



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL

VINÍCIUS CHAVES CAMPOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO ÍNDICE DE PERDAS NA
DISTRIBUIÇÃO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
PÚBLICO DE ÁGUA: CASO DE ITAGUATINS-TO**

PALMAS- TO
2023

VINÍCIUS CHAVES CAMPOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO ÍNDICE DE PERDAS NA
DISTRIBUIÇÃO NOSISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO
DE ÁGUA: CASO DE ITAGUATINS-TO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior

Palmas- TO
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- C198a Campos, Vinicius Chaves.
Análise comparativa do índice de perdas na distribuição no sistema de abastecimento público de água - Caso de Itaguatins-TO. / Vinicius Chaves Campos. – Palmas, TO, 2023.
89 f.
- Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitario de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental, 2023.
Orientador: Joel Carlos Zukowski Junior
1. Índice de Perdas na Distribuição. 2. Sistema de abastecimento de água. 3. Tecnologias de reduções. 4. Itaguatins. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica de UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

VINÍCIUS CHAVES CAMPOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO ÍNDICE DE PERDAS NA
DISTRIBUIÇÃO NOSISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO
DE ÁGUA: CASO DE ITAGUATINS-TO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental foi avaliada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior, UFT

Prof. Dr. Alexandre Kleper Soares, UNB

Prof. Dr. Fernan Enrique Vergara Figueroa, UFT

Prof. Dr. Sérgio Carlos Bernardo Queiroz, UFT

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo Dom da vida. A minha filha Maria Clara Labre Campos, que proporcionou o melhor capítulo de todos ao entrar em minha vida. Agradeço aos meus pais, Magaly Liliane Chaves Campos e Clésio Gabriel de Campos pelo incentivo contínuo, sábios direcionamentos e amor incondicional em todas as etapas da minha vida.

As minhas Irmãs Rafaela Chaves Campos e Cristiane Chaves Campos pela amizade e presença em etapas importantes da minha história. Agradeço a minha avó Beatriz Maria Valadares Chaves, minha madrinha Marleane Raíssa Chaves, meu afilhado Vítor Chaves Ribeiro e todos os demais familiares, por estarem sempre ao meu lado e pelos momentos de felicidade compartilhados.

Agradeço a Clara Vargas da Silva Labre Campos por cuidar e educar nossa filha com sabedoria. Ao meu orientador Joel Carlos Zukowski Junior pelos ensinamentos, incentivos e orientações que agregaram muito ao presente trabalho. Agradeço, também, a todos os membros da banca de seminário de defesa e qualificação, Dr. Alexandre Kleper Soares, Dr. Fernan Enrique Vergara Figueroa, Dr. Sérgio Carlos Bernardo Queiroz, Dr. Giulliano Guimarães Silva, por todos os conselhos e sugestões para otimização do estudo.

Agradeço à Universidade Federal do Tocantins pela oportunidade de realização do curso, que me permitiu adquirir novos conhecimentos.

Agradeço à empresa Hidro Forte saneamento por permitir a realização da pesquisa e aos colegas de serviço da empresa, Fábio Funari, José Henrique, Mardem Almeida, Diogo Mochão e Antônio Carlos por incentivarem e colaborarem para o desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

O índice de perdas na distribuição (IPD) é a diferença da água produzida e consumida pelos usuários de um sistema e é expresso em porcentagem. O volume de água perdido é um problema que ocorre em todos os países e cidades do mundo, com variações apenas das quantidades perdidas. O objetivo desta pesquisa foi calcular e propor ações para reduzir o índice de perdas de água que ocorreu no sistema de abastecimento público da cidade de Itaguatins-TO no período de 2019 a julho de 2022; e comparar com as que ocorrem em 20 municípios de pequeno porte do estado do Tocantins. Neste município foi calculado que o IPD no ano 2019 foi de 63%. Posteriormente, identificou-se que as causas raízes dessas perdas foram: sistema comercial com cadastro desatualizado, ausência de programas de controle ativo de vazamentos, ausência de ações de combate a fiscalização de fraudes, ausência de treinamentos de otimização de reparos de vazamentos. Além disso, devido à presença de parque de hidrômetros antigos, sendo observados 241 destes medidores com ano de fabricação variando de 1996 a 2004, que apresentavam visíveis problemas de submedição. Após ter atuado com ações contínuas sobre as causas raízes, no ano de 2022 (até julho), o IPD desse município foi de 42%. Ao comparar o índice de perdas na distribuição de Itaguatins-TO, com o de outros 20 (vinte) municípios de pequeno porte, foi observado que em 2019, a cidade ocupava a 7ª posição das maiores perdas e que no ano de 2020 estava ocupando a 6ª posição das menores, devido ao índice dos outros municípios analisados terem aumentado, de modo geral. Em 2019, 52% dos vinte municípios analisados apresentavam índices de perdas superiores a 60%; já em 2020, esse cenário atingia 76% destas localidades. Foi realizada uma revisão sistemática, com dois conjuntos de palavras-chave, sendo estas: "*Water losses*", "*real losses*", "*apparent losses*", "*leaks*" e "*water losses*", "*water distribution networks*", "*non-revenue water*", "*loss reduction*", para identificar as tecnologias de reduções de perdas existentes atualmente. Observou-se que, normalmente, as ações de controle de perdas costumam ser implantadas com a utilização de um conjunto de alternativas para potencializar os resultados de reduções de perdas. Em Itaguatins-TO foram utilizadas algumas das ações sugeridas na revisão de literatura, dentre as quais cita-se: renovação do parque de hidrômetros, vistorias para detecção e regularização de fraudes, melhorias nos procedimentos e gestão comerciais, com a realização de treinamentos e atualizações cadastrais e controle ativo de vazamentos. A pesquisa apresenta um estudo de caso que calculou e proporcionou reduções de 33% do índice de perdas na distribuição, após a implantação de ações sobre as suas causas raízes, de modo que no ano de 2022, o IPD desse município foi de 42%. Com isso, este estudo pode servir como referência para empresas e profissionais que possuem sistemas de abastecimento de água com características similares às do estudo.

Palavras-chave: Índice de Perdas na Distribuição. Sistema de abastecimento de água;. Tecnologias de reduções.

ABSTRACT

The distribution loss index (IPD) is the difference between the water produced and consumed by the users of a system, and is expressed as a percentage. The volume of water lost is a problem that occurs in all countries and cities in the world, with variations only in the amounts lost. The objective of this research was to calculate and propose actions to reduce the water loss rate that occurred in the public supply system of the city of Itaguatins-TO in the period from 2019 to July 2022, and compare with those that occur in 20 municipalities of small size in the state of Tocantins. In this municipality, it was calculated that the IPD in the year 2019 was 63%. Subsequently, it was identified that the root causes of these losses were: commercial system with outdated registration, lack of active leak control programs, lack of actions to combat fraud inspection, lack of leak repair optimization training, and, due to the presence of old hydrometers, being observed 241 of these meters with year of manufacture ranging from 1996 to 2004, and that presented visible problems of undermeasurement. After having acted with continuous actions on the root causes, in the year 2022 (until July) the IPD of this municipality was 42%. When comparing the loss index in the distribution of Itaguatins-TO, with that of other 20 (twenty) small municipalities, it was observed that in 2019, it occupied the 7th position of the greatest losses and that in 2020 it was occupying the 6th position of the smallest, due to the index of the other municipalities analyzed having increased, in general. In 2019, 52% of the twenty municipalities analyzed had loss rates greater than 60%; already in 2020, this scenario reached 76% of these locations. A systematic review was carried out, with two sets of keywords, namely: "Water losses", "real losses", "apparent losses", "leaks" and "water losses", "water distribution networks", "non-revenue water", "loss reduction", to identify the currently existing loss reduction technologies. It was observed that, normally, loss control actions are usually implemented using a set of alternatives to enhance the results of loss reductions. In Itaguatins-TO, some of the actions suggested in the literature review were used, among which we mention: renovation of the water meter park, inspections to detect and regularize fraud, improvements in procedures and commercial management, with training and updates registers and active control of leaks. The research presents a case study that calculated and provided reductions of 33% in the rate of losses in distribution, after the implementation of actions on its root causes, so that in the year 2022, the IPD of this municipality was 42%. Thus, this study can serve as a reference for companies and professionals that have water supply systems with similar characteristics to the study.

Keywords: Distribution Loss Index. Water supply system;.Reduction technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Ações de Combate as Perdas Reais.....	21
Figura 2- Classificação dos Vazamentos	23
Figura 3 - Ações de Combate as Perdas não Físicas.....	25
Figura 4 - Tipos de fraudes em ligações domiciliares de água.....	27
Figura 5 - Procedimentos da Pesquisa	33
Figura 6 - Croqui de Localização de Itaguatins-TO.....	34
Figura 7 - Fluxograma do Estudo de Caso.....	39
Figura 8- Procedimento de extração dos dados do SNIS.....	40
Figura 9 - Tecnologias aplicadas nas reduções das perdas de águas	42
Figura 10- Estudos selecionados com base no jogo de palavras 01	45
Figura 11- Estudos selecionados com base no jogo de palavras 02.....	46
Figura 12 - Resultados das produções cumulativas - Período de 2014 a 2022.....	46
Figura 13 - Localização dos estudos nos países.....	47
Figura 14 - Tecnologias de reduções de perdas de água.....	48
Figura 15 - Croqui no sistema de abastecimento de água da cidade	63
Figura 16 - Índice de Perdas na Distribuição (%) em Itaguatins-TO.....	64
Figura 17 - Execução de rede de distribuição em Itaguatins-TO.....	65
Figura 18 - Causas Raízes das Perdas de Água de Itaguatins-TO	66
Figura 19 - Retirada de vazamentos em redes de distribuição de Itaguatins-TO	68
Figura 20- Retirada de vazamentos em ramais domiciliares de Itaguatins-TO	69
Figura 21 - Regularização de ligações domiciliares de água em Itaguatins-TO	70
Figura 22- Atualização do Parque de hidrômetros de Itaguatins-TO	71
Figura 23 - Índice de Perdas de água na Distribuição em municípios de pequeno porte do Tocantins em 2019.....	72
Figura 24 - Índice de Perdas na Distribuição em municípios de pequeno porte do Tocantins em 2020	73

LISTADE QUADROS

Quadro 1- Perdas Físicas por subsistema: Origem e magnitude.....	21
Quadro 2-Perdas não Físicas: Origem e magnitude.....	25
Quadro 3- Coleta de Informações para determinação do volume Produzido	35

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
COVID-19 - Doença por coronavírus 2019
DMAs - áreas de medição distrital
ETAs - Estações de Tratamento de Água
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBNET - Internacional Benchmarking Network
IPD - Índice de Perdas na distribuição
MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional
NRW - *non-revenue water* (água não faturada ou água sem receita)
PAT - bomba como turbina
PMSS - Programa de Modernização do Setor Saneamento
PRVs - válvulas de redução de pressão
PTPs - Poços tubulares profundos
RAP - Reservatório apoiado
REL - Reservatório elevado
SARS-coV-2 - Novo coronavírus
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre o saneamento
SNS - Secretaria Nacional de Saneamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	JUSTIFICATIVA	14
3	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo Geral	15
3.2	Objetivos Específicos	15
4	REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1	Sistemas de Abastecimento de água	16
4.2	Relação do Saneamento Básico e o setor da Saúde	17
4.3	Definição de perdas de água	18
4.3.1	Perdas Físicas ou Reais	20
4.3.2	Perdas não físicas	24
4.4	Quantificação do Consumo de água	27
4.4.1	Macromedição	28
4.4.2	Micromedição	28
4.5	Indicadores de perdas em sistemas de abastecimento de água	29
4.6	Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (SNIS)	30
5	METODOLOGIA	32
5.1	Área de Estudo	33
5.2.	Índice de Perdas na Distribuição de Itaguatins-TO	34
5.2.1	Levantamento do Volume Produzido	34
5.2.2	Levantamento do Volume Micromedido	37
5.3	Cálculo do Índice de Perdas na Distribuição	37
5. 4	Ações de reduções das Perdas de Águas	39
5.5	Levantamento de dados com SNIS	39
5.6	Ações mitigadoras de redução de Perdas de água	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
6.1	Ações mitigadoras de redução de Perdas de água	44
6.1.1	Estudos Seleccionados na Europa	49
6.1.2	Estudos Seleccionados na África	50
6.1.3	Estudos Seleccionados na América do Sul	53
6.1.4	Estudos Seleccionados na América do Norte	60

6.1.5	Estudos Seleccionados na Ásia	60
6.1.6	Análise das Tecnologias de Reduções de Perdas	60
6.2	Índice de Perdas na Distribuição em Itaguatins-TO	61
6.2.1	Caracterização do Sistema de abastecimento de Água	62
6.2.2	Retirada de vazamentos em Redes de Distribuição	68
6.2.3	Retirada de vazamentos em Ramais de ligação de água	69
6.2.4	Regularização de ligações de água	70
6.2.5	Atualização do Parque de hidrômetros	71
6.3	Comparação do Índice de Perdas na Distribuição de Itaguatins-TO com 20 municípios de pequeno porte do Tocantins	72
6.3.1	Dificuldade de investimentos no saneamento de Municípios de Pequeno Porte	74
6.3.2	Análise sobre os resultados dos índices de Perdas obtidos em Outras pesquisas	75
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXO	87
	APÊNDICE	88

1 INTRODUÇÃO

A escassez da água potável em territórios de diversos países já é um problema mundial que proporciona a realização de várias reuniões e congressos internacionais, com a intenção de buscar soluções para essa problemática (GUERRA, 2013).

O crescente aumento das demandas hídricas nas cidades, ocasionadas pelo crescimento populacional associado à degradação ambiental, perdas de água nos sistemas de abastecimento, baixos índices pluviométricos e falhas nos sistemas de gestão, têm proporcionado crises hídricas no Brasil. Esse cenário requer dos órgãos responsáveis, técnicas capazes de solucionar a problemática, de modo que o uso e a preservação desse recurso ocorram de modo regular (DE MELO SILVA et al., 2019).

Campos, Zukowski Junior, Oliveira (2022), em um levantamento realizado com os dados mais atuais (período de 2004 a 2020) de 138 países que foram disponibilizados na plataforma do Internacional Benchmarking Network (IBNET), observaram que 58,7% dos países apresentavam índices de água não lucrativa com valores em até 40%; e 41,3% dos países apresentam o índice com valores superiores a 40% .

De acordo com informações extraídas do site do Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS, 2019), o índice médio de perdas na distribuição do Brasil é de 35,97%. Em relação aos estados brasileiros, 18,52% apresentam perdas superiores a 60%, sendo estes o Acre com 60,68%, Rondônia com 60,79%, Roraima com 65,37%, Amazonas com 67,8% e Amapá com 73,57%.

O estado do Tocantins possui 139 municípios e uma população urbana de 1,3 milhões de habitantes. É um estado com baixo contingente populacional, sendo que 94% dos municípios possuem população inferiores a 20 mil habitantes, com exceção de Palmas e Araguaína, com populações superiores a 100 mil habitantes e Colinas do Tocantins, Gurupi, Paraíso do Tocantins e Porto Nacional com populações entre 35 e 90 mil habitantes (ANA, 2021).

Existem diversas alternativas que permitem as reduções de perdas de águas em sistemas públicos municipais. Dentre eles destacam-se a instalação de medidores e válvulas de retenção, monitoramento da pressão nas redes de distribuição, modernização das redes de abastecimento de água, implementação de programas de eliminação de vazamentos de água nas concessionárias e disseminação de conceitos de redução de perdas (SURIBABU, 2017).

Diante desse cenário, essa pesquisa analisou o índice de perdas de água que ocorre no sistema de abastecimento da cidade de Itaguatins-TO no período de 2019 a julho 2022 e implantou medidas para reduzir as perdas de água do município.

2 JUSTIFICATIVA

O cenário nacional e mundial apresenta grande quantidade de sistemas de abastecimentos de águas com índices de perdas superiores a 40%. Com isso, é importante que sejam realizadas mais pesquisas científicas que abordem esse tema, principalmente, estudos de casos que apresentem as causas raízes que ocasionaram as perdas, com as respectivas soluções adotadas para reduzi-las.

Por essa razão, os investimentos em projetos de controle de perdas de água devem ser incentivados, pois proporcionam reduções de custos na etapa de produção de água, aumento do faturamento e arrecadação das empresas e menores investimentos em novos sistemas de captações, sejam estes, superficiais ou subterrâneos.

Muitas concessionárias que operam sistemas de abastecimento público municipal apresentam deficiências nessa área de gestão de perdas. Um fator que ocasiona tal situação está relacionado às obras de redução de perdas, que são atividades com pouca visibilidade perante a população, quando comparada a outras obras, como por exemplo, as de execução de redes de distribuição e construção de estruturas, como reservatórios. Com isso, é comum, muitas empresas de saneamento investirem em novas estruturas de captação de água, adutoras e redes de distribuição, em detrimento a ações de reduções de perdas nos sistemas já existentes.

A ineficiência da política de investimentos das concessionárias no setor de perdas proporciona uma carência de profissionais qualificados na área. Destaca-se que 25% das cidades do Tocantins possuem sistemas de abastecimento em condições similares ao desta pesquisa que são: macromedição realizada por horímetros e cadastro técnico de redes com dados imprecisos.

Diante desse cenário, foi realizada uma pesquisa em um município de pequeno porte do estado do Tocantins, denominado Itaguatins-TO, para avaliar os índices de perdas de água no período de 2019 a julho de 2022 e propor ações para buscar reduzir esses percentuais. Os resultados identificaram as causas raízes das perdas e implantaram-se procedimentos para reduzi-las. Assim, este trabalho pode servir como referência a profissionais e empresas que possuem sistemas de abastecimento de água com características operacionais similares ao do estudo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar medidas para reduzir o índice de perdas de água no sistema de abastecimento público da cidade de Itaguatins-TO, no período de 2019 a julho de 2022, e comparar com as que ocorrem em 20 municípios de pequeno porte do estado do Tocantins-TO.

3.2 Objetivos Específicos

- Propor ações mitigadoras que reduzam os percentuais de índices de perdas na distribuição.
- Levantar os índices de perdas de água no sistema de abastecimento de Itaguatins-TO.
- Apresentar tecnologias e procedimentos para reduzir as perdas de água de Itaguatins-TO no período de 2019 a julho 2022.
- Comparar o índice de perdas na distribuição de Itaguatins-TO com o de 20 municípios de pequeno porte do estado do Tocantins.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Sistemas de Abastecimento de água

Um Sistema de Abastecimento de Água pode ser planejado e projetado para atender pequenos povoados a grandes metrópoles, de modo a variar suas características e porte das instalações. Com isso, um Sistema de Abastecimento Público de Água é um conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades das cidades, para fins diversos, dentre as quais, o consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial, consumo comercial, agricultura (FUNASA, 2007).

A portaria GM/MS Nº 888 (2021) define sistema de abastecimento de água para consumo humano como instalações constituídas por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, que vão da zona de captação até as ligações prediais, com intuito de produzir e fornecer água potável à população, por meio de rede de distribuição (BRASIL, 2021).

A lei nº 14.206 de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento, busca a universalização do acesso ao saneamento básico e em seu artigo 11, estabelece que os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico devem possuir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% da população com água potável até 31 de dezembro de 2033. Devem ter definidos, também, metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento (BRASIL, 2020).

Existe um entendimento generalizado de que “operar” um sistema de abastecimento de água é simplesmente abrir e fechar válvulas, ligar e desligar bombas e de que “manter” é somente realizar manutenções corretivas, por meio de reparos nos problemas que ocorrem nas tubulações e equipamentos diversos do sistema (TARDELLI FILHO, 2016).

Operar sistema de abastecimento de água de uma maneira adequada é uma atividade mais ampla e envolve atividades de: ter cadastros técnicos e comerciais atualizados; medir as vazões na saída (ou entrada) de reservatórios setoriais ou em áreas estratégicas do sistema; monitorar as pressões em pontos notáveis do sistema; acompanhar níveis dos reservatórios.

Analisar se as variáveis operacionais estão nas faixas preconizadas em normativas; implementar atividades de manutenções preditivas (análises das estruturas e equipamentos operacionais); implementar atividades de manutenções preventivas, a partir das análises das manutenções preditivas e dos históricos de manutenções corretivas, preparar esquemas de

contingência e preparar logística para rápido reparo, com retomada da operação em ocorrências de falhas ou acidentes (TARDELLI FILHO, 2016).

4.2 Relação do Saneamento Básico e o setor da Saúde

Saneamento básico, segundo a lei nº 11.445 de 2007, é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas (BRASIL, 2007).

O saneamento básico é um setor importante para a sociedade e quando implantado e operado corretamente gera benefícios às populações e ao meio ambiente. Com isso, a ausência de saneamento é um dos principais fatores que contribuem para o aumento das doenças, que por sua vez é responsável por grande utilização dos recursos financeiros do setor da saúde (BILIBIO *et al* 2021).

O acesso ao saneamento básico é um direito de todos os cidadãos assegurados por lei, porém no Brasil a universalização desse sistema é uma realidade ainda distante, para milhões de pessoas (BILIBIO *et al* 2021).

O poder público, ao investir em saneamento, fomenta a igualdade de condições em diversas áreas, como por exemplo, saúde, meio ambiente para atual e futuras gerações. Essas condições são exigidas em lei, no art. 3º, inciso III da constituição federal de 1988 (TORRES, DA SILVA, 2010).

Investir em obras de saneamento básico, em busca da universalização do acesso, contribui para atender os direitos fundamentais do art. 225º da Constituição Federal, que explica que todos os cidadãos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. As obras de saneamento servem como mecanismos de prevenções de diversas doenças, mas devem ser acompanhadas de educação ambiental, que é outra atividade importante, que consta no inciso VI do art.225º da Constituição Federal de 1988 (TORRES, DA SILVA, 2010).

O saneamento básico é um dos meios de promover saúde à população e, conforme o artigo 196º da Constituição Federal de 1988, o direito a saúde deve ser garantido pelo estado, por meio de políticas sociais e econômicas que proporcionem a redução ao risco de doenças e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços, para sua promoção, proteção e recuperação (TORRES, DA SILVA, 2010).

A falta de acesso à água tratada para uso e consumo está fortemente associada à ocorrência de muitas doenças, como amebíase, giardíase, ascaridíase, hepatite A, gastroenterites. Essa situação é agravada pela ausência de tratamento e destino adequado do esgoto (SANTOS et al. 2017).

O saneamento básico é um assunto de extrema relevância no contexto público. Com a pandemia causada pelo novo coronavírus (SARS-coV-2), o fornecimento de serviços de saneamento essenciais à população e a disponibilização de água tratada, tornam-se, ainda, mais importantes, pois são umas das alternativas de enfrentamentos aos impactos decorrentes dessa situação, visto que lavar as mãos frequentemente são algumas das recomendações (SUGAHARA; FERREIRA; PRANCIC, 2021).

A pandemia da doença do Coronavírus 2019 (COVID-19) ocasionada pelo SARS-CoV-2 tem se demonstrado como um dos maiores desafios sanitários deste século (WERNECK, CARVALHO, 2020). A Doença do Coronavírus, iniciou-se no final de 2019 na cidade de Wuhan (China) foi uma ameaça à saúde global, estando presente em mais de 185 países. É uma doença altamente contagiosa, que ocasionou milhões de infectados. A pandemia levou os países afetados a realizar diversos esforços para controlar a transmissão da doença, dentre os quais, cita-se: quarentenas, medidas de higiene, restrições de viagem, adiamento ou cancelamento de eventos, e fechamento de instalações e fronteiras (SOUTO, 2020).

O atual cenário de crises hídrica e de saúde pública gerada pela pandemia da COVID - 19 proporciona uma oportunidade de reflexão e aprendizado em direção as mudanças necessárias para assegurar o acesso à água em quantidade e qualidade adequadas para a população. Esse aprendizado será importante, para prevenir e combater futuras pandemias (CEREZINI, 2020).

4.3 Definição de perdas de água

No que se refere a visão operacional dos sistemas públicos de abastecimento de água, perdas de água são volumes que não podem ser contabilizados. Existem dois tipos de perdas que são: as físicas ou reais, que são caracterizadas pela parcela de água não consumida e as não físicas (aparentes) que são as águas consumidas e não registradas (DA SILVA, 2005).

Empresas prestadoras de serviços públicos, como gestoras de águas devem fornecer água em quantidade, qualidade, regularidade, custos acessíveis aos usuários e ao garantir esses requisitos, garantirá a confiança dos usuários (DE SOUZA e DA SILVA, 2014). As perdas de água são reconhecidas como um problema mundial e que ocorrem em todos os sistemas de

distribuição, embora os volumes das perdas sejam diferentes (SHABANGU *et al.*2020).

Água Não Faturada (NRW) são águas fornecidas pelas concessionárias aos consumidores, porém não são faturadas. Podem ser estimadas pela diferença entre o volume de água que entra no sistema e o consumo autorizado faturado (FARLEY *et al.*2008). Este é um problema que ocorre em todas as nações, entretanto, é mais grave em países em desenvolvimento, quando comparado aos desenvolvidos. Isso ocorre devido a maiores dificuldades financeiras para manter o sistema de abastecimento de água, menor disponibilidade de tecnologias (permitem a detecção de vazamentos mais facilmente), equipes menos qualificadas e treinadas, além de menores níveis de conscientização pública e maiores percentuais de corrupções (LIEMBERGER *et al.*2006).

Água não faturada é um grande desafio para os fornecedores de água, uma vez que é bombeada de uma fonte, tratada e distribuída aos consumidores sem um retorno financeiro de modo a dificultar o desenvolvimento e sustentabilidade dos serviços dos fornecedores (WaterLoss Committee Review, 2007).

Vazamentos em tubulações, além dos custos adicionais com capital e energia, representam riscos de contaminações de água potável, devido às baixas pressões induzidas nas tubulações, o que multiplica o risco de entrada de contaminantes na água dos sistemas de abastecimento e, conseqüentemente, representa riscos à saúde dos consumidores (COLOMBO; KARNEY, 2002).

Destaca-se que é senso comum associar que as perdas de água são somente aquelas que escoam em vias públicas. As perdas estão associadas também a vazamentos que não afloram à superfície e há fatores como erros e submedições em hidrômetros, fraudes (TARDELLI FILHO, 2016).

Existem muitos benefícios para as empresas e profissionais do setor de saneamento, que buscam reduzir as perdas de água em sistemas de abastecimentos públicos, como: economizar um recurso precioso e valioso que já é escasso em muitos países e regiões; aumentar a eficiência dos sistemas já existentes; prolongar o prazo de investimentos em novas estruturas; aumentar a expectativa de “vida” útil dos sistemas; aumentar as receitas das concessionárias de água; reduzir os requisitos de energia e melhorar a pegada de carbono das concessionárias (CHARALAMBOUS, FOUFEAS, PETROULIAS, 2014).

Segundo Kusterko et al. (2018), o contexto das ações que envolvem a redução de perdas em sistemas de abastecimento de água é estratégico para o processo de tomada de decisões, com o objetivo de garantir a sustentabilidade e até a competitividade de concessionárias de água. Além disso, investir no controle e na redução de perdas proporciona benefícios em diversos

segmentos:

- econômico, visto que, passados os investimentos iniciais, os resultados proporcionam redução de custos operacionais e aumento no faturamento em curto período de prazo;
- tecnológico, com a modernização de equipamentos e capacitação técnica de colaboradores da empresa;
- energético, visto que ocorrem reduções de perdas e proporcionam economia e eficiência energética;
- sociocultural, com a implantação de ações e campanhas sociais e educativas para a conscientização de pessoas de todas as classes sociais na redução de fraudes;
- ambiental, pois a gestão e redução de perdas é fundamental para diminuir os impactos da escassez hídrica.

4.3.1 Perdas Físicas ou Reais

Werdine (2002) define perdas físicas e ou reais como as perdas que ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor. Estas perdas ocorrem nas etapas de adução e tratamento de água bruta, na reservação (vazamentos e extravasamentos de reservatórios), na adução de água tratada e distribuição.

As perdas físicas, segundo Carriço, *et al.* (2018), podem ocorrer desde as redes de distribuição até os hidrômetros dos clientes.

As condições das infraestruturas das redes de distribuição de água, suas características e as necessidades operacionais são os principais fatores que influenciam no volume de água perdido (perdas reais) em um sistema de abastecimento. A maior parte das redes de distribuição é, na prática, uma junção de tubos de diferentes tipos de materiais, assentados ao longo de vários anos e que normalmente apresentam sinais de deterioração conforme a idade de assentamento, material constituinte da rede, técnicas de instalações utilizadas e características do solo da localidade (GUMIER; JUNIOR, 2007).

No quadro 01 são apresentadas as prováveis origens e magnitudes das perdas físicas em Subsistemas de abastecimento de água.

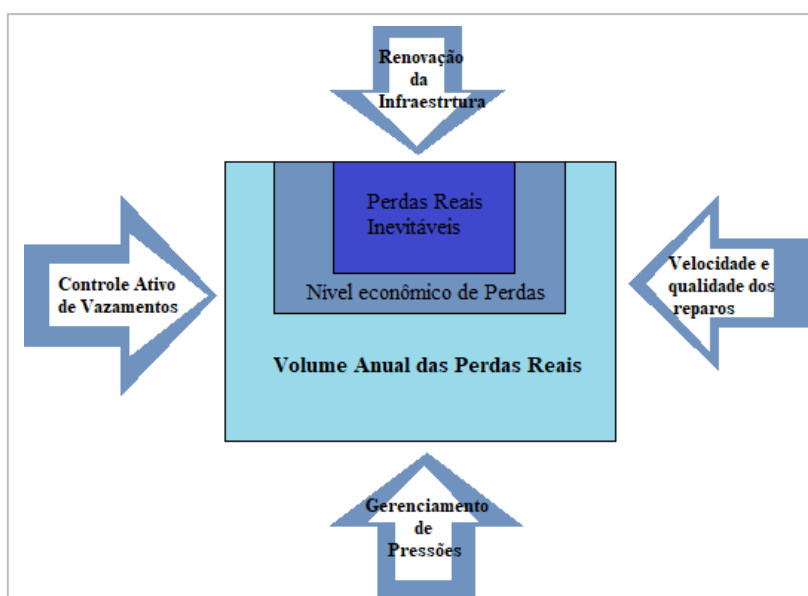
Quadro 1- Perdas Físicas por subsistema: Origem e magnitude

PERDAS FÍSICAS POR SUBSISTEMA: ORIGEM E MAGNITUDE		
SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
Adução de Água Bruta	Vazamentos nas tubulações; Limpeza do poço de Sucção	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Tratamento	Vazamentos estruturais; Lavagem de filtros; Descarga de lodo	Significativa, em função do estado das instalações e da eficiência operacional
Reservação	Vazamentos estruturais; Extravasamentos; Limpeza	Variável, em função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações; Limpeza do poço de sucção; Descargas	Variável, em função do estado das instalações e da eficiência operacional
Distribuição	Vazamentos na rede; Vazamentos em ramais; Descargas.	Significativa, em função do estado das tubulações e principalmente das pressões

Fonte: Adaptado de Werdine (2002)

A redução das Perdas físicas permite moderar os custos de produção devido a diminuição de consumo de energia e utilização dos sistemas já existentes, para aumentar a oferta, sem a necessidade de expandir o sistema de produção de água (MOURA, *et al* 2004). Na figura 01, a seguir, são demonstradas algumas ações básicas que são realizadas para combater as perdas físicas (TARDELLI FILHO, 2016).

Figura 1-Ações de Combate as Perdas Reais



Fonte: Adaptado de Charalambous, Foufeas, Petroulias (2014)

As ações de combate às perdas reais demonstradas na figura devem ser realizadas de modo equilibrado, a fim de se obter um programa de redução de perdas rentável, que proporcionem a diminuição destas a um nível econômico ambiental e social, visto que a eliminação das perdas por completo é financeiramente inviável para as concessionárias que prestam serviços públicos de abastecimento de água. (CHARALAMBOUS, FOUFEAS, PETROULIAS, 2014)

Segundo Tardeli Filho (2016), as ações podem ser explicadas conforme os tópicos seguintes e com as contribuições de outros autores sobre a temática.

a) Gerenciamento de pressões: No contexto da setorização da rede de distribuição, consiste em operar pressões de serviço adequadas, que podem ser obtidas com a utilização de Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) em áreas mais baixas ou boosters em pontos mais altos da rede;

É fundamental conhecer as características e o modo em que ocorre a operação de sistemas de abastecimento de água. Existe uma variação da curva de demanda com o tempo. Com isso, as redes são projetadas para atender a pressão mínima de operação na demanda de pico, de modo que na maior parte do dia, a pressão é maior do que necessário. Nestes períodos, a sobrepressão pode ser dissipada com a utilização de uma válvula redutora de pressão, para reduzir as perdas de água (THORNTON; LAMBERT, 2006).

Um período ideal para monitorar vazamentos é o noturno, pois a demanda hídrica é menor. Este, corresponde a uma pressão máxima, de modo que os efeitos dos vazamentos que são proporcionais as pressões nos tubos, são máximas (MUTIKANGA *et al.* 2013).

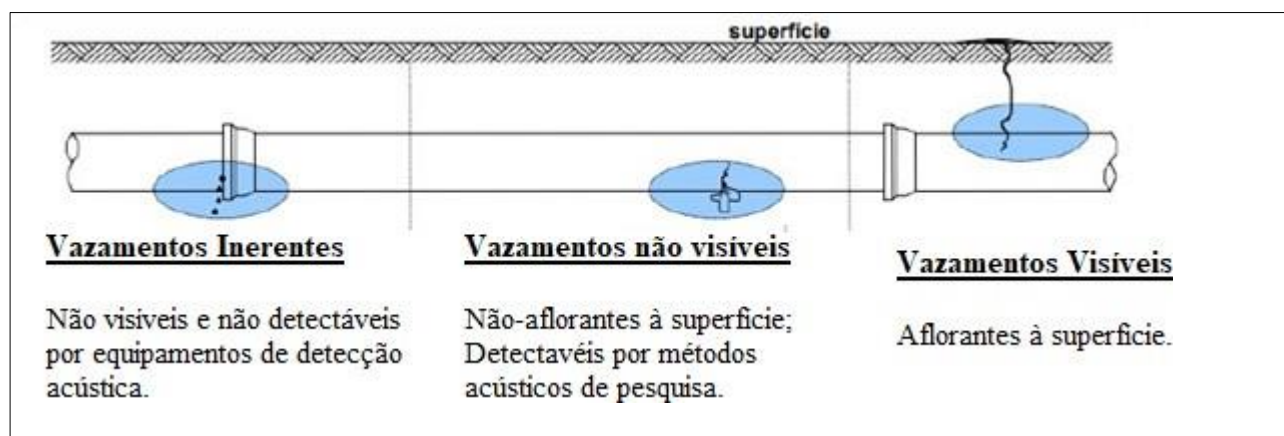
As áreas de medição distrital (DMAs) são utilizadas com frequência como uma ferramenta para controlar e reduzir vazamentos nas redes de distribuição de água. Ao dividir o sistema em áreas menores é mais fácil gerenciar e monitorar. São instalados medidores de vazões nas entradas e saídas dos sistemas em pontos de controles. A justificativa para DMAs baseia-se na premissa de que se ocorrer um aumento injustificado no uso de água em determinada área, isso indica forte probabilidade de que tenha ocorrido vazamentos na área em questão. Com isso, os DMAs são utilizados como estratégia de controle de vazamentos por muitas concessionárias, seja com a utilização de instalações permanentes de infraestrutura ou medidas temporárias (BABEL *et al.* 2021).

b) Controle ativo de vazamentos: Ações que buscam detectar vazamentos não visíveis nas tubulações por meio de técnicas acústicas de detecção (contrapõe-se ao “controle passivo”, que repara apenas os vazamentos que afloram à superfície do terreno);

Segundo Covas *et al.* (2008), o Controle Ativo de vazamentos consiste no estabelecimento e monitoramento de áreas de medição distritais e na implementação de pesquisas de detecção de vazamentos.

Segundo Gentil, Pretto, Zschornack (2019) o controle ativo de vazamentos envolve ações programadas de investigação e detecção dos vazamentos não-visíveis, por métodos acústicos e de pesquisa e a execução dos reparos em vazamentos visíveis e não visíveis.

Figura 2- Classificação dos Vazamentos



Fonte: Adaptado de Gentil, Pretto, Zschornack (2019)

Com isso, ainda segundo Gentil, Pretto, Zschornack (2019), o controle ativo é diferente do controle passivo de vazamentos, visto que neste segundo os reparos são feitos somente quando os vazamentos afloram na superfície e geralmente são comunicados pela população.

Neste caso, o volume de água perdido é bem maior, não só pelo tempo decorrido entre o rompimento do vazamento e seu afloramento, mas também porque determinados vazamentos nunca afloram (dependendo, principalmente, das características do solo), de modo que a perda de água é contínua.

c) Velocidade e qualidade dos reparos: Ações que buscam reparar vazamentos visíveis e não visíveis detectados, com agilidade e qualidade na execução.

A duração de tempo de um vazamento afeta o volume de perdas físicas, com isso os reparos devem ser realizados o mais rápido possível, ao se identificar um vazamento. As principais questões a serem analisadas ao formular uma política de reparo incluem: organização e procedimentos eficientes desde a identificação do vazamento até a finalizaçãoda atividade; disponibilidade de equipamentos e materiais; recursos suficientes; padrões adequados para

materiais e mão de obra e gestão adequada dos colaboradores (CHARALAMBOUS, FOUFEAS, PETROULIAS, 2014).

Após o reparo de um vazamento, é necessário realizar a recomposição do pavimento, que é considerado um cartão de visita das concessionárias de serviços públicos, pois é a parte visível após a execução de alguma intervenção nos sistemas de distribuição de água ou de coleta de esgoto. Além das questões estéticas, as falhas na recomposição de pavimento asfáltico podem ocasionar acidentes com veículos e pedestres, e congestionamentos no trânsito (DA SILVA ANDRADE, 2017).

d) Renovação da infraestrutura: Ações que buscam substituir as tubulações (redes e ramais) que estão com maior incidência de vazamentos.

As empresas prestadoras de serviço de saneamento básico possuem suas tubulações de água e esgoto enterradas no solo, sob as ruas e calçadas. Com o passar dos anos, é imprescindível a realização de intervenções, sejam corretivas ou preventivas nas redes de água e esgoto, visto que existem tubulações com mais de 50 anos de uso e que ainda estão em operação atualmente (DA SILVA ANDRADE, 2017).

De Souza (2009) realizou uma pesquisa em Jaguariúna em que foram trocados 50 km de redes de distribuição de cimento amianto por novas redes constituídas em polietileno de alta densidade (PEAD). Esta renovação da infraestrutura ocorreu no período de 2000 a 2008. A substituição dessas redes em estado ruim de utilização proporcionaram uma redução de, aproximadamente, 38% dos índices de perdas de água. Outros benefícios desse serviço foram a eliminação de incrustações nas redes e das reclamações de água suja pela população, reduções do quantitativo de produtos químicos, diminuição do tempo de funcionamento de equipamentos motobombas e reutilização de equipamentos motobombas que possuem menores vazões nos sistemas de captações.

4.3.2 Perdas não físicas

Werdine (2002) define perdas não físicas como as decorrentes de consumos não autorizados ou devido a imprecisão dos equipamentos que medem vazão dos sistemas de macromedição e micromedição.

As perdas não físicas, segundo Carriço, *et al.* (2018) são decorrentes de usos de volumes não autorizados e erros sistemáticos dos consumos autorizados.

O quadro 02 apresenta a origem e magnitude destas perdas em sistemas de abastecimento de água.

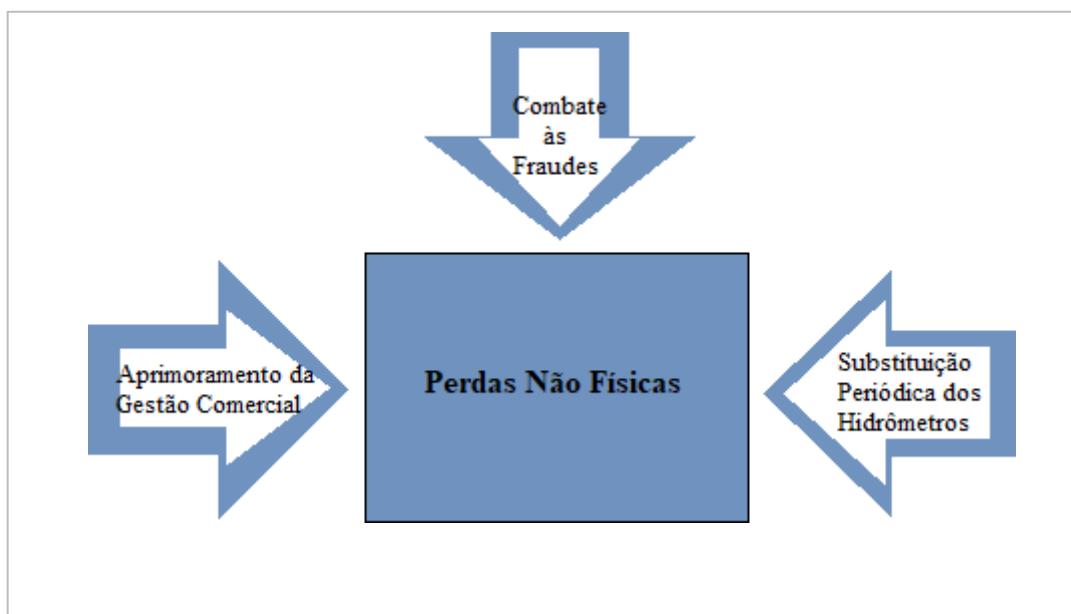
Quadro 2-Perdas não Físicas:
Origem e magnitude

	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDA DE FATURAMENTO	Ligações clandestinas/irregulares	Podem ser significativas, dependendo de: procedimentos cadastrais e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetros e monitoramento do sistema.
	Ligações não hidrometradas	
	Hidrômetros parados	
	Hidrômetros que submedem	
	Ligações inativas reabertas	
	Erros de leitura	
	Número de economias errado	

Fonte: Adaptado de Werdine (2002)

A redução das perdas não físicas permite aumentar as receitas tarifárias, de modo a aumentar a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro dos prestadores de serviço (MOURA, *et al.* 2004). A figura 02 mostra ações básicas que são realizadas para combater as perdas não físicas (TARDELLI FILHO, 2016).

Figura 3 - Ações de Combate as Perdas não Físicas



Fonte: Adaptado de Tardeli Filho (2016)

As ações da figura 03, segundo Tardeli Filho (2016), podem ser explicadas conforme os tópicos a seguir e com as contribuições de outros autores sobre a temática.

a) Ação de substituição periódica dos hidrômetros (preventiva) e imediata dos hidrômetros danificados (corretiva).

Moura *et al* (2004) destaca que os grandes fatores responsáveis por hidrômetros marcarem volumes menores que o realmente consumido são: envelhecimento do hidrômetro, qualidade da água distribuída e inclinação lateral do hidrômetro, característica de perfil do consumo dos imóveis, onde dificilmente ocorrem vazões próximas a nominal do hidrômetro, situando-se, na maioria das vezes, na faixa inferior da vazão mínima. Outro aumento das perdas de água em hidrômetros é ocasionado por fraudes realizadas pelos usuários do sistema, como exemplos destas, cita-se, rompimento do lacre e inversão do hidrômetro, execução de *by pass* no hidrômetro, violação do hidrômetro com inserção de arame ou outros obstáculos para impedir rotação da turbina do hidrômetro.

Quando hidrômetros possuem volumes não contabilizados devido a submedição, a causa principal é o dimensionamento inadequado dos aparelhos empregados, de modo que a vazão mínima de operação deverá ser superior à vazão mínima do medidor, para que esta situação não ocorra (PEREIRA; DE OLIVEIRA ILHA, 2008).

b) Ação de combate às fraudes, a partir de denúncias, análises de variações atípicas de consumo ou quaisquer outros indícios ou evidências.

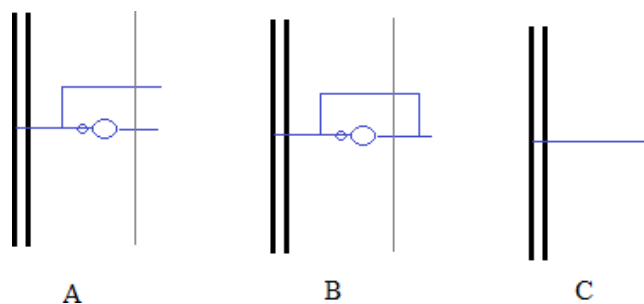
O roubo de água é um tipo de fraude comum em sistemas de abastecimento de água, em ligações residenciais e industriais. Esse tipo de irregularidade consiste em adulterar o sistema de micromedição implantado pela concessionária, de modo a impedir que a medição do volume utilizado ocorra parcialmente ou que não ocorra (DE CARVALHO, *et al* 2004). Existem basicamente três ocorrências deste tipo de fraude que serão detalhadas a seguir e demonstrados no croqui da figura 04.

A derivação de ramal é um tipo roubo de água em que o fraudador executa uma ligação antes da passagem do hidrômetro, ocasionando uma derivação da água a essa conexão, de modo a abastecer parcela do ramal do proprietário sem medição (letra A da figura 04).

O *By-Pass* é uma espécie de roubo de água em que o usuário realiza uma ligação antes da passagem do hidrômetro e a liga em seu ramal predial, de modo que a água que passaria pelo aparelho de micromedição, derive para esta conexão e abasteça o ramal do fraudador totalmente

sem medição. (Letra B da figura 04). A ligação clandestina é um modelo de roubo de água onde o fraudador realiza um ramal da rede de distribuição da concessionária sem comunicar a esta e com isso realiza a utilização da água sem qualquer custo pelo seu uso. (Letra C da figura 04).

Figura 04 - Tipos de fraudes em ligações domiciliares de água (A- Derivação de ramal; B- By-Pass; C – Ligação clandestina)



Fonte: Autor (2023)

c) Ação de aprimoramento da gestão comercial das concessionárias (cadastros sistemas comerciais).

Santos, Júnior (2019) proporam o desenvolvimento de uma metodologia para ações de combate às perdas com o envolvimento de diversas áreas, de modo que na presente pesquisa ficou evidente que combater as perdas não é responsabilidade somente da área técnica e operacional, pois, existem outros vieses importantes de atuação, como o do setor comercial, entre outros, de modo que uma atuação conjunta desses setores pode proporcionar resultados mais consistentes nas reduções das perdas de água.

A confiabilidade do cadastro comercial, a forma de faturamento, cobrança e arrecadação implantada, ou melhor, o nível de eficiência da gestão comercial observado em concessionárias de saneamento estão relacionados aos níveis de perdas aparentes (BORGES, 2016).

De Almeida, Fontes (2009) em um estudo de caso, com intuito de reduzir as perdas de água em um distrito de Belo horizonte, utilizou várias ações, sendo que duas destas foram a revisão do cadastro técnico (Cadastro de redes de água) e do cadastro comercial, (Cadastro de clientes). Com isso, a adoção de políticas de gestão ambiental e econômica dos recursos hídricos são essenciais para que as concessionárias de abastecimento de água reduzam os desperdícios de águas dos sistemas que operam.

4.4 Quantificação do Consumo de água

A quantificação de água que ocorre nas entradas (captações de águas sejam estas superficiais ou subterrâneas) e saídas (que chegam ao cliente) em sistemas de saneamento são fundamentais quando a intenção é quantificar as perdas reais e aparentes, com os mais variados indicadores. Caso não seja possível quantificar os volumes que ocorrem no sistema, não será possível realizar nenhuma gestão técnica, para melhorar a eficiência operacional dos sistemas de abastecimento de água. Com isso, em termos de volume, essa medição pode ocorrer em dois níveis que são a macromedição e micromedição. (DA ABES, 2015)

4.4.1 Macromedição

É a quantificação dos volumes produzidos nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), disponibilizados para a distribuição ou quantificados em subsetores ou outras compartimentações operacionais das redes de distribuição de água (DA ABES, 2015).

Já segundo Tardelli Filho (2015), macromedição pode ser definida como águas tratadas que são disponibilizadas ao sistema de distribuição da cidade.

Um sistema de macromedição é essencial para gerar informações que apoiem a tomada de decisão na operação de um sistema de abastecimento, bem como para fomentar programas de controle de perdas. O objetivo principal da macromedição é medir permanentemente vazões de águas captadas, tratadas e distribuídas no sistema de abastecimento (DA SILVA, EMMANUEL, BITTENCOURT, 2016).

4.4.2 Micromedição

É a quantificação dos volumes de água na entrada dos consumidores finais (hidrômetros instalados), que podem ser residências, imóveis comerciais, indústrias. A totalização desses volumes consumidos, em um intervalo de tempo, é que vai ser confrontada com a macromedição apurada nesse mesmo período (DA ABES, 2015).

A micromedição permite que seja realizada uma cobrança justa dos serviços prestados e faturados e são de extrema importância para gestão de programas de combate às perdas de água, pois servem como mecanismo de inibição de desperdício; fornecem dados importantes sobre os volumes que são disponibilizados aos usuários dos sistemas; permitem a real cobrança, evitando estimativas de consumo; disponibilizam dados para avaliação do comportamento e tendência do consumo dos clientes ao longo do tempo e contribuem, para que uma maior disponibilidade de água seja distribuída à população (LEÃO *et al.* 2007).

No que tange à micromedição, esclarece-se que a medição de água em residências, segundo Pereira, De Oliveira Ilha (2008), pode ser realizada por dois tipos de hidrômetros:

- Indireta ou inferencial: o volume é obtido pela contabilização de outras grandezas, que estão associadas com a passagem do fluxo de água no equipamento. Este é o princípio dos medidores velocímetros.
- Direta: A partir de recipiente com volume conhecido, o volume é obtido pela contagem do número de vezes que o recipiente foi enchido e esvaziado, sendo que este é o princípio dos medidores volumétricos.

As vazões nominais dos hidrômetros mais utilizados em residências, comércio e pequenas indústrias são do tipo velocímetro com vazões nominais de 1,5 m³/h e 3,0m³/h. Estima-se que em termos de vida útil esses hidrômetros possam trabalhar entre 5 e 10 anos, porém isso dependerá de alguns fatores, dentre os quais pode se citar características qualitativas da água distribuída e tipo de hidrômetro (MOURA *et al* 2004).

4.5 Indicadores de perdas em sistemas de abastecimento de água

A avaliação de sistemas de abastecimento de água, por meio de indicadores de desempenho é uma das melhores alternativas para o acompanhamento dos serviços prestados no setor de saneamento, pois proporcionam subsídios para a classificação e a tomada de decisão dos gestores. (BEZERRA *et al.* 2015)

Segundo De Carvalho, *et al* (2004), são utilizadas ferramentas matemáticas para quantificar as perdas de um sistema. Vários indicadores existem para serem utilizados, sendo que os mais adequados dependerão da finalidade de utilização.

Da Silva (2005) mostra que as perdas são estimadas pela diferença de água transferida de um ponto a outro num sistema de abastecimento de água.

Apesar de não existir nenhum indicador de perda de água perfeito, existem vários indicadores de performance que podem ser utilizados para vazamentos e perdas reais. Dentre eles destaca-se o indicador de perda expresso em percentual que possui vantagens e desvantagens (DA ABES, 2015). Como desvantagem, tem-se que a variação no consumo per capita de água, proporcionam indicadores diferentes, para o mesmo volume perdido. Com isso, ao se utilizar esse indicador para acompanhar as perdas de águas, deve-se atentar para alterações do uso do solo (verticalização, grandes consumidores). Em relação às vantagens, tem-se que é um indicador de entendimento fácil e universal. Essas características fazem que o uso desse

indicador seja comumente utilizado, principalmente por existir uma propensão em comparar resultados entre sistemas de abastecimentos distintos (DA ABES, 2015).

O indicador de índice de perdas na distribuição avalia em termos percentuais o nível de perda de água existente em sistemas de abastecimento de água. Avantageira da utilização desse indicador é a aproximação útil que este fornece na análise dos impactos das perdas físicas e aparentes em relação ao volume produzido. Como desvantagem, tem-se que as empresas definem os volumes de serviços de maneiras distintas, logo isso pode gerar distorções. Outra desvantagem da utilização deste indicador são que as comparações das perdas podem ser prejudicadas, devido a muitas empresas não acompanharem, de forma contínua a macro medição e micromedição dos sistemas que operam (BRASIL, 2021).

4.6 Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (SNIS)

Criado em 1996, como parte do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), o SNIS promove a consolidação de informações institucionais, administrativas, operacionais, gerenciais, econômico-financeiras, contábeis e referentes a qualidade da prestação de serviços de saneamento básico (SNIS, 2020).

A utilização do SNIS, por meio de um conjunto robusto de dados estruturados permitem avaliar a evolução dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, (desde 1995) manejo de resíduos sólidos urbanos (desde 2002) e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (desde 2015). Além disso, o acesso a estas informações é público e gratuito (DO SNIS, 2020).

A metodologia de trabalho do SNIS abrange as fases de coleta, tratamento, organização, armazenamento, recuperação e divulgação dos dados registrados na base desse Sistema (CONDURÚ, 2012). Um ponto a ser destacado no que se refere ao tratamento dos dados no SNIS é que na análise dos dados, quando são identificadas as inconsistências, estas são encaminhadas às companhias prestadoras que forneceram os dados para que realize as correções e tomem as medidas necessárias. O SNIS não altera informações sem a autorização prévia do responsável (DO SNIS, 2020).

No Glossário de Informações - Água e Esgotos (2021) do SNIS, existem as fórmulas de diversos indicadores de desempenho, sendo que a escolha mais adequada de utilização depende do objeto a ser analisado. Uma recomendação do glossário do SNIS para o indicador índice de perdas na distribuição, adotado nesta pesquisa e que é bem usual nas companhias de saneamento de água é a de não calcular o indicador para prestadores de serviço com resultados menores do

que zero, pois não há como consumir um volume de água maior do que o produzido.

As informações e indicadores do setor do saneamento básico em função do caráter monopolista destes serviços propiciam que somente os prestadores de serviços conhecem com exatidão a qualidade de seus produtos e serviços, suas despesas, investimentos e dados operacionais, enquanto que os demais atores setoriais (titulares dos serviços, entidades reguladoras e usuários) necessitam das informações desses prestadores, para a realização de pesquisas, revisões tarifárias, análises de reclamações, elaboração de documentos da área como planos de saneamento (GALVÃO JUNIOR, SOBRINHO; SAMPAIO, 2010).

Apesar de o SNIS ter sido criado com a intenção de mudar a situação deficitária de dados de saneamento básico no Brasil, até o momento o ainda não conseguiu atender esse objetivo, porque possui limitações, dentre os quais, cita-se: a forma de coleta de informações dos prestadores dos serviços é voluntária e isso não garante a qualidade de precisão na informação e o fato de não cobrir todos os municípios brasileiros, para os componentes de saneamento. Com isso, o SNIS não apresenta o universo dos municípios brasileiros, o que proporciona falha a análise proveniente apenas desse sistema, de modo que, pode-se dizer que o sistema proporciona uma situação aproximada do saneamento básico nacional (CONDURÚ, 2012).

5 METODOLOGIA

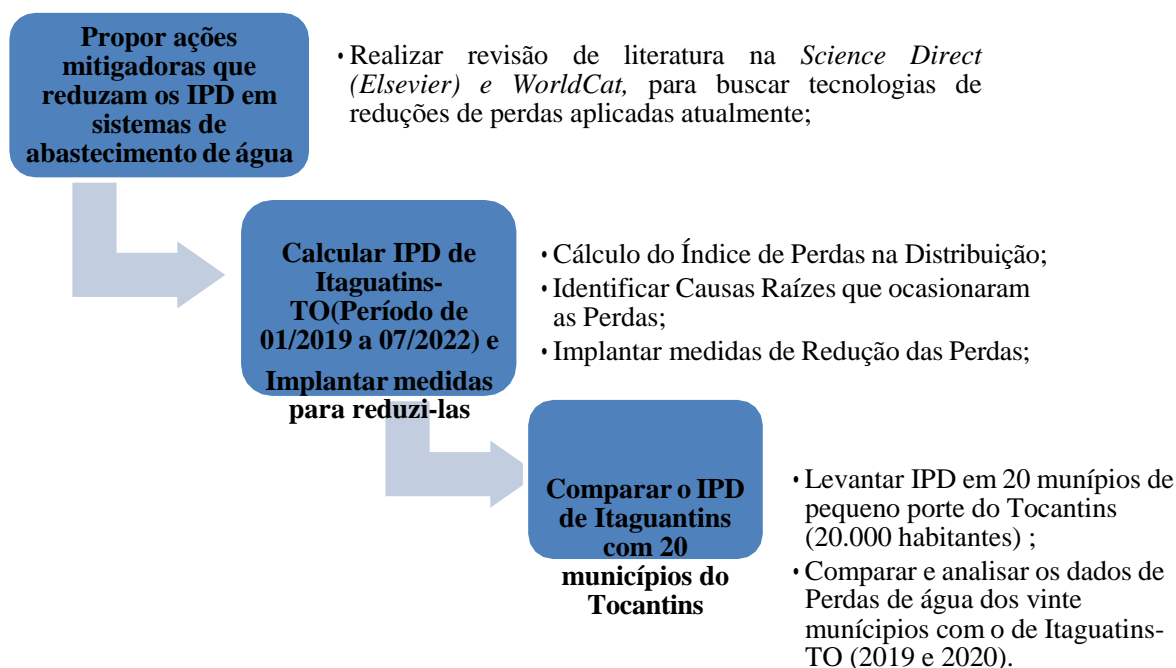
O método adotado na pesquisa foi o hipotético-dedutivo. Com deduções das consequências observadas, as hipóteses foram testadas ou falseadas, de modo que caso não ocorra o falseamento, tem-se sua corroboração (ENGEL, TOLFO, 2009). Em relação a natureza, o presente trabalho foi caracterizado como pesquisa aplicada, pois possui o intuito de gerar conhecimentos para serem aplicados na prática, a fim de solucionar problemas específicos (PRODANOV, DE FREITAS, 2013).

No que se refere a abordagem do problema, a pesquisa é classificada como quantitativa, pois é possível medir e quantificar os seus resultados (ZANELLA, 2013), sendo a variável de interesse as perdas de água de um município de pequeno porte do Tocantins. Em relação aos seus objetivos é denominada explicativa, já que objetiva explicar os porquês das perdas de água, identificando os fatores que determinam ou contribuem, para ocorrência desses eventos (GIL, 2002).

A pesquisa é classificada também como um estudo de caso, pois é um procedimento técnico, que realiza um estudo exaustivo e profundo de um ou poucos objetos, de modo a permitir um amplo e detalhado conhecimento (GIL *et. al.*, 2002).

A presente pesquisa foi realizada conforme as diretrizes da figura 05 e utilizou como procedimentos técnicos, o estudo de caso e revisão sistemática, realizados em três etapas distintas.

Figura 5 - Procedimentos da Pesquisa



Fonte: Autor (2021)

A primeira etapa da pesquisa consistiu em uma revisão sistemática de literatura, em que artigos de pesquisas nas bases de dados *Science Direct (Elsevier)* e *WorldCat* foram consultados, com intuito de levantar e demonstrar algumas tecnologias de reduções de perdas de água existentes atualmente, com consequentes vantagens em realizar sua aplicação.

A segunda etapa da pesquisa foi um estudo de caso em Itaguatins-TO, em que foram coletadas informações, com intuito de calcular o índice de perdas na distribuição no período de janeiro de 2019 a julho de 2022. Nesse período, foram sendo implantadas medidas, com intuito de reduziro percentual de perdas gradativamente.

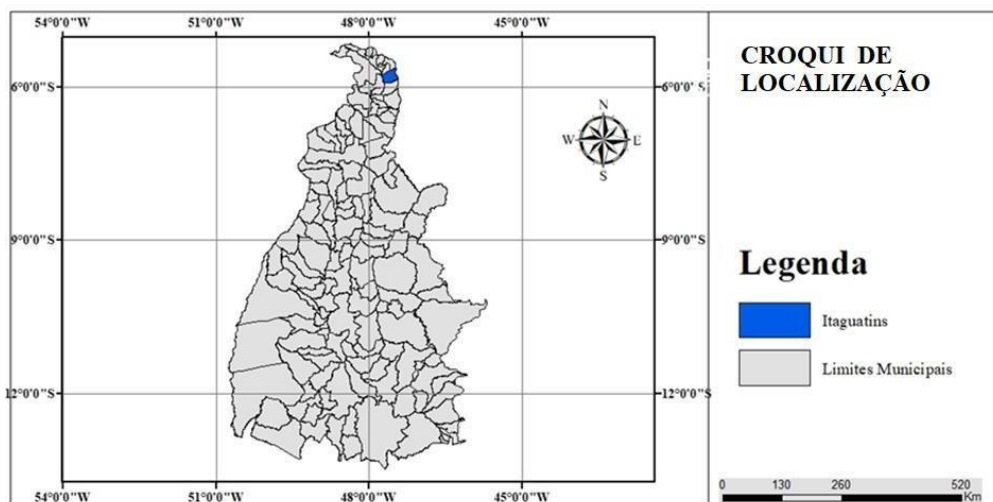
A terceira etapa do presente projeto utilizou como procedimento técnico a revisão sistemática, com a obtenção de dados extraídos de banco de dados do SNIS, referente ao índice de Perdas na distribuição de 20 municípios de pequeno porte no período de 2019 e 2020, para comparar com o índice que foi calculado, para o município de Itaguatins-TO.

5.1 Área de Estudo

A cidade que foi objeto do estudo é denominada Itaguatins-TO, localiza-se no estado do Tocantins e segundo o censo (2022) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui 5172 habitantes.

A figura 06, a seguir, apresenta o croqui de localização da cidade em relação ao estado do Tocantins.

Figura 6 - Croqui de Localização de Itaguatins-TO



Fonte: Autor (2021)

A cidade de Itaguatins-TO fica localizada a uma latitude de $5^{\circ}46'26.11''$ sul e longitude $47^{\circ}28'47.87''$ oeste, a uma altitude média de 130 metros. A distância desta cidade a Palmas, que é a capital do Tocantins, é de 590 km aproximadamente. A pesquisa realizou o cálculo do volume de água perdido no município e um diagnóstico do sistema público municipal, para identificar as causas raízes das perdas físicas e não físicas. Com a identificação das situações que ocasionam as perdas, foram implantadas ações para reduzi-las no período da pesquisa.

5.2. Índice de Perdas na Distribuição de Itaguatins-TO

O cálculo das perdas de água em Itaguatins-TO foi realizado com o levantamento e utilização de duas variáveis principais: volume produzido e micromedido. A obtenção do volume produzido foi realizado por procedimentos que utilizam horímetros e a do volume micromedido com o uso de kit cavaletes hidrômetros. Posteriormente, foram detalhados os mecanismos de levantamento destas variáveis.

5.2.1 Levantamento do Volume Produzido

Durante o período de realização da pesquisa, foram solicitadas informações à empresa Hidro Forte Saneamento que é a concessionária que realiza a operação do sistema de abastecimento de água da cidade de Itaguatins-TO, dentre os quais cita-se: documentos que

tenham informações do horário de funcionamento das bombas, relatórios de micromedicação da cidade, vazões dos poços tubulares profundos, dados históricos de componentes do sistema (como por exemplo a idade do parque de hidrômetros), ordens de serviços executadas. Esses documentos foram solicitados com intuito de ter dados para calcular e identificar as causas raízes das perdas. Foi formalizado à empresa, e atendido por esta, um pedido de permissão para acompanhar as ações implantadas em campo.

Com o horário de funcionamento dos horímetros dos poços tubulares profundos e registro das vazões de cada um dos poços, foi possível determinar o volume de água que é produzido pelo sistema diariamente e mensalmente.

O registro do período de funcionamento das bombas submersas foi realizado com um horímetro. A obtenção da quantidade de horas de funcionamento diárias, foi realizada com a utilização de uma planilha (tabela) de controle de registro das horas deste equipamento.

A planilha de controle dos dados possuía os seguintes campos: Dia, mês, hora, horímetro anterior, horímetro atual, tempo de funcionamento (horas), vazão em metro cúbico por hora, volume (m^3 / dia), conforme quadro 03, a seguir.

Quadro 03- Coleta de Informações para determinação do volume Produzido

Dia	Mês	Hora	Horímetro Anterior	Horímetro Atual	Tempo Func. (h)	Vazão (m^3/h)	Volume Produzido (m^3/dia)
1							
2							
3							
n (último dia do mês)							
Volume Produzido mês							

Fonte: Autor (2021)

O campo hora correspondia ao preenchimento do horário que foi coletada a informação. O item horímetro anterior correspondia a marcação que estava no equipamento no dia anterior e no horímetro atual, a que consta no presente dia. Ou seja, o tempo de funcionamento em horas da bomba foi determinado pela subtração da leitura de início de funcionamento da bomba pelo horário que o equipamento parou de funcionar.

A vazão em metros cúbicos por hora (m^3/h), inserida no quadro 03, era a do poço tubular

no mês em análise, sendo que a cada dois meses, foi realizada uma aferição das vazões (l/s). Esse procedimento foi realizado marcando o tempo que era necessário para encher um tambor de volume conhecido. Essa atividade atualizava a coluna do quadro referente à vazão e possuía o intuito de proporcionar que o volume obtido na macromedição ao final do mês fosse o mais preciso possível, visto que poços tubulares profundos em determinados períodos de tempo podem sofrer oscilações de vazões.

O volume diário produzido foi obtido com a multiplicação do tempo de funcionamento pela vazão do PTP. O somatório dos volumes diários produzidos nos dias do mês analisado, determinou o volume produzido mensal do poço em análise.

A utilização de horímetros nos quadros de comando das bombas submersas é uma alternativa com baixo custo de implantação e operação, para monitorar o volume produzido em sistemas de captações subterrâneas, quando comparado a outras tecnologias existentes no mercado. O cálculo do volume produzido de água foi realizado de forma indireta, visto que o volume é obtido com a utilização de outras grandezas, que são a quantidade de horas de funcionamento da bomba e a vazão do poço.

A confiabilidade das vazões produzidas com a utilização dos horímetros foi garantida pela execução das seguintes ações:

- treinamentos, para garantir um correto acompanhamento e preenchimentos dos dados;
- aferição das vazões dos poços bimestralmente, visto que as vazões das captações subterrâneas podem sofrer oscilações dependendo da época do ano e suas condições operacionais;
- manutenções preventivas nas bombas submersas e componentes elétricos, para garantir o rendimento dos equipamentos ao longo de sua vida útil.

O volume produzido no sistema de captação subterrânea da cidade de Itaguatins-TO foi obtido pelas somatórias das multiplicações das vazões dos poços, pela quantidade de horas diárias de funcionamento das bombas submersas em cada mês, conforme Equação 1.

$$VP = \sum(Q \times H) \quad (1)$$

Onde:

- VP = Volume Produzido no mês (m³);
- Q = Vazão diária do poço tubular no mês (m³/h);
- H = Quantidade diária de horas trabalhadas pela bomba submersa (h);

O somatório dos volumes produzidos pelos poços tubulares profundos 01 e 02 corresponde ao volume produzido mensalmente na cidade de Itaguatins-TO. Já o volume produzido anualmente foi referente ao somatório dos volumes mensais.

5.2.2 Levantamento do Volume Micromedido

A quantidade de água consumida pela população da cidade foi informada em um relatório de frequência mensal disponibilizado pela concessionária, que apresentava o volume de água medido nos hidrômetros de todos os usuários do sistema. O somatório dos volumes consumidos mensalmente em Itaguatins-TO representava o volume anual.

Foram analisadas em visitas ao sistema de abastecimento de água, as condições em que se encontrava o parque de hidrometação da cidade, com análise da idade do parque de hidrometação, condições de funcionamento (presença de vazamentos, anormalidades de medição), condições de violação (presença dos lacres, *by-pass*, presença de arames, inversão do hidrômetro). Destaca-se que essas vistorias, realizadas mensalmente, buscavam identificar as causas raízes que poderiam estar ocasionando perdas não físicas e contribuindo com o aumento do índice de perdas na distribuição da cidade.

Após a identificação das causas raízes levantadas, foram realizadas ações sobre cada uma destas, com intuito de solucionar os problemas que ocasionam estas e evitar que aconteçam novamente.

5.3 Cálculo do Índice de Perdas na Distribuição

Com o volume de água produzida na etapa de captação e a quantidade de água total consumida pelos moradores da cidade foi possível calcular o índice de perdas na distribuição mensal e anual, para os períodos de 2019 a julho de 2022, com a inserção dos dados na equação

2. Esta equação foi retirada do Glossário de Indicadores de água e Esgoto do SNIS, com referência no ano de 2020. As variáveis que compõem a equação, estão explicitadas abaixo, conforme definições contidas Glossário de Informações - Água e Esgotos (2020):

$$IPD = \frac{AG006+AG018-AG10-AG24}{AG006+AG018-AG024} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

- **IPD**- Índice de perdas nas distribuições expressa em %;
- **AG006: Volume de água Produzido**- Volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada, que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição;
- **AG018: Volume de água tratada importado**- Volume anual de água potável, previamente tratada em ETA(s) ou em UTS(s), recebido de outros agentes fornecedores;
- **AG10: Volume de água consumida**- Volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido, o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado, para outro prestador de serviços;
- **AG 024: Volume de Serviço** - Valor da soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado. As águas de lavagem das ETA(s) ou UTS(s) não devem ser consideradas.

Como na filial de Itaguatins-TO, o volume de água tratado importado é nulo, a fórmula utilizada na equação 2 pode ser reescrita, conforme equação 3, abaixo.

$$IPD = \frac{AG006-AG10-AG24}{AG006-AG024} \times 100 \quad (3)$$

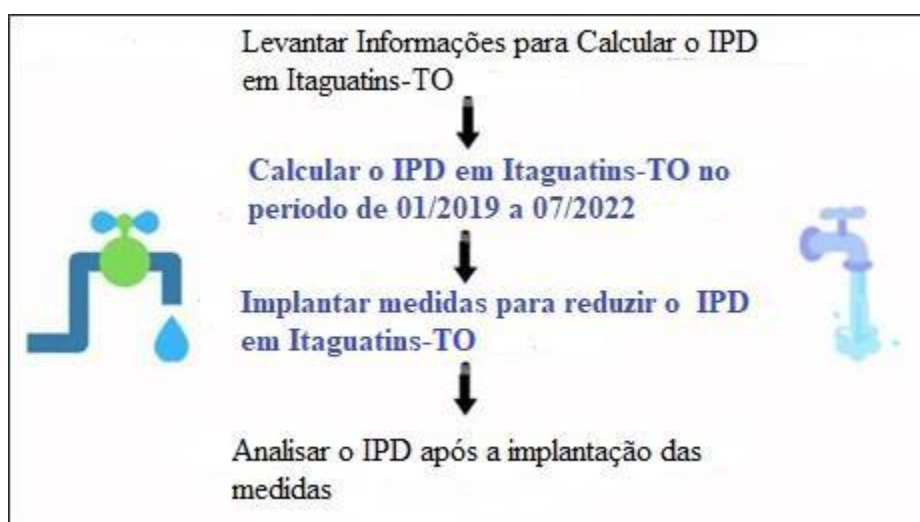
Com os dados das perdas mensais, foram calculados os desvios padrões destas, paracada ano analisado pela presente pesquisa.

5.4 Ações de reduções das Perdas de Águas

Após o levantamento do índice de perda de água de Itaguatins-TO no ano inicial da pesquisa (2019), denominado como ano de linha base, foi realizado um diagnóstico do sistema de abastecimento de água, buscando identificar as causas raízes que ocasionaram as perdas de água.

Após esse levantamento das causas raízes foram implantadas ações, para reduzir as perdas de água do Sistema de Abastecimento. A figura 07 a seguir apresenta os procedimentos que foram realizados no estudo de caso.

Figura 7- Fluxograma do Estudo de Caso



Fonte: Autor (2021)

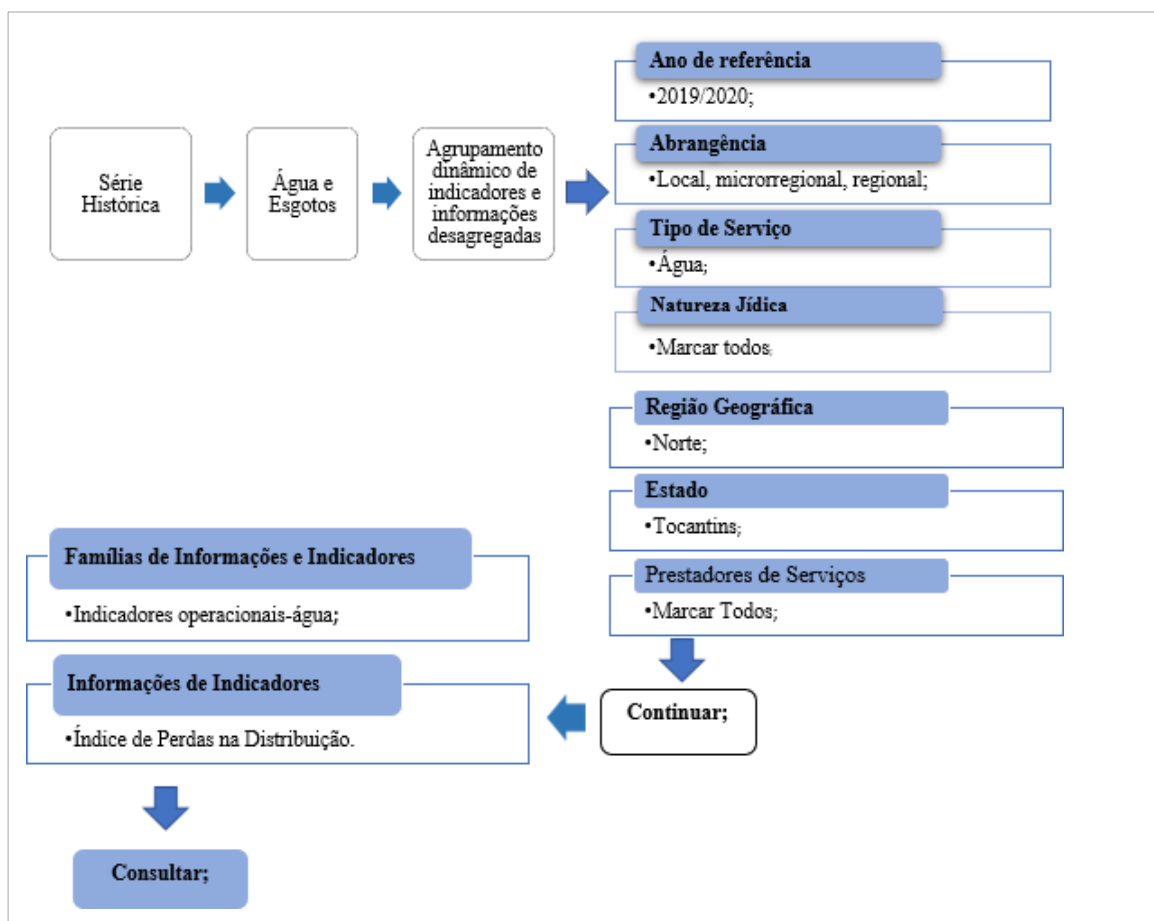
As ações de reduções de perdas implantadas gradativamente até julho de 2022 permitiram avaliar os resultados efetivos que as atividades tiveram em termos de reduções dos percentuais e volumes de águas perdidas, para cada ano analisado pelo estudo.

5.5 Levantamento de dados com SNIS

Foi realizada uma revisão sistemática, com a extração de dados da série histórica de dados do SNIS referente ao índice de Perdas na distribuição (%) de 20 municípios com populações inferiores a 20.000 habitantes, localizados no estado do Tocantins, para os períodos da pesquisa. Destaca-se que os últimos registros de dados na serie histórica do SNIS são referentes ao ano de 2020. Com isso, os dados de perdas destes municípios de pequeno porte foram analisados, para os anos de 2019 e 2020.

A figura 08 a seguir apresenta um fluxograma que demonstra o passo a passo de realização do levantamento do índice de perdas na distribuição no SNIS.

Figura 08- Procedimento de extração dos dados do SNIS



Fonte- Autor (2023)

Ao selecionar a série histórica do SNIS, clicou-se em água e esgotos. Na sequência, agrupamento dinâmico de indicadores e informações desagregadas.

No campo ano de referência foi selecionado o ano de 2019. No campo abrangência e natureza jurídica deixou marcado a opção Todos. Em tipo de serviço selecionou a opção água. Em região, marcou a opção Norte e em estado, selecionou o do Tocantins. Na opção prestadores de serviços, deixou selecionado a opção marcar todos. Posteriormente, foi selecionado os 20 municípios do estado do Tocantins, objeto dessa etapa da pesquisa. Ao realizar todas as seleções descritas, clicou-se na opção continuar. A tabela 01 mostra as cidades selecionadas com respectivas populações que foram extraídas do site do IBGE.

Tabela 01 – População do censo 2022 dos Municípios selecionados (População < 20.000 hab)

Item	Município	Último censo (2022)
1	Brejinho de Nazaré	4.725
2	Carmolândia	2.201
3	Caseara	4.847
4	Conceição do Tocantins	3.887
5	Couto Magalhães	5.331
6	Crixás do Tocantins	1.470
7	Fátima	3.467
8	Ipueiras	1.590
9	Itaporã do Tocantins	2.404
10	Juarina	2.243
11	Lagoa do Tocantins	3.516
12	Marianópolis do Tocantins	4.615
13	Nova Rosalândia	3.362
14	Palmeirante	4.798
15	Pau D´ Arco	4.043
16	Pugmil	2.193
17	Sampaio	4215
18	São Bento do Tocantins	5.654
19	Tocantínia	7.459
20	Tupiratins	1.874

Fonte: Dados Extraídos do IBGE Cidades (2022)

Após a seleção das cidades, ocorreu um direcionamento para opção famílias de informações e indicadores, onde foi marcada a opção indicador operacionais de água. No segundo campo, referente a informações e indicadores, foi selecionado o indicador de índice de perdas na distribuição.

Na sequência, clicou-se em gerar planilha em *download* que forneceu uma tabela com as seguintes informações: código do município, município, estado, ano de referência, código do prestador, sigla do prestador, abrangência, tipo de serviço, natureza jurídica e índice de perdas

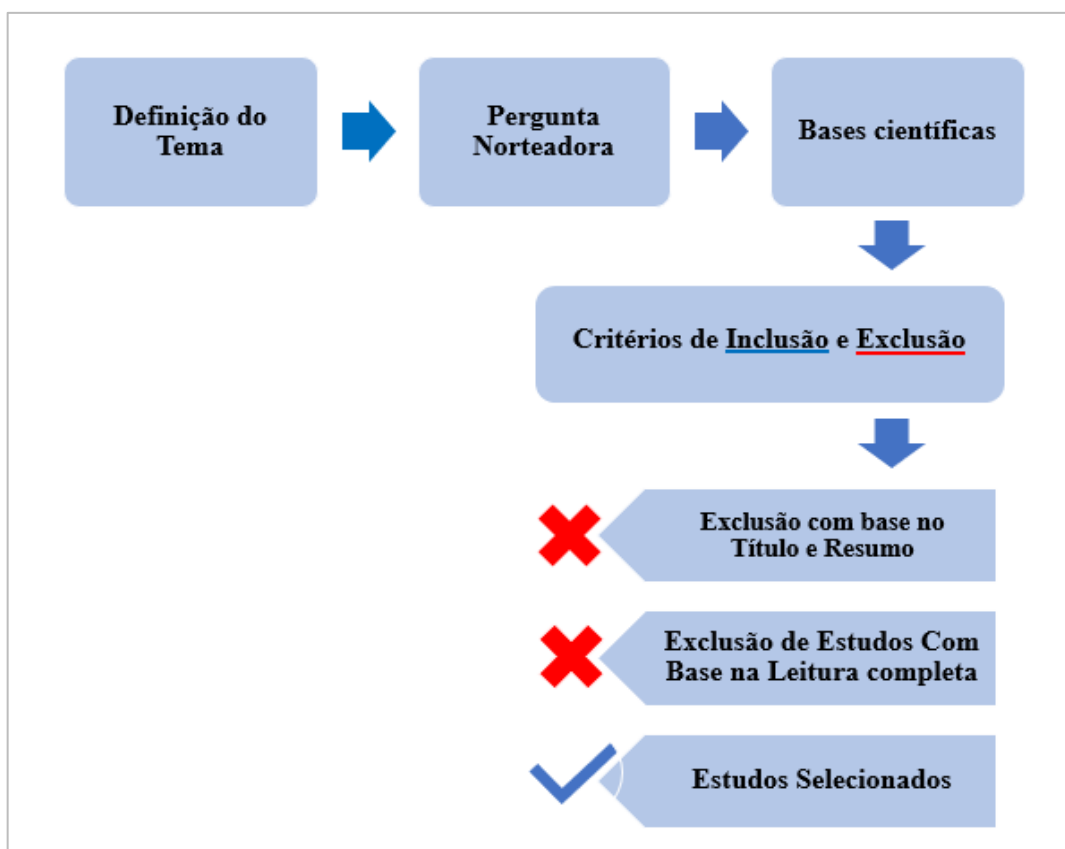
na distribuição em cada município. Este procedimento foi realizado novamente para o ano de 2020.

A análise do índice de perdas na distribuição das 20 cidades de até 20.000 habitantes foi comparada com o percentual de perdas calculado de Itaguatins-TO, para os anos de 2019 e 2020. Posteriormente foi gerado um gráfico que apresentou as perdas porcentuais, para o período analisado.

5.6 Ações mitigadoras de redução de Perdas de água

Foi realizada uma revisão sistemática nas plataformas científicas *Science Direct* (*Elsevier*) e *WorldCat*, para levantar as tecnologias de reduções de perdas de águas que são utilizadas nos sistemas de abastecimentos de água dos países, conforme procedimentos da figura 9, a seguir.

Figura 9 - Tecnologias aplicadas nas reduções das perdas de águas



Fonte: Autor (2021)

Esta etapa da pesquisa utilizou de uma revisão sistemática, conforme demonstrado no

fluxograma da Figura 9, com intuito de analisar tecnologias de reduções de perdas que são aplicadas atualmente. Destaca-se que em uma revisão sistemática, as escolhas das palavras-chave mais adequadas são fundamentais, para se buscar estudos científicos de qualidade. Esta pesquisa utilizou dois conjuntos de palavras-chave, com objetivo de aumentar a seleção das quantidades de estudos de alto nível que atendam aos procedimentos técnicos da pesquisa.

O primeiro conjunto de palavras foi composto pelos seguintes termos técnicos da área de saneamento, "*Water losses*" (perdas de água), "*real losses*" (perdas reais), "*apparent losses*" (perdas aparentes), "*leaks*" (vazamentos). Já o segundo conjunto de palavras utilizou as seguintes palavras da área de saneamento, "*water losses*" (perdas de água), "*water distribution networks*" (redes de distribuição de água), "*non-revenue water*" (água não faturada), "*loss reduction*" (redução de perdas). Destaca-se que foi utilizado as bases de dados *Science Direct (Elsevier)* e *WorldCat*, de modo que estas apresentaram pesquisas, dos mais variados países.

A próxima etapa foi definir os critérios de inclusão e exclusão, para analisar e selecionar com base em uma leitura do título e resumo, os artigos que atendiam aos critérios de inclusão. Ao atender aos critérios de inclusão abaixo, definidos para a pesquisa, os artigos eram selecionados, para a próxima etapa.

- Artigos que abordam tecnologias de reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento;
- Artigos que abordam perdas de água reais e/ou aparentes em sistemas de abastecimento humano;
- Artigos que abordam as vantagens de aplicar tecnologias de redução de perdas de águas.

Os critérios de exclusão eram a negação dos critérios de inclusão, artigos de revisão sistemática e pesquisas duplicadas.

Após identificar as pesquisas que atendiam aos critérios de inclusão, foi realizado um quadro composto pelos artigos selecionados nos dois jogos de palavras, que eram compostos por título do artigo, país de realização, ano de publicação e vantagens das tecnologias de reduções encontradas na literatura.

O quadro realizado anteriormente serviu como base, para realização dos seguintes gráficos: Tecnologias de reduções de perdas atuais classificadas por quantidades, quantitativo de pesquisas no decorrer do tempo.

Foi elaborado um quadro que relaciona os países que tiveram tecnologias de reduções de perdas selecionadas pelas respectivas quantidades encontradas em cada localidade. Nesta etapa, realizou-se a inserção direta de mais 10 estudos que apresentavam tecnologias de reduções de perdas que foram implantadas no Brasil.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa analisou tecnologias de ações de reduções de perdas que são utilizadas atualmente, após isso realizou o cálculo do índice de perdas na distribuição de Itaguains-TO, identificou as causas raízes que as ocasionaram e implantaram ações sistemáticas contínuas de reduções de perdas durante os 43 (quarenta e três) meses de realização da pesquisa. Com resultado, foi observada uma redução de 33% do IPD ao se comparar o ano de 2022 com o ano de linha base.

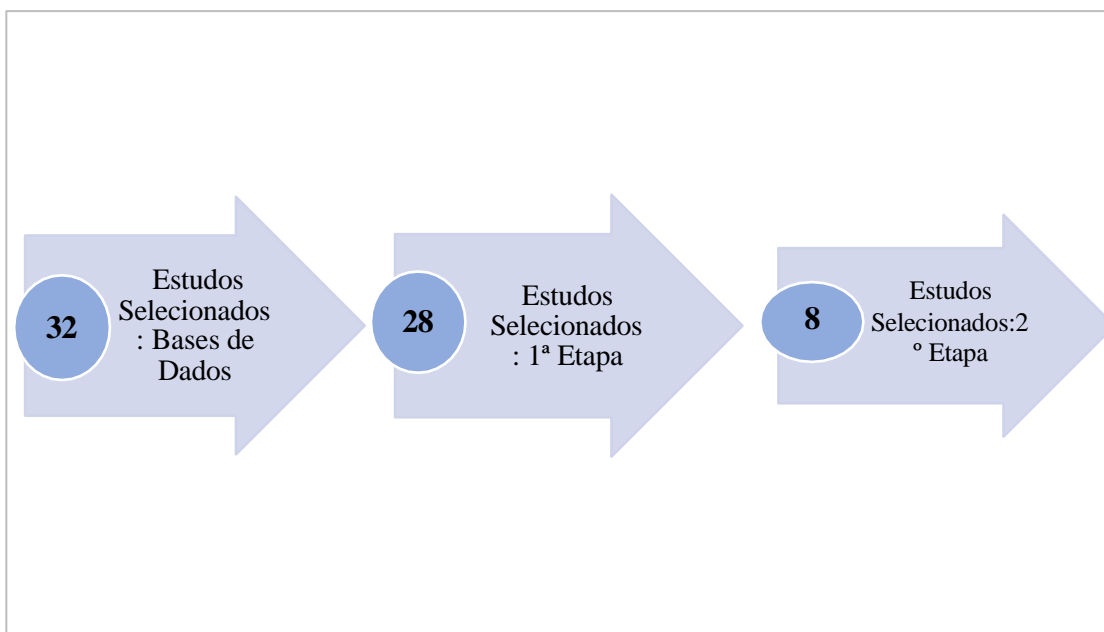
Com os resultados de perdas calculados no intervalo da pesquisa, comparou-se o índice de perdas na distribuição de Itaguatins-TO com o de 20 municípios de pequeno porte do estado do Tocantins, para os anos de 2019 e 2020. Destaca-se que apesar do índice de perdas do SAA de Itaguatins-TO ter apresentado reduções consideráveis nos anos de 2021 e 2022 com o aumento das ações sistemáticas, não se comparou os resultados com os dos demais municípios, pois os dados mais atuais disponibilizados pelo SNIS eram referentes ao ano de 2020.

6.1 Ações mitigadoras de redução de Perdas de água

Realizou-se uma revisão sistemática nas plataformas científicas *Science Direct (Elsevier)* e *WorldCat*, para levantar as tecnologias de reduções de perdas de águas que são utilizadas atualmente nos sistemas de abastecimentos de água dos países, seguindo as diretrizes do protocolo da figura 9.

No primeiro jogo de palavras, ao analisar as duas bases, foram obtidos um quantitativo de 32 artigos de livre acesso, sendo que 31 estavam localizados na *Science Direct(Elsevier)* e 1 artigo no *WorldCat*. A figura 10 apresenta o quantitativo de artigos que foram classificados em cada etapa.

Figura 10- Estudos selecionados com base no jogo de palavras 01

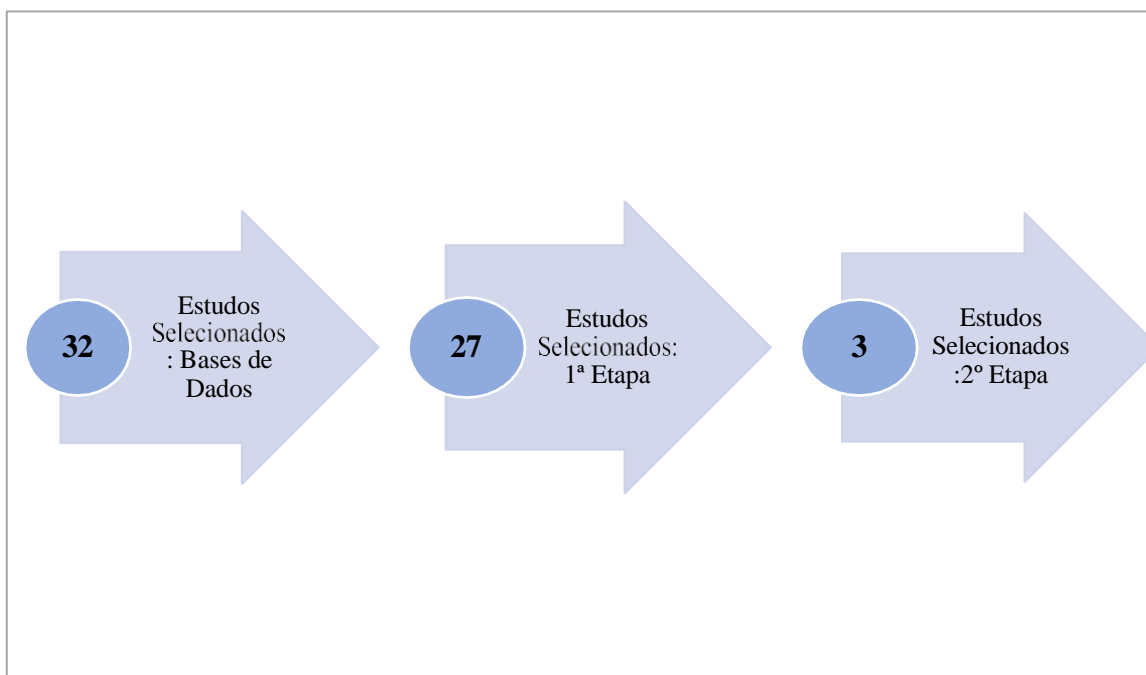


Fonte: Autor (2021)

O primeiro jogo de palavras, conforme observado na Figura anterior, demonstra que foram analisados 32 estudos nos bancos de dados, sendo que após a leitura do título e do resumo ficaram 28 artigos, sendo 27 localizados na *Science Direct (Elsevier)* e 1 localizado na *WorldCat*. Na sequência, após a realização da leitura completa, foram selecionados 7 na *Science Direct (Elsevier)* e 1 na *WorldCat*.

Os critérios de inclusão e procedimentos de análise foram os padronizados para a pesquisa e demonstrados anteriormente na figura 09. No segundo jogo de palavras selecionado nesta pesquisa foram analisados um total de 32 artigos de livre acesso, sendo que 27 estavam localizados na *Science Direct (Elsevier)* e 5 artigos no *WorldCat*. A figura 11 apresenta o total de artigos que foram classificados em cada etapa, para o jogo de palavras 02.

Figura 11- Estudos selecionados com base no jogo de palavras 02

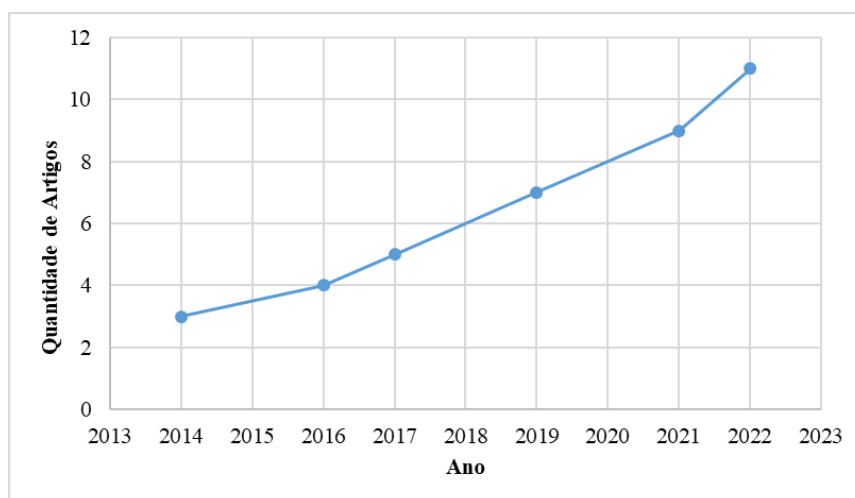


Fonte: Autor (2021)

Com base na Figura 11, observa-se que 84,4% do total de 32 estudos analisados foram aprovados na 1ª etapa e que 9,4% foram aprovados, após a 2ª etapa, sendo que após esta última, 2 estudos estavam localizados na Science Direct (Elsevier) e 1 na WorldCat.

Com a junção dos artigos selecionados nos dois jogos de palavras após as análises dos critérios de inclusões da pesquisa, a figura 12 demonstra o quantitativo de pesquisas selecionadas no decorrer do tempo.

Figura 12- Resultados das produções cumulativas - Período de 2014 a 2022



Fonte: Autor (2022)

O gráfico demonstra que existe um interesse crescente da comunidade científica em pesquisas que envolvam tecnologias de reduções de perdas de água no período de 2014 a 2022. Uma justificativa plausível para esta crescente é que as perdas de água são um problema social observado em países de todos os continentes. Com isso, pesquisas que constam aplicações práticas de tecnologias de redução de perdas de água que foram aplicadas em sistemas públicos de abastecimento são fundamentais, para incentivar a replicação de boas alternativas existentes no mercado e evitar tecnologias que tiveram resultados ineficientes ou que apresentaram baixo custo benefício. A figura 13 apresenta a distribuição dos estudos selecionados por países.

Figura 13 - Localização dos estudos nos países



Fonte- Autor (2022)

A referida figura demonstra que a Europa possui 36 % dos artigos selecionados na presente revisão sistema temática, sendo observado duas pesquisas na Itália, uma na Espanha e em Kosovo.

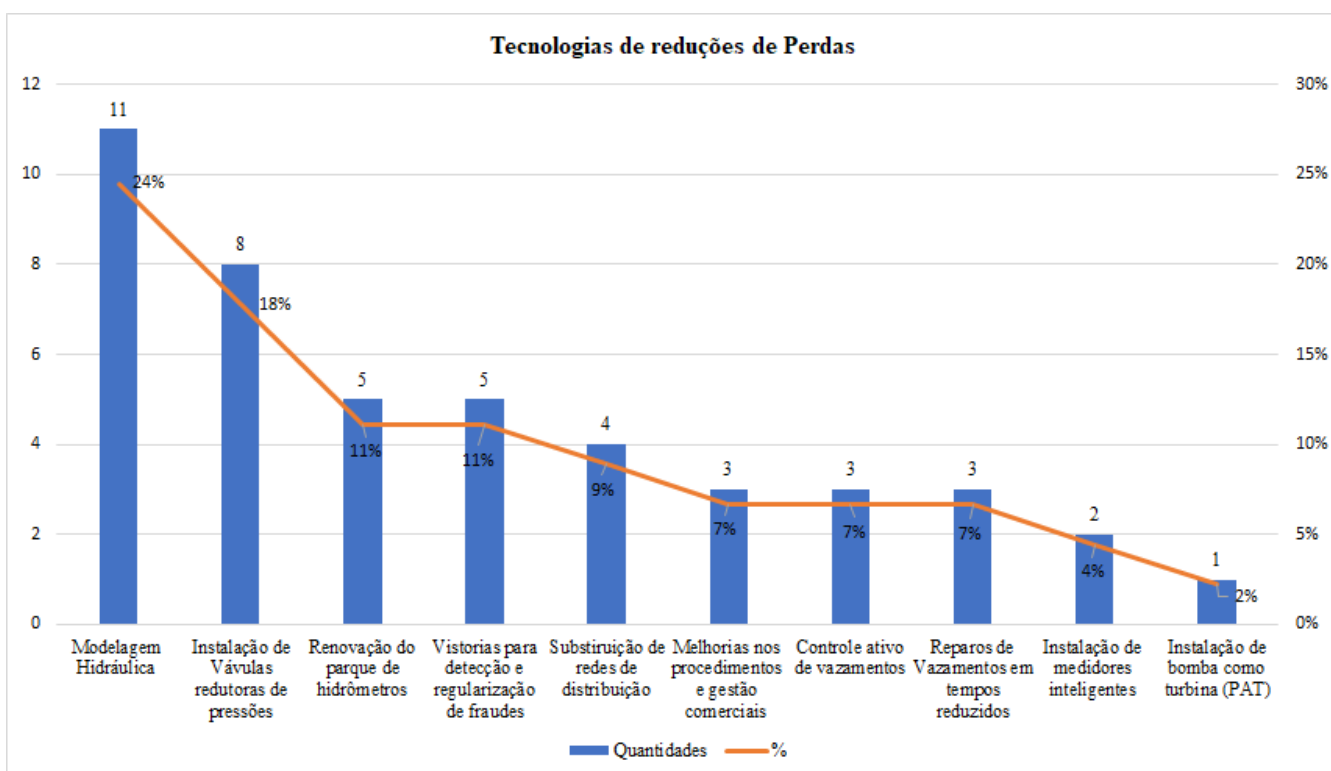
Na sequência, o continente com mais pesquisas foi a África com 27% , sendo observados um estudo no Egito, um na África do Sul e um na Tanzânia. Na sequência, tem-se o continente da América do sul com 18% dos artigos selecionados, com dois artigos do Equador. Os continentes da América do Norte e Ásia aparecem cada qual com 9%, com 1 respectiva pesquisa no México e Tailândia.

A presente pesquisa obteve uma amostragem de artigos selecionados em diferentes continentes, de modo que isso possibilita analisar as tecnologias de reduções de perdas de águas aplicadas em sistemas com diferentes características. Além das 11 pesquisas selecionadas com

a revisão sistemática, foi realizada a inserção direta de mais 10 pesquisas que realizaram ações de reduções de perdas no Brasil.

A figura 14 apresenta as tecnologias que foram aplicadas em artigos de pesquisa, para reduzir as perdas de águas em sistemas de abastecimento público.

Figura 14- Tecnologias de reduções de perdas de água



Fonte: Autor (2023)

Dos artigos 21 artigos analisados detalhadamente, observa-se que as tecnologias de redução de perdas ocorrem com junção de ações visando aumentar a eficácia destas e não com ações isoladas. Destaca-se que as pesquisas não possuíam o intuito de mensurar a eficiência de cada ação de forma isolada, mas o que conjunto de ações proporcionavam em termos de reduções de perdas.

A tecnologia mais observada foi a modelagem hidráulica, ocorrendo em 11 pesquisas e representando 24% em relação ao total de ações. Na sequência tem-se a instalação de válvulas redutoras de pressões com 18%, renovação do parque de hidrômetros com 11%, vistorias para detecção e regularização de fraudes com 11%; substituição de redes antigas e/ou que apresentam grandes quantidades de vazamentos com 9%; melhorias nos procedimentos e gestão comerciais (ex: Atualizações cadastrais) com 7%; controle ativo de vazamentos com 7%; reparos de vazamentos em tempos reduzidos com 7%; instalação de medidores inteligentes

(monitoramento online de parâmetros como pressão e vazão) com 4%; e instalação de bomba como turbina (PAT) com 2%.

Com isso, foram encontradas 10 tecnologias de reduções de perdas de águas, que apareceram 45 vezes nas quantidades demonstrados na figura 14, para os 21 estudos selecionados.

Foi realizada, nos parágrafos subsequentes, uma descrição das tecnologias de reduções de perdas analisadas e as vantagens que estas proporcionam quando aplicados, com intuito de demonstrar que existem diversas alternativas, para reduzir as perdas de águas existentes em sistemas de abastecimento de água. Com isso, a escolha da alternativa ideal depende principalmente das características do sistema público de abastecimento, das causas raízes das perdas de águas e dos recursos financeiros disponíveis, para implantar e operar as tecnologias de reduções adotadas.

6.1.1 Estudos Selecionados na Europa

Spedaletti *et al.* (2022) utilizaram uma modelagem hidráulica com software EPANET em conjunto com instalação de medidores inteligentes (registram e monitoram informações das águas contidas em redes de distribuição, como por exemplo vazão) em áreas de medição distrital (DMA), localizada em Osimo, cidade no centro da Itália. Após a implantação das ações mitigadoras descritas, no período de setembro a dezembro de 2020, foi observada uma redução do índice de perdas em 12,5% e uma economia de energia de 7.332,05kWh. Com isso, a abordagem proposta revelou um bom potencial na redução das perdas de água e do consumo de energia relacionado em um distrito hídrico real e pode ser facilmente estendida também para outras redes de distribuição da cidade analisada.

Nicolini *et al.* (2014) utilizaram de Modelagem hidráulica com software Epanet associado a extensas campanhas de identificação e reparação de vazamentos por meio de medições eletroacústicas, como ação mitigadora de redução de perdas em Udine que é uma cidade de aproximadamente 100.000 habitantes localizada na parte nordeste da Itália. A calibração do modelo foi realizada acompanhando e medindo as pressões e vazões em mais de 100 nós, em todo o sistema de distribuição e a validação consistia em comparar os resultados do modelo com os medidos no campo, por meio de medições de pressões e vazões no sistema com a utilização do sistema Scada e sensores ultrassônicos. Com a realização do modelo, foram realizadas campanhas sistemáticas de identificação e reparo de vazamentos, por meio de medições eletroacústicas que proporcionaram uma redução da vazão mínima noturna de 215 l/s

para 165 l/s.

Xhafa, Avdullahu, Ahmeti (2016) utilizaram como ações o monitoramento online de Pressão e Vazão em conjunto com controle ativos de vazamentos em uma área de medição distrital localizada no Kosovo, com intuito de reduzir as perdas de águas. O monitoramento online é uma das maneiras mais fáceis de controlar o fluxo e a pressão nessas redes, especialmente em Áreas de Medição Distrital (DMA), sendo que para reduzir as perdas em redes de distribuição estas são ferramentas essenciais. Neste estudo foi utilizado, para monitoramento online de vazões e pressões os registradores de pressão GPRS, medidores de vazão ultrassônicos associadas a medidas de controles ativos de vazamentos. As medidas implantadas proporcionaram reduções nos índices de perdas da DMA selecionada e demonstram a importância em investir em dispositivos automáticos e eletrônicos, para monitorar, controlar e reduzir perdas de águas.

Meseguer *et al.* (2014) utilizaram um protótipo DSS de localização de vazamentos baseado na web como tecnologia de redução de perdas de águas em uma área de medição distrital (DMA) da rede de distribuição de Barcelona (Espanha). A ferramenta proposta, para um correto funcionamento necessita de um modelo hidráulico bem calibrado (estrutura e parâmetros topológicos), uma correta precisão na estimativa da distribuição espacial da demanda dentro da DMA e dos sensores instalados na rede (MESEGUER *et al* 2014).

A ferramenta de software proposta integra uma metodologia de localização de vazamento baseada em modelo com base no uso de telemetria online de informações, associado com um modelo hidráulico calibrado da rede de água. O conhecimento adquirido, os métodos matemáticos e a ferramenta de software desenvolvidas neste trabalho permitirão que os operadores de água detectem e localizem eventos de vazamentos mais cedo e com maior precisão do que os sistemas atuais. A presente ferramenta de software foi desenvolvida, para funcionar automaticamente com base em dados reais de sensores, fornecendo informações aos gerentes de rede que ajudaram na tomada de decisões. (MESEGUER *et al.* 2014).

6.1.2 Estudos Selecionados na África

Samir *et al.* (2017) apresentaram uma modelagem hidráulica Water CAD, Versão 8, com definição das configurações ideais de utilização de válvulas redutoras de pressões, como ação mitigadora de redução de perdas. A área de aplicação do estudo foi em uma área mediçãodistrital (DMA) de Arama, localizada em Alexandria no Egito.

Arama está localizada entre as coordenadas 31°15'44.23" Norte e 30°0'52.85" Leste. A

configuração deste estudo consiste em uma rede de tubulações, para atender 4800 habitantes (210 L/habitante/dia) e 177 ligações de serviço principal, 1200 ligações de subserviço. O programa de simulação hidráulica WaterCAD é usado para executar diferentes cenários de vazamento, introduzindo a pressão em cada tubo e apoiando os sistemas de decisão sobre a quantificação e localização das válvulas de redução de pressão (PRVs). (SAMIR et al. 2017). A abordagem apresentada neste estudo visa modelar o vazamento em função da pressão e do comprimento da tubulação, calibrando o coeficiente de vazamento, utilizando válvulas redutoras de pressão fixas (PRVs) para desenvolver flutuações de pressão e desenvolver cenários com o WaterCAD, com intuito de minimizar vazamentos através das configurações mais eficazes de PRVs. Destaca-se que o diâmetro e a localização dos PRVs foram alterados nos diferentes cenários. A aplicação desta abordagem produziu alguns resultados encorajadores, com uma redução em até 37% do índice de vazamentos na área de medição distrital analisada, para o melhor cenário de aplicação e locação das válvulas redutoras de pressões. Com isso, a abordagem realizada pode ser estendida a outras áreas de medições distritais do Egito que possuem características semelhantes e a outras regiões por meio da coleta de dados de rede e vazamentos (SAMIR et al. 2017).

Bonthuys, Van Dijk, Cavazzini (2019) utilizaram dados de gestão de ativos de planos de gestão de ativos de Infraestrutura e registros de ativos para o desenvolvimento de modelagem hidráulica com software EPANET e instalaram bomba como turbina (PAT) como ações mitigadoras de reduções de perdas de água. A metodologia proposta foi aplicada em um trecho da cidade de Polokwane, isolado como área de medição distrital (DMA). O presente município fica localizado na província de Limpopo, na África do Sul. A superfície municipal cobre mais de 5.000 quilômetros quadrados e atende cerca de 280.000 clientes, incluindo residenciais e não residenciais.

Semelhante aos benefícios do gerenciamento de pressão em sistemas de distribuição de água, a recuperação de energia também tem o benefício de reduzir as perdas de água causadas por vazamentos de tubulações no sistema, devido à relação diretamente proporcional de pressão e vazamento. Com isso, reduzir a pressão média de operação em um sistema de distribuição de água convertendo o excesso de pressão em eletricidade, por meio da recuperação de energia, reduz o volume de perda de água por vazamento. Embora este método não reduza o número de vazamentos ou localize a posição dos vazamentos, proporciona uma redução do volume de água perdida nos vazamentos, através das mudanças operacionais causadas pela recuperação de energia no sistema. Os dados de gerenciamento de ativos foram usados para identificar um potencial médio anual de recuperação de energia preliminar dentro da Área Medida do Distrito

Central de Polokwane de 2,3 GWh, resultando em um potencial médio anual de redução de vazamento entre 3,3% e 4,2% de água potável. Portanto, incentivar o gerenciamento de ativos de infraestrutura hídrica para recuperação de energia e redução de vazamentos proporciona benefícios financeiros em termos de economia de água e eletricidade gerada (BONTHUYS, VAN DIJK, CAVAZZINI, 2019).

Shushu *et al.* (2021) utilizaram a Modelagem hidráulica com software Epanet 2.0 em conjunto com a instalação de válvulas redutoras de pressões, como ações mitigadoras, para reduzir as perdas de águas na cidade de Mwanza, que fica na margem sul do Lago Vitória, na parte noroeste da Tanzânia e que em 2012 possuía uma população estimada em 905.473 habitantes. Destaca-se que nesse estudo, uma pequena área (parte da rede de água da cidade) chamada Áreas de Medição do Distrito de Ilemela (DMA) foi selecionada para medições e análises, sendo que esta possui 1004 ligações de clientes, 13 km de rede de distribuição e é principalmente uma área residencial com poucos hotéis e escolas diurnas e quase nenhuma casa noturna. A seleção dessa DMA foi devido ao alto número relatado de rupturas e vazamentos de tubos observados durante os trabalhos de campo, associado a preocupações relativas a distribuição de pressão irregular. Outro motivo dessa seleção foi devido ser possível isolar hidráulicamente a área.

O software EPANET 2.0 foi utilizado no estudo para análise e simulação hidráulica, bem como para previsão do impacto da instalação de válvulas redutoras de pressão (PRV) no nível de água não faturada do DMA. Destaca-se que pressão medida e as taxas de fluxo foram usadas para validar o modelo e garantir que o modelo corresponda às condições reais do sistema. Com isso, as calibrações foram feitas considerando dados de campo, localização e tempo de medição de pressão e dados de vazão (SHUSHU *et al.* 2021).

Antes da aplicação das ações desta pesquisa, as velocidades de fluxo em cerca de 83% das tubulações foram consideradas inadequadas, levando à má qualidade da água devido à estagnação da água. Foi observado que as baixas velocidades foram devidas ao superdimensionamento indicando incidência de expansão espacial e temporal não planejada da rede de distribuição (SHUSHU *et al.* 2021).

Uma alta porcentagem de *non-revenue water* (água sem receita), NRW, (50%) foi encontrada na área de medição distrital (DMA) analisada em comparação com toda a rede da cidade (37%). Cerca de 87% do NRW foi contribuído por perdas reais na DMA, enquanto cerca de 52% das junções nodais apresentaram pressão acima dos limites recomendados. A alta pressão foi responsável pelos vazamentos observados e estouros de tubos no DMA. A otimização da pressão usando válvulas redutoras de pressão, bem como a alteração da topologia

da rede, minimizou os possíveis vazamentos para 46%. Com isso os resultados da simulação demonstram que estratégias de redução de pressão integradas com uma mudança de topologia da rede foram capazes de reduzir eficientemente as perdas de águas, principalmente em redes de águas não planejada. Portanto, essa abordagem mostrou uma redução efetiva de NRW em comparação com os métodos comuns de gerenciamento de pressão sozinho e outros cenários testados. Constatou-se também que a otimização das válvulas redutoras de pressão foi essencial para reduzir efetivamente as perdas de água nas redes analisadas (SHUSHU *et al.* 2021).

6.1.3 Estudos Seleccionados na América do Sul

Ávila *et al.* (2022) apresentaram uma programação no Epanet Toolkit com acalibração automática do sistema de abastecimento de água realizada com dados de volume consumido pelos usuários e a vazão injetada no sistema, como ação mitigadora de redução de perdas. A metodologia foi aplicada em um estudo de caso real localizado em Manta (Equador). O procedimento proposto, que é otimizado por dois procedimentos de recozimento simulados inseridos em um procedimento iterativo, possibilitou a diminuição do volume dos vazamentos acima de 120.000 m³ e aumentou a geração anual de energia renovável em 34.490 Kwh, diminuindo a emissão de 969 toneladas de CO² a cada ano. A ferramenta desenvolvida possibilitou a incorporação dos sistemas de recuperação para melhorar a eficiência energética da rede, aumentando o uso de energias renováveis e reduzindo o volume de vazamentos. Com isso, as melhorias afetaram positivamente a eficiência hidráulica do sistema e otimizaram o uso dos recursos hídricos das cidades.

García-Ávila *et al.* (2019) adotaram em sua pesquisa a utilização de modelagem hidráulica com software Epanet 2.0 associado a instalação de válvulas redutoras de pressões em redes de distribuição de água potável na cidade de Azogues, localizada ao sul da República do Equador. Este município possui uma população de 70.064 habitantes, área de 1.200 km² e uma rede de distribuição de água potável dividida em seis zonas. Foi selecionada, para esta pesquisa, uma área da região Nordeste que corresponde à parte alta da cidade e que possui uma população de aproximadamente 5.800 pessoas. Destaca-se que esta rede foi escolhida por possuir um cadastro atualizado do sistema de distribuição e por possuir perdas aproximadas de 46,86%. O objetivo principal da pesquisa era avaliar a redução do vazamento de água otimizando a pressão com a utilização de válvulas redutoras de pressão (PRVs). O modelo hidráulico como software EPANET foi calibrado e validado com dados de análise das pressões em nós, da velocidade nas tubulações, através dos indicadores técnicos de desempenho. Os resultados iniciais indicaram a

necessidade de otimizar a pressão, sendo encontrados nós com pressões excessivas na parte inferior da rede. Após a identificação destas pressões foi sugerida a instalação de duas PRVs, maximizando as pressões adequadas, que possibilitaram que ocorressem um aumento de 59,84% para 90,67% de nós com pressões admissíveis. Com isso, o volume de vazamento diminuiria no momento da pressão máxima em 31,65% se a pressão fosse otimizada com a instalação de duas PRVs. Portanto, a redução de vazamentos por meio da otimização de pressão, usando válvulas redutoras de pressão, é uma maneira eficaz de melhorar o desempenho de um sistema de distribuição de água. (GARCÍA- ÁVILA *et al.* , 2019)

Ribeiro; De Andrade; Zambon (2017) realizaram uma pesquisa na cidade de Limeira-SP, com intuito de mostrar ações que possam melhorar as prestações dos serviços e sustentabilidade econômica no setor do saneamento. Destaca-se que, após as ações contínuas de reduções de perdas implantadas, Limeira atingiu um dos menores índices de perdas do país.

A concessão de Limeira é realizada por uma empresa privada, de modo que de 1995 a 2015 foi observado uma redução do índice de perdas na distribuição de quase 30%. Dentre as ações realizadas, cita-se a inserção de formas de controle do volume consumido no processo de tratamento, mapeamento dos vazamentos em redes de distribuição e ligações domiciliares, monitoramento das pressões em locais com maior concentrações de vazamentos, instalação de válvula redutora de pressão em regiões que apresentam altos índices de vazamentos relacionados à pressão e reclamações de clientes, formação de 8 zonas de macromedicação (ZM), sendo que uma zona ideal possui entre 1000 e 2000 ligações aproximadamente. Outras ações realizadas em Limeira, com intuito de reduzir perdas de águas, além das detalhadas na pesquisa são a troca sistemática de redes mais antigas e que apresentam quantidade elevadas de vazamentos, restrição do uso de hidrantes, renovação do parque de hidrômetros, para manutenção da micromedicação mais precisa, entre outras ações menores. Como observado com essa pesquisa, a redução das perdas só foi possível por causa de diversas ações realizadas em conjunto. (RIBEIRO; DE ANDRADE; ZAMBON, 2017)

Santos, Junior (2019) realizaram uma pesquisa na cidade de Igarapé-MG, (população de 40.536 habitantes), situada a 48 km de Belo Horizonte, que no ano de 2014/2015 passou por um grave crise hídrica, pois a vazão de captação foi reduzida pela metade e para contribuir ainda mais com a situação, o índice de perdas do SAA era de aproximadamente 59,68%. Foi realizado um diagnóstico urgente para identificar as causas raízes das perdas e definir quais as ações deveriam ser realizadas, para reduzir o índice de perdas.

Além disso, foi desenvolvido um plano de ação multidisciplinar com a realização de atividades que vão desde uma pesquisa direcionada no cadastro comercial para fornecer as

diretrizes das ações de campo; vistorias para identificar e regularizar fraudes; verificação no perfil de consumo para o dimensionamento adequado dos medidores; criação dos distritos de medição e controle (DMC) com média de 1000 ligações; substituição de hidrômetros com prioridade, para os que possuíam mais de 6 anos e os que indicavam necessidade de redimensionamento, devido alteração do consumo; realização de estudos das zonas de pressão e instalação de 28 válvulas redutoras de pressões, etc. Após implantação das ações multidisciplinares, o índice de perdas que em fevereiro de 2016 era 59,68% e em agosto de 2017 já era de 49,15%, sendo observado uma queda de 10,5 pontos percentuais no índice de perdas, que correspondeu a 26,3% de redução do volume de perdas. (SANTOS, JUNIOR, 2019)

Com isso, a pesquisa demonstra que combater as perdas não é responsabilidade somente do setor técnico e operacional, pois, existem outros vieses de atuação, como a comercial, medição, ação social, comunicação, entre outros, que precisam atuar, para buscarem resultados mais consistentes. Destaca-se também que as ações proporcionaram que o sistema operasse com regularidade, de modo a superar a crise hídrica. (SANTOS, JUNIOR, 2019)

Bitencourt, Portelinha (2018) realizaram um estudo na cidade de Palmas, no estado do Tocantins, para analisar os impactos econômicos causados pela utilização de uma válvula redutora de pressão na rede de distribuição de água em um setor com boa setorização. A área em que ocorreu a instalação da válvula redutora de pressão compreendeu as quadras 503 Norte, 601 Norte e 603 Norte, situadas na região norte da capital tocantinense. Destaca-se que as quadras foram escolhidas para o estudo pois, de acordo com monitoramentos feitos pela companhia de saneamento local, eram setores em questão existe a incidência de altas pressões (acima de 500 KPa), principalmente no período noturno, quando o consumo é mínimo e a pressão se torna praticamente estática e, por consequência, a incidência de vazamentos também é acentuada.

Foi realizada uma análise do comportamento da área de influência da VRP durante 2 anos antes e 2 anos após a instalação da VRP, com a utilização de modelo hidráulico, tendo como fonte de dados a série histórica da concessionária local, para o período de janeiro de 2014 e à dezembro de 2017. Os resultados mostraram que a válvula reduziu aproximadamente 15,4% o volume medido nos hidrômetros e 47% do quantitativo global de vazamentos, resultando em um valor presente líquido positivo, para o ano de 2017. Com isso, a utilização de VRP na pesquisa se mostrou interessante para setores de distribuição em PVC que não possuam rede de esgotamento sanitário. (BITENCOURT, PORTELINHA, 2018)

Brentan *et al.* (2017) utilizaram um modelo híbrido (simulador + otimizador) para encontrar as velocidades das bombas e os pontos de ajuste das válvulas redutoras de pressão (PRV), com

intuito de combinar economia de energia com outras duas variáveis que são controle de pressão e redução das perdas de água em uma rede real de água, Campos do Conde II, localizada em Piracicaba, Brasil.

Este é um distrito residencial de área medida (DMA), com as seguintes características: 121 nós, 153 tubulações, 1 reservatório, 1 bomba, 1 tanque e 1 PRV. Como resultados, tem-se que comparando o consumo de energia do sistema utilizando a bomba operando a plena rotação e a bomba operando com cronograma ótimo, observa-se uma redução de 54,62% de energia. Ao comparar o sistema usando a bomba, trabalhando com a solução inicial e a melhor solução, é possível diminuir o consumo de energia em mais 12,40%. Em termos de diminuição de vazamentos, o cenário com cronograma inicial consegue uma redução relativa de 37,67%, enquanto o cenário com cronograma em tempo real obtém 40,82%. (BRENTAN *et al.* 2017)

Da Silva, Emmanuel, Bittencourt (2016) realizaram uma pesquisa demonstrando as ações realizadas pela COMUSA - Serviço de água e esgoto de Novo Hamburgo-RS, com intuito de reduzir do índice de perdas de água no período de 2011 a 2015. As ações realizadas no período foram: renovação do parque de hidrômetros, com elevação do índice de hidrometração de 97,64% em 2011 para 98,68% com realização 41.278 vistorias e instalação de 33.677 hidrômetros novos que foram dimensionados de acordo com o histórico de consumo de cada unidade; programa de regularização de economias com a realização de 2.566 vistorias e realização de 362 cortes devido à fraudes e irregularidades; realização diárias de varreduras com geofones e haste de escuta; revisão, medição de pressões e regulagem das 32 válvulas redutoras de pressões quando as mesmas apresentam alteração nas pressões ou quinzenalmente em revisões realizadas pela equipe de apoio; substituição de 39% das redes antigas por novas em material PEAD.

Na pesquisa não foi possível mensurar a eficiência na redução do índice de perdas de cada ação citada, mas o conjunto de ações promoveu um retorno significativo, pois reduziu o índice de perdas de faturamento de 51,16% em 2011 para 38,88% em 2015. Destaca-se que, com a redução das perdas de água no sistema de abastecimento, tem-se como retorno direto os benefícios econômico-financeiros e ambientais, tais como a redução de custos com energia elétrica, aumento do faturamento, por meio da melhoria da micromedição e redução de fraudes, preservação dos recursos hídricos e proporcionar um uso mais racional da água devido à redução de desperdícios. (DA SILVA, EMMANUEL, BITTENCOURT, 2016)

De Mendonça, Pedrosa (2019) realizaram uma pesquisa com intuito de estimar a redução das perdas de águas, por meio do controle da pressão realizados na Adutora de Água

Tratada - AAT do Sistema Alto do Céu, localizada no Morros da Zona Norte de Recife, com a utilização de modelagem hidráulica no EPANET.

A proposta para o Sistema Alto do Céu foi a instalação das Válvulas Reguladoras de Pressão em determinados locais que possuíam altas pressões, definidos com a utilização do software EPANET. Com a medida proposta, ocorreu uma redução da demanda de água em torno de 30 l/s, representando um volume não produzido de aproximadamente 78 mil m³ /mês e que proporcionaria uma economia no custo de energia em torno de R\$ 16 mil/mês com a estação elevatória e com a estação de tratamento de água do Sistema Aldo Céu. (DE MENDONÇA, PEDROSA, 2019)

Barros, Lima (2020) analisaram o volume de perdas da cidade de Porto Nacional-TO, bem como as principais soluções e medidas que estão sendo realizadas. para que ocorra um melhor desempenho da distribuição de água. Os dados utilizados foram obtidos na concessionária local datados do período de abril de 2016 a março de 2017 e estavam contidos no Plano Municipal de Água e esgoto (PMAE/PN-TO).

Durante o período analisado, o volume perdido de água foi de 2.313.742,00 m³ e em termos de média percentual, o índice de perdas encontrado no período disponibilizado foi de 49,2%, sendo que para alcança esse valor, foi levado em consideração os volumes disponibilizados e micromedido. Para garantir um melhor desempenho no sistema e, conseqüentemente, para a cidade de Porto nacional, devem ser realizadas algumas melhorias nas áreas de gestão comercial e operacional, com foco no controle de fraudes e ligações clandestinas. Na parte operacional, um desenvolvimento das atividades em campo pode proporcionar uma maior redução no índice de vazamentos em redes, ramais e cavaletes. (BARROS, LIMA, 2020)

Portanto, as vantagens adquiridas com um maior investimento na área de combate a perdas proporciona benefícios, para a área empresarial, que aumentará a porcentagem de lucro e diminuirá os custos operacionais e também para o consumidor, solucionando os valores de tarifas e dando maior eficiência em problemas relacionados a falta de água. Além disso, o meio ambiente também é beneficiado, com diminuição do desperdício de água tratada. (BARROS, LIMA, 2020)

De Oliveira (2019) analisa a introdução do intraempreendedorismo (aplicação do empreendedorismo dentro das organizações) como estratégia de gestão no combate a perdas totais em empresas públicas de tratamento e distribuição de água.

O planejamento de ações em combate a perdas de água demanda inovação para empresas públicas. Não somente no quesito tecnologia, mas ainda mais importante no quesito gestão

estratégica. Com isso, o intraempreendedorismo é apresentado como um dos caminhos de grande sucesso de transformação da estratégia de gestão no combate a perdas totais em empresas públicas de saneamento. (DE OLIVEIRA, 2019)

Um exemplo de intraempreendedorismo ocorreu com a empresa de Departamento de Água e Esgoto de Bauru-SP, que historicamente se encontra com índices elevados. Em 2016, o DAE Bauru atingiu o elevado índice de 53,34% de perdas na distribuição. A partir de maio de 2017, o DAE implantou uma área específica e própria para a gestão estratégica contra perdas no sistema de abastecimento e distribuição com a missão de integrar as demais divisões do Departamento, conduzindo a uma gestão com foco Gestão de Micromedição, Detecção e Regularização de Fraudes, Gestão de Pressão, Controle Ativo de Vazamentos, Velocidade e Qualidade nos Reparos, Gestão de Infraestrutura. Essa nova estratégia proporcionou uma redução dos índices de perdas, para 47,7% em 2017. (DE OLIVEIRA, 2019)

O projeto do DAE Bauru demonstra que mesmo no nível de uma organização pública é possível inovar em uma gestão utilizando de recursos próprios, uma vez que a gestão da cultura organizacional encontrará menos resistência para a implantação de novos projetos, discussões e decisões, possuindo flexibilidade nos eixos mais importantes das organizações atualmente, que são as gestões do conhecimento, pessoas, logística, tecnologia da informação, financeira e operações. (DE OLIVEIRA, 2019)

De Brobio Nogaretti (2018) implantaram uma sistemática na cidade de Tubarão-SC, com intuito de identificar as causas das perdas de águas no sistema de abastecimento público e executar ações, para reduzi-lás. Dentre as ações realizadas, tem-se: setorização em 9 distritos de medição e controle (DMC); instalação de válvulas redutoras de pressões, para controle de pressões; controle de vazamentos com atividades de redução do tempo de reparos dos vazamentos, pesquisas de vazamentos e de análise de trechos que ocorrem reincidências de vazamentos, com substituição destes, para mitigar ações futuras; implantação de equipe de fiscalizações diárias com intuito de regularizar ligações, sendo que normalmente são realizadas em unidades que tiveram algum tipo de denúncias, apresentam histórico de irregularidades como por exemplo by pass ou ainda apresentaram uma mudança de consumo em relação à média; manutenção do parque de hidrômetros, etc. Com as ações implantadas, ocorreu uma redução do índice médio de água não contabilizada de 29,64% em 2015, para 22,59% em abril de 2018.

A implantação do programa de redução de perdas em Tubarão proporcionou uma redução de custos com produtos químicos e energia elétrica, além de promover uma melhora

na relação empresa cliente, com melhorias no sistema de abastecimento, abastecimento e diminuindo as reclamações de falta de água. (DE BROBIO NOGARETTI, 2018)

Destaca-se que a redução do índice de perdas é um processo contínuo, que exige controle e continuidade das ações, de modo que a periodicidade de cada serviço deve ser analisada e muitos acompanhamentos realizados diariamente, com intuito de priorizar as ações necessárias conforme o perfil de perdas de cada setor. Com isso, a redução de perdas não é de responsabilidade exclusiva de um setor, como comercial, operacional, entre outros, e sim da empresa como um todo e que só é possível com a participação de todos os setores da empresa. (DE BROBIO NOGARETTI, 2018)

Sousa *et al.* (2021) realizou uma pesquisa no período de novembro de 2013 a novembro de 2018 na zona norte da capital de São Paulo no bairro Furnas, abrangendo um total de 84 imóveis, todos residenciais e de padrão popular. Antes da regularização desse setor com a execução de rede de distribuição em policloreto de polivinila (PVC) DN 75mm e os ramais em PEAD – Polietileno de Alta Densidade as 84 ligações utilizavam água de forma clandestina. Especificamente na região Metropolitana de São Paulo, o abastecimento de água está passando nos últimos anos por uma grave crise, de modo que uma das alternativas para solucionar esse problema corresponde ao gerenciamento da perda de água no Sistema de Abastecimento Público. Nas regiões periféricas são encontradas normalmente áreas irregulares que necessitam de programas específicos de combate às perdas, devido aos elevados índices de ligações clandestinas e falhas nos cadastros comerciais.

Várias ações foram adotadas com intuito de redução das perdas, como por exemplo, a regularização da área, o emprego de materiais que dificultam vazamentos, a gestão de demanda noturna com controle de pressões e vazões, as trocas de ramais corretivos e preventivos, os reparos de vazamentos em tempo reduzido, as trocas de hidrômetros e a gestão de macromedição, de modo que proporcionaram uma redução de 32% do índice de perdas na região. (SOUSA *et al.* 2021)

Destaca-se que as ações de combate às perdas devem ser constantes e sistemáticas, permitindo que a água consumida seja contabilizada corretamente. Sob o ponto de vista da concessionária, o aumento do faturamento do volume utilizado é um fator fundamental, que depende necessariamente da identificação das ligações clandestinas e fraudes. Quanto aos aspectos socioambientais, pôde-se constatar uma maior satisfação dos moradores com o fato de possuírem o próprio nome na conta de água de modo que proporcionou um sentimento de inserção social. (SOUSA *et al.* 2021)

6.1.4 Estudos Seleccionados na América do Norte

Ríos *et al.* (2014) aplicou um método simples e econômico, para buscar reduzir as perdas de água em três distritos do estado de Michoacan, México. Foi realizado uma atualização cadastral realizada com fotos georrefenciadas integradas a um sistema comercial. Após a análise das perdas nos setores San Gregório IV, San Gregório V e Antenas II foi observado que o consumo não autorizado era a principal fonte de perdas. A atualização cadastral identificou que no setor San Gregório IV existiam 14% de usuários a mais que os cadastros, no San Gregório V a diferença foi de 32% e no setor Antenas II foi de 68%. Com isso, as concessionárias devem manter suas listas de usuários e campanhas atualizadas, principalmente quando o objetivo for a redução de perdas aparentes. A ação mitigadora dessa pesquisa, que é a atualização cadastral com otimização do sistema comercial, implica em um baixo custo de implantação e pode aumentar significativamente a eficiência do negócio e a operação do sistema de abastecimento público de água.

6.1.5 Estudos Seleccionados na Ásia

Babel. *et al.* (2021) utilizaram um modelo hidráulico usando o software EPANET 2, para analisar o consumo de água e energia, por meio da análise de várias alternativas, buscando a otimização dessas variáveis. A abordagem desta pesquisa foi realizada em uma área piloto dentro de Bangkok que é a capital e centro comercial da Tailândia, além de ser uma das cidades mais urbanizadas do Sudeste Asiático. É que o espaço da solução pode ser explorado com mais detalhes e pode ser ampliado para cobrir toda a rede da cidade.

O coeficiente do emissor e a rugosidade do tubo foram usados como alguns dos parâmetros de calibração. Além destes, o modelo foi calibrado e validado usando vazão e pressão, observadas na entrada e em quatro locais de amostragem que foram monitorados na rede modelada. Após a modelagem foi observado que a aplicação de turbinas hidráulicas pode reduzir a pressão e gerar eletricidade, enquanto a válvula redutora de pressão (PRV) pode reduzir o vazamento em 20 a 25% em caso de alta pressão. Com isso, esta pesquisa demonstra que no processo de otimizar a eficiência geral do sistema de água, é fundamental que as autoridades municipais de água vejam o consumo de água e energia de forma holística e não como algo separado e não relacionado (BABEL. *et al.* 2021)

6.1.6 Análise das Tecnologias de Reduções de Perdas

Estudos científicos de tecnologias de reduções de perdas foram analisados nesta

pesquisa e foi possível ratificar as informações obtidas com a realização da revisão sistemática da pesquisa, cuja característica é que a escolha da tecnologia mais adequada depende das características do sistema, das causas raízes das perdas e dos recursos disponíveis, para implantação e operação destas. Em outras palavras, a análise deve ser realizada caso a caso, de modo que recomenda-se a replicação do uso de uma tecnologia de redução de perdas em sistemas que apresentem condições similares. A eficiência no gerenciamento de sistemas de abastecimento de água pode ser um fator limitante ou não ao desenvolvimento econômico, a degradação do meio ambiente e até mesmo afetar o bem-estar da sociedade. Com isso, é necessário ter um conhecimento pleno das características da rede de distribuição analisada, pois cada sistema tem suas particularidades e priorizam alternativas de redução de perdas para o sistema em questão, ou seja, é preciso conhecer o cadastro físico e operacional, em conjunto com modelos econômicos, hidráulicos, ambientais e sociais, para que assim seja possível tomar decisões mais assertivas que permitam reduzir o índice de perdas (BARROS *et al.* 2018).

Santi, Cetrulo, Malheiros (2018) explicam que as perdas de água em sistemas de distribuição representam um grande entrave na expansão do saneamento no Brasil. O primeiro passo antes de se planejar e adotar medidas de controle e redução de perdas é desenvolver um adequado diagnóstico do sistema, avaliando os volumes de água que se perdem no processo de abastecimento. Destacam que as particularidades dos sistemas brasileiros dificultam o desenvolvimento de um modelo padrão de avaliação do desempenho de um sistema de controle de perdas e na prestação dos serviços de saneamento como um todo.

Campos *et al.* (2022) realizou uma pesquisa que possui o intuito de reunir informações sobre tecnologias aplicadas nas reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento. Naquela revisão sistemática, dos estudos selecionados, as técnicas de reduções de perdas de água mais utilizadas foram os modelos hidráulicos e o funcionamento de bombas como turbinas (PATs), com percentual de 40% das soluções apresentadas. A conclusão que os pesquisadores obtiveram com aquele estudo foi que existem várias alternativas de tecnologias para redução das perdas de águas, de modo que a escolha da mais adequada depende da característica do sistema e dos recursos disponíveis para implantação e operação da tecnologia.

6.2 Índice de Perdas na Distribuição em Itaguatins-TO

Neste tópico foi apresentada uma caracterização do sistema de água da cidade, o diagnóstico do sistema no ano de 2019 que foi o ano de implantação do projeto de redução de

perdas de água da cidade e os excelentes resultados de reduções de perdas obtidos com as ações realizadas, para o período analisado. Em termos de investimentos, as ações de redução de perdas, tiveram um custo aproximado de 2 (duas) vezes a mais que o planejado inicialmente no ano de 2019, porém o projeto foi viável, pois o VPL foi positivo e o tempo de payback ocorreu antes do término da presente pesquisa.

6.2.1 Caracterização do Sistema de abastecimento de Água

O sistema de abastecimento de água de Itaguatins-TO atende 1.101 ligações domiciliares de água que são classificadas em três categorias: residenciais (predominante), públicas e comerciais. O Sistema público municipal é composto pelos seguintes componentes:

- Captação subterrânea (poços tubulares profundos);
- Estações elevatórias de água bruta composta por bombas submersas, sistemas elétricos e quadros de comandos, casas de abrigo dos quadros;
- Adutoras de água bruta com tubulações em PVC Defofo;
- Reservatório apoiado (RAP) metálico, com volume de 300m³;
- Reservatório elevado (REL) metálico com volume de 25 m³;
- Estação elevatória composta por uma bomba centrífuga de eixo horizontal e componentes de funcionamento (sistemas elétrico e quadros de comando, casa de abrigados quadros);
- Cloradores em pastilha, para realizar o tratamento por simples desinfecção;
- Redes de distribuição de água com tubulações em PVC PBA;
- Ligações domiciliares em tubos de policloreto de vinila (PVC) e em tubos Pead.

A figura 15 apresenta um croqui do sistema de abastecimento de água da cidade de Itaguatins-TO, que demonstra a locação e o funcionamentos das operações unitárias do sistema.

Figura 15 - Croqui no sistema de abastecimento de água da cidade



Fonte: Autor (2021)

A captação subterrânea é composta por três poços tubulares profundos (PTPs). O PTP 01 apresenta vazão de $20,55 \text{ m}^3/\text{h}$ e o PTP 02 vazão de $30,82 \text{ m}^3/\text{h}$. Com isso, a vazão operacional do sistema de abastecimento de água em Itaguatins-TO-TO é de $51,37 \text{ m}^3/\text{h}$. O terceiro poço, denominado PTP 03, encontra-se desativado. No anexo deste pesquisa foi inserido um projeto do sistema de abastecimento de água, que apresentam as locações das captações e reservatórios existentes na cidade e os diâmetros das tubulações que compõem os sistemas de adução e distribuição.

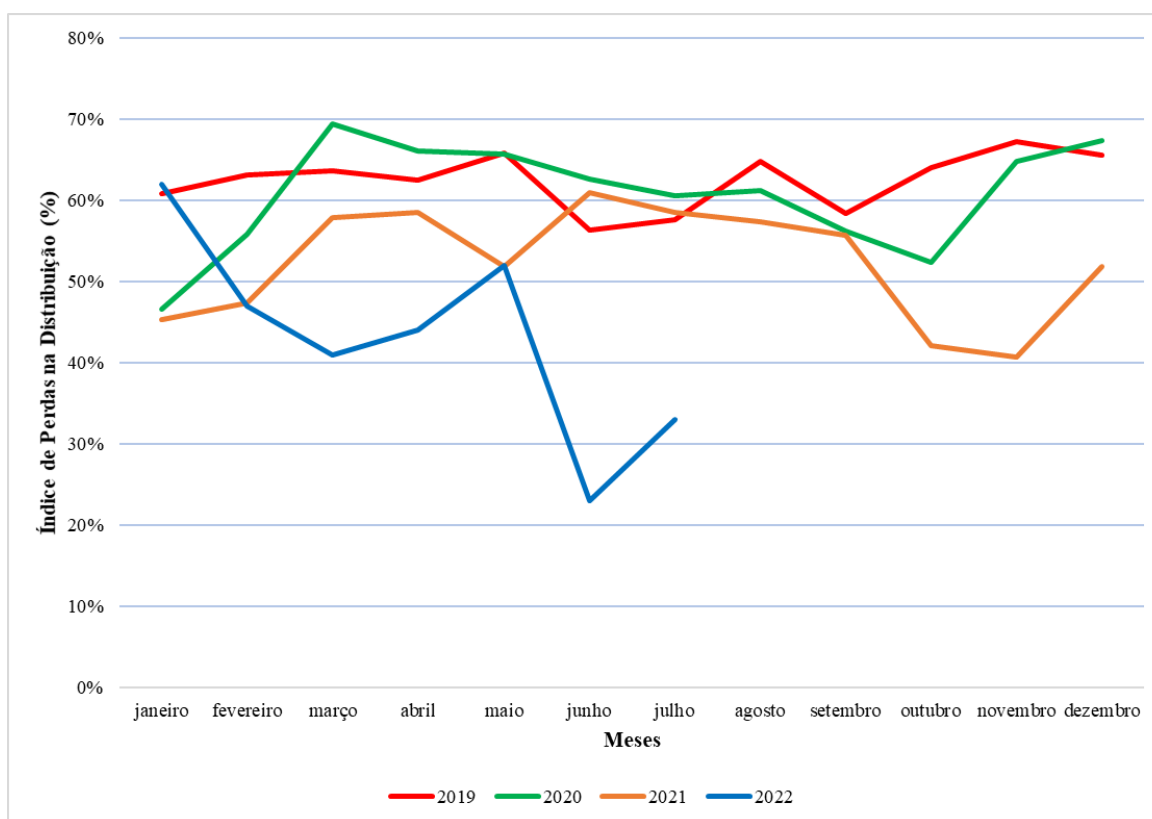
À jusante do PTP 01, localizado no Bairro Santo Antônio, existe um conjunto de registro de manobras que direciona as águas nas tubulações nos períodos da manhã e da tarde para este setor e a noite, para o reservatório apoiado. Com isso, o abastecimento, neste bairro, ainda não ocorre com regularidade e quantidade de água necessária. Para desativar esse registro de manobras é necessário realizar uma extensão de rede de 367 metros interligando o reservatório elevado ao bairro em questão. Esta ação foi colocada no planejamento da concessionária, para ser realizado em 2019 e ser o marco da implantação do programa de ações de reduções de perdas de água.

No setor Bairro Santo Antônio existiam 20 residências que não eram hidrometradas, por não serem abastecidas em regime integral. Como foi identificado que a causa raiz dessa perda de água aparente é a ausência dessa interligação, essa atividade foi definida como prioridade,

paraimplantação do programa, visto que na pior das hipóteses, caso o resultado de recuperação de perdas fosse ineficaz, seria contrabalanceado por outros pontos positivos, dentre as quais, cita-se: regularidade no abastecimento de ligações domiciliares de clientes, atendimentos de normativas técnicas do setor do saneamento, aumento de faturamento e arrecadação.

O reservatório Apoiado apresenta duas saídas de água, sendo que uma destas abastece por gravidade as residências localizadas nas redes de distribuições de cotas baixas da cidade e a outra saída do RAP, é conectada a uma estação elevatória centrífuga de eixo horizontal que bombeia a água para o reservatório elevado, sendo que este, por gravidade, abastece as redes de distribuições e ligações domiciliares das residências localizadas nas cotas mais elevadas de Itaguatins-TO. Com as informações dos horímetros referente à quantidade de horas de funcionamento das bombas e as vazões dos poços tubulares profundos diárias, calculou-se o volume de água produzido diariamente e mensalmente, com a utilização da equação 01. Os volumes consumidos de serviço foram disponibilizados pela concessionária que opera o sistema de água. Com o volume de água produzido e consumido, utilizou-se a equação 03, para calcular os índices de perdas na distribuição mensal referentes ao período de 2019 a julho de 2022, conforme demonstrado na figura 16.

Figura 16 - Índice de Perdas na Distribuição (%) em Itaguatins-TO



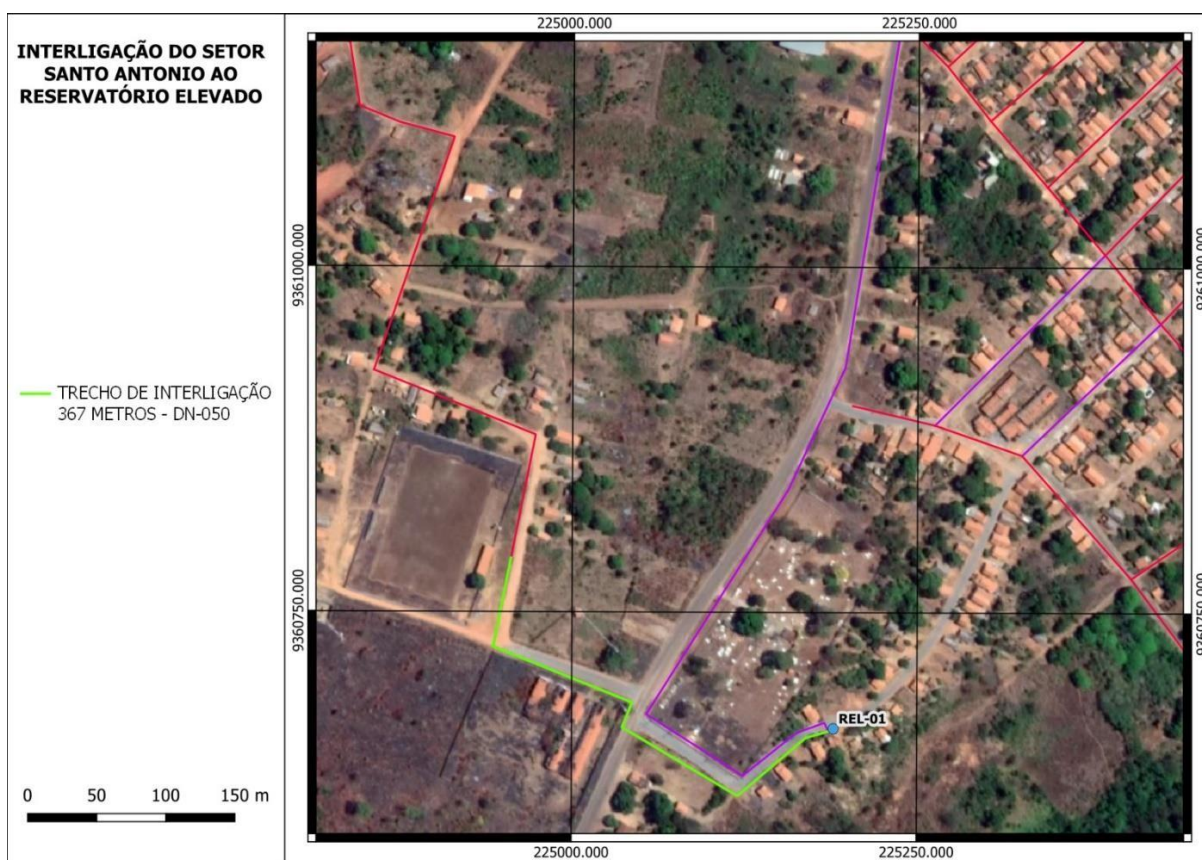
Fonte- Autor (2022)

Observe que os índices de perdas na distribuição em 2019 variaram de 56%, que foi o menor valor registrado em junho a 67%, que foi o valor máximo registrado em novembro. No ano de linha base o índice de perdas na distribuição calculado anual foi de 63%, com desvio padrão de 3,36%.

Campos, Zukowski Junior, Oliveira (2022) adotaram em sua pesquisa uma sistemática de classificar as perdas por grupos, de modo que os países que apresentavam de 0 a 20% de água não lucrativa, foram classificados como grupo A, de 20,01% a 40% como grupo B, de 40,01% a 60% como grupo C e acima de 60 % como grupo D. Essa sistemática, foi adotada, para analisar os resultados encontrados. Essa metodologia foi adotada para analisar os resultados encontrados. Com isso, Itaguatins-TO em 2019 apresentavam perdas classificadas no grupo D, sendo este o pior cenário possível.

No ano de 2019 foi realizado uma interligação de 367 metros de redes de distribuição com tubulações em DN 50mm PVC/PBA, para interligar o setor Santo Antônio ao reservatório elevado, conforme pode ser observado na figura 17 a seguir.

Figura 17- Execução de rede de distribuição em Itaguatins-TO

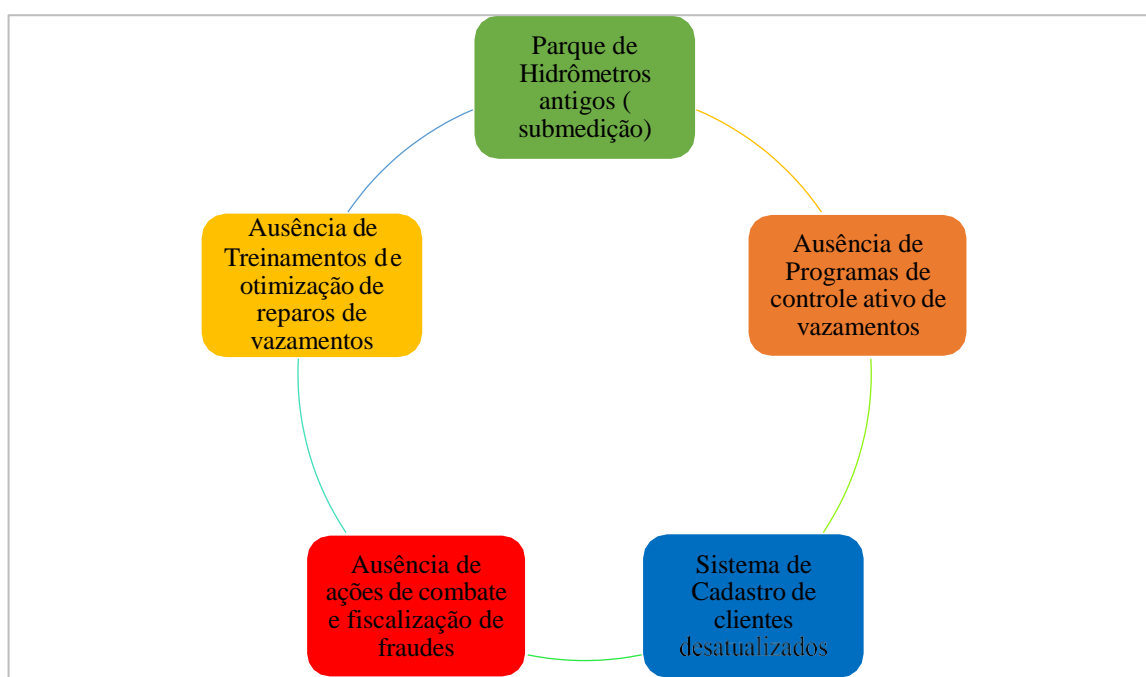


Fonte - Autor (2023)

Antes da implantação dessa ação, 20 residências passaram a ser abastecidas, de forma intermitente e após a execução dessa interligação, o abastecimento do setor passou a ser operado com disponibilidade de água em tempo integral. Porém em termos de redução do índice de perdas na distribuição essa ação não surtiu o efeito esperado.

Após calcular o índice de Perdas na Distribuição (%) no ano de linha base (2019) foi realizado um diagnóstico no sistema de abastecimento de Itaguatins-TO, com intuito de analisar as causas raízes das perdas, conforme demonstrado pela figura 18.

Figura 18 - Causas Raízes das Perdas de Água de Itaguatins-TO



Fonte- Autor (2022)

As causas raízes dos elevados índices de perdas na distribuição (%) de Itaguatins-TO foram cinco, sendo que três estavam relacionadas a perdas aparentes: sistema de cadastro de clientes desatualizados, ausência de ações de combate e fiscalização de fraudes e utilização de parque de hidrômetros antigo, sendo observados 241 hidrômetros com ano de fabricação variando de 1996 a 2004, distribuídos da seguinte forma: 5 hidrômetros (1996), 20 hidrômetros (1997), 1 hidrômetro (2001) e 215 hidrômetros (2004).

Estes apresentavam submedições visíveis ao serem comparados em campo com outros medidores mais atuais. Outras duas causas raízes estavam relacionadas a perdas físicas, sendo estas a ausência de treinamento de reparos de vazamentos, com foco na agilidade e ausência de programas de controle ativos de vazamentos.

No ano de 2020 foi implantado mediante treinamento o controle passivo de vazamentos

e campanhas de conscientização sobre a importância da utilização da água tratada, que foram realizadas no escritório de atendimento ao cliente. Essas atividades foram pouco impactantes, no aspecto de redução dos índices de perdas na distribuição em relação ao ano de linha base.

Os índices de perdas na distribuição no ano de 2020 variaram de 47% a 69%, com o menor percentual sendo registrado em janeiro e o pior no mês de março. Destaca-se que o índice de perdas na distribuição anual em Itaguatins-TO em 2020 foi de 61% com desvio padrão de 6,51%. As ações implantadas em 2020, proporcionaram que o IPD anual fosse 3% menor quando comparado ao ano de linha base, que foi um resultado pouco expressivo, visto que a classificação do índice de perdas ainda era o grupo D.

O ano de 2021 começou com investimentos em aprimoramento do sistema comercial e em treinamentos de combate a fraudes e otimização da qualidade e tempo de reparos de vazamentos. Destaca-se que nesse ano, mais especificamente em outubro, começou uma campanha de atualização de cadastros dos clientes do município, sendo que esta ação proporcionou bons resultados de redução de perdas no último trimestre desse ano, sendo que o menor índice de perdas desse ano foi em novembro com 42%.

Já o maior índice de perdas foi observado em junho com percentual de 61%. Destaca-se que no final desse ano, estavam sendo adquiridos geofones eletrônicos, para realizar em 2022 um controle ativo de vazamentos. No final desse ano foi realizado um planejamento e compras de hidrômetros, com objetivo de em 2022 atualizar o parque de hidrômetros.

Em 2021 o índice de perdas na distribuição anual foi de 53%, com desvio padrão de 6,66%. Nesse ano, as ações implantadas proporcionaram resultados mais satisfatórios, com uma redução de perdas de 16% em relação ao ano de linha base e de 13% em relação ao ano de 2020. Nesse ano o índice de perdas migrou do grupo D, para o C.

No ano de 2022 foram implantadas diversas ações simultâneas, com intuito de reduzir as perdas de água em Itaguatins-TO, dentre estas cita-se a atualização cadastral de todas as residências, controle ativo de vazamentos mensal com utilização de geofones eletrônicos em redes de distribuição e ligações domiciliares de água, continuação dos treinamentos e atividades de reparos de vazamentos e das ações de combate à fraudes.

Outra atividade importante iniciada em fevereiro desse ano foi a atualização do parque de hidrômetros com foco nos medidores mais antigos, inclusive com substituição completa de todos que possuíam o ano de fabricação referente ao período de 1996 a 2004. Com isso, ocorreu uma grande atualização do parque de hidrômetros nesse ano, substituindo 630 medidores nesse ano, que representa aproximadamente 57% dos medidores da cidade.

O índice de perdas na distribuição no ano de 2022, até o período analisado que foi julho, foi de 42%, com um desvio padrão de 12%. Em relação ao ano de linha base, ocorreu uma redução de 1/3 das perdas. Apesar do valor ainda ser elevado, este migrou do grupo D, para o grupo C e nos últimos dois meses analisados de 2022, que foram junho e julho, ocorreram melhores resultados. Esse cenário proporciona expectativas de que caso as ações continuem sendo realizadas com o foco em aprimorar os procedimentos implantados, em um curto período de tempo, as perdas de Itaguatins-TO tendem a migrar do grupo C, para o B.

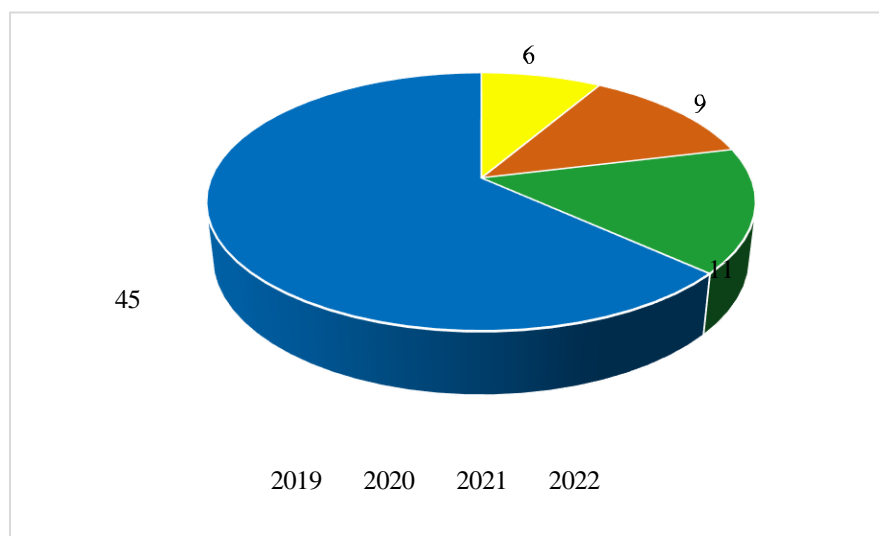
A seguir foram analisadas quatro ações mitigadoras de reduções de perdas que foram realizadas em todo o período da pesquisa e que permitem um maior entendimento dos resultados obtidos em cada ano analisado. Destaca-se que a quantidade de serviços descritas a seguir, foram obtidas do sistema comercial da concessionária que opera o sistema de abastecimento de água.

6.2.2 Retirada de vazamentos em Redes de Distribuição

Em Itaguatins-TO, no período da pesquisa, foi realizado um controle passivo de vazamentos até o ano de 2021. No ano de 2022, foi implantado o controle ativo de vazamentos.

Os treinamentos e retiradas de vazamentos com controle passivo em 2020 propiciou uma pequena melhora em relação ao ano anterior. Com o processo de melhoria contínua e aperfeiçoamento, observa-se que em 2021 os resultados continuavam a melhorar, mesmo que a passos lentos. A figura 19 demonstra os números do serviço de retirada de vazamentos da rede de distribuição realizados neste município.

Figura 19- Retirada de vazamentos em redes de distribuição de Itaguatins-TO



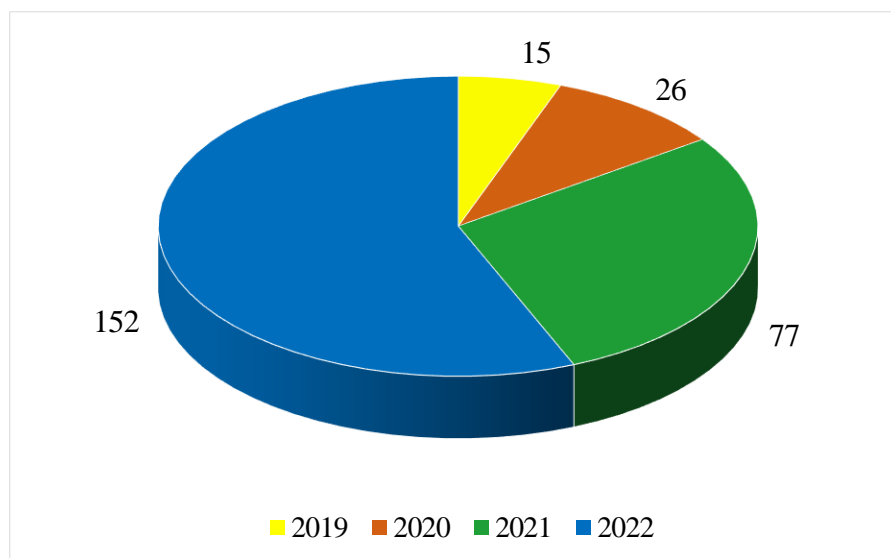
Fonte - Autor (2022)

No período de realização da pesquisa foram retirados 71 vazamentos em redes de distribuição de água, sendo que no ano de 2022, ocorreram 63% desses serviços. A implantação do controle ativo de vazamentos com o uso de geofones eletrônicos impactou diretamente nesses resultados. A orientação principal fornecida aos colaboradores era de concentrar os esforços em trechos de redes de distribuição que ocorriam vazamentos com mais frequência. Destaca-se que durante esse ano ocorreu uma varredura completa da rede de distribuição detoda a cidade.

6.2.3 Retirada de vazamentos em Ramais de ligação de água

Esta atividade foi realizada com base em ações de controle passivos e ativos de vazamentos, ações de combate de fraudes e treinamentos da equipe, visando otimizar o tempo de reparo dos vazamentos. A figura 20 demonstra os números de reparos de ramais domiciliares realizados no período da pesquisa.

Figura 20 - Retirada de vazamentos em ramais domiciliares de Itaguatins-TO



Fonte -Autor (2022)

Os treinamentos e retiradas de vazamentos com controle passivo proporcionaram reduções da quantidade de vazamentos em 2020 e 2021, quando comparados ao ano de linha base. Destaca-se que em 2021, com aperfeiçoamentos dos procedimentos em campo, o controle passivo retirou 62 vazamentos domiciliares a mais quando comparados ao ano de linha base da pesquisa e 51 quando a referência é o ano de 2020.

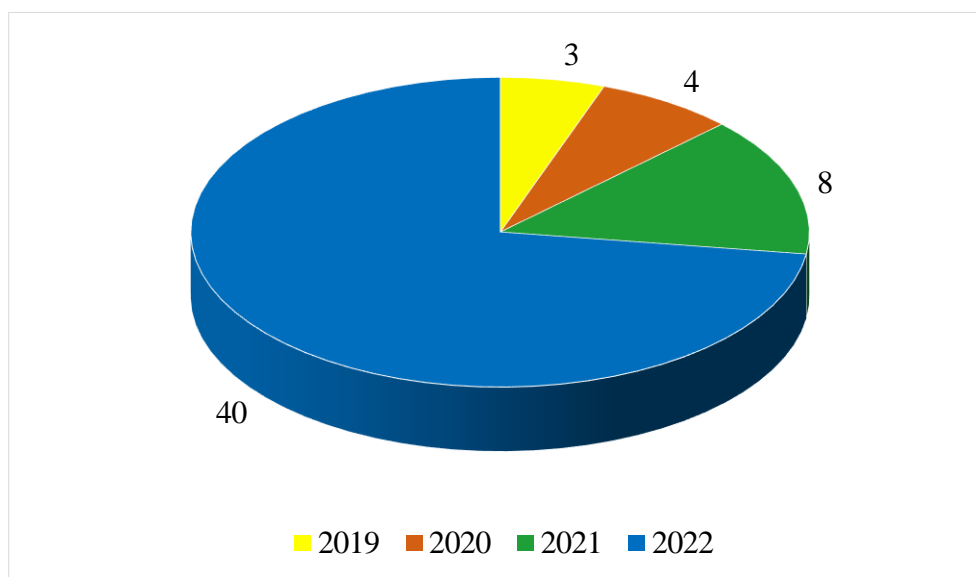
No ano de 2019 foram retirados 6% dos vazamentos em relação ao total, em 2020, 10%. No ano de 2021 com uma intensificação das atividades de reparo dos vazamentos em ramais,

foram realizados 29% dos serviços e em 2022 , ano de intensificação das ações mitigadoras, ocorreu um reparo de 56% dos vazamentos. Destaca-se que neste último ano da pesquisa ocorreu a utilização do controle ativo de vazamentos.

6.2.4 Regularização de ligações de água

Foi realizada em Itaguatins-TO uma atividade de regularização de ligações domiciliares de água ao sistema de abastecimento público municipal. Essas ligações foram resultado das campanhas de conscientização da importância em se utilizar a água tratada e dos combates de ligações clandestinas no sistema de abastecimento de água. A figura 21 demonstra os números obtidos com a realização dessa atividade.

Figura 21 -Regularização de ligações domiciliares de água em Itaguatins-TO



Fonte: Autor (2022)

No ano de 2019 foram regularizadas 5% das ligações domiciliares de água em relação ao total do período. Já em 2020 foram realizadas 7% deste serviço e em 2021 se acrescentou ao sistema 15% de ligações que estavam irregulares, antes da presente ação. No ano de 2022, ocorreu um acréscimo de 73% ligações regularizadas, resultantes de duas atividades principais que eram: ações de combate a fraudes de água (ligações clandestinas) , seguidas de campanhas de conscientização da importância da água tratada.

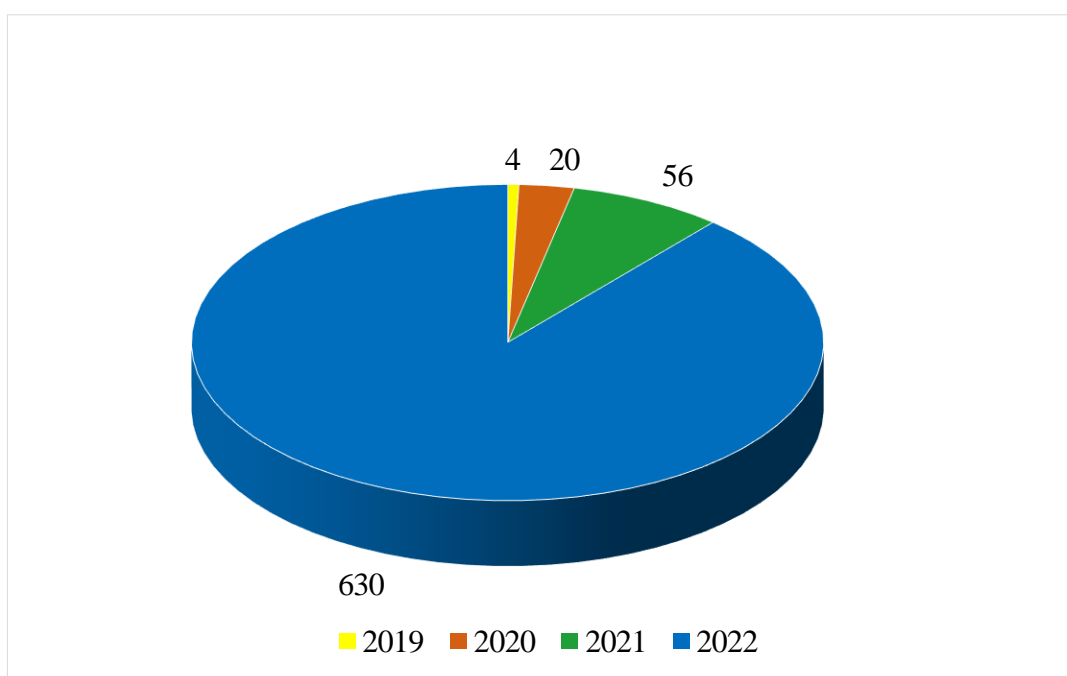
Destaca-se que ao identificar ligações clandestinas ou outras irregularidades, como *bypass* e violação do hidrômetro com inserção de arame, o procedimento adotado foi cortar o

fornecimento de água dessas ligações irregulares e notificar o cliente, para buscar o escritório local se regularizar, caso tenha a intenção de utilizar a água que é captada, tratada e distribuída pela concessionária.

6.2.5 Atualização do Parque de hidrômetros

Foi realizado Itaguatins-TO uma atividade de atualização do parque de hidrômetros, conforme observado pela figura 22, que apresenta os resultados do serviço realizado.

Figura 22 - Atualização do Parque de hidrômetros de Itaguatins-TO



Fonte: Autor (2022)

O foco principal da atividade de atualização do parque de hidrômetros foi substituir completamente o quantitativo de 241 hidrometros que foram identificados em campo e que possuíam ano de fabricação variando de 1996 a 2004. Muitos destes apresentavam visivelmente problemas de submedições. Destaca-se que no ano de 2019 a 2021 ocorreram substituições e atualizações do parque de hidrômetros, com um pequeno quantitativo de medidores existentes no almoxarife local em cada um desses anos.

No final de 2021, foi realizado um planejamento, com levantamento da quantidade de materiais, com posteriores orçamentos dos insumos que seriam necessários, para realizar uma grande atualização do parque no ano subsequente.

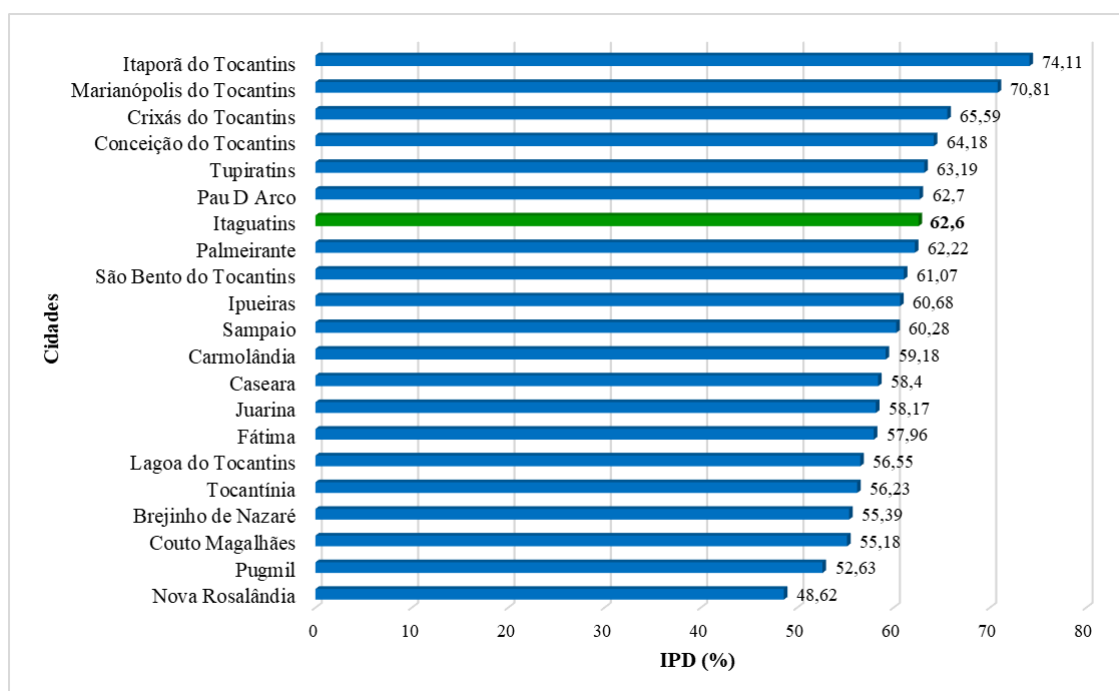
Com isso foi observado que no ano de 2019 no que tange a esse serviço, ocorreu uma

atualização de 1% do parque de hidrômetros. Nos anos subsequentes, ocorreu um aumento gradativo do aumento desse serviço, sendo que em 2020 foi de 3% e em 2021 foi de 8%. Já o ano de 2022, que foi considerado o ano que essa atividade realmente foi colocada em prática, ocorreu 89% das atualizações de hidrômetros realizadas .

6.3 Comparação do Índice de Perdas na Distribuição de Itaguatins-TO com 20 municípios de pequeno porte do Tocantins

Foi comparado o Índice de Perdas na distribuição de Itaguatins-TO em 2019 e 2020, com o de outros vinte municípios com populações de pequeno porte do Tocantins. A figura 23 apresenta o índice de perdas nestes municípios ,referentes ao ano de 2019.

Figura 23 - Índice de Perdas de água na Distribuição em municípios de pequeno porte do Tocantins em 2019



Fonte: Autor (2022)

Dos 21 municípios com índice de perdas analisados em 2019, Itaguatins-TO ocupou a 7ª posição dos que possuem as maiores perdas, com um percentual de 62,6% . Este resultado era melhor que Pau D' Arco que estava na 6ª posição com 62,7%, Tupiratins na 5ª com 63,19%, Conceição do Tocantins com 64,18%, Crixás do Tocantins na 3ª com 65,59%, Marianópolis do Tocantins na 2ª com 70,81% e Itaporã do Tocantins na 1ª com 74,11%.

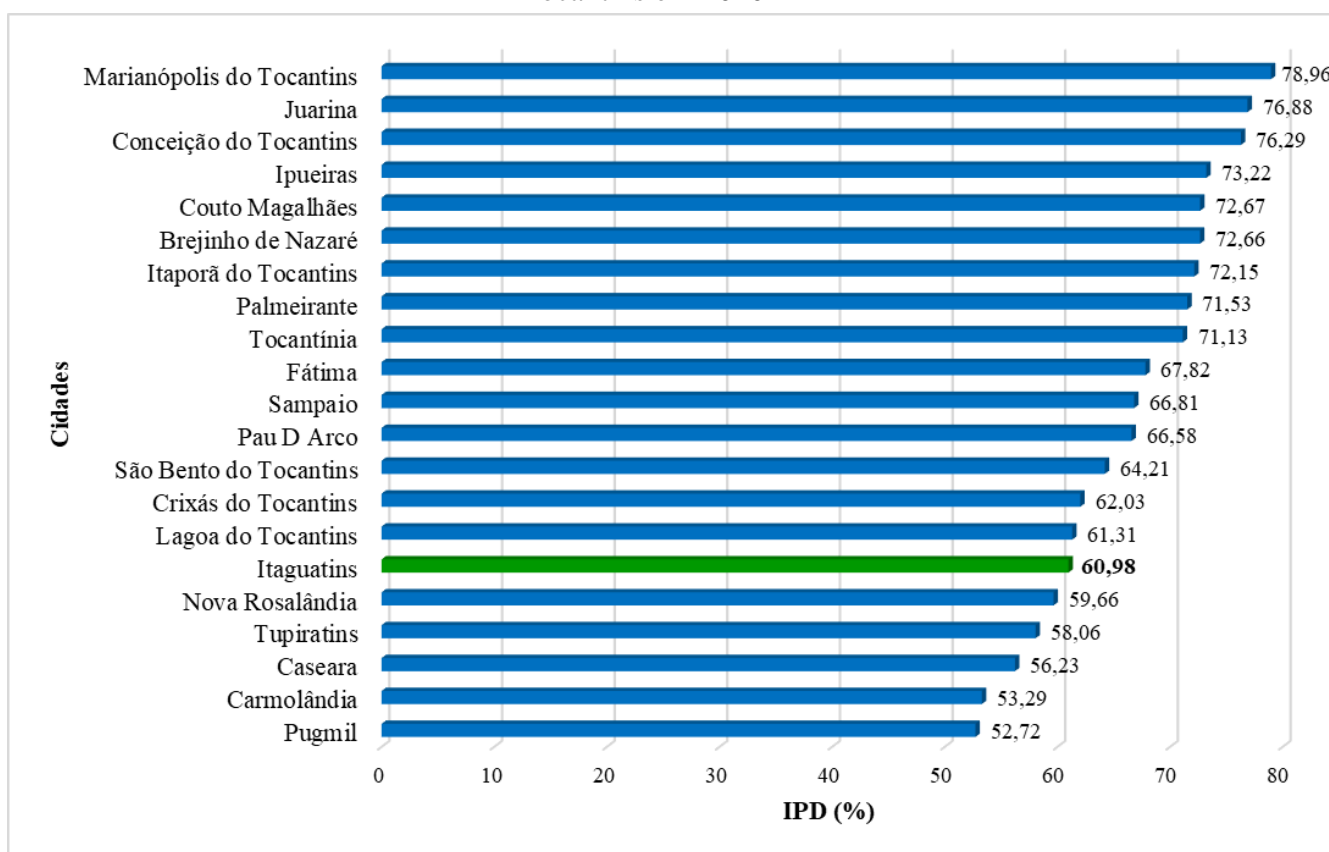
O índice de perdas de Itaguatins-TO é elevado e se encontra com uma diferença de

11,51% do município que está em situação mais crítica. Os três menores valores encontrados de perdas das cidades analisadas foram observados em Nova Rosalândia com 48,62%, Pugmil com 52,63% e Couto Magalhães com 55,18%. Destaca-se que até os municípios que apresentaram os menores percentuais, estavam com elevados índices de perdas.

Uma forma de demonstrar que as perdas dos municípios são elevadas é que 48% deles estão classificadas com perdas enquadradas no grupo C e 52% como do grupo D. Não sendo observadas perdas nos grupos A e B.

A figura 24, a seguir, apresenta o índice de perdas na distribuição nos municípios analisados, para o ano de referência de 2020.

Figura 24 - Índice de Perdas na Distribuição em municípios de pequeno porte do Tocantins em 2020



Fonte: Autor (2022)

O município de Itaguatins-TO no ano de 2020 teve uma redução do índice de perdas na distribuição em 1,62%, apresentando um índice de 60,98% e ocupando a 6ª posição dos menores índices de perdas na distribuição dos municípios analisados, para o mesmo ano. Os municípios classificados em melhores posições que Itaguatins-TO foram Nova Rosalândia que ocupava a 5ª com 59,66%, Tupiratins-TO que ocupa a 4ª com 58,06%, Caseara que ocupa a 3ª com

56,23%, Carmolândia que se encontra na 2ª com 53,29% e Pugmil na primeira com 52,72%.

Ao se analisar os dados como um todo, observa-se que em Itaguatins-TO a redução de perdas de Itaguatins-TO é pouco expressiva, para ocasionar que de 2019 a 2020 o município saísse da 7ª posição das maiores perdas, para estar com a 6ª das menores. O que justifica essa mudança considerável de posição é um aumento do índice de perdas dos municípios analisados de uma forma geral e uma forma de ratificar essa análise é que os municípios que apresentaram os três maiores e menores índices de perdas em 2019 estavam com valores mais elevados em 2020.

Outra forma de analisar esses resultados foi que em 2020, 24% dos municípios estavam com perdas classificadas no grupo C e 76% com índices que as classificavam como grupo D.

Destaca-se que o cenário de perdas é preocupante, pois todos os municípios analisados, apresentavam perdas superiores a 40%, que são valores considerados elevados no setor do saneamento básico. Uma redução do elevado índice de perdas nestes municípios de pequeno porte, provavelmente seria resolvido, caso utiliza-se o exemplo do estudo de caso de Itaguatins-TO que é realizar planejamentos e investimentos em equipes e nas operações unitárias dos sistemas (captações, aduções, reservações e distribuições), juntamente com a implantação, operação e acompanhamento de um programa de redução de perdas.

Destaca-se que no período de realização da pesquisa, o Sistema Nacional de Informações (SNIS) não possui dados de Índice de Perdas na distribuição, para os anos de 2021 e 2022.

6.3.1 Dificuldade de investimentos no saneamento de Municípios de Pequeno Porte

Foram analisadas as observações de outros pesquisadores em relação as dificuldades de realizar investimentos no setor de saneamento de municípios de pequeno porte, com intuito de buscar explicações das adversidades que as concessionárias destas localidades, possam encontrar, para terem elevados índices de perdas.

Segundo De Sousa Moretti *et al* (2021), os municípios de pequeno porte, quer isolados ou integrantes de regiões metropolitanas, possuem características específicas quanto aos serviços de saneamento e também quanto ao planejamento destes, necessitando que seja realizada uma abordagem diferenciada das adotadas em municípios de médio e grande porte. Dentre estas dificuldades, tem-se: a necessidade de enfrentar os desafios da pequena escala (como por exemplo, menores densidades populacionais e maiores as extensões e os custos, para implantações de redes de água; normalmente possuem menor circulação de dinheiro e isso

proporciona que à população apresente maiores dificuldades, para arcar com as contas dos serviços de água) e o potencial para a utilização de soluções locais e alternativas aos sistemas tradicionalmente utilizados nos grandes centros, indicando a necessidade de um planejamento, projeto, construção e operação diferenciados, para os serviços destas localidades.

A Lei federal nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes para o saneamento básico no Brasil, apresentou dentre outros direcionamentos, a importância do planejamento como aspecto essencial da gestão dos serviços. Lisboa *et al* (2013) realizou um estudo com intuito de identificar os principais fatores que dificultam o planejamento em nível municipal, principalmente em municípios de menor porte. A pesquisa utilizou uma metodologia qualitativa de coleta e análise de dados, com realização de entrevistas semiestruturadas com gestores de 15 municípios localizados na Zona da Mata de Minas Gerais e emprega a técnica de discurso do Sujeito Coletivo para analisar as informações obtidas. As principais dificuldades obtidas foram a indisponibilidade de recursos financeiros e a limitação quanto à qualificação profissional e capacidade técnica municipal. Porém, ao vencer o primeiro obstáculo, a qualificação profissional poderia ser parcialmente resolvida, por meio da capacitação e contratação de profissionais. Outras situações apontadas como obstáculos ao planejamento foram: integração de órgãos das áreas que compõem o saneamento e vontade política.

Romão e Najberg (2021) realizaram um estudo para analisar os dificultadores na formulação da política pública de saneamento básico em municípios goianos, na percepção de atores governamentais e não governamentais. A estratégia utilizada foi o estudo comparativo de casos, possuindo como foco de pesquisa os municípios de Pontalina, Itapirapuã, Mossâmedes e Uirapuru, que atendiam a dois requisitos: a conclusão dos seus respectivos Planos Municipais de Saneamento Básico e população inferior a 20 mil habitantes. Entre as dificuldades encontradas, cita-se: a falta de equipe técnica especializada; dificuldade do município em aderir a programas de financiamento governamentais; descontinuidade administrativa; dificuldade em mobilizar a população para participar das audiências públicas, etc.

6.3.2 Análise sobre os resultados dos índices de Perdas obtidos em Outras pesquisas

Foram analisados os resultados obtidos por outras pesquisas científicas a respeito das perdas observadas em municípios brasileiros, para comparar com os encontrados com presente pesquisa científica.

Antenoff *et al.* (2017) identificou que a maioria das cidades brasileiras sofre com sérios problemas nas redes de distribuição, que ocasionam inúmeras perdas físicas, que acrescidas às

perdas econômicas, contribuem para o mau funcionamento das empresas de saneamento. O desperdício de perdas em algumas companhias podem ser em até 60%, de modo a demonstrar que o controle operacional e de vazamentos não são o foco destas.

Pauli (2015), presidente da Associação brasileira de engenharia ambiental e sanitária no período de 2012 a 2016, em seu estudo de perdas de águas, explanou que o cenário brasileiro de perdas de água no setor de saneamento é bastante problemático. Destacou que a média brasileira de perdas de água é de aproximadamente 40% (incluindo perdas reais e aparentes), mas em algumas empresas de saneamento essas perdas superam o 60%.

Soares *et al.* (2004) também identificou que em diversas cidades brasileiras, são comuns redes de distribuição de água para abastecimento público com elevados índices de perdas, sejam estas não-físicas ou físicas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizada uma revisão sistemática, com dois conjuntos de palavras chaves distintos, sendo estes: "*Water losses*", "*real losses*", "*apparent losses*", "*leaks*" e "*water losses*", "*water distribution networks*", "*non-revenue water*", "*loss reduction*" com intuito de levantar as tecnologias de reduções de perdas de águas que são utilizadas nos sistemas de abastecimentos de água dos países atualmente. Destaca-se que foi realizado a inserção direta de mais 10 pesquisas, que apresentaram tecnologias de reduções de perdas que foram utilizadas no Brasil, com intuito de aumentar o número de estudos que possuíam sistemas e condições similares ao estudo de caso de Itaguatins-TO.

Dos estudos selecionados, as técnicas de redução de perdas de água mais utilizadas normalmente, ocorreram como junção de duas ou mais ações, com objetivo de aumentar a eficácia das reduções. Com isso, a tecnologia mais observada foi a modelagem hidráulica, ocorrendo em 24% das pesquisas. Na sequência tem-se a instalação de válvulas redutoras de pressões com 18%, a renovação do parque de hidrômetros com 11%, vistorias para detecção e regularização de fraudes com 11%, substituição de redes antigas e/ou que apresentam grandes quantidades de vazamentos com 9%, melhorias nos procedimentos e gestão comerciais (ex: Atualizações cadastrais) com 7%, controle ativo de vazamentos com 7%, reparos de vazamentos em tempos reduzidos com 7%, Instalação de medidores inteligentes (monitoramento online de parâmetros como pressão e vazão) com 4% e Instalação de bomba como turbina (PAT) com 2%.

A revisão sistemática ratifica que existem várias tecnologias e ações mitigadoras que podem ser utilizadas, para reduzir as perdas de água e que a definição destas, dependem das características do sistema, das causas raízes das perdas de água e dos recursos disponíveis para implantação e operação.

No município de Itaguatins-TO calculou-se que o índice de perdas na distribuição de água, no ano 2019, foi de 63%. Após isso, foram identificadas que as causas raízes que proporcionavam esse elevado percentual eram referentes a um sistema comercial com cadastro desatualizados, ausência de programas de controle ativo de vazamentos, ausência de ações de combate a fiscalização de fraudes, ausência de treinamentos de otimização de reparos de vazamentos e devido à presença de parque de hidrômetros antigos, sendo observado 241 destes medidores com ano de fabricação variando de 1996 a 2004, e, que apresentavam problemas visíveis de submedição.

Destaca-se que o estudo de caso de Itaguatins-TO utilizou-se de algumas das tecnologias

de reduções de perdas selecionadas na revisão sistemática, dentre as quais, cita-se: a renovação do parque de hidrômetros; vistorias para detecção e regularização de fraudes; melhorias nos procedimentos e gestão comerciais, com a realização de treinamentos e atualizações cadastrais e controle ativo de vazamentos, que após implantadas proporcionaram uma diminuição de 33% das perdas de água de Itaguatins-TO, que foi de 63% em 2019, para 42% em 2022 (até julho).

Ao comparar o índice de perdas na distribuição de Itaguatins-TO com o de outros 20 municípios de pequeno porte, foi observado que em 2019, o referido município, ocupava a 7ª posição das maiores perdas; posteriormente, no ano de 2020, estava ocupando a 16ª. Com isso a redução de perdas de água no município de Itaguatins-TO, do ano de 2020 para 2019, com as ações implantadas, foi de apenas 1,62%, de modo que, o índice de perdas ainda era superior a 60%. A justificativa do avanço em posições entre as cidades analisadas, foi devido a um aumento do índice de perdas dos outros municípios, de um modo geral, sendo que em 2019, 52% dos municípios analisados apresentavam índices de perdas maiores que 60% e no ano de 2020, a quantidade de municípios que superavam esse valor de perda eram de 76%.

No que tange aos investimentos realizados no estudo de caso de Itaguatins-TO, as ações de reduções de perdas, tiveram um custo aproximado de 2 (duas) vezes a mais que o planejado, porém o projeto implantado foi viável, visto que o VPL foi positivo e o tempo de payback ocorreu antes do término da presente pesquisa.

Para realização de trabalhos futuros, recomenda-se calcular o IPD de outros municípios de pequeno porte do Tocantins e aplicar as tecnologias de reduções utilizadas neste pesquisa;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABES. - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Posicionamento E contribuições técnicas. Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água. Disponível em https://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas águas: Segurança hídrica do Abastecimento Urbano**, 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Informações Sistemas de abastecimento de água** (Isolado e Integrado), disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>
- AL-OMARI, Abbas. A Methodology for the Breakdown of NRW into Real and Administrative Losses. **Water resources management**, v. 27, n. 7, p. 1913-1930, 2013.
- ANTENOFF, Lucas Bertholdi et al. A importância de medidas preventivas e mitigadoras para perdas de água potável. **CRICTE**, 2017.
- AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, p. 1511-1522, 2012.
- ÁVILA, Carlos Andrés Macías et al. Improve leakage management to reach sustainable water supply networks through by green energy systems. Optimized case study. **Sustainable Cities and Society**, p. 103994, 2022.
- BABEL, Mukand S. et al. Evaluating the potential for conserving water and energy in the water supply system of Bangkok. **Sustainable Cities and Society**, v. 69, p. 102857, 2021.
- BARROS, Pedro Henrique Souza; LIMA, Diogo Pedreira. Estudo das perdas de água no sistema de abastecimento da cidade de Porto Nacional/TO. **Natural Resources**, v. 10, n. 3, p. 103-112, 2020.
- BARROS, Daniel Bezerra et al. As perdas de água na trajetória de uma cidade. **XXVIII Congresso Latinoamericano De Hidráulica Buenos Aires**, Argentina, septiembre de 2018. Disponível em https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_314.pdf
- BARROS, Pedro Henrique Souza; LIMA, Diogo Pedreira. Estudo das perdas de água no sistema de abastecimento da cidade de Porto Nacional-TO. **Natural Resources**, v. 10, n. 3, p. 103-112, 2020.
- BEZERRA, Saulo de Tarso Marques et al. XI-042-Gestão Das Perdas De Água No Agreste Pernambucano: Uma Alternativa Ao Aumento Da Oferta De Recursos Hídricos. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2015.
- BILIBIO, ELAINE CLAUDIA FARINELI et al. SANEAMENTO BÁSICO UM DIREITO FUNDAMENTAL DA POPULAÇÃO. **Percurso**, v. 2, n. 39, p. 274-282, 2021.

BITENCOURT, Waldo Coelho; PORTELINHA, Thiago Costa Gonçalves; BANDEIRA, Mysia Oliveira. impacto econômico da utilização de válvulas redutoras de pressão em sistemas de abastecimento de água: estudo de caso na cidade de Palmas-TO. **Revista Integralização Universitária**, n. 19, p. 20-29, 2018.

BONTHUYS, Gideon Johannes; VAN DIJK, Marco; CAVAZZINI, Giovanna. Leveraging water infrastructure asset management for energy recovery and leakage reduction. **Sustainable Cities and Society**, v. 46, p. 101434, 2019.

BORGES, Elsio Júnior Bonati. Análise da micromedição do volume de água potável domiciliar e sua influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição. **Revista Relicário**, v. 3, n. 5, p. 61-76, 2016.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm

BRASIL, CONSTITUIÇÃO FEDERAL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Publicado no **DOU** de 16.07.2020

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

BRASIL, Trata. Perdas de água 2021 (snis 2019): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. 2021. URL http://www.tratabrasil.com.br/images/estudos/Perdas_d%C3%A1gua/Estudo_de_Perdas_2021.pdf.

BRENTAN, Bruno M. et al. Near real time pump optimization and pressure management. **Procedia Engineering**, v. 186, p. 666-675, 2017.

CAMPOS, Vinícius Chaves; ZUKOSWSKI JUNIOR, Joel Carlos; OLIVEIRA, Júlio César Figueiredo de Oliveira. Avaliação do índice de água não lucrativa no mundo no período de 2010 a 2020: situação do indicador nos países e importância do monitoramento desta informação. **Revista International Journal of Development Research**, 2022.

CAMPOS, Vinícius Chaves et al. Tecnologias aplicadas nas reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento Technologies applied to reduce water loss in supply systems. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 29743-29758, 2022.

Cadernos temáticos de saneamento básico. **Plano municipal de saneamento básico. Abastecimento de água Potável**. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Abastecimento+de+%C3%81gua+Pot%C3%A1vel.pdf/c42e2752-7de2-4a0b-a751-fa352f1bdbc3?version=1.0>

CARRIÇO, Nelson et al. Eficiência hídrica e energética em aproveitamentos hidroagrícolas. In: **14º Congresso da Água**. 2018.

CHARALAMBOUS, B.; FOUFEAS, D.; PETROULIAS, N. Leak detection and water loss

management. **Water Utility Journal**, v. 8, n. 3, p. 25-30, 2014.

CEREZINI, Monise Terra. Segurança hídrica em tempos de pandemia de Covid-19. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 1, n. 2, 2020.

COLOMBO, Andrew F.; KARNEY, Bryan W. Energy and costs of leaky pipes: toward comprehensive picture. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 128, n. 6, p. 441-450, 2002.

CONDURÚ, Marise Teles. Análise da qualidade da informação no setor de saneamento básico: em busca da inteligência estratégica. **Tese de doutorado**. Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Belém, 2012.

COONEY, James P. Qual o real valor da informação?. **Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG**, v. 20, n. 2, 1991.

COVAS, Dídia IC; CLÁUDIA JACOB, Ana; RAMOS, Helena M. Water losses' assessment in an urban water network. **Water Practice and Technology**, v. 3, n. 3, 2008.

DA COSTA, Tatiana Barbosa; DE SOUZA SIQUEIRA, Eduardo Ueslei; CARDOSO, Adriana do Socorro Torres. 157-ÍNDICE DE PERDAS DE DISTRIBUIÇÃO E FATURAMENTO DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NOS BAIROS CENTRAIS DE BELÉM, ESTADO DO PARÁ. Disponível em

DA SILVA, Diego Araujo; EMMANUEL, Glauto Magnus; BITTENCOURT, Márcio Tavares. **Medidas para redução do índice de perda de água**. 2016

DA SILVA, Fernando José Araújo. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Revista Tecnologia**, v. 26, n. 1, 2005.

DA SILVA ANDRADE, Marcelo Renato. OS DESAFIOS DE QUALIDADE DE UMA EMPRESA DE SANEAMENTO NO ATENDIMENTO DOS SERVIÇOS DE REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO.

DA SILVA¹, Diego Araujo; EMMANUEL, Glauto Magnus; BITTENCOURT, Márcio Tavares. MEDIDAS PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE PERDA DE ÁGUA, 2016.

Disponível em <https://sistema.trabalhosasasemae.com.br/repositorio/2016/10/trabalhos/365/459/t459t25e10a2016.pdf>

DE ALMEIDA, Ailton; FONTES, Pedro Emílio Ribeiro. Identificação de perdas volumétricas em um sistema de abastecimento de água no município de Belo Horizonte/MG. **PARAMÉTRICA**, v. 1, n. 2, 2009.

DE BROBIO NOGARETTI, Jéssica. 9932-AÇÕES DE COMBATE À PERDAS NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO/SC, 2018.

DE CARVALHO, Fernando Silva et al. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. **VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. São Luis:**

Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), p. 18, 2004.

DE MELO SILVA, Ana Carine et al. Otimização do sistema de abastecimento de água da Barragem de Jucazinho através de programação linear. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 101-113, 2019.

DE MENDONÇA, Marcos Henrique Vieira; PEDROSA, Hudson Tiago dos S. XI-035-ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO–MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE, 2019. Disponível em <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2020/09/ESTIMATIVA-DE-REDUCAO-DE-PERDAS-ATRAVES-DO-CONTROLE-DE-PRESSAO-%E2%80%93MODELO-HIDRAULICO-DO-SISTEMA-MORROS-DA-ZONA-NORTE-DO-RECIFE-PE.pdf>

DE OLIVEIRA, Flávia Gonçalves Rocha et al. CONTROLE DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: O CASO DO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS(MG). 2009. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Gerson-Medeiros/publication/26595003_Control_of_losses_in_water_distribution_system_the_case_of_the_Municipality_Of_The_Pocos_de_Caldas_MG/links/547d173e0cf285ad5b088a27/Control-of-losses-in-water-distribution-system-the-case-of-the-Municipality-Of-The-Pocos-de-Caldas-MG.pdf

Department of Economic and Social AffairsPopulation Dynamics, disponível em: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>, acessado em: 22/04/2022

DE SOUZA, E. V.; DA SILVA, MA Costa. Management system for improving the efficiency of use water systems water supply. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 458-466, 2014.

DE SOUZA, Frank Pavan; PERTEL, Mônica. Complexidades para a aplicação dos aspectos normativos para a gestão de recursos hídricos no Brasil. **Exatas & Engenharias**, v. 10, n. 27, p. 70-82, 2020.

DE SOUZA, Luciana Carla FERREIRA. CONTROLE DE PERDA DE ÁGUA ATRAVÉS DA TROCA DE REDE DE CIMENTO AMIANTO POR REDE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE NO MUNICÍPIO DE JAGUARIÚNA. **ISSN 1679-8902 Ano V| N° 6| Jul-Set 2009**, p. 7.

DE SOUSA MORETTI, Ricardo et al. ASPECTOS ESPECÍFICOS DO PLANEJAMENTO E DA POLÍTICA PÚBLICA DE SANEAMENTO NOS PEQUENOS MUNICÍPIOS. **Projectare: Revista de Arquitetura e Urbanismo**, v. 1, n. 11, 2021.

DOS SANTOS LISBOA, Danielle Cristina et al. Sistema de esgotamento sanitário estação elevatória de esgoto e linha de recalque em um residencial. **Engineering Sciences**, v. 7, n. 3,p. 9-26, 2019.

Do SNIS, caderno temático; Do SNIS ao SINISA , Informações , para planejar o Esgotamento Sanitário. Diagnóstico SNIS-AE 2019, publicado em 2020. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_ESGOTO_SNIS_2019.pdf

ENGEL, Tatiana; TOLFO, Denise. Métodos de pesquisa. **Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.**

FARLEY M, Wyeth G, Bin Md. Ghazali Z, Istandar A, Singh S (2008) The Manager's Non-Revenue Water Handbook: **A Guide to Understanding Water Losses**

FUNASA. **Manual de Orientações técnicas para elaboração e apresentação de propostas e projetos para sistemas de esgotamento sanitário**, 2017; disponível em: http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/manual-de-orientacoes-tecnicas-para-elaboracao-e-apresentacao-de-propostas-e-projetos-para-sistemas-de-egotamento-sanitario?inheritRedirect=false

FUNASA. **Manual de Saneamento: Orientações Técnicas**, 2007.

GARCÍA-ÁVILA, Fernando et al. Pressure management for leakage reduction using pressure reducing valves. Case study in an Andean city. **Alexandria Engineering Journal**, v. 58, n. 4, p. 1313-1326, 2019.

GENTIL, Bruno Borges; PRETTO, Luana Siewert; ZSCHORNACK, Thiago. XI-045-PRIORIZAÇÃO DA PESQUISAS DE VAZAMENTOS ATRAVÉS DA GESTÃO DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002

GUERRA, Sidney. Crise ecologica na sociedade de risco. **Revista de Direito da Cidade**, v.5, n. 2, p. 77-105, 2013.

GUMIER, Carlos César et al. Aplicação de modelo de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 2007.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, POPULAÇÃO.DISPONÍVEL EM: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/Itaguatins-TO/panorama>, acessado 01/01/2022.

JUNIOR, Alceu de Castro Galvão; SOBRINHO, Geraldo Basilio; SAMPAIO, C. A informação no contexto dos planos de saneamento básico. **Fortaleza: Expressão Gráfica Editora**, 2010.

Kingdom B, Liemberger R, Marin P (2006) The challenge of reducing Non-Revenue Water (NRW) in developing countries how the private sector can help: A look at performance-based service contracting, water supply and sanitation sector board discussion paper series paper no.8.

KUSTERKO, Sheila et al. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 615-626, 2018.

LEÃO, Neyde Ferreira et al. XI-113–A IMPORTANCIA DA IMPLANTACAO DE UM PROJETO DE MICROMEDIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA POLITICA DE GESTAO, CONTROLE E REDUCAO DE PERDAS. Disponível em <https://engearteconsultoria.eng.br/wp-content/uploads/2019/04/Projeto-Micromedi%C3%A7%C3%A3o-ROO.pdf>

LIRA, Osman de Oliveira. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. 2014.

LISBOA, Severina Sarah; HELLER, Léo; SILVEIRA, Rogério Braga. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 341-348, 2013.

MESEGUER, Jordi et al. A decision support system for on-line leakage localization. **Environmental modelling & software**, v. 60, p. 331-345, 2014.

MOURA, Eulina Maria et al. Abordagem sobre perdas de água em sistemas de abastecimento: breve explanação sobre os tipos e principais causas. **IV SEREA-Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água João Pessoa (Brasil)**, v. 8, 2004.

MOURA, GNP de. A relação entre água e energia: gestão energética nos sistemas de abastecimento de água das companhias de saneamento básico do Brasil. **Rio de Janeiro: sn**, 2010.

MUTIKANGA, Harrison E.; SHARMA, Saroj K.; VAIRAVAMOORTHY, Kalanithy. Methods and tools for managing losses in water distribution systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 139, n. 2, p. 166-174, 2013.

NICOLINI, M. et al. Numerical modeling and leakage reduction in the water distribution system of Udine. **Procedia engineering**, v. 70, p. 1241-1250, 2014.

OLIVEIRA, Renata Ribeiro de. Tratamento de água. 14 dez. 2018, 21 jan. 2019. Notas de Aula.

PAULI, Dante Ragazzi (Presidente da Abes). Perdas de Água. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (Abes). 2015

PEREIRA, Leonel Gomes; DE OLIVEIRA ILHA, Marina Sangoi. Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas, no estado de São Paulo. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 7-21, 2008.

PONCE, Francisco de Assis Martins; FERNANDES, Denise. Análise Físico-Química e Biológica da Água no Estuário do Rio Cocó – Ceará/BR. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed.04, Vol. 03, pp. 71-85, abril 2018. ISSN:2448-0959RIJO, Manuel. Movimento da Água no Solo. 2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

RIBEIRO, Lubienska Cristina Lucas Jaquiê; DE ANDRADE, José Geraldo Pena; ZAMBON, Aline Giorgetti. Gestão de sistema de abastecimento de água através de ações para redução de perdas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 155-166, 2017.

RÍOS, J. Canto et al. Methodology for the identification of apparent losses in water distribution networks. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 238-247, 2014.

ROMÃO, Gabriela Araújo; NAJBERG, Estela. Dificultadores na formulação da política pública de saneamento básico em municípios goianos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 174-196, 2021

ROUBICEK, Marcelo. O novo marco legal do saneamento básico sob análise. **Nexo Jornal. June**, v. 25, 2020.

SAMIR, Nourhan et al. Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. **Alexandria Engineering Journal**, v. 56, n. 4, p. 601-612, 2017.

SANTI, Aline Doria; CETRULO, Tiago Balieiro; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Indicadores de perdas de água em sistemas de saneamento: disponibilidade e confiabilidade de dados em nível de bacia hidrográfica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 386-410, 2018.

SANTOS, EDINILZA RIBEIRO RIBEIRO et al. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA EM COMUNIDADES RURAIS E RIBEIRINHAS DE NOVA OLINDA DO NORTE-AMAZONAS. In: **13º Congresso Internacional Rede Unida**. 2017.

SANTOS, Wellington Jorge; JÚNIOR, Valter de Souza Lucas. XI-066-IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIA DE AÇÕES MULTIDISCIPLINARES PARA COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA NO SAA DE IGARAPÉ/MG PARA VENCER A CRISE HÍDRICA, 2019. Disponível em https://abes-dn.org.br/anaiseletronicos/45_Download/TrabalhosCompletoPDF/XI-066.pdf

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**, v. 197, n. 1, p. 56-80, 2014.

SHABANGU, Thabane H.; HAMAM, Yskandar; ADEDEJI, Kazeem B. Decision support systems for leak control in urban water supply systems: A literature synopsis. **Procedia CIRP**, v. 90, p. 579-583, 2020.

SILVA, Alberto César do Nascimento. Panorama de perdas em sistemas de abastecimento de água no Brasil. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Universidade Estadual da Paraíba. 2015.

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO. disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/Itaguatins-TO/panorama_publicado_terca_29de_outubro_de_2019, acessado em 01/01/2022.

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO, disponível em <http://www.snis.gov.br/>, acessado em:26/07/2021.

SOARES, Alexandre Kepler et al. Avaliação das perdas físicas de um setor da rede de abastecimento de água de Campo Grande-MS via modelo inverso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, p. 312-321, 2004.

SOUSA, Lara Dias de Jesus et al. REGULARIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO: REDUÇÃO DE PERDAS E RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL. **Revista Expressão Da Estácio**, v. 4, n. 1, 2021.

SOUTO, Xênia Macedo. COVID-19: aspectos gerais e implicações globais. **Recital-Revistade Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 2, n. 1, p. 12-36, 2020.

SPEDALETTI, Samuele et al. Improvement of the energy efficiency in water systems through water losses reduction using the District Metered Area (DMA) approach. **Sustainable Cities and Society**, v. 77, p. 103525, 2022.

SUGAHARA, Cibele Roberta; FERREIRA, Denise Helena Lombardo; PRANCIC, Eduard. SANEAMENTO BÁSICO EM TEMPOS DE PANDEMIA DE COVID-19 NO BRASIL. **Geoambiente On-line**, n. 41, 2021.

SHUSHU, Upendo Paul et al. Managing non-revenue water in Mwanza, Tanzania: A fast-growing sub-Saharan African city. **Scientific African**, v. 12, p. e00830, 2021.

SURIBABU, C. R. Resilience-based optimal design of water distribution network. **Applied Water Science**, v. 7, n. 7, p. 4055-4066, 2017.

TARDELLI FILHO, Jairo. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista DAE**, v. 64, n. 201, p. 6-20, 2016.

THORNTON, Julian; LAMBERT, Allan. Managing pressures to reduce new breaks. **Water**, v. 21, n. 8, p. 24-26, 2006.

TORRES, Pedro Gabriel Castro; DA SILVA, Sidinea Faria Gonçalves. Saneamento básico como um direito fundamental do cidadão. **ANAIS DO SCIENCULT**, v. 1, n. 3, 2010.

Water Loss Committee Review. **Water audits and loss control programs**. AWWA M36 Publication Rewrite, 2007.

WERDINE, DEMARCUS. Perdas de água em sistemas de abastecimento. **Universidade Federal De Itajubá. Itajubá**, 2002.

WERNECK, Guilherme Loureiro; CARVALHO, Marília Sá. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p. e00068820, 2020.

XHAFA, Sokol; AVDULLAHU, Ilir; AHMETI, Muhamet. Automation Control on Water Supply Networks. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 29, p. 175-179, 2016.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia da pesquisa**. UFSC, 2013.

ANEXO

CROQUI DO SISTEMA DE AGUA DE ITAGUATINS - TO

- Captacoes
 - RESERVATÓRIO
- REDES DE AGUA:
- DN-040
 - DN-050
 - DN-075
 - DN-100
 - DN-150



APÊNDICE

ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO EM 2019				
Item	Meses	Volume Produzido (m ³ /mês)	Volume Consumido (m ³ /mês)	Índice de Perdas na Distribuição (%)
1	janeiro	21928,58	8599	61%
2	fevereiro	23234,64	8568	63%
3	março	23388,81	8491	64%
4	abril	24849,68	9306	63%
5	maio	24062,99	8222	66%
6	junho	25626,39	11200	56%
7	julho	23863,23	10107	58%
8	agosto	27968,75	9848	65%
9	setembro	24979,88	10402	58%
10	outubro	25244,06	9088	64%
11	novembro	27993,37	9151	67%
12	dezembro	27728,33	9529	66%
$\sum_{i=1}^n x_i$		300868,69	112511	63%
Volume Perdido até Julho (m ³)		166954,32	64493,00	102461,32
Volume Perdido 2019 (m ³)		300868,69	112511	188357,69

ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO EM 2020				
Item	Meses	Volume Produzido (m ³ / mês)	Volume Consumido (m ³ /mês)	Índice de Perdas na Distribuição (%)
1	janeiro	22934,72	12259	47%
2	fevereiro	23924,16	10556	56%
3	março	26607,26	8146	69%
4	abril	24321,71	8239	66%
5	maio	26473,15	9091	66%
6	junho	24858,03	9279	63%
7	julho	25802,81	10162	61%
8	agosto	27237,38	10545	61%
9	setembro	25295,63	11072	56%
10	outubro	25474,39	12139	52%
11	novembro	27206,57	9575	65%
12	dezembro	27083,30	8829	67%
$\sum_{i=1}^n x_i$		307219,10	119892	61%
Volume Perdido até Julho (m ³)		174921,8	67732,0	107189,8
Volume Perdido 2020 (m ³)		307219,1	119892,0	187327,1

ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO EM 2021				
Item	Meses	Volume Produzido (m³/ mês)	Volume Consumido (m³/mês)	Índice de Perdas na Distribuição (%)
1	janeiro	21768,05	11900	45%
2	fevereiro	21865,10	11500	47%
3	março	21912,57	9225	58%
4	abril	22430,69	9300	59%
5	maio	20736,74	9980	52%
6	junho	26597,24	10365	61%
7	julho	27163,30	11250	59%
8	agosto	26236,81	11200	57%
9	setembro	24945,45	11050	56%
10	outubro	20552,14	11895	42%
11	novembro	15798,55	9360	41%
12	dezembro	19839,80	9550	52%
$\sum_{i=1}^n x_i$		269846,44	126575	53%
Volume Perdido até Julho (m ³)		162473,7	73520,0	88953,7
Volume Perdido 2021 (m³)		269846,436	126575	143271,4357

ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO EM 2022				
Item	Meses	Volume Produzido (m³/ mês)	Volume Consumido (m³/mês)	Índice de Perdas na Distribuição (%)
1	janeiro	20.928	8.002	62%
2	fevereiro	15.036	7.917	47%
3	março	13.494	7.998	41%
4	abril	18.804	10.491	44%
5	maio	23.892	11.421	52%
6	junho	27.054	20.796	23%
7	julho	36.654	24.512	33%
$\sum_{i=1}^n x_i$		155.862	91.137	42%
Volume Perdido até Julho (m ³)		155.862	91.137	64.725