e cloração. Ainda segundo o censo de 2010 do IBGE tem o número de 2.019 economias abastecidas com rede de distribuição de água. Essa rede possui cerca de 20 km de extensão e distribui aproximadamente 840m³ de água tratada por dia, onde destes 485 m³ são consumidos diariamente. A área de estudo é delimitada pela zona urbana do município e é subdividida em dois setores, como mostrado abaixo na figura 6:

Figura 6 – Planta Esquemática Geral do Município de Inhapi-AL



Fonte: Companhia de Saneamento de Alagoas (2018)

3.2. Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada por meio dos relatórios mensais de gestão de serviços fornecidos pelo GSAN (Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento) da CASAL, onde neles estão apresentadas as informações acerca dos volumes de água macromedidos, consumos de água autorizados, número de ligações e economias com suas respectivas situações. O período avaliativo para a contabilização das perdas será dado pelos meses que compõem o ano de 2020.

3.3. Processamento dos Dados

Devido à falta de informações que permitissem a realização de um balanço hídrico com dados fornecidos pela própria companhia, parte dos dados coletados serviram para uma estimativa geral das perdas para cada mês, o que permitiu o levantamento de um diagnóstico geral de perdas para o sistema de distribuição. A outra parte dos dados obtidos pela companhia permitiu estimar uma subclassificação das perdas aparentes, as perdas por fraudes, que serviu como parâmetro para a verificar se o balanço hídrico comparativo se adequou à realidade da cidade de estudo. Na tentativa de classificar as perdas, em reais e aparentes, foi adotada uma cidade que possuísse características minimamente similares para aplicação do balanço hídrico comparativo. Essas características mínimas deveriam ser as perdas na distribuição, a nível estadual, e extensão territorial da cidade. Mesmo admitindo que tal estimativa comparativa poderia apresentar considerável variação, em relação a realidade do sistema, o parâmetro de perdas por fraudes diagnosticaria se o balanço comparativo estaria adequado.

3.4. Criação do Mapa Temático

Os mapas temáticos foram ferramentas idealizadas com fim de detalhamento situacional, que vão desde os números de ligações quanto suas situações de atividades do ano de estudo até o levantamentos mais recentes. Para a criação destes mapas foi utilizado como ferramenta base o software QGIS® que permitiu a

visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Também foi usado o software Google Earth Pro®, como ferramenta complementar, onde nele cada quadra e setor do município foi cuidadosamente contornada para a criação de um mapa atualizado da área de estudo. Com o uso do QGIS foram inseridas, por meio de coordenadas geográficas, cada imóvel cadastrado pela CASAL com sua devida situação de ligação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentro das informações coletadas pela companhia tornou-se evidente que ela não apresentava um sistema de controle que possibilitasse uma medição precisa ou até mesmo um monitoramento das perdas de água. Por isso, os resultados apresentam uma parcela considerável de dados estimados. Neste capítulo serão apresentados os valores de perdas na distribuição mês a mês do sistema de abastecimento de Inhapi, o seu balanço hídrico e o comparativo de demandas de água do período estudado com sua atual situação.

4.1. Diagnóstico Mensal de Perdas

Para o diagnóstico das perdas na distribuição foram utilizados os relatórios mensais de gestão comercial da companhia, neles estão expressas as metragens cúbicas de volumes macromedidos e micromedidos, ou em outras palavras, a quantidade de água que entrou no sistema e o quanto foi contabilizado de seu consumo autorizado.

O Consumo autorizado implica na soma dos volumes medidos faturados com os não faturados. De uma maneira simples, a subtração do volume de consumo autorizado do volume macromedido resulta na quantidade de água que foi perdida no sistema. Os valores de perdas mensais estão mostrados na tabela 4 abaixo:

Tabela 4 – Diagnóstico de Perdas Mensais.

DIAGNÓSTICO MENSAL DE PERDAS				
JAN	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	46494,00	20593,00		25901,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
		19893,00	700,00	
FEV	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	41451,00	19823,00		21628,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
		19608,00	215,00	
MAR	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	41451,00	20649,00		20802,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
		19942,00	707,00	
ABR	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	37761,00	19599,00		18162,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
		19596,00	3,00	
MAI	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	42804,00	25500,00		17304,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
		19754,00	5746,00	
JUN	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	38253,00	25293,00		12960,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
		19829,00	5464,00	
JUL	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	37146,00	26567,00		10579,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
		20264,00	6303,00	

AGO	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	38007,00	20258,00		17749,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
	20256,00	2,00		
SET	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	39852,00	21974,00		17878,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
	20929,00	1045,00		
OUT	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	46740,00	22004,00		24736,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
	21512,00	492,00		
NOV	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	43788,00	21905,00		21883,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
	21892,00	13,00		
DEZ	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	CONSUMO AUTORIZADO (m ³)		PERDAS (m ³)
	43173,00	21998,00		21175,00
		CONSUMO MEDIDO FATURADO (m ³)	CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO (m ³)	
	21911,00	87,00		

Fonte: Autor, adaptado de Relatórios de Gestão Comercial (CASAL).

De acordo com os volumes de perdas mensais contabilizados e com dados extraídos dos relatórios de Ligações e Economias de Água Cadastradas foi possível diagnosticar os índices de perdas por ligação e economia. Na tabela 5 pode-se verificar o panorama de índices de perdas.

Tabela 5 – Índices de Perdas

MESES	VOLUME DE ENTRADA (m ³)	PERDAS (m ³)	LIGAÇÕES ATIVAS	ECONOMIAS ATIVAS	ÍNDICE DE PERDAS (%)	ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO (L/lig.dia)	ÍNDICE DE PERDAS POR ECONOMIA (L/eco.dia)
JANEIRO	46494,00	25901,00	1.774	1.803	55,71%	470,98	463,40
FEVEREIRO	41451,00	21628,00	1.756	1.784	52,18%	424,71	418,05
MARÇO	41451,00	20802,00	1.762	1.791	50,18%	380,84	374,67
ABRIL	37761,00	18162,00	1.767	1.795	48,10%	342,61	337,27
MAIO	42804,00	17304,00	1.789	1.817	40,43%	312,01	307,21
JUNHO	38253,00	12960,00	1.822	1.850	33,88%	237,10	233,51
JULHO	37146,00	10579,00	1.841	1.875	28,48%	185,37	182,00
AGOSTO	38007,00	17749,00	1.858	1.890	46,70%	308,15	302,94
SETEMBRO	39852,00	17878,00	1.861	1.893	44,86%	320,22	314,81
OUTUBRO	46740,00	24736,00	1.877	1.909	52,92%	425,11	417,99
NOVEMBRO	43788,00	21883,00	1.897	1.931	49,97%	384,52	377,75
DEZEMBRO	43173,00	21175,00	1.901	1.935	49,05%	359,32	353,00
MÉDIA	41410,00	19229,75	1825,42	1856,08	46,04%	345,91	340,22

Fonte: Autor, Adaptado de Relatórios de Ligações e Economias de Água Cadastradas (CASAL).

Com o cálculo médio das perdas na distribuição foi possível fazer a primeira análise comparativa, pois o valor calculado ultrapassa o valor médio de perdas para o estado de Alagoas. No que se trata de perdas em distribuição, em 2020, a cidade de Inhapí apresentou uma média de 46,04% enquanto no estado de Alagoas a média 34%, já no que se refere as perdas por ligação, no mesmo ano a cidade apresentou uma média de 345,91 litros por ligação diária, enquanto no estado a média é de 339 litros por ligação diária.

4.2. Balanço Hídrico

Devido a companhia não possuir medidas de acompanhamento dos volumes que são perdidos em vazamentos, desde seu reservatório até os ramais, assim como os volumes extravasados, ficou impossibilitado a aplicação do balanço hídrico como forma de classificar os tipos de perdas.

Como medida para contornar a problemática, seria adotar uma cidade como parâmetro para tal estimativa, tendo essa cidade características territoriais semelhantes. A princípio a cidade deveria se encontrar dentro do estado, pois apresentaria a mesma média de perda por distribuição a nível estadual. Porém devido à escassez de dados relevantes às perdas em outras cidades alagoanas, deveria ser escolhida outra cidade dentro de um estado que apresentasse uma média de perdas na distribuição próxima a do estado de Alagoas. O motivo para isso seria selecionar um estado que enfrentasse a mesma problemática quanto ao combate as perdas.

Através de um estudo realizado por Moisés F. Martendal em 2020, a cidade escolhida como parâmetro foi Águas Mornas em Santa Catarina, local onde foi realizada a pesquisa, pois o estado apresenta um índice de perdas na distribuição de 35% segundo os dados obtidos pela SNIS (2018), enquanto Alagoas apresenta uma média de 34%. Outro motivo para seleção da cidade, além da disponibilidade de dados referentes as classificações de perdas, foi a similaridade em sua extensão territorial. Na tabela 6 podemos ver um quadro comparativo de alguns aspectos das cidades em questão.

Tabela 6 – Comparativo Territorial

COMPARATIVO TERRITORIAL					
ALAGOAS			SANTA CATARINA		
CIDADE DE ESTUDO	INHAPÍ	UNIDADES DE MED.	CIDADE DE ESTUDO	ÁGUAS MORNAS	UNIDADES DE MED.
POPULAÇÃO	18652	HAB.	POPULAÇÃO	6378	HAB.
ÁREA TERRITORIAL	372,02	Km ²	ÁREA TERRITORIAL	327,358	Km ²
DENSIDADE DEMOGRÁFICA	50,14	HAB./Km ²	DENSIDADE DEMOGRÁFICA	19,48	HAB./Km ²
IDH	0,48	-	IDH	0,72	-
PIB PER CAPTA	5568,86	R\$/HAB.	PIB PER CAPTA	15 918,51	R\$/HAB.

Fonte: Autor, Adaptado de Dados Municipais em Sites das Prefeituras.

O município de Águas Mornas apresenta um percentual de 34,54% de perdas na distribuição, onde desse percentual estão distribuídas as perdas reais e aparentes. Para a classificação de perdas por estimativa para a cidade de Inhapí, primeiramente se faz necessário conhecer o percentual de cada subclassificação de Águas Mornas, para que depois esses percentuais sejam replicados em cima do valor médio de perdas na distribuição para a cidade em estudo. A tabela 7 nos mostra os percentuais para cada subclassificação de perdas para cidade de Águas Mornas.

Tabela 7 – Classificação de Perdas de Águas Mornas

ÁGUAS MORNAS / SC			
MÉDIA DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO		VOLUME (m ³)	PERCENTUAL (%)
PERDAS APARENTES	FRAUDES	278,00	0,42%
	SUBMEDIÇÃO DE HIDRÔMETROS	27496,00	41,41%
PERDAS REAIS	VAZAMENTOS DE REDES E RAMAIS	38616,00	58,16%
	VAZAMENTOS E EXTRAVASAMENTOS DO RESERVATÓRIO	0,00	0,00%

Fonte: Martendal, Moisés Francisco (2020)

Sabendo que o volume médio de perdas na distribuição da cidade de Inhapi é de 19.229,75 m³, reaplicando os percentuais da cidade de Águas Mornas é obtido os volumes mostrados na tabela 8.

Tabela 8 – Quadro Comparativo Para os Tipos de Perdas

MÉDIA DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO		ÁGUAS MORNAS / SC	INHAPÍ / AL	PERCENTUAL (%)
		VOLUME (m ³)	VOLUME (m ³)	
		66390,00	19229,75	100,00%
PERDAS APARENTES	FRAUDES	278,00	78,84	0,42%
	SUBMEDIÇÃO DE HIDRÔMETROS	27496,00	7966,89	41,41%
PERDAS REAIS	VAZAMENTOS DE REDES E RAMAIS	38616,00	11184,02	58,16%
	VAZAMENTOS E EXTRAVASAMENTOS DO RESERVATÓRIO	0,00	0,00	0,00%

Fonte: Autor

Com isso, em valores percentuais, para todo o sistema de distribuição de água de Inhapí segue na tabela 9 o seu balanço hídrico.

Tabela 9 – Balanço Hídrico do Sistema de Distribuição de Água de Inhapí

INHAPÍ / AL			
MÉDIA DE PERDAS		19229,75	46,04%
PERDAS APARENTES	FRAUDES	78,84	0,19%
	SUBMEDIÇÃO DE HIDRÔMETROS	7966,89	19,07%
PERDAS REAIS	VAZAMENTOS DE REDES E RAMAIS	11184,02	26,78%
	VAZAMENTOS E EXTRAVASAMENTOS DO RESERVATÓRIO	0,00	0%

Fonte: Autor

4.3. Contabilização de Fraudes

Com a utilização dos relatórios de Volume Utilizado das Unidades Interioranas foi possível detectar uma estimativa mais adequada no que se referem as perdas aparentes por fraudes. A maneira para determinar esses volumes se deu com a divisão dos valores retornados à companhia, por ligações clandestinas, pela tarifa média para o mês em questão. A tabela 10 abaixo mostra a relação dos valores contabilizados pelas ligações clandestinas e suas respectivas tarifas.

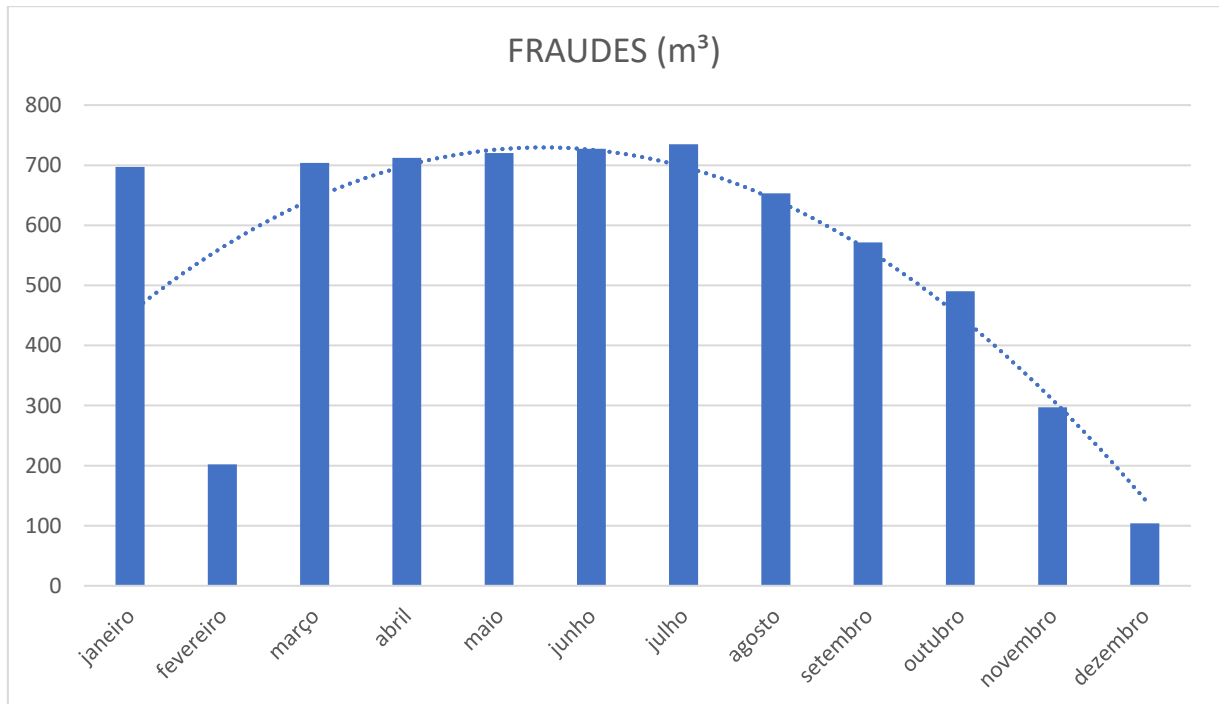
Tabela 10 – Contabilização Parcial das Perdas por Fraudes

	VALOR RETORNADO POR LIGAÇÕES CLANDESTINAS (R\$)	TARIFA MÉDIA (R\$/m ³)	VOLUME DE PERDAS POR FRAUDE (m ³)
JANEIRO	4.274,20	6,13	697,26
FEVEREIRO	1.242,50	6,16	201,70
MARÇO	4.323,90	6,14	704,22
ABRIL	NÃO CONTABILIZADO	6,17	NÃO CONTABILIZADO
MAIO	NÃO CONTABILIZADO	6,17	NÃO CONTABILIZADO
JUNHO	NÃO CONTABILIZADO	6,15	NÃO CONTABILIZADO
JULHO	4.522,70	6,15	735,40
AGOSTO	NÃO CONTABILIZADO	6,15	NÃO CONTABILIZADO
SETEMBRO	6.436,15	6,17	1043,14
OUTUBRO	3.031,70	6,19	489,77
NOVEMBRO	NÃO CONTABILIZADO	6,29	NÃO CONTABILIZADO
DEZEMBRO	6.46,10	6,2	104,21

Fonte: Autor, Adaptado de Relatórios de Volume Utilizado das Unidades Interioranas (CASAL).

Na tabela mostrada acima percebe-se a ausência da contabilização do impacto financeiro quanto as ligações clandestinas em alguns meses, por isso foi adotada uma linha de tendência polinomial para a estimativa dos meses não contabilizados. No gráfico 7 podemos ver os valores aproximados dos meses não contabilizados, assim como na tabela 11 podemos acompanhar a totalidades dos valores estimados para perdas por fraudes.

Figura 7 – Curva de Tendência para os Meses Não Contabilizados.



Fonte: Autor

Tabela 11 – Contabilização Total das Perdas por Fraudes

	VALOR RETORNADO POR LIGAÇÕES CLANDESTINAS (R\$)	TARIFA MÉDIA (R\$/m ³)	VOLUME DE PERDAS POR FRAUDE (m ³)
JANEIRO	4274,20	6,13	697
FEVEREIRO	1242,50	6,16	202
MARÇO	4323,90	6,14	704
ABRIL	4393,04	6,17	712
MAIO	4442,40	6,17	720
JUNHO	4474,12	6,15	727,50
JULHO	4522,70	6,15	735
AGOSTO	4015,95	6,15	653
SETEMBRO	6436,15	6,17	571,5
OUTUBRO	3031,70	6,19	490
NOVEMBRO	1868,13	6,29	297
DEZEMBRO	646,10	6,20	104
MÉDIA	3639,24	6,17	551,08

Fonte: Autor, Adaptado de Relatórios de Volume Utilizado das Unidades Interioranas (CASAL).

Com o valor médio das perdas aparentes por fraudes calculado, será feita uma comparação com valor médio estimado no balanço hídrico, como podemos ver na tabela 12, conseqüentemente essa variação servirá como parâmetro para verificar se os demais valores estimados pelo método do balanço hídrico comparativo se equiparam a realidade da cidade em estudo.

Tabela 12 – Comparativo entre Percentuais Estimado e Calculado

MÉDIA DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO		ESTIMATIVA COMPARATIVA		VALOR CALCULADO		VARIAÇÃO
		VOLUME (m ³)	PERCENTUAL (%)	VOLUME (m ³)	PERCENTUAL (%)	PERCENTUAL (%)
		19229,75	46,04%	19229,75	46,04%	
PERDAS APARENTES	FRAUDES	78,84	0,19%	551,08	1,32%	1,13%

Fonte: Autor

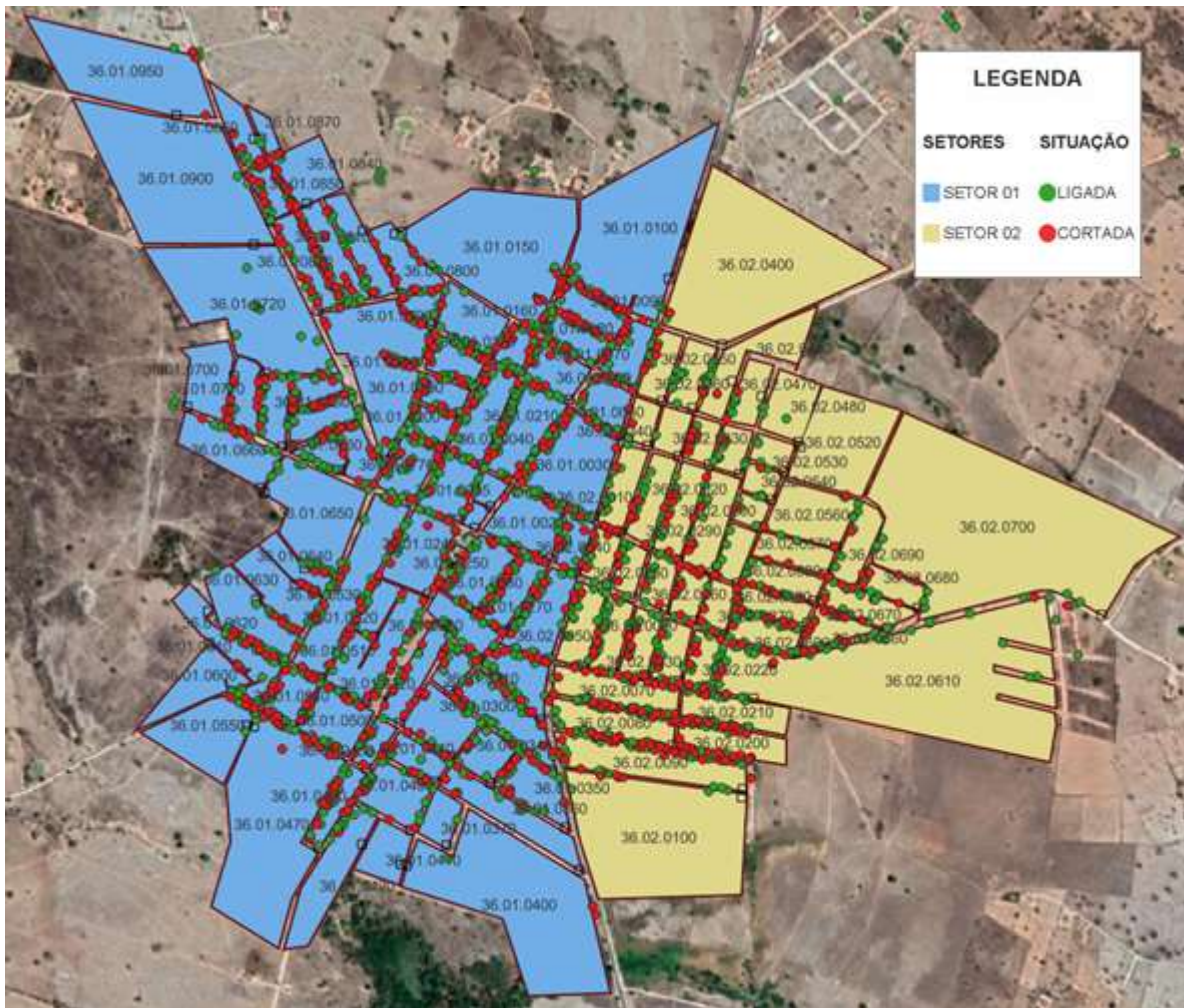
4.4. Comparativo de Demandas de Água

Para fazer o comparativo de demandas de água foram criados dois mapas que ilustram aspectos geográficos que vão desde a demarcação dos setores, quadras e ramais, assim como aspectos situacionais que indicam o número de ligações da área de estudo e suas respectivas situações. Os mapas em questão são referentes aos anos de 2020 e 2022 respectivamente, e neles estão presentes legendas que indicam divisões setoriais e situações dos ramais.

Pelos dados levantados, em 2020 foram apresentadas 2.823 ligações de água cadastradas pelo GSAN, onde delas 1.774 estavam em situação ativa e 1.049 dessas ligações, cortadas. Em valores percentuais, no ano de 2020, a proporção das situações dos ramais entre ligadas e cortadas ficou em 62,8% e 37,2% respectivamente.

Para o ano de 2022, o número de ligações alcançou a marca de 3100, apresentando um crescimento de aproximadamente 9,8% nesses 2 anos. Referente a quantidade de ligações ativas, no mesmo ano, a cidade apresentou a marca de

Figura 9 – Mapa situacional de ligação do ano de 2022



Fonte: Autor

Com as estimativas levantadas anteriormente, é interessante analisar também a projeção de perdas para o ano de 2022, considerando o valor médio de perdas por ligação do ano de 2020. Levando em conta que, para o ano de 2020, o índice médio de perdas por ligação diária alcançou o número de 345,9 *L/lig.dia* e adotando esse mesmo índice para o ano de 2022, o volume médio de perdas na distribuição seria de aproximadamente 21.231,95 m³.

4.5. Impacto Financeiro Gerado Pelas Perdas

Como já apresentado anteriormente, em 2020, foi possível extrair os valores médios mensais de tarifas assim como os volumes de perdas. Com isso, foi possível estimar o impacto financeiro gerado à empresa devido aos elevados volumes de água tratada que são perdidos na distribuição. Para melhor visualização segue a tabela 13 que contabiliza os valores não arrecadados por parte da companhia.

Tabela 13 – Contabilização de Valores não Arrecadados

	PERDAS (m³)	TARIFA MÉDIA (R\$/m³)	VALOR NÃO ARRECADADO (R\$)
JANEIRO	25901,00	6,13	R\$ 158.773,13
FEVEREIRO	21628,00	6,16	R\$ 133.228,48
MARÇO	20802,00	6,14	R\$ 127.724,28
ABRIL	18162,00	6,17	R\$ 112.059,54
MAIO	17304,00	6,17	R\$ 106.765,68
JUNHO	12960,00	6,15	R\$ 79.704,00
JULHO	10579,00	6,15	R\$ 65.060,85
AGOSTO	17749,00	6,15	R\$ 109.156,35
SETEMBRO	17878,00	6,17	R\$ 110.307,26
OUTUBRO	24736,00	6,19	R\$ 153.115,84
NOVEMBRO	21883,00	6,29	R\$ 137.644,07
DEZEMBRO	21175,00	6,2	R\$ 131.285,00
TOTAL			R\$ 1.424.824,48

Fonte: Autor, Adaptado de Relatórios de Volume Utilizado das Unidades Interioranas e Relatórios de Gestão Comercial (CASAL).

Vale salientar que durante o referencial teórico foi abordado que, segundo a ABES (2013), que os valores não arrecadados por perdas reais recaem no custo de produção e distribuição assim como os valores não arrecadados por perdas aparentes recaem nos custo de venda de água no varejo.

Utilizando os dados extraídos no balanço hídrico, onde 58,16% do volume de perdas na distribuição são perdas reais, implica dizer que aproximadamente R\$ 828.677,92 são gastos a mais por ano para se produzir e distribuir água e R\$ 596.146,56 reais são reajustados anualmente em tarifas de água para cobrir as perdas aparentes. Essas informações podem ser acompanhadas na tabela 14 a seguir.

Tabela 14 – Contabilização de Valores não Arrecadados

VALOR NÃO ARRECADADO ANUAL (R\$)	PERCENTUAL MÉDIO DE PERDAS REAIS (%)	PERCENTUAL MÉDIO DE PERDAS APARENTES (%)	VALOR NÃO ARRECADADO POR PERDAS REAIS (R\$)	VALOR NÃO ARRECADADO POR PERDAS APARENTES (R\$)
R\$ 1.424.824,48	58,16	41,84	R\$ 828.677,92	R\$ 596.146,56

Fonte: Autor, Adaptado de Relatórios de Volume Utilizado das Unidades Interioranas e Relatórios de Gestão Comercial (CASAL).

5. CONCLUSÃO

Através do balanço hídrico comparativo foi possível ter uma perspectiva de onde estão concentradas as principais dificuldades do sistema de abastecimento de água da cidade de Inhapí. Embora esses valores tenham sido estimados, apresentaram uma baixa variação com relação ao parâmetro calculado diretamente dos relatórios da companhia. Com isso, pode-se perceber que dentro das perdas na distribuição houve uma hierarquização dos principais pontos a serem trabalhados para o combate das perdas.

Dentro das perdas reais, que se destacaram quanto ao grau de importância, as perdas por vazamento e extravasamento de reservatório assumem como a principal preocupação da companhia, sendo seguido das submedições de hidrômetros que se encontram dentro das perdas aparentes. As demais subcategorias apresentaram um percentual inferior a 1% e por isso não assumem um papel tão relevante para esse estudo.

Como já abordado anteriormente no trabalho, a CASAL não dispõe de um sistema capaz de mensurar a quantidade de água que é perdida em vazamentos e extravasamentos, o que implica concluir que a principal falha esteja localizada na falta de planejamento integrado entre os setores da companhia. Por isso, como medida para mitigação desta situação seria sugerido a implantação de uma equipe técnica especializada em ações de resposta à vazamentos e inspeções de rotina por parcelas da rede, de maneira periódica, associadas a aparatos tecnológicos, como geofones, que permitem a identificação no local do exato de vazamentos ocultos. Além disso, a contabilização de extravasamentos provenientes dos reservatórios da rede.

Outra medida que colaboraria diretamente para a redução de vazamentos seria a atualização de tubulações e conexões da rede da cidade, visto que um dos problemas também identificado é uma infraestrutura deficiente devido à idade dos materiais utilizados na distribuição.

O segundo elemento de maior importância no combate as perdas da cidade em estudo foram as submedições de hidrômetros, isso ocorre mais uma vez por uma falta de planejamento dos setores da distribuidora, visto que uma considerável parcela

dessas ligações se encontra sem medidor e por isso erros de estimativas costumam ser frequentes nas micromedições do sistema.

Outra medida que se relaciona diretamente ao planejamento da companhia seria a troca de hidrômetros periodicamente, fazendo com que além de garantir uma melhor contabilização dos volumes de água consumido abra espaço para verificações de rotina quanto a presença de fraudes.

De uma maneira geral, com básicas adequações no sistema de distribuição, é possível se ter uma contabilização e caracterização das perdas de maneira mais assertiva pelo método de balanço hídrico e/ou método de vazões noturnas. Com isso, a concessionária poderá de maneira mais clara estimar o quanto está deixando de faturar com perdas todos os meses, o que possibilita um melhor aparato de informações para tomadas de decisão. Além disso, com uma maior atuação de um corpo técnico especializado nos setores gerenciais, possibilitaria uma melhor integração entre as repartições fazendo com que fossem mais fáceis as identificações dos problemas relacionados às perdas.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar estudos referentes às perdas de água em outras cidades da região;
- Elaboração de metodologias para verificação da precisão dos métodos de quantificação de perdas;
- Estudo sobre custos para aplicação de medidas para combate às perdas de água em um sistema de distribuição;

REFERÊNCIAS

ABES. **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Águas**: Diagnóstico, Potencial de Ganhos com sua Redução e Propostas de Medidas Para o Efetivo Combate Propostas . 1. ed. [S.l.: s.n.], 2013.

ARAÚJO, S. C. D. *et al.* Distribuição espacial de indicadores operacionais de serviço de abastecimento de água no Nordeste Brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 11, n. 1, p. 1-9, jan./2016.

BARBOSA, W. D. S. L. A. C. L. R. P. H. C. F. M. D. A. C. E. R. D. O. E. D. L. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário.: Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba.. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 1-10, mar./2016.

BERNARDO, Luiz Di; DANTAS, A. D. B; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 3. ed. São Carlos: LDiBe, 2017.

BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.**: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.. 1. ed. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997. p. 1-13.

BRASIL. **Portaria n. 518, de 25 de março de 2004**: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.. 1. ed. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2004.

BRASIL. **Portaria no 2.914, de 12 de dezembro de 2011**: Dispões sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 1. ed. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2011.

BRITO, A. D. J. Métodos para estimativas de perdas reais em rede de abastecimento de água: estudo de caso - residencial Domingos Sávio Brandão. **Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos**, Cuiabá - MT, v. 1, n. 1, p. 1-134, set./2012.

BÁGGIO, Mário Augusto. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. 2. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), 2014.

CANUTO, G. H. R. *et al.* **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. 24. ed. Brasília-DF: SNIS, 2019. p. 1-186.

CODEVASF. **Sistemas de Abastecimento de Água**. Disponível em: www.codevasf.gov.br. Acesso em: 2 set. 2020.

FERREIRA, A. R. M. G. D. C. DETEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FUGAS E PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA. **DETEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FUGAS E PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**, Coimbra, v. 1, n. 1, p. 1-79, jul./2017.

FREITAS, E. D. C. ANÁLISE DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JAGUARUNA. **UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**, TUBARÃO, SC, v. 1, n. 1, p. 1-53, dez./2020.

FUNASA. **REDUÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**. 2. ed. Brasília: FUNASA, 2014. p. 1-176.

GARCIA, Reinaldo Crispiniano; ORTIZ, Daniela Rodríguez. MODELO DE OTIMIZAÇÃO NA OPERAÇÃO CARRO-PIPA NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO NORDESTE BRASILEIRO COM A CONSTRUÇÃO DE NOVAS ESTAÇÕES DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO EM ALAGOAS. **Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, Brasília, DF, v. 1, n. 34, p. 1-11, nov./2020.

GOMES, Heber Pimentel. **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias**. 3. ed. João Pessoa: Editora Universitária - UFPB, 2009. p. 4-277.

HELLER, Léo; PÁDUA, V. L. D. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: www.cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 23 set. 2021.

MARTENDAL, Moisés Francisco. CONTROLE OPERACIONAL DO SAA DE ÁGUAS MORNAS: ESTUDO DE CASO PARA CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA. **UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**, Palhoça/SC, v. 1, n. 1, p. 1-97, out./2020.

OLIVEIRA, G. *et al.* PERDAS DE ÁGUA 2020 (SNIS 2018): DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO. **Trata Brasil**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-86, jun./2020.

PAULI, Dante Ragazzi. Perdas de Água. **ABES São Paulo**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-3, mar./2015. Disponível em: <http://www.abes-sp.org.br/noticias/19-noticias-abes-sp-del/6713-artigo-perdas-de-agua?format=pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SABESP. **Controle de Perdas**. Disponível em: site.sabesp.com.br. Acesso em: 21 jan. 2021.

SANTOS, Danielle Dionisia; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE. **Revista DAE**, Recife, PE, v. 1, n. 1, p. 1-16, set./2014.

SCAZUFCA, G. O. P; OLIVEIRA, P. L. S. R. P. PERDAS DE ÁGUA 2021 (SNIS 2019): DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO. **GO associados**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-71, jun./2021.

SILVA, A. C. D. N. **Panorama de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil**. 1. ed. Campina Grande: Centro de Ciências e Tecnologia Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015. p. 6-40.

TAVARES, Roberto Cavalcanti. **Guia Prático para Método Direto de Quantificação de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento**. 1. ed. [S.l.]: AESBE, 2015. p. 1-44.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

WATER, Office. CONTROL AND MITIGATION OF DRINKING WATER LOSSES IN DISTRIBUTION SYSTEMS. **United States Environmental Protection Agency**, United States, v. 1, n. 1, p. 1-176, nov./2010.