



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

OZIAS FERREIRA LEMOS JÚNIOR

AVALIAÇÃO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
DE PALMAS - TO

Palmas – TO

2018

OZIAS FERREIRA LEMOS JÚNIOR

AVALIAÇÃO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
DE PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Carlos Spartacus Oliveira

Palmas– TO

2018

OZIAS FERREIRA LEMOS JÚNIOR

AVALIAÇÃO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
DE PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Carlos Spartacus Oliveira

Aprovado em: _____ / _____ / _____ 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Carlos Spartacus Oliveira
Orientador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Prof. Dr. José Geraldo Delvaux
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Prof. Menfis Bernardes Silva
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Palmas-TO
2018

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA.....	14
1.2 HIPOTÉSES	14
<i>1.3.1 Objetivo Geral.....</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2 Objetivos Específicos</i>	<i>14</i>
1.4 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CONCEPÇÃO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	16
2.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)	17
<i>2.2.1 Manancial.....</i>	<i>17</i>
<i>2.2.2 Captação de águas superficiais</i>	<i>17</i>
<i>2.2.3 Estações elevatórias de bombeamento.....</i>	<i>18</i>
<i>2.2.4 Adutoras e sub-adutoras</i>	<i>18</i>
<i>2.2.5 Estação de tratamento de água (ETA)</i>	<i>18</i>
<i>2.2.6 Reservatórios de distribuição</i>	<i>19</i>
<i>2.2.7 Redes de distribuição de água.....</i>	<i>20</i>
2.3 CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO (SAA).....	23
<i>2.3.1 Balanço Hídrico</i>	<i>24</i>
2.4 PERDAS DE ÁGUA	26
<i>2.4.1 Perdas Reais – Classificação</i>	<i>26</i>
2.5 MACROMEDIÇÃO	28
2.6 MICROMEDIÇÃO.....	28
2.7 DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE (DMC).....	29
2.8 ÍNDICES DE PALMAS	31
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO ESTUDADA.....	32
3.2 ETAPAS DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	33

3.3 PROPOSTA DE PERDAS NA REGIÃO SUL	35
<i>3.3.1 Medidor de Vazão proporcional</i>	35
<i>3.3.2 – Determinação da Constante (k) e Calibração</i>	36
<i>3.3.3 – Monitoramento Das DMC's</i>	36
<i>3.3.4 Reconhecimento do Distrito que possui a maior perda</i>	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Resultados Da Região Sul	38
<i>4.1.1 Medidores Proporcionais – Ensaio de Calibração.</i>	38
<i>4.1.2 Monitoramento dos DMCs</i>	39
<i>4.1.3 Determinação dos volumes macromedidos</i>	40
<i>4.1.4 Identificação do DMC com maior perda</i>	42
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	45

REFERENCIAS

APÊNDICES

DEDICATÓRIA

Ao único e verdadeiro Senhor e
Salvador: Jesus Cristo. A ele toda a honra
Glória e Louvor!

E ao meu pai Ozias Ferreira
Lemos, que tenho uma grande admiração!

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus por ter tido a oportunidade da realização do curso e por ter me dado forças a todo o momento até a conclusão.

Agradeço aos meus pais, Ozias Ferreira e Tereza Pereira por toda a dedicação, amor, paciência e apoio na finalização dessa etapa ao longo desses anos, em especial ao meu pai que por buscar inspiração nele, um homem honesto, trabalhador que sempre se dedicou a dar a melhor educação para seus filhos.

Agradeço a minha namorada Vitória Rodrigues, por todo apoio e amor nos momentos de dificuldade.

Agradeço ao meu Professor. Orientador Msc. Carlos Spartacus pela paciência e orientação e palavras de inspiração que me ajudaram a escolher uma carreira na área de recursos hídricos.

A todos os amigos que tive durante o curso, em especial Paulo Henrique, Benhur Demori, Thiago Miguel, Hernandes, Mário Bueno, Brunno Martins, Pedro Lins, Mateus Lins, Fernando Henrique, Victor Borela, Bruno Instalei, José Antonio, Allef Lian MESAQUE.

RESUMO

As perdas de abastecimento de água em uma cidade é um fator importante hoje no cenário atual, com todos os problemas que o país está passando com a escassez dos recursos hídricos, o investimento nesse planejamento e gestão das perdas de água em um sistema de abastecimento está sendo incorporado em diversas companhias de saneamento do Brasil. O objetivo da realização desse projeto é identificar a área que está com maior perda de volume de água com alvo na região sul do município. No Ano de 2016 houve a criação específica do setor de perdas de água na cidade de Palmas, um investimento que trará benefícios econômicos e para o meio ambiente. O projeto tem como base a aplicação de Distritos de medição e controle (DMC) na região sul de Palmas, essa metodologia é aceita internacionalmente como uma das melhores alternativas para o combate de perdas de água tendo em vista as melhores implantações e locais estratégicos para a aplicação dos distritos de medição e controle. Será monitorado durante dois meses para se obter os resultados esperados. Tendo em vista que essa implantação terá uma economia e confiabilidade com os resultados esperados. Nesse caso o maior intuito é trazer melhoria para o setor, levar uma maior eficácia operacional do sistema, levando em consideração toda metodologia exercida durante a execução do projeto.

Palavras Chave: Abastecimento de água, perdas de água, Distrito de medição e controle

ABSTRACT

The loss of water supply in a city is an important factor today in the current scenario, with all the problems that the country is experiencing with the scarcity of water resources, the investment in this planning and management of water losses in a water supply system is being incorporated in several sanitation companies of Brazil. The objective of this project is to identify the area with the highest loss of target water volume in the southern region of the municipality. In the Year of 2016 there was the specific creation of the sector of water losses in the city of Palmas, an investment that will bring economic benefits and for the environment. The project is based on the application of Measurement and Control Districts (DMC) in the southern region of Palmas, this methodology is accepted internationally as one of the best alternatives to combat water losses in view of the best deployments and strategic locations for the implementation of measurement and control districts. It will be monitored for two months to achieve the expected results. Considering that this implementation will have an economy and reliability with the expected results. In this case, the main aim is to bring improvement to the sector, to bring about a greater operational effectiveness of the system, taking into account any methodology used during project execution.

Keywords: Water supply, water losses, Measurement and control district

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema em planta de um sistema padrão de abastecimento de água.....	16
Figura 2 - Esquema em perfil de um sistema padrão de abastecimento de água	17
Figura 3 – Sistema de tratamento de água clássico.....	19
Figura 4 – Posicionamento dos reservatórios relacionado ao terreno.....	20
Figura 5 - Esquema de uma rede ramificada.....	21
Figura 6 - Esquema de uma rede malhada com quatro anéis.....	22
Figura 7 - Exemplo de uma rede mista.....	22
Figura 8 – Avaliação Geral das Perdas de água.....	24
Figura 9 - Representação da DMC.....	30
Figura 10 – Posicionamento Geográfico do Município de Palmas.....	32
Figura 11: Identificação da área que será avaliada.....	33
Figura 12 – Configuração dos DMC's da Região Sul.....	34
Figura 13 - Fluxograma da metodologia.....	35
Figura 14: Medidor de Vazão Proporcional.....	35
Figura 15: Resultado da Calibração.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz do balanço hídrico.....	25
Tabela 2 – Características e tipos de vazamento.....	26
Tabela 3: Histórico das perdas de água na distribuição e faturamento.....	31
Tabela 4 – Volumes Micromedidos (m ³).....	40
Tabela 5 : Volumes Macromedidos por DMC.....	41
Tabela 6 – Determinação Final dos Volumes Macromedidos	41
Tabela 7 – Índice de Perdas por DMC.....	42
Tabela 8 – Índice de perdas por significância	43
Tabela 9 – Classificação dos Índices de perdas.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- DMC - Distrito de Medição e Controle
- ETA - Estação de Tratamento de Água
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBNET (International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities)
- IPD - índice de perdas na distribuição [%]
- IPL – Índice de Perdas por Ligação
- IWA - International Water Association
- LENHS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento
- NBR - Norma Brasileira
- OMS – Organização mundial da Saúde
- RAP – Reservatório de Água Potável
- REL – Reservatório Elevado
- SAA – Sistema de Abastecimento de Água
- SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- VD – Volume Disponibilizado
- VU – Volume Utilizado

1 INTRODUÇÃO

Sendo um dos maiores desafios das grandes empresas de saneamento do Brasil atualmente, a redução de perdas no sistema de distribuição é uma trajetória que deve ser buscada ligando diversos fatores operacionais e econômicos dentro da companhia, essa noção básica de perdas de água é tratada como a diferença do volume tratado para o volume faturado do consumidor nos hidrômetros em um determinado período de tempo.

Segundo Tsutiya (2014), as perdas advêm em todas as etapas de um sistema de abastecimento de água, tais como na captação e adução de água bruta, no tratamento, na adução e reservação de água tratada e na rede de distribuição e em ramais residenciais ou prediais

As perdas no Sistema de Abastecimento de água exigem ações diárias, a maior parte delas ligada à operação e à manutenção do sistema. Para se obter a redução e o controle de perdas, com eficiência e qualidade, são indispensáveis para um bom funcionamento de um Sistema de abastecimento de água. Essas perdas dividem-se em reais e aparentes (física e não física). As perdas reais estão relacionadas a ocorrências de vazamentos em adutoras ou redes de distribuição e extravasamentos em reservatórios. Já as perdas aparentes são provenientes de erros de medição, fraudes e ligações clandestinas ou até falhas no cadastro comercial.

Deste modo o trabalho que será apresentado será relatada uma abordagem das perdas no sistema de abastecimento na região sul de Palmas Tocantins para se avaliar as perdas nesse setor e assim buscar propostas para a redução e controle de perdas de água, de modo que vise o ponto de vista financeiro e também a conservação desse recurso natural.

1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

As perdas de água em um sistema de abastecimento podem ocorrer em qualquer fase do sistema de distribuição de água, entretanto em uma companhia de saneamento pode ser identificado dois tipos de perdas, as perdas reais que equivalem ao volume de água produzido que não é medido no destino final e a perda aparente que é correspondente ao volume de água consumido porem não é computado pela companhia de saneamento.

Como reduzir as perdas de água no sistema de abastecimento de água da região através do monitoramento dos distritos de medição e controle, colaborando na redução de perdas em geral da cidade de Palmas?

1.2 HIPÓTESES

A região sul em Palmas possui redes antigas de distribuição, adutoras e até ramais que possuem materiais ultrapassados que não são mais utilizados para fazer as ligações de água nas residências atualmente e isso influencia de forma direta a solicitação de serviços de substituição de ramais e retirada de vazamento em redes. A alta pressão em algumas quadras da região sul agrava os problemas de vazamentos em redes ou adutoras que estão presentes durante todo o trecho distribuído. Se consente que esse é o principal problema para a grande quantidade de perdas de água nesse setor, No entanto esse gerenciamento através de distritos de medição e controle pode ser uma solução econômica e viável para a região sul.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo no intuito de reduzir as perdas de água no sistema de abastecimento da região sul de Palmas, Tocantins.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar um acompanhamento dos distritos de medição e controle (DMC) das atividades desenvolvidas pelo setor de perdas da companhia de saneamento BRK Ambiental | Saneatins
- Considerar as perdas mensais nos Distritos de Medição e controle.
- Rotular os Distritos de Medição e controle de acordo com as suas perdas.

- Recomendar os locais apropriados para o investimento e gestão para apoiar a redução das perdas de água.

1.4 JUSTIFICATIVA

Para se obter um melhor desempenho operacional e econômico é de suma importância a avaliação específica de algumas regiões que possuem um maior índice de perdas de água. Fala-se muito ultimamente em um amparo mais efetivo dos recursos hídricos do país para o abastecimento humano de água potável, logo as ações no combate a redução e controle de perdas de água reais merece uma atenção especial na engenharia.

Deste modo a principal justificativa desse estudo é apoiar o setor de perdas de água para se obter uma maior eficiência, econômica, quantitativa, qualitativa e uma formulação de possíveis soluções e medidas de controle e melhoramento da eficiência e redução das perdas para uma preservação desse recurso natural limitado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEPÇÃO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O conceito de abastecimento de água se insere no conceito mais amplo de saneamento, entendido, segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde), como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu bem-estar físico, mental ou social (HELLER, 2006)

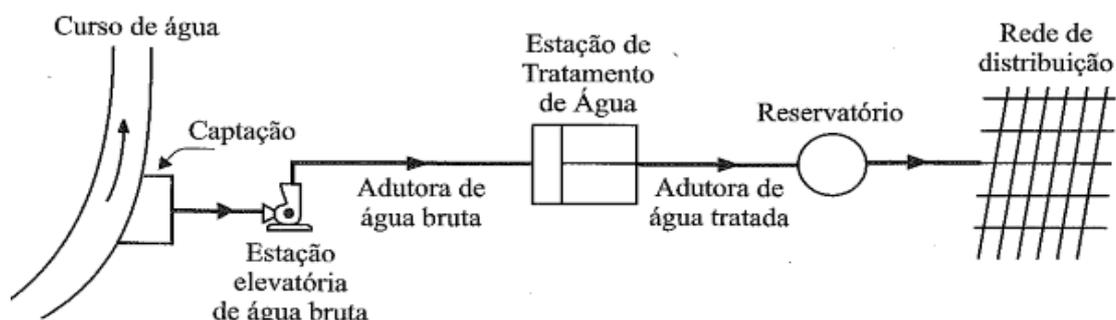
Segundo Tsutiya (2014), a estrutura de um sistema de abastecimento de água é composta por várias etapas correspondente ao destino final de transporte da água que são elas:

- Manancial
- Captação de água superficial ou subterrânea
- Estações elevatórias de bombeamento
- Estações de tratamento de água
- Reservatório de distribuição de água
- Redes de distribuição de água

Um sistema de abastecimento de água se inicia na captação de água bruta que é realizada no manancial e é transportado através de sistemas de bombeamento para o reservatório de água bruta onde depois é transportado para a estação de tratamento de água. Quando estiver tratada a água é enviada para o reservatório de distribuição que, no entanto, a água pode ser bombeada se for casos de locais mais elevados ou em caso de locais menos elevados. Em seguida através da gravidade ela é transportada para o destino final que tem por objetivo principal garantir qualidade, quantidade e pressão suficiente para o consumidor.

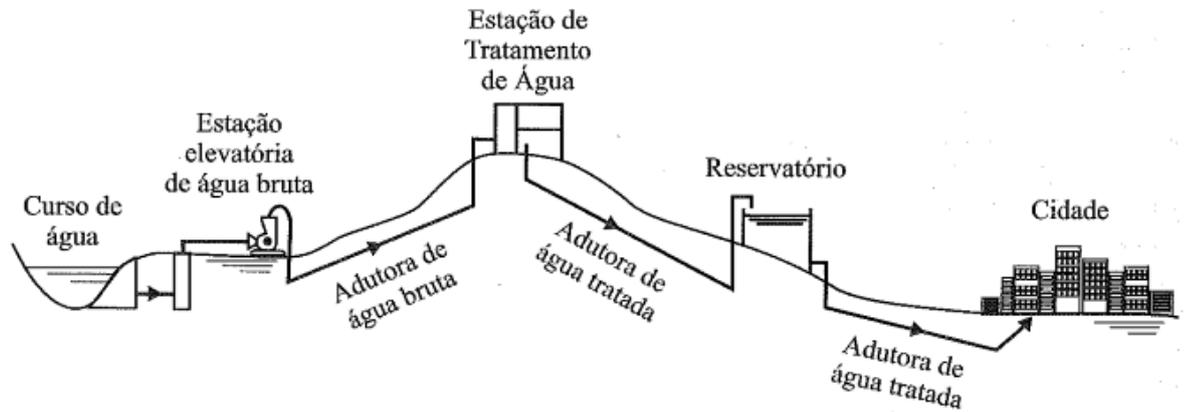
A Figura 1 a seguir mostra um padrão geral de uma rede de abastecimento de água.

Figura 1 - Esquema em planta de um sistema padrão de abastecimento de água



A Figura 2 mostra um padrão geral de um sistema de abastecimento em perfil.

Figura 2 - Esquema em perfil de um sistema padrão de abastecimento de água



Fonte: Tsutiya (2014)

2.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)

2.2.1 Manancial

De acordo com Tsutiya (2014, apud GIROL, 2008) é onde se inicia a retirada do corpo de água para o abastecimento, através de estudos em relação ao corpo hídrico na quantidade de água que será captada para ser tratada, no caso deve atender a quantidade de água suficiente para a demanda do projeto de abastecimento a ser realizado, esses mananciais superficiais são constituídos por lagos, córregos, represas ou rios. No entanto deve obter uma qualidade necessária perante as normas sanitárias determinadas, no caso a companhia de abastecimento que é responsável por regularizar e fornecer a água com qualidade.

2.2.2 Captação de águas superficiais

Conforme Azevedo Netto, (2015) os mananciais superficiais são os córregos, rios, lagos e reservatórios criados artificialmente, sendo que tem como alvo garantir o volume de água adequado para garantir o abastecimento, nesse caso começam a fazer parte da captação do sistema.

2.2.3 Estações elevatórias de bombeamento

Segundo Bezerra e Cheung, (2013) um sistema de bombeamento é relacionado basicamente com uma tubulação de aspiração para captação, um conjunto moto-bomba e uma tubulação de recalque, e é recomendado uma instalação abaixo do nível da água do reservatório inferior. E tem o intuito de recalcar a água para a próxima unidade do sistema.

2.2.4 Adutoras e sub-adutoras

Segundo Tsutiya, (2014) é a canalização que antecede a rede de distribuição é chamada de adutora, em certo modo a adutora é responsável pela interligação dos sistemas de captação do manancial a estação de tratamento de água que ligará até o reservatório de distribuição. As adutoras não distribuem água aos consumidores, mas em certos casos podem existir procedências que são as sub-adutoras.

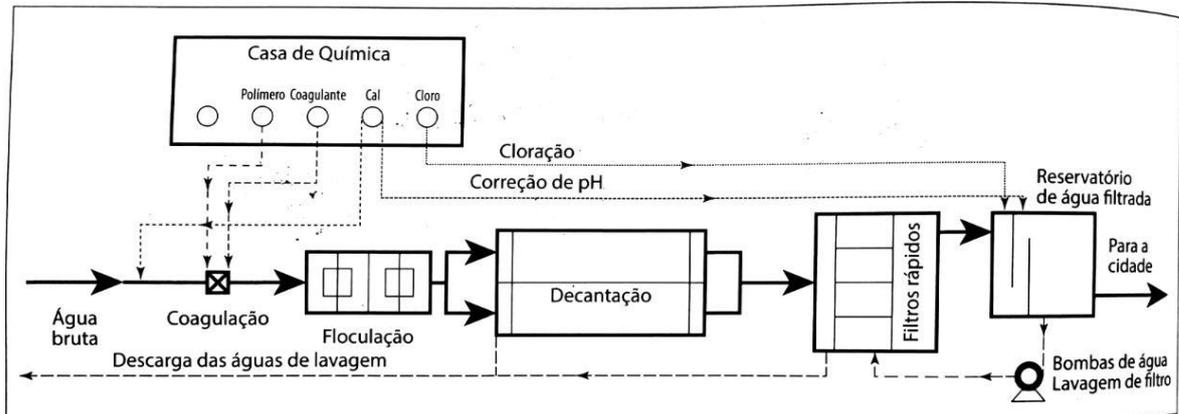
2.2.5 Estação de tratamento de água (ETA)

De acordo com Azevedo Netto, (2015) O dever do sistema de abastecimento é transportar a água potável e com a qualidade adequada para a população com a finalidade da alimentação humana e outros usos, do ponto de vista físico-químico-biológico, a estação de tratamento de água tem como objetivo proporcionar água nos padrões de qualidade necessária segundo a portaria do Ministério da Saúde.

Segundo Azevedo Netto, (2015) Uma ETA é pode ser constituída por várias unidades as principais unidades são o micro-peneiramento, aeração, coagulação e floculação, decantação, filtração e desinfecção.

A figura 3 representa um fluxograma de um sistema clássico de tratamento de água

Figura 3 – Sistema de tratamento de água clássico



Fonte: Azevedo Netto (2015)

2.2.6 Reservatórios de distribuição

Os Reservatórios de distribuição são peças fundamentais no sistema de abastecimento de água, pois são responsáveis por diversas funções e possuem uma maior notoriedade. Os reservatórios são rotulados de acordo com seu posicionamento relacionado com a rede de distribuição, são eles reservatório de montante, jusante ou intermediário.

Podem também ser classificados de acordo com a sua localização no terreno, são classificados em reservatório enterrado, semi-enterrado, reservatório apoiado, reservatório elevado.

De acordo com Tsutiya (2014), os reservatórios dispõem as seguintes destinações:

- **Regularização da Vazão:** Aglomera água no momento que o consumo é inferior a necessidade de vazão para a distribuição e pode entregar uma vazão complementar quando há uma necessidade de vazão superior.

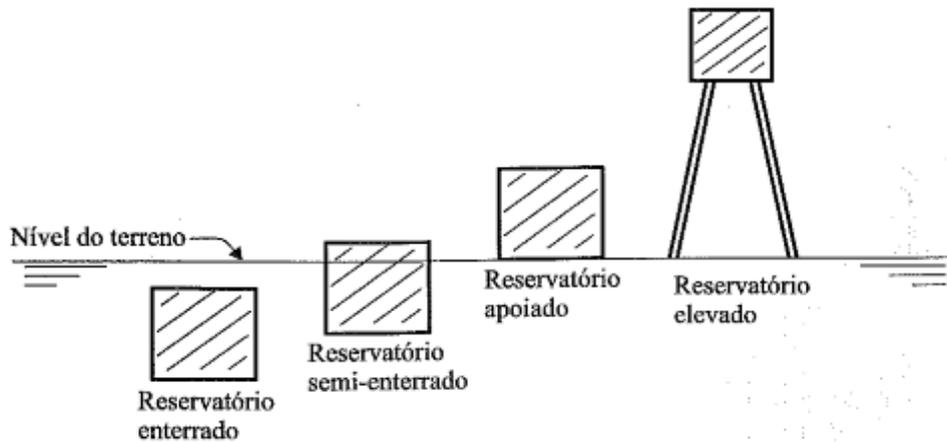
- **Segurança para o Sistema:** No momento que houver algum problema no sistema de abastecimento da adução, como por exemplo, falta de energia elétrica, extravasamentos em redes locais, problemas com a captação o reservatório pode fornecer água por um tempo determinado até que o problema se resolva.

- **Reserva de água para combater incêndios:** é dimensionado para suprir necessidades extras para combater incêndios.

- **Regularizar das Pressões:** Todo reservatório possui uma localização estratégica, isso influencia diretamente nas condições de controle das pressões nas redes, no que acaba reduzindo as suas variações no decorrer das tubulações.

A figura 4 demonstra os tipos de reservatório em relação ao terreno.

Figura 4 – Posicionamento dos reservatórios relacionado ao terreno



Fonte: Tsutiya (2014)

2.2.7 Redes de distribuição de água

Para Tsutiya (2006, apud GIROL, 2008), as tubulações e acessórios fazem parte da rede de distribuição de água, seu destino é fazer com que a água chegue no consumidor de forma que ela esteja tratada, com uma vazão necessária e pressão suficiente para uso.

Para Tsutiya (2014) as redes de distribuição em geral possuem o maior orçamento dentro do sistema de abastecimento de água, podendo chegar a cerca de 50 a 70% do valor total de todos os serviços.

As redes de distribuição são um grande desafio para as companhias de saneamento, pois elas não possuem uma prevenção constante, cuidar das redes de uma cidade demanda muito tempo e pode ser um trabalho bastante oneroso se não for feito com uma boa gestão, estratégia, e principalmente logística, pois são obras enterradas que dispõem de ajuda de máquinas para escavação da mesma. Diferente dos serviços de captação, tratamento da água e dos centros de reservação que por estarem concentradas em locais específicos são visíveis de fácil acesso para a equipe operacional da companhia de saneamento.

Segundo Tsutiya (2014) as redes de distribuição são divididas por dois tipos de tubulações.

- **Redes Principais:** São denominados condutor tronco ou canalização mestra, em todo caso são as redes de maior diâmetro que são responsáveis pelo transporte da água até as canalizações secundárias.

- **Redes Secundárias:** São as canalizações que possuem menor diâmetro que tem como desígnio abastecer os ramais de entradas dos consumidores.

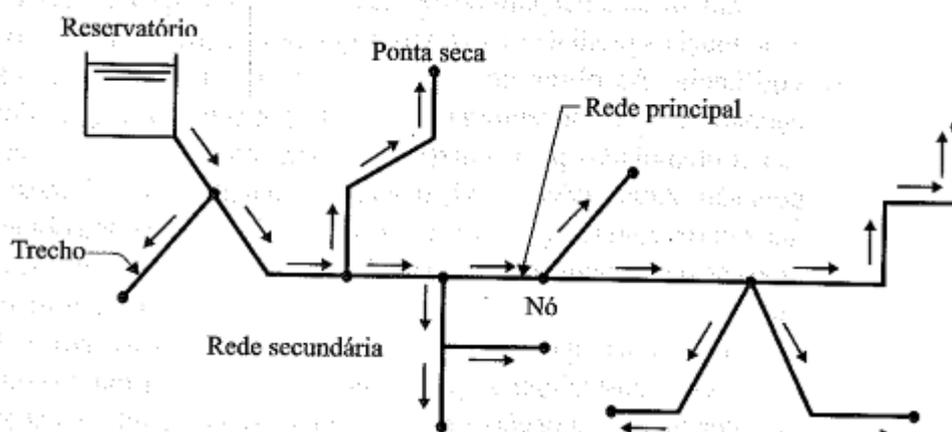
Através da disponibilidade das tubulações principais e o sentido do escoamento das canalizações secundárias as redes podem ser rotuladas em:

- **Rede Ramificada:** A rede ramificada é traçada quando o dimensionamento é feito através de uma tubulação tronco que é abastecida por um reservatório ou uma estação elevatória, e a sua distribuição é feita a partir de tubulações secundárias, seu problema é que qualquer problema que acontecer na sua tubulação principal todos os ramais secundários ficariam sem água, portanto a rede ramificada só é dimensionada quando a topografia local não permite o dimensionamento em rede malhada. Essa rede possui dois tipos de traçado do tipo “espinha de peixe” ou “em grelha”

- **Rede Malhada:** A rede malhada é formada por áreas de zoneamento da rede principal que tem uma formação em anéis ou em blocos, que pode ser abastecido por qualquer ponto dando ao sistema uma maior facilidade no momento que a rede necessitar de alguma manutenção com uma cessação mínima no abastecimento da água ao consumidor.

A Figura 5 demonstra o esquema de uma rede ramificada.

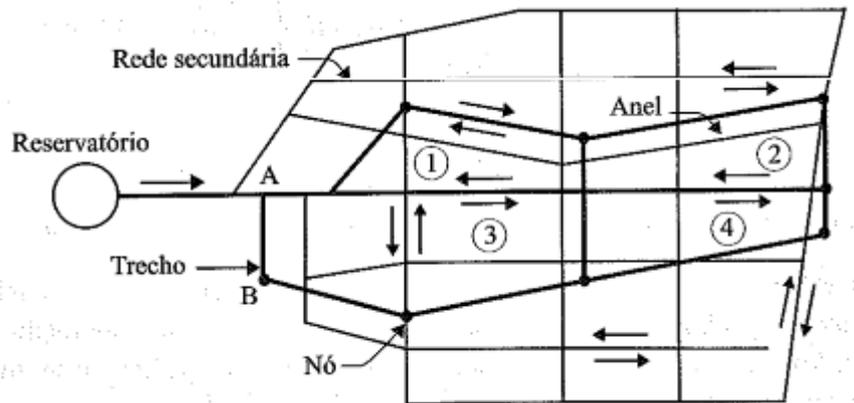
Figura 5 - Esquema de uma rede ramificada



Fonte: Tsutiya (2014)

A Figura 6 demonstra o esquema de uma rede malhada com quatro anéis ou malhas formando um zoneamento

Figura 6 - Esquema de uma rede malhada com quatro anéis

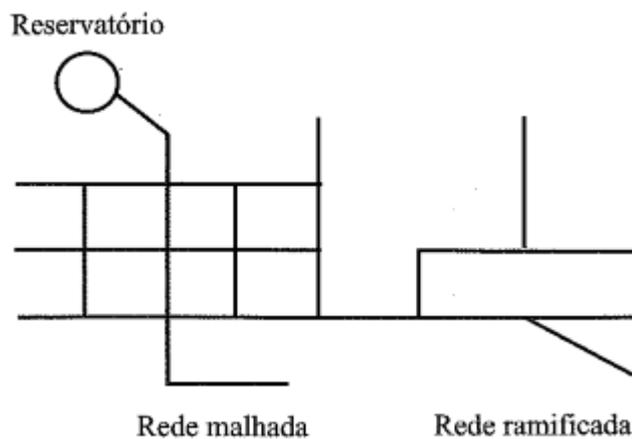


Fonte: Tsutiya (2014)

Rede Mista – As redes mistas consistem na associação das redes ramificadas com as redes malhadas de curto modo é a junção dos dois sistemas.

A Figura 7 demonstra um esquema da associação de rede malhada e rede ramificada.

Figura 7 - Exemplo de uma rede mista



Fonte: Tsutiya (2014)

2.3 CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO (SAA)

As perdas de água pertinentes ao sistema de abastecimento de água são influenciadas por fatores infra estruturais e operacionais, a base para a quantificação das perdas nas companhias de saneamento é os indicadores percentuais que relaciona o volume disponível a distribuição que é o volume macromedido com o volume micromedido, tem como fator um cálculo simples e intuitivo em contexto ao sistema de abastecimento. (BEZERRA E CHEUNG, 2013)

Segundo o IBNET (International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities) com os dados de 2011, o Brasil perde 39% da sua água tratada. Algo que demonstra a fragilidade e a falta de gestão das companhias de saneamento em ter um investimento voltado para mudar essa história relacionado as perdas de água do Brasil.

Segundo a IWA (International Water Association) a perda de água real tem a seguinte definição:

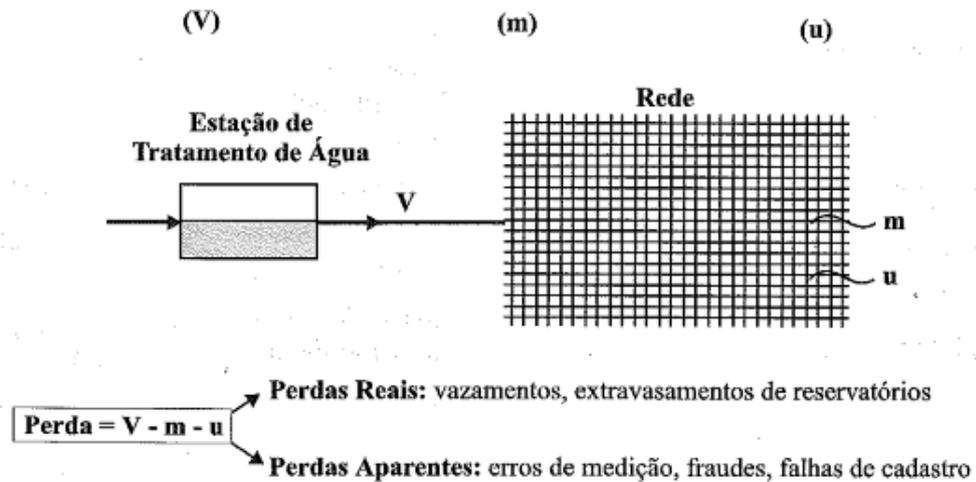
- Perda Real (Física) – É a relação do volume de água que é produzido e não é faturado pelo consumidor no hidrômetro, pode ocorrer por causa de manutenção em redes de água, como vazamento, ligações e extravasamentos em reservatórios de distribuição.

Para entender um pouco mais o conceito inicial de perdas de água de forma direta, deve se medir o volume de água na saída da estação de tratamento de água (ETA) em um determinado período estipulado e realizar uma comparação com a soma de todos os volumes que são faturados na rede de distribuição de água durante o período que é estipulado, vai constituir na perda total de água que foi considerado em relação ao tempo estabelecido, sem eliminar as perdas reais e aparentes.

A figura 8 ilustra o conceito de avaliação de perdas de água em um sistema de abastecimento de água de forma simplificada.

Figura 8 – Avaliação Geral das Perdas de água

Perda = Volume produzido - Vol. faturado do consumidor final - Usos operacionais/ emergenciais/ sociais



Fonte: SABESP.

2.3.1 Balanço Hídrico

Segundo Tsutiya (2014), o balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água é uma forma estruturada de aferir os elementos dos fluxos e usos da água no sistema e os seus valores incondicionais ou relativos e se caracteriza em uma ferramenta de gestão, pois através dele pode se ter uma orientação das ações operacionais mostrando objetivos mais evidentes no combate a redução e controle de perdas.

No entanto a IWA propôs uma matriz estruturada com o intuito de avaliar as atividades mais importantes do sistema desde o início da captação até uma adutora para se ter uma avaliação minuciosa do sistema.

No Tabela 1 apresenta um modelo de uma matriz do balanço hídrico;

Tabela 1 – Matriz do balanço hídrico

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimados)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa etc.)	
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas etc.)	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	Água não faturada
			Erros de medição (micromedição)	
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos em reservatórios	
Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)				

Fonte: Cheung e Bezerra (2013)

Exemplificando as definições dos componentes da IWA em relação a matriz do balanço hídrico:

Água que entra no sistema: Volume que sai da ETA introduzido no cálculo de balanço hídrico pode ser restringido apenas na distribuição de acordo com o volume em um ponto.

Consumo autorizado: Volume de água que é ou não medido por consumidores registrados no sistema comercial da companhia de saneamento ou outros que possuem autorização para utilizar para usos residenciais, comerciais ou industriais.

Perdas de água: É a diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado tem uma consistência através das perdas reais e perdas comerciais.

Consumo autorizado faturado: é o volume que provoca receita para a companhia de saneamento, é composto pelo volume que é faturado nos hidrômetros, é adequado a totalização dos volumes devotados nas contas dos clientes.

Consumo Autorizado não-faturado: é o volume que não provoca receita para a companhia de saneamento, derivados de usos que são legítimos. É dividido em volumes medidos que são água fornecida pela própria companhia como caminhão pipa que possui

controle volumétrico, e volumes não medidos como por exemplo água utilizada no combate ao incêndio, lavagens de ruas, águas de atividades da própria empresa como a lavagem de filtros, reservatórios.

Águas Faturadas: São as águas que foram faturadas nos hidrômetros dos consumidores finais

Águas Não-Faturadas: é a diferença das águas que entra no sistema e o consumo autorizado faturado. Pode ser incorporado pelas perdas reais e perdas aparentes.

2.4 PERDAS DE ÁGUA

2.4.1 Perdas Reais – Classificação

2.4.1.1 Vazamentos

Vazamento em um sistema de abastecimento é o caso mais comum de perdas reais. Ramais antigos e as redes de distribuição são onde pode ocorrer o maior desperdício de água.

Segundo Lambert (2000) Existem três tipos de vazamento em um sistema de abastecimento de água.

Na tabela 2 estão exemplificados os três tipos de vazamentos existentes

Tabela 2 – Características e tipos de vazamento

Tipo de vazamento	Características
Inerente	Vazamento não-visível, não-detectável, baixas vazões, longa duração
Não-visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos
Visível	Aflorante, altas vazões, curta duração

Fonte: Lambert, (2000)

Quando se tem um aumento de pressão na rede existem dois problemas relacionados que contribuem para o aumento no índice de perdas, primeiro é a facilidade maior facilidade da rede se romper e causar extravasamentos e o segundo é o acrescentamento significativo da vazão onde está ocorrendo os vazamentos nas redes.

2.4.1.2 Extravasamentos

A ocorrência do extravasamento em geral acontece no período noturno por causa do seu carregamento, esta ocorrência é devido a não existência de dispositivos de alerta e controle de falhas operacionais nos equipamentos já existentes. Quando os reservatórios estão cheios, a água é coletada pelo extravasor, onde é levada à rede de drenagem pluvial ou para algum outro lugar apropriado. Este volume de água, na maioria das vezes, não é contabilizado pelos operadores, gerando assim uma maior dificuldade para a obtenção de dados mais precisos. Porém, isto não chega a ter grande importância numérica em um contexto mais geral (TARDELLI FILHO, 2006, apud GIROL, 2008).

2.4.1.3 Principais motivos das perdas reais

Dados divulgados pela SABESP (2005) mostram os motivos mais comuns de perdas reais.

- Vazamentos em rede de água ou extravasamentos em reservatório:
 - Falta de investimento da automação para controlar os níveis de sistemas de reservatórios
 - Controle operacional ineficiente;
 - Registros de entrada e descarga imperfeitos.
 - Falta de manutenção preventiva relacionado a redes e ramais com muito tempo de uso.
- Vazamento em adutoras e redes
 - Alta pressão na rede
 - Má qualidade da mão de obra executada nas redes em sua implantação
 - Arrebetamento de adutoras por terceiros
 - Falha na operação e distribuição de serviços da companhia
 - Deficiência de projeto
 - Transientes hidráulicos
- Vazamento em ramais
 - Arrebetamento em ramais causados por terceiros
 - Ramais antigos com materiais ultrapassados ainda em uso
 - Falhas de manutenção dos ramais
 - Variação da pressão da rede
 - Tráfego Intenso de veículos pesados
 - Falha no reenterro dos ramais

2.5 MACROMEDIÇÃO

Segundo LEHNS (2009), a macromedição é definida pela medição que é realizada no sistema de abastecimento de água, desde o momento que essa água é captada até a jusante da rede de distribuição. De um modo técnico, Para Brasil (2008) e Vicentini (2012):

Macromedição é o conjunto de medições de vazão, pressão e nível de reservatório realizados no sistema de abastecimento de água, desde a captação no manancial até imediatamente antes do ponto final de entrega para o consumo. Os pontos de medição podem ser permanentes ou temporários, monitorados a distancia ou localmente (BRASIL, 2008 , p.56; VICENTINI, 2012 , p 64)

A macromedição é muito importante para a calibração e gestão dos sistemas de abastecimento de água, por possuir informações importantes para diagnóstico operacional.

Segundo a ANA (2010) a macromedição é uma técnica de medição de grandes vazões e de volumes de água aportados, nesse caso deve-se ter uma correta projeção dos macromedidores e uma excelente calibração de modo que tenha uma obtenção de informações e medições corretas.

Para LEHNS (2009), a macromedição está assumida como um campo de aplicação importante no contexto que envolve o controle e redução de perdas de água.

Entretanto é fundamental para se obter parâmetros de vazão, pressão e volume na distribuição, o fator das DMC's tem como objetivo o controle desses parâmetros as entradas e saídas das divisões setORIZADAS, de modo que concluem as perdas diferentes dos setores de abastecimento.

2.6 MICROMEDIÇÃO

Conforme Tardelli Filho, (2006) a micromedição é o volume consumido pelos clientes das concessionárias de saneamento, que esse valor é objeto da emissão da conta a ser paga. Com o passar do tempo as empresas de saneamento começaram a investir na micromedição com intuito de conseguir computar nas perdas os volumes que eram estimados ou não contabilizados pelos hidrômetros, seja ele por erros de medição, defeitos nos hidrômetros, ou até uma má condição da instalação do mesmo.

Atualmente a indicação é que todas as contas cadastradas sejam micromedidas de forma que seja aprimorado o levantamento das perdas aparentes, que ocorrem através de perdas não físicas no sistema de abastecimento em geral.

2.7 DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE (DMC)

Sistemas de abastecimento de água geralmente em cidades grandes são extensos e possui uma expansão durante o crescimento da cidade, a setorização é uma ferramenta que busca a divisão da rede de distribuição em áreas menores para um melhor gerenciamento e controle das pressões e vazões, isso auxilia no controle de perdas.

No entanto a aplicação de um distrito de medição e controle (DMC) não é uma tarefa tão fácil, de acordo com a IWA, diversos fatores a serem considerados para essa implantação de uma DMC, como por exemplo:

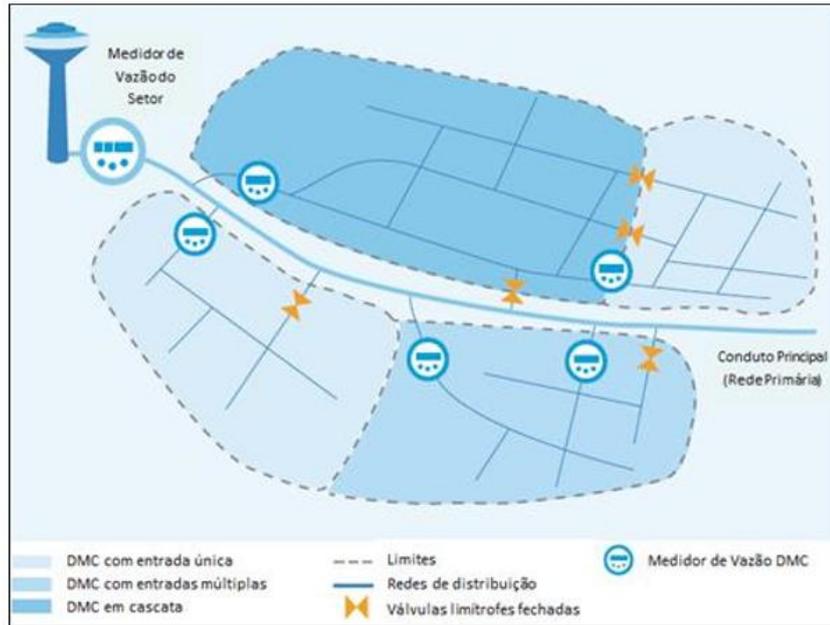
- Nível Atual de vazamento em rede na distribuição
- Numero de ligações de água
- Topografia do terreno
- Área geográfica
- Nível econômico de Perdas na distribuição

Os Distritos de medição e controle são conhecidos internacionalmente como uma das melhores atribuições para a redução de perdas de água. Não há um critério linear para se trabalhar com DMC, tudo depende da topografia do terreno e do posicionamento ideal de cada medidor.

Para demonstrar uma abordagem intuitiva relacionada à como funcionam os distritos de medição e controle, são áreas reduzidas que subdivide os setores no sistema de distribuição, e por possuírem menor abrangência facilita no controle e gerenciamento das pressões e vazões.

A Figura 9 representa um exemplo de configuração em distritos de medição e controle.

Figura 9 - Representação da DMC



Fonte: Adaptado de Klingel & Knobloch (2011)

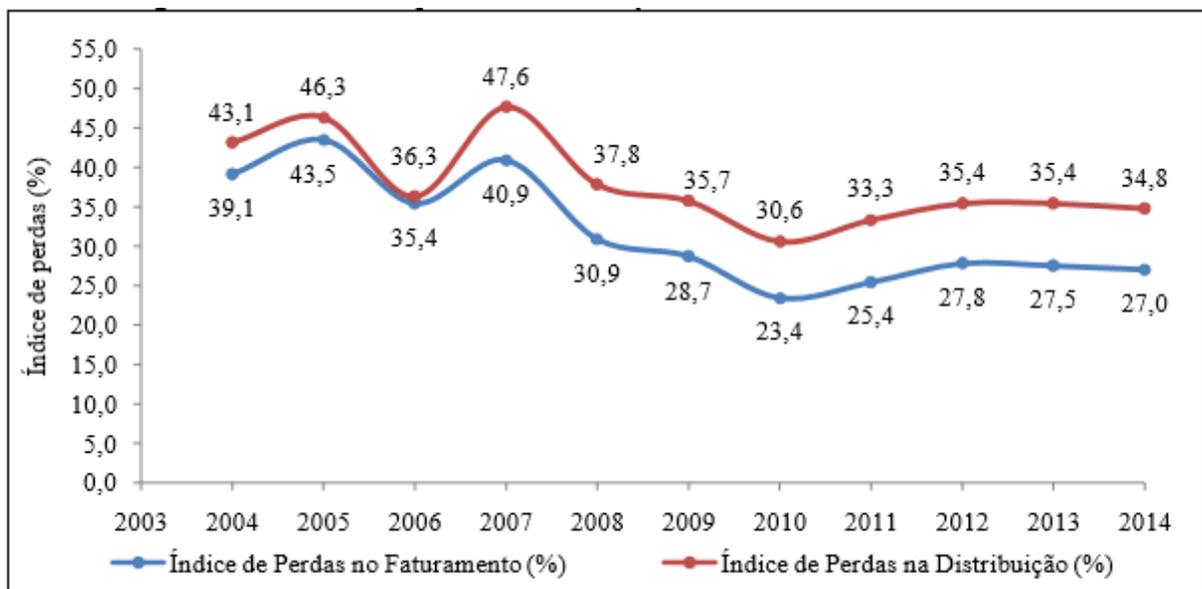
É recomendado que as DMC's sejam estabelecidas em uma única entrada de água, que é algo bastante recomendado de modo que tenha uma maior facilidade no controle, ou DMC's com entradas múltiplas no sistema, no caso irão possuir mais de um medidor de vazão.

2.8 ÍNDICES DE PALMAS

As metas que foram estabelecidas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Palmas em prol da diminuição de perdas de água, é de reduzir as perdas totais para 30% no sistema da capital até 2018 (PALMAS, 2014).

A Tabela 3 a seguir mostra o histórico das perdas no faturamento e na distribuição na cidade de Palmas.

Tabela 3: Histórico das perdas de água na distribuição e faturamento



Fonte: COSTA (2016), com Base no (SNIS)

Segundo o Instituto Trata Brasil, (2015) o padrão de excelente das cidades tem perdas de aproximadamente de 15%. Palma deve acelerar o processo de Diminuição das perdas de água e desenvolver métodos para o combate e eficiências das redes de distribuição em Palmas, para garantir maior eficiência hídrica e qualidade no serviço prestado para a população

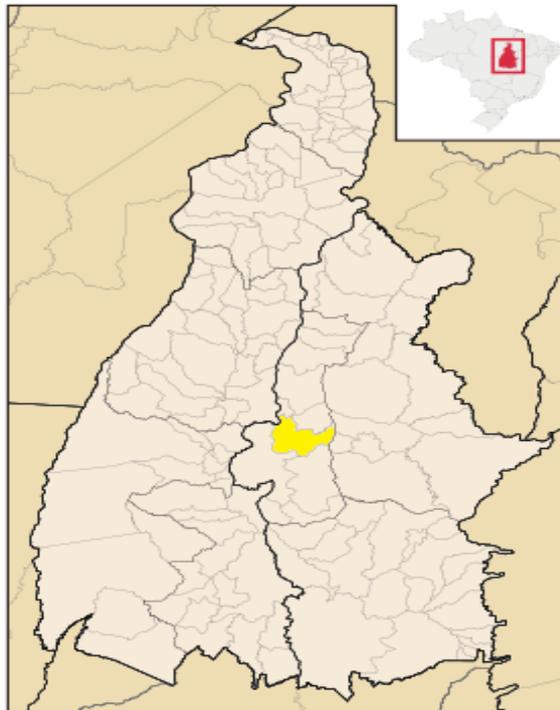
3 METODOLOGIA

O seguinte trabalho será constituído uma avaliação das perdas de água na região sul de Palmas, devido essa região possuir um dos maiores índices de perdas reais na capital do estado do Tocantins. A companhia de saneamento responsável pela concessão dos serviços de água e esgoto de Palmas é a BRK Ambiental,

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO ESTUDADA

A capital Palmas é localizada na região central do estado do Tocantins e faz divisa ao norte com os municípios de Aparecida do Rio Negro e Lajeado, ao Sul Porto Nacional e Monte do Carmo, a Leste Novo Acordo e Santa Tereza do Tocantins e a oeste Miracema e possui extensão total de 2.218,942 km² (Figura 10).

Figura 10 – Posicionamento Geográfico do Município de Palmas



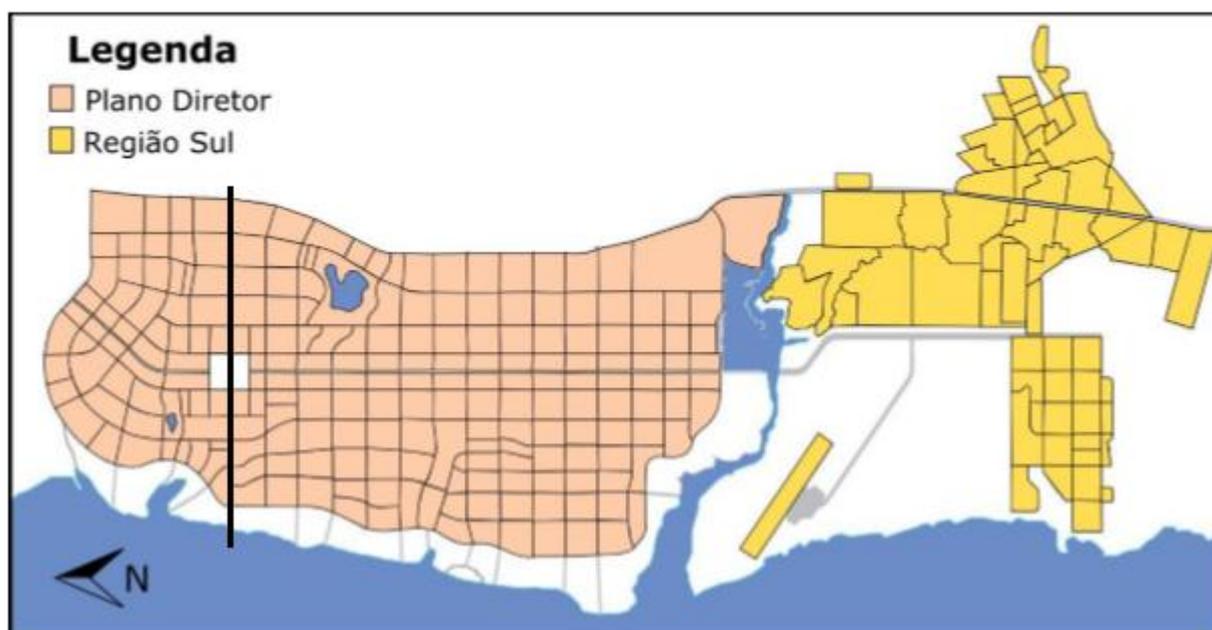
Fonte: Elaborado Pelo Autor

Segundo o IBGE, (2017) Palmas é a cidade mais populosa do estado e possui uma população estimada de 286.787 habitantes que corresponde a aproximadamente 18% do total de habitantes do Estado do Tocantins, e possui uma densidade demográfica de 102.9 hab/km².

Palmas foi fundada em 20 de maio de 1989, sendo a última cidade a ser planejada no Brasil no século XX (PEREIRA, 2011). A lei complementar N° 155, de 28 de setembro de 2007, fala sobre a política urbana da cidade de Palmas, sua atual divisão por distritos inclui a sede da cidade que é composta pela Região Central e sul, e também os distritos de Taquaruçu e Buritirana.

Deste modo a área designada para a execução desse foi a região sul da cidade de Palmas, cujo é evidenciado maiores problemas relacionados a perdas de água pela companhia de saneamento. A região estudada está identificada na Figura 11.

Figura 11: Identificação da área que será avaliada



Fonte: Adaptado por COSTA, (2016)

3.2 ETAPAS DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

O Projeto foi desenvolvido em duas etapas principais: 1) a análise e estudo das perdas na distribuição no sistema de abastecimento da região sul de Palmas relacionado ao DMC'S RAP 004, RAP 003, RAP 10 E REL 14 conforme está sendo indicado na figura 10 e 2) a análise e resultados dos diagnósticos dos distritos de medição e controle da região sul de Palmas e indicações de melhoria.

Figura 12 – Configuração dos DMC's da Região Sul

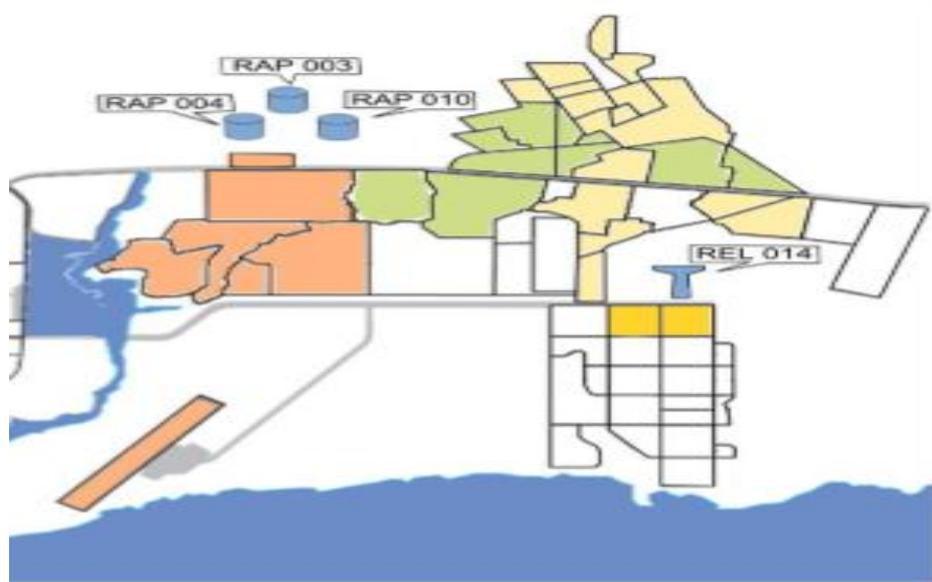


Figura 12: Adaptado pelo Autor com base na BRK Ambiental (2018)

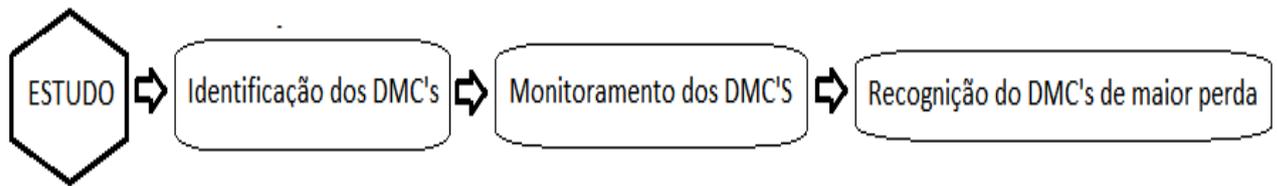
Como terá uma vinculação de dados que estão associadas ao decorrer dessas etapas, foi efetivado visitas na BRK Ambiental | Saneatins no setor de controle e redução de perdas de água com o objetivo de conseguir a viabilidade e realização desse projeto. Pelo ponto de vista técnico-econômico foi fundamentada uma metodologia adequada e foi firmada uma parceria com a companhia de saneamento, com o fornecimento das informações, e da assessoria fundamental para a conclusão da pesquisa.

A fase de diagnóstico das perdas se trata de uma pesquisa englobada nos resultados obtidos anteriormente e atualmente pela BRK Ambiental | Saneatins será separado através de monitoramento das DMC's estabelecidas e será feito uma identificação do Distrito de medição e controle que tiver o maior índice de perdas exemplificando toda a extensão territorial da região sul de Palmas relacionado a cada problema específico de perdas reais no SAA.

Por fim analisar os dados obtidos e encontrar algumas soluções técnicas-econômicas para o melhor gerenciamento dos Distritos de medição e Controle da região sul.

A Figura 13 demonstra a conjunto das fases da pesquisa;

Figura 13 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborado pelo Autor

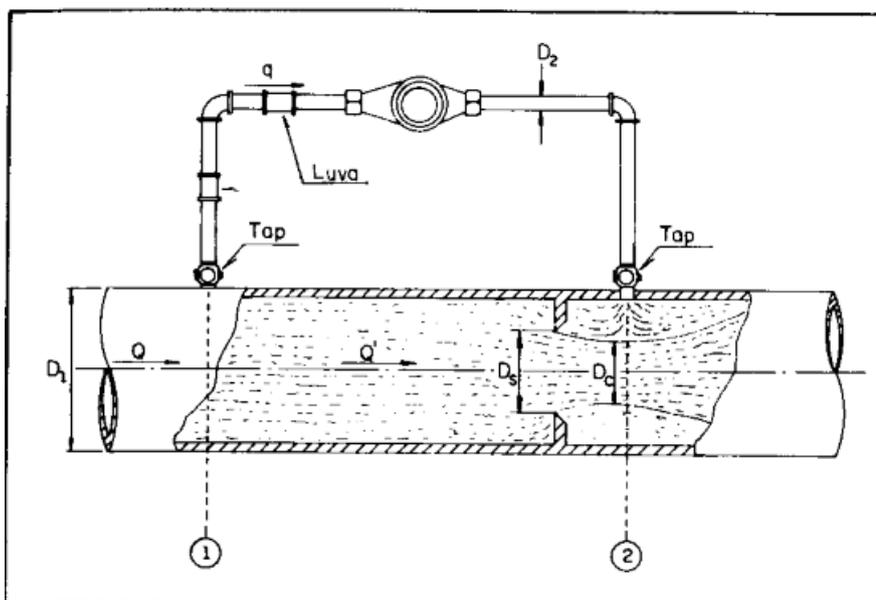
A seguir será feito o detalhamento do procedimento adotado em cada etapa de realização da metodologia de avaliação das perdas de água da região sul de Palmas.

3.3 PROPOSTA DE PERDAS NA REGIÃO SUL

3.3.1 Medidor de Vazão proporcional

Visando baixo custo e uma excelente eficiência o medidor de vazão proporcional consiste na instalação canalização de menor diâmetro secundária que tem um hidrômetro alojado que possui uma baixa vazão para a contabilização dos volumes macromedidos. Esse medidor proporcional é dimensionado e instalado e possui uma operação simples, possui fácil aquisição nacional. A Figura 14 caracteriza um medidor de Vazão Proporcional.

Figura 14: Medidor de Vazão Proporcional



Fonte: Revista DAE, HUEB, KAPPAZ,

Seu Funcionamento consiste na calibração da vazão que passa na tubulação principal e entre as vazões que passam no hidrômetro. Isso implica que a calibração entre eles resulta em um ensaio, para se obter medições precisas. Esse ensaio de calibração pode ser determinado através da relação $Q(t) = k \times q(t)$; Q é a vazão que escoar na tubulação principal, e q é a vazão que escoar no hidrômetro. E os volumes v dos hidrômetros é feito pela diferença das leituras finais e iniciais do tempo analisado

3.3.2 – Determinação da Constante (k) e Calibração

Na entrada da DMC's é instalado um TAP junto aos medidores que tem como função permitir o acesso do líquido que está em escoamento, através da sua abertura e fechamento foi possível botar ou extrair do contato com o fluido medidores de vazão e o tubo de Pitot.

Em campo a constante k relacionada a cada medidor proporcional foi determinado por meio de ensaios de calibração, no caso esse ensaio não possui uma normativa para instruir, será coletado dados pares (V,v) a cada hora durante 24 horas. Com isso pode ser comprovado mesmo com as variações diárias de volume a relação de linearidade entre os mesmos. E para gerar o volume horário V da tubulação foi instalado um tubo de Pitot no TAP de entrada de cada DMC e que o tempo registrado nesse período de uma hora será registrado por uma maleta pitométrica. Os volumes horários v do hidrômetro é apurado por meio da diferença em meio às leituras iniciais e finais do hidrômetro a cada hora do período analisado.

3.3.3 – Monitoramento Das DMC's

Será realizado o levantamento dos volumes micromedidos e os macromedidos dos meses de Fevereiro e Março de 2018. Esses volumes micromedidos são determinados de acordo do somatório dos consumos registrados na área de influencia de cada DMC, já os volumes macromedidos são obtidos por cada Medidor proporcional instalados nos distritos de medição.

3.3.3.1 – Volume Macromedido e Micromedidos

Determinação da macromedição meses de Fevereiro e Março:

Relação - $V(t) = v(t) \times k$, onde:

V = Volume que escoar na tubulação primária

k = Constante Valida para cada instalação

v = Volume que escoar no hidrômetro no mesmo período (Considerando V)

Esses valores devem coincidir com os períodos de leituras dos hidrômetros através da micromedição para evitar erros. Ou informações poucos precisas. Em relação a micromedição o volume total é a somatória dos consumos faturados nos hidrômetros, no entanto será levantado nos meses de Fevereiro e Março.

3.3.4 Recogição do Distrito que possui a maior perda

Essa identificação do DMC que possui maior perda será realizada com base nos Índices de perdas de ligação (IPL) e o índice de perdas na Distribuição (IPD), IPL é considerado o mais adequado de forma para realizar comparações nos sistemas de abastecimento, já o IPD é utilizado na avaliação das perdas.

No entanto com a obtenção dos volumes macromedidos e micromedidos e possuindo os números da ligações ativas na área de cada DMC temos a determinação do IPL, e para calcular o IPD é necessário dos dados dos volumes macromedidos e micromedidos, portanto pode ser calculado de acordo com as seguintes equações 1 e 2;

$$IPL = \frac{VD - VU}{LA \times ND} \quad IPD = \frac{VD - VU}{VD}$$

VD: Volume Macromedido

VU: Volume Micromedido

LA: Ligações Ativas

ND: Números de Dias Monitorados

Unidade de medida: (m³)

Determinados os Índices de perdas ligações e o Índice de perdas na distribuição em cada distrito de medição dos meses de Fevereiro e Março, será caracterizado o maior índice de perda, onde terá um maior combate de redução de perdas de água no distrito.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as metodologias apresentadas antes, à região solicitada e às condições do projeto, será efetuada em duas etapas, de diagnóstico e a segunda etapa resultados, serão obtidos os resultados referentes às perdas de cada DMC nas Regiões Sul do Município de Palmas, e depois avaliar e concluir seus conflitos. A seguir será feita toda demonstração da realização da pesquisa.

As principais informações utilizadas neste estudo foram fornecidas pela BRK AMBIENTAL | Saneatins, empresa responsável pelo serviço de abastecimento de água na capital. A empresa irá disponibilizar os dados através de mapas e planilhas eletrônicas, que foram elaborados e aprovados pelos devidos responsáveis técnicos de cada uma das áreas relacionadas os subsídios apresentados. Entretanto serão apresentados os resultados e será discutido.

4.1 Resultados da Região Sul

4.1.1 Medidores Proporcionais – Ensaio de Calibração.

No intuito de buscar a forma mais correta para se alcançar à calibração dos medidores, não foi uma etapa fácil, como já foi mencionado, não possui uma normativa ou orientação ajustada para calibração dos medidores proporcionais. Nas medições feitas foi feito o procedimento para a contabilização dos volumes da tubulação primária (V). Esses volumes foram escriturados através de uma maleta de medição dos parâmetros hidráulicos, com isso tendo um registro dos volumes.

O volume determinado da tubulação secundária foi coletado a cada hora as leituras dos hidrômetros, o que foi registrado foi apenas o volume escoado em metros cúbicos, centenas e dezenas de litros. Portanto o volume que passa em litros e décimos de litros escoados é muito desprezível o que induz de forma ruim a correlação entre os volumes das tubulações primária e secundária. O teste foi realizado apenas registrando todos os números e ponteiros apresentados no hidrômetro que resulta em melhores resultados no volume que será micromedido. Os Apendices A.1 e A.2 mostra as leituras coletadas em cada medidor proporcional e os volumes nas duas tubulações na calibração, Nesse caso a relação que está relacionado os volumes escoadas nas duas tubulações é determinado para cada um das

DMC's que estão sendo analisadas por meio dos pares dos volumes (V,v) que será anotado na calibração dos medidores. A Figura 15 apresenta as equações e resultados das calibrações.

Figura 15: Resultado da Calibração.

DMC RAP 004 $V(t) = 1.046,6 \times v(t) - 9,3$ $R^2 = 0,99$	DMC RAP 003 $V(t) = 2.825,8 \times v(t) + 11,3$ $R^2 = 0,99$
DMC RAP 010 $V(t) = 4.291,8 \times v(t) + 7,3$ $R^2 = 0,99$	DMC REL 014 $V(t) = 1.046,6 \times v(t) + 2,3$ $R^2 = 0,99$

Fonte: Elaborado pelo autor

A calibração dos medidores proporcionais tem a presença de um termo independente na equação que são os volumes escoados. No entanto as operações relacionadas em campo e em laboratório são diferentes a contabilização dos volumes micromedidos possui todos os termos das equações resultantes do ensaio realizado em campo. Que possui os termos $V(t) = k \times v(t) + c$

4.1.2 Monitoramento dos DMCs .

Foi realizado um monitoramento dos volumes micromedidos e macromedidos nas áreas dos DMC's no período de Fevereiro e Março. Em seguida serão representado os volumes obtidos durante esse monitoramento.

4.1.2.1 Determinação dos volumes micromedidos

As determinações dos volumes micromedidos ficam de acordo com a área de cada DMC, nos meses que foram solicitados, esses volumes são a somatória dos consumos faturados dos hidrômetros instalados nas residências. A seguir a tabela 4 mostra os volumes micromedidos de cada DMC.

Tabela 4 – Volumes Micromedidos (m³)

DMC/MÊS	Fevereiro	Março
RAP 004	103.192	104.664
RAP 003	119.548	101.682
RAP 010	65.612	82.710
REL 014	7.493	7.767

Fonte: Elaborado pelo autor com base

Fazendo um comparativo dos dados nos meses o RAP 003 E O RAP 010 tiveram uma discrepância significativa no volume total consumido. Existem vários motivos para existir essa diferença significativa de consumo, os que podem ser destacados são: rede de esgoto, característica da cidade valor da água, hábitos de vida dos usuários e as condições climáticas.

4.1.3 Determinação dos volumes macromedidos

Os Volumes macromedidos foram considerados nos dias que ocorreram as micromedições para evitar discrepância entre os volumes macromedidos com os volumes micromedidos. Foi feita uma observação da micromedição de Palmas para saber as datas que os volumes macromedidos seriam realizados

Palmas é dividido por 15 grupos de faturamentos as medições realizadas na região sul são os grupos 11 a 15, elas que realizam a leitura dos consumos de água (micromedição).

Entretanto para realizar a leitura da micromedição foi cedido os respectivos grupos de faturamento que irá analisar em diferentes dias as leituras dos consumos, As informações estão no Apêndice A.3. A micromedição é realizada por diferentes grupos de faturamento dentro da DMC, a realização das leituras é escriturada em dias diferentes.

Foi decidido o grupo de faturamento que teria em cada DMC, o grupo que realizou o maior número de leitura das ligações das residências, coincidindo com a data que ocorreu a micromedição do grupo é a referência para saber o volume macromedido. A tabela 5 comprova os resultados dos volumes macromedidos.

Tabela 5 : Volumes Macromedidos por DMC

DMC's	RAP 004	RAP 003	RAP 010	REL 014
Grupo Predominante	Grupo 15	Grupo 14	Grupo 13	Grupo 12
Data da Micromedição	27/Jan 27/Fev 25/Mar	25/Jan 25/Fev 24/Mar	23/Jan 24/Fev 23/Mar	22/Jan 23/Fev 22/Mar
Leitura da Macromedição	197,23 315,16 422,11	30,360 32,330 45,250	40,070 79,37 123,34	40,800 68,460 95,270

Fonte: Elaborado pelo autor com base na BRK Ambiental

Para tornar a medição mais correta possível foram considerados os números no visor do hidrômetro que corresponde o consumo em metros cúbicos, centenas e dezenas de litros. O volume escoado na tubulação secundária (v) que no caso tem diferenças entre as leituras que foram coletadas, aplica se as equações que foram definidas no ensaio de calibração dos medidores proporcionais, através dos quatros DMC's foram disponibilizados os volumes macromedidos dos meses de Fevereiro e Março. A Tabela 6 disponibiliza os volumes macromedidos.

Tabela 6 – Determinação Final dos Volumes Macromedidos

DMC's		RAP 004			RAP 003	
Mês	v(m³)	Equação	V(m³)	v(m³)	Equação	V(m³)
Fevereiro	117,93	$V(t) = 1.046,6 \times v(t) - 9,3$	123.416	47,33	$V(t) = 2.825,8 \times v(t) + 11,3$	145,00
Março	106,95	$V(t) = 1.046,6 \times v(t) - 9,3$	111.925	45,25	$V(t) = 2.825,8 \times v(t) + 11,3$	127.879
DMC's		RAP 010			REL 014	
Mês	v(m³)	Equação	V(m³)	v(m³)	Equação	V(m³)
Fevereiro	35,3	$V(t) = 4.291,8 \times v(t) + 7,$	151.508	27,66	$V(t) = 1.348,8 \times v(t) + 2,3$	37.317
Março	43,97	$V(t) = 4.291,8 \times v(t) + 7,$	188.718	26,81	$V(t) = 1.348,8 \times v(t) + 2,3$	36.164

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.1.4 Identificação do DMC com maior perda

Através dos volumes macromedidos e dos volumes micromedidos foi obtido o número de ligações ativas em cada área específica dos DMC's. Com esses dados pode ser realizado os valores dos indicadores de perdas. A tabela 7 a seguir demonstra os indicadores de perdas.

Tabela 7 – Índice de Perdas por DMC

DMC's	RAP 004						
<i>Mês/item</i>	<i>Ligações Ativas</i>	<i>Dias Monitorados</i>	<i>Vol macro (m³)</i>	<i>Vol Micro (m³)</i>	<i>Vol Perdido (m³)</i>	<i>IPD (%)</i>	<i>IPL (Ligação/dia)</i>
<i>Fevereiro</i>	8.729	27	123.416	103.192	20.224	16,4	77
<i>Março</i>	8.729	30	111.925	104.664	7.261	6,5	29
DMC's	RAP 003						
<i>Mês/item</i>	<i>Ligações Ativas</i>	<i>Dias Monitorados</i>	<i>Vol macro (m³)</i>	<i>Vol Micro (m³)</i>	<i>Vol Perdido (m³)</i>	<i>IPD (%)</i>	<i>IPL (Ligação/dia)</i>
<i>Fevereiro</i>	9.033	27	145.00	119.548	25.461	22,4	75
<i>Março</i>	9.033	29	127.879	101.682	26.197	20,5	97
DMC's	RAP 010						
<i>Mês/item</i>	<i>Ligações Ativas</i>	<i>Dias Monitorados</i>	<i>Vol macro (m³)</i>	<i>Vol Micro (m³)</i>	<i>Vol Perdido (m³)</i>	<i>IPD (%)</i>	<i>IPL (Ligação/dia)</i>
<i>Fevereiro</i>	7.053	26	151.504	65.612	85.896	56,7	393
<i>Março</i>	7.053	30	188.716	82.710	106.008	56,2	501
DMC's	REL 014						
<i>Mês/item</i>	<i>Ligações Ativas</i>	<i>Dias Monitorados</i>	<i>Vol macro (m³)</i>	<i>Vol Micro (m³)</i>	<i>Vol Perdido (m³)</i>	<i>IPD (%)</i>	<i>IPL (Ligação/dia)</i>
<i>Fevereiro</i>	775	31	37.310	7.493	29.817	79,9	1.241
<i>Março</i>	775	30	36.164	7.767	28.397	78,5	1.221

Fonte: Elaborado pelo Autor

As perdas indicadas são correspondentes à diferença do volume disponibilizado do volume faturado, as composições dos indicadores de perdas foram consideradas os volumes que são consumidos de forma autorizada e que são faturados pela companhia de saneamento, no caso bombeiros e caminhões pipas que tem um consumo autorizado não será computado nesses percentuais de perdas que será proporcionado.

Os DMC que obtiveram uma maior significância de perda registrada, deve ser tratado como prioridade no combate e redução das perdas de água, e no caso deve se ter um

investimento para se reduzir esse indicador. A tabela 8 representa classificação do DMC que possui maior significância de perdas.

Tabela 8 – Índice de perdas por significância

CLASSIFICAÇÃO	DMC	IPD (%)	IPL (L/LIGAÇÃO/DIA)
1	REL 014	79,9	1.241
		78,5	1.221
2	RAP 010	56,7	393
		56,2	501
3	RAP 003	22,4	75
		20,5	97
4	RAP 004	16,4	77
		6,5	29

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado o DMC do REL 014, foi o que apresentou maior índice de perdas, mesmo tendo uma área de abrangência menor em relação aos outros DMC's, possui menor numero de ligações, mas seu índice de perdas pode ser comparado com os índices registrados das 10 piores cidades brasileiras em 2013, que foram classificadas pelo Instituto Trata Brasil.

O que está sendo apresentado no REL 014, é muito elevado levando em consideração o quantitativo de ligações, como o abastecimento do REL 014 é feito apenas nas quadras T20, E T30 do Setor Taquari, pode ser que esteja abastecendo outras áreas, porém isso deve ser verificado no setor de cadastro técnico da companhia de saneamento para se ter um maior resultado no volume micromedido, o que finalizara no aumento do numero de ligações e a diminuição desse índice de perdas do REL 014.

Pode ser considerado outros fatores pertinentes no que diz respeito as perdas de água desse setor, pode ser levantado a hipótese de estar ocorrendo vazamentos que não sejam visíveis, cabe a companhia de saneamento realizar um mapeamento da área em busca de localizar algum tipo de vazamento na distribuição. O setor taquari também demanda muitos problemas de ligações clandestinas e fraudes, isso pode levar a aumentar o índice de perdas de água.

Em relação ao RAP 010 como sua área de abrangência é maior, fazendo uma relação com o REL 014, ele possui maior volume perdido, por possuir maior número de ligações, o trabalho visado para redução de perdas no DMC do RAP 010, seria mais significativo para a redução geral das perdas da cidade de Palmas-TO.

Realizar um planejamento na área do RAP 010 e do REL 014, que estão apresentando os piores índices de perdas é o mais efetivo para o combate das perdas reais no sistema de abastecimento da cidade de Palmas, levando em consideração que deve ter uma gestão de perdas voltadas especificamente para cada região da cidade, com intuito de monitorar as pressões para evitar vazamentos, direcionando as ações de forma correta em cada DMC, pode se afirmar que terá uma redução significativa e efetiva na redução das perdas gerais do município

Já o DMC do RAP 003 e o DMC do Rap 004, mostra índices de perdas abaixo da realidade do país. Não se deve ter uma prioridade com esses DMC, mas a companhia de saneamento deve continuar a desenvolver as inspeções e manutenção das redes para garantir o bom funcionamento do sistema de distribuição, para que não aumente os indicadores de perdas. Segundo Sobrinho (2012) classificação do sistema de abastecimento com base nos indicadores percentuais classifica o sistema através do seu percentual de perdas, No caso o DMC do RAP 003 e 004, estaria classificado como bons, já os DMC do REL 014 e RAP 010 estariam ruins. A Tabela 9 indica a classificação, segundo Sobrinho (2012).

Tabela 9 – Classificação dos Índices de perdas

Indicador Total de Perdas (%)	Classificação do Sistema
Menor que 25%	Bom (RAP 003)/(RAP 004)
Entre 25% e 40%	Regular
Maior que 40%	Ruim (REL 014/ RAP 010)

Fonte: Sobrinho (2012).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O medidor proporcional é uma excelente forma de gestão de perdas para o abastecimento. Realizar Distritos de medição e controle em um sistema é a melhor alternativa para setorizar as áreas de uma distribuição de água, pois compacta as informações que são divididas em áreas de menor abrangência dentro do sistema, desde a calibração dos mesmos, até os resultados dos indicadores percentuais. Uma ferramenta que possui baixo custo e que pode ser eficaz na redução e controle de perdas gerais para qualquer sistema de abastecimento de água.

Pode se concluir também que na calibração dos medidores a tubulação primária e secundária com os volumes que passam, tem uma relação de linearidade o que significa que mesmo com as variações diárias de consumo o ensaio pode ser finalizado com um tempo menor do que 24 horas, sem ter grandes mudanças nos seus resultados.

Fazendo uma análise de cada Distrito de medição da região sul, o REL 014 possui um índice de perdas elevado, juntamente com o RAP 010, as ações de investimento da companhia de saneamento devem ser voltadas para esses dois indicadores já que o REL 014 poderá acompanhar um número maior de ligações levando em consideração a expansão do Setor Taquari, que no caso aumentaria o número de ligações no setor elevando o volume do Reservatório. Em relação com o RAP 003 e o RAP 004, equivalem apenas manter o fator da qualidade dos serviços e a manutenção preventiva para isentar qualquer problema futuro e o aumento do seu índice de perdas.

Esses quatro DMC's não englobam a área total da região sul, deve ser feito o acompanhamento de outras áreas que restam no setor. Se todas as áreas da região sul estiverem obtendo esse controle de redução de perdas, ajudaria de forma efetiva na redução das perdas gerais do município.

REFERÊNCIAS

ANDRADE SOBRINHO, R. Gestão das perdas de água e energia em sistemas de abastecimento de água da embasa: Um estudo dos fatores intervenientes na RMS. 2012. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. 288 f.

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 controle efetivo. [S.l.]: ABES, 2013. 45 f. Disponível em: <<http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E.; Manual de Hidráulica 9ª Edição Ed. Edgar Blucher Ltda. São Paulo, 1998.

BEZERRA, S. de T. M; CHEUNG, P. B. Perdas de água: tecnologias de controle. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. 220 p

BRK AMBIENTAL | SANEATINS. Informações sobre Saneamento de Palmas – TO. Planilha eletrônica de dados. Palmas, 2018.

COSTA, Janine Cunha. Análise de perdas nas redes de distribuição de água do município de Palmas – TO. 2016. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2016.

GIROL, Guilherme Violato. Análise de perdas reais em um setor do sistema de abastecimento de água no município de capinzal – SC: formação. 2008. 62 f. Monografia (formação Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Capinzal, 2008.

HELLER, L. (Org.); PADUA, V. L. (Org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006. 859 p

INSTITUTO TRATA BRASIL – ITB. Perdas de Água: desafios ao avanço do saneamento básico e à escassez hídrica. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/perdas-de-agua/Relatorio-Perdas-2013.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017.

IWA – International Water Association. Disponível em <http://www.iwahq.org/1nb/home.html> Acesso em 27/10/2017.

LAMBERT, A.; THORNTON, J. Avaliação de Perdas Reais. São Paulo: Consultoria à SABESP, 2002.

NBR 12218. Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, 1994.

NBR 8194. Medidores de água potável - Padronização. São Paulo, 2013.

SABESP. Apostila do Curso de Perdas. São Paulo: SABESP, 2005

TARDELLI FILHO, Jairo. 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, 2004. cap. 10, p. 457-525

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. (edição 2014)

APÊNDICES

Apêndice A.1 – Leitura das tubulações secundárias, na calibração nos DMC's

RAP 004		
Unidade em m ³	L	Horário
377	672,7	18:00
377	875,38	19:00
378	60,25	20:00
378	202,12	21:00
378	319,23	22:00
378	475,44	23:00
378	617,56	00:00
378	741,22	01:00
378	852,5	02:00
378	965,8	03:00
379	72,8	04:00
379	180,74	05:00
379	288,78	06:00
379	431,12	07:00
379	592,45	08:00
379	763,51	09:00
379	941,23	10:00
380	120,99	11:00
380	292,12	12:00
380	467,63	13:00
380	643,55	14:00
380	817,45	15:00
380	974,14	16:00
381	154,17	17:00
381	326,6	18:00

RAP 003		
Unidade em m ³	L	Horário
57	306,9	08:00
57	390,8	09:00
57	476,36	10:00
57	568,96	11:00
57	687,56	12:00
57	741,23	13:00
57	841,2	14:00
57	909,23	15:00
57	998,47	16:00
58	81,23	17:00
58	160,45	18:00

RAP 010		
Unidade em m ³	L	Horário
121	642,23	08:00
121	721,22	09:00
121	801,22	10:00
121	873,45	11:00
121	965,12	12:00
122	149,7	13:00
122	125,7	14:00
122	204,69	15:00
122	276,14	16:00
122	356,99	17:00
122	427,23	18:00

REL 014		
Unidade em m ³	L	Horário
00 59	760,77	00:00
00 59	779,45	01:00
00 59	789,47	02:00
00 59	797,12	03:00
00 59	803,12	04:00
00 59	813,22	05:00
00 59	825,77	06:00
00 59	857,46	07:00
00 59	903,66	08:00
00 59	966,23	09:00
00 60	32,44	10:00
00 60	121,26	11:00
00 60	194	12:00
00 60	273,2	13:00
00 60	341,23	14:00
00 60	408,56	15:00
00 60	478,69	16:00
00 60	549,14	17:00
00 60	616,49	18:00
00 60	684,24	19:00
00 60	741,33	20:00
00 60	785,43	21:00
00 60	818,7	22:00
00 60	844,12	23:00
00 60	869,75	00:00

Apêndice A.2 – Volumes da Tubulação primária e Secundária

DMC RAP 004				
Tubulação Principal		Tubulação Secundária		Horário
Qmed (m ³ /h)	Volume (m ³)	Volume m ³	Volume (m ³)	
187,37	209,26	209,72	0,20972	18:00 às 19:00
180,76	171,74	174,9	0,1749	19:00 às 20:00
135,35	139,98	145,48	0,14548	20:00 às 21:00
118,62	110,71	114,7	0,1147	21:00 às 23:00
158,48	161,12	155,4	0,1554	22:00 às 23:00
135,96	136,47	142,8	0,1428	23:00 às 00:00
114,01	119,87	122,6	0,1226	01:00 às 2:00
108,57	105,47	111,2	0,1126	02:00 às 3:00
105,95	111,45	113,2	0,1132	03:00 às 4:00
102,14	102,45	107	0,107	04:00 às 5:00
103,65	161,21	108,5	0,1085	05:00 às 6:00
111,86	168,24	118,9	0,1185	06:00 às 7:00
144,75	178,48	132,3	0,1189	07:00 às 8:00
166,24	173,99	162,8	0,1323	08:00 às 9:00
165,78	168,47	169,5	0,1628	09:00 às 10:00
172,56	179,66	179,1	0,1695	10:00 às 11:00
177,48	171,52	177	0,1791	11:00 às 12:00
177,33	170,22	171,7	0,177	12:00 às 13:00
179,02	164,55	176,5	0,1727	13:00 às 14:00
171,75	170,59	172,7	0,1765	14:00 às 15:00
165,54	172,05	166	0,166	15:00 às 16:00
167,66	171,22	171,5	0,1715	16:00 às 17:00
178,16	188,21	173,2	0,1732	17:00 às 18:00

DMC - RAP 003				
Tubulação Primária		Tubulação Secundária		Horário
Qmed (m ³ /h)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	
254,3	254,77	87,7	0,0877	08:00 às 9:00
270,32	256,73	87,1	0,0871	09:00 às 10:00
281,73	272,22	93,1	0,0931	10:00 às 11:00
281,77	295,9	100,1	0,1001	11:00 às 12:00
267,6	209,55	69,8	0,0698	12:00 às 13:00
255,98	295,62	99,7	0,0997	13:00 às 14:00
245,124	208,53	69,6	0,0696	14:00 às 15:00
246,954	258,34	87,9	0,0879	15:00 às 16:00
248,67	248,15	82,4	0,0824	16:00 às 17:00
279,138	241,02	81,8	0,0818	17:00 às 18:00

DMC - RAP 010				
Tubulação Primária		Tubulação Secundária		Horário
Qmed (m ³ /h)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	
340,8	344,88	78,7	0,0787	08:00 às 9:00
341,5	336,12	76,7	0,0767	09:00 às 10:00
352,8	336,12	80,9	0,0809	10:00 às 11:00
349,7	357,9	81,8	0,0818	11:00 às 12:00
372,3	370,8	84,6	0,0846	12:00 às 13:00
336,6	338,9	77,1	0,0771	13:00 às 14:00
325,5	324,8	73,9	0,0739	14:00 às 15:00
329,2	330,2	75,3	0,0753	15:00 às 16:00
335,1	334,1	76,2	0,0762	16:00 às 17:00
339,7	342,2	77,9	0,0779	17:00 às 18:00

DMC'S REL 14				
Tubulação Primária		Tubulação Secundária		Horário
Qmed (m ³ /h)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	Volume (m ³)	
27,7	24,22	15,8	0,0158	00:00 às 01:00
21,2	16,6	10,7	0,0107	01:00 às 2:00
16,3	12,26	7,6	0,0076	02:00 às 3:00
13,4	9,53	6,5	0,0065	03:00 às 4:00
17,3	12,74	7,3	0,0073	04:00 às 5:00
22,7	19,75	12,2	0,0122	05:00 às 6:00
47,64	40,5	28,7	0,0287	06:00 às 7:00
70,56	67,08	47,2	0,0472	07:00 às 8:00
84	85,44	61	0,061	08:00 às 9:00
98,34	92,46	69,9	0,0699	09:00 às 10:00
109,2	108,06	78,9	0,0789	10:00 às 11:00
110,1	110,82	83,9	0,0839	11:00 às 12:00
105,84	107,34	78,2	0,0782	12:00 às 13:00
91,74	95,16	67,9	0,0679	13:00 às 14:00
94,14	89,7	66,5	0,0697	14:00 às 15:00
97,98	98,94	69,7	0,0728	15:00 às 16:00
98,34	103,5	72,8	0,0728	16:00 às 17:00
97,62	91,44	68,3	0,0683	17:00 às 18:00
103,08	108,18	68,5	0,0685	18:00 às 19:00
69,78	75,66	59,5	0,0595	19:00 às 20:00
51,12	51,3	37,7	0,0377	20:00 às 21:00
53,1	51,78	34,6	0,0346	21:00 às 22:00
36,36	41,7	26,5	0,0265	22:00 às 23:00
29,7	28,98	23,2	0,0232	23:00 às 00:00

Apêndice A.3 – Áreas de delimitação dos DMC's e o faturamento

DMC	RAP 003	RAP 004	RAP 010	REL 014
Área delimitada	Aureny I	Aureny IV	Santa Bárbara	Taquari T 30
	Aureny II	Irma Dulce	Santa Helena	Taquari T 20
	Santa Fé I	Chácaras Irmã Dulce	Jardim Aeroporto	
	Santa Fé II	Bertaville	Marly Camargo	
	Santa Fé III	Vila Piauí	Sonia Regina	
	Canaã	Uniao Sul	Jardim Bela Vista	
	Taquaralto	Jardim Aureny III (parte baixa)	Setor Sul	
	Taquaralto 2º Etapa	Aeroporto / INFRAERO	Santa Fé IV	
	Residencial Sol Nascente	Setor Taquarussu 2 Etapa	Morada do Sol III	
	Setor Bela Vista		Morada do Sol II	
	Vale do Sol		Jardim Laila	
			Morada do Sol	
			Setor Belo Horizonte	
			Maria Rosa	
		Setor Vista Alegre		
Nº de lig	2.123	2.964	1.861	379
	2.186	952	418	396
	1.230	135	157	
	365	631	163	
	17	113	260	
	157	440	400	
	535	3.181	917	
	108	4	310	
	547	309	231	
	1.391		462	
	374		280	
		707		
		114		
		260		
		119		