



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

SAULO BIASUTTI

**INDICADORES DE PERDAS PARA SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA:
PADRONIZAÇÃO E LIMITAÇÕES DA APLICAÇÃO NO BRASIL**

VITÓRIA - ES

2016

SAULO BIASUTTI

**INDICADORES DE PERDAS PARA SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA: PADRONIZAÇÃO E LIMITAÇÕES DA APLICAÇÃO NO BRASIL**

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 Gestão Sustentável e Energia.

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

VITÓRIA - ES

2016

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

B579i Biasutti, Saulo, 1989-
Indicadores de perdas para serviços de abastecimento de
água : padronização e limitações da aplicação no Brasil. /
Saulo Biasutti. – 2016.
163 f. : il.

Orientador: Edumar Ramos Cabral Coelho.
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento
Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro Tecnológico.

1. Abastecimento de água – Indicadores. 2. Água –
Controle de perdas – Brasil. 3. Normalização. I. Coelho,
Edumar Ramos Cabral. II. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

SAULO BIASUTTI

**INDICADORES DE PERDAS PARA SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA: PADRONIZAÇÃO E LIMITAÇÕES DA APLICAÇÃO NO BRASIL**

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 2016.

COMISSÃO EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Interno

Prof^a. Dr^a. Monica Pertel
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Examinadora Externa

DEDICATÓRIA

Dedico mais esta vitória à minha família e aos amigos que souberam entender minha ausência e sempre torceram pelo meu sucesso.

Vocês são meus alicerces!

AGRADECIMENTOS

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 dessa dissertação, mas pelas importantes sugestões fornecidas.

A todos prestadores de serviços de abastecimento de água que se dispuseram a participar da pesquisa e que contribuíram para a realização do meu projeto.

À FAPES - Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos colegas de turma, pelo agradável convívio durante o curso.

À minha família e aos meus amigos por todo o apoio incondicional.

A Deus pela esperança renovada diante de cada obstáculo.

“Há água no mundo para as necessidades da humanidade, mas não o suficiente para satisfazer a ganância de uns poucos.”

Mahatma Gandhi (1860-1948)

RESUMO

A quantidade de água perdida, expressa por meio de indicadores, é um importante elemento na avaliação da eficiência dos serviços de abastecimento de água. Contudo, quando não há uniformidade na linguagem utilizada para os indicadores, esta importante ferramenta perde a credibilidade. A Associação Internacional de Água (IWA) no final da década de 90 lançou as bases para a padronização dos indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. O padrão de indicadores da IWA foi bem sucedido, sendo adotado por diversos países. No Brasil ainda não existe o padrão nacional consolidado dos indicadores de perdas e, por conseguinte, uma grande diversidade de indicadores é utilizada pelas entidades gestoras do setor de abastecimento de água. Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo revisar, registrar e avaliar comparativamente os tipos de indicadores de perdas utilizados atualmente no Brasil, identificando as variações nas terminologias, unidades e fórmulas. Para a consecução da pesquisa recorreu-se à revisão sistemática da literatura científica, em conjunto com a análise de documentos legais e técnicos que normatizam os indicadores de perdas de água no Brasil. Ao todo foram avaliados na pesquisa bibliográfica 164 estudos de caso e na pesquisa documental 124 Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB). Os resultados evidenciam a falta de uniformidade dos indicadores de perdas, visto que diferentes nomenclaturas e fórmulas são utilizadas para expressar o mesmo indicador em diferentes documentos. A ausência de uma padronização dos indicadores dificulta a comparação de desempenho entre diferentes prestadores de serviços de abastecimento de água. Ademais, os resultados mostram que indicadores expressos em percentual, mesmo não sendo recomendados pela IWA, continuam sendo largamente utilizados, inclusive para a definição de metas no PMSB. Paralelamente, foi desenvolvida uma pesquisa junto aos prestadores de serviços de abastecimento de água, com a finalidade de investigar as limitações mais comuns quanto à aplicação dos indicadores de perdas. Com base nas respostas de 65 prestadores ao questionário de pesquisa, observou-se que as dificuldades mais frequentes são carência de equipamentos de medição (macro e micro), falta de confiabilidade nos dados operacionais e escassez de recursos financeiros para investimentos. Em virtude disso, a auditoria de perdas nos sistemas de abastecimento de água geralmente é deficiente, o que dificulta a definição de metas e o acompanhamento dos progressos na gestão de perdas por meio de indicadores, principalmente em relação aos indicadores mais específicos de perdas reais e perdas aparentes.

PALAVRAS-CHAVE: Indicador. Perdas de água. Padronização.

ABSTRACT

The amount of water loss, expressed through indicators, is an important element in assessing the efficiency of water supply services. However, when there is no uniformity in the language used for indicators, this important tool loses its credibility. The International Water Association (IWA) at the end of the 90s laid the foundation for the standardization of performance indicators for water supply services. Their standard was successful, being adopted by many countries. In Brazil there is still no consolidated national standard of loss indicators and therefore a wide range of indicators is used by managers of water supply sectors. In this context, this project aims to review, record and comparatively evaluate the types of loss indicators currently used in Brazil, identifying variations in terminology, units and formulas. To achieve the research it was resorted to a systematic review of scientific literature, together with the analysis of legal and technical documents that regulate water loss indicators in Brazil. Altogether in the literature 164 case studies were evaluated and in the documentary research 124 Municipal Sanitation Plans (PMSB). The results show the lack of uniformity of loss indicators, as different nomenclatures and formulas are used to express the same indicator in different documents. The lack of standardization of indicators makes the comparison of performance between different providers of water services difficult. Moreover, the results show that indicators expressed as a percentage, although not recommended by IWA, are still widely used, including setting targets in PMSB. At the same time, a survey was developed with the providers of water services, in order to investigate the most common limitations on the application of the loss indicators. Based on responses from 65 providers to the questionnaire survey, it was observed that the most frequent difficulties are lack of measuring equipment (macro and micro), lack of reliability of operational data and lack of financial resources for investments. As a result, the audit of losses in water supply systems is generally poor, making it difficult to set targets and monitor progress in loss management through indicators, especially in regards to more specific indicators of reais loss and apparent loss.

KEYWORDS: Indicator. Water loss. Standardization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do balanço hídrico.....	29
Figura 2 - Volumes de entrada do sistema de abastecimento de água.....	43
Figura 3 - Diferentes cenários para o parâmetro C_{25}	47
Figura 4 - Gerenciamento de perdas reais (Cruz de Lambert)	48
Figura 5 - Tipos de vazamento	49
Figura 6 - Métodos básicos de gerenciamento de perdas aparentes.....	58
Figura 7 – Método da revisão sistemática da literatura	68
Figura 8 - Distribuição da amostra por região.	73
Figura 9 - Tipos de indicadores de perdas.	74
Figura 10 - Unidades de indicadores de perdas.....	76
Figura 11 - Distribuição da amostra por região.	79
Figura 12 - Distribuição da amostra por ano.	79
Figura 13 - PMSB com diagnóstico de perdas.	80
Figura 14 - Tipos de indicadores.	80
Figura 15 - Unidades de indicadores de perdas.....	81
Figura 16 - PMSB com metas de redução de perdas.....	81
Figura 17 - Metas de redução de perdas para IPT (%).	82
Figura 18 - Volume de controle no SNIS.....	91
Figura 19 - Classificação da amostra por abrangência.	114
Figura 20 - Distribuição da amostra por região.	114
Figura 21 - Classificação da amostra por natureza jurídica.....	115
Figura 22 - Aplicação do Balanço Hídrico.	115
Figura 23 – Prestadores que estimam a parcela de perdas reais.	118
Figura 24 - Número médio de reparos de vazamentos na rede por mês.	119
Figura 25 - Idade média da rede.	121

Figura 26 - Materiais da rede.	121
Figura 27 - Cadastro comercial interligado com a rede.	124
Figura 28 - Tecnologia dos macromedidores.	126
Figura 29 - Cadastro atualizado dos macromedidores.	126
Figura 30 - Método de leitura do volume macromedidores.	127
Figura 31 – Idade média do(s) equipamento(s) de macromedição.	127
Figura 32 – Proteção dos macromedidores.	128
Figura 33 - Cadastro técnico dos hidrômetros atualizados.	129
Figura 34 - Idade média do parque de hidrômetros.	130
Figura 35 - Método de leitura do volume micromedido nos hidrômetros.	132
Figura 36 - Técnicas de controle de pressão.	132
Figura 37 – Pesquisa de Vazamentos.	133

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Balanço hídrico da IWA.....	31
Quadro 2 - Cálculo do balanço hídrico simplificado	31
Quadro 3 - Indicadores de perdas da IWA.	35
Quadro 4 - Fórmulas dos indicadores de perdas totais da IWA.	38
Quadro 5 - Fórmulas dos indicadores de perdas aparentes da IWA.....	39
Quadro 6 - Fórmulas dos indicadores de perdas reais da IWA.....	40
Quadro 7 - Evolução das fórmulas de PRAI.....	41
Quadro 8 - Alterações do parâmetro	47
Quadro 9 - Ações para redução de perdas reais por tipos de vazamento.	58
Quadro 10 - Matriz de avaliação de perdas reais.....	61
Quadro 11 – Categorias de desempenho de perdas reais.....	62
Quadro 12 - Matriz de avaliação de perdas reais modificada.....	62
Quadro 13 - Categorias de desempenho de perdas reais modificada.	62
Quadro 14 - Ações prioritárias para o controle e redução de perdas reais.	63
Quadro 15 - Matriz de avaliação de ANF.	63
Quadro 16 - Ações prioritárias para o controle e redução da ANF.....	64
Quadro 17 - Estimativa de perdas aparentes para países de baixa e média renda ..	64
Quadro 18 - Eventos técnicos e científicos selecionados.....	69
Quadro 19 - Revistas e periódicos selecionados	69
Quadro 20 - Indicadores complementares a avaliação de perdas de água.....	75
Quadro 21 - Indicadores de perdas na adução e produção	75
Quadro 22 - Terminologias de indicadores de perdas.....	77
Quadro 23 – Acervo de documentos utilizados na pesquisa documental.	88
Quadro 24 - Indicadores de perdas do SNIS.....	90
Quadro 25 - Evolução do conceito de volume disponibilizado a rede (VD).....	91

Quadro 26 - Agências reguladoras e legislação.....	92
Quadro 27 - Indicadores de perdas da ARSAL	93
Quadro 28 - Indicadores de perdas das agências reguladoras	94
Quadro 29 - Indicadores de perdas do PQNS.....	95
Quadro 30 – Comparação entre os indicadores de perdas do PQNS e do SNIS.....	96
Quadro 31 - Indicadores de perdas no nível básico do PNDCA.....	97
Quadro 32 - Indicadores de perdas no nível intermediário do PNDCA	98
Quadro 33 - Indicadores de perdas no nível avançado do PNDCA	99
Quadro 34 - Normas da ABNT relacionadas ao abastecimento de água.....	99
Quadro 35 - Indicadores de perdas em Miranda (2002).....	100
Quadro 36 - Indicadores de perdas de nível básico em Miranda (2002).....	101
Quadro 37 – Comparação entre os indicadores de Miranda e do SNIS.....	101
Quadro 38 - Indicadores de perdas da IWA.	102
Quadro 39 - Fórmulas dos indicadores de perdas da IWA.....	103
Quadro 40 – Comparação entre os indicadores de perdas da IWA e do SNIS.	104
Quadro 41 - Fórmulas dos indicadores de perdas Op_{27} e Op_{29} da IWA.	105
Quadro 42 – Comparação entre os indicadores de perdas da IWA e do PNCDA...	105
Quadro 43 - Questionário de pesquisa.....	112
Quadro 44 - Indicadores de perdas de água do SNIS.....	116
Quadro 45 - Indicadores de perdas de água adicionais.	117
Quadro 46 - Tempo médio de reparo.	119
Quadro 47 – Procedimentos para estimativa de perdas aparentes.....	120
Quadro 48 - Pressão média da rede.	122
Quadro 49 - Atualização do cadastro técnico da rede.....	122
Quadro 50 - Rede georreferenciada e digitalizada.....	123
Quadro 51 - Cadastro altimétrico da rede.	123
Quadro 52 - Índice de Macromedição.	125

Quadro 53 - Frequência de aferição dos macromedidores por pitometria.....	128
Quadro 54 - Índice de Hidrometração.	129
Quadro 55 - Frequência de calibração dos hidrômetros.....	130
Quadro 56 - Frequência de substituição dos hidrômetros.	131
Quadro 57 - Setorização da rede.	133
Quadro 58 - Telemetria e telecomando.	134
Quadro 59 - Limitações na gestão de perdas.....	135
Quadro 60 - Desafios no controle e na redução de perdas de água.	136

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABAR - Associação Brasileira de Agências de Regulação

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal

AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp

AGEPAN - Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos do Mato Grosso do Sul

AGERGS - Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul

AGERSA - Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia

AGR - Agência Reguladora de Saneamento de Tubarão

ANC - Água Não Contabilizada

ANF - Água Não Faturada

ARCE - Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará

ARPF - Agência Reguladora de Serviços Públicos do Município de Porto Ferreira

ARSAE - Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais

ARSAL - Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de Alagoas,

ARESC - Agência de Regulação de Serviços Públicos de Santa Catarina

ARSEMA - Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado do Maranhão

ARSESP - Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo

ARSI - Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo

ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento

BDTD - Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

DMC - Distrito de Medição e Controle

DSAE - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto

DTA - Documentos Técnicos de Apoio

FMN - Fluxo Mínimo Noturno

FoFo - Ferro Fundido

IDs - Indicadores de Desempenho

IWA - International Water Association

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico

PMSS - Programa de Modernização do Setor de Saneamento

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PNQS - Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento

PVC - Policloreto de Vinila

QMN - Vazão Mínima Noturna

SAAAs - Sistemas de Abastecimento de Água

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SINISA - Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

VRP - Válvula Redutora de Pressão

WLTF - Water Loss Task Force

LISTA DE SÍMBOLOS

IIE - Índice Infraestrutural de Perdas
ILB - Índice Linear Bruto de Perdas
ILP - Índice Linear Ponderado de Perdas Físicas
IPD - Índice de Perdas de Distribuição
IPF - Índice de Perdas de Faturamento
IPL - Índice de Perdas por Ligação
IPRA - Índice de Perdas Reais na Adução
IPRP - Índice de Perdas Reais na Produção
IPTR - Índice de Perdas Reais no Tratamento
IVI - Índice de Vazamentos na Infraestrutura
ILF - Índice Linear de Perdas Físicas
Lm - Extensão da Rede
Lp - Comprimento dos Ramais
Nc - Número de Conexões
Op₂₃ - Indicador de perdas totais de água
P - Pressão Média da Rede
PFA - Índice de Perdas Físicas na Adução
PFD - Índice de Perdas Físicas na Distribuição
PFP - Índice de Perdas Físicas na Produção
PRAC - Perdas Reais Correntes Anuais
PRAI - Perdas Reais Anuais Inevitáveis
PRIM - Perdas Reais Inevitáveis Médias
PR_{pr} - Potencial de Redução de Perdas Reais
PTR - Índice de Perdas Físicas no Tratamento

VADZ - Volume Aduzido

VC - Volume de Água Consumido

VCa - Volume Captado

VCE - Volume de Consumo Estimado

VCM - Volume de Consumo Micromedido

VD - Volume de Água disponibilizado para Distribuição

VEB - Volume de Água Exportado Bruto

VET - Volume de Água Exportado Tratado

VF - Volume de Água Faturado

VIB - Volume de Água Importado Bruto

VIT - Volume de Água Importado Tratado

VP - Volume de Água Produzido

VPR - Volume de Perdas Reais

VPRO - Volume Produzido

VS - Volume de Água de Serviço

TPF - Índice Total de Perdas Físicas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1. Problemática e questões da pesquisa	22
1.2. Justificativa e proposta da pesquisa	23
1.3. Estrutura do projeto.....	23
2. OBJETIVOS	25
2.1. Objetivo Geral	25
2.2. Objetivos Específicos.....	25
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3.1. Conceito de perdas de água.....	26
3.2. Tipos de perdas de água	27
3.3. Balanço Hídrico.....	28
3.1.1. Padronização do balanço hídrico	28
3.1.2. Componentes do balanço hídrico.....	29
3.1.3. Cálculo simplificado do balanço hídrico	31
3.1.4. Cálculo completo do balanço hídrico	32
3.2. Indicadores de perdas da IWA.....	35
3.2.1. Indicadores financeiros.....	36
3.2.2. Indicadores operacionais	38
3.2.3. Indicador de recurso hídrico	41
3.2.4. Limitações dos indicadores.....	42
3.3. Controle e redução de perdas de água.....	48
3.3.1. Perdas reais.....	48
3.3.2. Perdas aparentes.....	58

3.4.	Avaliação do desempenho.....	61
3.4.1.	Perdas reais.....	61
3.4.2.	Água Não Faturada.....	63
3.4.3.	Perdas aparentes.....	64
4.	MANUSCRITOS.....	66
4.1.	MANUSCRITO 01	66
	INDICADORES DE PERDAS PARA SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL: PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA	66
4.2.	MANUSCRITO 02	86
	PADRONIZAÇÃO DOS INDICADORES DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL.....	86
4.3.	MANUSCRITO 03	110
	GESTÃO DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BRASIL: LIMITAÇÕES E AVANÇOS NECESSÁRIOS	110
5.	CONCLUSÃO.....	139
	REFERÊNCIAS.....	142
	APÊNDICE 01 – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	149

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida, sendo considerada indubitavelmente um recurso insubstituível (OMS, 2011). À vista disso, o acesso à água limpa e segura e ao saneamento é declarado como um direito humano básico para o pleno gozo da vida e todos os outros direitos humanos, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2010).

Tundisi (2003) destaca que a água também tem um papel econômico de grande relevância, uma vez que seus usos múltiplos (abastecimento público, irrigação, geração de hidroeletricidade, navegação e desenvolvimento industrial) promovem as economias locais e regionais. E muitos desses usos são consuntivos, ou seja, implica na retirada da água dos corpos hídricos, logo a escassez deste recurso natural pode tornar-se fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial (CHRISTODOULOU, 2011; AYDIN; MAYS; SCHMITT, 2014).

A grande oferta de água em nosso planeta conduz à falsa sensação de recurso inesgotável. Entretanto, estima-se que 97% da água existente no planeta está nos oceanos e dos 3% restantes grande parte encontra-se na forma sólida (2,2%), como calotas polares e geleiras, e somente 0,8% do total de recursos de água doce está na forma líquida. Esses valores ressaltam a grande importância em se preservar os recursos hídricos e de se evitar o desperdício e a contaminação da pequena fração de água mais facilmente disponível para consumo humano (VON SPERLING, 2005).

Ademais, quando se aborda o ciclo hidrológico, em suas fases básicas, tem-se a ideia errônea de que a água, sendo um recurso natural renovável, apresenta-se como um produto inesgotável e, assim sendo, não haveria maiores problemas quanto à sua pronta disponibilidade (SILVA, 2007). Contudo, a disponibilidade de recursos hídricos numa determinada região pode variar significativamente ao longo do tempo, tanto em quantidade como em qualidade, devido a alterações produzidas pelo homem ou pelos próprios fenômenos naturais (TUNDISI, 2003; VON SPERLING, 2005).

Logo, a disponibilidade de água é uma contínua preocupação em função, principalmente, do crescimento populacional, das incertezas a respeito dos fatores climáticos e da crescente poluição dos mananciais ainda disponíveis (CHRISTODOULOU, 2011; XU et al., 2014; EDALAT; ABDI, 2015; DAI; LI, 2016).

Todos esses fatores têm exigido repensar a eficácia da gestão tradicional das águas urbanas, voltando-se a atenção para abordagens mais integradas e sustentáveis, como a promoção do uso racional da água e da preservação dos recursos hídricos (GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007; CHRISTODOULOU, 2011; MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011a, 2011b; BRITTON; STEWART; O'HALLORAN, 2013; FERRANTE et al., 2014; DAI; LI, 2016; WERBELOFF; BROWN, 2016; SALAZAR et al., 2016).

A própria Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal N° 9433 de 1997, reconhece a água como um recurso natural limitado e que sua disponibilidade deve ser assegurada à atual e às futuras gerações, em padrões de qualidade adequados aos seus múltiplos usos.

Mesmo reconhecida a importância deste elemento em todos os aspectos da vida e a possível limitação de sua disponibilidade, muitas vezes observa-se o uso irracional da água, devido à falta de critérios definidos no seu uso. Nesse aspecto, inclui-se o setor de abastecimento de água que apresenta uma série de perdas, desde a captação até o consumidor final (OLIVEIRA et al., 2009).

Segundo dados compilados pelo Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), o indicador de perdas totais nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs) atingiu média de 36,7% em 2014 (BRASIL, 2016). Quando se compara com países desenvolvidos, como Alemanha e Japão que possuem indicadores de perdas em 11%, é notável a urgente necessidade de melhorias no sistema de gestão de perdas no Brasil (ABES, 2013).

Esse quadro de baixa eficiência deve-se, entre outros fatores, à pouca preocupação por parte das companhias de saneamento básico de conhecer e controlar o real nível de perdas existentes nos SAAs, em especial nos países em desenvolvimento (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011a, 2011b; TROJAN; MORAIS, 2015).

Segundo Pertel, Azevedo e Volschan Junior (2016) observa-se que a gestão operacional e de manutenção dos sistemas de saneamento carece, em geral, de maior atenção e dedicação por parte das concessionárias, sendo usualmente preterida em relação aos investimentos dedicados à ampliação da capacidade hidráulica ou de sua abrangência de cobertura.

Uma importante ferramenta de gestão para avaliar os serviços de abastecimento de água são os indicadores de desempenho (IDs), dentre os quais há os indicadores específicos para avaliar a gestão de perdas de água.

Os IDs são úteis para a entidade gestora dos serviços de abastecimento de água tanto para a avaliação interna (comparando o desempenho obtido em unidades operacionais ou em subsistemas diferentes), como externa (comparando o seu desempenho com o de outras entidades gestoras semelhantes), promovendo melhorias de desempenho (ALEGRE et al., 2004).

A *International Water Association* (IWA) no final da década de 90 definiu uma estrutura base de IDs para avaliar os SAAs, visto que poucos países tinham um padrão nacional e as metodologias adotadas para os IDs diferenciavam-se umas das outras (LIEMBERGER, 2010).

Segundo Lambert et al.; (2014) a proposta de uma abordagem internacional padronizada para os IDs foi substancialmente bem sucedida, alcançando um número cada vez maior de países.

Em âmbito nacional, o interesse pela utilização dos IDs como instrumentos de apoio à gestão dos SAAs tem crescido recentemente de forma acentuada, incentivada pela Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) que institucionaliza o uso dos IDs e passa a integrá-los aos processos de planejamento, regulação e fiscalização dos serviços deste setor.

1.1. Problemática e questões da pesquisa

Ainda não existe padrão nacional consolidado dos indicadores de perdas e, por conseguinte, uma grande quantidade de indicadores é utilizada pelas entidades gestoras do setor de abastecimento de água. Diante desta problemática, levantam-se as seguintes questões:

- Quais os tipos de indicadores de perdas atualmente são utilizados no Brasil?
- Quais as normas nacionais que tratam dos indicadores de perdas?
- Existe uma uniformidade na formulação dos indicadores de perdas no Brasil?
- Quais são as limitações e avanços necessários ao uso dos indicadores de perdas pelos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil?

1.2. Justificativa e proposta da pesquisa

Uma pesquisa que revise, registre e avalie comparativamente os indicadores de perdas utilizados atualmente no Brasil é um primeiro degrau para a definição de indicadores mais apropriados para a avaliação da qualidade dos serviços de abastecimento de água e com uma linguagem uniforme, de modo a evitar falhas na percepção e na tomada de decisão na gestão de perdas.

Von Sperling e von Sperling (2013) destacam que todo trabalho que busque articular, agregar e avaliar indicadores de desempenho a serem utilizados no setor de saneamento é de fundamental importância para o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico.

Vale ressaltar ainda que o Artigo 23 da Lei nº 11.445/2007 destaca a necessidade da normatização de padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços de saneamento pelas entidades reguladoras do Brasil.

Desse modo, o presente projeto pretende investigar os tipos de indicadores mais utilizados pelos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil, identificando as variações nas terminologias, unidades e fórmulas. Ademais, a pesquisa busca os documentos normativos de indicadores de perdas relevantes no cenário nacional e descreve as propostas destes indicadores.

Paralelamente, é desenvolvida uma pesquisa junto aos prestadores de serviços de abastecimento de água do Brasil, com a finalidade de investigar as limitações mais comuns quanto ao cálculo dos indicadores de perdas. Com base na análise dos resultados, propõe diretrizes para a inserção destes indicadores nos processos gerenciais dos prestadores.

1.3. Estrutura do projeto

O projeto foi estruturado em cinco capítulos, conforme detalhado a seguir.

O presente capítulo, no qual são apresentados o tema do projeto; a problemática; as questões da pesquisa e a justificativa do trabalho.

No capítulo 2, são expostos os objetivos da pesquisa, geral e específicos.

No capítulo 3, é apresentada uma revisão bibliográfica expondo: o conceito de perdas de água, considerando as dimensões física, econômica, ambiental, sanitária e social; os tipos de perdas (reais e aparentes); a abordagem do balanço hídrico

para quantificação de perdas; os indicadores de perdas no padrão internacional da IWA; os métodos de avaliação de desempenho da gestão de perdas e as estratégias de controle e redução de perdas.

O capítulo 4 é dividido em três propostas de artigos que serão submetidas para publicação em revista científica.

No primeiro manuscrito, por meio de uma pesquisa bibliográfica (estudos de caso) e documental (Planos Municipais de Saneamento Básico), investigam-se os tipos de indicadores de perdas que são efetivamente adotados no Brasil, destacando as variações nas terminologias, unidades e fórmulas.

No segundo manuscrito apresentam-se as bases normativas dos indicadores de perdas de água no Brasil, comparando-as com os indicadores do padrão internacional da IWA.

No terceiro e último manuscrito mostram-se os resultados de uma pesquisa com 65 prestadores de serviço de abastecimento de água de diversas regiões do Brasil, apontando evidências das principais dificuldades enfrentadas pelos prestadores de serviços e destacando os avanços necessários à gestão de perdas de água no Brasil.

No capítulo 5 apresenta as conclusões, destacando as contribuições do trabalho para setor de abastecimento de água e as recomendações para futuros trabalhos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é revisar os tipos de indicadores de perdas adotados pelos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil e identificar os avanços necessários à gestão de perdas.

2.2. Objetivos Específicos

Para a consecução do trabalho proposto foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Investigar os tipos de indicadores de perdas adotados no Brasil (destacando as variações nas terminologias, unidades e fórmulas) por meio de pesquisa bibliográfica e documental;
- Descrever as bases normativas dos indicadores de perdas no Brasil e compará-las entre si, identificando as variações na metodologia do cálculo dos indicadores de perdas;
- Identificar as limitações dos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil quanto ao uso de indicadores de perdas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Conceito de perdas de água

Segundo a IWA, perdas de água correspondem à diferença dada entre o volume de água entregue ao sistema de abastecimento e o volume de água do consumo autorizado (LAMBERT; HIRNER, 2000; ALEGRE et al., 2006). O conceito de perdas, todavia vai mais adiante.

As perdas de água são multidisciplinares por natureza. A fim de entendê-las de forma abrangente, é necessário incorporar em um quadro analítico coerente aspectos técnicos, econômicos, sociais, ambientais e sanitários (LOUREIRO et al., 2014; ROUSTA; ARAGHINEJAD, 2015; LEU; BUI, 2016).

Do ponto de vista operacional, as perdas são importantes indicadores na avaliação da eficiência operacional das companhias de saneamento (ABES, 2013; DALIBOR; GORAN, 2013). Um sistema com elevado indicador de perdas, pode exigir frequentes interrupções no abastecimento, comprometendo a qualidade dos serviços (ALMANDOZ et al., 2005).

No âmbito ambiental, perdas de água representam um desperdício dos recursos hídricos. No contexto de corpos de água severamente estressados em face da crescente demanda com os atuais padrões de consumo, as perdas são um enorme risco ao equilíbrio dos ecossistemas locais (KANAKOUDIS et al., 2011).

No aspecto econômico, considerando que o custo da água tratada é efetivamente composto de vários itens (os gastos com produtos químicos e energia¹ para tratamento da água, os investimentos na implantação da rede de adução e distribuição de água, os custo com a mão de obra para operação, entre outros), as perdas de água representam custos operacionais significativos (GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007; GIUSTOLISI; LAUCELLI; BERARD, 2013; TABARI; TAVAKOLO; MARI, 2014; SALAZAR et al., 2016).

De acordo com o estudo do Banco Mundial realizado em 2006, as perdas de água custam aos serviços públicos de água em todo o mundo um total de US\$ 14 bilhões por ano, considerando que cerca de 32 bilhões de m³ de água tratada é perdida

¹ Ainda sob a ótica ambiental, perdas de água contribuem para a emissão dos gases de efeito estufa associados a energia desperdiçada para a produção da água tratada (LOUREIRO et al., 2014; XU et al., 2014).

anualmente com vazamentos e 16 bilhões de m³ de água é usada, mas não é paga (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011a).

Assim, elevado indicador de perdas de água representa uma redução do faturamento das companhias de saneamento e, conseqüentemente, diminuição de sua capacidade de investir em melhorias dos serviços prestados e de ampliação do sistemas de abastecimento de água existente (ABES, 2013; PERTEL; AZEVEDO; VOLSCHAN JUNIOR, 2016; SALAZAR et al., 2016). Daqui se conclui em muitos casos a necessidade de aumento de preços da tarifa de água para recuperação dos custos com a água perdida, o que fará crescer a dimensão social de perdas de água, quando se reflete sobre o direito fundamental de acesso à água potável (ALEGRE et al., 2005).

Além disso, altos indicadores de perdas de água podem representar indiretamente riscos à saúde pública, visto que uma rede com falhas físicas, sob baixa pressão ou fornecimento intermitente, pode ser exposta às intrusões de patógenos e contaminantes químicos que afetam a qualidade da água (ALMANDOZ et al., 2005; MOHAPATRA; SARGAONKAR; LABHASETWAR, 2014; MALM et al., 2015; DAI; LI, 2016; MARCHIS et al., 2016).

Marchis et al.; (2016) destacam que altos índices de vazamentos (perdas) podem ser indicativos de deterioração das redes e estando a integridade dos tubos comprometida, então elevados índices de perdas representam riscos as infraestruturas localizadas na área de entorno da região com vazamentos.

3.2. Tipos de perdas de água

As perdas de água são divididas em perdas aparentes e perdas reais.

As perdas reais são as perdas físicas de água do sistema de abastecimento, que incluem os vazamentos na rede de distribuição (tanto nas tubulações do sistema, como nas válvulas e bombas de recalque) e os extravasamentos nos reservatórios (LOUREIRO et al., 2014; TABESH; YEKTA; BURROWS, 2008; DAI; LI, 2016).

Por outro lado, as perdas aparentes contabilizam as variações no volume de água devido às imprecisões nas medições ou estimativas do volume de água produzida e consumida, ao consumo não autorizado, aos erros na manipulação de dados e às falhas no cadastro comercial (ALEGRE et al., 2006; MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011b; COUVELIS; VAN ZYL, 2015). Em resumo, as perdas

aparentes (perdas comerciais) são produzidas por erros humanos, de medição e de gestão (TABESH; YEKTA; BURROWS, 2008).

Alegre et al.; (2004) destacam que os desperdícios de água localizados a jusante do hidrômetro, apesar de estarem excluídos do cálculo de perdas reais, são muitas vezes significativos (em particular quando não há hidrômetros) e merecedores de atenção no contexto da gestão sustentável dos recursos hídricos. Em particular no setor residencial, estimativas atuais assumem que vazamentos após hidrômetros representam até 10% do volume de água total consumido (BRITTON; STEWART; O'HALLORAN, 2013). Neste contexto, ressalta-se a importância da conscientização e participação dos usuários para a redução do volume de água tratado perdido.

3.3. Balanço Hídrico

3.1.1. Padronização do balanço hídrico

Um típico programa de controle de perdas geralmente começa com uma auditoria de água do sistema de abastecimento, com base nas medições de vazão disponíveis, preparando uma linha de base para estabelecer os níveis atuais de perdas de água (ALMANDOZ et al., 2005; GIUSTOLISI; SAVIC; KAPELAN, 2008; LIEMBERGER, 2010; JAYARAMU; KUMAR, 2014).

Até a década de 90, não havia o padrão internacional para definir e quantificar os componentes de perdas de água. Poucos países tinham um padrão nacional e as terminologias adotadas para o cálculo do balanço de água diferenciavam-se umas das outras (LIEMBERGER, 2010). Até mesmo em um único país, a avaliação de perdas era distinta em cada companhia de saneamento (ABES, 2013). Cientes do problema de diferentes formatos de balanço hídrico e da existência de diversos indicadores de desempenho com interpretações variadas, a IWA, em 1996, constituiu a *Water Loss Task Force* (WLTF, tradução literal: Força Tarefa de Perdas de Água) que foi designada para estudar a problemática de perdas de água e criar a padronização da terminologia e dos procedimentos usados para realizar o balanço da água (LIEMBERGER et al., 2007; LAMBERT et al., 2014).

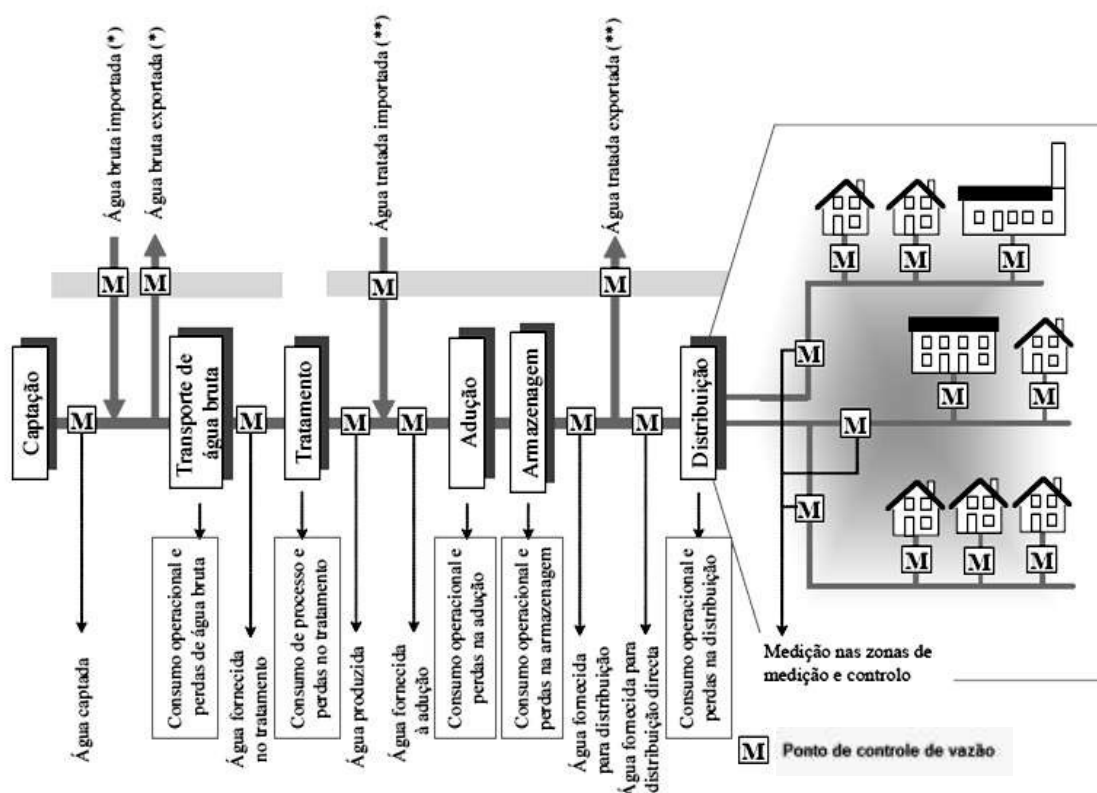
Como resultado dos trabalhos da WLTF foram publicados, em 2000, o artigo "*Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures - IWA Blue Pages*" (Tradução literal: Perdas de sistemas de abastecimento água: terminologia padrão e medidas de desempenho

recomendadas) por Lambert e Hirner (2000) e o manual “*Performance Indicators for Water Supply Services*” (Tradução literal: Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água) por Alegre et al. em 2001 e, numa segunda edição, em 2006. Essas publicações são as bases do padrão internacional para o grupo de indicadores de desempenho utilizados na avaliação e comparação dos serviços de abastecimento de água. Nos últimos anos, este formato padrão vem sendo adotado (com ou sem modificações) por associações nacionais em vários países para avaliar o desempenho operacional (tanto a nível interno como externo) de um serviço de abastecimento de água (LIEMBERGER, 2010, LAMBERT et al., 2014).

3.1.2. Componentes do balanço hídrico

O balanço hídrico deve representar todos os volumes de água no sistema de abastecimento, desde a captação da água bruta até o consumo de água final pelos clientes (ALEGRE et al., 2004). Na Figura 1, ilustram-se, por ordem sequencial, as principais entradas e saídas em um típico sistema de abastecimento de água.

Figura 1 - Componentes do balanço hídrico



(*) - a importação ou a exportação de água bruta podem ocorrer em qualquer ponto a montante do tratamento
 (**) - a importação ou a exportação de água tratada podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento

Alguns sistemas de abastecimento de águas serão certamente mais simples não tendo todos os componentes de água representados, como o volume de água importado e exportado (ALEGRE et al., 2004).

Tendo em vista um sistema de avaliação de desempenho coerente e flexível que atendesse às necessidades reais das companhias de saneamento (independentemente da sua dimensão, modelo de gestão e grau de complexidade), a IWA padronizou os conceitos e as terminologias dos componentes da água e esquematizou em uma matriz o balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água (ABES, 2013).

Seguindo a terminologia adotada pela IWA em Alegre et al.; (2006) destacam-se as seguintes componentes de água:

- **Volume de entrada no sistema:** volume de água introduzido no sistema;
- **Consumo autorizado:** volume de água medido e estimado, consumido por clientes cadastrados e outros que são autorizados a fazê-lo pelo fornecedor de água;
- **Consumo autorizado faturado:** volume de água medido e estimado, autorizado para consumo e que é faturado (incluindo o volume de água exportado). Corresponde também a parcela de “água faturada”;
- **Consumo autorizado não faturado:** volume de água para usos especiais como: desinfecção de adutoras e redes, combate a incêndios e formação de bombeiros; lavagem de ruas; rega de espaços verdes municipais; abastecimentos realizados a título de suprimentos sociais, como para favelas e chafarizes; fornecimento de água para obras públicas; entre outros. Estes consumos podem ser medidos ou não medidos, de acordo com a prática local;
- **Água não faturada (ANF):** é a diferença entre o “volume de entrada do sistema” e “consumo autorizado faturado”, consistindo do somatório dos volume de água correspondentes ao “consumo autorizado não faturado” e as “perdas de água”, aparentes e reais .

No Quadro 1, apresenta-se a matriz do balanço hídrico da IWA.

Quadro 1 - Balanço hídrico da IWA

A	B	C	D	E	
VOLUME DE ENTRADA NO SISTEMA	CONSUMO AUTORIZADO	CONSUMO AUTORIZADO FATURADO	FATURADO E MEDIDO	ÁGUA FATURADA	
			FATURADO E ESTIMADO		
	PERDAS DE ÁGUA	CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO	NÃO FATURADO E MEDIDO	NÃO FATURADO E ESTIMADO	ÁGUA NÃO FATURADA (ANF)
				CONSUMO NÃO AUTORIZADO	
		PERDAS APARENTES		ERROS DE MEDIÇÃO	
				VAZAMENTOS NOS RAMAIS	
		PERDAS REAIS		VAZAMENTOS NA REDE	
				VAZAMENTOS EM RESERVATÓRIOS	

Fonte: Adaptado de Alegre et al., 2006.

3.1.3. Cálculo simplificado do balanço hídrico

No Quadro 2, apresenta-se a metodologia de cálculo do balanço hídrico simplificado, sendo que as componentes de entrada do balanço de água podem ser medidos, estimados ou calculados (LIEMBERGER, 2010).

Quadro 2 - Cálculo do balanço hídrico simplificado

Ordem	Cálculo
Passo 1	Determinar o volume de água entrada no sistema e introduzi-lo na Coluna A.
Passo 2	Determinar o consumo faturado medido e o consumo faturado não medido na Coluna D; introduzir o total destes como consumo autorizado faturado (Coluna C) e como água faturada (Coluna E).
Passo 3	Calcular o volume de água não faturada (Coluna E) subtraindo a água faturada (Coluna E) à água entrada no sistema (Coluna A).
Passo 4	Definir o consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido na Coluna D; registrar o total em consumo autorizado não faturado na Coluna C.
Passo 5	Somar os volumes correspondentes ao consumo autorizado faturado e ao consumo autorizado não faturado da Coluna C; introduzir o resultado como consumo autorizado (Coluna B).
Passo 6	Calcular as perdas de água (Coluna B) como a diferença entre a água entrada no sistema (Coluna A) e o consumo autorizado (Coluna B).

Fonte: Alegre et al., 2004.

Com os dados de “volume de entrada do sistema” e “consumo autorizado” (faturado e não faturado) pode-se calcular as perdas de água, descontando do volume de entrada a parcela correspondente ao consumo autorizado. A partir deste ponto já é possível calcular os indicadores de perdas totais.

A IWA alerta para a importância de completar o cálculo do balanço hídrico para distinguir, da melhor forma possível, as perdas de água reais das perdas aparentes. Esta desagregação permite o cálculo do conjunto de indicadores de perdas da IWA (apresentados no tópico 3.2) que servem para a comparação do desempenho de sistemas de abastecimento em todo o mundo.

Liemberger (2010) destaca que quando não for possível realizar uma auditoria completa da água, pelo menos uma avaliação inicial da água não faturada deve ser realizada para o cálculo do indicador de desempenho ANF.

3.1.4. Cálculo completo do balanço hídrico

Segundo Alegre et al.; (2006) podem-se adotar duas diferentes abordagens para segregar as perdas reais de perdas aparentes:

- *Top-Down*

Na abordagem *Top-Down* estima-se primeiramente as perdas aparentes e, em seguida, desconta-se o volume estimado do total de perdas. O resultado da diferença é a parcela referente as perdas reais.

- *Bottom-Up*

Na abordagem *Bottom-Up* estima-se primeiramente as perdas reais e, em seguida, desconta-se o volume estimado do total de perdas. O resultado da diferença é a parcela referente as perdas aparentes.

Comparado com perdas reais, as perdas aparentes são mais difíceis para investigar e estimar com precisão, devido à sua complexidade e aparente invisibilidade (XIN et al., 2014). Contudo, assim como Loureiro et al.; (2014) destacam que a abordagem *top-down* é a mais comum para avaliar os componentes das perdas de água.

Sugestões de valores para cálculo de perdas aparentes (faixas de submedição e percentual de consumo não autorizado) podem ser encontrados na literatura técnico científica, como nos estudos Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2011b), Lambert et al.; (2014) e Couvelis e Van Zyl (2015).

Quando a parcela de perdas reais é calculada na abordagem *Top-Down*, a IWA recomenda que ao menos sejam feitas medições de vazão e pressão em partes hidráulicas distintas do sistema, para que o nível real de vazamento possa ser estimado e comparado com os resultados do balanço hídrico (LIEMBERGER, 2010; ALEGRE et al., 2004).

i. Vazamentos

Frequentemente, um vazamento através de pequenos orifícios em um tubo é modelado por meio de uma fórmula bem conhecida, a equação de Torricelli (AYDIN; MAYS; SCHMITT, 2014; HUANG; LIN; YEH, 2015; MARCHIS et al., 2016; COVELLI et al., 2016):

$$Q_v = C_d A \sqrt{2gP} \quad 1$$

sendo: Q_v – Vazão de água perdida no vazamento (m^3/s); C_d – Coeficiente de descarga (Adimensional)²; A – Área da fatura por onde escoo o vazamento (m^2) g – Aceleração da gravidade (m/s^2) e P – Pressão (m).

Diversos estudos questionam a equação de Torricelli, demonstrando através de evidências experimentais que a lei clássica de vazão em orifícios pode dar resultados insatisfatórios, principalmente quando o tubo não é feito de um material rígido e a deformação na área de vazamento (induzida por pressão) não é considerada. No entanto, a partir da equação de Torricelli, outras equações têm sido propostas para reproduzir os vazamentos em sistemas de distribuição de água (MARCHIS et al., 2016).

Os estudos em campo mostraram que a sensibilidade da taxa de vazamento Q_v com a pressão P pode ser significativamente maior do que 0,5 e, tipicamente, varia entre 0,5 e 2,79, com um valor médio de 1,15 (FARLEY; TROW, 2003³ *apud* MARCHIS et al., 2016). Mais recentemente, a IWA propôs uma nova equação dada por:

$$Q_v = aP^{N_1} \quad 2$$

² É comum a adoção de um valor médio de C_d de 0,62. Entretanto, esta medida supõe que o C_d seja constante o que não é necessariamente válido. Para vazamentos individuais, o C_d pode mudar em função do tipo de escoamento: laminar, de transição ou turbulento (NOLLI; MARTINEZ, 2015).

³ FARLEY, M.; TROW, S. Losses in water distribution networks: a practitioner's guide to assessment, monitoring and control. IWA Publishing, London, 2003.

sendo o parâmetro $a = C_d A \sqrt{2g}$ relacionado com a área efetiva de vazamento e o valor do expoente N_1 dependente do tipo de vazamento e do material de tubo (MIRANDA, 2002; MARCHIS et al., 2016).

Essa teoria serviu de base para o modelo conceitual denominado FAVAD – *Fixed and Variable Area Discharge Paths* (Área de Descarga Fixa e Variável), por meio do qual a relação entre vazamento e pressão pode ser modelada pela equação:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1} \quad 3$$

sendo Q_0 o vazamento correspondente ao nível inicial de pressão P_0 e Q_1 o vazamento correspondente ao nível de pressão P_1 (MIRANDA, 2002).

Apesar dos grandes esforços para desenvolver fórmulas de modelagem de vazamento precisas, a busca por uma teoria unificadora ainda está aberta. É necessária mais investigação sobre o comportamento do fluxo de vazamento para diferentes tipos de rachaduras no tubo (furos circunferências e fissuras longitudinais, com tamanhos variáveis) e para diferentes tipos de materiais (PVC, aço, ferro fundido, polietileno, etc.), devido à deformação na zona de vazamento (MARCHIS et al., 2016).

Outro método bastante utilizado para estimativa de perdas reais é a análise da vazão mínima noturna (QMN) (ALKASSEH et al., 2013; JAYARAMU; KUMAR, 2014; LOUREIRO et al., 2014). Esse método se baseia na seguinte premissa: normalmente nas zonas urbanas, durante o período de 02:00 às 04:00 horas da manhã, o volume de água consumido é mínimo, de tal forma que variações bruscas no consumo de água neste período podem refletir vazamentos de água no sistema (XIN et al., 2014). Assim, na abordagem de QMN determina-se o volume de vazamento como o excesso de fluxo noturno para além do uso legítimo do cliente (BRITTON; STEWART; O'HALLORAN, 2013; MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013, LOUREIRO et al., 2014).

Uma abordagem mais rigorosa e refinada aplicável à estimativa de vazamentos é o uso combinado da abordagem QMN com um modelo de simulação hidráulica da rede (ALMANDOZ et al., 2005; ARAUJO; RAMOS; COELHO, 2006; TABESH; YEKTA; BURROWS, 2009; FERRANTE et al., 2014; MARCHIS et al., 2016).

Entretanto, para uma simulação realista da rede é necessário considerar a variação dos parâmetros operacionais ao longo do tempo e do espaço, como o consumo; o número de conexões; a idade dos tubos; a pressão; entre outros (GIUSTOLISI; SAVIC; KAPELAN, 2008). Por esta razão, algoritmos não lineares de simulação hidráulica da rede estão sendo estudados e explorados na gestão de perdas, aliando os modelos clássicos com procedimentos heurísticos (CAMPISANO; MODICA; VETRANO, 2012).

3.2. Indicadores de perdas da IWA

A segunda edição do manual da IWA, publicada em 2006, apresenta um grupo de dez indicadores de perdas agrupados em três categorias distintas: econômico e financeiro, operacional e recurso hídrico (ALEGRE et al., 2006). No Quadro 3 mostra-se o conjunto de indicadores de perdas da IWA.

Quadro 3 - Indicadores de perdas da IWA.

Grupo	Nomenclatura *	Cod.	Unidades
Econômico e Financeiro	Água não faturada por volume	Fi ₄₆	%
	Água não faturada por custo	Fi ₄₇	%
Operacional	Perdas de água (Total)	Op ₂₃	m ³ /lig/ano
		Op ₂₄	m ³ /Km/dia
	Perdas aparentes	Op ₂₅	%
		Op ₂₆	%
	Perdas reais	Op ₂₇	L/lig/dia
		Op ₂₈	L/Km/dia
	Índice de vazamento na infraestrutura	Op ₂₉	Adimensional
Recurso Hídrico	Ineficiência de utilização dos recursos hídricos	WR ₁	%

* Terminologia adotada de acordo com a referência Alegre et al.; (2004) que é a tradução para o português da primeira versão do manual da IWA.

Fonte: Alegre et al., 2006.

Vale ressaltar que na primeira edição do manual da IWA, em 2000, para cada indicador era atribuído um nível de importância (N₁ - nível básico, N₂ - nível intermediário e N₃ - nível avançado), como orientação da definição das prioridades da entidade gestora dos serviços de abastecimento de água (ALEGRE et al., 2004).

Contudo, destaca que os níveis de importância foram retirados na segunda edição do manual, sendo recomendado que cada entidade gestora adote seus próprios critérios de classificação de importância dos indicadores de desempenhos, de acordo com as prioridades de gestão da instituição (LAMBERT et al., 2014).

No geral, os indicadores de perdas recomendados na 2ª edição do manual são parecidos com a versão anterior, com algumas pequenas alterações que serão destacadas ao longo do texto.

A implementação do sistema de indicadores de desempenho da IWA não implica a adoção da globalidade dos indicadores. Por exemplo, os indicadores Op_{28} , Op_{26} e Op_{24} devem ser utilizados apenas no caso de baixa densidade de ramais (<20/Km de rede)⁴, como na avaliação de sistemas de produção e adução ou sistemas de abastecimento rurais (ALEGRE et al., 2006). Segundo Lambert et al.; (2014) essa recomendação da IWA, surgiu porque mais da metade de perdas reais ocorrem em conexões quando a densidade da ligação ultrapassa 20 ligações por km. Embora seja aceitável, usar como parâmetro “comprimento de rede” na faixa de densidade de 20 a 40 ligações por Km.

A IWA recomenda que os indicadores de desempenho não sejam calculados para períodos inferiores a um ano pois o comportamento de muitas variáveis não é uniforme ao longo do ano devido a fatores aleatórios, sazonais ou de planejamento de atividades; caso contrário, podem induzir a interpretações incorretas dos resultados. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior a um ano, as avaliações internas devem ser realizadas com prudência e devem ser evitadas comparações externas com outras entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água (ALEGRE et al., 2004; ALEGRE et al., 2006).

3.2.1. Indicadores financeiros

O indicador Fi_{46} (ou ANF - Água não faturada por volume) é a forma tradicional de avaliar perdas de água pelo aspecto financeiro, pois os dados para o cálculo deste indicador geralmente estão disponíveis (LIEMBERGER et al., 2007; LAMBERT et al.,

⁴ Ressalte-se que, de acordo com dados do Diagnóstico do SNIS 2014, a densidade média brasileira é de 86,9 ligações / km de rede e a menor média entre as companhias estaduais do país é de 40 lig / km de rede (BRASIL, 2016). A densidade média de ligações foi calculado a partir do indicador IN020 - "Extensão da rede de água por ligação" do SNIS. Vale ressaltar que há um erro na fórmula deste indicador, pois o fator 10^3 para a conversão das unidades métricas deve ser multiplicado na fórmula e não dividido como está atualmente no glossário do SNIS.

2014). O indicador ANF representa relação entre a água não faturada e a água de entrada no sistema, durante o período de referência. A fórmula do indicador é apresentada a seguir:

$$Fi_{46} = \left(\frac{A_{21}}{A_3} \right) * 100 = \left(\frac{A_3 - A_{20}}{A_3} \right) * 100 \quad (\%) \quad 4$$

sendo: 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_{20} - Consumo autorizado faturado, inclui a água exportada (m^3) e A_{21} - Água não faturada, composta pelo volume total de perdas (A_{15}) mais o consumo autorizado não faturado (A_{13}).

A IWA alerta que o uso do indicador ANF não deve ser utilizado para avaliar a eficiência da gestão operacional dos sistemas de abastecimento de água (ALEGRE et al., 2004; ALEGRE et al., 2006; LIEMBERGER et al., 2007; ABES, 2013; LAMBERT et al., 2014). Pois, o uso de variáveis suscetíveis à uma significativa variação de ano para ano (por exemplo: o volume de água na entrada do sistema) não devem ser adotadas como denominador, a não ser que esta variação se reflita no numerador na mesma proporção (ALEGRE et al., 2004).

O seguinte exemplo justifica este ponto de vista: “se de um ano para outro, o volume de entrada do sistema dobra e o volume correspondente a ANF não se altera, então o novo valor do indicador ANF será a metade do valor do ano anterior, embora não tenha tido melhora na redução de perdas e/ou do consumo não faturado”. Portanto, devem ser evitados indicadores expressos como uma razão entre variáveis, onde o denominador varia substancialmente com tempo (LIEMBERGER et al., 2007; LAMBERT et al., 2014).

Existe também o indicador financeiro “água não faturada por custo” (Fi_{47}) que calcula o custo de cada um dos três principais componentes de ANF (consumo autorizado não faturado, perdas aparentes e perdas reais), atribuindo diferentes valorizações monetárias (por m^3) para cada uma delas (ALEGRE et al., 2006). A fórmula do indicador é apresentada a seguir:

$$Fi_{47} = \left(\frac{(A_{13} + A_{18}) * G_{57} + A_{19} * G_{58}}{G_5} \right) * 100 \quad (\%) \quad 5$$

sendo: A_{13} - Consumo Autorizado Não Faturado (m^3); A_{18} - Volume de perdas aparentes (m^3); A_{19} - Volume de perdas reais (m^3); G_{57} - Tarifa média de água

(US\$/m³); G₅ - Despesas totais de exploração (US\$) e G₅₈ - Custo unitário assumido de perdas reais (US\$/m³).

Conforme pode-se observar na fórmula anterior, o indicador FI₄₇ requer dados operacionais e financeiros mais específicos, que muitas vezes não são de conhecimento dos prestadores de serviços de abastecimento de água. Contudo, esse indicador é relevante para a análise do impacto de perdas de água na receita do prestador de serviços, pois transforma os volumes perdidos em valores monetários e expressos como um percentual das despesas da exploração.

3.2.2. Indicadores operacionais

i. Perdas Totais

Os indicadores de perdas totais de água são importantes para uma análise preliminar do desempenho da gestão de perdas, contudo, conforme dito anteriormente, o ideal é avaliar as parcelas de perdas reais e aparentes separadamente (ALEGRE et al., 2006). No Quadro 4, apresentam-se os indicadores de perdas totais da IWA

Quadro 4 - Fórmulas dos indicadores de perdas totais da IWA.

Cód.	Fórmulas	Unid.	Parâmetros
Op ₂₃	$\left(\frac{A_3 - A_{14}}{C_{24}}\right) * \frac{365}{H_1}$	m ³ /lig/ano	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).
Op ₂₄ *	$\left(\frac{A_3 - A_{14}}{C_8}\right) * \frac{1}{H_1}$	m ³ /Km/dia	A ₁₄ - Consumo autorizado, medido ou estimado, faturado ou não faturado, inclui a água exportada e o volume de água de serviço (consumo autorizado não faturado) (m ³). C ₂₄ - Número de ligações. C ₈ - Extensão da rede (Km)**. H ₁ - Duração do período de referência (Dia).

* Deve ser utilizado apenas no caso de redes com baixa de densidade de ramais (<20/Km de rede).

** Comprimento total da rede (adutora e distribuição), excluindo os ramais de ligação.

Fonte: Alegre et al., 2006.

Observa-se no Quadro 4 que os indicadores de perdas Op₂₃ e Op₂₄ relacionam as perdas totais de água com o número de ligações e com a extensão da rede, respectivamente. Alguns prestadores insistem em utilizar indicadores de perdas totais em porcentagem do volume de entrada do sistema. Contudo indicadores que

usam no denominador variáveis que podem variar substancialmente com o tempo, devem ser evitados (LIEMBERGER et al., 2007; LAMBERT et al., 2014).

ii. Perdas Aparentes

Os indicadores Op_{25} e Op_{26} relacionam as perdas de água aparentes com o volume de água ofertado e o volume de água na entrada do sistema, respectivamente. Para o cálculo do volume de água ofertado deve-se contabilizar os volumes de água (bruta e tratada) exportados (ALEGRE et al., 2006). No Quadro 5, apresenta-se os indicadores de perdas aparentes da IWA

Quadro 5 - Fórmulas dos indicadores de perdas aparentes da IWA.

Cód.	Fórmulas	Unid.	Parâmetros
Op_{25}	$\left(\frac{A_{18}}{A_3 - A_5 - A_7}\right) * 100$	%	A_3 - Volume de água na entrada do sistema, inclui o volume captado e o volume importado (m^3). A_{18} - Volume de Perdas Aparentes (m^3).
Op_{26}^*	$\left(\frac{A_{18}}{A_3}\right) * 100$	%	A_5 - Água Bruta Exportada (m^3). A_7 - Água Tratada Exportada (m^3).

* Deve ser utilizado apenas no caso de redes com baixa de densidade de ramais (<20/Km de rede).

Fonte: Alegre et al., 2006.

Vale ressaltar que a metodologia de cálculo dos indicadores de perdas aparentes foi alterada na segunda versão do manual da IWA. Na primeira edição do manual (2000), os indicadores de perdas aparentes relacionavam as perdas aparentes com o número de ligações e com a extensão da rede, assim como é realizado para os indicadores de perdas totais e de perdas reais (LIEMBERGER et al., 2007).

Com a experiência acumulada a força tarefa da IWA em diversos testes de campo, a WLTF optou por alterar as fórmulas dos indicadores de perdas aparentes para considerar na composição dos indicadores os volumes operacionais do sistema (LAMBERT et al., 2014), conforme é apresentado no Quadro 5. Contudo, Liemberger et al.; (2007) afirmam que ainda não há consenso sobre o melhor indicador operacional para perdas aparentes, o que compromete muitas vezes a análise desta componente de perdas de água.

iii. Perdas Reais

Os indicadores Op_{27} e Op_{28} relacionam as perdas de água reais com o número de ligações e com a extensão da rede, respectivamente. As mesmas unidades

recomendadas para indicadores de perdas totais se aplicam ao cálculo dos indicadores de perdas reais.

No Quadro 6, apresentam-se os indicadores de perdas reais da IWA.

Quadro 6 - Fórmulas dos indicadores de perdas reais da IWA.

Cód.	Fórmulas	Unid.	Parâmetros
Op ₂₇	$\frac{10^3 * A_{19}}{C_{24} * \frac{H_2}{24}}$	m ³ /lig./dia	A ₁₉ - Volume de Perdas Reais (m ³). C ₂₄ - Número de ligações.
Op ₂₈ *	$\frac{10^3 * A_{19}}{C_8 * \frac{H_2}{24}}$	m ³ /Km/dia	C ₈ - Extensão da rede (Km)**. H ₂ - Tempo de pressurização (horas).

* Deve ser utilizado apenas no caso de redes com baixa de densidade de ramais (<20/Km de rede).

** Comprimento total da rede, excluindo os ramais de ligação.

Fonte: Alegre et al., 2006.

Observam-se nas fórmulas do Quadro 6 que é necessário aplicar um fator de correção ao indicador de perdas reais quando o serviço de abastecimento é intermitente, com base no número de horas em que o sistema está em pressão, visto que as perdas físicas aumentam proporcional ao tempo de bombeamento (ALEGRE et al., 2004). Segundo Mohapatra, Sargaonkar e Labhasetwar (2014) nos países em desenvolvimento, o abastecimento de água urbano é frequentemente intermitente, variando tipicamente de 2 a 4 horas por dia.

Há outro indicador da IWA mais detalhado para a avaliação do volume de perdas reais. É o índice de vazamentos na infraestrutura (IVI ou Op29) que foi desenvolvido especialmente para comparações técnicas de perdas reais de sistemas com diferentes características de infraestrutura e de pressão (LAMBERT et al., 2014). Basicamente, o IVI representa a relação adimensional entre o volume de perdas reais e o volume de perdas reais mínimas, sendo o segundo volume entendido como o valor mínimo tecnicamente atingível para as perdas reais, também conhecido como Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) (ALEGRE et al., 2004).

Nos últimos anos, a equação de PRAI tem sido alterada após testes de sensibilidade com dados medidos em diferentes tipos de sistemas de abastecimento de água em vários países (DALIBOR; GORAN, 2013). O Quadro 7 mostra a evolução da equação de PRAI.

Quadro 7 - Evolução das fórmulas de PRAI.

Fonte	Fórmula	Unid.
Lambert e Hirner (2000)	$PRAI = (18 C_8 + 0,8 C_{24} + 25 C_{25}) \frac{D_{34}}{10}$	Litros /dia
1ª edição do manual IWA Alegre et al., 2000 (Tradução - Alegre et al., 2004)	$PRAI = \left(18 \frac{C_8}{C_{24}} + 0,7 + 0,025 C_{25}'' \right) \frac{D_{34}}{10}$	Litros /ligação/ dia
2ª edição do manual IWA Alegre et al., 2006	$PRAI = \left(18 \frac{C_8}{C_{24}} + 0,8 + 0,025 C_{25}''' \right) \frac{D_{34}}{10}$	Litros /ligação/ dia
Lambert et al., (2014).	$PRAI = \left(6,57 \frac{C_8}{C_{24}} + 0,292 + 9,13 C_{25}' \right) \frac{D_{34}}{10}$	m³/ano
	$PRAI = \left(6,57 \frac{C_8}{C_{24}} + 0,256 + 9,13 \frac{C_{25}''}{10^3} \right) \frac{D_{34}}{10}$	m³/ano
Parâmetros		
C_{24} – Número de ligações.	C_{25} - Comprimento médio dos ramais (m).*	
C_8 – Comprimento da rede (Km).	D_{34} – Pressão de operação (KPa).	

* O conceito do parâmetro comprimento dos ramais (C_{25}) foi modificado ao longo da evolução das equações de PRAI, nas variações C_{25}' , C_{25}'' e C_{25}''' . Mais detalhes das alterações deste parâmetro são apresentadas no Quadro 8 deste capítulo.

Fonte: LAMBERT et al., 2014.

Após a estimativa do PRAI, procede-se o cálculo do índice IVI, segundo a fórmula abaixo:

$$IVI = Op_{29} = \left(\frac{Op_{27}}{PRAI} \right) \quad (\text{Adimensional}) \quad 6$$

Liemberger et al. (2007) destacam que um indicador de desempenho IVI, por incluir uma estimativa razoável de perdas reais "inevitável", possibilita identificar o potencial máximo de redução de perdas reais na atual pressão operacional. Em geral, sistemas com boa manutenção tendem a apresentar valores de IVI próximos de 1,0, enquanto sistemas com deficiente manutenção apresentarão valores mais elevados (ALEGRE et al., 2006).

3.2.3. Indicador de recurso hídrico

O indicador “ Ineficiência na utilização dos recursos hídricos” (WR1) é um indicador ambiental que representa a razão entre o volume de águas perdidas em vazamento ou transbordamento de reservatório (perdas reais) e volume de água na entrada do sistema, durante o período de referência (ALEGRE et al., 2004), conforme mostrado a seguir:

$$WR_1 = \left(\frac{A_{19}}{A_3} \right) * 100 \quad (\%) \quad 7$$

Sendo: 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) e A_{19} - Volume de perdas reais (m^3).

Esse indicador serve para avaliar o nível de sustentabilidade ambiental dos serviços de abastecimento de água em termos de eficiência na utilização de recursos ambientais, especialmente os recursos hídricos (ALEGRE et al., 2005).

Vale ressaltar que outros indicadores da IWA podem ser utilizados para avaliar indiretamente o desempenho na gestão de perdas em serviços de abastecimento de água, como índice de macromedição, de hidrometração, de vazamentos, de reparos (por controle ativo de vazamentos), de calibração dos equipamentos de medição, de tempo médio de reparos, entre outros.

3.2.4. Limitações dos indicadores

Existem certas particularidades de um sistema de abastecimento de água que deverão ser consideradas antes da auditoria de água e do cálculo dos indicadores de desempenho (ALEGRE et al., 2004). Como exemplos destas particularidades destacam:

i. Delimitação do sistema

Deve-se atentar para a delimitação do sistema definida para o cálculo dos indicadores, visto que o balanço hídrico pode ser utilizado para todo o sistema ou para apenas uma parte do sistema. Por isso o manual da IWA recomenda: “se o balanço hídrico se referir a uma parte do sistema global, a água entrada no sistema deve corresponder a essa parte do sistema.” (ALEGRE et al., 2004).

Por exemplo, se o objeto de estudo considera todo o sistema de abastecimento, então os indicadores de perdas devem considerar o volume de água perdido durante o tratamento da água (perdas na produção). Contudo, se o objeto de estudo se restringe apenas a análise da rede de distribuição de água, então os indicadores de perdas não devem contabilizar as perdas na produção.

Outro aspecto importante é quando a água é importada e/ou exportada do sistema de abastecimento. Essas novas parcelas do volume de água devem ser computadas no balanço hídrico (LIEMBERGER et al., 2007). Nestes casos, deve-se ter o cuidado

iii. Serviço de abastecimento intermitente

No caso de abastecimento intermitente, frequente em países de baixa e média renda, alguns dos indicadores de performance (ANF e perdas reais) deverão ser corrigidos para comparação de desempenho com sistemas de fornecimento contínuo. O fator de correção será com base na proporção do tempo de abastecimento do sistema (LIEMBERGER et al., 2007).

Em muitos sistemas intermitentes, as interrupções do abastecimento não são simultâneas em toda a rede e subsistemas são abastecidos em períodos diferentes. Nestes casos, o indicador tem de ser calculado individualmente para cada subsistema, sendo o resultado final dado pela média ponderada, com base no número de ligações de cada subsistema (ALEGRE et al., 2004).

iv. Carência de dados confiáveis

- Volume de água produzido e consumido

Vários estudos têm relatado dificuldades na operacionalização do balanço hídrico proposto pela IWA, devido à grande dificuldade na obtenção de dados para todos os componentes de água, muitas vezes não confiáveis ou mesmo inexistentes (KANAKOUDIS et al., 2011).

A experiência evidencia que o cálculo completo do balanço hídrico com uma exatidão razoável é particularmente difícil. É frequente as entidades gestoras não dispor de dados confiáveis sobre o volume de água que entra no sistema e, por vezes, também desconhecerem com exatidão o volume de água fornecido aos consumidores (LIEMBERGER, 2010; LOUREIRO et al., 2014).

Nos sistemas em que o consumo não é medido, onde os consumidores são cobrados com base em uma taxa fixa, as perdas não podem ser mensurados com precisão (TROJAN; MORAIS, 2015). Vicentini (2012) destaca que as operadoras de saneamento geralmente recorrem a valores estimados, incorrendo em margens de incertezas. Essas incertezas podem corresponder a erros significativos, o que traz questionamentos sobre o grau de confiabilidade na aplicação do método.

Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2013) destacam que a principal desvantagem do método é que a maioria dos componentes é calculada usando técnicas padrões não muito bem definidas. Essa ambiguidade pode deixar espaço para os gestores

de serviços públicos de água para que possam manipular e mascarar números de perdas e seus componentes. Nestas situações verifica-se uma tendência sistemática para subestimar os indicadores de perdas e, conseqüentemente, desvalorizar a sua reais dimensão econômica (ALEGRE et al., 2005).

Como a confiabilidade do método está diretamente relacionada à precisão na medição dos dados (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011b), a IWA recomenda que sempre que possível deve-se recorrer a medidores de vazão devidamente calibrados e, quando isso não for possível, será necessário efetuar estimativas baseadas em dados disponíveis confiáveis. Como exemplo, o consumo autorizado pode ser deduzido a partir de medições em amostras com um número suficiente de ligações individuais (como os Distritos de Medição e Controle) e de subcategorias (representativas do ponto de vista estatístico) (ALEGRE et al., 2006).

Na ausência de dados confiáveis, será necessário utilizar estimativas baseadas em outros dados disponíveis (ALEGRE et al., 2006). Segundo Kanakoudis et al.; (2011), muitas vezes as entidades gestoras do sistema fazem suposições com base em dados disponíveis na literatura e executam análises de sensibilidade para verificar o impacto dessas hipóteses sobre a confiabilidade dos indicadores de perdas. Para isso, é necessário estabelecer um procedimento normalizado para classificar o grau de confiança das informações disponíveis.

Ressalta-se que em adição a avaliação volumétrica do balanço hídrico, outras informações do sistema são necessárias para o cálculo dos indicadores de desempenho de perdas de água. Tais como: o número de ligações de serviço, a pressão média da rede, o tempo de abastecimento (se serviço intermitente), a extensão da rede, entre outros (LIEMBERGER, 2010), que são detalhados a seguir:

- Pressão média de operação

Visto que há uma variação temporal e espacial deste parâmetro, Liemberger (2010) destaca dois possíveis diferentes cenários para o cálculo da pressão média da rede que devem ser evitados:

- Pressão superestimada: se a pressão de uma estação de bombeamento de saída é usada no cálculo.
- Pressão subestimada: quando a informação de pressão é baseada em medições que foram tomadas durante o horário de pico de abastecimento.

Para a medição precisa da pressão de uma rede seria necessário o monitoramento contínuo da pressão em cada ponto de entrega (à saída do ramal) (ALEGRE et al., 2004). Na prática, é necessário simplificar.

Deve-se identificar áreas com diferentes características de pressões, medir e calcular as pressões média para cada área, depois determinar o número aproximado de conexões de cada área de serviço e calcular uma pressão média ponderada usando o número de conexões como fator de ponderação (LIEMBERGER, 2010). Para o cálculo da média no tempo, pressões devem ser medidas várias vezes ao dia e registradas, pelo menos, em intervalos de 15 minutos com um registrador eletrônico (*data logger*) (LIEMBERGER, 2010).

- Número de conexões ou ligações de serviço

Geralmente, o número de ligações de serviço é menor do que o número de clientes. Apenas nos casos em que cada cliente é fornecido por um serviço individual de conexão, o número de conexões é igual ao número de clientes. O número aproximado de conexões de serviço deve ser estimado com base no número médio de clientes por conexão de serviço (LIEMBERGER, 2010).

Já Alegre et al.; (2004) recomendam utilizar o número de edifícios como uma primeira estimativa do número de ligações, quando não há informação confiável para este parâmetro. Este valor deve, no entanto, ser corrigido tendo em conta que é inferior ao número real de ligações, pelo fato de alguns edifícios terem mais do que um ramal e por existirem ramais de ligação a outros pontos de consumo fora de edifícios.

- Extensão da rede

Segundo a IWA para o cálculo do comprimento da rede deve ser considerada a extensão dos tubos de adução e da rede de distribuição, excluindo-se a extensão dos ramais. Ademais, não devem ser incluídas novas tubulações que ainda não se encontrem em serviço e tubulações antigas que estejam desativadas (ALEGRE et al., 2004).

- Comprimento dos ramais

Dependendo da equação de PRAI que é descrita no Quadro 7, o conceito e a referência para o parâmetro comprimento de ramais (C_{25}) se altera, conforme apresentado no Quadro 8.

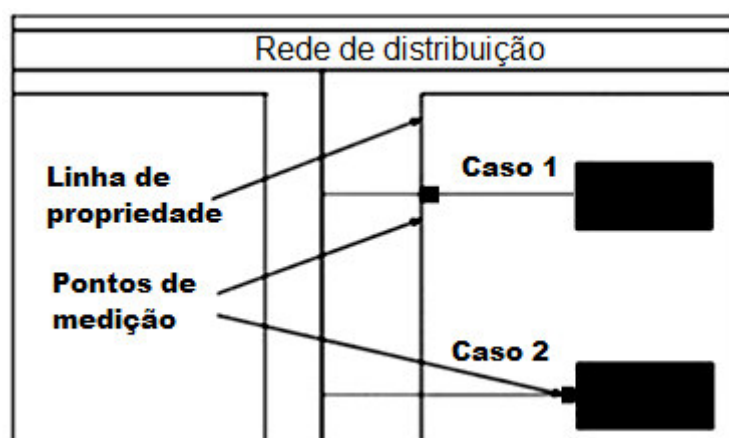
Quadro 8 - Alterações do parâmetro

Cod.	Conceito	Unid.	Origem
C_{25}'	Comprimento total dos ramais, considerando a extensão do tubo entre a linha de propriedade e o ponto de medição.	Km	Lambert e Hirner (2000)
C_{25}''	Comprimento médio dos ramais considerando a extensão do tubo entre a rede e o ponto de medição.	m	1ª edição do manual IWA Alegre et al., 2000 (Versão traduzida Alegre et al., 2004)
C_{25}'''	Comprimento médio dos ramais considerando a extensão do tubo entre a linha de propriedade e o ponto de medição.	m	2ª edição do manual IWA Alegre et al., 2006

Fonte: LAMBERT et al., 2014.

Conforme Quadro 8, o parâmetro " C_{25} " pode variar de acordo com o referencial inicial adotado (Linha da propriedade ou rede). Em virtude disso, podem existir diferentes interpretações para o dimensionamento deste parâmetro. É frequente as entidades gestoras não terem informação exata para avaliar estas variáveis (ALEGRE et al., 2004). Nesses casos, adotam uma estimativa, considerando dois diferentes cenários conforme Figura 3.

Figura 3 - Diferentes cenários para o parâmetro C_{25} .



Fonte: Adaptado de LAMBERT et al., 2014.

No primeiro caso, considera-se que o hidrômetro está suficientemente próximo à linha da propriedade, para adotar o valor de C_{25}''' igual a zero ou C_{25}'' igual a 4 metros

(valor geralmente assumido para a distância entre a rede de distribuição e a linha de propriedade) (LAMBERT et al., 2014).

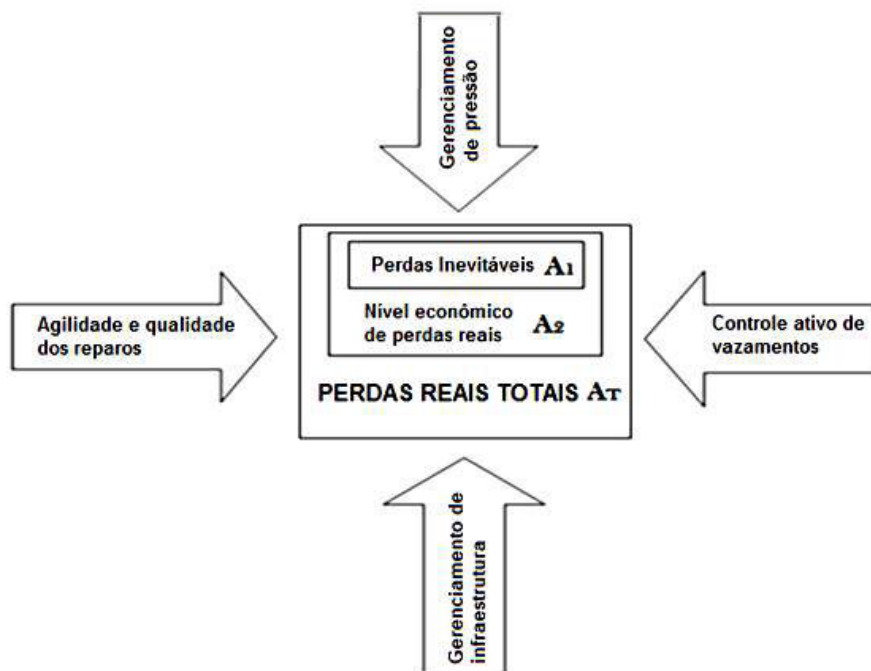
Já no segundo caso, é necessário conhecer a média das distâncias entre a linha da propriedade até o ponto de medição. Segundo Dalibor e Goran (2013), valores próximos de seis metros podem ser considerados aceitáveis, embora o ideal é que cada prestador de serviços faça uma análise do seu próprio sistema.

3.3. Controle e redução de perdas de água

3.3.1. Perdas reais

O programa de controle e redução de perdas reais contém muitos elementos, logo é interessante considerar uma visão geral simplificada, antes de entrar em detalhes sobre aspectos específicos. Segundo Lambert (2002), a gestão de perdas reais pode ser representada por meio de quatro componentes primários que são esquematizados em um modelo conhecido como “Cruz de Lambert”, conforme mostra-se na Figura 4:

Figura 4 - Gerenciamento de perdas reais (Cruz de Lambert)



Fonte: Adaptado de Lambert et al., 2002.

Na Figura 4, supõe-se que a área do retângulo grande (A_T) representa as atuais perdas reais, para um sistema qualquer. O retângulo menor (A_1) são as perdas mínimas inevitáveis (limite técnico) e o retângulo de área intermediária (A_2) referem-

se ao volume de perdas reais que não são viáveis financeiramente recuperar. Neste modelo, o potencial de redução de perdas reais (PR_{pr}), considerando a viabilidade técnica e financeira, poderia ser definido pela diferença entre a área maior e as subáreas, ou seja: $PR_{pr} = A_T - A_1 - A_2$ (LAMBERT et al., 2002).

Os quatro componentes primários da gestão de perdas reais são: controle ativo de vazamentos; velocidade e qualidade de reparos; gerenciamento de pressão e gerenciamento da infraestrutura, que são detalhados a seguir.

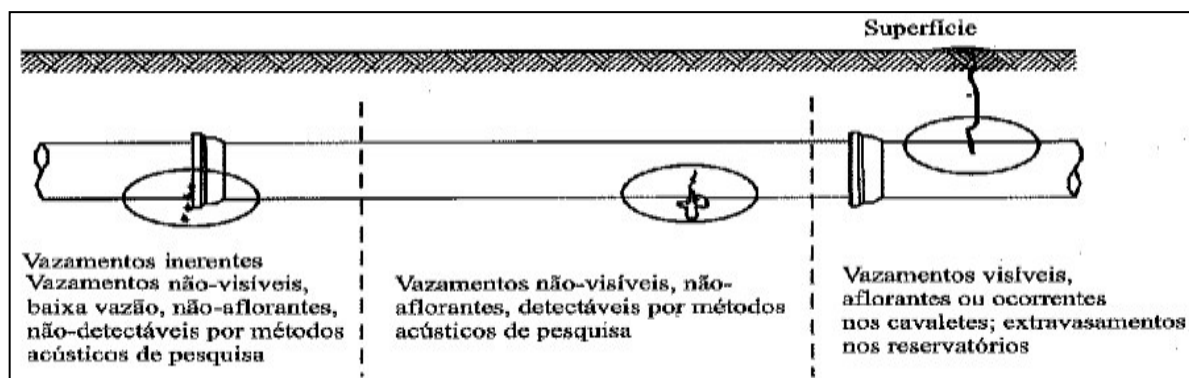
i. Controle ativo de vazamentos

Os vazamentos (perdas reais) inevitavelmente ocorrem nas rede de adução e distribuição de água, devido a deterioração natural das redes, danos por terceiros, erros no projeto, operação de gasodutos, entre outras (HUANG; LIN; YEH, 2015; LEU; BUI, 2016).

Contudo, frequentemente é difícil localizar vazamentos sem ativamente procurá-los, haja visto que a água oriunda dos vazamentos pode-se infiltrar no solo e por conseguinte não ser observável na superfície ou o vazamento pode ocorrer em áreas escassamente povoadas, podendo permanecer desconhecido por longos períodos de tempo (MALM et al., 2015). Logo para o controle ativo de vazamentos é essencial a pesquisa e o monitoramento (contínuo ou periódico) destes vazamentos na rede (ALEGRE et al., 2004).

Há três tipos de vazamentos: vazamentos inerentes, vazamentos não visíveis e vazamentos visíveis, conforme mostra a Figura 5:

Figura 5 - Tipos de vazamento



Fonte: Adaptado de Tardelli Filho, 2006.

No primeiro tipo, vazamentos inerentes ou perdas de base, a pesquisa de vazamento não é eficiente para localizá-los (MALM et al., 2015). São tipicamente

caracterizadas por baixas vazões mas de longa duração, gerando grande volume ao longo do tempo, uma vez que não são encontrados por métodos acústicos (ALEGRE et al., 2005).

Uma parte considerável destas perdas de água ocorrem devido à montagem incorreta das articulações ou devido ao envelhecimento do material utilizado para garantir uma vedação estanque à água (COVELLI et al., 2016). Para redução destes vazamentos deve-se observar a qualidade dos materiais utilizados na tubulação e reduzir a pressão operacional da rede, quando possível, para valores mínimos estritamente necessários o suficiente para satisfazer a demanda de água local (ABES, 2013; COVELLI et al., 2016).

Em relação aos vazamentos não visíveis, detectáveis por métodos acústicos de pesquisa de vazamentos, são tipicamente caracterizadas por vazões médias e com duração e volumes dependentes da política de controle ativo de perdas da entidade gestora do sistema de abastecimento (ALEGRE et al., 2005; LOUREIRO et al., 2014).

Já os vazamentos visíveis, tipicamente caracterizadas por grandes vazões e volumes moderados ou grandes, geralmente são reportados a entidade gestora pelos próprios usuários, não sendo assim necessária a pesquisa de campo para localização deste tipo de vazamentos (ALEGRE et al., 2005; TARDELLI FILHO, 2006).

Entre as diversas técnicas empregadas para a pesquisa de vazamentos pode-se destacar os métodos acústicos, tradicionalmente empregados pelos prestadores de serviços de abastecimento de água (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013; FERRANTE et al., 2014).

Esses métodos são baseado no ruído (som ou vibração) gerado pelo vazamento de água. Com uso de sensores de vibração ou hidrofones ligados aos acessórios para tubos da rede, identifica-se anormalidades sonoras e associa-as perdas (MUTIKANGA, SHARMA e VAIRAVAMOORTHY, 2013; MALM et al., 2015).

Malm et al.; (2015) ressaltam que há muitas vezes longas distâncias entre as válvulas e outros acessórios dentro de rede de água, o que torna difícil identificar vazamentos utilizando equipamentos de escuta. Ainda, segundo esses autores

tipicamente utiliza-se o monitoramento sonoro para uma distância de até 500 metros.

Existe também a prospecção geotécnica do subsolo que consiste no uso de radar de infravermelho em penetração no solo para identificação de manchas de vazamento com base na identificação de alterações de condutividade no terreno (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013).

Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2013) e Malm et al.; (2015) destacam os métodos indiretos na pesquisa de vazamentos por meio do controle e análise de dados de medição de vazão ou pressão em zonas discretas da rede, tais como os Distritos de Medição e Controle (DMCs).

Os DMCs são zonas isoladas e controladas da rede de abastecimento (rigorosamente interligadas apenas por tubos equipados com medidores de fluxo e quando necessário delimitados por meio do fechamento de válvulas de gaveta) com medição e registro de vazão (ou pressão) em todos os pontos de alimentação ou de transferência, proporcionando dados mais precisos para o cálculo do balanço hídrico (ALVISI, 2015; LEU; BUI, 2016).

A dimensão típica dos DMCs está entre 500 a 3.000 ligações de água que devem ser delimitados sem comprometer a qualidade do serviço de abastecimento de água (LOUREIRO et al., 2014; MALM et al., 2015; ALVISI, 2015).

Na medição de vazão (ou pressão) sensores são colocados no limites do DMC e os dados são recolhidos para um *Datalogger* (sistema armazenador de informações) e, posteriormente, analisadas para identificação de tendências de vazamentos com base nas irregularidades dos dados (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013; MALM et al., 2015).

Leu e Bui (2016) destacam que muitos estudos somente têm-se centrado na detecção de vazamentos existentes. Contudo, métodos precisos de detecção de vazamento são de alto custo e exigem uma maior capacitação dos profissionais para operação dos equipamentos, geralmente complexos. Além disso, a aplicação destes métodos em larga escala é complicado e só podem ser aplicados a vazamentos já existentes.

Outra alternativa no controle ativo de vazamentos é a aplicação de métodos de previsão de vazamento que são mais vantajosos pois permitem antecipar a

ocorrência do vazamento por meio da manutenção preventiva da rede direcionada (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013; LEU; BUI, 2016).

ii. Gerenciamento de pressão

O controle da pressão de operação em redes de distribuição de água é a base fundamental de uma gestão eficaz de perdas reais, pois há uma relação direta entre vazamento e pressão (FONTANA; GIUGNI; PORTOLANO, 2012; DAI; LI, 2014, 2016). Ademais, o gerenciamento de pressão tem sido proposto como uma abordagem de baixo custo para redução de perdas de água por vazamento (FONTANA, GIUGNI, PORTOLANO, 2012; ARAUJO; RAMOS; COELHO, 2006; XU et al., 2014; FECAROTTA et al., 2015).

A experiência internacional sugere que para cada 1% de redução de pressão, há uma diminuição em 1,4% do risco de ruptura da tubulação e, conseqüentemente, um aumento de perdas de água na rede (THORNTON; LAMBERT⁵, 2007 apud MALM et al., 2015).

No estudo de Xu et al.; (2014) foi realizada uma experiência de regulação de pressão de água para estabelecer a relação de pressão de vazamento em um Distrito de Medição e Controle (DMC) da rede de distribuição de água em Beijing, China. Os resultados mostraram uma redução de 5,6 mca na pressão de entrada (de 38,8 m a 33,2 m) conduziu a uma redução de 83% (12,1 l/s) na vazão mínima noturna, o que é uma boa aproximação do vazamento.

Além disso, altas pressões comprometem a vida útil de ativos da rede (CAMPISANO; MODICA; VETRANO, 2012; FECAROTTA et al., 2015). Contudo deve-se haver um equilíbrio das pressões na rede, pois a redução excessiva da pressão operacional pode limitar a eficiência do serviço de abastecimento nos horários de pico de demanda e reduzir o suprimento de água para o serviço de hidrante (FONTANA; GIUGNI; PORTOLANO, 2012; MALM et al., 2015).

Além disso, uma rede de distribuição com rupturas sob situações de baixa pressão, aumenta o potencial de intrusão de contaminantes químicos, físicos e biológicos, afetando a qualidade da água tratada e comprometendo a saúde da população

⁵ THORNTON, J.; LAMBERT, A. Pressure management extends infrastructure life and reduces unnecessary energy costs. IWA International Specialised Conference Water Loss, Bucharest, 2007.

(ALMANDOZ et al., 2005; MOHAPATRA; SARGAONKAR; LABHASETWAR, 2014; MALM et al., 2015; DAI; LI, 2016; MARCHIS et al., 2016).

Existem diversas abordagens para a gestão de pressão operacional (válvulas redutoras de pressão; turbinas ou bombas como turbinas, otimização do bombeamento de água), que serão discutidas a seguir:

- Válvulas Redutoras de Pressão

As Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) são frequentemente utilizadas em redes de água para controlar pressão, minorando riscos de novas rupturas e por conseguinte, reduzindo as perdas por vazamentos (visíveis e não visíveis) (ARAUJO; RAMOS; COELHO, 2006; FONTANA; GIUGNI; PORTOLANO, 2012; DAI; LI, 2014, 2016; FECAROTTA et al., 2015; COVELLI et al., 2016).

Basicamente, as VRP reduzem a capacidade global hidráulica, aumentando as perdas de carga devido a contração da seção (ARAUJO; RAMOS; COELHO, 2006; FONTANA; GIUGNI; PORTOLANO, 2012). Desta forma, as VRPs podem manter a pressão nos nós da rede (ponto de entrega) aos níveis pré-definidos, independentemente de quão grande as pressões sejam a montante da rede (DAI; LI, 2014, 2016).

Nas últimas duas décadas, vários estudos têm pesquisado técnicas de otimização do controle de perdas por meio da localização e configuração ideal das VRPs na rede (sem comprometer a qualidade do abastecimento) (ARAUJO; RAMOS; COELHO, 2006; FONTANA; GIUGNI; PORTOLANO, 2012; COVELLI et al., 2016). A minimização da pressão excessiva por operações ótimas de VRPs pode ser alcançado através da formulação e solução de problemas de programação não-linear (PNL) (DAI; LI, 2014, 2016).

No trabalho de Fontana, Giugni, e Portolano (2012), os autores utilizaram um modelo de simulação hidráulica, aliado a algoritmos genéticos, para identificação da localização ótima de VRPs em um DMC de uma rede de distribuição de água na cidade de Nápoles, Itália. Os resultados obtidos no estudo demonstraram que a instalação ideal de VPRs proporciona uma redução significativa na perda de água, cerca de 30%.

Outra opção para melhorar a eficiência das VRPs na gestão de perdas, é a automatização dessas válvulas por meio de técnicas de controle em tempo reais. De

acordo com esta abordagem, as configurações de abertura e fechamento de válvulas motorizadas (corretamente localizadas na rede) podem ser modificadas em tempo reais com base nas variações de pressões com tempo em diferentes nós da rede (nós de controle) (CAMPISANO; MODICA; VETRANO, 2012).

Em cada passo de tempo de controle, sondas específicas medem a pressão na rede e, em seguida, os dados são remotamente comunicados aos controladores que avaliam as configurações de controle de válvula com base valores pressão atuais e desejados para reduzir as perdas. Contudo o uso desses controladores requer uma frequente calibração preventiva para uma regulamentação eficaz e precisa da vazão e da pressão e devido ao comportamento não linear das redes, calibrar esses controladores pode ser uma tarefa desafiadora (CAMPISANO; MODICA; VETRANO, 2012).

A otimização é prejudicada pelo gasto de tempo computacional, pois exige inúmeras simulações hidráulicas da rede (DAI; LI, 2014). Além disso, a solução ótima encontrada por tais métodos de otimização podem ser puramente teórica, não sendo aplicáveis na realidade, visto que sistemas de abastecimento de água são sistemas hidráulicos dinâmicos nos quais as condições operacionais mudam no tempo e no espaço (ILIČIĆ; KOVAČ, 2009).

- Turbinas ou bombas como turbinas

Uma nova solução técnica é o uso de turbinas ou bombas como turbinas na rede de distribuição de água para dissipar a carga hidráulica em excesso e controlar a pressão e, concomitantemente, gerar energia (FECAROTTA et al, 2015).

Além de reduzir as perdas de água, há um ganho econômico, pois as turbinas funcionariam como microgeradores produzindo energia que poderia ser utilizada na própria operação do sistema de produção e distribuição de água (FONTANA; GIUGNI; PORTOLANO, 2012). As turbinas (ou bombas como turbinas) podem ser utilizadas em substituição ou integradas às VRP, localizadas em paralelo ou em série com elas (COVELLI et al., 2016).

- Otimização do bombeamento

Em muitas redes de distribuição de água, o bombeamento otimizado representa um elemento-chave para melhorar a eficiência da gestão de perdas numa rede de abastecimento de água.

Tradicionalmente, o problema de programação de bombas foi estudado com foco na minimização do custo de energia de bombeamento (elemento significativo de custos operacionais), baseando-se apenas na tarifa de energia ao longo do ciclo operacional. Esta abordagem incentiva o bombeamento de água para armazenamento nos reservatórios durante as horas de tarifa mínima de energia (por exemplo, durante a noite). Infelizmente, esta abordagem negligência o fato de que esse período (noite) corresponde ao momento em que há maior nível de pressões na rede, devido a uma menor demanda, o que intensifica os vazamentos. Portanto, a prática clássica de bombear água para os reservatórios à noite, agrava o problema de perdas, resultando em grandes volumes de águas perdidas (GIUSTOLISI; LAUCELLI; BERARDI, 2013).

Contudo, Giustolisi, Laucelli e Berardi (2013) alertam que essa economia de energia com bombeamento noturno pode ser enganosa, quando considerados os custos associados à água perdida por vazamento. Quando o bombeamento é programado considerando apenas o custo de energia, o custo total (energia mais água perdida de vazamentos) é sempre maior do que no caso de otimização de bombeamento considerando também o custo da água.

Contudo, assim como foi dito anteriormente para otimização de VRPs, devido à realidade complexa e dinâmica das redes de distribuição de água (várias bombas, válvulas e reservatórios, além das variações espaciais e temporais nos valores de pressão e nas cargas de demanda), os problemas de otimização exigem bastante tempo computacional (CAMPISANO; MODICA; VETRANO, 2012; COELHO; CAMPOS, 2014).

Além disso, perdas de água significam desperdício de energia (XU et al., 2014). Segundo um estudo realizado por Cabrera et al.; (2010), que realizaram um balanço energético de uma rede de distribuição de água, as perdas de energia associada à água perdida devido a vazamentos pode chegar a 27% do total de energia consumida no sistema. Portanto, otimização de bombeamento considerando o balanceamento entre gastos de energia, perdas de água e qualidade no serviço de abastecimento é de relevante interesse para a indústria da água e assume um importante papel na otimização do desempenho operacional (GIUSTOLISI; LAUCELLI; BERARDI, 2013).

No cenário de mudanças climáticas atual, considerando que o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa estão intimamente relacionados, é imprescindível estabelecer claramente a relação água-energia para justificar a busca contínua da redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água (CABRERA et al., 2010; COELHO e CAMPOS, 2014; XU et al., 2014).

iii. Gerenciamento de infraestrutura

O gerenciamento da infraestrutura trata-se da seleção, instalação, manutenção, revestimento e substituição dos materiais da rede (BRASIL, 2014).

Com o avançar da idade da rede, há uma tendência natural de aumento da frequência de vazamentos, alguns dos quais não serão comunicados à entidade gestora (vazamentos não visíveis) (LAMBERT et al., 2002).

Os vazamentos não se limitam aos tubos, mas também incluem defeitos em válvulas ou acessórios, que segundo Alegre et al.; (2004) podem ser causados por:

- Seleção inadequada ou defeitos na fabricação dos materiais ou deficiências na construção ou relacionados com a operação, em tubagens, juntas, válvulas e outras instalações;
- Corrosão ou outros fenômenos de degradação dos materiais, externa ou internamente, principalmente (mas não exclusivamente) em materiais metálicos e cimentícios;
- Problemas no assentamento das redes (ancoragem);
- Danos mecânicos externos, incluindo danos provocados por terceiros, por exemplo tráfego pesado, escavações ou movimentos do solo provocados por períodos de seca ou por inundações ou outros fatores interferentes.

É necessário centrar a investigação sobre as causas de falhas para a determinar as atividades prioritárias no sistema e dar suporte à tomada decisões objetivas e eficazes (ILIČIĆ; KOVAČ, 2009). Conforme dito anteriormente, pode-se aplicar os métodos de previsão de vazamento.

Basicamente, métodos de previsão de vazamento são usados para identificar áreas e tubos com uma alta probabilidade de vazamento, permitindo assim que as companhias de água possam elaborar um plano adequado de substituição da tubulação, de modo a prevenir a perda de água por vazamento (LEU; BUI, 2016).

Para a estimativa do risco de vazamentos deve-se analisar a relação entre os vários fatores que conduzem os vazamentos de água na rede de distribuição (movimentos no solo, atividades de construção, carga de tráfego, pressão da água, material da tubulação, idade, profundidade, corrosão, temperatura da água, condições geológicas, entre outros). Assim, a previsão de vazamento de água é uma tarefa desafiadora e qualquer previsão tem grandes limites de incerteza (LEU; BUI, 2016).

Para a gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água (GPI) a hierarquia das alternativas de intervenção deve ser com base na análise de multicritérios, numa perspectiva de longo prazo, considerando basicamente três dimensões (custo, desempenho e risco). Pois, para que se mantenham os níveis de serviço aceitáveis, as decisões de planejamento e dos investimentos, devem refletir uma maximização do desempenho e minimização do risco e do custo (RODRIGUES, 2015).

Neste sentido, os métodos de avaliação multicritério são os mais adequados para apoiar as entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água na escolha da melhor solução para um problema típico de GPI. Dentre os métodos de agregação multicritério, destaca-se o *software* AWARE Plan (Advanced Water Assets Rehabilitation) que possui ferramentas para o planejamento de intervenções de reabilitação de sistemas urbanos de água, por meio da construção de diferentes cenários e a ordenação das alternativas de intervenção consideradas em problemas de decisão em GPI (ALEGRE et al., 2011). O programa está disponível gratuitamente para *download* no seguinte link: <http://www.aware-p.org/np4/home>.

iv. Velocidade e qualidade de reparos

Os reparos na rede devem ser ágeis e eficazes para obter o efeito esperado na redução de perdas reais (LAMBERT et al., 2014). Para isso é essencial a capacitação dos profissionais envolvidos na manutenção corretiva; a disponibilidade de materiais (tubos e acessórios) para a reposição e facilidade de comunicação entre os usuários e a companhia de saneamento para a rápida notificação do vazamento.

v. Síntese das ações para controle e redução de perdas reais

O Quadro 9 mostra as ações para controle e redução de perdas reais por tipos de vazamento (vazamentos visíveis, vazamentos não visíveis e vazamentos inerentes).

Quadro 9 - Ações para redução de perdas reais por tipos de vazamento.

Ações	Vazamentos		
	Inerentes	Não visíveis	Visíveis
Redução de pressão	X	X	X
Redução do tempo de reparo		X	X
Pesquisa de vazamentos		X	
Qualificação da mão de obra	X	X	X
Qualidade dos materiais	X	X	X

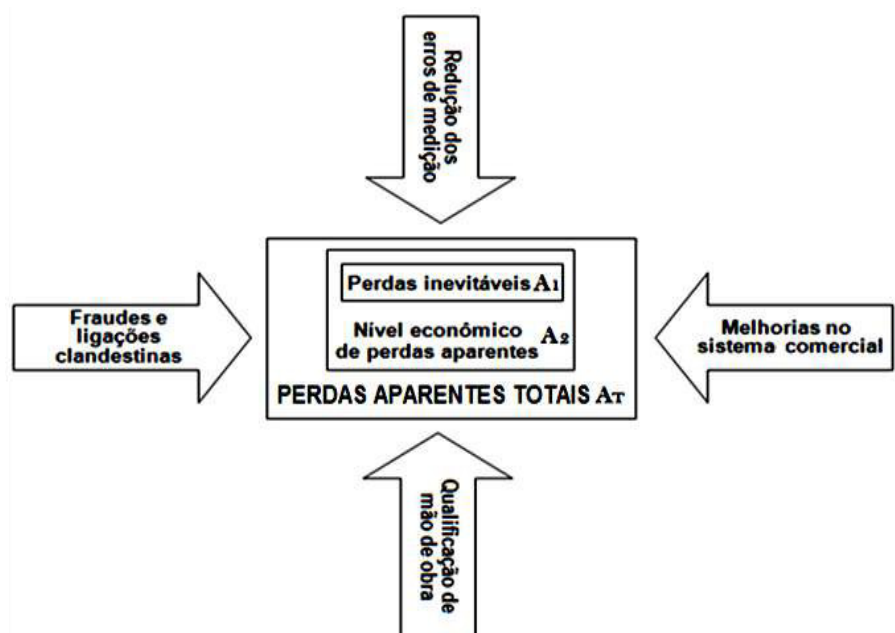
Fonte: Adaptado de Tardelli Filho, 2006.

Destaca-se que eventuais extravazamentos nos reservatórios são contabilizados no volume de perdas reais e por isso as entidades gestoras do sistema devem adotar mecanismos para controle do nível do reservatório.

3.3.2. Perdas aparentes

Similarmente à Cruz de Lambert (Figura 4), também elaborou-se a cruz da estratégia de ataque às perdas aparentes conforme mostra-se na Figura 6. O potencial de redução de perdas aparentes (PR_{pa}), considerando a viabilidade técnica e financeira, é calculado de modo análogo ao potencial PR_{pr} , sendo definido pela diferença entre a área maior e as subáreas, ou seja: $PR_{pa} = A_T - A_1 - A_2$.

Figura 6 - Métodos básicos de gerenciamento de perdas aparentes.



Fonte: Adaptado de Tardelli Filho, 2006.

Os quatro componentes primários da gestão de perdas aparentes são: redução de erros de medição; combate as ligações clandestinas e fraudes; melhorias no sistema comercial e qualificação de mão de obra, que são detalhados a seguir.

i. Redução de erros de medição

As perdas de água causadas por ineficiências de medição podem ser reduzidas através da avaliação do desempenho dos medidores e da identificação das causas de ineficiência e, posterior neutralização (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011b).

No âmbito da macromedição, um medidor bem instalado e operando com vazões adequadas tem uma faixa de variação de precisão, geralmente, entre 0,5% e 2%, para mais ou para menos (TARDELLI FILHO, 2006).

No que concerne à micromedição, segundo o estudo realizado por Couvelis e Van Zyl; (2015) as perdas aparentes devido a submedição são em torno de 5% do consumo para os consumidores domésticos

Ações para redução dos erros de medição abrangem a instalação adequada dos hidrômetros para todas as economias (residencial, comercial e industrial) e a calibração ou substituição periódica destes equipamentos para se evitar desvios nas leituras (ABES, 2013). Nos casos dos erros de medição por avaria, a entidade gestora deve agir para detectar com celeridade as ocorrências e adotar medidas para reduzir a sua frequência de ocorrência (ALEGRE et al., 2005).

Vale destacar que as entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água ainda precisam superar um grande desafio, o chamado “efeito caixa d’água”, visto que as perdas aparentes em sistemas de pressão indireta (com a presença de reservatórios) serão bem maiores quando comparadas a sistemas de pressão direta (sem a presença de reservatórios) (LAMBERT et al., 2014).

Lambert et al.; (2014) destaca que a presença de reservatórios residenciais amortecem o diagrama de consumo (devido as baixas faixas de consumo), isso aumenta significativamente o nível de imprecisão da hidromedição e, por conseguinte, impacta o indicador de perdas aparentes. Portanto, é necessário o desenvolvimento de tecnologias de medição adequadas à existência de caixas d’água domiciliares, presente na maioria das ligações de água no Brasil, pois elas potencializam a submedição (ABES, 2013).

Alegre et al.; (2005) chamam a atenção para outra causa habitual de submedição significativa: a existência de vazamentos dentro das habitações, que correspondem a consumos expressivos mas constantes no tempo, com vazões instantâneas baixas, suscetíveis de sub-contagem. Nestes casos, cabe à entidade gestora proceder a ações de sensibilização dos cidadãos e implementar outras medidas de incentivo à mobilização dos clientes para controle dos desperdícios.

ii. Combate às ligações clandestinas e fraudes

A detecção das ligações clandestinas e fraudes pode ser realizada por meio de inspeções dos hidrômetros, de denúncias da população, da análise do histórico de consumo da ligação e das variações de pressão na rede.

Edalat e Abdi (2015) destacam que nos países em desenvolvimento questões socioeconômicas podem representar desafios maiores do que as dificuldades técnicas para a redução da perda de água aparente. A concessionária de água precisaria ter maior compreensão do contexto social em que o sistema de água urbano está inserido e uma maior interação com o público poderia auxiliar na redução das perdas por fraudes e ligações clandestinas. Outra ação para minimização das perdas aparentes é o uso de lacres nos hidrômetros ou de outros dispositivo que dificultem as ações fraudulentas.

iii. Melhorias no sistema comercial

O aperfeiçoamento do sistema de gestão comercial deve ser uma ação contínua nas companhias, principalmente no que diz respeito ao cadastro das ligações, a apuração dos consumos dos clientes (programação das leituras e emissão de contas) e a geração de relatórios gerenciais. Também são importantes as realizações de inspeções para a identificação de fraudes e ligações clandestinas e a implantação de programas específicos para levantamento de problemas cadastrais para a melhoria da gestão comercial.

iv. Qualificação de mão de obra

Para a efetiva qualificação da mão de obra são necessários treinamentos contínuos da equipe, incluindo os profissionais de empresas terceirizadas, responsáveis pela execução, controle e gestão do programa de controle e redução de perdas (ABES, 2013). A qualificação da mão de obra irá reduzir os erros de leituras dos volumes de

água (consumidos e produzidos) e, por conseguinte, as incertezas dos indicadores de perda serão reduzidas.

Vale destacar que nas últimas décadas, a maioria dos trabalhos foram focados apenas na componente perdas reais, de modo a controlar o vazamento. Xin et al.; (2014) afirmam que ainda é necessário um avanço nas técnicas de gestão de perdas aparentes e que esse reforço irá representar um efeito notável e direto na redução da totalidade das perdas de águas.

3.4. Avaliação do desempenho

Pode-se avaliar o desempenho na gestão de perdas nas suas diferentes componentes (perda real e aparente), conforme será visto a seguir:

3.4.1. Perdas reais

Com base nos indicadores de perdas reais (IVI e Op_{27}), em diferentes faixas de pressão de operação, o *World Bank Institute* (ou banco mundial) desenvolveu em 2005 uma matriz de avaliação de desempenho técnico da gestão de perdas reais, conforme pode-se observar no Quadro 10. Nessa abordagem, é possível classificar os prestadores em diferentes categorias de desempenho técnico (bandas de “A” até “D”), aplicável aos países desenvolvidos e em desenvolvimento (LAMBERT et al., 2014).

Quadro 10 - Matriz de avaliação de perdas reais.

Categorias de Desempenho Técnico de Gestão de Perdas Reais		IVI	Perdas Reais em Litros/ligação/dia				
			Pressão média do sistema de abastecimento				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Países Desenvolvidos	A	1 - 2	-	< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4	-	50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4 - 8	-	100-200	150-300	200-400	250-500
	D	> 8	-	> 200	> 300	> 400	> 500
Países de baixa e média renda	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

Fonte: Liemberger, 2010.

Nota-se no Quadro 10 que com a redução da pressão operacional em excesso, ocorre uma consecutiva redução de perdas reais por vazamento (LIEMBERGER et

al., 2007). A descrição das categorias de desempenho técnico da gestão de perdas reais é apresentada no Quadro 11.

Quadro 11 – Categorias de desempenho de perdas reais.

Categoria	Desempenho técnico e ações de gestão de perdas reais
A	Redução adicional de perdas pode ser economicamente inviável, a menos que haja escassez; necessária análise mais criteriosa para identificar o custo efetivo da melhoria.
B	Potencial para melhorias significativas; deve-se 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, deve-se analisar o nível e a natureza dos vazamentos e intensificar os esforços para redução de vazamentos
D	Uso muito ineficiente dos recursos; programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário.

Fonte: Liemberger, 2010.

Liemberger et al.; (2007) apresentam a matriz do Banco Mundial modificada para incluir duas subcategorias de desempenho na categoria “A”, considerando melhores níveis de desempenho, conforme apresentado no Quadro 12 e Quadro 13.

Quadro 12 - Matriz de avaliação de perdas reais modificada.

Categorias de Desempenho Técnico de Gestão de Perdas Reais		IVI	Perdas Reais em Litros/ligação/dia				
			Pressão média do sistema de abastecimento				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Países Desenvolvidos	A₁		-	< 25	< 40	< 50	< 60
	A₂	2 - 4	-	25-50	40-75	50-100	60-125
Países de baixa e média renda	A₁	1 - 4	< 25	< 50	< 75	< 100	< 125
	A₂	4 - 8	25-50	50-100	75-150	100-200	125-250

Fonte: Liemberger, 2010.

Quadro 13 - Categorias de desempenho de perdas reais modificada.

Categoria	Desempenho técnico e ações de gestão de perdas reais
A₁	Desempenho da gestão vazamento de classe mundial; o potencial de mais reduções de perdas físicas é pequena, a menos que ainda haja potencial para redução da pressão.
A₂	Redução adicional de perdas pode ser economicamente inviável a menos que haja escassez; necessária análise mais criteriosa para identificar o custo efetivo da melhoria.

Fonte: Liemberger, 2010.

Lambert et al.; (2014), com base nas categorias de desempenho técnico, construíram um plano de trabalho simplificado para cada categoria que serve para orientar sobre as ações prioritárias apropriadas para sistemas individuais no controle e na redução de perdas reais, conforme mostrado no Quadro 14.

Quadro 14 - Ações prioritárias para o controle e redução de perdas reais.

Nº	Ações recomendadas por categoria de desempenho WBI	A	B	C	D
1	Investigar opções de gerenciamento de pressão.	X	X	X	
2	Investigar a velocidade e qualidade de reparo.	X	X	X	
3	Verificar a frequência de intervenção econômica.	X	X		
4	Introduzir/melhorar o controle ativo de vazamento.	X	X	X	
5	Identificar opções para uma melhor manutenção.		X	X	
6	Avaliar nível econômico de vazamentos.	X	X		
7	Revisão da frequência de vazamentos.		X	X	
8	Revisão da política de gestão de ativos.		X	X	X
9	Lidar com as deficiências: mão de obra, treinamento e comunicações.			X	X
10	Plano de 5 anos para atingir próxima banda de melhor desempenho.			X	X

Fonte: Lambert et al., 2014.

3.4.2. Água Não Faturada

A fim de criar uma ferramenta simples para a avaliação prévia da gestão de perdas à nível de ANF, Liemberger (2010) desenvolveu uma matriz similar à Matriz do Banco Mundial, considerando apenas o indicador ANF em diferentes faixas de pressão, conforme mostrado no Quadro 15:

Quadro 15 - Matriz de avaliação de ANF.

Categorias de Desempenho de Gestão de ANF		ANF (Litros/ligação/dia)				
		Pressão média do sistema de abastecimento				
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Países Desenvolvidos	A1	-	< 50	< 65	< 75	< 85
	A2	-	50-100	65-125	75-150	85-175
	B	-	100-200	125-250	150-300	175-350
	C	-	200-350	250-450	300-550	350-650
	D	-	> 350	> 450	> 550	> 650
Países de baixa e média renda	A1	< 55	< 80	< 105	< 130	< 155
	A2	55-110	80-160	105-210	130-260	155-310
	B	110-220	160-320	210-420	260-520	310-620
	C	220-400	320-600	420-800	520-1000	620-1200
	D	> 400	> 600	> 800	> 1000	> 1200

Fonte: Liemberger, 2010.

De modo análogo a descrição das categorias de desempenho de perdas reais, pode-se descrever as categorias de desempenho de ANF, conforme Quadro 16.

Quadro 16 - Ações prioritárias para o controle e redução da ANF.

Categoria	Desempenho técnico e ações de gestão de ANF
A1	Classe de desempenho de gerenciamento de ANF à nível mundial, sendo pequeno o potencial para novas reduções, a menos que ainda haja potencial para a redução da pressão ou melhoria de precisão de medição.
A2	Redução adicional de ANF pode ser economicamente inviável, a menos que haja escassez ou tarifas muito altas de água; são necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo efetivo da melhoria
B	Potencial para melhorias significativas; estabelecer o balanço hídrico e os componentes de ANF; considerar o gerenciamento de pressão; práticas melhores de controle ativo de vazamentos, uma melhor manutenção da rede; melhorias na gestão de medição e de manipulação de dados e identificar outras oportunidades de melhorias.
C	Registro deficiente de ANF; tolerável somente se a água é abundante e barata. Deve-se analisar o nível e a natureza da ANF e intensificar os esforços para sua redução.
D	Uso muito ineficiente dos recursos; redução de ANF é imperativo e altamente prioritário

Fonte: Liemberger, 2010.

3.4.3. Perdas aparentes

Similarmente ao Quadro 10, Liemberger (2010) desenvolveu uma matriz de avaliação das perdas aparentes, conforme os valores apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 - Estimativa de perdas aparentes para países de baixa e média renda

Categorias de Desempenho de Gestão de Perdas Aparentes		Perdas Aparentes			
		Estimativa sob a porcentagem do consumo faturado (%)			Litros/ligação/dia
		Imprecisões e Erros*	Consumo Não Autorizado	Total	
Países Desenvolvidos	A1	-	-	< 2,5	< 25
	A2	-	-	2,5 – 5	25 - 50
	B	-	-	5 - 10	50 - 100
	C	-	-	10 - 15	100 - 150
	D	-	-	> 15	> 150
Países de baixa e média renda	A1	< 2,5%	< 0,5	< 3	< 30
	A2	2,5 - 5	0,5 – 1	3 - 6	30 - 60
	B	5 - 10	1 – 2	6 - 12	60 - 120
	C	10 - 15	2 – 5	12 - 20	120 -200
	D	> 15	> 5	> 20	> 200

* Imprecisões e Erros nas medições, estimativas e na manipulação de dados.

Fonte: Liemberger, 2010.

No Quadro 17, com base no indicador de perdas aparentes, em Litros por ligação ao dia, classifica-se o prestador de serviços de abastecimento de água nas categorias de desempenho.

A vantagem destas Matrizes de Avaliação é permitir que qualquer prestador de serviços, em qualquer país, avalie e compare, de forma fácil e rápida, o seu desempenho usando um padrão internacional (LIEMBERGER et al., 2007).

Em especial, a vantagem da matriz de ANF é que o volume de perdas físicas não precisa ser conhecido (o que geralmente acontece em países de baixa e média renda, em particular). Desta forma, a matriz ANF serve de suporte a tomada de decisão na gestão de perdas para prestadores de serviços de abastecimento de água que não possuem recursos para completar o cálculo do balanço hídrico (LIEMBERGER, 2010).

Contudo, Liemberger (2010) ressalta que as matrizes de perdas aparentes e da ANF (Quadro 17 e Quadro 15, respectivamente) foram desenvolvida a partir de uma simplificação extrema e devem ser utilizadas com cautela. Os valores de perdas são estimados assumindo um consumo médio faturado de 1.000 Litros por ligação ao dia. E portanto, em sistemas com valores de consumo médio muito diferentes ao valor adotado, as matrizes de desempenho podem não serem adequadas para avaliação.

É interessante que organizações nacionais desenvolvam seus próprios sistemas de faixas nacionais, com base em suas próprias necessidades específicas (LIEMBERGER et al., 2007).

4. MANUSCRITOS

Os manuscritos do presente projeto serão submetidos para análise e publicação na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental (ISSN 1809-4457).

4.1. MANUSCRITO 01

INDICADORES DE PERDAS PARA SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ADOTADOS NO BRASIL: PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA

Resumo

Neste trabalho, por meio da revisão sistemática da literatura técnica e científica, em conjunto com a análise de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), investigam-se os indicadores de perdas que são utilizados atualmente no país, observando as variações na terminologia, unidade e fórmula. No total foram avaliados na pesquisa bibliográfica 164 estudos de caso e na pesquisa documental 124 PMSB. Os resultados mostram que existe uma grande diversidade de indicadores de perdas de água, em diferentes formatos, divergindo quanto à metodologia de cálculo. Ademais, cabe observar que indicadores de perdas (total e de faturamento) em percentual do volume são os mais utilizados, embora não sejam adequados para avaliação do desempenho operacional dos serviços de abastecimento de água, segundo o padrão internacional estabelecido pela Associação Internacional de Água.

Palavras-chave: Indicadores. Perdas de água. Metas de redução.

Abstract

In this paper, through systematic review of the technical and scientific literature, together with the analysis of Sanitation Municipal Plans (PMSB), the loss indicators that are currently used in the country are investigated, observing variations in terminology, unit and formula. In total in the literature 164 case studies were evaluated and in the documentary research 124 PMSB. The results show that there is a wide variety of water loss indicators in different formats, often diverging regarding their calculation method. Moreover, it should be noted that percentage loss indicators are the most used, although they are not suitable for assessing the operating performance of water supply, according to the international standard established by the International Water Association.

Keywords: Indicators. Water losses. Reduction goal.

4.1.1. Introdução

Os indicadores de perdas constituem valiosa ferramenta para a avaliação sistemática da eficiência dos sistemas de abastecimento de água (ABES, 2013). Contudo, a ausência de uniformidade nos procedimentos para determinação deste indicadores, aliado ao pouco rigor no trato das informações, denigre a credibilidade do uso desta ferramenta, geralmente eficaz (LAMBERT et al., 2014).

Em 2000, a International Water Association (IWA), constituiu um grupo-tarefa para estudar, discutir e propor uma padronização mundial de terminologia, conceitos e indicadores de perdas para serviços de abastecimento de água (ALEGRE et al., 2006). O padrão de indicadores da IWA foi bem sucedido sendo adotado por diversos países. Contudo alguns países ainda não adotaram os novos conceitos, permanecendo nas suas apurações singulares, cujos resultados podem dar margem a interpretações equivocadas, não contribuindo para a efetiva minimização de perdas (ABES, 2015).

No Brasil ainda não existe um padrão nacional consolidado para os indicadores de perdas de água. Deve-se destacar, no entanto, a iniciativa de algumas instituições na busca da padronização dos indicadores do setor de saneamento, como o Ministério das Cidades, com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), com o Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS) e a Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR), com a publicação de guias sobre indicadores de regulação para a prestação de serviços de água e esgoto.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo identificar os tipos de indicadores que são utilizados atualmente no Brasil, destacando as variações na terminologia, unidade e fórmula. Paralelamente, como objetivo secundário desta pesquisa, será ainda averiguado as metas de redução de perdas definidas nos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), comparando aos níveis recomendados no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB).

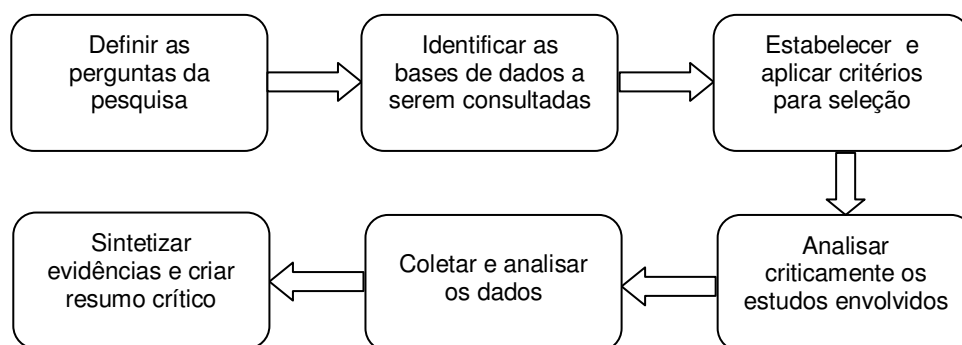
4.1.2. Materiais e Métodos

A metodologia da pesquisa se dividiu em duas etapas principais: Etapa 01 – Pesquisa Bibliográfica e Etapa 02 – Pesquisa Documental. Por fim, precedeu-se a análise crítica dos dados coletados.

Etapa 01 – Pesquisa bibliográfica

O método selecionado para a pesquisa bibliográfica foi a revisão sistemática da literatura, que se diferencia da tradicional revisão da literatura (revisão narrativa), por ser uma investigação mais focada, mediante a aplicação de métodos sistemáticos de busca, para apreciação crítica e síntese da informação selecionada. Para a operacionalização do método, seguiu-se os procedimentos recomendados por Sampaio e Mancini (2007) que são esquematizadas no fluxograma da Figura 7:

Figura 7 – Método da revisão sistemática da literatura



Fonte: Adaptado de Sampaio e Mancini, 2007.

i. Definição das perguntas da pesquisa

As perguntas da pesquisa foram formuladas segundo os objetivos do projeto. Assim, a revisão sistemática foi desenvolvida para responder as seguintes perguntas:

- Quais tipos de indicadores de perdas de água são comumente adotados no Brasil?
- Quais as terminologias mais utilizadas para esses indicadores?
- Quais as unidades mais utilizadas para esses indicadores?

ii. Identificação das bases de dados

Como fonte de dados secundários, selecionaram-se trabalhos técnicos e científicos em três categorias: teses e dissertações de mestrado e doutorado; artigos apresentados em encontros científicos e artigos publicados em revistas e periódicos especializados.

- Teses e dissertações de mestrado e doutorado

Adotou-se como base de dados a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

(IBICT). A BDTD reúne em um só portal de busca *on-line*, as teses e dissertações defendidas no País e por brasileiros no exterior. Atualmente, a base de dados da BDTD conta com a parceria de 74 instituições de ensino, dentre elas a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

- Artigos apresentados em encontros técnicos e científicos

Para esta categoria, considerou-se a relevância técnica e científica do evento (congresso, simpósio, conferência, etc.) para a área ambiental, em particular a subárea saneamento básico, e a disponibilidade *on-line* dos artigos. No Quadro 18 apresentam-se eventos técnicos e científicos selecionados para análise no estudo.

Quadro 18 - Eventos técnicos e científicos selecionados

Evento técnico-científico	Responsável
Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)
Exposição de Experiências Municipais em Saneamento	Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE)
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente	Associação dos Engenheiros da Sabesp (AESABESP)

Fonte: Autoria própria.

- Artigos publicados em revistas e periódicos especializados.

Realizaram-se pesquisas bibliográficas na base de dados *Scielo*, coleção de periódicos científicos nacionais, contudo ressalta que a revisão não se limitou apenas a essa base de dados. Artigos considerados relevantes para o propósito da pesquisa e que atendessem aos critérios estabelecidos, foram selecionados para o estudo. No Quadro 19 apresentam-se revista selecionadas para análise no estudo.

Quadro 19 - Revistas e periódicos selecionados

Revista	Responsável
Engenharia Sanitária e Ambiental	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)
Revista Brasileira de Recursos Hídricos	Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)
Revista DAE	Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP)
Revista de Tecnologia e Ambiente	Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
Revista de Engenharia e Tecnologia	Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

Fonte: Autoria própria.

iii. Definição e aplicação dos critérios de seleção

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- Tipo de pesquisa: estudos de casos;
- Local: pesquisas realizadas no Brasil;
- Ano de publicação: inclusão dos trabalhos publicados entre os anos de 2009-2015;
- Assunto: conter no título do trabalho, no resumo ou nas palavras-chave os termos: “*water loss*” AND “*performance indicators*” AND “*water supply services*” (tradução: “perdas de água” e “indicadores de desempenho” e “serviços de abastecimento de água”).

Após a seleção de artigos, teses e dissertações que atendiam aos requisitos de inclusão, foi verificado dentro do conjunto de publicações quais efetivamente respondiam as perguntas de pesquisa.

As leituras e fichamentos tiveram papel central nessa fase. Para cada documento foi criada uma ficha de leitura contendo resumo, além de algumas transcrições de trechos que poderiam ser utilizados posteriormente.

Todas as publicações eram arquivadas em pastas ao mesmo tempo em que se dava prosseguimento à coleta. O critério estabelecido para tal organização foi a fonte do documento.

iv. Coleta e análise dos dados

Após a identificação e seleção das fontes de informações, procedeu-se o recolhimento e registro dos dados da pesquisa. Os trabalhos foram exportados para uma planilha Excel e organizados por categorias (artigos, tese e dissertação), anos de publicação e regiões de estudo.

Depois empreendeu-se um trabalho minucioso através da leitura e obtenção de dados. Foram coletadas informações sobre os tipos de indicadores de perdas apresentados nos estudos, as unidades e termologias utilizadas e os métodos empregados.

Os dados coletados foram agregados e analisados criticamente, sintetizando as evidências relevantes para responder as perguntas da pesquisa.

Etapa 02 - Pesquisa documental

Visto que a pesquisa documental compartilha similaridades com a pesquisa bibliográfica, no tocante a coleta e tratamento das informações, os procedimentos metodológicos adotados no delineamento de pesquisa documental foram os mesmos adotados na revisão sistemática da literatura.

Os documentos avaliados neste estudo foram os PMSB que são instrumentos de planejamento exigidos pela Política Nacional de Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

Segundo o Art. 19 da referida Lei, os PMSB deverão apresentar o diagnóstico da prestação de serviços públicos de saneamento, por meio de um sistema de indicadores. Com base nisso, foi investigado os tipos de indicadores que são utilizados nos PMSB para avaliar as perdas dos sistemas de abastecimento de água.

i. Definição das perguntas da pesquisa

Foram consideradas as mesmas perguntas da pesquisa bibliográfica. Ademais, foi investigado se os planos possuíam metas de redução de perdas e quais indicadores eram utilizados para acompanhar as metas. Além disso, foi observado se os planos possuíam metas de curto, médio e longo prazo estabelecidas para redução de perdas.

ii. Identificação das bases de dados

A pesquisa documental se diferencia da bibliográfica pela natureza da fonte de dados. Enquanto a revisão de literatura utiliza de fontes secundárias, a pesquisa documental usa fontes de informações primárias. As fontes primárias de PMSB são as próprias prefeituras dos municípios referentes aos planos de saneamento.

iii. Definição e aplicação dos critérios de seleção

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- Tipo de documento: PMSB;
- Local: municípios do Brasil;
- Ano de publicação: 2010 a 2015;
- Assunto: conter diagnóstico de sistemas de abastecimento de água.

iv. Coleta e análise dos dados

As seguintes estratégias foram adotadas para coleta dos planos de saneamento básico:

- Consulta *online* nos sites das prefeituras

Por meio de uma pesquisa *on-line* foram consultados sites de prefeitura para verificar se o PMSB estava disponível para *download*.

Para uma seleção inicial dos sites das prefeituras que seriam consultados, foi utilizado como referência os dados da pesquisa “Informações de planos municipais” do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que indica que apenas 312 municípios possuíam ao final de 2012 PMSB elaborados para serviços de abastecimento de águas. Isso representa apenas 5,6% da totalidade de municípios (5.570 municípios) existentes no Brasil em 2013.

- Solicitação às prefeituras

Os *e-mails* das prefeituras foram obtidos junto ao “Observatório de Informações Municipais”, que possuía na época a informação de correio eletrônico de 5282 prefeituras, o que representa quase 95% da totalidade dos municípios no país em 2013. Devido ao grande volume de *e-mails* que deveriam ser enviados, foi contratado um serviço de envio de mensagens eletrônicas que permitisse a programação automática dos envios de modo segmentado para a base de contatos.

- Solicitação aos consórcios de municípios

Os PMSB foram solicitados às associações e consórcios de municípios no país. Os *e-mails* de 253 consórcios foram obtidos junto ao projeto “Guia de consórcios públicos” da Caixa Econômica Federal. Os *e-mails* das associações de municípios foram obtidos dos sites institucionais, quando disponíveis.

Após a coleta dos PMSB, procedeu-se a seleção dos documentos aplicando os critério de inclusão. Assim os PMSB que não abordavam serviços de abastecimento de água foram excluídos da análise.

O próximo passo foi o recolhimento e registro dos dados da pesquisa que foram exportados para uma planilha Excel e organizados por ano de publicação e região de estudo. Os dados foram agregados e analisados para responder as perguntas da pesquisa.

4.1.3. Resultados e Discussão

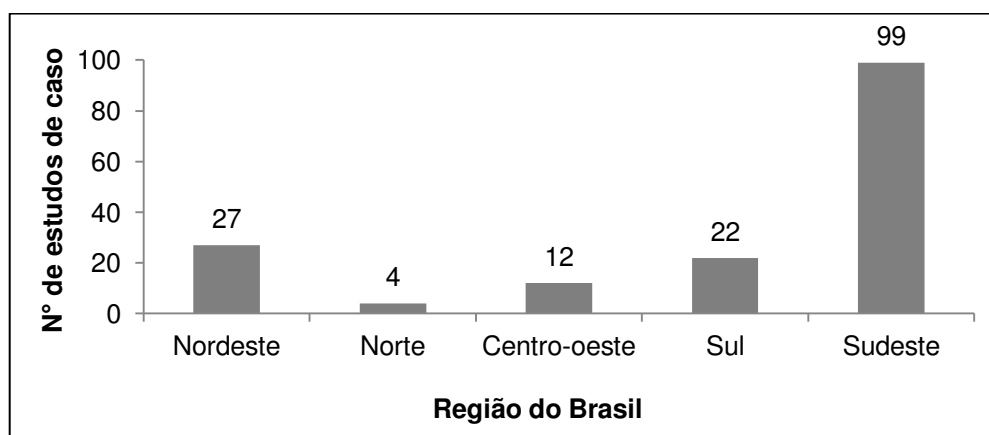
A) Análise bibliográfica

Após extensa revisão sistemática da literatura, considerando os critérios de seleção definidos na metodologia, foram coletadas 239 publicações. Contudo, após a revisão das bibliografias do total da amostra inicial apenas 164 foram selecionados para a pesquisa, visto que os outros estudos não apresentavam dados suficientes para o propósito da pesquisa.

i. Características da amostra

Considerando os critérios de seleção desta pesquisa, observou-se que há maior número de estudos de casos na temática perdas para a região sudeste, cerca de 60,4%, seguida das regiões nordeste (16,4%) e sul (13,4). Na Figura 8 mostra-se a representatividade da amostra para cada região do país.

Figura 8 - Distribuição da amostra por região.



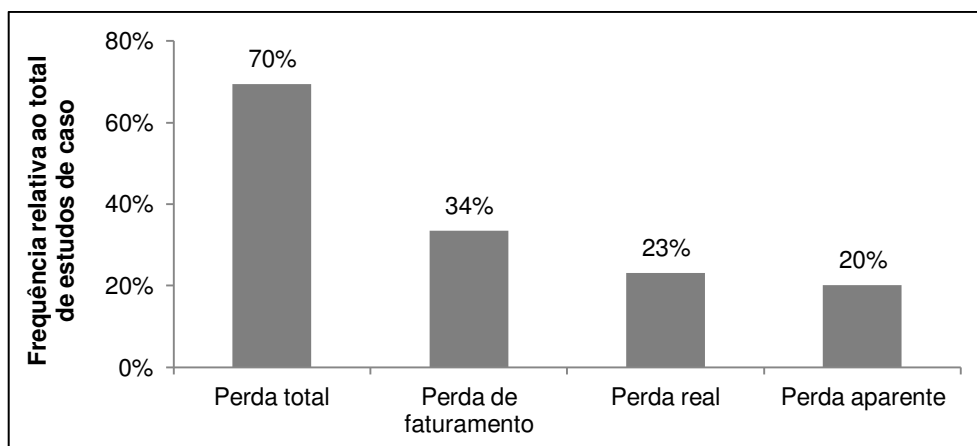
Fonte: Autoria própria.

Em relação ao tipo de publicação, a categoria “artigos apresentados em encontros técnicos e científicos” foi a mais expressiva, mais de 80% das publicações, seguida da categoria “teses e publicações”, com 14%. Quanto ao ano de publicação, houve um maior número de estudos em 2009, cerca de 26,2% seguida de 2015 (18,9%) e de 2011 (16,5%).

ii. Indicadores de perdas

Os indicadores de perdas foram agrupados em quatro tipos: perdas totais, perdas de faturamento, perdas reais e perdas aparentes. Na Figura 9 apresenta-se a frequência dos tipos de indicadores de perdas encontrados na amostra:

Figura 9 - Tipos de indicadores de perdas.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 9, nota-se que 70% dos estudos de caso da amostra apresentaram indicadores do tipo “perdas totais” que considera o volume total perdido, perdas reais ou físicas (devido a vazamentos na rede e reservatórios) com perdas aparentes ou comerciais (devido a fraudes e incertezas nas medições). Perdas Totais é o indicador mais utilizado devido a facilidade de compreensão e de cálculo que exige dados que geralmente estão disponíveis, como volume de água produzido e consumido.

Outro indicador bastante utilizado é “perdas de faturamento” que se diferencia do anterior por considerar na fórmula do volume perdido o volume de água faturado (VF) ao invés do volume de água consumido (VC).

Geralmente, VF diferencia-se do VC, visto que prestadores de serviços de abastecimento de água adotam parâmetros de consumo mínimo ou médio para faturamento, que podem ser superiores aos volumes efetivamente consumidos. Usualmente, volume faturado é maior ou igual volume consumido (BRASIL, 2016).

Segundo a IWA, esse indicador deve ser utilizado apenas para uma avaliação financeira preliminar do problema de perdas e não deve ser empregado como indicador operacional. No entanto, observou-se que em muitos estudos de caso da amostra utilizava-se apenas do indicador de perdas de faturamento como referência para a avaliação da eficiência da gestão de perdas pela prestadora de serviços de abastecimento de água.

A IWA recomenda distinguir as perdas de água reais das aparentes. Esta desagregação permite o cálculo de um conjunto de indicadores de desempenho

mais específicos que direcionam a tomada de decisão nas ações prioritárias ao combate as perdas de água. Contudo, conforme mostra-se na Figura 9 apenas 23% dos estudos de caso apresentaram indicadores de perdas reais e 20% dos estudos de caso apresentavam indicadores para perdas aparentes.

Observou-se nos estudos que não apresentavam indicadores de perdas reais e aparentes, geralmente avaliavam indiretamente essas parcelas de perdas por meio de outras informações operacionais, tal como listados no Quadro 20.

Quadro 20 - Indicadores complementares a avaliação de perdas de água

Perdas Reais	Perdas Aparentes
Índice de vazamentos por extensão de rede; Índice de vazamentos por ramais; Índice de vazamentos por cavaletes; Índice de vazamentos visíveis; Índice de vazamentos não visíveis; Nº de vazamentos totais; Nº de reparos totais; Nº de reparos em ramais, em rede, em cavaletes; Variação do fluxo mínimo noturno; Variação da pressão;	Índice de hidrometração; Índice de macromedição; Nº de notificações de fraudes; Nº de divergências cadastrais; Nº de ligações clandestinas; cortadas; ativas sem hidrômetro; Nº de hidrômetros substituídos; violados; com defeitos; com difícil acesso; instalados incorretamente; Idade média do parque de hidrômetros; Variação do consumo por substituição dos hidrômetros, por retirada de fraudes, etc.

Fonte: Autoria própria.

Apenas três estudos apresentaram indicadores de perdas na produção e somente um estudo da amostra sugeriu um indicador de perdas na adução da água bruta. No Quadro 21 mostram-se exemplos propostos por Beloni e Papel (2015).

Quadro 21 - Indicadores de perdas na adução e produção

Sigla	Indicador	Fórmula	Unid.
IPRP	Índice de Perdas Reais na Produção	$\frac{(VCAP - VPRO) * 100}{VCAP}$	%
IPRA	Índice de Perdas Reais na Adução	$\frac{(VCAP - VADZ) * 100}{VCAP}$	%
IPTR	Índice de Perdas Reais no Tratamento	$\frac{(VADZ - VPRO) * 100}{VCAP}$	%

Variáveis: VCAP - Volume captado; VPRO - Volume Produzido; VADZ - Volume Aduzido

Fonte: Beloni e Papel (2015).

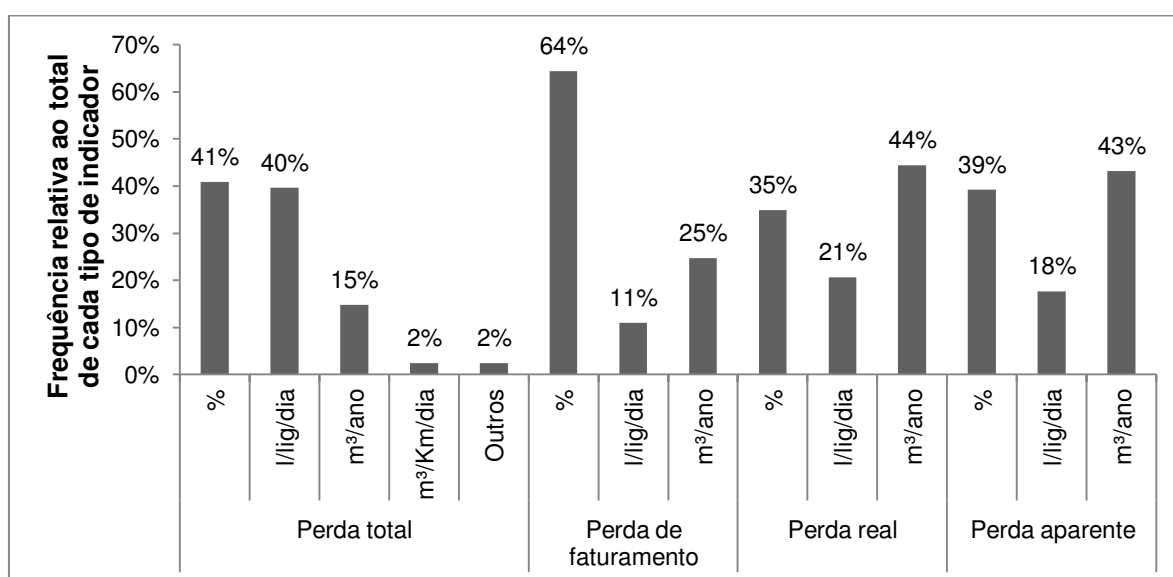
Dos 164 estudos casos, somente 11 estudos calcularam o IVI (Índice de Vazamentos na Infraestrutura) que relaciona as perdas reais com as perdas reais

mínimas inevitáveis, entendidas como o valor mínimo tecnicamente atingível de perdas. Este indicador permite a comparação da eficiência operacional de distintos sistemas e de distintos operadores, pois considera em sua fórmula a influência da pressão de serviço e da densidade de ramais nas perdas reais.

i. Unidades

Na Figura 10 mostram-se as unidades mais utilizadas para os diferentes tipos de indicadores de perdas.

Figura 10 - Unidades de indicadores de perdas.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 10, observam-se que mais de 40% dos indicadores de perdas totais são expressos em porcentagem. Os indicadores em percentual relacionam o volume de água perdida com o volume total produzido ou disponibilizado ao sistema. Estes indicadores tem como grande desvantagem a dificuldade de comparação de desempenho entre diferentes sistemas, pois são fortemente influenciados pela variação do consumo e devem ser evitados segundo a IWA (GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007; ALEGRE et al., 2006).

Alternativamente aos indicadores em percentual, devem ser utilizados indicadores associados a um fator de escala, tais como extensão de rede e quantidade de ligações ou de economias, como Litro/Ligação/Dia, Litro/Economia/Dia ou m³/Km/Dia. Na Figura 10, nota-se que 40% dos indicadores de perdas totais são expressos em Litro/Ligação/dia e cerca de 2% expressos em m³/Km/dia.

Cerca de 65% dos indicadores de perdas de faturamento são expresso em porcentagem. Não identificou-se na amostra estudo que calcula “indicador de perdas de faturamento por custo de produção de água tratada”, que é um indicador financeiro mais adequado para avaliação do impacto financeiro de perdas nas receitas e custos dos sistemas, conforme recomendado pela IWA.

iii. Terminologias e formulações

No Quadro 22 mostram-se as diversas terminologias utilizadas para os diferentes tipos de indicadores de perdas.

Quadro 22 - Terminologias de indicadores de perdas.

Tipo de indicador	Unid.	Terminologia
Perdas Totais	%	Índice de perdas totais; Índice de perdas na distribuição; Índice de água não contabilizada; Índice de perda percentual; Índice de perdas da micromedição; Índice de perdas anualizada.
	L/lig/dia	Índice de perdas por ligação/ramal; Índice de perdas totais por ligação/ramal; Índice bruto de perdas por ligação;
	m ³ /km/dia	Índice de perdas linear bruto; Índice bruto de perdas lineares; Índice bruto linear de perdas; Índice linear bruto de perdas; Índice de perdas por extensão de rede.
Perdas por faturamento	%	Índice de perdas por faturamento; Índice de água não faturada; Índice de faturamento; Índice de perda percentual; Água não convertida em receita.
Perdas reais	% ou m ³ /ano	Índice de perdas reais; Índice de perdas físicas.
Perdas aparentes	% ou m ³ /ano	Índice de perdas aparentes; Índice de perdas não físicas; Índice de perdas comerciais.
Perdas reais e infraestrutura	-	Índice infraestrutural de perdas; Índice de vazamentos na infraestrutura; Índice infraestrutural;

Fonte: Autoria própria.

Existe certa confusão sobre o significado de índice e indicador, onde muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos. Indicadores advêm de uma síntese de dados primários e índices de uma agregação de indicadores (BRASIL, 2011). Optou-se por apresentar o termo índice no Quadro 22, pois foi o termo mais encontrado na pesquisa bibliográfica e adotado pelo SNIS.

No Quadro 18 observa-se que o inventário de indicadores de perdas utilizados pelos prestadores de serviços de abastecimento de água é bastante extenso e diverso. Apesar desses indicadores apresentarem diferentes nomenclaturas ou siglas, muitos coincidem nas suas formulações e unidades. Contudo, também observou-se o caso de indicadores com a mesma nomenclatura mas com diferentes formulações. Um exemplo é a terminologia “índice percentual de perdas” que era utilizada para representar tanto as perdas totais, como as perdas de faturamento (água não faturada).

Outro exemplo é o “índice de perdas totais” ou “índice de perdas na distribuição”. A maioria dos estudos, adotam a mesma metodologia do SNIS, conforme apresentada a seguir:

$$IPD = \left(\frac{AG_{006} + AG_{018} - AG_{010} - AG_{024}}{AG_{006} + AG_{018} - AG_{024}} \right) \times 100 \quad (\%) \quad 6$$

Onde

AG006 - Volume Produzido ($10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)

AG018 - Volume Tratado Importado ($10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)

AG024 - Volume de Água de Serviço ($10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)

AG010 - Volume Consumido ($10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$)

Contudo, alguns estudos seguem a metodologia de cálculo do Programa Nacional Combate ao Desperdício Água (PNDCA) que não desconta do volume de entrada do sistema a parcela referente ao volume de consumo autorizado não faturado (AG₀₂₄ no SNIS), parâmetro também conhecido como volume de água de serviço.

Vale destacar ainda que, embora a IWA recomende que o termo “Água Não Contabilizada” não seja mais utilizado, observou-se em diversos estudos a presença desta terminologia para indicadores de perdas totais.

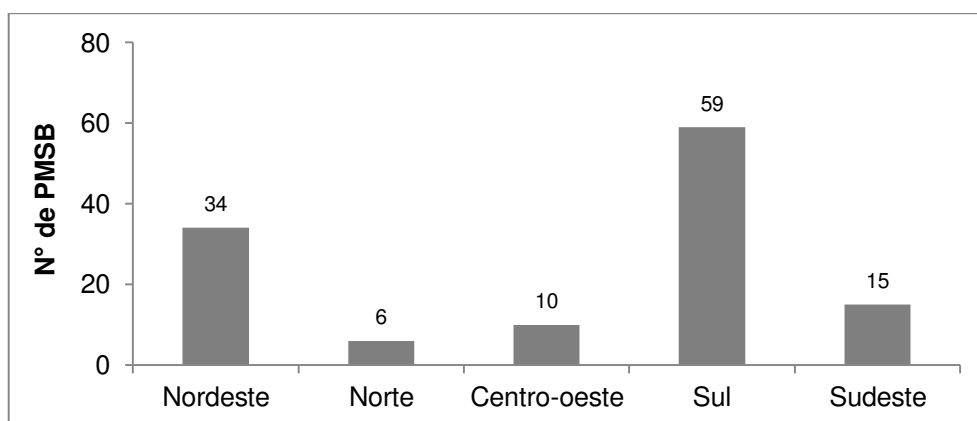
B) Pesquisa Documental

Na pesquisa documental, considerando os critérios de seleção definidos na metodologia, foram coletados dados de 124 PMSB.

i. Características da amostra

Na Figura 11 mostra-se a representatividade da amostra para cada região do país.

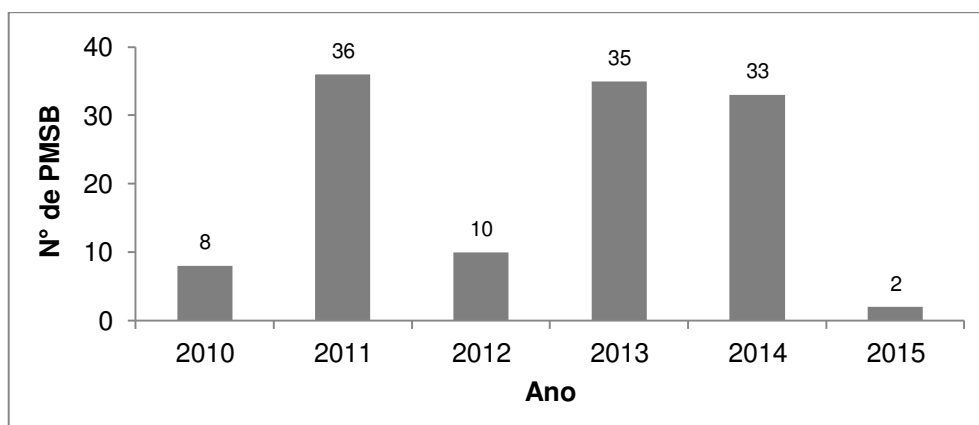
Figura 11 - Distribuição da amostra por região.



Fonte: Autoria própria.

Observa-se que a maioria dos PMSB obtidos na pesquisa foram da região Sul, cerca de 50% da amostra. Em relação ao ano de publicação dos planos, há maior representatividade de PMSB de 2011, com 29%, seguidos dos anos 2013 (28,2%) e 2014 (26,6%). Na Figura 12 mostra-se a quantidade de publicações por ano.

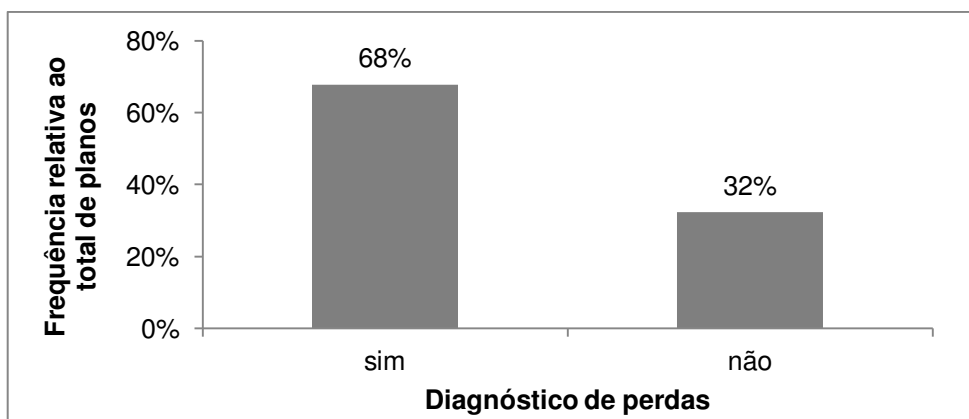
Figura 12 - Distribuição da amostra por ano.



Fonte: Autoria própria.

Dos 124 PMSB, apenas 84 planos possuíam diagnóstico de perdas de água, ou seja, cerca de 32% dos planos mesmo possuindo diagnóstico dos sistemas de abastecimento não tratavam de perdas de água (Figura 13).

Figura 13 - PMSB com diagnóstico de perdas.

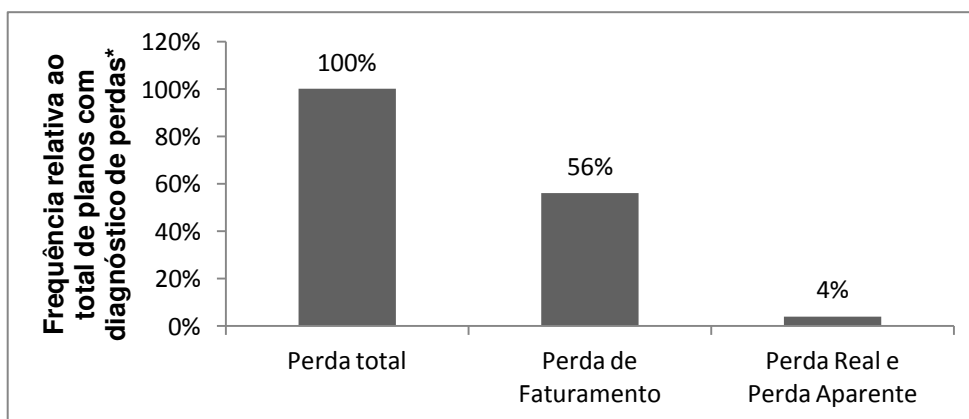


Fonte: Autoria própria.

ii. Indicadores de perdas

Para os 84 PMSB que possuíam diagnóstico de perdas, 56% apresentavam indicadores de perdas de faturamento e 100% com indicadores de perdas totais. Apenas 03 planos apresentam valores de perdas reais e aparentes e nenhum plano apresentava o Índice de Vazamentos na Infraestrutura (IVI) (Figura 14).

Figura 14 - Tipos de indicadores.



* Os PMSB em alguns casos possuíam mais de um tipo de indicador de perdas.

Fonte: Autoria própria.

iii. Unidades e Terminologias

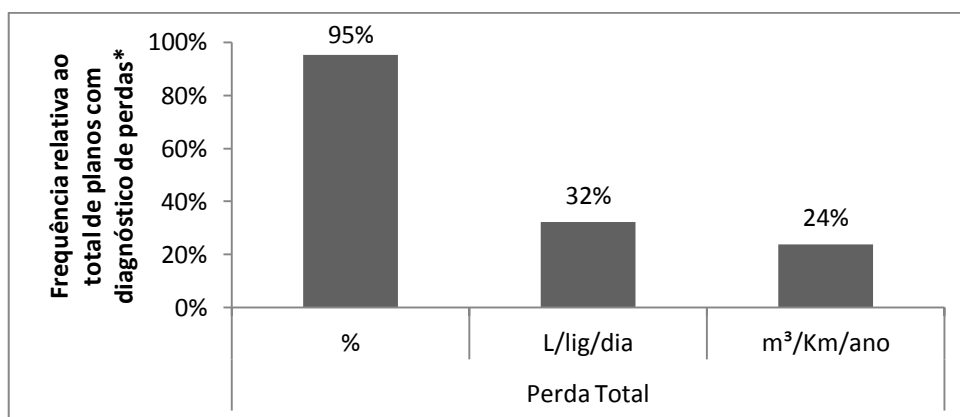
Várias das terminologias listadas no Quadro 22 foram encontradas nos PMSB, confirmando novamente a falta de padronização na nomenclatura dos indicadores.

Em relação às unidades, “indicadores de perdas de faturamento” foram expressos em porcentagem, com exceção de apenas um plano que apresenta esse indicador

em Litros/ligação/dia. E os indicadores de perdas reais e perdas aparentes, apresentados somente em três planos, foram expressos em porcentagem.

Na Figura 15 apresentam-se as unidades mais utilizadas para o indicador de perdas totais.

Figura 15 - Unidades de indicadores de perdas.



* Os PMSB em alguns casos possuíam mais de um tipo de indicador de perdas.

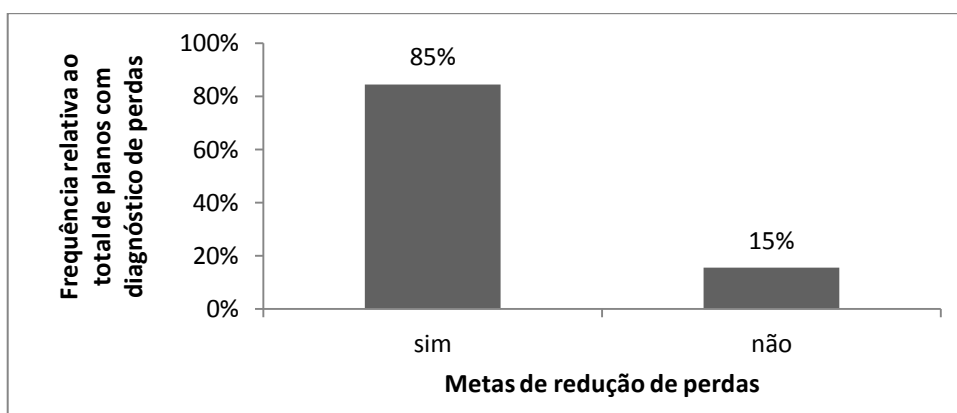
Fonte: Autoria própria.

Nota-se que o indicador de perdas totais em porcentagem é o mais utilizado em PMSB, embora não seja recomendado pela IWA.

iv. Metas de redução

Dos 84 PMSB que possuíam diagnóstico de perdas, 71 planos (cerca de 85%) estabeleciam metas de redução de perdas, conforme Figura 16.

Figura 16 - PMSB com metas de redução de perdas.



Fonte: Autoria própria.

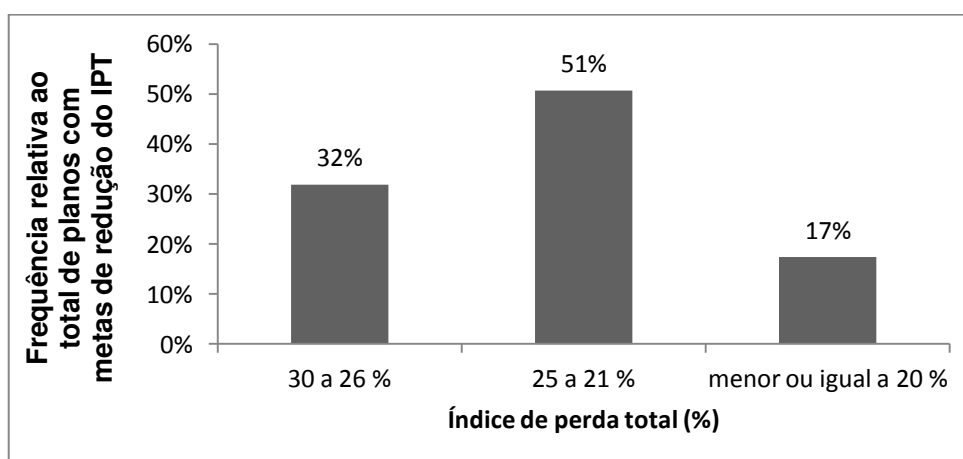
Interessante destacar que três planos, que não possuíam diagnóstico de perdas do sistema de abastecimento de água, estabeleciam metas de redução de perdas na etapa do prognóstico.

Dos 71 PMSB que possuíam metas de redução de perdas, 68 planos (96%) usam o indicador de perdas totais em porcentagem como referência para a meta. Vale, novamente, alertar que indicadores em porcentagem não são adequados para definição de metas visto que esses tipos de indicadores são fortemente influenciados com a variação do consumo.

Apenas quatro PMSB definiram as metas de redução de perdas com indicadores de perdas totais em litros/ligação/dia. E somente um plano usou como referência o indicador de perdas totais em m³/Km/dia.

Quatro planos também estabeleceram metas de redução para as perdas de faturamento, sendo que um deles usava, exclusivamente, esse indicador de perdas como referência. Apenas um PMSB definiu meta de redução para as perdas reais. Na Figura 17 mostra-se a frequência dos valores adotados para as metas de redução de perdas, considerando como referência o índice de perdas totais (IPT), em porcentagem.

Figura 17 - Metas de redução de perdas para IPT (%).



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 17, observa-se que mais da metade dos planos definiram metas de redução de IPT entre 21 e 25%, o que supera a meta nacional (31% de perda até 2033), definida no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB).

Observou-se que alguns planos mesmo estabelecendo metas de redução de perdas em porcentagem, definiam o índice de perdas por ligação (L/lig/dia) como o indicador de referência para a avaliação da eficiência e eficácia do programa de redução de perdas de água no plano de monitoramento dos PMSB.

4.1.4. Conclusão

O presente estudo traz evidências que indicadores de perdas (totais e de faturamento) expressos em percentual de volume, mesmo não sendo recomendados pela IWA, continuam sendo largamente utilizados, inclusive para a definição de metas nos PMSB.

Um ponto positivo que aproximadamente 70% dos planos que definiram metas de redução para o indicador de perdas totais estabeleceram limites inferiores a 25%, o que supera a meta nacional definida no Plansab.

Os resultados também mostram a ausência de uma padronização dos indicadores de perdas no Brasil. Não há uma uniformidade na nomenclatura e na formulação dos indicadores, o que dificulta a comparação de desempenho entre diferentes prestadores de serviços de abastecimento de água.

À luz do exposto acima, o presente estudo não pretende esgotar a investigação, mas chama a atenção para a necessidade de estudos futuros para a proposta de padronização dos indicadores de perdas adequados a necessidade brasileira.

4.1.5. Referências

ABES - 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. Relatório Técnico. São Paulo, 2013. 45 p.

_____. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água.** Posicionamento e contribuições técnicas da ABES. Relatório Técnico. São Paulo, 2015. 99 p.

_____. **Anais dos Congressos Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** 2009; 2011; 2013 e 2015. Disponível em <<http://anaiseletronicos.abes-dn.org.br/congressos.php>>. Acesso em 10 out. 2015.

AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp. **Anais do Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente**. 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015. Disponível em <<http://www.evolvedoc.com.br/aesabesp>>. Acesso em 24 set. 2015.

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA, E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **Performance indicators for water supply services**. 2. Ed. Londres: IWA Publishing, 2006. 312 p.

ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. **Anais da Exposição de Experiências Municipais em Saneamento**. 2012, 2013, 2014 e 2015. Disponível em <<http://sistema.trabalhosassemae.com.br/>>. Acesso em 14 set. 2015.

BATISTA, Sinoel. **Base de dados** - emails dos consórcios no Brasil. Projeto Guia de Consórcios Públicos. Caixa Econômica Federal, Brasília. 2011.

BELONI, A. C. V.; PAPEL, A. P. Estudo de controle de perdas em sistemas de abastecimento de água. *In: Anais... XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento*. Poços de Caldas - MG, 2015.

BRASIL. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial [da] república Federativa do Brasil**. Brasília, 8 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 12 ago. 2015.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos-2013**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014.

_____. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2013.

BREMAEKER, F. E. J. **Base de dados** - emails das prefeituras do Brasil. Observatório de Informações Municipais, Rio de Janeiro. 2013.

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

IBICT - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. **Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações** (BDTD). Disponível em <<http://bdttd.ibict.br/vufind/>>. Acesso em 02 ago. 2015.

LAMBERT, A; MENDAZA, F.; TVEIT, O. A. 14 Years Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe. In: **Anais...** Water Loss Conference. Viena-Austria, 2014.

MELATO, D. S.; ZAHED FILHO, K. Diagnóstico de perdas de água: uma metodologia aplicada na Região Metropolitana de São Paulo. In: **Anais...** Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. São Paulo - SP. 2011.

NEGRISOLLI, R. K. **Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água**. 2009. 191f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

SAMPAIO, R. F., MANCINI, M. C.. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, vol. 11, núm. 1, 2007, p. 83-89.

XIN, K.; TAO, T.; LU, Y.; XIONG, X.; LI, F. Apparent Losses Analysis in District Metered Areas of Water Distribution Systems. **Water Resources Management**. V. 28, n. 3, p. 683-696, 2014.

4.2. MANUSCRITO 02

PADRONIZAÇÃO DOS INDICADORES DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

Resumo

A quantidade de água perdida, expressa por meio de indicadores, é um importante elemento na avaliação da eficiência dos serviços de abastecimento de água. Contudo, quando não há uniformidade na linguagem utilizada para os indicadores, esta importante ferramenta perde a credibilidade e não contribui para a efetiva redução de perdas. Neste trabalho, apresenta-se uma revisão dos documentos legais e técnicos que normatizam os indicadores de perdas de água no Brasil. O conjunto de indicadores avaliados é comparado aos indicadores do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) e esses ao padrão internacional da *International Water Association (IWA)*. Os resultados mostram que não existe um padrão nacional consolidado para os indicadores de perdas, visto que diferentes nomenclaturas e fórmulas são utilizadas para expressar o mesmo indicador em diferentes documentos. Por fim, enfatiza a necessidade de padronização da linguagem e dos conceitos para uma formulação mais realística dos indicadores de perdas.

Palavras-chave: Indicadores. Perdas de água. Padronização.

Abstract

The amount of water loss, expressed through indicators, is an important element in assessing the efficiency of water supply services. However, when there is no uniformity in the language used for indicators, this important tool loses its credibility. In this paper, a review of legal and technical documents that regulate water loss indicators in Brazil is presented. The set of indicators evaluated is compared to the indicators of the National Sanitation Information System (SNIS) and those to the international standard of the International Water Association (IWA). The results show that there is not a consolidated national standard for loss indicators, since different nomenclatures and formulas are used to express the same display in different documents. Finally, it emphasizes the need for standardization of language and concepts for a more realistic formulation of loss indicators.

Keywords: Indicators. Water losses. Standard.

4.2.1. Introdução

As entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água tem como grande desafio o desenvolvimento e a implementação de conjuntos de indicadores que permitam avaliar de modo eficaz as perdas de água (ABAR, 2006).

Até meados dos anos 80, perdas de água eram expressas apenas como a diferença entre os volumes macro e micromedido. Nos anos 90, começam a aparecer os conceitos de perdas físicas (perdas reais) e perdas não físicas (perdas aparentes) (BRASIL, 2014), embora não houvesse ainda uma definição clara que distinguisse essas parcelas de perdas.

Nesta época, poucos países tinham um padrão nacional para avaliar as perdas e, até mesmo em um único país, a avaliação de perdas muitas vezes se diferenciava entre diferentes companhias de abastecimento (ABES, 2013). Devido a ausência de um padrão pré-estabelecido, existiam indicadores de perdas de água em diferentes formatos, o que dificultava avaliar e comparar o desempenho entre diferentes prestadores de serviços de abastecimento de água.

Cientes desta problemática, a *International Water Association* (IWA) lança as bases para a padronização da nomenclatura, conceitos e indicadores de perdas em nível mundial (LIEMBERGER, 2010). Surgia daí o Manual de Melhores Práticas da IWA: “*Performance Indicators for Water Supply Services*”, publicado originalmente em 2000 e, mais recente, numa segunda edição por Alegre et al.; (2006), com uma versão mais consolidada dos indicadores de desempenho para avaliação de sistemas de abastecimento de água, incluindo os indicadores de perdas de água.

O padrão da IWA vem sendo adotado (com ou sem modificações) por associações nacionais em vários países, como Austrália, Canadá, Alemanha, África do Sul, entre outros (LIEMBERGER, 2010). No Brasil ainda não existe um documento único que estabeleça um padrão nacional para os indicadores de perdas de água.

Neste contexto, esse artigo tem como objetivo investigar e descrever documentos que estabelecem as bases para a normatização dos indicadores de perdas e verificar, se o conjunto de indicadores de perdas propostos são similares entre si, observando as possíveis variações na terminologia, unidade e fórmula.

4.2.2. Materiais e Métodos

A primeira etapa consiste na pesquisa de documentos que apresentam metodologias e procedimentos para a construção de indicadores de perdas em sistemas de abastecimento de água no Brasil. Foram avaliados documentos em duas diferentes categorias: documentos legais e documentos técnicos, conforme mostra-se no Quadro 23.

Quadro 23 – Acervo de documentos utilizados na pesquisa documental.

Categoria	Documento	Fonte
Documentos Legais	Resoluções	Agências Reguladoras
Relatórios, Normas ou Manuais Técnicos	Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)
	DTA A2 - Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água - 2003	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA)
	Guia de Referência para Medição do Desempenho - GRMD 2015-2016	Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS)
	Normas da área de saneamento NBR ISO 24512/2012 NBR ISO 24510/2007	Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
	Regulação - Indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto - 2006 Normatização da Prestação de Serviços de Água e Esgoto - 2008	Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR)

Fonte: Autoria própria

Como fonte de dados para a primeira categoria, elegeu as agências reguladoras de saneamento, visto que essas instituições devem editar normas relativas aos padrões e indicadores de qualidade da prestação destes serviços, conforme o Art. 23 da Lei Federal nº 11.445/2007 (Política Nacional de Saneamento Básico).

Foi encaminhado a 44 agências reguladoras (27 estaduais, 2 intermunicipais e 15 municipais) um questionário solicitando informações a respeito das normas internas para indicadores de perdas de água.

Na segunda categoria de documentos, a principal fonte de dados foi o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), por meio de consulta aos Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (DSAE). Os diagnósticos são publicados anualmente desde 1996 (diagnóstico em relação ao ano de 1995) e estão disponíveis gratuitamente para *download* no *site do SNIS* (<http://www.snis.gov.br>).

Ainda investigou-se os documentos técnicos do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR), que hoje agrega 52 agências associadas. Também avaliou-se a proposta de indicadores de perdas do estudo de Miranda (2002). A riqueza de informações que pode-se extrair e resgatar destes documentos, segundo os objetivos da investigação proposta, justificam o seu uso.

Após a leitura e fichamentos dos documentos, extrairam-se as informações alvos: tipos de indicadores, fórmulas, nomenclatura e unidades. Os dados coletados e tabulados eram comparados com os indicadores do SNIS, destacando as similaridades e diferenças entre os indicadores. Por fim, os indicadores de perdas do SNIS foram comparados aos indicadores da IWA.

4.2.3. Resultados e Discussão

i. Indicadores de perdas do SNIS

Existem dois tipos de índices de perdas⁶ adotados atualmente nos SNIS:

- Índice de perdas de faturamento (IN₀₁₃): relaciona o volume de água disponibilizado para distribuição (VD) com o volume faturado (VF).
- Índice de perdas na distribuição: relaciona o VD com o volume consumido (VC).

Vale ressaltar que VF diferencia-se do VC, visto que os prestadores de serviços de abastecimento de água adotam parâmetros de consumo mínimo ou médio para faturamento, que podem ser superiores aos volumes efetivamente consumidos. Geralmente o valor do VF é maior ou igual ao VC.

Para o índice de perdas na distribuição, o SNIS calcula o indicador em três escalas diferentes: em percentual (IN₀₄₉), em litros por ligação ao dia (IN₀₅₁) e em litros por quilômetro de rede ao dia (IN₀₅₀). Destaca-se que somente a partir da quarta edição do DSAE, em 1999, que os indicadores IN₀₄₉; IN₀₅₀ e IN₀₅₁ foram incluídos ao conjunto de indicadores do SNIS. Já o indicador IN₀₁₃ esteve presente desde a primeira edição, em 1996 (ano de publicação)

⁶ Existe certa confusão sobre o significado de índice e indicador, onde muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos. Indicadores advêm de uma síntese de dados primários e índices de uma agregação de indicadores (BRASIL, 2011). Neste artigo optou por não diferenciar esse termos para preservar a nomenclatura original dada aos indicadores ou índices de perdas das fontes documentais.

No Quadro 24 apresentam-se os indicadores de perdas do SNIS.

Quadro 24 - Indicadores de perdas do SNIS.

Código	Indicador	Equação	Unid.
IN ₀₁₃	Índice de Perdas Faturamento	$IN_{013} = \left(\frac{AG_{006} + AG_{018} - AG_{011} - AG_{024}}{AG_{006} + AG_{018} - AG_{024}} \right) \times 100$	%
IN ₀₄₉	Índice de Perdas na Distribuição	$IN_{049} = \left(\frac{AG_{006} + AG_{018} - AG_{010} - AG_{024}}{AG_{006} + AG_{018} - AG_{024}} \right) \times 100$	%
IN ₀₅₀ *	Índice Bruto de Perdas Lineares	$IN_{050} = \left(\frac{AG_{006} + AG_{018} - AG_{010} - AG_{024}}{AG_{005}} \right) \times \frac{10^3}{365}$	m ³ /Km/dia
IN ₀₅₁ *	Índice de Perdas por Ligação	$IN_{051} = \left(\frac{AG_{006} + AG_{018} - AG_{010} - AG_{024}}{AG_{002}} \right) \times \frac{10^6}{365}$	L/Lig./dia
Parâmetros: <i>AG₀₀₂ - Número de Ligações Ativas (Lig.)**</i> <i>AG₀₀₅ - Extensão da Rede de Água (Km)**</i> <i>AG₀₀₆ - Volume Produzido (10³ m³/ano)</i> <i>AG₀₁₀ - Volume Consumido (10³m³/ano)</i> <i>AG₀₁₁ - Volume Faturado (10³ m³/ano)</i> <i>AG₀₁₈ - Volume Tratado Importado (10³ m³/ano)</i> <i>AG₀₂₄ - Volume de Água de Serviço (10³ m³/ano)</i>			
Notas: * Nas fórmulas dos indicadores IN ₀₅₀ e IN ₀₅₁ são utilizados fatores de correção (10 ³ /365 e 10 ⁶ /365, respectivamente), para conversão das unidades das variáveis de volume, que no SNIS são dadas em 10 ³ m ³ /ano, e assim obter as unidades recomendadas para os índices de perdas. ** Média do parâmetro, considerando o valor no ano de referência e o valor no ano anterior.			

Fonte: Brasil, 2016.

Deve-se registrar que as fórmulas sofreram alterações no decorrer dos anos devido ao aperfeiçoamento nos conceitos de algumas variáveis que compõem o cálculo dos indicadores.

Até 1998, as fórmulas dos indicadores de perdas do SNIS não incluíam as parcelas do Volume de Água Importada Bruta (VIB) e Tratada (VIT). Em 1999, o volume disponibilizado (VD) passou a ser calculado pela soma dos volumes importados com o volume produzido (VP)⁷, sendo que esse último se referia apenas à parcela de volume captado (VCa) e tratado exclusivamente pelo operador.

Em 2000, o conceito de volume produzido foi alterado para incorporar a parcela do volume importado bruto e para descontar o volume de água exportado bruto (VEB) e, assim, mudaram novamente as fórmulas dos indicadores. A evolução conceitual da variável VD é mostrada no Quadro 25.

⁷ Volume produzido medido ou estimado na saída da Estação de Tratamento de Água. Portanto, os indicadores de perdas do SNIS não englobam as perdas durante o processo de produção de água tratada.

Quadro 25 - Evolução do conceito de volume disponibilizado a rede (VD).

Anos	VD	Variáveis
1996 - 1998	$VD = VP$	VP - Volume Produzido
1999	$VD = VP + VIB + VIT$	VIB - Volume Importado Bruto VIT - Volume Importado Tratado
2000 - Atual	$VD = VP + VIT$	VS - Volume de Serviço

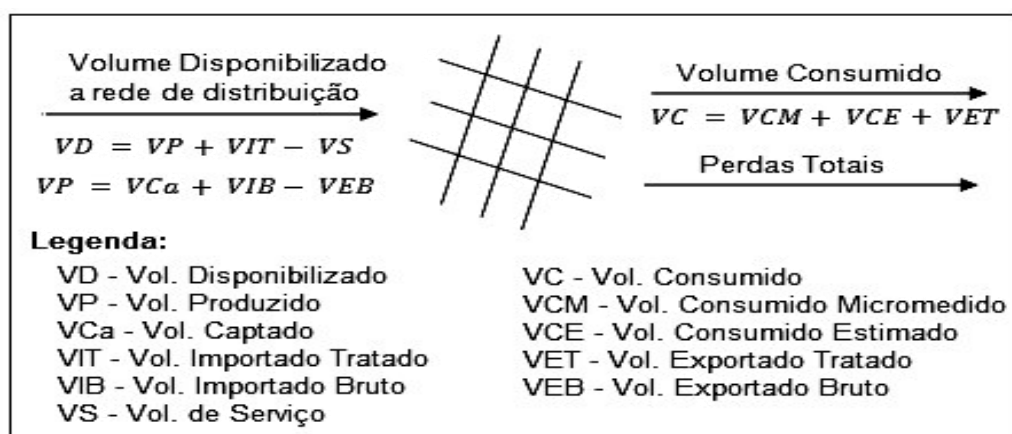
Fonte: BRASIL, 1996-2016.

Em relação ao volume consumido, esse inclui o volume de consumo micromedido (VCM), o volume de consumo estimado (VCE) para as ligações desprovidas de hidrômetro e, em 1999, passou a incluir o volume de água exportado tratado (VET).

Em 2000, são inseridas nas fórmulas o volume de água de serviços (VS) que se refere ao volume de água para atividades operacionais; o volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações clandestinas e fraudes e o volume de água para atividades especiais, que enquadra os consumos do próprio do operador; os volumes transportados por caminhões-pipa; os consumidos pelo corpo de bombeiros; entre outros.

A seguir é apresentado um fluxograma (Figura 18) que ilustra de forma simplificada o volume de controle considerado no cálculo dos indicadores de perdas do SNIS.

Figura 18 - Volume de controle no SNIS.



Fonte: Autoria própria.

ii. Indicadores de perdas das Agências Reguladoras de Saneamento

Dentre as 44 agências pesquisadas, apenas 13 responderam ao questionário. Destas 13 agências, somente 6 possuem resoluções que estabelecem procedimentos para avaliação de perdas dos serviços de abastecimento de água.

A relação das agências reguladoras de saneamento e suas respectivas normas de indicadores de perdas são apresentados no Quadro 26.

Quadro 26 - Agências reguladoras e legislação.

Estado	Agência	Resolução	Estado	Agência	Resolução
RS	AGERGS	051 / 2014	CE	ARCE	167 / 2013
ES	ARSI	034 / 2014	AL	ARSAL	137 / 2014
BA	AGERSA	001 / 2012	SC	AGR	007 / 2013

Fonte: Autoria própria.

As agências reguladoras de serviços públicos dos estados de Maranhão (ARSEMA); de Minas Gerais (ARSAE); de São Paulo (ARSESP); de Santa Catarina (ARESC); de Mato Grosso do Sul (AGEPAN) e do Distrito Federal (ADASA) não possuem atualmente normas que estabelecem indicadores de perdas de água.

Somente uma agência reguladora municipal respondeu a solicitação, a agência de Porto Ferreira (ARPF) em São Paulo, que também informou não possuir norma para indicadores de perdas. Essas agências utilizam como referência para regulação dos serviços de abastecimento de água os contratos de concessão com os prestadores de serviços, previstos no Art. 10 da Lei 11445/2007, Política Nacional de Saneamento Básico.

A agência estadual de regulação do Espírito Santo (ARSI) adota os próprios indicadores do SNIS (IN₀₁₃, IN₀₄₉ e IN₀₅₁) para a avaliação de perdas de água.

A agência do Ceará (ARCE)⁸ estabelece os indicadores de perdas (IAG₁₁ e IAS₁₆), que correspondem aos indicadores do SNIS (IN₀₁₃ e IN₀₅₁, respectivamente), coincidindo a nomenclatura e unidade dos indicadores.

Assim como a anterior, a agência de Alagoas (ARSAL), estabelece indicadores (IA₀₉ e IA₁₀) que também correspondem aos indicadores do SNIS (IN₀₁₃ e IN₀₅₁, respectivamente). Contudo, observou-se que tanto os indicadores de perdas da ARSAL como os indicadores da ARCE se diferenciam nas fórmulas dos indicadores do SNIS. No Quadro 27 são apresentados os indicadores de perdas da ARSAL.

⁸ Outra iniciativa que vale ser mencionada da ARCE, em parceria com o Ministério das Cidades, é o Sistema de Informações Regulatórias de Água e Esgoto – SIRAE. Implantado em 2004, pioneiro no Brasil, o referido sistema tinha como produto um conjunto de indicadores de saneamento dirigidos para a regulação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Ceará (ABAR, 2008). Não pode-se investigar os indicadores de perdas deste sistema, pois em 2009 o SIRAE foi descontinuado e, mesmo as informações armazenadas no sistema durante o período de sua operação, não estão mais disponíveis, conforme informado pela equipe técnica da ARCE.

Quadro 27 - Indicadores de perdas da ARSAL

Cod.	Indicador	Equação	Unid.
IA ₀₉	Índice de perdas faturamento	$IA_{09} = \left(\frac{DA_{17} + DA_{18} - DA_{19}}{DA_{17} + DA_{18} - DA_{20}} \right) \times 100$	%
IA ₁₀	Índice de perdas por ligação	$IA_{10} = \left(\frac{DA_{17} + DA_{21} + DA_{18} - DA_{20}}{DA_{04}} \right) \times \frac{1000}{dias}$	L/lig./dia
Parâmetros:			
DA ₁₇ - Volume de água produzido (m ³)		DA ₂₀ - Volume de água de serviço (m ³)	
DA ₁₈ - Volume de água tratada importada (m ³)		DA ₂₁ - Volume de água consumido (m ³)	
DA ₁₉ - Volume de água faturado (m ³)		DA ₀₄ - Quantidade de ligações ativas	

Fonte: Resolução ARSAL n° 137/2014.

Assim, quando compara as fórmulas dos indicadores IA₀₉ e IA₁₀ com os indicadores IN₀₁₃ e IN₀₅₁ do SNIS, respectivamente, observa-se que:

- No IA₀₉, o volume de água de serviço (DA₂₀) só é descontado no denominador da fórmula, diferente do indicador IN₀₁₃ do SNIS que desconta o volume de serviço (AG₀₂₄), tanto no numerador quanto no denominador da fórmula;
- No IA₁₀, ao invés de fazer a diferença entre o volume produzido (DA₁₇) e o volume consumido (DA₂₁) considera-se a soma algébrica destes volumes.

Ademais, a Resolução 137/2014 da ARSAL não explicita se o volume de água tratada exportada (VET) deve ser considerado no cálculo do indicador. No SNIS, VET é introduzido no conceito da variável AG₀₁₀, volume consumido. As mesmas incoerências foram identificadas nos indicadores IAG₁₁ e IAS₁₆ da ARCE⁹, que seguem a mesma metodologia de cálculo dos indicadores da ARSAL.

A agência da Bahia (AGERSA) adota o indicador “perdas por ligação” que corresponde ao indicador IN₀₅₁ do SNIS. Contudo, na resolução CORESAB n° 001/2012 a definição do indicador é bastante vaga, pois não define se os volumes de água importado, exportado e de serviço devem ser considerados para o cálculo.

⁹ Foi encaminhado para a ARSAL e a ARCE um email questionando as diferenças nas fórmulas dos indicadores de perdas das agências com os indicadores do SNIS. Em resposta ao email, os setores técnicos de ambas agências confirmaram o erro nas fórmulas dos indicadores e que as resoluções ARCE 167/2013 e ARSAL 137/2014 serão revistas e uma errata deverá ser emitida incluindo as mesmas observações aqui realizadas.

A agência do Rio Grande do Sul (AGERGS) adota o índice de perdas de faturamento (IPF) que se diferencia do indicador IN₀₁₃ do SNIS por não considerar na fórmula o volume de água tratado importado. Já o volume tratado exportado é introduzido no conceito da variável do “volume consumido”, assim como é realizado no SNIS.

A Agência de Tubarão (AGR), uma agência municipal em Santa Catarina, definiu como indicador de desempenho para avaliação de perdas: o índice de perdas de água no sistema de distribuição (IPD), em porcentagem, que corresponde ao indicador IN₀₄₉ do SNIS, tanto na nomenclatura como na unidade adotada. Contudo novamente observa-se que a definição dos indicadores de perdas nas normas das agências reguladoras é bastante vaga. A Resolução AGR nº 07/2013 não define se os volumes de água importado, exportado e de serviço devem ser considerados para o cálculo do indicador IPD.

No Quadro 28 listam-se os indicadores de perdas adotados pelas agências reguladoras e apresentam as variações em relação aos indicadores do SNIS.

Quadro 28 - Indicadores de perdas das agências reguladoras

Agência	Indicador	SNIS	Análise comparativa com os indicadores do SNIS
ARCE	IAG ₁₁	IN ₀₁₃	O volume de água de serviço só é descontado do volume disponibilizado no denominador da fórmula.
	IAS ₁₆	IN ₀₅₁	O volume produzido é somado ao volume consumido.
ARSAL	IA ₀₉	IN ₀₁₃	O volume de água de serviço só é descontado do volume disponibilizado no denominador da fórmula. Não define se o volume de água tratada exportado deve ser considerado para o cálculo do indicador.
	IA ₁₀	IN ₀₅₁	O volume produzido é somado ao volume consumido. Não define se o volume de água tratada exportado deve ser considerado para o cálculo do indicador.
AGERGS	IPF	IN ₀₁₃	O volume tratado importado não é expresso na fórmula.
AGERSA	Perdas por ligação	IN ₀₅₁	Não define se os volumes de água importado, exportado e de serviço devem ser considerados para o cálculo do indicador.
AGR	IPD	IN ₀₄₉	

Fonte: Autoria própria.

iii. Indicadores de perdas da ABAR

Em 2006, a ABAR em parceria com o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), realizou uma oficina internacional de indicadores para

regulação dos serviços de água e esgoto. Como resultado da oficina, foi proposto um conjunto de indicadores básicos para regulação do saneamento, a ser utilizado por todas as agências reguladoras. O indicador de perdas recomendado foi o próprio indicador do SNIS “Índice de perdas faturamento” IN₀₁₃.

Em 2008, no documento “Normatização da Prestação de Serviços de Água e Esgoto - Volume 01” a ABAR inclui outro indicador para avaliar as perdas especificamente na produção da água tratada, o “Índice de perdas na produção”, em porcentagem do volume de água captado, sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Índice de perda na produção} = \left(\frac{\text{Volume Captado} - \text{Volume Tratado}}{\text{Volume Captado}} \right) * 100 \quad (\%) \quad 7$$

No SNIS não existe nenhum indicador para avaliar as perdas de água na produção.

iv. Indicadores de perdas do PQNS

O PQNS que tem à frente a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), visa reconhecer, incentivar e divulgar as melhores práticas do setor do saneamento. Para isso o programa utiliza indicadores de desempenho como ferramenta de pontuação das empresas participantes.

No documento “Guia de Referência para Medição do Desempenho - GRMD 2015-2016” do PQNS foram identificados apenas dois indicadores para avaliar a gestão de perdas, IFn₀₂ e ISp₁₄ que são apresentados no Quadro 29.

Quadro 29 - Indicadores de perdas do PQNS

Cod.	Terminologia	Unid.	Fórmula
IFn ₀₂	Indicador de águas não faturadas por volume	%	$\left(\frac{SP_{07} + SP_{11} - SP_{20}}{SP_{07} + SP_{11}} \right) * 100$
ISp ₁₄	Perdas totais de água por ligação	L/lig/dia	$\left(\frac{SP_{07} + SP_{11} - SP_{13} - SP_{15} - SP_{17} - SP_{19}}{SP_{01} * SP_{42}} \right) * 10^3$
Parâmetros:		SP ₁₅ - Volume consumido (m ³).	
SP ₀₇ - Volume de água produzido (m ³).		SP ₁₇ - Volume de serviço (m ³).	
SP ₁₁ - Volume tratado importado (m ³).		SP ₁₉ - Volume recuperado (m ³).	
SP ₁₃ - Volume tratado exportado (m ³).		SP ₀₁ - Quantidade de ligações ativas.	
SP ₂₀ - Volume de água faturado (m ³).		SP ₄₂ - Tempo total do período (dias).	

Fonte: ABES, 2015.

Os indicadores de perda do PQNS são semelhantes aos do SNIS, contudo há algumas divergências na definição das variáveis que compõem os indicadores, conforme é apresentado no Quadro 30.

Quadro 30 – Comparação entre os indicadores de perdas do PQNS e do SNIS.

PQNS	SNIS	Análise comparativa com os indicadores do SNIS
IFn ₀₂	IN ₀₁₃	Diferente do SNIS, o PQNS não desconta do volume disponibilizado o volume de água de serviço (AG ₀₂₄ no SNIS). Diferem na terminologia.
ISp ₁₄	IN ₀₅₁	Similar ao SNIS, o PQNS considera os volumes importado, exportado e de serviço. No SNIS o volume exportado tratado já está inserido no conceito da variável volume consumido (AG ₀₁₀). A variável do volume de serviço no SNIS (AG ₀₂₄) difere da variável no PQNS (SP ₁₇). No SNIS, AG ₀₂₄ incorpora o volume o volume recuperado que no PQNS corresponde a variável SP ₁₉ . Diferem na terminologia.

Fonte: Autoria própria.

v. Indicadores de perdas do PNDCA

O PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, instituído em 1997, vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, tem por objetivo geral a promoção do uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras. A maior concentração de ações do PNCDA está no tema de perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento

Neste contexto, o PNCDA já publicou diversos Documentos Técnicos de Apoio (DTA), que têm por objetivo auxiliar no planejamento e implementação de medidas no âmbito da temática do PNCDA. Dentre as publicações, destaca-se o documento “DTA A2 - Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água”, com produção original realizada em 1999 e revisão em 2003.

No referido documento os indicadores de perdas eram organizados em três categorias: básicos, intermediários e avançados. O Quadro 31 apresenta os indicadores de perdas no nível básico do PNDCA.

Os indicadores IPD, IPF, ILB e IPL do PNCDA correspondem aos indicadores IN₄₉, IN₁₃, IN₅₀ e IN₅₁ do SNIS, respectivamente. Conceitualmente, as fórmulas dos indicadores do PNDCA são similares ao SNIS, considerando a diferença entre o volume disponibilizado e o volume consumido ou volume faturado (para os

indicadores financeiros) e contabilizando no balanço hídrico os volumes de água importado, exportado e de serviço. Contudo algumas diferenças devem ser destacadas.

Quadro 31 - Indicadores de perdas no nível básico do PNDCA

Cod.	Terminologia	Unid.	Fórmula												
IPD ou ANC	Índice de Perdas na Distribuição ou Água Não Contabilizada	%	$\left(\frac{(VP + VIm - VEx) - (Vm + VE + VR + VO + VEs)}{VP + VIm - VEx} \right) * 100$												
IPF ou ANF	Índice de Perdas de Faturamento ou Água Não Faturada	%	$\left(\frac{(VP + VIm - VEx) - VF}{VP + VIm - VEx} \right) * 100$												
ILB	Índice Linear Bruto de Perdas	m ³ /Km /dia	$\frac{(VP + VIm - VEx) - (Vm + VE + VR + VO + VEs)}{(EP . ND)}$												
IPL	Índice de Perdas por Ligação	m ³ /lig/ dia	$\frac{(VP + VIm - VEx) - (Vm + VE + VR + VO + VEs)}{(LA . ND)}$												
<p>Parâmetros:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">VP - Volume produzido (m³).</td> <td style="width: 50%;">VO - Volume operacional (m³).</td> </tr> <tr> <td>VIm - Volume importado tratado (m³).</td> <td>VEs - Volume especial (m³).</td> </tr> <tr> <td>VEx - Volume exportado tratado (m³).</td> <td>VF - Volume faturado (m³).</td> </tr> <tr> <td>Vm - Volume micromedido (m³).</td> <td>EP - Extensão parcial da rede (Km).</td> </tr> <tr> <td>VE - Volume estimado (m³).</td> <td>LA - Número de ligações ativas.</td> </tr> <tr> <td>VR - Volume recuperado (m³).</td> <td>ND - Número de dias.</td> </tr> </table>				VP - Volume produzido (m ³).	VO - Volume operacional (m ³).	VIm - Volume importado tratado (m ³).	VEs - Volume especial (m ³).	VEx - Volume exportado tratado (m ³).	VF - Volume faturado (m ³).	Vm - Volume micromedido (m ³).	EP - Extensão parcial da rede (Km).	VE - Volume estimado (m ³).	LA - Número de ligações ativas.	VR - Volume recuperado (m ³).	ND - Número de dias.
VP - Volume produzido (m ³).	VO - Volume operacional (m ³).														
VIm - Volume importado tratado (m ³).	VEs - Volume especial (m ³).														
VEx - Volume exportado tratado (m ³).	VF - Volume faturado (m ³).														
Vm - Volume micromedido (m ³).	EP - Extensão parcial da rede (Km).														
VE - Volume estimado (m ³).	LA - Número de ligações ativas.														
VR - Volume recuperado (m ³).	ND - Número de dias.														

* A IWA recomenda que o termo “Água Não Contabilizada” não seja utilizado, devido à grande variedade de interpretações em todo o mundo.

Fonte: PNDCA, 2003.

No PNCDA, se exclui o volume exportado tratado logo no início do balanço de águas, como se o mesmo não fizesse parte dos volumes de entrada no sistema. No SNIS, o volume exportado tratado é incorporado aos volume consumidos. Já no SNIS, se exclui o volume de água de serviço do volume de entrada no sistema, ao invés de apenas somá-lo aos volumes consumidos como no PNCDA.

Pela lógica da matemática, observa-se que caso existisse apenas a diferença entre os volumes disponibilizado e consumidos (ou faturados) nas fórmulas, então não haveria diferença nos resultados finais dos indicadores de perdas do PNCDA e do SNIS. Contudo, nas fórmulas dos indicadores em fração por volume o resultado se diferencia, pois a variável volume de entrada do PNCDA é distinto do volume de entrada no SNIS. Em termos práticos, uma possível solução seria considerar o

volume de serviço e o volume exportado tratado apenas como volumes consumidos, sem descontar do volume de entrada no sistema.

Outras variações entre os indicadores do SNIS e PNCDA são destacadas a seguir:

- Terminologia: No SNIS o indicador IN_{050} denomina-se “índice bruto de perdas lineares”, já no PNCDA o termo utilizado é “índice linear bruto de perdas”.
- Unidade: No SNIS, a unidade do indicador IN_{051} é L/lig/dia, já no PNCDA o “índice de perdas por ligação” é dado em m^3 /lig/dia.

Os indicadores de nível intermediário do PNCDA consideram a separação de perdas totais, adotando indicadores de perdas reais na distribuição e na produção, em percentual e por extensão da rede

Já os indicadores de nível avançado incluem em sua composição a pressão da rede, variável essencial a ser considerada na comparação de parâmetros de eficiência entre serviços.

No Quadro 32 apresentam-se os indicadores de perdas no nível do PNDCA

Quadro 32 - Indicadores de perdas no nível intermediário do PNDCA

Cod.	Terminologia	Unid.	Fórmula
PFD	Índice de Perda Física na Distribuição	%	$PFD = \left(\frac{VD - VFU}{VD} \right) * 100$
ILF	Índice Linear de Perdas Física	m^3 /Km/dia	$ILF = \left(\frac{VD - VFU}{ET * ND} \right)$
PFP	Índice de Perda Física na Produção	%	$PFP = \left(\frac{VC - VP}{VC} \right) * 100$
PFA	Índice de Perda Física na Adução	%	$PFA = \left(\frac{VC - VA}{VC} \right) * 100$
PTR	Índice de Perda Física no Tratamento	%	$PTR = \left(\frac{VA - VP}{VA} \right) * 100$
TPF	Índice Total de Perda Física	%	$TPF = \left(\frac{VC - VI - VE - VFU}{VC + VI - VE} \right) * 100$
Parâmetros:		VA - Volume Aduzido (m^3)	
VD - Volume disponibilizado (m^3) *		VI - Volume Importado (m^3)	
VP - Volume Produzido (m^3)		VE - Volume Exportado (m^3)	
VFU - Volume Fisicamente Utilizado (m^3) **		ET - Extensão total da rede (Km)	
VC - Volume Captado (m^3)		ND - número de dias (dias)	

* Volume produzido, acrescido do volume importado e excluído a parcela do volume exportado.

** Volume consumido, micromedido e estimado, acrescido do volume de serviço e corrigidos os desvios sistemáticos de micromedidaç o e macromedidaç o, além dos desvios dos consumos estimados.

Fonte: PNDCA, 2003.

No Quadro 33 apresentam-se os indicadores de perdas no nível avançado.

Quadro 33 - Indicadores de perdas no nível avançado do PNDCA

Cod.	Terminologia	Unid.	Fórmula
PRAC	Perdas Reais Correntes Anuais	L/lig/dia	$PRAC = \left(\frac{VPR * 1000}{NR * 365 * \frac{T}{100}} \right)$
PRAI	Perdas Reais Anuais Inevitáveis	L/lig/dia	$PRAI = \left(\frac{18 * ET}{LA} + 0,7 + 0,025 \frac{(ET - EP)}{LA} \right) * P$
IVI	Índice de Vazamentos na Infraestrutura	-	$ILI = \left(\frac{PRAC}{PRAI} \right)$
<p>Parâmetros:</p> <p>VPR - Volume de perdas reais (m³)</p> <p>P - Pressão da rede (m)</p> <p>NR - N° de ramais</p> <p>LA - N° de ligações ativas</p> <p>ET - Extensão total da rede (Km)</p> <p>EP - Extensão parcial da rede (Km) *</p> <p>T - Percentual do tempo em que o sistema está sob pressão.</p>			

* Não contabiliza os ramais prediais

Obs. Optou por não incluir na análise deste estudo o “Índice Linear Ponderado de Perda Física” (ILP), em m³/km.dia, pois os critérios adotados para o cálculo deste indicador de nível avançado não estão claros no PNDCA.

Fonte: PNDCA, 2003.

vi. Indicadores de perdas da ABNT

Foram consultadas as seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (Quadro 34):

Quadro 34 - Normas da ABNT relacionadas ao abastecimento de água

NBR	Ano	Descrição
12211	1992	Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.
12213	1992	Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.
12214	1992	Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.
12215	1991	Projeto de adutora de água para abastecimento público - Procedimento.
12216	1992	Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.
12217	1994	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.
12218	1994	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.
24510	2012	Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários.
24512	2012	Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a gestão dos prestadores e para a avaliação dos serviços de água potável.

Fonte: ABNT, diversos anos.

As normas mencionadas no Quadro 34 não apresentam procedimentos para cálculo de indicadores de perdas de água, podendo destacar apenas a norma ISO 24512/2012.

Esta norma visa orientar o desenvolvimento de um sistema de avaliação dos serviços de abastecimento de água, contendo sugestões para definição de objetivos, critérios de avaliação e seleção de indicadores. A referida norma não estabelece indicadores, apenas recomenda alguns exemplos.

Em relação às perdas de água, no anexo E (Item 2.6) da referida norma são recomendados os próprios indicadores da IWA, tais como o indicador “ineficiência dos recursos hídricos” - WR_1 (%) e o indicador “perdas de água por ligação” - Op_{23} ($m^3/lig/ano$).

Foi solicitado junto ao Comitê Brasileiro de Saneamento Básico (CB-177) da ABNT informações a respeito de normas que tratassem dos indicadores de perdas. A gerência do comitê informou que ainda não existe nenhuma norma ou projeto de norma que trate deste assunto.¹⁰

vii. Indicadores de perdas em Miranda (2002)

Miranda (2002) em sua dissertação apresenta uma proposta de padronização de indicadores de perdas para sistemas de abastecimento de água brasileiros. O conjunto de indicadores de perdas propostos são organizados em três categorias, de acordo com a dificuldade de obtenção de dados, como mostra no Quadro 35.

Quadro 35 - Indicadores de perdas em Miranda (2002).

Nível	Sigla	Indicador	Unid.
Básico	IANF/V	Indicador de águas não faturadas por volume	%
	IPAG	Indicador de perdas totais de água	%
	IPAG/L	Indicador de perdas totais de água por ligação	L/lig.dia
Intermediário	IPRE/L	Indicador de perdas reais por ligação	L/lig.dia
	IPAP/L	Indicador de perdas aparentes por ligação	L/lig.dia
	IANF/C	Indicador de águas não faturadas em termos de custo	%
Avançado	IPRE/P	Indicador de perdas reais por ligação associado à pressão	L/lig.mca.dia
	IVIN	Indicador de vazamentos da infraestrutura	-

Fonte: Miranda, 2002.

¹⁰ Inclusive aproveitou-se a oportunidade junto ao comitê técnico da ABNT para registrar a demanda de uma norma para padronização dos indicadores de perdas de água no Brasil.

Foram selecionados os indicadores IANF/V, IPAG e IPAG/L para análise comparativa com os indicadores do SNIS: IN₀₁₃, IN₀₄₉ e IN₀₅₁, respectivamente.

No Quadro 36 apresentam-se as fórmulas para o cálculo destes indicadores.

Quadro 36 - Indicadores de perdas de nível básico em Miranda (2002).

Cód.	Fórmulas	Parâmetros
IANF/V	$\left(\frac{V_{DIS} - V_{FAT}}{V_{DIS}} \right) * 100$	V _{DIS} - Volume total de água que é introduzido no sistema de adução ou diretamente na rede de distribuição. Corresponde ao somatório dos volumes produzido (V _{PRO}) e tratado importado. V _{FAT} - Volume de água faturado (m ³), inclui o volume de água tratada exportado.
IPAG	$\left(\frac{V_{DIS} - V_{CAU}}{V_{DIS}} \right) * 100$	V _{CAU} - Volume consumido, inclui o volume de água tratada exportado e o consumo autorizado não faturado (V _{CNF}). V _{CNF} - Inclui os volumes de usos operacionais, recuperados e de usos especiais.
IPAG/L	$\left(\frac{V_{DIS} - V_{CAU}}{Q_{LAT}} \right) * \frac{1}{Q_{dia}}$	V _{PRO} - Inclui a água captada pelo operador e a água importada bruta, ambas tratadas na unidade de tratamento do operador, medido e/ou estimado na saída da ETA. Q _{LAT} - Quantidade de ligações ativas de água. Q _{DIA} - Dias correspondente aos volumes trabalhados.

Fonte: Miranda, 2002.

O Quadro 37 mostra o resultado da análise comparativa entre os indicadores do SNIS com os indicadores em Miranda.

Quadro 37 – Comparação entre os indicadores de Miranda e do SNIS.

Miranda	SNIS	Análise comparativa com os indicadores do SNIS
IANF/V	IN ₀₁₃	Em ambos grupos de indicadores consideram os volumes de água (bruta e tratada) importados e exportados no balanço hídrico. No SNIS, exclui da parcela de volume de entrada do sistema o “volume de serviço” (VS).
IPAG	IN ₀₄₉	Em Miranda, o VS (ou consumo autorizado não faturado), que se refere a variável V _{CNF} , está compreendido no volume consumido (V _{CAU}).
IPAG/L	IN ₀₅₁	A metodologia de Miranda para o indicador IANF/V se assemelha mais ao padrão da IWA (especificamente ao indicador Fi ₄₆) quanto comparado ao indicador do SNIS IN ₀₁₃ . Os indicadores diferem nas terminologias, mas coincidem nas unidades.

Fonte: Autoria própria.

viii. Indicadores de perdas da IWA

A IWA apresenta um grupo de dez indicadores de perdas, sendo agrupados em três categorias: econômico e financeiro; operacional e recurso hídrico.

O Quadro 38 mostra o conjunto de indicadores de perdas da IWA.

Quadro 38 - Indicadores de perdas da IWA.

Grupo	Nomenclatura *	Cod.	Unidades
Econômico e Financeiro	Água não faturada por volume	Fi ₄₆	%
	Água não faturada por custo	Fi ₄₇	%
Operacional	Perdas de água	Op ₂₃	m ³ /lig/ano
		Op ₂₄ **	m ³ /Km/dia
	Perdas aparentes	Op ₂₅	%
		Op ₂₆ **	%
	Perdas reais	Op ₂₇	L/lig/dia
		Op ₂₈ **	L/Km/dia
	Índice de vazamento na infraestrutura	Op ₂₉	Adimensional
Recurso Hídrico	Ineficiência de utilização dos recursos hídricos	WR ₁	%

* Tradução literal da terminologia para o português.

** A IWA recomenda a utilização destes indicadores apenas no caso de baixa de densidade de ramais (<20/Km de rede), como na avaliação de sistemas de produção e adução. Ressalte-se que, de acordo com dados do Diagnóstico do SNIS 2014, a densidade média brasileira é de 86,9 ligações / km de rede e a menor média entre as companhias estaduais do país é de 40 lig / km de rede.¹¹

Fonte: Alegre et al., 2006.

Vale ressaltar que outros indicadores da IWA podem ser utilizados para avaliar indiretamente o desempenho na gestão de perdas em serviços de abastecimento de água, como índice de macromedição, de hidrometração, de vazamentos, de reparos (por controle ativo de vazamentos), de calibração dos equipamentos de medição, de tempo médio de reparos, entre outros. Contudo, serão analisados especificamente os indicadores que utilizam em sua composição o volume de perdas, que são os indicadores apresentados no quadro anterior.

¹¹ A densidade média de ligações foi calculado a partir do indicador IN020 - "Extensão da rede de água por ligação" do SNIS. Vale ressaltar que há um erro na fórmula deste indicador, pois o fator 10³ para a conversão das unidades métricas deve ser multiplicado na fórmula e não dividido como está atualmente no glossário do SNIS.

Os indicadores de perdas da IWA foram comparados aos indicadores de perdas do SNIS e do PNCDA.

ix. Comparação dos indicadores de perdas da IWA e do SNIS

Foram selecionados os indicadores Fi_{46} , Op_{23} e Op_{24} para análise comparativa com os indicadores do SNIS: IN_{013} , IN_{051} e IN_{050} , respectivamente.

O Quadro 39 apresenta a fórmulas para o cálculo destes indicadores.

Quadro 39 - Fórmulas dos indicadores de perdas da IWA.

Cód.	Fórmulas	Parâmetros
Fi_{46}	$\left(\frac{A_3 - A_{20}}{A_3}\right) * 100$	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).
Op_{23}	$\left(\frac{A_3 - A_{14}}{C_{24}}\right) * \frac{365}{H_1}$	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).
Op_{24}	$\left(\frac{A_3 - A_{14}}{C_8}\right) * \frac{1}{H_1}$	A_{20} - Consumo autorizado faturado, inclui a água exportada (m^3). C_{24} - Número de ligações. H_1 - Duração do período de referência (Dia). C_8 - Extensão da rede (Km).

Fonte: Alegre et al., 2006.

No Quadro 40 mostra-se a análise comparativa entre os indicadores da IWA e do SNIS¹².

Nota-se no Quadro 40 que os indicadores do SNIS no geral se assemelham com os indicadores da IWA. Ambas metodologias consideram os principais componentes do balanço hídrico, além dos volumes de água (bruta e tratada) importados e exportados. Contudo, diferem na delimitação do balanço hídrico, pois o balanço hídrico da IWA a princípio se refere a todo o sistema de abastecimento, diferente do SNIS que restringe a análise a apenas a rede de distribuição de água.

Assim, no SNIS os indicadores de perdas usam o volume de água medido ou estimado na saída da Estação de Tratamento de Água (ETA). Já na IWA os

¹² É relevante destacar que o SNIS deverá ser substituído pelo SINISA - Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico que é assegurado pela Lei nº 11.445/2007, que incorporará o atual SNIS. Segundo a equipe técnica do SNIS, ainda não estão definidas as alterações no conjunto de indicadores de perdas. Informaram também que a previsão de conclusão da concepção do novo sistema deverá ocorrer no primeiro semestre de 2016 e que a substituição pelo SNIS, deverá ser gradativa, iniciando a partir de 2017.

indicadores de perdas usam o volume de água na entrada do sistema de abastecimento.

Portanto, antes de comparar os indicadores deve-se avaliar qual foi a fronteira definida ao objeto de estudo, ou seja, a delimitação do sistema de abastecimento de água, e se a perda de água na produção (captação, estação elevatória, adutora de água bruta e estação de tratamento de água) está sendo considerada no grupo de perdas reais.

Segundo Miranda (2002) existe um consenso entre os diversos estudos da literatura, de que para comparação de desempenho entre sistemas as perdas nas unidades de produção não são contabilizadas nos indicadores de perdas, visto que a maior das perdas estão concentradas nas redes de distribuição de água (TABARI; TAVAKOLO; MARI, 2014).

Se o balanço hídrico se referir a uma parte do sistema global, a IWA alerta para a necessidade de correção do volume de água disponibilizado que deve corresponder a apenas a parte do sistema sob análise.

Quadro 40 – Comparação entre os indicadores de perdas da IWA e do SNIS.

IWA	SNIS	Análise comparativa com os indicadores do SNIS
Fi ₄₆	IN ₀₁₃	<p>O IN₀₁₃, diferente do Fi₄₆, exclui da parcela de volume disponibilizado o “volume de serviço”, que se refere à água utilizada em atividades operacionais e especiais, além do volume recuperado. Já a IWA inclui o “consumo autorizado não faturado” (corresponde ao volume de água em atividades operacionais e especiais) no total de águas não faturadas.</p> <p>Fi₄₆ é classificado como indicador econômico-financeiro pela IWA, enquanto que o indicador IN₀₁₃ é do grupo de indicadores operacionais do SNIS.</p>
Op ₂₃	IN ₀₅₁	<p>A IWA não considera na definição das suas variáveis o volume de água recuperado proveniente das ligações clandestinas e fraudes, como faz o SNIS.</p> <p>A IWA usa sempre o termo volume consumido faturado. No SNIS, os volumes consumidos e faturados são tratados por diferentes variáveis, considerando que a política de faturamento utiliza de parâmetros de consumo mínimo ou médio.</p> <p>A IWA no indicador Op₂₃ não distingue na variável C₂₄ as ligações ativas, inativas e totais. No SNIS, o parâmetro AG₀₀₂ considera apenas as ligações ativas para o cálculo do indicador IN₀₅₁.</p>
Op ₂₄	IN ₀₅₀	<p>As unidades dos indicadores se diferenciam na grandeza do tempo, enquanto que o indicador Op₂₃ é em m³/lig/ano, o indicador IN₀₅₁ é em L/lig/dia. Já o indicador Op₂₄ e o indicador IN₀₅₀ coincidem a unidade: m³/Km/dia.</p>

Fonte: Autoria própria.

x. Comparação dos indicadores de perdas da IWA e do PNCDA

Em relação aos indicadores de nível médio e avançado do PNCDA, foram selecionados os indicadores ILF, PRAC e PRAI/IVI para comparação com os indicadores Op₂₈, Op₂₇ e Op₂₉ da IWA, respectivamente.

O Quadro 41 apresenta a fórmulas para o cálculo destes indicadores da IWA.

Quadro 41 - Fórmulas dos indicadores de perdas Op₂₇ e Op₂₉ da IWA.

Cód.	Fórmulas	Parâmetros
Op ₂₈	$\frac{10^3 * A_{19}}{C_8 * \frac{H_2}{24}}$	A ₁₉ - Vol. de perdas reais (m ³). H ₂ – Tempo de pressurização (horas).
Op ₂₇	$\frac{10^3 * A_{19}}{C_{24} * \frac{H_2}{24}}$	C ₂₄ – Número de ligações. C ₈ – Comprimento da rede (Km).
Op ₂₉	$\frac{Op_{27}}{\left(18 \frac{C_8}{C_{24}} + 0,8 + 0,025C_{25}\right) \frac{D_{34}}{10}}$	C ₂₅ - Comprimento médio dos ramais (m). D ₃₄ – Pressão de operação (KPa).

Fonte: Alegre et al., 2006.

O resultado das comparações entre esses indicadores é apresentado no Quadro 42.

Quadro 42 – Comparação entre os indicadores de perdas da IWA e do PNCDA.

IWA	PNCDA	Análise comparativa com os indicadores do PNCDA
Op ₂₈	ILF	As unidades recomendadas para esses indicadores se diferencia na grandeza, sendo adotada L/Km/dia na IWA e m ³ /Km/dia no PNCDA. No ILF considera-se a extensão total da rede (adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais), enquanto que no Op ₂₈ não contabiliza os ramais prediais na extensão da rede (C ₈).
Op ₂₇	PRAC	O PNCDA já considera que o período avaliado corresponde a um ano, por isso o percentual do tempo em que o sistema está sob pressão é multiplicado por 365 (total de dias em um ano).
Op ₂₉	PRAI e IVI	O fator de ponderação do número de ligações ativas na equação do PRAI do PNCDA é de 0,7 e na segunda edição do manual da IWA esse coeficiente foi aumentado para 0,8. No IVI considera-se a extensão total da rede (adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais), enquanto que no Op ₂₉ não contabiliza os ramais prediais na extensão da rede (C ₈). A IWA não distingue na variável C ₂₄ as ligações ativas, inativas e totais. O PNCDA, considera apenas as ligações ativas para o cálculo do indicador IVI. A pressão na fórmula da IWA é dada em KPa e por isso deve ser convertida para metros de coluna d'água (mca). No PNCDA já considera a pressão em mca.

Fonte: Autoria própria.

Tanto o PNCDA como a IWA consideram a abordagem *top-down* do balanço hídrico, que consiste em calcular o volume de perdas reais (VPR) descontando de perdas totais a parcela referente as perdas aparentes. Contudo, no PNCDA a parcela de perdas aparentes refere-se apenas aos erros de medição e das incertezas nas estimativas dos volumes. Já na IWA, as perdas aparentes também incluem o consumo não autorizado (fraudes e ligações clandestinas).

Ademais, conforme ressaltado anteriormente, é necessário avaliar a delimitação do sistema. O PNCDA não considera o volume de água tratado exportado como volume consumido, pois essa parcela de água é excluída logo no início do balanço hídrico. Na IWA o volume de água exportado tratado deve ser contabilizado ao volume de água do consumo autorizado.

4.2.4. Conclusão

Os resultados desta pesquisa documental evidenciam que existem divergências nas metodologias propostas para os indicadores de perdas. A principal divergência entre os indicadores é na delimitação do balanço hídrico, que nem sempre considera o volume de água importado, exportado ou de serviço.

Por conseguinte, antes da comparação do desempenho entre diferentes prestadores de serviços de abastecimento de água por meio dos indicadores de perda deve-se sempre avaliar qual a fronteira do sistema de abastecimento definida para o cálculo dos indicadores.

Atualmente, a referência nacional para os procedimentos do cálculo de indicadores de nível básico (perdas totais) é o SNIS, que no geral se assemelha com os conceitos e padrões da IWA. Para o cálculo dos indicadores de perdas reais, de perdas aparentes e do índice de vazamento na infraestrutura recomenda-se seguir o próprio manual da IWA.

Nas esferas estaduais, poucas agências reguladoras de saneamento possuem normas internas para a padronização dos indicadores de perdas. E a ABAR, junto com as agências parceiras, ainda está em fase de desenvolvimento de um conjunto de indicadores de desempenho que possa ser utilizado na regulação dos serviços de abastecimento de água.

Por fim, enfatiza-se a necessidade de padronização da linguagem e dos conceitos para uma definição mais clara dos indicadores de perdas. Só após essa

padronização será possível uma avaliação coerente da eficiência ao combate as perdas pelas entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água.

4.2.5. Referências

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA, E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **Performance indicators for water supply services**. 2. Ed. Londres: IWA Publishing, 2006. 312 p.

ABAR - Associação Brasileira de Agências de Regulação. **Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda.,2006. 204 p.

_____. **Regulação: normatização da prestação de serviços de água e esgoto**. Fortaleza: Pouchain Ramos,2008. 510 p.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Guia PNQS - Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento 2015**. Regulamento e critérios de avaliação, 2015.

_____. **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate**. Relatório Técnico. São Paulo, 2013. 45p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 24510**: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto - Diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários. Rio de Janeiro, 2012. 68 p.

_____. **NBR ISO 24512**: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto — Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. Rio de Janeiro, 2012. 61 p.

AGERGS - Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande Sul (Rio Grande Sul). Resolução nº 51, de 20 de março de 2014. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**. 21 mar. 2014. p. 89.

AGERSA - Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia (Bahia). Resolução nº 1, de 30 de março de 2012. **Diário Oficial do Estado da Bahia**, Bahia, 31 mar. 2013. p. 26-27.

AGR - Agência Reguladora de Saneamento de Tubarão (Tubarão). Resolução nº 7, de 20 de março de 2013.

ARCE - Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (Ceará). Resolução nº 167, de 05 de abril de 2013. **Diário Oficial do Estado do Ceará**, Espírito Santo, 24 abr. 2013. Cad. 12, p. 6-41.

ARIS - Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo (Espírito Santo). Resolução nº 34, de 10 de dezembro de 2014. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Espírito Santo, 11 dez. 2014. p. 31-32.

ARSAL - Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de Alagoas (Alagoas). Resolução nº 137, de 05 de junho de 2014. **Diário Oficial do Estado de Alagoas**, Alagoas, 6 jun. 2014. p. 46-60.

BRASIL. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 8 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 12 ago. 2015.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. - Brasília : Funasa, 2014. 172 p.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Saúde ambiental : guia básico para construção de indicadores** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. - Brasília : Ministério da Saúde, 2011. 124 p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Documento Técnico de Apoio nº A2: Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2003. 80 p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 1996 - 2016.

LIEMBERGER, R. Recommendations for Initial Rapid Non-Revenue Water Assessment. *In: Anais...* IWA Water Loss 2010 Conference. São Paulo, SP - 2010.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em Sistemas de Abastecimento de Água - Indicadores de Perdas e Metodologias para a Análise de Confiabilidade**. 2002.

215 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

TABARI, M. M. R.; TAVAKOLO, S. ; MARI, M. M. Optimal Design of Concrete Canal Section for Minimizing Costs of Water Loss, Lining and Earthworks. **Water Resources Management**, v.28, n. 10, p.3019-3034, 2014.

4.3. MANUSCRITO 03

GESTÃO DE PERDAS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BRASIL: LIMITAÇÕES E AVANÇOS NECESSÁRIOS

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo ilustrar a realidade de alguns prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil quanto à gestão de perdas de água, identificando as limitações e avanços necessários. As fontes primárias deste estudo são os próprios prestadores de serviços de água, que responderam um questionário da pesquisa sobre o tema perdas de água. Com base nas respostas de 65 prestadores, observou-se que as dificuldades mais frequentes são carência de equipamentos de medição (macro e micromedição), falta de confiabilidade nos dados operacionais e escassez de recursos financeiros para investimentos. Diante desta realidade, muitos prestadores não realizam a auditoria de perdas nos sistemas de abastecimento de água, mesmo esse sendo o primeiro passo para um programa de controle e redução de perdas.

Palavras-chave: Indicadores. Perdas de água. Brasil.

Abstract

This paper aims to illustrate the reality of some water supply service providers in Brazil and the management of water loss, identifying constraints and necessary advances. The primary sources of this study are the water service providers, which answered a survey questionnaire on the subject of water loss. Based on responses from 65 providers, it was noted that the most faced difficulties are: lack of financial resources, of macro and hydro metering equipment and of reliable data. Given this reality, many providers do not perform the audit of loss in water supply systems, even this being the first step in a program of control and reduction of loss.

Keywords: Indicators. Water losses. Brazil.

4.3.1. Introdução

Nos últimos anos, a questão de perdas nos sistemas de abastecimento de água (SAAs) tem sido o foco de uma ampla discussão no meio técnico do setor de saneamento, em virtude dos altos índices praticados por vários prestadores de serviços de abastecimento de água (MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010; ALKASSEH et al., 2013).

Segundo dados compilados pelo Programa de Modernização do Setor de Saneamento, o índice de perdas de água nos SAAs brasileiros em 2014 atingiu a média de 36,7%, número apenas 0,3% menor que o de 2013, quando o valor foi de 37,0%. Quando avalia a média para as regiões norte e nordeste do país, o índice de perdas quase atinge a média de 50%, ou seja, praticamente a metade da água tratada produzida é perdida por causa de vazamentos ou não é incluída no faturamento do prestador de serviço de abastecimento de água (BRASIL, 2016).

Na Região Sudeste, com a recente e grave crise hídrica, as preocupações e cobranças da sociedade com o desperdício de água potencializaram, obrigando as operadoras a buscarem novos patamares de desempenho operacional, em especial ao combate as perdas de água (ABES, 2015).

A literatura técnica apresenta uma série de ferramentas desenvolvidas para monitorar e reduzir as perdas, que variam de simples ferramentas de gestão, como indicadores de desempenho, a métodos de otimização altamente sofisticados. No entanto, a aplicação em escala real dos SAAs tem encontrado limitações, principalmente pela necessidade de medições confiáveis de dados operacionais que muitas vezes não fazem parte da rotina de concessionárias de água com recursos limitados, como dos países em desenvolvimento (MUTIKANGA, SHARMA e VAIRAVAMOORTHY, 2013).

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo principal avaliar a gestão de perdas de alguns SAAs do Brasil e investigar as principais limitações no uso de indicadores de perdas.

4.3.2. Materiais e Métodos

A primeira etapa da pesquisa foi a aplicação do questionário de pesquisa aos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil. O questionário encontra-se como apêndice da dissertação.

i. Estrutura do questionário de pesquisa

O questionário foi elaborado buscando identificar as metodologias utilizadas na identificação, quantificação e controle de perdas reais e aparentes em sistemas de abastecimento de água no Brasil.

Haja visto que as perdas de água podem variar de sistema para sistema e podem ser influenciadas por diversos fatores (comprimento da rede, número de ligações de serviço, flutuação da pressão, material de tubo, tipo de manutenção e conservação da rede, idade do sistema, entre outros) (ALKASSEH et al., 2013; CAMPISANO et al., 2012; GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007), o questionário de pesquisa foi elaborado de modo a abranger alguns destes fatores operacionais.

Foram elaboradas 80 questões, subdivididos em dozes temas, considerando uma ordem lógica e progressiva, conforme apresentada no Quadro 43. Com esta estrutura, o questionário contém 48 variáveis qualitativa e 32 variáveis quantitativas.

Quadro 43 - Questionário de pesquisa

Nº	Temas	Questões	Exemplos de informações coletadas
1	Identificação	05	Nome do prestador; nome do município; estado e região.
2	Balanco hídrico	05	Cálculo do balanço hídrico e principais dificuldades.
3	Indicadores	04	Tipos de indicadores de perdas adotados.
4	Perdas reais	07	Metodologia de estimativa de perdas reais; média de notificações de vazamentos, duração média para reparos de vazamentos, entre outras.
5	Perdas aparentes	10	Procedimentos para estimativas do número de ligações clandestinas; fraudes; dos erros de medição e de manipulação de dados.
6	Rede	04	Materiais da rede; faixa de idade e diâmetro das tubulações.
7	Cadastro técnico e comercial	05	Frequência de atualização do cadastro técnico da rede; existência do cadastro altimétrico; georreferenciamento e se o cadastro comercial é interligado com a área operacional.
8	Macromedição	10	Índice de macromedição; idade dos equipamentos; frequência de calibração/manutenção e de substituição; entre outras.
9	Hidrometração	08	Índice de hidrometração; idade dos equipamentos; frequência de calibração; entre outras.
10	Controle de perdas	06	Ações no combate as perdas adotadas pela empresa.
11	Perdas na produção	04	Procedimentos para redução de perdas na produção.
12	Informações adicionais	12	Indicadores financeiros; metas de redução de perdas, existência de PMSB, entre outras.

Fonte: Autoria própria.

Foram utilizadas questões do tipo abertas e fechadas (múltipla escolha). Nas questões abertas, os respondentes poderiam descrever as principais limitações da aplicação das técnicas de monitoramento de perdas, como os indicadores.

ii. Envio do questionário e coleta de dados

Como ferramenta de elaboração e envio do questionário foi utilizado o *Google Docs*, programa gratuito integrado ao *Google*. Essa ferramenta possibilita que os documentos sejam publicados em rede, atingindo maior número de prestadores de serviços de abastecimento de água, simultaneamente. Assim que o gestor respondesse ao questionário, suas respostas se converteriam em dados que seriam computados automaticamente pelo *Google Docs* que cria gráficos com estatísticas, o que auxilia a análise prévia dos dados (sem tratamento).

Para a seleção dos prestadores de serviços de abastecimento de água, adotou-se como referência a base de dados do Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS) que incluem companhias estaduais, empresas privadas, autarquias municipais e prefeituras¹³. Ao todo 4.576 *e-mails* foram extraídos da base de dados do SNIS. Devido ao grande volume de *e-mails* que deveriam ser enviados, foi contratado um serviço de envio de mensagens eletrônicas que permitisse a programação automática dos envios de modo segmentado para a base de contatos.

A coleta de dados se estendeu por quatro meses, sendo que o prazo de envio das respostas do questionário se encerrou efetivamente apenas no final de agosto de 2015. O próximo passo foi o registro dos dados da pesquisa, exportados para uma planilha *Excel*, para prosseguir com a etapa de tratamento dos dados.

iii. Tratamento dos dados e avaliação dos resultados da pesquisa

Foi verificado dentro do conjunto de respostas de cada variável, quais efetivamente respondiam as perguntas de pesquisa. Logo, respostas incompletas ou incoerentes à proposta da pergunta eram excluídas da amostra. Para as variáveis quantitativas procedeu-se a padronização das unidades das respostas. Por fim, realizou-se a análise conjunta dos dados viáveis de cada variável. Os dados foram agregados e gráficos com estatísticas foram elaborados no próprio *Excel*.

¹³ De acordo com o último Diagnóstico dos serviços de água e esgoto do SNIS, o Brasil apresenta 28 prestadores de abrangência regional, 6 microrregionais e 1.474 locais, sendo estas todas responsáveis pelo abastecimento de 98% da população urbana no ano de 2014 (SNIS, 2016).

Vale ressaltar que apenas as variáveis com percentual de respostas acima de 30% foram analisadas e descritas no trabalho (critério de seleção). Por fim, elaborou-se um resumo crítico, sintetizando as evidências relevantes e analisando criticamente os resultados.

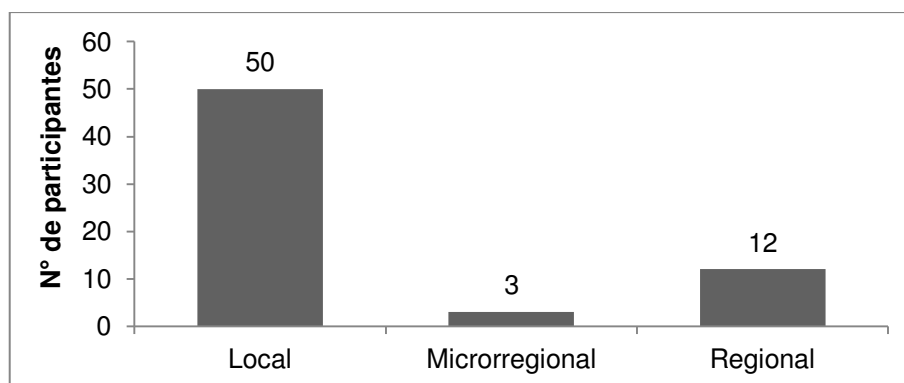
4.3.3. Resultados e Discussão

4.3.3.1. Respostas do questionário

i. Características da amostra

Ao todo, 65 prestadores de serviços de abastecimento de água participaram da pesquisa. Do total da amostra 77% são de abrangência local e 23% de abrangência regional ou microrregional de acordo com a Figura 19.

Figura 19 - Classificação da amostra por abrangência.

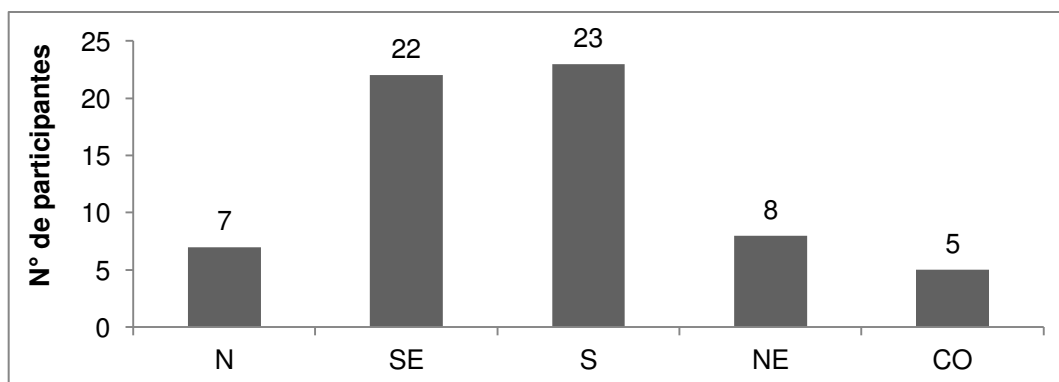


Fonte: Autoria própria.

Dos 28 prestadores de serviços de abastecimento de água de abrangência regional no Brasil, 12 participaram da pesquisa.

A Figura 20 mostra a representatividade da amostra para cada região do país.

Figura 20 - Distribuição da amostra por região.

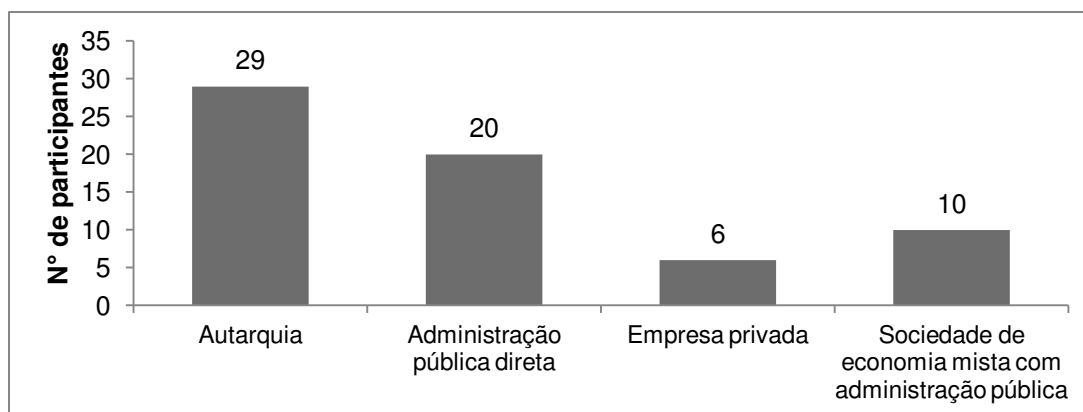


Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Figura 20 que houve uma maior participação de entidades nas regiões sul e sudestes, que junto totalizam quase 70% da amostra do estudo.

Em relação à natureza jurídica dos participantes, a maioria encontra-se nas categorias “autarquia” e “administração pública direta”. Apenas seis empresas privadas participaram do estudo, de acordo com a Figura 21.

Figura 21 - Classificação da amostra por natureza jurídica.

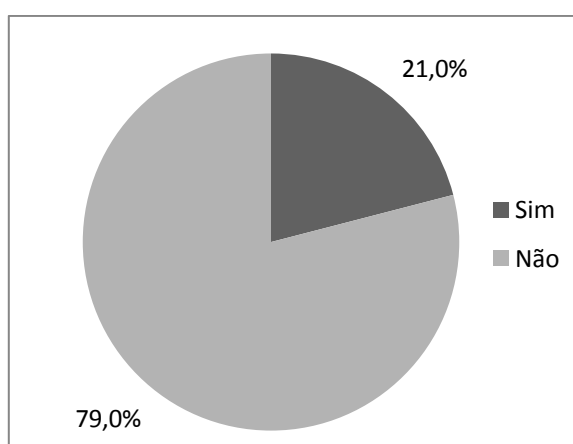


Fonte: Autoria própria.

ii. Balanço Hídrico

A primeira pergunta deste bloco questionava se a empresa realiza o Balanço Hídrico (BI) completo recomendado pela IWA na auditoria de perdas. Na Figura 22 mostra-se o resultado das respostas para esta pergunta.

Figura 22 - Aplicação do Balanço Hídrico.



* Total de 62 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Figura 22 que apenas 21% dos participantes que responderam a pergunta utilizam do BI para a auditoria de perdas, mesmo sendo esse o primeiro passo para o desenvolvimento do programa de controle de perdas, segundo a IWA.

Ao examinar as dificuldades encontradas para a operacionalização do BI, as principais destacadas pelos prestadores de serviços foram “falta de equipamentos de medição” e “carência de dados confiáveis”. Também foi bastante citada a demanda por profissionais capacitados.

iii. Indicadores

Do total da amostra, 40% dos participantes afirmaram não calcular indicadores de perdas e 6% não informaram se utilizam desses indicadores na gestão dos serviços de abastecimento de água.

Em relação aos 54% que afirmaram utilizar indicadores de perdas, a maioria (74%) se limita ao cálculo dos indicadores do SNIS (Índice de Perdas Faturamento - IN₀₁₃; Índice de Perdas na Distribuição - IN₀₄₉ e Índice de Perdas por Ligação - IN₀₅₁) e apenas 26% apresentaram outros tipos de indicadores além dos indicadores de perdas do SNIS.

As médias dos indicadores de perdas para 2014, informados pelo participantes da pesquisa, são apresentadas no Quadro 44.

Quadro 44 - Indicadores de perdas de água do SNIS.

Cod.	Indicador	Média dos participantes - 2014	Média nacional no SNIS - 2014	Percentual de respostas
IN ₀₁₃	Índice de perdas faturamento	31,1%	35,7%	41,5%
IN ₀₄₉	Índice de perdas na distribuição	33,5%	36,7%	47,7%
IN ₀₅₁	Índice de perdas por ligação	333,1 L/Lig./dia	348,4 L/Lig./dia	30,7%

Fonte: Autoria própria.

Observa-se no Quadro 44 que as médias dos indicadores informadas pelos participantes são próximas as médias nacionais segundo o diagnóstico do SNIS para 2014.

As médias dos indicadores de perdas avaliadas separadamente para os prestadores regionais/microrregionais e prestadores locais não apresentaram diferença significativa, sendo essas 34,8% e 33,9%; respectivamente.

Também avaliou-se as médias dos indicadores de perdas separadamente de acordo com a natureza jurídica dos prestadores. Contudo, a abordagem de avaliação dos resultados de modo desagregado não se mostrou viável devido ao pequeno tamanho da amostra¹⁴.

Os indicadores de perdas mencionados na pesquisa e que não são do grupo de indicadores do SNIS estão apresentados no Quadro 45:

Quadro 45 - Indicadores de perdas de água adicionais.

Terminologia	Fórmula	Unid.
Índice de Perdas por Economia	$IPE = \frac{\text{Volume Produzido} - \text{Volume Micromedido}}{\text{n}^\circ \text{ de economias residenciais. dia}}$	L/econ./dia
Índice de Perdas na Produção	$IPP = \frac{\text{Volume Aduzido} - \text{Volume Produzido}}{\text{Volume Aduzido}}$	%
Águas Não Faturadas por volume (Metodologia da IWA)	$ANF = \frac{\text{Volume de Entrada} - \text{Consumo Faturado}}{\text{Volume de Entradão}}$	%

Fonte: Autoria própria.

Alguns participantes destacaram monitorar outros indicadores que estão correlacionados aos índices de perdas, tais como: Índice de Hidrometração (IN₀₀₉), Índice de Micromedição (IN₀₁₀); Índice de Macromedição (IN₀₁₁); Consumo Médio de Água por Economia (IN₀₅₃); Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água (IN₀₅₈), entre outros. Um participante mencionou ainda o uso de indicadores específicos para avaliar a frequência de vazamentos, como os indicadores da IWA Op₃₁ - Vazamentos em rede (n.º/100 km/ano); Op₃₂ - vazamentos em ramais (n.º/1000 ramais/ano); Op₅ - Reparos por controle ativo de vazamentos (n.º/100 km/ano). Vale destacar que no SNIS não há indicadores relativos ao número de reparos na rede de distribuição de água.

Quatro participantes mencionam a sistemática de mensuração de perdas a partir do controle das variáveis: Volume Disponibilizado (VD), Volume Utilizado (VU) e Volume Perdido (VP). Inclusive essa tendência de avaliação de perdas focado nas variáveis é citado no estudo da FUNASA (BRASIL, 2014).

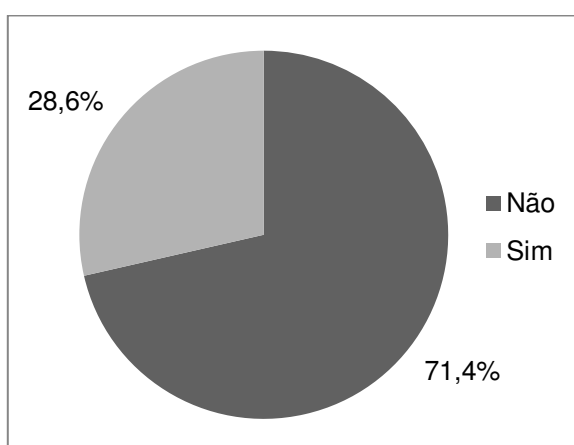
¹⁴ Inclusive, devido ao tamanho da amostra comparado ao universo de prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil (Total de 1.508 prestadores de serviços de saneamento no diagnóstico do SNIS de 2014), optou-se por uma abordagem mais qualitativa dos resultados, mesmo quando a variável fosse de natureza quantitativa.

Neste caso, a caracterização de perdas de água seria com ênfase no controle do processo (ou controle das variáveis VD, VU e VP), ao invés de visar apenas o resultado (indicadores de perdas).

iv. Perdas Reais

A primeira pergunta deste bloco questionava se o prestador de serviços realiza a estimativa de perdas reais. Apenas 16 prestadores afirmaram conhecer a parcela do volume de perdas reais, conforme na Figura 23.

Figura 23 – Prestadores que estimam a parcela de perdas reais.



* Total de 56 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Dos 16 prestadores, somente 5 participantes afirmam recorrer ao método do vazão mínima noturna (QMN) para a estimativa de perdas reais, os outros utilizam-se da abordagem *top-down* do balanço hídrico¹⁵.

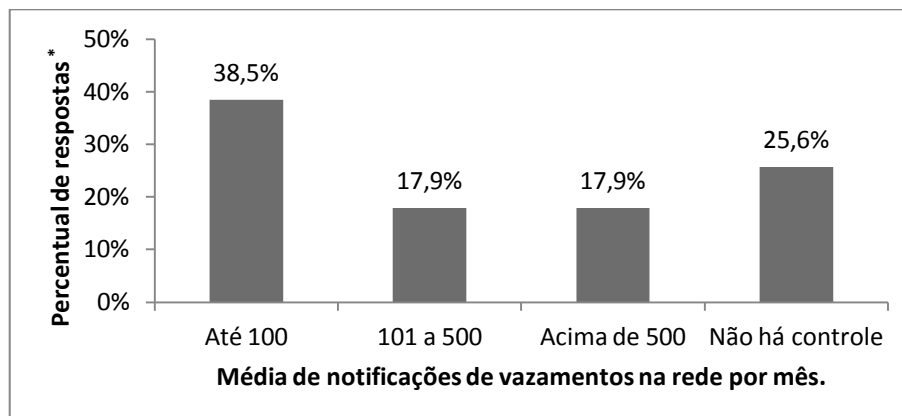
Em relação a quantidade de vazamentos na rede de distribuição (incluindo os ramais), 38,5% dos prestadores que responderam a essa pergunta, informaram ter uma média de reparos inferior a 100 por mês, conforme visto na Figura 24. Vale ressaltar que desta parcela da amostra (38,5%), todos são prestadores locais, com sistemas de médio a pequeno porte.

Ainda, na Figura 24 observa-se que 25,6% dos participantes que responderam a questão informaram não ter controle sobre o número médio de reparos de

¹⁵ Os volumes de perdas reais podem ser obtidos por dois métodos básicos: pela sua própria quantificação, utilizando o método da vazão mínima noturna (abordagem *bottom-up*); ou pela diferença entre volumes perdas totais e as perdas aparentes (abordagem *top-down*), devendo estes dois últimos serem quantificados, primeiramente.

vazamentos na rede por mês. Deste percentual de prestadores (25,6%), todos são de abrangência local, sendo a maioria autarquia.

Figura 24 - Número médio de reparos de vazamentos na rede por mês.



* Total de 43 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Foi solicitado aos participantes que apontassem as principais causas de vazamentos. As cinco causas mais citadas, em ordem decrescente, foram material de má qualidade ou com vida útil ultrapassada; material danificado por terceiros; colar de tomada quebrado¹⁶; assentamento irregular da tubulação e golpe de aríete¹⁷.

No que se refere ao tempo médio de reparo dos vazamentos, 60% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram não ultrapassar o tempo de 6 horas para a conclusão dos trabalhos de reparo após a notificação, conforme pode-se observar no Quadro 46.

Quadro 46 - Tempo médio de reparo.

Tempo de reparo	Percentual de respostas *
Até 6 horas	60,0%
Até 24 horas	30,0%
Até 48 horas	5,0%
Acima de 48 horas	5,0%

* Total de 40 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Três prestadores de serviços de abastecimento de água afirmaram não possuir controle sobre o tempo médio de reparo.

¹⁶ Peça utilizada na derivação de rede de distribuição de água para instalação de ramal predial.

¹⁷ Variação brusca de pressão, acima ou abaixo do valor normal de funcionamento na rede de distribuição de água.

v. Perdas Aparentes

Apenas 20% dos prestadores do total da amostra afirmaram estimar o volume de perdas aparentes (PA). Foi questionado a esses prestadores os métodos empregados para a estimativa das componentes da PA. No Quadro 47 mostra-se a análise das respostas obtidas neste bloco do questionário.

Quadro 47 – Procedimentos para estimativa de perdas aparentes

Componente	Exemplos de Respostas	Análise Geral das respostas
Volume de água perdido por Ligações Clandestinas /Fraudes	<p>“Baseado em constatação in loco dos fiscais e em denúncias.”</p> <p>“Através das ligações de água desativadas por falta de pagamento e não renovadas a cada 3 meses”.</p> <p>“Estima-se em 65% das economias em áreas irregularmente ocupadas. Margem de erro, 20%.”</p> <p>“Baseado no número de retiradas por área. Erro é estimado pela variação de retiradas anuais.”</p> <p>“Comparação com índices de outros municípios com mesmo perfil.”</p>	Estimativa baseada no número médio de ligações clandestinas/ fraudes constadas multiplicado pelo consumo médio de água por categoria da ligação (residencial, comercial ou industrial).
Volume de água perdido por Submedição	<p>“Através de medições pitométricas.”</p> <p>“Conforme dados dos fabricantes, no caso de macromedidores”.</p> <p>“Com relação à micromedição estima-se em 5% o erro de medição.”</p> <p>“Baseado na idade do parque.”</p> <p>“Margem de erro na medição 20%, devido a falhas nos hidrômetros e na leitura.”</p>	<p>Na macromedição é bastante utilizada a pitometria para encontrar a margem de erro de medição.</p> <p>Na micromedição utiliza-se o erro médio do parque dos hidrômetros, determinados na bancada de calibração ou com dados do fabricante.</p> <p>Valores de submedição entre 5 a 15% dos volumes medidos.¹⁸</p>
Volume de água perdido por erros de manipulação de dados	<p>“Estima-se em 5% o erro de manipulação de dados.”</p> <p>“Deve se estimar o erro, considerando uma escala maior quando é um serviço manual e uma escala de quase 0% quando a manipulação dos dados é feita diretamente em um banco de dados por computador.”</p>	<p>No geral, não existe um procedimento bem definido para determinar o erro.</p> <p>Valores usuais adotados entre 5 e 10%.</p>

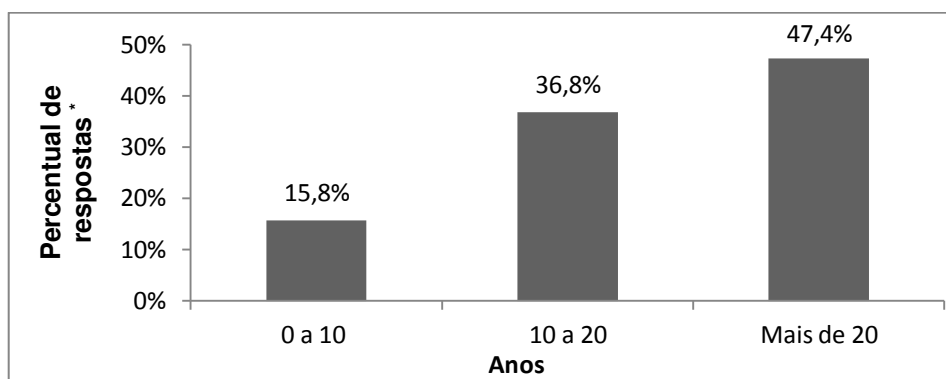
Fonte: Autoria própria.

¹⁸ Em relação ao erro por submedição, vale destacar que a portaria do INMETRO nº 246 de 2000 estabelece como admissíveis que erros máximos não ultrapassem a faixa de $\pm 10\%$ entre a vazão mínima e a vazão de transição nos hidrômetros.

vi. Rede de distribuição de água

A idade da tubulação pode ser considerada como a causa predominante de falha de tubulações, conforme estudo realizado por Alkasseh et al.; (2013). Em virtude disso, foi questionando aos participantes qual era a faixa de idade mais representativa da rede, conforme é mostrado na Figura 25.

Figura 25 - Idade média da rede.



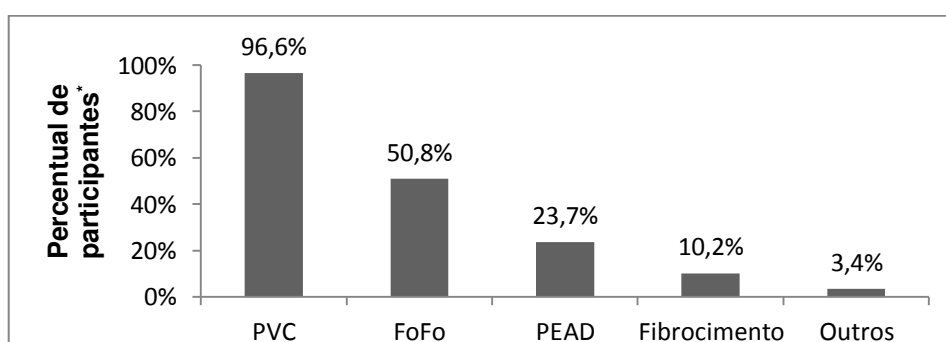
* Total de 57 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta

Fonte: Autoria própria.

Nota-se na Figura 25 que cerca de 84% dos prestadores que responderam a pergunta possuem rede de distribuição com mais de 10 anos de uso e destes 47% com redes acima dos 20 anos.

Outra questão relevante refere-se aos materiais utilizados na rede. Na Figura 26 mostram-se os tipos de materiais mais utilizados na rede de distribuição de água.

Figura 26 - Materiais da rede.



* Total de 59 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

** Os participantes podiam escolher mais de um tipo de material da rede.

Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Figura 26 que o material mais utilizado nas redes de distribuição é o policloreto de vinila (PVC), seguido do Ferro Fundido (FoFo) e do polietileno de alta

densidade (PEAD). Apenas 10% dos prestadores de serviços de abastecimento de água afirmaram ainda utilizar a rede de fibrocimento. Vale lembrar que as causas mais comuns na incidência de vazamentos destacadas pelos participantes foram material de má qualidade ou material com vida útil ultrapassada.

Em relação a pressão média na rede, a metade dos participantes que responderam a pergunta, afirmaram que a pressão média de operação situa-se entre 20 e 30 mca, conforme visto no Quadro 48.

Quadro 48 - Pressão média da rede.

Pressão média da rede.	Percentual de respostas *
Até 20 mca	21,4%
Até 30 mca	50,0%
Acima de 30 mca	28,6%

* Total de 28 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Ao todo 14 prestadores afirmaram não possuir essa informação e 23 prestadores não responderam à essa pergunta. A pressão operacional¹⁹ depende do instante e da localização e é uma variável que muitos prestadores não conhecem com exatidão. Contudo é uma informação importante, pois tem efeito expressivo nas perdas e serve para o cálculo do índice de vazamentos da infraestrutura (IVI).

vii. Cadastro da Rede

Questionou-se aos participantes sobre a frequência de atualização do cadastro técnico da rede de distribuição de água (Quadro 49).

Quadro 49 - Atualização do cadastro técnico da rede.

Frequência	Percentual de respostas *
Atualizado há menos de 1 ano	34,4%
Atualizado há menos de 5 anos	23,0%
Atualizado há menos de 10 anos	6,6%
Atualizado há mais de 10 anos	14,8%
Não há cadastro	21,3%

* Total de 61 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

¹⁹ Segundo a norma da ABNT NBR 12218/1994 (Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público) a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 kPa (50mca), e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa (10mca).

Observa-se no Quadro 49 que apenas 34% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram ter o cadastro técnico da rede atualizado a menos de um ano e cerca de 15% responderam que o cadastro técnico da empresa está desatualizado a mais de 10 anos. Nota-se ainda no Quadro 49 que 21% dos participantes (13 prestadores de serviços) que responderam a pergunta informaram não possuir cadastro técnico da rede.

Investigou-se ainda quais dos prestadores de serviços de abastecimento de água possuem a rede georreferenciada e digitalizada. No Quadro 50, observa-se que apenas 15% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram possuir toda rede georreferenciada e 64% confirmaram não possuir esse tipo de cadastro.

Quadro 50 - Rede georreferenciada e digitalizada.

Abrangência	Percentual de respostas *
Em toda a rede	15,3%
Em mais de 75% da rede	3,4%
Em mais de 50% da rede	5,1%
Em mais de 25% da rede	3,4%
Em menos de 25% da rede	8,5%
Não há georreferenciamento da rede	64,4%

* Total de 59 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Em relação ao cadastro altimétrico, no Quadro 51 mostra-se que 47% dos participantes que responderam a pergunta informaram não possuir esse tipo de cadastro.

Quadro 51 - Cadastro altimétrico da rede.

Abrangência	Percentual de respostas *
Em toda a rede	20,7%
Em mais de 75% da rede	12,1%
Em mais de 50% da rede	6,9%
Em mais de 25% da rede	3,4%
Em menos de 25% da rede	10,3%
Não há cadastro altimétrico	46,6%

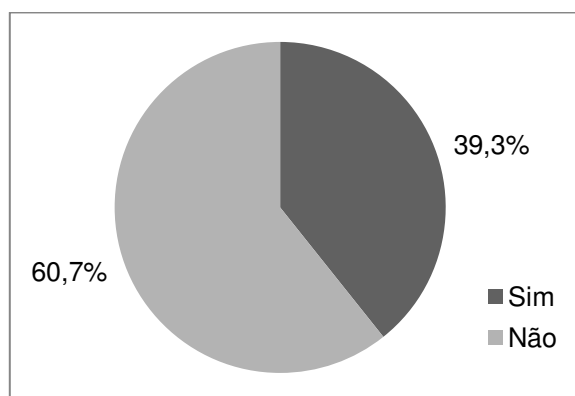
* Total de 58 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Questionou-se aos participantes se o cadastro comercial é interligado com o cadastro técnico da rede. Na Figura 27, nota-se que cerca de 60% dos participantes que responderam a pergunta confirmaram que o cadastro comercial não está interligado com a área operacional.

Por fim, vale ressaltar que o cadastro de rede atualizado georreferenciado e interligado aos cadastro comercial é uma importante ferramenta na pesquisa e combate aos vazamentos da rede de distribuição de água.

Figura 27 - Cadastro comercial interligado com a rede.



* Total de 56 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

viii. Macromedição

A macromedição é o processo de medição dos parâmetros operacionais hidráulicos de sistemas de abastecimento, tais como vazão, pressão e nível d'água. É uma atividade indispensável para o controle e o gerenciamento de perdas de água nos sistemas de abastecimento de água.

Em referência ao índice de macromedição, que representa a relação entre o volume de água macromedido com o volume de água produzido, cerca de 40% dos participantes que responderam a pergunta informaram um índice superior a 95%, conforme visto no Quadro 52.

A média nacional para o índice de macromedição no diagnóstico do SNIS de 2014 foi de 76,5% (BRASIL, 2016). Conforme dados do Quadro 52, mais da metade dos participantes que responderam a pergunta estariam acima da média nacional.

Contudo, ainda no Quadro 52, nota-se que mais de 30% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram possuir índice de macromedição inferior a 30%. Destacam-se os comentários de dois participantes desta pesquisa.

- “Nossas informações não são confiáveis, pois os medidores instalados pararam de funcionar a cerca de dois anos e não foi possível substituí-los ainda (...)”
- “Não temos estes dados. Os macromedidores que temos estão com defeito a 1,5 anos (...) os macros estão em processo de compra. só depois de instalados é que irei ter precisão dos dados de perdas.”

Esses resultados mostram as disparidades nas infraestruturas dos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil, principalmente os prestadores de abrangência local.

Quadro 52 - Índice de Macromedição.

Faixa de valores	Percentual de respostas *
Menos de 30%	30,2%
De 30 a 50%	7,5%
De 50 a 80%	9,4%
De 80 a 95%	13,2%
Acima de 95%	39,6%

* Total de 53 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

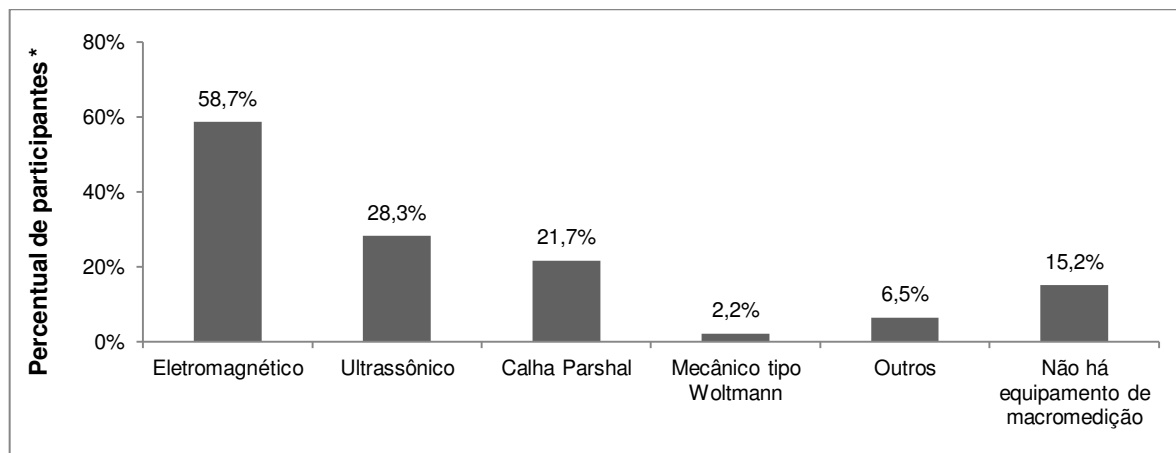
Fonte: Autoria própria.

Em relação as tecnologias utilizadas nos equipamentos de macromedição, cerca de 59% dos participantes que responderam a pergunta utilizam de medidores eletromagnéticos, 28% medidores ultrassônico e 22% recorrem a Calha Parshall da estação de tratamento de água (ETA), conforme resultados na Figura 28.

Cerca de 15% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram não possuir equipamentos de macromedição, sendo todos de abrangência local. Geralmente, esses prestadores recorrem ao tempo de funcionamento do sistema de recalque para estimativa do volume de água produzido, por meio do uso do horímetro²⁰.

²⁰ Horímetro é um instrumento de medida analógico ou digital que indica a quantidade de horas e frações que um aparelho esteve em funcionamento.

Figura 28 - Tecnologia dos macromedidores.



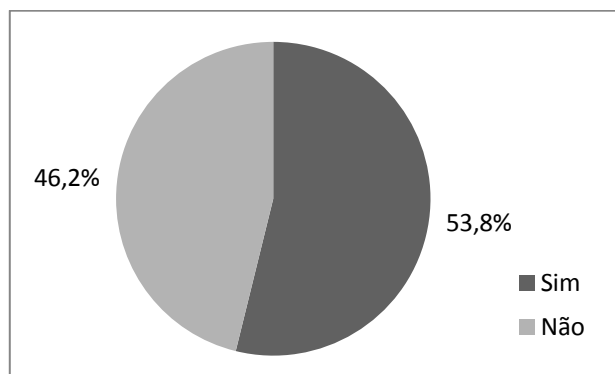
* Total de 46 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

** Os participantes podiam escolher mais de um tipo de macromedidor.

Fonte: Autoria própria.

Pesquisou-se também se o cadastro dos equipamentos de macromedição eram atualizados. De acordo com os resultados na Figura 29, cerca de 54% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram possuir o cadastro atualizado.

Figura 29 - Cadastro atualizado dos macromedidores.



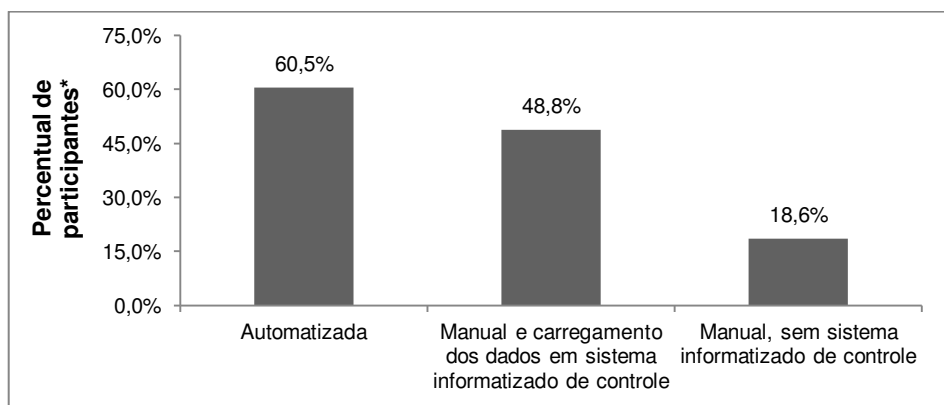
* Total de 53 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Investigou-se ainda o método de leitura nos equipamentos de macromedição. Cerca de 60% dos participantes que responderam a pergunta informaram utilizar do método de leitura automatizado e 48,8% dos participantes fazem a leitura manual para o posterior carregamento dos dados em sistema informatizado de controle das informações.

Os resultados são apresentados na Figura 30.

Figura 30 - Método de leitura do volume macromedidores.



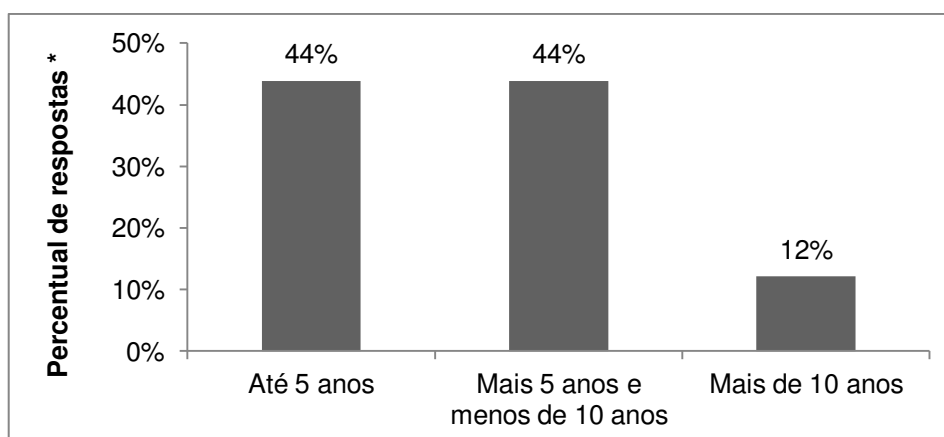
* Total de 43 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

** Os participantes podiam escolher mais de uma opção de resposta.

Fonte: Autoria própria.

Quanto a idade média dos equipamentos de macromedição, 56% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram possuir equipamentos com mais de 5 anos de uso, sendo que 12% possuem equipamentos com mais de 10 anos de uso, conforme visto na Figura 31.

Figura 31 – Idade média do(s) equipamento(s) de macromedição.



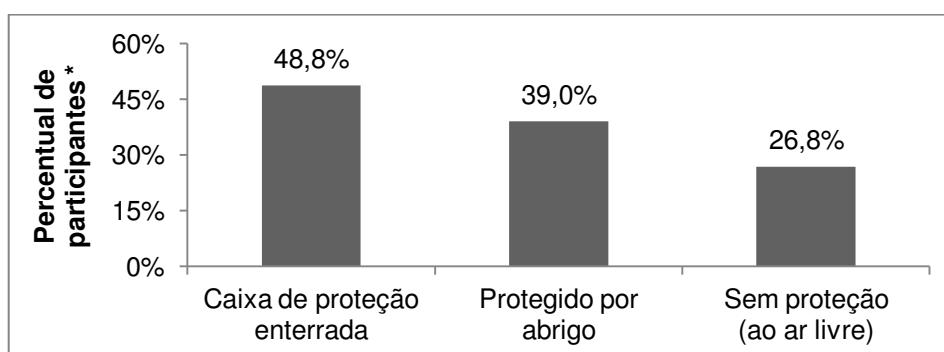
* Total de 41 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Investigou-se ainda como os equipamentos de macromedição geralmente são instalados. Os resultados são apresentados na Figura 32.

Observa-se na Figura 32 que cerca de 50% dos participantes que responderam a pergunta possuem parte dos macromedidores instalados em caixa de proteção enterrada e 39% usam também abrigos para proteção dos equipamentos.

Figura 32 – Proteção dos macromedidores.



* Total de 41 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

** Os participantes podiam escolher mais de uma opção de resposta.

Fonte: Autoria própria.

No que se refere aos procedimentos utilizados para aferição dos macromedidores, questionou-se aos participantes qual a frequência de medições por pitometria (medição de vazão com tubo de Pitot). Os resultados são mostrados no Quadro 53.

Observa-se no Quadro 53 que mais da metade dos participantes que responderam a pergunta afirmam que o prestador não realiza levantamentos pitométricos que são mecanismos fáceis e confiáveis para a calibração de medidores de grande porte nos sistemas de abastecimento de água.

Quadro 53 - Frequência de aferição dos macromedidores por pitometria.

Frequência	Percentual de respostas *
Semestral	15,0%
Anual	8,3%
Eventual	20,0%
Não é realizado	56,7%

* Total de 60 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Ademais, 20% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram não possuir um plano para a aferição dos equipamentos de macromedição, sendo essa atividade realizada apenas eventualmente, por demanda devido a defeitos nos equipamentos ou quando constatados desvios nas leituras de vazão de água.

ix. Hidrometração

No Quadro 54 apresenta-se os índices de hidrometração (relação entre o número de ligações ativas micromedidas com o total de ligações ativas de água) informados pelos participantes da pesquisa.

Quadro 54 - Índice de Hidrometração.

Faixa de valores	Percentual de respostas *
Menos de 30%	7,4%
De 30 a 50%	3,7%
De 50 a 80%	5,6%
De 80 a 95%	13,0%
Acima de 95%	70,4%

* Total de 54 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

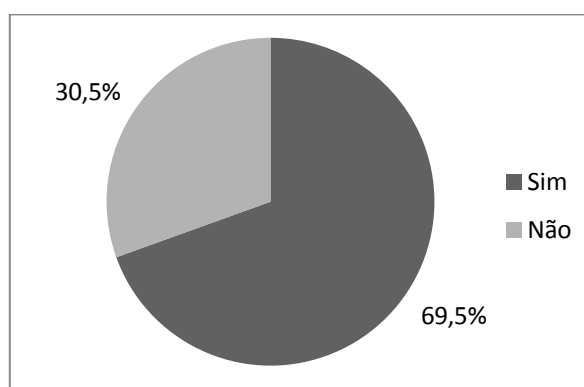
No Quadro 54 observa-se que cerca de 70% dos participantes que responderam a pergunta informaram um índice superior a 95%, acima da média nacional que para o ano de 2014 que foi de 91,4%, segundo o diagnóstico do SNIS (BRASIL, 2016).

Nota-se ainda no Quadro 54 que cerca de 11% dos participantes que responderam a pergunta informaram possuir índice de hidrometração inferior a 50%, ou seja, a metade do total das ligações de água não micromedidas.

Para as ligações ativas sem hidrômetros geralmente os prestadores de serviço adotam um consumo mínimo para faturamento ou estimam pela média do consumo dos hidrômetros para a categoria da economia.

Questionou-se aos prestadores de serviços de abastecimento de água se o cadastro técnico do parque de hidrômetros estava atualizados. De acordo com os dados na Figura 33, cerca de 30% dos participantes que responderam a pergunta informaram não possuir cadastro dos hidrômetros atualizados.

Figura 33 - Cadastro técnico dos hidrômetros atualizados.



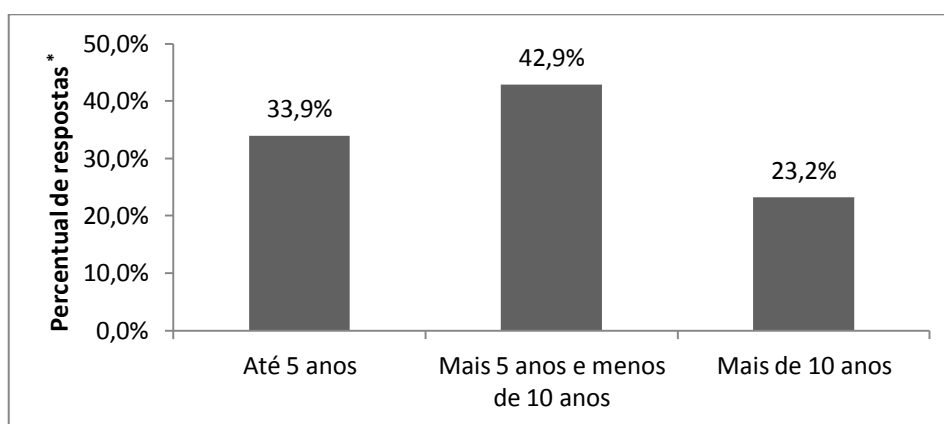
* Total de 59 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Averiguou ainda a faixa da idade média do parque de hidrômetros dos prestadores participantes da pesquisa. Na Figura 34 mostra-se que mais de 66% dos participantes que responderam a pergunta possuem parque de hidrômetros com idade média acima de 5 anos de uso.

Segundo a Portaria nº 246 (INMETRO, 2000), os hidrômetros devem ser submetidos a verificações periódicas, em intervalos não superiores a cinco anos, uma vez que existe um desgaste natural devido ao uso. Em virtude disso, questionou-se aos participantes a frequência de calibração dos hidrômetros.

Figura 34 - Idade média do parque de hidrômetros.



* Total de 56 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 55 observa-se que a maioria dos participantes que responderam a pergunta (65,5%) informaram não haver manutenção preventiva dos hidrômetros e 20,6% afirmaram realizar a calibração apenas quando há demanda por notificações de desvios nas leituras ou por solicitações do clientes.

Quadro 55 - Frequência de calibração dos hidrômetros.

Manutenção dos hidrômetros	Percentual de respostas
Manutenção preventiva periódica	13,8%
Manutenção somente à pedido do cliente	10,3%
Manutenção de acordo com desvios na leitura	10,3%
Manutenção não efetuada	65,5%

* Total de 29 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Foi questionado também a frequência de substituição dos hidrômetros. No Quadro 56 mostra-se que cerca de 40% dos participantes que responderam a pergunta

informaram substituir os hidrômetros apenas quando há demanda devido a defeitos, fraudes ou desvios na leitura.

Quadro 56 - Frequência de substituição dos hidrômetros.

Período de substituição	Percentual de respostas *
Até 5 anos	31,6%
Até 10 anos	28,9%
Substituição de acordo com desvios na leitura, defeitos, violados ou danificados.	39,5%

* Total de 38 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

De acordo com um participante, a elaboração do plano de substituição do parque de hidrômetros da empresa é pautado em três critérios: idade, volume total e necessidade de redimensionamento pela faixa de consumo.

Em um estudo realizado por Depexe e Gasparini (2012) em um parque de hidrômetros no Paraná, com mais de 1 milhão de ligações, foi determinado o período ideal, para a substituição preventiva dos hidrômetros, de modo que proporcione o melhor retorno financeiro. Com base na taxa de redução anual da eficiência dos hidrômetros encontrada pelos autores, aproximadamente 1,0 % ao ano, os pesquisadores estimaram que a idade ótima para a substituição de hidrômetros classe metrológica “B”, por faixa de consumo, não ultrapassava os 5 anos de uso, mesmo período que a portaria do INMETRO estipula para verificação do hidrômetro. Embora, segundo alguns profissionais da área de saneamento afirmem que atualmente o prazo estipulado para a substituição dos hidrômetros não ultrapasse os 3 anos de uso.

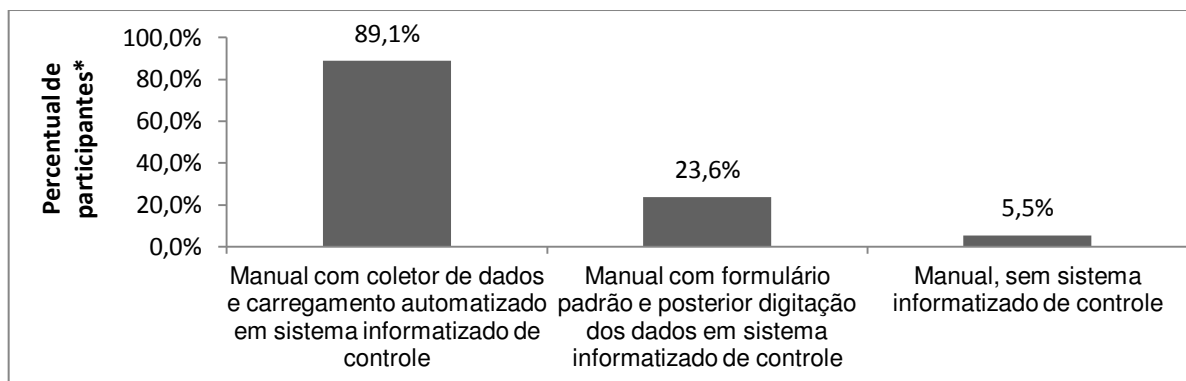
Por isso geralmente os prestadores optam pela substituição imediata dos hidrômetros ao invés da manutenção corretiva, quando observa-se discrepância na medição do volume de água, conforme informado pelos participantes.

Pesquisou-se ainda o método de leitura nos hidrômetros mais adotado pelo prestador. Na Figura 35 observa-se que cerca de 90% dos participantes que responderam a pergunta informaram possuir sistema informatizado de controle das informações de volume micromedidos no hidrômetros.

O sistema informatizado para controle do volume micromedido é relevante pois permite melhorias no sistema comercial da empresa por meio do monitoramento do

comportamento histórico dos volumes apurados (perfil de consumo) para cada hidrômetro, dando mais consistência aos dados medidos.

Figura 35 - Método de leitura do volume micromedido nos hidrômetros.



* Total de 55 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

** Os participantes podiam escolher mais de uma opção de resposta.

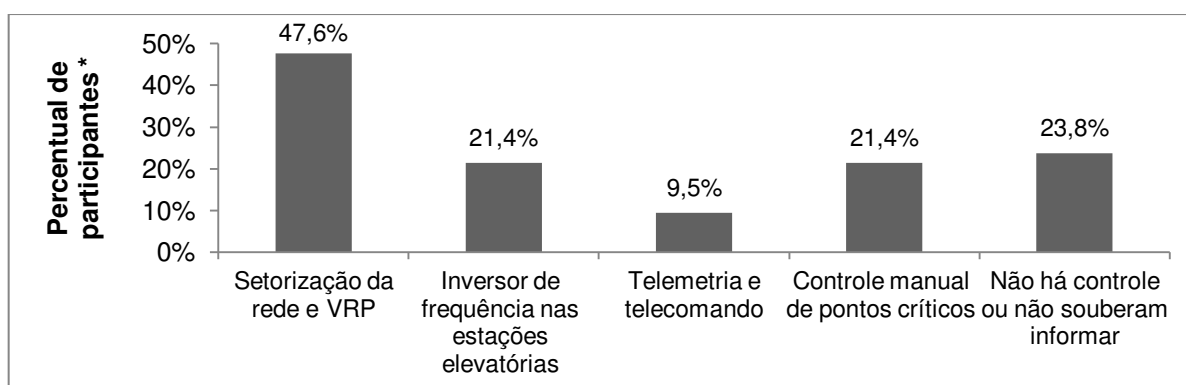
Fonte: Autoria própria.

x. Controle e redução de perdas

A primeira pergunta deste bloco questionava sobre as principais ações no combate as perdas adotadas pela empresa. As quatro ações mais citadas, em ordem decrescente, foram: retirada ou regularização de ligações clandestinas e fraudes; pesquisa e reparos a vazamentos; gestão da qualidade da infraestrutura da rede e controle ativo da pressão operacional.

Solicitou-se as participantes que detalhassem as principais estratégias no controle ativo de pressão da rede. Conforme visto na Figura 36, a técnica mais empregada é a setorização de rede combinada com a instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP), por 47,6% dos participantes que responderam a pergunta.

Figura 36 - Técnicas de controle de pressão.



* Total de 42 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

** Os participantes podiam escolher mais de uma opção de resposta.

Fonte: Autoria própria.

Questionou ainda da abrangência desta setorização na rede de distribuição de água. Cerca de 58% dos participantes que responderam a pergunta informaram possuir mais da metade da rede de distribuição setorizada. Os resultados são apresentados no Quadro 57.

Quadro 57 - Setorização da rede.

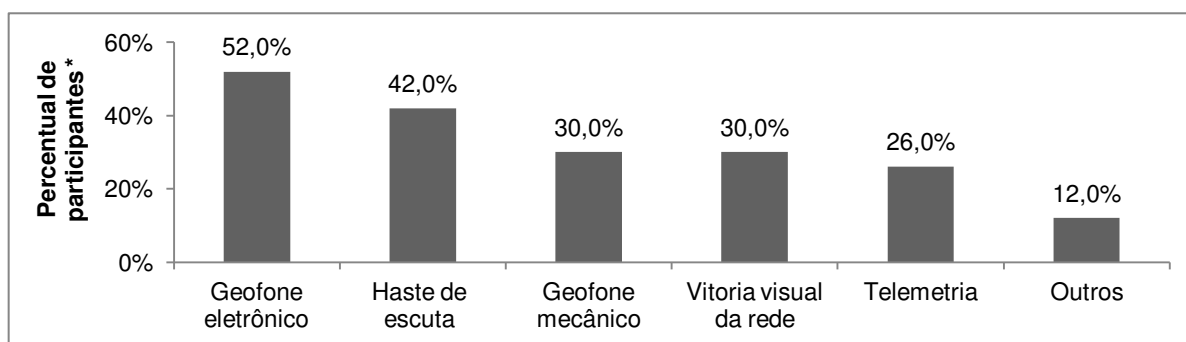
Abrangência	Percentual de respostas *
Em todo o sistema	30,6%
Em mais de 75% do sistema	14,5%
Em mais de 50% do sistema	12,9%
Em mais de 25% do sistema	9,7%
Em menos de 25% do sistema	9,7%
Não há setorização	22,6%

* Total de 62 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria.

Investigou-se também os métodos mais utilizados na pesquisa de vazamentos. Os dois principais foram geofone eletrônico e haste de escuta. Os resultados são apresentados na Figura 37.

Figura 37 – Pesquisa de Vazamentos.



* Total de 50 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

** Os participantes podiam escolher mais de uma opção de resposta.

Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Figura 37 que 30% dos participantes que responderam a pergunta contam especialmente com a “vistoria visual da rede” para pesquisa de vazamentos, evidenciando a situação precária do combate de perdas de água por muitos dos prestadores de serviços de abastecimento de água brasileiros.

Ainda na Figura 37 nota-se que 30% dos participantes que responderam a pergunta utilizam mais a telemetria e o telecomando na pesquisa de vazamentos. Essas

evidências corroboram a disparidade da infraestrutura entres os prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil.

Os métodos de telemetria e telecomando proporcionam o controle em tempo reais das operação na rede. A implantação da telemetria permite obter dados de todo o sistema instantaneamente e com a visualização e a supervisão das variações temporais dos parâmetros operacionais de todo o sistema em telas gráficas, o processo de tomadas de decisões é geralmente mais ágil.

Além disto, a implantação do telecomando permite o acionamento à distância de conjuntos de equipamentos eletrônicos do sistema, tais como motobombas e válvulas (inclusive as VRPs), até mesmo com a utilização de inversores de frequência, garantindo a otimização do gerenciamento do sistema. O uso destas tecnologias nos sistemas de abastecimento é promissor e demonstra o potencial para reduzir as perdas de água e melhorar a compreensão sobre os diferentes componentes do balanço hídrico (LOUREIRO et al., 2014). Neste contexto, investigou-se entre os participantes a abrangência da implantação da telemetria e do telecomando no sistema de abastecimento, conforme visto no Quadro 58.

Quadro 58 - Telemetria e telecomando.

Abrangência	Percentual de respostas *
Em todo o sistema	15,0%
Em mais de 75% do sistema	16,7%
Em mais de 50% do sistema	6,7%
Em mais de 25% do sistema	8,3%
Em menos de 25% do sistema	1,7%
Não há telemetria e telecomando	51,7%

* Total de 60 prestadores de serviços de abastecimento de água responderam a pergunta.

Fonte: Autoria própria

Nota-se no Quadro 58 que mais de 50% dos participantes que responderam a pergunta afirmaram não possuir telemetria e telecomando e apenas 15% informaram que todo o sistema possui telemetria e telecomando.

xi. Perdas na Produção

Solicitou-se aos participantes que destacasse algumas das ações adotadas pela prestadora para redução do volume de água usado para atividades operacionais. As técnicas mais citadas foram: otimização da água na lavagem das unidades de

tratamento (filtros, decantadores e reservatórios); manutenção preventiva e corretiva das redes de adução e registros de parada em adutoras, evitando o descarte desnecessário da água antes da realização de serviços.

Vale ressaltar que dos 28 participantes que responderam a pergunta anterior, dez afirmaram não haver procedimento operacional padrão para redução de perdas na produção e apenas um participante mencionou a possibilidade de reuso da água de lavagem de filtro, sendo que o projeto ainda está na fase de estudo pela empresa, devido a necessidade de tratamento especial deste efluente.

4.3.3.2. Limitações e avanços necessários na gestão de perdas

Numa análise geral das respostas do questionário, por meio de uma abordagem qualitativa, destacam-se as seguintes dificuldades encontradas pelos prestadores de serviços de abastecimento de água em relação a gestão de perdas (Quadro 59):

Quadro 59 - Limitações na gestão de perdas

Temas	Limitações na Gestão de Perdas
Balanco hídrico	Poucos prestadores realizam a auditoria de perdas por meio do Balanço Hídrico recomendado pela IWA, mesmo esse sendo considerado o primeiro passo para qualquer programa de controle de perdas. As dificuldades para a operacionalização do BI mais mencionadas são falta de equipamentos de medição e de dados confiáveis.
Indicadores de perdas	Geralmente os prestadores se limitam a calcular apenas os indicadores de perdas do SNIS que não diferenciam perdas reais de perdas aparentes.
Perdas reais	A maioria dos prestadores desconhecem a parcela de perdas reais. E muitos afirmaram não ter controle sobre o número de vazamentos por mês.
Perdas aparentes	Não existe um procedimento bem definido para estimar as perdas aparentes devido aos erros na medição e na manipulação de dados.
Rede de distribuição	A causa mais comum para os vazamentos é material de má qualidade e material com vida útil ultrapassada na rede de distribuição de água.
Cadastro técnico e comercial	A maior parte dos prestadores não possuem um cadastro técnico da rede atualizado, sendo que em alguns casos nem existe um cadastro.
Macromedição	Muitos prestadores de serviços de abastecimento de água não aferem e nem calibram os equipamentos de macromedição. Existem casos de prestadores sem equipamentos de macromedição a mais de um ano.
Micromedição	Mesmo que a maioria dos prestadores tenha informado que possui parque de hidrômetros com idade média acima de 5 anos de uso, ainda assim é a minoria que realiza a manutenção preventiva dos hidrômetros.
Controle e redução de perdas	Ainda existem prestadores que contam especialmente com a “vistoria visual da rede” para pesquisa de vazamentos. E o uso da telemetria e telecomando ainda é um realidade distante para muitos no Brasil.
Perdas na produção	Diversos prestadores afirmaram não possuir procedimento operacional padrão para redução de perdas na produção.

Fonte: Autoria própria.

Os avanços necessários à gestão de perdas são citados pelos próprios prestadores de serviços na última pergunta do questionário: “Em sua opinião, quais são os principais desafios na gestão de perdas de água?” Destaca-se como exemplo as seguintes respostas no Quadro 60:

Quadro 60 - Desafios no controle e na redução de perdas de água.

Desafio	Respostas
Infraestrutura e Equipamentos	<p>“(…) o grande desafio é a implantação de macro e micromedicação.”</p> <p>“Falta de equipamentos confiáveis, e falta de equipamentos de medições”</p> <p>“Equipamentos de confiança de medição, tanto macromedicação como micromedicação.”</p> <p>“(…) compra de equipamentos que possibilitem monitoramento e controle nos vazamentos da rede de distribuição de água”</p> <p>“Implantação de sistema através de equipamentos específicos para a realização da medição e gestão de perdas”</p> <p>“(…) substituição das redes antigas”</p>
Fator Operacional	<p>“Controle ativo de pressão”</p> <p>“Implantação do sistema de automação”</p> <p>“Setorização e readequação hidráulica do sistema”</p>
Fator Financeiro	<p>“Disponibilidade financeira para investimentos para os projetos de redução de perdas”</p> <p>“Demora dos recursos para implantação das obras.”</p> <p>“(…) previsão orçamentária para as ações que devem ser tomadas.”</p>
Gestão de Informações	<p>“(…) aprimoramento da gestão dos dados operacionais”</p> <p>“Confiabilidade nas informações e padronização de procedimentos para obtê-las.”</p> <p>“Temos de implantar no mínimo um sistema de monitoramento e coleta de dados com relação as perdas de nossos sistemas”</p> <p>“Maior controle das informações.”</p>
Gestão Comercial	<p>“Redução de Fraudes”</p> <p>“Melhoria da fiscalização de imóveis com ligações clandestinas”</p>
Fator Humano	<p>“Falta de pessoal especializado”</p> <p>“(…) capacitação de servidores”</p>
Fator Cultural	<p>“(…) conscientizar todos os colaboradores da empresa sobre a importância de se reduzir as perdas.”</p> <p>“(…) prioridade administrativa”</p> <p>“Quebra de paradigmas culturais e mudança de atitude e visão”</p> <p>“O principal desafio é a manutenção das ações já implementadas”</p>

Fonte: Autoria própria.

Analisando a frequência das respostas em comum aos exemplos citados no Quadro 60, os principais desafios a gestão de perdas no Brasil são, em ordem crescente: disponibilidade de recursos financeiros; padronização de procedimentos para

controle das informações operacionais e implantação e ampliação de equipamentos de macromedição e hidrometração.

4.3.4. Conclusão

As principais limitações na gestão de perdas relatadas pelos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil devem-se a carência de equipamentos de medição (macro e micromedição), falta de confiabilidade nos dados operacionais e escassez de recursos financeiros para investimentos.

Em virtude disso, grande parte dos prestadores não realizam a auditoria completa de perdas dos sistemas de abastecimento de água e, assim, muitos dos prestadores desconhecem o nível verdadeiro de suas próprias perdas. Essa é a realidade enfrentada por muitos dos prestadores no Brasil, o que dificulta a definição de metas e acompanhamento dos progressos na gestão de perdas.

Alguns prestadores enfatizaram a avaliação de perdas não apenas em índices brutos, mas focado na análise das variáveis, tais como: volume disponibilizado, volume utilizado, volume perdido, número de vazamentos em rede, número de vazamentos em ramais, tempo de reparo, entre outros.

O controle destas informações técnicas na rotina da gestão de serviços de abastecimento de água darão subsídios para uma futura sistemática de controle de perdas com indicadores mais específicos (perdas reais e perdas aparentes), relevantes para comparação do desempenho aos padrões internacionais.

4.3.5. Referências

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água**. Posicionamento e contribuições técnicas. Rio de Janeiro: ABES, 2015, 99 p.

ALKASSEH, J. M. A.; ADLAN, M. N.; ABUSTAN, I.; AZIZ, H. A.; HANIF, A. B. M. Applying Minimum Night Flow to Estimate Water Loss Using Statistical Modeling: A Case Study in Kinta Valley, Malaysia. **Water Resources Management**, v.27, n. 5, p.1439–1455, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: MCIDADES, 2016. 212 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. - Brasília : Funasa, 2014. 172 p.

CAMPISANO, 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, p.377-384, 2012.

DEPEXE, M. D.; GASPARINI, R. R. Determinação de Taxas Anuais de Redução da Eficiência da Medição de Hidrômetros. **Rev. Saneas**, São Paulo - SP, v.12, n.45, p. 33 - 39, 2012.

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

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. 2000.

LOUREIRO, D.; ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; MARTINS, A.; MAMADE, A. A new approach to improve water loss control using smart metering data. **Water Science & Technology: Water Supply**, v. 14, n, 4, p. 618-625, 2014.

MORAIS, D. C.; CAVALCANTE, C. A. V. ; ALMEIDA, A. T. Priorização de Áreas de Controle de Perdas Em Redes de Distribuição de Água. **Rev. Pesquisa Operacional** (Impresso), v. 30, n.1, p. 15-32, 2010.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K. e VAIRAVAMOORTHY, K. Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 139, n. 2, p. 166-174, 2013.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo cumpre seu papel em apresentar uma revisão dos tipos de indicadores de perdas adotados pelos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil, destacando as limitações da aplicação deste instrumento de gestão.

O conjunto de indicadores de perdas mais conhecidos e adotados atualmente como referência no país são os indicadores do SNIS. Contudo esses indicadores limitam-se a tratar de perdas de faturamento e de perdas totais. Ou seja, não há indicadores específicos de perdas reais e perdas aparentes neste sistema de informações.

Ademais, os resultados evidenciam que indicadores expressos em percentual, mesmo não sendo recomendados pela IWA, continuam sendo largamente utilizados, inclusive para a definição de metas no PMSB. Vale destacar que o próprio plano nacional de saneamento básico estabelece metas de redução de perdas usando apenas o indicador de perdas na distribuição, em porcentagem.

O Índice de Vazamentos na Infraestrutura, que é o indicador recomendado pela IWA para comparação da eficiência operacional de sistemas distintos, ainda é pouco utilizado no Brasil, pois exige dados operacionais em sua fórmula que geralmente não fazem parte da rotina de monitoramento dos prestadores de serviços de abastecimento de água.

No segundo manuscrito, observou-se que legitimamente ainda não existe um padrão consolidado dos indicadores de perdas no Brasil, visto que as metodologias propostas para o cálculo dos indicadores (como as normas do SNIS e do PNCD) se diferenciam na delimitação do volume de água ofertado ao sistema, especificamente em relação à contabilização dos volumes importados, exportados e operacionais.

Destaca-se a iniciativa de algumas agências reguladoras de serviços públicos no Brasil em estabelecer resoluções para a padronização dos indicadores de perdas. Contudo, observou-se que as metodologias propostas pelas agências de Alagoas e do Ceará apresentavam erros conceituais no cálculo dos indicadores de perdas e as resoluções das agências da Bahia, do Rio Grande do Sul e de Tubarão não detalhavam os procedimentos para o cálculo dos indicadores de perdas.

Vale ressaltar a necessidade de disciplinamento e integração de todos os atores envolvidos no setor de abastecimento de água em busca de uma linguagem comum

e uma metodologia de cálculo padrão para que o uso de indicadores de perda tenha uma contribuição significativa na avaliação do desempenho da gestão de perdas.

Ressalta-se como ponto positivo, estudos que apresentam propostas de indicadores específicos para análise de perdas durante a produção da água tratada. Vale lembrar que muitos dos prestadores de serviços participantes da pesquisa afirmaram não possuir procedimentos operacionais para controle e redução de perdas na produção. Logo, é imprescindível o uso indicadores para avaliar as perdas de água nesta etapa do sistema de abastecimento de água

Em relação às limitações na gestão de perdas enfrentadas pelos prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil, destaca-se a carência de equipamentos de medição (macro e micromedição), a ausência da padronização de procedimentos para o controle das informações operacionais e a escassez de recursos financeiros para investimentos em programas de controle e redução de perdas.

Outros entraves expostos nos resultados da pesquisa que corroboram para uma gestão de perdas ineficaz são: cadastro técnico da rede desatualizado, parque de hidrômetros antigos, calibração dos equipamentos de medição eventual (por demanda), entre outros.

Em virtude disso, há deficiências nos sistemas de monitoramento, registro, organização ou tratamento das informações operacionais que são utilizadas na composição dos indicadores de perdas, o que denigre a credibilidade no uso desta ferramenta de gestão.

Por conseguinte, a auditoria de perdas nos sistemas de abastecimento de água geralmente é incompleta, visto que muitos dos prestadores de serviços no Brasil se limitam a calcular apenas os indicadores de perdas totais ou perdas de faturamento, não diferenciando as parcelas de perdas reais e perdas aparentes.

Assim, a institucionalização de um sistema de informações com indicadores de perdas em nível mais detalhado (perdas reais e aparentes), nas condições atuais, constitui um grande desafio no Brasil.

Como alternativa à gestão de perdas com base em apenas nos índices brutos tradicionais, pode-se avaliar o desempenho com ênfase na análise das variáveis (volume disponibilizado, volume utilizado e volume perdido) presentes na

composição dos indicadores de perdas. Deste modo, o controle de perdas seria focado no controle do processo, ao invés de visar apenas o resultado final (indicadores de perdas de água).

Ademais, o controle destas informações técnicas na rotina da gestão de serviços de abastecimento de água dará subsídios para uma futura sistemática de controle de perdas com indicadores mais específicos, relevantes para comparação do desempenho aos padrões internacionais.

O presente estudo chama a atenção para a necessidade de estudos futuros que desenvolvam propostas de padronização dos indicadores de perdas adequados a necessidade brasileira, para que se evite falhas na percepção e na tomada de decisão na gestão de perdas.

Recomenda-se ainda para os próximos trabalhos que a pesquisa com o questionário seja aplicada em um maior universo amostral, para viabilizar a abordagem de avaliação dos resultados de modo desagregado, ou seja, a análise por diferentes categorias (abrangência, natureza jurídica, porte do sistema, entre outras) de prestadores de serviços de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em sistemas de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2013, 45 p.

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; HIRNER, W.; PARENA, R. **Indicadores de desempenho para serviços de água**. Lisboa: Série Guias Técnicos, 2004, 276 p.

ALEGRE, H.; ALMEIDA, M. C.; COELHO, S. T.; VIEIRA, P. **Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Lisboa: Série Guias Técnicos, 2005, 276 p.

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA, E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **Performance indicators for water supply services**. 2. Ed. Londres: IWA Publishing, 2006. 312 p.

ALEGRE, H.; COVAS, D., COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. C.; CARDOSO, M. A. **AWARE-P: uma abordagem integrada para gestão patrimonial de infra-estruturas de sistemas urbanos de água**. Lisboa, 2011.

ALKASSEH, J. M. A.; ADLAN, M. N.; ABUSTAN, I.; AZIZ, H. A.; HANIF, A. B. M. Applying Minimum Night Flow to Estimate Water Loss Using Statistical Modeling: A Case Study in Kinta Valley, Malaysia. **Water Resources Management**, v.27, n. 5, p.1439–1455, 2013.

ALMANDOZ, J.; CABRERA, E.; ARREGUI, F.; CABRERA, E.; COBACHO, R. Leakage assessment through water distribution network simulation. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 131, n. 6, p. 458–466, 2005.

ALVISI, S. A New Procedure for Optimal Design of District Metered AreasBased on the Multilevel Balancing and Refinement Algorithm. **Water Resources Management**, v. 29, n. 12, p. 4397-4409, 2015.

ARAUJO, L. S.; RAMOS, H. M.; COELHO, S.T. Pressure control for leakage minimization in water distribution systems management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 20, n. 1, p. 133–149, 2006.

BRASIL. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial [da] república Federativa do Brasil**. Brasília, 8 jan. 2007. Disponível em: <http://

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 12 ago. 2015.

_____. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] república Federativa do Brasil**. Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em 20 abr 2011.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: MCIDADES, 2016. 212 p.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. - Brasília : Funasa, 2014. 172 p.

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, 2013.

CABRERA, E.; PARDO, M.; COBACHO, R.; CABRERA, E. JR. Energy Audit of Water Networks. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 136, p. 669-677, 2010."

CAMPISANO, 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, p.377-384, 2012.

CHRISTODOULOU, S. E.. Water Resources Conservancy and Risk Reduction Under Climatic Instability. **Water Resources Management**, v. 25, n. 4, p. 1059-1251, 2011.

COELHO, B.; CAMPOS, A.; Efficiency achievement in water supply systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 59–84, 2014.

COUVELIS, F.A.; VAN ZYL, J.E. Apparent losses due to domestic water meter under-registration in South Africa. **Water SA**, v. 41, n. 5, p. 698-705, 2015.

COVELLI, C., COZZOLINO, L., CIMORELLI, L.; MORTE, R. D.; PIANESE; D. Optimal Location and Setting of PRVs in WDS for Leakage Minimization. **Water Resources Management**, v. 30, n. 5, p. 1803-1817, 2016.

DAI, P.; LI, P. Optimal Localization of Pressure Reducing Valves in Water Distribution Systems by a Reformulation Approach. **Water Resources Management**, v. 28, n. 10, p. 3057-3074, 2014.

_____. Optimal Pressure Regulation in Water Distribution Systems Based on an Extended Model for Pressure Reducing Valves. **Water Resources Management**, v.30, n. 3, p.1239-1254, 2016.

DALIBOR, V.; GORAN, O. The analysis of the effects of IWA methodology application on water supply systems in Bosnia and Herzegovina. **Archives for Technical Sciences**. Bosnia Herzegovina, v.8, n.1, p. 41-48, 2013.

EDALAT, D. F.; ABDI, M. Constraints on the Adoption of Adaptive Water Management Principles: the Case of Greater Tehran. **Water Resources Management**, 2015, v.29, n. 15, p.5569-5591, 2015."

FECAROTTA, O.; ARICÒ, C.; CARRAVETTA, A.; MARTINO, R.; RAMOS, H. M. Hydropower Potential in Water Distribution Networks: Pressure Control by PATs. **Water Resources Management**, v. 29, n. 3, p.699-714, 2015.

FERRANTE, M.; BRUNONE, B.; MENICONI, S.; KARNEY, B. W.; MASSARI, C. Leak Size, Detectability and Test Conditions in Pressurized Pipe Systems. **Water Resources Management**, v.28, n.13, p.4583-4598, 2014.

FONTANA, N; GIUGNI, M; PORTOLANO, D. Losses reduction and energy production in water-distribution networks. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.138, n. 3, p.237-244, 2012.

GIUSTOLISI, O; LAUCELLI, D.; BERARD, L. Operational Optimization: Water Losses versus Energy Costs. **Journal of Hydraulic Engineering**, v.139, n.4. p. 410-423. 2013.

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, 2008.

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

HUANG, Y.; LIN, C.; YEH, H. An Optimization Approach to Leak Detection in Pipe Networks Using Simulated Annealing. **Water Resources Management**, v. 29, n. 11, p.4185-4201, 2015.

ILIČIĆ, K.; KOVAČ, J. Systematic Approach in Analysis of Pressure / Burst Frequency Relationship. In: Water Loss Reduction Specialist Conference. 5 ed. **Anais...** Cidade do Cabo, África do Sul, 2009.

JAYARAMU, K. P. e KUMAR, B. M. A Study on Non-Revenue Water in Intermittent and Continuous Water Service in Hubli City, India. **Civil and Environmental Research**. v. 6, n.10, p. 14-21, 2014.

KANAKOUDIS,V.; TSITSIFLI, S.; SAMARAS, P.; ZOUBOULIS, A.; DEMETRIOU, G. Developing appropriate performance indicators for urban water distribution systems evaluation at Mediterranean countries. **Water Utility Journal**. n. 1, p. 31-40, 2011.

KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S. Water volume vs. revenues oriented water balance calculation for urban water networks: the “Minimum Charge Difference” component makes a difference! In: Water Loss Conference. **Anais...** São Paulo-SP, 2010.

LAMBERT, A; MENDAZA, F.; TVEIT, O. A. Water Losses Management and Techniques. **Water Science and Technology: Water Supply**. v.2, n.4, p.1-20, 2002.

LAMBERT, A; MENDAZA, F.; TVEIT, O. A. 14 Years Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe. In: Water Loss Conference. **Anais...**Viena-Austria, 2014.

LAMBERT, A. ; HIRNER, W. Losses from water supply systems: standard terminology and recommended performance measures. **The Blue Pages**. IWA Publishing, 2000.

LEU, S.; BUI, Q. Leak Prediction Model for Water Distribution Networks Created Using a Bayesian Network Learning Approach. **Water Resources Management**, v. 30, n. 8, p. 2719-2733, 2016.

LIEMBERGER, R.; BROTHERS, K.; LAMBERT , A.; MCKENZIE, R.; RIZZO, A.; WALDRON, T. Water Loss Performance Indicators. In: Water Loss Conference. **Anais...** Bucareste-România, 2007.

LIEMBERGER, R. Recommendations for Initial Rapid Non-Revenue Water Assessment. In: Water Loss Conference. **Anais...** São Paulo-SP, 2010.

LOUREIRO, D.; ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; MARTINS, A.; MAMADE, A. A new approach to improve water loss control using smart metering data. **Water Science & Technology: Water Supply**, v. 14, n. 4, p. 618-625, 2014.

MALM, A.; MOBERG, F.; ROSEN, L. ; PETTERSSON, T.. Cost-Benefit Analysis and Uncertainty Analysis of Water Loss Reduction Measures: Case Study of the Gothenburg Drinking Water Distribution System. **Water Resources Management**, v.29, n. 15, p.5451-5468, 2015.

MARCHIS, M.; FONTANAZZA, C. M.; FRENI, G.; NOTARO, V.; PULEO, V. Experimental Evidence of Leaks in Elastic Pipes. **Water Resources Management**, v.30, n. 6, p.2005-2019, 2016.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em Sistemas de Abastecimento de Água - Indicadores de Perdas e Metodologias para a Análise de Confiabilidade**. 2002. 215 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

MOHAPATRA, S.; SARGAONKAR, A.; LABHASETWAR, P. Distribution Network Assessment using EPANET for Intermittent and Continuous Water Supply. **Water Resources Management**, v.28, n. 11, p.3745-3759, 2014.

MUTIKANGA, H.; SHARMA, S.; VAIRAVAMOORTHY, K. Multi-criteria Decision Analysis: A Strategic Planning Tool for Water Loss Management. **Water Resources Management**, v. 25, n. 14, p.3947-3969, 2011a.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. Investigating water meter performance in developing countries : a case study of Kampala, Uganda. **Water SA**, v. 37, n. 4, p. 567-574, 2011b.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K. e VAIRAVAMOORTHY, K. Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 139, n. 2, p. 166-174, 2013.

NOLLI, N. A. V.; MARTINEZ, C. B..Investigação experimental do comportamento de fraturas em tubos de PVC submetidos a variações de pressão. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...**Brasília-DF, 2015.

OLIVEIRA, F. G. R.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. C.; MEDEIROS, G. A. Controle de perdas em sistema de abastecimento de água: o caso do município de Poços de Caldas (MG). **Rev. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 6, n. 1, p. 309-320, 2009.

Organização Mundial da Saúde - OMS. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 4. ed. Geneva: WHO Library, 2011. 541 p. Disponível em <<http://www.who.int/topics/water/en/>>. Acesso em 14 jan. 2015.

Organização das Nações Unidas - ONU. Resolução A/RES/64/292 de 03 de agosto de 2010. **The human right to water and sanitation**. In General Assembly of the United Nations, 2010. Disponível em <www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso 12 dez. 2015.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S. ; VOLSCHAN JUNIOR, I.. Uso de indicadores de perdas para seleção de um benchmarking entre as companhias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental** (Online), v. 21, p. 159-168, 2016.

RODRIGUES, M. G. **Gestão Patrimonial de Infraestruturas de Abastecimento de Água**. Metodologia para Apoio à Decisão no Ciclo de Vida. 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Lisboa, 2015.

ROUSTA, B.; ARAGHINEJAD, S. Development of a Multi Criteria Decision Making Tool for a Water Resources Decision Support System. **Water Resources Management**, v. 29, n. 15, p.5713-5727, 2015.

SALAZAR, S. D.; GARCÍA-RUBIO, M. A.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, F; PICAZO-TADEO, A. J. Managing Water Resources Under Conditions of Scarcity: On Consumers' Willingness to Pay for Improving Water Supply Infrastructure. **Water Resources Management**, v. 30, n. 5, p.1723-1738, 2016.

SILVA, K. L. **Qualidade da água ao longo do rio Capivara no município de Botucatu - SP**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2007.

TABARI, M. M. R.; TAVAKOLO, S. ; MARI, M. M. Optimal Design of Concrete Canal Section for Minimizing Costs of Water Loss, Lining and Earthworks. **Water Resources Management**, v.28, n. 10, p.3019-3034, 2014.

TABESH, M; YEKTA, A. H.; BURROWS, R. An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems. **Water Resources Management**, v. 23, n° 3, p. 477 - 492, 2009.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e Redução de Perdas**. In TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3ª edição. Depto de engenharia hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da USP. 2006.

TROJAN, F. ; MORAIS, D. Maintenance Management Decision Model for Reduction of Losses in Water Distribution Networks. **Water Resources Management**, v.29, n. 10, p.3459-3479, 2015.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 31-34, 2003.

VICENTINI, L. P. **Componentes do Balanço Hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2012. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005.

VON SPERLING, T. L.; VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 313-322, 2013.

WERBELOFF, L.; BROWN, R. R. Using Policy and Regulatory Frameworks to Facilitate Water Transitions. **Water Resources Management**, p.1-17, 2016.

XIN, K.; TAO, T.; LU, Y.; XIONG, X.; LI, F. Apparent Losses Analysis in District Metered Areas of Water Distribution Systems. **Water Resources Management**. v. 28, n. 3, p. 683-696, 2014.

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, 2014.

APÊNDICE 01 – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

QUESTIONÁRIO: CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS	
<p>A pesquisa tem como objetivo traçar o perfil dos prestadores de serviços de abastecimento de água quanto às ações de controle e redução de perdas de água, identificando as técnicas adotadas, as limitações das ferramentas e os avanços necessários no monitoramento de perdas.</p> <p>O projeto tem fins apenas acadêmicos e os nomes dos prestadores de serviços de abastecimento de água participantes da pesquisa serão mantidos em sigilo.</p> <p>O Questionário deverá ser respondido para cada sistema de abastecimento de água.</p> <p>Prazo para envio das respostas: 31 de agosto de 2015.</p> <p style="text-align: center;">Pesquisador: Saulo Biasutti Mestrando em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável Universidade Federal do Espírito Santo</p>	
Contato	
Informações do responsável pelo preenchimento do Questionário	
Nome:	
Email:	
Telefone:	
Estrutura do Questionário:	
Questionário 01	<u>Identificação e Localização</u>
Questionário 02	<u>Balanco Hídrico</u>
Questionário 03	<u>Indicadores</u>
Questionário 04	<u>Perdas Reais</u>
Questionário 05	<u>Perdas Aparentes</u>
Questionário 06	<u>Rede de Distribuição</u>
Questionário 07	<u>Cadastro Técnico e Comercial</u>
Questionário 08	<u>Macromedicação</u>
Questionário 09	<u>Hidrometração</u>
Questionário 10	<u>Controle e Redução de Perdas</u>
Questionário 11	<u>Perdas na Produção</u>
Questionário 12	<u>Informações Adicionais</u>

Questionário 01 - Identificação e Localização**Identificação**

A informação será mantida em sigilo.

Nome do prestador de serviço:	
Email:	
Telefone:	

Localização

Localização do sistema de abastecimento de água

Estado:	
Município:	

Questionário 02 – Balanço Hídrico

A empresa aplica o Balanço Hídrico recomendado pela IWA?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Se não aplica, quais as principais dificuldades de cálculo?	Marque com (X) suas respostas
Carência de dados confiáveis	
Falta de equipamentos de medição	
Profissionais não capacitados	
Outros (Especificar abaixo)	
Se aplica, qual a escala espacial adotada?	Marque com (X) sua resposta
Em toda rede	
Em setores representativos da rede	
Outros (Especificar abaixo)	
Qual a escala de tempo adotada?	Marque com (X) sua resposta
Anual	
Mensal	
Outros (Especificar abaixo)	
Qual programa é utilizado para o cálculo?	

Questionário 03 – Indicadores de Perdas

Indicadores de perdas	
Ano de referência: 2014.	
Índice de perdas por ligação (IPL)	
Índice de perdas na distribuição (IPD)	
Índice de perdas de faturamento (IPF)	
Quais outros indicadores de perdas são usados pela empresa?	
Apresentar a metodologia de cálculo, com a identificação dos parâmetros necessários para o cálculo.	
Observações:	

Questionário 04 – Perdas Reais

Volume de perdas reais estimado?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Se sim, qual a metodologia utilizada para estimativa do volume de perdas reais?	Marque com (X) suas respostas
Fluxo mínimo noturno	
Simulação hidráulica com EPANET	
Balanço hídrico	
Outros (Especificar abaixo)	
E qual o volume de perdas reais de água (m³/ano) estimado? (2014)	
Qual a metodologia utilizada para identificar os vazamentos?	Marque com (X) suas respostas
Haste de escuta mecânica	
Geofone mecânico	
Geofone eletrônico	
Telemetria	
Outros (Especificar abaixo)	
Número médio de notificações de vazamento na rede por mês.	
Duração média para o conserto de vazamentos, em horas.	
Quais as causas principais de vazamento?	Marque com (X) suas respostas
Estrangulamento para conserto	
Material de má qualidade	
Berço de areia e pedra	
Descuido profissional	
Peça aplicada forçada	
Material danificado por terceiros	
Colar de tomada quebrado	
Outros (Especificar abaixo)	
Observações:	

Questionário 05 – Perdas Aparentes

Volume de perdas aparentes estimado?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Como estima o número de ligações clandestinas e a margem de erro?	
Como estima o número de fraudes e a margem de erro?	
Como estima a margem de erro da medição do volume de água?	
Como estima a margem de erro de manipulação de dados?	
Estimativas - Ano de referência: 2014.	
Qual foi a estimativa do volume de perdas aparentes de água (m³/ano)?	
Qual foi a estimativa do número de ligações clandestinas e da margem de erro?	
Qual foi a estimativa do número de fraudes e da margem de erro?	
Qual foi a estimativa da margem de erro da medição do volume de água?	
Qual foi a estimativa da margem de erro de manipulação de dados?	
Observações:	

Questionário 06 – Rede de Distribuição de Água

Qual a extensão da rede de distribuição (Km)?	
Qual(is) a(s) faixa(s) mais representativa(s) da idade da rede?	Marque com (X) suas respostas
0 a 1 ano	
1 a 2 anos	
2 a 3 anos	
3 a 5 anos	
5 a 10 anos	
10 a 15 anos	
15 a 20 anos	
20 a 25 anos	
Mais de 25 anos	
Quais os materiais mais utilizados na rede?	Marque com (X) suas respostas
FoFo	
PVC	
PEAD	
Fibra de vidro	
Outros (Especificar abaixo)	
Detalhar as principais ações para gestão da qualidade da infraestrutura da rede.	
Observações:	

Questionário 07 – Cadastro técnico da rede e Cadastro comercial

Cadastro técnico da rede	
Atualização do cadastro técnico da rede	Marque com (X) sua resposta
Atualizado há menos de 1 ano	
Atualizado há menos de 5 anos	
Atualizado há menos de 10 anos	
Atualizado há mais de 10 anos	
Não há cadastro	
Rede georreferenciada e digitalizada	Marque com (X) sua resposta
Em todo o sistema	
Em mais de 75% do sistema	
Em mais de 50% do sistema	
Em mais de 25% do sistema	
Em menos de 25% do sistema	
Não há cadastro georreferenciamento da rede	
Cadastro altimétrico da rede	Marque com (X) sua resposta
Em todo o sistema	
Em mais de 75% do sistema	
Em mais de 50% do sistema	
Em mais de 25% do sistema	
Em menos de 25% do sistema	
Não há cadastro altimétrico	
Cadastro comercial	
Frequência de atualização do cadastro comercial	
Cadastro comercial interligado com a área operacional?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Observações:	

Questionário 08 – Macromedição

(Continua 01/02)

Índice de macromedição (Ano de referência: 2014.)	Marque com (X) sua resposta
Até 30%	
De 30 a 50%	
De 50 a 80%	
De 80 a 95%	
Acima de 95%	
Quais as principais tecnologias utilizadas para a macromedição?	Marque com (X) suas respostas
Medidor eletromagnético	
Medidor ultrassônico	
Parshal	
Outros (Especificar abaixo)	
Há pontos permanentes de monitoramento?	Marque com (X) suas respostas
Em toda rede	
Em setores representativos da rede	
Não há monitoramento permanente	
Outros (Especificar abaixo)	
Possui cadastro técnico dos equipamentos de macromedição atualizado?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Qual a faixa de idade média dos equipamentos de macromedição?	Marque com (X) sua resposta
Até 5 anos	
Mais 5 anos e menos de 10 anos	
Mais de 10 anos e menos de 20 anos	
Mais de 20 anos	
Como os equipamentos de macromedição são instalados?	Marque com (X) sua resposta
Sem proteção (ao ar livre)	
Protegido por abrigo	
Protegido por caixa de proteção enterrada	
Outros (Especificar abaixo)	

Questionário 08 – Macromedição

(Continuação 02/02)

Como é realizada a leitura dos volumes macromedidos?	Marque com (X) sua resposta
Automatizada	
Manual com coletor de dados e carregamento em sistema informatizado de controle	
Manual e posterior digitação dos dados em sistema informatizado	
Manual, sem sistema informatizado de controle	
Outros (Especificar abaixo)	
Qual a frequência de calibração dos equipamentos de macromedição?	
Qual a frequência de substituição dos equipamentos de macromedição?	
Caso não haja macromedição, esclarecer os critérios para estimativa do volume	
Observações:	

Questionário 9 – Hidrometração

Ano de referência: 2014.	
Índice de Hidrometração	Marque com (X) sua resposta
Até 30%	
De 30 a 50%	
De 50 a 80%	
De 80 a 95%	
Acima de 95%	
Possui cadastro técnico dos hidrômetros atualizados?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Qual a faixa de idade média dos hidrômetros?	Marque com (X) sua resposta
Até 5 anos	
Mais 5 anos e menos de 10 anos	
Mais de 10 anos e menos de 20 anos	
Mais de 20 anos	
Como é realizada a leitura nos hidrômetros?	Marque com (X) sua resposta
Manual com coletor de dados e carregamento em sistema informatizado de controle	
Manual com formulário padrão e posterior digitação dos dados em sistema informatizado de controle	
Manual, sem sistema informatizado de controle	
Outros (Especificar abaixo)	
Qual a frequência de calibração dos hidrômetros?	
Qual a frequência de substituição dos hidrômetros?	
Esclarecer os critérios para estimativa do volume disponibilizado para as ligações sem hidrômetros	
Esclarecer os critérios para estimativa do consumo mínimo para as ligações com hidrômetros	
Observações:	

Questionário 10 - Controle e Redução de Perdas

(Continua 01/02)

Quais as principais ações no combate as perdas adotadas pela empresa?	Marque com (X) suas respostas
Redução de perdas na produção	
Gestão da qualidade da infraestrutura da rede	
Controle de pressão	
Controle do nível do reservatório	
Pesquisa e retirada de fraudes	
Retirada ou regularização de ligações clandestinas	
Atualização do cadastro comercial	
Atualização do cadastro técnico da rede	
Telemetria e telecomando do sistema	
Setorização	
Universalização da macro e micromedidação	
Outros (Especificar abaixo)	
Setorização da rede	
Abrangência da setorização da rede	Marque com (X) sua resposta
Em todo o sistema	
Em mais de 75% do sistema	
Em mais de 50% do sistema	
Em mais de 25% do sistema	
Em menos de 25% do sistema	
Não há setorização	
Sistema de controle operacional automatizado a distância	Marque com (X) sua resposta
Em todo o sistema	
Em mais de 75% do sistema	
Em mais de 50% do sistema	
Em mais de 25% do sistema	
Em menos de 25% do sistema	
Não há telemetria e/ou telecomando	

Questionário 10 - Controle e Redução de Perdas

(Continuação 02/02)

Pressão na rede	
Detalhar as principais ações para controle ativo de pressão	
Qual a pressão média diária (mca) na rede?	
Pitometria	
Frequência de medições por pitometria na rede	Marque com (X) sua resposta
Semestral	
Anual	
Sem rotina	
Não é realizada	
Observações:	

Questionário 11 – Perdas na produção

Perdas na produção e estimativas de volume de água especial
--

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume de água operacional

<p>Volume de água utilizado como insumo operacional para desinfecção de adutoras e redes, para testes hidráulicos de estanqueidade e para limpeza de reservatórios, de forma a assegurar o cumprimento das obrigações estatutárias do operador (particularmente aquelas relativas à qualidade da água).</p>

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume de água especial
--

<p>Volume de água utilizado para usos especiais, enquadrando-se nesta categoria, os consumos dos prédios próprios do operador, os volumes transportados por caminhões-pipa, os consumidos pelo corpo de bombeiros, os abastecimentos realizados a título de suprimentos sociais, como para favelas e chafarizes, por exemplo, os usos para lavagem de ruas e rega de espaços verdes públicos, e os fornecimentos para obras públicas.</p>

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume de água recuperado
--

<p>Volume de água recuperado em decorrência da detecção de ligações clandestinas e fraudes, com incidência retroativa dentro do ano de referência.</p>
--

Detalhar as principais ações para redução do volume de água usado para atividades operacionais

Observações:

Questionário 12 – Informações Adicionais

Consumo médio (Ano de referência: 2014)	
Vazão de água captada (m³/s)?	
Vazão de outorga (m³/s)?	
Consumo médio de energia elétrica (KWh/m³) por mês?	
Consumo médio de água per capita (L/Hab.dia) na região?	
Indicadores financeiros (Ano de referência: 2014)	
Tarifa média de água praticada (R\$/m³)?	
Despesas totais com os serviços de abastecimento de água por volume d'água disponibilizado (R\$/m³)?	
Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)	
Existe um PMSB válido no município?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Se sim, há diagnóstico de perdas no PMSB?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Há metas de redução de perdas?	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Se sim, quais as metas de redução de perdas?	
Especificar o(s) tipo(s) de indicador(es) e o(s) prazo(s) estipulado(s)	
As metas de redução de perdas estão sendo alcançadas?	
	Marque com (X) sua resposta
Sim	
Não	
Em sua opinião, quais são os principais desafios no controle e na redução de perdas de água?	
Observações:	