

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Fabio Albuquerque de Oliveira

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IVOTI/RS**

Porto Alegre

Julho 2018

FABIO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IVOTI/RS**

Trabalho de Diplomação apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Dieter Wartchow

Relator: Fernando Fan

Porto Alegre

Julho 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Oliveira, Fabio Albuquerque de
Avaliação das perdas físicas no sistema de
abastecimento de água do município de Ivoti/RS /
Fabio Albuquerque de Oliveira. -- 2018.
103 f.
Orientador: Dieter Wartchow.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre,
BR-RS, 2018.

1. Perdas físicas de água. 2. Sistema de
abastecimento de água. 3. Ivoti/RS. I. Wartchow,
Dieter, orient. II. Título.

FABIO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IVOTI/RS**

Trabalho de Diplomação julgado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Coordenador da atividade de ensino Trabalho de Conclusão de Curso II - Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dieter Wartchow
Dr. pela Stuttgart Universitat, Alemanha
Orientador

Profa. Luciani Somensi Lorenzi
Dra. pela UFRGS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dieter Wartchow (IPH/UFRGS)
Dr. pela Stuttgart Universitat, Alemanha
Orientador

Prof. Fernando Mainardi Fan (IPH/UFRGS)
Dr. pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
Relator

Ian Rocha de Almeida (IPH/UFRGS)
Mestrando do PPGRHSA/UFRGS

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é avaliar as perdas físicas no sistema de abastecimento de água do município de Ivoti/RS, que atualmente são da ordem de 60%. A água é um recurso escasso que, além de essencial para nossa sobrevivência, é determinante para o desenvolvimento das cidades. No Brasil, os índices de perdas nos sistemas de abastecimento são muito elevados. No caso do município de Ivoti/RS, a Autarquia Águas de Ivoti é a responsável pelo abastecimento de água para população do Município. Assim, este trabalho, além de fazer um referencial teórico sobre o tema, propõe medidas para reduzir os índices de perdas no sistema de abastecimento de água do Município. Conclui-se que as perdas no sistema de abastecimento de água do município de Ivoti/RS são basicamente geradas por falta de investimento em melhorias de infraestrutura e gestão ao longo dos anos que o sistema esteve sob responsabilidade da Companhia Estadual de Saneamento (CORSAN). Desta forma, espera-se que as companhias de saneamento mantenham os sistemas de abastecimento de água bem operados e mantidos com baixos índices de perdas.

Palavras-chave: Perdas físicas de água. Sistema de abastecimento de água. Ivoti/RS.

ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate the physical losses in the water supply system of the municipality of Ivoti / RS, which are currently around 60%. Water is a scarce resource that, in addition to being essential for our survival, is crucial for the development of cities. In Brazil, the indices of losses in the supply systems are very high. In the case of the municipality of Ivoti / RS, the Águas de Ivoti Autarchy is responsible for water supply for the population of the Municipality. Thus, this work, besides making a theoretical reference on the subject, proposes measures to reduce the indices of losses in the water supply system of the Municipality. It is concluded that the losses in the water supply system of the municipality of Ivoti / RS are basically generated by lack of investment in infrastructure improvements and management over the years that the system was under the responsibility of the State Sewage Company (CORSAN). In this way, sanitation companies are expected to maintain well maintained and well maintained water supply systems with low loss rates.

Keywords: Physical losses of water. Water supply system. Ivoti / RS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul.	19
Figura 2 - Componentes de um Sistema de Abastecimento de Água com tratamento convencional em ETA.....	22
Figura 3 - Balanço Hídrico, modelo IWA (Associação Internacional da Água), em apoio à definição do conceito de perdas	31
Figura 4 - O Índice de Perda na Distribuição (IPD)	61
Figura 5 - O Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF).....	62
Figura 6 - O Índice Linear Bruto de Perda (ILB)	62
Figura 7 - O Índice de Perda por Ligação (IPL)	63
Figura 8 - População do Município	63
Figura 9 - Despesa total com os serviços para fornecimento de 1 m ³ faturado de água	64
Figura 10 - Tarifa média.	64
Figura 11 - Percentual dos gastos com energia elétrica.....	65
Figura 12 - Arrecadação total	65
Figura 13 - Volumes Produzidos	66
Figura 14 - Volumes micro medidos	66
Figura 15 - Foto do monitor do Centro de Controle e Operações, que informa os níveis dos reservatórios e o funcionamento das bombas.....	71
Figura 16 - No CCO um dos reservatórios estava sinalizado com a cor vermelho, que demonstrava um provável problema de comunicação entre a central e o reservatório	72
Figura 17 - Antena responsável pelo sinal de comunicação do poço de captação e o CCO	72
Figura 18 - Foto com o detalhe do interior de cada casa de controles existente em cada um dos 26 poços de captação do município de Ivoti/RS	73
Figura 19 - Foto mostrando o medidor de energia elétrica, que é item existente em todos os poços de captação ou unidade de bombeamento da Autarquia.....	74
Figura 20 - Quadro de controle de bombas de um dos poços de captação	75

Figura 21 - Par de bombas de manobra de volumes de armazenamento, onde um reservatório semienterrado abastece um reservatório elevado.....	75
Figura 22 - Unidade com poço de captação, casa de bombas, reservatório apoiado e reservatório elevado.....	76
Figura 23 - Unidade de captação de água com vários reservatórios apoiados e um reservatório semienterrado.....	77
Figura 24 - Foto de um poço de captação que mostra o macro medidor e as conexões de ligação do conjunto de tubulação de adução de água bruta.....	77
Figura 25 - Depósito de produtos químicos com dosador aotomático para desinfecção da água bruta aduzida para armazenamento.....	78
Figura 26 - Detalhe mostrando a casa de bombas e depósito de produtos químicos com o dosador automático ao lado do poço de captação.....	78
Figura 27 - Reservatório de concreto armado com problemas de vazamento, segundo a Autarquia esta é uma imagem recorrente da estrutura herdada da CORSAN.....	79
Figura 28 - Macro medidor em um dos poços de captação apresentando um pequeno vazamento em uma das conexões.....	80
Figura 29 - Rede de manobra de volumes em PEAD em um dos poços de captação construídos pela Autarquia para complementar o sistema recebido da CORSAN.....	80
Figura 30 - Rede de manobra de volumes em PEAD em um dos poços de captação construídos pela Autarquia para complementar o sistema recebido da CORSAN.....	81
Figura 31 - Detalhe do dosador de cloro chegando na tubulação que levará a água até o reservatório.....	82
Figura 32 - Poço de captação em detalhes.....	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Formas de captação.....	24
Quadro 2 - Origem e magnitude das perdas físicas por subsistema.....	34
Quadro 3 - Origem e magnitude das perdas não físicas	34
Quadro 4 - Quadro de referência normativa.....	43
Quadro 5 - Avaliação qualitativa do SAA no período de gestão da Autarquia	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANF	Água Não Faturada
C	Coeficiente de Hazem-Williams
Cd	Coeficiente de Descarga
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
EP	Extensão Parcial da Rede
ET	Extensão Total da Rede
ETA	Estação de Tratamento de Água
FND	Fator Noite/Dia
h	Horas
IH	Índice de Hidrometração
ILB	Índice Linear Bruto de Perda
IPD	Índice de Perda na Distribuição
IPF	Índice de Perda de Faturamento
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IPL	Índice de Perda por Ligação
IVI	Índice de vazamentos da infra-estrutura
IWA	International Water Association
SF	Setor de Fornecimento
km	Quilômetros
L	Litros
LA	Número de Ligações Ativas
Lm	Número de Ligações Ativas Micromedidas
m	Metros

m ³	Metros cúbicos
mca	Metros de Coluna de água
mg	Miligramas
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira
ND	Número de Dias
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PFA	Índice de Perda Física na Adução
PFD	Índice de Perda Física na Distribuição
PFP	Índice de Perda Física na Produção
PTR	Índice de Perda Física no Tratamento
s	Segundos
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TPF	Índice Total de Perda Física
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VA	Volume Aduzido
VC	Volume Captado
VD	Volume Disponibilizado
VEs	Volume Especial
VEx	Volume Exportado
VF	Volume Faturado
VFU	Volume Fisicamente Utilizado
Vim	Volume Importado
Vm	Volume Micromedido

VO	Volume Operacional
VP	Volume Produzido
VR	Volume Recuperado
VRP	Válvula Redutora de Pressão
VU	Volume Utilizado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	DIRETRIZES DA PESQUISA	14
2.1	QUESTÃO DA PESQUISA	14
2.2	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	14
2.2.1	Objetivo principal	14
2.2.2	Objetivos secundários	14
2.3	PRESSUPOSTOS	14
2.4	DELIMITAÇÕES	15
2.5	LIMITAÇÕES	15
2.6	DELINEAMENTO.....	15
3	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IVOTI/RS	17
3.1	O MUNICÍPIO DE IVOTI/RS	17
3.2	A AUTARQUIA AGUA DE IVOTI	17
3.3	O AQUIFERO GUARANI	18
4	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	20
4.1	COMPONENTES DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	21
4.1.1	Manancial	23
4.1.2	Captação	23
4.1.3	Estação elevatória	24
4.1.4	Adutora	25
4.1.5	Estação de tratamento de água	26
4.1.6	Reservatórios	27
4.1.7	Redes de distribuição	28
4.2	PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	29
4.2.1	Origem das perdas e suas causas	33
4.2.2	Avaliação das perdas	35
4.2.3	Indicadores de perda	36
4.2.3.1	<i>Indicadores básicos de desempenho</i>	38
4.2.3.2	<i>Definição de indicadores intermediários e avançados</i>	39

4.3	PERDAS FÍSICAS	44
4.3.1	Ocorrência de perdas físicas	44
4.3.2	Classificação de vazamentos	45
4.3.3	Duração de vazamentos	46
4.3.4	Relação entre vazamento e pressão	46
4.3.5	Extravasamentos	47
4.4	AVALIAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS.....	47
4.4.1	Método do balanço hídrico	48
4.4.2	Método das vazões mínimas noturnas	49
4.5	CONTROLE DE PERDAS FÍSICAS.....	51
4.5.1	Melhoria da condição da infraestrutura	51
4.5.2	Controle e redução de pressões na rede	52
4.5.3	Controle de extravasamentos	54
4.5.4	Melhoria da qualidade de mão-de-obra	54
4.5.5	Controle ativo dos vazamentos	55
4.5.6	Reparo de vazamentos	55
4.6	ESTRUTURA DE UM PROGRAMA DE CONTROLE DE PERDAS	56
4.7	NÍVEL ECONÔMICO DAS PERDAS	58
4.8	NOVAS TECNOLOGIAS DE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS	59
5	RESULTADOS	61
5.1	DADOS COLETADOS NO SNIS.....	61
5.2	DADOS COLETADOS NA ENTREVISTA COM A AUTARQUIA ÁGUAS DE IVOTI	67
5.3	MEMORIAL FOTOGRÁFICO E DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES VISITADAS	71
5.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	84
6	CONCLUSÃO	87
	REFERÊNCIAS	89
	APÊNDICE A – OFÍCIO	92
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO	93

1 INTRODUÇÃO

O homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender suas necessidades, proteger sua saúde e propiciar o desenvolvimento econômico (BRASIL, 2007). No entanto, as perdas de água nos sistemas urbanos de abastecimento tem sido um problema que vem afetando as empresas do setor de saneamento de todo o mundo há décadas. O crescimento sustentável exige das empresas do setor o desafio da gestão eficiente da produção de água, desta forma, a introdução de novas soluções e estratégias nas operações de seus sistemas de distribuição tornam-se necessárias (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

Conforme dados do Banco Mundial, mais de 32 bilhões de metros cúbicos de água tratada são perdidos todos os anos por causa de vazamentos nos sistemas urbanos de abastecimento de água, enquanto 16 bilhões de metros cúbicos são entregues aos clientes gratuitamente. No Brasil, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o valor médio das perdas na distribuição de água nos sistemas urbanos, no ano de 2011, foi de 38,8%. Segundo Coelho (1983), as empresas de saneamento básico não tinham preocupações de conhecer e controlar o nível de perdas existentes nos sistemas de abastecimento de água, pois quando ocorriam crises de abastecimento, procuravam ampliar a oferta, que, quase sempre, não representavam a melhor alternativa do ponto de vista técnico-econômico.

Wartchow (2013, p. 18) afirma que “Saneamento é caso de política.”, pois desde o início da década de 1960, a exemplo de Porto Alegre, que a franca expansão exigia melhorias que só foram viabilizadas pela criação de uma autarquia (DMAE) com fundos de um empréstimo frente ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Estes planos que estimulariam os investimentos em saneamento sofreram muitas alterações neste período, e somente em 2007 o setor passou a ser visto como parte integrante de outros problemas da esfera social, como a universalização do acesso a água. A Organização Mundial de Saúde (2016) diz que a escassez de água provavelmente limitará as oportunidades de crescimento econômico e criação de empregos decentes nos próximos anos e décadas.

As perdas de água em sistemas de abastecimento são influenciadas por diversos fatores infra estruturais e operacionais, que dependem das características da rede

hidráulica e de fatores relacionados às práticas de operação, do nível de tecnologia do sistema e da qualidade dos serviços dos técnicos responsáveis pelos processos (BEZERRA; CHEUNG, 2013). Ressalta Viegas (2003) que a ineficiência de um sistema de abastecimento de água é avaliada através do índice de perdas, e que controles no sentido de otimizar processos iniciou, apenas, na década de 80 devido à redução das fontes de financiamento para a expansão do setor de saneamento, problema que despertou a produção de diagnósticos mais precisos sobre causas, tipos e composição das perdas de água.

No sentido de dar maior eficiência aos sistemas de abastecimento no que diz respeito ao atendimento das diretrizes estabelecidas e ao atendimento universal da população, Wartchow (2013) diz ser fundamental a criação de Departamento ou Autarquia Municipal ou Intermunicipal para garantir um efetivo controle da prestação dos serviços de saneamento básico. No mesmo sentido, Bezerra e Cheung (2013) ressaltam que os programas de combate a perdas de água são imprescindíveis à gestão das companhias de água, mas que as prestadoras de serviço tendem a abandoná-los após os primeiros anos, quando os resultados deixam de ser tão extraordinários.

Segundo Tardelli Filho (2006), grande parte das perdas são causadas pela operação e manutenção deficientes das tubulações e pela inadequada gestão comercial das companhias de saneamento. No entanto, isso não quer dizer que é possível contar com “perda zero” em sistemas de abastecimento de água, “[...] onde a existência de tubulações enterradas pressurizadas e medidores de volumes ou vazões com um certo grau de imprecisão inerente levam naturalmente a se trabalhar com um nível de perdas que será aceitável [...]” (TARDELLI FILHO, 2006, p. 457).

Desta forma, espera-se que as companhias de saneamento mantenham os sistemas de abastecimento de água bem operados e mantidos, ou seja, bem gerenciados e com baixos índices de perdas (TARDELLI FILHO, 2006).

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão da pesquisa do trabalho é: Qual a perda física de água na cidade de Ivoti/RS e quais medidas podem ser tomadas para a diminuição?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa foram classificados em principal e secundário.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é avaliar as perdas de água na cidade de Ivoti/RS.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários são os seguintes:

- a) caracterizar e contextualizar o sistema de abastecimento de água de Ivoti/RS;
- b) expor os tipos de perdas de água que ocorrem nos sistemas de abastecimento;
- c) quantificar a perda de água na cidade de Ivoti/RS;
- d) enfatizar o uso eficiente da água e preservação dos recursos naturais;
- e) avaliar e sugerir métodos para redução e controle das perdas.

2.3 PRESSUPOSTOS

O trabalho tem por pressupostos os parâmetros estabelecidos pela FUNASA para níveis aceitáveis de perda de água e atendimento à população. Bem como a validade das informações pertinentes fornecidas pela autarquia Águas de Ivoti sobre volumes

produzidos e faturados, como também as informações sobre a abordagem do órgão frente ao controle de perdas de água no sistema de abastecimento.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à área do município de Ivoti/RS, que é atendida pelo sistema de abastecimento de água da autarquia Águas de Ivoti.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) dados fornecidos pela autarquia Águas de Ivoti;
- b) dados obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS);
- c) ao período compreendido entre 2012 e 2016, pelo fato de que em 2012 a autarquia Águas de Ivoti passou a ser a responsável pelo fornecimento de água;

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado por meio das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1 e descritas nos próximos parágrafos:

- a) proposta de trabalho;
- b) pesquisa bibliográfica;
- c) pesquisa documental;
- d) análise dos dados coletados (questionário, entrevista e visita de campo);
- e) considerações finais;

De acordo com Fonseca (2002), a pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas. Todo trabalho científico inicia com ela e permite que o pesquisador conheça o que já se estudou

sobre o assunto. Existem pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta.

Também será usada como metodologia a pesquisa documental, que recorre a fontes mais diversificadas, tais como tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, etc. (FONSECA, 2002).

A análise dos dados coletados visa verificar se as informações coletadas correspondem aos resultados esperados pela questão da pesquisa. No método quantitativo, essa etapa compreende três operações (QUIVY; CAMPENHOUDT¹, 1995 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 59):

A primeira operação consiste em descrever os dados. Isso remete, por um lado, a apresentá-los (agregados ou não) sob a forma requerida pelas variáveis implicadas na hipótese e, por outro lado, de apresentá-los de forma que as características dessas variáveis sejam evidenciadas pela descrição. A segunda operação consiste em mensurar as relações entre as variáveis, de maneira como essas relações foram previstas pelas hipóteses. A terceira operação consiste em comparar as relações observadas com as relações teoricamente esperadas pela hipótese e mensurar o distanciamento entre elas. Se o distanciamento é nulo ou muito pequeno, pode-se concluir que a hipótese está confirmada; caso contrário, será preciso examinar de onde provém esse distanciamento e tirar as conclusões apropriadas. Os principais métodos de análise das informações são a análise estatística de dados (método quantitativo) e a análise de conteúdo (método qualitativo).

¹ QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. **Manuel de recherche em sciences sociales**. Paris: Dunod, 1995.

3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IVOTI/RS

O município de Ivoti/RS delega à autarquia Água de Ivoti a responsabilidade de fornecer água para sua população. Atualmente possui mais de 6.000 economias que são abastecidas por 27 Poços Tubulares Profundos, os quais produzem em média 6 milhões de litros/dia atendendo 100% da população urbana, assumindo o compromisso com o fornecimento de água de qualidade e em quantidade suficiente para toda a população (ÁGUA DE IVOTI, 2014).

3.1 O MUNICÍPIO DE IVOTI/RS

Ivoti é um município brasileiro do estado do Rio Grande do Sul, localizado na região metropolitana de Porto Alegre. A Cidade fica na encosta da serra a uma altitude de 127 metros do nível do mar possuindo uma área de 74,25 km² (PREFEITURA MUNICIPAL DE IVOTI, [2016]). Sua população em 2017 era de 22.514 habitantes segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A Cidade localizada a 55 quilômetros de Porto Alegre, tem como principais atividades a indústria de alimentos, rações e sucos, e a produção de hortifrutigranjeiros, flores e laticínios. Em Ivoti, encontra-se o maior Núcleo de Casas Enxaimel do Brasil e a maior Colônia Japonesa do Estado. Com suas belezas naturais e as riquezas culturais trazidas pelos imigrantes, Ivoti se torna uma das cidades mais charmosas da Rota Romântica (PREFEITURA MUNICIPAL DE IVOTI, [2016]).

3.2 A AUTARQUIA AGUA DE IVOTI

Segundo Cunha (2012) no Brasil uma autarquia é a pessoa jurídica de direito público, integrante da administração pública indireta, criada por lei específica para desenvolver atividade típica de Estado, o que significa ter praticamente as mesmas prerrogativas e sujeições da administração direta.

Conforme a autarquia Água de Ivoti (2014) o município de Ivoti/RS tinha como concessionária para abastecimento de água e esgoto a Companhia Rio-grandense de

Saneamento (CORSAN) desde meados dos anos 70 para execução de obras do sistema de abastecimento de água pelo período de 30 anos, quando findou seu prazo de concessão sem que o mesmo fosse renovado. Deste período até a criação da autarquia, o município sofreu com constantes desabastecimentos de água, sem a concessionária apresentar projetos para solução do problema, fato que motivou a Câmara Municipal de Vereadores a criação da Autarquia.

Para a autarquia Água de Ivoti (2014) o estudo Hidrológico e Geológico Estrutural para obtenção de Recurso Hídrico Subterrâneo, realizado em junho de 2012 apresentou a garantia da manutenção e da eficiência do abastecimento de água por meio do aquífero no município de Ivoti/RS. Então, em dezembro deste mesmo ano, o município de Ivoti/RS assumiu a concessão da Água e Esgoto, criando a autarquia Água de Ivoti.

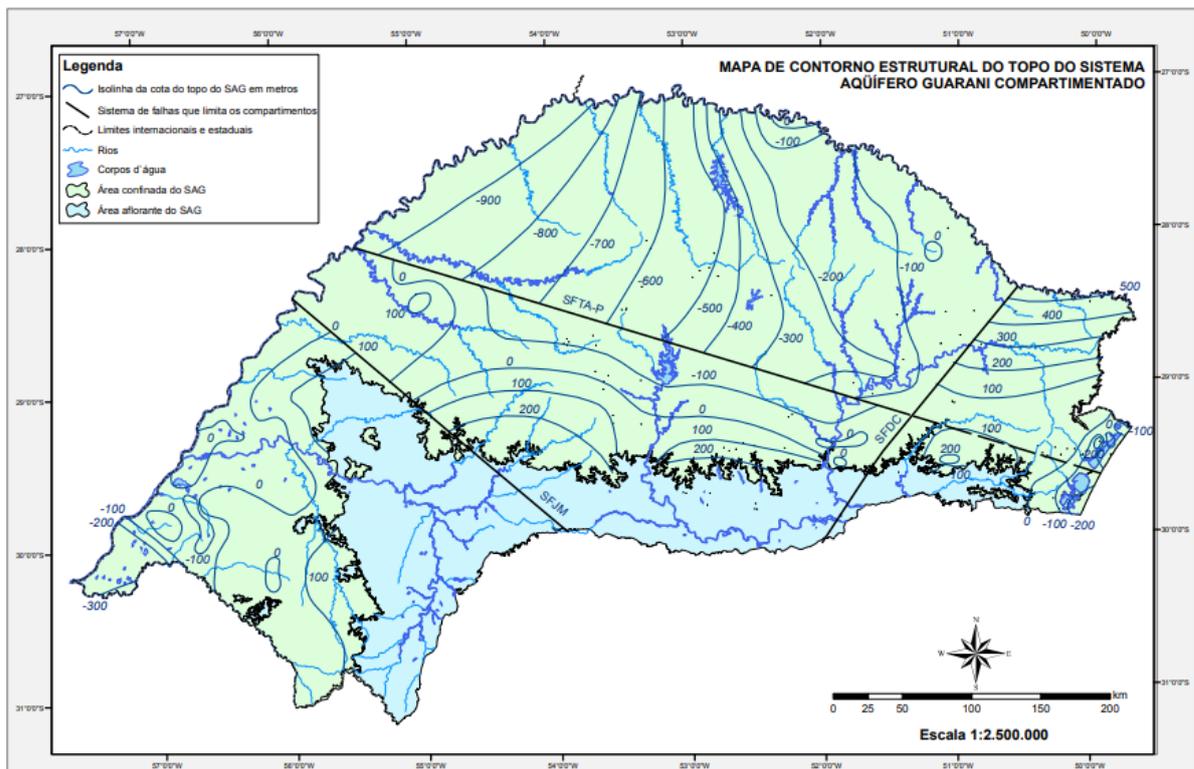
3.3 O AQUÍFERO GUARANI

Aquífero é uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que armazena água em seus poros ou fraturas. Outro conceito refere-se a aquífero como sendo, somente, o material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água aí armazenada. Assim, uma litologia só será aquífera se, além de ter seus poros saturados de água, permitir a fácil transmissão da água armazenada (BORGUETTI et al., 2004).

O Município de Ivoti apresenta características hidrogeológicas onde se encontra o sistema do aquífero formado pelos confinamentos das áreas da Unidade Hidrostática do Botucatu e pelos basaltos da Unidade Hidrostática Serra Geral, nos vales é observado afloramento de arenitos eólicos. Aparecem sistemas de aquíferos fraturados originados dos derrames vulcânicos, correspondem a áreas de recarga através das precipitações pluviométricas; o mesmo ocorre com os aquíferos porosos como o Botucatu. O Sistema Aquífero Botucatu/Piramboia constitui-se de arenitos médios, róseos, endurecidos e, afloramentos e com condições topos-estruturais em geral desfavoráveis para armazenamento de águas. Os arenitos finos a muito finos e avermelhados são muito argilosos. As capacidades específicas raramente excedem a 0,5 m³/h/m. As salinidades geralmente são inferiores a 250 mg/L. Ivoti está situado no Compartimento Leste onde apresenta espessuras do Aquífero Guarani que variam entre 100 e 200 m, dependendo da presença conjunta das unidades hidroestatigráficas Botucatu/Piramboia. A espessura das rochas confinantes Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral e sedimentos Cenozoicos têm variação de dezenas de metros até mais de 700 m na maior parte do compartimento. (PREFEITURA MUNICIPAL DE IVOTI, 2014, p. 33)

De acordo com Agência Nacional de Águas (2016), o Sistema Aquífero Guarani (SAG), está localizado no centro leste da América do Sul. O SAG é um dos maiores mananciais de água doce subterrânea do mundo, estendendo-se desde a Bacia Sedimentar do Paraná (Brasil, Paraguai e Uruguai) até a Bacia do Chaco Paraná (Argentina).

Figura 1 – Mapa do aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: BRASIL, 2005.

Objetivando o abastecimento público, os primeiros poços profundos perfurados no aquífero localizam-se no estado de São Paulo, precisamente nos municípios de Presidente Prudente e São José do Rio Preto, com profundidades de 1.080 m e 1.136 m, respectivamente, com vazões de 500 m³ /h em cada unidade de captação. Em seguida, iniciaram-se as perfurações de mais de 70 poços nos estados de Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo, com profundidades variando entre 652 m e 1.795 m, e vazões entre 75 m³ e 520 m³/ h (BORGHETTI et al., 2004).

4 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água constitui um elemento essencial à vida vegetal e animal. O ser humano não pode prescindir de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender às suas necessidades, para a proteção de sua saúde e para seu o desenvolvimento de uma maneira geral (FUNASA, 2015).

Segundo Messias et al. (2004), a água é um recurso finito, escasso, e, que enfrenta problemas de qualidade e de quantidade. Segundo os autores, há mais de um bilhão de pessoas sem disponibilidade suficiente de água para consumo doméstico, tendendo a piorar, fato que reflete uma crise de sustentabilidade para as vidas do planeta.

O consumo mundial de água apresenta uma escada ascendente, superior inclusive aos níveis de crescimento populacional, ou seja, no último século, a população mundial cresceu a uma ordem de três vezes o seu tamanho e consumo de água ampliou-se em cerca de seis a sete vezes. No entanto, o maior consumo humano de água não é para abastecimento e sim para irrigação da agricultura. No Brasil, o setor agrícola capta cerca de 72,5% do total, o setor de abastecimento cerca de 18% e o setor de indústrias utiliza 9,5% (MESSIAS et al., 2004).

Frequentemente, a água encontrada na natureza possui impurezas que podem torná-la imprópria para o consumo. Portanto, para ser considerada potável, isto é, com qualidade adequada ao consumo humano, deve atender a padrões de qualidade definidos por legislação própria. Daí a importância da provisão de serviços apropriados de saneamento básico, a exemplo dos serviços de abastecimento de água, reconhecidos para a proteção da saúde da população e a melhoria de sua qualidade de vida (BRASIL, 2015).

A carência de instalações suficientes de abastecimento de água para as populações constitui uma das maiores dívidas sociais ainda persistentes no mundo. Permanece um contingente considerável da população mundial ainda carente de acesso a esse bem, apesar do mesmo ser um direito indiscutível do ser humano (BRASIL, 2015).

Portanto, os serviços de abastecimento de água constituem um importante investimento em benefício da saúde pública que se amplia com a implantação e melhoria dos sistemas de esgotos sanitários. Tem sido constatado também que a implantação de sistemas adequados de abastecimento de água e de destino dos dejetos, a par da diminuição das doenças transmissíveis pela água, contribuem, também, para a diminuição da incidência de outras doenças, não relacionadas diretamente aos excretos ou à falta de abastecimento de água (BRASIL, 2015).

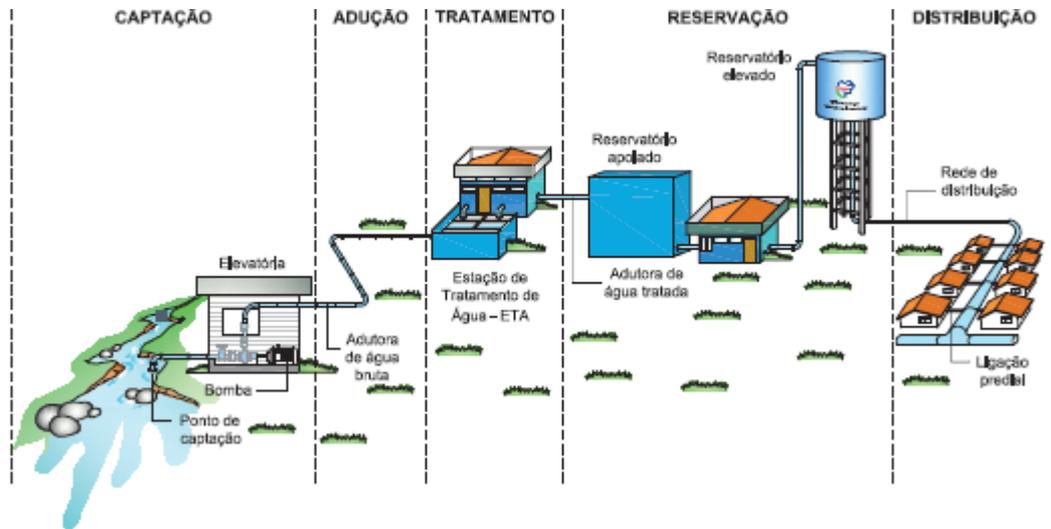
As infraestruturas responsáveis pelo transporte de água aos núcleos populacionais urbanos com regularidade, segurança e qualidade, constituem os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA). Para os SSAs cumprirem com eficiência a função de proteger os consumidores contra riscos à saúde, é essencial que a concepção do sistema, implementação e as formas de operação e manutenção sejam criteriosamente projetadas (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

4.1 COMPONENTES DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento de água para consumo humano consiste em um conjunto de infraestruturas, obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição. No geral é composto das seguintes unidades (BRASIL, 2014; 2015):

- a) manancial;
- b) captação;
- c) adução;
- d) tratamento;
- e) reservatórios;
- f) rede de distribuição;
- g) estações elevatórias;
- h) ramal predial.

Figura 2 - Componentes de um Sistema de Abastecimento de Água com tratamento convencional em ETA



Fonte: BRASIL, 2015, p. 67.

O sistema de abastecimento de água utilizado no município de Ivoti/RS é de forma bem simplificada, composta por:

- poço tubular profundo: é uma furação no solo com canalização de 150mm de diâmetro que permite a entrada de uma bomba submersível para adução da água;
- cavalete do macro medidor: é a tubulação de saída do poço de diâmetro de 50mm que é composto por um macro medidor, uma válvula de retenção, um registro geral e um registro para expurgo;
- estação de tratamento por simples desinfecção: a tubulação é atendida por um dosador de cloro que é responsável por desinfetar o volume de água passante na tubulação automaticamente;
- reservatório apoiado ou semienterrado: unidade baixa de reserva de água tratada;
- bombas elevatórias: conjunto de moto bombas responsáveis por mandar os volumes de água tratada para unidade de reserva em um nível mais alto;
- reservatórios elevados: unidade de reserva de água tratada em um ponto mais alto que atenda por gravidade os pontos de consumo de água para a população.

- g) rede de distribuição: rede de tubulações responsável pelo atendimento de cada unidade consumidora do Município.

4.1.1 Manancial

É o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período determinado pelo projeto, e a qualidade da água deve estar adequada ao ponto de vista sanitário (TSUTIYA, 2006).

De acordo com Brasil (2015), mananciais são reservas hídricas ou fontes utilizadas no abastecimento de água. De maneira geral, quanto à origem, podem ser classificados em manancial superficial e subterrâneo:

- a) manancial subterrâneo: se encontram abaixo da superfície terrestre, compreendendo os aquíferos (lençóis) freáticos e profundos, tendo sua captação feita pelos poços rasos ou profundos, poços escavados ou tubulares, galerias de infiltração, barragens subterrâneas ou pelo aproveitamento das nascentes (fontes de encosta;
- b) manancial superficial: compreende as águas doces dos córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais como açudes e lagos represados.

4.1.2 Captação

De acordo com Brasil (2015), é o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a retirada de água destinada ao abastecimento coletivo ou individual. De acordo com o tipo do manancial a ser aproveitado, podem ser utilizadas as formas de captação descritas no Quadro 1:

Quadro 1 - Formas de captação

Fonte da água	Exemplo de formas de captação
Água de chuva	Superfície de coleta (cobertura)
Nascente de encosta	Caixa de tomada
Fundo de vales	Galeria filtrante
Lençol freático	Poço escavado
Lençol subterrâneo	Poço tubular profundo
Rios, lagos e açudes	Tomada direta (fixa ou móvel)

Fonte: BRASIL, 2015, p. 84.

As obras de captação devem ser projetadas e constituídas de forma que: permitam o funcionamento ininterrupto em qualquer época do ano, permitam a retirada de água com a melhor qualidade possível em quantidade suficiente ao abastecimento e, que seja de fácil acesso para operação e manutenção ao longo do tempo (TSUTIYA, 2006).

4.1.3 Estação elevatória

São instalações destinadas a transportar e elevar a água. Num sistema de abastecimento podem ser utilizadas: na captação para recalque de água de mananciais de superfície ou poços rasos e profundos; na adução para o transporte dessa água; em várias etapas do tratamento e na distribuição para aumento da pressão nas redes, levando a água a pontos mais distantes ou mais elevados (BRASIL, 2015).

Os principais componentes de uma estação elevatória de água podem ser constituídos por obras civis, compreendendo o poço de sucção e a casa de bomba; equipamentos eletromecânicos como o motor, bomba, quadro elétrico; e por tubulações de sucção e recalque, além de equipamentos, acessórios e conexões do eudor e barrilete (BRASIL, 2015).

Barros et al. (1995), descreve as instalações elevatórias típicas:

- a) casa de bombas: edificação própria destinada a abrigar os conjuntos moto-bomba. Deve ter iluminação e ventilação adequadas e ser suficientemente

- espaçosa para a instalação e movimentação dos conjuntos elevatórios, incluindo espaço para a parte elétrica (quadro de comando, chaves etc);
- b) bomba: equipamento encarregado de succionar a água retirando-a do reservatório de sucção e pressurizando-a através de seu rotor, que a impulsiona para o reservatório ou ponto de recalque. As bombas podem ser classificadas de uma maneira geral em: turbo-bombas ou bombas hidrodinâmicas (bombas radiais ou centrífugas, as mais usadas para abastecimento público de água; bombas axiais; bombas diagonais ou de fluxo misto); e bombas volumétricas, de uso comum na extração de água de cisterna (bombas de êmbolo ou bombas de cilindro de pistão);
 - c) motor de acionamento: equipamento encarregado do acionamento da bomba. o tipo de motor mais utilizado nos sistemas de abastecimento de água é o acionado eletricamente;
 - d) linha de sucção: conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a entrada da bomba;
 - e) linha de recalque: conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até o reservatório ou ponto de recalque;
 - f) poço de sucção: reservatório de onde a água será recalçada. sua capacidade ou volume deve ser estabelecido de maneira a assegurar a regularidade no trabalho de bombeamento.

4.1.4 Adutora

Adutora consiste em um conjunto de tubulações, peças especiais e obras de arte, destinados a conduzir a água entre as unidades que antecedem a rede de distribuição. Podem ser dispostas entre: a captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA); a captação e o reservatório de distribuição; a captação e a rede de distribuição; a ETA e o reservatório de distribuição e a ETA e a rede de distribuição (BRASIL, 2015).

A adutora não possui derivações para alimentar diretamente os ramais prediais, mas permite derivação da adutora principal para alimentar um setor qualquer da área ou outros pontos fixos do sistema, neste caso, é chamada subadutora. Também são

denominadas subadutoras as canalizações que conduzem água de um reservatório de distribuição para outro (BRASIL, 2015; NETTO et al., 1998).

Classificação das adutoras, segundo Barros et al. (1995):

- a) quanto à natureza da água transportada;
 - adutora de água bruta: transporta a água da captação até a Estação de Tratamento;
 - adutora de água tratada: transporta a água da ETA aos reservatórios de distribuição;
- b) quanto à energia utilizada para a movimentação água;
 - adutora por gravidade em conduto livre: a água escoar sempre em declive, mantendo uma superfície livre sob o efeito da pressão atmosférica. os condutos podem ser abertos ou fechados, não funcionando com seção plena (totalmente cheios);
 - adutora por gravidade em conduto forçado: a pressão interna permanentemente superior à pressão atmosférica permite à água moverse, quer em sentido descendente quer em sentido ascendente, graças à existência de uma carga hidráulica;
 - adutora por recalque: quando, por exemplo, o local da captação estiver em um nível inferior, que não possibilite a adução por gravidade, é necessário o emprego de equipamento de recalque (conjunto moto-bomba e acessórios). O sistema de adução é composto por condutos forçados.

4.1.5 Estação de tratamento de água

Segundo Brasil (2015), o tratamento de água consiste em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano.

Do ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade pode ser, em princípio, transformada em água potável, porém, os custos envolvidos e a confiabilidade na

operação e manutenção podem inviabilizar o uso de um determinado corpo d'água como fonte de abastecimento. Existe uma relação intrínseca entre o meio ambiente e as tecnologias de tratamento, isto é, em função da qualidade da água de um determinado manancial e suas relações com o meio ambiente, há tecnologias específicas para que o tratamento seja eficientemente realizado (BRASIL, 2015).

A qualidade físico-química e microbiológica da água obtida no manancial definirá o método de tratamento necessário para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente no país (BRASIL, 2015).

4.1.6 Reservatórios

Os reservatórios são elementos importantes em sistemas de abastecimento de água, destinados a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição (BRASIL, 2015).

Segundo Tsutiya (2006), os reservatórios de distribuição de água são dimensionados para satisfazer às seguintes condições:

- a) regularizar a variação de vazão: receber uma vazão constante igual à demanda média do dia de maior consumo, acumular água durante as horas em que a demanda é inferior à média e fornecer vazões complementares quando a demanda for superior à média;
- b) segurança ao abastecimento: manter uma reserva para ocasião de interrupções no funcionamento da adução (rupturas, falta de energia elétrica, reparo nas instalações, paralisação da captação e outras);
- c) ter reserva de água para combate a incêndios;
- d) manter pressões adequadas na rede de distribuição.

Dependendo da localização do reservatório em relação à rede de distribuição, podem ser classificados em (TSUTIYA, 2006):

- a) reservatório de montante;

- b) reservatório de jusante;
- c) reservatório de posição intermediária.

Em relação à localização do reservatório em relação ao terreno, podem ser classificados em: enterrado, semi-enterrado, apoiado e elevado. Os reservatórios elevados, devido ao seu custo, em geral são associados a reservatórios apoiados ou enterrados que armazenam a maior parte do volume necessário (TSUTIYA, 2006).

Os reservatórios são sempre um ponto de atenção no sistema de distribuição de água. Para evitar sua contaminação é necessário que sejam protegidos com estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga, extravasor e indicador de nível. Sua limpeza e desinfecção deve ser realizada rotineiramente (BRASIL, 2015).

4.1.7 Redes de distribuição

É o conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais do sistema de abastecimento de água, destinado a distribuir a água de forma contínua e com pressão adequada aos consumidores (BRASIL, 2015). As tubulações são instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo (moradias, escolas, hospitais, escolas, etc.) (BARROS et al., 1995).

É a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana, e a mais dispendiosa, o que exige considerável atenção do projetista no que se refere aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente (PORTO, 2004).

A qualidade da água na rede de distribuição deve ser resguardada, e para isso são necessários alguns cuidados, de acordo com Barros et al. (1995), como:

- a) o sistema deve ser projetado, construído e operado de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto da rede;

- b) os registros e dispositivos de descarga devem ser projetados e convenientemente posicionados para permitir manutenção e descarga sem prejudicar o abastecimento;
- c) o sistema deve estar protegido contra poluição externa; durante a execução da rede e durante os reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos, devem ser tomados os cuidados necessários para impedir a ocorrência de contaminação;
- d) a desinfecção das tubulações, por ocasião do assentamento e dos reparos, deve ser feita com uma solução concentrada de cloro (50 mg de cloro por litro) durante 24 horas. Após esse período, essa solução é descarregada, enchendo-se a canalização com água limpa. Toda a operação deve ser controlada por exames bacteriológicos;
- e) as tubulações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para evitar contaminação;
- f) em alguns casos, como por exemplo arruamentos pavimentados com grande largura, pode ser mais vantajoso e econômico situar a rede de água nas calçadas;
- g) em geral as juntas das tubulações não resistem a pressões de fora para dentro (sub-pressões). Em sistemas em que o fornecimento de água não é contínuo, nas horas em que não houver abastecimento haverá pouca ou nenhuma pressão na rede, podendo até ser negativa. Nessas ocasiões, há perigo de penetração ou sucção de água contaminada para dentro da rede. Assim, as boas condições de operação do sistema, evitando interrupções, diminuem a possibilidade de contaminação da rede.

4.2 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Mesmo havendo disponibilidade de água para atender às demandas e exigências legais, é uma obrigação ética dos responsáveis pelas instalações de abastecimento de água garantir que esse uso seja equilibrado, ou seja, que seja utilizada a quantidade estritamente necessária, sem usos supérfluos. Para tanto, duas parcelas

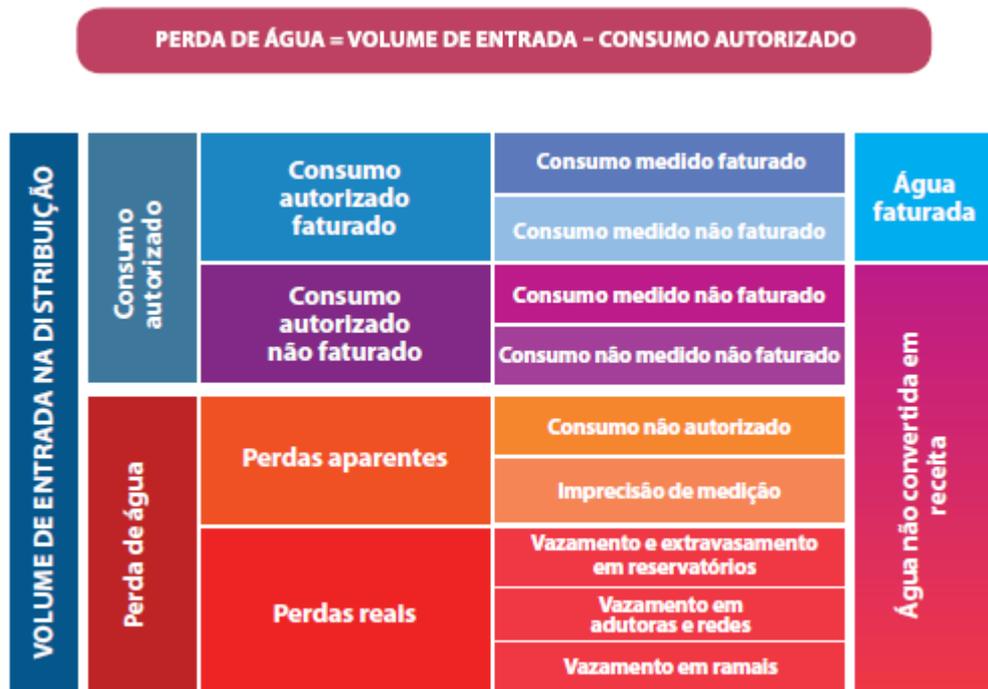
do conjunto de usos da água devem ser minimizadas: as perdas e os desperdícios (BRASIL, 2015).

Os desperdícios que ocorrem no interior das instalações prediais podem ser combatidos por campanhas educativas, por modelos tarifários que punam os consumos elevados e pela adoção de equipamentos sanitários de baixo consumo, como caixas de descarga de volume reduzido e lavatórios acionados com temporizadores (BRASIL, 2015).

As perdas se constituem pela diferença de água que entra no sistema e o consumo autorizado, ou seja, toda a água que é captada ou importada e que não foi fornecida para os usuários diversos de forma autorizada, exportada ou utilizada no combate a incêndios, são perdas. São divididas em perdas reais e perdas aparentes. As perdas reais são as perdas físicas de água que ocorrem desde o momento da retirada do manancial (ou importada) até a ligação predial. Estão incluídas neste conceito as perdas na distribuição. As perdas aparentes são aquelas associadas às imprecisões de medição e ao consumo não autorizado (BRASIL, 2015).

Em suma, o indicador de perda pode ser assim representado: o volume de entrada e o consumo autorizado são extraídos do Balanço Hídrico, conforme figura a seguir:

Figura 3 - Balanço Hídrico, modelo IWA (Associação Internacional da Água), em apoio à definição do conceito de perdas



Fonte: BRASIL, 2014, p. 15.

Para Tardelli Filho (2006), o conceito de perdas vai mais adiante. Sob o ponto de vista empresarial, se o produto for entregue e, por alguma ineficiência, não for faturado, tem-se um volume de produto onde foram incorporados todos os custos intrínsecos de produção industrial e transporte, mas que não está sendo contabilizado como receita da companhia, ou seja, é prejuízo, é perda também, só que de conotação diferente em relação ao caso anterior, sendo mais ligada ao aspecto comercial do serviço prestado.

Tardelli Filho (2006, p. 458), conceitua os dois tipos de perdas da seguinte forma:

- **Perda física:** corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, devido à ocorrência de vazamento nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais. De acordo com a nova nomenclatura definida pela International Water Association – IWA, esse tipo de perda denomina-se **Perda Real**.
- **Perda não-física:** corresponde ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. Nesse caso, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada. De acordo com a IWA, esse

tipo de perda denomina-se **Perda Aparente** (há outra denominação, freqüentemente utilizada, que é Perda Comercial).

Em relação às Perdas Reais, Martins et al. (2001) cita que dois pontos de extrema importância devem ser colocados.

O primeiro está relacionado à conservação de recursos naturais, pois quanto menos volume se perde no sistema, menor é a necessidade de explorar ou ampliar captações de água, acarretando menor impacto ambiental. Pode se argumentar que as perdas reais recarregam o lençol freático, o que é fato, mas isso não parece uma forma adequada de gestão de recursos hídricos, na medida em que, para atender à crescente demanda de água tratada, é requerida a execução de obras com elevado custo e com forte impacto ambiental, representadas por barragens, represas, importação de águas de outras bacias, etc. (MARTINS et al., 2001).

O segundo diz respeito à saúde pública, em decorrência da existência de vazamentos na rede de distribuição de água, onde qualquer despressurização do sistema (manutenção ou intermitência no abastecimento, por exemplo) pode levar à contaminação da água pela entrada de agentes nocivos na tubulação. Este risco não é meramente potencial, há diversos casos relatados, inclusive em países do Primeiro Mundo, de morte ou doenças ocasionadas por contaminação de redes através dos pontos de vazamento após despressurização do sistema. (MARTINS et al., 2001).

Vale ressaltar que o conjunto das perdas eleva os custos com energia elétrica, insumos para o tratamento, mão de obra, indenizações, transporte da água tratada, aumenta a produção de esgoto doméstico, provoca paradas do sistema para manutenção, piora a qualidade do serviço ao usuário, põe em risco a saúde pública e afeta diretamente a disponibilidade do recurso hídrico para os diversos usos e manutenção do equilíbrio ecológico do meio, bem como resultam em perdas de receitas operacionais e em desequilíbrio financeiro do prestador de serviço. (BRASIL, 2015).

Todas essas ponderações serão importantes também quando for necessário contabilizar os custos das perdas para as companhias de saneamento e avaliar os benefícios das ações corretivas e preventivas dos programas de controle e redução de perdas. (TARDELLI FILHO, 2006, p. 459).

4.2.1 Origem das perdas e suas causas

As perdas físicas originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água bruta, o tratamento, a reserva, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes provocam consumos superiores ao estritamente necessário para operação (SILVA; CONEJO, 2003).

As perdas não-físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou fraudados e outras. São também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado (SILVA; CONEJO, 2003).

A redução de perdas físicas permite diminuir os custos da produção - mediante redução do consumo de energia, de produtos químicos e outros - e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor. (SILVA; CONEJO, 2003).

Ainda Silva e Conejo (2003), afirmam que o combate a perdas ou desperdícios implica, portanto, redução do volume de água não contabilizada, exigindo a adoção de medidas que permitam reduzir as perdas físicas e não físicas, e mantê-las permanentemente em nível adequado, considerando a viabilidade técnico-econômica das ações de combate a perdas em relação ao processo operacional de todo o sistema.

As origens e magnitudes das perdas reais por subsistema podem ser representadas esquematicamente, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Origem e magnitude das perdas físicas por subsistema

SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
Adução de água bruta	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de água tratada	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e das pressões

Fonte: Adaptado de SILVA; CONEJO, 2003, p. 13.

O Quadro 3 representa um esquema das perdas aparentes e suas causas.

Quadro 3 - Origem e magnitude das perdas não físicas

ORIGEM	MAGNITUDE
Ligações Clandestinas/Irregulares Ligações não hidrometradas Hidrômetros parados Hidrômetros que submedem Ligações inativas reabertas Erros de leitura Numero de economias errado	Podem ser significativas, dependendo de: - procedimentos cadastrais e de faturamento; - manutenção preventiva; - adequação de hidrômetros e monitoramento do sistema.

Fonte: Adaptado de SILVA; CONEJO, 2003, p. 25.

4.2.2 Avaliação das perdas

A identificação e a separação das perdas físicas de água das não-físicas é tecnicamente possível mediante pesquisa de campo, utilizando a metodologia da análise de histograma (registros contínuos) de consumo das vazões macromedidas. Nesse caso, a oferta noturna estabilizada durante a madrugada - abatendo-se os consumos noturnos contínuos por parte de determinados tipos de usuários do serviço (fábricas, hospitais e outros) - representa, em sua quase totalidade, a perda física no período pesquisado, decorrente de vazamentos na rede ou ramais prediais (SILVA; CONEJO, 2003).

As perdas podem ser avaliadas, em geral, medindo-se a vazão (ou volume) no ponto inicial de uma fase e medindo-se novamente a vazão no ponto final dessa fase: a diferença constitui, portanto, a perda. Nos sistemas de abastecimento de água, o caso mais emblemático e mais comum é a determinação das perdas a partir das ETA, incorporando as eventuais perdas na adução, reserva e distribuição. Nesse caso, mede-se o volume que sai da ETA em um determinado período de tempo (um mês, um ano, etc.) e compara-se com a soma de todos os volumes legítimos medidos (ou estimados) na rede de distribuição de água, no período considerado. Em outros termos, a diferença entre a Macromedição (saída da ETA) e a Micromedição (pontos de entrega ao consumidor final, medidos ou estimados) constitui a perda total do sistema em consideração, não se distinguindo aqui as parcelas que cabem às Perdas Reais e às Perdas Aparentes (TARDELLI FILHO, 2006).

Em sistemas de abastecimento de água em que o índice de micromedição seja próximo de 100%, as ligações clandestinas têm pouca importância, devendo existir eficaz programação permanente de adequação e manutenção preventiva de hidrômetros, combate às fraudes nos micromedidores e ramais clandestinos, com isto, as perdas mensuráveis tendem a refletir as perdas físicas de água (SILVA; CONEJO, 2003).

Em relação às perdas físicas na rede distribuidora, os ramais prediais registram maior quantidade de ocorrências (vazamentos). Isso nem sempre significa, porém, que esta seja a maior perda em termos de volume. As maiores perdas físicas na distribuição,

em volume, ocorrem por extravasamento de reservatórios ou em vazamentos nas adutoras de água tratada e nas tubulações da rede de distribuição (SILVA; CONEJO, 2003).

4.2.3 Indicadores de perda

Os indicadores permitem retratar a situação das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e comparar sistemas de abastecimento de água distintos. Existem diversos indicadores que estão ligados às ações de controle de perdas, sendo que a correta aplicação de interpretação de qualquer tipo de indicador de perdas pressupõe que (TARDELLI FILHO, 2006, p. 458):

- a) entendimento universal sobre as parcelas que compõem as perdas;
- b) medições sistematizadas ou critérios claros para a estimativa de volumes não-medidos.

Silva e Conejo, no Plano Nacional de Controle ao Desperdício de Água de 2003, sugerem respectivamente, as informações-chave e os indicadores de controle e confiabilidade que compõem o elenco mínimo de informações técnicas e gerenciais necessárias para se obter indicadores básicos de perdas nos sistemas de abastecimento de água, são informações-chave:

- a) Volume disponibilizado (VD): soma algébrica dos volumes produzidos, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado:
 - Volume produzido (VP): volume efluente da(s) ETA ou unidade(s) de tratamento simplificado no sistema de abastecimento considerado;
 - Volume importado (Vim): volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidos de outras áreas de serviço e/ou de outros agentes produtores;
 - Volume exportado (VEx): volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, transferidos para outras áreas de serviço e/ou para outros agentes distribuidores;

- b) Volume utilizado (VU): soma dos volumes micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial:
- Volume micromedido (Vm): volumes registrados nas ligações providas de medidores;
 - Volume estimado (VE): corresponde à estimativa de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;
 - Volume Recuperado (VR): corresponde à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;
 - Volume operacional (VO): volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutora, subadutoras e distribuição);
 - Volume especial (VEs): volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços;
- c) Volume faturado (VF): todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturadas pelo sistema comercial do prestador de serviços;
- d) Número de ligações ativas (LA): providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento mensal;
- e) Número de ligações ativas micromedidas (Lm): ligações ativas providas de medidores;
- f) Extensão parcial da rede (EP): extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição, não contabilizado os ramais prediais;
- g) Extensão total da rede (ET): extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais;
- h) Número de dias (ND): quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.

4.2.3.1 Indicadores básicos de desempenho

Derivados das informações-chave são determinados os seguintes indicadores básicos de desempenho (SILVA; CONEJO, 2003):

- a) Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC);
- b) Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF);
- c) Índice Linear Bruto de Perda (ILB);
- d) Índice de Perda por Ligação (IPL).

O **Índice de Perda na Distribuição** (IPD) ou **Água Não Contabilizada** (ANC), conforme a Equação (1), relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado. A água que é disponibilizada e não utilizada constitui uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto das perdas reais e aparentes no subsistema de distribuição. Estas últimas são em grande parte associadas aos desvios de medição (macro e micro) (SILVA; CONEJO, 2003).

$$IPD = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)} \times 100}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \quad (1)$$

O **Índice de Perda de Faturamento** (IPF) ou **Água Não Faturada** (ANF) representado pela Equação (2) expressa a relação entre volume disponibilizado e volume faturado. É claramente uma composição de perdas reais e aparentes que, além daquelas atribuídas a desvios de medição, incorporam volumes utilizados não cobrados, como o volume especial e o volume operacional. Por isso, este indicador sempre estará expressando uma parcela de volumes que não são fisicamente perdidos (SILVA; CONEJO, 2003).

$$IPF = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume faturado (VF)} \times 100}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \quad (2)$$

O **Índice Linear Bruto de Perda** (ILB), calculado pela Equação (3), é um indicador que relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado à extensão parcial da rede. É um indicador válido para a comparação de desempenho entre

serviços, desde que envolva fatores de confiabilidade compatíveis. As perdas expressas nesse indicador incorporam perdas reais e aparentes, uma vez que não se controlam os erros sistemáticos de medição (SILVA; CONEJO, 2003).

$$ILB = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Extensão parcial da rede (EP)} \times \text{Número de dias (ND)}} \quad (3)$$

O **Índice de Perda por Ligação (IPL)**, como o anterior, é também um indicador volumétrico de desempenho, mais preciso que os percentuais. Representado pela Equação (4) relaciona a diferença entre o volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas (SILVA; CONEJO, 2003).

$$IPL = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Número de ligações ativas (LA)} \times \text{Número de dias (ND)}} \quad (4)$$

4.2.3.2 Definição de indicadores intermediários e avançados

Os indicadores intermediários são aqueles que, para sua obtenção, necessitam de informações específicas mais refinadas do que as utilizadas na construção dos indicadores básicos. Eles dizem respeito a um isolamento das perdas físicas e refinamento de sua localização específica nos sistemas (SILVA; CONEJO, 2003). Entre os principais indicadores intermediários, destacam-se:

- a) indicadores específicos de perda real relacionados a condições operacionais;
 - Índice de Perda Física na Distribuição (PFD);
 - Índice Linear de Perda Física (ILF).
- b) indicadores de desempenho hídrico do sistema;
 - Índice de Perda Física na Produção (PFP);
 - Índice de Perda Física na Adução (PFA);
 - Índice de Perda Física no Tratamento (PTR);
 - Índice Total de Perda Física (TPF).

Os indicadores avançados são aqueles que, adicionalmente aos tributos dos indicadores básicos, envolvem um considerável esforço de monitoramento e controle operacional dos sistemas. É importante que se criem condições para sua apuração entre os serviços brasileiros, mas reconhece-se que, de imediato, não seriam praticáveis para a maior parte deles. Com relação aos indicadores avançados destaca-se o Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP) (SILVA; CONEJO, 2003).

Há ainda uma série de indicadores intermediários que são importantes para o controle de confiabilidade dos anteriores, como, por exemplo, a eficiência de micromedição. Contudo, não há necessidade de classificar tais indicadores em categoria específica, porque sempre são utilizados para subsidiar uma das categorias antes descritas (SILVA; CONEJO, 2003).

O **Índice de Perda Física na Distribuição** (PFD) está associado a condições operacionais e relaciona o volume fisicamente utilizado (VFU) com o volume disponibilizado (VD), de forma análoga ao Índice de Perda na Distribuição (IPD), como segue na Equação (5), (SILVA; CONEJO, 2003):

$$PFD = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume fisicamente utilizado (VFU)}}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \times 100 \quad (5)$$

O **Índice Linear de Perda Física** (ILF) também está associado a condições operacionais e reflete a diferença entre volume disponibilizado e volume fisicamente utilizado, distribuída pela extensão total da rede. Trata-se de um indicador mais específico que o Índice Linear Bruto de Perda (ILB) relacionado entre os indicadores básicos. Sua expressão conforme a Equação (6) é (SILVA; CONEJO, 2003):

$$ILF = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume fisicamente utiliz. (VFU)}}{\text{Extensão total da rede (ET)} \times \text{Número de dias (ND)}} \quad (6)$$

O **Índice de Perda Física na Produção** (PFP), conforme a Equação (7) é um indicador de desempenho hídrico e leva em conta, conjuntamente, as perdas reais na

adução de água bruta e no tratamento. Este indicador é construído a partir de dados observados de (SILVA; CONEJO, 2003):

- a) Volume captado (VC): volume efluente da captação;
- b) Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PFP = \frac{\text{Volume captado (VC)} - \text{Volume produzido (VP)}}{\text{Volume captado (VC)}} \times 100 \quad (7)$$

O **Índice de Perda Física na Adução** (PFA), representado pela Equação (8), é um indicador de desempenho hídrico formado pelo subconjunto do índice de Perda Real na Produção e a este não pode ser somado. Resulta da relação entre o volume captado (VC) e o volume aduzido (VA) afluyente da ETA ou unidade de tratamento simplificado (SILVA; CONEJO, 2003).

$$PFA = \frac{\text{Volume captado (VC)} - \text{Volume aduzido (VA)}}{\text{Volume captado (VC)}} \times 100 \quad (8)$$

O **Índice de Perda Física no Tratamento** (PTR) é outro indicador de desempenho hídrico e a exemplo do anterior, é também um subconjunto do Índice de Perda Real na Produção e por isso não pode ser somado àquele. De acordo com a Equação (9) resulta de uma relação entre os dados observados de (SILVA; CONEJO, 2003):

- a) Volume aduzido (VA): volume afluyente da ETA ou unidade de tratamento simplificado;
- b) Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PTR = \frac{\text{Volume aduzido (VA)} - \text{Volume produzido (VP)}}{\text{Volume aduzido (VA)}} \times 100 \quad (9)$$

O **Índice Total de Perda Física** (TPF) também é indicador de desempenho hídrico e será indiretamente composto pelas perdas reais parcialmente apuradas nos subsistemas de produção e distribuição. Contudo, como estas são calculadas a partir de diferentes parâmetros, não é possível simplesmente somá-la, conforme Equação (10) será uma função do volume captado (VC), mais o volume importado (Vim), menos o volume exportado (VEx), em relação ao volume fisicamente utilizado (VFU) no sistema (SILVA; CONEJO, 2003).

$$TPF = \frac{(VC + Vim - VEx) - VFU}{VC + Vim - VEx} \times 100 \quad (10)$$

Esses indicadores de desempenho hídrico do sistema são aqueles que dizem respeito ao aproveitamento de água bruta e à eficiência das estações de tratamento. Sua consolidação com indicadores de desempenho na distribuição pode dar uma ideia do conjunto das perdas reais de todo o sistema, em uma aproximação de seu desempenho hídrico geral. Estes indicadores são considerados intermediários não tanto pela complexidade de cada um, mas pela necessidade de que sejam associados a indicadores de perdas estritamente físicas (SILVA; CONEJO, 2003).

O indicador avançado **Índice Linear Ponderado de Perda Física** (ILP) leva em consideração as diferentes pressões nas redes consideradas. De maneira geral não se deve comparar as perdas lineares entre dois sistemas com grandes diferenças de pressões e inferir-se qualquer indicação de eficiência operacional. Os serviços que trabalham em condições de maior pressão tendem a ter maiores perdas volumétricas por extensão de rede que os que trabalham em regime de pressões menores, sem que os primeiros sejam necessariamente menos eficientes. A consideração dos efeitos da pressão pode ser feita de duas maneiras, tendo em vista a comparação entre serviços (SILVA; CONEJO, 2003):

- a) mediante a fixação de parâmetros de ILF por faixas de pressão (referidos na literatura estrangeira como *benchmarks*), ou;
- b) pelo estabelecimento de fatores de ponderação que tornem o ILF relativo, na forma de um Índice Linear Ponderado de Perda Física (ILP).

O primeiro procedimento, para a fixação de parâmetros por faixa de pressão, consiste na montagem de uma tabela de referência normativa, da forma:

Quadro 4 - Quadro de referência normativa

Faixa de pressão (Mpa)	ILP de referência (m ³ /km.dia)	ILP registrado (m ³ /km.dia)

Fonte: SILVA; CONEJO, 2003.

O segundo procedimento consiste em aplicar para cada setor de pressão um fator de ponderação do Índice Linear de Perda Física, de maneira a se obter um Índice Linear Ponderado de Perda Física, da forma representada pela Equação (11), (SILVA; CONEJO, 2003):

$$ILP = \frac{ILF_a \cdot \phi_a \cdot VD_a + ILF_b \cdot \phi_b \cdot VD_b + \dots + ILF_n \cdot \phi_n \cdot VD_n}{VD_a + VD_b + \dots + VD_n} \times 100 \quad (11)$$

ILFa..n → Índice Linear de Perda Física em cada setor
 ϕ a..n → fator de ponderação de pressão de cada setor
 VDa..n → volume disponibilizado para distribuição em cada setor

O estabelecimento de indicadores avançados de perdas tem como objetivo fundamental permitir a comparação da eficiência operacional de distintos sistemas e de distintos operadores através da eliminação ou da minimização de fatores peculiares de cada sistema, como, por exemplo, a pressão e o material constituinte da tubulação (SILVA; CONEJO, 2003).

Além desses, para comparação de sistemas quanto ao aspecto das perdas físicas, a IWA recomenda a adoção do indicador **Índice de Vazamentos da Infraestrutura (ILI)**, de acordo com a Equação (12) relaciona Perdas Reais Correntes Anuais (PRAC) e Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) (SILVA; CONEJO, 2003):

$$ILI = PRAC/PRAI \quad (12)$$

$$\text{PRAC} = \frac{\text{Perdas totais} \cdot 1000}{(\text{número de ramais} \times 365 \times T/100)}$$

T = porcentagem do tempo em que o sistema está sob pressão

A equação para o cálculo do PRAI, Equação (13), proposta pela IWA é a seguinte (SILVA; CONEJO, 2003):

$$\text{PRAI} = (18 \times \text{ET}/\text{LA} + 0,7 + 0,025 (\text{ET} - \text{EP})/\text{LA}) \times \text{P} \quad (13)$$

ET = extensão total da rede (Km)
 LA = número de ligações ativas
 EP = extensão parcial da rede (Km)
 P = pressão média da rede (mca)

Nesta expressão, PRAI está em litros/ramal/dia, bem como PRAC na expressão acima, significando que o indicador IVI é adimensional. O valor ideal de IVI é a unidade, ou seja, quanto mais próximo de 1,0 o IVI de determinado sistema, melhor é a sua eficiência operacional no que diz respeito às perdas (SILVA; CONEJO, 2003).

4.3 PERDAS FÍSICAS

Nesta seção serão abordadas as perdas físicas em sistemas de abastecimento de água.

4.3.1 Ocorrência de perdas físicas

É a parcela de perdas de identificação mais trabalhosa e mais onerosa, já que depende de atividades e campo e de escritório mais complexas se comparadas àquelas relativas às perdas não físicas, conduzindo ações com maiores investimentos e prazos de execução. (CONEJO; LOPES; MARCKA, 1999).

Segundo Tardelli Filho (2006), os vazamentos aparecem em diversas partes do sistema de abastecimento de água, especialmente:

- a) nas tubulações das ETA's;
- b) nas tubulações das linhas de adução e da rede de distribuição e seus acessórios (juntas, registros, ventosas);
- c) nos ramais prediais e cavaletes;
- d) nas estruturas dos reservatórios setoriais;

e) nos equipamentos das estações elevatórias.

Para cada sistema de distribuição, em função dos materiais existentes, das características construtivas e locais e das condições operacionais desse sistema, existe uma “taxa natural de ocorrência de vazamentos” que determinará o nível de atenção nas questões dos reparos e na busca dos vazamentos não-visíveis. Elevadas taxas de surgimento, mesmo quando esgotadas todas as alternativas operacionais de intervenção (redução de pressão, por exemplo), podem definir como melhor solução a troca de tubulações da rede e dos ramais em um trecho do setor de abastecimento (TARDELLI FILHO, 2006).

4.3.2 Classificação de vazamentos

De acordo com Tardelli Filho (2006, p. 468-469), os vazamentos nos sistemas de abastecimento de água podem ser classificados em visíveis ou não-visíveis:

Os vazamentos visíveis são aqueles facilmente notados pelos técnicos das companhias ou pela população, podendo ser prontamente acionadas as equipes de manutenção e realizados os reparos necessários. No caso de bombas e tubulações ou estruturas expostas, o surgimento de um vazamento é percebido rapidamente. Para as tubulações e estruturas enterradas, nem sempre o vazamento aflora a superfície nos momentos iniciais de sua existência, decorrendo um certo tempo (horas, dias ou meses) até que isso aconteça, tornando-se, portanto, visível a partir desse momento.

Os vazamentos não-visíveis exigem uma gestão especial, onde se lança mão de técnicas ou equipamentos para detecção de fugas, sem ficar esperando que o vazamento aflore para fazer o reparo. Se essas atividades de pesquisa não forem realizadas com uma certa periodicidade, os vazamentos não-visíveis podem permanecer durante meses, anos ou indefinidamente, totalizando volumes consideráveis de água perdida.

Para localização de vazamentos não-visíveis são utilizadas tecnologias usuais de pesquisa que utilizam princípios de acústica para a detecção e, nas pequenas vazões, baixo ruído ou baixa pressão de serviço, os equipamentos e técnicas utilizadas não apontam a existência do vazamento. Não se quer dizer que com outras técnicas de estanqueidade não se possa efetivamente detectar tais vazamentos, porém aspectos de caráter econômico ditam a inviabilidade de adotar esses procedimentos em larga escala pelas companhias de saneamento, o que se justificaria plenamente no caso de transporte de fluidos perigosos nas tubulações. Esses vazamentos não-visíveis e não-

detectáveis são denominados, no setor de saneamento, de “vazamentos inerentes”, cujas vazões são, em geral, inferiores a 0,25 m³/h (TARDELLI FILHO, 2006).

“A proporção entre vazamentos visíveis e não-visíveis depende muito de cada sistema de abastecimento, das suas condições estruturais e operacionais e da existência de programas regulares de detecção.” (TARDELLI FILHO, 2006, p. 469).

4.3.3 Duração de vazamentos

Trata-se do intervalo de tempo transcorrido desde o instante em que surge até o momento em que a fuga é estancada pelas equipes de manutenção (TARDELLI FILHO, 2006).

Segundo Tardelli Filho (2006), nas tubulações de distribuição de água, a duração média do vazamento é o resultado da soma de três fases sequenciais:

- a) conhecimento: tempo médio entre o início do vazamento até o instante em que a companhia de saneamento passa a saber de sua existência;
- b) localização: tempo médio entre o instante em que se toma ciência do vazamento até o momento em que se localiza exatamente o ponto da ocorrência;
- c) reparo: tempo médio entre a localização do vazamento e o instante em que a fuga é finalmente reparada.

4.3.4 Relação entre vazamento e 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, quanto mais alta a pressão, maior a frequência de 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 arrebatamentos, aumenta a vazão dos vazamentos (TARDELLI FILHO, 2006).

4.3.5 Extravasamentos

Nos sistemas de distribuição de água, os reservatórios setoriais têm a função de regularizar as vazões de consumo horárias de um setor de abastecimento. O seu funcionamento normal tem flutuações do nível d'água ao longo do dia, chegando aos níveis mais baixos nas primeiras horas da noite e a partir daí iniciar a operação de carregamento, para que ao início do dia esteja com seu volume máximo (TARDELLI FILHO, 2006).

Os extravasamentos dos reservatórios geralmente ocorrem no período noturno de carregamento devido à inexistência de dispositivos de alerta e controle ou falhas operacionais nos equipamentos de controle. Ao atingir o limite de extravasão, as águas são coletadas pelos extravasores e encaminhadas à rede de drenagem pluvial ou lançadas no fundo de vale mais próximo, o que faz com que essas perdas passem, muitas vezes, despercebidas pelos operadores do sistema de abastecimento de água, ou mesmo pelos instrumentos registradores de nível, quando existentes (TARDELLI FILHO, 2006).

Essa situação dificulta a obtenção de dados sistematizados para a quantificação de volumes perdidos por extravasamento de reservatórios, recorrendo-se a estimativas nem sempre criteriosas para a avaliação dessas perdas (TARDELLI FILHO, 2006).

4.4 AVALIAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS

A quantificação das perdas é uma apuração relativamente fácil de ser feita, pois é obtida pela diferença entre o “volume disponibilizado ao sistema” e os “volumes autorizados”. Entretanto, o rateio entre Perdas Reais e Perdas Aparentes é mais complexo, e exige a adoção de diversas hipóteses ou a realização de vários ensaios em campo (TARDELLI FILHO, 2006).

A seguir os métodos de avaliação de perdas físicas.

4.4.1 Método do balanço hídrico

Segundo Tardelli Filho (2006), nesse método os volumes perdidos são calculados a partir dos dados da macromedição e da micromedição, e de estimativas para determinar os valores não-medidos que integram a matriz. São feitas hipóteses para determinar as Perdas Aparentes (erros de medição, fraudes, etc) e, por diferença, definem-se as Perdas Reais. Resumindo, Equação (14):

$$\text{Perdas Reais} = VD - VA - \text{Perdas Aparentes} \quad (14)$$

Os passos para a aplicação desse método, também de acordo com Tardelli Filho (2006), são:

- a) entrar com o volume anual disponibilizado (macromedição), realizando eventuais ajustes para corrigir os volumes devido à imprecisão dos macro medidores;
- b) entrar com os volumes totalizados (base anual) relativos às leituras nos hidrômetros (micromedição);
- c) estimar os volumes não-medidos (ligações sem hidrômetro com faturamento por taxa fixa, independente do volume utilizado);
- d) entrar com os volumes não-faturados medidos (por exemplo usos próprios da companhia de saneamento);
- e) estimar os consumos não-faturados e não-medidos (favelas, combate a incêndios, usos operacionais);
- f) estimar os erros médios de medição dos hidrômetros e aplicar sobre o volume micro medido, resultando o volume perdido por submedição;
- g) estimar o volume perdido nas fraudes e ligações clandestinas (normalmente através de uma porcentagem do volume total disponibilizado);
- h) totalizar o volume das perdas reais por diferença.

Para Tardelli Filho (2006), as vantagens desse método são:

- a) é possível aplicá-lo desde um setor de abastecimento até pequenos subsetores ou distritos pitométricos;
- b) os dados da macromedição e da micromedição geralmente estão disponíveis nas companhias de saneamento;
- c) as hipóteses e estimativas requeridas, na maioria das vezes, estão baseadas em estudos preexistentes ou dados da literatura, sem custos adicionais;
- d) é relativamente barato.

A desvantagem mais evidente é a baixa precisão dos números associados às hipóteses e estimativas, que reflete na quantificação final das Perdas Reais (TARDELLI FILHO, 2006).

4.4.2 Método das vazões mínimas noturnas

De acordo com Tardelli Filho (2006), a base deste método é a variação dos consumos no sistema de abastecimento de água ao longo do dia. O pico de consumo geralmente se dá entre 11h e 14h, e o mínimo consumo normalmente se dá entre 3h e 4h. A vazão correspondente a esse consumo mínimo é denominada “Vazão Mínima Noturna” (VMN), que pode ser medida através do uso de equipamentos de medição de vazão e pressão, desde que adotados procedimentos adequados de fechamento dos registros limítrofes do subsetor em análise.

A utilização da VMN para a determinação das Perdas Reais é vantajosa devido ao fato de que, no momento de sua ocorrência, há pouco consumo e as vazões são estáveis (as caixas d’água domiciliares estão cheias), e uma parcela significativa do seu valor refere-se às vazões dos vazamentos (TARDELLI FILHO, 2006).

Segundo Tardelli Filho (2006), para se chegar à vazão dos vazamentos é necessário estimar praticamente todos os componentes dos consumos noturnos, a menos dos grandes consumidores, onde é possível medir os seus consumos individuais observados durante os ensaios. Para os consumos residenciais, costuma-se assumir hipóteses baseadas em medições específicas de consumo e extrapoladas para o conjunto de consumidores da área envolvida, ou utilizar dados de literatura.

As vazões de vazamentos assim determinadas representam os valores observados naquela hora do ensaio, onde as pressões do sistema atingem o máximo. Como a vazão dos vazamentos é bastante influenciada pela pressão, o valor observado na hora mínima noturna é a vazão máxima diária dos vazamentos que, se simplesmente multiplicada por 24h, estaria supervalorizando os volumes diários perdidos (TARDELLI FILHO, 2006, p. 474).

Para solucionar esse problema, foi criado o “Fator noite/dia”, que é um número, dado em horas por dia, que multiplicado pela vazão dos vazamentos (extraída da VMN) resulta no “Volume Médio Diário dos Vazamentos”, ou seja, nas Perdas Reais médias do ensaio (TARDELLI FILHO, 2006).

O Fator noite/dia é determinado a partir de medições de pressão em um ponto médio representativo do subsetor, posteriormente utiliza-se a relação entre pressão e vazão de vazamentos já descrita acima. O valor do Fator noite/dia pode ser menor que 24h (caso mais comum, observado em setores sem nenhuma interferência operacional), ou ser maior que 24h (como acontece em subsetores com Válvulas Redutoras de Pressão, que reduzem a pressão durante a madrugada, intervindo no comportamento da variação das pressões ao longo do dia). Idealmente, se as tubulações do subsetor fossem tão superdimensionadas que resultassem perdas de carga nulas, o Fator noite/dia seria igual a 24h (TARDELLI FILHO, 2006).

Assim, o volume perdido em um dia, conforme Equação (15), calculado a partir dos ensaios e processamentos da VMN em um determinado subsetor, é (TARDELLI FILHO, 2006):

$$\text{Volume Diário de Perdas Reais (m}^3\text{/dia)} = \text{FND (h/dia)} \times \text{Vazão dos Vazamentos (m}^3\text{/h)} \quad (15)$$

Para Tardelli Filho (2006), as vantagens desse método são:

- a) maior representatividade do valor numérico das perdas reais, retratando a realidade física e operacional da área;
- b) conhecimento das condições operacionais da área às equipes técnicas da companhia de saneamento.

Ainda Tardelli Filho (2006), as desvantagens do método são:

- a) ensaio feito em uma área relativamente pequena do setor de abastecimento, podendo induzir a equívocos se os valores forem simplesmente extrapolados ao conjunto do setor;
- b) envolvimento de custo com equipe e equipamentos de medição de vazão e pressão.

Concluindo, a utilização do método Balanço Hídrico com o método das Vazões Mínimas Noturnas pode ser uma forma interessante de calibrar as variáveis e hipóteses assumidas, de forma a buscar resultados mais confiáveis na determinação dos volumes de Perdas Reais (TARDELLI FILHO, 2006).

4.5 CONTROLE DE PERDAS FÍSICAS

Nesta seção serão abordadas medidas de controle e redução de perdas físicas.

4.5.1 Melhoria da condição da infraestrutura

Atualmente, com o desgaste gradual dos recursos hídricos e as limitações impostas aos recursos financeiros disponíveis, o controle operacional assumiu papel de grande importância, tendo em vista que a questão das perdas está relacionada à falta de investimento na manutenção da estrutura de distribuição (MORAES; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010).

A deterioração das redes e ramais ao longo dos anos pode provocar rompimentos nas tubulações, o que gera vazamentos em que a água é escoada pelas redes de esgoto ou pelas redes de água pluvial, impossibilitando que o problema seja visivelmente detectado, muitas vezes tem duração por um período bastante prolongado. Com isso, são gerados altos índices de ruptura e reparos nas redes e adutoras, os quais impedem a continuidade no abastecimento e a estanqueidade da sua estrutura, aumentando a perda física de água com o passar dos anos. (MORAES; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010).

Segundo Venturini, Barbosa e Luvizotto Júnior (2001), é de fundamental importância para o sucesso do controle efetivo da deterioração: conhecer a extensão, a severidade e a natureza da deterioração; avaliar alternativas que reduzam a taxa de deterioração e a substituição da seção deteriorada; realizar o desenvolvimento cuidadoso de um plano de reabilitação sistemática e tomar ciência das prováveis tendências de deterioração do sistema. O controle da deterioração dos sistemas de abastecimento será eficiente quando as empresas desenvolverem dois planos independentes, um de manutenção e outro de reabilitação do sistema.

Geralmente, na fase de projeto trabalha-se com vida útil em torno de 50 anos para as redes primárias e secundárias. Considerando o valor de 50 anos de vida útil, é de se esperar que a companhia de saneamento tenha um programa de troca anual de redes que abranja cerca de 2% da extensão da rede, o que inclui, normalmente, a troca de ramais existentes no trecho a ser remanejado (TARDELLI FILHO, 2006).

4.5.2 Controle e redução de pressões na rede

Lambert e Hiner² (2000 *apud* Moraes, Cavalcanti e Almeida 2010) constataram que o controle de pressão possibilita reduzir o volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados; reduzir a frequência de arrebentamentos de tubulações e consequentes danos que têm reparos onerosos, minimizando também as interrupções de fornecimento e os perigos causados ao público usuário de ruas e estradas; prover ao consumidor um serviço com pressões mais estabilizadas, diminuindo a ocorrência de danos às instalações internas dos usuários até a caixa d'água (tubulações, registros e boias), e reduzir os consumos relacionados com as altas pressões da rede.

Dessa forma, especial atenção deve ser dada ao controle de pressões, pois a sua simples redução leva a substanciais reduções dos vazamentos existentes, além de reduzir o risco de novas rupturas. A redução de pressões se viabiliza através da setorização e da utilização de equipamentos redutores de pressão, tais como as

² LAMBERT, A.; HIRNER, W. **Losses from water supply systems**: standard terminology and recommended performance measures. London: International Water Association, 2000.

caixas de quebra pressão e as válvulas redutoras de pressão. Assim, quanto ao controle e recuperação de perdas físicas as diretrizes gerais neste caso são (CONEJO, LOPES, MARCKA, 1999):

- a) desenvolvimento de estudos e implementação de setores de abastecimento, priorizando aqueles com elevadas pressões e rompimentos mais freqüentes;
- b) implementação de áreas piloto para experimentação de medidas e ações executadas, com acompanhamento, controle e análise dos resultados obtidos.

As variações topográficas aliadas às perdas de carga dentro de uma zona de pressão favorecem a utilização de válvulas redutoras de pressão, visando manter pressões na rede inferiores a 30 mca. O princípio básico da válvula redutora de pressão é a manutenção de uma pressão fixa na sua saída. Assim, há três tipos básicos de controle de pressão com utilização de VRP (YOSHIMOTO et al., 1999):

- a) pressão de saída fixa (VRP sem controlador): é usada quando o sistema a ser controlado não tem mudanças significativas de demanda, bem como perdas de carga relativamente pequenas (menores do que 10 mca, sob quaisquer condições de operação);
- b) modulação por tempo: é usada para controlar um sistema que apresenta grande perda de carga (superior a 10 mca), porém de perfil regular de consumo, assim, a válvula irá trabalhar com patamares de pressão de saída, ajustados no tempo;
- c) modulação por vazão: é usada para controle em sistemas que apresentam grande perda de carga (grandes áreas) e mudanças no perfil de consumo, que podem ser no tipo de uso, na sazonalidade ou na população (como no caso de cidades turísticas), apesar de ser o tipo de controle mais eficiente, necessita de controlador mais caro, além de um medidor de pulso de vazão.

Em locais já operados, a priorização de instalação de VRPs pode ser feita em função do histórico de incidência de vazamentos, alta pressão e índice de perdas elevado (YOSHIMOTO et al., 1999).

Zonas de pressão em que há locais (pontas de rede) onde a pressão não é suficiente para garantir o abastecimento durante todo o dia, havendo intermitência, principalmente nos horários de pico de consumo. Uma forma de resolver tal problema é a implantação de um *booster* de rede, de modo a pressurizar somente a parcela da rede onde há deficiência no abastecimento, sem elevar desnecessariamente a pressão no restante (YOSHIMOTO et al., 1999).

4.5.3 Controle de extravasamentos

Os extravasamentos em reservatórios de água tratada acontecem devido a falhas dos operadores - quando o acionamento de válvulas é manual, ou dos dispositivos automáticos de segurança operacional (TARDELLI FILHO, 2006).

Para controle de extravasamentos, Tardelli Filho (2006) propõe como regra básica definir níveis operacionais escalonados em termos de risco. Para cada nível é associada uma ação operacional correspondente, que vai desde o acionamento de um alarme (aviso para fechar válvula de entrada) até o fechamento automático da válvula, caso não tenha sido realizada a operação de fechamento e o nível continue a subir.

4.5.4 Melhoria da qualidade de mão-de-obra

Assim como a questão dos materiais, a melhoria da qualidade da mão-de-obra empregada na execução dos serviços é uma ação fundamental. De nada adianta ter um projeto bem feito, contar com bons materiais ou equipamentos e possuir procedimentos executivos escritos, se a mão de obra que for executar o serviço não for qualificada (TARDELLI FILHO, 2006).

De acordo com Brasil (2014), mais do que recursos financeiros, para se oferecer saneamento à totalidade dos brasileiros residentes nas áreas urbanas e rurais, é

preciso suprir a carência generalizada da mão de obra qualificada em todas as etapas da cadeia produtiva do setor, desde a elaboração de projetos, execução e manutenção de obras e prestação dos serviços.

Portanto, é necessário investir em treinamento desde ajudantes e encanadores, até o nível gerencial, com alta capacidade técnica e de coordenação, para liderar o processo de mudanças e modernização da empresa (CONEJO; LOPES; MARCKA, 1999).

4.5.5 Controle ativo dos vazamentos

O controle ativo dos vazamentos se opõe ao controle passivo. Nesse último, a companhia de saneamento só atua quando o vazamento aflora à superfície e torna-se visível, obviamente o controle passivo resulta em maior volume de água perdido, já que demora ou não aflora à superfície. O controle ativo representa, então, a ação sistemática desenvolvida para localizar os vazamentos não-visíveis existentes através de métodos acústicos de pesquisa. (TARDELLI FILHO, 2006).

4.5.6 Reparo de vazamentos

Os vazamentos devem ser reparados de forma ágil e com qualidade, assegurando que o problema não volte a acontecer em curto intervalo de tempo. Para isso, a companhia de saneamento precisa possuir infraestrutura e logística que permitam corrigir o problema no menor prazo possível, viável do ponto de vista econômico, mas considerando também as questões de sua imagem perante a população, que definem prazos geralmente menores do que aqueles decorrentes de uma análise puramente econômica (TARDELLI FILHO, 2006).

Para Tardelli Filho (2006), as condições de infra-estrutura e logística requeridas a uma boa gestão de reparos de vazamentos requer os seguintes aspectos:

- a) linhas de comunicação direta entre os clientes e a companhia de saneamento para ocorrências de vazamentos visíveis, falta d'água, qualidade da água distribuída, obstruções de esgoto etc.;
- b) controle ativo de vazamentos não-visíveis, executado por equipes próprias ou contratadas, bem treinadas e equipadas (quando contratadas, é fundamental a existência de fiscalização);
- c) programação e controle de reparos de vazamentos com definição de roteiros, aquisição e processamento de dados de campo;
- d) emprego de materiais qualificados para execução dos serviços;
- e) gerenciamento e controle de resultados, contemplando a redução de perdas, levantamento de retrabalhos e demais indicadores pertinentes.

4.6 ESTRUTURA DE UM PROGRAMA DE CONTROLE DE PERDAS

O diagnóstico começa com a elaboração da matriz do balanço hídrico e posteriormente a caracterização das perdas. Para isso serão necessários levantamentos de campo e estimativas para se chegar aos números representativos de cada setor, que definirão as linhas de ação mais adequadas para cada caso (TARDELLI FILHO, 2006).

A partir do diagnóstico do sistema de abastecimento, da análise das características físicas de todas as suas unidades, da identificação e quantificação das perdas físicas e não físicas, da disponibilidade de recursos financeiros próprios do operador e das alternativas de financiamento (considerar a possibilidade de contratos de risco com o setor privado) e da disponibilidade e adequação de recursos humanos e materiais, deve ser efetuada a estruturação do plano para redução e controle de perdas (CONEJO; LOPES; MARCKA, 1999).

Deve-se estabelecer metas realistas, de curto, médio e longo prazos, em conformidade com a disponibilidade de recursos da entidade operadora do sistema, do cronograma físico-financeiro e de situações peculiares que terão sido consideradas na hierarquização das ações. Quatro tipos de ações devem ser estabelecidas (CONEJO; LOPES; MARCKA, 1999):

- a) ações básicas (pré-requisitos);

- adequação do sistema de macromedição, telemetria e telecomando;
 - adequação do sistema informatizado de gestão de consumidores;
 - melhoria na qualidade dos serviços operacionais;
 - informatização das ferramentas de acompanhamento das ações corretivas.
- b) redução de perdas físicas;
- melhoria no controle de vazamentos visíveis;
 - pesquisa e reparo de vazamentos não-visíveis;
 - implantação de setorização;
 - eliminação de extravasamentos;
 - controle de pressão na rede.
- c) redução de perdas não-físicas;
- atualização do cadastro comercial;
 - adequação da capacidade dos medidores aos consumos medidos (grandes consumidores);
 - medição das ligações não-medidas;
 - adequação do parque de hidrômetros instalados;
 - macromedição distrital de áreas de baixa renda;
 - combate intensivo a fraudes;
 - melhoria da gestão de grandes consumidores;
 - acompanhamento do processo de leitura;
 - acompanhamento de cortes e supressões;
 - avaliação do rendimento de lotes de hidrômetros instalados.
- d) redução de desperdícios;
- redução de consumo predial – aparelhos poupadores de água;
 - grandes consumidores – otimização de processos e recirculação.

As situações específicas de cada sistema irão determinar as ações que melhor se enquadrem em seus respectivos programas de redução e controle de perdas. Definidas as ações, alguns mecanismos de acompanhamento e controle devem ser estabelecidos, tais como (CONEJO; LOPES; MARCKA, 1999):

- a) fixação dos principais indicadores de perdas;
- b) criação de banco de dados;
- c) estabelecimento de índices para acompanhamento das ações corretivas.

4.7 NÍVEL ECONÔMICO DAS PERDAS

Para Bezerra e Cheung (2013) o combate às perdas possuem dois níveis: o limite técnico e o limite econômico. O primeiro é possível chegar utilizando todas as técnicas, tecnologias e recurso disponíveis, enquanto no segundo, o custo para recuperar um determinado volume supera o custo de produção e distribuição desse volume. Segundo o autor, normalmente, o limite econômico é atingido antes do limite técnico.

O ponto ótimo é definido com base nos critérios econômicos e os prestadores devem procurar gerir as perdas, de forma a minimizar os custos globais de operação. Na medida que as perdas caem, o custo específico para redução de perdas aumenta. Então o nível ótimo é quando o custo para recuperação de 1m³ é igual ao ganho recuperado de um 1m³. No caso das perdas reais, não há como tornar um sistema totalmente estanque, pois as características locais são os principais fatores de influência que afetam o nível econômico das perdas reais que são (BEZERRA; CHEUNG, 2013):

- a) localização da rede;
- b) topografia da região;
- c) custo de mão de obra;
- d) custo da água;
- e) pressão do serviço;
- f) idade e estado de conservação da infraestrutura.

Métodos utilizados para o controle de vazamentos, quanto mais dispendioso, mais alto será o nível econômico de perdas (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

4.8 NOVAS TECNOLOGIAS DE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS

A gestão operacional com vistas ao controle e redução de perdas em sistemas de abastecimento de água, assim como toda gestão de uma companhia de saneamento, tem gradativamente usufruído aportes tecnológicos significativos no seu ferramental. De esquemas operacionais totalmente baseados no conhecimento pessoal dos técnicos e operadores à gestão fundamentada em planejamento, modelagem hidráulica, monitoramento e comandos à distância e demais itens que otimizam a operação (TARDELLI FILHO, 2006).

Em 2006, Tardelli Filho descreveu as seguintes tecnologias de ferramenta de gestão:

- a) cartografia digital e sistemas de informações geográficas: os sistemas de informações geográficas (SIG) permitem integrar os dados, processá-los e gerar novas informações de acordo com as necessidades do usuário. Tem capacidade analítica ilimitada das situações atuais (diagnóstico) e projetadas, através de simulações;
- b) sistemas de supervisão e controle: esquemas de monitoramento, transmissão de dados e mesmo telecomandos à distância são úteis para o controle do abastecimento, para a antecipação de atuação nos sinistros operacionais (arrebentamentos), para a detecção de fugas a partir da variação no comportamento das pressões, acompanhamento de vazões em macro-medidores, acompanhamento de consumos em clientes especiais, etc.;
- c) armazenamento de dados de ruídos: desenvolvidos recentemente, esses equipamentos (“data logger” de ruídos) são instalados em partes acessíveis da rede de distribuição (registros, cavaletes) e registram e armazenam as vibrações ocorrentes nos tubos. Periodicamente um veículo passa pelas ruas onde estão instalados os equipamentos e captura as informações armazenadas. Ao se observar comportamentos diferentes nos gráficos de ruídos, é bastante provável a existência de vazamentos nas cercanias dos equipamentos;

- d) tubos com baixo índice de vazamentos: as pesquisas e desenvolvimentos, para se chegar a uma qualidade de material a uma concepção de conexões que minimizem a ocorrência de vazamentos, têm sido contínuas.

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados os dados coletados através do SNIS e da entrevista com a empresa de abastecimento do município de Ivoti/RS (Apêndice B).

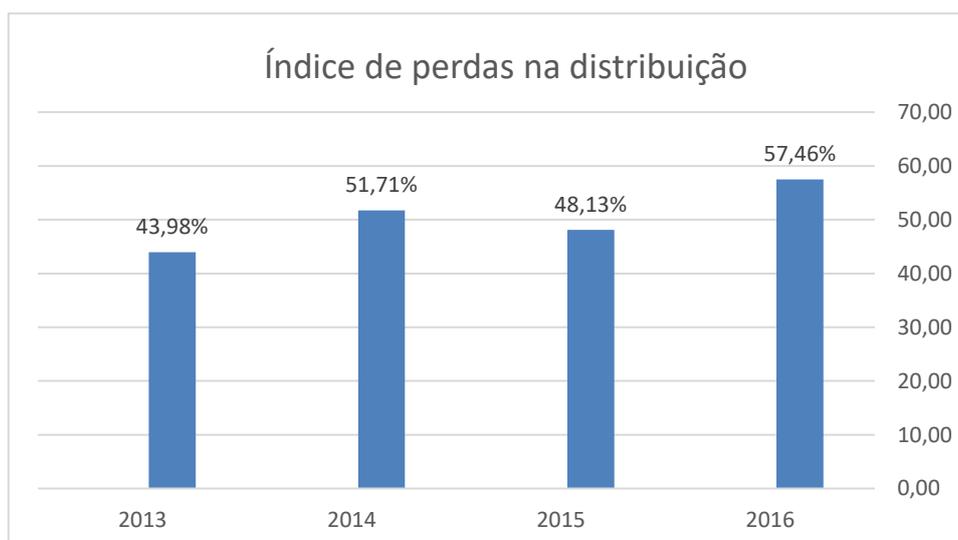
5.1 DADOS COLETADOS NO SNIS

Os dados fornecidos pelo SNIS foram analisados de forma que fossem obtidos alguns indicadores de desempenho do sistema de abastecimento de água do município de Ivoti/RS.

Os indicadores permitem retratar a situação das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e comparar sistemas de abastecimento de água distintos. Serão analisados os seguintes indicadores básicos do sistema:

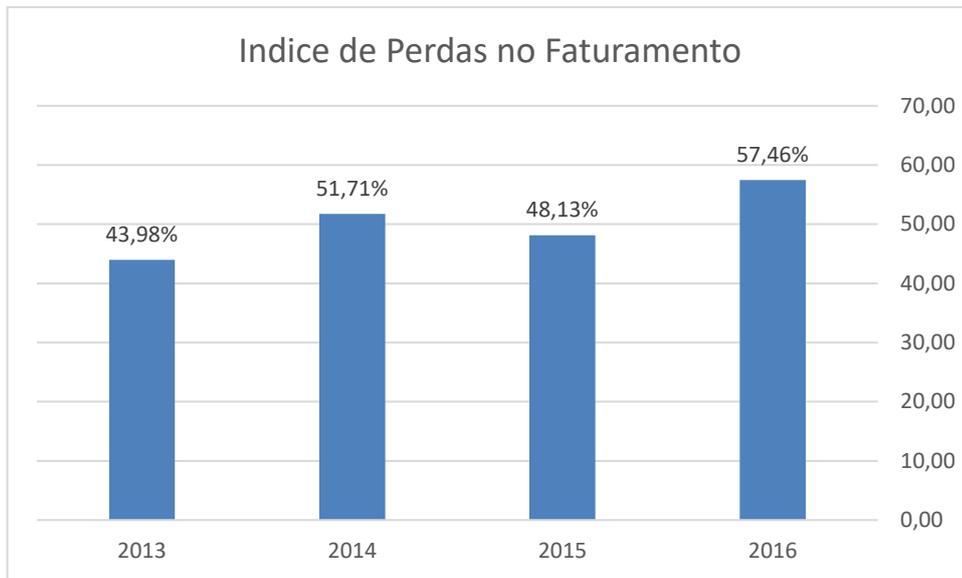
- a) Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC);
- b) Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF);
- c) Índice Linear Bruto de Perda (ILB);
- d) Índice de Perda por Ligação (IPL).

Figura 4 - O Índice de Perda na Distribuição (IPD) .



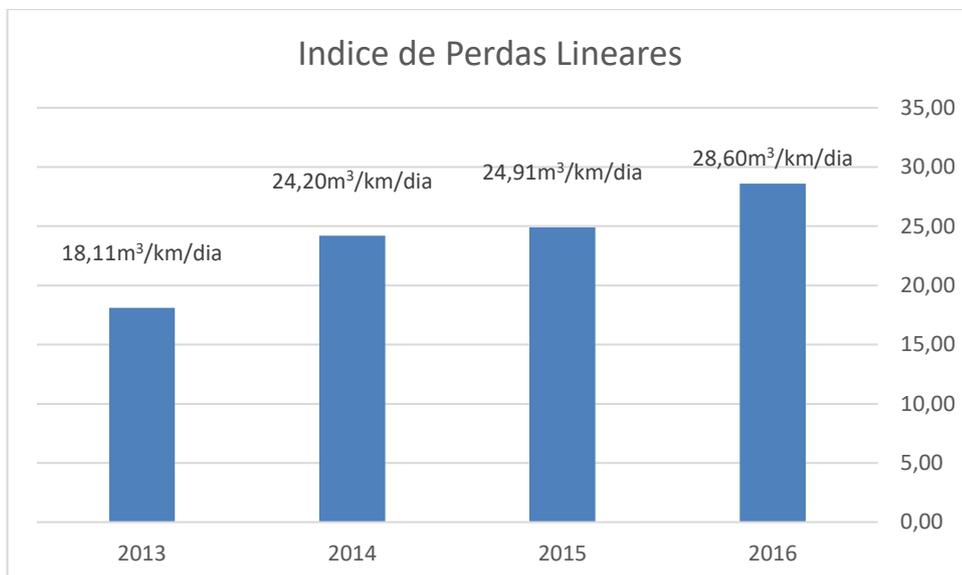
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 5 - O Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)



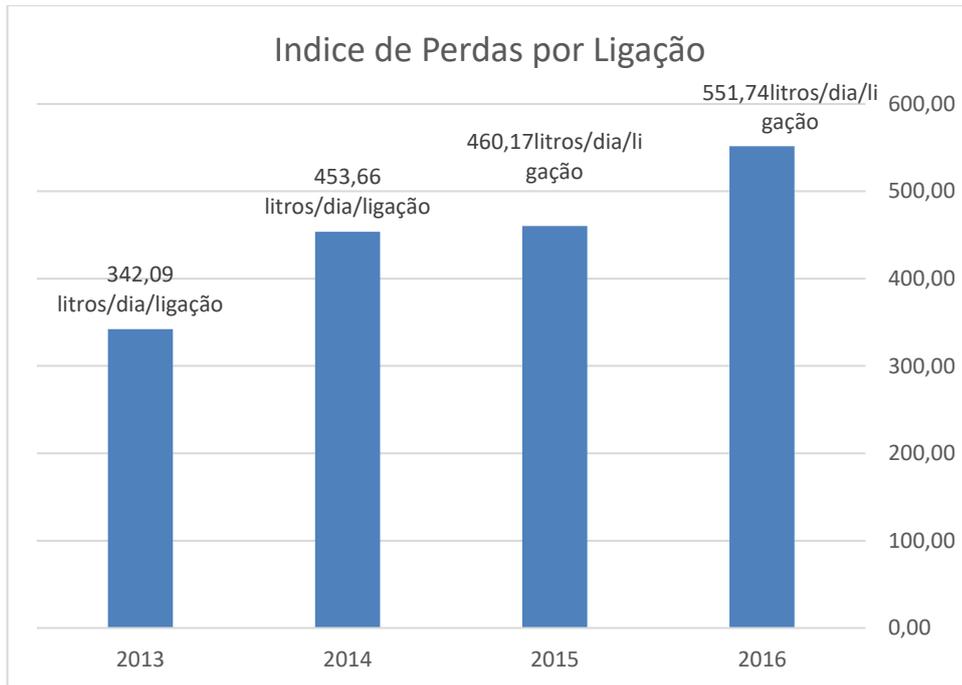
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 6 - O Índice Linear Bruto de Perda (ILB)



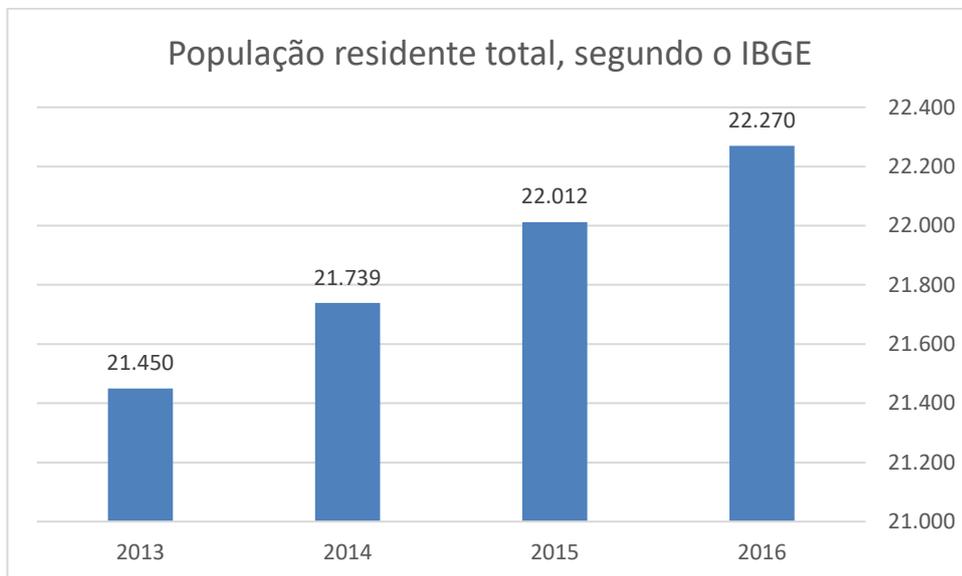
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 7 - O Índice de Perda por Ligação (IPL)



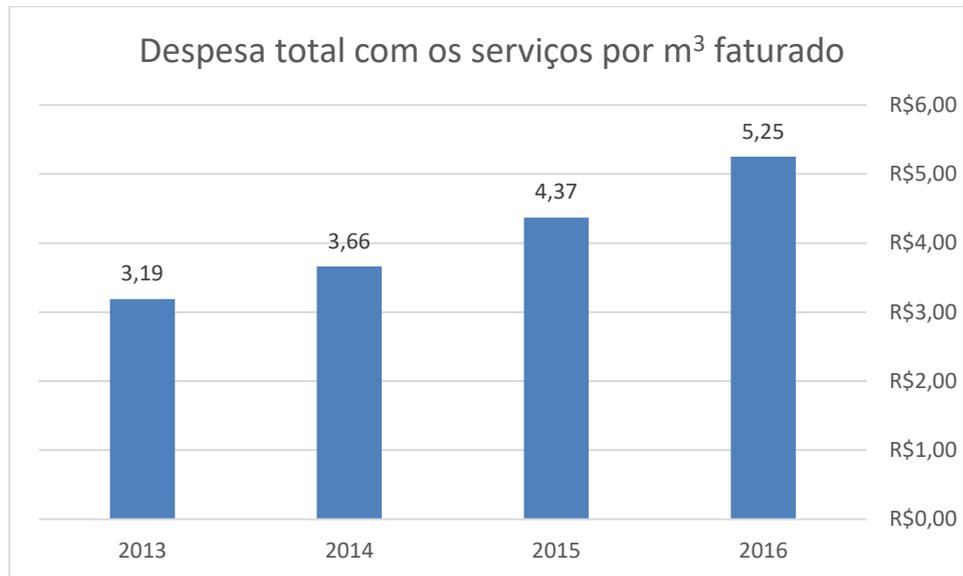
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 8 – População do Município



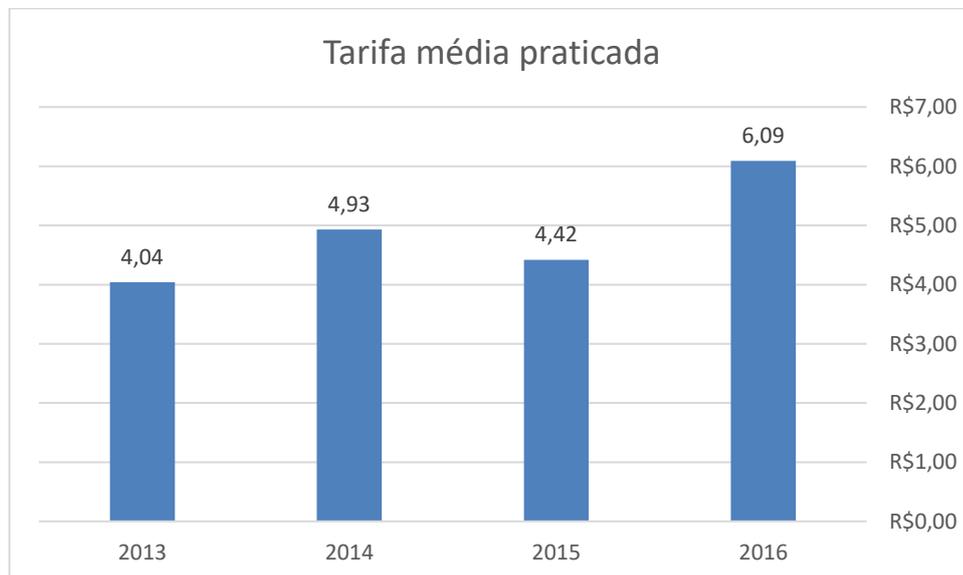
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 9 – Despesa total com os serviços para fornecimento de 1 m³ faturado de água.



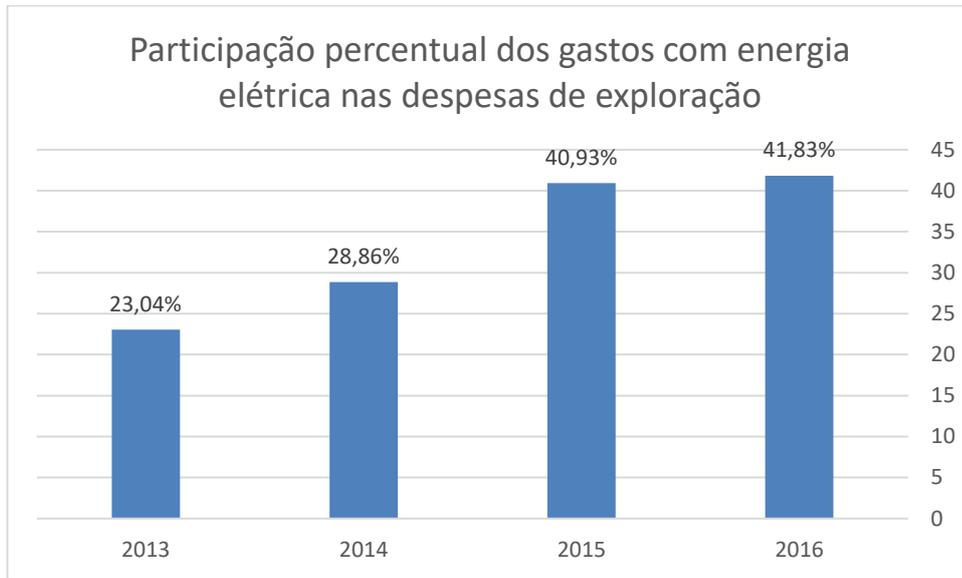
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 10 – Tarifa média.



Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 11 – Percentual dos gastos com energia elétrica



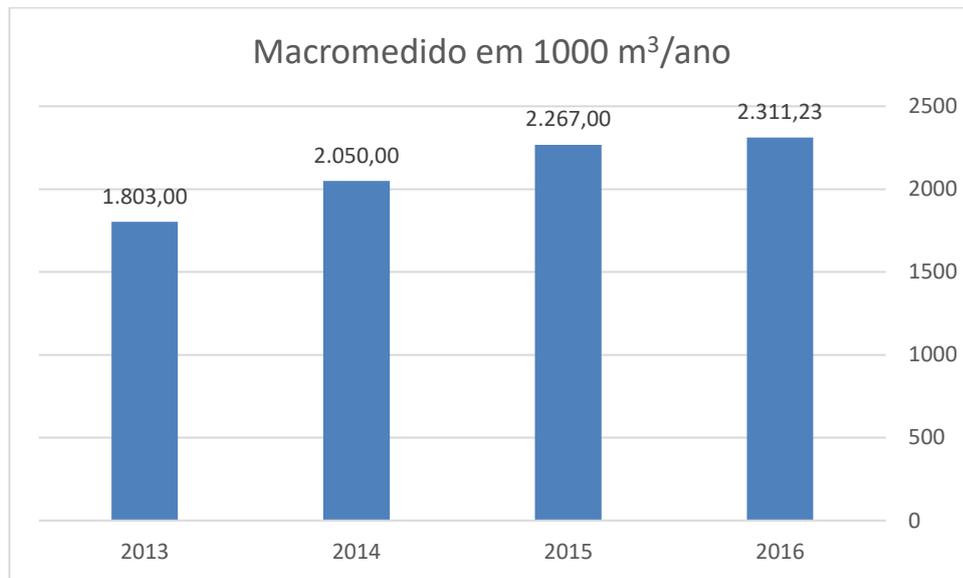
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 12 - Arrecadação total



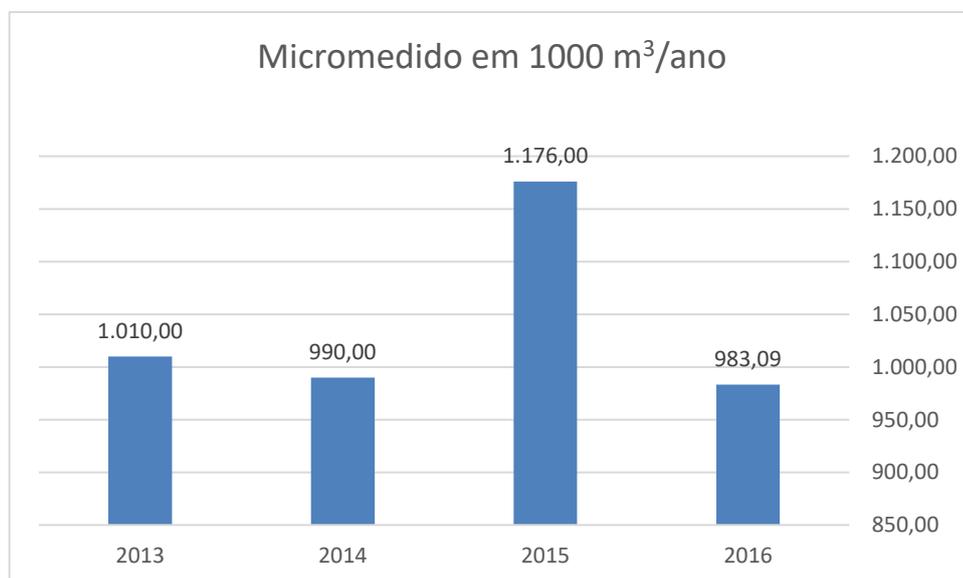
Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 13 – Volumes Produzidos



Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

Figura 14 – Volumes micro medidos



Fonte: Adaptado de SNIS, 2018.

5.2 DADOS COLETADOS NA ENTREVISTA COM A AUTARQUIA ÁGUAS DE IVOTI

Aos seis dias do mês de julho do ano de 2017 ocorreu a visita para conhecimento das instalações da Autarquia Águas de Ivoti, que solicitamente dispendeu um turno para mostrar suas instalações e responder o questionário (Apêndice B) conforme solicitação feita pelo ofício 001/2017 (Apêndice A). Os funcionários responderam, dentro do possível, todas as indagações feitas.

O questionário (Apêndice B) é composto por 11 questões com múltiplas perguntas pertinentes a avaliação do sistema de abastecimento de água do município de Ivoti/RS.

Sobre o **Manancial** onde é feita a captação de água para atendimento do sistema de abastecimento de água do Município. A Autarquia respondeu que:

- a) o aquífero Guarani é único manancial responsável pelo abastecimento de água do município de Ivoti/RS;
- b) a Autarquia não soube responder sobre o alcance de projeto para atendimento das demandas no Município fazendo o uso do aquífero.

As perguntas sobre a **Captação** de água tiveram os seguintes itens como respostas da Autarquia:

- a) atualmente 26 poços de captação abastecem o Município;
- b) não existem pontos de captação superficial;
- c) todos os pontos de captação são de água subterrânea, que por meio de bombeamento são armazenados nos reservatórios;
- d) não souberam informar sobre a vazão total de outorga de uso dos recursos hídricos para o Município;
- e) não souberam informar a existência de algum ponto de captação de uso considerado insignificante não sujeito a outorga;
- f) no ano de 2016 foram captados 2.311.000 m³ de água bruta;
- g) não souberam informar a vazão máxima de projeto para o abastecimento do Município;

h) a água é captada conforme a demanda dos consumidores do Município;

Sobre as **Adutoras de água bruta** obtivemos as seguintes afirmações:

- a) todas as adutoras de água bruta são compostas por macro medidores, um apenas, localizado próximo ao poço de captação;
- b) todas as adutoras de água bruta, predominante, são constituídas de tubulações galvanizadas;
- c) o escoamento da água bruta, na sua totalidade, é composto por adução por recalque com bombeamento.

Sobre as **Adutoras de água tratada** a Autarquia forneceu as seguintes informações:

- a) os macro medidores são localizados apenas na saídas dos poços de captação;
- b) após a passagem pelo macro medidor a água é tratada por simples desinfecção e é aduzida para os reservatórios;
- c) predominantemente, a adução de água tratada é feita por tubulações galvanizadas.
- d) alguns poços novos o material utilizado para as tubulações para adução de água tratada é o PEAD.
- e) o escoamento nas adutoras de água tratada são, basicamente, adução por recalque com bombeamento, já que a água captada é mandada do poço até os reservatórios após passagem por um dosador de cloro automático.

Sobre as **estações de tratamento de água** foi afirmado que:

- a) em cada poço de captação existe uma estação de tratamento de água;
- b) todas as estações de tratamento de água são para simples desinfecção;
- c) não existe um controle efetivo do uso da água destinada para limpeza de filtros e para demais rotinas do tratamento da água.

Sobre as **Unidades de Reservação de Água** a autarquia informou:

- a) atualmente, a grande maioria dos reservatórios, são interligados por um sistema operacional de controle de níveis e acionamento de bombas.

- b) pelo sistema de controle operacional é possível, remotamente, acionar as bombas de recalque dos poços para enchimento dos reservatórios;
- c) pelo geografia do Município e pelas limitações da operadora de telefonia é comum alguns reservatórios ficarem sem comunicação como o COC (Centro de Operação e Controle);
- d) os reservatórios, bem como toda a unidade de captação e tratamento, operam de maneira automatizada;
- e) alguns reservatórios são visitados diariamente por sua importância no abastecimento, no entanto é comum um intervalo maior de visitação em outros reservatórios, salvo em caso de problemas detectados pelo CCO ou por problemas informados pelos usuários;
- f) existe uma rotina de limpeza e manutenção dos reservatórios, no entanto o procedimento é determinado conforme as características do reservatório;
- g) a Autarquia herdou da CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento) todo o sistema atualmente operado;
- h) O material dos reservatórios mais antigos é concreto armado, porém os novos são metálicos ou de fibra.

Sobre a **Rede de Distribuição a Autarquia** fez as seguintes afirmações:

- a) a rede de distribuição, em sua grande maioria, é a rede herdada da CORSAN;
- b) a rede é predominantemente galvanizada;
- c) ainda existem tubulações originais que foram instaladas na década de 60;
- d) atualmente, as redes novas são de PVC e/ou galvanizada;
- e) PEAD não foi utilizado ainda para a rede de distribuição por se tratar de um custo mais elevado;
- f) a manutenção é feita pelos profissionais da Autarquia, que não tem técnica nem equipamentos para trabalhar com PEAD, também por isso as novas instalações de rede não utilizam este material;
- g) não existe um mapeamento formal das redes de distribuição existentes;
- h) a localização de redes, na maioria das vezes, depende da lembrança e da experiência dos profissionais que trabalham na Autarquia;
- i) não existem macro medidores instalados na rede de distribuição;

- j) existem 134,5 km de rede instalados;
- k) não existe um programa de manutenção preventiva;

Sobre o **Controle de Perdas de Água** é informado que:

- a) não é adotado nenhum procedimento para diferenciar as perdas físicas das perdas aparentes;
- b) no ano de 2016, aproximadamente, 60% de toda a água produzida pela Autarquia não foi faturada;
- c) a formação do profissional responsável por informar os dados da Autarquia ao SNIS é em engenharia química;
- d) a Autarquia considera muito importante a informação dos dados para o SNIS;
- e) não é adotado nenhum programa específico para redução de perdas;
- f) as perdas por fraude são consideradas insignificantes;
- g) foram trocados os cavaletes dos micro medidores de alguns setores no decorrer dos primeiros anos de administração do sistema pela Autarquia;
- h) as perdas aparentes são consideradas muito pequenas pela Autarquia;
- i) o volume de perdas é composto, praticamente, pelas perdas físicas;
- j) a estrutura recebida pela CORSAN é considerada pela Autarquia como muito defasada.

Algumas outras informações de classificação geral foram abordadas na entrevista, que resultou nas seguintes afirmações:

- a) segundo o SNIS, no ano de 2015 os gastos com energia elétrica obtiveram um crescimento de aproximadamente 183% para um incremento de produção de aproximadamente 25% em virtude, unicamente pelo aumento da tarifa;
- b) foram gastos em 2016 a quantia de R\$ 2.157.018,18 com energia elétrica;
- c) o aumento no consumo per capita notado nos três primeiros anos de funcionamento da Autarquia se deve ao aumento da qualidade da água fornecida para população;
- d) a diminuição das interrupções também colaboram para o aumento do consumo;
- e) todos os volumes micro medidos são faturados;

- f) todos os volumes consumidos é micro medido;
- g) existe um micro medidor para atendimento da sede administrativa da Autarquia e seu consumo é faturado.

5.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO E DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES VISITADAS

Ao final da entrevista e da visita a sede administrativa da Autarquia foi possível fazer uma saída de campo, que possibilitou a visitação de alguns poços de captação que serão expostos a seguir:

Figura 15 – Foto do monitor do Centro de Controle e Operações, que informa os níveis dos reservatórios e o funcionamento das bombas



Fonte: do autor, 2017.

Figura 16 – No CCO um dos reservatórios estava sinalizado com a cor vermelho, que demonstrava um provável problema de comunicação entre a central e o reservatório



Fonte: do autor, 2017.

Figura 17 - Antena responsável pelo sinal de comunicação do poço de captação e o CCO



Fonte: do autor, 2017.

Figura 18 – Foto com o detalhe do interior de cada casa de controles existente em cada um dos 26 poços de captação do município de Ivoti/RS



Fonte: do autor, 2017.

Figura 19 – Foto mostrando o medidor de energia elétrica, que é item existente em todos os poços de captação ou unidade de bombeamento da Autarquia



Fonte: do autor, 2017.

Figura 20 - Quadro de controle de bombas de um dos poços de captação



Fonte: do autor, 2017.

Figura 21 - Par de bombas de manobra de volumes de armazenamento, onde um reservatório semienterrado abastece um reservatório elevado



Fonte: do autor, 2017.

Figura 22 - Unidade com poço de captação, casa de bombas, reservatório apoiado e reservatório elevado



Fonte: do autor, 2017.

Figura 23 - Unidade de captação de água com vários reservatórios apoiados e um reservatório semienterrado



Fonte: do autor, 2017.

Figura 24 - Foto de um poço de captação que mostra o macro medidor e as conexões de ligação do conjunto de tubulação de adução de água bruta



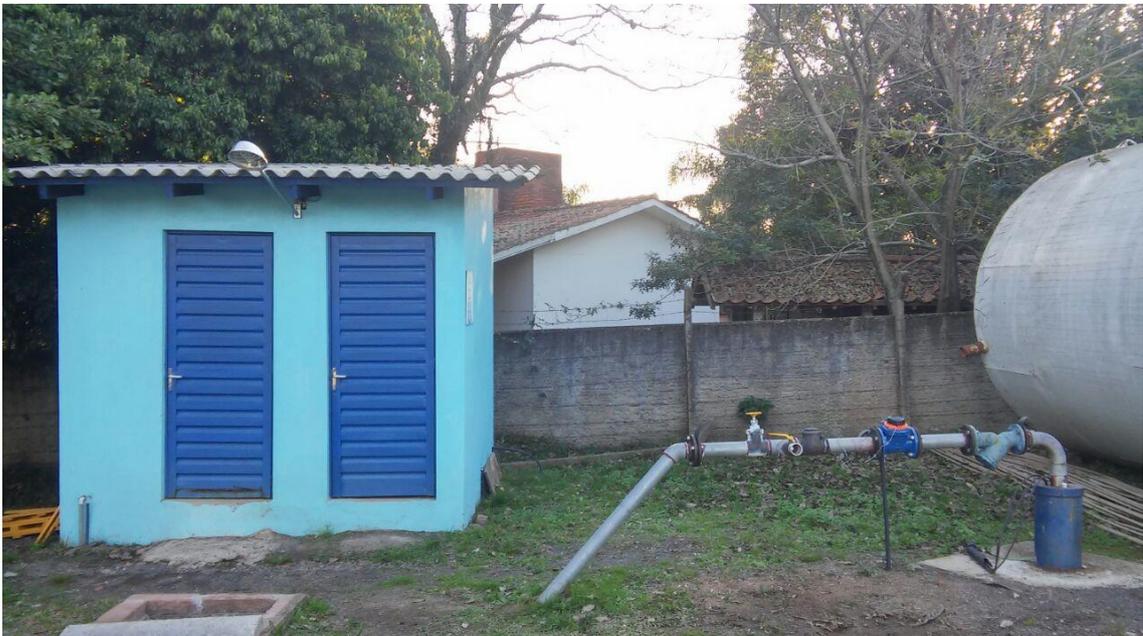
Fonte: do autor, 2017.

Figura 25 - Depósito de produtos químicos com dosador automático para desinfecção da água bruta aduzida para armazenamento



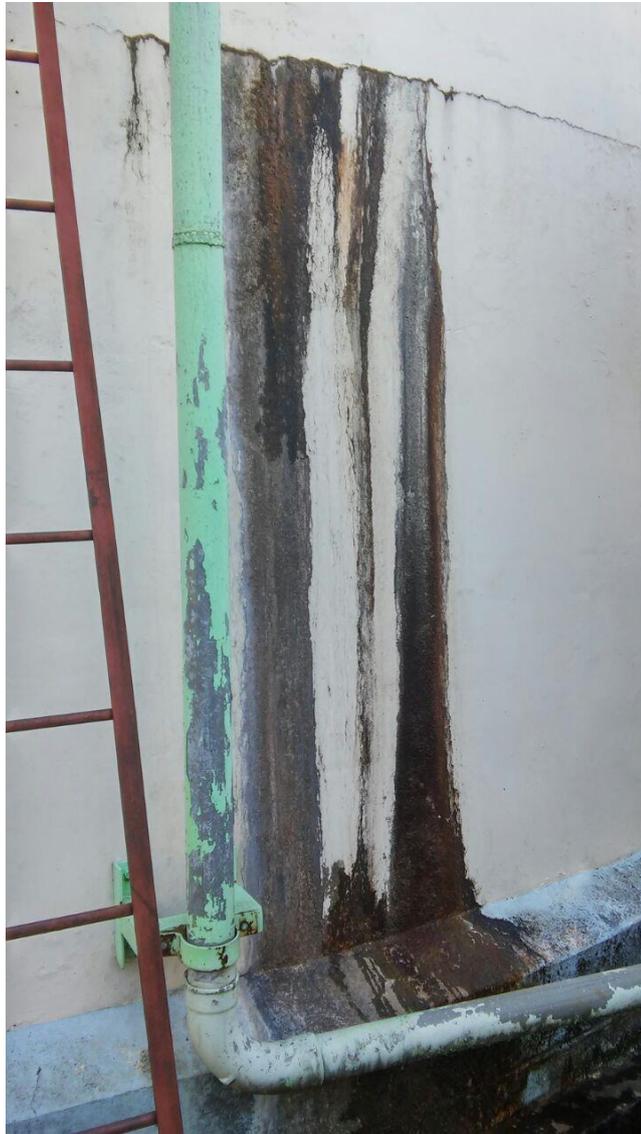
Fonte: do autor, 2017.

Figura 26 - Detalhe mostrando a casa de bombas e depósito de produtos químicos com o dosador automático ao lado do poço de captação



Fonte: do autor, 2017.

Figura 27 - Reservatório de concreto armado com problemas de vazamento, segundo a Autarquia esta é uma imagem recorrente da estrutura herdada da CORSAN



Fonte: do autor, 2017.

Figura 28 - Macro medidor em um dos poços de captação apresentando um pequeno vazamento em uma das conexões



Fonte: do autor, 2017.

Figura 29 - Rede de manobra de volumes em PEAD em um dos poços de captação construídos pela Autarquia para complementar o sistema recebido da CORSAN



Fonte: do autor, 2017.

Figura 30 - Rede de manobra de volumes em PEAD em um dos poços de captação construídos pela Autarquia para complementar o sistema recebido da CORSAN



Fonte: do autor, 2017.

Figura 31 - Detalhe do dosador de cloro chegando na tubulação que levará a água até o reservatório



Fonte: do autor, 2017.

Figura 32 - Poço de captação em detalhes



Fonte: do autor, 2017.

5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste estudo foi possível notar melhorias no abastecimento de água no município de Ivoti/RS ao longo dos quatro anos da municipalização dos serviços. É possível dizer que houve uma evolução no atendimento das unidades consumidoras mais periféricas, que sofriam com constantes desabastecimentos de água na época que a gestora do sistema era a Companhia Estadual de Saneamento (CORSAN). Houve investimentos para perfuração de mais poços e aumento da rede de distribuição, que atualmente atende 100% da população do Município sem prejuízo de qualidade.

No entanto, também devemos salientar que a Autarquia ainda é insipiente no que diz respeito ao acesso as informações referente à outorga e às disposições legais referentes ao licenciamento dos seus poços. Os profissionais, atualmente envolvidos com a administração do sistema, dedicam 100% do seu tempo para questões operacionais do sistema, não havendo tempo, ainda, segundo a Autarquia, para questões “burocráticas”. Também é insatisfatório a abordagem da Autarquia frente ao controle de perdas no SSA, que não conta com nenhum programa para tal finalidade.

Ao longo dos quatro anos, segundo dados fornecidos pelo SNIS, houve um aumento dos Índices de Perdas na Distribuição (IPD) da ordem de 30%. Este pode ser explicado pelas melhorias que a Autarquia fez no sistema, no qual implementou novos poços e reservatórios que aumentaram a oferta e a pressão da água para atendimento da população sem que tivessem feito melhorias nas redes de distribuição antigas.

Os mesmos números de Índices de Perdas na Distribuição (IPD) são encontrados para Índices de Perdas de Faturamento (IPF), já que, segundo o SNIS e a própria Autarquia, toda a água micro medida é faturada.

Da mesma forma, o Índice de Perdas Lineares (ILB) também teve um aumento significativo. Mesmo com o incremento de aproximadamente 40 quilômetros de rede. O aumento do ILB é da ordem de 58% e seguiu a tendência de aumento de todos os outros índices de perdas. Este fato colabora para demonstrar que o aumento da pressão disponível no sistema potencializa as perdas físicas em um sistema com problemas de infraestrutura.

A população do município não apresentou um crescimento expressivo, que ao longo dos quatro anos foi de 3,7% (pouco mais de 800 habitantes). Fato que também colabora para os Índice de Perda por Ligação (IPL) ter um crescimento linear com o IPD, já que neste período houve o incremento de pouco mais de 100 novas ligações.

Os investimentos realizados na ampliação das instalações do SSA foram notados nas despesas para produção de 1m^3 de água que eram R\$ 3,19 em 2013 para R\$ 5,25 em 2016, resultando em um aumento de 64%. Este aumento nas despesas de produção foi sentido na tarifa que teve um aumento de 50% neste período. Porém, neste mesmo período houve um aumento de 81% na participação percentual dos gastos com energia elétrica nas despesas de produção de água. Fato que a Autarquia lamenta, por entender que a tarifa deveria estar além do que hoje é praticada.

Nos quatro anos a produção de água teve um incremento de 28% ($50.000\text{ m}^3/\text{ano}$) fato explicado pelo aumento da oferta e disponibilidade de água para população. Porém o aumento da tarifa fez com que os volumes micro medidos tivessem uma redução da ordem de 19% entre 2015 e 2016.

O fato da Autarquia não ter nenhum investimento em controle de perdas no período de atividade é preocupante, pois no ano de 2016 as perdas foram da ordem de quase

60%. Algumas medidas simples já seriam um primeiro passo para abordar este problema, que, além do desperdício de recursos, onera a população com tarifas mais altas:

- a) a setorização da rede de distribuição com a instalação de macro medidores seriam um primeiro passo para identificar setores com maiores volumes de perdas;
- b) uma abordagem ativa de combate aos vazamentos com uso de geofones seria mais eficaz que a abordagem passiva adotada pela Autarquia atualmente;
- c) com o uso de novas tecnologias para identificação das perdas, os investimentos para renovação das redes de distribuição seriam otimizados.

Outra medida importante seria a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), porque a criação de diretrizes, estudos, prioridades, metas e procedimentos, definiriam a programação das ações e dos investimentos necessários para prestação dos serviços de saneamento básico.

Em relação ao tratamento de esgoto sanitário, o Município – que possui 22.000 habitantes e faz parte da bacia hidrográfica do Rio Caí - não conta com um sistema coletivo de tratamento. As residências são dotadas de tanque séptico e filtro. Assim, medidas a curto prazo deveriam ser tomadas para o atendimento da população através de um Sistema Municipal de Coleta e Tratamento de Esgotos.

Quadro 5 - Avaliação qualitativa do SAA no período de gestão da Autarquia

O que melhorou	O que piorou	O que deve melhorar
<ul style="list-style-type: none"> • diminuiu os períodos de falta de água em todos os setores; • aumentou a oferta de água em qualidade e quantidade; • a melhor qualidade da água disponibilizada foi notada pela população; • os longos períodos que as tubulações ficavam com pressões baixas ou negativas facilitavam a entrada de lodo no sistema de abastecimento comprometendo a 	<ul style="list-style-type: none"> • todos os índices de perdas aumentaram; • aumento da tarifa; • aumento das despesas de produção; • aumento dos rompimentos de redes; • aumento exagerado da pressão disponibilizada em alguns setores; • não existe um programa de manutenção preventiva; • os responsáveis pela operação do sistema desconhecem as 	<ul style="list-style-type: none"> • adotar um plano de redução de perdas; • campanhas que estimulem o uso racional das águas; • setorizar a rede de distribuição; • maior controle das pressões disponibilizadas na rede; • mapeamento da rede de distribuição; • uso de novas tecnologias de telemetria e acesso remoto; • troca de redes antigas;

<p>qualidade da água fornecida à população;</p> <ul style="list-style-type: none"> • aumento de 37 km de redes de distribuição; • aumento de 110 novas ligações; • massiva troca e manutenção de micro medidores; • aumento da produção de água; • perfuração de 4 novos poços; 	<p>informações referentes a outorga e licenciamento de seus poços;</p> <ul style="list-style-type: none"> • o aumento da produção de água não é justificado pelo aumento dos volumes micro medidos; • não existe programa para redução de perdas; • não existe campanhas educativas para o uso racional da água; 	<ul style="list-style-type: none"> • controle ativo dos vazamentos; • melhoria da qualidade da mão de obra; • investigação de vazamentos não visíveis; • participação em programas que visem a criação de diretrizes, estudos e prioridades para os investimentos necessários para prestação dos serviços de saneamento; • criação de um sistema municipal de coleta e tratamento de esgotos;
--	---	--

Fonte: do autor, 2018.

6 CONCLUSÃO

Ao longo deste Trabalho foi destacada a importância do uso racional dos recursos hídricos, que a nível mundial é escasso, porém em algumas regiões do Brasil a oferta de água parece ser “inesgotável”.

Em alguns países do mundo a boa gestão destes recursos, ou se dão pela escassez, ou pela conscientização da cultura de racionalização do uso dos recursos naturais. No Brasil, modelos de boa gestão estão vinculados a municipalização da administração do saneamento. O exemplo da Autarquia Águas de Ivoti/RS, objeto de estudo deste trabalho em relação às perdas físicas de água no seu sistema de abastecimento, que assumiu a administração do sistema do Município após um longo processo que resultou em sua criação. Segundo a própria Autarquia, a sua criação tornou-se necessária pelos péssimos serviços fornecidos pela CORSAN ao Município de Ivoti/RS, que sofria com os constantes desabastecimentos.

Em relação as perdas de água no sistema de abastecimento do Município de Ivoti/RS, que em 2016 apresentou um Índice de Perdas na Distribuição (IPD) próximo aos 60%, podemos dizer que a situação chegou neste patamar pela falta de investimentos em manutenção e modernização das suas redes de distribuição de água. A lógica, que hoje ainda é adotada, é aumentar a produção de água para suprir a demanda, mesmo que a micromedição não justifique este aumento.

A abordagem correta deveria basear-se no uso racional dos recursos naturais, independente da oferta desta região. As perdas são inerentes a qualquer Sistema de Abastecimento de água, mas elas devem ser mínimas e justificadas, sem omissão na gestão da água.

A Autarquia justifica a falta de resultados frente às perdas de água pelo fato de ter assumido um sistema extremamente sucateado, e que ao longo dos poucos anos de administração tiveram que priorizar as obras que visassem o não desabastecimento da população atendida.

Atualmente, não existe qualquer estudo que vise identificar as perdas no sistema. Porém, as perdas aparentes deverão ser pouco expressivas visto que os micro medidores vem sendo substituídos e, segundo a Autarquia, as fraudes são praticamente inexistentes. Logo, supondo que as perdas sejam basicamente as físicas, o investimento em infraestrutura será fundamental para melhoria dos Índices de Perdas na Distribuição (IPD).

Foi notado que a Autarquia atua passivamente nos casos de vazamentos, onde a companhia de saneamento só atua quando o vazamento aflora à superfície e torna-se visível. Obviamente o controle passivo resulta em maior volume de água perdido. O controle ativo representaria, então, uma ação sistemática desenvolvida para localizar os vazamentos não-visíveis existentes através de métodos acústicos de pesquisa.

A geografia acidentada da região do Município colabora para problemas relacionados ao controle de pressões na rede. As reduções nas pressões contribuem diretamente para diminuição das perdas físicas de água. Assim, a instalação de válvulas redutoras de pressão e a instalação de *boosters* de rede ajudariam a criar uma uniformização das pressões disponibilizadas na rede de distribuição, de forma que diminuiriam as perdas físicas de água.

Portanto, é possível salientar que os problemas relacionados às perdas físicas de água no sistema de abastecimento no município de Ivoti/RS demandam investimento em infraestrutura e em novas de tecnologias de controle, que deverão ser operados por mão de obra qualificada.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Conjuntura nacional dos recursos hídricos**: informe 2016. Brasília, 2016. 95 p. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2017.
- ÁGUA DE IVOTI. **Água**. Ivoti, 2014. Vídeo institucional. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hLK8xhJTUdg>>. Acesso em: 30 maio 2017.
- BARROS, R. T. V. (E.d.) et al. **Saneamento**. Belo Horizonte: UFMG. Escola de Engenharia, 1995. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, 2).
- BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água**: tecnologias de controle. João Pessoa: UFPB, 2013.
- BORGUETTI, N. R. B.; BORGUETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. H. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: Editora Maxi gráfica, 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília, 2007. 373 p
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 4. ed. Brasília, 2015. 642 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Brasília, 2014. 172 p
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 05 maio 2017.
- COELHO, A. C. **Medição de água e controle de perdas**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1983.
- CONEJO, J. G. L., LOPES, A. R. G.; MARCKA, E. **Medidas de redução de perdas**: elementos para planejamento. Brasília: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1999. (Documento técnico de apoio, C3).
- CUNHA JÚNIOR, D. **Curso de direito administrativo**. 11. ed. Salvador: JusPodivm, 2012.
- FONSECA, J. J. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. 127 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatísticas**: por cidade e estado: Ivoti/RS. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=4310801>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MARTINS, G. et al. Modelo estatístico para avaliação do impacto do saneamento básico na saúde pública. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 7., 2001, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: AESABESP, 2001.

MESSIAS, A. S. et al. **Água**: fonte de vida. Recife: UNICAP, 2004.

MORAIS, D. C.; CAVALCANTE, C. A. V.; ALMEIDA, A. T. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 15-32, abr. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382010000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12 set. 2017.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NETTO, A. J. M. et al. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2016**: água e emprego: resumo executivo. Brasília, 2016. 12 p.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. São Carlos: EESC/USP, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IVOTI. **Dados gerais**. Ivoti, [2016]. Disponível em: <<http://www.ivoti.rs.gov.br/dados-gerais>>. Acesso em: 30 maio 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IVOTI. **Plano Municipal Simplificado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Ivoti, 2014. Disponível em: <http://www.ivoti.rs.gov.br/download.php?arquivo=plano_municipal_de_gest_o_de_res_duos_s_lidos___consulta_publica.pdf&caminho=downloads>. Acesso em: 14 jul. 2018.

SILVA, R. T., CONEJO, J. G. L. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Brasília: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 2003. (Documento técnico de apoio, A2).

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.

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.

VENTURINI, M. A. A. G.; BARBOSA, P. S. F.; LUVIZOTTO JUNIOR, E. L. Estudo de alternativas de reabilitação para sistemas de abastecimento de água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., 2001, Aracajú. **Anais...** Aracajú: [S.n.], 2001.

VIEGAS, J. V. **Estudo de metodologias para determinar perdas físicas em redes de distribuição de água**. 2003. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

WARTCHOW, D. **Cooperação no saneamento básico**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2013.

YOSHIMOTO, P. M.; FILHO, J. T.; SAREDAS, G. L. **Controle da pressão na rede**. Brasília: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1999. 52 p. (Documento técnico de apoio, D1).

APÊNDICE A – OFÍCIO

Ofício nº 001/2017

À Autarquia Águas de Ivoti
Município de Ivoti - RS

FÁBIO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA, brasileiro, estudante de engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), regularmente matriculado na instituição sob número de cartão 00122059, residente e domiciliado na Travessa Comendador Batista, nº 34/21 na cidade de Porto Alegre, vem respeitosamente por meio deste **SOLICITAR** informações para complementação dos estudos iniciados para o Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) que aborda a **AVALIAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IVOTI/RS** sob orientação de **DIETER WARTCHOW**, professor adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Instituto de Pesquisas Hidráulicas IPH-UFRGS).

Certo de que a solicitação será atendida, anexo a este, segue questionário desenvolvido com perguntas acerca do tema supra exposto, salientando que as respostas serão muito importantes para a complementação do Trabalho de Conclusão do Curso.

Porto Alegre, 26 de junho de 2017.

FÁBIO ALBUQUERQUE DE OLIVEIRA
RG 6079152465

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO PARA AUTARQUIA AGUA DE IVOTI SOBRE AVALIAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IVOTI/RS

QUESTÃO 1 – MANANCIAL

- a) Qual o tipo de manancial onde é feita a captação de água de maior vazão para atendimento do sistema de abastecimento de água do município de Ivoti/RS?
- b) Qual o nome e onde se localiza o manancial?
- c) Este é o único manancial que atende o Município?
- d) Qual o alcance de projeto para atendimento das demandas no município fazendo uso deste manancial?

QUESTÃO 2 - CAPTAÇÃO

- a) Quantos pontos de captação de água que abastecem o Município?
- b) Existem quantos pontos de captação de água subterrânea? Qual a forma de captação?
- c) Existem quantos pontos de captação de água superficial? Qual a forma de captação?
- d) Qual a localização do ponto de captação de maior vazão?
- e) Qual a vazão total de outorga de direitos de uso dos recursos hídricos para o Município?
- f) Existe algum ponto de captação considerado de uso insignificante não sujeita a outorga? Se sim, qual a vazão?
- g) Qual a vazão total de água bruta captada no município no ano de 2016?
- h) Qual a vazão máxima de projeto para a abastecimento do município?

QUESTÃO 3 – ADUTORAS DE ÁGUA BRUTA

- a) Todas as adutoras de água bruta possuem macro medidores na saída da captação e entrada da estação de tratamento?
- b) Quais os materiais predominantes das tubulações das adutoras de água bruta?
- c) Qual o tipo de escoamento predominante nas adutoras de água bruta?
 - () Adução por gravidade
 - () Adução por recalque (com bombeamento)
 - () Outro. Quais?

QUESTÃO 4 – ADUTORAS DE ÁGUA TRATADA

- a) Todas as adutoras de água tratada possuem macro medidores na saída da estação de tratamento e na entrada das unidades de armazenamento de água?
- b) Quais os materiais predominantes das tubulações das adutoras de água tratada?
- c) Qual o tipo de escoamento predominante nas adutoras de água tratada?
- () Adução por gravidade
 - () Adução por recalque (com bombeamento)
 - () Outro. Quais?

QUESTÃO 5 – ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

- a) Quantas Estações de Tratamento de Água abastecem o distrito? Informe o número de Estações de Tratamento de Água que abastecem o distrito de acordo com o tipo: (considerar apenas estações de tratamento em operação)
- () Filtração lenta (filtração + desinfecção)
 - () Filtração em múltiplas etapas
 - () Filtração direta, com ou sem floculação (coagulação + filtração + desinfecção)
 - () Dupla filtração (coagulação + filtração1 + filtração2 + desinfecção)
 - () Ciclo completo/convencional (coagulação + floculação + sedimentação/flotação + filtração + desinfecção)
 - () É feita somente a desinfecção
- b) O volume de água utilizado para serviço de limpeza de filtros e demais rotinas do tratamento da água são micro medidos? Se sim, qual o volume utilizado para este fim no ano de 2016?

QUESTÃO 6 – UNIDADES DE RESERVAÇÃO DE ÁGUA

- a) Qual o volume total dos reservatórios do sistema de abastecimento do Município?
- b) Quais os dispositivos atualmente instalados nestes reservatórios para controle do nível a fim de evitar perdas de água por extravasamento?
- c) Quais os procedimentos de limpeza e manutenção dos reservatórios do sistema de abastecimento do município?

QUESTÃO 7 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

- a) A rede de distribuição é mapeada e está disponível em plantas descritivas (desenhos técnicos)? Se sim, qual formato dos documentos? Se não, como é feita a localização da rede em caso de reparos e manutenções?
- b) Atualmente, qual a extensão da rede de distribuição de água no Município?
- c) Qual os materiais predominantes das tubulações das redes de distribuição de água do Município?
- d) Existe uma rotina de manutenção preventiva das redes de distribuição? Se sim, qual?
- e) Qual a idade média das tubulações das redes de distribuição do Município?
- f) Existem macro medidores nas redes de distribuição? Se sim, qual os aspectos relevantes para sua locação?

QUESTÃO 8 – CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA

- a) Como a Autarquia Água de Ivoti aborda as perdas no sistema de abastecimento de água do Município?
- b) Como a Autarquia Água de Ivoti descreve a importância dos dados fornecidos para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)? Qual a formação do técnico responsável pelo preenchimento dos formulários do SNIS?
- c) A Autarquia Água de Ivoti tem procedimentos para diferenciar as perdas físicas das perdas aparentes no sistema de abastecimento do Município? Quais? Se sim, qual os valores das perdas físicas e perdas aparentes no ano de 2016?

Conforme dados obtidos nas planilhas de indicadores de desempenho fornecidos pelo SNIS, pode-se constatar que os índices de perdas na distribuição do Município são considerados ruins para maioria dos referenciais teóricos que abordam o tema. O que explica o elevado percentual de perdas neste sistema?

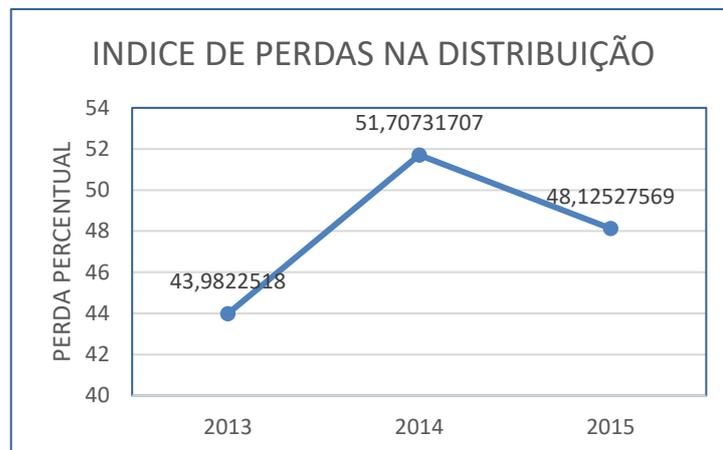


Gráfico 1 - Perdas percentuais dos primeiros três anos de atuação da Autarquia. Fonte: SNIS (2017)

- d) Qual o índice de perdas na distribuição no ano de 2016?
- e) Como a Água de Ivoti avalia a estrutura recebida da CORSAN no início da operação da Autarquia?

QUESTÃO 9 – INFORMAÇÕES GERAIS

- a) Gastos com energia elétrica são um dos principais insumos para a produção de água tratada para população.

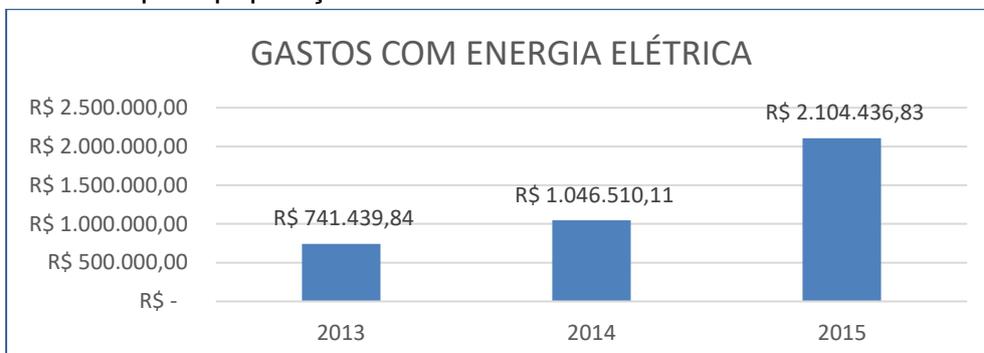


Gráfico 2 - Gastos com energia elétrica nos primeiros três anos de funcionamento da Autarquia. Fonte: SNIS (2017).

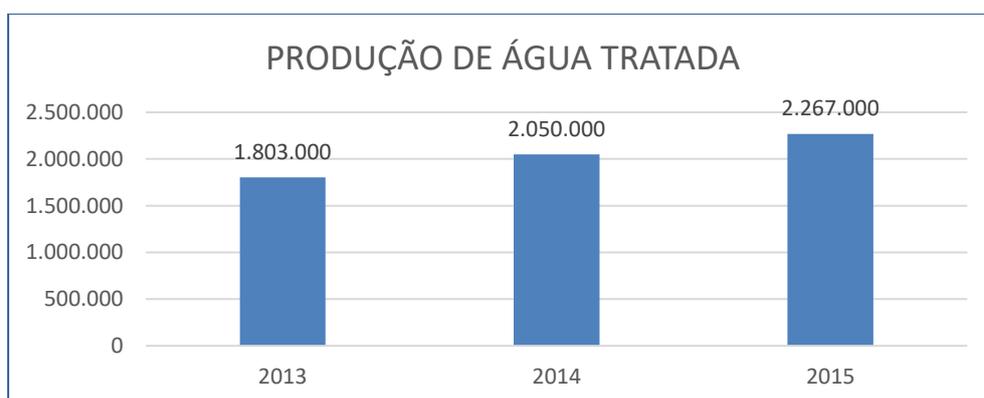


Gráfico 3 - Produção de água tratada nos primeiros três anos de funcionamento da Autarquia. Fonte: SNIS (2017).

Considerando estes dados, reconhecendo que o gasto de energia pode não ser linear com a produção de água no decorrer dos anos. O que explica um crescimento de aproximadamente 183% com os gastos com energia elétrica para um aumento da produção de aproximadamente 25%?

- Quais os gastos com energia elétrica no ano de 2016?
- Qual a produção de água tratada no ano de 2016?
- Qual o número de ligações no ano de 2016?
- Qual o número de economias no ano de 2016?
- Segundo dados do SNIS, nota-se o aumento do consumo per capita de água tratada nos três primeiros anos de funcionamento da Autarquia. O que explica isso?
- Qual o consumo per capita no ano de 2016?

QUESTÃO 10 – SOLICITAÇÃO DE VISITA AS INSTALAÇÕES

Existe a possibilidade de uma visita física as instalações da Autarquia e ao sistema de abastecimento da Autarquia Água de Ivoti para complementação das informações e coleta de material fotográfico para complementação do TCC? Se sim, como devo proceder?

QUESTÃO 11 – VOLUMES PARA USO ESPECIAL

- a) Em análise aos dados do SNIS foi possível constatar os valores micro medidos, consumidos e faturados são iguais. O que explica isso?

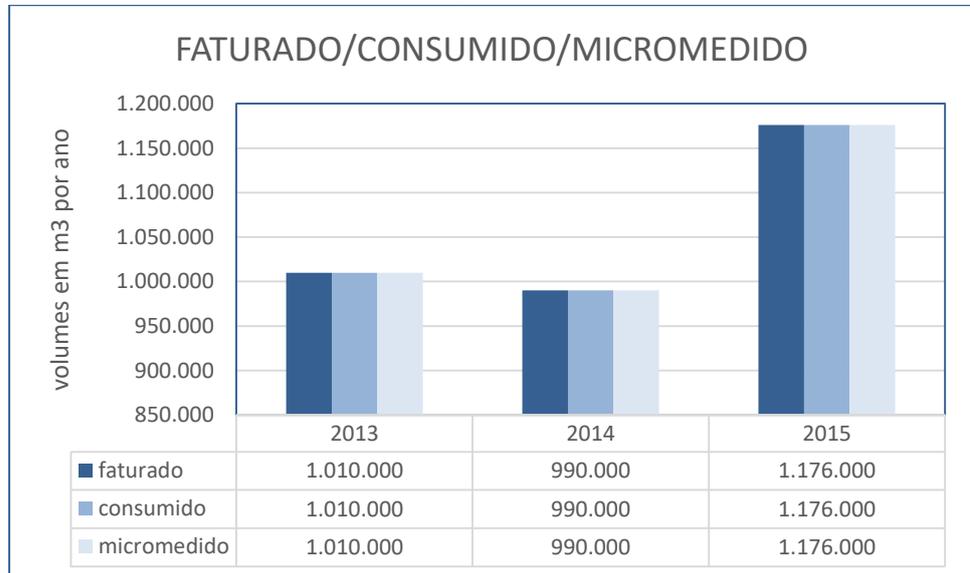


Gráfico 4- Volumes micro medidos, consumidos e faturados para os três primeiros anos de funcionamento da Autarquia. Fonte: SNIS (2017).

- b) Com estes dados é possível afirmar que todo o consumo no Município é micro medido e faturado. Esta informação é correta?
- c) Como é feita a micromedição, se for feita, dos volumes de água tratada para combate de incêndios?
- d) Como é feito o faturamento dos volumes micro medidos e consumidos na Autarquia e nas demais sedes de órgãos municipais?