

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE PRELIMINAR DAS PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA EM JUIZ DE FORA/MG

MAURICIO CARLOS MACHADO JÚNIOR

JUIZ DE FORA

2023

ANÁLISE PRELIMINAR DAS PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA EM JUIZ DE FORA/MG

MAURICIO CARLOS MACHADO JÚNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Juiz de Fora, como
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Engenharia Civil

Orientador: Dr. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2023

ANÁLISE PRELIMINAR DAS PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM JUIZ DE FORA/MG

MAURICIO CARLOS MACHADO JÚNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com a Resolução Nº 01/2018 do Colegiado do Curso de Engenharia Civil, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em:

Por:

Documento assinado digitalmente
 **CELSO BANDEIRA DE MELO RIBEIRO**
Data: 28/12/2023 13:24:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro, D.Sc

Universidade Federal de Juiz de Fora / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA)

Documento assinado digitalmente
 **MAURICIO LEONARDO AGUILAR MOLINA**
Data: 28/12/2023 14:22:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Mauricio Leonardo Aguilar Molina, D.Sc

Universidade Federal de Juiz de Fora / Departamento de Construção Civil

Documento assinado digitalmente
 **MARCONI FONSECA DE MORAES**
Data: 28/12/2023 21:17:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Marconi Fonseca de Moraes, D.Sc

Universidade Federal de Juiz de Fora / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Mauricio e Lúcia, que nunca mediram esforço para que eu chegasse até essa etapa da minha, sempre acreditaram na minha capacidade, motivaram-me e continuam a me motivar até hoje.

Aos amigos feitos da universidade, Leandro, Viol, Bianca, Carol, Vitoi e Teodoro, que estiveram comigo durante esta caminhada da graduação.

Também aos amigos feitos fora da faculdade, em especial a Ítalo e Caio, que foram fundamentais para que eu pudesse ter a motivação de terminar este ciclo.

Ao meu orientador, professor Celso, pela disposição e celeridade em sempre querer ajudar, pela orientação e conselhos, que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Ao professor Mauricio, que nunca mediu esforços para ajudar, mesmo nas situações mais difíceis, tornando-se uma pessoa fundamental em minha graduação.

Ao professor Fabiano, com quem iniciei este projeto anos atrás, também sempre atencioso e dedicado.

A todos os professores que contribuíram de alguma forma para a minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

O combate às perdas decorridas em redes de distribuição de água é um grande problema que afeta todas as cidades brasileiras, e grandes centros urbanos em todo mundo. Tanto do ponto de vista ecológico, quando se pensa no mau uso de um recurso não renovável, quanto do ponto de vista econômico, considerando todo o investimento que deve ser feito pela iniciativa pública e privada para cobrir a ineficiência dos sistemas. é uma questão relevante, que deve ser pesquisada com empenho pela comunidade científica, visando a redução destes desperdícios, sempre levando em conta que não há sistema com perda zero, porém é possível aproximar-se do nível de perdas de países desenvolvidos, na casa dos 20%, ao invés dos mais de 40% de perdas que temos no Brasil atualmente. O presente trabalho tem por objetivo mostrar a situação das perdas no sistema de abastecimento do município de Juiz de Fora/MG, considerando dados dos órgãos responsáveis pelo saneamento da cidade, comparando-os com dados de outras regiões brasileiras e com demais países da América Latina, e países do restante do mundo. São propostos pontos de melhoria na eficiência da rede com base em indicadores apresentados no arcabouço referencial apresentado.

Palavras-chave: Perdas em sistemas de abastecimento de água. Perdas em Juiz de Fora. Controle e redução de perdas.

ABSTRACT

The combat against losses in water distribution networks is a significant issue affecting all Brazilian cities and major urban centers worldwide. From an ecological perspective, considering the misuse of a non-renewable resource, and from an economic standpoint, taking into account the investment required by public and private initiatives to cover system inefficiencies, it is a relevant issue. It should be diligently researched by the scientific community, aiming to reduce these wastages. It's important to remember that no system has zero loss, but it is possible to approach the loss levels of developed countries, around 20%, instead of the over 40% losses currently experienced in Brazil. This study aims to present the situation of losses in the water supply system of the municipality of Juiz de Fora/MG, considering data from the agencies responsible for the city's sanitation, comparing them with data from other Brazilian regions and other countries in Latin America, and countries around the world. Improvement points in network efficiency are proposed based on indicators presented in the reference framework

Keywords: Losses in water supply systems. Losses in Juiz de Fora. Control and reduction of losses.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Usos da Água no Brasil.....	14
Figura 2 – Evolução de Perdas na Distribuição - Brasil (2012-2016).....	16
Figura 3 – Sistema de Abastecimento de Água.....	19
Figura 4 – Índice de Atendimento de Água com Rede Geral Total e Urbano em 2021.....	19
Figura 5 – Índice de perdas em países latino-americanos	30
Figura 6 – Perdas na distribuição por estado brasileiro (2021)	31
Figura 7 – Índice de Perdas na Distribuição (IN049).....	37
Figura 8 – Índice de Perdas Anuais na Distribuição	38
Figura 9 – Componentes principais em um programa de controle de perdas reais	40
Figura10 – Componentes principais em um programa de controle de perdas reais	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Uso da Água	15
Quadro 2 – Tipos de Perdas de Água e suas características	23
Quadro 3 – Matriz do Balanço Hídrico do IWA	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Simulação do impacto econômico em cenários de redução de perda.....	32
Tabela 2 – Principais Indicadores do Abastecimento de Água em Juiz de Fora de 2015 a 2017	34
Tabela 3 – Índice de Perdas na Distribuição (IN049)	36
Tabela 4 – Índice Bruto de Perdas Lineares (IN050)	36
Tabela 5 – Índice de Perdas por Ligação (IN051).....	37
Tabela 6 – Volumes macromedidos por DMC	42
Tabela 7 – Índice percentual de perdas por DMC	43
Tabela 8 – Evolução Histórica dos 16 indicadores aprovados no Planejamento Estratégico 2022	45

LISTA DE SIGLAS

ARISB-MG	Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais
CESAMA	Companhia de Saneamento Municipal
DAE	Departamento de Água e Esgoto
DMC	Distritos de Medição e Controle
ETA	Estação de Tratamento de Água
Funasa	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBNE	<i>International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>
IN023	Índice de Abastecimento Urbano de Água
IN049	Índice de Perdas na Distribuição
IN050	Índice Bruto de Perdas Lineares
IN051	Índice de Perdas por Ligação
IN055	Índice de Atendimento Total de Água
IPFT	Índice de Perda de Faturamento Total
IWA	<i>International Water Association</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
Plansab	Plano Nacional de Saneamento
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PJF	Prefeitura de Juiz de Fora
PSB/JF	Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UNESCO Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DO TEMA	13
1.2 OBJETIVOS	17
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	18
3 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	21
3.1 PERDAS REAIS.....	23
3.2 PERDAS APARENTES	24
3.3 AVALIAÇÃO DE PERDAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO.....	25
3.3.1 MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO.....	26
3.3.2 MÉTODO DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS	27
3.3.3 INDICADORES DE PERDAS.....	28
4 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE PRELIMINAR DA SITUAÇÃO DAS PERDAS NO BRASIL E NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA	29
4.2 SITUAÇÃO DA CIDADE DE JUIZ DE FORA.....	33
4.3 JUIZ DE FORA X BRASIL	35
4.4 AÇÕES PARA COMBATE ÀS PERDAS.....	39
4.5 AÇÕES PARA COMBATE ÀS PERDAS EM JUIZ DE FORA	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS.....	48
6 REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DO TEMA

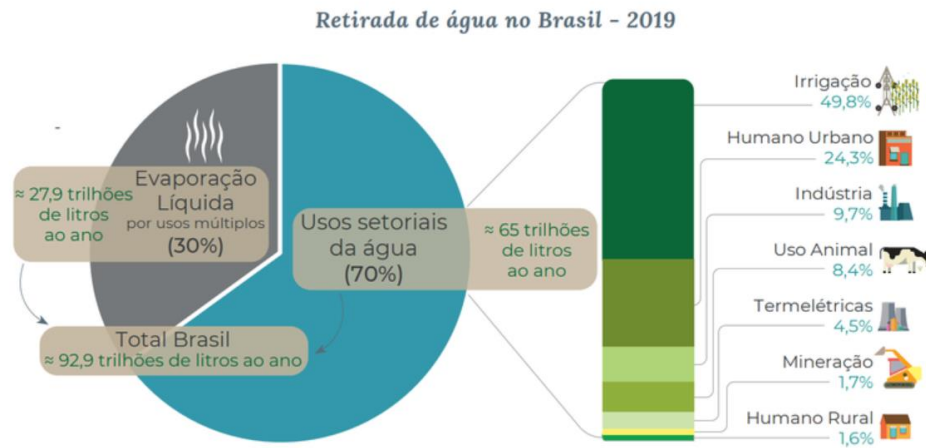
Desde as primeiras civilizações, houve a necessidade da utilização da água, que inicialmente era um recurso necessário apenas para a sobrevivência dos povos. Com o passar dos anos e desenvolvimento dos seres humanos, as demandas pela água passaram a ser maiores e mais complexas, exigindo ao mesmo tempo, maior segurança em todo seu processo de distribuição (HELLER; PÁDUA, 2006).

Desde 5000 A. C., já eram observadas as primeiras vilas em formação, e os povos iniciavam as atividades de agricultura e criação animal, presentes até os dias de hoje. Com essa demanda crescente, foi necessário desenvolver sistemas de abastecimento para suprir a necessidade não só de consumo da população, mas também de irrigação das áreas agrícolas (TSUTIYA, 2006). Inicialmente, a demanda por água era necessária apenas à subsistência do ser humano, já nas últimas décadas, a sociedade exige a disponibilidade cada vez maior do recurso para novas funções, como a indústria e lazer (HELLER, PÁDUA, 2006).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2015) as famílias são os principais responsáveis do uso de água de distribuição no Brasil, cerca de 68%, e seu uso per capita foi de 108,4 litros/dia. O volume total de recursos hídricos renováveis no país era de 6,2 trilhões de m³, o que resultava em cerca de 30,3 mil metros cúbicos de água por habitante baseado na população de 2015.

Cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos consuntivos múltiplos e setoriais. A evaporação líquida, a irrigação, a termoeletricidade e algumas indústrias apresentam forte sazonalidade, ou seja, o consumo de água pode variar expressivamente dentre os meses de um mesmo ano. (ANA, 2019). A Figura 1 ilustra os usos da água.

Figura 1– Usos da Água no Brasil



Fonte: Agência Nacional das Águas (2019)

O Quadro 1 mostra algumas das necessidades de utilização mais comuns para a população. Com o passar dos anos cada vez mais água é necessária para suprir essas e as novas demandas que ainda estão surgindo. Com maior demanda, a quantidade de água exigida é cada vez maior. Dessa forma, faz-se necessário que sejam criados meios para distribuição e abastecimentos que acompanhem esse movimento. Os sistemas devem ser suficientes para atender as demandas atuais e futuras, e acima de tudo, devem ser eficientes, para evitar o desperdício.

Quadro 1 – Uso da Água

Agrupamento	Necessidades
Consumo doméstico	Ingestão Preparo de alimentos Higiene da moradia Limpeza dos utensílios Lavagem de roupas Descarga de vasos sanitários Lavagem de veículos Insumo para atividades econômicas domiciliares (lavadeiras, preparo de alimentos...) Irrigação de jardins, hortas e pomares domiciliares Criação de animais de estimação e de animais para alimentação (aves, suínos, equinos etc.)
Uso Comercial	Suprimento a estabelecimentos diversos, com ênfase para aqueles de maior consumo de água, como lavanderias, bares, restaurantes, hotéis, postos de combustíveis, clubes e hospitais
Uso Industrial	Suprimento a estabelecimentos localizados no interior da área urbana, com ênfase para aqueles que incorporam água no produto ou que necessitam de grande quantidade de água para limpeza, indústria de cervejas, refrigerantes ou sucos, laticínios, matadouros e frigoríficos, curtumes, indústria têxtil
Uso Público	Irrigação de jardins, canteiros e praças Lavagem de ruas e espaços públicos em geral Alimentação de fontes Limpeza de boca de lobo, galerias de águas pluviais e coletores de esgotos Abastecimento de edifícios públicos, incluindo hospitais, portos, terminais etc. Combate a incêndio

Fonte: Heller e Pádua (2006).

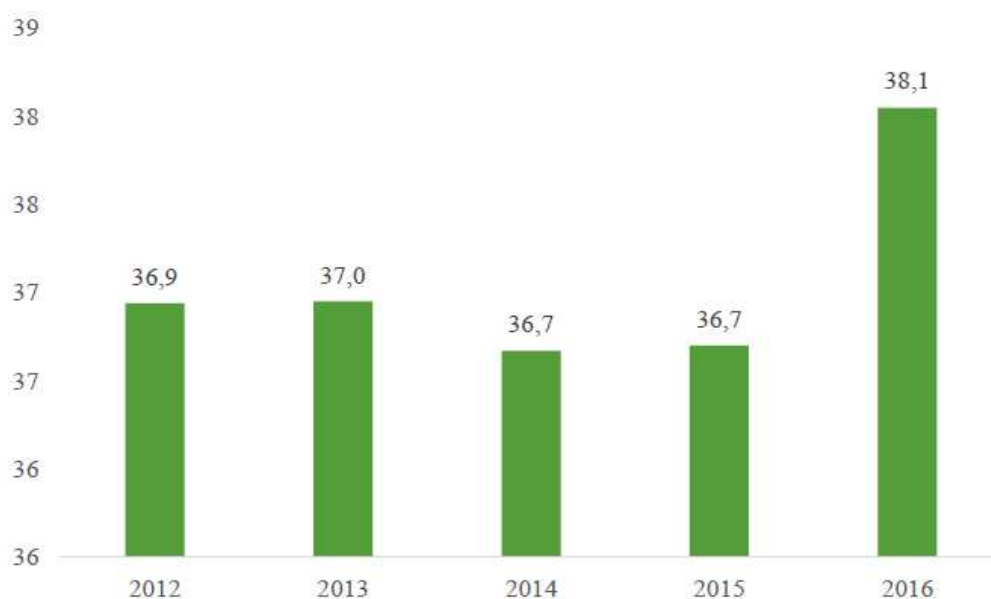
De acordo com Tardelli Filho (2016), um sistema público de abastecimento de água é essencialmente uma estrutura linear, em que a água captada através de um manancial é entregue ao consumidor final através de tubulações para condução do recurso. Trata-se de um dos componentes mais importantes da infraestrutura urbana.

Segundo dados do IBGE (2017), o nosso país tem mais de 208 milhões de habitantes, e 85,7% dos domicílios fazem parte da rede geral de abastecimento de água. Com um número tão grande de pessoas, e tamanha a extensão territorial do Brasil, não é difícil imaginar o grande desafio que é criar uma malha que consiga abastecer todo o território nacional. Somado a isso, quando

pensamos que esse processo pode ser ineficiente devido a vários fatores como por exemplo as perdas, podemos concluir que os investimentos para conseguir abastecer 100% dos domicílios deve ser grandioso.

Em 2016, o índice de perdas na distribuição do Brasil foi de 38,05%, e o índice de perdas de faturamento foi de 38,53%, enquanto uma cidade considerada como tendo padrão de excelência em perdas tem esses indicadores limitados a 15%. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018). Países como a Alemanha e o Japão conseguiram reduzir suas perdas para valores próximos de 10%, e países como Nova Zelândia e Austrália chegaram ainda a índices inferiores. (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS], 2017). A Figura 2 mostra a evolução das perdas no Brasil entre 2012 e 2016.

Figura 2– Evolução de Perdas na Distribuição - Brasil (2012-2016)



Fonte: Instituto Trata Brasil (2018).

De acordo com Malcolm (2021), em países desenvolvidos, o índice de perda de água varia entre 8 e 24%, enquanto em países subdesenvolvidos, este índice varia entre 25 e 45% em média, mas pode superar este intervalo.

É evidente que nosso país sofre com enormes perdas em seu amplo sistema de distribuição de água, o que deve ser reduzido ao máximo, pois além de causar o desperdício de um recurso tão escasso, também agride a economia. Quanto maior a perda, maior a redução do faturamento das concessionárias responsáveis, o que diminui a capacidade de obtenção de investimentos. Com essa situação, boa parte de todo trabalho que é feito desde a captação de água até a distribuição, é feito em vão.

1.2 OBJETIVOS

Perante as enormes perdas que o Brasil ainda sofre em seus sistemas públicos de abastecimento, o presente trabalho tem por objetivo demonstrar como é a situação das perdas no município de Juiz de Fora/MG, bem como a comparação com as médias brasileiras, além de entender o que os órgãos responsáveis têm feito para minimizar o problema.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os capítulos 2 e 3 deste trabalho serão compostos de uma revisão bibliográfica mostrando como funciona e quais são os elementos principais de um sistema de abastecimento de água, além de abordar o que são perdas e como é possível mensurá-las.

O capítulo 4 será responsável por mostrar os dados de perda em Juiz de Fora, comparando-os com os índices do Brasil, além de mostrar o histórico de perdas e medidas de controle destes indicadores, bem como o que está sendo feito e planejado para os próximos anos.

No capítulo 5 serão feitas as considerações finais, juntamente com sugestões de trabalhos futuros que possam se aprofundar no assunto de perdas em Juiz de Fora, ou demais cidades do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Tardelli Filho (2016) entende que o fornecimento coletivo de água é, sem dúvida alguma, uma das principais estruturas urbanas. Trata-se, principalmente, de um sistema em linha reta, no qual predominam os encanamentos para o transporte da água, desde a sua captação em uma fonte até a distribuição de água limpa aos consumidores finais, atravessando os processos de tratamento, armazenamento e ajuste de pressão.

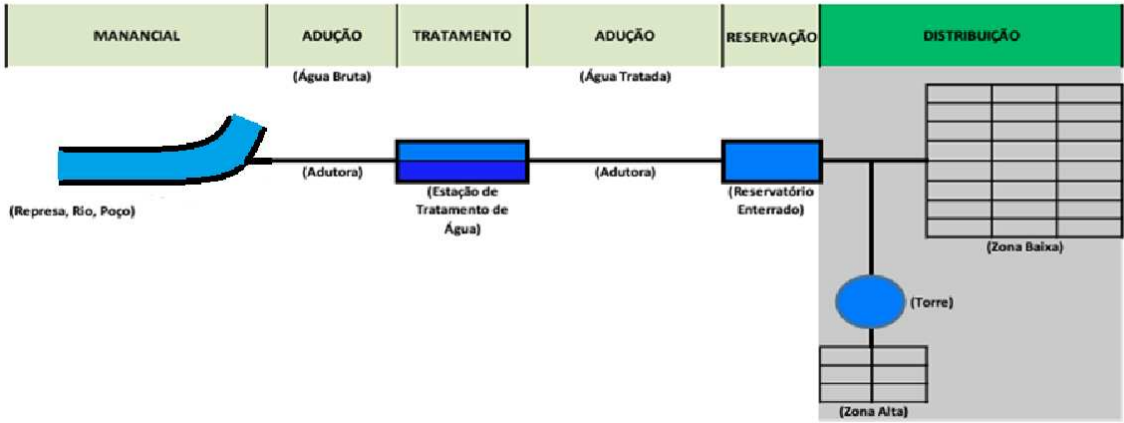
Entende-se por concepção de sistema de abastecimento de água, o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar (TSUTIYA, 2006).

Segundo o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2019), um sistema de abastecimento de água é composto pelo conjunto de obras, instalações e serviços que visam a produção e distribuição de água a uma população, atendendo assim sua necessidade. O porte da localidade a ser atendida, densidade demográfica, escolha do manancial, topografia, características geológicas e geotécnicas, instalações já existentes e condições econômico-financeiras são alguns dos fatores que serão determinantes na escolha do sistema mais apropriado.

De acordo com Sobrinho e Martins (2006) desde as duas últimas décadas do século 20 temos visto um esforço maior em levar água de qualidade ao maior número possível de usuários, e no Brasil, houve um grande progresso com a implantação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que permitiu que o país atingisse níveis de atendimento de cerca de 90% da população urbana.

A maior parte das tubulações encontra-se disposta no reticulado urbano, em todas as ruas, associadas ao trecho final da ligação ao cliente (ramal predial, com hidrômetro, para medição do consumo e faturamento), compondo o conjunto que se denomina “distribuição” (TARDELLI FILHO, 2016). A Figura 3 mostra como é um sistema de abastecimento.

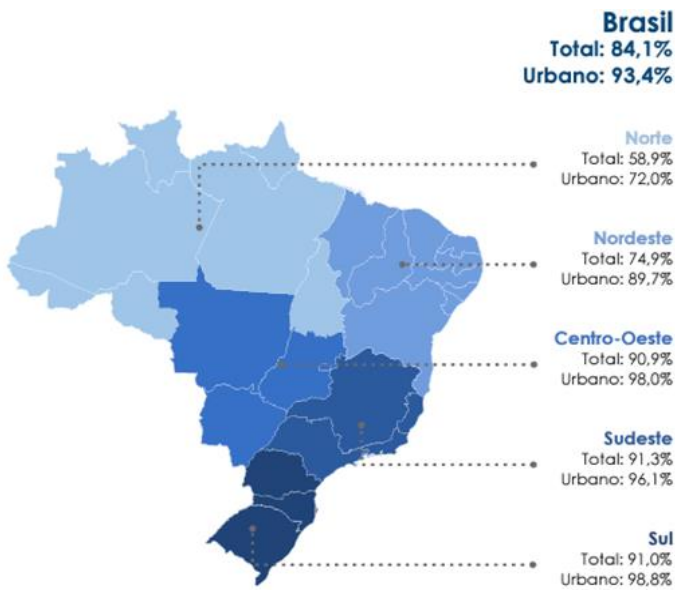
Figura 3 – Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: Adaptado de Tardelli Filho (2016, p. 6).

De acordo com dados do SNIS (2023), o Brasil teve um índice de atendimento total com rede de abastecimento de água de 84,1%, sendo que o índice para o atendimento urbano é de 93,5%. A Figura 4 mostra a distribuição do índice de atendimento pelas regiões do Brasil.

Figura 4 – Índice de Atendimento de Água com Rede Geral Total e Urbano em 2021



Fonte: SNIS (2023).

Mesmo havendo disponibilidade de água para atender às demandas e às exigências legais, é uma obrigação ética dos responsáveis pelas instalações de abastecimento de água garantir que esse uso seja equilibrado, ou seja, que seja utilizada a quantidade estritamente necessária, sem usos supérfluos. Para tanto, duas parcelas do conjunto de usos de água devem ser minimizadas: as perdas e os desperdícios. (BRASIL, 2019).

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura [UNESCO] (2021) divulgou um estudo estimando que a demanda global por água deve crescer cerca de 1% anualmente nas próximas décadas, e a necessidade do recurso para uso industrial e residencial, deve aumentar significativamente mais rápido do que a demanda para uso agrícola. Estes fatos e estimativas evidenciam a necessidade de termos redes que consigam minimizar as perdas, visto que a tendência global é um uso cada vez maior de água por parte dos grandes centros urbanos.

3 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um tema complexo e ainda não tratado em profundidade é o de perdas de água na rede pública de distribuição. Somente em 1999 o assunto se tornou mais relevante, com um programa consistente para o assunto, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). (SILVA, 2005).

Conforme Aquino (2007), é importante, inicialmente, entendermos que não existe “perda zero”. Há uma perda inevitável dentro de um sistema, que é aquela restante após a utilização de todos os métodos, técnicas e tecnologias disponíveis. Em seu entendimento, há dois tipos de limites, o técnico, que é o descrito acima, e o econômico, em que o valor financeiro para a recuperação destes vazamentos é tão alto, que acaba superando o custo de produção e distribuição do recurso, o que acaba inviabilizando sua otimização.

O Entendimento básico do conceito de perdas no sistema de distribuição é “a diferença entre o volume de água tratada colocada à disposição da distribuição e o volume medido nos hidrômetros dos consumidores finais em um determinado período de tempo. (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO [SABESP], 2005).

De acordo com SNIS (2023), qualquer sistema de fornecimento de água apresenta perdas inerentes. Nas últimas décadas, observa-se um aumento da relevância desse tema, especialmente devido ao crescimento no número de eventos de escassez de água e ao maior risco de contaminação da água tratada, já que as falhas no sistema podem resultar na diminuição da pressão na rede de distribuição. Além disso, sob o aspecto econômico e financeiro, surgem questões relacionadas aos elevados custos de energia elétrica empregada na produção e no transporte da água tratada, além do desperdício de recursos naturais, operacionais e financeiros.

Kingdom et.al (2006), mostra em relatório do Banco Mundial que mais de 32 bilhões de m³ de águas tratada são perdidos por falhas em sistemas de distribuição. Além disso, mais 16 bilhões de m³ são perdidos por conta de fraudes de usuários ou problemas de medição. A média global de perda é estimada em 35% da produção, enquanto em países subdesenvolvidos e de baixa renda, essa perda pode representar até 60% da água fornecida. Ainda segundo o autor, uma estimativa conservadora do custo anual dessas perdas para as empresas de saneamento está na ordem de 14 bilhões de dólares.

Miranda (2002) aponta os principais motivos para o alto índice de perdas de água nas empresas que fornecem serviços públicos de abastecimento de água:

- Falta de capacidade institucional e de gestão dos sistemas;
- Escassez de recursos para investimentos em avanços tecnológicos na rede de distribuição e na operação dos sistemas;
- Enfoque na expansão da oferta e do consumo individual, sem considerar a conservação e o uso consciente;
- Decisões de aumento da pressão hidráulica e expansão das redes para áreas distantes dos sistemas, visando atender novos consumidores, sem análises de engenharia apropriadas.

Ainda segundo dados do SNIS (2023), o consumidor final deve arcar com os custos gerados por sistemas que apresentam perdas. Altos índices de ineficiência desses sistemas então implicam diretamente em pessoas tendo seu direito básico de acesso a água potável prejudicado, direito este que é reconhecido pela Organização das Nações Unidas, que foi estabelecido pela Lei nº 14.026/2020.

Sistemas de abastecimento de água geralmente apresentam perdas entre a captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA), chamadas perdas na produção, e desta até a entrega para o consumidor, denominadas perdas na distribuição (Gonçalves e Alvim (2007). Segundo Sobrinho e Martins (2006), nos grandes centros urbanos, as principais falhas nos sistemas de fornecimento de água são atribuídas, em grande parte, à degradação dos sistemas mais antigos. Estas redes apresentam tubulações com problemas recorrentes de rupturas e vazamento de água.

Desde a captação no manancial até a entrega de água tratada ao consumidor final ocorrem perdas, de vários tipos, que em grande parte são causadas por operação e manutenção deficientes das tubulações e inadequada gestão comercial das companhias de saneamento. (TARDELLI FILHO, 2006).

Na visão operacional dos sistemas públicos de abastecimento, as perdas de água são concernentes aos volumes que não podem ser contabilizados. As perdas podem ser: físicas (reais), que representam a parcela não consumida, e não físicas (aparentes), que correspondem

à água consumida e não registrada. (SILVA, 2005). No Quadro 2, podemos entender melhor as características e diferenças entre ocorrências físicas e não físicas.

Quadro 2 – Tipos de Perdas de Água e suas características

<i>Item</i>	<i>Características</i>	
	Perda Física	Perda não física
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de medição
Custos associados aos volume de água perdido	Custo de produção de água tratada	Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito ambiental	Desperdício de recursos naturais Necessidade de maior exploração de mananciais	Pouco relevante
Efeito na saúde pública	Risco de contaminação da água	Pouco relevante
Visão empresarial	Perda de produto “industrializado”	Perda elevada de receita
Visão do consumidor	Imagem da empresa associada ao desperdício e ineficiência	Não possui relevância imediata
Efeito sobre o consumidor	Repasse de custos à tarifa Não incentivo ao uso racional da água	Repasse de custos à tarifa Incentivo ao roubo e à fraude

Fonte: Tardelli Filho (2006).

3.1 PERDAS REAIS

As perdas físicas (ou reais) correspondem aos volumes não contabilizados devido a vazamentos no sistema, desde a captação até a distribuição, e a procedimentos operacionais inadequados, que provocam consumos superiores ao estritamente necessário, dentre os quais lavagem de filtros em ETAs e descarga para limpeza de rede de distribuição (SILVA *et al.*, 1998).

Lyonnaise des Eaux Services Associés [LYSA] *et al.* (1999) conceitua o problema como sendo o volume de água perdida em vazamentos nas redes distribuidoras e ramais prediais, ou ainda extravasamentos em reservatórios, além de todas as demais perdas volumétricas de água. Ou seja, são entendidos como a água produzida, mas não utilizada.

Ainda segundo Tardelli Filho (2006), há a ligação entre este tipo de vazamento e a preservação dos recursos naturais, visto que a urgência de exploração e expansão de fontes de captação deveria ser menor havendo sistemas mais eficientes, reduzindo então o impacto ambiental dos empreendimentos de abastecimento.

As redes de distribuição têm vazamentos que podem ser classificados em 3 tipos, conforme indicado pela SABESP (2001 *apud* CARVALHO *et al.*, 2004). São eles:

- Visíveis aflorantes ou ocorrentes nos cavaletes;
- Não visíveis, não aflorantes, porém detectáveis por métodos acústicos de pesquisa;
- Não visíveis com baixa vazão, não aflorantes e não detectáveis por métodos acústicos de pesquisa.

3.2 PERDAS APARENTES

De acordo com Tardelli Filho (2016), quando confrontados com crises hídricas, é crucial dar prioridade à abordagem das perdas reais, uma vez que exigem a máxima atenção nos esforços para reduzir as ineficiências. No entanto, é importante não ignorar a importância do combate às perdas aparentes, uma vez que elas afetam diretamente o volume de produção de água, reduzindo desperdício e evitando o consumo fraudulento de água.

Resultam de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou que fazem medições abaixo do consumo real, fraudes em hidrômetros e outras. As perdas não físicas são também denominadas de perdas aparentes ou comerciais, de maneira que a água que é efetivamente consumida não é faturada (BRASIL, 2003).

As falhas de cadastro decorrem de deficiência nas ações de planejamento e controle. Uma origem evidente de tal limitação nas concessionárias é a ingerência política, que ocorre em maior ou menor grau, prejudicando a cultura técnica, tão necessária à eficiência das empresas. Isto ocorre porque quase todas as empresas prestadoras de serviços de água e esgoto do país são públicas ou de economia mista (TUROLLA, 2002).

A vida útil de um hidrômetro é estimada entre 5 e 10 anos e depende da qualidade da água distribuída, do tipo de hidrômetro, da qualidade do serviço de instalação, e da proteção, dentre outros fatores. Um hidrômetro operando corretamente deve apresentar um erro médio em torno de 2% na faixa de vazão próxima à nominal (SILVA, 2005). É também relatado por Tardelli Filho (2006) que um medidor bem instalado e que esteja operando em boas condições de vazão pode apresentar imprecisões na ordem de 0,5% a 2% para mais ou menos, mas instalações feitas

de forma inadequada, ou que desrespeitem a vazão permitida pelo aparelho podem causar incrementos nestes erros de medição.

Segundo Carvalho *et al.* (2004), usuários realizam as chamadas fraudes visando diminuir a capacidade de micromedição das concessionárias, total ou parcial, atuando diretamente nas ligações. Ainda de acordo com os autores, estas fraudes podem ser descritas em três casos:

- Ligação Clandestina: Se dá quando o usuário do sistema faz uma ligação diretamente na rede de distribuição da concessionária, não havendo permissão para tal atividade;
- Derivação de ramal: É feita uma conexão anterior ao hidrômetro, desta forma, toda a água que deveria passar totalmente por esta peça de medição, deriva também por essa conexão, mascarando o valor real de uso que deveria ser medido;
- “By-pass”: Assim como na derivação de ramal, também é feita uma conexão anterior ao hidrômetro, porém neste caso, é feita a ligação ao ramal predial. A água então passa totalmente por esta derivação, não havendo, portanto, registro de micromedição.

3.3 AVALIAÇÃO DE PERDAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Melato (2010) define a avaliação de perdas como a realização da auditoria das águas. Segundo o autor, a identificação de volumes de água desperdiçadas e seu respectivo custo para as concessionárias devem ser mensuradas e auditadas através do uso de técnicas reconhecidas e aplicadas mundialmente.

Tardelli Filho (2016) relata que a quantificação das perdas em uma rede é um processo relativamente simples de ser feito, porém, o maior desafio está em conseguir separar o quanto da perda global é oriunda de perdas reais e o quanto resulta de perdas aparentes. Para isso, diz o autor, é necessária a adoção de hipóteses diversas, bem como testes em campo para comprová-las. Tardelli Filho (2016) cita ainda os métodos do Balanço Hídrico e das Vazões Mínimas Noturnas como sendo formas de buscar resultados mais realistas e confiáveis. Melato (2010) categoriza os dois métodos da seguinte forma:

- Método do balanço hídrico: metodologia *top-down*;
- Método das vazões mínimas: metodologia *bottom-up*.

3.3.1 MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO

A *International Water Association* (IWA) trouxe uma matriz que visa a padronização de terminologias, conceitos e indicadores de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Alegre *et al.* (2000) retrata nessa matriz as perdas físicas, decorrentes de problemas no sistema de distribuição, contemplando fissuras, rompimentos e demais vazamentos na rede. A matriz também retrata as perdas provenientes de consumos não autorizados e fraudulentos, além de imprecisões nas medições.

Conforme Melato (2010) descreve, o método do balanço hídrico nada mais é do que um modelo do tipo *top-down*, ou seja, é necessário realizar o cálculo do volume de água que entra no sistema menos o volume de água que é consumido. Com esse dado, explica, é possível gerar hipóteses para estimar um valor para perdas aparentes, e assim é possível chegar ao percentual de perdas reais. O Quadro 3 nos mostra a matriz do Balanço Hídrico do IWA.

Quadro 3 – Matriz do Balanço Hídrico do IWA

Volume que Entra no Sistema	Consumo autorizados	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (incluído água exportada)	Águas Faturadas
			Consumos não-medidos faturados (estimados)	
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não-faturados (corpo de bombeiros, favelas não medidas etc.)	Águas Não Faturadas
			Consumos não-autorizados (fraudes e falhas de cadastro)	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Imprecisão dos medidores (macro e micromedicação)	
			Vazamentos nas adutoras de água bruta e nas estações de tratamento de água (se aplicável)	
		Perdas Reais	Vazamentos nos ramais prediais até o hidrômetro	
			Vazamentos e extravasamentos nos aquedutos e reservatórios de distribuição	

Fonte: Adaptado de Alegre *et al.* (2006) *apud* Melato (2010).

Atualmente, o balanço hídrico é a forma mais simples e fácil de fazer a auditoria das águas, sendo utilizado no mundo todo. Hoje, existem vários softwares e planilhas no mercado auxiliam no seu cálculo (MELATO, 2010).

Segundo Tardelli Filho (2016), a metodologia empregada mostra-se uma boa ferramenta de gestão, derivando diversos indicadores de desempenho, essenciais às concessionárias. Porém, o método, ainda que fácil de ser empregado, apresenta a desvantagem de sofrer com baixa precisão em seus resultados, o que implicará diretamente no dado final de perdas reais.

3.3.2 MÉTODO DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS

O monitoramento contínuo da vazão mínima noturna representa a melhor ferramenta para quantificação de perdas reais. Há na literatura, vasto material teórico e prático sobre o assunto, não apenas conceituando o tema, mas também oferecendo o roteiro básico para a avaliação da vazão mínima noturna (MIRANDA, 2010).

O método mais preciso, porém, mais trabalhoso e custoso, é por meio de medições em campo das vazões mínimas noturnas, às quais, aplicando estimativas de consumos noturnos e correções de pressão, chega-se às Perdas Reais, e por diferença, às Perdas Aparentes; ou também efetuar exaustivo trabalho de avaliação de submedição dos hidrômetros instalados, e depois de estimar um volume relativo às fraudes, chegar às Perdas Aparentes, e por diferença, às Perdas Reais. Essa forma de compor as parcelas das perdas denomina-se “*Bottom-up*” (ABES, 2015).

Gonçalves e Alvim (2007) explicam que o pico da curva de consumo está entre as 12 e 14 horas, ao mesmo tempo em que o consumo mínimo pode ser medido entre as 3 e 4 horas da madrugada. De acordo com Tardelli Filho (2006) a Vazão Mínima Noturna é a vazão medida neste intervalo da madrugada, em que a vazão é mínima.

Apesar de o método ser mais preciso e confiável, Gonçalves e Alvim (2007) pontuam que a metodologia das vazões mínimas noturnal pode não ser confiável em relação às perdas reais em localidades que apresentam abastecimento de água irregular.

3.3.3 INDICADORES DE PERDAS

Tardelli Filho (2006) Utilizando indicadores de perdas, é viável ilustrar o estado atual das perdas nos sistemas de abastecimento de água, administrar a progressão do volume de água não contabilizado, supervisionar as iniciativas de mitigação e, em teoria, efetuar análises comparativas entre diferentes sistemas de fornecimento de água.

Em 2000, a International Water Association (IWA) divulgou o guia técnico “Performance indicators for water supply services”, que definiu guias para cálculos de indicadores.

Alegre et al. (2000) define um indicador de desempenho como um simplificador de uma avaliação que seria complexa e subjetiva, sendo então um instrumento de apoio ao monitoramento da eficácia e eficiência de um sistema.

De acordo com Miranda (2002), é possível a identificação de fraquezas e fortalezas de um sistema de abastecimento através da boa gestão de indicadores, que servirão de base para a tomada de decisão dos prestadores de serviço responsáveis pela manutenção dos sistemas de abastecimento.

4 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE PRELIMINAR DA SITUAÇÃO DAS PERDAS NO BRASIL E NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA

4.1. ANÁLISE DE DADOS SECUNDÁRIOS SOBRE PERDAS DE ÁGUA NO BRASIL

Recurso essencial e básico para a população, o acesso à água potável impacta diretamente a qualidade de vida do cidadão. No Brasil, ainda existem 33 milhões de brasileiros que sofrem com a ausência de água tratada. A situação torna-se ainda mais preocupante quando analisada a grande ineficiência no controle de perdas do recurso hídrico, em que mais de 40% da água é desperdiçada antes de chegar nas residências do país. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

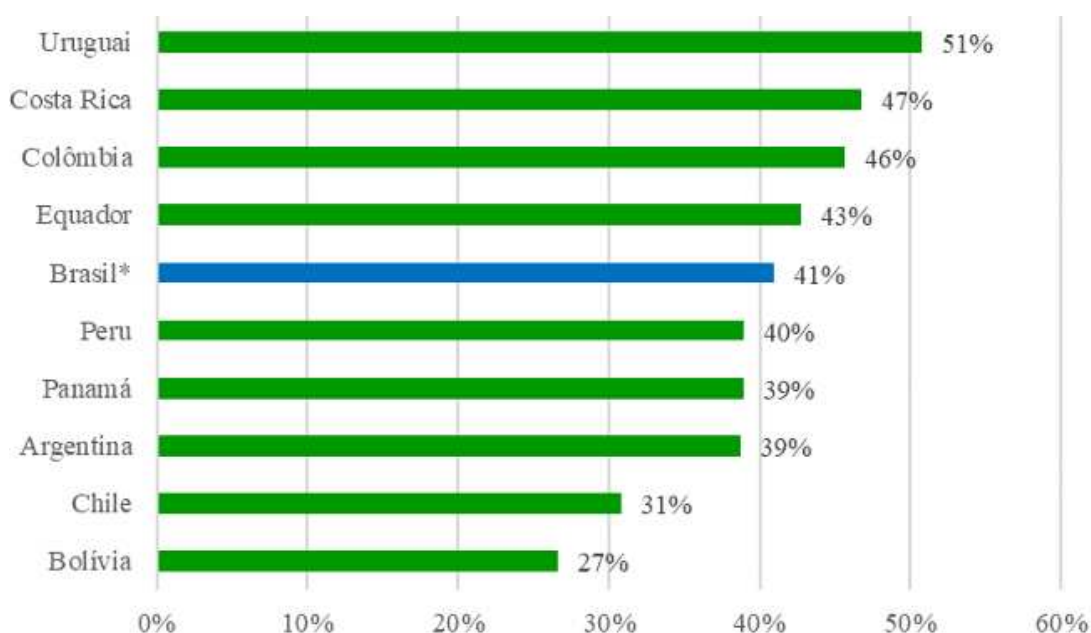
Segundo dados do SNIS (2021), o Brasil conta com uma população de 177 milhões de pessoas atendidas pelas redes de distribuição de água, representando 84,2% da população total, através de prestadores de serviço microrregionais, regionais e locais, que são a grande maioria. Ainda de acordo com o painel de abastecimento de água do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, 2021, a rede de abastecimento no Brasil tem uma extensão de 753,2 mil Km, contendo mais de 62,3 milhões de ligações de água, e mesmo com o investimento de 7,76 bilhões de reais em 2021, o que representou um aumento de 29% em relação aos 6,02 bilhões investidos no ano de 2020, a água potável não contabilizada ou perdida na distribuição da rede de 40,3% do total produzido.

Os dados mostram o quão maciço e complexo é a rede de abastecimento do Brasil, e que mesmo com valores altos de investimento, o país ainda mantém um nível de perdas extremamente alto, quase metade da produção é perdida.

Em termos absolutos, 40,3% representam um alto nível de perdas, o que é confirmado quando o país é comparado com outras nações. No cenário internacional, para efeito de comparação do indicador de perdas brasileiro com o de outros países, a fonte de informações utilizada é a *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET) – vale destacar que a periodicidade de coleta dos dados disponíveis varia bastante entre os países. No estudo, o indicador que baliza a comparação é o Índice de Perda de Faturamento Total (IPFT). Em 2021, o Brasil registrou um IPFT de 40,9%, índice pior que países como Camarões (40,0%), Tanzânia (37,0%), Etiópia (29%), China (21%), Estados Unidos (14%), entre outros. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

A pesquisa feita pelo Instituto Trata Brasil (2023) também mostra que na América do Sul, o Brasil também possui um alto índice de perdas quando comparado aos seus vizinhos, como é mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Índice de perdas em países latino-americanos



Fonte: Instituto Trata Brasil (2023).

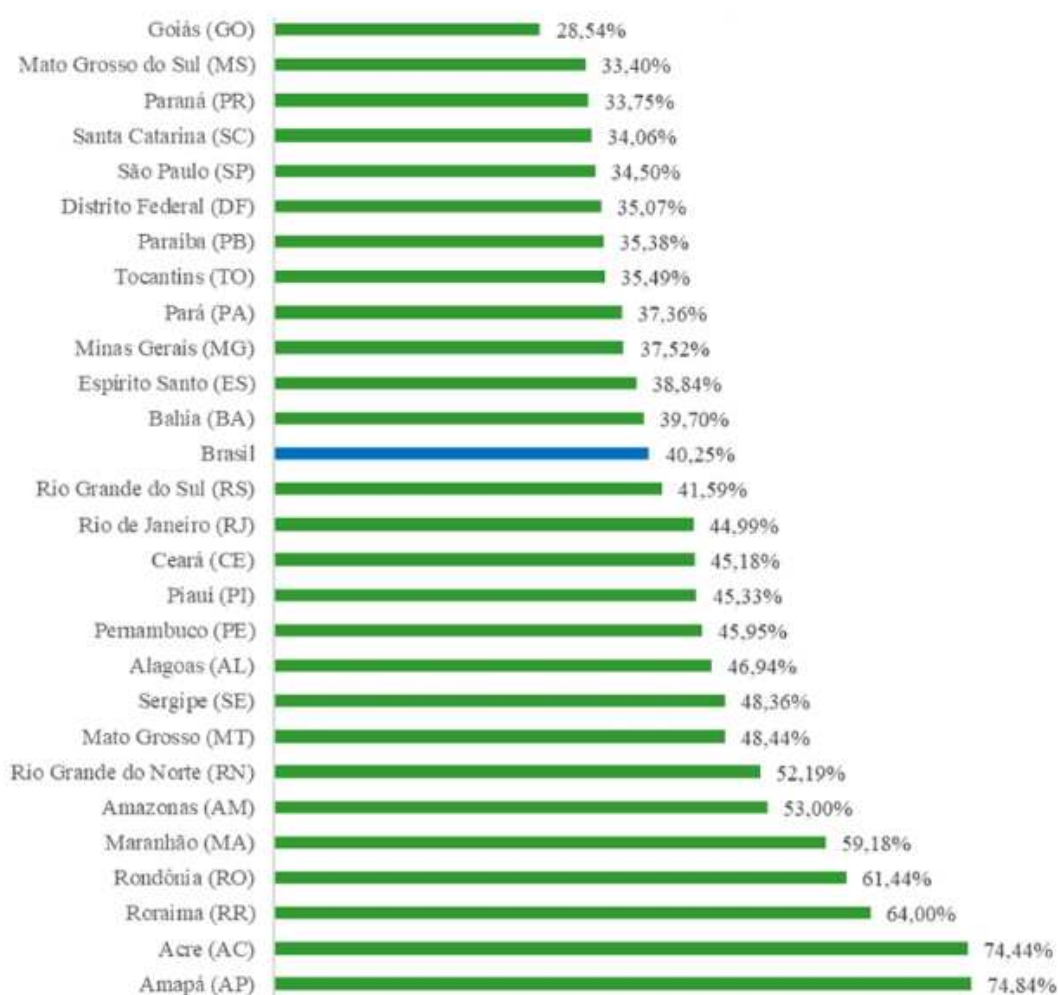
Por ser um país com maior extensão e maior população, é de se esperar grande complexidade no seu sistema de abastecimento de água, que conforme já visto, é operado na maioria por prestadores de serviço microrregionais, o que tende a dificultar a integração e planos de ação para melhorias, visto que os prestadores são independentes.

No intervalo de 2010 a 2021, seguindo o SNIS (2021) o atendimento com rede de água no Brasil cresceu, passando de 81,1% para 84,2% considerando a população total do país, e teve uma evolução mais discreta percentualmente quando considerada a população urbana, de 92,5% para 93,5% atendidas. Porém no intervalo de 2017 a 2021, o Instituto Trata Brasil (2023) mostra que os níveis de perda vêm crescendo, de 38,3% em 2017, atingindo o valor de 40,3% em 2021. O cenário mostra um aumento no abastecimento, porém com aumento no nível de perdas, que

demonstra que ainda são necessários grandes esforços para conter os indicadores de desperdício.

A relação das perdas pelos estados brasileiros também apresenta característica heterogênea, conforme é mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Perdas na distribuição por estado brasileiro (2021)



Fonte: Instituto Trata Brasil (2023).

O estudo do Instituto Trata Brasil (2023) também faz uma simulação de 3 cenários de redução das perdas, de modo a mensurar o impacto econômico da redução destes altos níveis. O otimista, o realista e o pessimista. Cada um deles responde à média nacional do nível de perdas a ser

alcançada em 2034: 15% (cenário otimista), 25% (cenário realista) e 35% (cenário pessimista). É válido mencionar que mesmo os 15%, enquanto meta, ainda se situa acima de índices já alcançados por países como Estados Unidos e Austrália, ou municípios como Nova Iorque, Toronto, Tóquio, Copenhague e Cingapura. Portanto, entende-se que, embora desafiador, seja possível alcançar indicadores iguais ou inferiores ao montante. Exceto pelo cenário pessimista, tais objetivos são mais ambiciosos do que o estabelecido pelo Plano Nacional de Saneamento (Plansab) em 2013, que previa um índice de perdas de 31% em 2033. Já o cenário realista tido como base foi estabelecido pela Portaria 490/2021. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

O Resultado da simulação é apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Simulação do impacto econômico em cenários de redução de perda

Cenários	Perdas 2021	Perdas 2034	Redução	Ganho Bruto Total (R\$1.000)	Ganho Líquido Total (R\$1.000)
Cenário Otimista	41%	15%	63%	89.310.913	44.655.457
Cenário Realista	41%	25%	39%	54.822.972	27.411.486
Cenário Pessimista	41%	35%	14%	20.335.030	10.167.515

Fonte: Instituto Trata Brasil (2023).

A tabela considera os ganhos acumulados no período para cada cenário. O ganho líquido nada mais é do que o montante de economia gerado subtraído do investimento necessário para a redução das perdas. No cenário realista, o benefício líquido gerado é da ordem de R\$ 27,4 bilhões em 13 anos, o que representa em média R\$ 2,10 bilhões por ano.

Percebe-se que do ponto de vista econômico, tanto para os governos, quanto para as empresas responsáveis pelo abastecimento, que é fundamental o controle e redução dos desperdícios nas redes de água. Além de gerar economia e sistemas mais eficientes, o controle das perdas pode contribuir para que mais pessoas sejam atendidas com menos custo, gerando superávit para o governo, que pode investir em outras áreas de interesse da população, e também gerando mais lucro para as prestadoras de serviço, que podem assim modernizar suas operações e fazer mais investimentos em mão-de-obra especializada.

4.2 SITUAÇÃO DA CIDADE DE JUIZ DE FORA

Segundos dados do IBGE (2021), a cidade mineira de Juiz de Fora está entre os maiores municípios mineiros, sendo o quarto mais populoso, tendo sua população estimada em 577.532 habitantes.

A demanda urbana gerada pela população e pela economia juiz-foranas é atendida a partir da exploração de quatro mananciais superficiais, que integram o sistema municipal de abastecimento de água: o Ribeirão do Espírito Santo; a Represa de Chapéu D'Uvas; a Represa Dr. João Penido; e a Represa de São Pedro (RIBEIRO; MACHADO, 2023).

A Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) é hoje a instituição responsável pelos serviços de água e esgoto na cidade de Juiz de Fora. A história da Companhia teve como origem o Departamento de Água e Esgoto (DAE) criado em agosto de 1963. Este departamento representou o primeiro passo para a reforma administrativa do município, atendendo reivindicações antigas da comunidade (CESAMA, 2018). Em 1990, a Companhia de Saneamento e Pesquisa do Meio Ambiente foi criada em substituição ao DAE, com autonomia financeira e administrativa (CESAMA, 2018)

Em seu relatório, a CESAMA (2018) destaca os principais eventos de saneamento na cidade, anteriores à criação da DAE, que seguem abaixo:

- 1884: O engenheiro Henrique de Novaes desenvolve projetos e obras de água e esgoto para a cidade;
- 1893: G. Howyan, engenheiro francês, realiza estudos de retificação do Rio Paraibuna e controle de inundações;
- 1915: Estudos preliminares para o saneamento em Juiz de Fora, desenvolvidos por Saturnino de Brito e Lourenço Baeta Neves;
- 1930/1935: Projetos e obras do sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora, incluindo a represa Dr. João Penido, o Reservatório Henrique de Novaes, a Adutora Dr. João Penido e o sistema de distribuição de água para toda a cidade;
- 1943: Estudos sobre inundações do Rio Paraibuna e Projeto de Retificação, coordenados por Henrique de Araújo Góes;
- 1963: Criação do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DAE);

- 1967: Projeto Geral de Abastecimento de Água de Juiz de Fora;
- 1983/1988: Plano Diretor de Abastecimento de Água; Plano Diretor de Esgotamento Sanitário; Concluída a implantação da micromedição na cidade;
- 1990: Criação da Companhia de Saneamento e Pesquisa do Meio Ambiente – CESAMA;
- 2001: Alteração da razão social para Companhia de Saneamento Municipal, sendo mantida a sigla CESAMA;

Juiz de Fora teve sua fundação em 1850, e conforme os dados, os esforços para a criação de estruturas de abastecimento de água e saneamento já são uma preocupação antiga, que datam desde as primeiras décadas da cidade. Apenas em 1963 tivemos a criação de um departamento responsável pelo abastecimento de água e esgoto, seguido pela criação de um projeto geral de abastecimento de água.

Em seu relatório, a CESAMA (2018) mostra a evolução dos principais indicadores no que diz respeito ao abastecimento, extensão e consumo no município. Praticamente todos os indicadores tiveram aumento, volume de água produzida, consumo per capita, quantidade de ligações, entre outros, e mesmo assim, os dados mostram que o nível de perdas na rede apresentou uma queda de 1% no período. Mais dados sobre perdas em Juiz de Fora serão abordadas no próximo tópico deste trabalho. A Tabela 2 ilustra estes números:

Tabela 2 – Principais Indicadores do Abastecimento de Água em Juiz de Fora de 2015 a 2017

Serviço de Água	Unidade	2015	2016	2017	Variação 2015-2017 (%)
População Atendida	1000 hab	532,18	531,83	537,16	0,9
Ligações de Água	Unid	139.484	142.907	145.843	4,6
Economias de Água	Unid	238.062	243.568	248.624	4,4
Volume Produzido	1000 m ³	43.385	43.494	45.917	5,8
Volume Consumido	1000 m ³	27.801	28.250	29.706	6,9
Índice de Perdas	%	32,1	31,5	31,8	-1,0
Extensão de Rede	Km	1.846	1.850	1.854	0,5
Consumo médio mensal por residência	m ³	9,96	10,25	10,07	1,1
Consumo per capita diário	litros	126,80	132,42	131,78	3,9

Fonte: Adaptado de CESAMA (2018).

De acordo com dados do SNIS (2021), a cidade possui um Índice de Abastecimento Urbano de Água (IN023) de 97,07%, acima das médias da região, estado, e acima da média brasileira, que é de 93,43%. Já se considerarmos o Índice de Atendimento Total de Água (IN055), o município conta com um valor de atendimento de 95,96%, números que também estão acima das médias regionais, estaduais, e bem acima da média do país, que é de 84,20%.

4.3 JUIZ DE FORA X BRASIL

Como já mencionado anteriormente, Aquino (2007) explica que não é possível uma rede que apresente “perda zero”. Desde o ponto de captação até o momento em que a água passa pelo hidrômetro existe um longo caminho em que a água percorre, o qual resulta em perdas de água. As perdas ocorrem de modo natural num sistema de distribuição, entretanto, podem ser exponencialmente maiores quando da ineficiência na operação e na manutenção das redes, bem como na inadequada gestão comercial (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA [PJF], 2022). Dessa forma, é de se esperar que todo sistema de abastecimento de água possua um nível de perdas ao longo de sua extensão, tanto as físicas, quanto as aparentes. Para podermos estudar estes valores, vamos nos apoiar em estudos feitos pela CESAMA, que é a responsável pelo abastecimento e tratamento de água, e nos dados fornecido pelo SNIS, que é o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

De acordo com os dados do SNIS (2021), o Índice de Perdas na Distribuição (IN049) no município de Juiz de Fora é de 33,81%. Para chegar neste número, é necessário somar o Volume de Água produzido, somando o volume de água tratada importado, subtraindo o volume consumido e o volume de serviço. Este valor é dividido pelo volume de água consumido, acrescido do volume tratado importado menos o volume de serviço. O resultado dessa divisão é multiplicado por 100 para obter-se um valor percentual. Apesar de o número parecer excessivo, ele é ligeiramente menor quando comparado com o resto do país. O Estado de Minas Gerais possui o índice IN049 em 37,52%, enquanto a região sudeste conta com perdas médias de 37,97%. O Brasil tem o indicador na casa dos 40,25%. A tabela 3 mostra esta comparação.

Tabela 3 – Índice de Perdas na Distribuição (IN049)

Local	Percentual
Juiz de Fora	33,81%
Minas Gerais	37,52%
Sudeste	37,97%
Brasil	40,25%

Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

O Sistema Nacional de Informação de Informações sobre Saneamento também traz dados sobre mais dois indicadores de perdas de água, o Índice Bruto de Perdas Lineares (IN050) e o IN051, que é o Índice de Perdas por Ligação. A tabela 4 e a tabela 5 mostram estes índices em 2021 para o município e demais regiões.

Tabela 4 – Índice Bruto de Perdas Lineares (IN050)

Local	IN050 (m3/dia/Km)
Juiz de Fora	23,80
Minas Gerais	18,34
Sudeste	27,87
Brasil	24,45

Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

Tabela 5 – Índice de Perdas por Ligação (IN051)

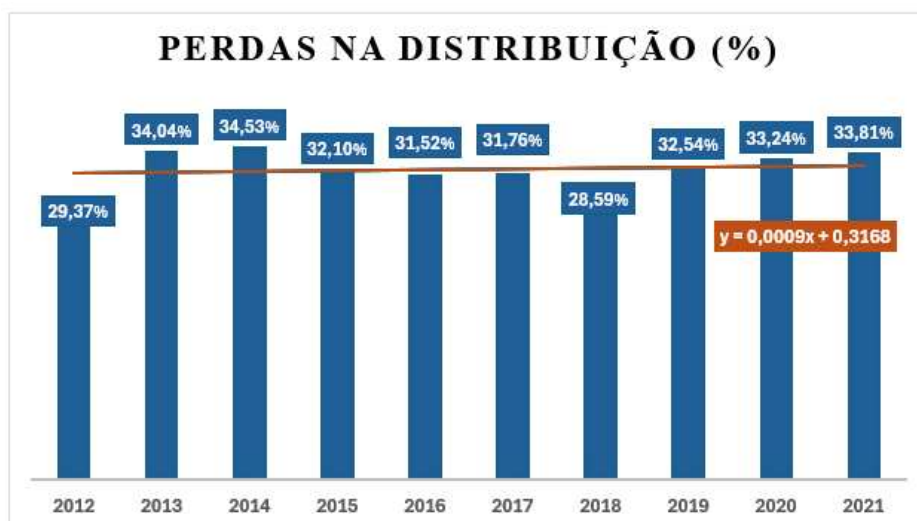
Local	IN0501 (m3/dia/Km)
Juiz de Fora	308,71
Minas Gerais	260,50
Sudeste	333,97
Brasil	333,93

Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

Nestes dois casos, a cidade apresenta perdas inferiores em relação à média nacional e da região sudeste, porém apresenta valores superiores aos registrados no Estado de Minas Gerais.

A Prefeitura de Juiz de Fora (2022) mostra em sua revisão do Revisão do Plano de Saneamento Básico dados em parceria com a CESAMA, onde é possível observar, além da situação atual das perdas físicas, representadas pelos índices acima, as perdas por faturamento, e o histórico de desenvolvimento destes números nos últimos anos. A figura 7 ilustra as perdas por distribuição (IN049) em Juiz de Fora.

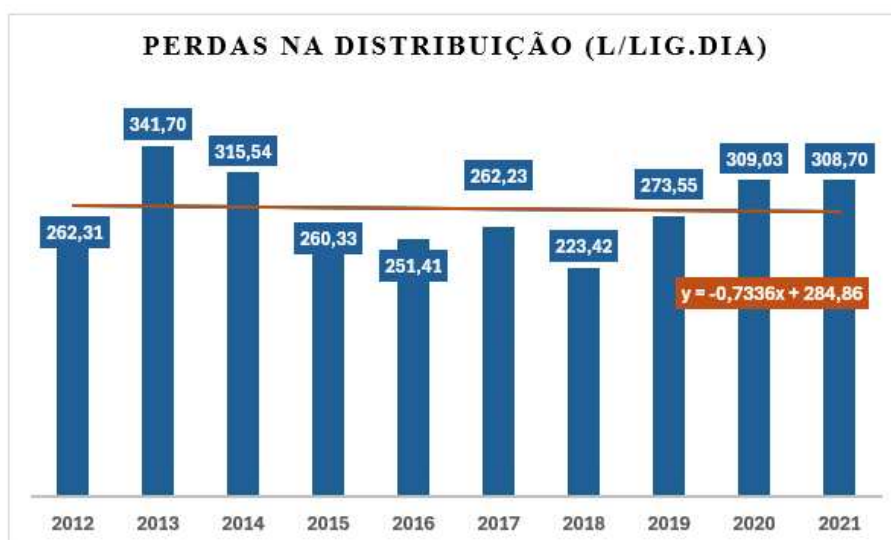
Figura 7 – Índice de Perdas na Distribuição (IN049)



Fonte: Adaptado de CESAMA (2022) *apud* PJF (2022).

Nestes últimos 10 anos de estudo, é possível ver que o nível de perdas se mantém relativamente constante, tendo apresentado um valor mínimo em 2012, e uma máxima em 2014. Neste período, o incremento percentual de perdas foi de 4,08%. A figura 7 mostra, em laranja, uma linha de tendência, com o crescimento das perdas nos últimos anos, e com a equação descrita, é possível calcular a perda estimada nos próximos anos, caso as perdas continuem a crescer linearmente. A Figura 8 também mostra as perdas na cidade em função de L/Lig.Dia.

Figura 8 – Índice de Perdas Anuais na Distribuição



Fonte: Adaptado de CESAMA (2022) *apud* PJF (2022).

Em conversas com a equipe técnica da CESAMA, entende-se que este aumento no índice de perdas nos últimos anos se deve, em especial, ao aumento da idade média do parque de hidrômetros, que, apesar de ainda se encontrar em idade inferior a 5 anos, já reflete no aumento das perdas aparentes, também conhecidas como perdas comerciais nos últimos anos. (PJF, 2022).

4.4 AÇÕES PARA COMBATE ÀS PERDAS

O Combate a perdas demanda um esforço permanente, pois as perdas de água têm uma tendência natural de aumento, ou seja, se nada for feito as perdas aumentam pois, com o passar do tempo, a infraestrutura envelhece, surgem novos vazamentos, os hidrômetros perdem precisão e as irregularidades aumentam (SABESP, 2005).

Ainda segundo a SABESP, os principais meios de combate às perdas reais ou físicas, são os seguintes:

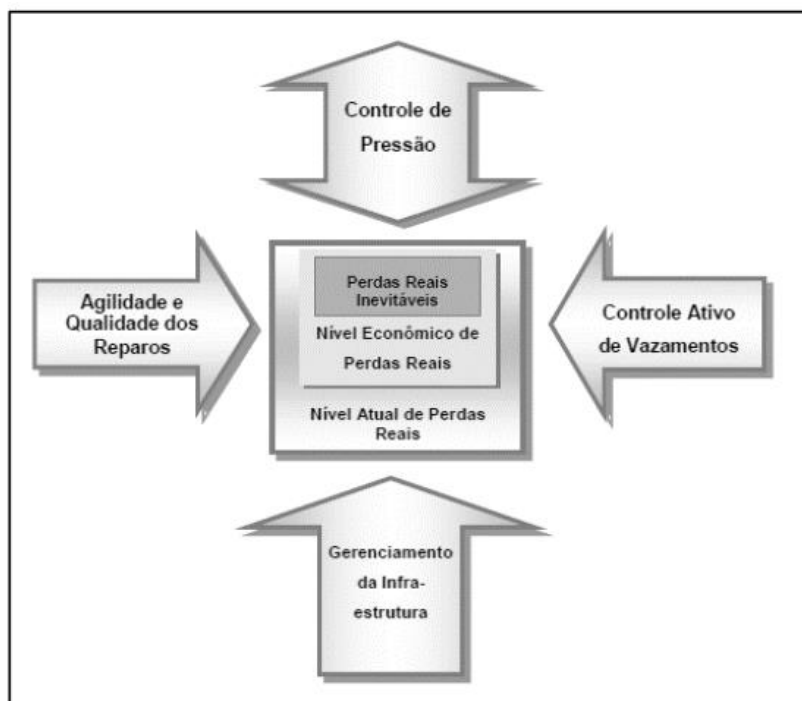
- gerenciamento de pressões a partir da execução de obras de setorização dos sistemas de distribuição de água, incluindo a instalação de Válvulas Redutoras de Pressão em áreas específicas com pressões elevadas, para reduzir e estabilizar as pressões de modo a reduzir a quantidade de novos vazamentos e a vazão dos vazamentos existentes;
- varreduras para localização de vazamentos não visíveis;
- renovação da infraestrutura com a substituição de redes e ramais antigos e deteriorados;
- reparo dos vazamentos visíveis e não visíveis em redes e ramais;
- execução de obras de adequação dos setores de abastecimento, com melhoria dos níveis de pressão nas redes e a redução do tamanho das áreas de controle, de modo a otimizar sua operação e manutenção.

Já para as perdas aparentes, ou não físicas, a Sabesp lista as seguintes ações para combate:

- substituição de hidrômetros de modo a se obter a medição precisa dos volumes entregues aos clientes• combate a irregularidades (“caça-fraude”);
- substituição de hidrômetros de modo a se obter a medição precisa dos volumes entregues aos clientes• combate a irregularidades (“caça-fraude”);
- combate a irregularidades (“caça-fraude”).

A Figura 9 resume os principais componentes que devem ser levados em conta em uma ação de controle de redução de perdas reais:

Figura 9 – Componentes principais em um programa de controle de perdas reais



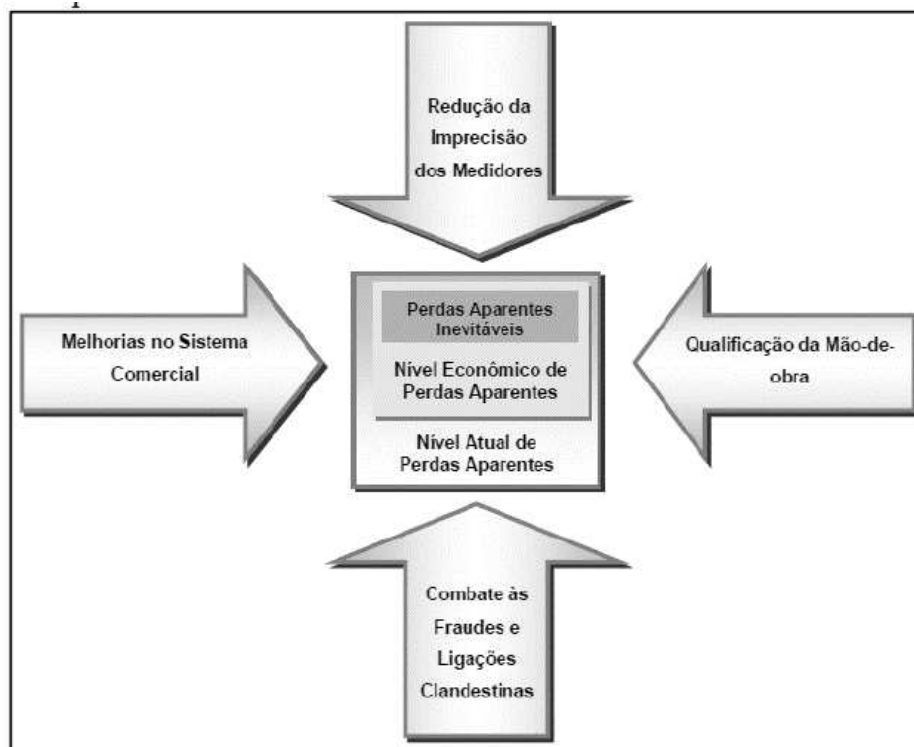
Fonte: Melato (2010) adaptado de Thornton (2002).

Melato (2010) explica que as ações mostradas na imagem devem ser feitas de maneira simultânea, pois só assim é possível uma redução com sucesso no nível de perdas. O autor ainda explica que o controle de pressão é a única ação que tem uma seta para os dois lados, pois o controle pode se dar diminuindo ou aumentando a pressão do sistema.

Tardelli Filho (2006) destaca a importância da prontidão no conserto de vazamentos, que se refere à redução do intervalo entre a detecção do vazamento e sua correção efetiva, independentemente de ser um vazamento visível ou oculto. Além da rapidez na reparação, é crucial dispor de materiais e equipamentos de alta qualidade, bem como de pessoal adequadamente treinado e equipado para realizar os reparos. Sem esses elementos, os vazamentos podem reaparecer, anulando os esforços investidos em um programa de redução de perdas reais.

No que diz respeito ao controle das perdas não físicas, ou aparentes, a Figura 10 resume medidas que podem e devem ser tomadas.

Figura 10 – Componentes principais em um programa de controle de perdas reais



Fonte: Melato (2010) adaptado de Thornton (2002).

Tanto no caso das perdas físicas, quanto no das aparentes, é necessário que os responsáveis pelo sistema sempre fiscalizem sua rede, e todos seus componentes, além de se preocupar com a qualificação de sua mão de obra para que erros sejam evitados. A fiscalização também é essencial para evitar fraudes. Melato (2010) reforça que as fraudes podem acontecer não só em sistemas ativos, mas também em redes inativas.

4.5 AÇÕES PARA COMBATE ÀS PERDAS EM JUIZ DE FORA

Segundo dados da Prefeitura de Juiz de Fora (2022), a responsável pelo tratamento e distribuição de água, CESAMA, está fazendo a implantação de um sistema de operações que irá tornar a pesquisa e reparo de vazamentos não visíveis através da criação de Distritos de Medição e Controle (DMC).

A implantação dos distritos de medição e controle tem como ponto de partida a divisão da rede de abastecimento de água em áreas menores e mais gerenciáveis para o combate à redução das perdas de água (PJF, 2022). O plano de saneamento básico disponibilizado pela prefeitura também cita que a atual rede de abastecimento possui 20 distritos de medição e controle implantados e controlados. Estes distritos abrangem cerca de 22,6% das ligações de água, o que representa cerca de 34.702 ligações.

O programa foi iniciado em abril de 2021 com dados da CESAMA (2022), conforme tabela 6.

Tabela 6 – Volumes macromedidos por DMC

Regiões	MÉDIA	Abril	Mai	Junho	julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Booster S. Sebastião	179.536	166.929	172.999	172.187	190.080	179.289	180.740	186.470	186.899	180.230
Alegria do boi	27.019	26.463	27.346	25.453	25.980	27.138	27.838	26.329	27.775	28.846
SpinaVille	6.196	6.881	5.813	5.919	5.888	6.636	7.076	6.480	5.287	5.785
Santos Dumont	11.424	13.071	12.675	12.934	12.478	9.732	12.493	11.410	8.999	9.026
N. S. de Fátima	5.451	5.496	5.288	5.106	5.324	5.789	5.806	5.158	5.651	5.437
Eldorado - MC LESSA	3.363	3.980	3.764	3.266	3.032	3.204	3.402	3.525	2.929	3.162
Grama	214.383	232.190	219.715	212.611	206.880	207.951	197.827	207.951	222.120	222.200
Grajaú	60.693	62.996	58.553	59.943	56.652	63.451	65.719	59.642	57.654	61.630
Alto Bom Clima	2.029	2.275	2.295	2.177	2.155	2.018	1.875	1.763	1.918	1.788
Encosta do Sol	7.148	7.534	7.180	7.098	6.715	7.071	7.907	6.713	6.937	7.180
Democrata	19.641	22.072	21.856	20.632	20.606	18.693	20.017	17.107	17.470	18.320
Nova Benfica	17.361	19.008	15.685	15.801	15.803	15.422	18.026	17.463	18.896	20.142
São Damião	20.073	23.494	19.995	19.881	18.015	20.266	20.811	19.526	19.466	19.207
Alfineiros	11.304	11.508	11.529	10.601	10.348	11.585	11.624	11.490	11.050	12.001
Jardim Natal	6.195	6.324	5.988	6.000	5.638	6.294	6.774	5.858	6.401	6.480
Borboleta	14.318	15.741	12.748	14.701	13.531	13.747	15.633	15.883	12.411	14.470
Santa Lúcia	26.815	29.527	31.605	32.452	26.660	29.749	24.079	22.343	22.473	22.447
Vitorino Braga	79.920	88.280	84.110	81.026	75.826	78.824	80.069	76.843	73.977	80.325
Portuguesa	1.245	**	**	**	**	1.322	1.270	1.140	1.366	1.125

Fonte: CESAMA (2022).

A partir da criação da segmentação, foi possível obter as perdas na distribuição de cada distrito, conforme Tabela 7 divulgada pela CESAMA.

Tabela 7 – Índice percentual de perdas por DMC

Regiões	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Booster S. Sebastião - Média: 179.536	19,0%	26,0%	26,8%	31,9%	30,3%	30,0%	32,4%	30,8%	28,9%
Alegria do boi - Média: 27.019	37,1%	39,5%	38,0%	34,8%	39,5%	37,4%	40,5%	40,8%	42,0%
SpinaVille - Média: 6.196	14,9%	20,2%	16,2%	18,0%	22,7%	23,0%	36,5%	23,1%	13,1%
Santos Dumont - Média: 11.424	35,0%	33,9%	37,3%	33,7%	36,0%	32,7%	35,3%	9,7%	8,6%
N.S. de Fátima - Média: 5.451	25,3%	24,6%	26,5%	25,2%	30,1%	32,8%	27,1%	29,8%	29,3%
Eldorado - MC LESSA - Média: 3.363	31,3%	25,3%	22,9%	16,3%	20,0%	20,4%	32,3%	18,0%	15,6%
Gramma - Média: 214.383	41,7%	41,3%	40,1%	37,3%	36,0%	33,0%	39,5%	38,6%	34,5%
Alto Bom Clima - Média: 2.029	15,6%	19,9%	22,4%	24,3%	11,4%	2,8%	6,0%	4,9%	7,1%
Encosta do Sol - Média: 7.148	5,1%	8,0%	8,9%	3,8%	8,2%	9,8%	9,3%	5,2%	8,5%
Democrata - Média: 19.641	26,2%	25,3%	27,1%	29,7%	20,2%	21,1%	17,6%	20,2%	18,4%
Nova Benfica - Média: 17.361	18,6%	19,4%	17,6%	3,1%	4,9%	12,3%	13,2%	20,4%	16,9%
São Damião - Média: 20.073	40,3%	39,8%	39,7%	34,2%	36,3%	40,7%	40,9%	37,8%	36,2%
Alfairos - Média: 11.304	17,6%	22,4%	22,1%	22,3%	22,9%	23,5%	27,9%	28,4%	27,6%
Jardim Natal - Média: 6.195	30,4%	34,4%	33,8%	31,5%	33,2%	33,2%	34,9%	28,4%	36,1%
Borboleta - Média: 14.318	31,3%	23,0%	27,8%	26,4%	28,7%	32,4%	42,3%	27,6%	28,0%
Santa Lúcia - Média: 26.815	44,6%	47,1%	52,9%	44,8%	45,2%	32,7%	32,9%	34,2%	30,3%
Vitorino Braga - Média: 79.920	58,6%	53,1%	54,5%	53,7%	53,1%	51,8%	53,5%	54,1%	52,6%
Portuguesa - Média: 1.245	-	-	-	-	39,8%	53,6%	52,8%	47,2%	100,0%

Fonte: Adaptado de CESAMA (2022).

As regiões destacadas na Tabela 7 são aquelas em que as perdas superam os 30%, e/ou regiões em que houve um aumento percentual das perdas em relação ao que foi medido em abril e em dezembro de 2021.

Os dados obtidos mostram-se de extrema relevância. Em novembro por exemplo, o distrito de Alto Bom Clima apresentou perda de 4,90%, sendo a menor do mês, enquanto Vitorino Braga registrou perdas de 54,05%. É possível perceber que não basta apenas trabalhar-se com um índice global de perdas. É necessário entender precisamente onde está havendo os vazamentos, erros de medição, ou fraudes, para que os erros possam ser corrigidos. Além de mostrar as regiões com índices que merecem mais atenção à princípio, o mapeamento periódico também permite aos responsáveis perceberem novos focos de perdas. O Distrito Portuguesa é um bom exemplo, pois teve seu índice subindo na média, e em dezembro apresentou uma perda de 100% segundo dados medidos. Este certamente foi ou deveria ter sido um ponto de pesquisa e atuação. Um para que o problema seja entendido, e o outro, para que seja solucionado.

No final de 2021, a CESAMA divulgou seu relatório “Plano de Negócios 2022”, em que são abordadas estratégias da companhia para o período de 2022 a 2026. Sendo um documento oficial divulgado pela empresa que é responsável pelo sistema de abastecimento de água em Juiz de Fora, este plano será a base do que será abordado no decorrer deste tópico.

Estruturou-se o plano de negócios e a estratégia da CESAMA considerando o objetivo principal de garantir a universalização do abastecimento de água e da coleta de esgoto e, principalmente, a ampliação gradual do índice de tratamento de esgoto no município. A Organização também aprovou a proposta de reformulação do Planejamento Estratégico da Companhia, que já tem efeito desde 2022, de forma a seguir as diretrizes do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) e da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais (ARISB-MG).

O Plano de Negócios cita também que foram acrescentados 4 indicadores aos já 12 utilizados para acompanhamento de dados de abastecimento e saneamento. Os novos indicadores possibilitarão à CESAMA, bem como seus *stakeholders*, realizar comparações do desempenho técnico operacional, administrativo e financeiro da empresa com outros prestadores de serviços de saneamento básico, já que o SNIS é o sistema nacional oficial de informações dos prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (CESAMA, 2022). A tabela 8 ilustra estes 16 indicadores.

Tabela 8 – Evolução Histórica dos 16 indicadores aprovados no Planejamento Estratégico 2022

N.º	Indicador	SNIS	Unidade	Viés	2018	2019	2020	Meta 2022
1	Índice de Tratamento de Esgoto	IN016	%		5,56%	6,38%	6,44%	37,60%
2	Índice de Atendimento Urbano de Água	IN023	%		95,99%	95,88%	95,94%	96,50%
3	Índice de Atendimento Urbano de Esgoto	IN024	%		94,80%	94,71%	94,68%	95,50%
4	Índice de Atendimento Total de Água	IN055	%		94,90%	94,79%	94,85%	95,90%
5	Índice de Desempenho Financeiro	IN012	%		114,10%	116,48%	119,17%	121,00%
6	Despesa Total com os Serviços por m³ faturado	IN003	R\$/m³		3,10	3,14	3,09	2,95
7	Indicador do Nível de Investimentos	IFn06	%		11,73%	16,28%	15,39%	16%
8	Incidência das Análises de Coliformes Totais Fora do Padrão	IN084	%		2,12%	2,65%	3,87%	3,00%
9	Índice de Perdas na Distribuição	IN049	%		28,59%	32,54%	33,24%	32,00%
10	Índice de Produtividade de Pessoal Total Equivalente	IN102	lig./empregado		360,55	374,72	405,71	400,00
11	Índice de Suficiência de Caixa	IN101	%		120,58%	127,70%	134,26%	130,00%
12	Consumo Médio de Água por Economia	IN053	(m³/mês)/econ		10,36	10,50	10,56	10,00
13	Despesa de Exploração por m³ Faturado	IN026	R\$/m³		2,36	2,37	2,26	2,10
14	Despesa Média Anual por Empregado	IN008	R\$/empreg.		121.006,92	124.682,80	127.524,04	146.164,00
15	Índice de Evasão de Receitas	IN029	%		4,58%	3,14%	3,05%	3,00%
16	Índice de Atendimento Total de Esgoto	IN056	%		93,73%	93,63%	93,60%	94,60%

Fonte: Adaptado de CESAMA (2022).

O Planejamento estratégico apresentado pela companhia, não foca apenas em índices de abastecimento e perda, contando também com indicadores de saneamento e financeiros da companhia, que não são foco deste trabalho, porém são afetadas diretamente pelo nível de perdas. Perdas reais implicam em produção de água que é desperdiçada, ou seja, há um custo por uma produção de volume de água que não é consumido, e perdas não físicas também afetam diretamente o resultado financeiro da empresa responsável, visto que medições erradas e fraudes na rede implicam em queda de arrecadação pelo serviço prestado.

Conforme dados do SNIS (2021), Juiz de Fora tem população total de 577.532 hab. E 570.966 hab., e possui um Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023) de 97,07% e 95,96% considerando o Índice de Atendimento Total de Água (IN055). Para melhorar os números, a CESAMA (2022) explica que será necessário aumentar o número de ligações de água. Mais

ligações implicam em uma maior parcela da população atendida, que deve ser sempre um foco de governos e empresas responsáveis, mas também implica em uma maior complexidade na rede de abastecimento, que, se mal gerida, pode causar maiores volumes de perda. Percebe-se que para aumentar o grau de atendimento de uma população, a minimização dos vazamentos é essencial.

O Relatório também aborda o índice de perdas na distribuição. É a relação entre os volumes de água produzido e consumido. A CESAMA possui atualmente um grupo criado para tratar do assunto, que se reúne semanalmente. No caso das perdas comerciais, deve-se manter os níveis atuais, menor que 1%, o percentual de hidrômetros com vida útil superior a cinco anos e a ampliação do combate às fraudes e ligações clandestinas. Na questão das perdas físicas, ampliar o programa de remodelação de redes de água, ampliar a definição de zonas de pressão, instalação de macromedidores e válvulas redutoras de pressão. Estas ações já possuem recursos em contas com destinação específica (CESAMA, 2022).

Na fase final do documento, a companhia cita uma série de investimentos a serem feitos entre o período de 2022 a 2026, que visam a ampliação e modernização da rede de abastecimento na cidade.

O Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora (PSB/JF), cuja primeira versão foi aprovada em 2014, é a diretriz principal para investimentos na CESAMA. O fato de ainda não ter sido revisado pelo titular, a Prefeitura de Juiz de Fora, é um fator que impossibilita previsões com o grau de precisão desejada (CESAMA, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência do ser humano e de todas as formas de vida presentes em nosso planeta, e deve ser tratada com respeito e com grande importância.

Hoje o mundo já ultrapassa a fronteira dos 8 bilhões de pessoas, segundo dados das Organização das Nações Unidas. Nos centros urbanos do Brasil e do Mundo, a população é dependente de empresas autorizadas para poder ter o recurso em suas residências, visto que é necessário um imenso trabalho de pesquisa, engenharia e gerenciamento para poder levar a água de mananciais para todos os cidadãos de uma população. Estas empresas criam redes de abastecimento de água que por definição, são estruturas complexas, e que ficam mais complexas ao longo do tempo, para serem capazes de suprir o aumento de demanda causada pelo aumento de população.

Redes de abastecimento mau planejadas, ou simplesmente, mais antigas, trazem perdas ao longo de sua rede, causando desperdício. É importante, inicialmente, entendermos que não existe “perda zero”. Porém tanto do ponto de vista ecológico, quanto do ponto de vista econômico, é fundamental o trabalho para que estas perdas sejam reduzidas a valores mínimos.

O Brasil tem índices muito altos de perda, acima dos 40%, representando bilhões de água perdida por ano, além de enorme prejuízo financeiro para o governo e empresas responsáveis pelo serviço de Saneamento. O país conta com índices altos de perda comparado com países desenvolvidos e até mesmo com muitos países subdesenvolvidos. Apesar de o Brasil ser a principal economia da América do Sul, países como Bolívia, Chile, Argentina e Peru possuem índices de perdas na rede de distribuição menores.

Por ser um país com extensão territorial grandiosa, e ser muito populoso, é de se esperar que o nível de complexidade e eficiência dos sistemas de abastecimento ao longo do Brasil. Estados como Goiás registram perdas na ordem de 28,54%, enquanto Acre e Amapá tem perdas superiores a 70% (Instituto Trata Brasil, 2023). Neste cenário, o estado de Minas Gerais possui um índice de perdas na casa dos 37%, melhor que a média brasileira, e a cidade de Juiz de Fora, registra dados de perdas de quase 34%, segundo dados de 2021 (SNIS, 2021)).

Juiz de Fora possui índices melhores que a média brasileira e do estado de Minas Gerais, mas isso não significa que não deva ser feito um trabalho para controle e redução do volume de água perdida, seja por conta de falhas e vazamentos na estrutura, seja por conta de problemas de medição ou fraudes cometidas na rede. A prefeitura da cidade, juntamente com a empresa responsável pelo abastecimento devem trabalhar sempre em busca da maximização da população atendida ao mesmo tempo que consiga minimizar o volume de água desperdiçado. Para isso, é necessário investimento, qualificação de mão de obra, pesquisa e criação de métodos de avaliação.

A divisão por distritos de macromedição feita em 2021 pode ser uma excelente forma de encontrar focos de problemas e acompanhar a evolução de cada distrito. Espera-se que a CESAMA consiga cumprir com seu plano estratégico até 2026, que visa o aumento da população atendida, bem como a redução do nível de perdas. O mapeamento de todas as peças do sistema de abastecimento também é fundamental, assim é possível ter controle sobre a idade de todos os componentes do sistema, possibilitando ações preventivas.

O controle de perdas em sistemas de abastecimento de água é algo fundamental e deve ser discutido com intensidade em todas as cidades, estados e países. Com tamanha pluralidade de redes de abastecimento no mundo, boas práticas devem ser seguidas. Métodos que foram eficazes em uma localidade podem e devem ser utilizados para melhorar os números de outros lugares.

Uma das primeiras lições aprendidas por uma criança na escola, é a importância da água, a necessidade de não desperdiçar este recurso. Ações para o controle de perdas possibilitarão que mais crianças no futuro possam aprender esta lição.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

As sugestões feitas a seguir visam expandir o tópico de forma mais específica, a fim e poder criar estudos comparativos.

- Análise de dados em uma ou mais dos distritos de macromedição criados pela CESAMA;

- Pesquisa sobre métodos de controle perda em outros países que tenham tido bons resultados e aplicá-los em Juiz de Fora;
- Estudo do Novo Marco Legal do Saneamento de 2023, e sua relevância juntos ao sistema de abastecimento de Juiz de Fora.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS [ANA]. **Usos da Água**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>>. Acesso em: 20 dez. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL [ABES]. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água: Posicionamento e Contribuições Técnicas da ABES**. 2015. Disponível em: <https://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2023.

ALEGRE, H. et al. **Performance indicators for water supply services**. London: IWA Publishing, 2000.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Brasília, DF.

AQUINO, Vicente de. A luta para combater as perdas de água. **Revista Saneas**, São Paulo, n. 27, p. 5-16, set./ out. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 5 ed. Brasília, DF: Funasa, 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Documento Técnico de Apoio nº 2 – Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água** (versão preliminar para discussão). Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2003.

COMPANHIA DE SANEAMENTO MUNICIPAL [CESAMA]. **Relatório integrado**. Juiz de Fora: Cesama, 2018.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO [SABESP]. **Apostila do Curso de Perdas**. São Paulo, SP, 2005.

CARVALHO, Fernando Silva de *et al.* Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7., 2004, São Luís. **Anais...** São Luís: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2004. p. 1-18.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P. R. A. Pesquisa e Combate a vazamentos não visíveis. In: GOMES, Ailton Sampaio. **Guias práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água**. 5. ed. Brasília: Ministérios das Cidades, v. 3, 2007.

HELLER, Léo; PADUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v. 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Estimativas da população**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Água perdida no país poderia abastecer todas as 17,9 milhões de pessoas que residem nas favelas do Brasil por cerca de um ano e meio.** 2023. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Press-Release-Estudo-de-Perdas-2023.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2023..

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Estudo de perdas de água do Instituto Trata Brasil de 2022 (SNIS 2020):** Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento Básico no Brasil. 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/perdas-de-agua-2022/>. Acesso em: 17 de. 2023.

LYONNAISE DES EAUX SERVICES ASSOCIÉS [LYSA] *et al.* **Fase 1 - Relatório C1 - Diagnóstico Global Operacional/Comercial do S.I.A.A. de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho (com inclusão dos resultados nos distritos operacionais de controle de perdas - tarefa F1).** Salvador: Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. - EMBASA, 1999.

MALCOLM, F. World Health Organization (2001). **Water, Sanitation and Health Team & Water Supply and Sanitation Collaborative Council. Leakage management and control : a best practice training manual.** Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/66893>>, acessado em 21/12/2023.

MELATO, Débora Soares. **Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água:** aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – 2021. Disponível em < <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel>>. Acesso em 08 nov. 2023.

MIRANDA, Ernani Ciríaco. Gerenciamento de perda de águas. In: HELLER, Léo; PADUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010, p. 801-828. v. 2.

MIRANDA, Ernani Ciríaco. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água:** indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade. 2002. 193 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA [UNESCO]. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021:** O Valor da água – fatos e dados. Itália: Divisão de Ciências da Água, UNESCO, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS [ONU]. Fundo de População das Nações Unidas. **Relatório situação da população mundial 2023**. Brasília: UNFPA, Casa da ONU, 2023.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA [PJF]. **Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora - 1ª Revisão 2022**. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora, 2022.

RIBEIRO, Christian Ricardo; MACHADO, Pedro José de Oliveira. Introdução. In: ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Represas de Abastecimento Público de Juiz de Fora**: Mananciais da Vida. Juiz de Fora, MG: Editora UFJF, 2023.

SILVA, Fernando José Araújo da. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 26, n. 1, p. 1-11, jun. 2005a.

SILVA, R. T.; CONEJO, J. G. L.; MIRANDA, E. C.; ALVES, R. F. F. **Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água - DTA A2**. Programa de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA. Brasília, DF: Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, 1998.70p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Painel de Saneamento**. 2017. Disponível em: <http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua>. Acesso em: 05 nov. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Abastecimento de Água – 2021**. 2021. Disponível em <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ab>>. Acesso em: 08 nov. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. **Gestão Técnica de Água**. Brasília, DF: SNIS, 2023.

SOBRINHO, Pedro Alem; MARTINS, Getúlio. Abastecimento de água. In: TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006, p. 1-8.

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

TARDELLI FILHO, Jairo. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006, p. 457-526.

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

TUROLLA, Frederico A. **Política de saneamento básico**: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. Brasília, DF: IPEA, 2002.