

ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE POMERODE/SC

Débora Fernanda Horn Gonçalves

Florianópolis, 2018



Débora Fernanda Horn Gonçalves

ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE POMERODE/SC

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina para Conclusão de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. MSc. Sergio Luiz Belló

Co-orientadora: Mayra Trierweiler Rego

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Gonçalves, Débora Fernanda Horn
Análise das perdas de água do sistema de
abastecimento do município de Pomerode/SC / Débora
Fernanda Horn Gonçalves ; orientador, Sergio Luiz
Belló, coorientadora, Mayra Trierweiler Rego, 2018.
96 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Perdas
de água. 3. Método do Balanço Hídrico. 4. Controle e
redução de perdas. I. Belló, Sergio Luiz. II.
Trierweiler Rego, Mayra. III. Universidade Federal
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária
e Ambiental. IV. Título.

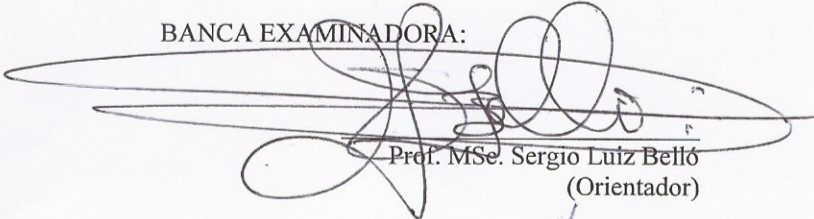
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AM-
BIENTAL

ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA DO SISTEMA DE ABASTECI-
MENTO DO MUNICÍPIO DE POMERODE/SC

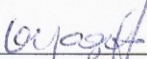
DÉBORA FERNANDA HORN GONÇALVES

Trabalho submetido à Banca Exa-
minadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Gradu-
ação em Engenharia Sanitária e
Ambiental – TCC II

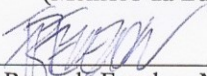
BANCA EXAMINADORA:



Prof. MSc. Sergio Luiz Belló
(Orientador)



Prof. Dra. Maria Eliza Nagel Hassemer
(Membro da Banca)



Eng. Fernando Resende Felon, MSc.
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
JUNHO/2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Tadeu e Cecília, por todo amor, força e apoio incondicionais que sempre me deram. Vocês são e sempre serão inspiração para mim.

Aos meus irmãos, Denise e Gustavo, que sempre estiveram comigo desde a minha infância e que sei que sempre poderei contar apesar dos diferentes caminhos que a vida irá nos levar.

Ao Pedro por todo amor, carinho e apoio que sempre me deu e por me ensinar que o significado de estar perto não é físico.

Aos meus amigos, que tive o privilégio de conhecer ao longo da minha vida e que além de dividir momentos de alegria comigo, também me apoiaram, deram conselhos ou simplesmente me ouviram nos momentos em que precisei.

Aos funcionários do Samae de Pomerode que me receberam muito bem e, em especial, à Mayra por ter aceitado me coorientar neste trabalho e por ter estado sempre disponível para me ajudar e responder as minhas dúvidas.

À Universidade Federal de Santa Catarina por toda a infraestrutura disponibilizada e aos professores por todo conhecimento repassado.

Por fim, agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram na minha formação acadêmica e na minha vida.

Muito obrigada!

RESUMO

O combate às perdas de água nos sistemas de abastecimento representa, atualmente, um grande desafio para as empresas públicas e privadas de saneamento no Brasil. O controle e a redução de perdas reais e aparentes são de grande importância, não apenas por evitar o desperdício de água, mas também porque estão diretamente relacionados com a receita, despesas e investimentos de uma companhia de saneamento. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as perdas reais e aparentes do sistema de abastecimento de água do município de Pomerode/SC, de responsabilidade do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (Samae), visando a proposição de medidas de controle e redução de perdas. O sistema de abastecimento de água da cidade é dividido em três setores e contava com, aproximadamente, 9.229 ligações de água no ano de 2017. Para análise das perdas, foi realizado o diagnóstico do sistema de abastecimento de água existente através de indicadores de desempenho e foi aplicado o método do Balanço Hídrico para estimar as perdas reais e aparentes. Os índices de desempenho apresentaram resultados insatisfatórios quando comparados aos valores de referência e o resultado do balanço hídrico mostrou níveis elevados de perdas, no valor de 41,70%, sendo 28,49% referente às perdas reais e 13,20% referente às perdas aparentes. A partir deste diagnóstico, foi possível traçar estratégias de ação para reduzir as perdas de água. Entre as medidas propostas, destacam-se a atualização do parque de hidrômetros, o controle de pressão e de vazamentos e o gerenciamento da infraestrutura existente. Para aperfeiçoar o monitoramento das perdas de água e tornar mais eficiente as suas ações de redução, propôs-se a implantação de Distritos de Medição e Controle (DMCs) e de sistema de automação e telemetria com a criação de um Centro de Controle Operacional (CCO). Com este trabalho, espera-se contribuir com o fornecimento de subsídio técnico para a tomada de decisões no que se refere à aplicação das ações de controle e redução de perdas, trazendo melhorias na qualidade operacional do sistema de abastecimento de água e benefícios nos serviços prestados.

Palavras-chave: Perdas de água; Método do Balanço Hídrico; Controle e redução de perdas.

ABSTRACT

The fight against water losses in supply systems represents nowadays a great challenge for public and private companies of sanitation in Brazil. The control and reduction of real and apparent losses are of great importance, not only to avoid water waste, but also because it is directly related to the revenue, expenses and investments of a sanitation company. In this context, the present work aims to analyze the real and apparent losses of the water supply system in the city of Pomerode/SC, to propose measures of control and reduction of losses. The Pomerode's water supply system is responsibility of the Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (Samae). It is divided into three sectors and had approximately 9,229 water connections in the year 2017. To analyze the losses, a diagnosis was made of the existing water supply system and the Water Balance method was applied to estimate current and apparent losses. The performance indicators presented unsatisfactory results when compared to the reference values and the result of the water balance showed high levels of losses, in the amount of 41.70%, with 28.49% referring to real losses and 13.20% related to apparent losses. With this diagnosis, it was possible to elaborate action strategies to reduce water losses. Among the proposed measures are: actions related to hydrometer's measurement and consumption, pressure control and leakage and the management of infrastructure. In order to improve the monitoring of water losses and to make its reduction actions more efficient, it was proposed to implement District Metered Areas (DMAs) and automation and telemetry systems with the creation of an Operational Control Center (OCC). This work is expected to contribute to the decision-making process in relation to application of control and reduction of losses actions, bringing improvements in the operational quality of the water supply system and benefits in the services provided.

Keywords: Water losses; Water Balance Method; Control and reduction of water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução do índice de perdas na distribuição (%).	25
Figura 2. Metas para o índice de perdas na distribuição de água (%) estabelecidas pelo Plansab.	26
Figura 3. Matriz do Balanço Hídrico da IWA.	32
Figura 4. Componentes da vazão mínima noturna	34
Figura 5. Integração necessária para redução de perdas de água	36
Figura 6. Configuração típica em distritos de medição e controle	37
Figura 7. Principais componentes de um programa de controle e redução de perdas reais.	39
Figura 8. Principais componentes de um programa de controle e redução de perdas aparentes.	41
Figura 9. Fluxograma da metodologia do trabalho	44
Figura 10. Mapa de Localização de Pomerode	45
Figura 11. Localização geográfica das Estações de Tratamento de Água e dos Reservatórios de Distribuição.	48
Figura 12. Aba “Cadastro Técnico GIS” do <i>software Sansys</i>	50
Figura 13. Aba inicial do <i>software WB-Easy Calc.</i>	55
Figura 14. Setorização geográfica dos sistemas de abastecimento	65
Figura 15. Resultado do Balanço Hídrico de Pomerode obtido com o <i>WB-Easy Calc.</i>	79
Figura 16. Representação da setorização dos DMCs	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais características das perdas reais e aparentes	30
Quadro 2. Número de ligações de água por DMC	38
Quadro 3. Indicadores de desempenho utilizados	52
Quadro 4. Valores de referência dos indicadores de desempenho	54
Quadro 5. Componentes e Subcomponentes do Balanço Hídrico.....	56
Quadro 6. Localização proposta para a instalação dos medidores de vazão.	84
Quadro 7. Localização proposta para o monitoramento de pressão.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ligações de água por setores de abastecimento.	66
Tabela 2. Economias e ligações de água por categoria e situação da ligação.	66
Tabela 3. Ligações isentas de faturamento e com desconto de fatura. ...	67
Tabela 4. Produção de água de Pomerode em 2017	67
Tabela 5. Consumo de água de Pomerode em 2017.....	68
Tabela 6. Parque de Hidrômetros por setor de abastecimento	68
Tabela 7. Extensão da rede de distribuição por setor e por tipo de material.	69
Tabela 8. Extensão de redes reabilitadas nos últimos 5 anos.	70
Tabela 9. Dados utilizados no cálculo dos indicadores de desempenho	70
Tabela 10. Resultados da caracterização do sistema por meio dos indicadores de desempenho para o ano de 2017.	71
Tabela 11. Resultados dos componentes e subcomponentes de entrada do balanço hídrico	72
Tabela 12. Medições comparativas de vazão da ETA 1.....	74
Tabela 13. Resultado da submedição estimada na micromedição.....	76
Tabela 14. Consumo de água acumulado (m ³) no período da madrugada.	80
Tabela 15. Vazões noturnas medidas na saída dos reservatórios dos SAAs 1, 2 e 3	81
Tabela 16. Quantidade de ligações de água por DMC.	83
Tabela 17. Cota média dos Distritos de Medição e Controle dos Sistemas de Abastecimento de Água.....	85

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. OBJETIVO GERAL.....	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3.1. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	23
3.2. PERDAS DE ÁGUA	24
3.2.1. Perdas reais	27
3.2.2. Perdas aparentes.....	28
3.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS	30
3.3.1. Balanço Hídrico.....	31
3.3.2. Vazões Mínimas Noturnas	33
3.4. INDICADORES DE PERDAS	35
3.5. CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS.....	35
3.5.1. Distritos e Medição e Controle.....	37
3.5.2. Controle de Perdas Reais	38
3.5.3. Controle de Perdas Aparentes	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
4.1. ÁREA DE ESTUDO	44
4.2. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	49
4.2.1. Indicadores de Desempenho.....	51
4.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS	54
4.3.1. Balanço Hídrico.....	55
4.3.1.1 Volume de entrada no sistema	57
4.3.1.2 Consumo faturado	58
4.3.1.3 Consumo não faturado	58
4.3.1.4 Consumo não autorizado.....	58
4.3.1.5 Imprecisões dos medidores e erros de manipulação de dados ...	59
4.3.1.6 Dados da rede.....	60
4.3.1.7 Pressão	60
4.3.1.8 Abastecimento intermitente	61
4.3.1.9 Informação financeira	61
4.3.2. Vazão Mínima Noturna.....	61
4.4. UNIDADES DE CONTROLE E MEDIÇÃO	62
4.5. CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS.....	63
5. RESULTADOS.....	65
5.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO	65

5.1.1.	Ligações e economias dos setores de abastecimento	66
5.1.2.	Volume de produção de água e volume micromedido	67
5.1.3.	Parque de Hidrômetros	68
5.1.4.	Rede de distribuição	69
5.1.5.	Indicadores de desempenho	70
5.2.	BALANÇO HÍDRICO	71
5.2.1.	Volume de entrada no sistema	74
5.2.2.	Consumo faturado	74
5.2.3.	Consumo não faturado	75
5.2.4.	Consumo não autorizado	75
5.2.5.	Imprecisões dos medidores e erros de manipulação de dados	75
5.2.6.	Dados da rede	77
5.2.7.	Pressão	77
5.2.8.	Abastecimento Intermitente	77
5.2.9.	Informação financeira	77
5.2.10.	Resultado do Balanço Hídrico	78
5.3.	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	80
5.4.	UNIDADES DE CONTROLE E MEDIÇÃO	82
5.5.	CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS	87
5.5.1.	Controle e Redução de Perdas Reais	87
5.5.2.	Controle e Redução de Perdas Aparentes	88
6.	CONCLUSÕES	91
6.1.	RECOMENDAÇÕES	92
	REFERÊNCIAS	93

1. INTRODUÇÃO

O uso da água aumenta em âmbito mundial, em função do crescimento populacional, do desenvolvimento econômico e das mudanças nos padrões de consumo, entre outros fatores (WWAP, 2018).

Apesar do Brasil ser um dos países com maior disponibilidade de recursos hídricos, a distribuição de água no país se dá de forma desigual ao longo do território, sendo que mais da metade da água se concentra na região amazônica.

O aumento da demanda por água e a escassez dos recursos hídricos em algumas regiões do Brasil representam um grande desafio às empresas públicas e privadas dos sistemas de abastecimento de água. Um dos principais indicadores de eficiência da operação dos sistemas de abastecimento de água é o índice de perdas.

As perdas ocasionadas durante o processo de abastecimento de água através de redes de distribuição podem ocorrer por várias causas, tais como: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados.

As perdas de água constituem-se em um problema mundial, gerando baixas performances à grande maioria dos sistemas; porém, alguns países ou cidades, com planejamento, conhecimento, recursos e gestão, conseguiram atingir e manter baixos níveis de perdas nos seus sistemas (ABES, 2015).

No Brasil, em 2016, o índice de perdas de faturamento totais foi de 38,53% e o índice de perdas na distribuição, de 38,05%, de maneira que existe um longo caminho a ser percorrido (GO ASSOCIADOS, 2018).

Um índice elevado de perdas reduz o faturamento das companhias de saneamento e, conseqüentemente, a sua capacidade de investir na melhoria do sistema. Essas perdas de água também representam um desperdício de energia elétrica, de insumos e da mão-de-obra utilizada no sistema de abastecimento de água, bem como geram danos ao meio ambiente à medida que as empresas precisam buscar novos mananciais de captação.

O presente trabalho faz parte da iniciativa de implantação de um programa para o controle e a redução de perdas de água e energia do sistema de abastecimento de água de Pomerode, em Santa Catarina, operado pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (Samae).

Inicialmente foi realizado um diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município, com o levantamento dos dados necessários para determinação dos indicadores de desempenho. Posteriormente as perdas de água do sistema foram estimadas através de um método de avaliação de perdas proposto pela *International Water Association (IWA)*, o

Balanço Hídrico. Para sua elaboração, foram inseridas as variáveis correspondentes aos componentes de fluxo e usos da água e suas respectivas margens de erro para o ano de 2017.

Por fim, com base no diagnóstico e avaliação do sistema de abastecimento, foram propostas medidas e ações que visam controlar e reduzir as perdas de água e, conseqüentemente, outros desperdícios decorrentes destas, de forma a reduzir os danos ao meio ambiente e tornar o processo economicamente viável, sem que seja necessário repassar os custos das perdas aos usuários do sistema.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho é analisar as perdas reais e aparentes do sistema de abastecimento de água do município de Pomerode/SC, visando à proposição de medidas de controle e redução de perdas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o diagnóstico do sistema de abastecimento de água por meio de indicadores;
- Estimar o índice de perdas referentes às perdas reais e aparentes;
- Propor ações de melhoria e medidas de controle e redução de perdas reais e aparentes no sistema de abastecimento de água;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Uma das principais prioridades das populações é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, pela importância para atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (SOBRINHO e MARTINS, 2006).

Segundo Tardelli Filho (2016), o abastecimento público é uma estrutura linear, na qual prevalecem as tubulações de água, que vão desde a captação até a entrega ao consumidor final, passando por instalações de tratamento, reservação e de redução ou elevação de pressão. Tsutiya (2006) menciona que este sistema é composto por: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição.

De acordo com Azevedo Netto (1984, *apud* SOBRINHO e MARTINS, 2006) o primeiro sistema de abastecimento de água encanada foi construído em Londres em 1237 com tubos de chumbos, material não ideal para tal função. Este mesmo autor menciona que o Rio de Janeiro foi a primeira cidade brasileira a ter um sistema de abastecimento água, escavando em 1561 o primeiro poço, de onde mais tarde, em 1673, se iniciaram as obras de adução. Porém, foi somente em 1876 que se contratou o projeto para o sistema de abastecimento de água encanada.

Conforme Sobrinho & Martins (2006), foi com a implementação do PLANASA – Plano Nacional do Saneamento – entre 1970 e 1980 que o Brasil obteve um grande progresso em relação à implantação de sistemas de abastecimento de água. Esse plano definia metas a serem alcançadas pelo País na área de saneamento, destinando, inclusive, recursos financeiros para a implantação dessa política (REZENDE, 2006). Monteiro (1993) cita que segundo dados do censo de 1970, somente 50,4% da população urbana no Brasil era abastecida com água potável e, em 1985, a Pesquisa Nacional de Domicílios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontava que este valor havia passado para 87% da população urbana.

Porto (2006) explica que, devido ao seu porte, o sistema de abastecimento é bastante complexo, tanto no seu dimensionamento, quanto na sua operação e manutenção. Sistemas de abastecimento de água mal construídos e/ou operados podem resultar em problemas ambientais, financeiros e à saúde humana.

Conforme Gumier & Luvizotto Jr. (2007), sistemas com um baixo nível de desempenho trazem como resultado, a captação de um elevado volume hídrico, um aumento do consumo de energia elétrica pelos componentes do sistema e custos adicionais com insumos e mão de obra para operar o sistema. Além disso, com relação aos prejuízos à saúde humana, Sobrinho & Martins (2006) citam que mesmo em países desenvolvidos existem diversos exemplos de surtos de doenças que são transmitidos pela água através da ocorrência de falhas na operação e na construção dos sistemas de abastecimento.

A crescente demanda por água para os diversos usos e a intensificação da degradação ambiental fizeram emergir no Brasil uma série de ações para a adoção de tecnologias e práticas de uso racional da água e controle de perdas em sistemas de abastecimento (SOBRINHO e BORJA, 2016). Segundo Morrison *et al.* (2007, *apud* SANTOS E MONTENEGRO, 2014) é de fundamental importância gerenciar as perdas água para uma melhor eficiência das redes de água, a fim de assegurar em longo prazo sustentabilidade ambiental e social.

Ainda segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (2017, *apud* Nações Unidas no Brasil – ONUBR, 2017), estima-se que no mundo um bilhão de pessoas tem dificuldade de acesso a um sistema de abastecimento de água que forneça diariamente 20 litros por pessoa e esteja a menos de mil metros, sendo que nesta estimativa são consideradas como fontes de água ligações domésticas, fontes públicas, fossos, poços e nascentes protegidos e a coleta de águas pluviais. Tal fato torna ainda mais notável a necessidade do controle e da redução de perdas de água em sistemas de abastecimento.

3.2. PERDAS DE ÁGUA

Um dos grandes desafios das Companhias de Abastecimento de Água é a adoção de tecnologias e práticas para o uso racional dos recursos hídricos e controle de perdas em sistemas de abastecimento (Frauendorfer & Liemberger, 2010, *apud* SANTOS e MONTENEGRO, 2014).

Basicamente, as “perdas” representam a diferença entre o que se disponibilizou de água tratada à distribuição (macromedição) e o que se mediu nos hidrômetros dos clientes finais (micromedição) (TARDELLI FILHO, 2016).

Segundo Tardelli Filho (2006), a maioria destas perdas ocorre devido a operações e manutenções deficientes em tubulações e a uma inadequada gestão comercial das companhias de saneamento. Da Silva

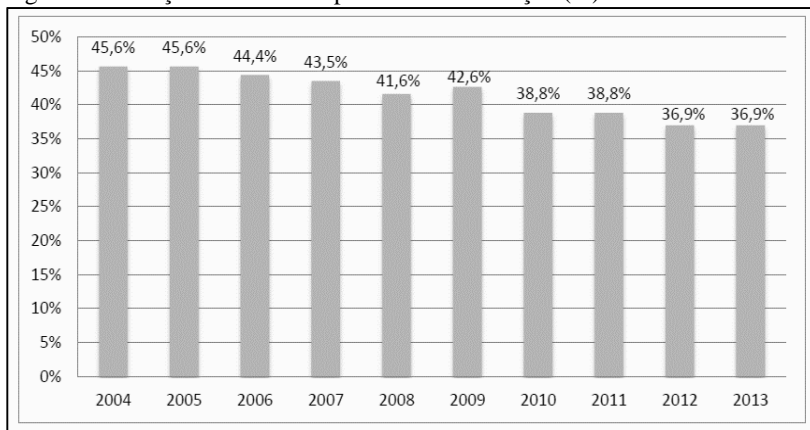
(2005) descreve as perdas de água na rede de distribuição como um tema complexo e cita que foi apenas em 1999 com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) que o assunto começou a se tornar mais relevante.

Dentre os custos associados às perdas vale destacar, o custo direto associado à produção do volume de água perdido, o custo de interrupção do abastecimento para reparos, o custo social para os consumidores devido à paralisação temporária do sistema e o custo associado ao risco de contaminação (SANTOS e MONTENEGRO, 2014).

Conforme Sobrinho e Borja (2016), as perdas nos sistemas de abastecimento público levam ao desperdício do recurso público que por consequência tende a ser repassado ao consumidor, portanto a redução dos gastos relacionados as perdas poderia proporcionar um melhor aproveitamento do sistema e direcionar o recurso que seria economizado para melhorias.

As perdas de água são muito elevadas no Brasil e têm se mantido em níveis próximos a 40% nos últimos doze anos, ainda que seja possível notar uma leve tendência de queda nos últimos anos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES), 2013). Na Figura 1 é possível notar a evolução do índice de perdas na distribuição no Brasil.

Figura 1. Evolução do índice de perdas na distribuição (%).



Fonte: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS) *apud* GO ASSOCIADOS, 2015.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) (2013) é notável o espaço para mudanças que o Brasil tem quando comparado com países como a Alemanha e Japão, que possuem cidades com índices de perdas de 11%.

Com relação às perdas de faturamento, a média no Brasil em 2013 foi, de acordo com GO Associados (2015), de 39,07%.

O Plano Nacional do Saneamento Básico (PNSB) ou Plansab, aprovado em 2013, selecionou alguns indicadores para propor metas de curto, médio e longo prazo, entre eles o índice de perdas na distribuição de água, que corresponde ao indicador A6. A Figura 2 mostra as metas de curto (2018), médio (2023) e longo (2033) prazo que foram definidas para o Brasil e para as macrorregiões Norte (N), Nordeste (Ne), Sudeste (Se), Sul (S) e Centro-Oeste (CO).

Figura 2. Metas para o índice de perdas na distribuição de água (%) estabelecidas pelo Plansab.

Indicador	Ano	Brasil	N	Ne	Se	S	CO
A6 % do índice de perdas na distribuição de água	2010	39	51	51	34	35	34
	2018	36	45	44	33	33	32
	2023	34	41	41	32	32	31
	2033	31	33	33	29	29	29

Fonte: PLANO NACIONAL DO SANEAMENTO BÁSICO, 2013.

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) (2015) até o final do século XX não existia um entendimento comum do que eram as perdas de água em sistemas de abastecimento público, o que impossibilitava a avaliação e comparação de indicadores de perdas entre sistemas de abastecimento de diferentes países, cidades ou companhias. Por este motivo, a *International Water Association (IWA)*, através de seu Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água, propôs uma padronização mundial de terminologia, conceitos e indicadores de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Esta padronização foi realizada através de uma matriz, a qual representa o balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água e que será abordada no item 3.3.1 desta revisão bibliográfica.

A *International Water Association (IWA)*, segundo Alegre *et al.* (2000), divide na matriz do balanço hídrico as perdas de água em reais e aparentes, sendo a primeira relacionada às perdas físicas que ocorrem no sistema sob pressão até o hidrômetro do consumidor através de todos os

tipos de fissuras, rupturas e extravasamentos e a segunda relacionada às perdas que ocorrem devido a todos os tipos de imprecisões (em macro-medidores e micromedidores) ou ainda ao consumo não autorizado (furtos ou uso ilícito).

3.2.1. Perdas reais

As perdas reais, também chamadas de perdas físicas, são segundo Werdine (2002), aquelas que acontecem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor, podendo ocorrer na captação e na adução da água bruta, nos reservatórios, nas adutoras ou sub-adutoras de água tratada, nas instalações de recalque e nas redes de distribuição e ramais prediais.

Segundo Tardelli Filho (2006), as perdas reais estão relacionadas com a conservação de recursos naturais, já que quanto menores forem estas perdas no sistema, menor será a necessidade de explorar e ampliar as captações de água, o que reduzirá o impacto ambiental. Também estão associadas à saúde pública, pois a existência de pontos de vazamento na rede de distribuição de água, juntamente com uma despressurização do sistema, podem levar à entrada de agentes nocivos na tubulação, contaminando assim a água. Martins (2001, *apud* Tardelli Filho, 2006) menciona inclusive que há diversos casos relatados de mortes ou doenças devido à contaminação de redes por meio de pontos de vazamento após despressurização do sistema. Tardelli Filho (2006) também menciona que os volumes que são perdidos em vazamentos carregam consigo os custos relacionados à produção e ao transporte da água tratada.

Os vazamentos na rede de distribuição, os quais fazem parte das perdas reais, podem ser de três tipos. Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) (2001, *apud* DE CARVALHO *et al.*, 2004) estes vazamentos podem ser:

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

A redução da pressão de serviço é uma das ações corretivas que pode ser feitas com o objetivo de reduzir os vazamentos. A elevação da pressão de serviço nas redes de distribuição tem efeito duplo na quantificação dos volumes perdidos, pois além de aumentar a frequência de arrebentamentos, aumenta a vazão dos vazamentos (TARDELLI FILHO,

2006). Outras ações corretivas que podem ser realizadas são: melhorar a qualidade dos materiais utilizados nas redes; realizar pesquisas periódicas de vazamento; reduzir o tempo de reparo e melhorar a mão de obra. Ainda segundo Tardelli Filho (2006), as redes de distribuição e os ramais prediais são as partes do sistema que apresentam mais pontos de vazamento.

3.2.2. Perdas aparentes

Nos episódios de crise hídrica, as perdas reais são as que mais requerem atenção nas ações de redução de perdas, embora não deva ser esquecido que o combate às perdas aparentes também pode ter reflexos diretos na produção de água, na medida em que cerceia os desperdícios e o consumo fraudulento de água (TARDELLI FILHO, 2016).

De acordo com Brasil (2003, *apud* DA SILVA, 2005) as perdas aparentes são também denominadas de perdas comerciais, já que a água que é consumida não é faturada. Consiste no consumo não faturado, caracterizados por fraudes e falhas de cadastro, e de todos os tipos de imprecisões ligadas à medição, tanto na macro como na micromedição (DE CARVALHO *et al.*, 2004).

Dessa forma, um elevado nível de perdas aparentes reduz a capacidade financeira dos prestadores e, conseqüentemente, os recursos disponíveis para ampliar a oferta, melhorar a qualidade dos serviços ou realizar as despesas requeridas na manutenção e reposição da infraestrutura (GO ASSOCIADOS, 2015).

De Carvalho *et al.* (2004) explicam que as fraudes são mudanças realizadas pelos usuários nas ligações com o objetivo de impedir total ou parcialmente a micromedição pela concessionária. Segundo estes mesmos autores, essas fraudes dividem-se basicamente em três casos:

- Derivação de ramal: a fraude consiste em utilizar uma conexão antes do hidrômetro fazendo com que a água que passaria totalmente pelo hidrômetro derive também por essa conexão;
- “By-pass”: neste tipo de fraude é utilizada uma conexão antes do hidrômetro, a qual é ligada ao ramal predial, fazendo com que a água passe totalmente por esta derivação sem haver registro de micromedição;
- Ligação clandestina: a ligação é feita diretamente na rede de distribuição da concessionária sem que haja qualquer tipo de permissão ou cadastro.

Com relação à imprecisão ligada à medição, segundo a SABESP (2005 *apud* MELATO, 2010), esta pode estar ligada principalmente: a imprecisão de macromedidores; a má qualidade do medidor; ao dimensionamento inadequado do medidor; a detritos nas redes de distribuição; ao envelhecimento do parque de hidrômetros; a inclinação dos hidrômetros; e ao efeito decorrente do uso de caixas d'água.

Com relação ao efeito decorrente do uso de caixas d'água, Tardelli Filho (2006) explica que este efeito faz com que as vazões que passam pelo hidrômetro sejam menores do que as que ocorrem no ponto de consumo interno da residência, devido ao amortecimento proporcionado pelo volume da caixa d'água.

Segundo Tardelli Filho (2006), um medidor bem instalado e que opere em condições de vazão adequadas, pode apresentar erros devido à variação de precisão de 0,5% a 2% para mais ou para menos, porém a instalação e dimensionamento inadequados ou a descalibração do medidor podem potencializar esses erros.

Devido a variação de precisão já apresentada pelos medidores, e ao decaimento do nível de precisão ao longo do tempo, estima-se, segundo Tardelli Filho (2006), que hidrômetros de 1,5 a 3 m³/h possam trabalhar entre 5 e 10 anos dependendo da qualidade da água distribuída e do tipo de hidrômetro. Assim, é importante que se faça um levantamento do parque de hidrômetros presente no sistema de abastecimento, bem como a calibração e manutenção periódica destes equipamentos, com o objetivo de aumentar a precisão e conseqüentemente diminuir as perdas aparentes.

Essa imprecisão, que pode ser dita como “natural”, dos equipamentos de medição, faz com que sempre existam perdas aparentes. Para auxiliar a definição de metas de longo prazo pelas companhias de saneamento, a *Internacional Water Association (IWA)* definiu, segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2015), os conceitos de limite técnico e limite econômico. O primeiro deles é o limite a partir do qual não se consegue mais reduzir as perdas com as tecnologias e os métodos existentes. O segundo é o limite no qual os custos para reduzir as perdas de água se igualam aos custos de exploração e distribuição de água.

O Quadro 1 apresenta de forma resumida as principais características das perdas reais e aparentes.

Quadro 1. Principais características das perdas reais e aparentes

Item	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de medição
Custos associados ao volume de água perdido	Custos de produção da água tratada	Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio ambiente	Desperdício de recursos naturais; Maiores impactos ambientais devido à necessidade de exploração dos mananciais	Não é relevante
Efeito na saúde pública	Riscos de contaminação	Não é relevante
Ponto de vista empresarial	Perda de produto “industrializado”	Perda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	Imagem negativa da empresa, associada ao desperdício e ineficiência;	Não é uma preocupação imediata
Efeitos finais no consumidor	Repasse de custos à tarifa; Desincentivo ao uso racional da água	Repasse de custos à tarifa; Incitamento ao roubo e fraudes

Fonte: adaptado de TARDELLI FILHO, 2006.

3.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS

Segundo Melato (2010), a avaliação de perdas consiste na realização de uma auditoria das águas através de técnicas reconhecidas e aplicadas mundialmente, com o objetivo de identificar o volume de água perdido e o custo deste para a concessionária.

De acordo com Tardelli Filho (2006), quantificar as perdas é um processo relativamente fácil de ser feito, porém diferenciar estas perdas em reais e aparentes é mais complexo e torna-se necessária a adoção de diversas hipóteses ou a realização de vários ensaios de campo. Este mesmo autor cita os métodos do Balanço Hídrico e das Vazões Mínimas Noturnas como formas interessantes de calibrar as variáveis e hipóteses assumidas, a fim de buscar resultados mais confiáveis.

3.3.1. Balanço Hídrico

Como já citado anteriormente, o Balanço Hídrico é um método proposto pela *International Water Association (IWA)*, o qual se baseia em uma matriz onde são esquematizadas as etapas pelas quais a água pode passar no sistema de abastecimento.

Segundo Melato (2010), este é um método conhecido como *top-down*, pois consiste em avaliar as perdas através do cálculo do balanço hídrico “de cima para baixo”, partindo-se do volume de água que entra no sistema menos o volume de água consumido. Posteriormente, são feitas hipóteses para estimar as perdas aparentes e, por diferença, chega-se as perdas reais.

É recomendável que seja utilizado o período de um ano para avaliação dos volumes, pois isso faz com que os valores representem uma média anualizada, absorvendo assim as sazonalidades.

Segundo Tardelli Filho (2006) este método pode ser aplicado desde um setor de abastecimento até subsetores, dependendo de dados de macromedição e micromedição (geralmente disponíveis nas companhias de saneamento) e necessitando de hipóteses e estimativas que, geralmente, são baseadas em estudos preexistentes ou dados de literatura, o que torna esse método de baixo custo. Porém o mesmo apresenta a desvantagem de haver baixa precisão nos resultados, o que reflete no resultado final das perdas reais. Conforme este mesmo autor, o método do Balanço Hídrico é uma poderosa ferramenta de gestão, que permite gerar indicadores de desempenho que auxiliam no acompanhamento das ações da concessionária.

A matriz do Balanço Hídrico nos moldes da *IWA* é mostrada na Figura 3.

Figura 3. Matriz do Balanço Hídrico da IWA.

Volume que Entra no Sistema	Consumos Autorizados	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (incluindo água exportada)	Águas Faturadas
			Consumos não-medidos faturados (estimados)	
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não-faturados (usos próprios, caminhão-pipa etc.)	Águas Não Faturadas
			Consumos não-medidos, não-faturados (corpo de bombeiros, favelas não medidas etc.)	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Consumos não-autorizados (fraudes e falhas de cadastro)	
			Imprecisão dos medidores (macro e micromedição)	
		Perdas Reais	Vazamentos nas adutoras de água bruta e nas estações de tratamento de água (se aplicável)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
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.

Os componentes dessa matriz podem ser definidos, segundo Melato (2010), como:

- Água que entra no sistema: volume anual introduzido no sistema de abastecimento;
- Consumos autorizados: volume anual medido e/ou não medido disponibilizado aos consumidores cadastrados, à própria concessionária (usos administrativos ou operacionais) e a outros que estejam autorizados a utilizá-lo;
- Perdas de água: volume resultante da diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado;
- Consumo autorizado faturado: volume que gera receita pra a concessionária e que corresponde à soma dos volumes existentes nas contas emitidas aos consumidores. Este volume é composto pelo que foi medido nos hidrômetros

e pelos volumes estimados em locais onde não há hidrômetros instalados;

- Consumo autorizado não faturado: volume que não gera receita para a concessionária, proveniente de usos legítimos. É composto por volumes medidos e não medidos, derivados de usos como combate a incêndio, lavagem de ruas, descargas de rede, etc;
- Perdas aparentes: volumes consumidos não contabilizados e associados a erros de medição, fraudes e falhas de cadastro;
- Perdas reais: volumes perdidos através de vazamentos e extravasamentos;
- Águas faturadas: parcela de água comercializada que gera faturamento à concessionária;
- Águas não faturadas: diferença entre o total anual de água que entra no sistema e o consumo autorizado. São volumes que incorporam as perdas de água, bem como o consumo autorizado não faturado.

Existem diversos *softwares* disponibilizados de forma gratuita na internet que utilizam este método para avaliação das perdas de água. O *software* que será utilizado neste trabalho é a versão 5.09 do *WB Easy Calc* desenvolvido por *Liemberger & Partners*.

3.3.2. Vazões Mínimas Noturnas

O método das vazões mínimas noturnas utiliza a variação dos consumos de água no sistema de abastecimento ao longo do dia. Segundo Gonçalves e Alvim (2007), o pico da curva de consumo se encontra entre 12 e 14 horas e o consumo mínimo entre 3 e 4 horas da madrugada. Tardelli Filho (2006) explica que a vazão correspondente a este mínimo é denominada “Vazão Mínima Noturna” e que a mesma pode ser medida com o uso de equipamentos de medição de vazão e pressão.

Conforme Gonçalves e Alvim (2007), a vazão mínima noturna é o principal indicador do nível de perdas reais que está ocorrendo em um sistema, devido ao fato de que o consumo noturno é reduzido, principalmente em áreas residenciais e qualquer alteração que ocorre na vazão mínima pode significar a ocorrência de vazamentos. Porém, segundo estes mesmos autores, o método da vazão mínima noturna não fornece dados confiáveis sobre as perdas reais em locais onde o abastecimento é irregular.

Tardelli Filho (2006) explica que é necessário estimar todos os componentes dos consumos noturnos, para se chegar à vazão dos vazamentos. A Figura 4 mostra os componentes da vazão mínima noturna.

Figura 4. Componentes da vazão mínima noturna

Vazão mínima medida	Vazão noturna dos vazamentos	Vazão noturna dos vazamentos na rede	Vazamentos não-visíveis estimados	Vazamentos não-visíveis estimados
			Vazamentos inerentes no sistema de distribuição	Na rede
		Consumo noturno	Vazamentos em tubulações internas das economias	Nas tubulações internas até a caixa d'água, inclusive
	Nas tubulações internas de cada economia, após a caixa d'água			Não-residencial
	Consumo noturno excepcional			Residencial
	Uso noturno pelos consumidores	Consumo noturno estimado	Não-residencial	Residencial
Residencial				

Fonte: LAMBERT, 2002 *apud* TARDELLI FILHO, 2006.

Tardelli Filho (2006) explica que a vazão dos vazamentos é bastante influenciada pela pressão, sendo que o valor observado para a mínima noturna é a vazão máxima diária dos vazamentos, que se fosse multiplicada por 24 horas, superestimaria os volumes diários de perda. Por este motivo foi criado o Fator Noite/Dia (FND), que é determinado a partir de medições de pressão em um ponto médio do setor, utilizando-se, posteriormente, a relação entre pressão e vazão apresentada na equação 1:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1} \quad (1)$$

Onde:

Q_0 é a vazão inicial à pressão P_0 ;

Q_1 é a vazão final à pressão P_1 ;

N_1 é o expoente que depende do tipo de material da tubulação.

De posse das pressões médias horárias e do valor de N_1 , o valor de FND é dado pela equação 2:

$$FND = \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{P_i}{P_{3-4}} \right)^{N1} \quad (2)$$

Onde:

P_i é a pressão média horária, durante o período de dias de amostragem, da hora i do dia;

P_{3-4} é a pressão média de referência, obtida no horário entre 3 e 4 horas, correspondendo à pressão média de todos os dias no horário da vazão mínima noturna.

3.4. INDICADORES DE PERDAS

De acordo com Alegre *et al.* (2000), um indicador de desempenho é um instrumento de apoio ao monitoramento da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva.

Segundo Miranda (2002), os indicadores representam para os operadores a possibilidade de identificar os pontos fortes e fracos dos sistemas, fornecendo subsídio para a tomada de decisões e o monitoramento das ações. Já para a administração nacional e regional, os indicadores fornecem um quadro de referência comum para os operadores e servem de apoio à formulação de políticas e programas para o setor, contribuindo para os interesses dos consumidores.

Tardelli Filho (2006) cita que através de indicadores de perdas é possível retratar a situação das perdas no sistema, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, monitorar as ações de controle e, em princípio, realizar comparações entre sistemas de abastecimento de água distintos.

Deste modo, é de grande importância que estes indicadores sejam bem conceituados de modo que se possa comparar sistemas de abastecimento diferentes. Foi com este objetivo que a *International Water Association (IWA)* publicou em 2000 o guia técnico “*Performance indicators for water supply services*” (em português, Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água), o qual define linhas-guia a serem adotadas para o cálculo de indicadores.

3.5. CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS

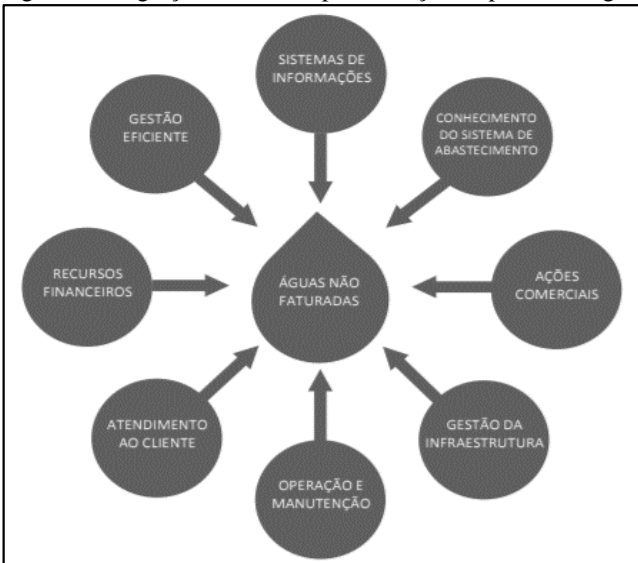
Tardelli Filho (2006) menciona que as primeiras iniciativas institucionais para o combate de perdas no Brasil aconteceram ao final da década de 70, quando foi implantado na Companhia de Saneamento Básico

do Estado de São Paulo (SABESP) o Plano Estadual de Controle de Perdas (PECOP).

Ao longo dos anos, com os novos aportes tecnológicos e as melhorias dos sistemas de gerenciamento, as possibilidades de gestão se ampliaram, o que não significa, porém, que estejam sendo aplicadas em larga escala (TARDELLI FILHO, 2006).

Melato (2010) explica que pelo fato de a questão das perdas ser complexa, envolvendo setores de operação, comercial, manutenção, projetos, financeiro, entre outros, é fundamental que haja envolvimento e comprometimento de todas essas áreas, a fim de que o programa de controle e redução de perdas tenha sucesso. A Figura 5 mostra a integração necessária para a redução de perdas de água.

Figura 5. Integração necessária para redução de perdas de água



Fonte: SOUZA JUNIOR (2014) adaptado de FARLEY (2008).

O controle de um SAA requer uma compartimentação da rede de distribuição, obtida através da instalação de registros, onde se tenha o efetivo monitoramento de variáveis importantes para o sistema, tais como:

- Volume disponibilizado para consumo;
- Volume micromedido;
- Vazão Mínima Noturna;

- Pressão em pontos estratégicos da rede (áreas de boosters, de válvulas redutoras de pressão e de final de rede);
- Qualidade da água;
- Consumo sociais (se houver).

Além disso, é importante que se mantenha um histórico das medições, de forma a acompanhar a evolução dos indicadores e identificar alterações no comportamento do SAA.

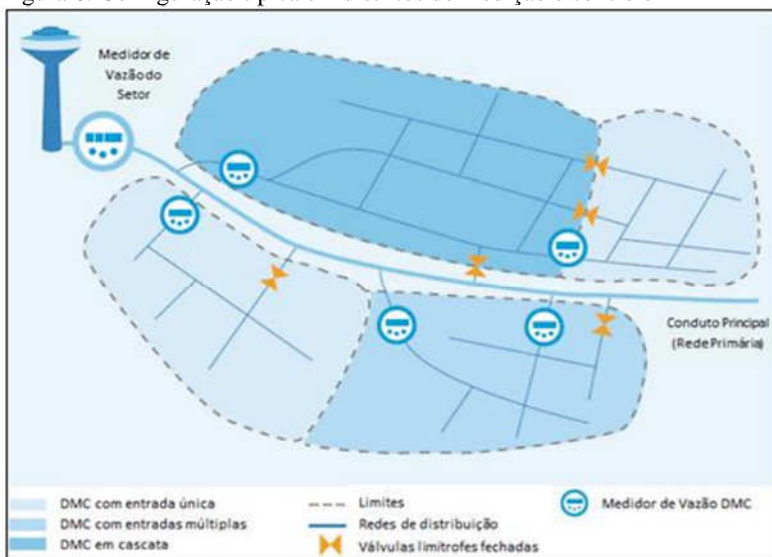
3.5.1. Distritos e Medição e Controle

Souza Junior (2014) explica que a divisão dos setores de abastecimento em áreas de controle menores, conhecidas como Distritos de Medição e Controle (DMCs), torna possível uma gestão mais focada no objetivo de reduzir as perdas do sistema de distribuição de água.

Tardelli Filho (2006) considera as unidades de controle como um dos itens mais importantes para o controle e a redução de perdas em um sistema de abastecimento de água.

A Figura 6 apresenta uma configuração típica em distritos de medição e controle.

Figura 6. Configuração típica em distritos de medição e controle



Fonte: SOUZA JUNIOR (2014) adaptado de KLINGEL & KNOBLOCH (2011).

Farley et al., (2008 *apud* SOUZA JUNIOR, 2014) apresentam critérios a serem utilizados na definição dos DMCs:

- Número de ligações de água;
- Válvulas a serem fechadas;
- Número de medidores de vazão;
- Variações de pressão dentro da área estabelecida;
- Limites naturais (rios, canais de drenagem, estradas de ferro, rodovias, etc).

Souza Júnior (2014) esclarece que não há um consenso quanto ao número de ligações de água que devem fazer parte de um DMC e cita limites estabelecidos por outros autores, os quais são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Número de ligações de água por DMC

Fonte	Quantidade de ligações	
	Mínimo	Máximo
Morrison et al. (2007)	500	3.000
Farley et al. (2008)	1.000	2.500
Sabesp (2008)	500	2.500
Thornton et al. (2008)	1.000	5.000
Lambert & Taylor (2010)	500	3.000
EPA (2010)	1.500	2.000
Gomes (2011)	500	3.000
Média	786	3.000

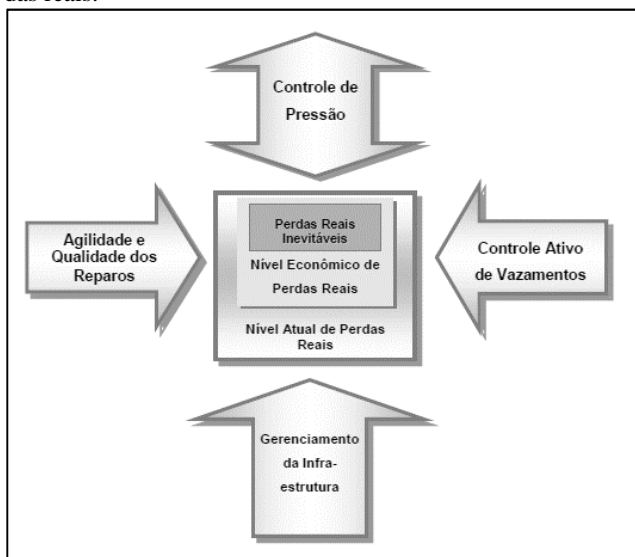
Fonte: adaptado de SOUZA JÚNIOR (2014).

3.5.2. Controle de Perdas Reais

Werdine (2002) comenta que a redução das perdas reais permite que os custos de produção diminuam mediante a redução do consumo de energia, de produtos químicos e outros, podendo assim utilizar as instalações já existentes para aumentar a oferta, sem que seja necessária uma expansão do sistema.

O diagrama apresentado na Figura 7 mostra os principais componentes para um programa de controle e redução de perdas reais de água.

Figura 7. Principais componentes de um programa de controle e redução de perdas reais.



Fonte: MELATO (2010) adaptado de THORNTON (2002).

O quadro mais interno da Figura 7, representado pelas Perdas Reais Inevitáveis, está ligado ao limite técnico e o quadro intermediário, representado pelo Nível Econômico de Perdas Reais, está ligado ao limite econômico. Ambos os limites foram estabelecidos pela IWA e já explanados no item 3.2.2 desta revisão bibliográfica. No quadro mais externo encontra-se o Nível Atual de Perdas Reais, que representa o volume potencialmente recuperável pelas ações de controle e redução de perdas.

As setas que estão direcionadas para as faces do quadro maior, representam as ações mínimas para o controle e a redução de perdas reais. Segundo Melato (2010), para se obter uma redução efetiva, as ações devem ocorrer simultaneamente, de modo a “comprimir” o quadro maior (Nível Atual de Perdas Reais) até que se consiga chegar ao quadro intermediário (Nível Econômico de Perdas Reais).

Melato (2010) também cita que as ações apresentadas na Figura 7 se contrapõem de forma axial, isso significa que, no eixo horizontal, para que o Controle Ativo de Vazamentos seja eficaz ele precisa estar associado à Agilidade e Qualidade dos Reparos. Da mesma forma, para o eixo vertical, para que o Controle de Pressão seja adequado, ele precisa estar associado ao Gerenciamento da Infraestrutura.

O Controle de Pressão visa adequar as pressões evitando variações bruscas e altas pressões e garantindo a pressão mínima no sistema. Melato (2010) explica que o controle de pressão é a única ação representada por uma seta de duplo sentido, já que o controle pode se dar tanto diminuindo como aumentando a pressão. As soluções mais comumente utilizadas são a instalação de válvulas redutoras de pressão (VRPs) e a instalação de *boosters*.

O Controle Ativo de Vazamentos tem como objetivo detectar vazamentos antes de aflorar, sendo muito utilizada nesse caso a pesquisa acústica de vazamentos. Assim, se reduz o tempo do vazamento e o volume de água perdido. Melato (2010) cita o monitoramento da vazão mínima noturna como outra forma de controle ativo, pois o aumento da vazão será um indício do surgimento de vazamento, indicando assim a necessidade de iniciar uma pesquisa de vazamentos nesta área.

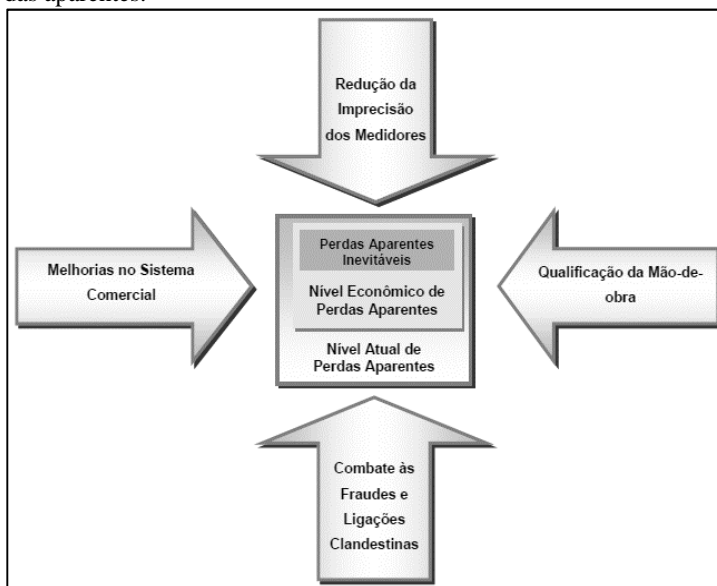
Tardelli Filho (2006) explica que a Agilidade no Reparo de Vazamentos refere-se à diminuição do tempo entre o conhecimento do vazamento e o efetivo estancamento deste, seja ele visível ou não-visível. Além da agilidade no reparo, é importância que se tenha materiais e equipamentos de boa qualidade e mão-de-obra devidamente treinada e preparada para executar os reparos, pois sem isso os vazamentos retornam e anulando o esforço despendido em um programa de redução de perdas reais.

Segundo Melato (2010), o Gerenciamento da Infraestrutura está ligado ao conhecimento das condições das redes de distribuição (idade, materiais, manutenções, instalações de equipamentos de controle, treinamento, entre outros), o que permite direcionar recursos para onde seja necessário, otimizando os resultados.

3.5.3. Controle de Perdas Aparentes

O controle de perdas aparentes também dispõe de um diagrama, apresentado na Figura 8, o qual mostra as principais ações necessárias para um programa efetivo.

Figura 8. Principais componentes de um programa de controle e redução de perdas aparentes.



Fonte: MELATO (2010) adaptado de THORNTON (2002).

A redução das perdas aparentes representa um impacto financeiro considerável para a companhia, já que aumenta o volume micromedido e por consequência o faturamento.

Os três quadros centrais do diagrama apresentam a mesma lógica dos quadros do diagrama de perdas reais, sendo o quadro mais externo, o volume potencialmente recuperável pelas ações de controle e redução de perdas.

A Redução da Imprecisão dos Medidores envolve ações de melhoria na macro e na micromedição, sendo as principais: o dimensionamento adequado e a calibração periódica dos medidores, a leitura correta dos hidrômetros e as suas trocas corretivas e preventivas.

De acordo com Melato (2010), a Qualificação da Mão-de-obra abrange a seleção e o treinamento especializado dos leituristas, dos profissionais da gestão comercial e daqueles que realizam a instalação, calibração e manutenção dos medidores, com o objetivo de reduzir erros e melhorar a percepção de problemas nas ligações e nos consumos.

O Combate às Fraudes e Ligações Clandestinas está ligado a inspeções nas ligações suspeitas e medidas de coibição dessa prática. Melato

(2010) ressalta que as fraudes podem ocorrer tanto em ligações ativas como nas inativas.

A Melhoria do Sistema Comercial envolve, segundo Tardelli Filho (2006), o aperfeiçoamento contínuo do sistema de gestão comercial, principalmente no que se refere ao cadastramento das ligações e à apuração dos consumos pelos usuários.

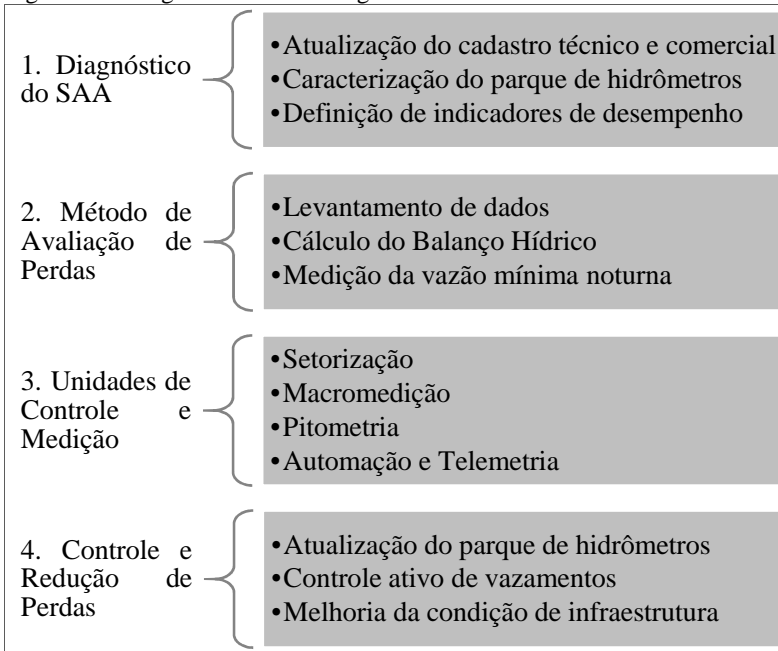
4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreve a metodologia adotada para a execução do trabalho, a qual contemplou as seguintes etapas:

1. Realização de um diagnóstico do sistema de abastecimento de água de todo o município com levantamento de dados, geração de relatórios e caracterização do sistema por meio de indicadores.
2. Aplicação do método do balanço hídrico para avaliação das perdas reais e aparentes e análise comparativa das vazões mínimas noturnas dos setores de abastecimento.
3. Proposição de unidades de controle e medição no sistema de abastecimento de água, a fim de aperfeiçoar o monitoramento das perdas de água e tornar mais eficiente as ações de redução.
4. Proposição de medidas de controle e redução de perdas com base no diagnóstico e avaliação do sistema de abastecimento.

Na Figura 9 é apresentado um fluxograma de todas as atividades desenvolvidas para a realização deste trabalho.

Figura 9. Fluxograma da metodologia do trabalho



Fonte: Autor.

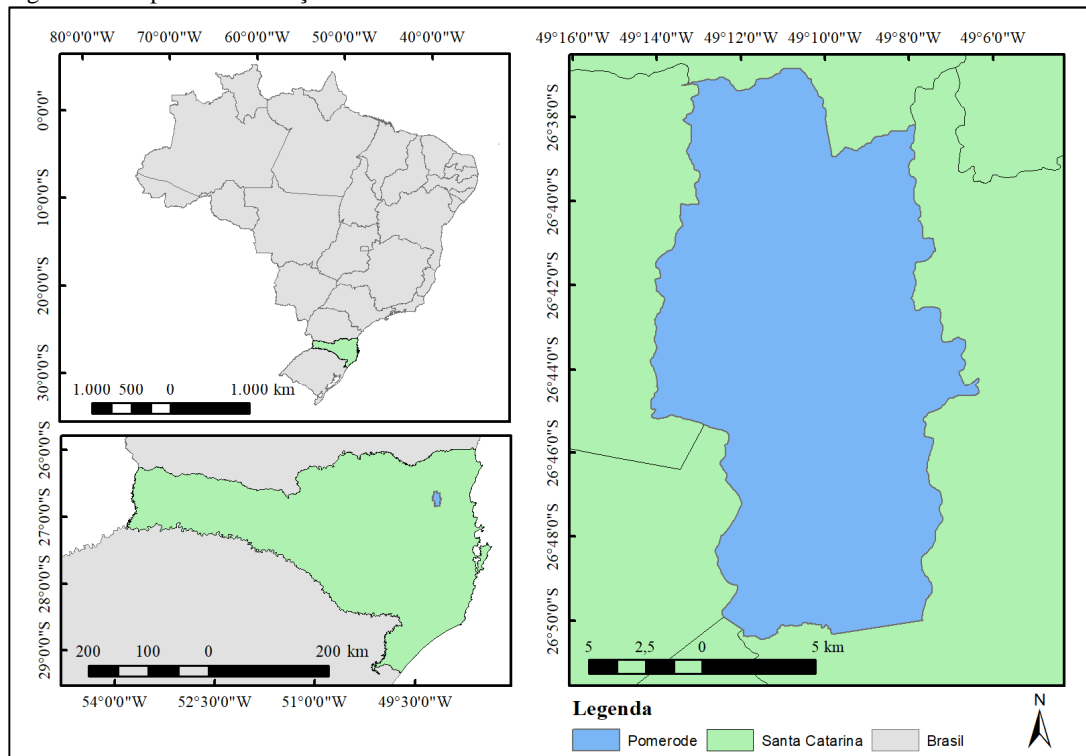
4.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado no município de Pomerode localizado no Médio Vale do Rio Itajaí-Açu no estado de Santa Catarina, nas coordenadas geográficas 26° 44' 27" Latitude Sul e 49° 10' 33" Longitude Oeste. A cidade possui uma área total de 216 km². Segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017), a população do município é de 32.334 habitantes. O clima da região é mesotérmico úmido e a temperatura média varia entre 15°C e 25°C.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Pomerode, as principais atividades econômicas da cidade são: indústria do vestuário, indústria metal mecânica, indústria de plásticos, indústria da porcelana, indústria de produção de cimento, fabricação de produtos em madeira e artesanato, fabricação de alimentos e empresas de transporte.

A Figura 10 apresenta o mapa de localização do município de Pomerode.

Figura 10. Mapa de Localização de Pomerode



Fonte: Autor

O Samae de Pomerode é uma autarquia municipal responsável pela captação, tratamento e distribuição da água potável, pela coleta e tratamento do esgoto sanitário e pela coleta e destinação final dos resíduos sólidos urbanos do município.

O abastecimento de água do município é realizado atualmente por três sistemas de abastecimento de água (SAAs). O SAA 1 atende a região sul da cidade abastecendo aproximadamente 39% da população e conta com duas captações de água superficiais, sendo a principal no Ribeirão Salto, com vazão de, aproximadamente, 35 L/s, e a segunda no Ribeirão Claras, com vazão de, aproximadamente, 11 L/s. A adutora de água bruta do principal ponto de captação opera por recalque até a Estação de Tratamento de Água 1 (ETA 1) e possui uma extensão total de 945 m. A adutora do segundo ponto de captação opera por gravidade até a ETA 1 e possui uma extensão de 2.450 m. A ETA 1 foi construída em 1966 e ampliada em 2005. O sistema de tratamento é do tipo convencional composto por:

- *Coagulação*: mistura rápida em calha do tipo “Parshall” para aplicação de coagulante (policloreto de alumínio - PAC);
- *Floculação*: floculadores mecanizados com três câmaras e variadores de velocidade através de inversor de frequência;
- *Decantação*: decantador de alta taxa com uso de cortinas plásticas;
- *Filtração*: uso de dois filtros lentos já existentes quando da ampliação da ETA;
- *Desinfecção*: utilização de hipoclorito de sódio;
- *Fluoretação*: utilização de fluossilicato de sódio.

O SAA 1 também possui um reservatório de concreto do tipo apoiado com volume de 500 m³ localizado no mesmo terreno da estação de tratamento de água.

O SAA 2 atende a região norte da cidade abastecendo aproximadamente 59% da população. A captação superficial é feita no Rio do Teste e tem vazão de, aproximadamente, 55 L/s. A adutora da captação opera por recalque até a Estação de Tratamento de Água 2 (ETA 2) e possui uma extensão de 15 metros. A ETA 2 foi construída em 1991 e iniciou o processo de ampliação em 2015, tendo previsão de conclusão para 2018. Atualmente, o sistema de tratamento é do tipo convencional, composto por:

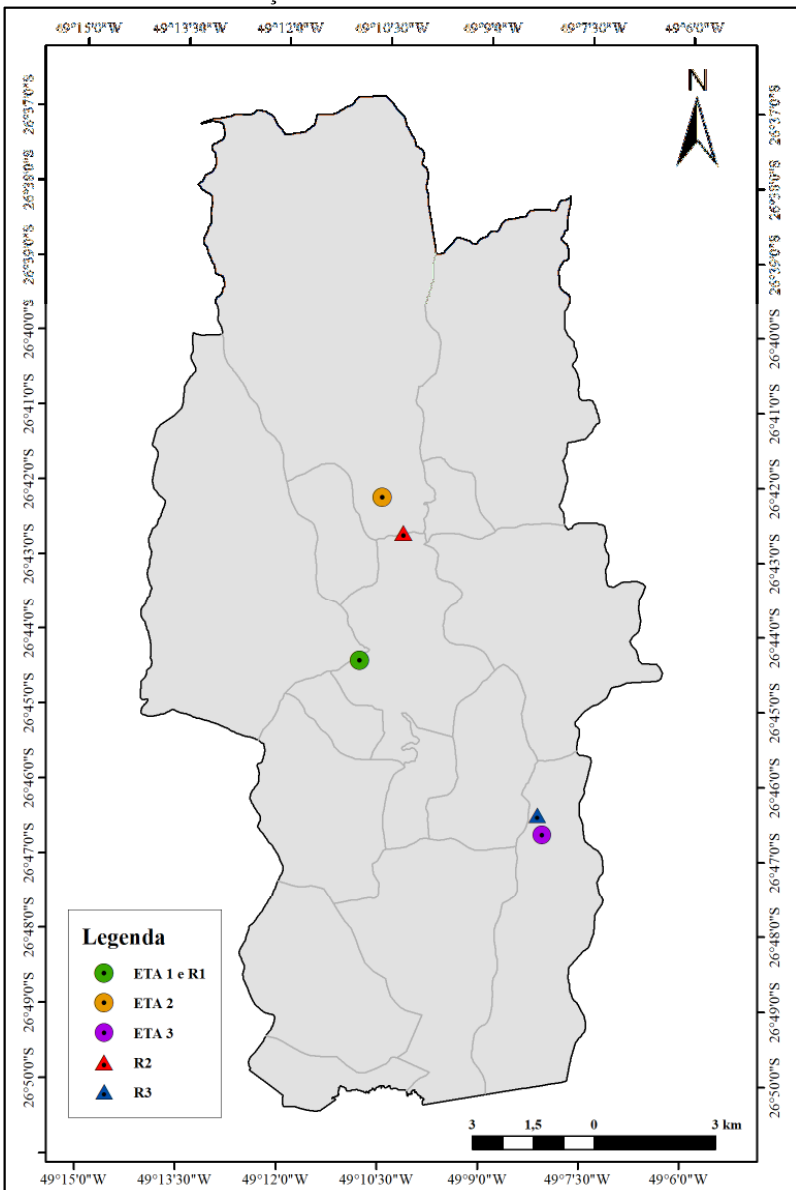
- *Coagulação*: mistura rápida em calha do tipo “Parshall” para aplicação de coagulante (sulfato de alumínio);
- *Floculação*: floculadores mecanizados com quatro câmaras e variadores de velocidade através de inversor de frequência;
- *Decantação*: decantador de alta taxa com uso de cortinas plásticas;
- *Filtração*: quatro filtros russos já existentes quando da ampliação da ETA;
- *Desinfecção*: utilização de hipoclorito de sódio;
- *Fluoretação*: utilização de fluossilicato de sódio.

Além disso, o SAA 2 também conta com um reservatório de jusante de concreto do tipo apoiado com volume de 1.000 m³.

O SAA 3 atende apenas 2% das ligações de água do município e possui captação por manancial subterrâneo. A Estação de Tratamento de Água 3 (ETA 3) começou a operar em 2007 através da captação de água por um poço tubular profundo de 150 metros de profundidade, seguida da etapa de desinfecção com hipoclorito de sódio e fluoretação com fluossilicato de sódio. O sistema possui três reservatórios de fibra de vidro de 25 m³ cada, totalizando um volume de 75 m³.

A Figura 11 apresenta a localização geográfica das estações de tratamento de água e dos reservatórios de distribuição do município de Pomerode.

Figura 11. Localização geográfica das Estações de Tratamento de Água e dos Reservatórios de Distribuição



Fonte: Autor

4.2. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Esta etapa consistiu na realização de um diagnóstico do sistema de abastecimento de água do município, dando destaque para a quantidade e categoria de ligações e economias, volume de produção de água, volume micromedido e idade do parque de hidrômetros, com geração de relatórios e mapas para melhor visualização do sistema.

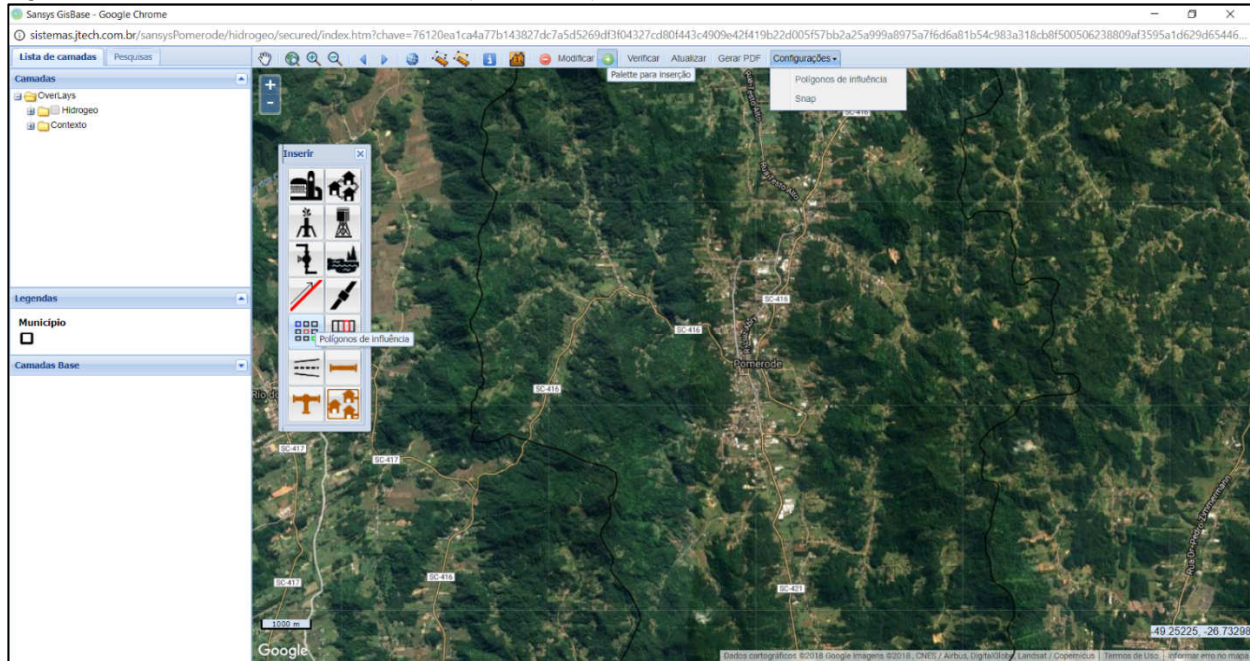
Para a realização da caracterização dos três sistemas de abastecimento de água existentes foi utilizado o *software* de gestão comercial e técnico, chamado *Sansys*, implantado em dezembro de 2017 no Samae. Este *software* possui o módulo de Sistema de Informações Geográficas (GIS, do inglês *Geographic Information System*), com o qual foi possível traçar a divisão geográfica dos três sistemas para a obtenção dos dados de forma isolada.

Esta setorização foi feita com o auxílio de um mapa em formato *DWG*, fornecido pela companhia de saneamento, no qual foi possível visualizar o traçado da rede de distribuição, a localização dos registros de manobra, das estações de tratamento de água e dos reservatórios de cada um dos sistemas.

Através da aba “Cadastro Técnico GIS” do *Sansys*, criou-se nas “Configurações” com a ferramenta “Polígonos de Influência” o polígono chamado “Abastecimento”. No “Palette de inserção” foi utilizada a ferramenta “Polígonos de Influência”, com a qual foi feito o traçado dos setores de abastecimento, inserindo no item “Tipo de polígono” a opção “Abastecimento”, criada anteriormente, e nomeando-os como “SAA1”, “SAA2” e “SAA3”. A Figura 12 mostra a aba “Cadastro Técnico GIS” e as ferramentas utilizadas para criação dos setores de abastecimento.

A localização dos registros de manobra no mapa em formato *DWG* e a delimitação dos bairros e do município, que já existiam na plataforma GIS, auxiliaram no traçado das divisas entre os setores de abastecimento.

Figura 12. Aba “Cadastro Técnico GIS” do software Sansys



Fonte: Sansys.

Após a delimitação dos três sistemas de abastecimento, foi verificado que 881 unidades comerciais e suas respectivas ligações de água não estavam georreferenciadas no sistema ou estavam localizadas fora dos limites do município, devido ao processo de transferência dos dados com a implantação do *software Sansys*.

Para realizar a correção desses dados, utilizou-se a ferramenta *Street View* do *software Google Earth Pro* e as informações das rotas de leitura, que são realizadas mensalmente pelos leituristas do Samae de Pomerode.

4.2.1. Indicadores de Desempenho

Os indicadores utilizados para a caracterização do sistema de abastecimento de água do município foram baseados em definições propostas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), pela *International Water Association (IWA)* e pela equipe técnica do Projeto de Eficiência Energética nos Sistemas de Abastecimento de Água (ProE-ESA), projeto do qual o Samae de Pomerode participa.

Os dados utilizados para calcular estes indicadores foram obtidos das planilhas de controle e histórico registrado pelo setor técnico do Samae e de relatórios gerados pelo sistema *Sansys*.

O Quadro 3 apresenta os indicadores e as formas de cálculo utilizadas nesse trabalho.

Quadro 3. Indicadores de desempenho utilizados

Indicadores	Código e biblioteca das métricas	Forma de Cálculo
1. Índice de perdas de faturamento (%)	IN013 do SNIS	$IN013 = \frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} * 100 \quad (3)$ <p>AG006: Volume de água produzido (m³) AG011: Volume de água faturado (m³) AG018: Volume de água tratada importado (m³) AG024: Volume de serviço (m³)</p>
2. Índice de hidrometração (%)	IN009 do SNIS	$IN009 = \frac{AG004^*}{AG002^*} * 100 \quad (4)$ <p>AG002: Quantidade de ligações ativas de água AG004: Quantidade de ligações ativas de água micromedidas</p>
3. % hidrômetros com idade superior a 5 anos (%)	H - Proposto no âmbito do ProEESA.	$H = \frac{H1}{H2} * 100 \quad (5)$ <p>H1: Hidrômetros com idade superior a 5 anos H2: Total de hidrômetros</p>
4. Índice de perdas na distribuição (%)	IN049 do SNIS	$IN049 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} * 100 \quad (6)$ <p>AG010: Volume de água consumido (m³)</p>
5. Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)	IN051 do SNIS	$IN051 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002^*} * \frac{10^6}{365} \quad (7)$

Indicadores	Código e biblioteca das métricas	Forma de Cálculo
6. Índice bruto de perdas lineares (m ³ /dia/km)	IN050 do SNIS	$IN050 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG005^{**}} * \frac{10^3}{365} \quad (8)$ <p>AG005: Extensão da rede de água (km)</p>
7. Taxa anual de reabilitação de redes*** (%/ano)	Op16 do IWA (com adaptações)	$Op16 = \frac{D20}{C8} * \frac{100}{5} \quad (9)$ <p>D20: Comprimento total de rede de distribuição e adução reabilitadas nos últimos 5 anos (km) C8: equivalente a AG005.</p>
<p>*O SNIS considera como ligações ativas aquelas que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência da coleta de dados e as ligações micromedidas aquelas providas de hidrômetro. **Segundo o SNIS, para a extensão da rede de água utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo. ***Percentagem média anual de tubulações de adução e distribuição que foram reabilitadas nos últimos cinco anos.</p>		

Fonte: adaptado de FERREIRA, *et al.*, 2017.

O Quadro 4 apresenta os valores de referência dos indicadores de desempenho, os quais foram obtidos das definições estabelecidas pela equipe técnica do ProEESA.

Quadro 4. Valores de referência dos indicadores de desempenho

Indicadores	Valores de referência
1. Índice de perdas de faturamento (%)	Bom: entre 0 e 20 Médio: entre 20 e 30 Insatisfatório: entre 30 e 100
2. Índice de hidrometração (%)	Bom: 98 a 100 Médio: 95 a 98 Insatisfatório: inferior a 95
3. % hidrômetros com idade superior a 5 anos (%)	Bom: inferior a 10% Médio: entre 10 e 15% Insatisfatório: superior a 15%
4. Índice de perdas na distribuição (%)	Bom: entre 0 e 15% Médio: entre 15 e 22,5% Insatisfatório: superior a 22,5%
5. Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)	Bom: até 122,5 Médio: entre 122,5 e 250 Insatisfatório: superior a 250
6. Índice bruto de perdas lineares (m ³ /dia/km)	Bom: entre 0 e 5 Médio: 5 a 7,5 Insatisfatório: superior a 7,5
7. Taxa anual de reabilitação de redes (%/ano)	Bom: entre 1,0 e 4,0 Médio: entre 0,8 e 1 ou inferior a 4 Insatisfatório: inferior a 0,8

Fonte: adaptado de FERREIRA, *et al.*, 2017.

Além destes indicadores, serão considerados para a proposição de ações de melhoria e de medidas de controle e redução de perdas os índices de perdas reais e aparentes que serão obtidos e apresentados como resultado do balanço hídrico efetuado neste trabalho.

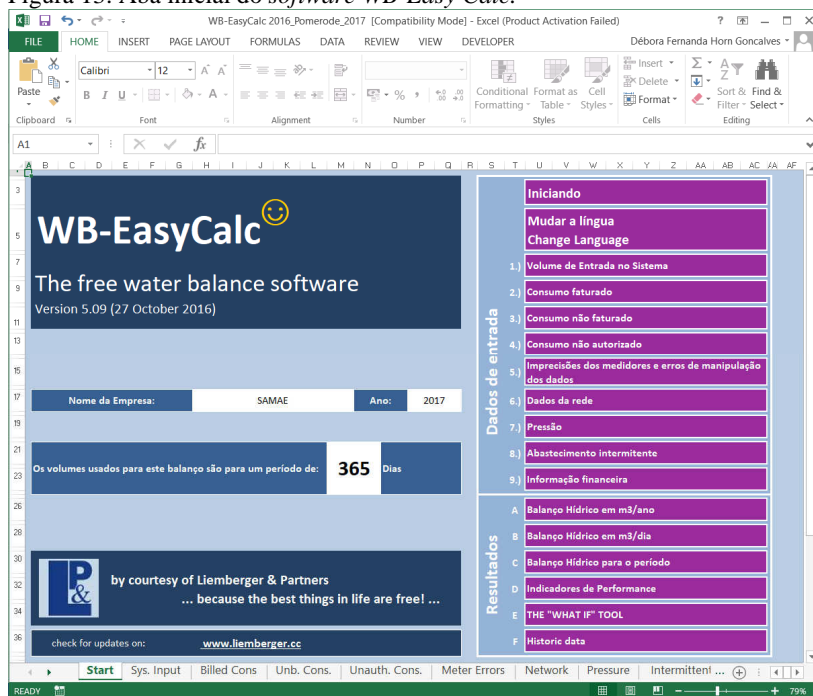
4.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS

Esta etapa do trabalho consistiu em estimar as perdas reais e aparentes do sistema de abastecimento de água de Pomerode com o objetivo de fornecer subsídios para a tomada de decisão quanto à implantação de ações de melhoria e medidas de controle e redução das perdas de água.

4.3.1. Balanço Hídrico

O principal método utilizado neste trabalho foi o método do Balanço Hídrico. Para realizar os cálculos do balanço, nos moldes da Matriz da IWA, optou-se por utilizar a versão 5.09 do *software* gratuito *WB-Easy Calc*, A Figura 13 apresenta a aba inicial do programa.

Figura 13. Aba inicial do *software* *WB-Easy Calc*.



Fonte: WB-Easy Calc

O *software* utilizado contempla nove componentes para inserção de dados de entrada, os quais se ramificam em subcomponentes, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5. Componentes e Subcomponentes do Balanço Hídrico

Componentes Dados de Entrada	Subcomponentes
1. Volume de entrada no sistema	1.1 Fontes de água 1.2 Margem de erro
2. Consumo faturado	2.1 Consumo medido faturado 2.2 Consumo não medido faturado
3. Consumo não faturado	3.1 Consumo medido não faturado 3.2 Consumo não medido não faturado
4. Consumo não autorizado	4.1 Hidrômetros violado, <i>by-passes</i> em clientes registrados 4.2 Ligações Clandestinas 4.3 Margens de Erro 4.4 Consumo [litro/cliente/dia]
5. Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados	5.1 Submedição 5.2 Erros de manipulação de dados (escritório) 5.3 Margens de Erro
6. Dados da rede	6.1 Redes de distribuição e adutoras 6.2 Ramais prediais 6.2.1 Número de clientes ativos 6.2.2 Número de ligações de clientes registrados 6.2.3 Número de contas inativas com ligação existente 6.2.4 Comprimento médio do ramal predial do limite da propriedade até o hidrômetro 6.3 Margens de erro
7. Pressão	7.1 Área 7.2 Número de ligações aproximado 7.3 Pressão média diária
8. Abastecimento intermitente	8.1 Área 8.2 Número de ligações aproximado 8.3 Tempo de abastecimento [dias por semana] 8.4 Tempo de abastecimento [horas por dia] 8.5 Margem de erro

Componentes Dados de Entrada	Subcomponentes
9. Informação financeira	9.1 Tarifa média 9.2 Custo variável de produção e distribuição (custo marginal da água)

Fonte: Autor.

A origem dos dados e o procedimento de cálculo de cada um dos componentes e subcomponentes do balanço hídrico são descritos abaixo.

4.3.1.1 Volume de entrada no sistema

Os dados das fontes de água foram obtidos de planilhas internas de controle do Samae. Essas planilhas são atualizadas mensalmente pelo setor técnico e os dados são fornecidos pelos operadores das estações de tratamento de água. Para cada uma das três estações foram consideradas margens de erro diferentes devido a forma como os dados foram obtidos.

Na ETA 1 a medição do volume de água produzido é realizada com o uso de um vertedor triangular instalado em um canal após a saída dos filtros. Contudo, devido ao diâmetro da tubulação de saída do canal, o vertedor trabalha de forma afogada, não fornecendo portanto uma medição confiável. Por este motivo foram realizadas medições de vazão com medidor ultrassônico portátil no dia 08 de junho de 2018, a fim de comparar com os valores utilizados anteriormente pelos operadores e obter a margem de erro na medição do volume de água produzido.

Na ETA 2 a medição do volume de água produzido é realizada com o uso de vertedor triangular, onde o operador faz a leitura da carga hidráulica com o uso de uma régua e posteriormente a vazão é calculada por meio da equação 10.

$$Q = 1,32 * \text{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right) * H^{2,47} \quad (10)$$

Onde:

Q é a vazão da água [m³/s];

θ é o ângulo de abertura do vertedor triangular;

H é a carga hidráulica [m].

A margem de erro considerada para a ETA 2 foi a diferença percentual entre o valor médio medido pelos operadores e o valor médio medido pelo medidor eletromagnético instalado em novembro de 2017.

Na ETA 3 o controle da vazão já é realizado por medidor de vazão eletromagnético desde 2015, por este motivo a margem de erro considerada foi a precisão estabelecida pelo fabricante do equipamento.

4.3.1.2 Consumo faturado

Para o subcomponente “Consumo medido faturado” foi adotado o volume micromedido total, obtido também de relatórios gerenciais do Samae, sendo este volume considerado para os três sistemas de abastecimento, já que não havia dados disponíveis por setor. Foi descontado do volume micromedido total, os consumos lidos das ligações isentas de faturamento e com desconto de fatura, que se enquadram no componente “Consumo não faturado” que será apresentado a seguir.

Para o “Consumo não medido faturado” foram consideradas as vendas de água com caminhão-pipa e as vendas de água para piscina que estavam disponíveis através de ordens de serviço no sistema do Samae. O volume total foi estimado a partir da quantidade de cargas descritas nas ordens de serviço, sendo que cada carga tem um volume de 5 m³.

4.3.1.3 Consumo não faturado

Para o subcomponente “Consumo medido não faturado” foram consideradas as ligações de água isentas de faturamento e as com desconto de fatura. As ligações de água isentas de faturamento, se referem às ligações existentes nos terrenos do Samae para seu consumo próprio e às ligações de usuários que alugaram um terreno ou parcela dele para uso da Autarquia. As ligações com descontos de fatura se referem às ligações públicas municipais. Os consumos de ambas as situações foram obtidos a partir dos consumos lidos nos hidrômetros destas ligações.

Para o subcomponente “Consumo não medido não faturado”, foi adotado valor nulo, pois o Samae não possui nenhum registro de medições das descargas de rede realizadas, dos usos de hidrantes para combate a incêndios, limpezas de reservatórios, entre outros usos autorizados não faturados.

4.3.1.4 Consumo não autorizado

Com relação ao subcomponente “Hidrômetros violados, *by-passes* em clientes registrados”, foram considerados o número de notificações de

ocorrência feitas pela Autarquia. A margem de erro adotada para este subcomponente foi de 5%. O valor diário de consumo por cliente foi estimado considerando que para cada ligação (cliente) há 4 habitantes e que o consumo médio per capita em Pomerode é de 161,24 L/hab.dia, segundo dados de 2016 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

O subcomponente “Ligações Clandestinas” foi considerado nulo, por não haver registros de notificações de desse tipo de ocorrência pela Autarquia.

4.3.1.5 Imprecisões dos medidores e erros de manipulação de dados

Para o subcomponente “Erros de Medição” foi considerada a submedição do parque de hidrômetros estimada através do Método da Curva de Desempenho da Medição, que expressa a eficiência média da medição dos hidrômetros em função do seu tempo de instalação. Foi determinada a quantidade de hidrômetros por idade, de acordo com o tempo de instalação, e obteve-se os respectivos volumes micromedidos. Estimou-se o volume de submedição para cada uma das idades através da equação 11:

$$S_i = \left(\frac{VM_i}{IDM_i} \right) \cdot VM_i \quad (11)$$

Onde:

S_i é o Volume de Submedição para idade i [m^3];

IDM_i é o Índice de Desempenho da Medição para a idade i ;

VM_i é o Volume Micromedido de um conjunto de ligações com idade i [m^3].

O Índice de Desempenho da Medição (IDM) foi determinado com a utilização de uma taxa constante de redução da eficiência da medição. De acordo com Depexe e Gasparini (2012, *apud* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO, 2015), a eficiência do parque cai aproximadamente 1% ao ano. Portanto adotou-se a taxa de 1%, considerando que o erro máximo admissível apresentado pelo hidrômetro multijato Classe B de vazão nominal 1,5 m^3 /h, que normalmente é utilizado pelo Samae de Pomerode, é de 5%, segundo Portaria nº 246 do INMETRO.

O Consumo Total foi estimado por meio da soma do Volume Micromedido Total com a Estimativa de Submedição Média Total. O erro de medição percentual foi encontrado através da equação 12:

$$\text{Erro de medição (\%)} = \frac{\text{VMT-CT}}{\text{CT}} \quad (12)$$

Onde:

VMT é o Volume micromedido total [m³];

CT é o Consumo total estimado [m³].

Comparando os dados de micromedição gerados pelo antigo sistema comercial do Samae e o sistema atual implantado em dezembro de 2017, observou-se uma diferença de 5,4% entre os valores, o qual foi adotado como margem de erro de manipulação dos dados.

4.3.1.6 Dados da rede

Os comprimentos totais das redes de distribuição e adução de água tratada foram fornecidos pelo suporte técnico do *Sansys* de acordo com os trechos de rede cadastrados na plataforma GIS do sistema.

Para o subcomponente “Número de clientes (ativos)” foi considerado o número de economias ativas encontrado no diagnóstico do sistema de abastecimento de água. Os dados do diagnóstico também foram utilizados para o subcomponente “Número de ligações de clientes registradas”, onde foram consideradas todas as ligações ativas, e para o subcomponente “Número de contas inativas com ligação existente”, onde foi considerada a diferença entre o número de ligações totais e o número de ligações ativas.

Para o subcomponente “Comprimento médio de ramal predial do limite da propriedade até o hidrômetro” foi considerada a distância máxima de 1,5 metros estabelecida no Artigo 68º do Decreto nº 1.684, de 05 de abril de 2000 e uma margem de erro de 20%, considerando as ligações de água anteriores a essa disposição, que apresentam comprimentos de ramal maiores, e considerando o padrão de ligação adotado a partir de 2015, cujo hidrômetro deve ser instalado no alinhamento predial.

4.3.1.7 Pressão

Os valores de pressão foram medidos com datalogger de pressão portátil entre os dias 13 e 15 de junho de 2018 em 2 hidrômetros residenciais em que o valor da cota do calçamento no local era bem próximo do valor da cota média do sistema de abastecimento.

A cota média do sistema foi determinada pela equipe técnica do ProEESA, através de ferramenta baseada em Sistema de Informação Geográfica (SIG), o QGIS. Foram associados dados altimétricos de um modelo digital de terreno (MDT) e uma série de pontos (espaçados a cada metro) gerados sobre o traçado da rede de distribuição do Samae (em formato *SHP*). A cota média encontrada representa a média estatística obtida para o conjunto de 252.092 pontos.

Após a medição, que durou 43 horas e 30 min, foi calculada a média aritmética dos valores de pressão obtidos.

4.3.1.8 Abastecimento intermitente

Os subcomponentes desta aba do programa foram deixados em branco por não haver áreas com abastecimento intermitente no município.

4.3.1.9 Informação financeira

O subcomponente “Tarifa média” foi calculado dividindo-se o valor total arrecadado em 2017 com a tarifa de água pelo volume total faturado neste mesmo ano.

O subcomponente “Custo variável de produção e distribuição (custo marginal da água)” foi calculado dividindo-se o custo total com despesas de água em 2017 pelo volume total de água produzido neste mesmo ano. No custo total com despesas de água foram consideradas todas as despesas com operação e manutenção do sistema de água e as despesas administrativas, que incluem, por exemplo, despesas com pessoal e encargos sociais, materiais de consumo, equipamentos e máquinas, energia elétrica, entre outros.

4.3.2. Vazão Mínima Noturna

As vazões noturnas foram medidas com medidor de vazão ultrassônico portátil entre as 23h40 e as 4h na saída dos reservatórios das estações de tratamento de água 1 e 3 e entre 0h30 e 3h30 na saída do reservatório da ETA 2. As medições foram feitas nas madrugadas dos dias 22 de maio de 2018 para o SAA 3, 23 de maio de 2018 para o SAA 1 e 08 de junho de 2018 para o SAA 2.

O volume médio diário de perdas não foi calculado, pois não foi possível medir a pressão no momento da medição das vazões, impossibilitando calcular o Fator Noite/Dia, número dado em horas por dia, que

multiplicado pela vazão dos vazamentos (mínima vazão encontrada entre 2h e 4h) resulta no Volume Médio Diário dos Vazamentos, isto é, na Perda Real média do sistema.

Por este motivo realizou-se apenas uma comparação com outros dados do sistema.

4.4. UNIDADES DE CONTROLE E MEDIÇÃO

A proposição de unidades de controle e medição foi realizada com o objetivo de aperfeiçoar o monitoramento das perdas de água e tornar mais eficiente as suas ações de redução, já que a setorização do sistema facilita o controle ativo de vazamentos, reduzindo o tempo de conhecimento dos vazamentos.

Os Distritos de Medição e Controle (DMC) foram estabelecidos juntamente com o setor técnico do Samae em função da posição geográfica, fluxo de água e topografia. Foi utilizado para essa setorização o mapa da rede de distribuição de água e mapa planialtimétrico do município. Esta setorização foi realizada por meio do módulo *GIS* do *software Sansys*, de forma semelhante ao processo de elaboração do traçado do SAA 1, SAA 2 e SAA 3, descrito no item 4.2.

A partir desta setorização, foi realizada a indicação de instalação de macromedidores de vazão e ensaios pitométricos em pontos estratégicos da rede, sendo estes últimos definidos a partir da cota média de cada DMC e pontos desfavoráveis da rede. As cotas médias dos DMCs foram determinadas pela equipe técnica do ProEESA por meio do *software QGIS*, de forma semelhante ao processo de definição da cota média do sistema de abastecimento, descrito no item 4.3.1.7. O gerenciamento de pressões nas redes de distribuição, através dos ensaios pitométricos, permite reduzir as perdas de água, por meio da redução de pressões excessivas, e eliminar variações bruscas de pressão, que causam o rompimento de tubulações.

Foi indicada também a implantação de sistema de automação e telemetria com a criação de um Centro de Controle Operacional (CCO), onde estariam disponíveis informações do sistema de abastecimento em tempo real. Através do CCO será possível monitorar as ETAs, estações elevatórias, reservatórios e medidores de vazão e pressão, bem como armazenar e apresentar dados históricos e emitir alarmes da ocorrência de vazamentos, falhas de operação, falhas de equipamentos, valores anormais de níveis, pressões e vazões.

Com as informações de cada DMC disponíveis através do CCO, foi proposta a realização de análise das vazões mínimas noturnas, a fim de se identificar pontos de vazamento na rede de distribuição, bem como a análise do balanço hídrico destas áreas. Essas análises, se realizadas com uma boa periodicidade, irão auxiliar na localização de vazamentos não visíveis, reduzindo a área de busca, e na análise da necessidade de troca de hidrômetros defasados.

Indicou-se também a implantação da modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de água, que tem por objetivo auxiliar na tomada de decisões de cunho de planejamento, operação e manutenção. O modelo hidráulico representa o sistema real ou futuro e utiliza as informações cadastrais de redes, curvas de nível, consumos de água, funcionamento de bombas e reservatórios, entre outros, obtendo como resultado respostas que podem auxiliar o setor técnico na definição da melhor alternativa para um determinado problema.

4.5. CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS

A partir do diagnóstico realizado do sistema de abastecimento de água e dos resultados obtidos com o balanço hídrico, foi possível traçar estratégias de ação para controlar e reduzir as perdas de água. Entre as medidas propostas, destacam-se a atualização do parque de hidrômetros para redução das perdas aparentes, o controle ativo de vazamentos juntamente com a agilidade e a qualidade nos reparos para redução das perdas reais e um gerenciamento da infraestrutura existente, buscando elevar a taxa de reabilitação de tubulações.

A definição dos hidrômetros a serem substituídos se baseou nos relatórios gerados de caracterização do parque de hidrômetros, priorizando-se a troca dos hidrômetros mais antigos e os que apresentam problemas de leitura indicados através das ocorrências de leitura pela equipe técnica. Após o pleno funcionamento dos DMCs e do CCO, será possível priorizar áreas para a troca de hidrômetros analisando os índices de perdas aparentes.

A indicação das áreas para realização do controle ativo de vazamentos foi definida com base nos setores já constituídos fisicamente, com proposta de medição de vazão mínima noturna de cada setor, por meio do uso do medidor de vazão ultrassônico portátil modelo PF330 marca NIVETEC, adquirido em 2017 e do datalogger de pressão marca HWM, adquirido em 2014, e localização de vazamentos com haste de escuta e geofone modelo XLT-17 marca Fischer já existente na Autarquia desde

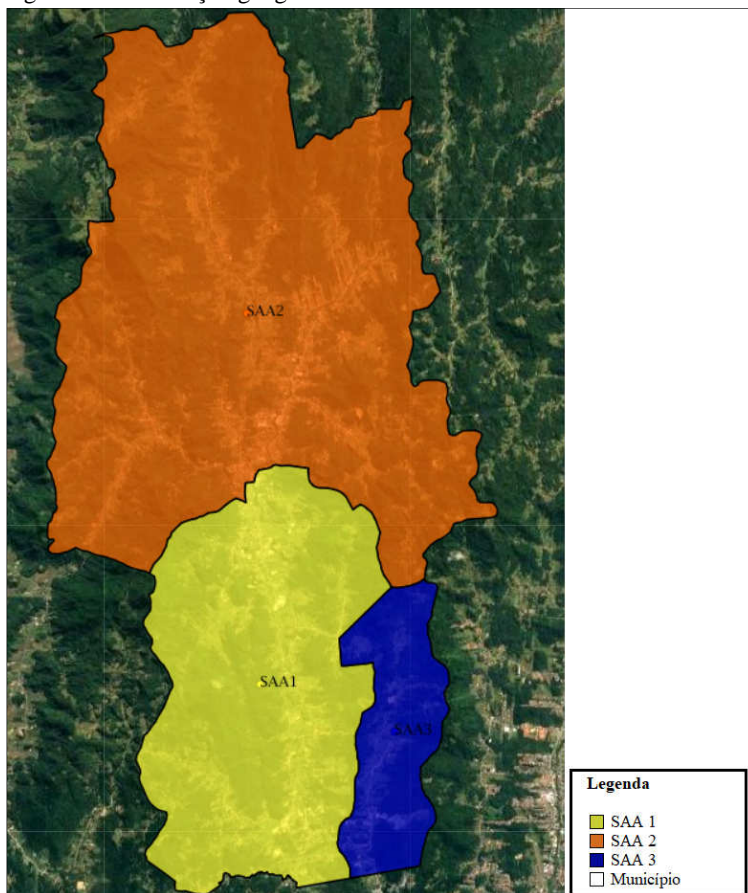
2009. Futuramente os setores de abastecimento existentes poderão ser divididos em áreas menores, no caso em DMCs, e a indicação das áreas para controle ativo dos vazamentos será mais precisa, podendo assim reduzir o tempo de busca e conseqüentemente o volume de água perdido.

5. RESULTADOS

5.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

O Sistema de Abastecimento de Água de Pomerode é dividido em três setores, de acordo com a área de abrangência das Estações de Tratamento de Água. A representação desta setorização é apresentada pelo mapa da Figura 14. A geração deste mapa foi essencial para a obtenção das informações e, conseqüentemente, de um diagnóstico específico de cada setor.

Figura 14. Setorização geográfica dos sistemas de abastecimento



Fonte: Autor.

5.1.1. Ligações e economias dos setores de abastecimento

Com a setorização apresentada na Figura 14, foi possível obter a quantidade de ligações de água atendidas por cada setor de abastecimento, o que é imprescindível para determinar o consumo de água dos setores. Na Tabela 1 é possível observar que o SAA 1 abastece 38,79% do município, o SAA 2 abastece 59,06% e o SAA 3 abastece 2,15%. Estes dados são referentes ao último dia do ano de 2017.

Tabela 1. Ligações de água por setores de abastecimento.

Setor de Abastecimento	Quantidade de ligações de água	%
SAA 1	3580	38,79
SAA 2	5451	59,06
SAA 3	198	2,15
Total	9229	100

Fonte: Autor.

Além disso, foi obtida a quantidade de economias e ligações de água por tipo de categoria e pela situação da ligação apresentada na Tabela 2. Estes dados são referentes ao último dia do ano de 2017.

Tabela 2. Economias e ligações de água por categoria e situação da ligação.

Categoria	Situação da ligação de água	Economias de água	Ligações de água
Residencial	Ativa	7641	7261
	Cortada	368	363
	Cancelada	22	21
	Total	8031	7645
Comercial	Ativa	1343	1318
	Cortada	180	179
	Cancelada	8	81
	Total	1531	1505
Pública	Ativa	75	75
	Cortada	4	4
	Total	79	79
Total	Ativa	9059	8654
	Cortada	552	546
	Cancelada	30	29
	Total	9641	9229

Fonte: Autor.

Destas ligações de água foram contabilizadas ligações isentas de faturamento e as ligações com desconto de fatura, as quais são apresentadas na Tabela 3. Estes dados são referentes ao último dia do ano de 2017.

Tabela 3. Ligações isentas de faturamento e com desconto de fatura.

Ligações de Água	Quantidade
<i>Ligações isentas:</i>	
- Ligações próprias nas dependências do Samae	04
- Ligações de usuários que alugaram um terreno ou parcela dele para uso da Autarquia	04
<i>Ligações com desconto de fatura (públicas municipais)</i>	45

Fonte: Autor.

5.1.2. Volume de produção de água e volume micromedido

O volume de água produzido por cada Estação de Tratamento de Água referente ao ano de 2017 é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Produção de água de Pomerode em 2017

Mês	Produção de água (m³)			
	SAA 1	SAA 2	SAA 3	Total
Janeiro	112.031	109.021	5.546	226.598
Fevereiro	102.570	99.326	5.360	207.256
Março	112.428	104.076	5.647	222.151
Abril	112.428	105.219	4.844	222.491
Mai	107.854	106.725	6.697	221.276
Junho	108.777	115.622	4.740	229.139
Julho	117.151	124.634	5.790	247.575
Agosto	111.409	120.898	5.171	237.478
Setembro	115.785	122.722	3.938	242.445
Outubro	109.347	125.432	3.373	238.152
Novembro	105.642	121.094	3.543	230.278
Dezembro	111.438	122.782	3.804	238.024
TOTAL	1.326.861	1.377.551	58.453	2.762.865

Fonte: Autor.

O consumo de água indicado pelo volume micromedido e volume faturado ao ano de 2017 é apresentado na Tabela 5. Como a micromedição por setor só foi possível de ser obtida a partir de dezembro de 2017, quando foi

implantado o software *Sansys*, os dados apresentados se referem ao volume total de todo o sistema.

Tabela 5. Consumo de água de Pomerode em 2017.

	Volume micromedido (m³)	Volume faturado (m³)
SAA 1, SAA 2 e SAA 3	1.610.775	1.685.861

Fonte: Autor.

5.1.3. Parque de Hidrômetros

A quantidade de hidrômetros em função de sua idade referente aos setores de abastecimento de água do município é apresentada na Tabela 6. A quantidade de hidrômetros com idade superior a 5 anos é de 1.956 no SAA 1, 3.466 no SAA 2 e 4 no SAA 3. Este último setor de abastecimento apresenta uma quantidade pequena de hidrômetros com idade superior a 5 anos, porque no ano de 2017 foi realizado um programa de controle e redução de perdas na região, onde houve a troca de vários hidrômetros.

Tabela 6. Parque de Hidrômetros por setor de abastecimento

IDADE (anos)	QUANTIDADE DE HIDRÔMETROS			
	SAA 1	SAA 2	SAA 3	TOTAL
1	303	436	156	895
2	211	423	11	645
3	119	187	4	310
4	573	483	12	1068
5	418	456	11	885
6	202	325	1	528
7	244	471	0	715
8	149	248	0	397
9	175	266	1	442
10	107	176	0	283
11	59	138	0	197
12	109	164	0	273
13	88	132	0	220
14	116	149	2	267
15	124	178	0	302
16	113	109	0	222

IDADE (anos)	QUANTIDADE DE HIDRÔMETROS			
	SAA 1	SAA 2	SAA 3	TOTAL
17	470	1110	0	1580
TOTAL	3580	5451	198	9229

Fonte: Autor.

A partir desses dados, determinou-se a idade média do parque de hidrômetros de cada setor:

- SAA 1 = 8,0 anos;
- SAA 2 = 8,8 anos;
- SAA 3 = 1,7 anos.

A idade do parque de hidrômetros apresentada pode apresentar variações da realidade instalada, pois, devido à troca recente do sistema comercial da Autarquia, nos relatórios gerados não constava a data de instalação do hidrômetro quando era realizado a sua substituição. Portanto essa atualização foi realizada de forma manual, onde a data de instalação foi definida com base nos números iniciais do código do hidrômetro, que informam seu ano de fabricação, e na data da situação da ligação de água, que indica quando ocorreu a última mudança na ligação. A partir de dezembro de 2017, o registro da data de instalação está sendo realizado corretamente na Autarquia, fazendo com que futuramente a informação da idade dos hidrômetros seja mais precisa.

5.1.4. Rede de distribuição

O sistema de abastecimento de água possui um total de, aproximadamente, 250 km de extensão de rede de distribuição, com predominância do material PVC. A extensão de rede por setor e por tipo de material é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Extensão da rede de distribuição por setor e por tipo de material.

Material	Quantidade de rede (km)			TOTAL (km)
	SAA1	SAA2	SAA3	
PVC	89,48	119,29	14,39	223,16
Vinilfer (DEFoFo)	10,14	13,24	0	23,38
Fofo	0	3,02	0	3,02
Amianto	0	0,61	0	0,61
TOTAL (km)	99,62	136,16	14,39	250,17

Fonte: Autor.

Nos últimos cinco anos, algumas redes de distribuição foram substituídas, totalizando 3,7 km, conforme pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8. Extensão de redes reabilitadas nos últimos 5 anos.

Local	Setor de abastecimento	Quantidade reabilitada (km)	Ano
R. Waldo Struck	SAA 1	1,2	2015
R. Vitória	SAA 2	1,0	2015
Trecho entre R. Vitória e R. Rega III	SAA 2	0,3	2015
R. Ricardo Krueger	SAA 2	0,6	2015
R. Norberto Raduenz	SAA1	0,6	2017
Total (km)		3,7	

Fonte: Autor.

5.1.5. Indicadores de desempenho

A partir das informações obtidas e apresentadas anteriormente, foi possível caracterizar o sistema para a avaliação das perdas de água por meio de indicadores.

Os valores dos dados utilizados para o cálculo dos indicadores de desempenho são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Dados utilizados no cálculo dos indicadores de desempenho

Dado	Valor
AG002 - Quantidade de ligações ativas de água	8.654
AG004 - Quantidade de ligações ativas de água micromedidas	8.654
C8 ou AG005 - Extensão da rede de água	250,17
AG006 - Volume de água produzido (m ³)	2.762.865
AG010 - Volume de água consumido (m ³)	1.610.775
AG011 - Volume de água faturado (m ³)	1.685.861
AG018 - Volume de água tratada importado (m ³)	0
AG024 - Volume de serviço (m ³)	0
H1 - Hidrômetros com idade superior a 5 anos	4.897
H2 - Total de hidrômetros	9.229

Dado	Valor
D20 - Comprimento total de rede de distribuição e adução reabilitadas (km)	3,7

Fonte: Autor.

O volume de água tratada importado foi considerado zero, porque o Samae não realiza nenhuma importação de água. O volume de serviço foi também considerado zero por não haver registro de dados para estimar esse valor.

Os resultados dos indicadores de desempenho, calculados através das equações descritas no item 3.4 deste trabalho, são apresentados na Tabela 10. A terceira coluna desta tabela apresenta a classificação do indicador de acordo com os valores de referência estabelecido pela equipe do ProEESA.

Tabela 10. Resultados da caracterização do sistema por meio dos indicadores de desempenho para o ano de 2017.

Indicador	Resultado	Classificação
1. Índice de perdas de Faturamento (%)	38,98	Insatisfatório
2. Índice de hidrometração (%)	100,00	Bom
3. % hidrômetros com idade superior a 5 anos (%)	53,06	Insatisfatório
4. Índice de perdas na distribuição (%)	41,70	Insatisfatório
5. Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)	364,73	Insatisfatório
6. Índice Bruto de Perdas lineares (m ³ /dia/km)	12,62	Insatisfatório
7. Reabilitação de tubulações (%)	0,30	Insatisfatório

Fonte: Autor.

5.2. BALANÇO HÍDRICO

Os resultados obtidos em cada um dos componentes e subcomponentes do balanço hídrico a fim de obter os valores de perdas reais e aparentes do sistema de abastecimento de água de Pomerode estão resumidos na Tabela 11 e serão descritos nos itens a seguir.

Tabela 11. Resultados dos componentes e subcomponentes de entrada do balanço hídrico

Componentes Dados de Entrada	Subcomponentes		
1. Volume de entrada no sistema	1.1 Fontes de água ETA 1 = 1.326.861 m ³ ETA 2 = 1.377.551 m ³ ETA 3 = 58.521 m ³	1.2 Margem de erro e = 14,5% e = 3,9% e = 0,5%	
2. Consumo faturado	2.1 Consumo medido faturado Volume micromedido = 1.610.775 m ³	2.2 Consumo não medido faturado Vendas de água com caminhão-pipa = 35 m ³ Venda de água para piscina = 70 m ³	
3. Consumo não faturado	3.1 Consumo medido não faturado Volume isento de faturamento = 891 m ³ Volume desconto de fatura = 22.715 m ³	3.2 Consumo não medido não faturado Volume descarga de rede, hidrante, etc. = 0	
4. Consumo não autorizado	4.1 Hidrômetros violados, by-passes em clientes registrados 9 4.2 Ligações Clandestinas Não houve registros de ligações clandestinas, sendo adotado valor nulo para esse subcomponente.	4.3 Margens de Erro e = 5%	4.4 Consumo [litro/cliente/dia] 645 L/cliente/dia
5. Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados	5.1 Submedição 13,09% 5.2 Erros de manipulação de dados (escritório) 87.712 m ³	5.3 Margens de Erro e = 5% e = 5%	
6. Dados da rede	6.1 Redes de distribuição e adutoras Extensão total = 250,17 km	6.3 Margens de erro e = 5%	

Componentes Dados de Entrada	Subcomponentes
	<p>6.2 Ramais prediais</p> <p>Número de clientes ativos = 9.059 e = 5%</p> <p>Número de ligações de clientes registrados = 8.654 e = 5%</p> <p>Número de contas inativas com ligação existente = 575 e = 5%</p> <p>Comprimento médio do ramal predial do limite da propriedade até o hidrômetro = 1,5 m e = 20%</p>
7. Pressão	<p>7.1 Área Pomerode</p> <p>7.2 Número de ligações aproximado 9.229</p> <p>7.3 Pressão média diária 41,56 mca</p>
8. Abastecimento intermitente	Os subcomponentes desta aba do programa foram deixados em branco por não haver áreas com abastecimento intermitente no município.
9. Informação financeira	<p>9.1 Tarifa média R\$ 3,54</p> <p>9.2 Custo variável de produção e distribuição (custo marginal da água) R\$ 2,33</p>

Fonte: Autor.

5.2.1. Volume de entrada no sistema

O volume de água produzido na ETA 1 em 2017 foi de 1.326.861 m³. Devido à falta de confiabilidade da medição com o uso do vertedor triangular foi calculado uma margem erro a partir dos dados apresentados na Tabela 12, que mostra as vazões utilizadas pelos operadores da ETA 1 e as vazões medidas com o macromedidor. A margem de erro resultante foi de 14,5%.

Tabela 12. Medições comparativas de vazão da ETA 1

H (cm)	Q _{tabela} (l/s)	Q _{macromedidor} (l/s)
13	9,37	11
14	10,7	13
15	12,7	16
16	15	18
17	17,4	21
18	19,1	24
19	20,7	28
20	27,8	32
21	35,5	37
22	42	39
23	47	42
24	49,6	48

Fonte: Autor.

O volume de água produzido na ETA 2 em 2017 foi de 1.377.551 m³. A margem de erro utilizada para este volume foi de 3,9%.

Na ETA 3, o volume de água produzido em 2017 foi de 58.453 m³, sendo adotada a margem de erro de 0,5%.

5.2.2. Consumo faturado

Para o subcomponente “Consumo medido faturado” foi utilizado um volume micromedido total de 1.610.775 m³, sendo descontado do volume micromedido total os consumos não faturados decorrentes das categorias isentas e com desconto por contrato, que contabilizaram, respectivamente, 891 m³ e 22.715 m³.

No “Consumo não medido faturado” foram consideradas as vendas de água com caminhão-pipa, com volume total de 35 m³, e as vendas de água para piscina, com volume total de 70 m³.

5.2.3. Consumo não faturado

Para o “Consumo medido não faturado”, decorrentes das categorias isentas de faturamento e com desconto na fatura, foi contabilizado, respectivamente, 891 m³ e 22.715 m³.

Para o “Consumo não medido não faturado” foi adotado o valor nulo.

5.2.4. Consumo não autorizado

Com relação ao subcomponente “Hidrômetros violados, *by-passes* em clientes registrados”, foram encontradas 9 (nove) ocorrências deste tipo em 2017. Não houve registros de ligações clandestinas, sendo adotado valor nulo para esse subcomponente.

O consumo médio diário por cliente considerado foi de 645 l/cliente/dia.

5.2.5. Imprecisões dos medidores e erros de manipulação de dados

O volume micromedido utilizado para o cálculo da submedição do parque de hidrômetros foi obtido das leituras realizadas de julho de 2017 a janeiro de 2018, totalizando um volume de 764.223 m³ em 6 meses de micromedição. O resultado da submedição estimada na micromedição através do Método da Curva de Desempenho da Medição nos seis últimos meses de 2017 está apresentado na Tabela 13.

O volume de submedição semestral encontrado é de, aproximadamente, 109.992 m³, sendo que o volume entregue para consumo foi de, aproximadamente, 874.215 m³. Com isso foi possível estimar um erro de medição percentual através da equação 12, tendo-se como resultado um erro de 13,09%.

Tabela 13. Resultado da submedição estimada na micromedição

Idade (anos)	Quantidade de Hidrometros	Volume micromedido (m³)	IDM (%)	Estimativa de submedição média (m³)	Estimativa de consumo médio (m³)
0	896	147.399	95	7.757,84	155.156,84
1	645	51.096	94	3.261,45	54.357,45
2	310	25.003	93	1.881,95	26.884,95
3	1.068	95.685	92	8.320,43	104.005,43
4	885	66.369	91	6.563,97	72.932,97
5	528	40.689	90	4.521,00	45.210,00
6	715	52.614	89	6.502,85	59.116,85
7	397	26.587	88	3.625,50	30.212,50
8	442	37.189	87	5.556,98	42.745,98
9	283	19.248	86	3.133,40	22.381,40
10	197	10.877	85	1.919,47	12.796,47
11	273	16.200	84	3.085,71	19.285,71
12	219	14.429	83	2.955,34	17.384,34
13	267	20.646	82	4.532,05	25.178,05
14	302	19.376	81	4.544,99	23.920,99
15	222	13.636	80	3.409,00	17.045,00
16	1.580	107.180	79	28.490,89	135.670,89
TOTAL	9.229	764.223		100.062,81	864.285,81

Fonte: Autor.

Para o subcomponente “Erros de manipulação de dados (escritório)” foi contabilizado um volume de 87.712 m³. A margem de erro adotada para este caso foi de 5,4%.

5.2.6. Dados da rede

Para o subcomponente “Redes de distribuição e adutoras” foi contabilizado um comprimento total das redes de distribuição e adução de 250,17 km.

Para o subcomponente “Número de clientes (ativos)” foi utilizado o valor de 9.059 economias com ligação ativa. Para o “Número de ligações de clientes registrados” foram contabilizadas 8.654 ligações ativas, e para o subcomponente “Número de contas inativas com ligação existente” foram contabilizadas 575 ligações.

Para o subcomponente “Comprimento médio de ramal predial do limite da propriedade até o hidrômetro” foi considerada a distância 1,5 m e uma margem de erro de 20%.

5.2.7. Pressão

A cota média encontrada para o sistema de abastecimento do município de Pomerode foi de 75,94 m. A pressão média obtida através da medição de pressão em dois pontos do sistema, com valor de cota próximos ao valor da cota média do sistema, foi de 41,56 mca.

5.2.8. Abastecimento Intermitente

Os subcomponentes desta aba do programa foram deixados em branco por não haver áreas com abastecimento intermitente no município.

5.2.9. Informação financeira

O valor total arrecadado em 2017 com a tarifa de água foi de R\$5.881.985,34 e o volume total faturado neste mesmo ano foi de 1.662.255 m³, o que resultou em uma “Tarifa média” de R\$3,54.

O custo total com despesas de água em 2017 foi de R\$6.442.670,54 e o volume total de água produzido foi de 2.762.865 m³. Com isso, obteve-se um “Custo variável de produção e distribuição (custo marginal da água)” de R\$2,33.

5.2.10. Resultado do Balanço Hídrico

A Figura 15 apresenta o resultado final do balanço hídrico para o sistema de abastecimento do Samae de Pomerode no ano de 2017 obtido através do software *WB-Easy Calc*.

Neste balanço, foram obtidos como resultados um valor de perdas aparentes de 13,20% e um resultado de perdas reais de 28,49%. O resultado apresenta valores altos, porém já esperados devido à diferença entre o volume micromedido e produzido, somado ao fato de não ser realizado nenhum trabalho constante para o controle ativo de vazamentos e devido às altas pressões de serviço na rede de distribuição. Esses resultados demonstram a necessidade de se dar mais atenção às ações voltadas para a redução das perdas reais, como controle de pressão, gerenciamento das infraestruturas existentes no sistema, controle ativo de vazamentos e qualidade e agilidades nos reparos.

As imprecisões dos medidores e erros de manipulação de dados apresentaram um resultado de 13,13% devido à idade do parque de hidrômetros e à troca do sistema do comercial e técnico da Autarquia. Esse resultado mostra a importância de se realizar a atualização do parque de hidrômetros, o que confirma com a idade média alta, em torno de 8 anos, encontrada no diagnóstico para os SAAs 1 e 2.

Além disso, outro resultado importante do Balanço Hídrico é o volume de água que o Samae deixa de faturar, que representa 42,55% do volume de água distribuído. Considerando que o faturamento do Samae com a tarifa de água em 2017 foi de R\$5.881.985,34, isso significa que a Autarquia deixou de arrecadar com as perdas de água cerca de R\$ 4.269.430,61 e cerca de R\$ 87.026,76 com as unidades isentas e aquelas que apresentam desconto na fatura.

O método do Balanço Hídrico se trata de um método onde, primeiramente, determina-se as perdas aparentes para, posteriormente, se obter as perdas reais através da diferença entre as perdas totais e as aparentes. Por este motivo, as incertezas de medição e os erros de tratamento de dados se acumulam às perdas reais, e, no caso deste balanço hídrico, geraram uma margem de erro de 25,4% para estas perdas. Uma forma de minimizar esse problema, é combinar este método com o método das vazões mínimas noturnas para determinar as perdas reais, diminuindo assim a margem de erro para esse resultado.

Figura 15. Resultado do Balanço Hídrico de Pomerode obtido com o *WB-Easy Calc*.

Volume de Entrada no Sistema 2.762.865 m3/ano Margem de erro [+/-] 7,2%	Consumo autorizado 1.610.880 m3/ano 58,30 % Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo autorizado faturado 1.587.274 m3/ano 57,45 %	Consumo medido faturado 1.587.169 m3/ano 57,45 %	Água faturada 1.587.274 m3/ano 57,45 %	
			Consumo não medido faturado 105 m3/ano 0,004 %		
		Consumo autorizado não faturado 23.606 m3/ano 0,85 % Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo medido não faturado 23.606 m3/ano 0,85 %		
			Consumo não medido não faturado 0 m3/ano 0,00 % Margem de erro [+/-] 0,0%		
		Perdas de água 1.151.985 m3/ano 41,70 % Margem de erro [+/-] 17,3%	Perdas Aparentes 364.832 m3/ano 13,20 % Margem de erro [+/-] 3,8%	Consumo não autorizado 2.119 m3/ano 0,08 % Margem de erro [+/-] 5,0% Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 362.713 m3/ano 13,13 % Margem de erro [+/-] 3,8%	Água não faturada 1.175.591 m3/ano 42,55 % Margem de erro [+/-] 17,0%
			Perdas Reais 787.153 m3/ano 28,49 % Margem de erro [+/-] 25,4%		

Fonte: Autor.

5.3. VAZÃO MÍNIMA NOTURNA

Os volumes de água obtidos com a medição de vazão realizada durante a madrugada na saída dos reservatórios de cada sistema a fim de determinar a vazão mínima noturna são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Consumo de água acumulado (m³) no período da madrugada.

Horário	Consumo acumulado (m³)		
	SAA 1	SAA 2	SAA 3
23:40	0	-	0
00:00	31,12	-	1,85
00:30	59,4	0	4,26
01:00	90,4	15	6,65
01:30	116,95	75	8,35
02:00	144,44	104	10,26
02:30	169,5	132	12,52
03:00	193,29	158	14,45
03:30	211,66	181	16,33
04:00	236,27	-	17,92

Fonte: Autor.

A partir destes dados foi possível determinar as vazões a cada hora e obter a vazão mínima noturna. Como pode-se observar na Tabela 15, ela ocorre das 3h00 às 4h00 no SAA 1 e SAA 3 e das 2h30 às 3h30 no SAA2.

Tabela 15. Vazões noturnas medidas na saída dos reservatórios dos SAAs 1, 2 e 3

Intervalo Horário	Vazão (m³/h)
SAA 1	
00:00 – 01:00	59,3
01:00 – 02:00	54,0
02:00 – 03:00	48,9
03:00 – 04:00	43,0
SAA2	
00:30 – 01:30	75,0
01:30 – 02:30	57,0
02:30 – 03:30	49,0
SAA 3	
00:00 – 01:00	4,8
01:00 – 02:00	3,6
02:00 – 03:00	4,2
03:00 – 04:00	3,5

Fonte: Autor.

No SAA 1, a vazão mínima noturna encontrada foi de 43,0 m³/h, valor extremamente alto se considerarmos que a ETA 1 trata em média 165,6 m³/h. Considerando que no momento de sua ocorrência há pouco consumo e por isso as pressões no sistema atingem o máximo, uma parcela significativa do seu valor refere-se às vazões dos vazamentos, representando, aproximadamente, 26% da vazão de água produzida pela estação de tratamento.

A vazão mínima noturna encontrada para o SAA 2 foi de 49 m³/h, valor também muito alto, considerando que a ETA 2 trata em média 176,4 m³/h. Com o mesmo raciocínio realizado para o SAA 1, é possível notar que a parcela referente às vazões dos vazamentos representa, aproximadamente, 28% da vazão de água produzida pela ETA 2.

No SAA 3, a vazão mínima noturna encontrada foi de 3,5 m³/h. O SAA 3 é o menor entre os três sistemas e conta somente com 201 ligações. Considerando que esta vazão representa o volume de perdas reais no sistema, obtém-se uma perda real de 17,26 l/ligação em um intervalo de apenas 1 hora.

5.4. UNIDADES DE CONTROLE E MEDIÇÃO

Com a setorização do sistema de abastecimento foram definidas áreas para realização do monitoramento de variáveis importantes do sistema, sendo sugerido o monitoramento de:

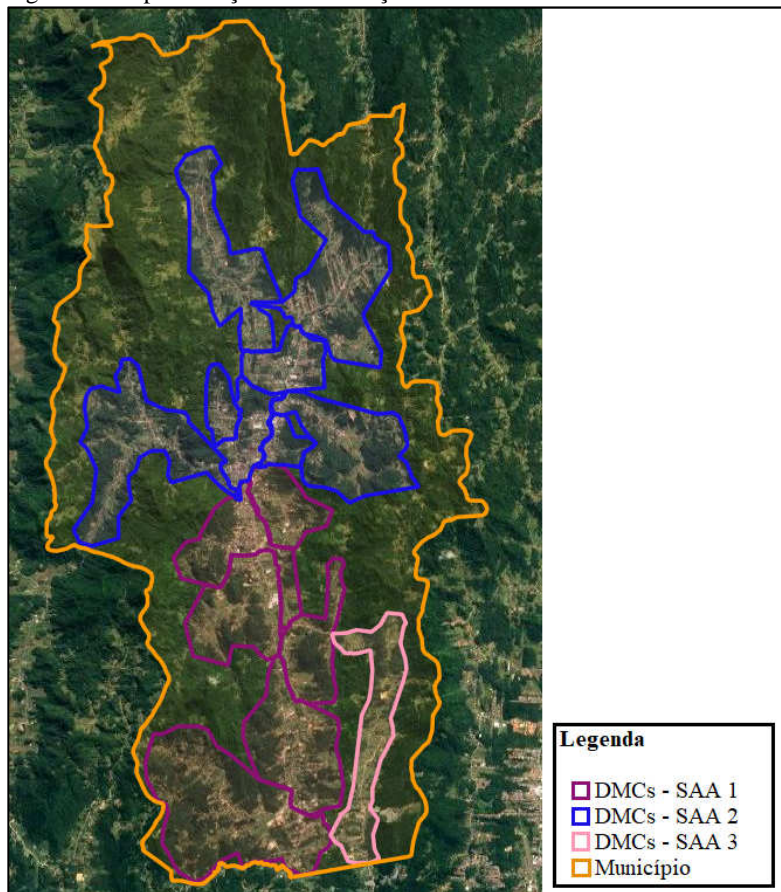
- Volumes disponibilizados à distribuição;
- Vazões mínimas noturnas;
- Pressão na rede ao longo do dia;
- Volumes consumidos pelos usuários.

Foram definidos juntamente com a equipe técnica do Samae de Pomerode 15 (quinze) DMCs, sendo:

- 06 no SAA 1;
- 08 no SAA 2;
- 01 no SAA 3.

A setorização física proposta dos DMCs é apresentada na Figura 16.

Figura 16. Representação da setorização dos DMCs



Fonte: Sansys.

A quantidade de ligações de água de cada DMC, com dados referentes a junho de 2018, pode ser vista na Tabela 16.

Tabela 16. Quantidade de ligações de água por DMC.

	SAA 1	SAA 2	SAA 3
DMC 1	589	1213	201
DMC 2	1247	365	-
DMC 3	472	822	-
DMC 4	233	421	-

	SAA 1	SAA 2	SAA 3
DMC 5	497	559	-
DMC 6	565	1193	-
DMC 7	-	600	-
DMC 8	-	330	-
TOTAL	3603	5503	201

Fonte: Autor.

A macromedição dos DMCs é fundamental para a gestão dos sistemas de abastecimento de água, subsidiando elementos importantes para um diagnóstico operacional. Portanto, foi proposta a instalação de medidores de vazão eletromagnéticos para cada um dos DMCs, a fim de se ter um monitoramento permanente de vazões. A localização proposta para a instalação dos medidores de vazão, definida juntamente com o setor técnico do Samae, é apresentada no Quadro 6.

Quadro 6. Localização proposta para a instalação dos medidores de vazão.

Sistema	DMC	Localização do medidor de vazão
SAA 1	DMC 1	R. Paulo Zimmermann na altura do número 56
	DMC 2	R. Heinrich Passold – na saída do reservatório da ETA 1
	DMC 3	Av. 21 de Janeiro após R. Hermann Guenther e antes do número 3.540.
	DMC 4	R. Erwin Krueger na altura do número 75
	DMC 5	R. XV de Novembro na altura do número 4.990
	DMC 6	R. XV de Novembro na altura do número 9.556
SAA 2	DMC 1	Início da R. Carlos Belz próximo à esquina com R. Testo Alto
	DMC 2	R. Progresso em frente a R. Arthur Baumann
	DMC 3	Saída da ETA 2
	DMC 4	Entrada da R. Ribeirão Areia na esquina com a Av. 21 de Janeiro
	DMC 5	R. Hermann Weege esquina com R. Gustav Weber
	DMC 6	R. Luiz Abry esquina com Rubens Volkmann
	DMC 7	Entrada da R. Castelo Branco próximo à esquina com R. Luiz Abry
	DMC 8	Entrada da R. Frederico Weege próximo à esquina com Av. 21 de Janeiro
SAA 3	DMC 1	R. Vale do Selke Grande, na saída da ETA 3

Fonte: Autor.

É de suma importância também dotar o sistema de pontos de medição de pressão. A pressão de serviço na rede de distribuição de água é o parâmetro operacional mais importante na vazão dos vazamentos e na frequência de sua ocorrência. Neste sentido, foram definidos 15 pontos estratégicos para a sua realização de acordo com as cotas médias de cada DMC apresentadas na Tabela 17, além de sua realização nos pontos mais desfavoráveis, como finais de rede e cotas elevadas, já realizados pela Autarquia. Esse monitoramento vai permitir gerenciar as pressões nas redes de distribuição, de forma que se busque a operação do sistema com níveis de pressão que atendam aos mínimos especificados nas horas de consumo máximo. A localização proposta para o monitoramento de pressão é apresentada no Quadro 7.

Tabela 17. Cota média dos Distritos de Medição e Controle dos Sistemas de Abastecimento de Água.

SAA	DMC	Cota média
SAA 1	DMC1	74,20
	DMC2	68,21
	DMC3	60,06
	DMC4	60,92
	DMC5	54,64
	DMC6	55,81
SAA 2	DMC1	82,13
	DMC2	83,52
	DMC3	75,98
	DMC4	78,25
	DMC5	84,53
	DMC6	68,99
	DMC7	74,21
	DMC8	120,18
SAA 3	DMC1	94,44

Fonte: Autor.

Quadro 7. Localização proposta para o monitoramento de pressão.

Sistema	DMC	Localização para monitoramento de pressão
SAA 1	DMC 1	R. Luiz Karsten na altura do número 88
	DMC 2	R. Karl Guenther na altura do número 343
	DMC 3	R. Augusto Schluter na altura do número 595
	DMC 4	R. Vale do Selke Pequeno na altura do número 2.487
	DMC 5	R. XV de Novembro na altura do número 7.048
	DMC 6	R. Ribeirão Souto na altura do número 1.296
SAA 2	DMC 1	R. Carlos Belz na altura do número 820
	DMC 2	R. Gustavo Lemke na altura do número 50
	DMC 3	R. Carlos Mueller na altura do número 160
	DMC 4	R. Alberto Maass na altura do número 153
	DMC 5	R. Carlos Dorn na altura do número 251
	DMC 6	R. Alberto Spredemann na altura do número 396
	DMC 7	R. Heinrich Hass na altura do número 171
	DMC 8	R. Erwin Just na altura do número 85
SAA 3	DMC 1	R. Vale do Selke Grande na altura do número 4.320

Fonte: Autor.

De forma a obter mais eficiência na aquisição e tratamento dos dados monitorados, estes devem ser transmitidos por telemetria a uma central, possibilitando acompanhar a evolução dos parâmetros em tempo real, a geração de gráficos, geração de históricos e tendências, de terminação de alarmes a partir da identificação de eventuais alterações na operação do sistema, além de permitir que o operador atue sobre o processo através do envio de telecomandos.

Para a implantação do sistema de automação e telemetria, com Centro de Controle Operacional (CCO) localizado na sede do escritório do Samae de Pomerode, foram levantadas as seguintes unidades operacionais da Autarquia a serem monitoradas:

- 22 unidades de bombeamento;
- 3 unidades de reservação;
- 15 Distritos de Medição e Controle;

A partir das informações dos DMCs disponíveis através do CCO, propõe-se a realização diária de análise das vazões mínimas noturnas de cada distrito, a fim de se identificar pontos de vazamento na rede de distribuição. Além disso, indica-se que seja realizada mensalmente uma análise anualizada do balanço hídrico destas áreas, que auxiliaria em decisões como: atualização de parque de hidrômetros, análises de faturamento com

tarifa de água, substituição de redes de distribuição, gerenciamento de pressão nas redes, controle ativo de vazamentos, entre outros.

A associação destas informações com a implantação de uma modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de água potencializa as possibilidades de análise e gestão. Deste modo, indica-se também que seja realizada a modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de água, a fim de auxiliar o setor técnico na tomada de decisões de planejamento, manutenção e operação do SAA de Pomerode.

5.5. CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS

A partir do diagnóstico realizado do sistema e dos resultados do balanço hídrico e das vazões noturnas, foram propostas estratégias de ação para o controle e redução de perdas reais e aparentes no sistema de abastecimento de água do município de Pomerode.

5.5.1. Controle e Redução de Perdas Reais

Para controlar as perdas reais de água no SAA foram propostas 07 (sete) atividades divididas em 02 (duas) áreas de ação.

A primeira destas áreas está relacionada com as ações de controle ativo de vazamentos e de agilidade e qualidade nos reparos. Estas ações foram unidas em um mesmo tópico pela relação entre elas, de modo que para garantir a eficácia do controle ativo de vazamento, deve-se ter agilidade e qualidade nos reparos. As atividades propostas para essa área de ação foram:

- Análises mais frequentes das vazões mínimas noturnas por setores de abastecimento, enquanto não estão implantados os DMCs, com sugestão de reduzir as áreas de busca fechando registros de manobra já existentes nos setores;
- Realização de um plano para controle ativo de vazamentos onde sejam definidas metas e as áreas de busca de vazamentos dando prioridade aos setores com vazão mínima noturna maior;
- Análise da agilidade nos reparos através do tempo médio entre a descoberta dos vazamentos e a execução do reparo por meio dos relatórios gerados a partir das ordens de serviço, bem como uma análise da qualidade dos reparos feitos pela equipe técnica com base nos vazamentos recorrentes;

- Proporcionar à equipe técnica treinamentos com o objetivo da melhoria contínua no controle de e redução das perdas reais;

A segunda área de ação proposta está relacionada com o gerenciamento da infraestrutura existente e com o controle de pressão. Para o controle de pressão ser eficaz, é necessário que o gerenciamento da infraestrutura seja o melhor possível. As atividades propostas nesta área de ação foram:

- Realização de um plano de reabilitação de redes, priorizando locais com vazamento recorrente devido à idade das tubulações da rede e as condições de assentamento das tubulações, estabelecendo como meta taxas anuais de reabilitação de rede entre 1% e 4%;
- Simultaneamente a atividade anterior, realizar o monitoramento de pressão em locais com rompimento frequente da rede, a fim de verificar se o motivo dos rompimentos é a variação de pressão;
- Caso os rompimentos sejam ocasionados por pressão elevada, deve-se dimensionar e instalar Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) nos locais necessários, conforme já verificado pelo setor técnico do Samae no SAA 3.

5.5.2. Controle e Redução de Perdas Aparentes

As atividades propostas para o controle e a redução de perdas aparentes estão relacionadas à redução de imprecisão dos medidores e com a qualificação da equipe técnica. Tais atividades são descritas abaixo:

- Atualização do parque de hidrômetros, priorizando os hidrômetros mais antigos e aqueles que apresentam defeitos. Posteriormente com a implantação dos DMCs, priorizar a troca dos hidrômetros em distritos que apresentem perdas aparentes maiores;
- Realizar um estudo dos perfis de consumo das ligações a fim de dimensionar e especificar o tipo de hidrômetro mais adequado;
- Ampliar o parque de hidrômetros ultrassônicos para os grandes consumidores, a fim de diminuir a imprecisão na medição;
- Fazer um levantamento dos hidrômetros instalados de forma inclinada, os quais acarretam em um fator submedição no sistema de micromedição, e definir as ações para a correta instalação destes hidrômetros;

- Proporcionar aos leituristas e aos técnicos do setor comercial treinamento para melhorar a percepção de problemas nas ligações e nos consumos.

6. CONCLUSÕES

Os índices de perda de água calculados no diagnóstico do sistema de abastecimento através dos indicadores de desempenho apresentaram valores elevados, sendo todos eles classificados como insatisfatórios de acordo com os valores de referência. Esses resultados demonstraram o potencial de redução de perdas que o sistema possui, justificando a importância de implantação de um programa de controle e redução de perdas no município.

Os resultados percentuais das perdas reais e aparentes, obtidos com o balanço hídrico, indicaram que as perdas reais são maiores que as perdas aparentes. Esses resultados quando associados à taxa de reabilitação de redes do município justificam a necessidade de melhorar o gerenciamento da infraestrutura existente e o monitoramento e controle das pressões, a fim de reduzir a quantidade de vazamentos.

O sistema apresenta um ótimo índice de hidrometração, onde todas as ligações de água do município são micromedidas. Porém, aproximadamente, 53% do parque de hidrômetros está com idade superior a 5 anos, sendo os SAAs 1 e 2 os setores com idade média maior, o que acarreta um valor elevado de submedição na micromedição. Desta maneira, investir na redução das perdas aparentes se mostra como uma oportunidade relevante para ampliar a receita e obter recursos para investir na redução das perdas reais.

Os consumos medidos não faturados, decorrentes de ligações isentas de faturamento ou com descontos na fatura, representam apenas 0,85% do volume total de água produzido, o que mostra que estes consumos influenciam pouco para o aumento do faturamento da Autarquia quando comparados às perdas de faturamento ocasionadas pelas perdas água.

No cálculo do balanço hídrico foram utilizados valores estimados de algumas variáveis devido à ausência de medições, que podem trazer incertezas quanto ao grau de confiabilidade dos resultados. Além disso, essa confiabilidade está relacionada também à qualidade dos registros existentes na Autarquia.

Assim, a realização da setorização do sistema, com a criação das unidades de medição e controle e implantação de automação e telemetria, é fundamental para a gestão dos sistemas de abastecimento de água, subsidiando elementos importantes para um diagnóstico operacional mais preciso, trazendo resultados mais eficientes no controle e redução de perdas.

Por fim, este trabalho pode trazer importantes contribuições para o município de Pomerode com a aplicação das ações propostas de controle e redução das perdas de água. Elas proporcionam maior eficiência no serviço prestado, visto que pode-se produzir uma quantidade menor de água para abastecer a mesma quantidade de pessoas. Com isso, investimentos necessários para atender ao aumento da demanda decorrente do crescimento populacional podem ser postergados.

6.1. RECOMENDAÇÕES

As recomendações feitas a seguir têm o objetivo de aumentar a precisão do método do Balanço Hídrico e poder estimar as perdas reais diárias com método das Vazões Mínimas Noturnas:

- Realizar a medição de pressão juntamente com a medição das vazões noturnas, a fim de poder determinar o Fator Noite/Dia e conseqüentemente a vazão diária dos vazamentos;
- Realizar medições de pressão por, no mínimo, uma semana nas cotas médias dos 3 setores de abastecimento e também em outros meses do ano para monitorar as diferenças de pressão na rede decorrentes da sazonalidade, a fim de determinar a pressão média do sistema;
- Determinar o Índice de Desempenho da Medição (IDM) em função do tempo de instalação através da obtenção de amostras de hidrômetros para levantamento de uma curva de erros em laboratório, dando assim maior precisão ao resultado de submedição;
- Realizar a medição, durante as descargas de rede, da pressão durante a operação, do tempo de descarga e o diâmetro da tubulação, a fim de estimar estes consumos de serviço.

REFERÊNCIAS

- ALEGRE, H. et al. **Performance indicators for water supply services**. 1. ed. London: IWA Publishing, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO (AESBE). **Série Balanço Hídrico - Guia Prático de Procedimentos para Estimativa de Submedição no Parque de Hidrômetros**. 1. ed. Brasília: [s.n.], v. 3, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate**, 2013. Disponível em: <<http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2018.
- 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: <http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas_abes_versao-2.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab**. Brasília, p. 220. 2014.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. SNSA/MCIDADES. Brasília, p. 212. 2016.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2016**, 2017. Disponível em: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 27 fev. 2018.
- DA SILVA, F. J. A. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Rev. Tecnol.**, Fortaleza, v. 26, n. 1, p. 1-11, jun. 2005.
- DE CARVALHO, F. S. 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). 2004. p. 18.
- FERREIRA, R. C. et al. **Planos de Gestão de Água e Energia - Uma abordagem sistemática para a elaboração e acompanhamento de**

instrumentos de planejamento. AKUT Umweltschutz Ingenieure Burkard und Partner. [S.l.], p. 122. 2017.

GHIDETTI, A. J. Eficácia do método das vazões mínimas noturnas para diagnosticar as perdas de água. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 117. 2013.

GO ASSOCIADOS. Perdas de Água: Desafios ao Avanço do Saneamento Básico e à Escassez Hídrica. São Paulo, p. 112. 2015.

GO ASSOCIADOS. Perdas de água 2018 (SNIS 2016): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. Instituto Trata Brasil. São Paulo, p. 68. 2018.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P. R. A. Pesquisa e Combate a vazamentos não visíveis. In: **GOMES, A. S. Guias práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água.** 5. ed. Brasília: Ministérios das Cidades, v. 3, 2007. p. 87.

GUMIER, C. C.; LUVIZOTTO JR., E. Aplicação de modelo de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 32-41, jan/mar 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Panorama de Pomerode, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pomerode/panorama>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000., 2000. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000667.pdf>>. Acesso em: 10 jun 2018.

MELATO, D. S. 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. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 133. 2010.

MIRANDA, E. C. Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água - Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade. Universidade de Brasília. Brasília, p. 200. 2002.

MONTEIRO, J. R. D. R. Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) - Análise de desempenho, nov. 1993. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/planasa/planasa.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

MORAIS, D. C.; DE ALMEIDA, A. T. **Avaliação multicritério para adequação de sistemas de redução de perdas de água**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). 2002. p. 8.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL - ONUBR. A ONU e a água, 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 02 abr 2018.

PORTO, R. D. M. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POMERODE. **Prefeitura de Pomerode**. Disponível em: <<http://www.pomerode.sc.gov.br/Sobre.asp?lang=pt>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

REZENDE, F. **Identificação e mitigação de perdas de água em rede de distribuição através do monitoramento e controle de pressões**. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, p. 171. 2006.

SANTOS, D. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE. **Revista DAE**, [S.I.], v. 62, n. 197, p. 56-70, dez 2014.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE POMERODE (SAMAE POMERODE). **Decreto nº 1.684 de 05 de abril de 2000. Regulamenta a prestação dos serviços de água e esgoto pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE e dá outras providências.**. Pomerode, p. 38. abr. 2000.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE POMERODE (SAMAE POMERODE). Estações de Tratamento de Água. **SAMAE Pomerode**. Disponível em: <<http://www.samaepomerode.com.br/index.php?pg=1070>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

SOBRINHO, P. A.; MARTINS, G. Abastecimento de água. In: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo:

Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Cap. 1, p. 1-8.

SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 783-795, out/dez 2016.

SOUZA JÚNIOR, J. D. C. **Distritos de medição e controle como ferramenta de gestão de perdas em redes de distribuição de água**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 152. 2014.

TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Cap. 10, p. 457-525.

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

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

WERDINE, D. **Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento**. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, p. 128. 2002.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). **Soluções baseadas na natureza para a gestão da água - Fatos e Dados**. United Nations - Water. Perúgia, Itália, p. 12. 2018.