



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

DIÊNIFER CALEGARI LEOPOLDINO GUIMARÃES

**NÍVEL DE DESEMPENHO DE PERDA REAL NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA EM VITÓRIA – ES:
ESTUDO DE CASO 2014-2017**

VITÓRIA – ES

2019

DIÊNIFER CALEGARI LEOPOLDINO GUIMARÃES

**NÍVEL DE DESEMPENHO DE PERDA REAL NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA EM VITÓRIA – ES:
ESTUDO DE CASO 2014-2017**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Área de concentração em Sistema de Abastecimento de Água

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Edumar Ramos Cabral Coelho.

VITÓRIA - ES

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica, Universidade Federal do Espírito
Santo, ES, Brasil).

Guimarães, Diênifer, 1983-

Nível de desempenho de perda real no sistema de distribuição
de água em Vitória – ES: Estudo de caso 2014-2017. / Diênifer
Calegari Leopoldino Guimarães. 2019.

138 f.: il.

Orientadora: Edumar Ramos Cabral Coelho.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento
Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro
Tecnológico.

1. Distribuição de água – Indicadores. 2. Água –
Gerenciamento e Controle de perdas – Vitória - ES. 3. Perda Real.
I. Coelho, Edumar Ramos Cabral. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU:

DIÊNIFER CALEGARI LEOPOLDINO GUIMARÃES

**NÍVEL DE DESEMPENHO DE PERDA REAL NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA EM VITÓRIA – ES:
ESTUDO DE CASO 2014-2017**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Aprovada em ____ de _____ de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Edumar Ramos Cabral Coelho
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Daniel Rigo
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Interno

Prof. Dr. Diogo Costa Buarque
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

À Maria da Penha e Hermídio, que me deram a vida e são os propulsores na minha vida estudantil e profissional.

Ao meu esposo Luciano pelo apoio, força e fé. Por nosso amor.

Aos meus filhos Brendon e Maitê, razões da minha vida.

Vocês são meus alicerces!

AGRADECIMENTOS

A Deus pela esperança renovada diante de cada obstáculo, a Ele toda honra e toda glória.

Aos professores e a secretaria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo.

À professora Edumar Ramos Cabral Coelho, pela confiança, orientação e apoio nessa trajetória.

À banca do mestrado não somente por terem participado da comissão examinadora desse projeto, mas pelas importantes sugestões fornecidas.

À CESAN, concessionária de abastecimento de água em 52 municípios do ES, que se dispusera a participar da pesquisa e que contribuíra para a realização deste projeto.

Ao Comitê Permanente de Cooperação Técnico Científica da CESAN pela aprovação e concessão da bolsa de mestrado através da disponibilidade de horas para realização desse estudo.

Aos empregados da CESAN que participaram da realização dos levantamentos internos e em campo e aos colegas da Divisão de Desenvolvimento Operacional (O-DDO) e Divisão de Operação e Manutenção de Vitória (O-DVT), que forneceram subsídios para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus amigos Tatiana e Guilherme pelo companheirismo e amizade.

E a todos que durante o curso contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Então podemos alcançar o acesso universal à água potável e saneamento até 2030? Sim, pode ser feito, mas não permitamos que a escala e os cronogramas do desafio nos impeçam de agir. Vamos continuar com isso e colaborar.

Tom Williams, então Diretor na IWA (12/11/2017)

RESUMO

A redução de perdas em sistema de abastecimento de água é um assunto de destaque no saneamento básico mundial. Perdas acima de 50% causam preocupação tanto pela redução das reservas de água potável quanto pelo aumento no custo da água distribuída. Muitos sistemas são objetos de estudo para ampliação de sua capacidade de produção quando, na verdade, bastaria reduzir as perdas.

Esse trabalho tem como objetivos, classificar o nível de desempenho no gerenciamento do sistema de abastecimento no município de Vitória por meio dos indicadores de perdas reais entre os anos de 2014-2017; analisar as informações e estimar o volume perdido de água em vazamentos visíveis obtidos na aplicação do Formulário de Falhas pela Concessionária em 2016 e apresentar o estudo aplicado sobre a desativação da elevatória de água tratada no setor Joana D'Arc que garantiu o abastecimento contínuo.

A revisão bibliográfica mostra os conceitos, os métodos de estimativa dos indicadores de desempenho, estratégias de gerenciamento e de controle operacional, ações para reduzir perda real de água no sistema de abastecimento e o panorama do índice de perdas no âmbito nacional, estadual e municipal.

Cada objetivo dessa dissertação teve uma metodologia aplicada, contudo, todas se fundamentam em estudo de caso por meio dos dados fornecidos pela Concessionária CESAN.

Os resultados e discussões permitem concluir que o acompanhamento sistemático e contínuo das ações, o uso de métodos de estimativa de perda para auxílio ao gerenciamento e controle no sistema de abastecimento, prospera com tendência de redução no volume perdido em vazamentos, porém não nulo, e a garantia do abastecimento sustentável à sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Perda real de água. Indicadores de desempenho. Relatório de falhas.

ABSTRACT

Reducing losses in the water supply system is a key issue in the world's basic sanitation. Losses of up to 50% cause concern both for the reduction of potable water reserves and for the increase in the cost of distributed water. Many systems are objects of study to increase their production capacity when, in fact, it would suffice to reduce losses.

This study aims to classify the level of performance in the management of the supply system in the city of Vitoria through the indicators of real losses between the years 2014-2017; analyze the information and estimate the lost volume of water in visible leaks obtained in the application of the Failure Form by the Concessionaire in 2016 and present the study applied on the deactivation of the treated water elevation in the Joana D'Arc sector that guaranteed the continuous supply.

The bibliographic review shows the concepts, methods of estimating performance indicators, management strategies and operational control, actions to reduce real water loss in the water supply system, and the panorama of the loss index at the national, state and municipal levels.

Each objective of this dissertation had a methodology applied; however, all are based on a case study through the data provided by the CESAN Concessionaire.

The results and discussions allow us to conclude that the systematic and continuous monitoring of the actions, the use of loss estimation methods to aid management and control in the supply system, tends to reduce the volume lost in leaks, but not zero, and guaranteeing sustainable supply to society.

KEYWORDS: Real loss of water. Performance indicators. Report failures.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DE LITERATURA.....	23
FIGURA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS VAZAMENTOS SEGUNDO A IWA.....	33
FIGURA 3- ESQUEMA CONCEITUAL PARA OBTENÇÃO DE COMPONENTES DAS PERDAS REAIS ANUAIS	35
FIGURA 4 – TEMPOS DA DURAÇÃO DO VAZAMENTO	37
FIGURA 5– LIMITES EFICIENTES PARA REDUÇÃO DE PERDAS REAIS	47
FIGURA 6– CRUZ DE LAMBERT	48
FIGURA 7– FLUXOGRAMA PARA UM PLANO DE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS REAIS	53
FIGURA 8 - NÍVEIS DE ATUAÇÃO DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	55
FIGURA 9– DEFINIÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE CONTROLE DE PERDAS	58
FIGURA 10– REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR FAIXAS PERCENTUAIS, SEGUNDO ESTADO	64
FIGURA 11– SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE VITÓRIA.....	69
FIGURA 12 – MAPA DOS POLÍGONOS DOS SETORES DE ABASTECIMENTO EM VITÓRIA.	71
FIGURA 13 - MAPA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIAS NO SETOR SANTA CLARA.	72
FIGURA 14 - MAPA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIAS NO SETOR COBI VITÓRIA.	72
FIGURA 15 - MAPA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIAS NO SETOR ZONA NORTE E GOIABEIRAS.	73
FIGURA 16 – ESTRUTURA CIVIL DA EAT JOANA D’ARC.....	74
FIGURA 17 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO E JOANA D’ARC.....	74
FIGURA 18 – IMAGEM DA TELA DO SIMP COM OS DADOS DE VAZÃO MÊS E ANO ESPECÍFICO.....	76
FIGURA 19 – IMAGEM DA TELA DO SIMP COM OS DADOS DE PRESSÃO MÊS E ANO ESPECÍFICO.	76
FIGURA 20 – IMAGEM DA TELA PRINCIPAL DO GIS.....	77
FIGURA 21– IMAGEM DA CALCULADORA ON-LINE – CÁLCULO DA AMOSTRAGEM.	80
FIGURA 22 – IMAGEM DA TELA DE CONSULTA DOS DADOS DA SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO DO SICAT.....	81
FIGURA 23 – IMAGEM DA TELA DE CONSULTA DE INFORMAÇÕES DE SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS DE VAZAMENTO NO GIS.	82
FIGURA 24 – CONDIÇÕES DE INFRAESTRUTURA FAVORÁVEIS AOS VAZAMENTOS.	86
FIGURA 25 – IMAGEM DO CROQUI DE PROPOSTA DE MELHORIA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA EEAT SÃO CRISTÓVÃO POR MEIO DO AUTOCAD.	87
FIGURA 26 – IMAGEM DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA POR MEIO DO MODELO MATEMÁTICO EPANET.	88
FIGURA 27 – MEDIÇÃO INSTANTÂNEA DE PRESSÃO EM CAVALETE.	88
FIGURA 28 – CROQUI DO TRAÇADO DE REDE DE INTERLIGAÇÃO ENTRE EAT SÃO CRISTÓVÃO E JOANA D’ARC. (PROCESSO DE MELHORIA NO ABASTECIMENTO DO SETOR).....	89
FIGURA 29 – MAPA MDT DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO.	90
FIGURA 30 – MAPA MDT E PONTO MÉDIO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO – CONFORME RECOMENDAÇÕES DO GUIA DA AESBE.	92
FIGURA 31 – MAPA DE PRESSÃO MÉDIA POR LIGAÇÃO – ANTES DAS MELHORIAS.....	93
FIGURA 32 – PONTOS PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE DO POLÍGONO DA EAT SÃO CRISTÓVÃO – APÓS MELHORIAS.	95
FIGURA 33 – FOLHA DE VARREDURA PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE DO POLÍGONO DA EAT SÃO CRISTÓVÃO – APÓS MELHORIAS.....	96
FIGURA 34 – ESQUEMA DAS PERDAS REAIS NOS VAZAMENTOS VISÍVEIS NO SDA DE VITÓRIA	117
FIGURA 35 – MAPA DA ESPACIALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS OCORRÊNCIAS DE VAZAMENTOS EM VITÓRIA – RELATÓRIO DE FALHAS.	118
FIGURA 36 – NOVO POLÍGONO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DA EEAT SÃO CRISTÓVÃO.....	121
FIGURA 37 – DESATIVAÇÃO DA EAT JOANA D’ARC	122
FIGURA 38 – MAPA MDT E PONTO MÉDIO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO	124
FIGURA 39 – MAPA DE PRESSÃO MÉDIA POR HIDRÔMETRO NO SETOR SÃO CRISTÓVÃO.....	124

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1– CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DE PERDAS REAIS E PERDAS APARENTES	24
QUADRO 2– BALANÇO HÍDRICO IWA	26
QUADRO 3 – PRINCIPAIS INDICADORES DE DESEMPENHO DE PERDAS REAIS DA IWA	27
QUADRO 4– DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE PERDAS REAIS DA IWA	28
QUADRO 5– DIRETRIZES GERAIS PARA ESTABELECIMENTO DE META PARA IVI	31
QUADRO 6– AVALIAÇÃO DE PERDAS REAIS DO BANCO MUNDIAL	32
QUADRO 7– RECOMENDAÇÕES DO BANCO MUNDIAL	32
QUADRO 8– FATORES PRINCIPAIS DE VAZAMENTOS.....	34
QUADRO 9– PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DOS VAZAMENTOS INERENTES	36
QUADRO 10- ELEMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO	61
QUADRO 11– ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO SEGUNDO REGIÃO E ESTADO BRASILEIRO.	63
QUADRO 12– ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO SEGUNDO MUNICÍPIO DO ESTADO DO ES.	65
QUADRO 13– HISTÓRICO DO INDICADOR NÚMERO DE VAZAMENTOS POR 1000 LIGAÇÕES – OUT/15 À SET/16.	78
QUADRO 14– HISTÓRICO MENSAL DO NÚMERO DE VAZAMENTOS – OUT/15 À SET/16.....	79
QUADRO 15 – EXEMPLIFICAÇÃO DO CÁLCULO DO VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO CL.....	84
QUADRO 16 – EXEMPLIFICAÇÃO DO CÁLCULO DO VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO R	84
QUADRO 17– INCONFORMIDADES APONTADAS PELA FISCALIZAÇÃO ARSP.	86
QUADRO 18 – CÁLCULO DA COTA MÉDIA DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO	91
QUADRO 19 – CALIBRAÇÃO DOS MACROMEDIDORES COM AUXÍLIO DE ESTAÇÃO PITOMÉTRICA (EP).....	99
QUADRO 20 – VARIÁVEIS OPERACIONAIS PARA O CÁLCULO DOS IDS DE PERDAS REAIS	103
QUADRO 21– IDS DE PERDAS NO SDA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA 2014-2017.....	104
QUADRO 22– COMPARAÇÃO ENTRE INDICADORES MEDIDOS E INDICADORES CORRIGIDOS.....	106
QUADRO 23 – VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO DE CONHECIMENTO E LOCALIZAÇÃO	116
QUADRO 24 – VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO DE REPARO	116
QUADRO 25 - ÍNDICE DE PERDAS NO SETOR SÃO CRISTÓVÃO	122

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR CAPITALS BRASILEIRAS – SNIS 2016.....	65
GRÁFICO 2 - OCORRÊNCIAS OPERACIONAIS EM SÃO CRISTÓVÃO E JOANA D’ARC (JAN/17 À MAI/18).....	85
GRÁFICO 3 – MONITORAMENTO DE PRESSÃO NO RECALQUE DA EAT JOANA D’ARC E PONTO CRÍTICO POR 24 HORAS.....	89
GRÁFICO 4 – MONITORAMENTO DA PRESSÃO NOS PONTOS CRÍICOS POR 72 HORAS.....	92
GRÁFICO 5 – CURVA DE PRECISÃO DO MACROMEDIDOR ELETROMAGNÉTICO.....	99
GRÁFICO 6 – COMPARAÇÃO ENTRE O VOLUME DISTRIBUÍDO PADRÃO (EP) E O VOLUME DISTRIBUÍDO MACROMEDIDO.....	100
GRÁFICO 7 – HISTÓRICO DO VOLUME DISTRIBUÍDO 2014-2017.....	101
GRÁFICO 8 – HISTÓRICO DO VOLUME UTILIZADO 2014-2017.....	102
GRÁFICO 9 – QUANTIDADE DE AMOSTRA VALIDADA APÓS APLICAÇÃO DO RELATÓRIO DE FALHAS.....	108
GRÁFICO 10 – POR TIPO DE CONEXÃO.....	109
GRÁFICO 11 – POR TIPO DE PAVIMENTAÇÃO.....	109
GRÁFICO 12 – POR TIPO DE SOLO.....	109
GRÁFICO 13 – TEMPO MÉDIO DE REPARO.....	110
GRÁFICO 14 – MANOBRA EM VÁLVULA PARA ESTANQUEIDADE DO SISTEMA.....	110
GRÁFICO 15 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIA.....	110
GRÁFICO 16 – VAZAMENTOS EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIA POR TIPO DE CONEXÃO.....	110
GRÁFICO 17 – POR DIÂMETRO DE REDE.....	112
GRÁFICO 18 – POR MATERIAL DA REDE.....	112
GRÁFICO 19 – CAUSA DO VAZAMENTO.....	112
GRÁFICO 20 – ANOMALIA NA ESTRUTURA.....	112
GRÁFICO 21 – PROFUNDIDADE DA REDE.....	113
GRÁFICO 22 – POR MATERIAL DO RAMAL.....	114
GRÁFICO 23– ANOMALIA NO RAMAL.....	114
GRÁFICO 24 – LOCALIZAÇÃO DO VAZAMENTO NO RAMAL.....	114
GRÁFICO 25 – POR MATERIAL DO CAVALETE.....	115
GRÁFICO 26 – ANOMALIA NO CAVALETE.....	115
GRÁFICO 27 – LOCALIZAÇÃO DO VAZAMENTO NO CAVALETE.....	115
GRÁFICO 28 – MEDIÇÃO DE PRESSÃO POR 48 HORAS NO PONTO MÉDIO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO.....	121
GRÁFICO 29 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	123

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABES – Associação Brasileira de Empresas de Saneamento

AWWA – American Water Works Association

BABE – Background and Burst Estimates

CCO – Centro de Controle Operacional

CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento

DMC – Distrito de Medição e Controle

EEAT – Estação Elevatória de Água Tratada

EP – Estação Pitométrica

ES – Espírito Santo

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GIS - Georreferenciamento de Informações do Sistema Corporativo

IDs – Indicadores de Desempenho

IWA – International Water Association

NB – Norma Brasileira

NBR – Norma Brasileira Reguladora

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PROGEN – Programa de Gestão de Contas de Energia Elétrica

SICAT – Sistema de Integrado de Comercialização e Atendimento

SDA – Sistema de Distribuição de Água

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIMP – Sistema de Informação de Macromedição e Pitometria

SNIS – Sistema Nacional de Informação de Saneamento

SS – Solicitação de Serviço

VRP – Válvula Redutora de Pressão

LISTA DE SÍMBOLOS

A – Área

AS – Água de Serviço

CAF – Consumo Autorizado Faturado

CANF – Consumo Autorizado Não Faturado

DN – Diâmetro Nominal

IPD – Índice de Perdas na Distribuição

IPL – Índice de Perda por Ligação

IVI – Índice de Vazamento de Infraestrutura

Km – quilômetro

KPA – quilo Pascal

kWh – quilowatts hora

Lm – Comprimento de Rede

Lp – Comprimento de Ramal

M³ - metro cúbico

Mca – Metros de coluna d'água

Nc – Número de Conexões

P – Pressão

PRAI – Perdas Reais Anuais Inevitáveis

Q – Vazão

V – Velocidade

VD – Volume Distribuído

VP – Volume Produzido

VU – Volume Utilizado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. PROBLEMA E QUESTÕES	19
1.2. OBJETIVO GERAL	19
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4. JUSTIFICATIVA	20
1.5. ESTRUTURA DO PROJETO	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1. PERDAS DE ÁGUA	22
2.1.1. <i>Tipos de Perdas</i>	24
2.2. MÉTODO DE ESTIMATIVA DE PERDAS	25
2.2.1. <i>Balço Hídrico</i>	25
2.2.2. <i>Principais Indicadores de Desempenho para Perdas Reais</i>	27
2.2.3. <i>Estimativa de Volume Perdido de Água em Vazamentos</i>	33
2.3. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE OPERACIONAL DE PERDA REAL	41
2.3.1. <i>Estratégia 1 - Setorização de Rede</i>	43
2.3.2. <i>Estratégia 2 - Medição inteligente</i>	44
2.3.3. <i>Estratégia 3 - Relatório de Falhas</i>	45
2.3.1. <i>Estratégia 4 - Comunicação à sociedade</i>	46
2.4. ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO DE PERDA REAL	47
2.4.1. <i>Estratégia 1 - Gerenciamento de Pressão</i>	48
2.4.2. <i>Estratégia 2 - Controle de Vazamento Ativo</i>	49
2.4.3. <i>Estratégia 3 - Gerenciamento da Infraestrutura</i>	51
2.4.4. <i>Estratégia 4 - Agilidade e Qualidade dos Reparos</i>	52
2.5. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E GESTÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PARA REDUÇÃO DE PERDAS REAIS	53
2.5.1. <i>Planejamento Estratégico</i>	54
2.5.2. <i>Ações de controle operacional, manutenção e gestão de ativos</i>	56
2.5.3. <i>Fatores locais-chave que influenciam no desempenho do combate à perda real</i>	59
2.5.4. <i>Estruturações e continuidade das atividades</i>	60
2.6. PANORAMA DE PERDAS NO BRASIL, ESPÍRITO SANTO E VITÓRIA (REF.2016).	63
3. METODOLOGIA	68
3.1. ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO	68
3.1.1. <i>Sistema de Abastecimento do Município de Vitória</i>	68
3.1.2. <i>Seleção e Delimitação dos casos</i>	70
3.2. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS	75
3.2.1. <i>Coleta e tabulação dos dados dos indicadores de desempenho de perdas reais no abastecimento de Vitória 2014 – 2017</i>	75
3.2.2. <i>Tabulação dos Dados Obtidos da Aplicação do Formulário de Falhas (Vazamentos)</i>	78
3.2.3. <i>Coleta e tabulação dos dados operacionais para a desativação da elevatória de água tratada de Joana D’Arc</i>	85
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
4.1. NÍVEL DE DESEMPENHO DE PERDA REAL NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE VITÓRIA 2014-2017	97
4.1.1. <i>Volume distribuído (VD)</i>	98
4.1.2. <i>Volume utilizado (VU)</i>	102
4.1.3. <i>Variáveis Operacionais</i>	103
4.1.4. <i>Indicadores de desempenho de perdas</i>	104
4.2. FATORES PRINCIPAIS E ESTIMATIVA DO VOLUME PERDIDO NOS VAZAMENTOS VISÍVEIS DO SDA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA - ES	108
4.2.1. <i>Informações do vazamento</i>	109
4.2.2. <i>Informações do reparo</i>	110
4.2.3. <i>Posições do vazamento</i>	111

4.2.4.	<i>Cálculo Estimativo do volume perdido de água em vazamentos visíveis</i>	115
4.3.	DESATIVAÇÃO DA ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JOANA D'ARC	120
4.3.1.	<i>Melhoria na área de abastecimento e Índice de perdas reais</i>	120
4.3.2.	<i>Desativação da EAT Joana D'Arc</i>	122
4.3.3.	<i>Redução de energia elétrica</i>	122
4.3.4.	<i>Mapa de pressão e ponto médio do novo setor São Cristóvão</i>	123
5.	CONCLUSÃO	126
	REFERÊNCIAS	127
	ANEXO A	133
	ANEXO B	134
	ANEXO C	138

1. INTRODUÇÃO

O contexto do estudo trata-se em classificar o nível de desempenho no sistema de distribuição de água no município de Vitória, localizado no Estado do Espírito Santo (ES), sobre a perda real e o uso sustentável da água, sendo desafio para a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

As concessionárias de abastecimento enfrentam o desafio de alcançar elevados níveis de desempenho principalmente em período de escassez hídrica. A baixa disponibilidade do recurso hídrico dificulta o processo de distribuição para o consumo humano, quando o abastecimento público se depara com situações extremas como, por exemplo, a intermitência no abastecimento e as concessionárias expõem a operacionalidade do sistema a risco, por meio de fadiga das redes de distribuição, desgastes de válvulas de manobras, cavitação em bombeamento, entre outros. Esse desafio das concessionárias do setor abre um espaço de oportunidades para ações de ajuda mútua e cooperação, com o objetivo de reduzir esses riscos e promover o desenvolvimento sustentável e equilibrado no setor.

A magnitude desse estudo de caso é atender o 6º (sexto) Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) anunciado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em setembro de 2015, que diz: "assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos". No item 6.4 do 6º ODS estabelece que até 2030 os países assegurem a retirada sustentável e aumentem a eficiência do uso da água doce substancialmente para enfrentar a escassez hídrica e reduzir o número de pessoas sofridas com a falta d'água.

Neste contexto, o estudo irá apresentar o histórico de volume distribuído nos últimos quatro anos (2014-2017) e o desempenho da CESAN no combate à perda no sistema de abastecimento de Vitória. Outro ponto relevante é saber quanto se perdeu em volume de água decorrente de vazamentos visíveis e as principais causas fundamentais dessas ocorrências registradas no período de outubro e novembro de 2016, quando a Concessionária aplicou o formulário de falhas. E, por fim, apresentar o estudo de caso aplicado de desativação da elevatória de Joana D'Arc que propôs tratar os problemas sociais de abastecimento intermitente e eliminar o ruído sonoro da elevatória.

1.1. PROBLEMA E QUESTÕES

Diante da situação de escassez hídrica no ES em 2014, tornou-se uma das preocupações prioritárias da CESAN a disponibilidade da água para o abastecimento público. Essa problemática levanta três questões:

- O nível de desempenho alcançado no abastecimento de água no município de Vitória entre os anos de 2014-2017 apresenta eficiente e efetivo na redução de perdas?
- É possível identificar as causas fundamentais e estimar o volume perdido de água através de vazamentos visíveis?
- A desativação da elevatória de água tratada de Joana D'Arc favoreceu no abastecimento contínuo?

1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo desse estudo é classificar o nível de desempenho no sistema de distribuição de água no município de Vitória sobre a perda real e o uso sustentável da água.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Em um esforço para classificar o nível de desempenho e o uso sustentável da água, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Quantificar, classificar e analisar os índices de desempenho de perda real de água no sistema de abastecimento de Vitória entre os anos de 2014-2017.
- Identificar as causas fundamentais e estimar o volume perdido de água através dos vazamentos visíveis com a aplicação do Formulário de Falhas no período entre outubro e novembro de 2016.
- Apresentar o estudo aplicado de desativação da elevatória de Joana D'Arc que teve o propósito de garantir o abastecimento contínuo.

1.4. JUSTIFICATIVA

A ineficiência de utilização da água se obtém através da relação entre a perda real com o volume de água na entrada do sistema de distribuição, sendo vital para as concessionárias em distribuir o máximo com o mínimo de desperdício e elevar o nível de desempenho e eficiência.

Antes dos problemas de escassez hídrica ocorridos no Brasil entre 2014-2017, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, a água até então disponível era considerada suficiente para abastecer sem deficiência ou necessidade de outro recurso hídrico. As estratégias de gerenciamento e controle operacional de perda real no sistema de distribuição de água vêm sendo consideradas pelas concessionárias a fim de possibilitar o uso eficiente da água e minimizar o problema de atendimento à demanda.

Nessas últimas décadas, uma das principais preocupações, tem sido a minimização das perdas de água, que frequentemente atingem valores de 30% ou mesmo 40%, conforme dados do Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS) em 2016. O problema das perdas de água e seu controle em sistemas de distribuição assumiram cada vez mais importância em privilegiar a sustentabilidade e a proteção ambiental. É assunto de mídia e política com considerável visibilidade, principalmente quando ocorrem períodos de escassez ou quando o abastecimento não é suficiente em áreas com crescimento rápido. (ARAÚJO; RAMOS; COELHO, 2006).

O tema da pesquisa torna-se relevante por classificar o nível de desempenho sobre perdas reais, identificar as causas fundamentais, estimar o volume perdido em vazamentos visíveis e o uso sustentável da água no sistema de distribuição do município de Vitória – ES.

1.5. ESTRUTURA DO PROJETO

O projeto será estruturado em cinco capítulos:

- Neste capítulo está apresentado o tema do projeto; o problema; as questões, o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa do trabalho.

- No capítulo 2 será uma revisão bibliográfica, através de levantamento em artigos científicos publicados na última década, que sejam relevantes e abordem sobre os conceitos, os métodos de estimativa, estratégias de gerenciamento, de controle operacional, ações para reduzir perda real de água no sistema de abastecimento e o panorama do índice de perdas no âmbito nacional, estadual e municipal.
- O capítulo 3 apresentará o sistema de distribuição de água do município de Vitória, a seleção e delimitação da pesquisa, aquisição e tratamento dos dados.
- O capítulo 4 apresentará os resultados e discussão dos três objetivos específicos.

O capítulo 5 será composto pela conclusão e respostas das questões da pesquisa, destacando as contribuições da pesquisa para setor de abastecimento público de água no município de Vitória e recomendações para futuros trabalhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na pesquisa bibliográfica priorizou artigos em inglês das duas últimas décadas que contribuíssem significativamente e fossem relevantes para o estudo. A priorização permitiu a elaboração do mapa de literatura, resultando na FIGURA 1.

2.1. PERDAS DE ÁGUA

As perdas de água correspondem à diferença entre o volume de água distribuído ao sistema e o volume consumido. Deve-se destacar que tais perdas tendem a ocorrer em todos os sistemas de abastecimento, refletindo assim na eficiência operacional das concessionárias como nas condições das infraestruturas dos sistemas.

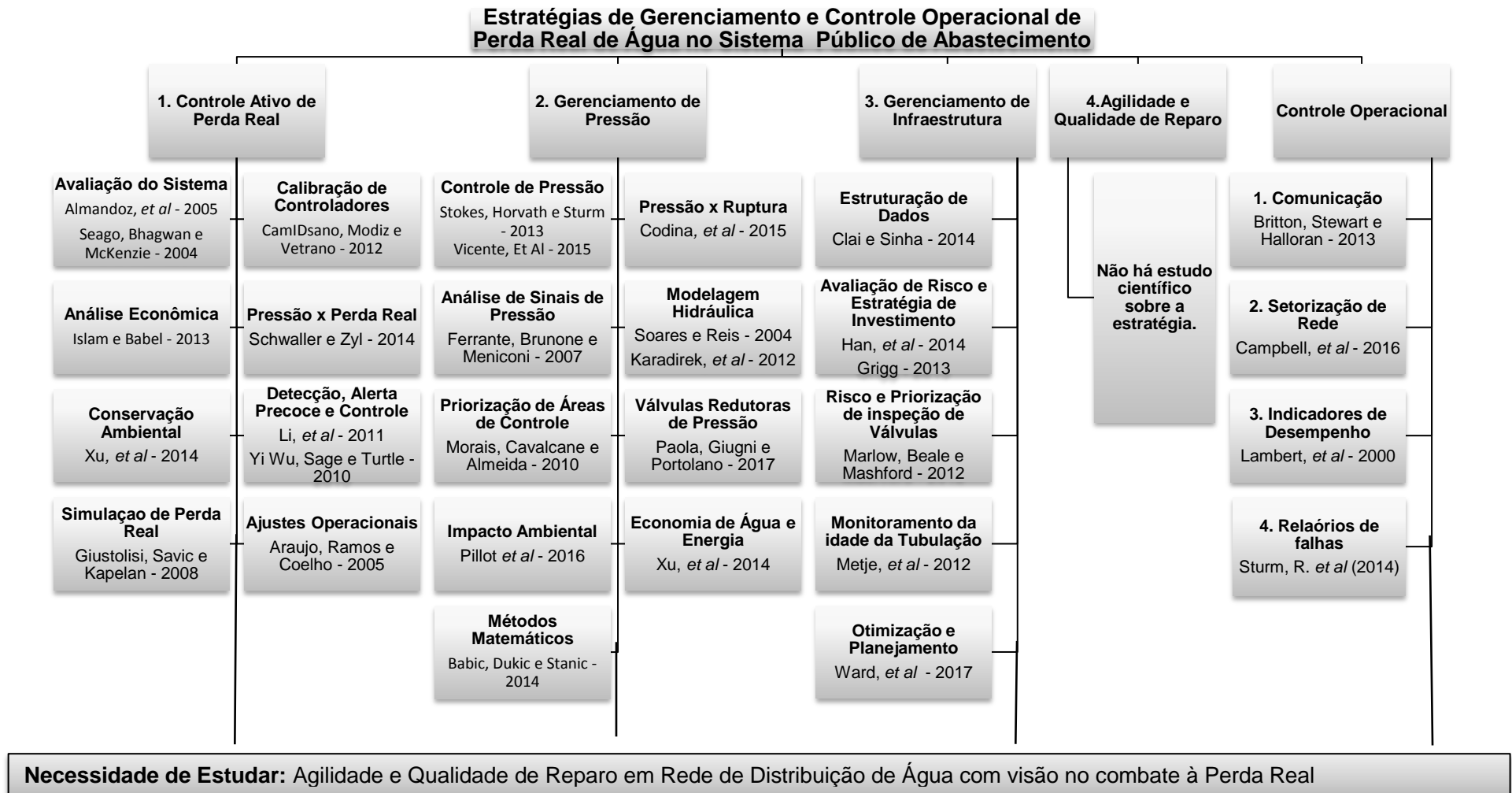
É preciso sempre ter o conhecimento pleno das características da rede (cadastro físico e operacional) em conjunto com a utilização de metodologias não apenas econômicas (relação custo/benefício) como também criteriosas que consideram aspectos hidráulicos, ambientais, sociais e econômicos, isso irá permitir um gerenciamento completo do controle de perdas por parte da concessionária, demonstrando maior clareza nas decisões tomadas e garantindo a credibilidade dos clientes. (MORAIS; ALMEIDA, 2006).

O desempenho do serviço de abastecimento de água é traduzido não apenas com base na confiabilidade do atendimento à demanda, mas também a outros aspectos importantes, tais como:

- Comprometimento e grau de utilização da água disponível em termos quantitativos e qualitativos;
- A sustentabilidade do serviço de abastecimento a médio e longo prazo;
- A garantia do atendimento aos requisitos de pressão mínima e máxima na rede, conforme orientações da NBR 12218/2017;
- A operação com o mínimo de perdas em vazamentos.

A falta de planejamento e manutenção adequada, associadas a investimento de recursos financeiros, têm tornado deficientes os sistemas de abastecimento de água. (VENTURINI, *apud* MORAIS; ALMEIDA, 2006).

FIGURA 1 – MAPA DE LITERATURA



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2.1.1. Tipos de Perdas

A palavra “perda” no âmbito de saneamento básico vai além da subjeção de “perde-se algo”, levando para o aspecto técnico toma um sentido mais amplo, engloba o volume de água tratada e distribuída que não foi contabilizado como receita para a empresa. A *International Water Association* (IWA) classifica as perdas, levando em conta sua natureza, como reais (físicas) e aparentes (comerciais).

Perdas Reais (físicas): é a água subtraída do sistema que não é consumida pelo cliente final, portanto origina-se em vazamentos que ocorrem após o tratamento, passando pelo reservatório até a distribuição.

Perdas Aparentes (comerciais): é a água consumida e não registrada, originadas em ligações clandestinas ou não cadastradas e em hidrômetros com irregularidades na sua medição.

Os principais efeitos e características das perdas reais e aparentes em um sistema de abastecimento de água potável estão detalhados no QUADRO 1.

QUADRO 1– CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DE PERDAS REAIS E PERDAS APARENTES

EFEITOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
	PERDAS REAIS	PERDAS APARENTES
No sistema de distribuição – ocorrências mais relevantes	Vazamentos	Erro de medição
Nos custos associados ao volume de água perdido	Custo de produção	Tarifa Receita operacional
No meio ambiente	Desperdício de recurso hídrico Necessidade de ampliações de mananciais	Não é relevante
Na saúde pública	Risco de contaminação	Não é relevante
Na empresa	Perda do produto	Perda de receita
Na sociedade	Imagem negativa (ineficiência e desperdício)	Não é uma preocupação imediata
Ao consumidor	Repasse para tarifa Desincentivo ao uso racional	Repasse para tarifa Incitamento a roubos e fraudes

Fonte: GO Associados, 2018 – Adaptado pelo autor

2.2. MÉTODO DE ESTIMATIVA DE PERDAS

2.2.1. Balanço Hídrico

Para lidar com a perda é preciso avaliar o desempenho do Sistema de Distribuição de Água, aplicando as conhecidas metodologias, amplamente utilizadas em todo o mundo. Associações, como a IWA e *American Water Works Association (AWWA)* sugeriram matrizes metodológicas para avaliar o nível de desempenho de um sistema que incluem bancos de dados de indicadores e o Balanço Hídrico (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013). Uma abordagem integrada entre a utilização dos indicadores de desempenho, equilibrados com o balanço hídrico e uma rotina de gerenciamento para classificar as ações aplicadas, contribuiriam na avaliação do nível de desempenho das concessionárias de água.

O Balanço Hídrico (QUADRO 2) é considerado o método matemático essencial na avaliação dos volumes de água faturada e da gestão de perdas de água no sistema de distribuição. Então tem sido reconhecido e adotado internacionalmente como melhor prática por um número crescente de países e concessionárias de água em todo o mundo (MCKENZIE; SEAGO, 2005). Utilizam-se dados mensais que são anualizados, ou seja, média anual, para reduzir os efeitos sazonais e as diferenças de demanda ao longo do ano, gerando uma informação mais confiável (VIEGAS; GASTALDINI; BARROSO, 2005).

As variáveis do balanço hídrico são:

VD - Volume Distribuído no Setor ($m^3 / \text{mês}$) - é o volume de entrada de água no sistema;

CAF - Consumo Autorizado Faturado ($m^3 / \text{mês}$) - i) O *consumo faturado medido* equivale ao volume de água registrado nos hidrômetros, incluindo o volume de água exportado; ii) O *consumo faturado não medido ou estimado* corresponde ao volume contabilizado utilizando os consumos médios históricos ou, nos casos onde não existe hidrômetro ou há falhas no seu funcionamento, o volume mínimo de faturamento. (SNIS, 2018)

CANF - Consumo Autorizado não Faturado (m³ / mês) - i) O consumo *não faturado medido* é o volume de água utilizado pela empresa para atividades operacionais especiais ii) O *consumo não faturado não medido* refere-se ao volume destinando a usos de caráter social, como as atividades do corpo de bombeiros, sem incluir as perdas geradas em áreas irregulares. (SNIS, 2018)

VP - Volume de Perdas (m³ / mês) - é determinado conforme a equação (1):

$$VP = VD - (CAF + CANF) \quad (1)$$

QUADRO 2– BALANÇO HÍDRICO IWA

VOLUME DISTRIBUÍDO NO SETOR (VD)	CONSUMO AUTORIZADO	CONSUMO AUTORIZADO FATURADO (CAF)	CONSUMO FATURADO MEDIDO	ÁGUA FATURADA
			CONSUMO FATURADO NÃO MEDIDO (ESTIMADO)	
		CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO (CANF)	CONSUMO NÃO FATURADO MEDIDO (USO PRÓPRIO, CAMINHÃO PIPA, ENTRE OUTROS).	ÁGUA NÃO FATURADA
			CONSUMO NÃO FATURADO NÃO MEDIDO (ESTIMADO)	
	PERDAS DE ÁGUA (VP)	PERDAS APARENTES (COMERCIAIS)	USO NÃO AUTORIZADO (FRAUDES E FALHAS DE CADASTRO)	
			ERROS DE MEDIÇÃO	
		PERDAS REAIS (FÍSICAS)	VAZAMENTOS E EXTRAVASAMENTOS EM RESERVATÓRIOS	
			VAZAMENTOS NAS ADUTORAS E REDES DE DISTRIBUIÇÃO	
		VAZAMENTOS NOS RAMAIS ATÉ O PONTO DE MEDIÇÃO DO CLIENTE		

* Unidade do volume produzido (m³/ano)

Fonte: IWA 2000 – Adaptado pelo autor

2.2.2. Principais Indicadores de Desempenho para Perdas Reais

Os principais indicadores de desempenho que foram investigados e foram feitas recomendações apropriadas pelo IWA no que se refere às perdas de água, são agrupados em três categorias: financeiro e econômico; operacional e recurso hídrico, mostrados no QUADRO 3 (ALEGRE, *et al.* 2005).

QUADRO 3 – PRINCIPAIS INDICADORES DE DESEMPENHO DE PERDAS REAIS DA IWA

Grupo	Nomenclatura*	Código	Fórmula	Unidades
Financeiro e Econômico	Água não faturada por volume	Fi ₄₆	$\left(\frac{A_3 - A_{20}}{A_3}\right) \times 100$	%
	Água não faturada por custo	Fi ₄₇	$\frac{((A_{13} + A_{18}) \times G_{57} + A_{19} \times G_{58})}{G_5} \times 100$	%
Operacional	Perda de água	Op ₂₃	$\left(\frac{A_3 - A_{14}}{C_{24}}\right) \times \frac{365}{H_1}$	m ³ /lig./ano
		Op ₂₄	$\left(\frac{A_3 - A_{14}}{C_8}\right) \times \frac{1}{H_1}$	m ³ /Km/dia
		IPD	$\frac{(A_3 + A_7) - (A_{13} + A_{14})}{(A_3 + A_7)} \times 100$	%
	Perda aparente	Op ₂₅	$\frac{A_{18}}{(A_3 - A_5 - A_7)} \times 100$	%
		Op ₂₆	$\frac{A_{18}}{A_3} \times 100$	%
	Perda real	IPL Op ₂₇	$\frac{10^3 \times A_{19}}{C_{24} \times H_1}$	L/lig./dia
		Op ₂₈	$\frac{10^3 \times A_{19}}{C_8 \times \frac{H_2}{24}}$	L/Km/dia
	Índice de vazamento na infraestrutura	IVI Op ₂₉	$\frac{Op_{27}}{\left(18 \frac{C_8}{C_{24}} + 0,8 + 0,025C_{25}\right) \frac{D_{34}}{10}}$	Adimensional
	Perdas reais anualizadas inevitáveis	PRAI	$\left(18 \frac{C_8}{C_{24}} + 0,8 + 0,025C_{25}\right) \frac{D_{34}}{10}$	L/dia
	Recurso Hídrico	Ineficiência de utilização dos recursos hídricos	WR ₁	$\frac{A_{19}}{A_3} \times 100$

Fonte: Alegre *et al.*, (2004), adaptado pelo autor.

QUADRO 4– DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE PERDAS REAIS DA IWA

Variáveis
A ₃ - Volume de água na entrada do sistema inclui o volume captado e o volume importado, tanto o bruto como o tratado (m ³).
A ₅ – Água bruta exportada (m ³)
A ₇ – Água tratada exportada (m ³)
A ₁₃ – Consumo autorizado não faturado (m ³)
A ₁₄ - Consumo autorizado, medido ou estimado, faturado ou não faturado, inclui a parcela de água exportada e o volume de água de serviço (consumo autorizado não faturado) (m ³).
A ₁₈ – Perdas Aparentes (m ³)
A ₁₉ – Perdas reais, calculado por meio da diferença entre A ₃ , A ₁₃ , A ₁₄ e A ₂₀ . (m ³)
A ₂₀ - Consumo autorizado faturado e inclui a água exportada (m ³)
C ₈ - Extensão da rede (Km).
C ₂₄ – Número de ligações ativas
C ₂₅ - Comprimento médio dos ramais (m)
D ₃₄ – Pressão de operação (KPa)
G ₅ – Custos correntes
G ₅₇ – Tarifa média para consumidores diretos
G ₅₈ - Custo unitário assumido das perdas reais
H ₁ - Duração do período de referência (Dia)
H ₂ – Tempo de pressurização (horas)

Fonte: Alegre et al., (2004), adaptado pelo autor.

O volume de água de serviço descrito na variável A₁₄ é o valor da soma dos volumes anuais de água para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado. Atividades operacionais e especiais: testes de estanqueidade e desinfecção de redes (adutoras, redes e distribuição), uso próprio nas instalações da concessionária, uso de água pelo corpo de bombeiros e suprimentos sociais com caminhões-pipas. As águas de lavagem nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) não devem ser consideradas. Deve ser considerado também, o volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações clandestinas e fraudes,

com incidência retroativa no período de análise. Informação estimada em função das características das ligações eliminadas, baseada nos dados de controle comercial – ganho recuperado e registrado com a aplicação de multas. (ALEGRE *et al.*, 2004)

Note-se que o número de ligações ativas (C_{24}) é usado em cálculos de indicadores de desempenho de perda real, ao invés de número de economias. Isso ocorre porque não existe uma definição padrão internacional de economias; Perda real é calculada até o hidrômetro, e o serviço de abastecimento frequentemente é separado dentro das propriedades domésticas ou comerciais individuais após o hidrômetro (LAMBERT *et al.*, 2000).

O Índice de Perdas por Ligação (IPL - Op_{27}) possui limitações técnicas e cadastrais, uma vez que não permite identificar o seguinte:

- Densidade de ligações (por km de rede);
- Comprimento do ramal e;
- Pressão média do sistema (taxas de vazamento variam aproximadamente de forma quadrática com a pressão do sistema e com materiais de tubos mistos, (item 2.2.3)).

Porém, a IWA recomenda o uso do IPL (Op_{27}), tradicionalmente conhecido por “indicador técnico para perda real”, por ter a maior aplicabilidade em comparação ao índice de Perdas na Distribuição (IPD), que é medido em porcentagem, a despeito da facilidade de sua compreensão e distorções que dificulta a comparação entre sistemas ou setores de abastecimento distintos. (LAMBERT *et al.*, 2000)

O indicador de desempenho que poderia suprir as limitações do IPL é as Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAIs), porque se usa no cálculo a pressão operacional média, extensão de rede e comprimento do ramal. Com a estimativa de vazamentos por meio da abordagem PRAI (2), é possível prever com precisão razoável, para cada sistema, o valor específico para perdas inevitáveis, dependendo de seus próprios fatores operacionais locais.

$$\text{PRAI} = (18 \times \text{Lm} + 0,80 \times \text{Nc} + 25 \times \text{Lp}) \times \text{P} \quad (2)$$

Onde:

P - Pressão Operacional média (mca) – variável calculada por meio do mapa de pressão, dado pela média ponderada entre a cota de elevação e número de ligações.

Lm - Comprimento de rede (km) - variável calculada com a soma de comprimento de trecho de rede de abastecimento que consta no cadastro técnico da concessionária.

Lp - Comprimento total de ramal (km) - variável calculada com a soma dos comprimentos de cada ramal de ligação ativa que consta no cadastro técnico da concessionária.

Nc - Número de ligações ativas (unid.) - variável calculada com a soma de cada ligação ativa que consta no cadastro comercial e técnico da concessionária.

As Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAIs) são uma previsão de perdas reais para qualquer sistema que possui toda infraestrutura em boas condições, o intensivo controle de vazamento ativo e todos os vazamentos detectáveis reparados rapidamente e eficazmente.

Para corrigir as deficiências do IPL e do PRAI, outro indicador de desempenho operacional detalhado para perdas reais foi desenvolvido, o referido Índice de Vazamento de Infraestrutura (IVI - Op₂₉). Quanto maior o valor que o IVI ultrapassa a 1,0, maior a oportunidade potencial para desenvolver gerenciamento sobre a infraestrutura e manutenção, controle ativo de vazamento mais intensivo, ou a velocidade e qualidade de reparos. (LAMBERT *et al.*, 2000).

É importante notar que o cálculo do IVI não implica que a pressão no sistema seja a ideal, e, geralmente, é possível reduzir o volume de vazamento por um melhor gerenciamento ativo de pressão. Esta abordagem de gerenciamento de perda real por meio do IVI favorece as concessionárias que operam em altas pressões e discrimina aquelas que realizam medidas rigorosas de gestão de pressão. (MCKENZIE e SEAGO, 2005). O QUADRO 5, proposto pela AWWA apresenta valores indicativos do IVI para situações referentes à disponibilidade de água, a

saúde financeira da concessionária e à indicação operacional, já levando em conta aspectos econômicos financeiros.

QUADRO 5– DIRETRIZES GERAIS PARA ESTABELECIMENTO DE META PARA IVI

Faixa de IVI	Condições Mananciais	Condições Operacionais	Condições Econômicas Financeiras
De 1,0 a 3,0	A disponibilidade de água é limitada e apresenta grande dificuldade ou restrições ambientais para serem exploradas.	Para operar o sistema com um nível de vazamentos acima do atual será necessária à expansão da infraestrutura de abastecimento existente e/ou a busca de novos mananciais, para que a demanda de longo prazo fosse atendida adequadamente.	O desenvolvimento de novas fontes para captação de água ou a compra de água de outras concessionárias tem um custo alto; a margem para aumento de faturamento através da tarifa de água é extremamente limitada devido às restrições dos órgãos reguladores ou à baixa pré-disposição dos consumidores em aceitar aumentos na tarifa.
De 3,0 a 5,0	A disponibilidade de água é considerada suficiente para atender as necessidades de longo prazo, mas intervenções no gerenciamento das demandas (gestão do controle de vazamentos, uso racional da água) estão incluídas nesse planejamento de longo prazo.	A capacidade da infraestrutura existente do sistema de abastecimento de água é suficiente para atender a demanda de longo prazo, uma vez que um sistema razoável de gestão e controle de vazamento está em operação.	Novas fontes para captação de água de outras concessionárias podem ser feitas a custos aceitáveis; aumentos periódicos na tarifa de água são possíveis de serem impostas e são toleradas pelos consumidores.
De 5,0 a 8,0	A disponibilidade de água é abundante, confiável e de fácil utilização.	A capacidade, confiabilidade e integridade superior da infraestrutura de abastecimento de água tornam o sistema relativamente imune a falhas no abastecimento (rodízio).	O custo da compra de água de outra concessionária ou da busca de novos mananciais/tratamento de água é baixo, assim como a tarifa cobrada dos consumidores.
Acima de 8,0		Apesar de determinadas condições operacionais e econômico-financeiras poderem justificar um IVI dessa magnitude, esse nível mostra que o uso da água não é eficiente. O estabelecimento de uma meta para IVI numa faixa acima de 8,0 – ao invés de se estabelecer uma meta de longo prazo de menor valor não é recomendado.	

Fonte: Traduzido do Relatório “*Applying Worldwide BMPs in Water Loss Control*” – Journal AWWA; Agosto 2003 – AWWA Water Loss Control Committee.

Outro referencial comparativo para os valores do indicador IVI e recomendações de ações operacionais, tem-se o Quadro 6 e 7 elaborado pelo Banco Mundial (BIRD) em parceria com a Universidade de Loughborough, em Londres, em que há classificação para os países não desenvolvidos de acordo com a faixa de pressão e sua categoria de desempenho técnico.

QUADRO 6– AVALIAÇÃO DE PERDAS REAIS DO BANCO MUNDIAL

Categorias de Desempenho Técnico		IVI	IPL (L/lig. x dia)				
			(quando o sistema está pressurizado) a uma pressão de:				
			10 mca	20 mca	30 mca	40 mca	50 mca
Países Não Desenvolvidos	A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000
A	Redução adicional de perda pode não ser econômica, a menos que haja insuficiência de abastecimento; são necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo efetivo da melhoria.						
B	Potencial para melhorias significativas; considerar o gerenciamento de pressão; práticas melhores de controle ativo de vazamentos, e uma melhor manutenção da rede.						
C	Registro deficiente de vazamentos; tolerável somente se a água é abundante e barata; mesmo assim, analise o nível e a natureza dos vazamentos e intensifique os esforços para redução de vazamentos.						
D	Uso muito ineficiente dos recursos; programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário.						

Fonte: RADIVOJEVIC, MILICEVIC, PETROVIC, 2007.

QUADRO 7– RECOMENDAÇÕES DO BANCO MUNDIAL

(continua)

RECOMENDAÇÕES DO BANCO MUNDIAL	A	B	C	D
Investigação das opções de melhoria do gerenciamento de pressão	SIM	SIM	SIM	
Investigação das possibilidades de melhoria da rapidez e qualidade dos reparos	SIM	SIM	SIM	
Revisão da frequência econômica de intervenções	SIM	SIM		
Introdução / melhoria do controle ativo de vazamentos	SIM	SIM	SIM	
Identificação de opções para melhorar os procedimentos de manutenção		SIM	SIM	
Avaliação do nível econômico de vazamentos	SIM	SIM		
Revisão das frequências de arrebentamentos		SIM	SIM	
Revisão das políticas de gerenciamento de ativos		SIM	SIM	SIM

QUADRO 7– Recomendações do Banco Mundial

				(conclusão)	
Redução das deficiências de mão de obra, treinamento e comunicações.			SIM	SIM	
Planejamento quinquenal par alcançar melhor enquadramento nas categorias de desempenho			SIM	SIM	
Revisão geral de todas as atividades e procedimentos				SIM	

Fonte: LAMBERT, 2014.

2.2.3. Estimativa de Volume Perdido de Água em Vazamentos

Esse item apresenta a classificação e os principais fatores que causam o vazamento, discute e propõe metodologias para o cálculo estimativo dos volumes de água perdidos nos vazamentos, partindo de algumas hipóteses simplificadoras; estabelece, com base nessas hipóteses, as variáveis envolvidas no equacionamento do problema, bem como fórmulas empregadas para tal; oferece referências para classificação dos rompimentos das tubulações com seccionamento total ou parcial; trata a importância dos dados coletados em campo e daqueles extraídos do cadastro técnico de redes para subsidiar o procedimento de cálculo.

Os vazamentos são classificados em três categorias conforme suas características (FIGURA 2):

FIGURA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS VAZAMENTOS SEGUNDO A IWA



Fonte: Adaptado da Série Balanço Hídrico AESBE, 2015. (Vol.6, pág12)

- Visíveis (vazões geralmente mais altas), que afloram à superfície das ruas, a detecção e correção desse tipo de vazamento é considerada passiva, porque geralmente a concessionária é comunicada sobre a ocorrência;
- Não visíveis detectáveis (predominantemente em médias vazões), que são possíveis de ser detectada por meio das pesquisas acústicas, atividade rotineira nas concessionárias, esse tipo de vazamento é considerado ativo.
- Inerentes ou não detectáveis (baixas vazões), não detectáveis pelos equipamentos de pesquisa acústica, denominados “perdas reais inerentes”, esse tipo de vazamento é parcela da perda considerada inevitável.

Existem muitos fatores que causam o vazamento em sistemas de distribuição de água, tais como: envelhecimento da infraestrutura às altas pressões externas e internas nas tubulações, extravasamento de reservatórios, sistema de distribuição mal concebido e mal construído, utilização ilegal e práticas de operação e manutenção pobres (BABI; ADUKE; STENIO, 2014). O QUADRO 8, sem referência de localização, está apresentado os principais fatores que causam os vazamentos em algumas instalações do sistema de abastecimento no âmbito interno e externo das tubulações.

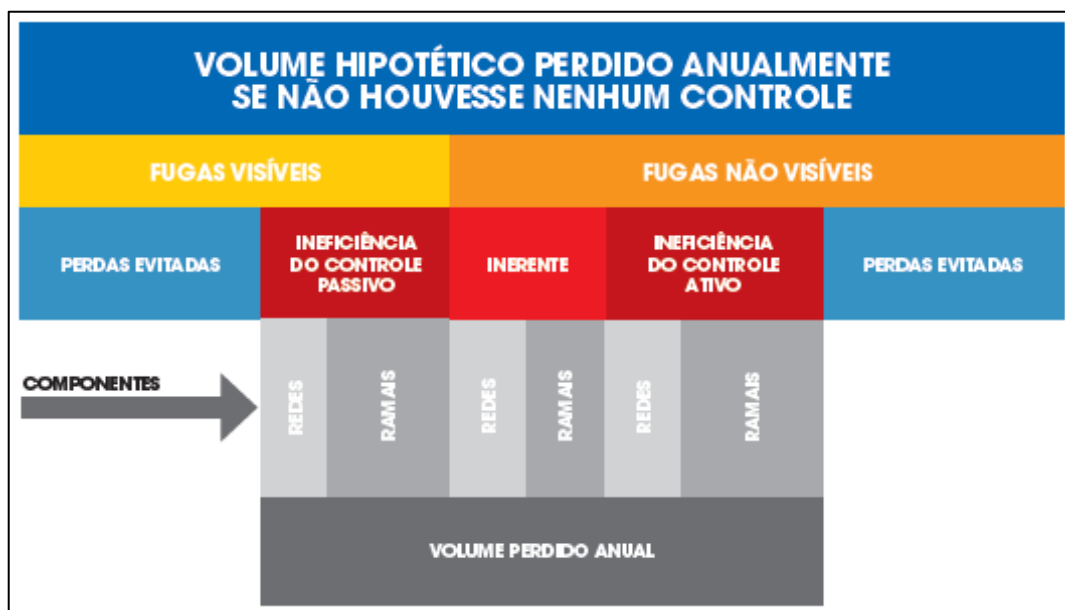
QUADRO 8– FATORES PRINCIPAIS DE VAZAMENTOS

ORDEM	FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
Bombas	Desgastes das gaxetas Ajustes inadequados nos registros, válvulas e juntas. Pressões elevadas	
Reservatórios	Má qualidade dos materiais Má execução da obra Envelhecimento dos materiais	
Tubulações	Material Má qualidade dos materiais Corrosão Envelhecimento Execução Projeto inadequado Assentamento inadequado Encaixes inadequados Corrosão Operação Golpe de aríete Pressão elevada Qualidade da água (corrosão interna)	Ambiente Carga de tráfego Agressividade do solo (corrosão externa) Poluição do solo Desastres naturais Movimentos de terra ocasionados por obras Deslizamentos Movimentos sísmicos

Fonte: TSUTIYA, 2006.

A Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE) apresenta na FIGURA 3 o esquema conceitual para obtenção de componentes das perdas reais anuais. Não se trata de quantificar as perdas evitadas, mas sim a ineficiência do controle e em que tipo de vazamento.

FIGURA 3- ESQUEMA CONCEITUAL PARA OBTENÇÃO DE COMPONENTES DAS PERDAS REAIS ANUAIS



Fonte: Série Balanço Hídrico AESBE, 2015. (Vol.6, pág13)

Os componentes rede e ramais são os pontos de ocorrência de vazamentos que contribuem com o volume perdido anual, tanto em vazamentos visíveis quanto nos vazamentos não visíveis. A ineficiência do controle operacional ativo (pesquisa de vazamento) e passivo aponta que o ramal é o componente que mais contribui com o volume perdido anual. No caso de vazamento em redes e ramais, a utilização dos referenciais mundiais da IWA, 13 vazamentos/100 km.ano para redes e 03 vazamentos/1.000 ligações.ano para ramais, constitui ferramenta vigorosa na priorização das ações de renovação das tubulações ou na orientação das pesquisas de vazamentos não visíveis. (SILVA JUNIOR; CABRAL, 2015).

Os vazamentos inerentes são parte do volume perdido anual que tem ainda componentes associados à perda por vazamentos visíveis e não visíveis redes e ramais.

A quantificação do volume perdido em vazamento é por meio de metodologias de cálculo estimativo, embora seja difícil a imediata quantificação quando ocorrem vazamentos, a impressão é que o índice de perdas do sistema será sensivelmente afetado. Com base em poucos dados obtidos no local e/ou cadastro técnico, seja possível fazer uma adequada apropriação dos valores através de hipóteses, grandezas envolvidas e fórmulas convencionais, como Teorema de Bernoulli e na Equação da Continuidade (MARQUES, 2003).

A IWA estudou alguns sistemas no Reino Unido, com boa infraestrutura e excelente gestão de vazamentos, e estabeleceram alguns parâmetros para quantificar o volume perdido em vazamento inerente, apresentado no QUADRO 9 (AESBE, 2015).

QUADRO 9– PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DOS VAZAMENTOS INERENTES

COMPONENTE DA INFRAESTRUTURA	VOLUME DE VAZAMENTOS INERENTES
Redes	9,6 litros/km rede/ dia/ mca
Ramais (rede até o limite do terreno)	0,60 litros/ ramal/ dia/ mca
Ramais (intraterreno do usuário; condição válida somente para países frios, onde o medidor fica abrigado no porão das casas – média de 15 m por ramal interno).	16 litros/km tubulação interna/ dia/ mca

Fonte: Adaptado, Série Balanço Hídrico AESBE, 2015. (Vol.6, pág14)

Estes parâmetros foram adequados na equação (3), aplicável às condições brasileiras:

$$VI \text{ (litros/dia)} = (9,6.ER + 0,6.QR).P \quad (3)$$

Onde:

VI = Vazamentos Inerentes, em litros/dia.

ER = Extensão de Rede, em Km.

QR = Quantidade de Ramais pressurizados, unidades.

P = Pressão Média do Sistema, em mca.

O princípio básico de quantificação do volume perdido em vazamento é função da vazão média dos vazamentos e do tempo médio em que permanece o vazamento. As vazões médias para cada tipo de vazamento visível e não visível, em redes, ramais e cavaletes, podem ser medidas e estabelecidos valores médios para cada subtipo em setores estanques. O tempo médio é um fator crítico na quantificação do volume perdido, porque o tempo de quando iniciou o vazamento é desconhecido (AESBE, 2015). Assim:

$$VP (m^3) = Q.T \quad (4)$$

Onde:

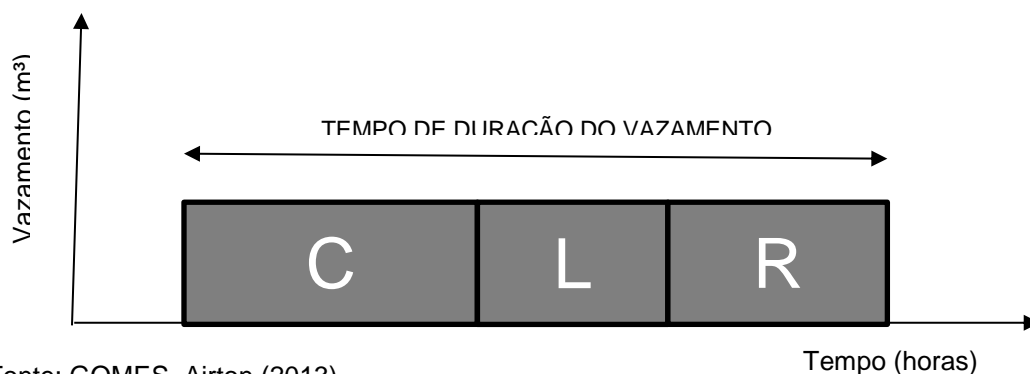
Q = Vazão média do vazamento, m³/h.

T = Tempo médio de duração do vazamento, em horas.

VP = Volume Perdido, m³.

O tempo médio de duração do vazamento é composto em três períodos, Figura 4:

FIGURA 4 – TEMPOS DA DURAÇÃO DO VAZAMENTO



Fonte: GOMES, Airton (2013).

- **C** - Tempo do Conhecimento do vazamento é o período, em horas, entre o tempo que a concessionária foi comunicada ou teve o conhecimento da existência e a localização do vazamento.
- **L** - Tempo da Localização do vazamento é o período, em horas, entre o tempo da localização e o início do reparo do vazamento.

- **R** - Tempo do Reparo do vazamento é o período, em horas, entre o tempo de início e fim de execução do reparo do vazamento.

Os vazamentos possuem relação direta com a pressão operacional em redes de distribuição de água durante o dia, em que as pressões elevadas conduzem ao aumento dos vazamentos em redes e ramais e para os danos na própria tubulação, por exemplo, rupturas e corrosões. A variação de pressão associado com a alteração súbita da vazão pode ser prejudicial para a estrutura da rede também, mas normalmente em pouca influência na avaliação em longo prazo de perda de água. (CAMISANO, MODICA, VETRANO, 2012).

Pela hidráulica básica, o escoamento de água sobre pressão por um orifício pode ser demonstrado pela equação (5):

$$Q=V.A=C_d.(2gh)^{0.5}.A \quad (5)$$

Onde:

Q = vazão

C_d = coeficiente de descarga

A = área do orifício

V = velocidade

g = 9,81 m/s² (aceleração da gravidade)

h = pressão (mca)

Ou seja, a equação geral da hidráulica apresenta que a vazão do vazamento varia conforme a pressão segundo uma relação quadrática, porém não se aplica a todas as situações. As variações da vazão, também, se dão pelo coeficiente de descarga (C_d), ou seja, escoamento de água em tubo vazando a secção plena; tubos em série; tubos em paralelos ou quando se combina tubo e orifício. Portanto, este estudo não irá aprofundar nesses casos (AESBE, 2015; MARQUES, 2003).

Para superar a dificuldade de combinar os casos de variação de vazão, o coeficiente de descarga, material do tubo e geometria do orifício, John (May,1994), propôs uma nova maneira de expressar a relação entre pressão e vazamentos na rede de distribuição, formulando o conceito FAVAD (*Fixed and Variable Area Discharge – Área de Descarga Fixa e Variável*), com a introdução do fator chamado N1 apresentado na equação (6). Thomton e Lambert, com base em mais de 100 testes de campo, descobriram que o N1 se encontra dentro do intervalo 0,5 e 1,5 e ocasionalmente atinge 2,5. Mas tarde (2010), Fantozzi e Lambert (6) sugeriram valores 0,5 ou 1,5 para o N1 dependendo se os tubos são rígidos ou flexíveis, respectivamente (VICENTE *et al*, 2016).

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

Onde:

Q_1 = Vazão final de vazamentos

Q_0 = vazão inicial de vazamentos

P_1 = pressão média da rede final

P_0 = pressão média da rede inicial

$N1$ = expoente que varia de 0,5 a 1,5.

No entanto, alguns estudiosos apontam que abordagens baseadas em métodos matemáticos com técnica e dados estatísticos têm proporcionado resultados mais precisos. No entanto, tais métodos não são úteis quanto poderiam ser na relação pressão e vazamentos porque não se baseiam em leis físicas (VICENTE *et al*, 2016).

Para aplicação dos cálculos estimativos de volume perdido em vazamentos exigem-se algumas condições no sistema de distribuição a serem consideradas, como: setor estanque, baixa demanda diferenças insignificantes em altitude, ou seja, setor bem pressurizado, única entrada de vazão no setor, não haver intermitência no abastecimento e a interpretação dos rompimentos nos vazamentos, precisão na

medida dos orifícios é recomendado que fosse feito por pessoa habilitada. Uma vez, que esses cuidados não sejam tomados, pode conduzir a erros grosseiros por melhores que sejam as hipóteses e conceito hidráulico empregado (AESBE, 2015; MARQUES, 2003; VICENTE *et al*, 2016).

2.3. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE OPERACIONAL DE PERDA REAL

Os recursos hídricos estão cada vez mais demandados, devido às condições de mudanças climáticas e crescentes necessidades da população. A água é um bem natural mais valioso e finito, a perda de água nos sistemas de distribuição representa um problema urgente que precisa ser combatida (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013).

O fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas é de fundamental importância para garantir a sustentabilidade socioambiental dos espaços urbanos, para atender as demandas de seus sistemas produtivos ou necessidades de saneamento básico de seus habitantes (SANTOS 2007). O uso eficiente da água pode ser conseguido através da redução das perdas de água por ligação; por meio de dispositivos operacionais mais eficientes e reuso da água (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013).

Em períodos de escassez de água urbana exigem que as agências governamentais e concessionárias melhorem a eficiência do sistema de distribuição de água através da redução do volume perdido na rede e implantação de técnicas de gestão para conservar a oferta existente (BRITTON; STEWARD; HALLORAN, 2013).

As concessionárias de água continuam a aumentar o foco no controle e gestão sobre a infraestrutura e a eficiência da água devido às secas contínuas, ao aumento do custo de fornecimento de água potável para os clientes, aos potenciais riscos para a saúde colocada por vazamentos em rede e maior consciência sobre o aumento do custo da perda de água (STURM *et al.*, 2014).

O controle operacional eficiente de abastecimento de água pode ser alcançado por maior e melhor uso dela. Em termos da quantidade de água perdida, o aumento do uso e melhor eficiência do sistema, significa o aumento da água utilizada em relação ao volume de entrada do sistema, ou seja, redução do volume de perdas de água (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013).

Essa eficiência do controle operacional dos sistemas de abastecimento de água tem sido contestada no que se refere à elevada perda de água, porque são atividades bastante complexas. Uma grande deficiência é a falta de diagnósticos precisos sobre

as causas, portanto, a definição de metodologia adequada para determinação do nível de desempenho é fundamental para o sucesso de um bom diagnóstico (VIEGAS; GASTALDINI; BARROSO, 2005).

O diagnóstico operacional de um sistema de distribuição de água pode ser feito por meio de:

- Ensaios de campo, para a determinação das perdas e das causas predominantes na área (pitometria, registradores de dados);
- Priorização de zonas mais críticas em termos de potencial de perdas e que demandam um nível maior de cuidados, a falta de foco sobre onde agir de forma prioritária é prejudicial ao investimento financeiro;
- Cálculo de indicadores específicos, em áreas geralmente menores, para composição de um “mosaico” em um setor ou num conjunto de setores, identificando aqueles mais críticos e possibilitando a priorização das estratégias.

A falta de eficiência no controle dos sistemas de abastecimento pelas concessionárias de água conduz a resultados que não alcançam a redução de perdas. O controle operacional adotado na grande maioria dos sistemas brasileiros tem sido exercido de forma que o fornecedor controla a produção, delegando inconscientemente o controle da distribuição ao consumidor que se incumbe de identificar os vazamentos e as incidências de má qualidade do produto, cabendo ao fornecedor o gerenciamento passivo sempre tardio, ineficaz, emergencial e dependente (LAMBERT *et al*, 2000; MORAIS *et al*, 2010).

As perdas de água que ocorrem em redes de distribuição são atualmente consideradas como um problema global, que requer uma estratégia de controle efetiva com base em uma melhor compreensão das causas das perdas reais e os fatores que influenciam. O volume de água perdida depende das características da rede, das práticas operacionais aplicadas pelas concessionárias de água, do nível de tecnologia e monitoramentos realizados (FARLEY e TROW, 2003 *apud* KANAKOUDIS; TSITSIFLI, 2010).

O volume de água perdida é um importante indicador da eficiência do sistema de distribuição, tanto anualmente como uma tendência ao longo de um período de anos. Indicadores de perda de água elevados e crescentes é indício de planejamento e construção ineficaz, e das atividades de manutenção operacionais precárias (LAMBERT *et al.*, 2000).

Quando as concessionárias de água estimam o nível de perdas para compará-lo com casos de desempenho semelhantes, usam indicadores de desempenho com base em regras e procedimentos simplificadores (KANAKOUDIS; TSITSIFLI, 2010). A metodologia *Background and Burst Estimates (BABE)* – Estimativas de Perda Real e Aparente, ou seja, metodologia que possui o contexto de estimar perda tem sido amplamente aceita como a melhor prática para avaliação e controle de perda em sistemas de distribuição de água (MCKENZIE; SEAGO, 2005). As principais metodologias destacam-se:

- Balanço Hídrico - a repartição da perda total em perda real e aparente;
- Indicadores de Desempenho (PRAI) - a influência da pressão sobre o vazamento.

A maior qualidade no controle operacional proporciona redução de perdas e posterga a ampliação de sistemas. Esta visão precisa ser a grande missão das concessionárias de saneamento (SANTOS; MONTENEGRO, 2014).

Diante disso, as concessionárias de água investem em estratégias operacionais para melhorar o controle operacional do sistema.

2.3.1. Estratégia 1 - Setorização de Rede

Pode ser descrito como uma técnica destinada a melhorar o controle operacional, incluindo, entre outros, o combate ao vazamento, redução de pressão, monitorização de qualidade da água, rapidez nas atividades de reparação e a definição de horários de fornecimento de água. A ideia central é estabelecer áreas parcialmente isoladas do restante da rede. Tal isolamento é realizado quer por meio de válvulas de manobras, capeamento de redes, no caso de setorizações estáticas, ou por meio de

válvulas operadas dinamicamente, no caso de setorizações dinâmicas (CAMPBELL *et al*, 2016).

A ideia central sobre a setorização de redes de abastecimento, que é estabelecer áreas parcialmente isoladas do resto da rede para melhorar o controle operacional. Alguns inconvenientes devem ser tomados em consideração pelas concessionárias de água: o investimento econômico associado com as válvulas de controle e medidores de vazão, de redução de pressão e sistema de resiliência. O alvo da setorização é equilibrar corretamente esses aspectos negativos. A metodologia de setorização abordando os aspectos econômicos consideram principalmente custos de válvulas e medidores de vazão e de energia, e os benefícios em termos de economia de água ligada à redução da pressão. No entanto, setorização implica outros benefícios, tais como a redução do consumo doméstico, a redução da frequência de vazamentos e a capacidade melhorada para detectar e intervir sobre vazamentos futuros (CAMPBELL *et al*, 2016).

A setorização não se destina a reduzir a pressão, mas melhorar o controle de perda real. Para reduzir a pressão em um sistema de abastecimento, o uso de válvulas de redução de pressão (VRP) é a opção mais amplamente empregue (CAMPBELL *et al*, 2016). Conclui-se que a setorização se traduz em benefícios econômicos devido a uma redução de:

- Vazamentos não visíveis;
- Vazamentos visíveis;
- Vazamentos não detectáveis ou inerentes;
- Número (frequência) dos vazamentos e;
- Volume distribuído.

2.3.2. Estratégia 2 - Medição inteligente

Tecnologias avançadas de medição da água e de transferência de dados permite a avaliação sobre o comportamento do abastecimento de água; análise destes dados de alta resolução aponta padrões incomuns causados por vazamento de água

(FERRANTE *et al.*, 2007). A importância do controle de dados de vazão neste alto nível não deve ser subestimada, porque esta informação ajuda a realçar o consumo excessivo de água indicando ineficiente ao uso e opção para investigação de vazamento (BEAL; STEWART, 2013 *apud* BRITTON, STEWARD, HALLORAN 2013; FERRANTE *et al.*, 2007; STEWART *et al.*, 2010 *apud* BRITTON, STEWARD, HALLORAN 2013; MORAIS *et al.*, 2010).

2.3.3. Estratégia 3 - Relatório de Falhas

Para avaliar o desempenho do sistema, relatório de falhas precisa ser usado (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013). A maioria dos países aplica a metodologia do balanço hídrico e/ou estimativa de perdas por meio de indicadores de desempenho (KANAKOUDIS, TSITSIFLI, 2010).

Os países que utilizaram o balanço hídrico da IWA / AWWA e os indicadores de desempenho de perda alcançaram, em média, níveis muito baixos de perda real (STURM *et al.*, 2014). A abordagem de usar essas metodologias está provando serem ferramentas muito poderosas para a avaliação e gestão de perdas em sistemas de distribuição de água potável (MCKENZIE; SEAGO, 2005).

Logo, recomenda as concessionárias desenvolver e fornecer um modelo ou relatório de análise de falhas, para análise de componentes de vazamentos, análise de frequência de falha, controle do tempo de duração do vazamento, avaliação da estratégia de intervenção e exibição de indicadores chave de desempenho de perda de água, conforme as necessidades do sistema de abastecimento, a fim de fornecer uma ferramenta acessível de análise de perda, fácil de usar e sem complexidade. Ressalta-se também, que o modelo requer uma quantidade significativa de dados confiáveis e seus resultados destinam-se a proporcionar oportunidades para testar cenários, mas não representam metas concretas. O modelo deve ser uma ferramenta dinâmica para orientação e não um mecanismo para relatórios diretos ou configuração de meta regulatória (STURM *et al.*, 2014).

Além do modelo, sugere que se desenvolva um manual de coleta de dados de reparo de vazamento sob a forma de uma planilha ou formulário para ajudar o setor na coleta de dados de falha consistentes (exemplo no Anexo A). Esse formulário é

aplicado para documentar eventos de falha; gerando assim os dados apropriados para que se execute uma análise de componente de vazamento confiável.

A adoção e a compreensão do relatório de falhas oferecem espaço para melhoria no sistema de abastecimento de água. Porque os resultados dependem dos esforços em coletar dados de qualidade, sendo um exercício muito importante para entender até que ponto é adotado com sucesso e usado corretamente. Isso destaca a necessidade da concessionária de ampliar divulgação, educação e treinamento em como realizar uma pesquisa, validar os dados e desenvolver estratégias de controle de perda de água. Logo, as áreas na coleta de dados de reparo de vazamento precisam ser melhoradas para obter uma compreensão melhor e mais precisa das frequências de falha (STURM *et al*,2014).

2.3.1. Estratégia 4 - Comunicação à sociedade

A estratégia de comunicação feita à sociedade sobre a verificação de vazamento interno de suas residências e a redução no consumo refletiu em redução na fatura de água, como também indiretamente afeta na redução do volume distribuído necessário. O resultado não é perceptível num primeiro momento, mas nessa ação há motivações ambientais para a conservação da água e redução da perda, que são maiores do que as motivações de poupança de custos (BRITTON; STEWARD; HALLORAN, 2013).

A eficácia dessas quatro estratégias pressupõe:

- A existência de cadastros técnicos (redes e ramais) e comerciais atualizados;
- A existência de medição dos volumes nos setores e subsetores do sistema (macromedição) e hidromedidação dos consumidores (micromedição) e;
- A compartimentação estanque dos setores de abastecimento e subsetores (zonas de pressão e Distritos de Medição e Controle – DMCs).

Mesmo assim, em busca pela maior eficácia e parcimônia na aplicação dos recursos hídricos e financeiros, há que se terem bons diagnósticos operacionais para direcionar as ações mais apropriadas para cada setor de abastecimento.

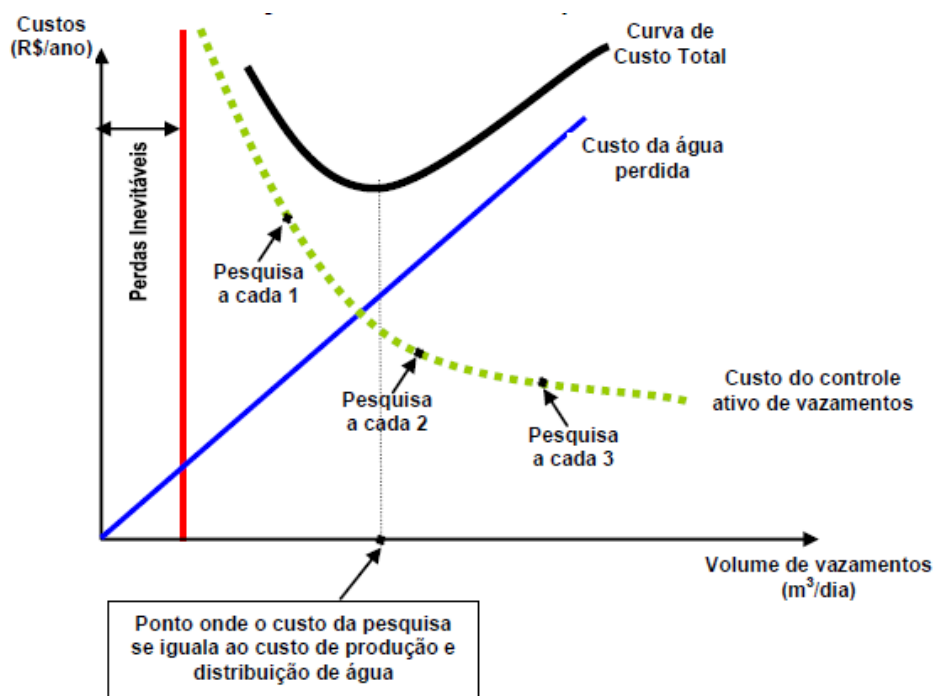
2.4. ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO DE PERDA REAL

O nível de perdas de água constitui um índice relevante para medir a eficiência dos prestadores em atividades como distribuição, planejamento, investimentos e manutenção. Não obstante, uma rede de distribuição sem perdas não é um objetivo viável em termos econômicos ou técnicos, existindo assim um limite para a redução dos volumes de perdas (SNIS, 2018).

A IWA propõe o estabelecimento de limites eficientes para a redução de perdas reais, tendo-se em vista suas características (FIGURA 5):

- **Limite econômico:** Volume a partir do qual os custos para reduzir as perdas são maiores do que o valor intrínseco dos volumes recuperados (varia de cidade para cidade, em função das disponibilidades hídricas, dos custos de produção, etc.);
- **Limite técnico** ("perdas inevitáveis"): Volume mínimo definido pelo alcance das tecnologias atuais dos materiais, das ferramentas, dos equipamentos e da logística.

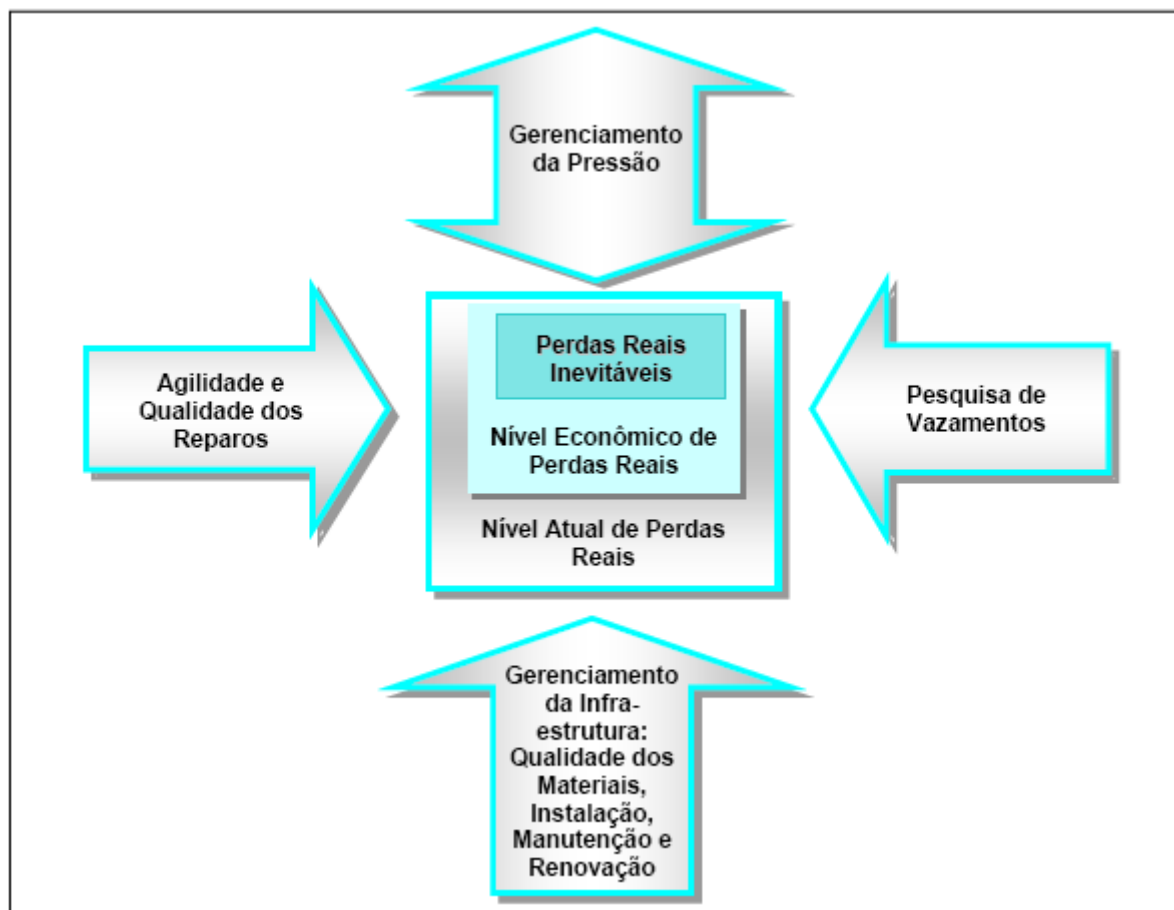
FIGURA 5– LIMITES EFICIENTES PARA REDUÇÃO DE PERDAS REAIS



Fonte: SABESP, 2013.

O efetivo controle de perda real é feito por meio de quatro estratégias de gerenciamento, apresentada na FIGURA 6 (LAMBERT *et al*, 2000; MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010; TARDELLI, 2015).

FIGURA 6– CRUZ DE LAMBERT



Fonte: FUNASA, 2014, adaptado.

2.4.1. Estratégia 1 - Gerenciamento de Pressão

Gerenciamento de pressão é um dos elementos mais importantes e bem conhecidos das estratégias de redução de perda real. O controle de pressão no sistema, a faixa horária de duração de pressões máximas e assegurar os padrões mínimos de serviço para os consumidores, são os objetivos atingidos através da setorização dos sistemas de distribuição, pelo controle de bombeamento direto na rede (boosters) para pontos mais altos ou pela introdução de válvulas redutoras de pressão (VRPs) que são instrumentos utilizados para reduzir ou manter a pressão em valores pitométricos adequados, instalados em pontos estratégicos (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013).

O gerenciamento de pressão ainda não é aplicado na maioria dos países não desenvolvidos. As duas principais razões são: a falta de ferramentas de apoio à decisão para avaliar com precisão os benefícios associados e justificar o investimento e o fato de que as redes de distribuição de água geralmente não são bem configuradas para gestão efetiva da pressão (XU *et al*, 2014; MUTIKANGA *et al*, 2013).

Nas redes de distribuição de água com um elevado consumo per capita, onde ocorrem pressões excessivas e grandes variações, os impactos no consumo não devem ser negligenciados (BABIC; A DUKIC; STANIC, 2014).

A maneira eficaz para resolver os vazamentos é através do gerenciamento de pressão. Para aumentar a sua eficiência, o uso de método de estimativa de perda é necessário, porque auxilia na análise e controle de pressão de um sistema de abastecimento (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013).

2.4.2. Estratégia 2 - Controle de Vazamento Ativo

A maioria das concessionárias emprega estratégia de gestão de vazamento reativo e reparação de falhas que foram relatadas. O resultado do emprego de estratégias de gestão de vazamento reativo tende a ter aumento nas perdas devido a uma acumulação crescente de falhas não visíveis no seu sistema de abastecimento (STURM *et al*, 2014).

Portanto, o desenvolvimento de tecnologias e estratégias para a detecção, proporcionando, aviso prévio, e controle do vazamento é de suma importância para as concessionárias de abastecimento de água e ao público (KISHAWY; GABBAR *apud LI et al.*, 2011).

O desenvolvimento de novos métodos, técnicas e ferramentas de localização de vazamento são fundamental para a racionalização dos trabalhos, redução de custos e criar condições favoráveis para os programas de controle de perda. Neste contexto, os modelos matemáticos de simulação e desempenho para localização de vazamento se inserem como uma poderosa ferramenta, principalmente no direcionamento das campanhas de investigação de vazamento em campo,

reduzindo, substancialmente, a área a ser pesquisada com os aparelhos acústicos de detecção. (GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007).

Tecnologias sistemáticas para detecção efetiva, aviso prévio e controle de vazamento de rede de água ainda são escassos. Essas tecnologias podem ser usadas quando a informação básica e dados sobre o sistema de distribuição de água estão disponíveis. As tecnologias necessárias para realizar o controle de vazamento incluem: (a) SIG - sistema integrado e georreferenciado de distribuição de água, (b) equipamento de detecção de vazamento (isto é, medidores de vazão, manômetros, detectores acústicos e analisadores) e (c) equipe técnica treinada para detecção de vazamentos e de controle.

A metodologia mais utilizada no controle ativo de vazamentos é a pesquisa de vazamentos não visíveis, realizada por meio da escuta do solo por geofones mecânicos ou eletrônicos e correlacionados. Essa atividade reduz o tempo de vazamento, ou seja, quanto maior a frequência da pesquisa, menor será a vazão perdida. Uma análise de custo-benefício pode definir a melhor frequência de pesquisa a ser realizada em cada área.

Consideram os seguintes benefícios de controle de vazamento ativo de água (XU et al, 2014):

- Uma atividade valiosa capaz de preservar os recursos hídricos, especialmente na situação de escassez de água e mudanças climáticas;
- A redução de consumo de energia;
- Possibilitam mais postos de trabalho na detecção de vazamento na rede, na manutenção de rede, na regulação da pressão, na concepção de dispositivo relacionado e produção. Sob este aspecto, o controle de vazamento ativo de água pode estimular o crescimento econômico e promover os interesses sociais.

Controle de vazamento ativo associa-se ao monitoramento de pressão dentro das áreas ou Distrito de Medição e Controle (DMC) para localizar vazamentos não visíveis. Medição de vazão e pesquisa de vazamento são as principais atividades de

controle de vazamento ativo. A pesquisa de vazamento inclui os seguintes passos: utilizar o fluxo de dados de medição para identificar onde ocorrem vazamentos não visíveis; identificar a área de vazamento e identificar a posição exata do vazamento (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013).

Reduzir o volume de vazamento também evita potencialmente, ou pelo menos retarda ampliações dispendiosas do sistema através de obras hidráulicas, por exemplo, as estações de tratamento (ALMANDOZ *et al.*, 2005).

Com o objetivo de se ter um maior conhecimento do comportamento real de uma rede de distribuição de água, técnicas de calibração, incluindo modelos hidráulicos e matemáticos para avaliação de perdas por vazamento, vêm sendo propostos. Tais modelos consideram a relação pressão x vazamento, bem como a dependência pressão x demanda, face aos diferentes níveis de pressão atuantes em um sistema de distribuição de água. (SOARES; REIS, 2004).

Embora a IWA tenha desenvolvido conceito e métodos de cálculo de perda de água de todo o sistema de distribuição, com base em dados físicos de ativos de água, estatísticas de vazamento por extensão de rede, por ligações, o método não é capaz de identificar onde os vazamentos estão localizados em um sistema de distribuição (LAMBERT; MCKENZIE, 2002 *apud* WU; SAGE; TURTLE, 2010).

2.4.3. Estratégia 3 - Gerenciamento da Infraestrutura

A confiabilidade do funcionamento da infraestrutura é primordial para os sistemas de distribuição de água. Estratégias de manutenção precisam ser identificadas baseadas em ações proativas. O dilema “substituir ou reparar” precisa ser respondido com base em critérios técnico-econômicos. Uma análise de custo/benefício precisa ser feita para determinar a melhor solução econômica. (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2013)

As tubulações são consideradas estruturalmente ou funcionalmente deterioráveis e decisões devem ser tomadas para reparar as quebras, reabilitar o tubo ou substituí-lo. Reparação de rede tem o menor impacto, uma vez que normalmente opera numa pequena fração do tubo em relação a todo o comprimento (XU *et al.*, 2014).

O reparo da tubulação dispense o menor custo, enquanto a substituição da tubulação dispense custo maior. Portanto, a consideração deve ser tomada cuidadosamente quando for para decisão de apenas reparar as rupturas ou reabilitar ou relocar o tubo. Muitos pesquisadores têm estudado as melhores estratégias de substituição da tubulação com o objetivo de alcançar a maior relação custo e benefício. Estes estudos podem ser basicamente classificados em duas categorias: modelos para calcular o tempo ideal e prioridade para substituir a tubulação (XU *et al.*, 2014).

2.4.4. Estratégia 4 - Agilidade e Qualidade dos Reparos

Têm-se poucos estudos que abrangem essa estratégia de controle de perdas.

Desde o conhecimento da existência de um vazamento, o tempo gasto para sua efetiva localização e seu estancamento é um ponto-chave no gerenciamento da perda real. Entretanto, é importante assegurar que o reparo seja bem realizado. Uma qualidade ruim do serviço irá fazer com que haja uma reincidência do vazamento horas ou dias após a pressurização da rede de distribuição.

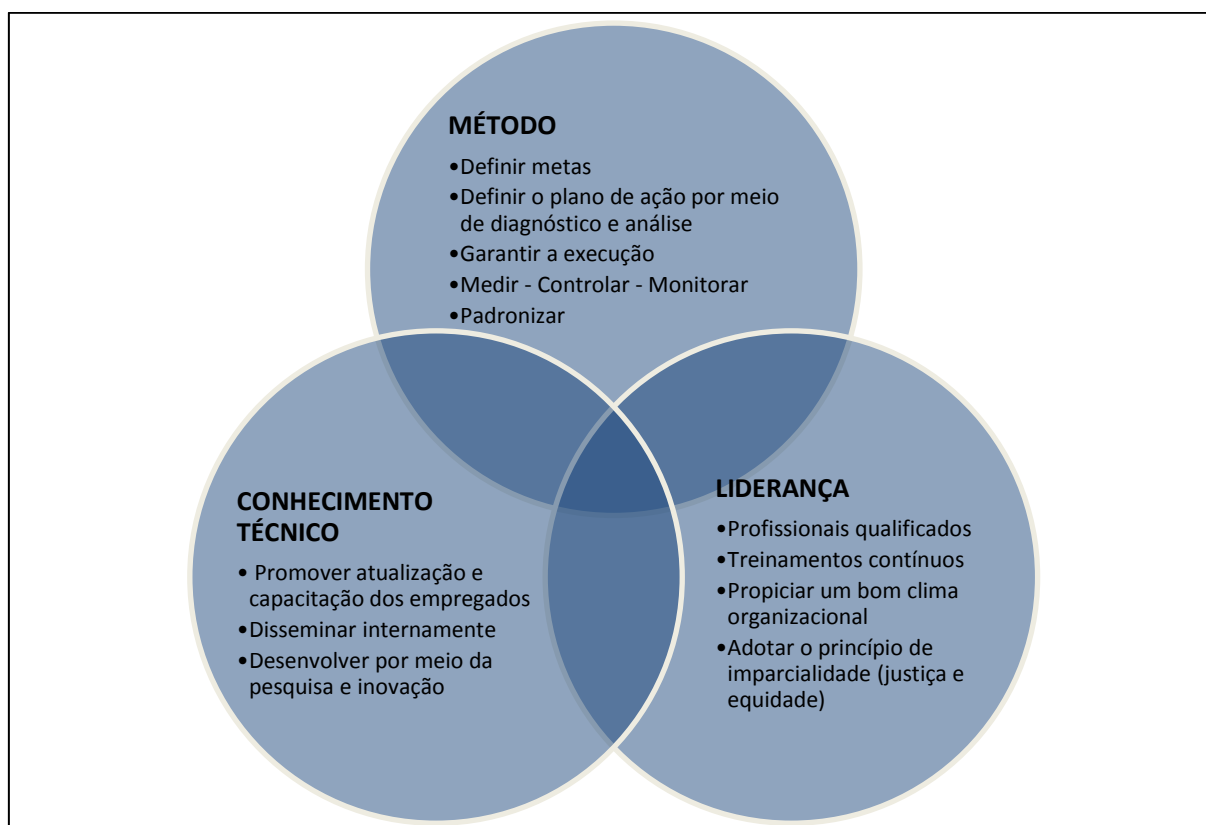
O tempo para reparar um vazamento é categórico para o volume de água perdida, sendo que este tempo consiste no tempo de consciência, de localização e de reparação (item 2.2.3). Os vazamentos também devem ser reparados adequadamente, evitando a possibilidade de recorrência (KANAKOUDIS; MUHAMMETOGLU, 2014).

2.5. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E GESTÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PARA REDUÇÃO DE PERDAS REAIS

Neste capítulo apresentam-se alguns princípios fundamentais para redução de perdas reais, começando pelas ações de planejamento estratégico, ações de controle operacional, de manutenção e gestão de ativos, passando pelos fatores locais-chaves que influenciam no desempenho de combate as perdas reais e por último a estruturação e continuidade das atividades.

O problema de perdas reais preocupa as lideranças de concessionárias de água pelo menos a partir do início dos anos 2000, especialmente após o episódio de escassez hídrica de 2014. O manual da FUNASA (2014) propõe a formatação de um Plano de Controle e Redução de Perdas de Água que tem como importância a adoção de métodos para consecução de metas, associados à liderança forte e comprometida e equipes com amplo conhecimento (FIGURA 7), como ferramentas para gestão dessa problemática.

FIGURA 7– FLUXOGRAMA PARA UM PLANO DE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS REAIS



Fonte: Adaptado FUNASA, 2014.

2.5.1. Planejamento Estratégico

No Brasil, a responsabilidade constitucional pela gestão do saneamento é municipal, embora as concessionárias estejam mais presentes, por meio de contratos de concessão, que administram e operam o saneamento e tem que atender as diretrizes da Lei 11.445/2007, que estabelecem diretrizes nacionais e política federal para o saneamento básico; e no Espírito Santo tem que atender as diretrizes da Lei 9.096/2008 em consonância a Lei Federal. Ambas têm como condição a existência do Plano de Saneamento Básico daquele município onde a concessionária atua (Art. 16, inciso I), em que possui metas e prazos para atender índices de gestão, com o objetivo de alcançar a universalização no atendimento de serviços de água e esgoto.

Neste contexto de gestão e legislação o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2015), separa o foco de atuação no setor de saneamento, em ações estruturais (com foco na ampliação e melhoria da infraestrutura) e ações estruturantes (cujo foco é a gestão da infraestrutura). O ataque às causas das perdas, pela via de ações estruturais, deve ser antecedido por ações estruturantes, partindo-se de um planejamento bem formulado, cujo horizonte é de 20 anos (2014-2033), com recursos federais voltados para a sustentabilidade e para a eficiência dos sistemas de saneamento básico e em acordo com o Art. 54-B da Lei 11.445/2007 (ABES, 2013).

Na questão de gestão e planejamento, a presença relativamente recente no setor são as Agências Reguladoras, que também tem como competência em debater com as concessionárias questões relativas a perdas e respectivas metas.

A importância das agências reguladoras para a melhoria do setor de água é analisada e ressaltada em uma pesquisa realizada por Galvão e Paganini (2009). Os autores retratam, ainda, a complexidade de regulação quando regulador e regulado pertencem ao mesmo ente federado, o caso das companhias estaduais de saneamento. (PERTEL; AZEVEDO; JUNIOR, 2016)

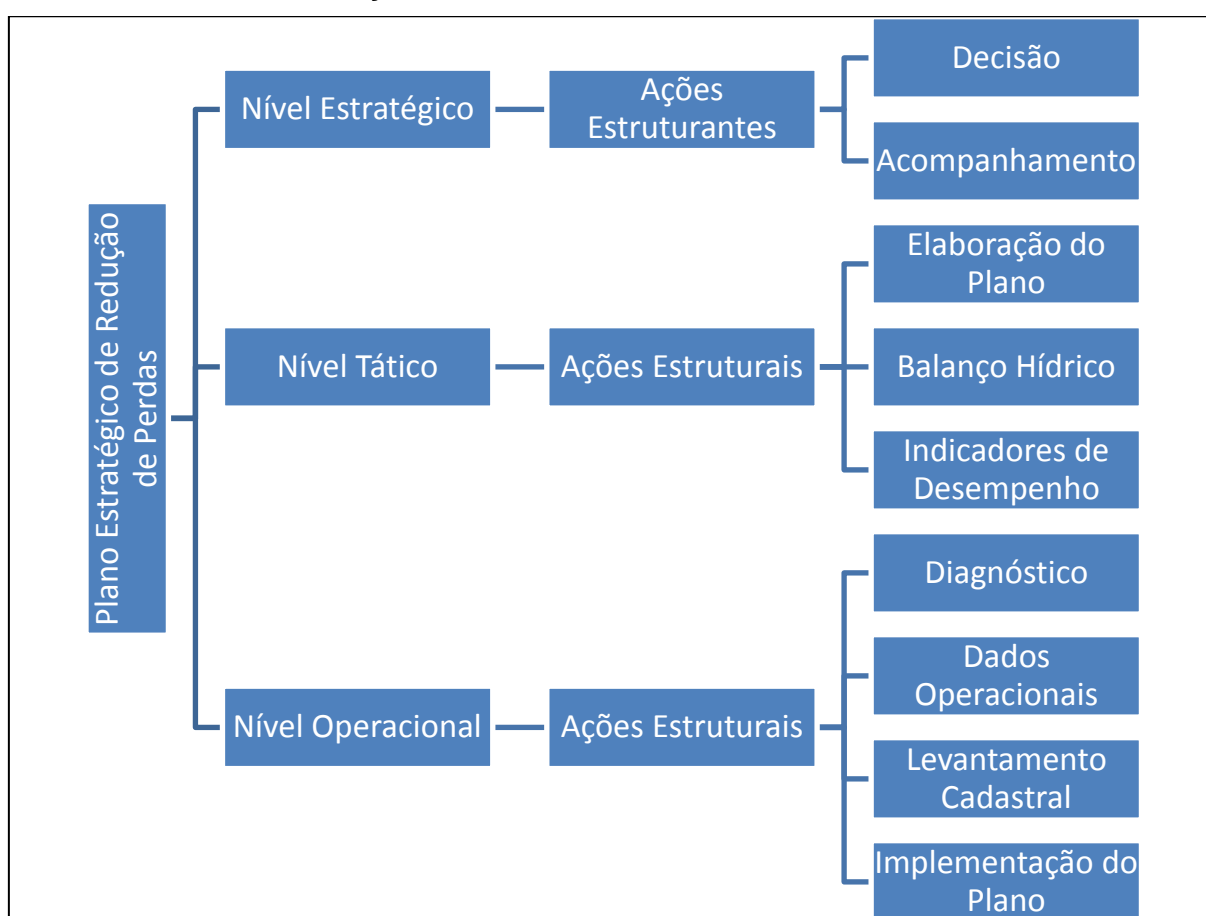
As metas globais e regionais definidas no PLANSAB para o índice de perdas na distribuição e a meta do Município de Vitória – ES definida no Plano Municipal de Saneamento Básico – Produto 3 estão mostradas no QUADRO 10:

QUADRO 10 – METAS GLOBAIS E REGIONAIS PARA O INDICADOR DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO

Região	Metas – Índices de Perdas na Distribuição (%)			
	2010	2018	2023	2033
Norte	51	45	41	33
Nordeste	51	44	41	33
Sudoeste	34	33	32	29
Sul	35	33	32	29
Centro-Oeste	34	32	31	29
Vitória/ES	-	29	27	25
Brasil	39	36	34	31

Fonte: ABES 2015; PMSB Vitória Produto 3, 2015.

FIGURA 8 - NÍVEIS DE ATUAÇÃO DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO



Fonte: Adaptado, ALEGRE *et. al*, 2005.

O processo de Planejamento Estratégico possui três níveis de atuação: Estratégico, Tático e Operacional (FIGURA 8), e uma construção participativa apoiada em análises de cenários, diagnósticos internos, priorizações, interações, medições de desempenho e orçamentos, traduzidos em metodologia de gestão e acompanhamento. As soluções deverão ser planejadas de forma integrada, tendo em conta a globalidade do sistema de abastecimento e deve ser elaborado,

atualizado sistematicamente e coerente com as perspectivas de desenvolvimento do município (ALEGRE *et al*, 2005).

Para tanto, a construção de um Planejamento Estratégico bem conduzido e a operacionalização das ações de combate às perdas bem estruturadas, é requerido (ABES 2015):

- A coordenação Geral e o pleno envolvimento assumido pela cúpula estratégica da concessionária;
- O monitoramento, o acompanhamento e a realização de avaliações periódicas do andamento do planejamento.

O planejamento deve estar de acordo com o estabelecido nos planos de saneamento, a caracterização de disponibilidades e de necessidades e com o plano de investimento. Trata-se de um instrumento programático, que deve especificar os objetivos globais, as áreas de intervenção, as exigências de funcionamento, os requisitos gerais que o sistema deve satisfazer as metas a atingir em termos de qualidade do serviço, os condicionalismos financeiros existentes e uma estimativa preliminar dos custos e prazos previsíveis de execução (ALEGRE *et al*, 2005).

2.5.2. Ações de controle operacional, manutenção e gestão de ativos.

No caso específico da perda real, sua redução implica em maior aproveitamento da água, menos investimentos na produção (já que será requerido menos insumos, produtos químicos e energia elétrica), aumento da receita tarifária e redução dos níveis de desperdício. (SANTOS 2007; VENTURINI *apud* MORAES; ALMEIDA, 2006).

O gerenciamento das perdas reais requer operação e manutenção hábeis, proativas e preventivas no combate ao problema. O controle operacional de um sistema de distribuição de água é amplo e envolve, principalmente (ABES 2015):

- Existência de Cadastro Técnico atualizado e confiável;
- Áreas delimitadas e estanques;

- Medir as vazões na saída (e/ou entrada) de reservatórios setoriais, nos recalques das estações elevatórias e na entrada de áreas específicas das redes de distribuição, bem como pressões em pontos críticos da rede e níveis em reservatórios;
- Garantir a observância das variáveis operacionais de pressão, vazão e velocidade estabelecidos pela NBR 12218/2017 (Projeto de Rede de Distribuição de Água);
- Redução de pressão (especialmente no período noturno), por meio de regulagens nas válvulas redutoras de pressão (VRPs) ou *boosters*, manobras operacionais ou mesmo a implantação de novos equipamentos, onde for possível;
- Preparar esquemas de contingência e prover logística para o ágil reparo e retomada da operação normal, em casos de acidentes ou falhas.
- Usar indicadores padrões de desempenho operacionais e realizar respectivas análises gerenciais;
- Elaborar relatórios analíticos e gerenciais de comportamento e tendências das variáveis operacionais medidas em todos os setores de abastecimento e zonas de pressão.

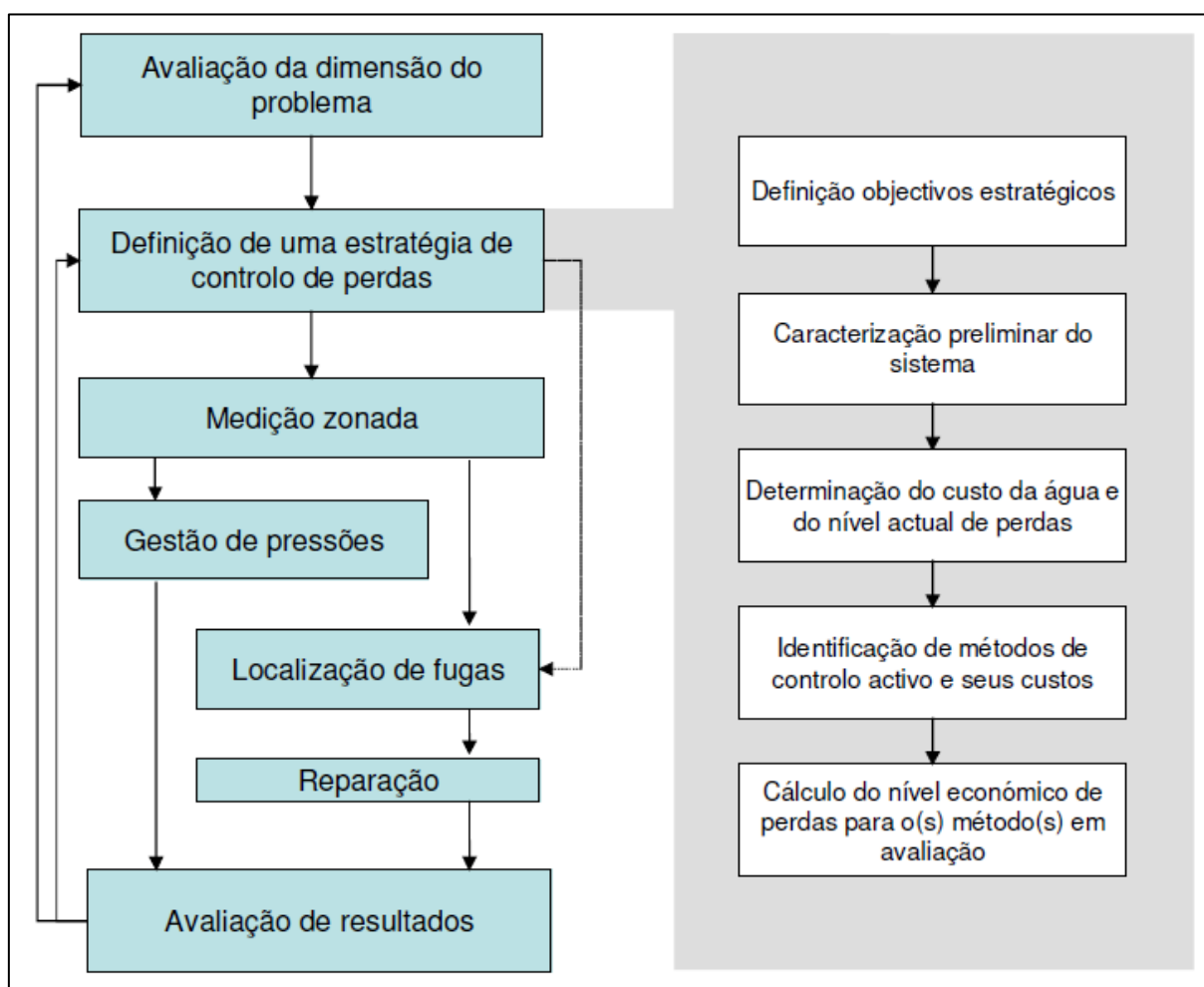
Enquanto que manter um sistema de distribuição de água envolve, principalmente:

- Realizar atividades de manutenção preditiva (inspeções e medições das estruturas e equipamentos em operação);
- Realizar atividades de manutenção preventiva, a partir de análises das informações da manutenção preditiva e dos históricos de manutenção corretiva;
- Gerar informações e relatórios gerenciais sobre as falhas do sistema, de forma a subsidiar as manutenções preditivas e preventivas, bem como as renovações estruturais requeridas;

- Agilidade no reparo dos vazamentos visíveis e não visíveis; no caso de ramais, substituí-los, em vez de repará-los;
- Pesquisa de vazamento não visível (detecção acústica);

A FIGURA 9 apresenta as principais etapas envolvidas para a definição de uma estratégia de controle de perdas:

Figura 9– Definição de uma estratégia de controle de perdas



Fonte: Alegre *et al.*, 2005.

A gestão de um sistema de abastecimento torna-se importante e essencial para determinar o nível de perda e gerir as atividades de operação e manutenção por meio das seguintes ações, por exemplo, (ABES 2015):

- Sistemas de informação de suporte operacional e gestão das perdas;

- Atendimento virtual e telefônico (24h) para recebimento das informações da população a respeito dos vazamentos visíveis e acionamento das equipes de manutenção entre outras coisas;
- Equipes treinadas e com logística adequada para fazer as medições de vazão, pressão, perda de carga, curva de bomba, pitometria, úteis na gestão do abastecimento de água e das perdas;
- Monitoramento do sistema (pressão e vazão) em pontos estratégicos do sistema, e auxílio de modelagem matemática para diagnóstico e proposição de soluções.
- Envolvimento de todos os técnicos e do corpo gerencial da empresa.

2.5.3. Fatores locais-chave que influenciam no desempenho do combate à perda real

A causa principal da perda real é, indubitavelmente, a qualidade da infraestrutura. Outros fatores podem aumentar a perda real, entre os quais, a pressão de serviço é o mais significativo, seguido da qualidade da manutenção, das condições de assentamento das tubulações, do tráfego e outros. (TARDELLI, 2015).

Alegre (2015) lista os possíveis fatores que influenciam as perdas reais:

- O estado das redes e outros componentes, o material e a frequência de vazamentos;
- A pressão média de abastecimento, quando o sistema está pressurizado;
- A densidade e comprimento médio de ramais;
- A localização do hidrômetro no ramal;
- O comprimento total da rede;
- O tipo de solo e as condições do terreno, relevante, sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de vazamento; pode influenciar as

frequências de vazamentos e a velocidade com que esses se tornam visíveis na superfície do solo. (LAMBERT *et al.*, 2000)

- A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado, fator relevante em regiões de abastecimento intermitente.

O controle da pressão de operação é reconhecido por muitos países como uma técnica essencial para a gestão de perda real, mas há limites técnicos estabelecidos por normas para os valores de pressões aceitáveis que podem ser alcançados (LAMBERT *et al.*,2000).

2.5.4. Estruturações e continuidade das atividades

O combate às perdas nas concessionárias de água normalmente é estruturado na forma de um programa, composto por ações operacionais e estratégicas, como visto no item 2.5.1. Muitos programas de controle e redução de perdas tende ao fracasso decorrente dos seguintes fatores (ABES, 2015):

- Pouco conhecimento da natureza das perdas;
- Não valoração do impacto das perdas;
- Elaboração de projetos deficientes;
- Custos extremamente subestimados;
- Inconsistência de argumentos para conseguir recursos;

Fracasso em perceber que redução de perda é:

- Não apenas um problema técnico isolado;
- Inerente ao gerenciamento e operação global do sistema;
- Não uma atividade eventual, mas algo que requer comprometimento em longo prazo.

Mais uma vez, desses programas, podem-se extrair as seguintes lições:

- O combate às perdas não deve ser uma ação esporádica, pois os eventuais resultados positivos, se conseguidos em curto prazo, não se manterão;
- Os programas de combate de perdas têm, obrigatoriamente, um caráter de persistência e permanência, com planejamento, execução e gestão rigorosa.

A formatação de um programa de combate de perdas não requer bases tecnológicas, ferramentais e logísticas sofisticadas, também, não pressupõe dizer que é implantado apenas pelas grandes concessionárias. Tem como percepção em proporcionar uma adequada operação e a manutenção do sistema de água, o que vale para grandes, médias e pequenas concessionárias de abastecimento de água à população, independentemente da ferramenta utilizada (TARDELLI, 2015).

O programa de perda deve fazer parte do planejamento estratégico (ou qualquer tipo de planejamento) das concessionárias, ter orçamentos definidos e adequados, corroborar pela alta administração e serem compromissadas com todo o corpo funcional da companhia, inclusive as empresas terceirizadas (ABES, 2015).

O conhecimento de onde estão ocorrendo às perdas reais no sistema de abastecimento, inicia-se de um diagnóstico operacional, que envolver a coleta de dados no tempo e no espaço, a geração e processamento das informações e a correta interpretação das mesmas, de forma a vincular a necessidade (ou não) da adoção das ações mais corretas para avançar nos resultados (ABES, 2015). O QUADRO 10 apresenta o conteúdo mais imediato do que se enquadra em um diagnóstico do sistema de água com vistas à gestão de perdas.

QUADRO 10- ELEMENTOS PARA O DIAGNÓSTICO

Questão	Métodos Disponíveis
Conhecemos o sistema de abastecimento?	Cadastro de rede atualizado, cadastro comercial, setorização, modelagem hidráulica.
Quanta água se perde?	Macromedição, micromedição e determinação do Balanço Hídrico.
Onde a água é perdida?	Projeto piloto, DMCs, registro e mapeamento de falhas, cadastro comercial.
Como determinar os tipos de perdas?	Vazão mínima noturna, ensaios de campo para determinar os componentes das perdas, ensaios de medidores em bancada.
Por que se perde?	Efeitos da pressão, materiais, mão de obra, controle de ativo de vazamentos, registro de falhas.

Fonte: ABES, 2015, *apud* FARLEY, 2008; GIZ, 2010.

Além do planejamento estratégico, diagnóstico operacional, a ABES (2015) destaca que há alguns pontos essenciais associados para as concessionárias combater as

perdas reais, como por exemplo: definição de metas de indicadores de longo prazo; melhoria dos projetos, materiais, metodologias e tecnologias; capacitação profissional; renovação de infraestrutura; confiabilidade das estruturas.

O engenheiro britânico Allan Lambert, integrante dos grupos de trabalho da IWA, considerado a maior autoridade mundial nas questões ligadas à Perda Real, orienta sobre qual a melhor forma de reduzir e controlar as perdas de água e os passos requeridos, dizendo (LAMBERT, 2013 *apud* TARDELLI, 2015):

“O primeiro passo é ser honesto e admitir que tenha um problema; daí então começar a quantificar esse problema e priorizar a sequência mais adequada de ações para a situação de cada sistema. Não tenha medo de ouvir e aprender a partir da experiência da sua equipe e de outras pessoas. Não há ‘tiro certo’, nem soluções mágicas, somente progresso gradual obtido por métodos racionais, aplicados por profissionais dedicados, e apoiados por uma administração que verdadeiramente reconhece que a gestão das perdas é uma atividade contínua, e para sempre”.

2.6. PANORAMA DE PERDAS NO BRASIL, ESPÍRITO SANTO E VITÓRIA (REF.2016).

Neste capítulo, dá-se enfoque à avaliação dos resultados do índice de perdas na distribuição, dado em valores percentuais e calculado pelo SNIS. O indicador é calculado pela diferença entre o volume da água distribuído e o volume da água consumido, dividido pelo volume da água distribuído, descontado o volume usado para atividades operacionais e especiais, com base nas informações divulgadas por meio do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, em 2016.

No Brasil, em 2016, o índice de perdas na distribuição foi de 38,05%, de maneira que existe um longo caminho a ser percorrido (SNIS, 2018). E que nenhum estado conseguiu situar-se com índice de perda na distribuição menor que 30%. O QUADRO 11 apresenta o índice de perdas na distribuição para todo o conjunto de concessionárias participantes, com valores médios distribuídos por faixas percentuais, segundo região e estado brasileiro. Por sua vez, o mapa da FIGURA 10 apresenta a visualização espacial desse índice de perdas para todo o conjunto de concessionárias participantes.

QUADRO 11– ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO SEGUNDO REGIÃO E ESTADO BRASILEIRO.

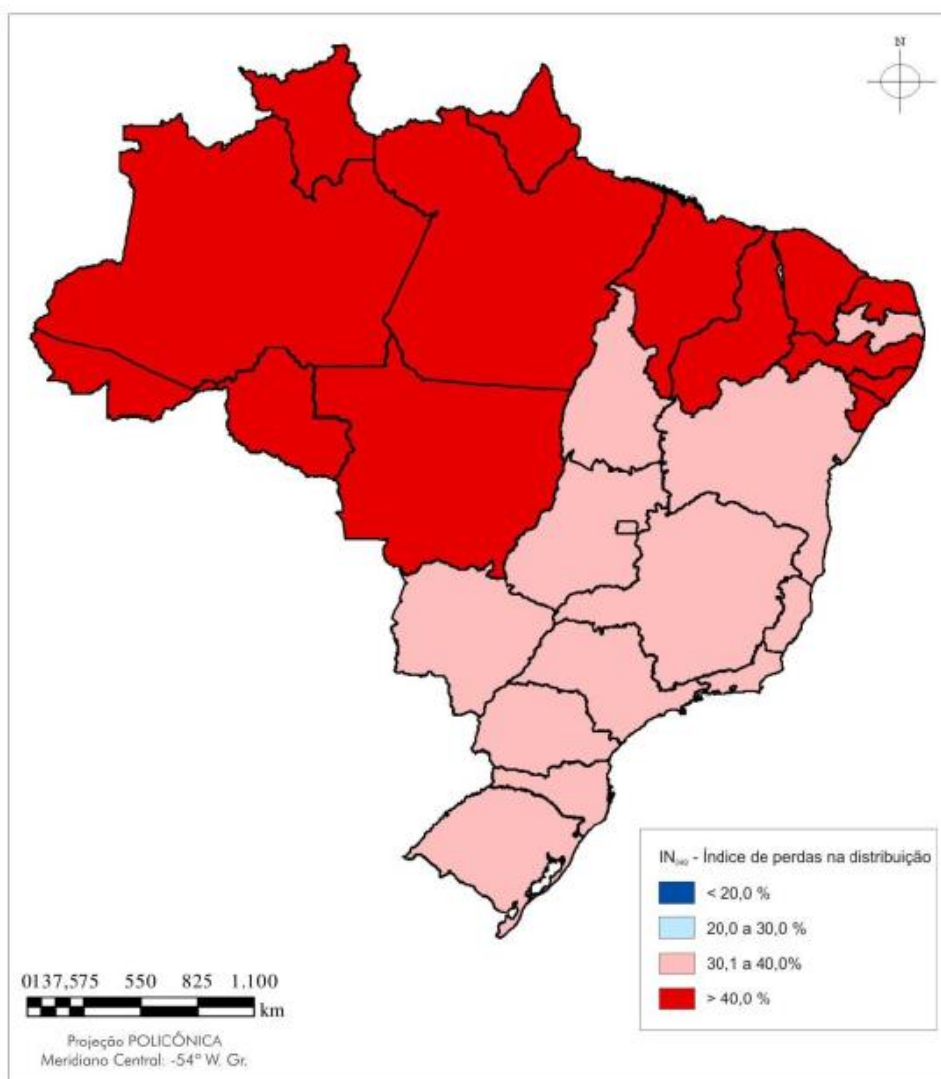
Região / Estado	IPD (%)	Região / Estado	IPD (%)	Região / Estado	IPD (%)	Região / Estado	IPD (%)	Região / Estado	IPD (%)
Norte	47,3	Nordeste	46,3	Sudeste	34,7	Sul	36,3	Centro-Oeste	35,0
Acre	61,1	Alagoas	45,9	Espírito Santo	36,3	Paraná	34,7	Distrito Federal	35,2
Amapá	70,5	Bahia	38,4	Minas Gerais	35,1	Rio Grande do Sul	37,0	Goiás	30,2
Amazonas	44,8	Ceará	40,6	Rio de Janeiro	31,4	Santa Catarina	37,3	Mato Grosso do Sul	43,5
Pará	42,8	Maranhão	62,9	São Paulo	36,1			Mato Grosso	31,9
Rondônia	50,8	Paraíba	36,5						
Roraima	66,6	Pernambuco	52,6						
Tocantins	30,1	Piauí	43,7						
		Rio Grande do Norte	49,9						
		Sergipe	47,7						

Fonte: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2016 (SNIS, 2018).

Na faixa entre 30 e 40%, situam-se 13 estados: Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais (região Sudeste); Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina (região Sul); Tocantins (região Norte); Paraíba e Bahia (região Nordeste) e Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal (região Centro-Oeste).

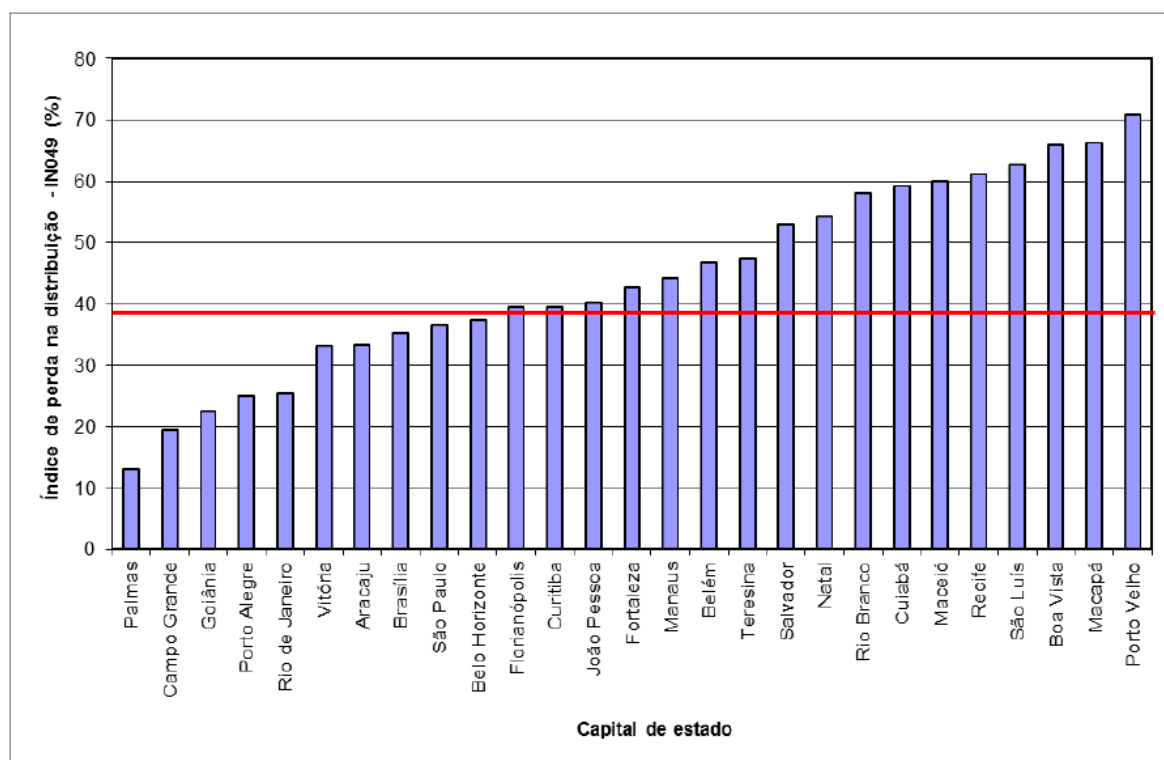
Por sua vez, na faixa maior que 40%, estão 14 estados: Amazonas e Pará (região Norte); Alagoas, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (região Nordeste) e Mato Grosso do Sul (região Centro-Oeste), Rondônia (região Norte) e Pernambuco (região Nordeste), Acre, Amapá e Roraima (região Norte) e Maranhão (região Nordeste).

FIGURA 10– REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR FAIXAS PERCENTUAIS, SEGUNDO ESTADO



Fonte: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2016 (SNIS, 2018).

GRÁFICO 1 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR CAPITALS BRASILEIRAS – SNIS 2016



Fonte: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2016 (SNIS, 2018).

Com relação às capitais de estado, observa-se no GRÁFICO 1 ampla variação nos índices de perdas, desde 13% em Palmas/TO até 71% em Porto Velho/RO. Em 10 capitais os índices são menores que a média nacional, que foi de 38,05%, e outras 10 possuem perdas superiores a 50%.

Ao expandir para os 52 municípios do estado do Espírito Santo que são atendidos pela Concessionária CESAN e que participaram na disponibilização dos dados de 2016 ao SNIS, tem-se que o índice de perdas na distribuição na capital do estado (Vitória) foi de 33,2%. E o menor índice de perdas de 5,35% refere-se ao município de Vila Pavão.

QUADRO 12– ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO SEGUNDO MUNICÍPIO DO ESTADO DO ES.

(continua)

Município	Índice de perdas na distribuição (Percentual)
Afonso Cláudio	19,79
Água Branca	29,04
Água Doce do Norte	15,68
Alto Rio Novo	20,39
Anchieta	18,76

QUADRO 12– ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO SEGUNDO MUNICÍPIO DO ESTADO DO ES.

(conclusão)

Município	Índice de perdas na distribuição (Percentual)
Apiacá	20,03
Atílio Vivacqua	31,34
Barra de São Francisco	28,04
Boa Esperança	27,44
Bom Jesus do Norte	36,95
Brejetuba	20,62
Cariacica	56,05
Castelo	20,49
Conceição da Barra	21,41
Conceição do Castelo	19,66
Divino de São Lourenço	17,35
Domingos Martins	28,64
Dores do Rio Preto	13,59
Ecoporanga	31,69
Fundão	32,28
Guarapari	37,47
Ibatiba	33,78
Irupi	15,27
Iúna	32,44
Laranja da Terra	11,28
Mantenópolis	22,25
Marechal Floriano	27,00
Montanha	28,56
Mucurici	12,56
Muniz Freire	21,72
Muqui	22,50
Nova Venécia	23,81
Pancas	13,12
Pedro Canário	33,45
Pinheiros	28,35
Piúma	24,36
Ponto Belo	28,80
Presidente Kennedy	20,62
Rio Novo do Sul	20,12
Santa Leopoldina	12,53
Santa Maria de Jetibá	23,47
Santa Teresa	28,15
São Gabriel da Palha	22,31
São José do Calçado	14,91
São Roque do Canaã	17,36
Serra	32,56
Venda Nova do Imigrante	30,09
Viana	50,01
Vila Pavão	5,35
Vila Valério	14,69
Vila Velha	39,01
Vitória	33,21

Fonte: SNIS, 2018.

Os municípios que compõem a região metropolitana de Vitória, destacados no QUADRO 12: Cariacica, Fundão, Guarapari, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória, possuem os índices de perdas na distribuição entre a faixa 30 a 50%. Enquanto que os municípios do interior do estado possuem ampla variação entre 5,35% a 36,95%.

No geral, pode-se afirmar que os sistemas de abastecimento de água sempre apresentam perdas; quando são elevadas, representam desperdício de recurso hídrico, operacional e de receita para a concessionária, conforme visto no QUADRO 1 (item 2.1.1). Dessa forma, os custos decorrentes das perdas devem ser minimizados e estar sujeitos a gerenciamento apropriado. Nesse cenário, é fundamental a premência na elaboração de planos e ações efetivas focadas na redução das perdas em diferentes regiões do Brasil.

Os dados apresentados nas análises acima, com índices de perdas muitas vezes elevados, demonstram a necessidade das concessionárias atuarem com estratégias para a melhoria da gestão, da sustentabilidade da prestação de serviços, da modernização de sistemas e da qualificação dos trabalhadores, dentre outras. Tais estratégias são intimamente relacionadas à eficiência da administração e dentre elas enquadra-se o controle operacional e gerenciamento das perdas de água. O estabelecimento de ações contínuas de redução e controle de perdas assegura benefícios em curto, médio e longo prazo, com eficiência e eficácia. Ações relativamente simples para avaliação destas perdas consistem, por exemplo, em métodos como o do balanço hídrico, relatórios de falhas, combinação deles, entre outras metodologias. Para isso, são necessárias informações, como as do SNIS por meio de indicadores de desempenho, que propiciem diagnosticar as perdas e possibilitem orientar a definição de ações e estratégias de combate ao problema. (SNIS, 2018).

3. METODOLOGIA

Este capítulo visa explicar a base metodológica usada para compor o presente estudo, bem como a base de dados utilizada. É dividido nos três objetivos:

- Objetivo 1: Coleta e tabulação dos dados dos indicadores de desempenho de perdas reais 2014 – 2017.
- Objetivo 2: Tabulação dos dados obtidos da aplicação do formulário de falhas (vazamentos) pela CESAN em outubro de 2016.
- Objetivo 3: Coleta e tabulação dos dados operacionais para a desativação da elevatória de água tratada de Joana D’Arc.

A pesquisa abrange apenas o sistema de distribuição do município de Vitória – ES. Os materiais aplicados são os utilizados rotineiramente pela concessionária e os dados estavam disponíveis para consulta e aplicação no estudo.

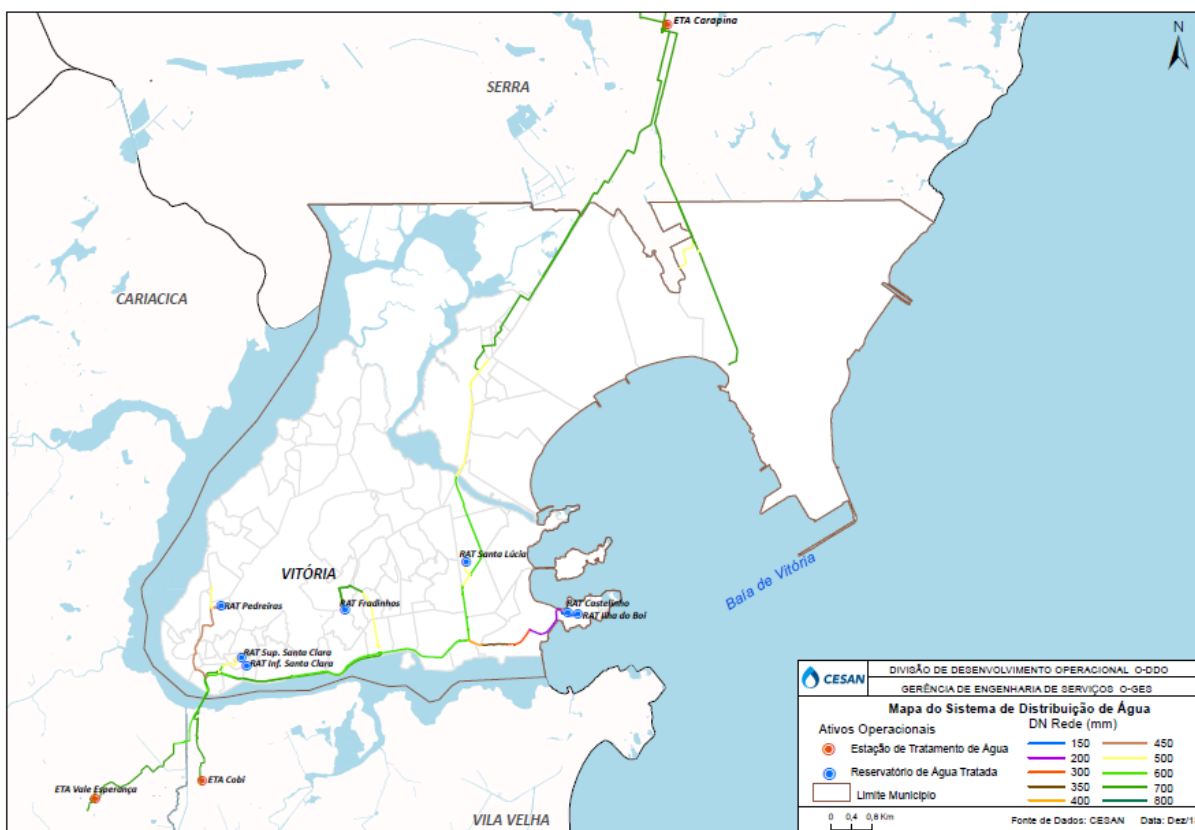
3.1. ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

3.1.1. Sistema de Abastecimento do Município de Vitória

Vitória é abastecida por meio de três Estações de Tratamento de Água (ETA), que estão localizadas nos municípios de Cariacica, Serra e Vila Velha, conforme mostra a FIGURA 11. A ETA Carapina localizada no município da Serra recebe água do Rio Santa Maria da Vitória, enquanto as outras duas recebem do Rio Jucu. Cada uma enviando uma vazão média diária variando entre 400 e 700 L/s.

Desde longa data, a concessionária realiza ampliação e modernização em todo o sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário da Grande Vitória, conforme diretrizes do Plano de Saneamento Municipal (2015) e em atendimento ao Plano Diretor Urbano (2018).

FIGURA 11– SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE VITÓRIA



Fonte: CESAN, 2018.

O sistema de distribuição em Vitória possui 52 estações elevatórias, 7 reservatórios com capacidade total de 22.170 m³, mais de 850 km de rede que abastece mais de 57 mil ligações de água (140 mil economias). Grande parte do sistema está automatizado e pode ser operado remotamente pelo Centro de Controle Operacional (CCO) localizado no Centro Administrativo e Operacional de Carapina na Serra - ES.

A concepção básica considerou que a água é conduzida das ETAs por adutoras para alimentar os reservatórios sem distribuição em marcha. Cada centro de reservação é responsável por uma zona de atendimento, ou setor, o que facilita o controle operacional, o controle de pressão, medição e, conseqüentemente, o controle de perdas. Foram projetadas, a partir dos reservatórios, redes tronco principais e secundárias, criando DMCs (Distritos de Medição e Controle) em cada macrosetor de distribuição para ampliar a eficiência da rede e abastecer adequadamente, com vazão e pressão, todos os pontos do sistema.

O controle operacional do sistema de distribuição de água de Vitória é realizado por equipe própria da concessionária, atuando em cooperação com o CCO e outras

equipes de apoio à operação do sistema. As principais atividades da operação estão em concordância com os Documentos Técnicos de Apoio lançado pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017), como:

- Ensaios Pitométricos;
- Macromedição;
- Pesquisa e Combate de Vazamentos não Visíveis;
- Controle de Pressões e Operação de Válvulas Reguladoras de Pressão;
- Controle da Conta de Energia Elétrica no Saneamento;
- Controle e Redução de Perdas.

A operação também atua cooperativamente com a equipe de manutenção, cujas principais funções são coordenar e fiscalizar os serviços realizados para a manutenção de redes, manutenção civil das unidades operacionais e serviços de transporte de água tratada com utilização de carros pipa. Além disso, uma equipe de outra Unidade da Concessionária coordena e fiscaliza a manutenção dos equipamentos eletromecânicos e de automação do sistema de distribuição de água e outra coordena e fiscaliza as obras necessárias para ampliação e melhoria do sistema de abastecimento.

As principais demandas para modernização do sistema de distribuição de água do município de Vitória são sintetizadas em diagnósticos e projetos com foco na redução das reclamações de falta d'água, das perdas de água e do consumo de energia elétrica, com base em dados provenientes dos sistemas informatizados e cadastro técnico.

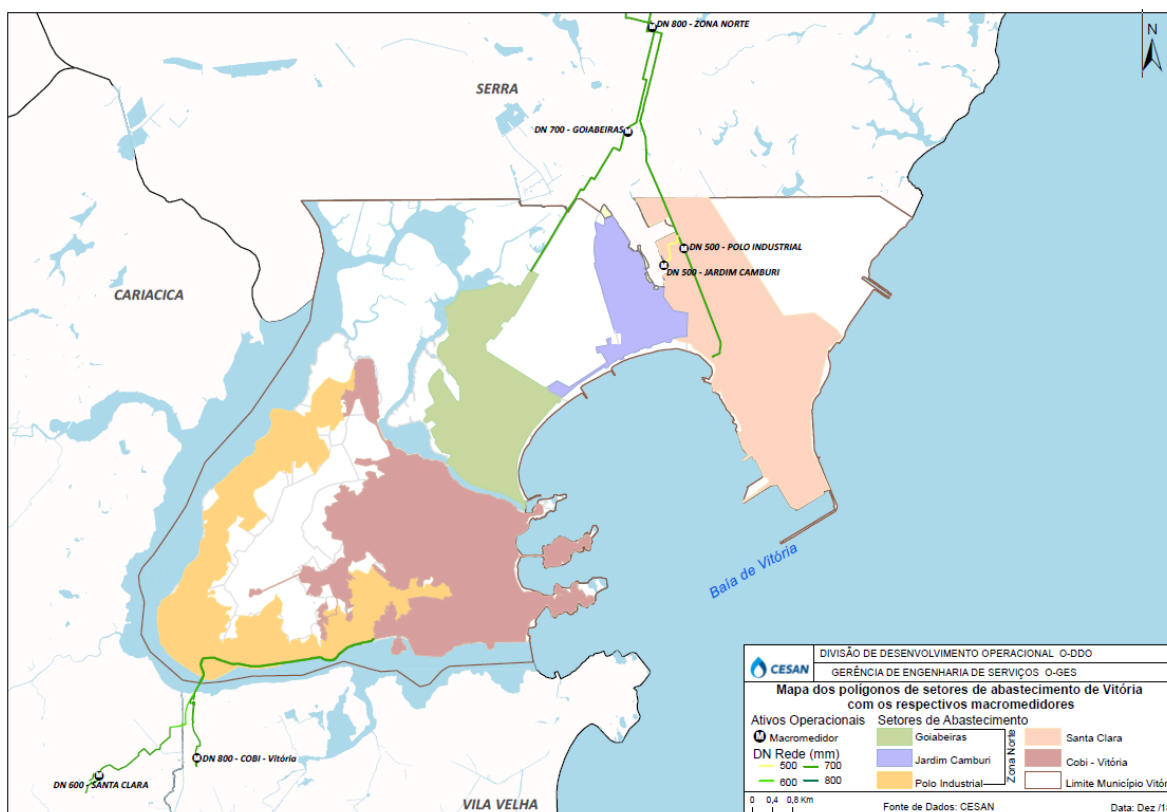
3.1.2. Seleção e Delimitação dos casos

O sistema de abastecimento de Vitória foi selecionado para o estudo dentro dos 52 municípios atendidos pela CESAN, por se tratar da capital do Estado do Espírito Santo e por necessitar em conhecer o nível de desempenho nos indicadores de

perdas no último quadriênio (2014-2017), considerado o período de escassez hídrica, os possíveis fatores e causas dos vazamentos visíveis e o benefício no abastecimento contínuo do setor Joana D'Arc com a desativação da elevatória que levava o mesmo nome.

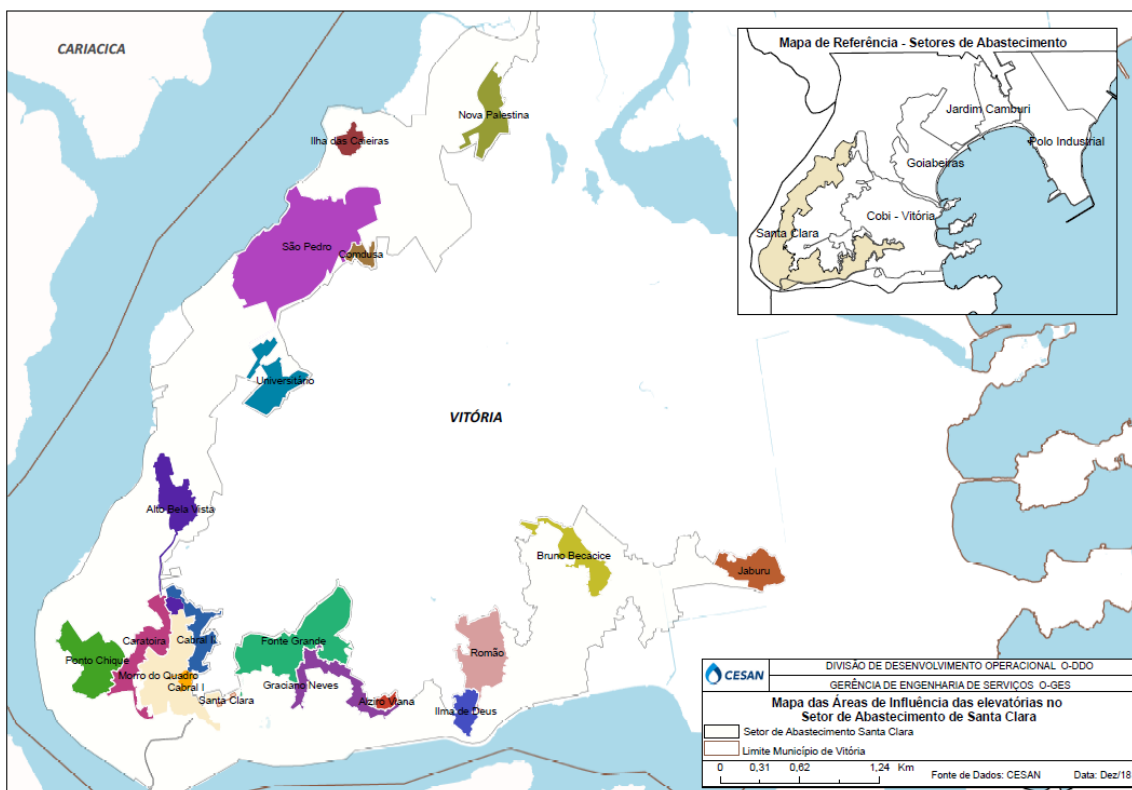
O estudo sobre o nível de desempenho de perdas e do relatório de falhas foi realizado sobre os dados do sistema de abastecimento do município de Vitória como um todo, em que o sistema é dividido em 5 setores macromedidos: Goiabeiras, Jardim Camburi e Polo Industrial (a junção dos três denomina-se por Setor Zona Norte), Cobi Vitória e Santa Clara, conforme mostrado na FIGURA 12. O abastecimento do primeiro setor Zona Norte é por bombeamento a partir da ETA Carapina e os demais por gravidade a partir das respectivas ETAs, cada setor possui estações elevatórias em pontos estratégicos no sistema que permite o abastecimento para as cotas elevadas, como mostrado nas Figuras 13, 14 e 15.

FIGURA 12 – MAPA DOS POLÍGONOS DOS SETORES DE ABASTECIMENTO EM VITÓRIA.



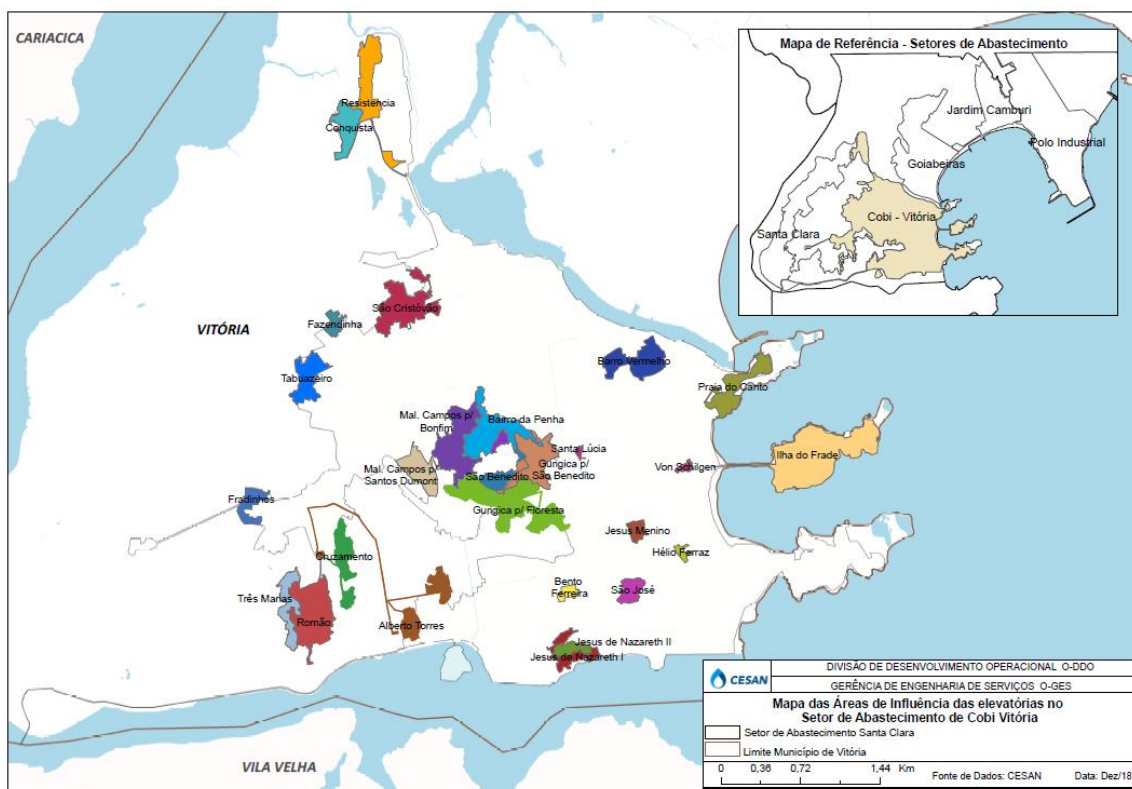
Fonte: CESAN/2018

FIGURA 13 - MAPA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIAS NO SETOR SANTA CLARA.



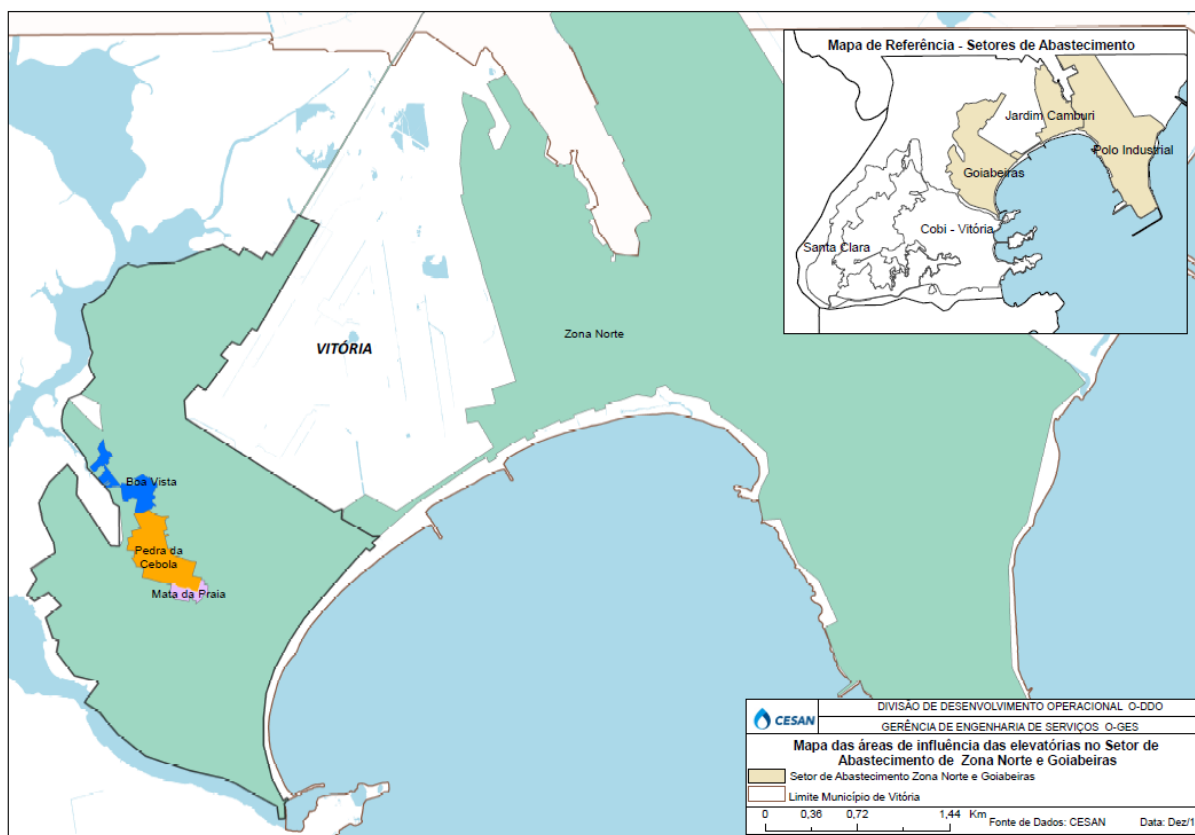
Fonte: CESAN/2018

FIGURA 14 - MAPA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIAS NO SETOR COBI VITÓRIA.



Fonte: CESAN/2018

FIGURA 15 - MAPA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIAS NO SETOR ZONA NORTE E GOIABEIRAS.



Fonte: CESAN/2018

O estudo aplicado de gestão e controle operacional foi realizado no setor de abastecimento São Cristóvão e Joana D'Arc, porque tinha como propósito a desativação da elevatória de Joana D'Arc, adequação da área de influência, equalizar as pressões, garantir o abastecimento contínuo e a reforma da estrutura civil que não oferecia ergonomia aos servidores para manutenção, pois precisavam ficar agachados para realizar essa atividade (FIGURA 16).

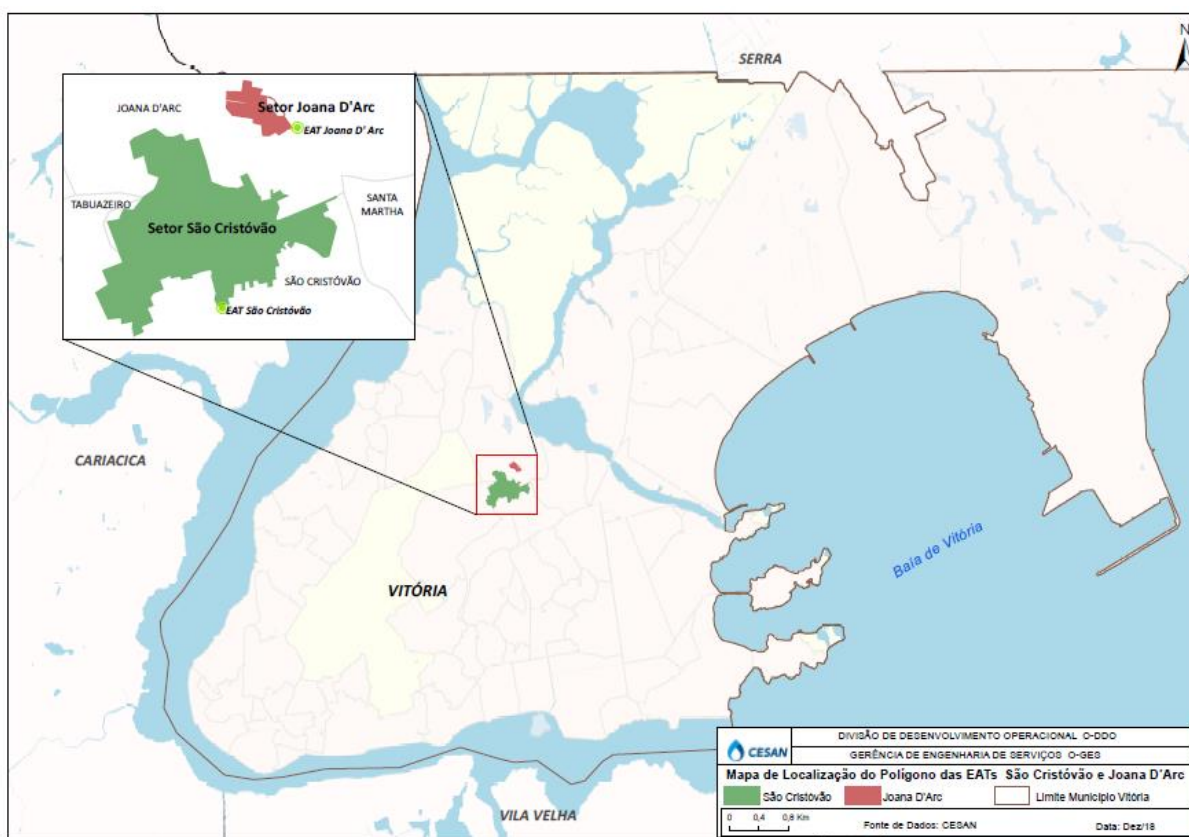
A área de abrangência de abastecimento dessa fase do estudo compreende parte dos bairros de Tabuazeiro, Joana D'Arc e São Cristóvão (FIGURA 17) que pertence ao Setor Cobi, abastecido pela ETA II sob influência do RAT Fradinhos, EAT São Cristóvão e EAT Joana D'Arc. As características da rede de abastecimento dessa área eram: 432 ligações de água com consumo médio de 4.430m³/mês e 4,62km de rede com diâmetros e materiais variados.

FIGURA 16 – ESTRUTURA CIVIL DA EAT JOANA D'ARC



Fonte: CESAN/2017.

FIGURA 17 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO E JOANA D'ARC.



Fonte: CESAN/2018.

Av. Fernando Ferrari S/N, Campus Universitário, Goiabeiras - Vitória - ES - CEP 29060-970 - Tel./Fax (27) 3335 2677

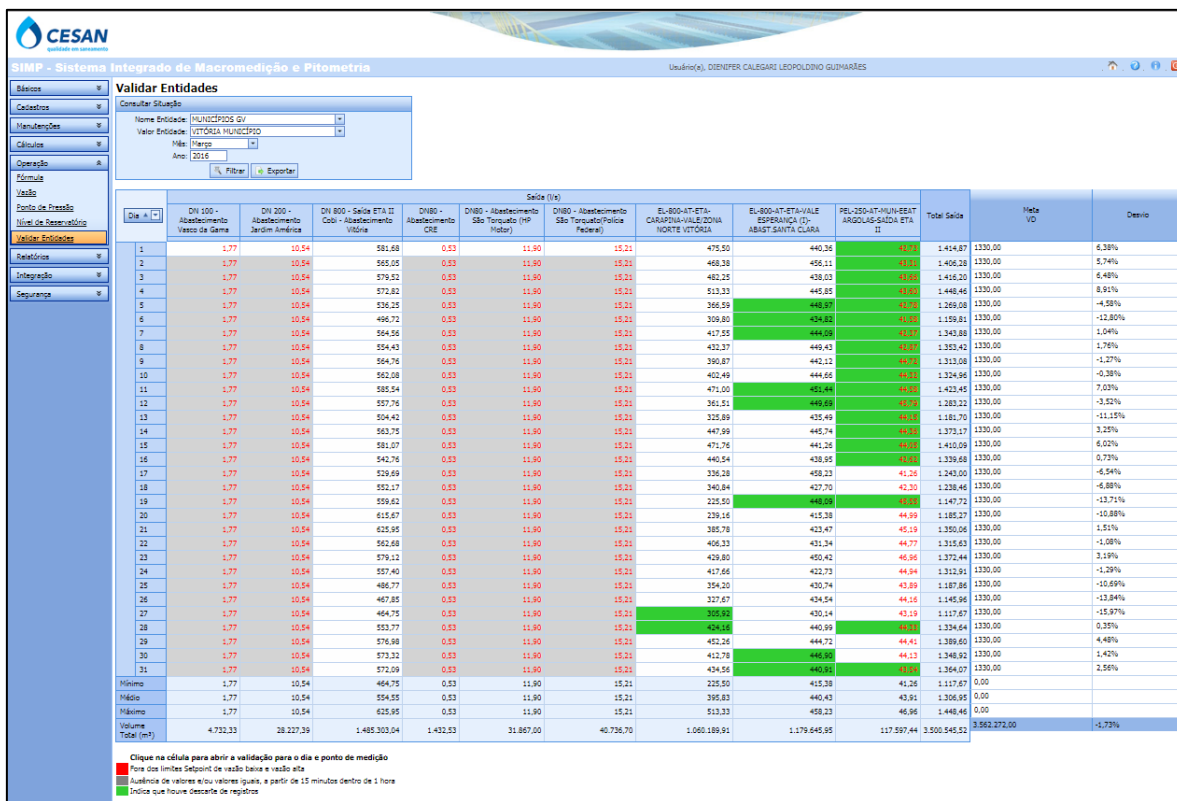
3.2. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

3.2.1. Coleta e tabulação dos dados dos indicadores de desempenho de perdas reais no abastecimento de Vitória 2014 – 2017.

Para analisar o nível de desempenho de perdas reais, foram coletados os dados de pressão operacional e volume macromedido do Sistema de Integração de Macromedição e Pitometria - SIMP (FIGURA 18 e 19), os dados de volume micromedido e volume de água de serviço do Sistema de Informação Corporativo - SINCOP (Planilha Corporativa Excel) e dados da infraestrutura do Georreferenciamento de Informações do Sistema Corporativo - GIS (FIGURA 20), para serem utilizados e interpretados na classificação dos resultados dos indicadores de perdas reais de água no sistema de abastecimento de Vitória entre o ano de 2014-2017. Os dados coletados foram:

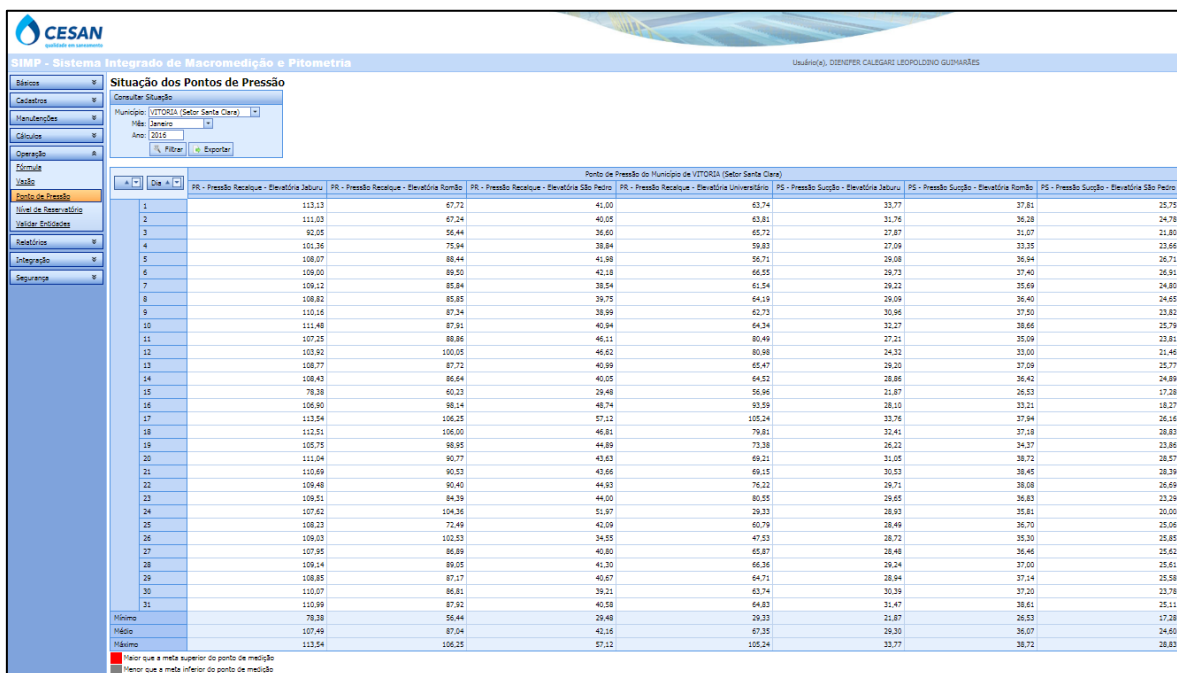
- Histórico anual de volume distribuído (macromedido);
- Histórico anual do volume utilizado (micromedido);
- Histórico anual do volume de água de serviços;
- Histórico dos desvios dos macromedidores em relação à estação Pitométrica (EP);
- Histórico da pressão média operacional do sistema de abastecimento de Vitória;
- Comprimento da rede, número de ligações e comprimento total de ramal;
- Número total de ligações ativas no sistema;

FIGURA 18 – IMAGEM DA TELA DO SIMP COM OS DADOS DE VAZÃO MÊS E ANO ESPECÍFICO.



Fonte: CESAN/2018

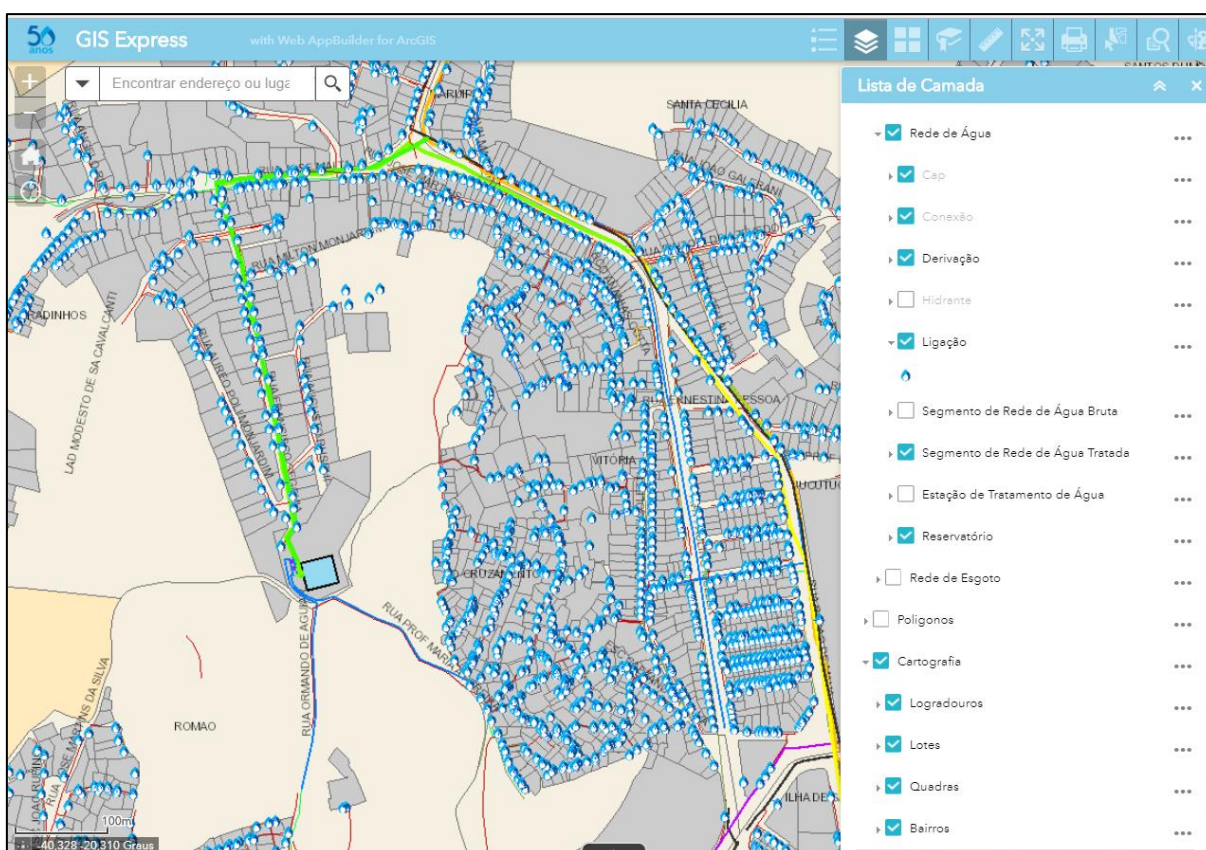
FIGURA 19 – IMAGEM DA TELA DO SIMP COM OS DADOS DE PRESSÃO MÊS E ANO ESPECÍFICO.



Fonte: CESAN/2018

O SIMP trata-se de uma ferramenta de gestão que permite o planejamento, execução e acompanhamento dos processos de: cadastro, instalação, desempenho, inspeção de medidores e estações pitométricas; banco de dados dos volumes, pressão e níveis medidos; cálculos de curva de bomba; cálculos de coeficientes de perdas de carga; conexão com sistemas para o cálculo do índice de perdas; geração de indicadores operacionais.

FIGURA 20 – IMAGEM DA TELA PRINCIPAL DO GIS.



Fonte: CESAN/2018

O GIS é uma ferramenta inovadora e abrangente de apoio à gestão e operação, cujos dados de mapas e cadastro técnico são centralizados, contendo planta de localização da rede de água, identificação de materiais da tubulação, diâmetros, extensão, conexões, válvulas de manobra, ventosa e de descarga, altimetria, elevação dos hidrômetros.

Para o cálculo dos indicadores de perdas reais e classificação do nível de desempenho do abastecimento de Vitória foram selecionados o IPL; o IPD; o PRAI e o IVI. Cujas fórmulas e descrição das variáveis foram apresentadas no QUADRO 3 e 4 (item 2.2.2). Com apoio dos dados obtidos pelos sistemas de informações citados,

foi possível compilar e sintetizar as variáveis e fórmulas em planilha de Excel para gerar os valores dos indicadores. Os dados não sofreram alteração por serem considerados fidedignos à fonte, ou seja, à Concessionária.

3.2.2. Tabulação dos Dados Obtidos da Aplicação do Formulário de Falhas (Vazamentos)

O Formulário de Falhas, (Anexo A), é estruturado em três caixas de informação: Informações do Vazamento; Informações do Reparo e Localização do Vazamento. Cujo objetivo principal é identificar os principais fatores fundamentais de perda real de volume de água devido aos vazamentos visíveis. Vale ressaltar que esse caso foi realizado no período de Rodízio de abastecimento dos bairros de Vitória devido à escassez hídrica no Estado do Espírito Santo.

Foi aplicado pela Concessionária entre os meses de outubro e novembro de 2016, precisamente durante o período de 20 dias, cuja finalidade era atender o objetivo principal de conhecer as possíveis causas e fatores dos vazamentos a partir de 204 amostras obtida pela Concessionária através da metodologia apresentada a seguir.

Metodologia utilizada para obter o quantitativo de amostras para aplicação do formulário de falhas:

1. Definiu-se o indicador de desempenho, nomeado por Número de Vazamento por 1000 ligações, que melhor representava a perda real do sistema de Vitória, diferente daqueles apresentados no QUADRO 3 (item 2.2.2), que foi acompanhado pela Concessionária para avaliar a frequência de ocorrência de vazamentos, mensalmente;
2. Utilizou o histórico de 12 meses antecedentes da aplicação do formulário do indicador de desempenho Número de vazamentos/1000 ligações:

QUADRO 13– HISTÓRICO DO INDICADOR NÚMERO DE VAZAMENTOS POR 1000 LIGAÇÕES – OUT/15 À SET/16.

continua

INDICADOR DE DESEMPENHO POR MÊS			
Mês	(Vaz. / 1000 lig.)	Mês	(Vaz. / 1000 lig.)
Outubro/15	15,77	Abril/16	14,79
Novembro/15	14,84	Maior/16	14,06

QUADRO 13– HISTÓRICO DO INDICADOR NÚMERO DE VAZAMENTOS POR 1000 LIGAÇÕES – OUT/15 À SET/16.

conclusão

INDICADOR DE DESEMPENHO POR MÊS			
Mês	(Vaz. / 1000 lig.)	Mês	(Vaz. / 1000 lig.)
Dezembro/15	15,17	Junho/16	14,24
Janeiro/16	14,34	Julho/16	12,63
Fevereiro/16	15,53	Agosto/16	12,80
Março/16	16,69	Setembro/16	14,13

Fonte: CESAN/2016

3. Calculada a média anual do número total de vazamento no período antecedente a aplicação do formulário para conhecer o universo da ocorrência de vazamentos, mensalmente:

QUADRO 14– HISTÓRICO MENSAL DO NÚMERO DE VAZAMENTOS – OUT/15 À SET/16.

NÚMERO DE VAZAMENTOS POR MÊS			
Mês	Quantidade (unid.)	Mês	Quantidade (unid.)
Outubro/15	908	Abril/16	854
Novembro/15	855	Maio/16	812
Dezembro/15	875	Junho/16	823
Janeiro/16	827	Julho/16	730
Fevereiro/16	896	Agosto/16	739
Março/16	963	Setembro/16	816
Média anual:		842	

Fonte: CESAN/2016

O quantitativo de amostras foi obtido por meio da Calculadora On-line (FIGURA 21) utilizada pela Concessionária, com considerações que foram aplicadas na equação (7) atribuída por esse *website* (SANTOS, acesso 2016):

FIGURA 21– IMAGEM DA CALCULADORA ON-LINE – CÁLCULO DA AMOSTRAGEM.

Fonte: <http://www.calculoamostral.vai.la>, (SANTOS, 2016).

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{Z^2 \cdot p \cdot (1-p) + e^2 \cdot (N-1)} \quad (7)$$

Onde:

n - amostra calculada

N – população = 842 unidades

Z - variável normal padronizada associada ao nível de confiança

p - verdadeira probabilidade do evento

e - erro amostral.

Erro de 5%;

Nível de confiança 90%;

Após obter o número de amostras a equipe de operação da Concessionária realizou treinamento a todos os colaboradores, que atuam na correção de vazamentos, sobre o preenchimento e coleta das informações contidas no formulário de falhas de vazamento visível em rede, ramal e cavalete no sistema de abastecimento de Vitória.

A aplicação dos formulários ficou condicionada aos chamados para resolução de problemas de vazamentos visíveis, em que foram registradas as Solicitações de

Serviços (SS) no Sistema Integrado de Comercialização e Atendimento (SICAT) por meio do canal de comunicação da Concessionária, durante o período de aplicação (FIGURA 22).

FIGURA 22 – IMAGEM DA TELA DE CONSULTA DOS DADOS DA SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO DO SICAT.

Fonte: CESAN/2018.

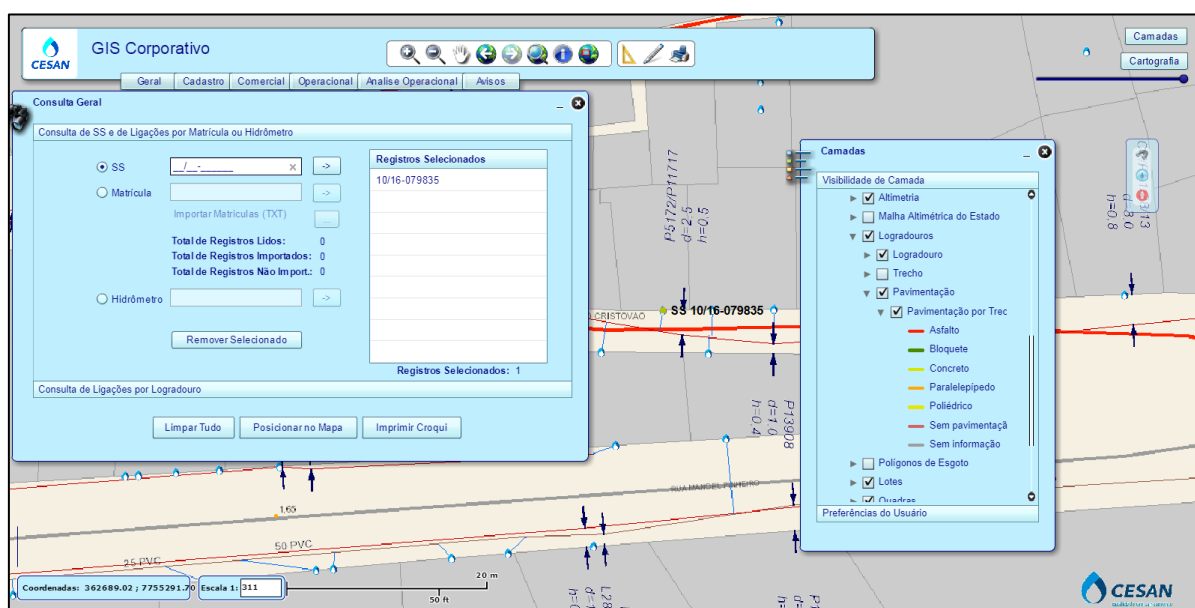
O SICAT contém o endereço do imóvel, hidrômetros instalados, consumos e registros de todos os serviços executados no sistema de abastecimento e coleta de esgoto de Vitória.

Os dados obtidos do campo através do formulário de falhas foram compilados em planilha do programa Excel. Esses dados, considerados primários, foram tratados por meio de confirmação das informações complementares contidas nos sistemas GIS (Figura 23) e SICAT (Figura 22). As informações complementares confirmadas foram:

- Localização geográfica do vazamento;

- Localização do vazamento na rede de distribuição (rede, ramal ou cavalete)
- Diâmetro da rede e ramal;
- Tipo da pavimentação;
- Data e hora do registro da ocorrência de vazamento;
- Data e hora do início de execução do serviço de correção do vazamento;
- Material da rede, ramal e cavalete;
- Profundidade da rede.

FIGURA 23 – IMAGEM DA TELA DE CONSULTA DE INFORMAÇÕES DE SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS DE VAZAMENTO NO GIS.



Fonte: CESAN/2018.

As informações listadas abaixo não foram preenchidas em todos os formulários aplicados e também não é obtido por meio dos sistemas de informação da concessionária, com isso o tratamento aplicado sobre essas informações foi a desprezo em todos os eventos de vazamento:

- Interferência com redes;
- Estado de conservação do material;

- Vazamento causado por terceiro;
- Pressão operacional antes e após o reparo; (devido à falta de medidores suficientes e calibrados);
- Locais de manobras e registros manobrados;

A etapa seguinte deste objetivo é a estimativa do volume perdido de água nos vazamentos visíveis validados após aplicação do formulário de Falhas em campo. Para isso foi necessário estimar o valor da vazão de cada ocorrência de falha, considerando a seção cheia sob as condições antes do rompimento em que se aplicou a fórmula de Manning (8):

$$Q = A \cdot R_{\eta}^{2/3} \cdot \frac{\sqrt{S}}{\eta} \quad (8)$$

Onde:

Q = vazão, em m³;

A = área da seção transversal do diâmetro interno da infraestrutura, em m.

R_η = raio hidráulico (DI/4), em m.

DI = diâmetro interno, em m.

S = declividade, em m/m

η = coeficiente de Manning, PVC, DEFOFO, FG = 0,01 e PEAD = 0,009.

Não foi possível aplicar a equação (5), apresentada no item 2.2.3, por ser desconhecida a perda de carga total, variável que compõe o cálculo do coeficiente de descarga (C_d), dependente da pressão antes e após rompimento que não foi registrada pelos colaboradores em todos os formulários e desconsiderada para análise.

Após a vazão estimada e conhecido os intervalos de tempos de cada ocorrência, foi possível tabular as informações na planilha em Excel (QUADRO XX) e calcular o volume por meio da equação (4), apresentada no item 2.3.3, para cada infraestrutura e para cada tempo definido: Tempo de Conhecimento e Localização; Tempo de Reparo.

QUADRO 15 – EXEMPLIFICAÇÃO DO CÁLCULO DO VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO CL

DATA HORA DO REGISTRO	LOCAL VAZAMENTO	DATA HORA DE INICIO DA EXECUSÃO DO SERVIÇO	TEMPO DE CONHECIMENTO E LOCALIZAÇÃO – CL (h)	DN (m)	VAZÃO (m ³ /h)	VOLUME (m ³)
19/10/16 23:08	RAMAL	20/10/16 7:25	8,28	0,02	3,67	30,42
20/10/16 12:28	RAMAL	20/10/16 14:05	1,62	0,02	3,67	5,94
20/10/16 10:18	REDE	20/10/16 10:45	0,45	0,075	112,19	50,49
20/10/16 15:47	CAVALETE	20/10/16 15:55	0,13	0,025	5,99	0,80
20/10/16 10:41	CAVALETE	20/10/16 13:20	2,65	0,025	5,99	15,88
20/10/16 9:37	CAVALETE	20/10/16 10:30	0,88	0,025	5,99	5,29
20/10/16 11:47	CAVALETE	20/10/16 14:10	2,38	0,025	5,99	14,28
20/10/16 17:46	RAMAL	20/10/16 20:15	2,48	0,02	3,31	8,21
20/10/16 18:13	CAVALETE	20/10/16 20:36	2,38	0,025	5,99	14,28
20/10/16 13:50	CAVALETE	20/10/16 16:30	2,67	0,025	5,99	15,98
20/10/16 7:38	RAMAL	20/10/16 17:30	9,87	0,02	3,67	36,24
20/10/16 16:50	RAMAL	20/10/16 17:50	1,00	0,02	3,67	3,67

Fonte: CESAN/2018.

QUADRO 16 – EXEMPLIFICAÇÃO DO CÁLCULO DO VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO R

DATA	LOCAL VAZAMENTO	HORA INICIO	HORA TÉRMINO	TEMPO DE REPARO – R (h)	DN (m)	VAZÃO (m ³ /h)	VOLUME (m ³)
20/10/16	RAMAL	7:25:00	8:10:00	0,75	0,02	3,67	2,75
20/10/16	RAMAL	14:05:00	14:35:00	0,50	0,02	3,67	1,84
20/10/16	REDE	10:45:00	11:40:00	0,92	0,075	112,19	102,84
20/10/16	CAVALETE	15:55:00	16:15:00	0,33	0,025	5,99	2,00
20/10/16	CAVALETE	13:20:00	13:55:00	0,58	0,025	5,99	3,50
20/10/16	CAVALETE	10:30:00	11:05:00	0,58	0,025	5,99	3,50
20/10/16	CAVALETE	14:10:00	15:20:00	1,17	0,025	5,99	6,99
20/10/16	RAMAL	20:15:00	20:35:00	0,33	0,02	3,31	1,10
20/10/16	CAVALETE	20:36:00	21:00:00	0,40	0,025	5,99	2,40
20/10/16	CAVALETE	16:30:00	17:00:00	0,50	0,025	5,99	3,00
20/10/16	RAMAL	7:30:00	10:30:00	3,00	0,02	3,67	11,02
20/10/16	RAMAL	17:50:00	19:30:00	1,67	0,02	3,67	6,12

Fonte: CESAN/2018.

O resultado e discussão dos dados serão feitos por temas das três caixas de informações contidas do Relatório de falhas, no Capítulo 4.

3.2.3. Coleta e tabulação dos dados operacionais para a desativação da elevatória de água tratada de Joana D'Arc.

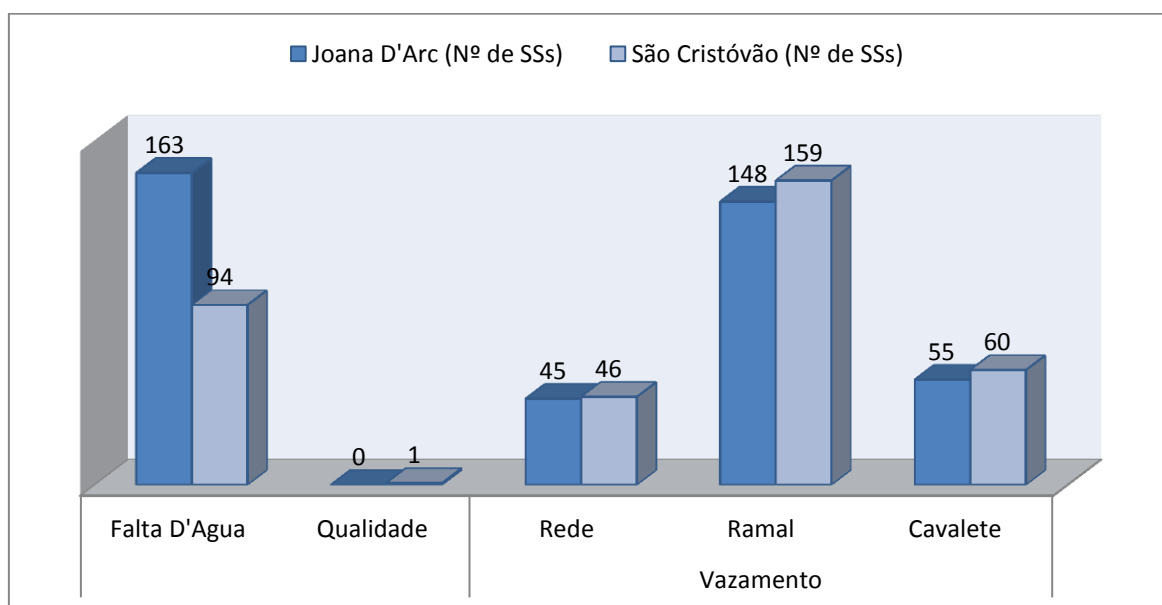
Esse estudo tem como importância justificar tecnicamente por meio de análise operacional, quantitativa e qualitativa sobre a desativação da EEAT Joana D'Arc com melhoria no abastecimento do setor.

Foi considerado o histórico de falhas entre o período de janeiro/17 a maio/18 dessa região. Em que as solicitações de serviço de vazamento (rede, ramal e cavalete) superam as de falta d'água e qualidade (GRÁFICO 2), os motivos são variáveis desde ramais expostos devido ao tipo de solo (rocha – FIGURA 24) à pressão elevada.

Em 2017 as elevatórias de São Cristóvão e Joana D'Arc foram auditadas por fiscais da Agência de Regulação de Serviços Públicos (ARSP), relatando inconformidades que podem trazer prejuízos financeiros a CESAN e prejuízos relacionados às manutenções no sistema (QUADRO 15).

Perante a essas inconformidades, ao histórico de falhas, a condição da elevatória de Joana D'Arc, a elevação de terreno e área de influência, verificou-se a possibilidade de desativar ao invés de reformar. Enquanto que a elevatória de São Cristóvão deveria passar por reforma e adequações na rede de abastecimento.

GRÁFICO 2 - OCORRÊNCIAS OPERACIONAIS EM SÃO CRISTÓVÃO E JOANA D'ARC (JAN/17 À MAI/18).



Fonte: CESAN/2018.

FIGURA 24 – CONDIÇÕES DE INFRAESTRUTURA FAVORÁVEIS AOS VAZAMENTOS.



Fonte: CESAN/2018.

QUADRO 17– INCONFORMIDADES APONTADAS PELA FISCALIZAÇÃO ARSP.

ITEM	INCONFORMIDADES
A.	A EEAT Joana D'Arc estava sem identificação.
B.	A estrutura física da EEAT Joana D'Arc não apresentava facilidade para os trabalhos de manutenção hidráulica, elétrica e civil (pouco espaço).
C.	Painel de comando/quadro de força demandava manutenção na EEAT Joana D'Arc.
D.	Não havia sinalização de risco de choque elétrico no painel de comando/quadro de força da EEAT Joana D'Arc.
E.	Ausência de bomba reserva na EEAT Joana D'Arc.
F.	Não havia sinalização de risco de choque elétrico no painel de comando/quadro de força da EEAT São Cristóvão.
G.	Ausência de bomba reserva na EEAT São Cristóvão.

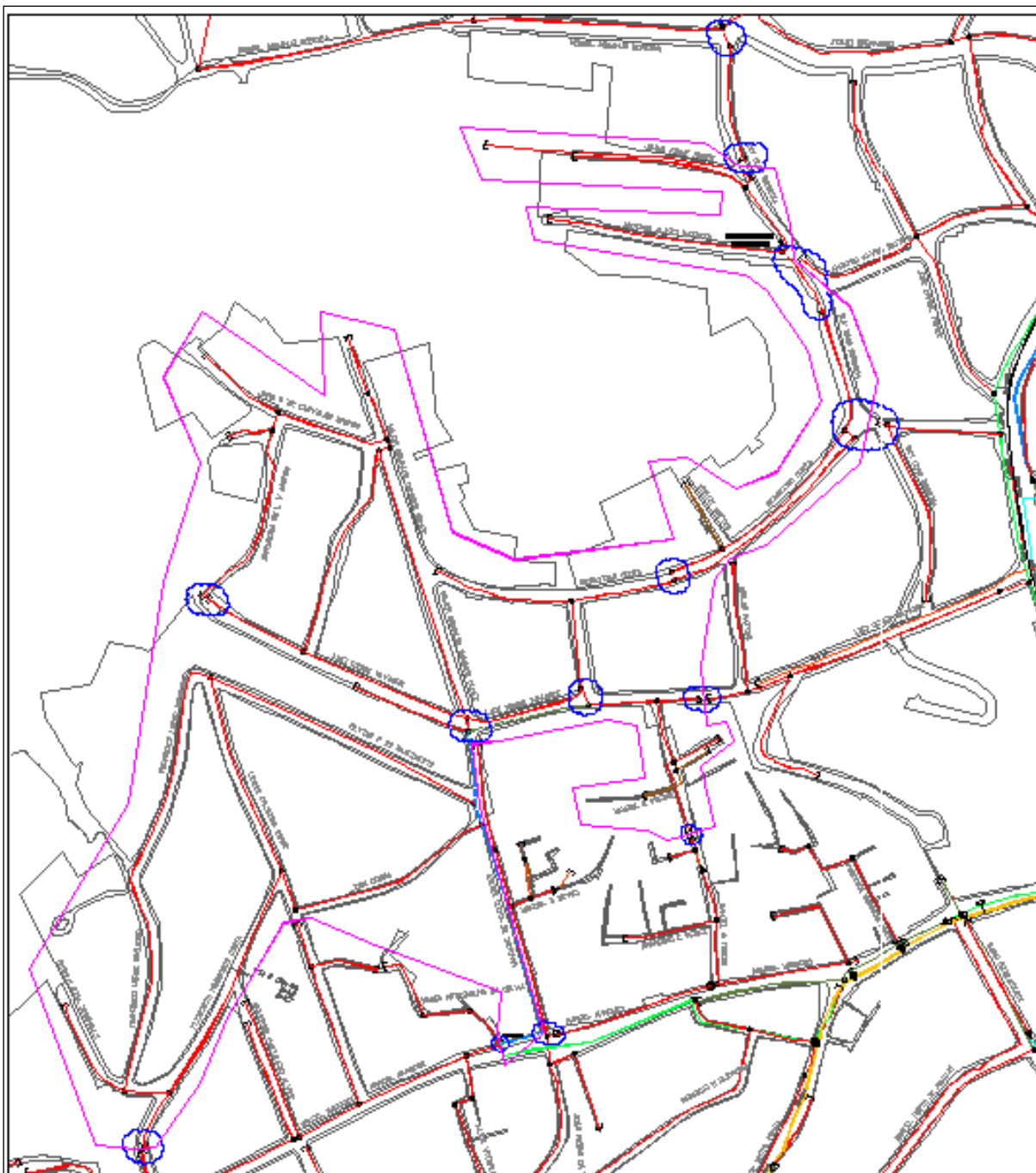
Fonte: CESAN/2018

As etapas para execução desse objetivo foram:

1. Estudo e proposta de melhorias na área de abastecimento (FIGURA 25).

Avaliou-se a possibilidade de isolar e interligar trechos de rede de modo a garantir a estanqueidade do polígono e equalizar a pressão no setor. Utilizado como apoio em campo para validar a situação da rede cadastrada no sistema da CESAN.

FIGURA 25 – IMAGEM DO CROQUI DE PROPOSTA DE MELHORIA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA EEAT SÃO CRISTÓVÃO POR MEIO DO AUTOCAD.



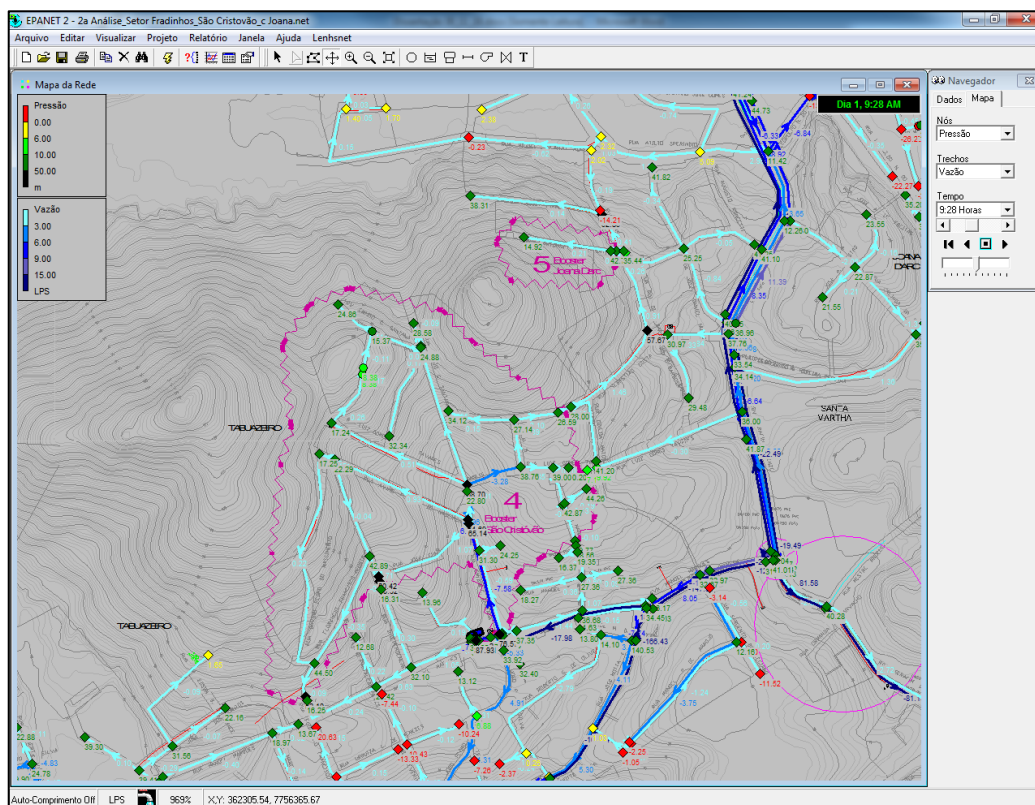
Fonte: CESAN/2018.

2. Simulação hidráulica da proposta de melhoria no abastecimento por meio de modelo matemático do EPANET (FIGURA 26).

Foi importada a proposta de melhoria feita no autoCad ao programa EPANET para simulação hidráulica da rede de abastecimento e obter vazões e pressões

referencias quando for realizado no campo. As variáveis para simulação no EPANET são dados calibrados pela Concessionário em 2012.

FIGURA 26 – IMAGEM DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA POR MEIO DO MODELO MATEMÁTICO EPANET.



Fonte: CESAN/2018.

3. Visita técnica no campo para validar cadastro e medir pressão instantânea em alguns cavaletes (FIGURA 27).

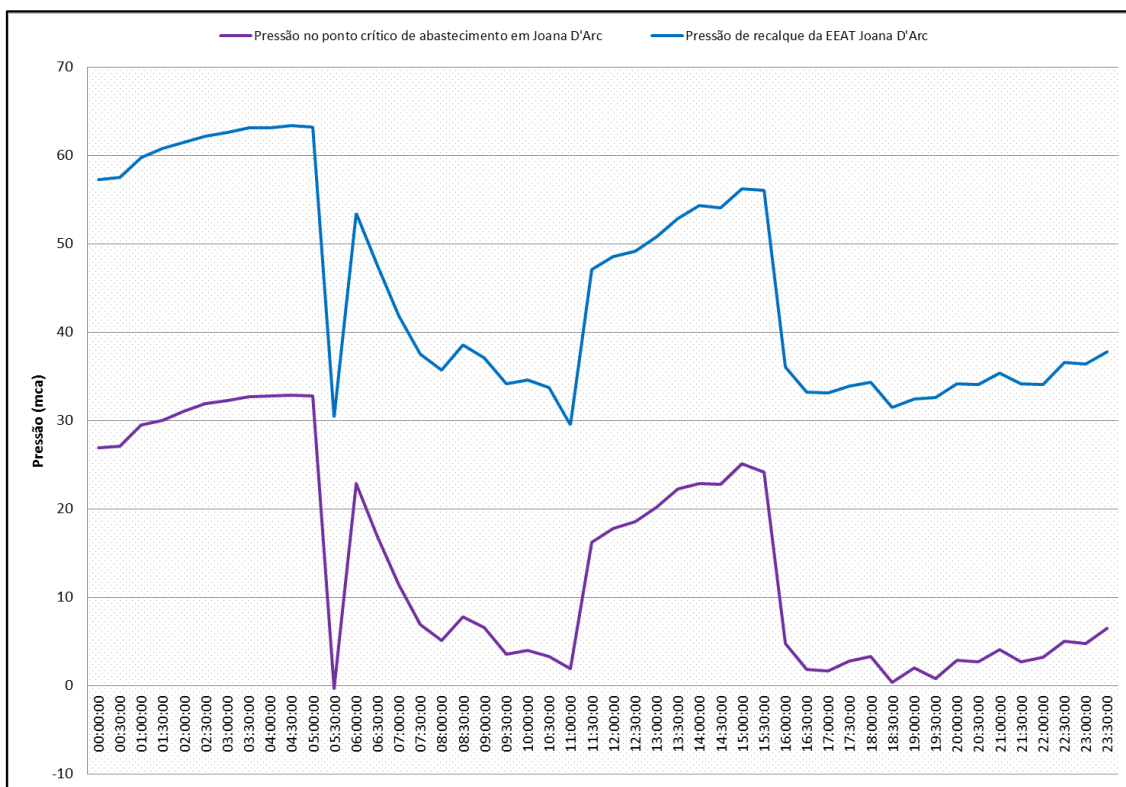
FIGURA 27 – MEDIÇÃO INSTANTÂNEA DE PRESSÃO EM CAVALETE.



Fonte: CESAN/2018.

4. Registro de pressão por 24 horas no recalque da elevatória e ponto crítico de Joana D'Arc (GRÁFICO 3) – antes da interligação.

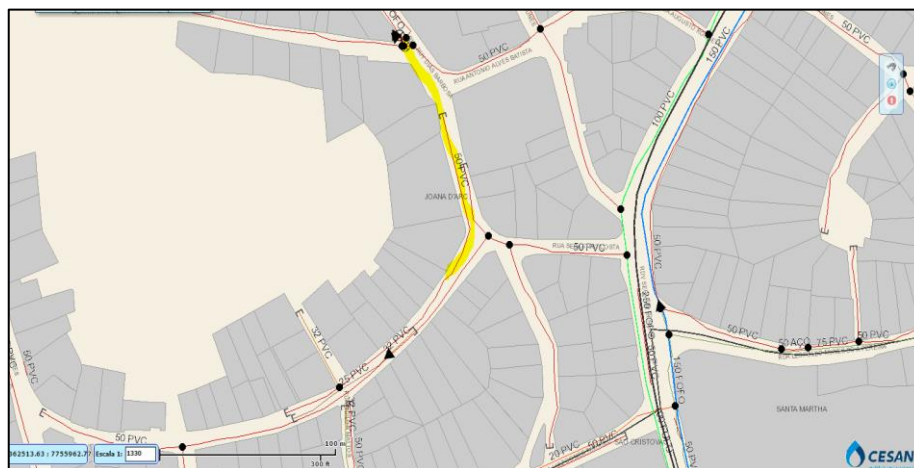
GRÁFICO 3 – MONITORAMENTO DE PRESSÃO NO RECALQUE DA EAT JOANA D'ARC E PONTO CRÍTICO POR 24 HORAS.



Fonte: CESAN/2018.

5. Execução de rede que interliga a rede de recalque da EEAT São Cristóvão a rede de recalque da EEAT Joana D'Arc (FIGURA 28);

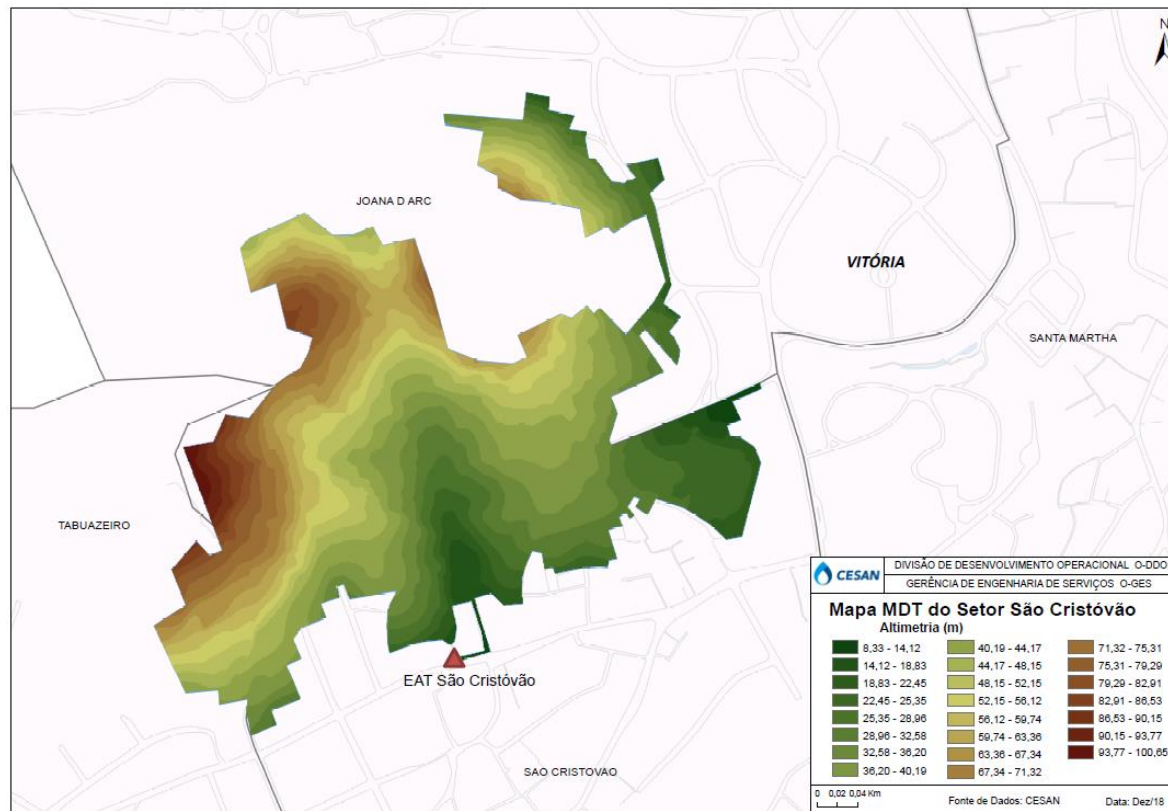
FIGURA 28 – CROQUI DO TRAÇADO DE REDE DE INTERLIGAÇÃO ENTRE EAT SÃO CRISTÓVÃO E JOANA D'ARC. (PROCESSO DE MELHORIA NO ABASTECIMENTO DO SETOR)



Fonte: CESAN/2018.

6. Confecção do mapa de pressão pelo método MDT (Modelo Digital de Terreno) pela Divisão de Desenvolvimento Operacional (O-DDO/CESAN).

FIGURA 29 – MAPA MDT DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO.



Fonte: CESAN/2018.

7. Elaboração do mapa e cálculo da pressão média do setor, em conjunto com a unidade de cadastro técnico da concessionária, conforme recomendações do Guia da AESBE, volume 6 – Quantificação de Perdas Reais (Figura 30).

A pressão média do setor define-se como aquela que se obtém em um ponto médio da superfície piezométrica do setor. É obtida pelo método das cotas ponderadas, recomendado por Lambert, cujo procedimento de cálculo tem basicamente três passos:

1º Passo: Calcula-se a cota média ponderada:

O QUADRO 16 apresenta o resultado do cálculo da cota média do setor São Cristóvão, cuja metodologia foi dividir o polígono por faixas de cotas de 4 m de amplitude; quantificar o número de ligações em cada faixa por meio do ArcGIS (A) e calcular a cota média de cada faixa (B). Finalmente, realizar o cálculo da média

ponderada em que se dividiu o produto entre número (A) e número (B) pelo número (A) e obteve-se a cota média ponderada pela quantidade de ligações, no caso 41,95 m.

QUADRO 18 – CÁLCULO DA COTA MÉDIA DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO

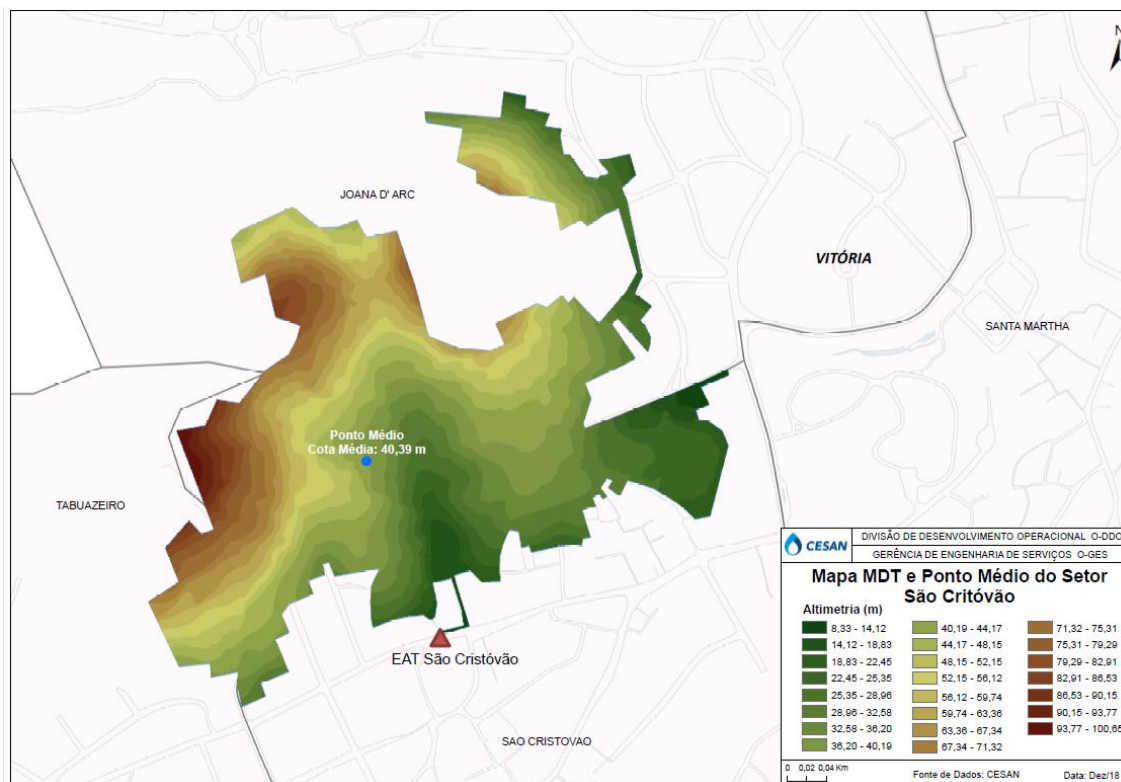
SETOR DA EAT SÃO CRISTÓVÃO		
Nº Ligação (A)	Cota média (B)	(A)x (B)
1	10,95	10,95
3	15,793	47,38
20	18,246	364,92
26	22,03	572,79
31	25,905	803,05
37	30,216	1117,99
52	34,087	1772,52
61	38,001	2318,08
65	41,777	2715,53
29	46,079	1336,28
37	49,932	1847,48
26	53,828	1399,54
23	58,204	1338,69
16	61,793	988,69
7	65,526	458,68
9	69,946	629,51
18	73,923	1330,61
8	77,911	623,29
469	Total	19675,98
Cota ponderada = (A x B) / A		
Cota ponderada =		41,95 m

Fonte: CESAN/2018.

2º Passo: Dentro do setor identifica-se o ponto conveniente para monitoramento que tenha cota igual à cota média ponderada calculada. Será o ponto médio do setor (FIGURA 30);

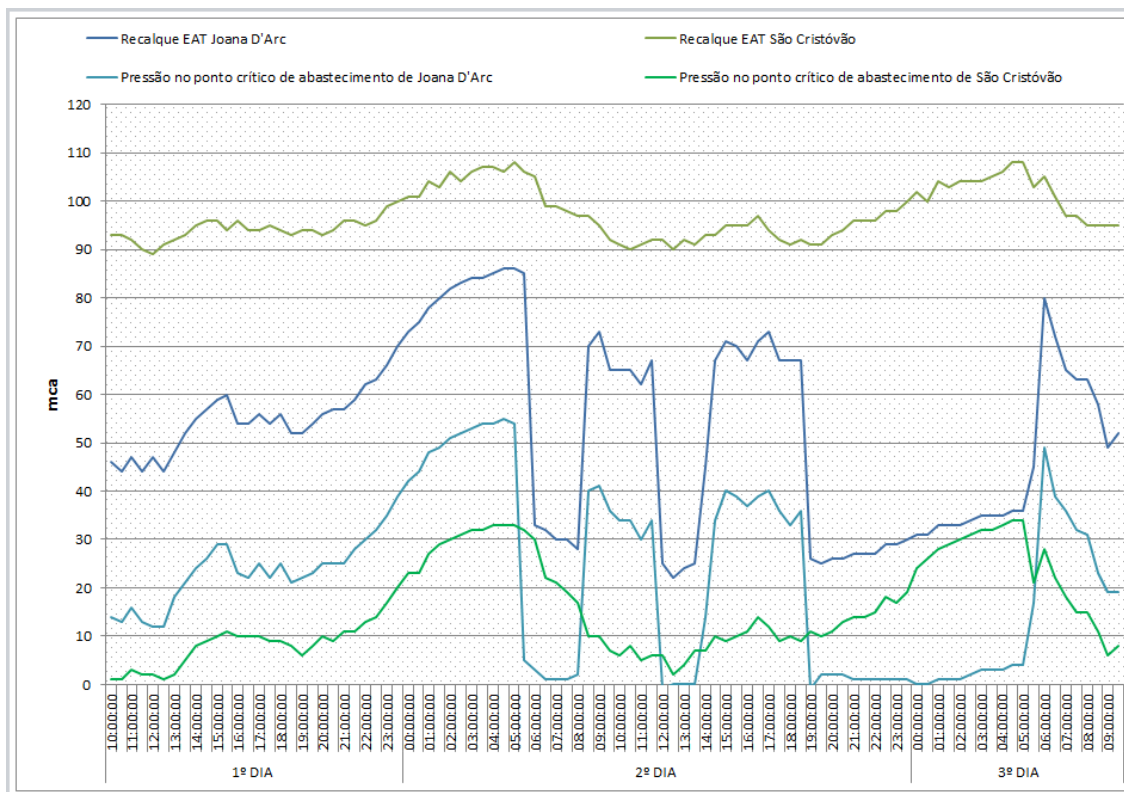
3º Passo: Monitorar a pressão no Ponto Médio por 24 horas que será a pressão média do sistema. Portanto, para esse passo, monitorou as pressões nos pontos críticos, recalque e sucção da EAT São Cristóvão por 72 horas, com a finalidade de validar as seis etapas antecedentes neste estudo, em que se percebeu a necessidade de nova investigação em campo para justificar a perda de carga no setor que não garantia o abastecimento contínuo nos pontos críticos (GRÁFICO 4).

FIGURA 30 – MAPA MDT E PONTO MÉDIO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO – CONFORME RECOMENDAÇÕES DO GUIA DA AESBE.



Fonte: CESAN/2018.

GRÁFICO 4 – MONITORAMENTO DA PRESSÃO NOS PONTOS CRÍICOS POR 72 HORAS.



Fonte: CESAN/2018.

A concessionária elaborou e aplicou um **quarto passo** ao procedimento da AESBE - cálculo da pressão média de cada ligação (hidrômetro) contido no setor (FIGURA 31). O método foi aplicação da equação de altura manométrica simplificada (9) entre a elevatória e cada ligação. A perda de carga total foi desprezada, devido a deficiência no cadastro técnico dos dispositivos e acessórios da rede de distribuição do setor.

$$H_m = H_0 + \frac{P_r - P_s}{\gamma} + \Delta H \quad (9)$$

Onde:

H_m = altura manométrica, em m;

H_0 = desnível geométrico, em m.

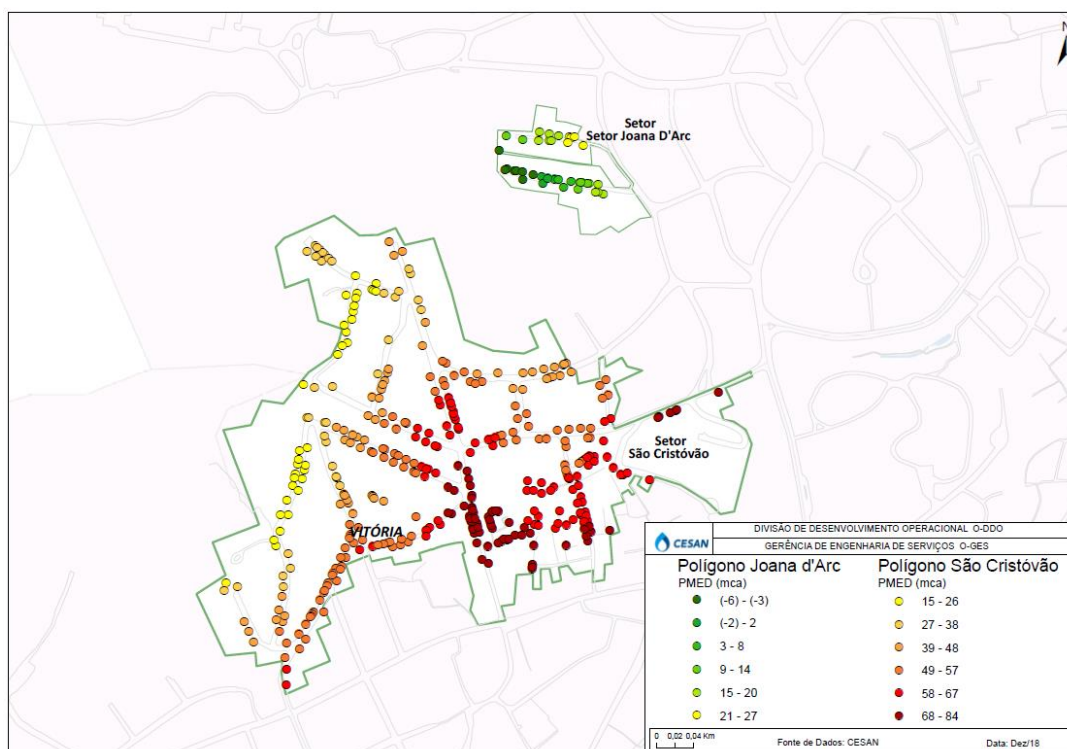
P_r = Pressão de recalque, em mca;

P_s = Pressão de sucção, em mca;

γ = peso específico da água, em mca;

ΔH = perda de carga total, em m.

FIGURA 31 – MAPA DE PRESSÃO MÉDIA POR LIGAÇÃO – ANTES DAS MELHORIAS.



Fonte: CESAN/2018.

Esse passo não será foco de discussão e análise para este estudo, porém possibilitou à CESAN uma oportunidade de melhoria e avanço nos processos operacionais e diagnóstico para combate as perdas reais.

8. Identificação da causa de pressão baixa nos pontos críticos.

Foi necessária nova pesquisa em campo por meio de medição de pressão instantânea entre o recalque da elevatória São Cristóvão e Joana D'Arc, análise de altura manométrica por meio do cadastro técnico e no campo para compreender a anomalia de pressão baixa registrada no gráfico.

Com isso, foi identificado pontos no recalque entre as elevatórias com pressões reduzidas e através de sondagem de rede, identificou um estrangulamento de rede DN 50 para DN 32 na Rua Sebastião Costa e após um alargamento de seção de rede DN 32 para DN 50, que seria a possível causa da perda de carga e conseqüentemente queda de pressão no ponto crítico. Foi realizada a substituição do trecho de rede DN 32 por DN 50, relocação dos ramais e um novo registro de pressão que será apresentado no capítulo 4, como resultado.

9. Teste de estanqueidade do polígono - após melhorias;

O teste de estanqueidade consiste em validar o traçado do polígono por meio de quatro passos, conforme procedimento da CESAN (2018):

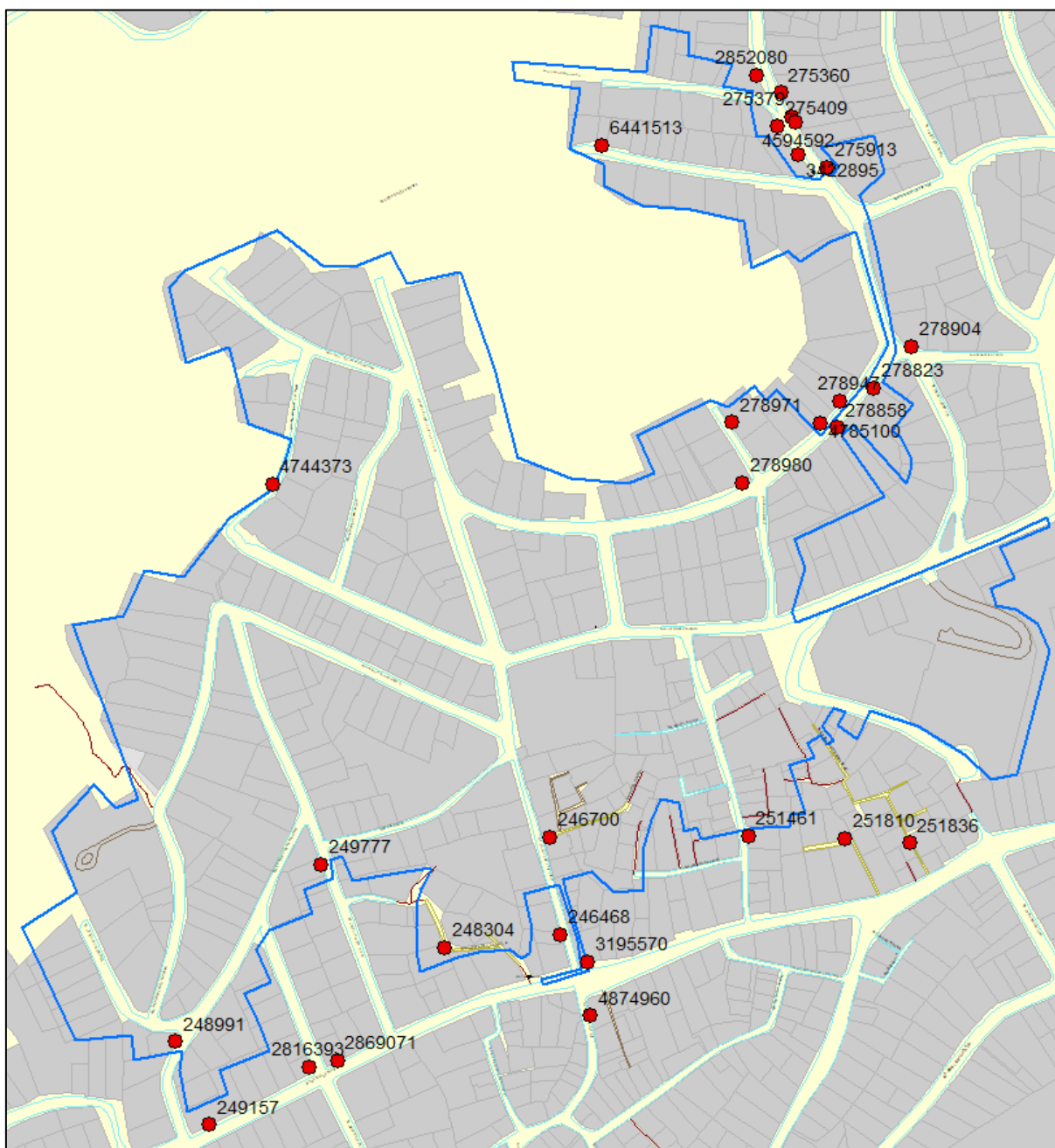
1º passo: traçar o polígono primitivo do setor com base nas ramificações de rede, capeamentos e limites de lotes.

2º passo: selecionar as ligações suspeitas e limítrofes do polígono para medir pressão, incluir no formulário de Varredura (FIGURA 33) as informações de altitude conforme a base georreferenciada da CESAN.

3º passo: medir e anotar no formulário de Varredura o horário, pressão e observações necessárias das ligações selecionadas durante a operação do sistema de abastecimento.

4º passo: medir e anotar no formulário de Varredura o horário, pressão e observações necessárias das ligações selecionadas durante a paralisação da operação do sistema de abastecimento.

FIGURA 32 – PONTOS PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE DO POLÍGONO DA EAT SÃO CRISTÓVÃO – APÓS MELHORIAS.



Fonte: CESAN/2018.

FIGURA 33 – FOLHA DE VARREDURA PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE DO POLÍGONO DA EAT SÃO CRISTÓVÃO – APÓS MELHORIAS.

Folha de varredura para Estanqueidade de Polígono																		
Local: EAT JOANA DARC E SÃO CRISTÓVÃO													Data: 11/04/2018					
Ponto	Evento	Nº	HD	11/abr		12/abr		18/abr		19/abr		15/mai		17/mai		Altitude	Carga	Referências/Observações
				Pressão	Hora	Pressão	Hora	Pressão	Hora	Pressão	Hora	Pressão	Hora	Pressão	Hora			
EEAT			EAT SÃO CRISTÓVÃO RECALQUE	92	14:30			93	13:40						13		Suc 42 (11/04) Suc 40 (18/04)	
EEAT			EAT SÃO CRISTÓVÃO RECALQUE					88	14:55					85	14:00		SUC 34 (18/04); SUC 40 (17/05); SUC 35 (17/05)	
01			Y07N304331	42	14:30										13		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
			Y17S304162	42	14:30										12		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
PC			Y09B098421	21	14:30	14	10:52								73		PONTO CRÍTICO DE SÃO CRISTÓVÃO.	
				17	16:17									4	14:00		11/04 - EEAT Joana D'Arc desligada com manobra de EEAT São Cristóvão	
																	17/05 - EEAT Joana D'Arc desligada com manobra	
03			Y10N323629	60	15:00										23		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
				47	16:15												EEAT Joana D'Arc desligada com manobra de EEAT São Cristóvão	
PC			Y14S314981	29	15:15										59		PONTO CRÍTICO JOANA D'ARC - EEAT Joana D'Arc ligada	
				0	15:19												EEAT Joana D'Arc desligada	
				11	15:43	11	15:43							17	14:00		17/05 - EEAT Joana D'Arc desligada com manobra de EEAT São Cristóvão	
04			Y10N178457					20	14:00						27		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
05			Y17S764817					35	13:45						16		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
06			Y12F139434					35	13:48						17		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
07			Y07N314038					30	13:55						21		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
08			Y17S580067					30	13:55						22		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
09			Y17S924367					25	14:00						24		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
10			Y13S871650					37	14:00						26		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
11			Y12F155242					30	14:10						17		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
			A14B027596					35	14:15						27		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
13			Y16N336852					35	14:15						31		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
14			Y05L224013					25	14:20						32		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
15			Y08N258483					26	14:30						48		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
16			Y06L595244					60	14:40								Não localizado no GIS	
17			Y17S923341					20	15:25			23	10:00		21		EEAT São Cristóvão Desligada - Fora da área de influência	
												21	13:56				EEAT São Cristóvão Ligada	
18			Y13S644411					71	14:50						17		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
19			Y16N139609					80	14:58						25		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
20			Y13S519189					33	15:10						19		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
21			Y17S787422					28	15:18						29		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
22			Y13S517504					30	15:15						20		Fora da área de influência da EEAT São Cristóvão	
23			Y13S517513					60	15:05						33		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
24			Y06L562822							51					41		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
25			Y17S470302							33					46		Perlence à área de influência da EEAT São Cristóvão	
26			Y13N233521									45	10:00		12		EEAT São Cristóvão Desligada - Fora da área de influência	
																	EEAT São Cristóvão Ligada	
27			Y16N336990									38	10:00		20		EEAT São Cristóvão Desligada - Fora da área de influência	
												34	13:56				EEAT São Cristóvão Ligada	
28			Y09B087009									40	10:00		16		EEAT São Cristóvão Desligada - Fora da área de influência	
												39	13:56				EEAT São Cristóvão Ligada	
28			Y17S715346									12	10:00		39		EEAT São Cristóvão Desligada - Dentro da área de influência	
												50	13:56				EEAT São Cristóvão Ligada	
EEAT			EAT RESISTÊNCIA SUCCÃO						14:00						78		48%	

Fonte: CESAN/2018.

Os resultados e discussão sobre a desativação da Elevatória de Joana D'Arc, sob essa metodologia aplicada, com o objetivo de garantir abastecimento contínuo no setor será apresentado no Capítulo 4.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem o propósito de apresentar os resultados de cada objetivo específico diante das respectivas metodologias aplicadas e discuti-los com base na revisão bibliográfica.

A ordem dos resultados e discussão obedecerá a que foi listada no Capítulo 1:

- Quantificar, classificar e analisar os índices de desempenho de perda real de água no sistema de abastecimento de Vitória entre os anos de 2014-2017.
- Identificar as causas fundamentais e estimar o volume perdido de água através dos vazamentos visíveis com a aplicação do Formulário de Falhas no período entre outubro e novembro de 2016.
- Apresentar o estudo aplicado de desativação da elevatória de Joana D'Arc que teve o propósito de garantir o abastecimento contínuo.

Os resultados vêm responder as questões levantadas nesse estudo, sobretudo, ratificar que o controle e a redução de perdas são atividades bastante complexas. Uma grande deficiência é a falta de diagnósticos precisos sobre suas causas, portanto, a definição de metodologia adequada e uso de boas ferramentas torna-se importante para a tomada de decisão sobre as ações destinadas ao combate de perdas de água sendo fundamental para um bom diagnóstico (VIEGAS, 2005)

4.1. NÍVEL DE DESEMPENHO DE PERDA REAL NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE VITÓRIA 2014-2017

O nível de desempenho de perdas reais é medido por meio dos indicadores de desempenho (IDs), propostos pela IWA, constituem valiosa ferramenta para a avaliação sistemática da eficiência dos sistemas de abastecimento de água (ABES, 2013). Neste item é apresentado o valor, a classificação e análise sobre o nível de eficiência da gestão e operação do sistema de abastecimento do município de Vitória em relação às perdas reais no quadriênio 2014-2017.

O conceito de perdas reais foi definido no Item 2.1.1 sendo a água subtraída do sistema que não é consumida pelo cliente final, em outras palavras, é a diferença

entre o volume distribuído (VD) no sistema e volume utilizado (VU) pelo cliente. Portanto origina-se em vazamentos que ocorrem após o tratamento, passando pelo reservatório até a distribuição. Acrescentando-se a essas duas grandezas que compõem os IDs de perdas reais tem-se a pressão média operacional (P), volume de água de serviço (AS) usado para atividades operacionais, comprimento total de rede (Lm), comprimento total de ramal (Lp) e número de ligações (Nc), que foram quantificadas para compor o cálculo dos indicadores IPL, IPD, PRAI e IVI.

4.1.1. Volume distribuído (VD)

Trata-se do volume de água tratada e distribuída ao sistema de abastecimento de Vitória, é medido através de macromedidores de vazão na saída das ETAs que compõem o sistema de abastecimento e transmitido diariamente por meio de equipamentos de automação e telemetria ao sistema de dados na CESAN. Que permite gerenciar e analisar o desempenho do sistema em tempo real e passado, como neste caso, o histórico do quadriênio pelo SIMP.

Os macromedidores principais que compõem o volume total do município de Vitória são (item 3.1.2): DN 800 (Zona Norte e Polo Industrial), DN 600 (ETA I para Santa Clara) e DN 800 (ETA II para Vitória Cobi), embora se tenha os macromedidores setoriais DN 500 – Jardim Camburi, DN 500 – Polo Industrial e DN 700 Goiabeiras, que não são considerados no cálculo do volume total. Esses macromedidores são calibrados a cada seis meses ou anualmente, conforme procedimento da concessionária - Calibração e Ajuste de Macromedidor (ANEXO B), cujo valor padrão para manutenção no medidor ou na configuração da telemetria é fornecido por meio de outro procedimento operacional da concessionária – Medição de Vazão Instantânea (ANEXO C). A calibração inclui o cálculo dos desvios em porcentagem entre a vazão instantânea macromedida (Macro) e a vazão instantânea medida na Estação Pitométrica (EP). O QUADRO 19 apresenta os desvios dos macromedidores para o quadriênio:

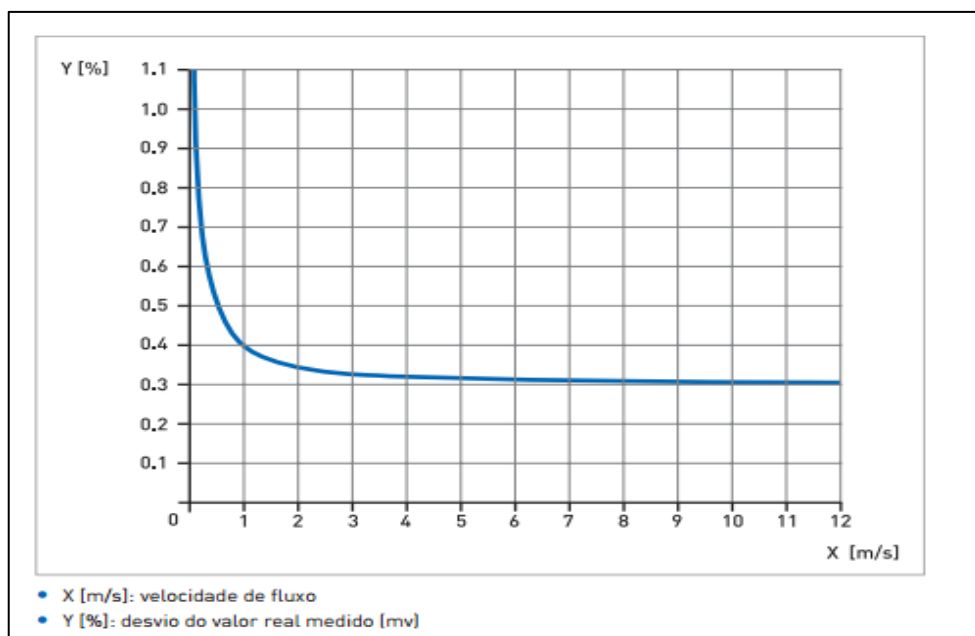
QUADRO 19 – CALIBRAÇÃO DOS MACROMEDIDORES COM AUXÍLIO DE ESTAÇÃO PITOMÉTRICA (EP)

CALIBRAÇÃO DOS MACROMEDIDORES							
SISTEMA	SETOR	2014/1	2014/2	2015/1	2015/2	2016	2017
		Desvio Macro x EP	Desvio Macro x EP	Desvio Macro x EP	Desvio Macro x EP	Desvio Macro x EP	Desvio Macro x EP
ETA I	Santa Clara	-5,97%	-9,09%	-8,51%	-12,16%	-12,23%	-5,37%
ETA V	Zona Norte	1,83%	-	-1,67%	-3,73%	-6,23%	-5,81%
ETA II	Vitória Cobi	-5,50%	-7,29%	-3,13	-2,35%	-2,92%	1,06%

Fonte: CESAN/2018.

Logo, comparando apenas os desvios, observa-se que não existe uma linearidade ou tendência anual das porcentagens, mas, nota-se que a maioria dos macromedidores está medindo a mais que o valor padrão (EP). Os três medidores são de mesmo fabricante e modelo, o GRÁFICO 5 apresenta a curva de precisão desses medidores, com as condições de referência conforme apontado pelo manual técnico do fabricante:

GRÁFICO 5 – CURVA DE PRECISÃO DO MACROMEDIDOR ELETROMAGNÉTICO



Fonte: Manual técnico do fabricante/2008

As condições de referência do fabricante sobre o macromedidor eletromagnético são:

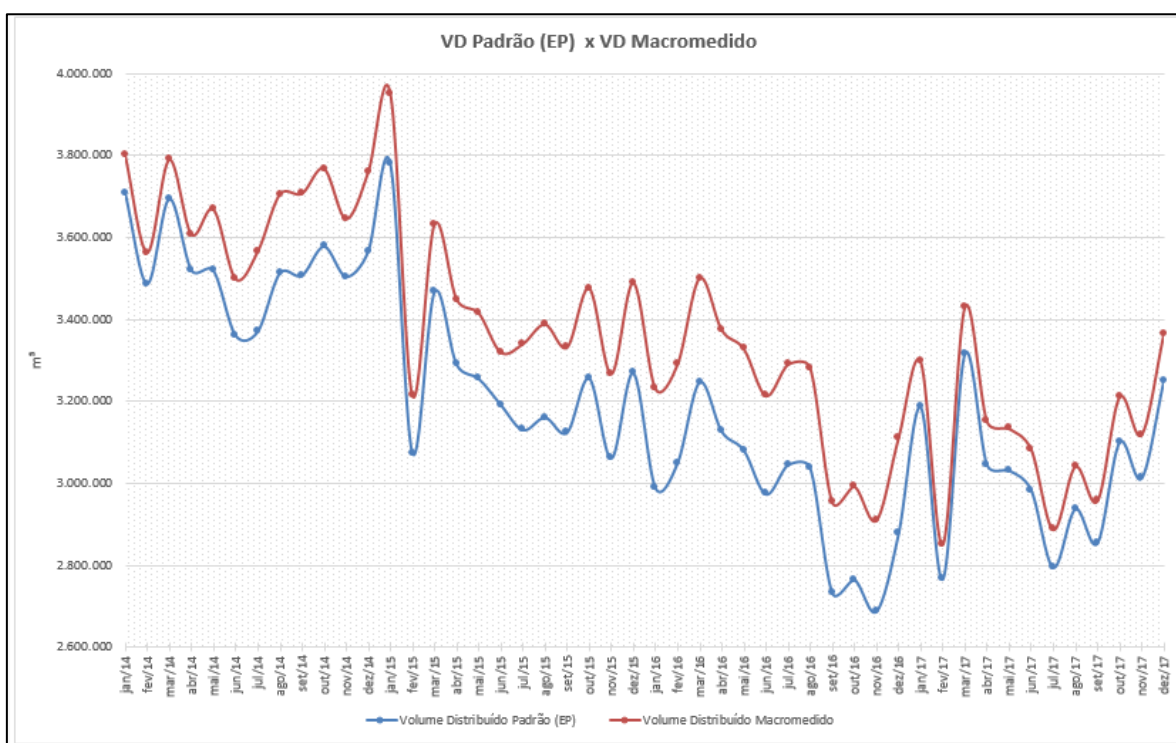
- O medidor deverá estar instalado a distância mínima de 05 vezes o diâmetro da adutora (>4m, para esses casos);

- Pressão mínima deverá ser igual à 10mca;
- Temperatura de 20° C;
- Fluido elemento água;
- Velocidade acima de 6m/s permitiria um erro constante de 0,3%.

Para a condição de velocidade máxima no conduto de água para abastecimento ser de 6m/s, a vazão mínima necessária seria de 3,02 m³/s com o erro admissível de 0,3%. A vazão média diária desses medidores são 0,45, 0,35 e 0,45 m³/s, têm-se a velocidade média entre 0,7 e 0,9m/s, o que contribui para o erro/desvio ficar fora da curva de referência (GRÁFICO 6).

Caso os desvios empiricamente encontrados entre o volume lido nos macromedidores e EP (Estação Pitométrica) fossem considerados no cálculo do volume total distribuído no município de Vitória, o VD seria menor, visto que, a velocidade é baixa e permite o erro. O Gráfico 6 apresenta as duas situações: o VD mensal acumulado no macromedidor e o VD padrão mensal (caso fosse considerado o desvio na leitura do macromedidor). A diferença entre esses volumes acumulado no quadriênio é de -8.425.470m³.

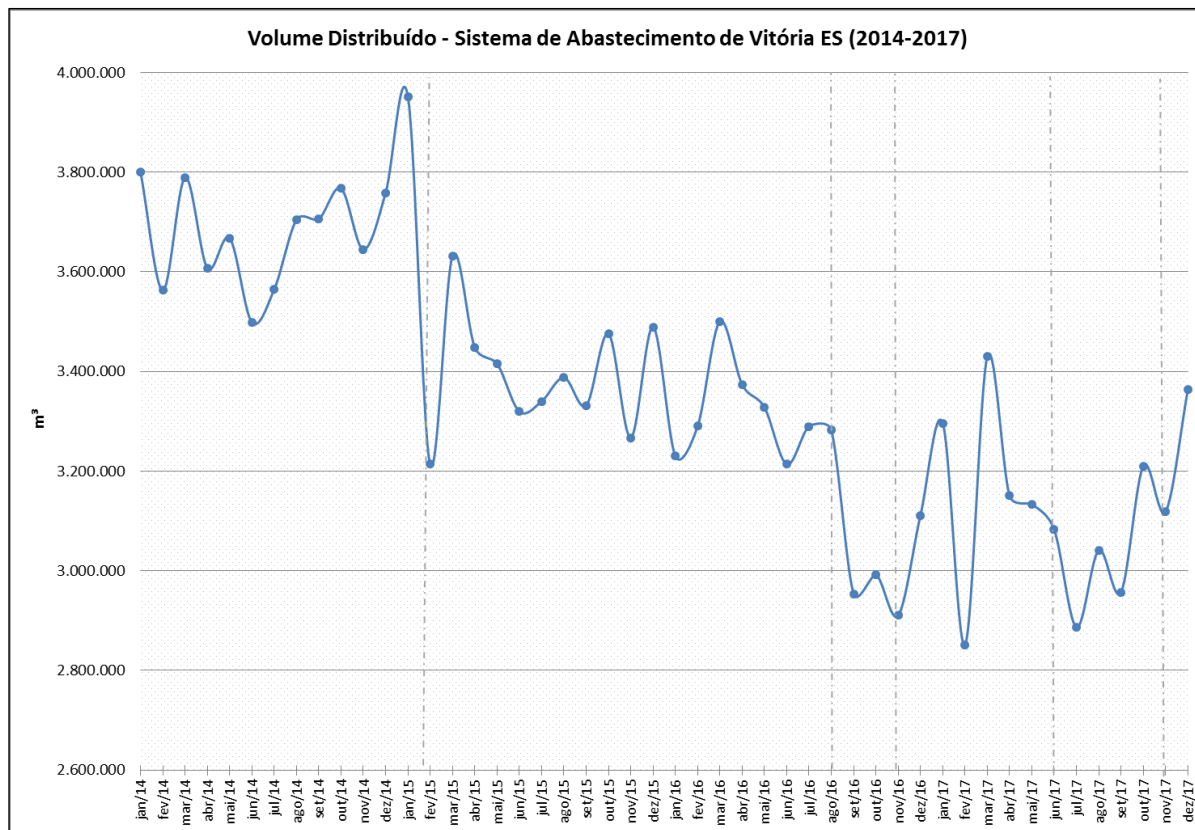
GRÁFICO 6 – COMPARAÇÃO ENTRE O VOLUME DISTRIBUÍDO PADRÃO (EP) E O VOLUME DISTRIBUÍDO MACROMEDIDO.



Fonte: CESAN/2018.

Portanto, o resultado de VD considerado neste item foi o VD lido no macromedidor e fidedigno à fonte (GRÁFICO 7).

GRÁFICO 7 – HISTÓRICO DO VOLUME DISTRIBUÍDO 2014-2017.



Fonte: CESAN/2018.

O GRÁFICO 7 permite observar três momentos histórico de redução no volume distribuído no município de Vitória, que se destacam:

- Em fevereiro de 2015 o Governo do Estado por meio do Decreto Nº 3779-R DE 04/02/2015 dispôs diretrizes para redução do consumo e uso racional da água pelos órgãos e entidades do poder Executivo do Estado do Espírito Santo, afetando muito o abastecimento público, porque nesta época decretou-se escassez hídrica no Estado.
- Entre agosto de 2016 e novembro de 2016, também foi período de escassez hídrica no Estado, cujo Governo do Estado expediu Resoluções, através da Agência Reguladora de Recurso Hídrico (AGERH), com diretrizes e ações na redução no uso do recurso hídrico. A companhia praticou o rodízio no abastecimento nos bairros da Grande Vitória entre os sete dias semanais, em

que ora uma área era abastecida e ora outra área, a fim de atender essas resoluções.

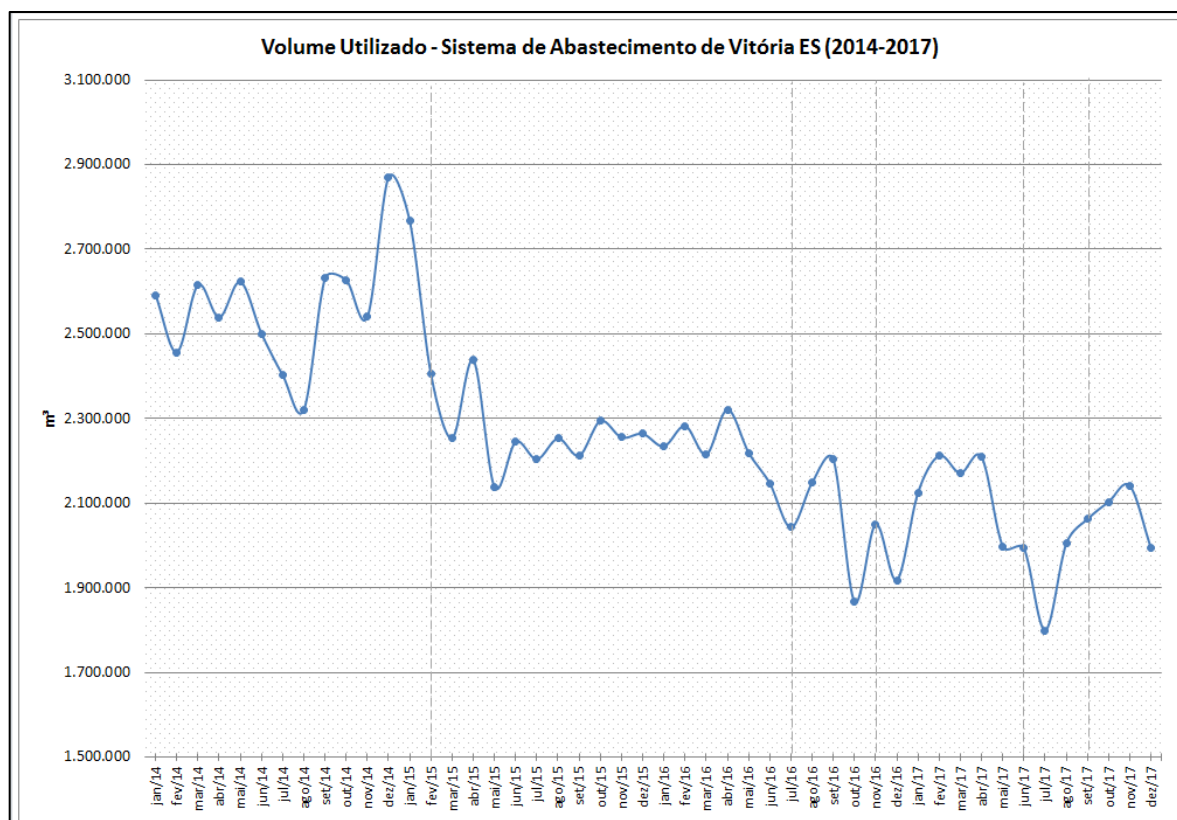
- Enquanto que nos meses entre junho de 2017 e setembro de 2017 foi um período atípico quanto às intempéries climáticas, sendo um período frio e chuvoso, proporcionando a redução do consumo de água e consequentemente a redução do volume distribuído.

Nesses últimos quatro anos, houve uma preocupação quanto ao uso da água distribuída pela concessionária, observa-se ainda que a redução em 2017 foi em torno de 15% em relação ao volume médio distribuído em 2014 (GRÁFICO 7).

4.1.2. Volume utilizado (VU)

O VU trata-se do volume micromedido por meio de leitura mensal dos hidrômetros das ligações ativas do município de Vitória. Não serão abordados, neste item, os erros de submedição dos hidrômetros e tampouco os volumes consumidos por meio de fraudes e ligações clandestinas.

GRÁFICO 8 – HISTÓRICO DO VOLUME UTILIZADO 2014-2017



Fonte: CESAN/2018.

Av. Fernando Ferrari S/N, Campus Universitário, Goiabeiras - Vitória - ES - CEP 29060-970 - Tel./Fax (27) 3335 2677

O GRÁFICO 8 apresenta o histórico do VU mensal do quadriênio 2014-2017, observa-se que as datas marco assemelham-se às datas marcos no histórico de VD (GRÁFICO 7), o que atesta a relação direta entre essas variáveis. É notório no Gráfico 8 que a partir de 2015, ano de crise hídrica, a população se conscientizou sobre a importância do uso sustentável da água, devido à constância no patamar do volume utilizado em torno de 2,2mil m³/mês. No ano de 2017, embora não apresentando um comportamento constante, houve redução no consumo na faixa de 3% em relação a 2016.

Essa redução do VU é contrária quanto às estratégias de combate às perdas no sistema, em que a eficiência seria o aumento de VU e redução de VD. O controle de VU está relacionado diretamente com o controle de perdas aparentes, processos de comercialização e de relacionamento com os clientes. E as causas essenciais e fundamentais que reduzem o VU configuram basicamente em: impedimento de leitura de hidrômetros; submedição de hidrômetros; cadastro comercial desatualizado; hidrômetros parados; ligações clandestinas e fraudes.

4.1.3. Variáveis Operacionais

As variáveis operacionais estão demonstradas no QUADRO 20 e, representam os valores acumulativos de cada ano do quadriênio, e junto estão aquelas que compõem o cálculo dos indicadores de desempenho de perdas reais: IPD, IPL, ILI e PRAI.

QUADRO 20 – VARIÁVEIS OPERACIONAIS PARA O CÁLCULO DOS IDS DE PERDAS REAIS

Variáveis Operacionais	Unid.	2014	2015	2016	2017
Lm	km	827,89	842,57	850,89	855,86
Nc	unid.	57.293	57.663	57.683	55.725
Lp	km	401,05	403,64	403,78	390,08
P	mca	42	43	42	43
Variáveis Complementares	Unid.	2014	2015	2016	2017
VD	m ³	44.072.835	41.272.600	38.476.250	37.522.063
VU	m ³	30.723.638	27.732.181	25.655.346	24.818.337
AS	m ³	59.597	34.792	64.431	314.599

Fonte: CESAN/2018.

Das variáveis operacionais apresentadas no QUADRO 20, o número de ligações (Nc) e o comprimento total de ramal (Lp), apontam decréscimo de 3% entre 2016 e

2017. Esse decréscimo deve-se a recessão econômica e financeira do país, o que provocou a inativação dessas ligações por débito e supressão do ramal. O comprimento de rede (Lm) sofre acréscimo pouco expressivo anualmente, porque o sistema de abastecimento de Vitória é concentrado e a ocupação do espaço urbano é verticalizada, o que explica também o pouco crescimento no número de ligações (Nc).

Enquanto que a variável pressão média (P) do sistema de abastecimento de Vitória encontra-se estável e próximo da máxima de 40mca, conforme orientações da NBR12218 e a topografia do relevo do município de Vitória. Esse valor da pressão média operacional advém da média anual dos pontos de monitoramento contido no SIMP.

O fato do volume de água de serviço (AS) ter sido expressivo no ano de 2017, deveu-se ao volume de água recuperada em decorrência da detecção de ligações clandestinas e fraudes, com incidência retroativa no período de análise.

4.1.4. Indicadores de desempenho de perdas

Conhecidos os valores das variáveis que compõem o cálculo dos IDs de perdas reais para o sistema de abastecimento de Vitória, aplicam-se as respectivas equações apontadas no QUADRO 01, que permite a classificação do nível de desempenho do abastecimento de Vitória no quadriênio (QUADRO 21).

QUADRO 21– IDS DE PERDAS NO SDA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA 2014-2017.

Indicador de Desempenho	Unid.	2014	2015	2016	2017
IPL	L/lig. x dia	638,07	643,52	603,76	600,02
IPD	%	30,2%	32,8%	33,2%	33,3%
PRAI	L/dia	8.174	8.326	8.212	8.191
IVI	-	12,81	12,94	13,60	13,65

Fonte: CESAN/2018

Ao analisar os valores do indicador de IVI (média 13,25), IPL (média 621,34 L/lig. dia) e pressão média de 42mca do sistema de abastecimento de Vitória, o nível de desempenho técnico de combate à perda real classifica-se na categoria C, conforme QUADRO 06 (item 2.2.2). Para essa categoria, o BIRD descreve que o sistema é:

- Deficiente no combate a vazamentos, porém pode ser tolerável se o sistema tenha muita água a preço muito baixo.
- Deficiente na análise do nível e da natureza dos vazamentos;
- Deficiente em intensificar os esforços para redução de vazamentos.

O BIRD também faz recomendações técnicas para o nível de desempenho técnico C que podem ser aplicadas no Sistema de Abastecimento de Vitória:

- Investigação das opções de melhoria do gerenciamento de pressão;
- Investigação das possibilidades de melhoria da rapidez e qualidade dos reparos;
- Introdução / melhoria do controle ativo de vazamentos;
- Identificação de opções para melhorar os procedimentos de manutenção;
- Revisão das frequências de vazamentos;
- Revisão das políticas de gerenciamento de infraestrutura (ativos);
- Redução das deficiências de mão de obra, treinamento e comunicações;
- Planejamento quinquenal para alcançar melhor enquadramento nas categorias de desempenho.

Ao avaliar apenas o indicador IVI com base no QUADRO 5 (item 2.2.2), conclui-se que o uso da água não é eficiente no sistema de abastecimento de Vitória, porque o valor médio foi de 13,25, acima da meta recomendada pela AWWA de 8,0. Logo, comprova a necessidade de intensificar as ações sobre o gerenciamento de infraestrutura.

O resultado do IPD calculado neste estudo confirma o disponibilizado pelo SNIS referente ao ano de 2016 (QUADRO 12, item 2.6), que foi 33,2% para a capital do estado do ES – Vitória. Esse indicador praticamente se manteve na mesma faixa no ano de 2017, mostrando que não houve grandes avanços nas estratégias

diretamente relacionadas ao controle operacional e gerencial das perdas de água, que se comprova pelo indicador PRAI, cujo volume perdido por dia manteve na faixa de 8.200L/dia.

Os resultados demonstram a necessidade de a concessionária atuar em ações para a melhoria da gestão, a sustentabilidade da prestação de serviços, a modernização dos sistemas, à qualificação dos trabalhadores, dentre outras. Tais ações estão intimamente relacionadas à eficiência da administração e ao gerenciamento das perdas de água.

Ao considerar os desvios entre os VD macromedido e VD padrão (item 4.1.1), os mesmos valores das demais variáveis operacionais (QUADRO 20) que compõem as fórmulas dos indicadores IPD e IPL, teria diferenças expressivas nos resultados (QUADRO 22). Todas as variáveis são passíveis de erro de medição, ou seja, todas possuem um desvio entre o valor medido e o real, para tanto seria preciso conhecer parâmetros de referência para auxiliar na análise e comparação dos outros IDs:

QUADRO 22– COMPARAÇÃO ENTRE INDICADORES MEDIDOS E INDICADORES CORRIGIDOS

INDICADORES	2014	2015	2016	2017
IPD macromedido (%)	30,2%	32,8%	33,2%	33,3%
IPD padrão (%)	27,3%	28,9%	27,8%	31,0%
IPL macromedido (L/lig. dia)	638	644	604	600
IPL padrão (L/lig. dia)	554	538	468	540

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A classificação do nível de desempenho técnico no combate às perdas reais não seria alterado, caso fosse efetivado o valor médio padrão do IPL em 525 l/ligxdia para uma pressão média operacional de 40mca. Isso implica dizer que além do controle de VD no sistema é preciso intensificar ações em processos operacionais e comerciais, como: gerenciamento de pressão, controle ativo de vazamentos, melhor manutenção da rede de abastecimento e ampliação do número de ligações ativas, aumento de VU, respectivamente, o que possibilita uma classificação acima no nível de desempenho.

Contudo, o QUADRO 22 aponta uma necessidade de estudo sobre a macromedição, a operação e funcionalidade dos equipamentos de medição de vazão, porque as leituras são relevantes e de extrema valia para o cálculo dos indicadores, a fim de

garantir uma análise mais efetiva sob o sistema, tanto na ótica operacional quanto de eficiência e eficácia da gestão.

Por fim, o estabelecimento de ações contínuas de redução e controle de perdas assegura benefícios em curto, médio e longo prazo para qualquer sistema de abastecimento. Métodos para avaliação destas perdas consistem no balanço hídrico e indicadores de desempenho, que permitiria traçar metas para alcançar nível eficiente e eficaz no combate à perda. Para isso, são necessárias informações confiáveis para compor as fórmulas dos indicadores utilizados pela IWA e Banco Mundial e que propiciem diagnósticos incontestáveis e possibilitem orientar a definição de ações estratégicas de combate ao problema.

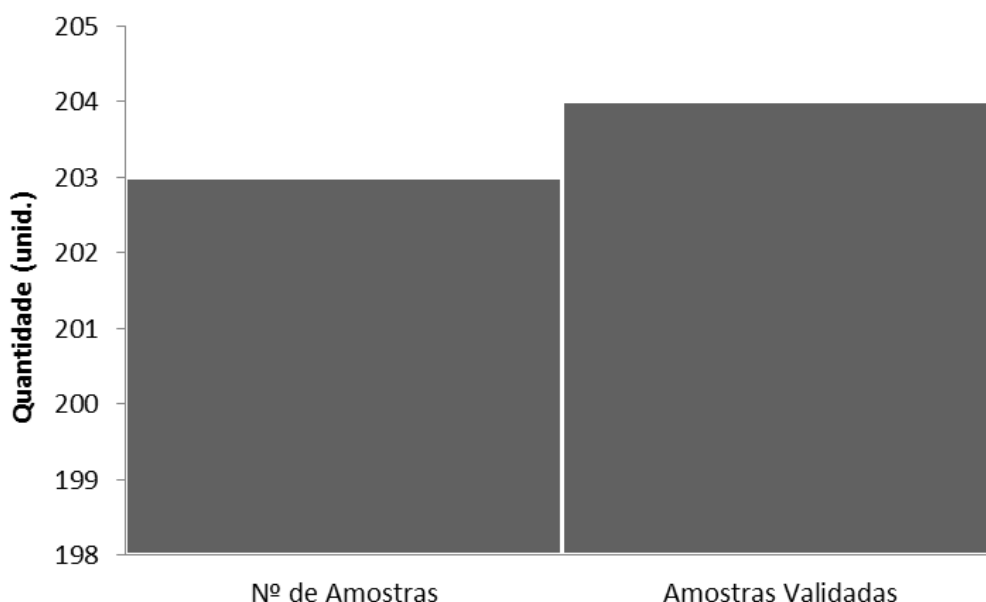
4.2. FATORES PRINCIPAIS E ESTIMATIVA DO VOLUME PERDIDO NOS VAZAMENTOS VISÍVEIS DO SDA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA - ES

Este capítulo tem o propósito de apresentar os resultados do estudo de caso por meio da aplicação do formulário de falhas pela CESAN em 2016, que é composto por três caixas de informações: do vazamento; do reparo e posições do vazamento, incluindo as combinações feitas para análise dos dados.

A metodologia aplicada para este estudo foi apresentada no item 3.2.2 que permite a análise estatística sobre as 204 amostras validadas (GRÁFICO 9) e a discussão será pela ordem de informação do formulário.

Este item, sobretudo, tem a preocupação de responder a questão sobre a possibilidade de identificar as causas fundamentais dos vazamentos no sistema de abastecimento de Vitória e estimar o volume perdido de água no período que foi aplicado o formulário (Outubro a Novembro de 2016).

GRÁFICO 9 – QUANTIDADE DE AMOSTRA VALIDADA APÓS APLICAÇÃO DO RELATÓRIO DE FALHAS.

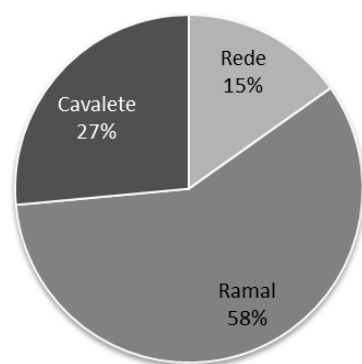


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4.2.1. Informações do vazamento

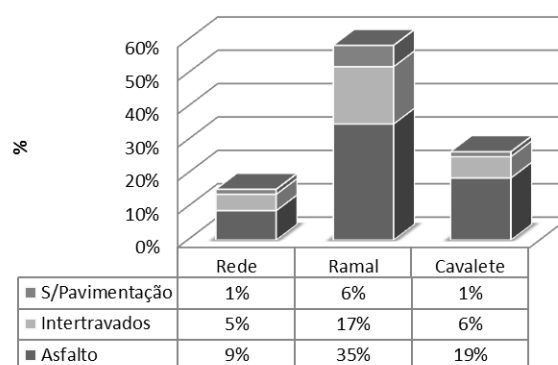
A caixa de informações do vazamento identifica e quantifica as amostras por tipologia de conexão (rede, ramal e cavalete), de pavimentação e de solo. As demais informações que contém nesta caixa de informação não foram tabuladas devido à deficiência de preenchimento de dados: interferências com rede; estado de conservação ruim; causados por terceiros e posição do vazamento na via pública (rua, calçada e residência).

GRÁFICO 10 – POR TIPO DE CONEXÃO



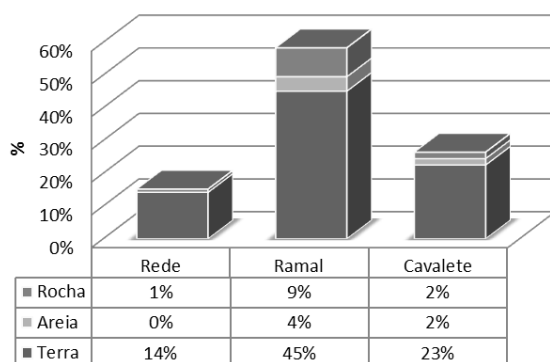
Fonte: CESAN/2016.

GRÁFICO 11 – POR TIPO DE PAVIMENTAÇÃO



Fonte: CESAN/2016.

GRÁFICO 12 – POR TIPO DE SOLO



Fonte: CESAN/2016.

A combinação do GRÁFICO 10, 11 e 12 aponta que o maior número de ocorrências de vazamento é em ramal que estão assentados sob a pavimentação asfáltica e solo terroso. Este estudo de caso confirma o que a referência bibliográfica apontou no item 2.2.3, que o ramal é o ponto frágil do sistema de distribuição, onde as falhas são recorrentes e de maior expressividade. A associação com tipo de pavimentação

e tipo de solo em vias de tráfego intenso e pesado proporciona o recalque do solo e provoca o colapso.

A NBR 12218/17 no capítulo 5.15 e item 5.15.1, regulamenta:

O projeto deve definir nas peças gráficas as condições de assentamento da tubulação, indicando a constituição do leito de assentamento, a espessura de recobrimento e o grau de compactação do solo de reaterro, levando em conta o tipo do material da rede, as cargas atuantes e o tipo de solo.

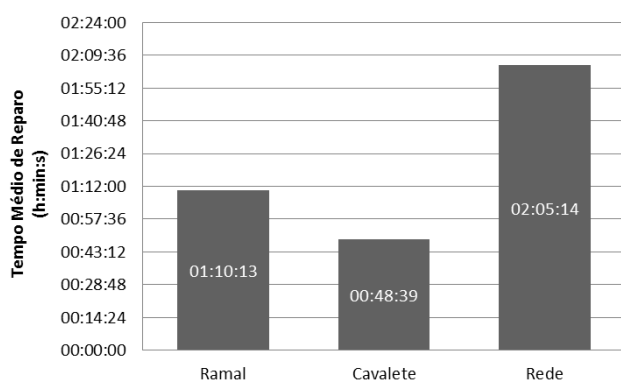
Subentende-se pelo resultado que o assentamento dos ramais não foi levado em conta essas recomendações, principalmente quanto o tipo do material da rede, as cargas atuantes, espessura de recobrimento e o tipo de solo.

Neste item não é possível definir as possíveis causas e tampouco justificar por que a ocorrência de vazamento se supera nos ramais, assim é preciso agregar os dados sequentes advindo da aplicação do formulário de falhas.

4.2.2. Informações do reparo

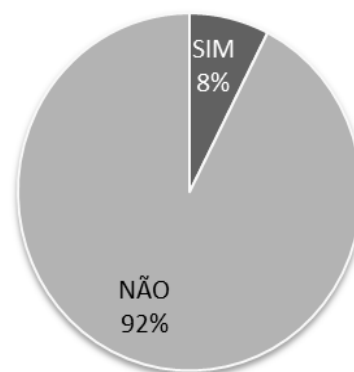
As informações do reparo referem-se ao período da manutenção corretiva, ou seja, o período entre tempo de início e término da execução do serviço e as ações realizadas e observadas durante o reparo do vazamento.

GRÁFICO 13 – TEMPO MÉDIO DE REPARO



Fonte: CESAN/2016.

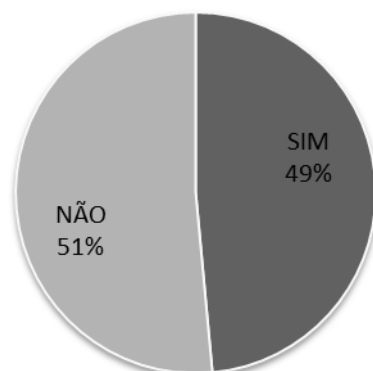
GRÁFICO 14 – MANOBRA EM VÁLVULA PARA ESTANQUEIDADE DO SISTEMA.



Fonte: CESAN/2016.

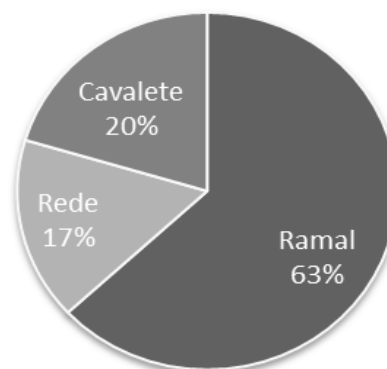
GRÁFICO 15 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DE GRÁFICO 16 – VAZAMENTOS EM ÁREA

ELEVATÓRIA.



Fonte: CESAN/2016.

DE INFLUÊNCIA DE ELEVATÓRIA POR TIPO DE CONEXÃO.



Fonte: CESAN/2016.

Ao condensar as informações do reparo do vazamento, o relatório de falhas aponta que o vazamento ocorre expressivamente em conexão tipo ramal que estão localizados nas áreas de influência de elevatória, por se tratar de tubulações de diâmetros menores não foi realizada manobra em válvulas para tornar o sistema estanque e a duração do reparo foi aproximadamente uma hora.

A duração justifica-se pelo tempo necessário entre o desligamento da elevatória e a redução de pressão na área de influência de elevatória, para garantir um reparo com qualidade.

A NBR 12218/17 também é categórica quanto a condição mecânica para tubulações sujeitas a transientes hidráulicos significativos, que recomenda avaliar a estrutura da tubulação para evitar colapso (Capítulo 5.15, item 5.15.4).

A premissa das possíveis causas dos vazamentos visíveis no SDA de Vitória, tende a afirmar que é necessário a investigação das opções de melhoria do gerenciamento de pressão e revisar as políticas de gerenciamento de infraestrutura, conforme recomendação do BIRD (item 4.1.4). Porém, segue a análise da última caixa de informação que compõe o formulário de falhas para agregar resposta a questão do estudo sobre as principais causas fundamentais dos vazamentos visíveis.

4.2.3. Posições do vazamento

As posições do vazamento retratam as características do ponto do vazamento na infraestrutura que compõem o sistema de distribuição: rede, ramal e cavalete,

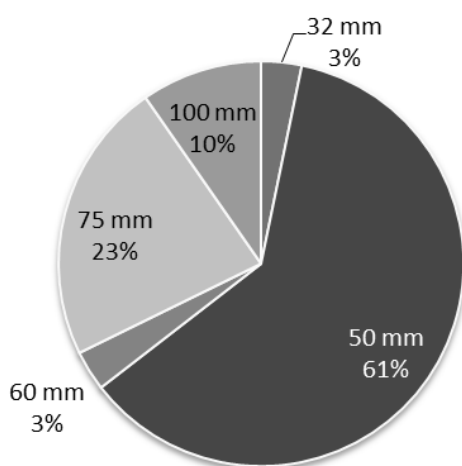
respectivamente. Essas características são: diâmetro, tipo de material, a causa da falha, condição do material, e a localização do vazamento nos acessórios (tubete, joelho, adaptador, tubo e outros) da infraestrutura.

- *Vazamento em rede*

Ao analisar o vazamento em rede, observa a predominância PVC DN 50 (GRÁFICO 17), que atende a recomendação da NBR 12218/17, item 5.6.2: “O diâmetro nominal mínimo dos condutos secundários é de 50 mm. Exceção pode ser aceita, desde que tecnicamente justificável”. No caso do SDA de Vitória foi identificado rede de diâmetro de 32 mm, que entende ser aquelas que são fins de linhas e necessitam de pressão para garantir abastecimento.

Durante o reparo do vazamento o formulário de falha trouxe como resposta que a anomalia de quebra longitudinal prevalece nas ocorrências de colapso em rede (GRÁFICO 20). Esse tipo de anomalia caracteriza as tubulações assentadas com profundidades e materiais inadequados (GRÁFICO 18 e 21, respectivamente), e sofrem com as variações térmicas e/ou intempéries atuantes que proporciona o desgaste do material e resulta em colapso (GRÁFICO 19).

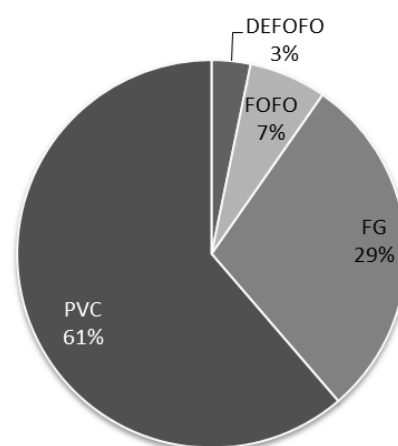
GRÁFICO 17 – POR DIÂMETRO DE REDE



Fonte: CESAN/2016.

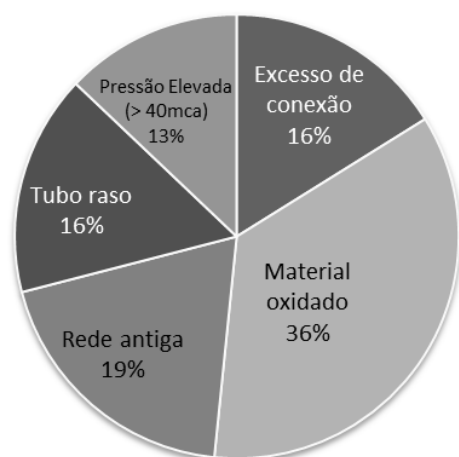
GRÁFICO 19 – CAUSA DO VAZAMENTO

GRÁFICO 18 – POR MATERIAL DA REDE

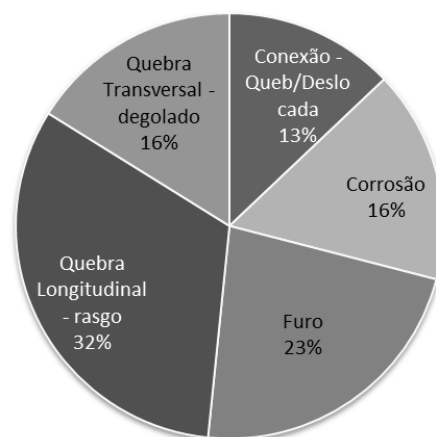


Fonte: CESAN/2016.

GRÁFICO 20 – ANOMALIA NA ESTRUTURA

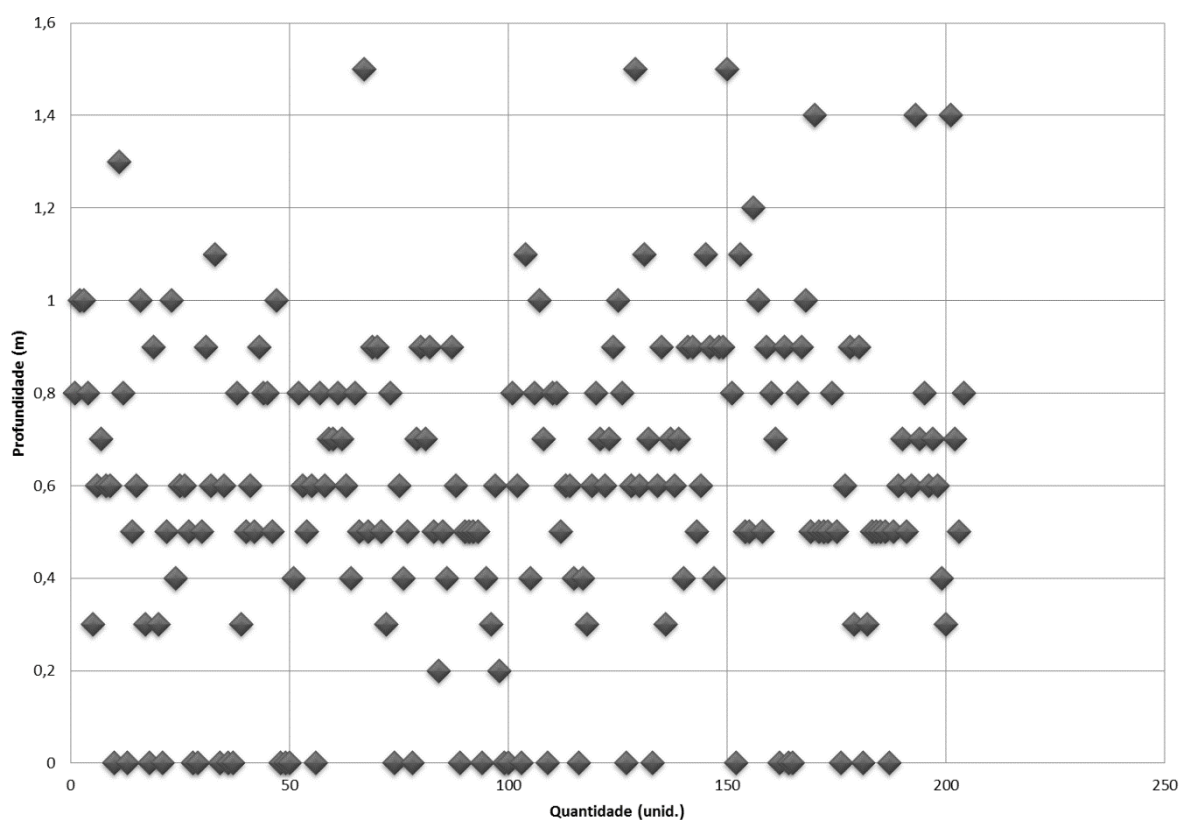


Fonte: CESAN/2016.



Fonte: CESAN/2016.

GRÁFICO 21 – PROFUNDIDADE DA REDE



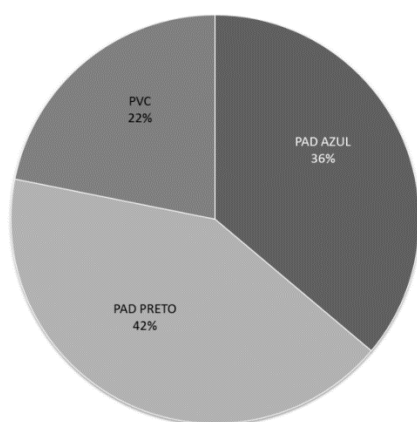
Fonte: CESAN/2016

- *Vazamento em ramal*

O vazamento em ramal destaca-se como anomalia na tubulação a trinca (GRÁFICO 23), que indica ressecamento do material pela idade de implantação, quanto mais

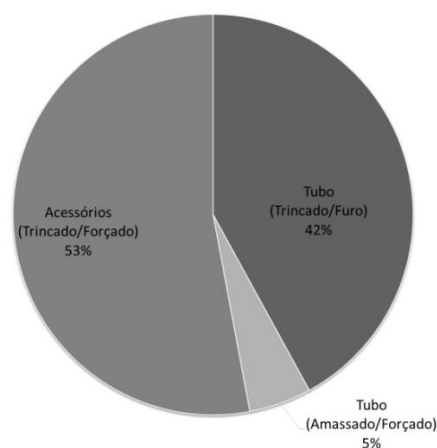
antigo maior a probabilidade de quebra e; a posição do vazamento no ramal, destaca-se por ser na tubulação seguido pelo adaptador (GRÁFICO 24), que é a junção entre o ramal e o cavalete, considerado o ponto frágil, por sofrer variação de pressão, perda carga localizada, baixa qualidade da execução e/ou montagem dessa peça e algumas situações em que a intercambiabilidade entre diferentes materiais (GRÁFICO 22). Além dessas considerações, o número de ocorrências de vazamento por trinca na tubulação do ramal e no adaptador, em algumas situações, é favorecido por estarem expostas as intempéries e ações humanas.

GRÁFICO 22 – POR MATERIAL DO RAMAL.



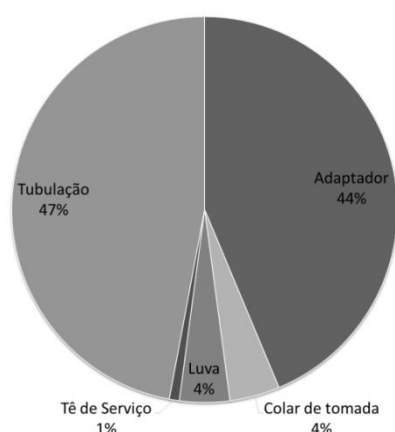
Fonte: CESAN/2016.

GRÁFICO 23– ANOMALIA NO RAMAL



Fonte: CESAN/2016.

GRÁFICO 24 – LOCALIZAÇÃO DO VAZAMENTO NO RAMAL.



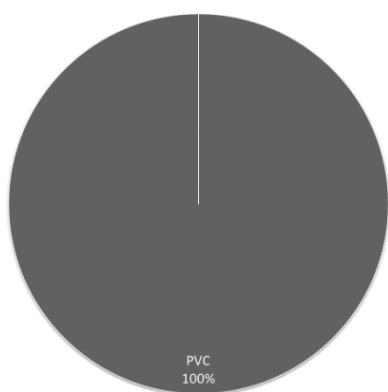
Fonte: CESAN/2016.

- *Vazamento em cavalete*

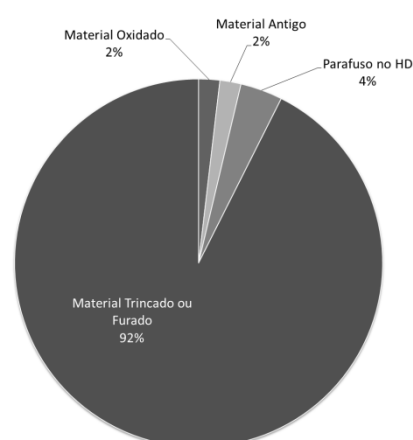
Quando se avaliam as anomalias e a localização do vazamento no cavalete (GRÁFICO 26 e 27, respectivamente), que foi retrata pelo formulário de falha ser

trinca no joelho ou tubete, vem caracterizar a causa de o vazamento ser exclusivamente por ação humana. Porque a maioria dos casos trata-se de um dispositivo exposto que permite fácil acesso ao vandalismo, é o ponto do dispositivo que monitora a pressão de serviço ao cliente, parte roscável do conjunto que necessita de torque para vedação e, sobretudo necessita de mão de obra qualificada para instalação na junção dessas peças.

GRÁFICO 25 – POR MATERIAL DO GRÁFICO 26 – ANOMALIA NO CAVALETE
CAVALETE

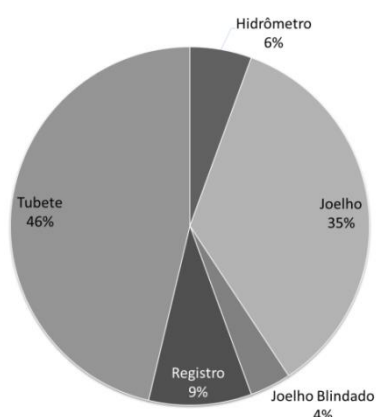


Fonte: CESAN/2016.



Fonte: CESAN/2016.

GRÁFICO 27 – LOCALIZAÇÃO DO VAZAMENTO NO CAVALETE



Fonte: CESAN/2016.

4.2.4. Cálculo Estimativo do volume perdido de água em vazamentos visíveis

Este item apresenta o cálculo estimativo dos volumes de água perdidos nos vazamentos em decorrência de rompimentos em rede, ramal e cavalete, localizados

e validados por meio do relatório de falhas aplicado pela Concessionária, partindo de Fórmula de Manning (8). Com base em poucos dados obtidos no local e/ou cadastro técnico de redes, foi preciso fazer uma adequada apropriação dos valores envolvidos: da declividade, do coeficiente de Manning e do volume de água nas tubulações com a seção cheia.

$$Q = A \times R_h^{2/3} \times \frac{\sqrt{S}}{\eta} \quad (8)$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

A = área seção transversal do diâmetro interno (m²)

R_h = raio hidráulico (DI/4) (m)

DI = diâmetro interno da tubulação (m)

S = declividade (m/m) = 1

η = coeficiente de Manning (η=0,009 para PEAD; η=0,01 para PVC).

O cálculo estimativo dos volumes de água perdidos, nos vazamentos visíveis em estudo, foi feito para dois períodos de tempo e para cada componente (rede, ramal e cavalete): Tempo de conhecimento e localização da falha (QUADRO 23); Tempo de reparo da falha (QUADRO 24). E, permitiu elaborar um esquema das perdas reais quanto ao processo de vazamentos visíveis no período de aplicação do formulário (FIGURA 34):

QUADRO 23 – VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO DE CONHECIMENTO E LOCALIZAÇÃO

Componente	Tempo médio de conhecimento e localização da falha (h:min:ss)	Volume Total Perdido (m ³)
Ramal	08:17:02	2.297,26
Cavalete	05:19:52	1.725,26
Rede	07:38:27	9.970,28
Resultado	07:05:07	13.992,80

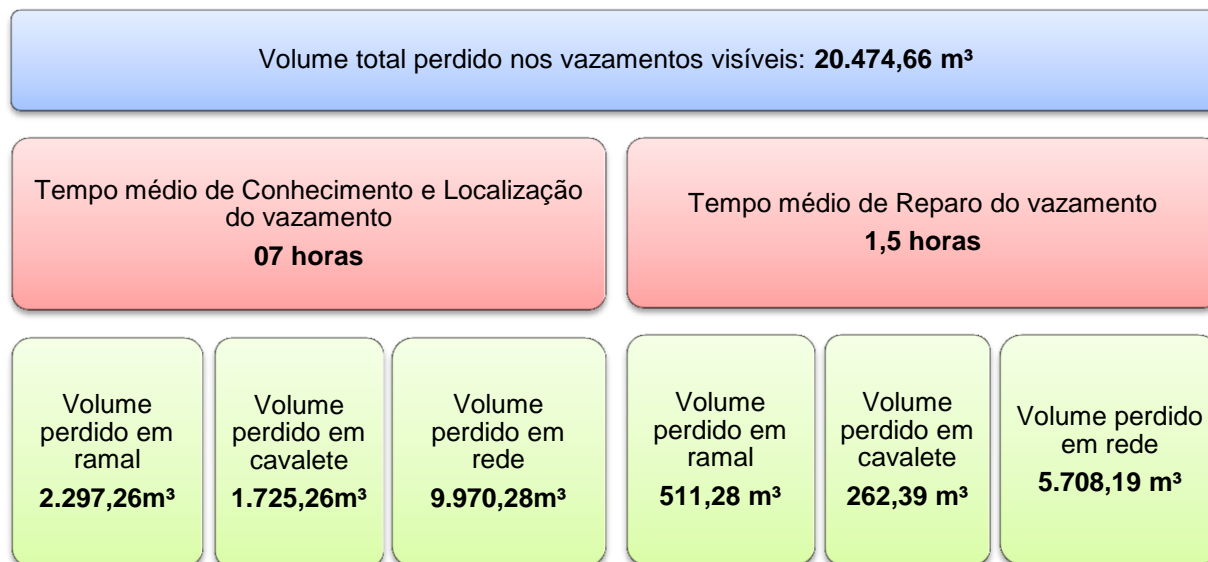
Fonte: CESAN/2016.

QUADRO 24 – VOLUME PERDIDO DURANTE O TEMPO DE REPARO

Componente	Tempo médio de reparo da falha (h:min:ss)	Volume Total Perdido (m ³)
Ramal	01:10:13	511,28
Cavalete	00:48:39	262,39
Rede	02:05:14	5.708,19
Resultado	01:21:22	6.481,86

Fonte: CESAN/2016.

FIGURA 34 – ESQUEMA DAS PERDAS REAIS NOS VAZAMENTOS VISÍVEIS NO SDA DE VITÓRIA



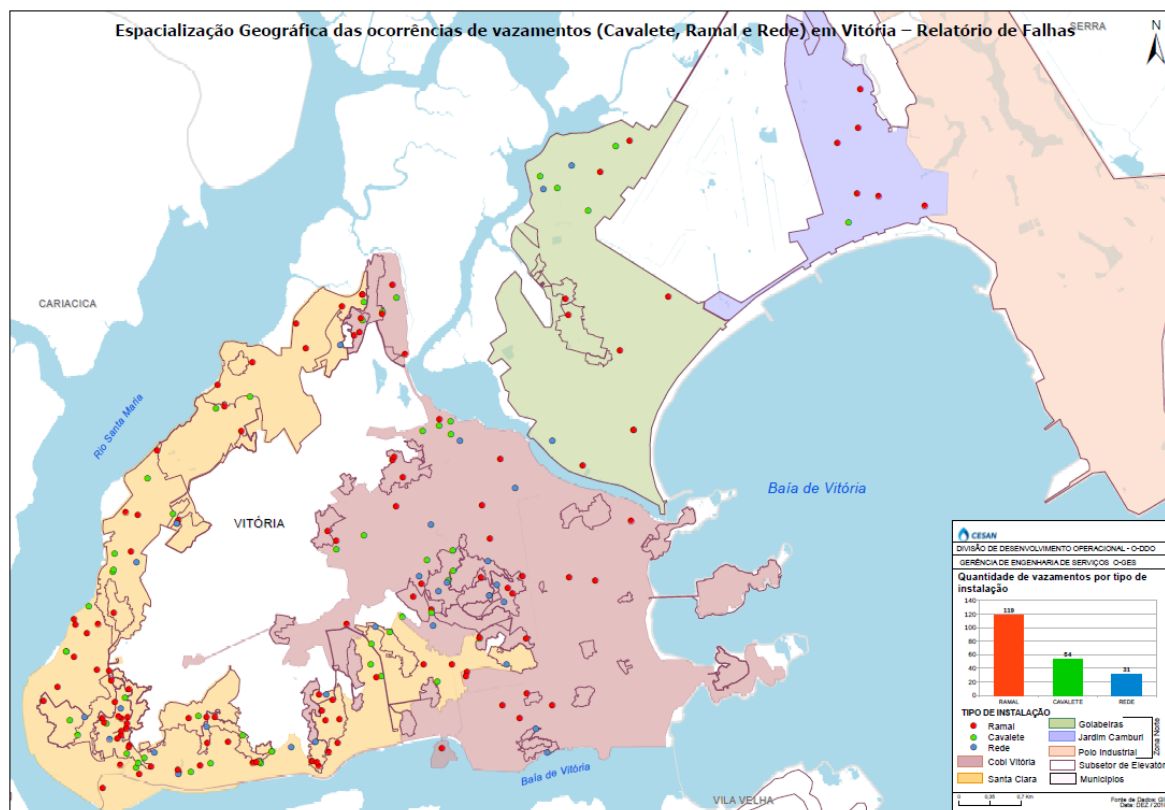
Fonte: CESAN/2016.

Em números absolutos, a maior quantidade de vazamentos são os que ocorrem em ramais, porém quando se trata de volumes perdidos os vazamentos em rede são os que representam maior desperdício de água tratada. O volume perdido em rede é relevante aos demais componentes, ramal e cavalete, por ser proporcional ao diâmetro da rede, que foi superestimado, neste caso, por considerar a seção do vazamento semelhante ao diâmetro do componente. Para efeito mais fidedigno no resultado, a metodologia aplicada deveria solicitar a dimensão do rasgo encontrada nos componentes onde ocorreu a fuga.

Mesmo assim, ao aplicar a relação número de vazamento por extensão de rede e número de vazamentos por mil ligações, para este caso, obtém os respectivos valores: 24 vazamentos/100 km.ano e 3,6 vazamentos / 1000 ligações.ano, implica que estão acima das referências mundiais da IWA apresentada no item 2.2.3: 13 vaz./100km.ano e 03 vaz./1000lig.ano, respectivamente. A recomendação diante desse resultado é priorizar ações de renovação das tubulações, orientação das pesquisas de vazamento não visíveis e propor agilidade no processo de localização do vazamento.

Ao espacializar geograficamente as ocorrências desses vazamentos no GIS, resultou no mapa seguinte (FIGURA 35):

FIGURA 35 – MAPA DA ESPACIALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS OCORRÊNCIAS DE VAZAMENTOS EM VITÓRIA – RELATÓRIO DE FALHAS.



Fonte: CESAN/2016.

O georreferenciamento dos vazamentos visíveis, no mapa, apresenta que o maior número de ocorrências foi em ramais e concentrado em áreas de influência de elevatória. Isso caracteriza a relação direta entre vazamento e pressão operacional em redes de distribuição de água. Neste caso, o grau de relevância do transiente hidráulico devido a operação das elevatórias em regime variado permite o risco de colapso.

O relatório de falhas agrega valor à CESAN tanto pela aplicação quanto pela representatividade no processo de controle ativo de vazamento em um sistema de abastecimento de água, por retratar as possíveis causas e os pontos de melhorias que devem ser tratados.

Para o município de Vitória, o resultado da aplicação do relatório de falhas propõe ações necessárias a serem implantadas ou melhorias nos processos operacionais e gerenciais, por ordem de relevância:

- Assentamento de rede e ramal conforme a NBR 12.212/2017;

- Qualificação e agilidade da mão de obra de execução e manutenção de rede;
- Gerenciamento de pressão na rede de distribuição;
- Gerenciamento de infraestrutura (renovação de tubulações);

4.3. DESATIVAÇÃO DA ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JOANA D'ARC

Este capítulo apresenta os resultados do estudo aplicado de gestão e controle operacional e responde à questão sobre o desempenho da CESAN sob o favorecimento de abastecimento contínuo com a desativação da EAT Joana D'Arc. A área de abrangência foi descrita no item 3.1.2 e a metodologia no item 3.2.3.

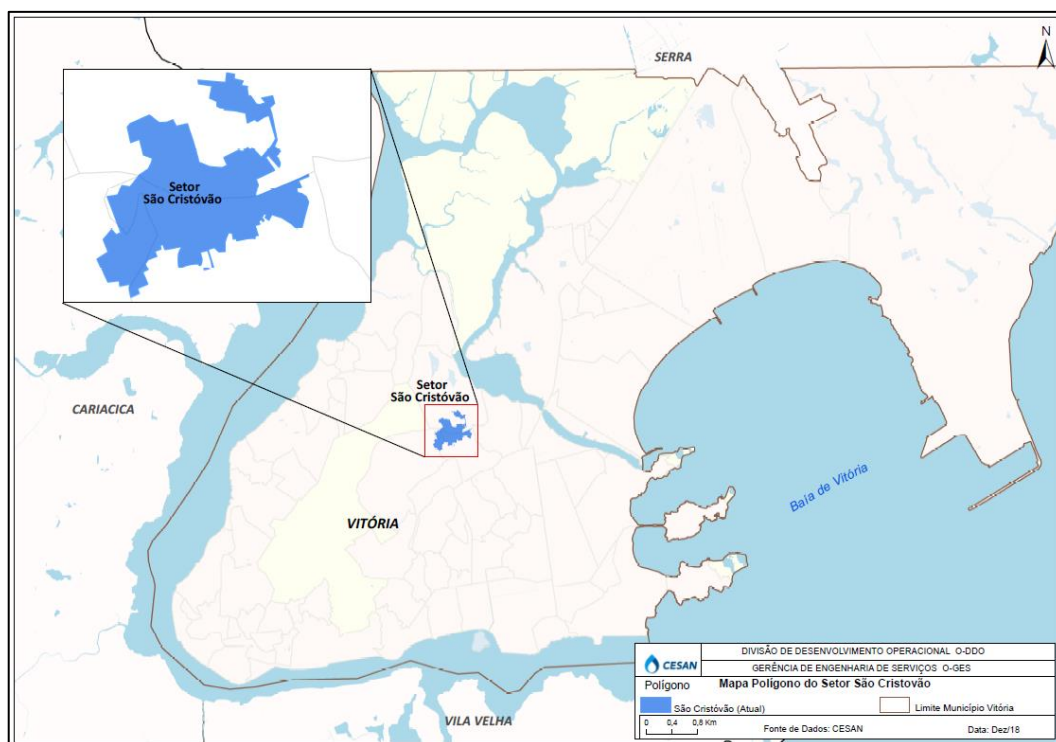
Em resumo, a metodologia aplicada foi composta de nove etapas: proposta de melhoria na área de abastecimento; simulação hidráulica por meio do EPANET; visita em capo para validação de cadastro por meio de medição instantânea de pressão de serviço; medição de pressão por meio de registradores de pressão eletrônicos nos pontos críticos de abastecimento; execução de rede/recalque; confecção do mapa de pressão pelo método MDT; identificação do ponto médio; cálculo da pressão média do setor; identificação da causa de pressão baixa nas cotas elevadas e teste de estanqueidade do setor de abastecimento resultante.

4.3.1. Melhoria na área de abastecimento e Índice de perdas reais

Foi motivada pelas inconformidades apontadas pela fiscalização da ARSP (QUADRO 17) e histórico de ocorrências de falhas operacionais de falta d'água, vazamentos e qualidade da água na área de influência da EAT Joana D'Arc e São Cristóvão.

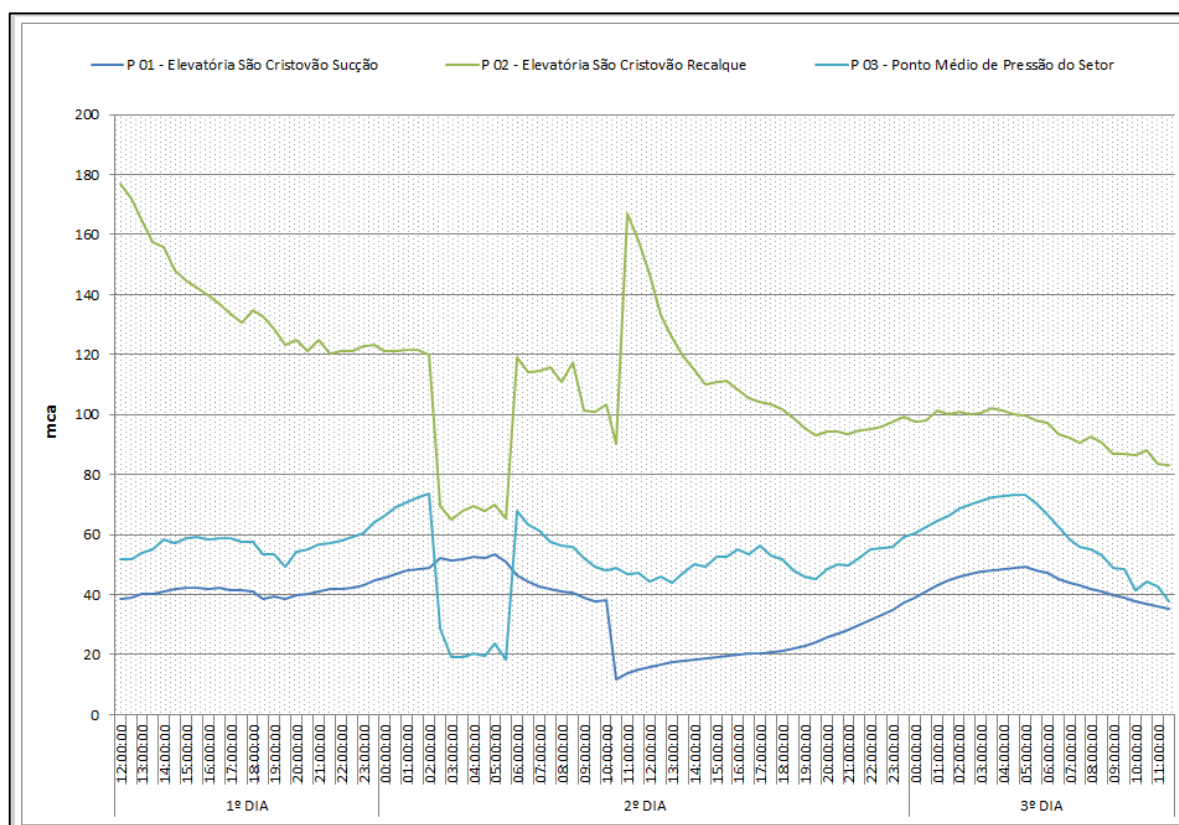
Essa etapa consiste em setorização de rede e medição inteligente, estratégias referenciadas no item 2.3.1 e 2.3.2, respectivamente. A setorização possui como ideia principal estabelecer áreas parcialmente isoladas e destinadas a melhorar o controle operacional, que neste caso resultou na unificação entre a área de influência da EAT Joana D'Arc com a EAT São Cristóvão (FIGURA 36). A medição inteligente permite a avaliação sobre o comportamento do abastecimento de água, que neste caso, foi importante na indicação do uso ineficiente da água, investigação de vazamento e estrangulamento de rede, que após a melhoria resultou no abastecimento contínuo (GRÁFICO 28).

FIGURA 36 – NOVO POLÍGONO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DA EEAT SÃO CRISTÓVÃO.



Fonte: CESAN/2018.

GRÁFICO 28 – MEDIÇÃO DE PRESSÃO POR 48 HORAS NO PONTO MÉDIO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO.



Fonte: CESAN/2018.

A ampliação do abastecimento através da EAT São Cristóvão permitiu o acréscimo de ligações ativas e por seguinte aumento de volume consumido, cujo acréscimo influencia positivamente na redução nos índices de perdas IPL e IPD, como visto no QUADRO 25:

QUADRO 25 - ÍNDICE DE PERDAS NO SETOR SÃO CRISTÓVÃO

SETOR	IPL (L/lig. x dia)	IPD (%)
São Cristóvão (antes)	244	41
Joana D'Arc	837	78
São Cristóvão (depois)	180	34

Fonte: CESAN/2018.

4.3.2. Desativação da EAT Joana D'Arc

Após a melhoria aplicada, com extensão e substituição de rede entre o recalque das duas EATs (FIGURA 28) e validação da estanqueidade do novo setor São Cristóvão (FIGURA 32 e QUADRO 33) viabilizou a desativação da EAT Joana D'Arc (FIGURA 37).

FIGURA 37 – DESATIVAÇÃO DA EAT JOANA D'ARC

(a) EAT Joana D'Arc.



(b) EAT Joana D'Arc demolida.



Fonte: CESAN/2018.

4.3.3. Redução de energia elétrica

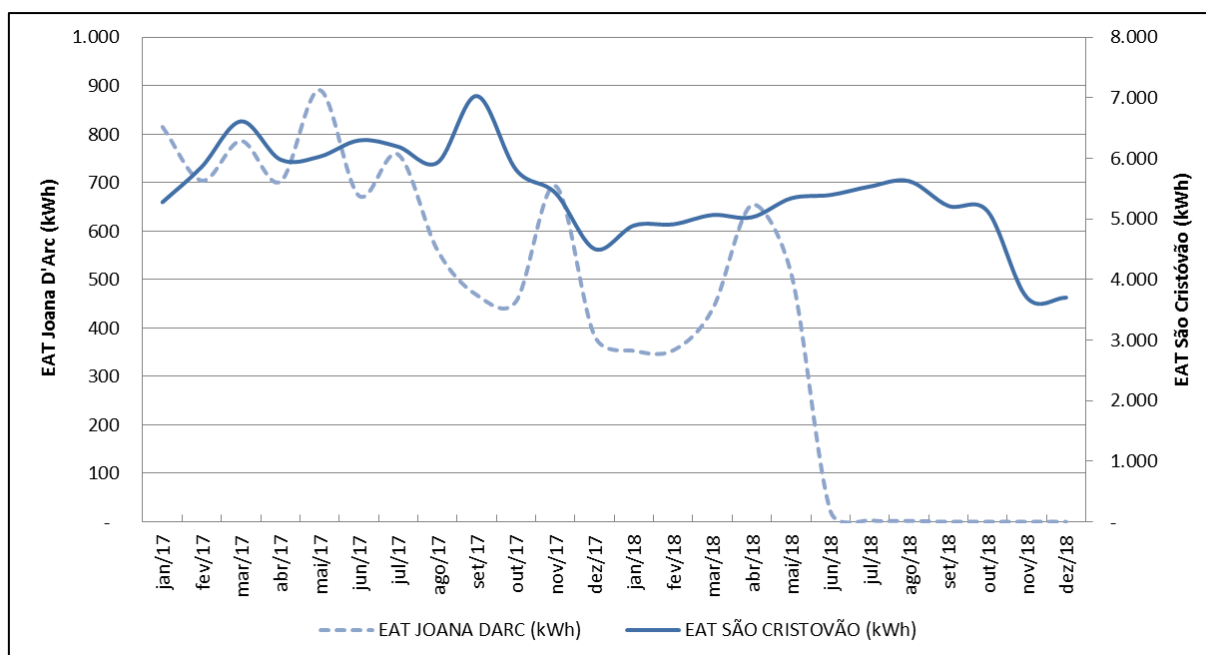
O GRÁFICO 29 retrata o comportamento das três formas de operação da EAT de Joana D'Arc:

- Primeira – operação de 11h por dia (06h00min às 12h00min e 14h00min às 19h00min);
- Segunda – variação de operação devido ao período do estudo de caso (Novembro/17 à Junho/18);

- Terceira – fora de operação (Julho/2018).

A desativação da EAT Joana D'Arc aperfeiçoou o desempenho da EAT São Cristóvão, porque a ampliação do sistema e eliminação de trechos com perdas de cargas expressivas refletiram em redução de energia por consequência de um abastecimento contínuo e não turbulento.

GRÁFICO 29 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA



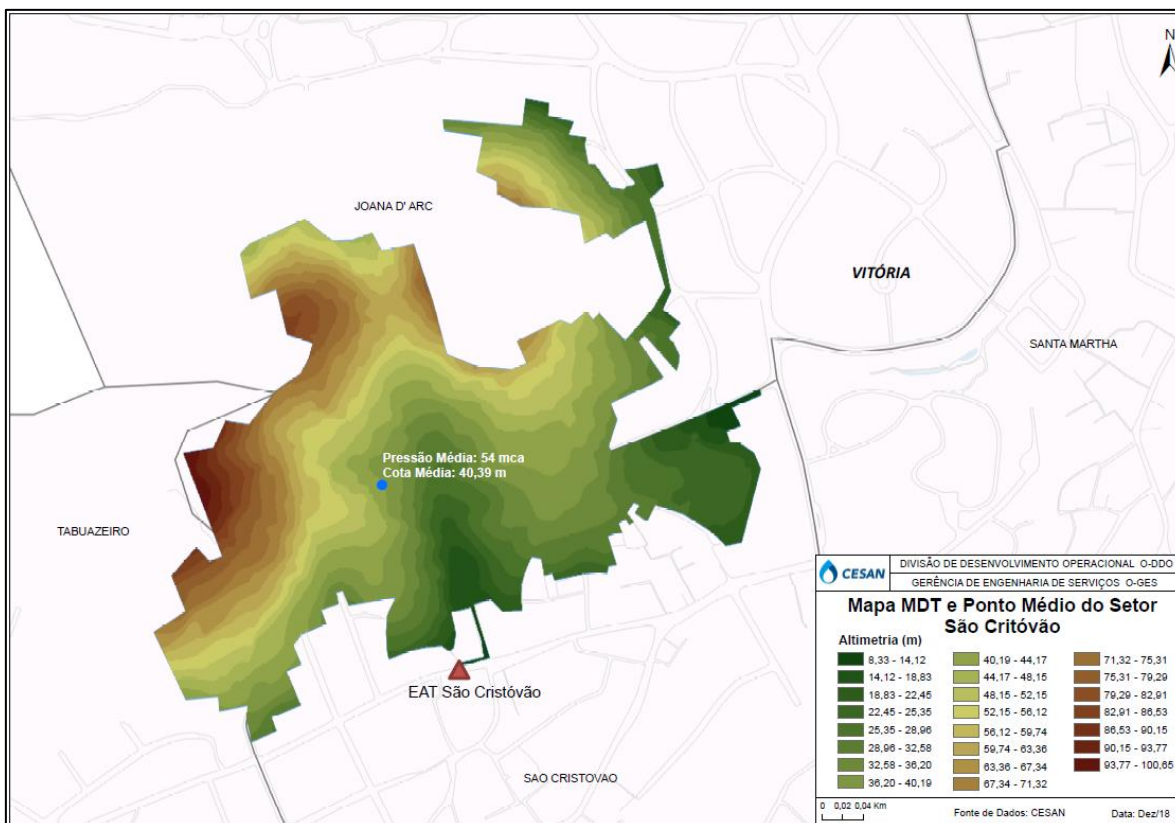
Fonte: CESAN/2018.

4.3.4. Mapa de pressão e ponto médio do novo setor São Cristóvão

O mapa de pressão trata-se de melhoria no processo gerencial, desenvolvida pela CESAN, aprimorado do método proposto pela AESBE (2015). Consiste em identificar o ponto médio para monitoramento da pressão do sistema após o cálculo da cota média, sendo o produto entre a ponderação da altimetria e número de ligações que compõe o setor, conforme procedimento descrito no item 3.2.3 – Etapa 6.

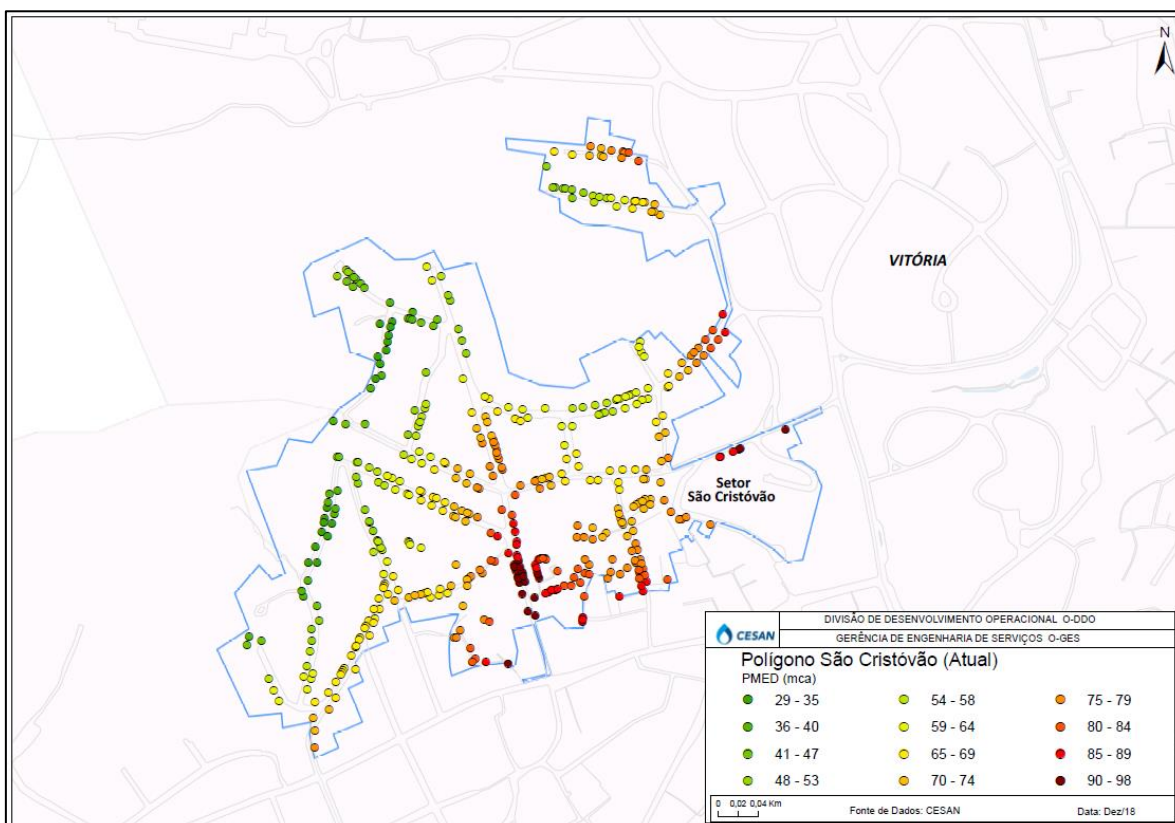
A FIGURA 38 mostra o mapa MDT com a localização do ponto médio conveniente na cota 40,39m, que é a ligação que se aproxima da cota média calculada de 41,95 m. A pressão média calculada através da fórmula de altura manométrica simplificada (9) foi de 54 mca, enquanto que a pressão média registrada no GRÁFICO 28, no período de 24horas, foi de 52 mca, desvio que foi desprezado.

FIGURA 38 – MAPA MDT E PONTO MÉDIO DO SETOR SÃO CRISTÓVÃO



FONTE: CESAN/2018.

Figura 39 – Mapa de pressão média por hidrômetro no setor São Cristóvão.



Fonte: CESAN/2018.

Devido ao pequeno desvio entre o mapa e o medido, estendeu o cálculo de pressão média para todas as ligações contidas no setor, que resultou no mapa da FIGURA 39:

Os resultados obtidos, por grau de relevância, na aplicação deste estudo foram: desativação e demolição da elevatória Joana D'Arc que aboliu os riscos ergonômicos aos empregados de manutenção e eliminação do ruído da elevatória (FIGURA 36); garantia de disponibilidade contínua de água tratada (GRÁFICO 28); redução nos índices de perdas reais (QUADRO 25); redução no custo com energia elétrica; (GRÁFICO 29); ampliação do setor de abastecimento de São Cristóvão (FIGURA 37); elaboração do mapa de pressão com base na metodologia da AESBE com aperfeiçoamento aplicado pela CESAN (FIGURA 38 e 39).

Este estudo agregou na operação do sistema de abastecimento de Vitória com visões favoráveis em redução de perda, redução de energia, abastecimento sustentável e satisfatório à comunidade.

Este projeto permiti estender as ações para outras áreas de abastecimento que utiliza estações elevatórias no município de Vitória, com o foco em garantir um abastecimento de qualidade e quantidade suficiente à população com eficiência nos processos operacionais. Hoje o município possui o total de 52 elevatórias ativas, das quais um breve estudo aponta em desativar 20 elevatórias.

As principais sugestões para novos desenvolvimentos de projeto semelhantes são:

1. Possuir cadastro técnico da rede de abastecimento;
2. Possuir elevação topográfica do terreno e delimitação do setor;
3. Análise operacional em garantir abastecimento à população com qualidade e quantidade com foco no uso eficiente do recurso público e hídrico;
4. Desenvolver mapas com destaque de áreas críticas de abastecimento a fim de priorizar as ações de combate aos desperdícios e que afeta diretamente a população.

5. CONCLUSÃO

A sustentabilidade alcança três setores da sociedade: econômico, ambiental e social, assim como, os objetivos e resultados deste projeto. No setor econômico ressalta por abastecer a sociedade com água com menor custo de energia e desperdício; no setor ambiental destaca a redução de perdas reais de recurso hídrico no abastecimento; e no setor social ressalta o abastecimento contínuo e eliminação do ruído causado por unidades operacionais.

O nível de desempenho de perda real no sistema de distribuição de água em Vitória – ES manteve estável, no quadriênio 2014 - 2017, na faixa de 33%, acima da meta para ano 2033 de 25% previsto no PMSB. A intensificação de esforços e ações no combate a perda deve envolver toda a CESAN, desde o nível de planejamento ao nível operacional, aplicando ao mínimo as estratégias de gerenciamento e controle operacional de perda real discutida neste estudo.

As principais causas dos vazamentos no SDA de Vitória foram: não atendimento a NBR 12.212/2017 nos aspectos de projeto e execução das redes e ramais; falta de qualificação e agilidade da mão de obra na execução e manutenção de rede; falta de gerenciamento de pressão na rede de distribuição e falta de gerenciamento de infraestrutura (renovação de tubulações). O volume perdido de água é expressivo em vazamentos de rede, porém, com maior ocorrência em ramais, contudo mostra que o indicador de desempenho para vazamentos supera aos referenciais internacionais da AWWA, da IWA e do BIRD.

O objetivo proposto sobre a desativação da EAT Joana D'Arc alcançou com efetividade o resultado esperado: ampliação do abastecimento de água via elevatória São Cristóvão, que possibilitou: o abastecimento contínuo; eliminação do ruído; redução nos indicadores de perdas e no consumo de energia. Este estudo de caso agregou valor no processo de gerenciamento de perdas da CESAN, inclusive por meio da inovação do mapa de pressão, como ferramenta de gerenciamento operacional para qualquer setor de abastecimento.

Sugestão para trabalho futuro é investigar sobre a agilidade de correção de e práticas aplicadas por concessionária de quantificar o volume perdido de água em vazamentos.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. **Guias técnicos indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água**. Portugal: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2004. 276 p.

ALEGRE, H., COELHO, T. S.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P. **Guia técnicos - controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Portugal: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2005. 330 p.

ALMANDOZ, J.; CABRERA, E.; ARREGUI, F.; JUNIOR, E. C.; COBACHO, R. **Leakage assessment through water distribution network simulation**. Journal of Water Resources Planning and Management, p.458-466, Nov. 2005.

ARAUJO, L. S.; RAMOS, H.; COELHO, S. T. **Pressure control for leakage minimisation in water distribution systems management**. Water Resources Management, v. 20, n. 1, p.133-149, fev. 2006. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-006-4635-3>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas em sistemas de abastecimento de água**: Diagnóstico, Potencial de ganhos com sua redução e Propostas de medidas para o efetivo combate. Rio de Janeiro - RJ: ABES, 2013. 45 p.

_____. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água**: posicionamento e contribuições técnicas da ABES. Rio de Janeiro - RJ: ABES, 2015. 99 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro - RJ, 2017. 23 p.

BRASIL (Congresso). **Lei nº Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Brasília, 2007.

BABIĆ, B; ĐUKIĆ A.; STANIĆ, M. **Managing water pressure for water savings in developing countries**. Water SA, v. 40, n. 2, p.221-232, 27 mar. 2014. African Journals Online (AJOL). <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v40i2.4>.

BRITTON, T.C.; STEWART, R. A.; O'HALLORAN, K. R. **Smart metering**: enabler for rapid and effective post meter leakage identification and water loss management. Journal Of Cleaner Production, v. 54, p.166-176, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.018>.

CAMIDSANO, A.; MODICA, C.; VETRANO, L.. **Calibration of proportional controllers for the rtc of pressures to reduce leakage in water distribution networks**. Journal Of Water Resources Planning And Management, v. 138, n. 4, p.377-384, Jul. 2012. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000197](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000197).

CAMPBELL, E.; IZQUIERDO, J.; MONTALVO, I.; PÉREZ-GARCIA, R. **A novel water supply network sectorization methodology based on a complete**

economic analysis, including uncertainties. *Water*, v.8, n.5, p.179-197, 29 abr. 2016. MDID AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w8050179>.

ESPIRITO SANTO (Estado). **Lei nº 9096, de 30 de dezembro de 2008.** Vitória, 2008.

FERRANTE, M.; BRUNONE, B.; MENICONI, S. **Wavelets for the analysis of transient pressure signals for leak detection.** *Journal of Hydraulic Engineering*, v. 133, n. 11, p.1274-1282, Nov. 2007. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9429\(2007\)133:11\(1274\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9429(2007)133:11(1274)).

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água.** 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

GIUSTOLISI, O.; SAVIC, D.; KAPELAN, Z.. **Pressure-driven demand and leakage simulation for water distribution networks.** *Journal Of Hydraulic Engineering*, v. 134, n. 5, p.626-635, maio 2008. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2008\)134:5\(626\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2008)134:5(626)).

GOMES A.S. - **Guia prático para método direto de quantificação de perdas reais em sistema de abastecimento;** AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. www.aesbe.org.br. Brasília, 2014.

GRIGG, N. S. **Water main breaks: risk assessment and investment strategies.** *Journal Of Pipeline Systems Engineering And Practice*, v.4, n.4, p.040130011-040130017, Nov. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)ps.1949-1204.0000142](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)ps.1949-1204.0000142).

GUMIER, C. C.; LUVIZOTTO JUNIOR, E. **Aplicação de modelo de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento.** *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 12, n. 1, p.32-41, Jan. 2007. Trimestral.

HAN, S.; CHAE, M. J.; HWANG, H.; CHOUNG, Y. **Evaluation of customer-driven level of service for water infrastructure asset management.** *Journal of Management in Engineering*, v. 31, n. 4, p.040140671-0401406710, Jul. 2015. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)me.1943-5479.0000293](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)me.1943-5479.0000293).

ISLAM, M. S.; BABEL, M. S. **Economic analysis of leakage in the bangkok water distribution system.** *Journal Of Water Resources Planning And Management*, v.139, n.2, p.209-216, mar. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)wr.1943-5452.0000235](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)wr.1943-5452.0000235).

JOURNAL AWWA: **Committee report:** applying worldwide bmps in water loss control. E.U.A., Ago. 2003.

KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S. **Results of an urban water distribution network performance evaluation attempt in Greece.** *Urban Water Journal*, v.7, n.5, p.267-285, Out. 2010. Informal UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/1573062x.2010.509436>.

KANAKOUDIS, V.; MUHAMMETOGLU, H. **Urban water pipe networks management towards non-revenue water reduction: two case studies from Greece and Turkey.** Clean - Soil, Air, Water, v. 42, n. 7, p.880-892, 6 nov. 2013. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/clen.201300138>.

KARADIREK, I. E.; S.; YILMAZ, K.G.; MUHAMMETOGLU, A.; MUHAMMETOGLU, H. **Implementation of hydraulic modelling for water-loss reduction through pressure management.** Water Resources Management, v. 26, n. 9, p.2555-2568, 20 abr. 2012. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-012-0032-2>.

LAMBERT, A. O; CHARALAMBOUS B.; FANTOZZI, K.C. J.; RIZZO, A.; GALEA ST JOHN, S. - IWA WATERLOSS 2014 CONFERENCE, 2014, Viena. **14 years experience of using iwa best practice water balance and water loss performance indicators in Europe.** Viena, Austria: IWA, 2014. 31 p.

LAMBERT, A. O; TIMOTHY, G. C.; TAKIZAWA, M.; WEIMER, D. **A Review of performance indicators for real losses from water supply systems.** Journal Of Water Supply: Research And Technology, Aqua, v. 6, n. 48, p.227-237, 26 jan. 2000.

LI, W.; LING, W.; LIU, S.; ZHAO, J.; LIU, R.; CHEN, Q.; QUIANG, Z.; QU, J. **Development of systems for detection, early warning, and control of Pipeline leakage in drinking water distribution: A case study.** Journal of Environmental Sciences, v. 23, n. 11, p.1816-1822, Nov. 2011. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1001-0742\(10\)60577-3](http://dx.doi.org/10.1016/s1001-0742(10)60577-3).

MARLOW, D. R.; BEALE, D. J.; MASHFORD, J. S.. **Risk-based prioritization and its application to inspection of valves in the water sector.** Reliability Engineering & System Safety, v. 100, p.67-74, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.res.2011.12.014>.

MARQUES, F. C. V.. Estimativa de Vazamentos e Descargas em Redes E Ramais. **Sanare Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, PR, v. 19, n. 19, p.15-25, 06/2003.

MCKENZIE, R.; SEAGO, C.. **Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments.** Water Science And Technology: Water Supply, South Africa, v. 5, n. 1, p.33-40, 2005.

METJE, N.; CHAPMAN, DN; WALTON, R.; SADEGHIOON, AM; WARD, M. **Real time condition monitoring of buried water pipes.** Tunneling And Underground Space Technology, v. 28, p.315-320, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2011.11.005>.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento. **Programa nacional de combate ao desperdício de água - PNCDA: DTA - documento técnico de apoio nº D2.** 2003. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/pncda/>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

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, Recife PE, v. 30, n. 1, p.15-32, abr. 2010.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. **Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água**. Pesquisa Operacional, v. 26, n. 3, p.567-584, dez. 2006.

Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2016**. Brasília, DF, 2018. 220 p.

PAOLA, F.; GIUGNI, M.; PORTOLANO, D. **Pressure management through optimal location and setting of valves in water distribution networks using a music-inspired approach**. Water Resources Management, v. 31, n. 5, p.1517-1533, 20 fev. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-017-1592-y>.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S.; JUNIOR, V. I. **Uso de indicadores de perdas para seleção de um benchmarking entre as concessionárias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 21, n. 1, p.159-168, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41520201600100120418>.

PILLOT, J.; CATEL, L.; RENAUD, E.; AUGÉARD, B.; ROUX, P.. **Up to what point is loss reduction environmentally friendly: The LCA of loss reduction scenarios in drinking water networks**. Water Research, v. 104, p.231-241, Nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.07.025>.

PMV - Prefeitura Municipal de Vitória; SEMOB, Secretaria Municipal de Obras. **PMSBV - Plano municipal de saneamento básico de Vitória - ES: diagnóstico da situação da prestação dos serviços de saneamento básico Vitória – ES - Relatório do Produto 2: Arcadis Logo, 2015. 256 p.**

_____. **PMSBV - Plano municipal de saneamento básico de Vitória - ES: prognóstico e alternativas para dos serviços de saneamento básico, objetivos e metas. Vitória – ES - Relatório do Produto 3; Arcadis Logo, 2015. 256 p.**

RADIVOJEVIĆ, D.; MILIĆEVIĆ, D.; PETROVIĆ, N. **Technical performance indicators, iwa best practice for water mains and the first steps in serbia**. Fact Universities: Architecture and Civil Engineering, Belgrade, Serbia, v. 5, n. 2, p.115-124, 10 set. 2007.

SANTOS, G. E. O. **Cálculo amostral: calculadora on-line**. Disponível em: <<http://www.calculoamostral.vai.la>>. Acesso em: Outubro/2016.

SANTOS, D. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Avaliação da metodologia para redução de perdas de água no Recife-PE**. Revista DAE, v. 62, n. 197, p.56-70, 2014. Editora Cubo Multimidia. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.128>.

SANTOS, J. W. M. C. **Aplicação do geoprocessamento na avaliação e espacialização das perda real de água do sistema de abastecimento público de Rondonópolis - MT**. Sociedade & Natureza, v. 2, n. 19, p.51-67, Dez. 2007.

SCHWALLER, J.; VAN ZYL, J. E.. **Modeling the pressure-leakage response of water distribution systems based on individual leak Behavior**. Journal of Hydraulic Engineering, v. 141, n. 5, p.040140891-040140898, Maio 2015. American

Society of Civil Engineers (ASCE). <http://dx.doi.org/10.1061/> (ASCE) hy.1943-7900.0000984.

SEAGO, C.; BHAGWAN, J.; MCKENZIE, R.. **Benchmarking leakage from water reticulation systems in South Africa**. Water Sa, v. 30, n. 5, p.25-32, maio 2004. Special Edition.

SILVA JUNIOR, E. G.; CABRAL, R. C. **Indicador de vulnerabilidade da infraestrutura** - uma proposta para o diagnóstico e tomada de decisões no combate às perdas reais. Revista SANEAS, Bela Vista SP, ed. 55, Ano VIII, p.29-35, abr. 2015. Trimestral

SOARES, A. K.; REIS, L. F. R.. **Calibração de modelos de redes de distribuição de água utilizando modelo de simulação hidráulica dirigido pela pressão (mshdp) e método híbrido ag-simplex**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Carlos, SP, v. 9, n. 2, p.85-96, jan. 2004.

STOKES, J. R.; HORVATH, A.; STURM, R. **Water loss control using pressure management: life-cycle energy and air emission effects**. Environmental Science & Technology, v. 47, n. 19, p.10771-10780, 2013.

STURM, R.; GASNER, K.; WILSON, T.; PRESTON, S. **Real loss component analysis: a tool for economic water loss control**. Water Research Foundation, n. 4372, p.18-25, jun. 2014.

TARDELLI, J. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água**. Revista DAE, v. 64, n. 201, p.6-20, 2015. Editora Cubo Multimedia. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2015.012>.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Usp, 2006.

VICENTE, D. J.; GARROTE, L.; SANCHEZ, R.; SANTILLÁN, D. **Pressure management in water distribution systems: current status, proposals, and future trends**. Journal Of Water Resources Planning And Management, v. 142, n. 2, p.04015061-040150613, fev. 2016. American Society of Civil Engineers (ASCE). <http://dx.doi.org/10.1061/> (ASCE) wr.1943-5452.0000589.

VIEGAS, J. V.; GASTALDINI, M. C. C.; BARROSO, L. B.. **Estudo de metodologias para determinação das perda real em redes de distribuição de água**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 1, p.37-47, mar. 2005. Trimestral.

WARD, B.; SMITH, D.; SAVIC, D.; ROEBUCK, J.; COLLINGBOURNE, J. **Optimized investment planning for high-volume low-value buried infrastructure assets**. Journal Of Pipeline Systems Engineering And Practice, v. 8, n. 3, p.04017007-04017009, ago. 2017. American Society of Civil Engineers (ASCE). <http://dx.doi.org/10.1061/> (ASCE) ps.1949-1204.0000266.

WU, Z. Y.; SAGE, P.; TURTLE, D.. **Pressure-Dependent leak detection model and its application to a district water system**. Journal of Water Resources Planning

and Management, v. 136, n. 1, p.116-128, Jan. 2010. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2010\)136:1\(116\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2010)136:1(116)).

XU, Q.; LIU, R.; CHEN, Q.; LI, R. **Review on water leakage control in distribution networks and the associated environmental benefits.** Journal Of Environmental Sciences, v. 26, n. 5, p.955-961, maio 2014. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1001-0742\(13\)60569-0](http://dx.doi.org/10.1016/s1001-0742(13)60569-0).

XU, Q.; CHEN, Q.; MA, J.; BLANCKAERT, K.; WAN, Z. **Water saving and energy reduction through pressure management in urban water distribution networks.** Water Resources Management, v. 28, n. 11, p.3715-3726, 8 jun. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-014-0704-1>.

ANEXO A


**REGISTRO DE FALHAS
VAZAMENTOS**

DADOS DA SS			
SS Nº:	DATA REGISTRO:	EQUIPE:	RETRO: Sim () Não ()
MUNICÍPIO:	BAIRRO/LOCALIDADE:		
INFORMAÇÕES DO VAZAMENTO			
LOCAL DO VAZAMENTO:	REDE ()	RAMAL ()	CAVALETE () INTERNO ()
PAVIMENTO:	Asfalto () Intertravados () S/ Pavimentação () Entulho () Outros _____		
SOLO:	Terra () Areia () Pedregulho () Entulho () Outros _____		
INTERFERÊNCIAS COM REDES (drenagem, esgoto, gás, telefonia, etc):	Não () Sim () _____		
ESTADO DE CONSERVAÇÃO RUIM:	Não () Sim ()		
CAUSADOS POR TERCEIROS:	Não () Sim () Não sabe informar ()		
POSIÇÃO:	Rua () Calçada () Interno ()		
INFORMAÇÕES DO REPARO			
PRESSÃO:	Antes do reparo: ____ mca		Depois do reparo: ____ mca
DATA:	____ / ____ / ____	HORA DE INÍCIO: ____ : ____	HORA DE TÉRMINO: ____ : ____
Realizada manobra para reparo:	Sim () Não ()		Registro(s) manobrado(s) DN: _____
Locais das manobras (ruas):	_____		
Área Bombeada:	Sim () Não ()		Elevatória desligada: _____
POSIÇÕES DO VAZAMENTO			
VAZAMENTOS EM REDE			
DN:	_____		
Material da Rede:	PVC () FoFo () PEAD () DEFOFO () FC () FG () Outro _____		
Posição do Vazamento:	Furo () Quebra Transversal - degolada () Conexão - Queb/ Desloc. () Vaz. Bolsa () Corrosão () Quebra Longitudinal - rasgo () Outro _____		
Causa do Vazamento:	Material oxidado () Tubo raso () Rede antiga () Excesso conexões () Outro ()		
VAZAMENTOS EM RAMAL			
Material Ramal:	PEAD Azul () PEAD Preto () FG () PVC () Outros _____		
Posição do Vazamento:	Tê Serviço () Colar Tomada () Adaptador () Luva () Outros _____		
Causa do Vazamento:	Tubo (Trinca/ Furo) () Tubo (Amassado/Forçado) () Outro ()		
VAZAMENTOS EM CAVALETE			
Material Cavalete:	PVC () Outros ()		
Posição do Vazamento:	Joelho () Joelho Blindado () Tubete () Hidrômetro (HD) () Registro ()		
Causa do Vazamento:	Material Oxidado () Material antigo () Parafuso do HD () Outro ()		
POSIÇÃO DO VAZAMENTO NA REDE		POSIÇÃO DO VAZAMENTO NO RAMAL/CAVALETE	
OBSERVAÇÕES:			

Fonte: Documentos de controle da Concessionária CESAN.

Av. Fernando Ferrari S/N, Campus Universitário, Goiabeiras - Vitória - ES - CEP 29060-970 - Tel./Fax (27) 3335 2677

ANEXO B


	TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMENTO OPERACIONAL	CÓDIGO: PO-OGES/PT-008	PÁGINA: 1 de 6
ÁREA: O-DDO	TÍTULO DO DOCUMENTO: CALIBRAÇÃO E AJUSTE DE MACROMEDIDOR (CONVENCIONAL)	APROVAÇÃO: 14/12/2015	REVISÃO: 00

1) OBJETIVO:

- O objetivo da calibração é conhecer o erro (desvio) de indicação do macromedidor, a fim de obter o controle e confiabilidade dos dados medidos pelo macromedidor. O método convencional deverá ser utilizado quando ocorrer a solicitação de manutenção corretiva.

2) REFERÊNCIAS:

- I PNCDA – Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água, Guias práticos, Volume 2, Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água, Ensaio Pitométrico; e
- Manual do equipamento medição.


	TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMENTO OPERACIONAL	CÓDIGO: PO-OGES/PT-008	PÁGINA: 2 de 6
ÁREA: O-DDO	TÍTULO DO DOCUMENTO: CALIBRAÇÃO E AJUSTE DE MACROMEDIDOR (CONVENCIONAL)	APROVAÇÃO: 14/12/2015	REVISÃO: 00

3) DEFINIÇÕES:

- Macromedidor é o equipamento que mede a vazão, registrando-as em cada instante ou registrando o volume totalizado, para um período pré-fixado. Para uma macromedição com resultados confiáveis o macromedidor terá que estar calibrado. Para tanto, recomenda-se uma calibração periódica e, se possível, o ajuste, quando o valor do desvio ficar fora da faixa aceitável;
- A calibração de um macromedidor em campo se dá por meio da comparação das medições indicadas no medidor com as medições de um medidor adotado como padrão. O desvio trata-se da diferença do valor verdadeiro do mensurado (macromedidor) menos o resultado da medição de medidor adotado como padrão, dividido pelo resultado da medição do medidor adotado como padrão e multiplicado por cem;
- O ajuste de um macromedidor é o conjunto de operações efetuadas num sistema de medição, de modo que ele forneça indicações prescritas correspondentes a determinados valores de uma grandeza a ser medida. Diversos tipos de ajuste de sistema de medição incluem o ajuste de zero, o ajuste de defasagem (às vezes chamado ajuste de "offset") e o ajuste de amplitude (às vezes chamada ajuste de ganho). O ajuste de um sistema de medição não deve ser confundido com calibração, a qual é um pré-requisito para o ajuste. Após um ajuste de um sistema de medição, tal sistema geralmente deve ser recalibrado.

4) INFORMAÇÕES:

- Procedimento Operacional Padrão POP-002/SP;
- Procedimento Operacional Padrão POP-003/SP;
- Cadastro da EP;
- Manuais dos equipamentos de medição;
- Planilha específica de cálculo (eletrônica ou manual);
- Sistema Integrado de Macromedição e Pitometria (SIMP);


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO:	PÁGINA:
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL	PO-OGES/PT-008	3 de 6
ÁREA:	TÍTULO DO DOCUMENTO:	APROVAÇÃO:	REVISÃO:
O-DDO	CALIBRAÇÃO E AJUSTE DE MACROMEDIDOR (CONVENCIONAL)	14/12/2015	00

5) AÇÕES DE SEGURANÇA:

- U Utilização de EPI, com observação à NR-6;
- Sinalização adequada do local;
- Verificar se local está no cadastro de espaços confinados (Intranet Cesan);
- Para espaços confinados, observar a NR-33;
- Para trabalhos em altura, observar a NR-35;
- Verificar antes de adentrar ao poço de visita a existência de anomalias que possam trazer algum dano pessoal ou material;
- Adotar procedimentos de emergência, acionando a equipe de salvamento, pública ou privada, quando necessário.


6) MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E APOIO TÉCNICO:

- Galgador;
- Tubo de Pitot tipo cole;
- Mangueiras;
- Transmissor de pressão diferencial ou maleta de parâmetros hidráulicos
- Nível de Bolha;
- Régua graduada;
- Kit de ferramentas;
- Guarda-sol;
- Calculadora;
- Notebook;
- Equipamento de Proteção Individual (EPI);
- Equipamentos para aplicação da NR-33 (em caso de serviços em espaço confinado);
- Veículo;
- Sinalização (cones);
- Equipamentos de comunicação;
- Serviço de instrumentação;
- Serviço da operação.

	TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMENTO OPERACIONAL	CÓDIGO: PO-OGES/PT-008	PAGINA: 4 de 6
ÁREA: O-DDO	TÍTULO DO DOCUMENTO: CALIBRAÇÃO E AJUSTE DE MACROMEDIDOR (CONVENCIONAL)	APROVAÇÃO: 14/12/2015	REVISÃO: 00

7) PROCEDIMENTOS:

- Contactar o responsável pela unidade operacional, solicitando a não alteração das condições hidráulicas durante a execução do levantamento;
- Verificar se o local está apto para atividade. Se não, solicitar ao Analista da pitometria a adequação do local;
- Atualizar curva de velocidade conforme POP-002/SP, caso esteja com mais de dois anos;
- Sinalizar o local com cones;
- Executar medição de vazão conforme POP-003/SP;
- Purgar o ar do medidor através de dispositivos existentes, no medidor padrão e quando o medidor a ser calibrado for deprimogênico;
- Executar levantamento de vazões simultâneas (Tap X Medidor);
- Calcular o percentual de desvio, conforme item 10 - Anexos, entre o Medidor testado e o Medidor padrão, o qual deverá estar em +/- 4% 3%. Caso o percentual não atenda, verificar se o primário apresenta-se inadequado à utilização e se possível executando limpeza e reparo (ajustes). Após isso, coletar novamente as leituras e calcular novo desvio. Nota: o ajuste só será executado mediante autorização da unidade operacional a qual pertence o medidor, pois esta ação poderá impactar em metas de produção ou distribuição pré-estabelecidas;
- Calcular o percentual de desvio, conforme item 10 – Anexos, entre o Centro de Controle Operacional (CCO) e o Medidor testado, o qual deverá estar em +/- 3%, exceto para Medidores sem telemetria. Caso o percentual não atenda, o CCO deverá ser informado para tomada de providências;
- Persistindo o valor do desvio fora do aceitável, substituir a Maleta de Parâmetros Hidráulicos. Submeter a primeira à oficina de manutenção da instrumentação, caso o resultado gerado com a substituição seja satisfatório;
- Emitir à Coordenação de Pitometria o relatório referente à calibração para análise e arquivamento;

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO:	PÁGINA:
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL	PO-OGES/PT-008	5 de 6
ÁREA:	TÍTULO DO DOCUMENTO:	APROVAÇÃO:	REVISÃO:
O-DDO	CALIBRAÇÃO E AJUSTE DE MACROMEDIDOR (CONVENCIONAL)	14/12/2015	00

- Gerar relatório e enviar à área solicitante;

8) REGISTRO:

- Cadastrar o resultado no Sistema Integrado de Macromedição e Pitometria (SIMP).

9) RESULTADO:

- Calibração e ajuste do macromedidor.

10) ANEXOS:

- Fórmula para cálculo do Desvio (Macro x Tap):

$$E = \frac{Q_i - Q_p}{Q_p} \times 100 (\%)$$

Onde:

E = Erro de indicação (Desvio);
 Qi = Vazão do Medidor Fixo (Medidor Testado);
 Qp = Vazão do Medidor Padrão;

- Fórmula para cálculo do Desvio (CCO x Macro):


$$E = \frac{Q_i - Q_p}{Q_p} \times 100 (\%)$$

Onde:

E = Erro de indicação (Desvio);
 Qi = Vazão do CCO (Supervisório);
 Qp = Vazão do Medidor Fixo (Medidor Testado);

11) NATUREZA DAS ALTERAÇÕES:

ANEXO C

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO:	PÁGINA:
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL	PO-OGES/PT-003	1 de 5
ÁREA:	TÍTULO DO DOCUMENTO:	APROVAÇÃO:	REVISÃO:
O-DDO	MEDIÇÃO DE VAZÃO INSTANTÂNEA	14/12/2015	00

1) OBJETIVO:

- Levantamento de vazão instantânea de um determinado ponto de medição.

2) REFERÊNCIAS:

- PNCD – Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água, Guias práticos, Volume 2, Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água, Ensaio Pitométrico; e
- Manual do equipamento medição.

3) DEFINIÇÕES:


- Vazão instantânea é a vazão medida a qualquer instante em determinado ponto de medição.

4) INFORMAÇÕES:

- Planilha específica de cálculo (eletrônica ou manual);
- Manuais dos equipamentos de medição;
- Sistema Integrado de Macromedição e Pitometria (SIMP).


5) AÇÕES DE SEGURANÇA:

- Utilização de EPI, com observação à NR-6;
- Sinalização adequada do local;
- Verificar se local está no cadastro de espaços confinados (Intranet Cesan);
- Para espaços confinados, observar a NR-33;
- Para trabalhos em altura, observar a NR-35;
- Verificar antes de adentrar ao poço de visita a existência de anomalias que possam trazer algum dano pessoal ou material;
- Adotar procedimentos de emergência, acionando a equipe de salvamento, pública ou privada, quando necessário.

	TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMENTO OPERACIONAL	CÓDIGO: PO-OGES/PT-003	PÁGINA: 2 de 5
	ÁREA: O-DDO	TÍTULO DO DOCUMENTO: MEDIÇÃO DE VAZÃO INSTANTÂNEA	APROVAÇÃO: 14/12/2015


6) MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E APOIO TÉCNICO:

- Tubo de Pitot tipo cole;
- Mangueiras;
- Kit de engates;
- Maleta de parâmetros hidráulicos;
- Nível de Bolha;
- Régua graduada;
- Kit de ferramentas;
- Guarda-sol;
- Cones de sinalização;
- Calculadora;
- Planilha para anotação das deflexões e/ou Vazões;
- Pasta contendo a relação das constantes pitométricas (KPC) dos pontos de medição;
- Manual do equipamento de medição a ser utilizado;
- Equipamento de Proteção Individual (EPI);
- ~~Medidor de gases~~; Equipamentos para aplicação da NR-33 (em caso de serviços em espaço confinado);
- Veículo;
- Notebook;
- Equipamento de comunicação;
- Serviços da operação (não alteração das condições hidráulicas).

	TIPO DE DOCUMENTO: PROCEDIMENTO OPERACIONAL	CÓDIGO: PO-OGES/PT-003	PÁGINA: 3 de 5
ÁREA: O-DDO	TÍTULO DO DOCUMENTO: MEDIÇÃO DE VAZÃO INSTANTÂNEA	APROVAÇÃO: 14/12/2015	REVISÃO: 00

7) PROCEDIMENTOS:

- Contactar o responsável pela unidade operacional, solicitando a não alteração das condições hidráulicas durante a execução do levantamento;
- Sinalizar o local com cones;
- Verificar se o local está apto para atividade. Se não, solicitar ao Analista da pitometria a adequação do local;
- ~~Realizar a medição de gases no interior do poço de visita;~~ Se tratar de local classificado como espaço confinado, proceder conforme NR-33;
- Verifica-se o alinhamento, fixação e a integridade do diâmetro dos tips do pitot antes de proceder com a introdução no Tap;
- Instalar o pitot no Tap. Abrir o Tap. Introduz-se a haste até que se perceba que os tips do pitot ultrapassaram o Tap, abrindo-se os tips;
- Introduz-se a haste até que se perceba que os tips do Pitot ~~encontraram~~ tocaram no fundo da tubulação. Prende-se o índice na haste;
- Posicionar o Pitot do tipo cole no centro da tubulação, de acordo com o diâmetro real da tubulação, conectando-o ao medidor de parâmetros hidráulicos por intermédio de mangueiras próprias;
- Observar se os tips do tubo Pitot estão alinhados corretamente com o centro da tubulação;
- É imprescindível que o tubo Pitot seja girado à 180° no início do teste, a fim de identificar alguma anomalia com os tips;
- Executa-se a purga do ar, através de dispositivo próprio do medidor de parâmetros hidráulicos;
- Coletar 20 leituras do diferencial de pressão, efetuando-se a média. E por intermédio da fórmula de Cristino, obtêm-se a velocidade central do ponto;
- Com a velocidade levantada e tendo-se a área (KPC) do ponto de medição, calcula-se a vazão ou digita-se o KPC do ponto de medição na maleta de parâmetros hidráulicos e obtêm-se a vazão diretamente;
- Gerar relatório e enviar à área solicitante;

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO:	PÁGINA:
	PROCEDIMENTO OPERACIONAL	PO-OGES/PT-003	4 de 5
ÁREA:	TÍTULO DO DOCUMENTO:	APROVAÇÃO:	REVISÃO:
O-DDO	MEDIÇÃO DE VAZÃO INSTANTÂNEA	14/12/2015	00

8) REGISTRO:

- Cadastrar o resultado no Sistema Integrado de Macromedição e Pitometria (SIMP).

9) RESULTADO:

- Obtenção da vazão instantânea no ponto de medição.

10) ANEXOS:

- Cálculo da Vazão para temperatura da água a 20°C:

$$Q = [(\text{Delta } p \text{ médio} / 1000)^{0,4931} \times 3,8014] \times \text{KPC}$$

Sendo:

Q: Vazão (m³/s)

Delta p médio: Diferencial de pressão (mmH₂O)

KPC: Constante Pitométrica (m²)

11) NATUREZA DAS ALTERAÇÕES: